

Yenilenebilir Enerji Üretimini Belirleyen Faktörler

Rasim YILMAZ¹

¹Prof.Dr., Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics, rasimyilmaz@nku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1084-8705

Özet: Bu çalışma, yenilenebilir enerji üretimi ve tüketimini belirleyen faktörleri literatürdeki ampirik bulgular ışığında incelemektedir. Analizler, ekonomik (fiyatlar, enerji talebi, finansmana erişim), teknolojik (Ar-Ge, patentler, inovasyon), kurumsal (yönetişim, siyasi istikrar, uluslararası anlaşmalar) ve çevresel (CO₂ emisyonları, doğal kaynak bolluğu) unsurların yenilenebilir enerji yatırımlarını farklı biçimlerde etkilediğini göstermektedir. Bulgular, fosil yakıt fiyatlarındaki artışın ve enerji ithalatına bağımlılığın yenilenebilir enerjiye yönelimi teşvik ettiğini, buna karşılık kaynak bolluğunun ve güçlü fosil yakıt lobilerinin geçişi yavaşlatabildiğini ortaya koymaktadır. Çalışma, yenilenebilir enerji dönüşümünün yalnızca çevresel değil, aynı zamanda ekonomik güvenlik ve kalkınma hedefleriyle bağlantılı olduğunu vurgulamakta; bu nedenle politika yapıcıların piyasa mekanizmaları, finansal teşvikler, kurumsal reformlar ve uluslararası işbirliğini eş zamanlı olarak gözeten bütüncül stratejiler geliştirmesi gerektiğini ileri sürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Enerji Politikaları, Enerji Dönüşümü, Kurumsal Faktörler, Finansal Sermaye Erişimi

Determinants of Renewable Energy Production

Abstract: This study examines the factors determining renewable energy production and consumption in light of empirical findings in the literature. The analyses show that economic (prices, energy demand, access to finance), technological (R&D, patents, innovation), institutional (governance, political stability, international agreements), and environmental (CO₂ emissions, abundance of natural resources) factors influence renewable energy investments in different ways. The findings reveal that rising fossil fuel prices and dependence on energy imports encourage the shift toward renewable energy, whereas resource abundance and strong fossil fuel lobbies can slow this transition. The study emphasizes that the renewable energy transformation is not only an environmental issue but also closely linked to economic security and development goals. Therefore, it argues that policymakers should design comprehensive strategies that simultaneously consider market mechanisms, financial incentives, institutional reforms, and international cooperation.

Key Words: Renewable Energy, Energy Policies, Energy Transition, Institutional Factors, Access to Financial Capital

1. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji, doğal olarak kendini yenileyen ve tükenmeden defalarca kullanılabilen kaynaklardan elde edilen enerjiye karşılık gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi (termal, fotovoltaik ve yoğunlaştırılmış), hidroelektrik enerji, gelgit enerjisi, jeotermal enerji, ısı pompalarıyla yakalanan ortam ısısı, biyoyakıtlar ve atıkların yenilenebilir kısmı yer almaktadır (Eurostat, 2011).

Yenilenebilir enerji kullanımının birçok potansiyel faydası bulunmaktadır: sera gazı emisyonlarının azaltılması, enerji arz güvenliğinin sağlanması, enerji arzının çeşitlendirilmesi, fosil yakıt piyasalarına (özellikle petrol ve doğalgaz) olan bağımlılığın azaltılması ve çevre ile yenilenebilir enerji sektörlerinde (yeni yeşil teknolojiler) istihdam yaratılması yoluyla ekonomik canlanmanın teşvik edilmesi (Eurostat, 2021). Sera gazı emisyonlarındaki artış, küresel iklim değişikliği, enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar ve enerji güvenliğine ilişkin endişeler, yenilenebilir enerjinin dünya genelinde teşvik edilmesi ve benimsenmesinin başlıca itici güçleri olmuştur. Ancak yenilenebilir enerji tüketimindeki artış

eğilimine rağmen, birçok ülkede yüksek maliyetler ve teknolojik engeller nedeniyle kullanım düzeyi sınırlı kalmaktadır. Buna karşılık, düşük maliyetleri ve kullanım kolaylığı nedeniyle fosil yakıtlar hâlâ enerji üretiminde baskın konumlarını sürdürmekte olup, 2019 yılı itibarıyla toplam üretimin %81'inden fazlasını oluşturmaktadır (Nguyen ve Kakinaka, 2019).

Enerji üretiminde ve tüketiminde yenilenebilir enerjinin artan önemi, bu enerjinin yayılımını şekillendiren mekanizmaların derinlemesine incelenmesini gerekli kılmaktadır. Yenilenebilir enerjinin teşvik edilmesi ve daha geniş ölçekte benimsenebilmesi açısından söz konusu mekanizmaların doğru şekilde anlaşılması kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, makalenin devamında yenilenebilir enerji üretimini belirleyen faktörler literatürde yer alan ampirik kanıtlar ışığında analiz edilmiştir.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ ÜRETİMİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

Yenilenebilir enerji üretimini etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Ülkeler arası ampirik çalışmalar, bu faktörlerin ekonomik, finansal,

sosyal, kültürel, politik, kurumsal, düzenleyici, teknolojik, çevresel ve enerji ile ilgili boyutlarını vurgulamaktadır.

2.1. Yenilenebilir Enerji Fiyatları

Yenilenebilir enerji arzını arz modeli perspektifinden inceleyen çalışmalarda kullanılan temel değişkenlerden biri enflasyon değişkenidir. Yenilenebilir enerji fiyatlarına ilişkin doğrudan verilerin bulunmaması nedeniyle, enflasyon değişkeni arz modelinde yenilenebilir enerjinin kendi fiyat etkisini temsil etmek amacıyla kullanılmaktadır. Ampirik çalışmalarda enflasyon göstergesi olarak genellikle tüketici fiyat endeksi (TÜFE) tercih edilmektedir.

Enflasyon değişkeninin yenilenebilir enerji arzı modellerinde beklenen işareti pozitiftir. Zira bir malın fiyatı, arzın temel belirleyicisidir; daha yüksek fiyatlar üreticileri daha fazla arz yapmaya teşvik ederken, daha düşük fiyatlar arzın azalmasına yol açmaktadır. Bu durum, fiyat ile arz edilen miktar arasındaki doğrudan ilişkiyi yansıtmaktadır. Benzer şekilde, tüketici fiyat endeksindeki dalgalanmaların artması, yenilenebilir enerjinin toplam enerji arzına katkısıyla pozitif yönde ilişkilidir. Ayrıca, genellikle enflasyona yol açan fosil yakıt fiyatlarındaki artışlar, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmektedir. Nitekim, 1970'ler ve 1980'lerde yaşanan tarihsel petrol fiyatı şokları, OECD ülkelerinde yenilenebilir enerjiye yönelik araştırma ve geliştirme harcamalarında kayda değer bir artışla eş zamanlı olarak gerçekleşmiştir (Przychodzen ve Przychodzen, 2020). Enflasyon değişkeni ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki pozitif ilişki Chang ve diğ. (2009) tarafından da doğrulanmıştır. Söz konusu çalışmada, 1997–2006 dönemi boyunca OECD üyesi ülkelerde yüksek büyüme rejimlerinde tüketici fiyat endeksi (TÜFE) ile yenilenebilir enerjinin enerji arzına katkısı arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir.

2.2. CO₂ Emisyonları

Yenilenebilir enerji arzını etkileyen faktörlerin analizinde olguyu arz modeli perspektifinden inceleyen çalışmalarda kullanılan ana değişkenlerden birisi de CO₂ emisyonlarıdır. CO₂ emisyonları ikame malların fiyatını temsil etmek amacıyla arz modellerine dâhil edilmektedir. Fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonlar, fiyatlandırılmamış dışsallıklar oluşturarak yenilenebilir enerjinin rekabet gücünü zayıflatmakta ve dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesini sınırlandırmaktadır. Ayrıca,

yenilenebilir enerji teknolojilerinin erken aşamalarındaki maliyetlerinin yüksekliği ve fosil yakıtların hâlâ ucuz ve yaygın olması, bu olumsuz ilişkinin şiddetini artırmaktadır (Mac Domhnaill ve Ryan, 2020). Bu çerçevede, CO₂ emisyonları ile yenilenebilir enerji arzı arasında negatif bir ilişki beklenmektedir.

Ampirik araştırmalarda, CO₂ emisyonu göstergesi olarak genellikle “katı, sıvı ve gaz yakıtların tüketimi ile gaz yakma sırasında üretilen karbondioksit” dikkate alınmaktadır. Bu kapsamda, bazı çalışmalar belirli bir ülkedeki toplam CO₂ emisyonunu (kiloton olarak), bazıları ise kişi başına düşen toplam CO₂ emisyonunu (metrik ton olarak) kullanmaktadır. CO₂ emisyonları ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki negatif ilişkinin varlığı, farklı ülke ve bölge bağlamlarında çeşitli çalışmalar tarafından doğrulanmıştır. İstatistiki olarak anlamlı negatif ilişkinin varlığı, gelişmiş ülkeler örneklemini için Elmassah (2023) ve Bamati ve Raoofi (2020) tarafından, Avrupa ülkeleri örneklemini için Marques ve diğ. (2010) tarafından, geçiş ekonomileri örneklemini için Przychodzen ve Przychodzen (2020) tarafından ve Latin Amerika ülkeleri örneklemini için Vural (2021) tarafından rapor edilmiştir.

2.3. Teknoloji

Yenilenebilir enerji arzını arz modeli perspektifinden inceleyen çalışmalarda kullanılan temel değişkenlerden bir diğeri teknoloji değişkenidir. Yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, rekabet gücünü ve maliyet etkinliğini güvence altına alan uygun teknolojilere bağlıdır. Teknolojik yenilikler yalnızca maliyetleri düşürmek ve yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasını artırmakla kalmaz, aynı zamanda modern, verimli ve düşük karbonlu enerji sistemlerine en düşük maliyetle geçişi mümkün kılmada da kritik bir rol oynar. Ayrıca enerji sistemleri, yalnızca arz ve talep teknolojilerini değil, aynı zamanda bunları birbirine bağlayan altyapıları da kapsamaktadır. Bu bağlamda, destekleyici teknolojiler, tüm sektörlerde yenilenebilir enerjinin daha geniş çapta benimsenmesini teşvik etmektedir. Dolayısıyla bu değişkenin yenilenebilir enerji arzı modellerinde beklenen işareti pozitiftir; çünkü teknolojik gelişmeler, firmaların girdilerden tasarruf etmesini, üretim maliyetlerini düşürmesini ve böylece arzı artırmasını sağlar (Bamati ve Raoofi, 2020; Przychodzen ve Przychodzen, 2020).

Ampirik çalışmalarda teknolojik ilerlemenin göstergesi olarak “toplam faktör verimliliği”, “yüksek teknoloji ihracatı (imalat sanayi ihracatının %’si)”, “yerleşik ve yerleşik olmayanlar tarafından yapılan patent başvurularının sayısı” ve

“Ar-Ge harcamaları” gibi değişkenlerin kullanıldığı gözlenmektedir. Toplam faktör verimliliği ile temsil edilen teknoloji değişkeni ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif ilişki, Orta Doğu ve Kuzey Afrika bölgesi ülkeleri örnekleminde Belaid ve diğ. (2021) tarafından doğrulanmıştır. Benzer şekilde, yüksek teknoloji ihracatı (imalat sanayi ihracatının %'si) ile temsil edilen teknoloji değişkeni ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif ilişki, gelişmiş ülkeler örnekleminde Bamati ve Raoofi (2020) tarafından ortaya konmuştur. Öte yandan, yerleşik ve yerleşik olmayanlar tarafından yapılan patent başvurularının sayısı ile temsil edilen teknoloji değişkeni ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif ilişki, seçilmiş Latin Amerika ülkeleri örnekleminde Vural (2021) tarafından doğrulanmıştır. Ayrıca, Ar-Ge harcamaları ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı ilişki, Avrupa Birliği ülkeleri örnekleminde Shahnazi ve Shabani (2020) tarafından ortaya konmuştur.

2.4. Toplam Enerji Talebi

Yenilenebilir enerji arzını arz modeli perspektifinden inceleyen çalışmalarda kullanılan temel değişkenlerden bir diğeri toplam enerji kullanımıdır. Daha yüksek enerji kullanımı, toplam enerji üretimini teşvik edebilir ve yenilenebilir kaynaklar da dâhil olmak üzere enerji arzının artırılmasına yönelik ek teşvikler yaratabilir. Bununla birlikte, artan enerji talebi yalnızca yenilenebilir kaynaklardan değil, fosil yakıtlardan veya her ikisinin bir kombinasyonundan da karşılanabilmektedir. Dolayısıyla, bir ülkenin enerji ihtiyacı üç ana yolla karşılanabilir: (i) geleneksel fosil yakıt temelli kaynaklara dayanarak, (ii) yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanarak veya (iii) fosil ve yenilenebilir kaynakların birlikte kullanıldığı bir kombinasyon aracılığıyla (Marques ve diğ., 2010; Mengova, 2019). Bu çoklu olasılıklar göz önünde bulundurulduğunda, söz konusu değişkenin yenilenebilir enerji arzı modellerinde beklenen işareti belirsizdir.

Ampirik çalışmalarda toplam enerji talebinin göstergesi olarak “GSYİH’nin 1.000 ABD doları başına düşen enerji kullanımı (petrol eşdeğeri kg cinsinden)” ve “toplam nihai enerji tüketiminin toplam enerji tüketimine oranı” gibi değişkenlerin kullanıldığı görülmektedir. Elde edilen bulgular, toplam enerji talebi ile yenilenebilir enerji üretimi arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişkiye işaret etmektedir. Nitekim, bu ilişki Avrupa ülkeleri örnekleminde Marques ve diğ. (2010),

Avrupa, Eski Sovyetler Birliği, Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri örnekleminde Mengova (2019) ve Doğu Afrika ülkeleri örnekleminde Asratie (2022) tarafından doğrulanmıştır. Bu sonuçlar, ülkelerin artan enerji ihtiyaçlarıyla karşı karşıya kaldıklarında enerji güvenliğini sağlamak, sürdürülebilirliği artırmak ve geleneksel enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmak amacıyla fosil yakıt tüketimini yenilenebilir kaynaklarla tamamlamaya daha yatkın hale geldiklerini göstermektedir.

2.5. Doğal Kaynaklar

Yenilenebilir enerji arzını arz modeli çerçevesinden ele alan çalışmalarda öne çıkan temel değişkenlerden biri de doğal kaynaklardır. Kaynak laneti hipotezine göre kaynak bolluğu yenilenebilir enerjinin benimsenmesini engelleyebilmektedir; zira kaynak açısından zengin ülkeler, düşük karbonlu yenilenebilir alternatiflere yatırım yapmak yerine, genellikle kolay erişilebilir yüksek karbonlu enerji kaynaklarına — petrol, doğal gaz ve kömür gibi — yönelmektedir. Buna karşılık, doğal kaynakları kıt veya ekonomik açıdan kullanılamaz durumda olan ülkeler, enerji karmalarını çeşitlendirmeye ve yenilenebilir enerji teknolojilerini benimsemeye daha yatkın olabilmektedir (Belaid ve diğ., 2021; Tu ve diğ., 2022). Dolayısıyla, bu değişkenin yenilenebilir enerji arzı modellerinde beklenen işareti negatiftir ve bu durum doğal kaynak bağımlılığının yenilenebilir enerjiye geçiş üzerindeki olumsuz etkisini yansıtmaktadır.

Ampirik çalışmalarda doğal kaynakların göstergesi olarak “toplam doğal kaynak rantları (petrol, doğal gaz, kömür, maden ve ormanlardan elde edilen)” veya “GSYİH’nin yüzdesi olarak toplam doğal kaynak rantları (petrol, doğal gaz, kömür, maden ve ormanlardan elde edilen)” kullanılmaktadır. Doğal kaynakların yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri örnekleminde inceleyen Belaid ve diğ. (2021), yenilenebilir enerji üretim düzeyi düşük olan ülkelere bu değişkenin negatif etki gösterdiğini, yenilenebilir enerji üretim düzeyi yüksek ülkelere ise pozitif etki sergilediğini ortaya koymuştur. Yazarlar bu durumu, enerji üretim düzeyi düşük ülkeler açısından “kaynak laneti” olgusuna dair muhtemel bir kanıt olarak değerlendirmiştir. Buna göre, söz konusu ülkelerdeki doğal kaynak bolluğu enerji dönüşümü bağlamında devletlerin verimsiz davranışlar sergilemesine, sürdürülemez maliye politikaları uygulamasına ve etkisiz politika müdahalelerinde bulunmasına yol açabilmektedir. Doğal kaynakların varlığı ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki istatistiksel olarak anlamlı negatif ilişki, geçiş

ekonomileri örnekleme için Przychodzen ve Przychodzen (2020) tarafından da doğrulanmıştır.

Bununla birlikte, söz konusu ilişkiyi 0 ve 1 değerleri alan kukla değişkenler aracılığıyla Avrupa Birliği ülkeleri örnekleminde inceleyen Tu ve diğ. (2022), kaynak laneti hipotezinin aksine sonuçlara ulaşmışlardır. Yazarlar, “elverişli coğrafi konumun (uygun iklim veya su kaynaklarına erişim) yenilenebilir enerji sektörünün büyümesiyle pozitif korelasyon gösterdiği, buna karşılık bol doğal kaynaklara (petrol ve doğal gaz) sahip olmanın sektörün gelişimi için bir engel oluşturduğu” yönündeki hipotezleri test etmişlerdir. Ampirik çalışmanın sonuçları, elverişli coğrafi konumun yenilenebilir enerji gelişiminin önemli bir belirleyicisi olduğunu ortaya koyarken, doğal kaynak bolluğunun ülkeleri yenilenebilir enerji geliştirmekten alıkoyduğu yönündeki hipotezi çürütmüştür. Başka bir ifadeyle, yazarların elde ettiği bulgular, Avrupa Birliği ülkeleri örnekleminde kaynak laneti hipotezinin tam tersini göstermektedir. AB bağlamında gözlemlenen pozitif katsayı, doğal kaynak rantlarının belirli kurumsal veya politik koşullar altında yenilenebilir enerjinin genişlemesini kolaylaştırabileceğini ortaya koymaktadır. Bunun olası bir açıklaması, AB üyesi devletlerin Yenilenebilir Enerji Direktifi (RED) ve Emisyon Ticaret Sistemi (EU ETS) gibi güçlü düzenleyici çerçeveler ve çevre politikaları benimsemiş olmalarıdır. Bu politikalar, kaynak rantlarının temiz enerji projelerine yeniden yönlendirilmesini teşvik etmektedir. Ayrıca, kaynak rantları hükümetlere yenilenebilir enerjiye yönelik sübvansiyonları, altyapı yatırımlarını ve araştırma-geliştirme faaliyetlerini finanse etme konusunda mali kapasite sağlayarak, kaynak laneti hipotezinin öngördüğü dışlama etkisini dengeleyebilmektedir. Bir diğer olası açıklama ise, özellikle doğal gaz ve petrolden daha yüksek rant elde eden AB ülkelerinin, bu gelirleri iklim taahhütleri ve enerji güvenliği hedefleri doğrultusunda enerji dönüşümünü hızlandırmak için stratejik biçimde tahsis edebilmeleridir (Tu ve diğ., 2022).

Bazı yazarlar (Mengova, 2019; Marra ve Colantonio, 2022), kaynak bolluğunun yenilenebilir enerjinin benimsenmesini engellemesini lobicilik faaliyetleri açısından ele almışlardır. Bu yazarlar, geleneksel enerji üretim kaynaklarının zamanla siyasi ve ekonomik araçlar yoluyla enerji sektörünü etkileme kapasitesini geliştirdiğini öne sürerek, bir ülkenin enerji karmasını hem geleneksel enerji üretim teknolojileri ile yenilenebilirler arasındaki rekabetin hem de geleneksel kaynakların lobi gücünün bir göstergesi olarak değerlendirmişlerdir.

Mengova (2019), Avrupa, Eski Sovyetler Birliği, Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri örnekleminde kömür, gaz, nükleer ve petrol kaynaklarından elektrik üretimi (toplam elektrik üretiminin yüzdesi olarak) ile yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi arasındaki ampirik ilişkiyi incelemiştir. Çalışma sonucunda, kömür, gaz, nükleer ve petrol kaynaklarından elektrik üretiminin, yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif bir etkiye sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Yazar, bu bulguyu, söz konusu enerji kaynaklarının çoğu ülkedeki dirençliliğini de vurgulayan bir gösterge olarak yorumlamaktadır. Mengova’ya göre, çevresel kaygılarla kısıtlanmayan ülkelerde geleneksel enerji kaynakları, ekonomik gerekçelerle alışıldık biçimde tercih edilmektedir. Ayrıca, geleneksel enerji lobisi, çevre dostu politikaları benimseme yönünde ilerleme kaydeden ülkelerde bile güçlü etkisini sürdürmektedir. Dolayısıyla, geleneksel enerji endüstrilerinin lobi gücü ne kadar yüksekse, iklim değişikliğiyle ilgili politikaların hayata geçirilmesi ve yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması olasılığı da o kadar düşük olmaktadır.

Marra ve Colantonio (2022), 18 Avrupa Birliği ülkesi örnekleminde petrol, doğal gaz, kömür ve nükleer kaynaklardan elektrik üretimi ile yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma bulgularına göre, yazarların “lobicilik faaliyetleri” olarak nitelendirdiği petrol, doğal gaz, kömür ve nükleer kaynaklardan elektrik üretimi, yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimine geçişi engellemektedir. Yazarlar bu durumu şu şekilde yorumlamışlardır: Yenilenebilir enerjinin gelişimi ve yaygınlaşması, fosil ve nükleer enerji sektörleriyle bağlantılı ticaret birlikleri gibi çıkar grupları tarafından engellenebilmekte ve bu durum, enerji karmasında fosil ve nükleer kaynakların payının artmasına yol açabilmektedir. Ayrıca, fosil kaynakların depolanmasının görece kolay olması ve mevcut kurulu kapasitenin varlığı, yenilenebilir enerjinin sınırlı ölçüde benimsenmesini açıklayan unsurlar arasında değerlendirilmektedir. Benzer bulgulara Doğu Afrika ülkeleri örnekleminde Asratie (2022) de ulaşmıştır. Çalışmada, toplam elektrik üretiminin yüzdesi olarak petrol, gaz ve kömürden elektrik üretiminin, hidroelektrik hariç yenilenebilir kaynaklardan (güneş, rüzgâr, biyokütle ve gelgitlerden elde edilen elektrik üretimi) üretilen elektrik üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, Doğu Afrika ülkeleri örnekleminde petrol, gaz ve kömürden elektrik üretiminin, hidroelektrik dışındaki yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

2.6. Avrupa Birliği ile Bütünleşme ve Kyoto Protokolü'nün Uygulanması

Yenilenebilir enerji üretimi için siyasi motivasyon, kararlılık ve eylemler hayati ön koşullardır. Hem uluslararası hem de ulusal düzeydeki siyasi kurumlar, yenilenebilir enerjiye ilişkin politika ve çerçeveleri şekillendirmede belirleyici bir etkiye sahiptir. Yenilenebilir enerji üretimi, Avrupa Birliği ile bütünleşme ve Kyoto Protokolü'nün uygulanmasıyla olumlu yönde teşvik edilmektedir (Elmassah, 2023).

1998'de imzalanıp 2005'te yürürlüğe giren Kyoto Protokolü, karbon salımlarının azaltılmasını teşvik etmede ve taraf ülkelerin yenilenebilir enerji politikaları geliştirme yoluyla yenilenebilir enerji kullanımına yönelik taahhütlerini artırmalarında önemli bir dönüm noktası olarak görülmektedir. Kyoto Protokolü, sera gazı emisyonlarını azaltmayı ve yenilenebilir enerji üretimini teşvik etmeyi hedefleyen ilk küresel politika girişimlerinden biri olmuştur (Przychodzen and Przychodzen, 2020).

Bölgesel düzeyde, Avrupa Birliği (AB) yenilenebilir enerji gelişimine yönelik bağlayıcı niceliksel hedefler belirleyen ilk büyük ekonomi olmuştur. Bu taahhüdün temel taşlarından biri, 2009/28/EC sayılı Direktif olup, yenilenebilir enerjinin teşvik edilmesini AB enerji politikasının merkezi bir hedefi olarak tanımlamış ve yenilenebilir kaynakların toplam enerji tüketiminde 2020 yılına kadar %20 paya ulaşmasını zorunlu kılmıştır (European Council, 2009). Ardından gelen yasal düzenlemeler, bu hedefleri kademeli olarak yükseltmiştir. 2018/2001/EU sayılı Direktif, yenilenebilir enerji kullanımının teşvikine ilişkin yeni bir bağlayıcı hedef belirlemiş ve 2030 yılına kadar toplam enerji tüketiminin en az %32'sinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanmasını zorunlu kılmıştır. Bunu takiben, 2023/2413 sayılı Direktif 2030 hedefini %32'den %42,5'e yükseltmiş ve ayrıca %45'e ulaşılmasını amaçlayan bir hedef ortaya koymuştur. Buna ek olarak, AB 2030 yılına kadar net sera gazı emisyonlarında %55 azaltım hedefi de belirlemiştir. Bu emisyon azaltım hedefi, AB'nin 2050 yılına kadar iklim nötrlüğüne ulaşması ve nihayetinde dünyanın ilk iklim nötr kıtası haline gelmesi için temel bir zemin oluşturmaktadır (European Commission, 2020).

Kyoto protokolünün yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini 119 OECD üyesi olmayan ülkeyi kapsayan örneklem üzerinde inceleyen Brunnschweiler (2010), Kyoto Protokolü'nün kabul edildiği dönemden itibaren yenilenebilir enerji üretimi üzerinde kayda değer ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde, Avrupa Birliği ve OECD üyesi ülkeler, Kyoto

Protokolü'ne taraf olan ülkeler ile iki gelişmekte olan ülke (Çin ve Hindistan) olmak üzere toplam 29 ülkeyi kapsayan örneklemde, Kyoto Protokolü'nün yenilenebilir enerji kapasitesi üzerindeki etkisini inceleyen Liu ve diğ. (2019), protokolün 2005 yılında uygulanmaya başlanmasının yenilenebilir enerji kapasitesi üzerinde güçlü ve pozitif bir etki yarattığı sonucuna ulaşmışlardır. Öte yandan, Avrupa Birliği üyeliğinin ve Kyoto Protokolü'nün uygulanmasının yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini geçiş ekonomileri örnekleminde inceleyen Przychodzen ve Przychodzen (2020), Kyoto Protokolü'nün uygulanması ile geçiş ekonomilerinde yenilenebilir enerji kapasitesi arasında güçlü ve istatistiksel olarak son derece anlamlı bir pozitif ilişki tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, Avrupa Birliği'ne katılımın fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişte bir dönüm noktası olarak işlev gördüğünü ortaya koyamamışlardır.

2.7. Kurumsal Faktörler/Göstergeler

Kurumsal faktörler de yenilenebilir enerji üretimini etkileyebilir. Kurumsallaşma teorileri kurumsallaşmanın yenilenebilir enerji üretimi üzerinde etkili olduğunu öne sürmektedir. Kurumsal kalite teorileri, siyasi sistemlerin özelliklerinin ülkelerin politika oluşturma ve benimseme süreçleri üzerinde doğrudan etkili olduğunu savunmaktadır. Bu yaklaşıma göre, demokratikleşme düzeyi, siyasi istikrar, hukukun üstünlüğü ve yolsuzlukla mücadele kapasitesi gibi unsurlar yalnızca politika tercihlerini değil, aynı zamanda genel iş ve yatırım ortamını da şekillendirmektedir. Dolayısıyla, güçlü kurumlara sahip ülkeler, daha öngörülebilir düzenleyici çerçeveler ve daha güvenilir bir iş iklimi sunarak hem ekonomik kalkınmayı hem de yenilenebilir enerji gibi stratejik sektörlerde politika dönüşümünü kolaylaştırmaktadır. Buna karşılık, zayıf kurumsal yapılara sahip ülkelerde politika belirsizlikleri, uygulama eksiklikleri ve çıkar gruplarının etkisi yenilikçi enerji politikalarının hayata geçirilmesini zorlaştırmaktadır (Mengova, 2019).

Kurumsal Göstergelerden “Siyasal İstikrar” ve “Şiddetin Yokluğu Endeksi ve Yönetişim Kalitesi Endeksi” ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişkiyi Orta Doğu ve Kuzey Afrika bölgesi ülkeleri örnekleminde analiz eden Belaid ve diğ. (2021), her iki göstergenin de yenilenebilir enerji üretimi üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Buna karşılık, kurumsal göstergelerden “Siyasal İstikrarsızlık” ile hidroelektrik hariç yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik arasındaki ilişkiyi Doğu Afrika ülkeleri örnekleminde inceleyen Asratie (2022),

siyasal istikrarsızlığın yenilenebilir enerji üretimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır. Öte yandan, kurumsallaşma göstergeleri ile yenilenebilir elektrik enerji üretimi arasındaki ilişkiyi 35 Avrupa ülkesi örnekleminde inceleyen Saba ve Biyase (2022), kullanılan ekonometrik tekniğe göre farklı sonuçlara varmışlardır. Nitekim, Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) ve Dinamik En Küçük Kareler (DOLS) yöntemleri, “Yolsuzluğun Kontrolü”, “Hukukun Üstünlüğü”, “Katılım ve Hesap Verebilirlik” ile “Kurumsal Kalite” değişkenlerinin uzun vadeli katsayılarının yenilenebilir elektrik üretimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, Sistem-Genelleştirilmiş Momentler (System-GMM) yöntemine dayanan bulgular, “Hükümet Etkinliği”, “Düzenleyici Kalite”, “Hukukun Üstünlüğü” ve “Kurumsal Kalite” değişkenlerinin yenilenebilir elektrik üretimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ya da pozitif/negatif bir etkiye sahip olmadığını ortaya koymaktadır. Buna karşın, kurumsal göstergelerden “Yolsuzluğun Kontrolü”, “Hükümetin Etkinliği”, “Siyasal İstikrar ve Şiddet/Terörizmin Yokluğu”, “Düzenleyici Kalite”, “Hukukun Üstünlüğü” ve “Katılım ve Hesap Verebilirlik” ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişkiyi Avrupa, Eski Sovyetler Birliği, Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri örnekleminde inceleyen Mengova (2019), kurumsal göstergelerin yenilenebilir enerjiyi teşvik ettiğine dair istatistiki olarak anlamlı bir kanıtı ulaşamamıştır.

2.8. Hükümet Destek Politikaları

Yenilenebilir enerji üretim miktarını etkileyen önemli faktörlerden biri, hükümet destek politikalarıdır. Bu politikalar arasında çevre vergileri, kamu Ar-Ge harcamalarının artırılması ve yenilenebilir enerji üretimine yönelik sübvansiyonlar yer almaktadır. Yenilenebilir enerji üretimini teşvik etmek ve geliştirmek amacıyla çeşitli politika araçları önerilmiştir; bunlar arasında tarife uygulamaları, vergi teşvikleri, doğrudan sübvansiyonlar, alınıp satılabilir emisyon izinleri, düzenleyici önlemler ve hükümet yatırımları bulunmaktadır. Bu tür politikaların uygulanması, yenilenebilir enerji projelerinin ekonomik olarak sürdürülebilirliğini artırmakta ve özel sektörün yenilenebilir enerji yatırımlarına katılımını teşvik etmektedir. Dolayısıyla, hükümet destekleri, yenilenebilir enerji üretiminin büyümesinde kritik bir rol oynayabilir (Shahnazi and Shabani, 2020).

Çevresel vergilerin yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkilerini Avrupa Birliği ülkeleri örnekleminde inceleyen Shahnazi ve Shabani

(2020), çevresel vergilerin yenilenebilir enerji üretimi üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

2.9. Enerji İthalatına Bağımlılık

Yenilenebilir enerji üretimini etkileyen faktörlerden biri de ithal enerji bağımlılığıdır. Bir ülkenin enerji ithalatına olan bağımlılığı arttıkça, enerji öz yeterliliğini ve enerji güvenliğini sağlamak amacıyla yenilenebilir enerji yatırımlarının da artması gerekmektedir. Bu nedenle, ithal enerjiye yüksek düzeyde bağımlı ülkelerde yenilenebilir enerji üretiminin de artması beklenmektedir (Mengova, 2019). Bu durum aynı zamanda cari işlemler dengesi ile de ilişkilidir. Cari açık, yenilenebilir enerji üretimini olumlu yönde etkileyebilmekte; zira ithalat artışının azaltılması yoluyla yenilenebilir enerji üretimi, bir ülkenin olumsuz dış ticaret dengesini önemli ölçüde iyileştirebilmektedir. Artan petrol ithalatına bağımlılık ve zamanla kötüleşen dış ticaret dengesi, özellikle fosil yakıt fiyatlarının yüksek olduğu dönemlerde, enerji güvenliği kaygılarını gidermenin bir yolu olarak yenilenebilir enerji sektörünün gelişimini tetikleyebilmektedir. Ayrıca, dünya petrolünün yaklaşık %40’ını taşıyan tankerler ve boru hatlarının küresel terörizm tehdidi karşısında artan kırılganlığı da enerji ithalatçısı ülkeleri alternatif enerji kaynakları geliştirmeye zorlamaktadır (Przychodzen ve Przychodzen, 2020). Dolayısıyla, cari işlemler dengesindeki bozulma ve enerji ithalatına bağımlılıktaki artış, yenilenebilir enerji üretimini teşvik eden önemli unsurlar olarak değerlendirilebilir.

Enerji ithalatının yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini Avrupa, Eski Sovyetler Birliği, Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri örnekleminde inceleyen Mengova (2019), ithalat bağımlılığını temsil eden enerji ithalatının, yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif şekilde etkilediğini bulmuştur. Benzer şekilde, enerji ithalatı (toplam enerji tüketiminin yüzdesi olarak) ile yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi arasındaki ilişkiyi 18 Avrupa Birliği ülkesi örnekleminde inceleyen Marra ve Colantonio (2022), yüksek enerji ithalatının yenilenebilir enerji üretimini istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif şekilde etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Cari işlemler dengesi (GSYH’nin yüzdesi olarak) ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişkiyi 27 geçiş ekonomisinden oluşan örneklem için analiz eden Przychodzen ve Przychodzen (2020), bu ilişkiyi ampirik olarak doğrulayamamıştır.

2.10. Finansal Sermayeye Erişim

Yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılmasının başarıyla hızlandırılabilmesi için finansal sermayeye erişim kritik bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Umud vadeden projelere ek kaynakların yönlendirilebilmesi, büyük ölçüde finansal sermayeye erişimle mümkündür. Bu erişim ise çeşitli faktörler tarafından şekillendirilmekte olup, en belirleyici unsurlar arasında yurtiçi kredi arzı ve doğrudan yabancı yatırımlar yer almaktadır.

Yenilenebilir enerji projelerinin başarılı bir şekilde geliştirilmesi, önemli ölçüde finansal sermaye gerektirmektedir. Enerji yatırımları, yüksek başlangıç maliyetleri ve uzun geri ödeme süreleri nedeniyle genellikle büyük sermaye akışlarına ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlamda, çoğu ülkede enerji sektörüne yönelik dış finansmanın başlıca kaynağı banka kredileridir. Banka kredileri, yenilenebilir enerji projelerinin hayata geçirilmesi için gerekli fonları sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda projelerin planlama ve yönetim süreçlerinde finansal disiplinin korunmasına da katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, bankacılık sistemi aracılığıyla sağlanan finansal destek, özel sektörün yenilenebilir enerji yatırımlarına katılımını teşvik ederek sektördeki büyümeyi hızlandırmaktadır. Dolayısıyla, etkin bir finansal altyapı ve kredi erişimi, yenilenebilir enerji projelerinin başarılı bir şekilde uygulanması ve sürdürülebilir enerji üretiminin artırılması açısından kritik öneme sahiptir (Przychodzen and Przychodzen, 2020).

Yenilenebilir enerji projelerinin başarılı bir şekilde geliştirilmesini etkileyen diğer bir finansal sermayeye erişim aracı doğrudan yabancı sermaye yatırımlarıdır. Toplam enerji üretiminde yenilenebilir enerjinin payındaki önemli artış, temiz enerji teknolojilerine yönelik kayda değer yatırımları gerekli kılmaktadır. Bu teknolojiler, genellikle sadece gerekli finansal sermayeyi değil, aynı zamanda bilgi birikimini, yönetsel uzmanlığı, daha verimli bir iş kültürünü, daha çeşitlendirilmiş bir beceri tabanını ve dağıtım ağlarını da beraberinde getiren doğrudan yabancı sermaye yatırımları (DYY) ile etkin bir şekilde desteklenebilmektedir. Ortak projeler yoluyla gerçekleşen DYY, hem çevre üzerinde olumlu etkiler yaratan temiz kalkınma mekanizmalarını tetikleyebilmekte hem de ev sahibi ülkede çevre dostu teknolojik dönüşümü hızlandırabilmektedir. Doğrudan yabancı yatırımlar, yenilenebilir enerji üretim projeleri için gerekli sermaye yetersizliğinin ev sahibi ülke tarafından kolaylıkla aşılmasına imkân tanımaktadır. Ayrıca; DYY enerji verimliliğini artırmakta, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını desteklemekte, enerji sektöründeki arz-talep açığını azaltmakta ve

güvenilir, temiz, erişilebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması yoluyla sosyo-ekonomik kalkınmayı güçlendirebilmektedir (Przychodzen and Przychodzen, 2020). Dolayısıyla, finansal piyasaların gelişmişliği ve uluslararası sermaye akışları, yenilenebilir enerji yatırımlarının ölçeğini ve hızını doğrudan etkilemektedir.

Özel sektöre verilen iç kredilerin yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri örnekleminde inceleyen Belaid ve ark. (2021), finansal gelişmenin bir göstergesi olarak kullanılan özel sektöre verilen iç kredilerin yenilenebilir enerji üretimi üzerinde %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Buna ek olarak, ticari bankacılığın yenilenebilir enerji üretimi (özellikle rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle) üzerindeki etkisini 119 OECD üyesi olmayan ülkeden oluşan örneklem için analiz eden Brunnschweiler (2010), ticari bankacılık aracılığıyla sağlanan finansal aracılığın üretilen yenilenebilir enerji miktarı üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır. Ancak, doğrudan yabancı sermaye yatırımları ve yurtiçi kredi arzındaki değişimin yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki ilişkisini 27 geçiş ekonomisinden oluşan örneklem için analiz eden Przychodzen ve Przychodzen (2020), bu ilişkiyi ampirik olarak doğrulayamamıştır.

3. TARTIŞMA VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

Bu çalışmanın bulguları, yenilenebilir enerji üretimi ve tüketimini etkileyen faktörlerin çok boyutlu ve birbirleriyle etkileşimli olduğunu ortaya koymaktadır. Öncelikle, ekonomik göstergeler ve fiyat dinamikleri yenilenebilir enerjinin benimsenmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Özellikle fosil yakıt fiyatlarındaki artışın ve enflasyonun yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik edici etkisi, daha önceki ampirik bulgularla uyumludur. Bununla birlikte, CO₂ emisyonları ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki negatif ilişki, çevresel dışsallıkların içselleştirilmesinde yetersizlikleri ve politika eksikliklerini ortaya koymaktadır. Bu durum, emisyon fiyatlandırma mekanizmalarının ve karbon piyasalarının güçlendirilmesinin önemine işaret etmektedir.

Teknolojik gelişmelerin yenilenebilir enerji üretimini artırıcı etkisi, Ar-Ge yatırımlarının, yüksek teknoloji ihracatının ve patent faaliyetlerinin stratejik önemini vurgulamaktadır. Bu bulgu, ülkelerin yalnızca enerji politikalarına değil, aynı zamanda sanayi ve inovasyon politikalarına da odaklanması gerektiğini göstermektedir. Enerji talebindeki artışın yenilenebilir kaynaklara yönelimi tetiklediği, fakat aynı zamanda fosil yakıtların da kullanımını

artırabileceği göz önünde bulundurulduğunda, enerji karmasının çeşitlendirilmesi ve fosil bağımlılığının azaltılması kritik hale gelmektedir.

Doğal kaynak bolluğu ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişkinin bağlama göre farklılaşması, “kaynak laneti” hipotezinin koşullara bağlı işlediğini göstermektedir. Özellikle Avrupa Birliği örneğinde görüldüğü üzere, güçlü kurumsal yapılar ve düzenleyici çerçeveler, doğal kaynak rantlarının yenilenebilir enerji yatırımlarına yönlendirilmesini mümkün kılabilmektedir. Bu durum, politika ve kurumsal kapasitenin, doğal kaynakların yönlendirici rolünden daha belirleyici olabileceğini ortaya koymaktadır.

Çalışmada ayrıca, siyasi ve kurumsal faktörlerin yenilenebilir enerjiye geçişte merkezi bir rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır. Kyoto Protokolü ve AB direktifleri gibi uluslararası düzenlemeler, devletlerin politika tercihlerini yönlendirmekte ve yenilenebilir enerjiye yönelik yatırımları hızlandırmaktadır. Buna karşılık, siyasal istikrarsızlık ve kurumsal zayıflıkların, enerji dönüşümünü sektöre uğrattığı görülmektedir. Bu bulgu, güçlü demokratik kurumlar, şeffaf yönetim ve hukukun üstünlüğünün yenilenebilir enerji yatırımlarında kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Finansal sermayeye erişim ve hükümet destek politikaları da yenilenebilir enerji üretiminde önemli bir kaldıraç işlevi görmektedir. İç krediler, doğrudan yabancı yatırımlar ve devlet sübvansiyonları, yüksek başlangıç maliyetlerinin aşılmasında ve uzun vadeli yatırımların cazip hale getirilmesinde belirleyici unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, finansal piyasalardaki gelişmişlik düzeyi ve devletin yatırım ortamına sağladığı teşvikler, yenilenebilir enerji sektörünün büyümesini hızlandırıcı veya yavaşlatıcı rol oynayabilmektedir.

Son olarak, enerji ithalatına bağımlılığın yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik ettiği bulgusu, enerji güvenliği ile sürdürülebilirlik arasındaki güçlü bağlantıyı teyit etmektedir. Enerji arz güvenliği kaygıları, birçok ülkeyi yenilenebilir kaynaklara yönelmeye zorlamakta; bu da yenilenebilir enerji politikalarının yalnızca çevresel değil, aynı zamanda jeopolitik ve ekonomik boyutlarının da olduğunu göstermektedir.

Genel olarak, farklı ülke gruplarında ortaya çıkan çelişkili ampirik sonuçlar nedeniyle, çalışma bulguları yenilenebilir enerji politikalarının bağlamsal koşullara son derece duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, tek tip bir politika yaklaşımı yerine, ülke ve bölge koşullarına göre esnek, çok boyutlu ve kurumsal kapasiteyle uyumlu politika tasarımlarının geliştirilmesi gerektiği açıktır.

Çalışmanın bulguları, yenilenebilir enerjiye geçişin yalnızca ekonomik ve teknolojik değil, aynı zamanda siyasi, kurumsal ve finansal boyutları olan çok katmanlı bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çerçevede politika yapımcılar için birkaç temel öneri öne çıkmaktadır:

Finansal Teşvikler ve Sermaye Erişimi: Yenilenebilir enerji yatırımlarının yüksek başlangıç maliyetleri göz önüne alındığında, iç kredilerin genişletilmesi, doğrudan yabancı yatırımların çekilmesi ve kamu-özel sektör ortaklıklarının teşvik edilmesi kritik önemdedir.

Teknoloji ve Ar-Ge Yatırımları: Yenilenebilir enerji üretim maliyetlerini düşürmek ve verimliliği artırmak için Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi, teknoloji transferinin kolaylaştırılması ve patent süreçlerinin teşvik edilmesi gerekmektedir.

Kurumsal ve Hukuki Çerçeve: Siyasi istikrar, hukukun üstünlüğü ve düzenleyici kalite, yenilenebilir enerjiye geçişin başarısı için temel koşullardır. Bu nedenle, şeffaf ve öngörülebilir düzenleyici mekanizmaların geliştirilmesi, yatırımcı güvenini artıracaktır.

Enerji Güvenliği ve İthalata Bağımlılık: Enerji ithalatına yüksek bağımlılığı olan ülkeler, dış şoklara karşı kırılganlıklarını azaltmak için yenilenebilir kaynakları stratejik bir güvenlik aracı olarak görmeli ve yerli kapasiteyi artırmalıdır.

Uluslararası İşbirliği ve İklim Politikaları: Kyoto Protokolü ve AB direktiflerinde olduğu gibi bağlayıcı uluslararası çerçeveler, ülkelerin politika kararlılığını artırmaktadır. Bu bağlamda, bölgesel ve küresel işbirliği mekanizmalarının güçlendirilmesi, enerji dönüşümünü hızlandırabilir.

Genel olarak, yenilenebilir enerjiye geçişin başarısı, mali teşvikler, teknolojik yenilikler, güçlü kurumsal yapılar ve uluslararası koordinasyonu bir arada ele alan bütüncül politika paketlerine bağlıdır. Bu nedenle ülkelerin tek tip çözümler yerine kendi ekonomik, kurumsal ve coğrafi koşullarına uygun, esnek ve çok boyutlu stratejiler geliştirmeleri gerekmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji üretimini ve tüketimini şekillendiren ekonomik, teknolojik, politik, kurumsal ve çevresel faktörler literatürdeki ampirik kanıtlar ışığında değerlendirilmiştir. Bulgular, yenilenebilir enerjiye geçiş sürecinin tek boyutlu değil, çok aktörlü ve çok faktörlü bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle enerji fiyatları, CO₂ emisyonları, enerji talebi, doğal kaynak bolluğu, teknolojik yenilikler, finansal sermayeye

erişim, hükümet destekleri, kurumsal kapasite ve uluslararası anlaşmalar gibi unsurların yenilenebilir enerji üretimi üzerinde farklı yönlerde etkiler yarattığı görülmüştür.

Çalışmanın sonuçları, üç temel çıkarımı öne çıkarmaktadır. Birincisi, yenilenebilir enerji yatırımlarının ekonomik ve finansal koşullardan güçlü biçimde etkilendiği; bu nedenle mali teşvikler, kredi olanakları ve doğrudan yabancı yatırımların yaygınlaştırılmasının kritik önemde olduğudur. İkincisi, teknoloji ve inovasyonun, maliyetleri azaltarak yenilenebilir enerji üretiminin sürdürülebilirliğini artırdığı, dolayısıyla Ar-Ge yatırımlarının ve teknoloji transferinin hızlandırılması gerektiğidir. Üçüncüsü ise, kurumsal yapıların, siyasi istikrarın ve uluslararası çevre politikalarının yenilenebilir enerjiye geçişi kolaylaştırıcı veya zorlaştırıcı rol oynadığıdır.

Bu bulgular ışığında, politika yapıcılar açısından yenilenebilir enerjiye geçişin yalnızca çevresel değil, aynı zamanda ekonomik güvenlik, enerji arz güvenliği ve kalkınma hedefleriyle bağlantılı olduğu açıktır. Bu nedenle, ülkelerin politika tasarımlarında piyasa mekanizmaları, finansal destek araçları, kurumsal reformlar ve uluslararası işbirliği eş zamanlı olarak ele alınmalıdır. Ayrıca, enerji ithalatına bağımlılığın azaltılması ve yerli yenilenebilir enerji kapasitesinin artırılması, hem enerji güvenliği hem de sürdürülebilir kalkınma açısından öncelikli stratejik hedefler olmalıdır.

Sonuç olarak, yenilenebilir enerji dönüşümü, tek tip bir politika ile değil, ülke ve bölge koşullarına uygun farklılaştırılmış stratejilerle başarıya ulaşabilecektir. Gelecek araştırmaların, özellikle gelişmekte olan ülkeler bağlamında politika etkinliğini karşılaştırmalı olarak incelemesi ve teknoloji-finans-kurumlar arasındaki etkileşimi daha ayrıntılı şekilde analiz etmesi, enerji geçişi literatürüne önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Asratie, T. M. (2022). Determinants of electricity production from renewable source excluding hydroelectricity in selected East African countries: Panel ARDL approach. *Cogent Economics & Finance*, 10(1), 2080897. <https://doi.org/10.1080/23322039.2022.2080897>
- Bamati, N., & Raoofi, A. (2020). Development level and the impact of technological factor on renewable energy production. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.11.098>
- Belaid, F., Elsayed, A. H., & Omri, A. (2021). Key drivers of renewable energy deployment in the MENA region: Empirical evidence using panel quantile regression. *Structural Change and Economic Dynamics*, 57, 225–238. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.03.011>
- Brunnschweiler, C. N. (2010). Finance for renewable energy: An empirical analysis of developing and transition economies. *Environment and Development Economics*, 15(3), 241–274. <https://doi.org/10.1017/S1355770X1000001X>
- Chang, T. H., Huang, C. M., & Lee, M. C. (2009). Threshold effect of the economic growth rate on the renewable energy development from a change in energy price: Evidence from OECD countries. *Energy Policy*, 37(12), 5796–5802. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.049>
- Elmassah, S. (2024). Determinants of renewable energy production in emerging and developed countries. *International Journal of Energy Sector Management*, 18(5), 1014–1040. <https://doi.org/10.1108/IJESM-08-2021-0031>
- European Council. (2009). Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/28/oj>
- European Commission. (2020). A European Green Deal. https://ec.europa.eu/info/publications/european-green-deal_en
- Eurostat. (2021). Renewable energy statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics
- Liu, W., Zhang, X., & Feng, S. (2019). Does renewable energy policy work? Evidence from a panel data analysis. *Renewable Energy*, 135, 635–642. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.037>
- Mac Domhnaill, C., & Ryan, L. (2020). Towards renewable electricity in Europe: Revisiting the determinants of renewable electricity in the European Union. *Renewable Energy*, 154, 955–965. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.03.084>
- Marques, A. C., Fuinhas, J. A., & Manso, J. P. (2010). Motivations driving renewable energy in European countries: A panel data approach. *Energy Policy*, 38(11), 6877–6885. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.07.003>
- Marra, A., & Colantonio, E. (2022). The institutional and socio-technical determinants of renewable energy production in the EU: Implications for policy. *Journal of Industrial and Business Economics*, 49(2), 267–299. <https://doi.org/10.1007/s40812-022-00212-6>
- Mengova, E. (2019). What determines energy production from renewable sources? *Journal of Strategic Innovation and Sustainability*, 14(4), 83–100. <https://doi.org/10.33423/jsis.v14i4.2168>
- Nguyen, K. H., & Kakinaka, M. (2019). Renewable energy consumption, carbon emissions, and development stages: Some evidence from panel cointegration analysis. *Renewable Energy*, 132, 1049–1057. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.069>
- Przychodzen, W., & Przychodzen, J. (2020). Determinants of renewable energy production in transition economies: A panel data approach. *Energy*, 191, 116583. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116583>
- Saba, C. S., & Biyase, M. (2022). Determinants of renewable electricity development in Europe: Do governance indicators and institutional quality matter? *Energy Reports*, 8, 13914–13938. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.09.184>

- Shahnazi, R., & Shabani, Z. D. (2020). Do renewable energy production spillovers matter in the EU? *Renewable Energy*, 150, 786–796. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.123>
- Tu, Y. X., Kubatko, O., Piven, V., Sotnyk, I., & Kurbatova, T. (2022). Determinants of renewable energy development: Evidence from the EU countries. *Energies*, 15(19), 7093. <https://doi.org/10.3390/en15197093>
- Vural, G. (2021). Analyzing the impacts of economic growth, pollution, technological innovation and trade on renewable energy production in selected Latin American countries. *Renewable Energy*, 171, 210–216. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.072>