

Türkiye'de Eko-İnovasyon Göstergeleri ve Eko-İnovasyon Etkinliği

Özlem Fikirli¹

Hülya Ünlü²

Mustafa Emir Yücel³

Türkiye'de Eko-İnovasyon Göstergeleri ve Eko-İnovasyon Etkinliği	Eco-Innovation Indicators and Eco-Innovation Efficiency in Turkey
Öz <p>Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin eko-inovasyon göstergelerinin değerlendirilmesi ve eko-inovasyon etkinliğinin belirlenmesidir. Türkiye, Eco-IS endeksi bileşenlerinden bazılarında eko-inovasyonu yakalayan AB ülkelerinden iyi konumda olmasına karşın bazılarında eko-inovasyonu yakalayan ülkelerin de gerisinde kalmaktadır. Türkiye'de eko-inovasyon etkinliği son yıllarda önemli ölçüde azalarak etkin durumdan uzaklaşmaktadır. Türkiye'nin eko-inovasyonda etkin duruma geçebilmesi ve Eco-IS endeksi bileşenlerinde AB ülkeleri ortalamalarını yakalayabilmesi için Ar-Ge personel oranı ve kamu Ar-Ge harcamalarının artırılması gerekmektedir.</p>	Abstract <p>The purpose of this study is to evaluate the eco-innovation indicators of Turkey and to determine eco-innovation efficiency. Turkey has a better position in some of the components of the Eco-IS Index than the EU countries that are known for catching up. However, in some components, Turkey lags behind these countries. Eco-innovation activities in Turkey decreased significantly in recent years and moving away from active status. To increase the eco-innovation performance and to get ahead of the mean of Eco-IS components for EU countries, Turkey needs to increase the proportion of researchers and public spending in research and development.</p>
Anahtar Kelimeler: Eko-İnovasyon, Veri Zarflama Analizi, Çevre Performansı	Keywords: Eco-innovation, Data Envelopment Analysis, Environmental Performance
JEL Kodları: O38, O44, O47	JEL Codes: O38, O44, O47

Araştırma ve

Yayın Etiği Beyanı

Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Yazarların

Makaleye

Olan

Katkıları

Yazar 1'in makaleye katkısı %33,33, Yazar 2'nin makaleye katkısı %33,33, Yazar 3'ün makaleye katkısı %33,33'tür

Çıkar Beyanı

Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

¹ Arş. Gör., Ankara Üniversitesi SBF, İktisat Bölümü, ozlem_fikirli@hotmail.com

² Dr. Öğr. Üyesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, hunlu@karatekin.edu.tr

³ Arş. Gör. Dr., Bartın Üniversitesi İİBF İktisat Bölümü, myucel@bartin.edu.tr

1. Giriş

Dünyadaki en hızlı büyüme oranları, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonraki çeyrek yüzyılda ortaya çıkmaktadır. Yüksek büyüme oranlarının temelinde petrol, gaz ve yeni sentetik malzemeler ile ucuz enerji kullanımı yer almaktadır. Bu kitlesel üretimin olumsuz sonuçları 1970'lerin başında dünya ekonomisinin geleceğine ilişkin simülasyon çalışmalarının yer alması ile önem kazanmaktadır (Freeman, 1996:32). Stockholm Konferansı (1972) ve Roma Kulübü tarafından desteklenen "Büyümenin Sınırları" (*Limits to Growth*) raporu (1972) bu yayınların başında gelmektedir. Gelişmiş ülkelerde çevresel konulara verilen politik önem 70'ler ve 80'lerde artmış gözükse de durumun ciddiyetine ilişkin farkındalık bulunmamaktadır (Svedin, 1991:4). Ancak, Ozon Tabakasının Korunmasına İlişkin Viyana Sözleşmesi (1985), Brundtland "Ortak Geleceğimiz" Raporu (WCED, 1987) ve ilk IFCC (*International Federation of Clinical Chemistry*) raporunun yayınlanması (1988) ile birlikte üretimin olumsuz sonuçları ve sürdürülebilir büyümeye vurgu artmaktadır (Svedin, 1991; Basso vd., 2013). Birleşmiş Milletler'in Rio'da (1992) düzenlediği konferans ve bu konferansın sonucu olan Kyoto Protokolü (1997) ile de sürdürülebilir büyüme kavramı pekişmektedir.

Günümüzde sürdürülebilir büyümenin öneminin anlaşılmasıyla birlikte bu alanda yapılan çalışmalar hızlı bir şekilde artmaktadır ve kamu politikalarının temel hedefinde sürdürülebilir büyümenin sağlanması yer almaktadır. İktisadi büyüme kavramının yerini çevresel duyarlılığı gözeten sürdürülebilir büyüme kavramına bırakmasıyla iktisadi büyümenin itici gücü olarak tanımlanan inovasyon kavramı da yerini eko-inovasyona bırakmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de eko-inovasyon göstergelerinin ve eko-inovasyon etkinliğinin AB ülkeleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir. Türkiye'de eko-inovasyon kavramını araştıran az sayıda çalışma bulunmaktadır (Yurdakul, 2019; Çankaya ve Sezen, 2015; İncekara ve Hobikoğlu, 2014; Yiğit, 2014). Yapılan çalışmalarda Türkiye'de eko-inovasyon etkinliğine ilişkin bilgi yer almamaktadır. Bu çalışmalardan bazılarında firma düzeyinde eko-inovasyon ele alınırken (Yurdakul, 2019; Çankaya ve Sezen, 2015), diğerlerinde ise eko-inovasyon göstergelerinin bir kısmına sınırlı olarak değinilmektedir (İncekara ve Hobikoğlu, 2014; Yiğit, 2014). Türkiye'de eko-inovasyon göstergelerinin Eco-IS göstergeleri temel alınarak AB ülkeleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, eko-inovasyon etkinliğinin veri zarflama analizi yöntemi kullanılarak belirlenmesi ve sürdürülebilir büyümenin sağlanması için gerekli eko-inovasyon politikalarının ortaya konması bu çalışmanın özgün değerlerini oluşturmaktadır.

Çalışmanın ikinci kısmında eko-inovasyonun tanımı, amacı, türleri, belirleyicileri ve ölçülmesine yer verilmektedir. Çalışmanın üçüncü kısmında Türkiye'de eko-inovasyon göstergeleri AB ülkeleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir. Çalışmanın dördüncü kısmında veri zarflama analizi yöntemine ilişkin metodolojik bilgi sunulmaktadır. Çalışmanın beşinci kısmında analiz bulgularına yer verilerek Türkiye'de eko-inovasyon etkinliği değerlendirilmektedir. Çalışmanın altıncı ve son kısmında ise sonuç bölümü bulunmaktadır.

2. Eko-inovasyon

İnovasyonun özel bir türü olarak eko-inovasyon 1990'larda literatürde yer almaya başlamıştır (Kemp ve Oltra, 2011:249). Günümüzde sürdürülebilir büyümenin temelindeki eko-inovasyonlara verilen sosyal ve politik önem gün geçtikçe artmaktadır (Díaz-García vd., 2015:6). Avrupa 2020 stratejisi ve "İnovasyon Birliği" girişimi çerçevesinde Avrupa Komisyonu'nun 2011 yılında başlattığı eko-inovatif süreç, ürün ve hizmetleri teşvik eden Eko-İnovasyon Eylem Planı (EcoAP) bu önemin en iyi örneklerinden birisini oluşturmaktadır (Sáez-Martínez vd., 2015:1).

İnovasyonun bir alt kümesi olan eko-inovasyon ekonomik ve çevresel inovasyonun kesişiminden oluşmaktadır (Ekins, 2010:269). Eko-inovasyon kavramı ilk kez Fussler ve James (1996) tarafından tanımlanmaktadır (Kuo ve Smith, 2018:2). Bu tanıma göre eko-inovasyon tüketici ve firma değeri sağlayan ve çevresel etkileri önemli ölçüde azaltan yeni ürün, süreç veya hizmet geliştirme sürecidir. Eko-inovasyon daha sonra pek çok araştırmacı (Rennings, 2000; Charter ve Clark, 2007; Oltra ve Saint Jean, 2009) tarafından farklı şekillerde tanımlanmış olsa da literatürde kabul gören en önemli eko-inovasyon tanımlarından birisi Kemp ve Pearson (2007)'a aittir. OECD'nin OSLO kılavuzundaki inovasyon tanımından yola çıkarak eko-inovasyonu, kaynak kullanımının çevresel risk, kirlilik gibi negatif etkilerini diğer alternatiflere göre yaşam döngüsü boyunca azaltan kuruluş için yeni (geliştirme veya adaptasyon) olan ürün, üretim süreci ve işletme (hizmet/yönetim) yönteminin üretimi, asimilasyonu veya kullanılması olarak tanımlamaktadırlar (Kemp ve Pearson, 2007:5). Bu tanıma göre daha fazla kaynak etkinliği sağlayan tüm yeni süreçler eko-inovasyondur ve eko-inovasyon terimi önemli ölçüde çevresel etkiler ve risklerin genel bir değerlendirmesine bağlıdır (Kemp ve Pearson, 2007:6). Avrupa Birliği'nin sürdürülebilir büyüme stratejileri doğrultusunda kurulan Eko-İnovasyon Gözlemevi (EIO – Eco-Innovation Observatory) ise eko-inovasyonu doğal kaynakların kullanımını ve zararlı maddelerin salınımını azaltan yeni veya önemli ölçüde iyileştirilmiş ürün, süreç, organizasyonel değişiklik veya pazarlama yönteminin getirilmesi olarak tanımlamaktadır. (EIO, 2010; EIO, 2018).

EIO'nun tanımına göre eko-inovasyon, OECD Oslo Kılavuzu (2005)'nun inovasyon sınıflamasına benzer şekilde, ürün eko-inovasyonu, süreç eko-inovasyonu, örgütsel eko-inovasyon (Rennings vd., 2006) ve pazarlama eko-inovasyonu (Reid ve Miedzinski, 2008) olmak üzere dört ana gruba ayrılmaktadır. Literatürde yer alan bazı çalışmalarda ürün eko-inovasyonu, süreç eko-inovasyonu ve örgütsel eko-inovasyon (del Río González, 2005; Rennings vd., 2006; Horbach vd., 2012) ayrımı yapılsa da (Triguero vd., 2013), ürün eko-inovasyonu ve süreç eko-inovasyonu çevresel boyuta daha uygun olduğu için bu iki süreç üzerinde durulmaktadır (Hellström, 2007). Rennings (1998) eko-inovasyonların ticarileşmesi gerekmediğini gözeterek farklı bir sınıflandırma yapmaktadır ve teknolojik, örgütsel, sosyal ve kurumsal eko-inovasyonu tanımlamaktadır. Bu çalışmanın kapsamı ticarete konu olan eko-inovasyonlar ile sınırlandırılmaktadır ve OECD inovasyon sınıflandırması benimsenmektedir.

Literatürde eko-inovasyon (Rennings, 2000; Arundel ve Kemp,2009), yeşil inovasyon (Schiederig vd., 2012; Aguilera-Caracuel ve Ortiz-de-Mandojana, 2013), sürdürülebilir inovasyon (Brundtland, 1987; Hellström, 2007), ekolojik inovasyon (M'Gonigle ve Dempsey, 2003; Preuss, 2007) ve çevreci inovasyon (Geffen ve Rothenberg, 2000; Frondel vd., 2007) gibi farklı isimlere yer verilse de son yıllardaki çalışmaların eko-inovasyon kavramında yoğunlaştığı görülmektedir (Díaz-García vd., 2015).

Eko-inovasyonun en önemli amaçlarından birisi eko-verimliliğin sağlanmasıdır. Eko-verimlilik, kaynak kullanımı ve ekolojik etkiler azalırken, maksimum katma değer

yaratılmasıdır (DeSimone ve Popoff, 2000). Eko-verimliliğin sağlanması katma değer artırılması veya çevresel etkinin azaltılması ile mümkündür. Eko-verimliliğin sağlanmasının yanı sıra arıtma (su, hava ve toprak) ve temiz üretim teknolojilerinin geliştirilmesi, atık yönetimi ve sistem inovasyonu (yeni ürün/hizmet sistemleri) eko-inovasyonun temel amaçları arasında yer almaktadır (Ziótkowski, 2013).

Eko-inovasyon amaçlarına ulaşılması için eko-inovasyonun belirleyicilerinin başka bir ifadeyle itici güçlerinin ve bariyerlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Eko-inovasyonun belirleyicileri arz, talep ve kurumsal ve politik etkiler olmak üzere üç temel başlık altında toplanabilir (Horbach, 2008:164).

Tablo 1: Eko-İnovasyonun Belirleyicileri

Arz	<ul style="list-style-type: none"> Maliyet tasarrufu Pazar (firma büyüklüğü ve pazar yapısı) özellikleri İnovasyonları koruma olanakları (içselleştirme sorunu); risk tutumu ve belirsizlikler Patika bağımlılığı (bilgi düzeyi ve iş gücü birikimi gibi mevcut teknolojik olanaklar inovasyonu etkilemektedir) İnovasyonun gerçekleştirilmesi için uygun zaman aralığı
Talep	<ul style="list-style-type: none"> Piyasa talebi (talep çekme hipotezi) Temiz üretimin sosyal farkındalığı
Kurumsal ve Politik Etkiler	<ul style="list-style-type: none"> Çevre politikası etkileri (regülasyonlar ve politik yaklaşımlar) Kurumsal yapı (çevreye yönelik grupların siyasi fırsatları, bilgi akışının organizasyonu, inovasyon ağlarının varlığı) Dünyadan gelen baskılar (örneğin CO2 emisyonu ile ilgili anlaşmalar)

Kaynak: Horbach, 2008:164.

Díaz-García vd. (2015) eko-inovasyonun temel itici güçlerini mikro, mezo ve makro düzey için ayrı başlıklar altında toplamaktadırlar. Mikro düzey itici güçleri yapısal faktörler, strateji ve iş mantığı, kaynaklar ve yetenekler; mezo düzey itici güçleri pazar dinamikleri, finansman, ağlar, baskı grupları ve sanayi; makro düzey itici güçleri ise politika araçları, eğitim politikası, teknolojik sistemler ve bölgesel faktörler oluşturmaktadır (Díaz-García vd., 2015). Eko-inovasyonun bariyerleri teknolojik, finansal, işgücü ile ilgili, regülasyon, tüketici ile ilgili, tedarikçi ile ilgili ve yönetsel bariyerler olarak kapsamlı bir şekilde ele alınabilmektedir (Ashford, 1993). ETAP (European Commission's Environmental Technologies Action Plan - Avrupa Komisyonu Çevre Teknolojileri Eylem Planı) ise eko-inovasyonun temel bariyerlerini ekonomik bariyerler, yönetmelik bariyerleri ve standartlar, teknolojik bariyerler ve difüzyon bariyerleri olarak tanımlamaktadır (CEC, 2004).

Eko-inovasyonun firma, endüstri, bölge, ulusal veya uluslararası düzeyde ölçümü pek çok amaca hizmet etmektedir. Eko-inovasyonun bir süreç olduğu ve çevresel etkilerin tespiti için ürünün yaşam döngüsünün anlaşılması gerektiği göz önünde bulundurulursa eko-inovasyon ölçümü oldukça komplekstir (Basso, 2013; Park vd., 2017). Literatürde eko-inovasyon ölçümüne ilişkin farklı yaklaşımlar bulunmasına karşın çalışmaların bazı yöntemler ve değişkenlerde yoğunlaştığı görülmektedir. Eko-inovasyon ölçümünde kullanılan en yaygın yöntemler anket analizi, patent analizi ve dijital ve belgesel kaynak analizi olarak üç başlık altında toplanabilir (Kemp ve Pearson, 2007). Bu alandaki çalışmalarda eko-inovasyon ölçümünde girdi ölçümü, ara çıktı ölçümü, doğrudan ve dolaylı ölçüm olarak üzere dört farklı ölçüm kullanılmaktadır (Kemp ve Pearson, 2007; Huppel vd., 2008; Arundel ve Kemp, 2009).

Ulusal veya uluslararası karşılaştırmaların yapılarak uygulanan politikaların değerlendirilmesi ve ekonominin veya endüstrinin çevreye daha fazla duyarlı hale getirilmesi eko-inovasyonun ölçülmesinin en önemli amaçları arasında yer almaktadır (Andersen, 2006). Bu analizlerin yapılabilmesi ulusal düzeyde eko-inovasyon değerlerinin elde edilmesine bağlıdır. Kore Cumhuriyeti merkezli ASEM (Asia-Europe Meeting) SMEs (*small- to medium-sized enterprises*) Eko-İnovasyon Merkezi (ASEIC) ve EIO farklı bölgeler için ulusal düzeyde yıllık eko-inovasyon değerlendirmesi yapan kuruluşlardır. ASEM Eko-İnovasyon endeksi (ASEI) 31 Avrupa ve 20 Asya olmak üzere 51 üye ülke için, Eco-IS (Eco-Innovation Scoreboard) ise Avrupa Birliği üyesi ülkeler için ulusal düzeyde hesaplanmaktadır. Park vd. (2017)'ye göre Asya ülkelerinde veri erişiminin kısıtlı olması ASEI hesaplamaları için önemli bir kısıt oluşturmaktadır. Eco-IS Avrupa'da bölgesel ve ulusal politikaların oluşturulmasında önemli bir yere sahip olmasına karşın ASEI'nin etkisi kısıtlıdır (Park vd., 2017). Bazı yıllar (2012, 2014 ve 2017) için ulusal düzeyde inovasyon endeksi Cleantech Group kuruluşu tarafından da oluşturulmaktadır.

Türkiye her iki kuruluşa da üye olmadığı için eko-inovasyon endeksi bulunmamaktadır. Türkiye'nin ulusal düzeyde eko-inovasyon endeksi Türkiye'de yer alan kuruluşlar tarafından hesaplanmadığı gibi literatürdeki çalışmalarda da yer verilmemektedir. Cleantech Group kuruluşu bazı yıllar (2012, 2014 ve 2017) için Türkiye eko-inovasyon endeksini oluşturursa da yıllık düzenli bir veri seti bulunmamaktadır. Yıllık veri setinin bulunması Türkiye'deki politikaların değerlendirilmesi ve temiz üretimin artırılması için önem taşımaktadır.

Eko-inovasyon endeksi ülkelerin eko-inovasyon kapasitelerini karşılaştırmalı olarak belirlediği için, ASEI'daki gibi veri eksikliğinden kaynaklanan kısıtlar sağlıklı bir karşılaştırmaların yapılmasına engel olabilmektedir. Cleantech kuruluşu ise yapısal özellikleri ve dinamikleri birbirinden çok farklı olan ülkeler için bir endeks oluşturmaktadır. Ülkelerdeki yapısal farklılıklar oluşturulan endeksin tutarlılığını belirleyen en önemli unsurlar arasında yer almaktadır ve yapısal farklılıkların artması endeks tutarlılığını olumsuz etkilemektedir. Gerek bu sebepler gerek Türkiye'nin AB müzakere sürecinde olması göz önünde bulundurulduğunda çalışmada AB tarafından oluşturulan Eco-IS endeksi ele alınarak Türkiye'nin eko-inovasyon değerlendirmesi yapılarak, daha temiz üretim için ihtiyaç duyduğu politikalar belirlenmektedir.

3. Eko-İnovasyon Göstergeleri

AB Çevre Koruma Müdürlüğü'nün kurduğu Eko-İnovasyon Gözlemevi tarafından oluşturulan Eco-IS endeksi, 2010 yılından itibaren AB üyesi ülkelerin karşılaştırmalı olarak eko-inovasyon kapasitelerini ölçen bir endektir ve 5 farklı alt başlıkta yer alan 16 farklı değişken ile oluşturulmaktadır.

Eko-inovasyon girdileri, eko-inovasyon faaliyetleri ve eko-inovasyon çıktıları başlıkları doğrudan eko-inovasyon ile ilgili kaynak verimliliği çıktıları ve sosyoekonomik sonuçlar eko-inovasyonun başlamasının etkilerini göstermektedir (Kowalska, 2014). Bu beş başlığın her birindeki endeks değeri, temel ekonomik göstergelerin ağırlıksız ortalaması ile hesaplanmaktadır (Smol vd, 2017:673). 28 Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkenin 16 farklı değişken için ağırlıksız olarak hesaplanan değerinin ortalaması 100 kabul edilerek ülkeler için endeks değeri oluşturulmaktadır (Spain vd., 2018). Eko-inovasyon endeks değeri ülkenin diğer ülkelere göre ne kadar eko-inovasyoncu olduğunu göstermektedir.

AB üyesi 28 ülkenin 2018 yılı endeks değerlerine göre, Lüksemburg, Almanya, İsveç, Finlandiya, Avusturya ve Danimarka eko-inovasyon lider ülkeler grubunu gösterirken, endeks değeri 83 ve altı olan ülkeler eko-inovasyonu yakalayan ülkeler olarak ifade edilmektedir. Eko-

inovasyon lider ülkeler gelişmiş ülke özelliklerine sahip oldukları için dinamikleri Türkiye'den farklıdır. Bunun yanı sıra Türkiye'nin öncelikle eko-inovasyonu yakalayan ülkeler ile arasındaki açığı kapatması da gerekmektedir. Türkiye'nin Eco-IS endeksinin oluşturulmasında kullanılan verilerin tamamı bulunmadığı için, beş başlık içerisinde eko-inovasyon girdileri, eko-inovasyon aktiviteleri ve kaynak verimliliği çıktıları başlıkları için eko-inovasyonu yakalayan ülkeler ve AB ortalamasına göre karşılaştırmalı grafik analiz yapılmaktadır. Ayrıca, bu değişkenlerin etkinlik analizleri veri zarflama yöntemi ile belirlenmektedir. Analizlerde kullanılan veriler Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı (ISO) veri sistemi ve Avrupa Birliği İstatistik Ofisinden (EUROSTAT) alınmaktadır.

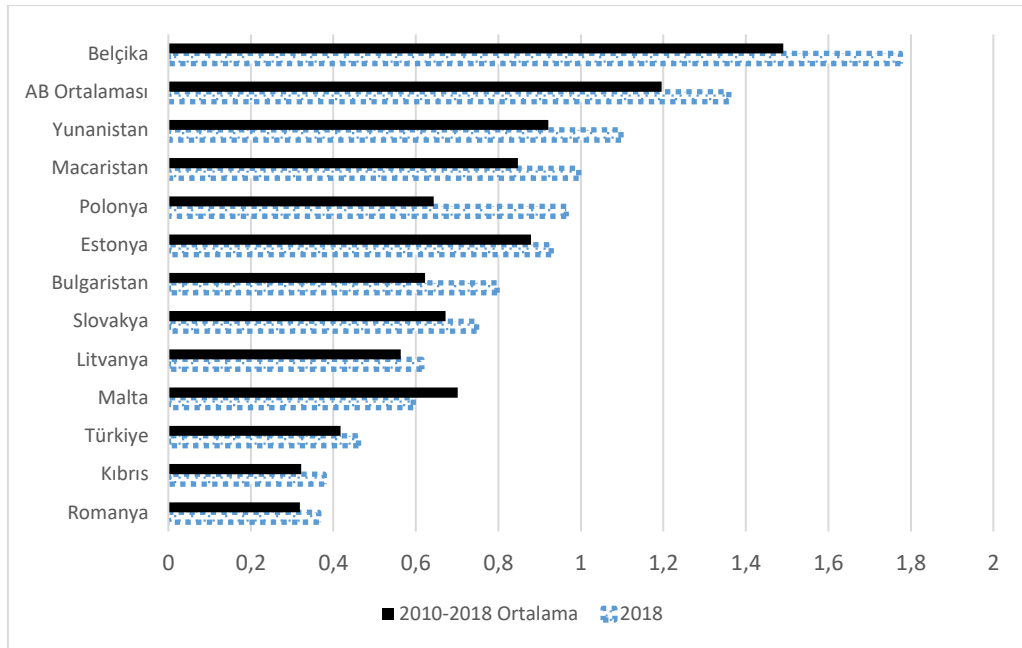
3.1. Eko-Inovasyon Girdileri

Bu alt bölümde Türkiye için ulaşılabilen eko-inovasyon girdilerinin, AB ülkeleri ortalaması ve eko-inovasyonu yakalayan ülkeler ile karşılaştırmalı analizi yer almaktadır.

3.1.1. Toplam Ar-Ge Personeli ve Araştırmacı Sayısı

Toplam Ar-Ge personeli ve araştırmacı sayısı (işgücüne oranı) bir ülkenin yenilik üretme kapasitesinin ölçümünde kullanılan en genel göstergedir. Çevresel Ar-Ge üzerine çalışan personel sayısı tam olarak elde edilemediği için, eko-inovasyon endeksi oluşturmada toplam Ar-Ge personeli sayısı temsili bir gösterge olarak kullanılmaktadır (Spain vd., 2018).

Şekil 1: Toplam Ar-Ge Personeli & Araştırmacı Sayısının İşgücüne Oranı



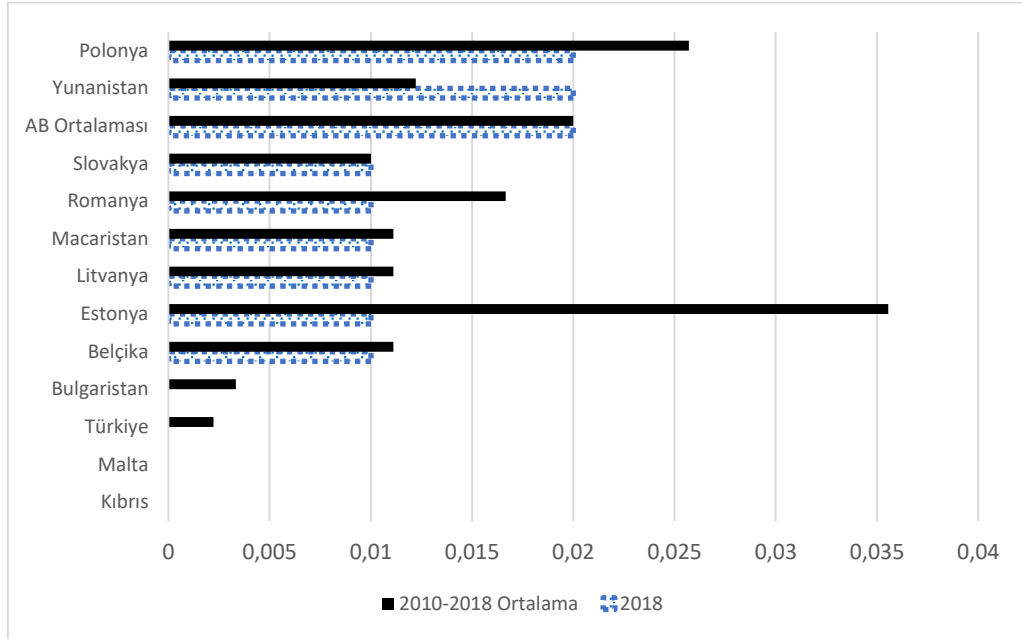
Kaynak: Eurostat veri tabanından elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Türkiye'de Ar-Ge personelinin işgücüne oranı 2010-2018 yılları arasında ortalama %0,41 iken bu oran 2018 yılında artarak %0,46'ya çıkmaktadır. AB üyesi ülkelerin ortalama oranı %1,35 ile Türkiye'den yaklaşık 3 kat daha fazla olmasına rağmen, örneklem kapsamında Malta dışındaki tüm ülkelerde görülen artış trendi Türkiye için de geçerlidir.

3.1.2. Kamu Tarafından Yapılan Çevresel AR-Ge Harcamaları

Eko-inovasyonun ulusal düzeyde uygulanması ve yayılmasında kamunun rolü çok önemlidir. (Park vd., 2017:8). Kamu tarafından çevreye daha az zarar verecek üretim teknolojilerinin geliştirilmesine aktarılan harcama miktarındaki artış, eko-inovasyonun ulusal düzeyde yayılmasını da hızlandırmaktadır. Kamu tarafından yapılan çevresel Ar-Ge harcamaları özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha yeni bir olgu olduğundan yapılan harcamalar çok düşük düzeyde kalmaktadır.

Şekil 2: Kamu Çevresel Ar-Ge Harcamaları (% GSYH)



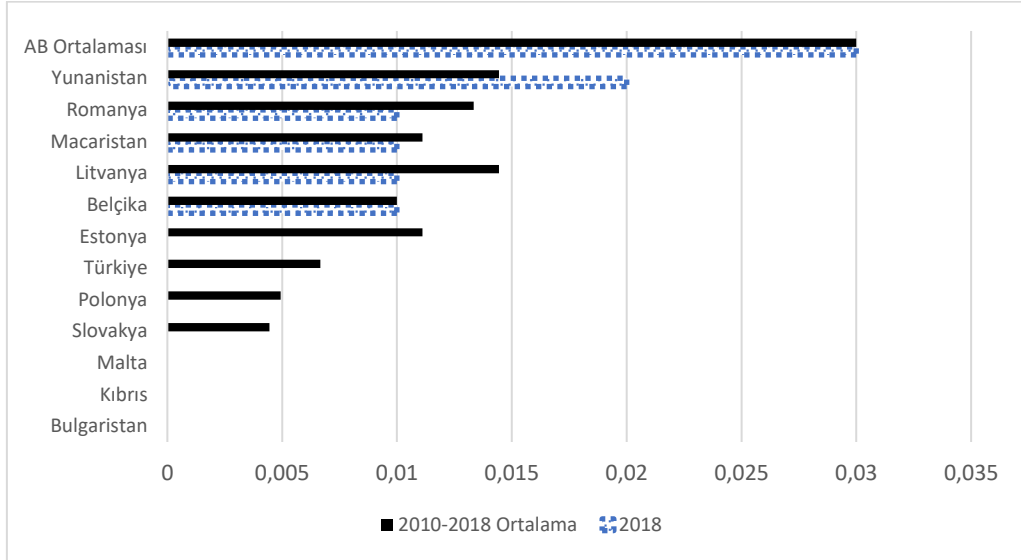
Kaynak: Eurostat veri tabanından elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Türkiye'nin 2010 -2018 yılları kamu çevresel Ar-Ge harcamalarının GSYH'ye oranının ortalaması %0,002 civarında iken 2018 yılında kamu çevresel Ar-Ge harcamaları azalarak bu oran sifıra yakınsamaktadır. 2018 yılındaki düşüş trendi diğer ülkeler ile benzer bir patikaya sahiptir. Türkiye incelenen örneklem kapsamında Malta ve Kıbrıs'tan sonra 2010-2018 yılları arasında en düşük harcama oranına sahip ülke konumundadır.

3.1.3. Kamu Tarafından Yapılan Enerji AR-Ge Harcamaları

Enerji sektöründen yaşanan teknolojik gelişmeler ve verimlilik artışı iktisadi faaliyetlerin çevre üzerindeki baskısını azaltacak önemli konular arasın yer almaktadır. Teorik yaklaşımlara göre enerji teknolojilerinde yaşanan ilerlemelerin özellikle CO² ve diğer sera gazı emisyonları başta olmak üzere çevresel dışsallıkları azaltması beklenmektedir (Álvarez-Herránz vd., 2017). Kamu teşviklerinin yenilenebilir enerji yatırımlarının itici bir gücü olduğu ve çevresel kirliliği azaltıcı etkisi olduğu yapılan ampirik çalışmalarda da belirtilmektedir (Nie vd., 2016; Yang vd., 2019).

Şekil 3: Kamu Enerji Ar-Ge Harcamaları (% GSYH)



Kaynak: Eurostat veri tabanından elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

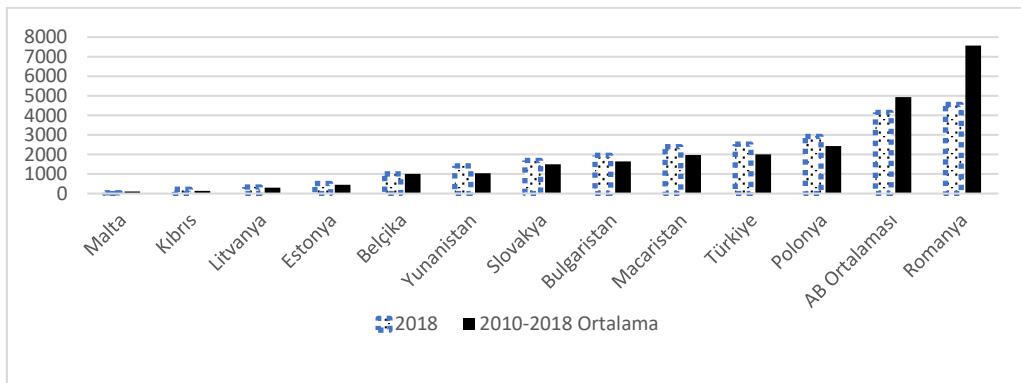
Türkiye’de 2010-2018 yılları kamu sektörü enerji Ar-Ge harcamaları ortalaması eko inovasyonu yakalayan ülkelere yakın olsa da AB ortalamasından oransal olarak çok düşük düzeyde kalmaktadır ve bu oran Türkiye için 2018 yılında sıfıra çok yakındır.

3.2. Eko-İnovasyon Aktiviteleri

3.2.1. İSO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Belgesi Alan İşletme Sayısı

Bu gösterge bir ülkede cari yılda çevre yönetimi gerekliliklerine uyan işletmelerin almış olduğu kalite belgesini göstermektedir. İSO 14001 kalite belgesi, ülkede bulunan işletmelerin çevresel farkındalığını ve çevre yönetim seviyesini göstermektedir. Ayrıca bu belge, denetimler ve teknik tavsiyeler ile firmaların daha temiz ve verimli teknolojileri benimsemesini kolaylaştırmaktadır (Carrillo-Labela vd., 2020).

Şekil 4: İSO 14001 Belgesi Alan İşletme Sayısı



Kaynak: Eurostat veri tabanından elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

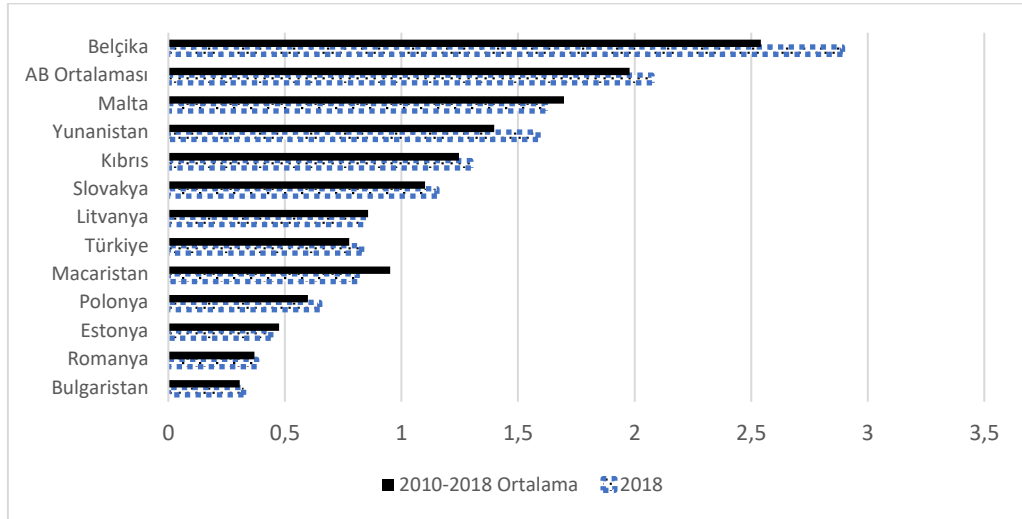
Türkiye’de 2010-2018 yılları arasında belge alan işletme sayısı ortalaması 1970 iken, 2018 yılında ortalama değerin %25 üzerine çıkarak 2500 olmaktadır. Özel sektörün çevreci üretim ve yönetimini ifade eden bu göstergedeki artış, önümüzdeki dönemler için daha çevreci üretim ve tüketim temellerinin atıldığını göstermektedir. Türkiye’nin gerek 2010-2018 yılları ortalama değeri gerekse 2018 yılı değeri eko-inovasyonu yakalayan ülkelerin çoğunun üzerinde kalmaktadır.

3.3. Kaynak verimliliği Çıktıları

3.3.1 Materyal Verimliliği

Materyal verimliliği bir birim yurtiçi kaynak kullanımı başına üretilen GSYH’yi ifade eden bir göstergedir. Bir ülkenin materyal verimliliği oranı ne kadar yüksek ise bir birim üretim için o kadar düşük malzeme/madde kullanımı ile üretim yaptığını ve dolayısıyla daha az doğal kaynak kullanımıyla birlikte daha az atık ortaya çıkardığını göstermektedir. Bu göstergenin yüksek olması ayrıca üretimde kullanılan hammadde ve yarı mamullerin geri dönüşüm oranının da yüksek olduğunu yansıtabilmektedir.

Şekil 5: Materyal Verimliliği



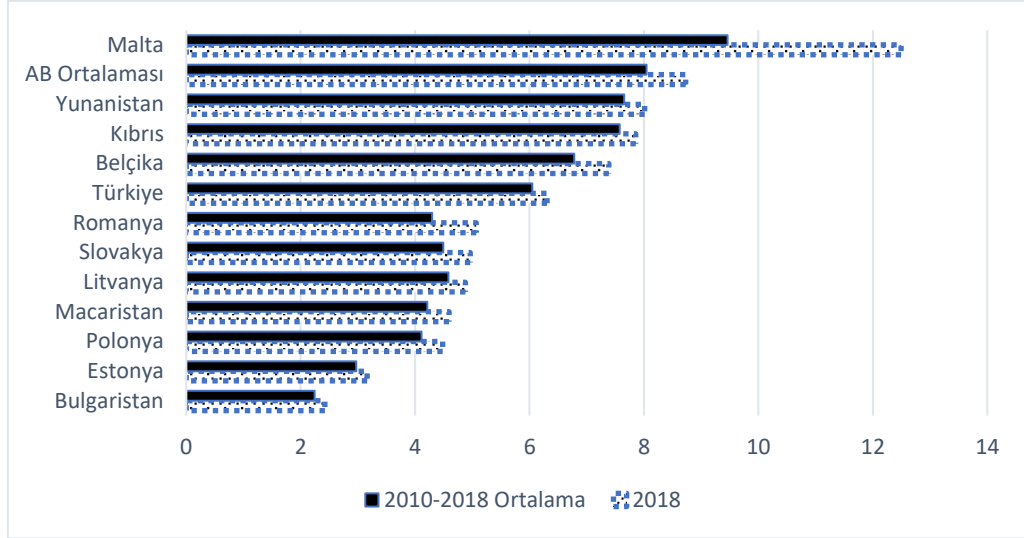
Kaynak: Eurostat veri tabanından elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Türkiye’nin 2018 yılı kaynak verimliliği oranı 0,84’tür ve bu oran 2010-2018 yılları ortalamasından %8,2 daha fazladır. Bu artış bir birim GSYH üretmek için kullanılan kaynak miktarının önceki dönemlere göre azaldığını başka bir ifadeyle önceki yıllara göre daha verimli üretime geçildiğini göstermektedir. Üretim süreçlerindeki gelişmelerin ve verimlilik değerlerinin önceki dönemlere bağımlı olması sebebiyle kümülatif olgular oldukları göz önünde bulundurulursa, sonraki dönemlerde de bu artış trendinin devam etmesi beklenmektedir. Türkiye, hem 2010-2018 yılları arasında hem de 2018 yılında eko-inovasyonu yakalayan ülkelerin bazılarında daha yüksek bir materyal verimliliğine sahiptir.

3.3.2. Enerji Verimliliği

Birim enerji kullanımı başına ekonomik çıktı oranını yansıtan enerji verimliliği, ülkelerin ekonomik, enerji ve çevresel konulardaki göreceli performansları hakkında bilgi veren bir ölçüttür (Atalla ve Bean, 2017).

Şekil 6: Enerji Verimliliği



Kaynak: Eurostat veri tabanından elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Türkiye 2010-2018 yılları arasında 1 kg petrol eşdeğeri enerji girdisi ile 6,04 Euro hasıla üretirken 2018 yılında 6,3 Euro hasıla üretmektedir. Kaynak verimliliğinin diğer bir göstergesi olan materyal verimliliğinde olduğu gibi enerji kullanımında da önceki dönemlere göre daha etkin bir üretim gerçekleştirilmektedir. Türkiye diğer eko-inovasyon göstergelerine kıyasla enerji verimliliğinde hem eko-inovasyonu yakalayan ülkeler arasında hem de AB ortalamasına göre daha iyi bir konumdadır.

4. Metodoloji

Çalışmada Türkiye’de eko-inovasyonun AB ülkeleri ile karşılaştırmalı etkinliği Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi kullanılarak belirlenmektedir. Bu analiz parametrik olmayan ve dolayısı ile regresyon analizi gibi parametrik yöntemlerde aranan varsayımların gerekmediği bir etkinlik ölçüm yöntemidir. Literatürde bu yöntem araştırmacılar tarafından göreceli karşılaştırmalar yapmak için kullanılmaktadır. Yöntem farklı açılardan performans değerlendirmelerine olanak tanımaktadır. Yöntemi geliştiren Charnes vd. (1978) yaptıkları çalışmada “karar verme birimi “ olarak tanımlanan kamu kurumlarının etkinliğini analiz etmektedirler. Geliştirdikleri bu parametrik olmayan yöntem ile ölçeğe göre sabit getiri (*Constant Returns to Scale /CRS*) ile literatürde yerlerini almaktadırlar. Banker vd. (1984) ise ölçeğe göre değişken getiri (*Variable Returns to Scale /VRS*) etkinliğini ölçecek şekilde bu yöntemi geliştirmektedirler. VRS modellerinde hem teknik etkinlik hem de ölçek etkinliği elde edilirken, CRS modellerinde yalnızca teknik etkinlik elde edilmektedir. Her iki yöntemde de girdi odaklı (minimum girdi ile sabit çıktı) ve çıktı odaklı (sabit girdi ile maksimum çıktı) etkinlik analizi yapmak mümkündür. Bu çalışmada CRS modeli girdi odaklı yöntem kullanılarak etkinlik değerleri ve sıralamaları elde edilmektedir.

CRS modeline ait doğrusal form şu şekildedir:

$$\max E_j = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (1)$$

Burada E_j sıfırinci karar verme birimi için göreceli etkinlikten v_i ve u_r çıktı (r) ile girdiye (i) atanmış ağırlıklardır.

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$u_r \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

x_{i0} ve y_{r0} sıfırinci karar verme birimi için girdi ve çıktıları ifade eder. Eğer $E_j = 1$ ise bu durumda karar verme biriminin etkin olduğuna karar verilir, ancak 1'den küçük ise bu durumda karar verme birimi etkin değildir (Charnes vd., 1978).

Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi kullanılarak yapılan bazı çalışmalarda enerji verimliliği ve materyal verimliliği ekolojik etkinlik (Picazo-Tadeo, Gómez-Limón, and Beltrán-Esteve; 2014) için birer çıktı olarak görülse de bu çıktıları eko-inovasyon performansı (Yang ve Yang; 2015) olarak niteleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Yapılan analiz kapsamında enerji verimliliği ve materyal verimliliği eko-inovasyon etkinliğini tanımlayan çıktılar olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmada Türkiye ve 28 AB ülkesinin 2010-2018 yıllarını kapsayan materyal verimliliği, enerji verimliliği, toplam Ar-Ge personeli ve araştırmacı sayısının işgücüne oranı, kamu çevresel Ar-Ge harcamaları ve kamu enerji Ar-Ge harcamaları değişkenleri kullanılmaktadır. Bu değişkenlere ait verilerin tamamı Avrupa Birliği İstatistik Ofisinden (EUROSTAT) alınmaktadır. Eksik veriler⁴ interpolasyon tekniği ile tahmin edilmektedir. Bu sayede ülkelerin yıllar itibarıyla karşılaştırılmasında eksik gözlem kaynaklı oluşabilecek sapmaların önüne geçilirken, yıllara göre sıralamalardaki değişimler karşılaştırılabilir olmaktadır.

Karar verme birimleri 28 AB üyesi ülke ve Türkiye' den oluşmaktadır. Karar verme birimleri sayısının toplam değişken sayısının 3 katından daha fazla olma koşulu sağlanmaktadır (Cooper vd. 2001). Toplam Ar-Ge personeli ve araştırmacı sayısının işgücüne oranı (Kiani Mavi ve Kiani Mavi, 2021), kamu çevresel Ar-Ge harcamaları (% GSYH) ve kamu enerji Ar-Ge harcamaları (% GSYH) girdi değişkenleri olarak alınmaktadır. Çıktı değişkenleri ise materyal verimliliği (Kiani Mavi ve Kiani Mavi, 2021) ve enerji verimliliğidir (Kiani Mavi ve Kiani Mavi, 2021; Yang ve Yang, 2015; Arundel ve Kemp, 2009). Yapılan çalışmalardan farklı olarak kamu çevresel Ar-Ge harcamaları ve kamu enerji Ar-Ge harcamaları ayrı ayrı alınmaktadır. Bu sayede kamunun oynadığı belirleyici role dikkat çekilmektedir.

Girdi ve çıktı değişkenlerine ait tanımlayıcı istatistikler ek bölümünde yer alan tablo 8'de verilmektedir. Ayrıca veri zarflama analizinin temelinde ilişkisel analizler olduğu bilindiğinden korelasyon analizi de ekte yer alan tablo 9'da listelenmektedir. Tablo 9'a göre girdi ve çıktı değerleri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmektedir.

⁴ Interpolasyon yöntemi ile tahmin edilen eksik gözlemler; Yunanistan 2010 yılı Ar-Ge Personeli, Polonya 2010 yılı Enerji Verimliliği ve Materyal Verimliliği, Türkiye 2018 yılı Ar-Ge Personeli ve Materyal Verimliliği.

5. Bulgular

Bu bölümde veri zarflama analizi iki aşamada ele alınmaktadır. İlk olarak çalışmada ülkelerin eko-inovasyon etkinlikleri 2010 ve 2018 yılları için ayrı ayrı verilerek yıllar itibariyle değişim incelenmektedir. Tablo 5'te eko-inovasyon etkinlik skorları ve sıralamaları verilirken, Tablo 6'da ise karar verme birimleri etkinlik skorlarına göre sıralanmaktadır.

Tablo 2: Eko-Inovasyon Etkinlik Skorları (%)

Karar Verme Birimi	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2010-2018
Belçika	44	58	45	36	36	34	39	50	52	44
Bulgaristan	55	56	55	80	100	38	22	100	100	55
Çekya	23	32	26	20	18	16	21	24	23	23
Danimarka	28	33	26	24	27	27	29	33	33	28
Almanya	36	49	36	29	28	28	33	40	40	36
Estonya	14	19	14	11	13	14	15	43	16	14
İrlanda	52	69	43	44	43	52	53	59	58	52
Yunanistan	40	100	57	38	33	28	39	45	42	40
İspanya	70	79	72	60	63	60	71	85	80	70
Fransa	48	67	47	37	39	39	46	53	53	48
Hırvatistan	65	100	78	60	96	65	50	56	52	65
İtalya	72	88	71	62	65	63	66	77	78	72
Kıbrıs	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Latviya	39	59	40	30	30	32	41	45	40	39
Litvanya	41	100	100	48	30	28	52	40	100	41
Lüksemburg	47	60	51	38	39	36	42	51	56	47
Macaristan	36	100	54	26	26	33	28	30	26	36
Malta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Hollanda	83	100	71	65	68	58	76	91	81	83
Avusturya	30	43	31	25	25	28	29	36	33	30
Polonya	27	34	29	27	28	27	28	24	22	27
Portekiz	32	49	51	33	31	29	32	32	32	32
Romanya	52	46	42	42	49	50	56	63	66	52
Slovenya	24	31	25	21	19	19	23	30	26	24
Finlandiya	14	18	13	10	12	12	14	17	17	14
İsveç	27	39	28	21	22	23	24	30	29	27
Birleşik Krallık	73	100	77	58	57	57	67	79	79	73
Türkiye	84	100	87	95	89	60	64	65	59	84
Ortalama	48	65	52	44	45	41	45	53	53	48

Tablo 3: Eko-İnovasyon Etkinlik Sıralamaları

Karar Verme Birimi	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2010-2018
Belçika	14	16	16	17	14	15	17	14	15	14
Bulgaristan	9	18	11	4	1	12	26	1	1	9
Çekya	27	26	26	27	27	27	27	27	26	27
Danimarka	23	25	25	24	22	23	20	22	21	23
Almanya	19	20	21	20	20	20	18	19	19	19
Estonya	28	28	28	28	28	28	28	18	29	28
İrlanda	11	12	18	11	11	9	9	10	11	11
Yunanistan	17	1	10	13	16	19	16	16	17	17
İspanya	7	11	7	7	8	6	4	5	6	7
Fransa	12	13	15	16	12	11	12	12	13	12
Hırvatistan	8	1	5	8	4	3	11	11	14	8
İtalya	6	10	9	6	7	4	6	7	8	6
Kıbrıs	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Latviya	18	15	20	19	18	17	15	17	18	18
Litvanya	16	1	1	10	19	21	10	20	1	16
Lüksemburg	13	14	13	14	13	13	14	13	12	13
Macaristan	20	1	12	22	23	16	23	25	24	20
Malta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hollanda	4	1	8	5	6	7	3	4	5	4
Avusturya	22	22	22	23	24	22	21	21	20	22
Polonya	25	24	23	21	21	24	22	28	27	25
Portekiz	21	19	14	18	17	18	19	23	22	21
Romanya	10	21	19	12	10	10	8	9	9	10
Slovenya	26	27	27	26	26	26	25	26	25	26
Slovakya	15	17	17	15	15	14	13	15	16	15
Finlandiya	29	29	29	29	29	29	29	29	28	29
İsveç	24	23	24	25	25	25	24	24	23	24
Birleşik Krallık	5	1	6	9	9	8	5	6	7	5
Türkiye	3	1	4	3	5	5	7	8	10	3

Eko-inovasyon etkinlik analizi sonuçlarına göre Kıbrıs ve Malta tüm yıllar için etkinken, Hollanda, Macaristan, Yunanistan, İngiltere, Türkiye ve Hırvatistan 2011 yılında etkin olarak bulunmaktadır. Bulgaristan 2014, 2017 ve 2018 yıllarında, Litvanya ise 2011, 2012 ve 2018 yıllarında etkindir. Türkiye ve Hırvatistan gibi takipçi ülkelerin etkinlik skorunun yıllar itibariyle azaldığı görülmektedir. 2010-2018 yılları ortalama değerleri için eko-inovasyon etkinlik sıralaması incelendiğinde Kıbrıs ve Malta'nın birinci sırada yer aldığı, bu ülkeleri sırasıyla Türkiye ve Hollanda'nın takip ettiği görülmektedir. Tablo 5 ve 6'da yer alan değerler incelendiğinde kamu enerji Ar-Ge harcaması, kamu çevresel Ar-Ge harcaması ve Ar-Ge personeli girdi değişkenlerinin görece daha az gelişmiş ekonomilerde daha etkin sonuçlara yol açtığı belirlenmektedir.

Türkiye'de eko-inovasyon etkinliğine ilişkin genel değerlendirmenin yapılması için 2010-2018 yılları ortalama değerleri ile yapılan analizlere bakılmaktadır. Türkiye, Tablo 5'e göre %84 etkinliğe sahiptir ve tablo 6'ya göre bu etkinlik skoruyla üçüncü sırada bulunmaktadır. Türkiye'nin 2010-2018 yılları ortalama eko-inovasyon etkinlik skoru, eko-inovasyonu yakalayan ülkeler ile karşılaştırıldığında sadece Kıbrıs ve Malta'nın Türkiye'den daha yüksek etkinlik skorlarına sahip olduğu görülmektedir. Eko-inovasyonu yakalayan ülkeler arasında Romanya %52 eko-inovasyon etkinlik skoru ile Türkiye'yi takip etmektedir. En yüksek skor olarak %52 bile Türkiye'nin sahip olduğu eko-inovasyon etkinlik skorunun oldukça altındadır. Dolayısıyla

Türkiye'nin eko-inovasyon etkinlik skoru eko-inovasyonu yakalayan ülkelere göre değerlendirildiğinde, Türkiye pek çok ülkeye göre daha etkinliğe yakın durumda bulunmaktadır.

Türkiye'nin eko-inovasyon etkinliğinin yıllar itibariyle değerlendirilmesi yapıldığında ise eko-inovasyon etkinlik skorlarının 2010-2014 ve 2015-2018 yılları arasında iki farklı trende sahip olduğu görülmektedir. Etkinlik skoru ortalaması 2010-2014 yılları arasında %91 iken, 2015-2018 yılları arasında %62'dir. Etkinlik skoruna bağlı olarak ortaya çıkan etkinlik sıralamasına bakıldığında da benzer şekilde iki farklı yapı bulunmaktadır. Türkiye'nin etkinlik sıralamasının 2010-2014 yılları ortalaması 3,2 iken 2015-2018 yılları ortalaması 7,5'tir.

Türkiye 2010-2014 yıllarında etkin duruma oldukça yakın olmasına karşın, son yıllarda etkin durumdan önemli ölçüde uzaklaşmaktadır. 2010-2018 yılları ortalaması ile yapılan analizlerde de 2010-2014 yıllarındaki olumlu ivmenin etkili olduğu açıktır. Son yıllarda ortaya çıkan bu etkisiz duruma yakınsama sürecinin tersine çevrilmesi ülke kaynaklarının verimli kullanımı açısından çok önemlidir. Analiz sonuçları da üçüncü bölümde çıkarılan bulgulara benzer şekilde Ar-Ge personelinin, kamu çevresel Ar-Ge harcamalarının ve kamu enerji Ar-Ge harcamalarının artırılması gerektiğini göstermektedir.

Veri zarflama analizinin ikinci aşamasında girdi değişkenlerinin etkinliklerini analiz etmek amacıyla farklı modeller oluşturulmaktadır. Bu sayede girdilerin hangisinin daha güçlü etkiye sahip olduğu duyarlılık analizi ile açıklanmaya çalışılmaktadır. Çalışmada ele alınan modeller Tablo 7'de özetlenmektedir. Ana model ve alternatif modellere ait 2010-2018 yılları arasındaki gözlemlerin ortalama değeri alındıktan sonra hesaplanan eko-inovasyon etkinlikleri tablo 8'de yer almaktadır. Her bir alternatif model ve ana model arasındaki etkinlik skoru farklılıkları eşleştirilmiş örneklem t testi ile analiz edilmektedir ve tablo 9'da verilmektedir.

Tablo 4: Alternatif Modeller

Modeller	Kamu Enerji Ar-Ge Harcaması (Girdi)	Kamu Çevresel Ar-Ge Harcaması (Girdi)	Ar-Ge Personeli (Girdi)	Materyal Verimliliği (Çıktı)	Enerji Verimliliği (Çıktı)
Ana Model	✓	✓	✓	✓	✓
Alternatif Model 1	✓	✓		✓	✓
Alternatif Model 2		✓	✓	✓	✓
Alternatif Model 3	✓		✓	✓	✓

Tablo 5: Alternatif Modellerle Etkinlik Skorları ve Sıralamaları

Karar Verme Birimi	Ana Model		Model 1		Model 2		Model 3	
	Skor(%)	Sıralama	Skor(%)	Sıralama	Skor(%)	Sıralama	Skor(%)	Sıralama
Belçika	44	14	7	20	44	13	44	13
Bulgaristan	55	9	55	3	25	25	15	27
Çekya	23	27	6	22	23	27	22	26
Danimarka	28	23	4	25	28	22	28	21
Almanya	36	19	3	27	36	18	36	17
Estonya	14	28	3	28	14	28	14	28
İrlanda	52	11	14	9	52	10	46	12
Yunanistan	40	17	8	16	40	16	40	15
İspanya	70	7	6	21	70	7	70	4
Fransa	48	12	7	19	48	11	48	9
Hırvatistan	65	8	38	5	65	8	46	11
İtalya	72	6	8	14	72	6	72	3
Kıbrıs	100	1	100	1	100	1	100	1
Latviya	39	18	7	18	39	17	39	16
Litvanya	41	16	39	4	41	15	24	24
Lüksemburg	47	13	9	13	47	12	47	10
Macaristan	36	20	11	10	36	19	29	20
Malta	100	1	100	1	100	1	62	6
Hollanda	83	4	25	7	83	4	68	5
Avusturya	30	22	6	23	30	21	30	19
Polonya	27	25	8	17	27	24	27	23
Portekiz	32	21	9	12	32	20	32	18
Romanya	52	10	8	15	52	9	52	8
Slovenya	24	26	5	24	24	26	24	25
Slovakya	43	15	14	8	43	14	42	14
Finlandiya	14	29	2	29	14	29	14	29
İsveç	27	24	3	26	27	23	27	22
Birleşik Krallık	73	5	9	11	73	5	73	2
Türkiye	84	3	35	6	84	3	60	7
Ortalama	48		19		47		43	

Tablo 6: Eşleştirilmiş Örneklem t Testi Sonuçları

Modeller	Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma	p değeri
Ana Model- Alternatif Model 1	0,29	0,06	0,28	0,00
Ana Model- Alternatif Model 2	0,01	0,06	0,23	0,43
Ana Model- Alternatif Model 3	0,05	0,05	0,22	0,16

Oluşturulan alternatif modeller incelendiğinde Malta'nın alternatif model 1 ve alternatif model 2 için etkin olduğu ve Kıbrıs'ın tüm modellerde etkin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Ana model ve alternatif modeller genel olarak ele alındığında, ana model ile alternatif model 2'nin çok benzer sonuçlara sahip olduğu ve Bulgaristan dışında tüm ülkelerin etkinlik skorlarının aynı kaldığı görülmektedir. Ana model ile alternatif model 3 karşılaştırıldığında etkinlik skorlarının ana modele göre biraz daha küçük olduğu (ortalama 43) görülmektedir. Alternatif model 2'de Ar-Ge personeli ve kamu çevresel Ar-Ge harcamaları yer alırken, alternatif model 3'te Ar-Ge personeli ve kamu enerji Ar-Ge harcamaları yer almaktadır. Alternatif model 2 ile alternatif model 3 karşılaştırıldığında, kamu çevresel Ar-Ge harcamalarının, kamu enerji Ar-Ge

harcamalarına görece az da olsa daha etkin sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir. Eşleştirilmiş t testi sonucuna göre Ana Model ve Alternatif Model 1 arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Alternatif model 1'de Ar-Ge personeli olmadan kamu enerji Ar-Ge harcaması ve kamu çevresel Ar-Ge harcaması girdi değişkenleri etkinliklerinin neredeyse tüm ülkelerde oldukça küçük değerlere (ortalama 19) sahip olduğu görülmektedir. Bu durum ise Ar-Ge personelinin eko-inovasyon etkinliğini artırmak için çok önemli bir etmen olduğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye'de eko-inovasyon etkinlik değerleri ana model ve alternatif modeller açısından ele alındığında, ana model ve alternatif model 2'nin etkin duruma daha yakın olduğu görülmektedir. Ana model ve alternatif model 2'de Türkiye'nin eko-inovasyon etkinlik skoru 84'tür. Türkiye'nin ikinci yüksek eko-inovasyon etkinlik skoru olan 60 değeri alternatif model 3'te ortaya çıkmaktadır. En düşük eko-inovasyon etkinlik skoru 35'tir ve alternatif model 1'de gözlenmektedir. Eko-inovasyon etkinlik skorları büyükten küçüğe doğru, ana model ve alternatif model 2, alternatif model 3 ve alternatif model 1 olarak sıralanmaktadır. Bu sıralama tüm ülkelerin ortalama eko-inovasyon etkinlik skorlarıyla uyumludur. Tüm ülkelerin ortalama eko-inovasyon etkinlik puanı ana modelde 48, alternatif model 2'de ana modele çok yakın bir değer olarak 47, alternatif model 3'te 43 ve alternatif model 1'de 19'dur.

Eko-inovasyon etkinlik sıralaması açısından değerlendirildiğinde, Türkiye'nin ana model ve alternatif modelde üçüncü sıraya sahip olmasına karşın alternatif model 1'de altıncı, alternatif model 2'de ise yedinci sıraya gerilediği görülmektedir. Bunun temel sebebi değişkenlerde ortaya çıkan göreceli farklılıklardır. 2010-2018 yılları Ar-Ge personeli oranı, kamu çevresel Ar-Ge harcamaları ve kamu enerji Ar-Ge harcamaları AB ülkelerinde sırasıyla ortalama 1,12, 3,67 ve 5,24 iken, Türkiye'de sırasıyla 0,42, 0,36 ve 0,48'dir. Türkiye'nin sahip olduğu değerler AB ülkeleri ortalama değerlerine göre oranlanacak olursa sırasıyla 37,92, 9,96 ve 9,31 değerleri elde edilmektedir. Dolayısıyla Türkiye AB ülkeleri ortalamasının çok gerisinde bir değer olarak AB ülkeleri ortalamasının 37,92'si Ar-Ge personeli oranına sahip olmasına karşın, kamu çevresel Ar-Ge harcamaları ve kamu enerji Ar-Ge harcamaları karşısında göreceli avantaja sahiptir. Başka bir ifadeyle Türkiye ile AB ülkeleri ortalama değerleri karşılaştırıldığında Ar-Ge personeli oranındaki fark, kamu çevresel Ar-Ge harcamaları ve kamu enerji Ar-Ge harcamalarındaki farka görece daha azdır. Bu sebeple Türkiye'nin görece daha iyi durumda olduğu değişkenlerin ele alındığı modellerde Türkiye'nin eko-inovasyon etkinlik sıralaması daha yüksektir. Türkiye'nin eko-inovasyon etkinliğini artırmak için Ar-Ge çalışanı, kamu çevresel Ar-Ge harcaması ve kamu enerji Ar-Ge harcaması oranlarını yükseltmesi gerekliliği açık olmakla birlikte Ar-Ge çalışan oranına görece kamu çevresel Ar-Ge harcaması ve kamu enerji Ar-Ge harcamasında daha fazla eksikliği bulunmaktadır.

6. Sonuç

Günümüzde küreselleşen ekonomiler ile birlikte artan kirlilik oranları ve ülkelerin sınırlı kaynaklara sahip olması göz önünde bulundurulduğunda sürdürülebilir büyümenin sağlanabilmesinde eko-inovasyonun önemi açıkça görülmektedir. Eko-inovasyon gelişmekte olan ülkelerin teknoloji açıklarını kapatmalarında bir fırsat olarak ortaya çıkmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler bu fırsatı değerlendirerek eksik olan teknolojik alt yapılarını eko-inovatif olarak düzenleyebilirlerse gelişmiş ülkeler ile aralarındaki açığı kapatmakla kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilir büyüme için sağlam bir zemin inşa ederler. Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye, eko-inovasyonu yakalayan AB ülkeleri ile karşılaştırıldığında ortalamanın üzerinde bir seyre sahipken, AB ülkeleri ortalamasının altında kalmaktadır.

Türkiye Eco-IS endeksi alt başlıklarından olan kaynak verimliliği çıktıları ve eko-inovasyon aktiviteleri açısından eko-inovasyonu yakalayan AB ülkeleri ile karşılaştırıldığında oldukça iyi konumdadır. Kaynak verimliliği değerlerinin önceki yıl değerlerine bağımlı olduğu başka bir deyişle kümülatif bir olgu olduğu düşünülürse önümüzdeki yıllarda Türkiye’de verimlilik artışlarının devam etmesi beklenmektedir. Eko-inovasyon aktiviteleri açısından ise Türkiye’de özel sektörün eko-inovatif ürün ve süreçlere bir yönelimi olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Özel sektörün aldığı ISO 14001 belgeleri kapsamında firmalara verilen teknik destek ve tavsiye düşünüldüğünde önümüzdeki dönemde belgelerin pozitif dışsallığının ortaya çıkması ve firmaların eko-inovasyona olan yöneliminin artması beklenmektedir.

Kaynak verimliliği çıktıları ve eko-inovasyon aktiviteleri başlıklarının aksine eko-inovasyon girdileri alt başlığında önemli eksiklikler bulunmaktadır. Kamu çevresel Ar-Ge harcamaları ve kamu enerji Ar-Ge harcamaları AB ülkeleri ortalamasından çok uzak olmasının yanı sıra eko-inovasyonu yakalayan ülkelerin de gerisinde kalmaktadır. Türkiye’nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden birisi Ar-Ge harcamalarının GSYH oranının gelişmiş ülke seviyelerine yakın bir değer olan 3’e çıkarılmasıdır. Eko-inovasyon açısından ele alındığında da Ar-Ge harcamalarının bu seviyelere çıkarılması oldukça önemlidir. 2018 yılında Ar-Ge harcamaları GSYH oranının 1 seviyesinde olduğu düşünülürse, bu oranın 3 seviyelerine çıkarılması Türkiye’nin bu başlıkta eksikliklerini kapatmasında etkili olacaktır. Bu başlık altında değerlendirilen son kriter Ar-Ge personelinin işgücüne oranıdır. Türkiye’nin Ar-Ge personeli oranı da hem AB ülkeleri hem de eko-inovasyonu yakalayan ülkelerin altında seyretmektedir. Özel sektörün Ar-Ge personeli istihdamının teşvik mekanizması ve yasal düzenlemeler ile desteklenmesi gerektiği çok açıktır. Kamu kurumlarındaki araştırmacı sayısının artırılması da bu eksikliğin kapatılmasında etkili olacaktır.

Türkiye’nin eko-inovasyon etkinliği AB ülkeleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde de benzer sonuçlara ulaşılmaktadır. Türkiye 2010-2018 yılları eko-inovasyon etkinlik skoruyla etkin duruma oldukça yakındır ve eko-inovasyon etkinlik sıralamasında üçüncü sırada yer almaktadır. Buna karşın Türkiye’nin eko-inovasyon etkinliğinin yıllar itibarıyla değerlendirilmesi yapıldığında, 2010-2014 yılları ile 2015-2018 yılları arasında iki farklı trend bulunduğu açık bir şekilde görülmektedir. Türkiye’de eko-inovasyon etkinliği son yıllarda önemli ölçüde azalarak etkin durumdan uzaklaşmaktadır. Eko-inovasyon etkinlik skorlarının belirlenmesinde Ar-Ge personeli oranının etkisi çok fazladır. Dolayısıyla eko-inovasyonda etkin duruma geçilebilmesi önemli ölçüde Ar-Ge personel oranının artırılmasına bağlıdır. Bununla birlikte Türkiye’nin Ar-Ge çalışan oranına görece kamu çevresel Ar-Ge harcaması ve kamu enerji Ar-Ge harcamasında daha fazla eksiği bulunmaktadır ve bu harcamaların da artırılması gerekmektedir.

Kaynakça

- Aguilera-Caracuel, J. ve Ortiz-de-Mandojana, N. (2013), "Green Innovation and Financial Performance: An Institutional Approach", *Organization & Environment*, Vol. 26, No.4: 365-385.
- Álvarez-Herránz, A., Balsalobre, D., Cantos, J. M., ve Shahbaz, M. (2017), "Energy Innovations-GHG Emissions Nexus: Fresh Empirical Evidence From OECD Countries", *Energy Policy*, Vol.101: 90-100.
- Andersen, M.M. (2006), "Eco-Innovation Indicators", European Environment Agency. https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/115329898/2007_115_report.pdf, (Erişim:20.10.2020)
- Arundel, A. ve Kemp, R. (2009). *Measuring Eco-Innovation*. UNU-MERIT Working Paper Series-017.
- Ashford, N.A. (1993), "Understanding Technological Responses of Industrial Firms to Environmental Problems: Implications for Government Policy", (Ed. Fischer K. & Schot J.), *Environmental Strategies For Industry: International Perspectives on Research Needs and Policy Implications*, Washington: Island Press:277-307.
- Atalla, T., ve Bean, P. (2017), "Determinants of Energy Productivity in 39 Countries: An Empirical Investigation. *Energy Economics*", Vol.62: 217-229.
- Banker, R. D., Charnes, A., ve Cooper, W. W. (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, Vol.30, No.9: 1078-1092.
- Basso L.C., Santos, D. F. L., Kimura, H. ve Braga, A. C. S. (2013), "Eco-Innovation in Brazil: The Creation of an Index", SSRN: 2284336
- Carrillo-Labela, R., Fort, F., ve Parras-Rosa, M. (2020), "Motives, Barriers and Expected Benefits of ISO 14001 in the Agri-food sector. *Sustainability*", Vol.12 No.5: 1724.
- CEC (Commission of the European Communities) (2004), "Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Stimulating Technologies for Sustainable Development: An Environmental Technologies Action Plan for the European Union", COM(2004) 38 final
- Charnes, A., Cooper, W. W., ve Rhodes, E. (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*", Vol.2: 429-444.
- Charter, M. ve Clark, T. (2007), "Sustainable Innovation: Key Conclusions from Sustainable Innovation Conferences 2003-2006", Organised by the Centre for Sustainable Design, The Centre for Sustainable Design, University College For The Creative Arts.
- Cooper, W. W., Li, S., Tone, K., Thrall, R. M., & Zhu, J. (2001), "Sensitivity and Stability Analysis in DEA : Some Recent Developments", *Journal for Productivity Analysis*, Vol.15: 217-246.
- Çankaya, S. Y. ve Sezen, B. (2015), "Ekolojik Yenilik ile Sürdürülebilirlik Performansı Arasındaki İlişkide Çevresel Belirsizliğin Moderatör Etkisi", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, C.11, S.24: 111-134.
- Del Río González, P. (2005), "Analysing the Factors Influencing Clean Technology Adoption: A Study of the Spanish Pulp and Paper Industry", *Business Strategy and the Environment*, Vol.14, No.1: 20-37.
- DeSimone, L.D. ve Popoff, F. (2000), "Eco-efficiency: The Business Link to Sustainable Development", MIT Press Development WBCFS, Cambridge.
- Díaz-García, C., González-Moreno, Á. ve Sáez-Martínez, F. J. (2015), "Eco-Innovation: Insights from A Literature Review", *Innovation: Management, Policy & Practice*, Vol.17 No.1: 6-23.
- Ekins, P. (2010), "Eco-Innovation for Environmental Sustainability: Concepts, Progress and Policies. *International Economics and Economic Policy*", Vo.7 No.2: 267-290.
- EIO, (2010), "Methodological Report. Eco-Innovation Observatory. Funded by the European Commission, DG Environment, Brussels", <https://www.eco-innovation.eu/index.php/reports> (Erişim:15.07.2020).
- EIO (2018), "Eco-Innovation of Products: Case Studies and Policy Lessons from EU Member States for a Product Policy Framework that Contributes to a Circular Economy. Eco-Innovation Observatory, Funded by the European Commission", DG Environment, Brussels.

https://ec.europa.eu/environment/ecoap/sites/default/files/documents/eio_report_2018.pdf, (Erişim:15.07.2020).

Eurostat. (Tarih Yok), "Database", <https://ec.europa.eu/eurostat>, (Erişim: 16.06.2020).

Freeman, C. (1996), "The Greening of Technology and Models of Innovation", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.53, No.1: 27-39.

Frondel, M., Horbach, J. ve Rennings, K. (2007), "End-of-Pipe or Cleaner Production? An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions Across OECD Countries", *Business Strategy and the Environment*, Vol.16, No.8: 571-584.

Fussler, C. ve James, P. (1996) "Driving eco-innovation: A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability", London: Pitman Publishing.

Geffen, C. A. ve Rothenberg, S. (2000), "Suppliers and Environmental Innovation: The Automotive Paint Process", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.20, No.2:166-86.

Hellström, T. (2007), "Dimensions Of Environmentally Sustainable Innovation: The Structure of Eco-Innovation Concepts", *Sustainable Development*, Vol.15, No.3:148-159.

Horbach, J. (2008), "Determinants of Environmental Innovation—New Evidence from German Panel Data Sources" *Research Policy*, Vol.37, No.1: 163-173.

Horbach, J., Rammer, C. ve Rennings, K. (2012), "Determinants of Eco-Innovations by Type of Environmental Impact—The Role Of Regulatory Push/Pull, Technology Push and Market Pull", *Ecological Economics*, Vol.78:112-122.

Huppes G, Kleijn R, Huele R, Ekins P, Shaw B, Esders ve M, Schaltegger S (2008), "Measuring Eco-Innovation: Framework and Typology of Indicators Based On Causal Chains", Final Report ff the Ecodrive Project, CML, Leiden University, https://www.eco-innovation.eu/wiki/images/Ecodrive_final_report.pdf (Erişim:17.07.2020).

ISO (2019) "ISO Survey Report", <https://www.iso.org/the-iso-survey.html> (Erişim Tarihi: 01/07/2020).

İncekara, A. ve Hobikoğlu, E. H. (2014), "Sürdürülebilir Ekonomik Kalkınma Belirleyicisi Olarak Eko İnovasyonun Önemi: Dünya ve Türkiye Örneği", *International Conference on Eurasian Economies*, 1-2 Haziran 2014, Makedonya.

Kemp, R. ve Oltra, V. (2011), "Research Insights and Challenges on Eco-Innovation Dynamics", *Industry and Innovation*, Vol.18, No.03: 249-253.

Kemp, R. ve Pearson, P. (2007), "Final Report MEI Project about Measuring Eco-Innovation", <https://www.oecd.org/env/consumption-innovation/43960830.pdf> (Erişim Tarihi: 21.09.2020).

Kiani Mavi, R., & Kiani Mavi, N. (2021), "National Eco-Innovation Analysis with Big Data: A Common-Weights Model For Dynamic DEA", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.162: 120369.

Kowalska, A. (2014), "Implementing Eco-Innovations. Determinants and Effects", *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, Vol.16, No.3: 153-158.

Kuo, T. C. ve Smith, S. (2018), "A Systematic Review of Technologies Involving Eco-Innovation for Enterprises Moving Towards Sustainability", *Journal of Cleaner Production*, Vol.192: 207-220.

Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W. (1972), "The Limits to Growth", New York: Universe Books.

M'Gonigle, M. ve Dempsey, J. (2003), "Ecological Innovation in an Age of Bureaucratic Closure: The Case of the Global Forest", *Studies in Political Economy*, Vol.70, No.1: 97-124.

Nie, P. Y., Chen, Y. H., Yang, Y. C., & Wang, X. H. (2016), "Subsidies in Carbon Finance for Promoting Renewable Energy Development", *Journal of Cleaner Production*, Vol.139: 677-684.

Oslo Manual (2005), "Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data", OECD:Paris, https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oslo-manual_9789264013100-en (Erişim Tarihi:21.09.2020).

Oltra, V. ve Saint Jean, M. (2009), "Sectoral Systems of Environmental Innovation: An Application to the French Automotive Industry", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.76 No.4: 567-583.

- Park, M. S., Bleischwitz, R., Han, K. J., Jang, E. K. ve Joo, J. H. (2017). "Eco-Innovation Indices as Tools for Measuring Eco-Innovation", *Sustainability*, Vol.9, No.12: 2206.
- Picazo-Tadeo, A. J., Castillo-Giménez, J., & Beltrán-Estevé, M. (2014), "An Intertemporal Approach to Measuring Environmental Performance With Directional Distance Functions : Greenhouse Gas Emissions in the European Union", *Ecological Economics*, Vol.100: 173–182.
- Preuss, L. (2007), "Contribution of Purchasing and Supply Management to Ecological Innovation", *International Journal of Innovation Management*, Vol.11, No.04: 515-537.
- Reid, A. ve Miedzinski, M. (2008). "Eco-Innovation Final Report for Sectoral Innovation Watch". Systematic Eco-Innovation Report, Technopolis Group.
- Rennings, K. (1998), "Towards A Theory and Policy of Eco-Innovation-Neoclassical and (Co-) Evolutionary Perspectives", *ZEW Discussion Papers*, No.98-24.
- Rennings, K. (2000), "Redefining Innovation—Eco-Innovation Research and the Contribution from Ecological Economics", *Ecological Economics*, Vol.32, No.2: 319-332.
- Rennings, K., Ziegler, A., Ankele, K., ve Hoffmann, E. (2006), "The Influence of Different Characteristics of the EU Environmental Management and Auditing Scheme On Technical Environmental Innovations and Economic Performance", *Ecological Economics*, Vol.57, No.1: 45-59.
- Sáez-Martínez, F. J., Ferrari, G. ve Mondéjar-Jiménez, J. (2015), "Eco-Innovation: Trends and Approaches for A Field of Study", *Innovation: Management Policy. &Practice*, Vol.17, No.1: 1-5.
- Schiederig, T., Tietze, F. ve Herstatt, C. (2012), "Green Innovation in Technology and Innovation Management—An Exploratory Literature Review", *R&D Management*, Vol.42, No.2: 180-192.
- Smol, M., Kulczycka, J., & Avdiushchenko, A. (2017), "Circular Economy Indicators in Relation to Eco-Innovation in European Regions", *Clean Technologies and Environmental Policy*, Vol.19, No.3: 669-678.
- Spain, C., Markianidou, P. ve Asel, D. (2018). "EU Eco-Innovation Index: 2018 version, Technical Note". Technopolis Group.
https://ec.europa.eu/environment/ecoap/sites/ecoap_stayconnected/files/ecoi_index_eu_2018_technical_note.pdf (Erişim Tarihi:14.05.2020).
- Svedin, U. (1991), "The Contextual Features of the Economy-Ecology Dialogue. Linking the Natural Environment and the Economy", (Ed.Folke C. & Kaberger T.), *Essays From The Eco-Eco Group*, Dordrecht: Springer:3-19.
- Triguero, A., Moreno-Mondéjar, L. ve Davia, M. A. (2013), "Drivers of Different Types of Eco-Innovation in European Smes", *Ecological Economics*, Vol.92:25-33.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2011), "Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication", <https://www.unenvironment.org/resources/report/towards-green-economy-pathways-sustainable-development-and-poverty-eradication-10> (Erişim Tarihi: 11.02.2020).
- WCED, (1987), "Our Common Future, World Commission on Environment and Development", Oxford University Press, Oxford.
- Welford, R. (1997), "Hijacking Environmentalism: Corporate Responses to Sustainable Development" Routledge, London.
- Yang, F., & Yang, M. (2015), "Analysis on China 's Eco-Innovations : Regulation Context, Intertemporal Change and Regional Differences", *European Journal of Operational Research*, Vol.247, No.3: 1003–1012.
- Yang, X., He, L., Xia, Y., & Chen, Y. (2019)", "Effect of Government Subsidies on Renewable Energy Investments: The Threshold Effect", *Energy Policy*, Vol.132:156-166.
- Yiğit, S. (2014). "İnovasyonun Çevreci Yüzü ve Türkiye". *Celal Bayar Üniversitesi İİBF, Yönetim ve Ekonomi*, C.21, S.1: 251-265.
- Yurdakul, M. (2019). "İşletmelerde Sürdürülebilirliğin Sağlanmasında Eko İnovasyon Uygulamaları: Bir Model Önerisi". *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, C.1:15-33.
- Ziółkowski, B. (2013). *The World Trends in Eco-Innovation Assessment*. *Modern Management Review*, Vol.20, No.1:153-162.

Extended Summary

Eco-Innovation Indicators and Eco-Innovation Efficiency in Turkey

The aim of this study is to investigate the eco-innovation indicators and eco-innovation efficiency in Turkey in comparison with EU countries. There are few studies investigating the concept of eco-innovation in Turkey (Yurdakul, 2019; Çankaya & Sezen, 2015; Incekara & Hobikoğlu, 2014; Yiğit, 2014). There is no information regarding eco-innovation efficiency in Turkey in the studies conducted. For this reason, comparative evaluation of eco-innovation indicators with EU countries based on Eco-IS indicators in Turkey, determination of eco-innovation efficiency by using data envelopment analysis method, and revealing the necessary eco-innovation policies to ensure sustainable growth constitute the original values of this study.

Eco-innovation is a special type of innovation and started to take place in the literature in the 1990s (Kemp and Oltra, 2011: 249). Eco-innovation consists of the intersection of economic and environmental innovation (Ekins, 2010:269). Today, the social and political importance given to eco-innovations on the basis of sustainable growth is increasing day by day (Díaz-García et al., 2015:6). The Eco-Innovation Action Plan (EcoAP), which promotes eco-innovative processes, products, and services initiated by the European Commission in 2011 within the framework of the Europe 2020 strategy and the "Innovation Union" initiative, is one of the best examples of this importance (Sáez-Martínez et al.:1).

The Eco-IS index, created by the Eco-Innovation Observatory established by the EU Environmental Protection Directorate, is an index that measures the eco-innovation capacities of EU member countries since 2010 and is created with 16 different variables under 5 different subtitles. While the headings of eco-innovation inputs, eco-innovation activities, and eco-innovation outputs are directly related to eco-innovation, resource efficiency outputs and socio-economic results show the effects of the initiation of eco-innovation (Kowalska, 2014). The index value in each of these five titles is calculated with the unweighted average of the basic economic indicators (Smol et al, 2017:673). The average of the value calculated unweighted for 16 different variables of 28 European Union (EU) member countries is assumed to be 100, and the index value is created for the countries (Spain et al., 2018). The eco-innovation index value shows how eco-innovative the country is compared to other countries.

Since there is not all of the data used in the creation of Turkey's Eco-IS index, a comparative graphical analysis is performed for eco-innovation inputs, eco-innovation activities, and resource efficiency outputs among five titles, according to the EU average and countries that have achieved eco-innovation. In addition, the efficiency analysis of these variables is determined by the data envelopment method.

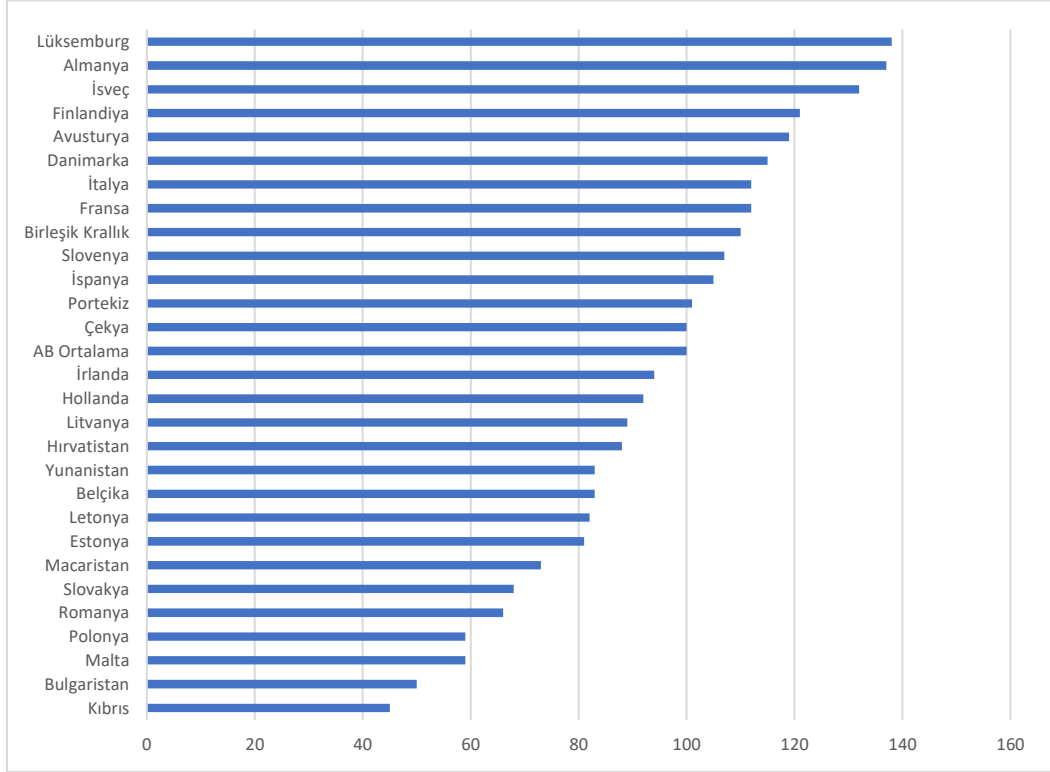
According to the findings, Turkey is in a very good position when compared to EU countries that have achieved eco-innovation in terms of resource efficiency outputs and eco-innovation activities, which are subtitles of the Eco-IS index. Considering that resource efficiency values are dependent on previous year values, in other words, it is a cumulative phenomenon, productivity increases in Turkey are expected to continue in the coming years. In terms of eco-innovation activities, it is clearly seen that the private sector in Turkey has an orientation towards eco-innovative products and processes. Considering the technical support and advice given to companies within the scope of ISO 14001 certificates received by the private sector, it is expected that the positive externality of the documents will emerge in the coming period and the companies' orientation towards eco-innovation will increase.

Contrary to the headings of resource efficiency outputs and eco-innovation activities, there are important deficiencies in the sub-title of eco-innovation inputs. Public environmental R&D expenditures and public energy R&D expenditures are far from the EU countries average, as well as lagging behind countries that have achieved eco-innovation. One of Turkey's sustainable development goals is to increase R&D expenditures to 3 of GDP, which is close to developed country levels. When considered in terms of eco-innovation, it is very important to increase R&D expenditures to these levels. Considering that the ratio of R&D expenditures to GDP is around 1 in 2018, increasing this rate to 3 will be effective in closing the shortcomings of Turkey in this topic. The last criterion evaluated under this heading is the ratio of R&D personnel to the workforce. The ratio of R&D personnel in Turkey is also below both EU countries and countries that have achieved eco-innovation. It is clear that the employment of R&D personnel in the private sector should be supported by incentive mechanisms and legal regulations. Increasing the number of researchers in public institutions will also be effective in closing this deficiency.

When Turkey's eco-innovation efficiency is evaluated in comparison with EU countries, similar results are obtained. Turkey is very close to the efficient state with its eco-innovation efficiency score between 2010-2018 and ranks third in the eco-innovation efficiency ranking. On the other hand, when the eco-innovation efficiency of Turkey is evaluated over the years, it is clearly seen that there are two different trends between 2010-2014 and 2015-2018. The efficiency of eco-innovation in Turkey has decreased significantly in recent years and it is moving away from being efficient. The effect of the ratio of R&D personnel on the determination of eco-innovation efficiency scores is very high. Therefore, being effective in eco-innovation depends on increasing the ratio of R&D personnel to a significant extent. However, Turkey has more public environmental R&D expenditure and public energy R&D expenditure relative to the ratio of R&D employees, and these expenditures need to be increased.

Ekler:

Şekil 7: AB Ülkeleri 2018 Yılı Eco-IS İndeksi



Kaynak: Eurostat veri tabanından elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 7: Eco-IS Endeksi Bileşenleri

1. Eko-inovasyon Girdileri

- Kamu çevresel ve enerji Ar-Ge harcamaları
- Toplam Ar-Ge personeli & araştırmacı sayısı
- Yeşil erken aşama yatırımların toplam değeri

2. Eko-inovasyon Aktiviteleri

- İşletmeye çevresel fayda sağlayan inovasyon geliştiren firma yüzdesi
- Son kullanıcıya çevresel fayda sağlayan inovasyon geliştiren firma yüzdesi
- ISO14001 belgeli firma sayısı

3. Eko-inovasyon Çıktıları

- Eko-inovasyon patentleri
- Eko-inovasyon akademik yayınları
- Eko-inovasyon medya içeriği

4. Kaynak Verimliliği Çıktıları

- Materyal verimliliği
- Su verimliliği
- Enerji verimliliği
- Sera gazı emisyon yoğunluğu (CO₂ emisyonu/GSYH)

5. Sosyo-ekonomik Çıktılar

- Eko-endüstrilerden ihracat oranı
- Eko-endüstrilerde ve döngüsel ekonomide istihdam oranı
- Eko-endüstrilerde ve döngüsel ekonomide gelir oranı

Kaynak: Spaini vd., 2018:3

Tablo 8: Girdi ve Çıktı değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri

	Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Min	Max
Materyal Verimliliği (Ç)	29	1,64	0,99	,32	3,82
Enerji Verimliliği (Ç)	29	7,13	3,04	2,23	14,60
Kamu Enerji Ar-Ge Harcaması (G)	29	5,08	6,69	,01	25,88
Kamu Çevresel Ar-Ge Harcaması (G)	29	3,56	3,52	,20	17,03
Ar-Ge personeli (G)	29	1,09	,50	,30	2,12

Tablo 9: Girdi ve Çıktı değişkenlerine ait korelasyon

Değişkenler	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1) Materyal Verimliliği (Ç)	1,000				
(2) Enerji Verimliliği (Ç)	0,69***	1,000			
(3) Kamu Enerji Ar-Ge Harcaması (G)	0,26	0,31*	1,000		
(4) Kamu Çevresel Ar-Ge Harcaması (G)	0,54***	0,42**	0,44**	1,000	
(5) Ar-Ge personeli (G)	0,58***	0,54***	0,73***	0,74***	1,000

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$