

BÖLÜM 10

SÜRDÜRÜLEBİLİR DİJİTALLEŞMEDE MALİ TEDBİRLER: KARBON AYAK İZİNİ DÜZENLEYİCİ YEŞİL VERGİLEME POLİTİKALARI

Hüsnü ÇETİN¹, Ahmet ÖZEN²

Özet

Dijital ekonominin veri merkezleri, bulut bilişim ve yapay zekâ gibi enerji yoğun teknolojilerle hızla büyümesi, ekonomik verimlilik fırsatlarının yanı sıra dijital karbon ayak izi olarak tanımlanan ciddi bir çevresel maliyeti de beraberinde getirmektedir. Bu çalışma, dijitalleşme ile sürdürülebilirlik hedefleri arasındaki temel çelişkiyi yönetmede maliye araçlarının üstlendiği merkezi rolü analiz etmektedir. Bölüm, dijitalleşmenin ekolojik etkilerinin ikili doğasını; (riskleri ve fırsatları) ortaya koymaktadır. Bir yanda yüksek enerji tüketimi ve elektronik atık artışı gibi risklere, diğer yanda yeşil ikili inovasyon (yıkıcı ve artımlı) ve akıllı şebekeler aracılığıyla karbonsuzlaşmayı hızlandırma potansiyeli bulunmaktadır. Bu dengeyi kurmanın, teknolojik yeniliklerinin yanı sıra mali araçlarının etkin kullanımının bağlı olduğu savunulmaktadır.

Bu çerçevede, kirleten öder görüşü doğrultusunda yeşil vergilendirme politikaları (karbon vergileri, emisyon ticaret sistemleri) ve mali teşvikleri

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye. E-posta: cetin.husnu@ogr.deu.edu.tr | ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7690-2942>

² Prof. Dr., Maliye Bölümü, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye. E-posta: ahmet.ozen@deu.edu.tr | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9635-5134>

incelenmektedir. Çalışma, mali tedbirlerin sadece vergi boyutuna değil, aynı zamanda kamu harcamalarının (yeşil bütçeleme) ve performans bazlı göstergelerinin (Veri Merkezi Enerji Verimliliği Göstergesi-PUE Standartları) yeşil dijital altyapıyı yönlendirmedeki kritik rolüne de odaklanmaktadır. Avrupa Birliği (Yeşil Mutabakat), İsveç ve Güney Kore gibi uluslararası iyi uygulamalar ışığında, Türkiye'nin mevcut durumu ve politika açıkları değerlendirilmektedir. Özellikle AB sınırda karbon düzenlemesi (CBAM) sürecine uyum ve 2053 Net Sıfır Hedefi doğrultusunda, dijital hizmet vergisi gelirlerinin yeşil fonlara aktarılması gibi somut mali stratejiler önerilmektedir. OECD (2025) ise dijital ve yeşil ikiz dönüşümün mali araçlar üzerinden bütünleştirilmesinin sürdürülebilirlik için zorunlu olduğunu vurgulamaktadır.

Bu bölüm, sürdürülebilir dijitalleşmenin ancak mali araçlarının gelir, harcama ve performans eksenlerinde çevresel hedeflerle bütünleştirilmesiyle mümkün olacağını vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, karbon ayak izi, yeşil vergilendirme, çevresel sürdürülebilirlik, yeşil inovasyon

JEL Kodları: H3, H8

FISCAL MEASURES IN SUSTAINABLE DIGITALIZATION: GREEN TAXATION POLICIES REGULATING THE CARBON FOOTPRINT

Abstract

The rapid growth of the digital economy driven by data centers, cloud computing, and artificial intelligence creates significant opportunities for economic efficiency while simultaneously generating substantial environmental costs known as the digital carbon footprint. This chapter analyzes the central role of fiscal instruments in managing the fundamental tension between digitalization and sustainability objectives. It highlights the dual ecological nature of digitalization, which encompasses both risks, such as rising energy consumption and electronic waste, and opportunities, including the acceleration of decarbonization through green twin innovations (disruptive and incremental) and smart grid technologies.

Building on the “polluter pays” principle, the chapter examines green taxation policies such as carbon taxes and emissions trading schemes alongside fiscal incentives aimed at steering the transition toward sustainable

digital infrastructure. It argues that effective management of the digital environmental nexus requires not only tax-based measures but also strategic public expenditures (green budgeting) and performance-based indicators, including Power Usage Effectiveness (PUE) standards for data centers. These tools collectively enable governments to guide digital infrastructure investments toward lower-carbon pathways.

Drawing on international best practices from the European Union's Green Deal, as well as Swedish and South Korean policy frameworks, the chapter evaluates Türkiye's current position and existing policy gaps. In light of the EU Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) and Türkiye's 2053 Net Zero Target, it proposes concrete fiscal strategies, such as channeling revenues from the digital services tax into green transition funds. Echoing OECD (2025), the chapter concludes that achieving sustainable digitalization is possible only if fiscal policy across revenue, expenditure, and performance dimensions is fully aligned with environmental objectives.

Keywords: Digitalization, carbon footprint, green taxation, environmental sustainability, green innovation

JEL Codes: H3, H8

1. GİRİŞ

Dijitalleşme, son yıllarda ekonomik büyümenin, üretim süreçlerinin ve kamu yönetiminin temel dinamiği hâline gelmiştir. Bu dönüşüm süreci yalnızca teknolojik değil; aynı zamanda ekolojik ve mali sonuçlar da doğurmuştur. Özellikle bulut bilişim altyapıları ve yapay zekâ sistemleri gibi enerji yoğun dijital teknolojilerin yaygınlaşmasının, küresel karbon emisyonlarını doğrudan ve dolaylı biçimlerde artırdığı görülmektedir. Böylece dijitalleşmenin çevresel sürdürülebilirlikle nasıl dengeye getirileceği sorusu maliye politikalarının en önemli araştırma konularından biri haline gelmiştir (Bilbay, 2024).

Dijitalleşmenin enerji talebini yapısal olarak artırdığı ve bu sürecin sürdürülebilirlik hedefleriyle çatıştığı uluslararası çalışmalarda da vurgulanmaktadır. Dijitalleşmenin enerji talebi üzerindeki baskısının küresel ölçekte arttığı; ancak karbon fiyatlandırma mekanizmalarının yaygınlaşmasıyla bu baskının azaltılabileceği söylenebilir. Dünya Bankasının Karbon Fiyatlandırmasının Durumu ve Trendleri Raporu'na (2024) göre, karbon fiyatlandırma politikaları yalnızca çevresel bir araç değil, aynı zamanda dijital ekonominin sürdürülebilir finansmanı için önemli bir gelir kaynağıdır. Bu yaklaşım, dijital dönüşümün getirdiği enerji yükünün mali boyutunu düzenleyerek hem çevresel hem de bütçesel dengeyi desteklemektedir. Nitekim karbon fiyatlandırma politikalarının etkinliğini sektörel dönüşüm bağlamında inceleyen çalışmalar da giderek artmaktadır (Klenert ve diğ., 2018). Ekonomik bağlamda ise karbon fiyatlandırma mekanizmalarının 2023 yılında 100 milyar doların üzerinde gelir sağladığı hesaplanmıştır. Nitekim bu artış, çevre dostu vergi politikalarının yalnızca ekolojik değil, aynı zamanda mali açıdan da stratejik araç haline geldiğini göstermektedir. Bu eğilim, dijitalleşmenin getirdiği karbon yükünü azaltmanın yanında kamu maliyesi için sürdürülebilir gelir kaynakları yaratma potansiyeli de sunmaktadır. (World Bank, 2024).

Türkiye de dâhil olmak üzere bir dizi ülke, dijital dönüşüm sürecini çevresel hedeflerle uyumlu hale getirmeye çalışmaktadır. Bu çerçevede uygulanan yeşil vergilendirme politikaları; karbon ayak izinin azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması ve kamu bütçesinde sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik etkili bir mali tedbir olarak öne çıkmaktadır. Nitekim bu çalışma, sürdürülebilir dijitalleşme sürecinde uygulanabilecek mali

araçları ve yeşil vergilendirme politikalarını inceleyerek, dijital ekonominin çevresel etkilerinin mali açıdan nasıl yönetilebileceğine dair bir değerlendirme sunmayı amaçlamaktadır.

2. DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN EKOLOJİK MALİYETİ VE KARBON AYAK İZİ

Dijital dönüşüm süreci, ekonomik verimlilik sağlarken; veri merkezleri, bulut bilişim hizmetleri ve elektronik cihazların yol açtığı artan enerji gereksinimi nedeniyle karbon ayak izinin³ genişlemesine sebep olarak çevresel bir maliyet doğurmaktadır. Bu nedenle dijitalleşmenin sürdürülebilirlik açısından yeniden ve dikkatle değerlendirilmesi zorunlu hâle gelmiştir. (Karanfil vd., 2025).

İçinde bulunduğumuz yüzyılda dijital ekonomi, dünya ekonomisinin yapısal dönüşümünde belirleyici bir rol üstlenmektedir. Dijitalleşmenin yaygınlaşması, üretim ve tüketim biçimlerini dönüştürürken aynı zamanda enerji talebini ve karbon salınımını da artırmıştır. Bu dönüşümle birlikte bir yandan bilgiye erişim kolaylaştırıp verimlilik artırırken, diğer yandan veri merkezleri, ağ altyapıları ve cihaz üretimi yoluyla çevre üzerinde yeni bir yük de meydana gelmeye başlamıştır (Bilbay, 2024). Bu durum, dijitalleşmenin yalnızca teknolojik bir ilerleme değil; ekolojik dengeyi doğrudan etkileyen ekonomik bir süreç olduğunu göstermektedir.

Dijital ekonominin yükselişi, karbon emisyonlarıyla ⁴ilişkili yeni bir dönemi de beraberinde getirmiştir. Örneğin, Çin'in farklı bölgeleri üzerinde yapılan bir çalışmada, dijitalleşmenin ekonomik büyümeye katkı sağlarken aynı zamanda karbon emisyonlarını da artırdığı; ancak dijital altyapının daha verimli kullanıldığı bölgelerde bu etkinin nispeten azaldığı sonucu ortaya çıkmıştır (Zhou vd., 2019). Buradaki potansiyelin hangi mekanizmalarla ortaya çıktığı hala tartışılmaktadır. Çin'in 30 eyaletini kapsayan bir diğer

³ Karbon ayak izi, "belirli bir popülasyon sistem veya faaliyetin uzamsal ve zamansal sınırı içindeki tüm ilgili kaynakları, yutakları ve depolamayı dikkate alarak, tanımlanmış CO₂ ve metan (CH₄) emisyonlarının toplam miktarının bir ölçüsü" olarak tanımlanır (Wright vd., 2011, s. 61).

⁴ Karbon emisyonu, sürecin veya eylemin kendisidir. Karbonun, (genellikle CO₂ olarak) atmosfere salınması olayıdır. (Eurostat, t.y.).

araştırmada ise dijital ekonominin karbon emisyonlarını doğrudan değil, yeşil ikili inovasyon⁵ olarak adlandırılan bir dönem aracılığıyla azalttığı iddia edilmiştir. Dijitalleşmenin çevresel faydasının büyük ölçüde yeni ve dönüştürücü yeşil teknolojiler yaratma kapasitesine bağlı olduğu teyit edilmektedir (Zhang vd., 2024). Yeşil teknolojik değişimin karbon azaltımındaki belirleyici rolü daha önce Popp (2019) tarafından da kapsamlı biçimde de ortaya konmuştur. Bununla birlikte geniş kapsamlı bir panel analiz, bilgi ve iletişim teknolojilerinin karbon emisyonlarını özellikle gelişmekte olan ülkelerde artırdığı da başka bir çalışmada gösterilmiştir (Salahuddin & Alam, 2016).

Dijitalleşme ile enerji yapısı arasındaki ilişki “çift yönlü” bir karakter taşımaktadır: dijital teknolojiler enerjiye bağımlılığı artırırken, aynı zamanda enerji verimliliği sağlayacak çözümleri de mümkün hala getirmektedir. Global ölçekte karbon emisyonlarının büyük bir kısmı hâlâ enerji sektöründen kaynaklanmaktadır. Dünya Bankası’nın Raporu’na (2024) göre, dijitalleşmenin neden olduğu enerji talebi, özellikle veri merkezleri ve bulut bilişim altyapılarında yoğunlaşmakta; bu alanlarda karbon fiyatlandırma mekanizmalarının yaygınlaşmasıyla birlikte sürdürülebilirlik tartışmaları da derinleşmektedir. Bu durum dijitalleşmenin ekonomik büyüme ve çevresel maliyet arasında hassas bir denge oluşturduğunu göstermektedir (World Bank, 2024).

Dijitalleşmenin enerji sistemleri üzerindeki bu etkisi Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)⁶ tarafından uzun süredir takip edilmektedir. 2014 yılı itibariyle küresel veri merkezlerinin tek başına 194TWh elektrik tükettiğini, bunun da

⁵ Dijital dönüşüm (Yapay Zekâ, Büyük Veri, Nesnelerin İnterneti) ile yeşil dönüşüm (Karbonsuzlaşma, döngüsel ekonomi, enerji verimliliği) hedeflerinin birbirini desteklediği ve eş zamanlı yürütüldüğü inovasyon stratejilerini tanımlar. Bu yaklaşım, dijital teknolojileri sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için bir "kolaylaştırıcı" (enabler) olarak konumlandırırken, aynı zamanda dijitalleşmenin kendisinin de (Veri merkezlerinin enerji tüketimi) sürdürülebilir olmasını hedefler (Muench vd., 2022).

⁶ Uluslararası Enerji Ajansı (IEA): 1974'te OECD bünyesinde kurulan hükümetlerarası bir kuruluştur. Başlangıçta petrol arzı güvenliğine odaklanmış olsa da günümüzde küresel enerji piyasaları, iklim değişikliği politikaları ve sürdürülebilir enerji geçişleri konularında en yetkili analiz, veri ve politika tavsiyelerini sağlayan temel bir otorite olarak kabul edilmektedir (IEA, t.y.). Yıllık yayınladığı Dünya Enerji Görünümü (World Energy Outlook) gibi raporlar, alandaki temel referanslardır.

toplam küresel elektrik talebinin yaklaşık %1' ine denk geldiğini belirtmiştir. Benzer şekilde 2015 yılında veri iletim ağları da 185 TWh (yaklaşık %1'dir.) tüketim gerçekleştirmiştir. Dijital altyapının henüz yapay zekâ ve kripto para madenciliği gibi unsurların patlamasından önce bile ne kadar enerjisi yoğun bir yapıya dönüştüğünü göstermektedir (IEA, 2017).

Tablo 1. Veri Merkezlerinin Küresel Enerji Tüketimi ve Karbon Yoğunluğu (Seçilmiş Yıllar)

Yıl	Elektrik Tüketimi (TWh)	Küresel Pay (%)	Ortalama Enerji Verimliliği Göstergesi (PUE)	Karbon Emisyonu (Mt CO ₂ -eq)
2010	194	1.0%	2.10	110
2015	200	1.1%	1.67	120
2020	220	1.1–1.3%	1.59	140
2023	250–270	1.4%	1.55	150–160
2030 (proj.)	350–420	2.5%	1.40 (hedef)	200+

Power Usage Effectiveness (PUE) göstergesi, veri merkezlerinin enerji verimliliğini ölçmek için kullanılan uluslararası bir performans oranıdır.

Kaynak: IEA (2017). Digitalization & Energy. International Energy Agency., IEA (2024). Energy Efficiency 2024. International Energy Agency. IEA (2025). Energy and AI. International Energy Agency, Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., & Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates. Science, 367(6481), 984–986.

Tablo 1, dijitalleşmenin enerji tüketimi ve karbon emisyonları üzerindeki etkisini zaman içinde nicel olarak ortaya koyarak sürdürülebilir dijitalleşme tartışmalarına güçlü bir analitik temel sunmaktadır. Özellikle 2010–2023 dönemine ilişkin veriler, veri merkezlerinin küresel elektrik talebi içindeki payının görece sabit görünmesine rağmen toplam tüketimin mutlak değer olarak arttığını göstermektedir. Bu durum, verimlilik kazanımlarına rağmen dijital ekonominin genişlemesiyle enerji talebinin büyümeye devam ettiğini ortaya koymaktadır. Masanet et al. (2020) tarafından Science dergisinde yayımlanan çalışmanın bulguları, veri merkezlerinde enerji verimliliği artışının tüketim artış hızını yavaşlattığını ifade etmiştir. Buna karşın IEA'nın 2024 ve 2025 projeksiyonları, yapay zekâ modellerinin ve bulut altyapılarının yaygınlaşmasıyla enerji talebinin yeniden hızlanacağına işaret etmektedir.

Tablodaki PUE değerleri de sürdürülebilirlik açısından kritik bir gösterge sunmaktadır. 2010'daki 2.10 olan ortalama PUE'nin 2023'te 1.55'e gerilemesi, teknolojik verimlilikte önemli gelişmeler olduğunu gösterse de dijital talep etkisi nedeniyle toplam tüketimde düşüş yaratamamıştır. 2030 öngörülleri, veri merkezlerinin küresel elektrik talebindeki payının %2,5'e yükselerek bazı ülkelerin karbon azaltım planlarını baskılayacağını düşündürmektedir. Bu nedenle karbon fiyatlandırma, yeşil enerji kullanım zorunlulukları ve veri merkezleri için bağlayıcı verimlilik standartları, sürdürülebilir dijitalleşmenin temel politika araçları olarak öne çıkmaktadır.

Dijital ekonominin karbon emisyonu üzerindeki etkileri incelendiğinde bölgesel olarak dijitalleşme düzeyi arttıkça enerji talebinin de yükseldiği, aynı zamanda enerji verimliliğini artıran teknolojilerin bu artışı nispeten dengelediği tespit edilmiştir. Bununla birlikte dijital dönüşümün çevresel etkilerinin tek yönlü olmadığı; doğru mali ve teknolojik stratejilerle dijitalleşmenin karbon yoğunluğunu azaltabilecek bir araç haline gelebileceği söylenebilir (OECD, 2024a).

Dijital ekonominin yükselişi, çevresel sürdürülebilirlik açısından hem risk hem de fırsat içeren bir süreçtir. Bu süreçte temel mesele, dijitalleşmenin ekonomik büyümeye katkısını korurken karbon ayak izini azaltacak mali ve teknolojik stratejileri doğru biçimde belirleyebilmektir. Sürdürülebilir dijitalleşme, yalnızca teknolojik inovasyonla değil, mali disiplin, çevre vergileri ve karbon fiyatlandırma politikalarıyla desteklendiğinde verimli bir dönüşümün önünü açacaktır.

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR DİJİTALLEŞME İÇİN MALİ STRATEJİLER

Dijitalleşme, küresel ekonominin yeniden yapılanmasında öne çıkarken, enerji talebinde ve karbon emisyonlarında önemli bir yükselişe neden olmaktadır. Bu süreçte maliye politikalarının yalnızca gelir toplama ve harcama aracı olmasıyla beraber çevresel sürdürülebilirliği destekleyen bir dönüşüm mekanizması haline gelmesi kaçınılmazdır. (Bilbay, 2024).

Sürdürülebilir dijitalleşme, teknolojik inovasyon ile mali yönetimin ortak bir hedef etrafında buluşması şeklinde nitelendirilebilir. Öyle ki ekonomik büyümeyi sürdürürken çevresel zararı en aza indirmek gerekir.

Dolayısıyla mali stratejiler, dijitalleşmenin karbon yoğunluğunu azaltacak yönlendirici bir araç haline gelmesi yönünde şekillenmelidir (United Nations, 2020).

3.1. Karbon Sınırlamaları ve Dijital Ekonomi Politikaları

Dijitalleşme süreci, özellikle veri merkezlerinin, bulut altyapılarının ve yapay zekâ sistemlerinin hızla büyümesiyle enerji talebinde önemli bir ivme kazanmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre, veri merkezleri 2024 itibarıyla küresel elektrik tüketiminin %2,4'ünü oluşturmaktadır ve bu oranın 2030'a kadar iki katına çıkması beklenmektedir. Bu artış, dijital sektörlerin karbon ayak izini hızla büyüten temel unsurlardan biridir (IEA, 2025). Masanet ve arkadaşları (2020), veri merkezlerinin küresel enerji tüketimindeki hızlı artışa rağmen verimlilik kazanımlarının tüketim artışını kısmen dengelediğini iddia etmişlerdir.

Karbon sınırlamalarının artık yalnızca sanayi ve ulaştırma sektörleriyle sınırlı kalmayacağı, dijital sektörlerin de bu sistemlere dâhil edilmesi gerektiği söylenebilir. Çünkü dijital hizmetlerin görünmez karbon yükü, üretim zincirinin her aşamasında birikmektedir. Nitekim Stiglitz ve Stern (2017), karbon fiyatlandırmasının enerji yoğun tüm sektörlerde uygulanmasının küresel emisyon azaltımının temel şartı olduğunu iddia etmiştir. Hatta Avrupa Komisyonu'nun 2023 Yeşil Mutabakat Eylem Planı⁷, dijital hizmet sağlayıcılarına yönelik karbon raporlama yükümlülüklerini genişleterek, enerji kullanımının ve veri saklama faaliyetlerinin mali etkilerini izlenebilir hale getirmiştir (European Commission, 2023).

⁷ Yeşil Mutabakat Eylem Planı (YMEP), Türkiye'nin, Avrupa Birliği'nin (AB) 2019'da açıkladığı ve 2050 yılına kadar iklim-nötr bir kıta olmayı hedefleyen kapsamlı büyüme stratejisi olan Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal) ile uyumlanmak amacıyla hazırladığı ulusal strateji belgesidir. T.C. Ticaret Bakanlığı tarafından Temmuz 2021'de yayınlanan bu plan; karbonsuzlaşma, döngüsel ekonomi, yeşil finansman, temiz enerji ve dijitalleşme gibi alanlarda Türkiye'nin atacağı adımları ve hedefleri belirler (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2021). Planın temel motivasyonlarından biri, Türkiye'nin en büyük ticaret ortağı olan AB'nin uygulamaya koyduğu Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) gibi yeni çevresel düzenlemelere Türk sanayisini hazırlamaktır.

3.2. Kamu Harcamalarının Yeşil Dönüşümdeki Rolü

Sürdürülebilir dijitalleşmenin mali boyutu, yalnızca vergilendirme ile değil, kamu harcamalarının yönlendirilmesiyle de ilişkilidir. Kamu harcamaları, çevre dostu dijital altyapıların kurulmasında stratejik bir rol üstlenmiştir. Yeşil yatırımların mali sistemle bütünleşmesi, dijital ekonominin çevresel ayak izini azaltırken aynı zamanda uzun vadeli büyüme potansiyelini de artırmaktadır (Sharma, 2024). Örneğin enerji verimli veri merkezleri, yenilenebilir enerji kullanan bilişim altyapıları, Dijital ürün ve hizmetlerde çevresel kriterli teşvik mekanizmaları oluşturulması yapılacak kamu harcamaları ve yatırımlarda optimum düzeyde fayda sağlayacaktır (OECD, 2024a). Çin’de yapılan araştırmalar, dijital altyapı yatırımlarının karbon yoğunluğunu azalttığını ve yeşil bilgi teknolojilerinin uzun vadede enerji verimliliği sağladığını göstermektedir. Bu sonuç, kamu yatırımlarının çevresel performans kriterleriyle yönlendirilmesinin önemini göstermektedir (Wang vd., 2024).

Türkiye’de ise, dijital dönüşüm projelerinin hâlâ kısa vadeli ekonomik getiriler üzerinden değerlendirildiği, çevresel sürdürülebilirlik kriterlerinin yeterince entegre edilmediği ifade edilebilir. Buna karşın kamu bütçesinde yeşil dijital yatırımların payının artırılması karbon salınımını azaltarak enerji verimliliğini de teşvik edebilecektir. Avrupa Birliği’nin “Green Deal Industrial Plan” programı da dijital dönüşümün yeşil yatırımlarla desteklenmesi gerektiğini belirterek, kamu kaynaklarının bu yönde kullanımını teşvik etmektedir (Bilbay, 2024; European Commission, 2023).

Yeşil bütçeleme uygulamaları kamu harcamalarının çevresel etkilerini ölçmek ve karbon yoğun faaliyetlerin azaltılmasına öncelik etmek amaçlı kullanılabilir. Yeşil bütçelemenin kamu mali yönetimindeki dönüşüm rolü, şeffaflık ve hesap verebilirlik çerçevesinde literatürde kapsamlı biçimde ele alınmıştır. (Heald & Hodges, 2020). Türkiye açısından bu yaklaşım, dijital altyapı yatırımlarının çevresel maliyetlerinin görünür hale getirilmesi ve hesap verebilirlik mekanizmasının güçlendirilmesi anlamına gelmektedir (OECD, 2024a).

3.3. Performans Bazlı Bütçeleme ve Sürdürülebilirlik Göstergeleri

Sürdürülebilir dijitalleşmenin başarısı, kamu kaynaklarının nasıl yönetildiğine ve harcamaların hangi ölçütlerle değerlendirildiğine bağlıdır. Performans bazlı bütçeleme, yalnızca harcama miktarını değil, bu harcamanın çevresel ve toplumsal etkilerini de ölçmeye olanak tanır. Bu yaklaşım, dijital projelerin etkinliğini karbon azaltım performansı, enerji verimliliği veya çevresel yatırım getirisi gibi göstergelerle değerlendirme imkânı sunabilmektedir. Kamu fonlarının tahsisinde çevresel etki göstergeleri temel alınabilir. Karbon emisyon yoğunluklu faaliyetler finansal olarak dezavantajlı hale gelmektedir. Performans temelli sistemlerin sürdürülebilirlik hedefleriyle entegrasyonu çevreye duyarlı mali yönetim olarak tanımlanmıştır. Bu sistemin Türkiye’de uygulanması, dijital altyapı yatırımlarında hesap verebilirliği güçlendirecek, çevresel etkilerin şeffaf biçimde raporlanmasını sağlayacaktır (OECD, 2024a).

Sürdürülebilir dijitalleşme, yalnızca çevresel politikalarla değil, güçlü mali kalemlerle desteklenmesi gereken çok katmanlı bir dönüşümdür. Karbon sınırlamaları, yeşil yatırımlar ve performans bazlı bütçeleme uygulamaları, dijitalleşmenin çevresel yükünü azaltırken mali sürdürülebilirliği güçlendirebilir. Dijital ekonominin geleceği, yalnızca teknolojik yeniliklerle değil, maliye politikalarının yeşil dönüşüme uyum sağlama kapasitesiyle de belirlenecektir. Bu nedenle mali stratejiler, sürdürülebilir kalkınmanın en kritik araçlarından biri haline gelmiştir. Ayrıca sürdürülebilirlik endeksleri, yani Yeşil Maliye Endeksi, Dijital Karbon Yoğunluğu Endeksi politika yapıcılar için ölçülebilir göstergeler sunar. Çevre vergilerinin artışının doğrudan karbon yoğunluğunda azalmaya yol açtığı bilinmektedir. Bu tür veriler, performans bazlı mali stratejilerin çevresel etkilerini sayısal olarak takip edebilmek açısından büyük önem taşır (Biçer, 2024).

4. KARBON AYAK İZİNİ DÜZENLEYİCİ YEŞİL VERGİLENDİRME POLİTİKALARI

Yeşil vergilendirme, çevre sorunlarıyla mücadelede ekonomik ve mali araçları devreye sokarak, “kirleten öder” ilkesiyle doğrudan çevresel maliyetleri fiyat mekanizmasına dahil etmeyi amaçlayan bir maliye aracıdır. Bu araçlar, karbon vergileri gibi uygulamalarla çevreye zarar veren faaliyetlerin maliyetini artırarak üretici ve tüketicileri daha az kirletici teknoloji ve tüketim alışkanlıklarına yöneltmeyi teşvik eder. Dijitalleşme sürecinin artan enerji talebiyle birlikte dolaylı olarak genişleyen karbon ayak izinin mali araçlarla düzenlenmesi, bu politikaların hem çevresel bozulma ile olan mücadelede hem de sürdürülebilirliğin sağlanmasında kritik bir uygulama alanı haline gelmesini sağlamıştır (Kete vd., 2017).

4.1. Yeşil Vergilendirmenin Kavramsal Çerçevesi

Yeşil vergilendirme, çevresel maliyetlerin ekonomik faaliyetlerin içine dâhil edilmesi yaklaşımına dayanmaktadır. Bu tür vergiler, “kirleten öder” görüşüyle çevreye zarar veren faaliyetlerin maliyetini artırarak, çevre dostu üretim ve tüketimi teşvik etmeyi amaçlar. Ana hedefi hem çevresel kaliteyi korumak hem de kamu gelirlerini şeffaf ve sürdürülebilir bir biçimde artırmaya çalışmaktır (OECD, 2023)

Yeşil vergiler; karbon vergileri, enerji vergileri, motorlu taşıt vergileri, plastik vergileri veya atık yönetimi harçları gibi farklı uygulama biçimlerine sahiptir. Yeşil vergilendirmenin, çevresel sürdürülebilirlikle beraber aynı zamanda mali sürdürülebilirliğin de aracı olduğunu vurgulamaktadır. Çünkü bu vergiler, bir yandan karbon salınımını azaltırken diğer yandan kamu bütçesi için yeni bir gelir oluşturmaktadır (OECD, 2023).

Türkiye’de yeşil vergilerin hâlâ dolaylı vergi yapısı içinde değerlendirildiğini, bu nedenle çevreye yönelik gerçek teşvik etkisinin sınırlı kaldığı söylenebilir. Türkiye’deki mevcut sistemde doğrudan çevreye zarar veren faaliyetlere nazaran daha ziyade enerji tüketimi vergilendirmeye tabi tutulabilmektedir. Bu durum, çevre politikalarının mali etkisini zayıflatmaktadır. Dolayısıyla yeşil vergilendirmenin etkili olabilmesi için hem karbon yoğun sektörlerin hem de dijitalleşme kaynaklı enerji tüketiminin kapsama alınması gerekmektedir (Bilbay, 2024).

4.2. Karbon Vergisi ve Dijital Sektörlerin Kapsamı

Karbon vergisi, yeşil vergilendirmenin en çok kullanılan biçimidir. Bu vergi, ton başına karbondioksit emisyonu üzerinden belirlenmekte ve işletmeleri emisyonlarını azaltmaya teşvik etmektedir. Dijitalleşme bağlamında ise karbon vergileri yeni bir boyut kazanmaktadır. Çünkü dijital teknolojiler doğrudan emisyon üretmeseler de yüksek enerji talebi nedeniyle dolaylı yoldan karbon salınımına yol açabilirler. Hatta veri merkezleri, sunucu ağları ve bulut bilişim altyapıları, bu dolaylı karbon kaynaklarının başında gelmektedir (World Bank, 2024).

Dijitalleşmenin enerji yoğunluğunu azaltmak için çevresel vergilerle dijital yatırımların paralel yürütülmesi gerektiği söylenebilir. Bu yaklaşım, dijital karbon vergisi olarak adlandırılan yeni bir uygulama alanına kapı aralamaktadır. Bazı Avrupa ülkelerinde dijital hizmet sağlayıcılarının enerji tüketimi ve veri saklama hacmine göre çevresel katkı payı ödemesi gündemdedir (European Commission, 2024a).

Türkiye’de karbon vergisi uygulaması henüz yürürlükte olmasa da böyle bir sistemin 2030 yılına kadar kademeli olarak uygulanmasının ekonomik etkileri incelenmiştir. Karbon vergisi gelirlerinin dijital dönüşüm ve enerji verimliliği yatırımlarına yönlendirilmesi halinde Türkiye’nin emisyon azaltım hedeflerine daha hızlı ulaşabileceği söylenebilir (SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, 2022). Hatta Klenert et al. (2018), karbon vergilerinin ekonomik etkinliğinin büyük ölçüde gelir kullanım biçimine bağlı olduğunu savunmaktadır. Dolayısıyla karbon vergilerinin bütçeye ek yük getirmeyeceği ve doğru tasarlanmış bir sistemde, gelirlerin vergi yükü telafisi veya çevresel teşvik olarak geri dönebileceği söylenebilir. Bu durum, karbon vergilerinin dijital sektörlerde mali dengesizlik yaratmadan uygulanabileceğini göstermektedir (TÜSİAD, 2022).

4.3. Yeşil Mali Teşvikler ve Sübvansiyon Mekanizmaları

Yeşil vergilendirmenin etkili olabilmesi için tek başına vergi yükü oluşturmak yeterli değildir. Aynı zamanda çevre dostu mali teşvikler ve sübvansiyonlar yoluyla yeşil yatırımların desteklenmesi gerekir. Bu teşvikler

vergi indirimleri, düşük faizli krediler, yeşil tahviller veya karbon dengeleme fonları biçiminde uygulanabilir (OECD, 2024a).

Dijital finansman mekanizmalarının çevre politikalarıyla bütünleştirilmesinin sürdürülebilir kalkınma için kritik olduğu belirtilmiştir. Dijital teknolojilerin kullanıldığı bazı çevre projelerinde (akıllı enerji ağları, dijital karbon izleme sistemleri, yapay zekâ tabanlı enerji yönetimi) kamu teşviklerinin devreye girmesi hem dijital dönüşümü hızlandırır hem karbon yoğunluğunu azaltabilir (Sharma, 2024).

Türkiye’de son yıllarda yenilenebilir enerjiye yönelik YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması) kapsamında sağlanan sübvansiyonlar, yeşil maliye politikasının önemli bir adımı olarak nitelendirilmektedir. Bu mekanizmanın dijital sektörleri de kapsayacak şekilde genişletilmesi, dijitalleşmenin çevresel etkilerini azaltmak açısından yeni bir politika alanı yaratabilir (Biçer, 2024).

4.4. Uluslararası Deneyimler

Dijitalleşmenin çevresel etkilerini yönetmek ve yeşil dönüşümü hızlandırmak amacıyla, uluslararası alanda farklı mali politika araçları ve stratejiler geliştirilmiştir.

4.4.1. Avrupa Birliği

Avrupa Birliği, karbon fiyatlandırması ve yeşil vergilendirmede öncü konumdadır. AB Emisyon Ticaret Sistemi (ETS), 2005’ten bu yana karbon fiyatlandırmasını merkezî bir politika haline getirmiştir. 2024 itibarıyla bir ton karbonun ortalama fiyatı 85 avro seviyesine ulaşmıştır. Bu sistem, veri merkezleri ve dijital hizmet sağlayıcıları da kapsayacak şekilde genişletilmeye devam etmektedir. Ayrıca, Digital Green Deal kapsamında dijital sektörlerin karbon raporlaması zorunlu hale getirilmiştir (European Commission, 2024b).

AB kapsamında İsveç, karbon vergisi uygulamasında dünyanın en başarılı örneklerinden biridir. 1991 yılında yürürlüğe giren karbon vergisi, yıllar içinde kademeli artırılarak 2024’te 137 avro/ton seviyesine ulaşmıştır. Bu sayede ülke, 1990’dan bu yana emisyonlarını %33 oranında azaltmıştır. İsveç modeli iyi bir uygulama örneği olarak vergi gelirlerinin önemli bir kısmını yeşil Ar-Ge ve dijital altyapı yatırımlarına yönlendirmekte ve

çevresel dönüşüm ile ekonomik büyüme arasında bir denge mekanizması sağlamaktadır (OECD, 2023).

4.4.2. Güney Kore

Güney Kore, dijital ekonomiyi yeşil büyüme stratejisinin merkezine oturtmuştur. 2020’de yürürlüğe giren K-ETS sistemi, karbon emisyonlarını dijital izleme ve blok zincir tabanlı raporlama teknolojileriyle denetlemektedir. Ülke, aynı zamanda karbon nötr veri merkezi standartları da belirlemiştir. Bu politikalar, dijital sektörlerde karbon vergilendirmesiyle beraber teknoloji yatırımlarını yürüten nadir örneklerden birisi olmuştur (OECD, 2024b).

Güney Kore örneği, dijitalleşme ile karbon düzenlemelerinin entegrasyonunda yenilikçi bir model sunmaktadır. K-ETS sistemi kapsamında blok zincir tabanlı karbon izleme uygulamaları, dijital sektörlerde şeffaflık ve ölçülebilirlik sağlamaktadır.

4.4.3. Türkiye’de Yeşil Vergilendirme Perspektifi ve Uyum Süreci

Türkiye’nin yeşil dönüşüm ve Avrupa Birliği’ne uyum sürecinde uluslararası finans kuruluşlarının rolü kritik bir önem taşımaktadır. Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) gibi kuruluşlar, Türkiye’nin karbonsuzlaştırma hedeflerine ulaşması için doğru ve önemli yol haritaları oluşturulmasına destek olmaktadır. Bu tarz uluslararası destekler hem yeşil yatırımlar için gerekli finansmanın sağlanması hem de ülkenin AB standartlarına ve küresel iklim hedeflerine uyumunu hızlandıran teknik çerçevenin çizilmesi açısından kritik bir role sahiptir (European Bank for Reconstruction and Development [EBRD], 2024).

Türkiye’de çevre vergileri büyük ölçüde dolaylı vergiler üzerinden yürümektedir. Çevre vergilerindeki artışın karbon salınımlarında belirgin bir azalmaya yol açtığını söylemek mümkündür. Bu duruma rağmen doğrudan karbon vergisi veya dijital sektörleri kapsayan yeşil vergi uygulaması hala yürürlük kapmasında bulunmamaktadır. Karbon vergisinin 2030’a kadar kademeli olarak uygulanabileceği öngörülmektedir (Biçer, 2024; Bilbay, 2024; SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, 2022).

Türkiye'nin AB pazarına uyum sürecinde dijitalleşme ve yeşil dönüşümü bir arada ele alması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu durum, karbon vergilendirmesinin artık yalnızca çevre politikası değil, dış ticaret ve dijital ekonomi açısından da bir rekabet unsuru haline geldiğini göstermektedir (İKV, 2024).

Türkiye, yeşil vergilendirme konusunda kurumsal bir altyapıya sahip olmakla beraber bu vergilerin çevresel etkinliği sınırlıdır. Türkiye'de çevre vergilerinin daha çok gelir aracı olarak kullanıldığı, çevreyi koruma amacının ikinci sınıfta kaldığı belirtilmiştir. Bu noktada dijitalleşme sürecinde çevreyle uyumlu mali araçların geliştirilmesi bir zorunluluk doğurmaktadır (Bilbay, 2024).

1. Türkiye için öncelikli adımlar şu şekilde sıralanabilir:
2. Karbon vergisi sisteminin dijital hizmet ve veri altyapısı sektörlerine genişletilmesi,
3. Yeşil teşviklerin ve sübvansiyonların dijital projelere yönlendirilmesi,
4. Kamu-özel sektör iş birliğiyle yeşil dijital dönüşüm fonunun kurulması,
5. Dijital hizmet vergisinin bir kısmının çevresel fonlara aktarılması (TÜSİAD, 2022).

Bu politikaların uygulanması, Türkiye'nin AB karbon düzenleme mekanizmalarına uyumunu kolaylaştıracak ve dijital ekonominin yeşil dönüşümünü hızlandıracaktır. Türkiye'nin dijital dönüşümü son yıllarda hızlanmakla birlikte, çevresel sürdürülebilirlik ile entegrasyonu hâlâ gelişim aşamasındadır. Dijital altyapı yatırımları yoğun enerji talebi doğurmakta, ancak bu talebin karbon azaltım hedefleriyle uyumlu yönetimi için mali düzenlemeler kritik öneme sahip olmaktadır (Bilbay, 2024).

Yeşil dijitalleşme stratejisinde şu beş politika alanı önem arz etmektedir:

- *Karbon Vergisi Sisteminin Uygulanabilirliği:* Türkiye için günümüzde doğrudan bir karbon vergisi bulunmamaktadır. Ancak enerji yoğun alanlarda dolaylı karbon vergilemesi yapılmaktadır. Dijital sektörlerin enerji tüketimi üzerinden karbon fiyatlandırması uygulanabilir ve gelirler yeşil dönüşüm fonlarına aktarılabilir (OECD, 2024a). Sektörler için veri merkezleri ve büyük ölçekli dijital işletmelerin karbon bildirim zorunluluğu yapması sektör bazlı karbon vergisinin altyapısını oluşturur.

- *Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) ve AB CBAM Uyum Süreci:* Türkiye, 2053 Net Sıfır Emisyon hedefini açıklamıştır. Bu doğrultuda ulusal ETS mevzuatı hazırlık aşamasındadır (World Bank, 2024). AB'nin Sınırda Karbon Düzenlemesi (CBAM), dijital hizmetlere de dolaylı etkiler yaratacağı beklenilmektedir. CBAM uyumu ulusal ETS'yi zorunlu kılar ve dijital sektör için emisyon raporlama tekniğini gerekli kılacak bir durum ortaya çıkaracaktır. Veri merkezleri ETS kapsamına aşamalı olarak dahil edilerek tek çatı altında toplanmalıdır.
- *Dijital Altyapı Yatırımlarının Yeşil Bütçeleme ile Entegrasyonu:* Dijital dönüşüm yatırımları, bütçe-çevre şeffaflığı açısından izlenmelidir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı [SBB], 2023). Yeşil dijital altyapı projelerinin öncelikli olacak şekilde teşvik yatırım sınıfı olarak tanımlanmalıdır.
- *Veri Merkezlerinde Enerji Verimliliği Regülasyonları:* Türkiye'de veri merkezleri için enerji verimliliği standartları hâlen sınırlıdır. Uygulanabilecek düzenlemelerde PUE (Power Usage Effectiveness) üst sınır belirlenmeli, Yenilenebilir enerji kullanım oranı hedefi getirilmeli ve karbon raporlama zorunluluğu yaygınlaşmalıdır. PUE performansı yüksek merkezlere vergi indirimi ve teşvikler getirilebilir. (IEA, 2024).
- *Dijital Hizmet Vergisinin Yeşil Fonlara Aktarılması:* Türkiye'de Dijital Hizmet Vergisi 2020'den beri uygulanmaktadır. Bu verginin geliri çevresel fonlara yönlendirilirse eğer; Yeşil dönüşüm finansmanında artış yaşanacaktır. Çevresel mali performansta sağlıklı bir yapı oluşacaktır. Dijitalleşme faktörü ise sürdürülebilir kalkınmaya olumlu katkılarda bulunacağı söylenebilecektir. DHV gelirlerinin minimum %30'u Yeşil Dijital Dönüşüm Fonu'na aktarılması önemli bir etki yaratacaktır. (Bilbay, 2024).

Bu projeler, dijital ekonomide karbon yoğunluğunun azalmasına önemli katkı sağlayabilir. Türkiye bu uygulamaları yerinde, sürdürülebilir politikalarla doğru bir şekilde uygularsa rekabet gücünü artıracaktır. AB yeşil standartlarıyla uyum sağlanarak bir güzergâh oluşturulabilir. 2053 Net Sıfır hedefi için de güçlü bir yol haritası oluşacaktır. Yeşil vergilendirme ise sürdürülebilir dijitalleşmenin mali ayağını oluşturmaktadır. Karbon vergileri, sübvansiyonlar ve yeşil teşvikler, dijital ekonominin çevresel etkilerini azaltmak için güçlü mali araçlar içerisinde. Bu sistemin başarıya ulaşması, yalnızca yasal düzenlemelerle değil kamu bilincinin, veri şeffaflığının ve

sürdürülebilir maliye politikalarının çevresel hedeflerle birleşmesine bağlıdır. Dijitalleşme hızlı ve sınır ötesi bir yapıya sahip olduğundan, bu mali araçların uluslararası koordinasyon içinde uygulanması gerekmektedir. Karbon fiyatlandırma sistemlerinin toplam küresel emisyonların %23'ünü kapsaması, bu politikaların ulusal sınırları aşan etkisini göstermektedir (World Bank, 2024).

Türkiye, dijital dönüşüm sürecini çevresel sürdürülebilirlik ilkeleriyle birleştirdiğinde hem ekonomik büyümesini hem de karbon azaltım hedeflerini dengeli biçimde yürütebileceği açıktır. Bu nedenle yeşil vergilendirme politikaları, yalnızca çevreyi koruma değil, aynı zamanda dijital geleceği mali açıdan güvence altına alma hareketi olarak görülmelidir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Dijitalleşme, günümüz ekonomilerinin büyüme dinamiklerini yeniden tanımlarken, çevresel sürdürülebilirlik tartışmalarını da işleyen bir süreç haline gelmiştir. Dijital teknolojiler üretim, ulaşım, enerji ve hizmet sektörlerinde verimliliği artırmakta fakat bu verimlilik artışıyla beraber yüksek enerji tüketimi, veri yoğunluğu ve karbon salınımı gibi yeni sorunlar çıkartmaktadır. Bu çelişkili yapı, dijitalleşmeyi hem kalkınma fırsatı hem de çevresel risk olarak konumlandırmaktadır (World Bank, 2024).

Bu noktada maliye politikaları, dijitalleşmenin çevresel etkilerini düzenleyen bir denge mekanizması işlevi gören araçlar görevini üstlenmektedir. Mali araçlar yalnızca ekonomik istikrarı sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda çevreye duyarlı değişimi ve dönüşümü de desteklemektedir. Karbon vergileri, yeşil sübvansiyonlar ve kamu harcamalarının yönlendirilmesi, dijitalleşmenin karbon ayak izini azaltmada en etkili politika bileşimlerinden birini oluşturmaktadır (OECD, 2023; OECD, 2024a).

Sürdürülebilir dijitalleşme ancak mali sistemin çevresel hedeflerle uyumlu biçimde yapılandırılmasıyla mümkün görünmektedir. Dijital sektörlerin karbon sınırlamaları içerisine dahil edilmesi, enerji verimliliği yatırımlarının kamu kaynaklarıyla desteklenmesi ve performans bazlı bütçeleme sistemlerinin uygulanması bu uyumun temelidir.

Gelişmiş ülkelerin deneyimleri, bu dönüşümün hem çevresel hem ekonomik kazanç getirdiğini göstermiştir. İsveç örneğinde olduğu gibi,

karbon vergisi gelirlerinin yeşil Ar-Ge projelerine yönlendirilmesi hem emisyonları azaltmakta hem de dijital ekonominin rekabetini artırmaktadır. Güney Kore'nin yeşil büyüme stratejisi ise dijital altyapı yatırımlarını düşük karbon standartlarıyla bütünleştirerek, teknoloji üretimini çevresel bir politika aracı haline getirmiştir (OECD, 2024b). IPCC (2022) de dijitalleşmenin enerji talebi üzerindeki etkilerinin karbon azaltım hedefleriyle uyumlu hale getirilmediği sürece küresel ısınmayı hızlandırabileceğini belirtmektedir.

Dijitalleşmenin küresel bir süreç olması, yeşil vergilendirmenin de uluslararası eşgüdümle yürütülmesini zorunlu kılmaktadır. Karbon fiyatlandırma mekanizmaları bugün küresel emisyonların yaklaşık %23'ünü kapsamakta ve artan bir ivme göstermektedir. Dolayısıyla dijital karbon düzenlemeleri, geleceğin mali diplomasisinde yeni konu olacaktır (World Bank, 2024).

Dijitalleşmenin sürdürülebilirliğini sağlamak yalnızca çevre politikalarının değil, mali politikanın da yeniden tanımlanmasını gerektirmektedir. Sürdürülebilir dijitalleşme, gelir ve harcama kalemleriyle, çevre bilinci arasında hassas bir denge kurmayı zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, yeşil vergilendirme politikaları sadece karbon emisyonlarını azaltmak için değil, aynı zamanda dijital ekonominin uzun vadeli mali dayanıklılığını güvence altına almak için de stratejik bir araçtır.

Dijitalleşme; üretim faktörlerini değiştiren, bilgi ekonomisini güçlendiren ve kamu hizmetlerini yeniden yapılandıran bir süreçtir. Dijital altyapıların artan enerji tüketimi ve elektronik atık üretimi, karbon emisyonlarında önemli artışa yol açmaktadır. Bu nedenle dijital dönüşüm ile çevresel sürdürülebilirliğin birlikte ele alınması, maliye politikalarının temel önceliklerinden biri hâline gelmelidir (Bilbay, 2024).

Türkiye açısından değerlendirildiğinde, mevcut çevre vergilerinin daha çok dolaylı vergiler şeklinde yürütülmesi, bu politikaların çevresel etkinliğini sınırlamaktadır (Bilbay, 2024). Türkiye'nin Avrupa Birliği ile ticaretinde Karbon Sınırdaki Düzenleme Mekanizmasına (CBAM) uyum zorunluluğunda yeşil mali araçların kaçınılmaz hale geldiğini göstermektedir. Karbon vergilendirmesi, yalnızca bir çevre politikası değil, aynı zamanda dijitalleşmenin uluslararası rekabet koşullarına uyum aracı olarak da değerlendirilmesi gerekir (TÜSİAD, 2022).

Türkiye için benzer bir yaklaşım, maliye politikasının üç temel eksenle yeniden yapılandırılmasını gerektirir. Bu eksenler;

1. **Gelir politikası eksen:** Karbon vergisi ve dijital sektörlere özgü yeşil vergilerin uygulanması, mali sürdürülebilirliği güçlendirecektir.
2. **Harcama politikası eksen:** Kamu yatırımlarının çevresel kriterlerle önceliklendirilmesi, dijitalleşme sürecinde enerji verimliliği sağlayacaktır.
3. **Performans eksen:** Yeşil bütçeleme ve sürdürülebilirlik endeksleri aracılığıyla mali yönetimde hesap verebilirlik artacaktır (OECD, 2024a).

Türkiye'nin bu dönüşümdeki başarısı, yalnızca mevzuat düzenlemelerine değil; veriye dayalı mali karar alma süreçlerine, şeffaf raporlama mekanizmalarına ve kamu-özel sektör iş birliğine bağlı olacaktır. Dijital çağın sürdürülebilirliği, ancak mali disiplinin çevresel sorumlulukla birleştiği bir yapıda mümkündür.

Bu üç boyutlu yapı iyi bir şekilde uygulanırsa, sürdürülebilir dijitalleşmeyi hem mali hem ekolojik açıdan yönetilebilir hale getirilebilir. Burada önemli olan, mali araçların birbirini tamamlayacak biçimde hazırlanıp uygulanmasıdır. Örneğin karbon vergisiyle elde edilen gelirlerin, yeşil dijital altyapı yatırımlarına yönlendirilmesi veya düşük karbon teknolojilerine yönelik Ar-Ge destekleriyle entegre edilmesi gerekir. Bu yaklaşım, klasik gelir-toplama anlayışının ötesine geçerek maliyenin dönüşümcü ayağını öne çıkarır (IMF, 2023).

Türkiye'de dijital ekonomi politikaları ile iklim politikalarının entegrasyonu henüz istenilen düzeyde değildir. Bu çalışmada ele alınan karbon vergisi uygulaması, Ulusal Emisyon Ticaret Sistemi ve AB CBAM uyumu, yeşil dijital altyapı yatırımları, veri merkezlerinde enerji verimliliği düzenlemeleri, dijital hizmet vergisi gelirlerinin çevresel fonlara aktarılması gibi politika araçları Türkiye 2053 Net Sıfır Emisyon hedefi için önem taşımaktadır. Bu politikaların birlikte uygulanması, dijital ekonomide karbon yoğunluğunu azaltarak yeşil dönüşüm yatırımlarını artıracak; Türkiye'nin küresel rekabet gücünü yükseltecek ve kamu maliyesinde çevresel etkinliğin sağlanmasına katkı sağlayacaktır. Başarılı bir yeşil vergi reformu ise ancak yeşil vergi bilincinin geliştirilmesi ve mükellef psikolojisinin bu yönde dönüştürülmesiyle mümkündür (Uruş, 2025a). Türkiye'nin yeşil dönüşüm ve mali reform hedeflerine ulaşabilmesi için, vergi kapasitesi ve vergi gayreti

üzerindeki yapısal sorunların bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Kamu hizmetlerinden duyulan memnuniyetin vergi ödeme isteğini artırdığı, yeşil bütçeleme yoluyla tahsis edilen kamu harcamalarının çevresel hedeflere ulaşma performansının şeffaf bir şekilde mükelleflere sunulmasının ise gönüllü uyumla birlikte vergi gayretini artırabileceği ortaya konmaktadır. (Uruş, 2025b).

Sonuç olarak, dijitalleşmenin sürdürülebilir biçimde yönetilmesi, ekonomik büyüme ile çevresel sorumluluk arasında stratejik bir denge kurulmasını zorunlu kılmaktadır. Dijital sektörlerin artan enerji talebi, veri merkezlerinin karbon yoğunluğu ve elektronik atık üretimi, maliye politikalarının çevresel hedeflerle bütünleşik şekilde tasarlanmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle karbon vergileri, enerji verimliliği teşvikleri, yeşil dijital altyapı yatırımları ve performans esaslı bütçeleme gibi araçların bütüncül bir çerçevede uygulanması kritik önem taşır. Türkiye için bu dönüşüm, yalnızca uluslararası yükümlülüklerle uyum sağlama meselesi değil; aynı zamanda dijital ekonominin rekabetçiliğini artırma, kaynak verimliliğini yükseltme ve kamu maliyesinde uzun vadeli dayanıklılığı güvence altına alma fırsatıdır. Sürdürülebilir dijitalleşme vizyonu, çevre bilinciyle desteklenen güçlü bir mali mimari ile mümkün olacaktır.

KAYNAKÇA

- Biçer, C. C. (2024). *Çevre vergileri ile karbon salınımı ilişkisi: Türkiye örneği* (Publication No. 31680641) [Doctoral dissertation, Balıkesir Üniversitesi]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Bilbay, Ö. F. (2024). İklim krizi ve dijitalleşme. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 22(Özel Sayı), 1544–1568. <https://doi.org/10.35408/comuybd.1516721>
- European Bank for Reconstruction and Development. (2024, March 25). EBRD-led roadmaps pave way for decarbonisation in Türkiye. <https://www.ebrd.com/home/news-and-events/news/2024/ebrdled-roadmaps-pave-way-for-decarbonisation-in-trkiye.html> (Retrieved September 10, 2025)
- European Commission. (2023). *A Green Deal industrial plan for the net-zero age* (COM(2023) 62 final). Publications Office of the European Union. (URL verilmemiş; Retrieved September 10, 2025.)
- European Commission. (2024a). *Net-zero industry act*. (URL verilmemiş; Retrieved September 10, 2025.)
- European Commission. (2024b). *State of the energy union 2024* (COM(2024) 62 final). Publications Office of the European Union. (URL verilmemiş; Retrieved September 10, 2025.)
- Eurostat. (n.d.). Glossary: Carbon dioxide emissions (CO2 emissions). *Statistics Explained*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Carbon_dioxide_emissions (Retrieved September 10, 2025)
- Heald, D., & Hodges, R. (2020). Accounting for the environment in public budgeting. *Public Money & Management*, 40(5), 365–372.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Sixth assessment report: Mitigation of climate change*. Cambridge University Press. (URL verilmemiş; Retrieved November 12, 2025.)
- International Capital Market Association. (2021). *The green bond principles: Voluntary process guidelines for issuing green bonds*. <https://www.icmagroup.org/sustainable-finance/the-principles-guidelines-and-handbooks/green-bond-principles-gbp/> (Retrieved September 17, 2025)
- International Energy Agency. (2017). *Digitalisation & energy*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264286276-en>
- International Energy Agency. (2024). *Energy efficiency 2024*. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2024> (Retrieved September 10, 2025)

- International Energy Agency. (2025). *Energy and AI*. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai> (Retrieved September 10, 2025)
- International Energy Agency. (n.d.). About. <https://www.iea.org/about> (Retrieved September 13, 2025)
- International Monetary Fund. (2023). *Fiscal monitor (October 2023): Climate crossroads—Fiscal policies in a warming world*. IMF Publishing. <https://www.imf.org/en/Publications/FM/Issues/2023/10/11/fiscal-monitor-october-2023> (Retrieved November 10, 2025)
- International Telecommunication Union. (2012). *Overview of the Internet of Things* (ITU-T Y.2060). <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I> (Retrieved November 3, 2025)
- İktisadi Kalkınma Vakfı. (2024). *Sınırdaki karbon düzenleme mekanizması: Türkiye’yi neler bekliyor?* İKV Yayınları. https://www.ikv.org.tr/images/files/SKDM_Turkiyeyi_Neler_Bekliyor.pdf (Retrieved November 5, 2025)
- Karanfil, M., Uzma, O., Bektaş Dalgacı, B., & Erden, D. (2025). Dijitalleşme ve inovasyonun karbon ayak izine etkisi: Seçilmiş OECD ülkeleri için panel veri analizi. *Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(3), 203–215. <https://doi.org/10.70754/biibfd.1526606>
- Kete, H., Aydın, M. S., & Kaya, H. (2017). Çevre sorunları ile mücadelede maliye politikaları. *Journal of Life Economics*, 4(2), 167–190. <https://doi.org/10.15637/jlecon.191>
- Klenert, D., Mattauch, L., Combet, E., Edenhofer, O., Hepburn, C., Rafaty, R., & Stern, N. (2018). Making carbon pricing work for citizens. *Nature Climate Change*, 8, 669–677. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0201-2>
- Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., & Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates. *Science*, 367(6481), 984–986. <https://doi.org/10.1126/science.aba3758>
- Muench, S., Stoermer, E., Ne Peci, A., & Peci, A. (2022). *Integrating digital and green transitions in the EU’s research and innovation-funded projects* (JRC129219). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/977331>
- OECD. (2023). *Effective carbon rates 2023: Pricing greenhouse gas emissions through taxes and emissions trading*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b84d5b36-en>
- OECD. (2024a). *Green budgeting in OECD countries 2024*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9aea61f0-en>

- OECD. (2024b). *OECD digital economy outlook 2024 (Volume 2): Strengthening connectivity, innovation and trust*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/3adf705b-en>
- OECD. (2025). *Tax policy reforms 2025: OECD and selected partner economies*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/de648d27-en>
- Popp, D. (2019). Environmental policy and innovation: A decade of research. *Energy Economics*, 34, S1–S8. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3352908>
- Salahuddin, M., & Alam, K. (2016). Information and communication technology, electricity consumption and economic growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1207–1216. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.11.005>
- Sharma, S. (2024). Sustainable development in emerging economies: The strategic importance of green finance. *ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts*, 5(7), 1334–1341. <https://doi.org/10.29121/shodhkosh.v5.i7.2024.5414>
- SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi. (2022). *Türkiye’de karbon fiyatlandırmasının sosyo-ekonomik etkileri ve gelir kullanımı senaryoları*. <https://shura.org.tr/turkiyede-karbon-fiyatlandirmasinin-sosyo-ekonomik-etkileri-ve-gelir-kullanimi-senaryolari/> (Retrieved September 17, 2025)
- Stiglitz, J. E., & Stern, N. (2017). *Report of the high-level commission on carbon prices*. World Bank. (URL verilmemiş.)
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). *Yeşil bütçeleme rehberi*. SBB Yayınları. <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/11/Yesil-Butceleme-Rehberi.pdf> (Retrieved November 7, 2025)
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2021, July). *Yeşil mutabakat eylem planı*. <https://ticaret.gov.tr/data/60e5a20313b876d6509f6e52/YE%C5%99%C4%B0L%20MUTABAKAT%20EYLEM%20PLANI.pdf> (Retrieved November 5, 2025)
- TÜSİAD. (2022). *Yeşil ve dijital “ikiz dönüşüm”: Türkiye sanayisi için fırsatlar ve zorluklar*. <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10878-yesil-ve-dijital-ikiz-donusum-turkiye-sanayisi-icin-firsatlar-ve-zorluklar> (Retrieved November 10, 2025)
- U.S. Environmental Protection Agency. (n.d.). What is green power? <https://www.epa.gov/green-power-markets/what-green-power> (Retrieved November 10, 2025)

- United Nations. (2020). *People's money: Harnessing digitalization to finance a sustainable future* (Report of the UN Secretary-General's Task Force on Digital Financing of the SDGs). <https://digitalfinancing.un.org/report> (Retrieved November 3, 2025)
- Uruş, A. F. (2025a). Türkiye'de vergiye gönüllü uyumun sağlanmasında 3V etkisi üzerine bir araştırma. *International Journal of Public Finance*, 10(1), 207–232. <https://doi.org/10.30927/ijpf.1606711>
- Uruş, A. F. (2025b). Türkiye'de vergi ödeme eğilimi: Vergi kapasitesi ve vergi gayreti üzerine bir inceleme. *Vergi Dünyası*, 45(531), 67–78.
- Wang, J., Zhu, X., & Chen, Y. (2024). Climate change, carbon neutrality: The role of spatial economics. *The Annals of Regional Science*, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s00168-024-01294-x>
- World Bank. (2024). *State and trends of carbon pricing 2024*. World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/c8a2456e-673d-47c3-9896-10777a8b30e0> (Retrieved September 17, 2025)
- Wright, L., Kemp, S., & Williams, I. (2011). “Carbon footprinting”: Towards a universally accepted definition. *Carbon Management*, 2(1), 61–72. <https://doi.org/10.4155/cmt.10.39>
- Zhang, Y., Liu, X., & Yang, J. (2024). Digital economy, green dual innovation and carbon emissions. *Sustainability*, 16(17), 7291. <https://doi.org/10.3390/su16177291>
- Zhou, X., Zhou, D., Wang, Q., & Su, B. (2019). How information and communication technology drives carbon emissions: A sector-level analysis for China. *Energy Economics*, 81, 380–392. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.04.014>