



2025, 14 (3), 1379-1401 | Araştırma Makalesi

Türkiye'nin Petrol İthalatında Arz Kesintilerinin Ağ Tabanlı Dinamik Modelleme Yaklaşımıyla Risk Analizi

Cüneyt Çatuk¹

Öz

Bu çalışma, Türkiye'nin petrol ithalatında oluşabilecek arz kesintisi risklerini karmaşık ağ teorisi ve dinamik modelleme yaklaşımı ile incelemektedir. 2006–2023 dönemine ait ham petrol ithalat verileri kullanılarak, enerji arz güvenliği açısından kritik öneme sahip tedarikçi ülkeler, yapısal kırılگانlıklar ve potansiyel ithalat kayıpları kapsamlı bir biçimde analiz edilmiştir. Bootstrap Percolation simülasyonuna dayalı olarak geliştirilen dinamik ağ modeli ile "hasar derecesi", "kırılگانlık derecesi" ve "bileşik risk seviyesi" gibi göstergeler hesaplanmış; arz şoklarının petrol tedarik zinciri üzerindeki yayılım dinamikleri detaylı biçimde modellenmiştir. Bulgular, Irak, Nijerya ve Suriye'nin Türkiye'nin petrol ithalat ağında en kırılگان halkalar olduğunu, 2015, 2019 ve 2020 yıllarının ise arz güvenliği açısından en yüksek risk dönemleri olduğunu ortaya koymuştur. Yapısal kırılگانlık düzeyi ile tahmini ithalat kaybı arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğu korelasyon analizleriyle kanıtlanmıştır. Çalışma, mevcut literatürde ağırlıklı olarak statik analizlere dayanan enerji arz güvenliği yaklaşımlarına, ağ tabanlı dinamik simülasyon perspektifiyle farklı bir bakış açısı kazandırmakta ve enerji arzındaki şokların sistematik yayılım mekanizmalarını incelemektedir. Politika önerileri kapsamında kısa vadede tedarikçi ülkelerin çeşitlendirilmesi, stratejik stok seviyelerinin artırılması ve acil durum planlarının güçlendirilmesi önerilirken; uzun vadede yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin hızlandırılması, enerji verimliliğinin artırılması ve uluslararası enerji iş birliklerinin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'nin enerji arz güvenliğini artırmak amacıyla çok boyutlu ve bütüncül bir stratejik yaklaşım geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Arz Güvenliği, Petrol İthalatı, İthalat Risk Analizi, Ağ Teorisi, Dinamik Modelleme.

Çatuk, C. (2025). Türkiye'nin Petrol İthalatında Arz Kesintilerinin Ağ Tabanlı Dinamik Modelleme Yaklaşımıyla Risk Analizi. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 14(3), 1379-1401. <https://doi.org/10.15869/itobiad.1676524>

Geliş Tarihi	15.04.2025
Kabul Tarihi	24.07.2025
Yayın Tarihi	30.09.2025
*Bu CC BY-NC lisansı altında açık erişimli bir makaledir.	

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Şırnak Üniversitesi, Silopi Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Şırnak, Türkiye, c.catuk@sirnak.edu.tr, ORCID:0000-0002-9843-7037



2025, 14 (3), 1379-1401 | Araştırma Makalesi

Risk Analysis of Supply Disruptions in Türkiye's Oil Imports Using a Network-Based Dynamic Modeling Approach

Cüneyt Çatuk¹

Abstract

This study investigates the risks associated with potential supply disruptions in Türkiye's oil imports by employing complex network theory and a dynamic modeling approach. Based on oil import data covering the period 2006–2023, the research systematically analyzes structural vulnerabilities of supplier countries, critical disruption periods, and projected import losses in the context of energy supply security. A dynamic network model, developed through bootstrap percolation simulation, was utilized to calculate indicators such as "damage degree," "vulnerability degree," and "composite risk level," enabling a detailed exploration of the diffusion dynamics of supply shocks across Türkiye's oil import network. The findings reveal that Iraq, Nigeria, and Syria represent the most fragile nodes, and that 2015, 2019, and 2020 were the periods of highest disruption risk. Correlation analyses demonstrate a statistically significant and positive relationship between structural vulnerability and estimated import losses. The study provides a distinct perspective to the literature by moving beyond static assessments and offering a network-based dynamic simulation perspective, emphasizing the systemic propagation mechanisms of supply shocks. In terms of policy recommendations, the study suggests enhancing supply diversification, increasing strategic petroleum reserves, and strengthening emergency response frameworks in the short term, while emphasizing the importance of accelerating the transition to renewable energy, improving energy efficiency, and fostering international energy cooperation in the long term. By offering a comprehensive methodological framework and empirical findings, this study highlights the necessity of adopting a multidimensional and integrated strategic approach to ensure the sustainability and resilience of Türkiye's energy supply security in the face of complex and dynamic global energy challenges.

Keywords: Energy Supply Security, Oil Imports, Import Risk Analysis, Network Theory, Dynamic Modeling,

Çatuk, C. (2025). Risk Analysis of Supply Disruptions in Türkiye's Oil Imports Using a Network-Based Dynamic Modeling Approach. Journal of the Human and Social Science Researches, 14(3), 1379-1401. <https://doi.org/10.15869/itobiad.1676524>

Date of Submission	15.04.2025
Date of Acceptance	24.07.2025
Date of Publication	30.09.2025
*This is an open access article under the CC BY-NC license.	

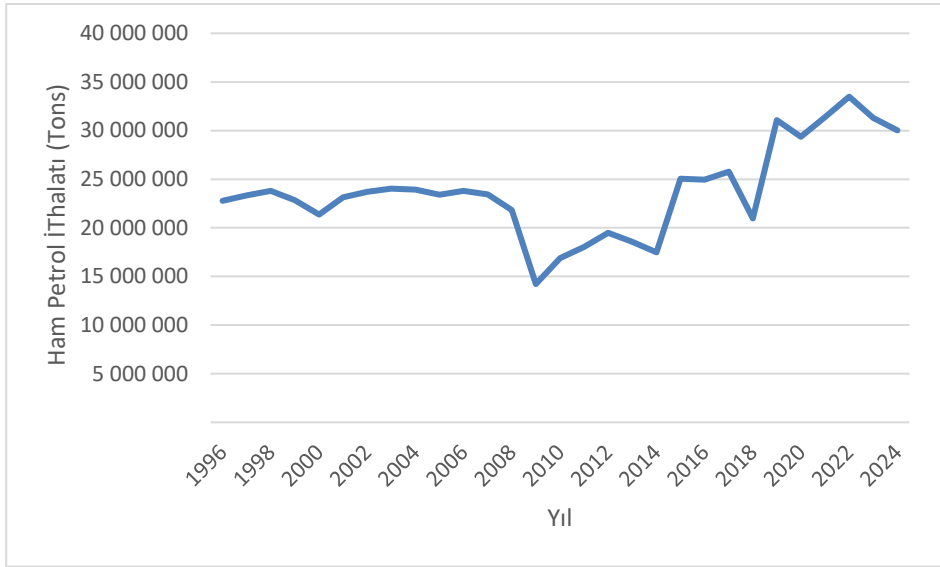
¹ Asst.Prof.Dr. Sırnak University, Silopi Vocational School, Department of Mangament and Organisation, Sırnak, Türkiye, c.catuk@sirnak.edu.tr, ORCID:0000-0002-9843-7037

1. Giriş

Enerji, küresel ekonominin merkezinde yer alan kritik bir unsurdur. Son yıllarda rüzgâr, hidroelektrik, güneş ve nükleer enerji gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanımı artmakla birlikte, ham petrolün küresel ekonomik faaliyetler üzerindeki etkisi halen belirgin bir şekilde devam etmektedir (Mehrara ve Mohaghegh, 2011, s. 288). Petrol, özellikle ulaşım sektöründe kullanılan enerjinin büyük çoğunluğunu karşılamakta ve küresel enerji tüketiminde önemli bir yere sahip olmaya devam etmektedir. Ancak petrol üretiminin sınırlı sayıda ülkede yoğunlaşması, enerji arzında çeşitli riskler ve belirsizlikler yaratmaktadır (Oil: Fossil Fuel Energy, 2024, s.1).

Petrol piyasasının yapısı incelendiğinde, üretici ülke ve şirketlerin piyasa rekabetini sınırlayıcı uygulamaları ve rezervlerin kısıtlı olması nedeniyle, piyasa fiyatlarının rekabetçi piyasa koşullarının üzerinde gerçekleştiği görülmektedir (Kablamacı, 2011, s. 100). Ayrıca, petrolün alternatif enerji kaynaklarıyla ikamesinin zorluğu, bu kaynağın stratejik önemini artırmakta ve fiyatlar üzerinde yukarı yönlü baskı yaratmaktadır (Yalçın Erik ve Koşaroğlu, 2016, s. 130). Bu küresel dinamikler Türkiye açısından da kritik sonuçlar doğurmaktadır. Türkiye'nin enerji üretim kapasitesi sınırlı olduğundan, ülkenin enerji ihtiyacının büyük bir kısmı petrol ve doğalgaz ithalatı ile karşılanmaktadır. Bu durum, enerji arz güvenliği açısından önemli riskleri beraberinde getirmekte; özellikle doğalgaz ithalatının Rusya Federasyonu'na olan yüksek bağımlılığı, bu riskleri daha da belirgin hale getirmektedir (Bayraç, 2009, s. 130).

Sanayi devriminden bu yana artan enerji ihtiyacını karşılamada temel kaynak olarak kullanılan petrol ve petrol ürünlerinin fiyatlarında görülen dalgalanmalar, dünya ekonomisi ve finansal piyasalar üzerinde geniş çaplı olumsuz etkiler yaratmıştır. Özellikle 1970'lerde yaşanan petrol krizleri sırasında fiyatlarda yaşanan ani değişimler, ülkeler arasında ekonomik dengesizliklere yol açmış ve üretim maliyetlerini önemli ölçüde etkilemiştir (Eastwood, 1992, s. 405). Türkiye'nin ham petrol ithalatı, Tablo 1'de de gösterildiği üzere, 1996-2024 döneminde belirgin dalgalanmalar yaşamıştır. 1996-2008 arasında yaklaşık 23 milyon ton civarında seyreden ithalat miktarı, 2009 küresel finansal krizinin etkisiyle 14,2 milyon tona düşmüş; ardından ekonomik toparlanma sürecinde yeniden artışa geçerek 2015 yılında 25 milyon tona yükselmiştir. 2022 yılında 33,5 milyon ton ile zirveye ulaşan ithalat miktarı, 2023-2024 döneminde gerilemiştir. Bu durum, Türkiye'nin küresel enerji piyasalarındaki gelişmelere karşı duyarlı ve kırılgan olduğunu ortaya koyarak enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve verimlilik politikalarının önemini göstermektedir.

Tablo: 1 Türkiye'nin Yıllara göre Ham Petrol İthalatı

Literatürde petrol arz riskleri üç temel başlık altında sınıflandırılmaktadır: petrol arz şokları, toplam talep şokları ve özgül talep şokları. Petrol arz şokları, üretim süreçlerindeki ani kesintiler nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Peersman & Van Robays, 2009, s. 620; Baumeister vd. 2010, s. 120; Peersman & Van Robays, 2012, s. 1540). Bu tür kesintilere jeopolitik gerilimler, savaşlar, siyasi krizler veya doğal afetler gibi beklenmedik olaylar neden olmaktadır. Bu tür arz şoklarına örnek olarak Libya ve Irak'taki çatışmalar, Rusya-Ukrayna savaşı kaynaklı gerilimler, Venezuela'daki siyasi krizler ve ABD'de yaşanan kasırgalar gibi olaylar, küresel enerji arzında ciddi aksamalara yol açarak ekonomik olumsuzlukları tetikleyebilmektedir. Toplam petrol talebi şokları ise genellikle küresel ekonomik beklentilerdeki değişiklikler ve piyasalardaki ani dalgalanmalardan kaynaklanarak petrol talebinde büyük çaplı artış veya düşüslere neden olur. Kilian (2009, s. 1055) tarafından tanımlanan özgül petrol talebi şokları ise piyasalarda belirsizliğin arttığı veya gelecekte arz sorunlarının beklendiği durumlarda ortaya çıkan stoklama amaçlı petrol alımlarıyla açıklanmaktadır.

Literatür taramasında, Türkiye'nin petrol ithalatı ve petrol fiyatlarının ekonomik etkileri üzerine birçok çalışma bulunduğu görülmektedir. Bu çalışmalar ağırlıklı olarak fiyat dalgalanmalarının cari açık, dış ticaret dengesi ve ekonomik büyüme üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır (Kırca & Karagöl, 2018, s. 59; Demirbaş vd., 2009, s. 289; Bozgeyik & Kutlu, 2019, s. 1; Güngör vd., 2016, s. 29). Ancak, mevcut literatürde petrol arz kesintilerinin Türkiye'nin ithalat yapısı üzerindeki etkilerini karmaşık ağ teorisi ve dinamik modelleme çerçevesinde inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu boşluğu doldurmak amacıyla yapılan bu çalışmada, Türkiye'nin ham petrol ithalatında meydana gelebilecek arz kesintilerinin oluşturabileceği riskler ağ tabanlı dinamik modelleme yaklaşımıyla analiz edilmekte; tedarik zincirindeki kırılgan noktalar belirlenerek enerji arz güvenliğini artırıcı politika önerileri geliştirilmektedir. Ayrıca, küresel ölçekte yaşanabilecek arz kesintilerinin Türkiye ekonomisine olası etkileri, karmaşık ağ teorisi ve bootstrap percolation (BP) simülasyonu kullanılarak incelenmektedir. Bu bağlamda araştırma soruları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

1. Küresel petrol arzında gerçekleşebilecek olası kesintilerin Türkiye'nin petrol ithalatı üzerindeki etkileri nelerdir ve bu etkiler ağ tabanlı dinamik modelleme yaklaşımı ile nasıl ölçülebilir?
2. Türkiye'nin mevcut petrol ithalat ağı yapısı, hangi kritik noktalarda arz kesintilerine karşı daha kırılgan bir yapı sergilemektedir?
3. Petrol ithalat zincirinde meydana gelen arz kesintilerinin yayılma dinamikleri nasıl gerçekleşmektedir ve bu yayılmalar hangi ülkeler üzerinden olmaktadır?
4. Arz kesintilerinin Türkiye ekonomisine yönelik doğrudan ve dolaylı ekonomik sonuçları nelerdir?
5. Petrol ithalatında belirlenen kırılgan noktaların güçlendirilmesi için Türkiye hangi politika araçlarını ve stratejilerini benimsemelidir?

Bu çerçevede, araştırma soruları çalışmanın enerji arz güvenliği literatürüne yapacağı katkının sınırlarını belirlemektedir.

2. Literatür İncelemesi

Türkiye'nin petrol ithalatı ve petrol fiyatlarının ekonomik etkileri üzerine yapılan çalışmalar, genellikle fiyat dalgalanmalarının cari açık, dış ticaret dengesi ve ekonomik büyüme üzerindeki etkilerine odaklanmıştır (Kırca & Karagöl, 2018, s. 59; Demirbaş vd., 2009, s. 289; Bozgeyik & Kutlu, 2019, s. 1; Güngör vd., 2016, s. 29). Bu çalışmalar, petrol fiyatlarındaki artışların cari açığı yapısal olarak derinleştirdiğini ve ekonomik dengeyi bozduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, Öztürk ve Arısoy (2016, s. 174) gibi çalışmalar petrol ithalatının gelir esnekliğinin yüksek olduğunu belirlemiş, bu da enerji talebinin arz şoklarına karşı hassasiyetini vurgulamıştır.

Enerji arz güvenliğinin çok boyutlu yapısı, sadece fiziksel arzın sürekliliğini değil; aynı zamanda ekonomik erişilebilirliği, yönetim kapasitesini ve kaynak çeşitliliğini de içermektedir (Leung vd. 2014, s.318). Vivoda (2009, s. 4615), enerji güvenliğinin sağlanmasında kaynak çeşitliliğinin kritik bir unsur olduğunu vurgularken, Kilian (2009, s. 1056), arz yönlü petrol şoklarının cari açık, enflasyon ve büyüme gibi makroekonomik değişkenler üzerindeki etkisini göstermiştir.

Türkiye özelinde yapılan yapısal analizlerde, enerji ithalatına olan bağımlılığın üretim süreçlerini dışa bağımlı hâle getirdiği ve cari açığın kalıcılığını artırdığı tespit edilmiştir (Günlük & Şenesen, 2001, s. 420–422; Günlük-Şenesen, 2005, s. 25–32; Erkök & Kütük, 2023, s. 59–63). Bu değerlendirmeler, Leontief (1936, s. 106–108) ve Chenery & Watanabe (1958, s. 491–493) gibi öncül çalışmaların girdi-çıkı temelli sektörler arası ilişkiler teorisine dayanmaktadır.

Son dönemde, petrol arz güvenliğinin yalnızca ekonomik değil aynı zamanda yapısal ve sistemik bir kırılganlık sorunu olarak ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Chen, Wang, Liu, Wang ve Wen (2022) tarafından geliştirilen ve dinamik ağ yapıları temelinde hasar derecesi, kırılganlık derecesi ve birleşik risk seviyesi gibi göstergelerle arz kesintilerinin yayılımı analiz edilmiştir. Bu yaklaşım, enerji güvenliği tartışmalarına yeni bir boyut kazandırmakta ve Türkiye gibi ithalata bağımlı ekonomiler için erken uyarı mekanizmaları geliştirilmesine katkı sunmaktadır.

Uzun vadeli enerji politikalarının sürdürülebilirliğini sağlayacak en temel strateji ise yenilenebilir enerjiye geçiştir. IRENA (2018, s. 8) ve United Nations (2022), yeşil dönüşümün enerji güvenliğini artıracığına ve dışa bağımlılığı azaltacağına dikkat çekmiştir.

Sonuç olarak, mevcut çalışma bu literatür birikimini ağ teorisi ve dinamik modelleme yaklaşımıyla birleştirerek, Türkiye'nin petrol arz güvenliğini hem nicel göstergelerle hem de simülasyon temelli yapısal analizlerle değerlendiren bir katkı sunmaktadır. Bu çalışmada, enerji arz güvenliği tartışmalarında kritik bir öneme sahip olan tedarik zinciri kırılganlığı ve sistemik risklerin yayılımı merkezi bir yer tutmakta; bu unsurlar ağ tabanlı dinamik modelleme yaklaşımıyla incelenmektedir.

3. Metodoloji

Bu çalışma, Türkiye'nin petrol ithalatında yaşanabilecek arz kesintilerinin oluşturduğu risklerin analiz edilmesi için karmaşık ağ teorisi ve Bootstrap Percolation modeli temel alınarak geliştirilmiş dinamik bir model Python'da analiz edilerek kullanılmaktadır. Ağ tabanlı dinamik modelleme yaklaşımı, petrol ticaretindeki kesintilerin yayılım mekanizmasını anlamak ve Türkiye'nin petrol ithalatında kritik risk noktalarını belirlemek amacıyla tercih edilmiştir.

3.1. Veri Seti

Türkiye'nin ham petrol ithalatı yaptığı ülkelerle ilgili veriler, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından yayımlanan Petrol Piyasası Yıllık Sektör Raporları aracılığıyla temin edilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) bu konuda veri sağlamaması ve raporların yalnızca 2006–2023 yıllarını kapsamaması nedeniyle, veri seti bu yıllarla sınırlandırılmıştır (EPDK, 2023).

3.2. Modelde Kullanılan Risk Değişkenleri ve Veri Kaynakları

Bu çalışmada kullanılan analiz değişkenleri, Türkiye'nin petrol ithalatında karşı karşıya kalabileceği arz kesintisi risklerini değerlendirmek amacıyla hem küresel üretici ülkelere ait risk göstergeleri hem de Türkiye'ye özgü ekonomik veriler dikkate alınarak yapılandırılmıştır.

Ülkelerin siyasal risk düzeylerini belirlemek amacıyla, Dünya Bankası tarafından yayımlanan Worldwide Governance Indicators (WGI) veri setindeki "Political Stability and Absence of Violence/Terrorism" göstergesi kullanılmıştır. Bu gösterge, bir ülkede siyasi istikrarsızlık ve/veya politik motivasyonlu şiddet (terör eylemleri dahil) yaşanma olasılığına ilişkin algıları ölçmektedir. WGI göstergeleri, çok sayıda uluslararası kaynaktan elde edilen algı temelli verilerin bileşimiyle oluşturulmakta olup hükümet değişimi riski, siyasi şiddet ve toplumsal istikrarsızlık gibi unsurları kapsamaktadır. 0 ile 100 arasında değişen puanlama sisteminde, 0 en riskli, 100 ise en istikrarlı ülkeyi temsil etmektedir (World Bank, 2024, s. 1).

Ülkelerin yapısal kırılganlık düzeylerini değerlendirebilmek amacıyla Fragile States Index (FSI) verilerinden yararlanılmıştır. Fund for Peace (FFP) tarafından geliştirilen FSI, ülkelerin maruz kaldığı sosyal, ekonomik ve siyasal baskıları ve bu baskılara karşı direnç düzeylerini değerlendiren kapsamlı bir endekstir. FSI, göç, iç çatışma, kamu hizmetlerinin zayıflığı, güvenlik açıkları, ekonomik istikrarsızlık ve dış müdahaleler gibi birçok parametreyi dikkate alarak, 178 ülke için yıllık bazda kırılganlık düzeyi raporlamaktadır (Rahman vd. 2024, s.8; The Fund for Peace, 2022, s. 1).

Doğal afetlerin enerji tedarik zincirleri üzerindeki potansiyel etkilerini analiz edebilmek amacıyla, EM-DAT: The Emergency Events Database veri tabanından yararlanılmıştır. 1988 yılında Louvain Katolik Üniversitesi'ne bağlı Afet Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi (CRED) tarafından oluşturulan EM-DAT, dünya genelinde meydana gelen doğal ve teknolojik afetlere ilişkin kapsamlı veriler sunmaktadır (Delforge vd., 2025, s. 2). Bu çalışmada afetlerin büyüklüğü, uluslararası literatürde kabul görmüş eşik değerlere göre sınıflandırılmıştır. Shaluf, Ahmadun ve Mat Said (2003, s. 25) tarafından aktarıldığı üzere, en az 10 kişinin hayatını kaybettiği ya da 100 kişinin etkilendiği durumlar afet olarak kabul edilmektedir. Ayrıca bazı kaynaklarda, ekonomik zararın 10 milyon ABD dolarını aşması da ciddi afet olarak değerlendirilmektedir. Bu çerçevede, analizde “önemli doğal afet” tanımı, can kaybı ≥ 10 veya ekonomik kayıp ≥ 10 milyon USD koşullarını sağlayan olaylar için kullanılmış ve “Doğal Afet = Evet/Hayır” biçiminde ikili bir değişken oluşturulmuştur (Shaluf vd. 2003, s.25).

Ham petrol üretim düzeyini göstermek üzere, analiz edilen ülkelerin yıllık üretim verileri BP Statistical Review of World Energy raporlarından elde edilmiştir. BP tarafından yayımlanan bu veri seti, dünya enerji piyasasına ilişkin uzun dönemli karşılaştırmalı istatistiksel bilgiler sunmakta ve akademik çalışmalarda sıklıkla referans alınmaktadır. Üretim verileri bin varil/gün cinsinden sunulmakta olup, yıllık toplam üretim düzeyleri bu ortalamaların 365 ile çarpılması yoluyla hesaplanmıştır (BP, 2023, s. 5).

Petrol fiyatları değişkeni olarak, Avrupa teslim bazlı FOB Europe Brent ham petrol fiyatları (USD/varil) kullanılmıştır. Bu fiyatlar, U.S. Energy Information Administration (EIA) tarafından yayımlanan Spot Prices for Crude Oil (Brent) veri setinden alınmıştır. EIA, dünya genelinde spot piyasalarda işlem gören Brent tipi ham petrolün yıllık ortalama fiyatlarını düzenli olarak raporlamakta olup, bu fiyatlar uluslararası enerji ticareti ve arz güvenliği analizlerinde referans niteliği taşımaktadır (U.S. Energy Information Administration, 2024, s. 1).

Türkiye'ye özgü ekonomik kırılganlık göstergeleri kapsamında, Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH), Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) ve USD/TL yıllık ortalama döviz kuru verileri kullanılmıştır. 2006–2023 yıllarına ilişkin GSYH verileri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2024) ve T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı'nın (2023) yayımladığı resmi kaynaklardan alınmıştır. TÜFE verileri, TÜİK tarafından yayımlanan yıllık enflasyon oranlarını yansıtmakta olup, tüketici düzeyinde fiyat istikrarını ölçen temel gösterge niteliğindedir. Döviz kuru verileri ise Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nın (TCMB, 2024) Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS) üzerinden sağlanan yıllık ortalama USD/TL kurlarına dayanmaktadır. Bu üç değişken, Türkiye'nin enerji arz güvenliğini ekonomik yönüyle değerlendirmek amacıyla çalışmada kontrol değişkenleri olarak dikkate alınmıştır.

3.3. Ağ Modelinin Kurulumu

Analizin ilk aşamasında, karmaşık ağ teorisi kapsamında, uluslararası petrol ticaret ağının yapısal temelleri oluşturulmuştur. Bu ağda düğümler petrol ticareti yapan ülkeleri, bağlantılar ülkeler arasındaki petrol ticaret ilişkilerini ve bağlantı ağırlıkları ise petrol ithalat hacimlerini temsil etmektedir. Oluşturulan ağ yapısının analizinde In-degree (ithalat çeşitliliği), Out-degree (ihracat yapılan ülke sayısı) ve Betweenness Centrality (aracılık merkeziliği) gibi yapısal göstergeler kullanılarak, ülkelerin ağ içerisindeki önem ve etkinlikleri belirlenmiştir.

3.3.1. Ağ Yapısında Girdi ve Çıktı Dereceleri (In-degree ve Out Degree)

Girdi ve Çıktı dereceleri aşağıdaki gibi formülize edilmektedir (Newman, 2010, s. 85):

Girdi dereceleri;

$$D_{in}(i) = \sum_j a_{ji}$$

Burada a_{ji} ülke j 'den ülke i 'ye bir ithalat varsa 1 yoksa 0'dır

Çıktı dereceleri;

$$D_{out}(i) = \sum_j a_{ji}$$

3.3.2. Betweenness Merkeziliği göstergesi

Ülkelerin ağ içindeki aracılık rollerini belirlemek amacıyla Betweenness Merkeziliği göstergesi kullanılmıştır. Bu gösterge, bir ülkenin diğer ülkeler arasındaki en kısa ticaret yolları üzerindeki konumunu ve etki gücünü ölçmekte ve aşağıdaki gibi formüle edilmektedir (Freeman, 1977, s. 37):

$$BC(i) = \sum_{s \neq i \neq t} \frac{\sigma_{st}(i)}{\sigma_{st}}$$

σ_{st} : Ülke s ile t arasındaki en kısa yolların sayısı

$\sigma_{st}(i)$: bu yollardan ülke i üzerinden geçenlerin sayısı

3.4. Dinamik Ağ Modelinin Geliştirilmesi ve Simülasyon

Arz kesintilerinin Türkiye'nin petrol ithalatına dinamik etkilerini modellemek için Bootstrap Percolation (BP) teorisi uyarlanarak kullanılmıştır. Modelde her ülke, "Normal" ve "Anormal" olarak tanımlanan iki durumdan birinde bulunmaktadır. Normal durum, mevcut ticaret ilişkilerinin devamını; Anormal durum ise ciddi bir arz kesintisini temsil etmektedir. Bir ülkenin "Anormal" duruma geçebilmesi için, petrol ithalatındaki kesinti miktarının, ülkenin mevcut stok kapasitesini aşması gerekmektedir. Modelde stok kapasitesi (C_i), Türkiye'nin ilgili tedarikçiye bağımlılığını yansıtan kuramsal bir eşik değer olarak tanımlanmıştır. Bu kapasite, stratejik rezerv düzeyleri ve uluslararası enerji güvenliği literatüründe kullanılan yaklaşımlar dikkate alınarak analitik amaçlarla basitleştirilmiş bir varsayım olarak kabul edilmiştir. Model şu şekilde formülize edilmektedir (Adler, 1991, s. 453):

$$S_i(t+1) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } \Delta I_i(t) > C_i \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$\Delta I_i(t)$: İthalat kesintisi

C_i : ülke i 'nin stok kapasitesi

$S_i(t)$: Ülkenin durumu (1: Anormal, 0: Normal)

Dinamik simülasyon adımları kapsamında, "Hasar Derecesi (Damage-degree)", "Kırılganlık Derecesi (Vulnerability-degree)" ve "Risk Seviyesi (Risk-level)" gibi özgün göstergeler kullanılmıştır. Bu göstergeler, ülkelerin petrol ticaretindeki kesintilere karşı hassasiyetini ve oluşabilecek potansiyel ekonomik etkileri detaylandırmaktadır.

3.4.1. Hasar derecesi göstergesi

Hasar derecesi bir ülkenin petrol ithalatında yaşadığı toplam kaybın oranını belirtir ve aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$D_i = \frac{\sum_{j \in N_i} L_{ij}}{\sum_{j \in N_i} \omega_{ij}}$$

L_{ij} : Ülke j 'den ülke i 'ye kesintiye uğrayan ithalat

ω_{ij} : Toplam ithalat miktarı

3.4.2. Kırılğanlık göstergesi

Kırılğanlık derecesi, ülkelerin petrol ithalatında belirli ülkelere olan bağımlılık düzeyini ve bu bağımlılığın çeşitlilikten yoksun yapılarla ilişkili olarak sistemsel risk üretme potansiyelini yansıtmaktadır. Bu tür kırılğanlıklar, literatürde bağlantı çeşitliliği ve yoğunluk yapıları üzerinden ele alınmış (Newman, 2010, s. 85; Helbing, 2013, s. 55; Gao vd., 2011, s. 1026) ve sistemlerin yapısal dayanıklılığıyla doğrudan ilişkilendirilmiş ve aşağıdaki gibi formüle edilmiştir;

$$V_i = \frac{1}{k_i} \sum_{j \in N_i} \left(1 - \frac{\omega_{ij}}{W_i}\right)^2$$

Burada;

k_i : İthalat yapılan ülke sayısı

ω_{ij} : Ülke j 'den ithalat miktarı

W_i : Toplam ithalat

Kırılğanlık derecesi, ülkelerin petrol ithalatında belirli ülkelere olan bağımlılık düzeyini ve bu bağımlılığın sistemsel risk üretme potansiyelini yansıtmaktadır. Bu kapsamda, çalışmada ayrıca Hasar Derecesi ve Kırılğanlık Derecesi birlikte değerlendirilerek Birleşik Risk Seviyesi hesaplanmıştır. Bu formül, potansiyel kayıp büyüklüğü ile yapısal bağımlılığın birleşimini yansıtmakta ve aşağıdaki gibi formülüze edilmiştir;

$$Risk_{i,t} = Hasar_{i,t} \times Kırılğanlık_{i,t}$$

Türkiye'nin petrol ithalatında arz kesintilerinin yol açabileceği riskleri değerlendirmek amacıyla, 2006-2023 yılları arasındaki petrol ticaret ağı dinamik olarak incelenmiştir. Bu analizde karmaşık ağ teorisi ve Bootstrap Percolation modeli kullanılarak ithalat ağının yapısal ve dinamik özellikleri detaylandırılmıştır. Aşağıda gerçekleştirilen analizlerin ayrıntıları, tablo değerlerinin yorumları ve görseller eşliğinde sunulmaktadır.

4. Bulgular

Bu bölümde, karmaşık ağ analizi ve dinamik simülasyon yöntemiyle elde edilen temel risk göstergelerinin zaman içindeki değişimleri ve birbirleriyle ilişkileri incelenmiştir. Bulgular, Türkiye'nin petrol ithalatına dair In-Degree (ithalat hacmi), Hasar derecesi (potansiyel hasar miktarı), Kırılğanlık derecesi (yapısal kırılğanlık düzeyi) ve Risk seviyesi (bileşik risk seviyesi) göstergelerindeki eğilimlere ve bu göstergeler arasındaki etkileşimlere odaklanmaktadır. Ayrıca, yapılan simülasyonlar ışığında en kritik dönemler ve en riskli petrol tedarikçisi ülkeler belirlenerek tablo ve şekillerle ilişkilendirilmiştir.

4.1. Türkiye'nin Yıllık Petrol Arz Risk Göstergeleri

Tablo 2'de belirtilen Hasar derecesi, olası arz kesintilerinin Türkiye'nin petrol ithalatına verebileceği maksimum potansiyel zararı ifade etmektedir. Bu değer, büyük ölçüde Türkiye'nin toplam petrol ithalat hacmine (ağ terminolojisinde In-Degree) eşdeğer olup, söz konusu dönemde genel bir artış eğilimi sergilemiştir. Nitekim 2007 yılında yaklaşık 2,5 milyon varil seviyelerinde olan Hasar derecesi, ekonomik büyüme ve artan petrol talebinin etkisiyle dalgalı bir yükseliş göstererek 2022 yılında 3,7 milyon varilin üzerine çıkmıştır. Bu uzun vadeli büyüme, Türkiye'nin dışa bağımlılığının arttığını ve herhangi bir arz kesintisi durumunda tehlikeye girebilecek ithalat miktarının giderek büyüdüğünü ortaya koymaktadır. Örneğin, 2009 yılında küresel finans krizinin etkisiyle ithalat hacminde belirgin bir düşüş yaşanmış ve Hasar derecesi geçici olarak azalmıştır; ancak sonraki yıllarda hızlı bir toparlanma görülmüştür. Benzer şekilde 2020 yılında COVID-19 pandemisinin küresel talep daralmasına yol açması, Türkiye'nin ithalatında da geçici bir düşüş yaratmış ve ilgili yıl için Hasar derecesi değerini bir önceki yıla göre düşürmüştür. Bununla birlikte, genel trend ithalat hacminin ve dolayısıyla potansiyel hasar miktarının yıllar içinde yükseldiğini göstermektedir.

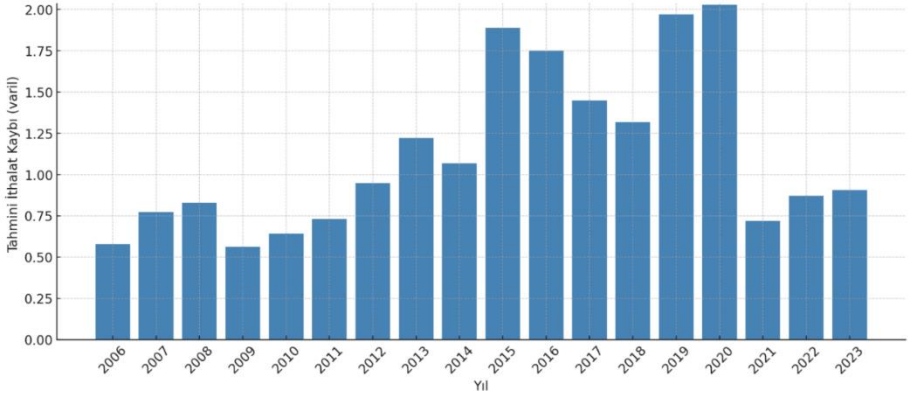
Tablo 2'de rakamsal olarak ifade edilen ve Şekil 1'de görsel olarak belirtilen İthalat Kaybı göstergesi ise yapılan simülasyonlar kapsamında, yüksek riskli bir veya birkaç tedarikçi ülkede meydana gelebilecek arz kesintisinin Türkiye'nin fiili petrol ithalatında yol açacağı gerçekleşen kaybı ifade etmektedir. Şekil, ithalat kaybının 2007 yılında yaklaşık 0,3–0,4 milyon varil düzeyinde başladığını ve zaman içinde dalgalı bir artış ile bazı yıllarda 1 milyon varilin üzerine çıktığını göstermektedir. İthalat Kaybı eğrisinin tam olarak Hasar derecesi kadar yüksek olmaması, tüm ithalatın değil, belirli riskli ülkelerden yapılan ithalatın kesilmesi senaryosuna dayalı olmasındandır. Bununla birlikte, iki eğri de uzun vadede artış yönünde bir seyir izlemektedir. Özellikle 2015 ve 2019 yıllarında Türkiye'nin maruz kalabileceği tahmini ithalat kaybının belirgin biçimde yükseldiği görülmektedir. 2015 yılında simülasyonlar, Suriye'deki iç savaş ve Irak'taki güvenlik sorunları gibi bölgesel çalkantıların etkisiyle Türkiye'nin yıllık ithalatında 1,9 milyon varile yaklaşan bir kayıp yaşanabileceğini göstermiştir. En yüksek ithalat kaybı ise 2020 yılında gerçekleşmiştir; bu yıl, senaryo gereği en riskli tedarikçilerin (başta Irak) devre dışı kalması durumunda Türkiye'nin yaklaşık 2,0 milyon varil petrol ithalatından mahrum kalabileceği öngörülmüştür. Bu sıra dışı yüksek kayıp değeri, ilgili dönemde Türkiye'nin ithalatının büyük ölçüde tek bir kritik ülkeye (Irak'a) dayanmasından kaynaklanmıştır. Devamında, 2021 yılında ithalat kaybının keskin biçimde 0,7 milyon varil düzeyine gerilediği dikkat çekmektedir; bu düşüş, söz konusu yıl Türkiye'nin petrol tedarikinin görece daha çeşitli olması ve en riskli görülen ülkelerin (örneğin Suriye ve Nijerya) Türkiye ithalatındaki paylarının sınırlı kalmasıyla açıklanabilir. Genel olarak, Hasar derecesi ile İthalat Kaybı eğrileri arasındaki fark, teorik maksimum zarar ile fiili gerçekleşebilecek kayıp arasındaki ayrımı ortaya koysa da her iki göstergenin de yıllar içinde yüksek seviyelere ulaşması, Türkiye'nin enerji arz güvenliğinin mutlak miktar bazında giderek daha büyük riskler barındırdığına işaret etmektedir. Bu bağlamda, şekilteki eğilimler birlikte değerlendirildiğinde artan ithalat bağımlılığı, kırılgan tedarik yapısı ve jeopolitik risklerin birleşerek zaman içinde Türkiye'nin enerji güvenliği açığını büyüttüğü söylenebilir.

Tablo: 2 2006–2023 Dönemi Türkiye Petrol İthalatında Arz Kesintisi Risk Analizi ve Simülasyon Sonuçları

Yıl	Türkiye'nin Girdi Dereceleri (varil)	Hasar derecesi (varil)	Kırılmalı derecesi	Risk Seviyesi	En Riskli Ülkeler (Simülasyon)	Tahmini İthalat Kaybı (varil)	Etkilenen Ülke Sayısı	Etkilenen Ülkeler
2006	2.271.733	2.271.732,69	0,8197	0,6877	Irak, Nijerya	578.382	2	Nijerya, Irak
2007	2.550.965	2.550.965,05	0,7976	0,7007	Irak, Nijerya	772.269	2	Nijerya, Irak
2008	2.378.969	2.378.969,37	0,8088	0,7313	Irak, Nijerya	828.989	2	Nijerya, Irak
2009	1.587.444	1.587.444,41	0,8332	0,6891	Irak, Nijerya	561.666	2	Nijerya, Irak
2010	1.935.832	1.935.832,23	0,8428	0,7342	Irak, Nijerya	640.883	2	Nijerya, Irak
2011	2.158.755	2.158.755,16	0,8746	0,7501	Irak, Nijerya	729.531	2	Nijerya, Irak
2012	2.273.741	2.273.740,93	0,8554	0,7428	Irak, Nijerya	947.046	2	Nijerya, Irak
2013	2.189.593	2.189.593,04	0,865	0,7524	Irak, Nijerya	1.222.892	2	Nijerya, Irak
2014	2.053.198	2.053.197,87	0,8652	0,6707	Irak, Suriye	1.067.142	2	Suriye, Irak
2015	2.950.297	2.950.296,84	0,9023	0,6702	Suriye, Irak	1.887.879	2	Suriye, Irak
2016	2.896.713	2.896.713,38	0,8578	0,6551	Suriye, Irak	1.750.979	2	Suriye, Irak
2017	2.928.092	2.928.092,48	0,8605	0,654	Suriye, Irak	1.447.520	2	Suriye, Irak
2018	2.418.418	2.418.417,85	0,8545	0,6867	Suriye, Irak	1.317.539	2	Suriye, Irak
2019	3.478.022	3.478.022,47	0,8355	0,6913	Suriye, Irak	1.969.586	2	Suriye, Irak
2020	2.996.042	2.996.042,35	0,8713	0,4474	Suriye, Irak	2.027.723	2	Suriye, Irak
2021	3.334.994	3.334.994,33	0,8536	0,7452	Suriye, Nijerya	717.860	2	Suriye, Nijerya
2022	3.748.484	3.748.484,19	0,8394	0,7216	Suriye, Nijerya	870.971	2	Suriye, Nijerya

2023	3.390.417	3.390.416,66	0,8158	0,7325	Suriye, Nijerya	905.947	2	Suriye, Nijerya
------	-----------	--------------	--------	--------	--------------------	---------	---	--------------------

Tablo 2'deki sonuçlar, çalışmada kullanılan göstergeler ve simülasyon çıktılarının bütüncül bir özetini sunmakta; sonraki bölümde yer alan şekil ve tartışmalarla birlikte değerlendirildiğinde Türkiye'nin petrol arz güvenliğine ilişkin kırılğan yapıyı daha net ortaya koymaktadır.



Şekil 1: Yıllara göre Simülasyon Sonrası Tahmini Petrol İthalat Kaybı (2006-2023)

Şekil 1, Tablo 2'deki bulguların görsel yansımasını sunmakta ve ithalat kaybı göstergesinin yıllar içindeki seyrini ortaya koymaktadır.

4.2. Yıllık Kırılğanlık ve Risk Seviyesi

Şekil 2'de Türkiye'nin petrol ithalat riskine ilişkin oransal göstergelerin 2006–2023 aralığında nasıl değiştiği sunulmaktadır. Yatay eksen yine yılları göstermekte olup, dikey eksen yüzde veya birim kesir formatında değerler almaktadır. Bu şekilde Kırılğanlık derecesi (sarı çizgi) ve Risk seviyesi (turuncu çizgi) olmak üzere iki temel gösterge yer almaktadır.

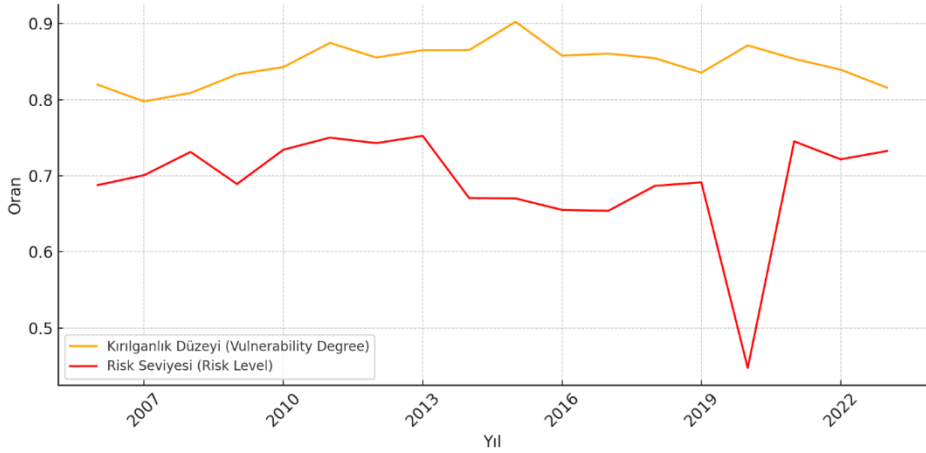
Kırılğanlık derecesi, Türkiye'nin petrol tedarik zincirindeki yapısal kırılğanlık düzeyini, bir başka deyişle olası kesintilere karşı ithalat yapısının ne ölçüde savunmasız olduğunu gösteren oransal bir ölçüttür. Şekilden, 2007 yılında zaten oldukça yüksek bir seviyede başlayan (yaklaşık %80 civarında) kırılğanlık göstergesinin, önce 2010'ların ilk yarısında daha da artarak bazı yıllarda %90 düzeyine yaklaştığı, ardından 2015 sonrasında kısmen gerileyerek 2023 yılına doğru %80'ler bandına döndüğü anlaşılmaktadır. Özellikle 2015 yılında Kırılğanlık derecesi değerinin 0,90'ı aşarak maksimum seviyeye ulaştığı görülmektedir; bu durum, ilgili dönemde Türkiye'nin petrol ithalatının çok büyük bir bölümünün risk altındaki kaynaklardan geldiğini, yani tedarik portföyünde ciddi bir yoğunlaşma olduğunu göstermektedir. Söz konusu yapısal kırılğanlığın artmasında, ithalatın tek ya da birkaç ülkeye bağımlı kalması, alternatif tedarik rotalarının sınırlı olması ve bölgesel istikrarsızlıklar gibi faktörlerin rol oynadığı değerlendirilebilir. Nitekim 2011 sonrası Suriye'deki iç savaş ve bölgede artan jeopolitik gerilimler, Türkiye'nin alternatif tedarikçi bulmasını zorlaştırarak kırılğanlık seviyesini yükseltmiştir. 2015 sonrasında ise kısmen İran yaptırımlarının hafiflemesi ve küresel

petrol piyasasında arz fazlası oluşması gibi gelişmeler, Türkiye'nin tedarikini bir miktar çeşitlendirmesine imkân tanımış ve kırılabilirlik göstergesi 2023'e gelindiğinde 2010'ların ortasındaki zirvesinin altına inmiştir. Bununla birlikte, 2023 yılında dahi Kırılabilirlik derecesi'nin 0,81 gibi çok yüksek bir değerde olması, yapısal kırılabilirliğin yapısal olarak sürdüğünü ve petrol ithalatının büyük bölümünün hala risk altında olabileceğini ortaya koymaktadır.

Risk seviyesi, söz konusu kırılabilirlik unsurlarını politik ve ekonomik risklerle birleştirerek değerlendiren bileşik bir risk göstergesidir. Bu gösterge, petrol arz güvenliğini sadece fiziksel tedarik boyutuyla değil, aynı zamanda jeopolitik istikrarsızlıklar, ekonomik kırılabilirlikler ve diğer yapısal faktörlerle birlikte ele alır. İncelenen dönemde Risk Seviyesi değerinin dalgalı bir artış eğilimi çizdiği görülmektedir. 2007 yılında yaklaşık 0,70 (yaklaşık %70) düzeyinde hesaplanan bileşik risk seviyesi, 2011–2013 yıllarında 0,75 civarına yükselerek döneminin en yüksek seviyelerine ulaşmıştır. Bu artış, Arap Baharı ve Ortadoğu'daki karışıklıklar (örneğin 2011'de Libya'da ve Suriye'de çatışmalar) ile küresel petrol fiyatlarındaki dalgalanmaların Türkiye'nin ithalat riskini artırdığı bir döneme tekabül etmektedir. Ancak 2014–2017 döneminde Risk Seviyesinin belirgin biçimde 0,65–0,69 aralığına gerilediği dikkat çekmektedir. Bu düşüş, küresel petrol piyasasında yaşanan görece istikrar ve arz fazlası (örneğin 2014 sonrası ABD'nin kaya petrolü üretimindeki artış ve OPEC'in pazar stratejileri) ile Türkiye'nin tedarik kaynaklarını kısmen çeşitlendirme çabalarının bir sonucu olarak değerlendirilebilir. En dikkat çekici değişim, 2020 yılında Risk seviyesi değerinin 0,45 gibi alışılmadık derecede düşük bir seviyeye inmesidir. COVID-19 pandemisinin yarattığı küresel talep şoku ve petrol fiyatlarındaki sert düşüş, kısa vadede petrol arz risklerini azaltmış; başka bir deyişle, arz kesintisi olasılıkları ekonomik durgunluk nedeniyle geçici olarak geri planda kalmıştır. Bu nedenle 2020 yılı, şekil üzerinde bileşik risk seviyesinin ani bir düşüş gösterdiği bir yıl olarak ayrılmaktadır. Pandemi etkisinin azalması ve ekonomik toparlanmayla birlikte, 2021 ve 2022 yıllarında Risk seviyesi göstergesinin yeniden yükseldiği ve 2023 yılında 0,73 seviyesine ulaştığı görülmektedir. Bu seviye, Türkiye'nin bileşik riskinin dönem başına kıyasla hala yüksek kaldığını, ancak 2011–2013'teki zirve noktalarının biraz altında olduğunu göstermektedir.

Genel olarak, Kırılabilirlik derecesi ve Risk Seviyesi eğrilerinin yıllar içindeki hareketleri büyük ölçüde paralellik arz etmektedir. Yapısal kırılabilirliğin arttığı dönemlerde (örneğin 2007–2013) bileşik risk göstergesi de yükselme eğiliminde olmuş; kırılabilirliğin kısmen azaldığı veya istikrara kavuştuğu dönemlerde (2015–2019) Risk seviyesi görece olarak düşmüştür. Bu paralel eğilim, ithalatın yapısal bağımlılığının (örneğin kaynak ve rota çeşitliliğinin az olması) doğrudan Türkiye'nin maruz kaldığı toplam riski beslediğine işaret etmektedir. Bununla birlikte, iki gösterge birebir örtüşmemektedir; Risk seviyesi, kırılabilirlik dışında küresel petrol arz-talep dengeleri, politik risk göstergeleri (örneğin *Fragile States Index*) ve ekonomik koşullar gibi ilave bileşenleri de içerdiği için, bazı yıllarda (özellikle 2020 gibi olağan dışı durumlarda) kırılabilirlik yüksek seyretse bile bileşik risk seviyesi düşük kalabilmiştir. Genel tablo itibarıyla, artan yapısal kırılabilirlik Türkiye'nin petrol arz riskini yükselten temel bir etken olmakla beraber, küresel ve bölgesel olaylar bu ilişkiyi zaman zaman zayıflatmış ya da güçlendirmiştir. Yine de, 2007–2023 dönemi sonunda her iki göstergenin de başlangıç düzeylerinin üzerinde olması, Türkiye'nin enerji güvenliği açısından kırılabilir ve riskli yapısının devam ettiğini kanıtlar niteliktedir. Bu bulgu, uzun vadede ithalatın kaynak ülke ve güzergâhlar

bazında çeşitlendirilmesinin, stratejik petrol stoklarının artırılmasının ve yenilenebilir veya alternatif enerji kaynaklarına yatırımların ülkenin enerji arz güvenliği için hayati önem taşıdığını vurgulamaktadır.



Şekil 2: Yıllık Kırılgnlık ve Risk Seviyesi Grafiği

Şekil 2, Türkiye'nin petrol ithalatında kırılgnlık düzeyi ile bileşik risk seviyesinin 2006–2023 dönemindeki seyrini göstermektedir. Şekil, yapısal kırılgnlık göstergesi ile risk seviyesinin yıllar içindeki paralel hareketlerini ve olağan dışı dönemlerde (örneğin 2020'de) ortaya çıkan ayrışmaları görsel olarak ortaya koymaktadır.

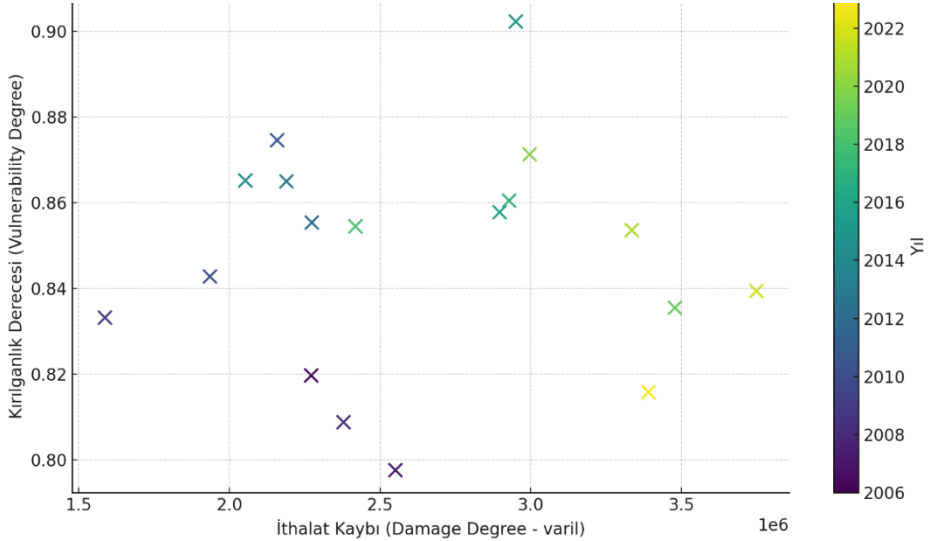
4.3. Kırılgnlık ve İthalat Kaybı Arasındaki İlişki

Bulgular, yapısal kırılgnlık ile fiilî ithalat kaybı arasında kayda değer bir korelasyon olduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 3'te gösterilen dağılım (scatter) grafiğinde, her bir yıla ait Kırılgnlık derecesi (x eksen) ile o yıl için simüle edilen İthalat Kaybı (y eksen) değerleri nokta şeklinde gösterilmiştir. Noktaların genel dağılımına bakıldığında, kırılgnlık düzeyi yüksek yıllarda ithalat kaybının da yüksek olma eğilimi gösterdiği, düşük kırılgnlık yıllarında ise kayıp miktarlarının görece düşük kaldığı görülmektedir. Örneğin, 2015 ve 2019–2020 yılları hem yapısal kırılgnlığın hem de olası ithalat kayıplarının en üst seviyelerde bulunduğu dönemler olarak şekilde sağ üst tarafta konumlanmaktadır. Buna karşın, 2009 ve 2021 gibi yıllar düşük kayıp değerleriyle, kırılgnlık ekseninde ayrışarak sol alt bölgelere yakın konumlanmıştır.

Yapılan istatistiksel analizler, Kırılgnlık derecesi ile İthalat Kaybı arasında pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu teyit etmektedir. Hesaplanan Pearson korelasyon katsayısı yaklaşık $r = 0,52$ düzeyinde olup, bu korelasyon %95 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Benzer şekilde Spearman sıralama korelasyonu da tutarlı bir ilişkiye işaret etmektedir. Bu sonuç, Türkiye'nin ithalat yapısının ne kadar kırılgn olduğunu, olası bir arz kesintisinde fiilen kaybedeceği petrol miktarını önemli ölçüde belirlediğini göstermektedir. Başka bir deyişle, ithalatın büyük ölçüde birkaç kırılgn kaynağa bağlı olduğu yıllarda, arz şoku yaşandığında Türkiye'nin maruz kalacağı darbe de oransal olarak daha büyük olmaktadır. Özellikle kırılgnlık göstergesinin %85–90 bandına ulaştığı yıllarda simülasyonlar, Türkiye'nin ithalatının yaklaşık yarısından fazlasını kaybedebileceğini öngörmektedir. Dolayısıyla, yapısal

kırılganlık düzeyini düşürmeye yönelik adımlar (örneğin yeni tedarikçi ülkeler bulmak veya mevcut kaynaklar arasında denge sağlamak), simülasyonlara göre fiilî riskin azaltılması açısından istatistiki olarak da anlamlı bir fark yaratabilecektir.

Öte yandan, şekilteki ilişki mükemmel bir doğrusal korelasyon içermemektedir; bazı yıllar, diğer faktörlerin etkisiyle genel trendden sapmalar göstermiştir. Örneğin, 2021 yılı, kırılganlık oranı yüksek olsa da (yaklaşık %85) fiilî ithalat kaybının düşük gerçekleştiği bir noktadır. Bu tür noktalar, ilgili yılda en riskli görülen ülkelerin Türkiye ithalatındaki payının düşük olabileceğini veya küresel piyasa dinamiklerinin beklenen kaybı sınırlamış olabileceğini düşündürmektedir. Ancak genel eğilim dikkate alındığında, yapısal kırılganlığı azaltmanın, Türkiye'nin olası arz kesintilerindeki kaybını azaltmada kritik bir öneme sahip olduğu açıkça görülmektedir. Sonuç olarak, Kırılganlık derecesi ile İthalat Kaybı arasındaki istatistiki anlamlı korelasyon, enerji politikası yapıcılarının kırılganlığı düşürmenin somut risk azaltıcı etkisini göstermesi bakımından önemli bir bulgu sunmaktadır.



Şekil 3: Türkiye'nin Petrol Arz Riski Göstergeleri Arasındaki Dağılım

Şekil 3, Türkiye'nin petrol ithalatında yapısal kırılganlık düzeyi ile tahmini ithalat kaybı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Noktaların dağılımı, kırılganlık arttıkça ithalat kaybının da yükselme eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır.

4.4. Simülasyon Sonuçları: Kritik Yıllar ve Riskli Ülkeler

Tablo 2'de özetlenen dinamik simülasyon sonuçları, Türkiye'nin petrol ithalatını tehdit eden en kritik dönemleri ve bu dönemlerde riskin kaynağı olan ülkeleri ortaya koymaktadır. Her bir yıl için, en riskli tedarikçi ülkelerde eşzamanlı arz kesintisi yaşanması durumunda meydana gelebilecek tahmini ithalat kaybı ve kesintinin etkileyeceği ülke sayısı model tarafından hesaplanmıştır. İncelenen 2006–2023 dönemi boyunca, simülasyon senaryolarında eş zamanlı olarak iki ülkenin (her yıl için en kırılgan konumda olan iki ihracatçı) kesintiye uğradığı varsayılmıştır. Model çıktılarına göre Türkiye'nin petrol arz güvenliği açısından en kritik yıllar, önceki bölümlerde de vurgulandığı üzere 2015 ile 2019–2020 dönemidir. Bu yıllarda tahmini ithalat kaybı,

normal koşullarda gerçekleştirilen toplam ithalatın çok büyük bir kısmına denk gelecek şekilde yükselmiştir. Özellikle 2019 ve 2020 yıllarında Türkiye'nin maruz kalabileceği yıllık ithalat kaybı ~2 milyon varil bandına ulaşarak döneminin en yüksek seviyelerini görmüştür. Bu değer, karşılaştırma yapmak gerekirse, 2006'daki seviyenin yaklaşık 4 katına denk gelmektedir. Buna karşın, 2009 ve 2021 gibi yıllar, simülasyonda öngörülen en düşük ithalat kayıplarının yaşandığı dönemlerdir (sırasıyla yaklaşık 0,56 milyon varil ve 0,72 milyon varil). 2009 yılı, küresel finans krizinin Türkiye'nin ithalatını zaten azaltmış olması nedeniyle ek bir kesinti senaryosunda kaybedeceği miktarın sınırlı kalacağını gösterirken; 2021 yılı, en riskli tedarikçilerin Türkiye petrol ithalatındaki payının düşük olması sayesinde görece sınırlı bir kayıp öngörüsüyle dikkat çekmektedir. Bu veriler bir arada değerlendirildiğinde, Türkiye açısından arz şoklarına en açık yılların, ithalatın zirve yaptığı ve/veya en kırılgan tedarikçilere en fazla bağımlı kalınan yıllar olduğu anlaşılmaktadır.

Simülasyon sonuçları, riskin coğrafi kaynağının yıllar içerisinde değişebildiğini de göstermektedir. Tablo 2'de her yıl için listelenen "En Riskli Ülkeler", o yıl Türkiye'nin petrol tedarik zincirinde kırılganlık ve istikrarsızlık açısından en zayıf halkaları temsil etmektedir. 2006–2013 döneminde Irak ve Nijerya, yüksek kırılganlıkları (siyasi istikrarsızlık, terör olayları ve iç çatışmalar gibi nedenlerle) ve Türkiye ithalatındaki önemli payları nedeniyle en riskli tedarikçiler olarak öne çıkmıştır. Bu yıllarda Irak, gerek üretim altyapısının kırılganlığı gerekse bölgesel güvenlik sorunları (2000'lerin ortasında süregelen iç karışıklıklar) nedeniyle, Nijerya ise petrol endüstrisindeki militan eylemler ve hükümet istikrarsızlıkları dolayısıyla risk kaynağı olmuştur. 2014 yılından itibaren, Ortadoğu'daki jeopolitik dinamiklerin değişmesiyle birlikte en riskli ülkeler listesine Suriye dahil olmuştur. Suriye'nin kendisi Türkiye'ye büyük hacimde petrol ihraç eden bir ülke olmamasına karşın, bölgede süregelen iç savaş koşulları nedeniyle petrol arz zincirinde yarattığı belirsizlik ve komşu ülkelerin (örneğin Irak) tedarik rotalarına yakınlığı dolayısıyla modelde yüksek risk puanı almıştır. Nitekim 2014–2020 arasında Irak ve Suriye, Türkiye'nin petrol ithalatı için en riskli iki kaynak olarak tanımlanmıştır. Bu durum, söz konusu yıllarda Suriye'deki çatışmaların ve Irak'taki güvenlik sorunlarının Türkiye'nin petrol akışını aksatabilecek başlıca etkenler olduğunu göstermektedir. 2021 sonrasındaki dönemde ise riskli ülkelerin bileşimi tekrar değişmiştir: 2021–2023 arasında Suriye ve Nijerya en riskli ülkeler olarak belirlenmiştir. Bu değişim, Irak'ta IŞİD sonrası dönemde görece bir istikrar sağlanması ve üretim artışıyla risk profilinin kısmen iyileşmesine karşın, Nijerya'nın kronik hale gelen iç güvenlik problemleri ve üretim kesintileri riskinin devam etmesiyle açıklanabilir. Dolayısıyla, 2020'li yılların başında Türkiye'nin petrol arz güvenliği riskleri daha çok Orta Doğu'daki siyasi belirsizlikler (Suriye) ve Afrika'daki kronik istikrarsızlıklar (Nijerya) ekseninde yoğunlaşmıştır.

Simülasyon analizlerinde "Etkilenen Ülke Sayısı" her bir senaryoda çoğunlukla 2 olarak kalmıştır; bu da modellenen kesintinin büyük ölçüde sadece o yılın en kırılgan iki tedarikçisiyle sınırlı bir etki yarattığını, zincirleme domino etkisinin üçüncü ülkelere yayılmadığını göstermektedir. Başka bir deyişle, en riskli iki ülkenin arzı kesildiğinde Türkiye'nin petrol ithalatında ciddi kayıplar görülmekte, ancak bu kesintilerin uluslararası petrol piyasasında Türkiye'ye dolaylı yoldan petrol tedarik eden diğer ülkeleri etkilemesi söz konusu olmamaktadır. Bu bulgu, Türkiye'nin ithalat ağında büyük oyuncuların kaybının tek başına ciddi sorun yaratmaya yettiğini, fakat tedarik zincirinin geri kalanında yayılma etkisinin sınırlı kaldığını ima etmektedir. Bunun

muhtemel bir nedeni, Türkiye'nin petrol ithalatının zaten az sayıda ana kaynağa dayalı olması ve bu kaynakların kesintisinin dolaylı değil doğrudan bir etkiyle sonuçlanmasıdır.

Genel olarak, simülasyon sonuçları Türkiye'nin petrol ithalat portföyünün en zayıf halkalarını ve bu zayıf halkaların etkisini somutlaştırmıştır. En kırılgan ve riskli ülkelerde yaşanabilecek eşzamanlı sorunların, belirli yıllarda Türkiye'nin enerji arzını ciddi boyutta sekteye uğratabileceği görülmüştür. Özellikle ithalatın rekor düzeylere ulaştığı ve jeopolitik risklerin yüksek olduğu yıllar, Türkiye açısından kritik kırılma noktaları olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, Türkiye'nin enerji güvenliği politikalarında, sadece toplam ithalat miktarına odaklanmak yerine, bu ithalatın hangi ülkelere bağımlı olduğu ve bu ülkelerin politik/ekonomik istikrarının ne durumda olduğu da dikkate alınmalıdır. Bulgular, riskin birkaç ülke üzerinde yoğunlaştığını gösterdiğinden, tedarikçi ülke yelpazesini genişletmek, alternatif tedarik rotaları oluşturmak ve gerektiğinde yerli kaynakları veya stokları devreye almak gibi stratejilerin önemli olduğu anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, ağ tabanlı dinamik simülasyon yaklaşımıyla elde edilen veriler, hangi yıllarda ve hangi koşullarda Türkiye'nin petrol arz güvenliğinin en fazla tehlikede olduğunu niceliksel olarak ortaya koyarak karar alıcılara stratejik bir öngörü sunmaktadır.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışma, Türkiye'nin petrol ithalatında oluşabilecek olası arz kesintilerinin etkilerini ağ tabanlı dinamik modelleme ile inceleyerek enerji arz güvenliği konusunda önemli bulgular sunmuştur. Enerji arz güvenliği kavramının sadece fiziksel tedarikin sürekliliği değil, ekonomik ve politik boyutları da kapsadığı literatürde vurgulanmıştır (Cherp & Jewell, 2014, s. 416). Nitekim Türkiye örneğinde de petrol arz güvenliği çok boyutlu bir mesele olarak belirlemektedir: Bulgu ve analizler, 2006–2023 döneminde artan petrol talebiyle birlikte Türkiye'nin dışa bağımlılığının yükseldiğini ve ithalat portföyünün kırılganlaştığını göstermiştir. İthalatın büyük ölçüde birkaç kritik tedarikçiye dayanması, enerji arz güvenliğini tehdit eden önemli bir risk faktörü olarak saptanmıştır. Özellikle jeopolitik istikrarsızlık riski yüksek ülkelere yapılan ithalata aşırı bağımlılık, muhtemel bir kesintide Türkiye'nin fiilen kaybedeceği petrol miktarını ciddi boyutlara taşımaktadır. Bu durum, literatürde de vurgulanan kaynak çeşitliliğinin enerji güvenliği için kritik önemde olduğunu doğrulamaktadır (Vivoda, 2009, s. 4615; Kilian, 2009, s. 1055). Model sonuçları, belirli yıllarda gerçekleşen varsayımsal küresel arz şoklarının Türkiye'nin toplam petrol ithalatını kayda değer ölçüde azaltabileceğini ve bu etkinin ithalat ağındaki “zayıf halkalar” üzerinden zincirleme (domino) etkiler yaratabileceğini göstermiştir. Bu bulgular, arz kesintilerinin ekonomik etkilerine dair literatürü de desteklemektedir: Petrol arzındaki şokların fiyatları yükselterek cari açık, enflasyon ve büyüme üzerinde olumsuz yansımaları olabileceği bilinmektedir (Kilian, 2009, s. 1055; Kırca & Karagöl, 2018, s. 65). Nitekim çalışma da ithalat kesintileri sonucu oluşacak arz açığının uluslararası piyasalarda fiyat dalgalanmalarını tetikleyebileceği ve Türkiye ekonomisinde maliyet baskısı yaratabileceği ortaya konmuştur. Sonuç olarak, araştırma sorularına yanıt olarak denilebilir ki küresel petrol arzındaki kesintiler, Türkiye'nin petrol ithalatını ciddi biçimde aksatabilmekte; bu etki, en kırılgan noktalar olan bazı tedarikçi ülkeler üzerinden yayılmakta ve makroekonomik açıdan riskler doğurmaktadır.

Bu bulgulara dayanarak, Türkiye'nin enerji arz güvenliğini artırmak için kısa vadede yapısal önlemler alması ve uzun vadede dönüşümsel stratejiler geliştirmesi

önerilmektedir. Literatürde de enerji arz güvenliğinin sağlanması için çok boyutlu ve eşgüdümlü politika setlerine ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (Zarshenas, 2023, s. 12). Aşağıda, çalışmada ışığında kısa ve uzun vadeli politika önerileri sıralanmaktadır:

Kısa Vadeli Önlemler

- **Tedarik Kaynaklarını Çeşitlendirme:** İthalatta birkaç ülkeye bağımlılığı azaltmak için alternatif petrol tedarikçileriyle uzun vadeli anlaşmalar yapılmalıdır. Kaynak çeşitliliğinin artırılması, tek bir bölgedeki siyasi dalgalanmaların arzı kesintiye uğratma riskini düşürecektir (Vivoda, 2009, s. 4615). Bu kapsamda, farklı coğrafi bölgelerden ve daha istikrarlı ülkelerden petrol temin etmeye yönelik adımlar atmak enerji arz güvenliğini pekiştirecektir.
- **Jeopolitik Risk Yönetimi ve Enerji Diplomasisi:** Yüksek riskli bölgelerden yapılan ithalatın payını kademeli olarak azaltırken, mevcut tedarikçilerle ilişkiler enerji diplomasisi yoluyla sağlamlaştırılmalıdır. Dost ve müttefik ülkelerle stratejik enerji iş birlikleri geliştirmek, ani arz kesintilerine karşı bir sigorta işlevi görecektir (Zarshenas, 2023, s. 12). Özellikle komşu ve bölge ülkeleriyle diplomatik diyalog, kriz zamanlarında petrol akışının devamlılığını sağlama açısından kritiktir.
- **Stratejik Petrol Stokları ve Altyapı:** Olası kesintilere karşı stratejik stoklama en önemli kısa vadeli emniyet supaplarından biridir. Türkiye'nin mevcut ulusal petrol rezervlerini uluslararası tavsiyelere paralel biçimde (en az 90 günlük ithalatı karşılayacak düzeyde) tutması gerekmektedir. Stratejik petrol rezervlerinin artırılması ve gerektiğinde piyasa istikrarı için kullanılması önerisi, literatürde de güçlü destek bulmaktadır (Gao vd., 2018, s. 30). Ayrıca, depolama altyapısının ve dağıtım ağının güçlendirilmesi, lojistik tıkanıklıkları önleyerek acil durumlarda stokların etkin kullanılmasını sağlayacaktır.

Uzun Vadeli Stratejiler

- **Yenilenebilir Enerjiye Geçişin Hızlandırılması:** Petrol bağımlılığını kalıcı olarak azaltmanın yolu, ulaşım ve enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırmaktır. Rüzgâr, güneş, hidroelektrik gibi yerli ve temiz kaynaklara yatırımın artması, ithal fosil yakıtlara talebi düşürerek arz güvenliğine uzun vadede önemli katkı yapacaktır (IRENA, 2018, s. 4). Literatürde de yenilenebilir enerjiye geçişin enerji arz güvenliğini geliştirdiği; ülkelerin ithal petrol bağımlılığını azaltıp enerji karışımını çeşitlendirerek dış şoklara karşı direnç kazandırdığı belirtilmektedir (United Nations, 2022). Bu nedenle Türkiye, enerji politikasında yeşil dönüşümü stratejik bir öncelik haline getirmelidir.
- **Enerji Verimliliği ve Talep Yönetimi:** Uzun vadede arz güvenliğini sağlamanın bir diğer ayağı, talep tarafında akıllı yönetimi hayata geçirmektir. Ulaşım, sanayi ve binalarda enerji verimliliğini artıracak önlemler (örneğin yakıt tasarruflu araçlar, endüstriyel modernizasyon, yalıtım ve teknolojik iyileştirmeler) petrol talebinin büyüme hızını yavaşlatacaktır. Talebin makul seviyede tutulması, dışa bağımlılığı ve dolayısıyla arz kesintilerinin ekonomik etkisini sınırlandıracaktır (Kırca & Karagöl, 2018, s. 65). Enerji verimliliğine yönelik

teşvikler ve düzenlemeler, kısa vadede maliyetli görünse de uzun vadede hem ekonomiye hem enerji güvenliğine önemli kazanımlar sunacaktır.

- Bölgesel ve Uluslararası İş birliği Mekanizmaları: Enerji arz güvenliği küresel bir sorun olduğundan, Türkiye'nin uzun vadeli stratejisi uluslararası iş birliğini de içermelidir. Bölgesel enerji piyasası entegrasyonu, acil durumlarda karşılıklı yardım anlaşmaları ve uluslararası enerji kuruluşlarıyla eşgüdüm (örneğin Uluslararası Enerji Ajansı'nın kriz koordinasyon mekanizmaları) önem taşımaktadır. Kolektif hareket etmek ve erken uyarı sistemleri geliştirmek, küresel arz şoklarının olumsuz etkilerini hafifletmede etkilidir (Cherp & Jewell, 2014, s. 416). Ayrıca, enerji diplomasisinin kurumsallaştırılması ve komşu ülkelerle ortak altyapı projelerinin (boru hatları, depolama tesisleri vb.) sürdürülmesi, uzun vadede daha dirençli bir enerji arzı için gerekli olacaktır.

Sonuç itibarıyla, Türkiye'nin petrol arz güvenliğini sağlamaya yönelik politikaları hem kısa vadeli kırılganlıkları azaltmaya hem de uzun vadeli yapısal dönüşümleri gerçekleştirmeye odaklanmalıdır. Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, literatürdeki enerji arz güvenliği kavram ve önerileriyle uyumlu biçimde, çok boyutlu ve proaktif bir strateji izlemenin şart olduğunu ortaya koymaktadır. Kısa vadede kaynak çeşitlendirmesi, stratejik stoklama ve diplomasi adımları, uzun vadede ise yenilenebilir enerji yatırımları ve verimlilik artışları sayesinde, Türkiye'nin petrol arzında yaşanabilecek şoklara karşı daha dayanıklı hale gelmesi mümkündür. Bu sayede, çalışmanın başında ortaya konan araştırma sorularına uygun olarak, petrol arz güvenliğinde sürdürülebilirlik ve esneklik sağlanacak; ekonomik büyüme, cari denge ve fiyat istikrarı üzerindeki dış şok kaynaklı riskler minimize edilebilecektir. Bu öneriler, enerji politikası yapıcılar için yol gösterici olup Türkiye'nin uzun vadede enerji arz güvenliğini güçlendirmesine katkı sunması beklenmektedir. Bu çalışmanın bulguları, belirtilen dönem ve varsayımlar çerçevesinde geçerlidir. Daha geniş veri setleri, farklı senaryo analizleri ve alternatif modelleme teknikleriyle gelecekte bu konuya ilişkin araştırmalar derinleştirilebilir.

Değerlendirme	İki Dış Hakem / Çift Taraflı Körleme
Etik Beyan	Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.
Benzerlik Taraması	Yapıldı – İthenticate
Etik Bildirim	itobiad@itobiad.com
Çıkar Çatışması	Çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
Finansman	Bu araştırmayı desteklemek için dış fon kullanılmamıştır.
Peer-Review	Double anonymized - Two External
Ethical Statement	It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited.
Plagiarism Checks	Yes - İthenticate
Conflicts of Interest	The author(s) has no conflict of interest to declare.
Complaints	itobiad@itobiad.com
Grant Support	The author(s) acknowledge that they received no external funding in support of this research.

Kaynakça | References

- Adler, J. (1991). Bootstrap percolation. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 171(3), 453–470. [https://doi.org/10.1016/0378-4371\(91\)90295-N](https://doi.org/10.1016/0378-4371(91)90295-N)
- Baumeister, C., Peersman, G., & Van Robays, I. (2010). The economic consequences of oil shocks: Differences across countries and time. In R. Fry, C. Jones, & C. Kent (Eds.), *Inflation in an era of relative price shocks* (pp. 91–137). Sydney: Reserve Bank of Australia.
- Bayar, Y., Kılıç, C., & Arıca, F. (2014). Türkiye’de cari açığın belirleyicileri. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 15(1), 451–471.
- Bayraç, H. N. (2009). Küresel enerji politikaları ve Türkiye: Petrol ve doğal gaz kaynakları açısından bir karşılaştırma. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 115–142.
- Bozgeyik, Y., & Kutlu, A. (2019). Türkiye’de cari açığın belirleyicileri: 1992-2017 dönemi için ampirik çalışma. *Maliye Dergisi*, 176, 1–26.
- BP. (2023). BP Statistical Review of World Energy 2023.
- Bullard, C. W., Penner, P. S., & Pilati, D. A. (1978). Net energy analysis handbook for combining process and input-output analysis. *Resources and Energy*, 1, 267–313.
- Chen, Z., Wang, H., Liu, X., Wang, Z., & Wen, S. (2022). Risk diffusion of international oil trade cuts: A network-based dynamics model. *Energy Reports*, 8, 11320–11333. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.08.244>
- Chenery, H. B., & Watanabe, T. (1958). International comparisons of the structure of production. *Econometrica*, 26(4), 487–521.
- Delforge, D., Wathelet, V., Below, R., et al. (2025). EM-DAT: The Emergency Events Database [Preprint, Version 2]. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3807553/v2>
- Demir, M. (2013). Enerji İthalatı–Cari Açık İlişkisi, VAR Analizi ile Türkiye Üzerine Bir İnceleme. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 5(9), 1–27.
- Demirbaş, M., Türkay, H., & Türkoğlu, M. (2009). Petrol fiyatlarındaki gelişmelerin Türkiye’nin cari açığı üzerine etkisinin analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 289–299.
- Eastwood, R. K. (1992). Macroeconomic impacts of energy shocks. *Oxford Economic Papers*, 44(3), 403–425.
- Ediger, V. Ş., & Akar, S. (2007). ARIMA forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey. *Energy Policy*, 35(3), 1701–1708.
- Ediger, V. Ş., Akar, S., & Uğurlu, B. (2006). Forecasting production of fossil fuel sources in Turkey using a comparative regression and ARIMA model. *Energy Policy*, 34(18), 3836–3846.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2023). *Petrol piyasası yıllık sektör raporu (2006–2023)*. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>

Erkök, B., & Kütük, Y. (2023). Dependency on imported energy in Turkey: Input-output analysis. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 45(1), 47–70. <https://doi.org/10.14780/muiibd.1317197>

Ersungur, Ş. M., & Kızıltan, A. (2007). Türkiye ekonomisinde ithalata bağımlılığın girdi-çıkı yöntemiyle analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 409–435.

Freeman, L. C. (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 40(1), 35–41. <https://doi.org/10.2307/3033543>

Gao, J., Buldyrev, S. V., Havlin, S., & Stanley, H. E. (2011). Robustness of a network of networks. *Nature*, 464(7291), 1025–1028. <https://doi.org/10.1038/nature08932>

Gumus, M., & Kiran, M. S. (2017, October). Crude oil price forecasting using XGBoost. *In 2017 International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)* (pp. 1100–1103). IEEE.

Güneş, S., & Yıldırım, C. (2019). Petrol fiyatları, reel efektif döviz kuru ile dış ticaret hadleri arasındaki nedensellik ilişkisi: Türkiye analizi. *BİLTÜRK Ekonomi ve İlişkili Çalışmalar Dergisi*, 1(2), 112–130.

Güngör, S., Sönmez, L., Korkmaz, Ö., Karaca, S. S. (2016). Petrol Fiyatlarındaki Değişimlerin Türkiye'nin Cari İşlemler Açığına Etkileri. *Maliye Ve Finans Yazıları*(106), 29–48. <https://doi.org/10.33203/mfy.312266>

Günlük-Şenesen, G. (2005). *Türkiye'nin üretim yapısı girdi-çıkı modeli temel bulgular*. TÜSAD Büyüme Stratejileri Dizisi, (3).

Günlük-Şenesen, G., & Şenesen, Ü. (2001). Reconsidering import dependency in Turkey: The breakdown of sectoral demands with respect to suppliers. *Economic Systems Research*, 13(4), 417–428.

Günlük-Şenesen, G., & Şenesen, Ü. (2003). Türkiye'de imalat sanayiinin ithal girdi bağımlılığı. (Yayınlanmamış rapor).

Helbing, D. (2013). Globally networked risks and how to respond. *Nature*, 497(7447), 51–59. <https://doi.org/10.1038/nature12047>

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2018). *Renewable energy statistics 2018*. Abu Dhabi: IRENA. <https://www.irena.org/publications/2018/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2018>

Kablamacı, B. (2011). Petrol ve Ekonomi. *Derin Yayınları*, İstanbul.

Kankal, M., Akpınar, A., Kömürcü, M. İ., & Özşahin, T. Ş. (2011). Modeling and forecasting of Turkey's energy consumption using socio-economic and demographic variables. *Applied Energy*, 88(5), 1927–1939.

Katircioğlu, S., Katircioğlu, S., & Altınay, M. (2017). Interactions between energy consumption and imports: Empirical evidence from Turkey. *Journal of Comparative Asian Development*, 16(2), 161–178.

Kıran, M. S., Özceylan, E., Gündüz, M., & Paksoy, T. (2012). A novel hybrid approach based on particle swarm optimization and ant colony algorithm to forecast energy demand of Turkey. *Energy Conversion and Management*, 53(1), 75–83.

Kırca, M., & Karagöl, V. (2018). Türkiye’de petrol fiyatları ve cari açık arasındaki simetrik ve asimetrik nedensellik ilişkilerinin analizi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 10(18), 59–71.

Kilian, L. (2009). Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. *American Economic Review*, 99(3), 1053–1069. <https://doi.org/10.1257/aer.99.3.1053>

Leontief, W. (1936). Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States. *The Review of Economic Statistics*, 18(3), 105–125.

Leung, G. C. K., Cherp, A., Jewell, J., & Wei, Y.-M. (2014). Securitization of energy supply chains in China. *Applied Energy*, 123, 316–326. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.12.016>

Newman, M. E. J. (2010). Networks: An introduction. *Oxford University Press*.

Oil: Fossil fuel energy. (2024, March). Stanford University - Understand Energy. Retrieved January 18, 2025, from <https://understand-energy.stanford.edu/energy-resources/fossil-fuel-energy/oil#:~:text=Oil%20is%20the%20most%2Dused,resource%20has%20significant%20geopolitical%20consequences>.

Öztürk, İ., & Arısoy, İ. (2016). An estimation of crude oil import demand in Turkey: Evidence from time-varying parameters approach. *Energy Policy*, 99, 174–179.

Peersman, G., & Van Robays, I. (2009). Oil and the euro area economy. *Economic Policy*, 24(60), 603–651. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0327.2009.00233.x>

Peersman, G., & Van Robays, I. (2012). Cross-country differences in the effects of oil shocks. *Energy Economics*, 34(5), 1532–1547. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.11.013>

Rahman, I. A., Suharsih, S., & Waluyo, J. (2024). Fragile State Index assessment of economic, defence and administrative conflicts endangering states in Indonesia: An econometric study. *Rahman, Ilyassin Aditya*, 1–15.

Shaluf, I. M., Ahmadun, F., & Mat Said, A. (2003). A review of disaster and crisis. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 12(1), 24–32. <https://doi.org/10.1108/09653560310463829>

Solak, E. (2013). Türkiye’de petrol talebinin tahmini: ARIMA modeli uygulaması. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1), 35–47.

T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı. (2023). *Türkiye ekonomisi sunumu – Ekim 2023*. Retrieved from https://ms.hmb.gov.tr/uploads/2023/10/Ekonomi_Sunumu-6.pdf

The Fund for Peace. (2022). Fragile States Index. Retrieved March 27, 2025, from <https://fragilestatesindex.org>

Topçuoğlu, A., & Oral, İ. O. (2020). Importance of energy for industries and role of the energy sector in Turkey's economy. *Dynamics of Energy, Environment and Economy*, 77, 39–63.

Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB). (2024). *Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS)*. 31 Mart 2024 tarihinde <https://evds2.tcmb.gov.tr/> adresinden erişildi.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). *Ulusal hesaplar – Gayri Safi Yurtiçi Hasıla verileri*. Retrieved March 31, 2025, from <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=ulusal-hesaplar-113>

U.S. Energy Information Administration. (2024). *Spot prices for crude oil (Brent)*. Retrieved January 18, 2025, from https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm

Vivoda, V. (2009). Diversification of oil import sources and energy security: A key strategy or an elusive objective? *Energy Policy*, 37(11), 4615–4623. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.06.007>

World Bank. (2024). Worldwide Governance Indicators. Retrieved March 27, 2025, from <https://www.worldbank.org/en/publication/worldwide-governance-indicators>

Wu, R. H., & Chen, C. Y. (1990). On the application of input-output analysis to energy issues. *Energy Economics*, 12(1), 71–76.

Yalçın Erik, N., & Koşaroğlu, Ş. M. (2016). Tarihsel süreç boyunca değişen petrol fiyatları; Şeyl gazı etkisi ve bazı öngörüler. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 17(2), 119–143.

Yılmaz, K. Ç., Taş, T., & Yapraklı, H. (2015). Energy imports and growth perspective: The case of Turkey. *Polish Political Science Yearbook*, 44(1), 283–299.