

Türkiye’de Sağlık Harcamaları, Yenilenebilir Enerji Tüketimi, ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Yük Taşıma Kapasitesi Faktörü Çerçevesinde Bir Analiz

Ahmet Yılmaz Ata¹

Ayşe Eryer²

Özet

Çevresel sorunlar, birey ve toplum sağlığı, ekolojik sistemlerin devamlılığı, sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınma üzerindeki çok boyutlu etkileri nedeniyle küresel ölçekte öncelikli araştırma alanlarından biri haline gelmiştir. Çevresel performansın değerlendirilmesinde geleneksel olarak karbondioksit emisyonları ve ekolojik ayak izi gibi göstergeler yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu göstergeler, ağırlıklı olarak doğal kaynaklar üzerindeki tüketim baskısını ve çevresel talep boyutunu yansıtan göstergelerdir. Dolayısıyla, çevresel sürdürülebilirliğin kapsamlı bir şekilde değerlendirilebilmesi için doğal kaynakların yenilenme kapasitesini ve ekolojik arz yönünü de dikkate alan ölçütlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada da çevresel kalite göstergelerinden olan ve biyolojik kapasitesinin ekolojik ayak izine oranlanmasıyla bulunan yük kapasitesi faktörü kullanılmıştır. Çalışmada, Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketimi, sağlık harcamaları, ekonomik büyüme ve yük kapasitesi faktörü arasındaki ilişkiler 1990–2022 dönemi için A-ARDL yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, değişkenler arasında uzun dönemli bir eş bütünleşme ilişkisinin varlığına işaret etmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi ve sağlık harcamalarında meydana gelen artışlar yük kapasitesini faktörünü pozitif etkilemekte, ekonomik büyümedeki artışlar ise yük kapasitesi faktörünü negatif etkilemektedir.

1 Prof. Dr., Gaziantep Üniversitesi, İİBF, yilmazata75@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-5928-8801>

2 Dr., Bağımsız Araştırmacı, ayse_zabun46@hotmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-6556-1605>

1.Giriş

Toplumların ekonomik ve sosyal gelişiminde sağlık önemli bir role sahiptir. Beşeri sermayenin temel bileşenlerinden biri olan sağlık, bireylerin ve toplumların üretkenlik düzeylerini doğrudan etkilemektedir. Sağlık düzeyi yüksek bireyler daha verimli çalışabilmekte, bu durum ise üretim kapasitesinin ve ülke refahının artmasına katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, sağlık ile etkileşim halinde olan faktörlerin belirlenmesi ve incelenmesi büyük önem taşımaktadır (Barro, 1996; Eryer, 2024).

Ekonomik ve çevresel faktörler ile sağlık ilişkisi, son yıllarda giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Karbon emisyonları ve diğer zararlı kirleticilerden kaynaklanan çevre kirliliğinin insan sağlığını olumsuz etkileyerek sağlık harcamalarını artırdığı kabul edilmektedir. Çevresel bozulma, çeşitli sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olurken, işgücü verimliliğini de azaltabilmektedir. Bu durum ekonomik faaliyetler ve büyüme üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümenin enerji tüketimindeki artışla birlikte gerçekleşmesi, hava kirliliğini artırarak hem halk sağlığını tehdit etmekte hem de sürdürülebilir kalkınmaya ilişkin endişeleri güçlendirmektedir (Yazdi vd., 2014; Dağ ve Kızılkaya, 2021). Dünya genelinde çevre kalitesinin bozulması, sağlıklı yaşam olarak adlandırılan kavram üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Özellikle, hava, su ve toprak kirliliğindeki meydana gelen artışlar birey ve toplum sağlığını olumsuz yönde etkileyerek çeşitli hastalıkların görülme sıklığını artırmakta ve yaşam kalitesinin düşmesine yol açmaktadır. Bu yüzden, çevresel kalite ve halk sağlığı arasındaki ilişki, günümüzde farklı disiplinlerde yürütülen araştırmaların temel inceleme alanlarından biri olarak öne çıkmaktadır (Dritsaki ve Dritsaki, 2024).

İktisadi kalkınma sürecini yeteri kadar tamamlayamamış ülkeler, ekonomik büyümeyi hızlandırmak ve yatırım çekmek için sektör ayrımı gözetmeden farklı yatırım alanlarına yönelebilmektedir. Bu ülkelere yapılan yatırımların önemli bir kısmı, çevre üzerinde yüksek düzeyde olumsuz etki yaratan üretim faaliyetlerinden oluşmaktadır. Bunun temel nedenlerinden biri, gelişmekte olan ülkelerde işgücünün nispeten düşük maliyetli ve bol olmasıdır. Gelişmiş ülkelerde çevre politikalarının ve sürdürülebilir kalkınma uygulamalarının güçlenmesi, çevreye zarar veren üretim faaliyetlerinin daha esnek çevre düzenlemelerine sahip gelişmekte olan ülkelere kaymasına yol açmakta ve bu ülkelerin zamanla birer kirlilik cenneti haline gelmesine neden olmaktadır (Yahaya vd., 2016). Çevresel kalitenin bozulması sadece doğal kaynaklar üzerinde değil, aynı zamanda toplumsal refah üzerinde de olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Artan çevre kirliliği, bireyin ve toplumun sağlık durumunu kötüleştirerek başta emek faktörü olmak üzere üretim sürecinde yer alan tüm

kaynakların verimliliğini azaltmaktadır. Üretim faktörlerindeki bu verim kaybı ise ekonomik performansı olumsuz etkileyerek ulusal üretim düzeyinin ve ekonomik büyüme oranlarının gerilemesine neden olabilmektedir (Narayan ve Narayan, 2008; Yahaya vd., 2016; Apergis vd., 2018).

Çevresel kalite ve yenilenebilir enerji arasındaki ilişki de pek çok araştırmaya konu olmuştur. Yenilenebilir enerji, doğal süreçler tarafından sürekli olarak yenilenen kaynaklardan elde edilen ve sürdürülebilir enerji üretimine olanak sağlayan bir enerji türüdür. Fosil yakıtlara kıyasla daha düşük çevresel etkilere sahip olması nedeniyle çevre dostu bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Khan vd., 2020) Bu kaynakların etkin ve verimli biçimde kullanılması, çevresel zararların ve atık oluşumunun azaltılmasına katkı sağlarken, ekonomik ve toplumsal ihtiyaçların uzun vadede karşılanmasına da destek olmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak sera gazı emisyonlarının düşürülmesinde ve iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol üstlenmektedir (Panwar vd., 2011). Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynakları hem sürdürülebilir enerji arzının sağlanması hem de çevresel kalitenin korunması açısından stratejik bir öneme sahiptir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları sadece çevresel kaliteyi iyileştirmekle kalmamakta, aynı zamanda toplum sağlığının korunmasına da katkı sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaşması, karbon emisyonlarının azaltılmasına, enerji güvenliğinin güçlendirilmesine ve daha sağlıklı yaşam koşullarının oluşturulmasına destek olarak sürdürülebilir kalkınmanın temel unsurlarından biri olarak değerlendirilmektedir.

Çevresel bozulmanın göstergesi olarak ampirik çalışmalarda pek çok gösterge kullanılmaktadır. Çevreye hangi etmenlerin zarar verdiği, ortaya çıkan zararın ölçülmesi, çevresel bozulmayı güvenilir bir biçimde yansıtabilecek göstergelerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Çevresel kalitenin belirlenmesinde çalışmalarda genel olarak CO2 emisyonu, ekolojik ayak izi göstergeleri kullanılmaktadır (Duman, 2023). Karbon emisyonları, havada bulunan gazları ölçerken; ekolojik ayak izi göstergesi, bireylerin doğal kaynaklara olan gereksinimi, doğanın biyolojik kapasitesini nasıl karşıladığını göstermektedir. Ayrıca doğanın birey ihtiyaçlarını karşılayabilme giderebilme kapasitesinin de çevresel kalite analizlerinden önemle dikkate alınmasının gerekli olduğu vurgulanmaktadır. Doğanın biyolojik olarak üretken kara ve deniz alanlarını yenileme kapasitesi ise biyokapasite ile ifade edilmektedir. Ekolojik ayak izi verimli araziye ilişkin talebi gösterirken, biyokapasite bu talebi karşılayabilecek arzı temsil etmektedir (Doğan ve Pata, 2022). Bu nedenle, çevresel sürdürülebilirliğin değerlendirilmesinde her iki göstergenin birlikte ele alınması önem taşımaktadır. Bu amaçla geliştirilen Yük Kapasite Faktörü (LCF),biyolojik kapasitenin ekolojik ayak izine oranlanmasıyla ölçülmekte ve

çevresel kaliteyi daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmeye olanak sağlamaktadır (Doğan ve Pata, 2022; Ülger vd., 2025).

Bu kapsamda çalışmada Türkiye için yenilenebilir enerji, sağlık harcamaları, ekonomik büyüme ve yük kapasitesi faktörü ilişkisi 1990-2022 dönemi özelinde incelenmiştir. Çalışmanın bölümleri şu şekilde ilerlemektedir: Giriş bölümünde teorik çerçeve ele alınmış, takip eden bölümde konuya ilişkin daha önceki yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde ampirik analizde kullanılan veri seti ve özellikleri, model ele alınmış, dördüncü bölümde elde edilen bulgular tartışılmıştır. Sonuç ve değerlendirme bölümünde ise, politika önerileri sunulmuştur.

2.Literatür Araştırması

Literatür incelendiğinde genel olarak ÇKE hipotezinin geçerliliğine ilişkin çalışmalar mevcuttur. Ancak son yıllarda, çevresel kaliteyi yalnızca çevresel baskılar açısından değil, aynı zamanda ekolojik kaynakların sürdürülebilirliği yönünden de değerlendirmeye olanak tanıyan Yük Kapasitesi Faktörü (LCF) üzerine yapılan çalışmaların önem kazandığı görülmektedir. İlk olarak Siche vd. (2010) tarafından ortaya konulan ve ampirik olarak ilk kez Pata (2021) tarafından test edilen bu gösterge, çevresel kalitenin arz ve talep boyutlarını birlikte ele alması nedeniyle literatürde giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Çevre ve sağlık harcamaları arasındaki ilişkiye yönelik yapılan çalışmalar, literatürde oldukça yeni bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Çevre kalitesinin bozulması, küresel ısınmadaki artış, sağlıklı bir hayat üzerinde önemli tehlikeler oluşturmaktadır. Bilhassa fosil yakıt tüketiminde meydana gelen artışla beraber karbon emisyonlarının artması çevresel kaliteyi olumsuz etkilemektedir (Abdullah, vd. 2016). Artan hava kirliliği ve sıcaklık artışından dolayı bulaşıcı hastalıkların artması sağlık ve çevre arasındaki etkileşimin incelemesine yol açmıştır (Saida ve Kais 2018; Chaabouni vd., 2016).

Sağlık harcamalarının çevresel kalite üzerindeki etkileyen çalışmalar literatürde oldukça sınırlıdır. Çalışmada çevresel kalite göstergesi olan yük kapasitesi faktörü dikkate alınmakta, sağlık harcamalarının, ekonomik büyümenin ve yenilenebilir enerji tüketiminin etkisi incelenmektedir. Konuya ilişkin çalışmalardan bazıları ise şu şekilde özetlenmektedir:

Jerrett vd. (2003)’in yapmış oldukları çalışmalarında çevresel kalite ve sağlık harcamalarını ilişkilendiren ilk çalışmalardan birisidir. 1979-1888 döneminin ele alındığı çalışmada iki aşamalı regresyon yöntemi kullanılmış ve bulgularda Kanada özelinde çevresel kirliliğin sağlık harcamaları artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Narayan ve Narayan (2008), çalışmalarında ise, 8 OECD ülkesi için 1980-1999 döneminde sağlık harcamaları ve çevresel kalite ilişki panel veri analizi tekniği ile incelenmiştir. Analiz sonucunda, farklı çevresel kalite göstergelerinin sağlık harcamalarını artırdığı elde edilmiştir.

Lü vd.,(2017), 2002-2014 dönemi için 30 Çin eyaleti için panel veri tekniği ile, Çin'de çevresel kalite, ekonomik kalkınma ve sağlık harcamaları arasındaki dinamik ilişkiyi araştırmaktadır. Elde edilen bulgularda çevresel kirliliğin sağlık harcamaları üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu göstermektedir. Apergis vd., (2018), Sahra Altı Afrika ülkelerinde 1995-2011 dönemi için sağlık harcamaları yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonu ilişkisi panel veri tekniği ile incelenmiştir. Analiz sonuçları, yenilenebilir enerji tüketiminden sağlık harcamalarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca sağlık harcamaları ile CO₂ emisyonları arasında karşılıklı etkileşime işaret eden çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Uzun dönem katsayı tahminleri ise yenilenebilir enerji kullanımındaki artışın ve sağlık harcamalarındaki yükselişin karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağladığını göstermektedir. Buna karşılık, reel gayrisafi yurt içi hasıladaki (GSYİH) artışın çevresel baskıları artırarak karbon emisyonlarının yükselmesine neden olduğu belirlenmiştir.

Saida ve Kais (2018), çalışmalarında 1990-2015 dönemini kullanarak sağlık harcamaları ve karbon emisyonu ilişkisini 26 Sahra Altı Afrika ülkeleri için panel veri analizi tekniği ile incelemişlerdir. Elde edilen bulgularda, sağlık harcamalarının karbon emisyonu üzerinde negatif ve anlamsız bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Alola (2018), ABD'de karbon emisyonu, yenilenebilir enerji sağlık ve göç arasındaki etkileşimi 1990-2018 üçer aylık çeyreklik verilerle incelemişlerdir. ARDL sınır testi analizinin kullanıldığı çalışmada, ekonomik büyüme ve göçün karbon emisyonu üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu, yenilenebilir enerji tüketiminin de pozitif bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca bulgularda sağlık harcamalarının karbon emisyonu üzerinde anlamlı bir etki göstermediği de vurgulanmıştır.

Gündüz (2020), çalışmasında ABD için 1970-2016 dönemi veri seti kapsamında sağlık harcamaları ve karbon ayak izi ilişkisi zaman serisi teknikleri yardımıyla incelenmiştir. Sonuçlarda sağlık harcamaları ve karbon ayak izi arasında ters yönlü bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Akbar vd., (2021), 2006-2016 yılları kapsamında 33 OECD ülkesi için sağlık harcamaları, karbon emisyonu ve beşeri sermaye endeksi ilişkisini incelemiş, elde edilen bulgularda sağlık harcamaları ve karbon emisyonu arasında çift yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.

Bu çalışmalardan bir diğeri de Ahmed vd., (2019) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Endonezya için karbon emisyonu ve kentleşme arasındaki ilişki ARDL tekniği kullanılarak incelenmiş ve 1971-2014 döneminde kentleşme ve karbon emisyonu arasında ters -U ilişkinin geçerli olduğu tespit edilmiştir. Pata (2021), çalışmasında ABD ve Japonya’da yenilenebilir enerji ve sağlık harcamalarının yük kapasitesi faktörü üzerindeki etkilerini ARDL tekniği kullanılarak 1982-2016 dönemi için incelemiştir. Ampirik analiz sonucunda sağlık harcamaları ve yenilenebilir enerjinin ABD’de çevresel kaliteyi iyileştirdiği, Japonya’da ise yenilenebilir enerjinin yük kapasitesi faktörü üzerinde anlamlı bir etki göstermediği tespit edilmiştir.

Wang vd., (2019), Pakistan’da sağlık harcamaları ve karbon emisyonu ilişkisi 1995-2017 dönemi verileri kullanılarak ARDL tekniği test edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda sağlık harcamaları ve karbon emisyonu arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu belirlenmiştir.

Fareed vd., (2021), çalışmalarında Endonezya için 1965-5014 dönemi veri seti kapsamında yük kapasitesi faktörünü belirleyen etmenler Fourier tekniği yardımıyla test edilmiştir. Bulgularda yenilenebilir enerji ve ihracat çeşitlendirmesinin çevresel kaliteyi artırdığına yönelik sonuçlar elde edilmiştir.

Pata (2021), ABD ve Japonya için gerçekleştirdiği çalışmasında zaman serisi teknikleri kullanarak yük kapasitesi faktörü, sağlık harcamaları ve yenilenebilir enerji tüketimi ilişkisini 1982-2016 dönemi kapsamında ele almıştır. Bulgularda yenilenebilir enerji ve sağlık harcamalarının ABD’de çevresel kaliteyi artırdığı, Japonya’da yenilenebilir enerjinin yük kapasitesi faktörü üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Shang vd.(2022), çalışmalarında yenilenebilir enerji ve sağlık harcamalarının yük kapasitesi faktörü üzerindeki etkisini Kesitsel Artırılmış ARDL tekniği yardımıyla incelemiştir. 1980-2018 dönemi için yapılan ampirik bulgularda yenilenebilir enerji ve sağlık harcamalarının yük kapasitesi faktörü üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Liu vd., (2022), Güney Kore için yaptıkları çalışmalarında 1990-2018 dönemi için yük kapasitesi faktörünün belirleyicileri ARDL tekniği ile test edilmiştir. ARDL analizi sonucunda, ekonomik gelişme ve yenilenemeyen enerji tüketimi yük kapasitesi faktörünü azaltırken, yeşil enerji ve teknolojik gelişme artırmaktadır.

Zhao vd., (2023), BRICS-T ülkeleri için yük kapasitesi ve ekonomik büyüme ilişkisi CS-ARDL tekniği ile incelenmiştir. 1990-2018 döneminde ekonomik büyümenin yük kapasitesini azalttığı bulgular arasında vurgulanmıştır.

Güneysu (2023), çalışmasında finansal gelişme, sanayileşme ve küreselleşmenin yük kapasitesi faktörü üzerindeki etkisini zaman serisi teknikleri yardımıyla Türkiye için test etmiştir. 1970- 2018 dönemi veri setinin kullanıldığı çalışmada LLC hipotezinin geçerli olduğuna yönelik bulgular elde edilmiştir.

Dai vd. (2023), ASEAN ülkelerinde yük kapasitesini etkileyen etmenleri 1986-2018 dönemi için test etmişlerdir. Bulgularda beşeri sermaye ve yeşil enerjinin çevresel kalite üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu, nüfusun ve ekonomik küreselleşmenin çevresel kalite üzerinde olumsuz etkilerinin olduğunu vurgulanmıştır.

Uçar vd. (2025), ise BRICS ülkelerinde yük kapasitesine etki eden etmeleri farklı değişkenler kullanarak test etmişlerdir. Çalışmada Uygulanabilir Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (FGLS) yöntemi kullanılmıştır. 1993-2022 veri setinin kullanıldığı çalışmada BRICS ülkelerinde LLC hipotezinin geçerli olmadığını, hidroelektrik tüketiminin yük kapasitesi faktörünü artırdığını bulmuşlardır. Ayrıca bulgularda nükleer enerji tüketiminin yük kapasitesi faktörünü azalttığını tespit etmişlerdir.

Ülger vd. (2025), Türkiye’de yük kapasitesi faktörünü belirleyen etmenleri 1990-2020 dönemi için test etmişlerdir. Toda Yamamoto Nedesellik analizinin kullanıldığı çalışmada, kentleşme ve yük kapasitesi faktörü arasında çift yönlü, yenilenebilir enerji ve yük faktörü arasında çift yönlü nedensellik ilişki elde edilmiştir. Ayrıca bulgularda yük kapasitesi faktörü ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığı da vurgulanmıştır.

3. Veri Seti, Model ve Metodoloji

Bu çalışmada, Türkiye’nin 1990-2022 dönemine ait yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve sağlık harcamalarının yük kapasitesi faktörü üzerindeki etkisi Augmented ARDL (A-ARDL) yöntemi ile test edilmiştir. Farklı ekonometrik paket programları kullanılarak değişkenlerin logaritmik formları ile çalışılmıştır. Ekonometrik uygulamada kullanılan model, Apergis vd., (2018); Pata (2021), Shang vd., (2022) çalışmaları referans alınarak oluşturulmuştur.

$$\ln LCF_t = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_t + \beta_2 \ln REN_t + \beta_3 \ln HE_t + \mu_t \quad (1)$$

Modelde yer alan değişkenlerden, $\ln LCF$ yük kapasitesi faktörünü, $\ln GDP$ ekonomik büyümeyi (Kişi Başına Sabit 2015 ABD \$), $\ln REN$ kişi başı yenilenebilir enerji tüketimini, $\ln HE$ kişi başı sağlık harcamalarını, μ_t ise hata terimini temsil etmektedir. Değişkenlere yönelik bilgiler Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2: Veri Açıklamaları ve Kaynakları

Değişkenler	Açıklama	Kaynak/Dönem
lnLCF	Biocapacity/ecological footprint (Kişi Başı in gha)	Global Footprint Network/1990-2022
lnREN	Yenilenebilir Enerji Tüketiminin (Toplam Enerji%)	International Energy Agency/1990-2022
lnGDP	Ekonomik Büyüme (Kişi Başına Sabit 2015 ABD \$)	Dünya Bankası/1990-2022
lnHE	Kişi Başı Toplam Sağlık Harcamaları(ABD \$)	OECD/1990-2022

Çalışmada analiz süreci 3 aşamada yürütülmüştür. Öncelikle, modelde kullanılan değişkenlerin durağanlıklarını tespit etmek için ADF (Dickey & Fuller, 1979) ve Fourier ADF –Birim Kök (Christopoulos ve León-Ledesma, 2010) testleri uygulanmıştır. Fourier tabanlı birim kök testlerinin geleneksel birim kök testlerine göre en önemli avantajı ise, yapısal kırılmaların zamanı, sayısı ya da formu hakkında önceden bilgiye ihtiyaç duyulmamasıdır (Kızılkaya, 2021).

Seriler arasındaki uzun dönem ilişkilerini incelemek için A-ARDL metodu uygulanmıştır. Bu metod, bağımlı değişken de dâhil tüm değişkenler I(0) veya I(1) olmasına olanak tanımaktadır (McNown vd., 2018; Sam vd., 2019; Yilanci vd., 2020). Bu yaklaşım, değişkenler arasındaki uzun dönemli dinamik ilişkilerin daha güvenilir bir şekilde ortaya konmasına imkân sağlamaktadır.

4. Ampirik Bulgular

Araştırmada kullanılan yük kapasitesi faktörü, yenilenebilir enerji, ekonomik büyüme ve sağlık harcamaları değişkenleriyle güvenilir ekonometrik sonuçlara ulaşabilmek için öncelikle serilerin durağanlık özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, değişkenlerin birim kök içerip içermediğini belirlemek üzere literatürde yaygın olarak kullanılan Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testinden yararlanılmıştır. Analizin sağlamlığını artırmak amacıyla ayrıca, yapısal değişimleri ve doğrusal olmayan özellikleri daha etkin biçimde dikkate aldığı kabul edilen Christopoulos ve Leon-Ledesma (2010) tarafından geliştirilen Fourier ADF birim kök testi de uygulanmıştır. ADF ve Fourier ADF testlerinden elde edilen bulgular Tablo 3 ve Tablo4’te sunulmaktadır. Bulgulara göre, FADF kapsamında hesaplanan F testi istatistikleri, tüm değişkenler için %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, serilerde doğrusal olmayan yapıları temsil eden trigonometrik terimlerin modele dahil edilmesinin uygun olduğunu göstermektedir. FADF

birim kök testi sonuçlarına göre bütün değişkenlerin düzeyde birim köklü olduğu belirlenmiştir. Geleneksel ADF testinden elde edilen bulgular da bu sonuçları desteklemekte ve ilgili değişkenlerin birinci farklarında durağan oldukları tespit edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, her iki birim kök testinden elde edilen sonuçlar serilerin bütünleşme derecelerine ilişkin tutarlı bulgular sunmakta ve Fourier terimlerinin model açısından istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3: Christopoulos ve León-Ledesma (2010) Fourier ADF Sabit Terimli Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	MiN.SRR	k	FADF test İstatistiği	F istatistiği
lnLCF	0.537	1	-1.728	20.687
lnGDP	1.334	1	-0.663	22.373
lnREN	0.692	1	-1.736	31.408
lnHE	7.809	1	-0.260	18.522

Not: Araştırmanın T=32 gözlem sayısı dikkate alınarak %5 anlamlılık düzeyinde 1, 2, 3, 4 ve 5 frekans sayısı için kritik değerler sırasıyla -3.85, -3.28, -3.06, -2.93 ve -2.90 şeklindedir. Trigonometrik terimlerin anlamlılığını test etmek için kullanılacak kritik değer ise %5 anlamlılık düzeyinde 4.929 şeklindedir.

Tablo 4. ADF Birim Kök Testi Sonuçları

ADF	Seviye		1.Fark	
	t-ist.	%5 kritik değer	t-ist.	%5 kritik değer
lnLCF	-1.133	-2.957	-7.775	-2.957
lnGDP	-0.662	-2.957	-5.688	-2.957
lnREN	-1.595	-2.957	-6.679	-2.957
lnHE	-1.288	-2.957	-4.545	-2.957

*Not: *, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir.*

Serilerin durağanlık özellikleri belirlendikten sonra, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını test etmek amacıyla A-ARDL yöntemi uygulanmıştır. A-ARDL yöntemi, geleneksel ARDLye göre daha güncel bir teknik olduğundan ekonometrik çalışmalarda son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. A-ARDL modeline ilişkin tahmin sonuçları Tablo 5'te sunulmaktadır.

Tablo 5. A-ARDL Sınır Testi Sonuçları

Testler	Hesaplanan Değer	Alt Sınır	Üst Sınır
F_{Overall}	4.76	3.23	4.35
t_{dv}	-4.22	-2.86	-3.78
F_{IDV}	6.14	2.93	5.05

A-ARDL bulguları, farklı gecikme uzunlukları ve frekanslar için çeşitli test istatistiklerini ve kritik değerleri göstermektedir. Tablo 5’te F_{overall} test istatistiği 4.76 olup, %5 anlamlılık düzeyinde kritik değerlerin üzerinde olduğu için anlamlıdır. t_{DV} test istatistiği -4.22 olup, yine %5 anlamlılık düzeyinde kritik değerlerin üzerindedir ve anlamlıdır. F_{IDV} test istatistiği ise 6.14 olup, %5 anlamlılık düzeyinde kritik değerlerin üzerindedir ve anlamlıdır. Bu bulgular, modelin genel olarak güçlü ve anlamlı olduğunu göstermektedir. Tüm bulgular birlikte değerlendirildiğinde, seriler arasında anlamlı bir eş bütünlüşme ilişkisinin varlığına dair kanıtlar elde edilmiştir.

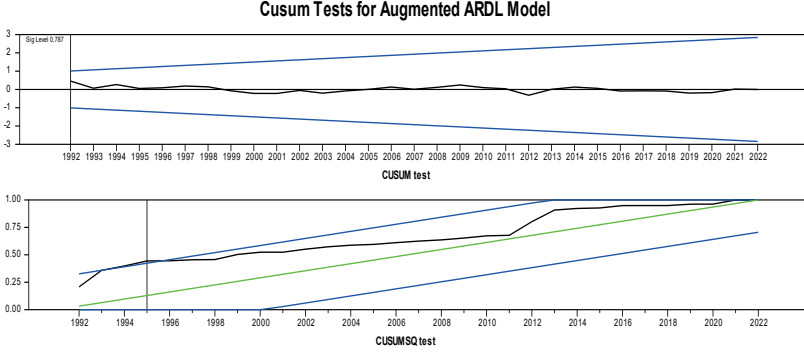
Tablo 6’da sunulan tanısal testler, modelin geçerliliğini ve güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır.

Tablo 6. Tanısal Testler

Tanısal Testler	t-ist.	Olasılık Değeri
JB	0.463	0.793
BG-LM	2.133	0.145
BPG	0.266	0.970
RR	1.534	0.140
Cusum: İstikrarlı		CusumSq: İstikrarlı

Not: AIC bilgi kriterine göre gecikme uzunluğu belirlenmiştir.

Şekil1’de Cusum e Cusumq testleri gösterilmektedir. Test bulguları %5 anlamlılık seviyesinde modeli durağanlığını test eden sınırları geçmediğini, katsayıların ele alınan dönemde istikrarlı olduğunu kanıtlamaktadır.



Şekil 1: Cusum ve Cusumq Test Sonuçları

Tablo 7. A-ARDL Uzun Dönem Katsayı Sonuçları

<i>Model: $\ln LCF = f(\ln REN, \ln GDP, \ln HE)$</i>			
Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	Olasılık Değeri
lnREN	0.353	0.102	0.002***
lnGDP	-0.241	0.076	0.000***
lnHE	0.094	0.040	0.003**
C	0.306	0.605	0.011**

*Not: ***, ** %1 ve %5 anlamlılık düzeyini gösterir.*

Tablo 7’de yer alan uzun dönem katsayı bulgularında, lnREN, lnGDP, lnHE’nin ve lnLCF üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. lnREN’de meydana gelen %1’lik bir artış lnLCF’yi %0.35 oranında artırırken, lnHE’de meydana gelen %1’lik bir artış ise lnLCF’yi %0.09 oranında artırmaktadır. lnGDP’de meydana gelen %1’lik bir artış ise lnLCF’yi %0.24 oranında azaltmaktadır.

Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada Türkiye’de yenilenebilir enerji, sağlık harcamaları, ekonomik büyüme ve yük kapasitesi faktörü arasındaki ilişki 1990-2022 dönemi kapsamında incelenmiştir. A-ARDL tekniğinin kullanıldığı çalışmada değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu elde edilmiştir. A-ARDL katsayı tahmin bulgularında ise, yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve sağlık harcamalarının yük kapasitesi faktörü üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Yenilenebilir enerji tüketimi ve sağlık harcamalarının

yük kapasitesi faktörü üzerindeki etkisi pozitif, ekonomik büyümenin yük kapasitesi faktörü üzerindeki etkisi ise negatif olarak elde edilmiştir. Bu bulgular literatürde yer alan çalışmalarla (Alola, 2018;Gündüz, 2020; Pata 2021) paralellik göstermektedir.

Elde edilen bu bulgular doğrultusunda şu öneriler geliştirilebilir; yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılmasına yönelik teşvik mekanizmaları güçlendirilmeli ve enerji üretiminde fosil yakıtların payının azaltılmasına yönelik uzun vadeli stratejiler uygulanabilir. Sağlık harcamalarının yük kapasitesi faktörü üzerindeki olumlu etkisi dikkate alındığında, sağlık politikalarının yalnızca tedavi edici hizmetlere değil, çevresel risklerin önlenmesine yönelik koruyucu sağlık uygulamalarına da odaklanması gerekmektedir. Hava kirliliği, iklim değişikliği ve çevresel bozulmanın neden olduğu sağlık sorunlarının azaltılması amacıyla çevre ve sağlık politikalarının bütünleşik bir yaklaşımla yürütülmesi önem taşımaktadır. Ekonomik büyümenin çevresel kalite üzerindeki olumsuz etkisinin azaltılabilmesi için ise büyüme stratejilerinin kaynak verimliliği, temiz üretim teknolojileri ve yeşil dönüşüm ilkeleri doğrultusunda yeniden şekillendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, karbon yoğun sektörlerde temiz teknolojilerin kullanımının teşvik edilmesi, enerji verimliliği yatırımlarının artırılması önerilebilir.

Sürdürülebilir büyüme ve kalkınma amaçlarına ulaşabilmek için, çevre, enerji, sağlık ve ekonomik büyüme gibi sektör politikalarının ayrı bir şekilde değil, bütüncül bir şekilde ele alınması gerekmektedir. Çünkü bu sayede hem ekonomik refah artabilir, sürdürülebilir bir kalkınma sağlanabilir hem de gelecek kuşaklar için daha yaşanabilir bir çevre mümkün olabilir.

Son olarak gelecek araştırmalar, çevresel kalite, yenilenebilir enerji, sağlık harcamaları, ekonomik büyüme arasındaki etkileşim, farklı gelir grupları, bölgesel düzeyler ve sektörler açısından daha ayrıntılı olarak incelenebilir ve politika önerileri geliştirilebilir.

Kaynakça

- Abdullah, H., Azam, M. & Zakariya, S. K. (2016). The Impact of Environmental Quality on Public Health Expenditure in Malaysia, *Asia Pacific Journal Of Advanced Business and Social Studies*, 2(2), 365-379.
- Ahmed, Z., Wang, Z., & Ali, S. (2019). Investigating The Non-Linear Relationship between Urbanization and CO2 Emissions: An Empirical Analysis. *Air Qual Atmos Heal* 12,945–953. <https://doi.org/10.1007/S11869-019-00711-X>
- Akbar, M., Hussain, A., Akbar, A., & Ullah, I. (2021). The Dynamic Association between Healthcare Spending, CO2 Emissions, and Human Development Index in OECD Countries: Evidence From Panel VAR Model. *Environment Development and Sustainability*, 23, 10470–10489.
- Alola, A.A. (2018). Carbon Emissions and The Trilemma of Trade Policy, Migration Policy And Health Care in The US. *Carbon Manag.* 10(2), 209–218.
- Apergis, N., Jebli, M.B. & Youssef, S.B.(2018). Does Renewable Energy Consumption and Health Expenditures Decrease Carbon Dioxide Emissions? Evidence For Sub-Saharan Africa Countries. *Renew. Energy* 127, 1011–1016 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.05.043>
- Barro, R. (1996). Health and Economic Growth. World Health Organization, 1-47.
- Chaabouni, S., Zghidi, N. & Ben Mbarek, M. (2016). On The Causal Dynamics between CO2 Emissions, Health Expenditures And Economic Growth. *Sustainable Cities And Society*, 22, 184-191. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670716300142>
- Eryer, A. (2024). Sera Gazı Salınımı ve Doğuşta Yaşam Beklentisi İlişkisi: Türkiye İçin ARDL Analizi. *Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (AKSOS)*, 16, 1- 14.
- Dritsaki, M., & Dritsaki, C. (2024). The Relationship Between Health Expenditure, CO2 Emissions, And Economic Growth In G7: Evidence From Heterogeneous Panel Data. *Journal Of The Knowledge Economy*, 15(1), 4886-4911.
- Dai, J., Ahmed, Z., Alvarado, R., & Ahmad, M. (2023). Assessing The Nexus between Human Capital, Green Energy, and Load Capacity Factor: Policymaking For Achieving Sustainable Development Goals. *Gondwana Research*. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.04.009>
- Dağ, M., & Kızılkaya, F. (2021). Türkiye İçin Sağlık Harcamaları, Co2 Emisyonları Ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin İncelenmesi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 19(3), 211-229.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of The Estimators for Autoregressive Time Series With A Unit Root. *Journal of The American Statistical Association*, 74(366a), 427-431.

- Dogan, A., & Pata, U. K. (2022). The Role of ICT, R&D Spending and Renewable Energy Consumption On Environmental Quality: Testing The LCC Hypothesis For G7 Countries. *Journal Of Cleaner Production*, 380, 135038. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135038>
- Duman, E. (2023). Seçilmiş Ekonomik Değişkenlerin Ekolojik Ayak İzine Etkisinin Analizi: BRICS-T Ülkeleri Örneği. *Sosyoekonomi*, 31(58), 277-288.
- Christopoulos, Dimitris K. & Miguel A. León-Ledesma (2010). Testing For Granger (Non-) Causality in A Time-Varying Coefficient VAR Model, *Journal Of Forecasting* 29(4), 436-453.
- Fareed, Z., Salem, S., Adebayo, T. S., Pata, U. K., & Shahzad, F. (2021). Role of Export Diversification and Renewable Energy on The Load Capacity Factor in Indonesia: A Fourier Quantile Causality Approach. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 770152.
- Global Footprint Network. (2025). Ecological Footprint And Biocapacity., From <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of A North American Free Trade Agreement. *National Bureau Of Economic Research Working Paper No. 3914*. <https://doi.org/10.3386/W3914>
- Gunduz, M.: Healthcare Expenditure And Carbon Footprint in The USA: Evidence From Hidden Cointegration Approach. *Eur J. Health Econ.* 21, 801–811 (2020). <https://doi.org/10.1007/S10198-020-01174-Z>
- Güneysu, Y. (2023). Türkiye’de Finansal Gelişme, Küreselleşme ve Sanayileşmenin Yük Kapasite Faktörü Üzerindeki Etkisi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(3), 934-946.
- Khan, M. K., Khan, M. I., & Rehan, M. (2020). The relationship between energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions in Pakistan. *Financial Innovation*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40854-019-0162-0>
- Kızılkaya, F. (2021). Türkiye’de Ekonomik Büyüme ve Kamu Harcamaları İlişkisinin Wagner Yasası Çerçevesinde İncelenmesi: Fourier Yaklaşımı. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 69, 52-63. <https://doi.org/10.51290/dpusbe.843045>
- Liu, X., Olanrewaju, V. O., Agyekum, E. B., El-Naggar, M. F., Alrashed, M. M., & Kamel, S. (2022). Determinants Of Load Capacity Factor In An Emerging Economy: The Role Of Green Energy Consumption and Technological Innovation. *Frontiers In Environmental Science*, 10, 1028161
- Jerrett, M., Eyles, J., Dufournaud, C. & Birch, S. (2003). Environmental Influences on Healthcare Expenditures: An Exploratory Analysis From Ontario, Canada. *Journal Of Epidemiology and Community Health*, 57(5), 334-338. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc1732448/pdf/v057p00334.pdf>

- Lu, Z.N., Chen, H., Hao, Y., Wang, J., Song, X., Mok, T.M., (2017). The Dynamic Relationship between Environmental Pollution, Economic Development and Public Health: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 166, 134-147.
- Mcnown, R., Sam, C. Y., & Goh, S. K. (2018). Bootstrapping The Autoregressive Distributed Lag Test For Cointegration, *Applied Economics*, 50(13), 1509–1521.
- Narayan, P. K. & Narayan, S. (2008). Does Environmental Quality Influence Health Expenditures? Empirical Evidence From A Panel of Selected OECD Countries. *Ecological Economics*, 65(2), 367-374. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800907003941>
- Panwar, N. L., Kaushik, S. C., & Kothari, S. (2011). Role of Renewable Energy Sources in Environmental Protection: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1513– 1524. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>
- Pata, U. K. (2021). Do Renewable Energy And Health Expenditures Improve Load Capacity Factor in The Usa And Japan? A New Approach to Environmental Issues. *The European Journal Of Health Economics*, 22(9), 1427-1439.
- Pesaran, H. M., Shin, Y. & Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to The Analysis of Level Relationships, *Journal Of Applied Econometrics*. 16(3), 289 – 326.
- Sam, C. Y., Mcnown, R. & Goh, S. K. (2019). An Augmented Autoregressive Distributed Lag Bounds Test For Cointegration, *Economic Modelling*, 80, 130–141.
- Saida, Z. & Kais, S. (2018). Environmental Pollution, Health Expenditure and Economic Growth And in The Sub-Saharan Africa Countries: Panel ARDL Approach. *Sustainable Cities And Society*, 41, 833-840.
- Siche, R., Pereira, L., Agostinho, F., & Ortega, E. (2010). Convergence of Ecological Footprint And Emergy Analysis As A Sustainability Indicator Of Countries: Peru As Case Study. *Communications in Nonlinear Science And Numerical Simulation*, 15(10), 3182-3192. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2009.10.027>
- Shang, Y., Razzaq, A., Chupradit, S., An, N. B., & Abdul-Samad, Z. (2022). The Role Of Renewable Energy Consumption And Health Expenditures in Improving Load Capacity Factor in ASEAN Countries: Exploring New Paradigm Using Advance Panel Models. *Renewable Energy*, 191, 715-722. <https://Doi.Org/10.1016/J.Renene.2022.04.013>
- Uçar, M., Ülger, M., & Atamer, M. A. (2025). Effects of Economic Growth and Energy Consumptions On Environmental Degradation within The Framework Of LCC Hypothesis in BRICS Countries. *Scientific Annals Of Economics and Business*, 72(1), 1-19. <https://doi.org/10.47743/saeb-2025-0002>

- Ülger, M., Atamer, M.A., & Uçar, M. (2025). Türkiye’de Ekonomik Büyüme, Kentleşme, Yenilenebilir Enerji Tüketimi İle Yük Kapasitesi Faktörü İlişkisi, *Kent Akademisi Dergisi*, 18(4):2142-2158. <https://doi.org/10.35674/kent.1536880>
- Wang, Z., Asghar, M. M., Zaidi, S. A. H. & Wang, B. (2019). Dynamic Linkages among CO2 Emissions, Health Expenditures, and Economic Growth: Empirical Evidence From Pakistan. *Environmental Science And Pollution* 26(15).
- Yahaya, A., Nor, N. M., Habibullah, M. S., Ghani J. A., & Noor, Z. M. (2016). How Relevant is Environmental Quality to Per Capita Health Expenditures? Empirical Evidence from Panel of Developing Countries. *Springer Plus*, 5(925), 1-14.
- Yazdi, S. K., Tahmasebi, Z. & Mastorakis, N. (2014). Public Healthcare Expenditure and Environmental Quality in Iran. *Recent Advances in Applied Economics*, No. 233.
- Yilanci, V., Bozoklu, S., & Gorus, M. S. (2020). Are BRICS countries pollution havens? Evidence from a bootstrap ARDL bounds testing approach with a Fourier function. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102023.
- Zhao, W. X., & Samour, A., & Yi, K., & Al-Faryan, M. A. S. (2023). Do Technological Innovation, Natural Resources and Stock Market Development Promote Environmental Sustainability? Novel Evidence Based on The Load Capacity Factor. *Resources Policy*, 82, 103397.