

## Yenilenebilir Enerji Kullanımında Toplumsal Bilgi Stokunun Rolü\*

Fatma AĞPAK\*\*  
Ömer ÖZÇİÇEK\*\*\*

**Öz:** Bu çalışmada seçilen örneklem kapsamında toplumsal bilgi stokundaki artışın (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji kullanımı üzerindeki etkisi ekonometrik olarak incelenmiştir. Yenilenebilir enerji kullanımının talep yönüyle toplumların genel bilgi düzeyinden, arz yönüyle ise teknik bilgi birikiminden etkilendiği ifade edilmektedir. Bu etkileşimlerin incelenebilmesi amacıyla bu çalışmada toplumsal bilgi stokunun göstergeleri olarak kamu eğitim harcamaları ile kamu ve özel sektör kaynaklı ar-ge harcamaları seçilmiştir. Analiz veri kısıtları çerçevesinde 1998-2014 dönemini ve 43 ülkeyi kapsamaktadır. Tahmin edilen ilişki hakkında daha detaylı bilgi edinebilmek için ayrıca gelişmiş, yükselen ve gelişmekte olan diğer ülkeler ayrımına da gidilmiştir. Uygulamada örneklemin niteliğine uygun olarak sabit etkiler modeli ve statik panel eşik yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar ar-ge harcamalarının, ülkelerin ekonomik gelişmişlik düzeyi fark etmeksizin yenilenebilir enerji kullanımı ile pozitif ilişki içerisinde olduğunu göstermiştir. Diğer yandan eşik modeli kamu eğitim harcamalarının milli gelire oranının % 7,48'i aşması halinde eğitim harcamalarının yenilenebilir enerji kullanımına pozitif yansıtacağını tespit etmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Yenilenebilir Enerji, Bilgi, Eğitim Harcamaları, ARGE, Hansen Statik Panel Eşik Modeli

**Jel Kodu:** I20, Q48, Q42, Q55, C24

## The Role of Knowledge Stock in Renewable Energy Use

**Abstract:** In this paper, the effect of increasing knowledge stock on the use of non-hydro renewable energy is analyzed. The adoption of renewable energy is claimed to be influenced by the level of general knowledge and technological know-how of economies. To test these affects, education expenditures and research&development expenditures are selected as indicators of knowledge stock. The analysis covers the 1998-2014 period and 43 countries. Fixed effect model and panel threshold model is applied in accordance with sample properties. The results show that the research&development spending is positively correlated with the use of renewable energy regardless of the economic development and education expenditure has a threshold effect at 7.48%

**Keywords:** Renewable Energy, Knowledge Stock, Education Expenditure, Research & Development Expenditures, Panel Threshold Model

**Jel Kodu:** I20, Q48, Q42, Q55, C24

\*\* Gaziantep Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep, fatma.agpak@gmail.com

\*\*\* Prof. Dr. Gaziantep Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Gaziantep, ozcicek@gantep.edu.tr

\* Bu makale, Fatma AĞPAK'ın Prof. Dr. Ömer ÖZÇİÇEK danışmanlığında yazmış olduğu doktora tezinden özetlenmiştir

## GİRİŞ

Enerji günümüzde iktisadi gelişmişlik, sanayileşme, kentleşme ve ulusal bağımsızlığın temel taşlarından biri olarak kabul edilmektedir. Sanayi devrimini takiben artan enerji ihtiyacının makul maliyetle, kesintisiz olarak karşılanması ve ekonomilerin enerji darboğazına sokulmaması politika yapıcılar için öncelikli konulardan biri haline gelmiştir. Bu noktada maliyet ve lojistik açıdan avantajlı konumda bulunan fosil yakıtlar ön plana çıkmış ve fosil yakıt tabanlı bir iktisadi yapı oluşmuştur. Dünya geneli birincil enerji arzına bakıldığında Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre 2015 itibariyle % 86 oranı ile fosil yakıtların ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Fosil yakıtları % 7 ile hidroelektrik enerjisinin, % 4.5 ile nükleer enerjinin ve % 3 ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının izlediği gözlenmektedir (IEA, 2006).

Tüm avantajlarına rağmen fosil yakıtların içerdiği negatif çevresel dışsallıklar ve enerji arz güvenliği kaygıları özellikle 90'lardan itibaren ekonomilerin enerji portföylerini yeniden şekillendirmelerine neden olmaktadır. Bu süreçte zararlı sera gazı salımı yapmayan, sürdürülebilir ve yerli olması nedeniyle enerji arz güvenliğine katkıda bulunan yenilenebilir enerji kaynakları en önemli opsiyonlardan biri haline gelmiştir. Yeni nesil olarak tabir edilebilecek (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji sektörünün küresel gelişimi ele alındığında kurulu kapasitenin önemli bölümünün gelişmiş ülkelerde yer aldığı görülmektedir. Yüksek teknoloji ürünü (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişmekte olan ekonomilere yayılımı ise gecikmeli olarak yaşanmaktadır. Bahsedilen asimetric süreç incelendiğinde yenilenebilir enerjinin hem talep hem de arz yönüne ilişkin kısıtlar bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Talep yönüyle ele alındığında, toplumların çevresel bozulmanın boyut ve etkileri hakkında yeterli bilgi sahibi olmadıklarında yahut yeni teknoloji ve fikirlere adapte olabilecek donanıma sahip olmadıklarında görece olarak yüksek maliyetli olan yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına karşı yetersiz kabul söz konusu olabilmektedir. Bu durumda nispeten yüksek maliyetli olan yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının finansmanından kaçınma davranışı gözlenebilmektedir. Bu gibi talep düşürücü etkenlerin bilgi düzeyi yüksek ekonomilerde daha az, bilgi düzeyi düşük toplumlarda daha çok gözlenmesi beklenmektedir.

Arz yönüyle bakıldığında en kritik faktörler icat ve inovasyon yapabilme yetisi ile teknolojik yayılma sürecinin etkin yönetimi olarak özetlenebilir. İcat ve inovasyon yapma kabiliyetine sahip beşeri sermayenin yüksek olduğu ekonomilerde yenilenebilir enerji teknolojilerinin

geliştirilmesi, verimliliğinde artış/maliyetinde düşüş sağlanması, yerli pazar oluşturarak ölçek ekonomileri vasıtasıyla sektörün kendi kendini beslemesi mümkün olabilmektedir. Beşeri sermaye birikiminin yetersiz kaldığı ekonomilerde ise bu yetersizlik yenilenebilir enerji sektörü için her seviyeden bir insan kaynakları problemine dönüşebilmektedir. Bu durumda yaşanan sıkıntı yenilenebilir enerji arzının önündeki temel engellerden biri haline gelebilmektedir. Bu nedenlerle toplumlarda bilgi stoku yükseldikçe yenilenebilir enerji arzının da artacağı görüşü alanyazında genel kabul görmektedir. Fakat bu hipotezi ampirik olarak test eden çalışmaların sayısının yetersizliği dikkati çekicidir. Var olan az sayıdaki çalışmada bu ilişkinin genellikle okullaşma oranları kullanılarak analiz edildiği görülmektedir. Bilindiği kadarıyla doğrudan ARGE harcamaları ve kamu eğitim harcamalarının etkisini ölçen bir başka çalışma bulunmadığı gibi, konuya ilişkin eşik modeli kullanımı açısından da bu çalışma ilk olma özelliği taşımaktadır. Dolayısıyla ilgili literatüre bu açılardan katkıda bulunulması hedeflenmektedir.

Bu amaca yönelik olarak çalışma altı bölüm haline kurgulanmıştır. Takip eden bölümde teorik çerçeve oluşturulmuştur. 3. Bölümde yazın özeti, 4. Bölümde veri ve yöntem hakkında bilgiler verilmiştir. 5. Bölüm bulgu ve tartışmalara, son bölüm ise sonuç ve önerilere ayrılmıştır.

## 1. TEORİK ÇERÇEVE

Yenilenebilir enerji kullanımının belirleyicileri teorik yazında üç ayrı grup içerisinde incelenmektedir: Sosyoekonomik faktörler, politik faktörler ve ülkelere özgü diğer faktörler (Margues vd., 2010, s.6878-6880; Aguirre ve Ibikunle, 2014, s.375; Mehrara vd., 2015, s.98). Politik faktörler jeopolitik riskleri, hükümetlerin konuya dair vizyonunu, ulusal enerji politikalarını, taraf olunan uluslararası antlaşma ve taahhütleri yansıtan faktör grubudur. Sosyoekonomik faktörler ise çok daha geniş bir faktör grubu olup toplumsal tercihlerin ve ekonomik değişkenlerin yenilenebilir enerji kullanımına etkilerini ölçmeye çalışmakta kullanılmaktadır. Bu grupta bilgi stoku, karbon yoğunluğu, iktisadi gelişmişlik, enerji ihtiyacı, enerji portföylerinin yapısı, finansal gelişmişlik, demografik yapı, enerji fiyatları gibi faktörler yer almaktadır. Ünelere özgü diğer faktörler ise ilk iki grupta sınıflandırılmayan yenilenebilir enerji potansiyeli, yenilenebilir enerji kullanımına adanmışlık gibi diğer etkenleri içermektedir.

Bir sosyoekonomik faktör olarak sınıflandırılan bilgi stoku literatürde beşeri sermaye yahut eğitim düzeyi isimleriyle de adlandırılabilir (Zhao vd., 2013; Mehrara vd., 2015). Bilgi stoku veya diğer bir deyişle eğitim düzeyinin 20. yüzyıldan itibaren artan sıklıkla ekonomik büyüme, istihdam düzeyi, adaletsiz gelir dağılımının düzeltilmesi, kişisel gelir seviyesi gibi

konularla pozitif anlamda ilişkilendirildiği görülmektedir. Yenilenebilir enerji kullanımı ile ilişkilendirilmesi ise kısmen daha yakın bir geçmişe, 21. yüzyılın başına işaret etmektedir. İlgili literatür tarandığında yetersiz bilgi stokunun yenilenebilir enerjinin hem arzı hem de talebi üzerinde bir kısıt oluşturduğu; dolayısıyla sektörün gelişimini birden fazla kanaldan etkilediği görülmektedir.

Bilgi düzeyi yüksek bireylerin, riskleri daha erken algılayıp uygun stratejiler geliştirme ve herhangi bir tehdit realize olduğunda zamanında tepki verme olasılığı daha yüksek olarak görülmektedir. Buradan hareketle eğitimin küresel ısınma ve iklim değişikliği risklerini algılama, var olan zafiyetleri giderme ve gerçekleşmiş değişikliklere adapte olma hususunda bir çeşit ön şart olduğu ifade edilmektedir (Lutz vd., 2014, s.1061). Hsu (2016) küresel ısınma karşısı çevre politikalarında eğitimin etkisinin küçümsendiğini, oysa ulusal ve uluslararası politikaların temel taşlarından biri haline gelmesi gerektiğini ifade etmektedir. Yazar, yanlış bir tür beşeri sermaye olarak tanımladığı üretim ve tüketimde fosil yakıt bağımlısı, eğitimsiz toplumların bir çeşit lobi gibi faaliyet gösterdiğini ve yeşil enerji karşısı bir politik ekonomi var ettiklerini iddia etmektedir. Yazarın doğru tür olarak tanımladığı nitelikli bir beşeri sermayeye sahip, bilgi stoku yüksek toplumlarda ise çevresel hassasiyetin yüksek olacağı ve temiz enerji türlerine talebin yüksek olduğu bir politik ekonominin gözleneceği belirtilmektedir. Bilinçlenen toplumlarda oluşan temiz çevre talebinin kamu enerji politikalarına yön vereceği görüşüne bir çok farklı çalışmada vurgu yapıldığını görmek mümkündür (Furchtgott-Roth, 2012; Pfeiffer ve Mulder, 2013; Aguirre ve Ibikunle, 2014; Margues vd., 2010). Ayrıca eğitim ile bilinç düzeyi ve nitelikleri artan beşeri sermayenin, gönüllü olarak yenilenebilir enerji sektöründe faaliyet göstermesi ve sivil toplum kuruluşları/kooperatifler kurması gözlenen diğer faydalar olarak sunulmaktadır (Viardot, 2013). Hsu (2016) tarafından ortaya atılan bir diğer gerekçe ancak bilgi stoku yüksek ekonomilerin yeşil dönüşümün gerektirdiği teknolojik değişime ayak uydurabilecek, icat ve yenilik yapabilecek kapasiteye sahip olabileceğidir. Beşeri sermayenin bu becerileri kazanabilmesinin yolunun ise iyi bir eğitim sürecinden geçip geçmemesine, ARGE faaliyetlerine önem verilip verilmemesine ve ekonomide yapılan eğitim yatırımlarına doğrudan bağlı olduğu değerlendirilmektedir (Mondal vd., 2016, s.1122-1123).

Yenilik yapabilme kabiliyeti, bir diğer deyişle yenilikçilik, yenilenebilir enerji sektörü için oldukça önemlidir. Geniş bir bakış açısıyla yenilik, ARGE faaliyetleri kapsamında açığa çıkan faydalardan olup, günümüzün enerji yoğun yaşam tarzının sürdürülebilirliğinin sigortasıdır.

Atmosfere salınan zararlı sera gazlarının büyük oranda enerji sektörü kaynaklı olması global enerji sisteminde daha çevreci bir dönüşümü zorunlu kılmaktadır ve bu dönüşümün yolu da yeni icat ve yeniliklerden geçmektedir (Newell, 2011, Fischer ve Newell, 2008; Acemoğlu vd., 2012; Johnstone vd., 2010). Görüldüğü üzere yenilenebilir enerji sektörünün ihtiyaç duyduğu teknik bilgi donanımının kazanılması noktasında ARGE faaliyetlerinin ön plana çıkarılmaktadır. ARGE çalışmalarıyla elde edilen bilgi stokunun büyüme literatüründe aynen fiziki sermaye gibi ele alınıp, bilgi sermayesi olarak adlandırıldığı da not edilmelidir (Yeldan, 2012, s.50).

Bilgi stoku ve yenilenebilir enerjinin ilişkilendirildiği bir diğer etkileşim, teknolojik yayılma sürecine olan etkisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin -Çin ve Hindistan gibi ekonomilerin son 10 yıldaki atılımları bir yana bırakılırsa- neredeyse tamamen gelişmiş ülkeler kaynaklı olduğu görülmektedir. Bu durumda altında gelişmiş ekonomilerin ARGE sürecinde ihtiyaç olan nitelikli işgücüne ve finansmana sahip ülkeler olmalarının yattığı düşünülmektedir (Dechezleprete vd. 2011; Popp vd. 2011). Fakat yenilenebilir enerji teknolojisi geliştiricisi ülke sayısının küresel ölçekte oldukça az olduğu da bilinmektedir. Bu sebeple yenilenebilir enerji arzının küresel büyümesinde teknolojik yayılma sürecinin etkinliği yüksek olarak değerlendirilmektedir. Teknolojik yayılma sürecinin sağlığı da eğitilmiş, bilgi düzeyi yüksek işgücünün varlığına bağlanmaktadır.

## 2. VERİLER

Modelde bağımlı değişken olarak toplam elektrik tüketimi içerisinde (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji kaynaklarının payı (YE) kullanılmıştır. Kullanılan açıklayıcı değişkenler kamu eğitim harcamalarının gayri safi milli hasılaya oranı (EH), kamu ve özel ARGE harcamalarının gayri safi milli hasılaya oranı (ARGE), toplam elektrik tüketimindeki yıllık büyüme (ET), elektrik arzı içerisinde nükleer enerji ve hidroelektriğin payı (HN), enerji ve ısıtma sektörü kaynaklı kişi başı karbondioksit salımı miktarı, metrik ton (CO<sub>2</sub>) şeklindedir. Kullanılan değişkenlere ait özet bilgiler Tablo 1.'de sunulmuştur.

Örnekleme 43 ülkenin 1998-2014 dönemi yıllık verilerinden oluşmaktadır. Zaman ve yatay kesit boyutu veri bulunabilirliğine göre belirlenmiştir. Eksik gözlemler nedeniyle panel dengesiz panel olarak oluşturulmuştur. Veriler literatürde sıklıkla başvurulduğu görülen Dünya Bankası ve British Petroleum veri bankalarından yararlanılarak elde edilmiştir. YE değişkeni British Petroleum veri bankasında yer alan yenilenebilir enerji tüketim miktarı ve toplam elektrik tüketimi verilerinden türetilmiştir. HN değişkeni British Petroleum veri bankasında yer alan

hidroelektriğin payı ve nükleer enerjinin payı verilerinden türetilmiştir. CO<sub>2</sub> değişkeni Dünya Bankası veri bankasında bulunan kişi başı karbon salımı miktarı ve karbon elektrik ve ısınma sektörünün payı verilerinden elde edilmiştir. Önceki literatürü takiben potansiyel içsellik sorunundan kaçınmak ve enerji kararlarının alınması ile yatırımların hayata geçmesi arasındaki süreyi dikkate almak adına CO<sub>2</sub> ve HN değişkenleri üç gecikme ile modele eklenmiştir.\* Benzer yaklaşımın Popp vd. (2011: 650), Zhao vd. (2013: 889)'te de uygulandığı görülmektedir.

**Tablo 1.** Model III'de Kullanılan Değişkenlere Ait Özet İstatistikler

Değişken	Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sapma	Min	Max
YE	731	0,0481	0,0679	0,0000	0,5673
EH	656	4,9166	1,1938	2,3256	8,6180
ARGE	629	1,4332	1,0399	0,0476	4,4074
ET	731	0,0199	0,0614	-0,6257	0,2899
HN	731	38,2240	30,5391	0,0228	99,5137
CO <sub>2</sub>	731	319,7298	233,5778	183,6692	1149,7380

\*Tablodaki HN ve CO<sub>2</sub> için verilen değerler 3 gecikmeli değerlerdir.

Örnekleme oluşturan ve aşağıda sıralanan ülkeler incelendiğinde farklı ekonomik gelişmişlik seviyelerinde buldukları görülmektedir. Yapılan analizde bu farklılıkları dikkate alabilen daha homojen gruplar oluşturulması uygun görülmüştür. Bu amaçla örneklem, Birleşmiş Milletler'in ülke sınıflaması uyarınca öncelikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Devamında, yenilenebilir enerji kullanımının temel belirleyicilerinden biri olarak kabul edilen finansal gelişmişliği de dikkate alabilmek için MSCI sınıflaması yardımıyla üçüncü bir grup olarak yükselen ekonomiler sınıfı oluşturulmuştur. Kısacası yapılan sınıflandırmada, ülkelerin kişi başı GSMH'sı ile ülkelerin yatırım yapılabilirliğini ve finansal istikrarını yansıtan birden fazla finansal göstergenin bileşimi olan bir endeksten yararlanıldığı söylenebilir. Böylece gelişmiş ekonomiler sınıfı ABD, Avusturya, Avustralya, Belçika, Birleşik Krallık, Danimarka, Kanada, Finlandiya, Fransa, Güney Kore, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsrail, İsviçre, İsveç, İtalya, Japonya, Norveç, Portekiz ve Yeni Zelanda şeklinde oluşturulmuştur. Yükselen ekonomiler sınıfı ise Brezilya, Çek Cumhuriyeti, Endonezya, Filipinler, G. Afrika, Hindistan, Kolombiya, Macaristan, Malezya, Meksika, Peru, Polonya, Şile ve Tayland'dan oluşmaktadır. Arjantin, Belarus, Bulgaristan, Litvanya, İran, Romanya,

\* Bu değişkenlerin modele tek ya da 2 gecikme ile eklenmesi halinde de Tablo 3. ve Tablo 5. de sunulan sonuçların işaret ve istatistiki anlamlılıklarının değişmediği görülmüştür.

Slovakya ve Ukrayna da diğer gelişmekte olan ekonomiler grubunu oluşturmaktadır.

### 3. YÖNTEM

Panelin dengesiz panel olması nedeniyle tahmin aşamasında yatay kesit başına kullanılabilir ortalama gözlem sayısı azalmakta ve ortalama süre 10-13 yıla düşmektedir. Bu durum tahminde statik panel veri yöntemlerinden yararlanılmasına olanak vermektedir. Ayrıca bağımlı değişkenin aşırı 0 değer sorununa maruz kalmadığı da değerlendirilmiştir. Dolayısıyla örneklemin niteliklerine uygun olarak ilk aşamada birim etkili sabit etkiler tahmincisi tercih edilmiştir. Sonrasında sabit etkiler modelinden elde edilen bulgular ve grafiksel gözlemlere dayanarak kamu eğitim harcamaları için bir eşik bulunduğu şüphelenilerek statik panel eşik yöntemi uygulanmıştır.

#### 3.2. Statik Panel Sabit Etkiler Tahmincisi

Kısa panellerde iyi sonuç veren ve yaygın olarak kullanılan statik panel veri tahmincileri havuzlanmış en küçük kareler tahmincisi, rassal etkiler tahmincisi ve sabit birim etkiler tahmincileridir. Bu tahmincilerden hangisinin örneklemin niteliğine en uygun olduğu istatistiksel testler yardımıyla değerlendirilmiştir, bkz. Tablo 2. Kullanılan testler Breusch ve Pagan (1980), Hausman (1978), Baltagi ve Wu (1999), Pesaran (2004) ve Wooldridge (2002, s. 176-178) testleridir.

**Tablo 2.** Ön Tanımlama Testleri

Test	Test İstatistiği	P-value
Havuzlanmış EKK Tahmincisinin Testi	1522,64	0,0000
Rassal Etkiler Tahmincisinin Testi	37,74	0,0000
Değişen Varyans Testi	3772,33	0,0000
Otokorelasyon Testi	0,8621	
Yatay Kesit Bağımsızlığı Testi	3,062	0,0022

Tablo 2.'de verilen sonuçlar değişen varyans, otokorelasyon, birimlerarası korelasyon ve sabit etkilerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle bu durumlara karşı dirençli olan yatay kesit birim etkili sabit etkili Driscoll-Kraay tahmincisinin kullanılması uygun görülmüştür. Zamansal etkileri yakalamak için trend değişkeni kullanıldığı için ayrıca her yıl için bir kukla değişken kullanılmamıştır. Grafiksel incelemelerin ardından ana panele ve gelişmiş ülkeler paneline 1998'den başlayan karesel trend değişkenleri eklenmiştir. Gelişmekte

olan diğer ekonomiler ve yükselen ekonomiler panellerine ise 2005'den başlayan karesel trend değişkenleri eklenmiştir.

Ana panel için oluşturulan model aşağıdaki gibidir:

$$YE_{it} = \beta_0 + \beta_1 EH_{it} + \beta_2 ARGE_{it} + \beta_3 ET_{it} + \beta_4 HN_{it-3} + \beta_5 CO_{2\ it-3} + \mu_i + t^2 + u_{it} \quad (1)$$

Yerdelen (2013) Driscoll-Kraay tahmincisinin çalışma prensibini aşağıdaki gibi özetlemektedir.

$$Y_{it} = X_{it}\beta + u_{it} \quad (2)$$

Eşitlik 2.'deki gibi kurulan bir panel veri modelinde  $Y_{it}$  bağımlı değişkeni,  $X_{it}$  açıklayıcı değişken vektörünü,  $u_{it}$  hata terimini,  $\beta$  katsayı vektörünü ifade etmektedir. Hata teriminin heteroskedastik, otokorelasyonlu ve birimler arası korelasyonlu olduğu varsayımları altında parametreler havuzlanmış en küçük kareler yöntemi ile tutarlı tahmin edilebilmektedir:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y \quad (3)$$

Parametre tahminlerinin Driscoll-Kraay standart hataları ise, asimptotik kovaryans matrisinin köşegen elemanlarının kare kökleri kullanılarak elde edilmektedir.

$$V(\hat{\beta}) = (X'X)^{-1}\hat{S}_T(X'X)^{-1} \quad (4)$$

$m(T)$  otokorelasyon için gecikme uzunluğunu,  $w(j,m)$  Bartlett ağırlıkları ifade etmek üzere Eşitlik 4.'te kullanılan  $\hat{S}_T$  aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\hat{S}_T = \hat{\Omega}_0 + \sum_{j=1}^{m(T)} w(j,m) \left[ \hat{\Omega}_j + \hat{\Omega}_j' \right] \quad (5)$$

$\hat{\Omega}_j$  matrisi ise şu şekilde elde edilebilmektedir:

$$\hat{\Omega}_j = \sum_{t=j+1}^T h_t(\hat{\beta})h_{t-j}(\hat{\beta})' \quad (6)$$

Eşitlik 6.'da  $h_t(\hat{\beta}) = \sum_{i=1}^{N(t)} h_{it}(\hat{\beta})'$  eşitliği söz konusudur. Bu detay Driscoll-Kraay tahmincisinin

dengelessiz panellerde kullanımına imkan vermektedir. Eşitlik 5. ve Eşitlik 6. kullanılarak elde edilen dirençli kovaryans matris tahmincisi, Newey-West dirençli kovaryans matris



tahmincisine denk gelmektedir. Elde edilen tahminler yatay kesit boyutunun büyüklüğüne bağlı olmaksızın,  $N > T$  durumunda da tutarlıdır.

Driscoll-Kraay tahmincisini sabit etkili olarak kullanabilmek için ise öncelikle tüm değişkenlerin grup içi dönüşümden geçirilmeleri gerekmektedir. Bu dönüşüm sonrasında Eşitlik 1-6. arasındaki süreç uygulanarak parametreler tahmin edilmektedir.

### 3.3. Statik Sabit Etkili Panel Eşik Modeli

Uygulanan statik panel eşik modeli Hansen (1999)'a dayanmaktadır. Bu yöntemde içsel olarak belirlenen optimal eşik değeri sayesinde örneklem yüksek değere sahip rejim ve düşük değere sahip rejim olarak ikiye bölünebilmektedir. Bu sayede rejime bağlı değişkenlerin her iki rejimdeki davranış biçimleri ayrı ayrı incelenebilmektedir.

Diğer eşik modellerinde olduğu gibi Hansen (1999) yönteminde de öncelikle hangi değişkenlerin rejime bağlı değişkenler olarak ele alınması gerektiği belirlenmektedir. Bu amaçla eşik modeli uygulayan önceki literatür incelendiğinde çalışmanın konusu açısından daha önemli olduğu düşünülen değişkenlerin bu kapsama alındığı ortaya çıkmaktadır (Hansen, 1999:357; Chang, 2015:39). Bu nedenle bilgi birikiminin yenilenebilir enerji kullanımı üzerine etkisinin araştırıldığı bu analizde eğitim harcamaları değişkeninin, seviyesine (rejimine) bağlı olarak yenilenebilir enerji kullanımını farklı biçimde (yön ve/veya şiddet) etkileyebileceği düşünülen ve bu farklılaşmanın tespitinin çalışmanın amacı açısından önemli olduğuna inanılan değişkenler rejime bağlı değişkenler olarak seçilmiştir. Örneğin teorik literatüre göre kişi başı karbon salım miktarının yenilenebilir enerji kullanımına etkisinin eğitime daha fazla önem veren ülkeler ile daha az önem veren ülkeler arasında farklı olma potansiyeli mevcuttur ( Marques ve Fuinhas, 2011, s.1603; Kardooni vd., 2015, s.1359). Çünkü bir ekonomide artan eğitimle birlikte çevre bilincinin de artması beklentisi genel kabul görmektedir (Lutz vd., 2014, s.1061; Hsu, 2016, s.1). Benzer bir argumanın da elektrik ihtiyacında gözlenen artışlar için geliştirildiği ve literatürde yerini aldığı görülmektedir. Daha eğitilmiş toplumlarda yeni ortaya çıkan enerji ihtiyacının temiz, yenilenebilir enerji çeşitleri ile giderilme eğiliminin kesin olmamakla birlikte daha yüksek olma ihtimalinin bulunduğu ifade edilmektedir (Aguirre ve Ibikunle, 2014, s.376; Mondal vd., 2016, s.1122-1123). Bu sebeplerle bu değişkenler çalışmanın amacına bağlı olarak rejime bağlı değişkenler olarak seçilmiştir. Ar-Ge ve Hn değişkenlerinin ise rejime bağlı değişen bir etkisinin olabileceğini destekleyen bir teorik altyapı

bulunmadığı için rejimden bağımsız ele alınmışlardır. Dolayısıyla Eşitlik 1.'de verilen sabit etkiler modeli aşağıdaki gibi düzenlenerek bir eşik modeline dönüştürülmüştür:

$$YE_{it} = \beta_0 + \beta_1 ARGE_{it} + \beta_2 HN_{it-3} + \beta_3 EH_{it} I(EH_{it-1} \leq \gamma) + \beta_4 EH_{it} I(EH_{it-1} > \gamma) + \beta_5 ET_{it} I(EH_{it-1} \leq \gamma) + \beta_5 ET_{it} I(EH_{it-1} > \gamma) + \beta_5 CO_{2\ it-3} I(EH_{it-1} \leq \gamma) + \beta_6 CO_{2\ it-3} I(EH_{it-1} > \gamma) + t^2 + \mu + u_{it} \quad (7)$$

Eşitlik 7'de  $I(\cdot)$  gösterge fonksiyonunu,  $\gamma$  eşik parametresini göstermektedir.  $\mu_i$  yatay kesit sabit etkileri,  $t_i$  trend değişkenini,  $u_{it}$  hata terimini ifade etmektedir. Yöntem dengeli panel kullanımı gerektirdiği için eksik veriler doğrusal interpolasyon ile tamamlanmıştır.\*

Örnekleme elde edilen optimal eşik parametresi sayesinde belirlenen eşikten yüksek değere sahip rejim ve düşük değere sahip rejim olmak üzere bölünebilmektedir. Yöntem, rejime bağlı olarak tanımlanan değişkenler için rejime bağlı olarak farklı katsayılar üretmektedir. İstatistiki olarak anlamlı optimal eşik parametresinin tespit edilemediği durumda model standart sabit etkiler modeline indirgenmektedir. Birden fazla eşik söz konusu olduğu durumda rejime bağlı değişkenler için ikiden fazla rejim ortaya çıkmaktadır. 2 eşik bulunması halinde modelin karbon salımlarına ilişkin bölümü şu şekilde genişlemektedir:  $\beta_5 CO_{2\ it-3} I(EH_{it-1} \leq \gamma_1) + \beta_6 CO_{2\ it-3} I(\gamma_1 < EH_{it-1} \leq \gamma_2) + \beta_7 CO_{2\ it-3} I(\gamma_2 < EH_{it-1})$ .

Tek eşik durumunda eşik parametresinin anlamlılığı ( $H_0: \beta_1 \neq \beta_2$ ) test edilirken olabilirlik oranı testinden yararlanılmaktadır:

$$F_1(\gamma) = (S_0 - S_1(\hat{\gamma})) / \hat{\sigma}^2 \quad (8)$$

$S_0$  eşik etkisinin olmadığı modelden elde edilen hata kareler toplamını,  $S_1$  eşik etkisinin bulunduğu modelin hata kareler toplamını ifade etmektedir. Fakat  $F_1(\gamma)$  standart dağılmadığı için, ki kare dağılımını baskılaması söz konusu olacaktır. Bu nedenle Hansen (1996)'de önerilen bootstrap metodolojisi kullanılarak sonuca ulaşılmaktadır. Tek eşik istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edildikten sonra sırasıyla 2, 3 ... ayrı eşik varlığı test edilmektedir. İkinci bir eşik varlığının sınanması için kullanılan istatistik aşağıda verilmiştir. Güven aralıkları yine bootstrap ile oluşturularak elde edilen sonuçların tutarlı olması garanti edilmektedir.

$$LR_1(\gamma) = (S_1(\gamma) - S_1(\hat{\gamma})) / \sigma^2 \quad (9)$$

---

\* Eksik gözlemler ülkeler ve yıllar arasında rassal dağılım göstermektedir. Bu nedenle interpolasyon yerine paneli dengeli hale getirmek çok fazla gözlem kaybına neden olacağı ve eşik modelinden elde edilen sonuçların sabit etkiler modelinden elde edilen sonuç ile karşılaştırabilme imkanını ortadan kaldıracığı için tercih edilmemiştir.

Katsayıların tahmin aşamasında modelden birim etkilerin giderilmesi için Eşitlik 7.'yi oluşturan değişkenlerin zaman ortalamaları alınır. Elde edilen fark denklemi üzerinden verili bir  $\gamma$  değeri kullanılarak standart en küçük kareler yardımıyla tahminde bulunulur. Yöntem değişen varyans ve otokorelasyona dirençli tahminde bulunabilme imkanı vermektedir. Detaylar için Hansen (1999)'dan yararlanılabilir.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

43 ülkeli ana panel ve gelişmiş-yükselen-diğer gelişmekte olan ülkeler alt panelleri için sabit etkili Driscoll-Kraay dirençli tahmincisi ile elde edilen parametre tahmin sonuçları Tablo 3.'de sunulmuştur.

Ana panel ve diğer tüm alt paneller için yapılan tahminlerde ARGE harcamaları ile yenilenebilir enerji kullanımı arasında istatistiki olarak anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Alt paneller bazında ele alındığında ARGE harcamalarının pozitif etkisinin en yüksek olduğu grubun yükselen ekonomiler olduğu görülmektedir. Yükselen ekonomileri sırasıyla gelişmekte olan diğer ekonomiler grubu ve gelişmiş ülkeler grubu takip etmektedir. Gelişmekte olan ekonomilerin yenilenebilir enerji teknolojileri açısından önemli oranda gelişmiş ekonomilere bağımlı olmasının bu sonuçta etkili olduğu söylenebilir. Çünkü gelişmiş ülkeler, yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılabilmesi için yeterli zenginlikte insan gücü ve finansal imkana sahip olan ülkelerdir. Dolayısıyla yapılan analizde gelişmiş ekonomiler panelinde yer alan ülkelerde, ARGE harcamalarına ayrılan paydaki artışın etkisi diğer gruplara oranlara daha zayıf gözlenmiştir denilebilir. Buna karşın gelişmekte olan ekonomilerde ARGE faaliyetleri teorik ve pratik iş bilgisinin artırılması, gelişmiş ülkeler kaynaklı yeni teknolojilere adapte olabilme, yerel endüstriler kurabilme, iç pazarı geliştirme, kendi kendine yetebilme vb. açılardan özellikle önem göstermektedir. Bu sebeple belirli bir gelişme dinamiği yakalamış olan yükselen ekonomiler panelinde yer alan ülkelerde yeni gelişen bir sektör olan yenilenebilir enerji endüstrisinin ARGE faaliyetlerinden daha fazla yararlandığı söylenebilir.

**Tablo 3.** Sabit Etkili Driscoll-Kraay Tahmincisi İle Elde Edilen Sonuçlar

	Ana Panel	Gelişmiş Ekonomiler	Yükselen Ekonomiler	Gelişmekte Olan Diğer Ekonomiler
ARGE	0,0557*** [0,0075]	0,0385*** [0,0077]	0,0668*** [0,0076]	0,0396* [0,019]
EH	-0,0034* [0,0019]	0,0035 [0,0038]	-0,0036*** [0,001]	-0,011** [0,0038]
CO <sub>2</sub> <sub>t-3</sub>	-0,0004*** [0,0001]	-0,0004*** [0,0001]	-0,0003*** [0,000]	-0,0003*** [0,0001]
HN <sub>t-3</sub>	-0,002*** [0,0002]	-0,0033*** [0,0006]	-0,0004 [0,0002]	-0,0016*** [0,0003]
ET	-0,0252 [0,0152]	-0,037 [0,0355]	0,0467** [0,0161]	-0,009 [0,0173]
Sabit	0,1678*** [0,0262]	0,2395*** [0,0479]	0,0701*** [0,0195]	0,172*** [0,0394]
t <sup>2</sup> <sub>1998</sub>	0,0002*** [0,000]	0,0003*** [0,000]		
t <sup>2</sup> <sub>2005</sub>			0,0030*** [0,0004]	0,0049*** [0,0004]
R <sup>2</sup>	0,6482	0,727	0,667	0,6554
Toplam Gözlem Sayısı	571	293	167	111

*Parantez içindeki değerler standart hataları ifade etmektedir. \*\*\*, \*\* ve \* işaretleri istatistiki olarak sırasıyla % 1, 5 ve 10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.*

Kamu eğitim harcamaları değişkeninin katsayısı için yapılan tahminler yükselen ekonomiler ve gelişmekte olan diğer ekonomiler alt panelleri ile ana panelde istatistiki olarak anlamlı, negatif yönlü ilişki yakalandığını göstermektedir. Bu sonuçlar, analize konu ülkeler ve zaman bağlamında eğitime yapılan harcamaların çevre bilincinin artmasına ve/veya yenilenebilir enerji teknolojileri odaklı insan sermayesi oluşmasına yardımcı olamamıştır denilebilir. Gelişmiş ülkeler panelinde ise istatistiki olarak anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Fakat katsayı işaretinin pozitif döndüğü görülmektedir. Daha doğru çıkarımlarda bulunabilmek için ülke grupları eğitim harcamalarının milli gelire oranı açısından karşılaştırıldığında, eğitime en fazla kaynak ayıran ülke grubunun -ortalama %5.46 ile- gelişmiş ülkeler olduğu görülmektedir. Bu oran yükselen ülkeler panelinde %4,26 olarak gerçekleşmiştir. Gelişmekte olan diğer ülkeler panelinde %4,45 ve ana panelde ise %4,88'dir. Dolayısıyla örnekleme eğitime harcamalarına yüksek kaynak ayrılması halinde eğitime harcamalarının yenilenebilir enerji kullanımına pozitif

etkileme eğilimi bulunduğu söylenebilir. Bu noktadan hareketle yenilenebilir enerji kullanımı ve eğitim harcamalarının milli gelire oranı arasında bir eşik ilişkisinin varlığı söz konusu olabilir. Bu sebeple analizin devamında Hansen (1999) yöntemiyle bu tür bir eşik ilişkisinin varlığı araştırılmıştır.

Tablo 3.'de verilen sonuçlara göre kişi başı karbondioksit salımı miktarı değişkeninin katsayısı tüm panellerde % 1 anlamlılık düzeyinde negatif olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar Zhao vd. (2013), Mehrara vd. (2015) ile Marques vd. (2010)'un bulguları ile uyumludur. Yapılan tahmine göre analize konu olan ülkelerde zaman içinde artan enerji ihtiyacının daha büyük oranda yenilenemeyen kaynaklarla karşılandığı söylenebilir. Enerji politikası yapıcıların ve çevresel değerleri önememeyen bireylerin farklı saiklerle bu sürece olumlu anlamda müdahil olmadığı söylenebilir.

Elektrik tüketimindeki yıllık büyümeye dair elde edilen sonuçlar incelendiğinde yükselen ekonomilerde elektrik ihtiyacındaki artış hızlandıkça enerji arzındaki yenilenebilir enerji kaynaklarının payının arttığı % 1 anlamlılık seviyesinde doğrulanmıştır. Hızlı büyüme gösteren yükselen ekonomilerin hızlanan enerji ihtiyaçlarını karşılarken enerji arz güvenliği çerçevesinde çeşitliliğe önem verdikleri bilinmektedir. Diğer panellerde ise anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Dolayısıyla bu panellerde yer alan ülkelerde ele alınan zaman diliminde enerji ihtiyacının hızlanması yahut azalmasının enerji portföyündeki yenilenebilir enerji payı üzerinde etkili olmadığı söylenebilir.

Temiz fakat sürdürülebilirliği konusunda sıkıntılı olarak nitelendirilen nükleer ve hidroelektrik enerjilerinin elektrik arzı içerisindeki payı (HN) için elde edilen sonuçlar yükselen ekonomiler paneli haricinde istatistiki olarak % 1 düzeyinde anlamlıdır. İlişkinin yönü beklentilere uygun olarak negatif olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla nükleer ve hidroelektrik gibi zararlı sera gazı salımı yapmayan enerji türlerinin enerji arzındaki payı arttıkça, alınan enerji kararlarında çevresel baskıların şiddetinin azaldığı düşünülebilir. Yükselen ülkeler panelinde ise istatistiki olarak anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Bu panellerde yer alan ülkelerde alınan enerji kararlarında çevresel hassasiyetlerin önemli bir temel teşkil etmediği söylenebilir. Kaynak çeşitliliği, düşük maliyet düzeyinin sağlanması gibi farklı amaçların daha ağır bastığı düşünülebilir. Son olarak bu sonuçların ve yapılan çıkarımların Pfeiffer ve Mulder (2013), Popp vd. (2011), Aguirre ve Ibikunle (2014)'ün elde ettiği bulgular ile aynı doğrultuda olduğu not edilebilir.

Analizin devamında ele alınan örneklem için eğitim harcamaları ve yenilenebilir enerji kullanımı arasında şüphelenildiği gibi bir eşğin varlığı Hansen (1999) sabit etkili panel eşik modeli ile araştırılmıştır. Bu amaçla ilk olarak eşik değeri ve istatistiki olarak anlamlı eşik sayısı belirlenmiştir. Tablo 4.'den görülebilen sonuçlar tek bir eşğin varlığına işaret etmektedir. Tek eşik %1 anlamlılık düzeyinde kabul edilmiştir. Dolayısıyla örnekleme iki ayrı rejimin varlığından söz etme doğru olacaktır: kamu eğitim harcamalarının milli gelire oranı % 7,48'i aştığı takdirde eğitime yüksek önem verilen rejim, diğer durumda eğitime düşük önem verilen rejim söz konusudur. Sonuçlar 5000 bootstrap ile belirlenmiştir.

**Tablo 4.** Eşik Parametrelerinin Anlamlılığı Test Sonuçları

Eşik Sayısı	Eşik Değeri	LR istatistiği	Kritik Değerler		
			% 10	% 5	% 1
Tek Eşik	% 7,48	83.51***	41,76	52,91	81,80
Çift Eşik	% 6,17	7,16	54,98	88,65	157,44

% 1 'de istatistiki anlamlılık tabloda \*\*\* ile ifade edilmiştir.

Tek eşik değerine dayalı tahmin sonuçları Tablo 5.'de sunulmuştur. Standart hatalar hesaplanırken yatay kesitlere göre kümeleme (cluster) yapılmıştır.

**Tablo 5.** Statik Panel Eşik Yöntemiyle Elde Edilen Tahmin Sonuçları

Değişken	Rejim	Katsayı	Std. Hata
ARGE		0,027***	0,004
HN <sub>t-3</sub>		-0,002***	0,00018
CO <sub>2 t-3</sub>	I(EH ≤ $\gamma$ )	-0,00031***	0,00002
	I(EH > $\gamma$ )	-0,00067***	0,00004
ET	I(EH ≤ $\gamma$ )	-0,0512***	0,017
	I(EH > $\gamma$ )	-0,0275	0,052
EH	I(EH ≤ $\gamma$ )	0,0007	0,0017
	I(EH > $\gamma$ )	0,0082***	0,0025
Sabit		0,1829***	0,0356
t <sup>2</sup>		0,00023***	0,00001
R <sup>2</sup>		0,6510	

Parantez içindeki değerler standart hataları ifade etmektedir. \*\*\*, \*\* ve \* işaretleri sırasıyla % 1, % 5 ve % 10 anlamlılık düzeyinde istatistiki anlamlılığı ifade etmektedir.

Eşik modelinden elde edilen sonuçlar, sabit etkiler modeli ardından yapılan öngörülere uygun olarak kamu eğitim harcamalarının milli gelire oranı için istatistiki olarak anlamlı bir eşğin bulunduğunu göstermektedir. Tahmin sonuçlarına göre eğitime yüksek önem verilen rejimde kamu eğitim harcamalarının milli gelire oranı ile (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji kullanımı % 1 anlamlılık düzeyinde pozitif ilişkilidir. Fakat eğitime kamudan düşük kaynak ayrılan rejimde kamu eğitim harcamaları ile (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji kullanımı arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Örnekleme bahsedilen özelliğe sahip Danimarka, İsveç gibi ülkelerin yenilenebilir enerji anlamında uluslararası pazarlara söz sahibi ülkeler oldukları ve yenilenebilir enerji sektörünün gelişiminden çok yönlü faydalandıkları görülmektedir.

Karbon salımı değişkeninin katsayısı her iki rejim içerisinde de (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji kullanımı ile % 1 anlamlılık düzeyinde negatif ilişkili olarak elde edilmiştir. Bu sonuç sabit etkiler modelinden elde edilen sonuçlar ile uyumluluk arz etmektedir. Rejimler için elde edilen katsayılar karşılaştırıldığında eğitime yüksek önem verilen rejimde kişi başı karbon salım miktarı değişkeninin katsayısı mutlak değer olarak eğitime düşük önem veren rejim için elde edilen katsayıdan büyüktür. Bu sonuç Whitmarsh (2009, s.18-19)'dan hareketle hayat standartları yüksek ülkelerde enerji yoğun hayat tarzlarının benimsenmesine bağlanabilir. Bilgi stoku aldığı eğitimin paralelinde artan bireylerin daha yüksek standartlarda, daha enerji yoğun bir hayat tarzı benimsemeleri söz konusu olabilmektedir. Çevresel hassasiyetin gözlenmesine karşılık bu yaşam tarzlarından ödün vermeye gönüllü olmadıkları ifade edilmektedir. Örneğin enerji tasarruflu ürün kullanma veya geri dönüşüme önem verme gibi olguların yüksek olmasına karşın, örneğin özel araç kullanımını azaltma gibi bireysel yaşam biçimlerini doğrudan etkileyen değişiklere karşı çıktıkları ifade edilmektedir. Bu sonuçlar ayrıca Zhao vd. (2013), Mehrara vd. (2015) ile Marques vd. (2010)'nun bulguları ile de uyumludur.

Elektrik tüketiminde yıllık büyüme değişkeni ile (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji kullanımı sadece düşük rejim olarak tabir edebileceğimiz eğitim harcamalarına daha az kaynak ayıran rejimde % 1 anlamlılık düzeyinde negatif ilişkili olarak elde edilmiştir. Eğitime yüksek kaynak ayrılan ülkelerde ise negatif ilişki anlamlılığını yitirmektedir. Düşük rejimde yer alan ülkelerde enerji ihtiyacı hızlandığında bu ihtiyacın daha büyük oranda yenilenemeyen kaynaklardan giderildiği düşünülebilir. Bu sonuca yenilenebilir enerji türlerinin kesikli yapısı

ve yüksek maliyetlerinin neden olduğu söylenebilir. Fakat bu durumun sadece enerji kararlarını kısa dönemli bakış açısıyla alan ülkelerde geçerli olduğunu söylemek doğru olmayacaktır. Çünkü enerji kararlarını stratejik olarak uzun dönemli bakış açısıyla ele alan yüksek rejim ülkelerinde toplam enerji kullanımı da yüksek seyretmektedir. Dolayısıyla bu ülkelerde enerji ihtiyacındaki ani hızlanmalara karşı minimum maliyetli sistem yönetimi isteği ve sistem dengeleme problemlerinden kaçınma gibi reaksiyonlar doğabilmektedir (Elliston vd., 2016; Shrimali vd., 2016; Furchtgott-Roth, 2012). Ancak elde edilen sonuçlar yüksek rejimde yer alan ülkelerde (en azından analizin kapsadığı süreçte) yukarıda bahsettiğimiz eğilimlerin kısılmış olabileceğine işaret etmektedir.

Modelde yer alan ARGE ve diğer temiz enerji türleri olan hidroelektrik ve nükleer enerjinin toplam elektrik arzındaki payını simgeleyen değişkenin katsayı beklentilere uygun olarak sırasıyla pozitif ve negatif olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla sabit etkiler modeli için yapılan yorumlar burada da geçerlidir denilebilir.

## SONUÇ

Bu çalışmada toplumsal bilgi stoku ile (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji kullanımı arasında teorik literatürün öngördüğü biçimde bir ilişki bulunup bulunmadığı, eğer var ise yönünün ne olduğu araştırılmıştır. Teorik literatür özetle, toplumların bilgi seviyesinin ekonomilerdeki yenilenebilir enerji talebi üzerinde ve yenilenebilir enerji arzı üzerinde etkin olduğu iddia edilmektedir. Yüksek teknoloji ürünü olan yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilebildiği ve/ veya etkin şekilde yayılabildiği ekonomilerde arz üzerinde bir kısıtın oluşmayacağı; yerli yenilenebilir endüstrisinin kurulabileceği, ölçek ekonomilerinin ve kendini besleyen iç talebin ortaya çıkabileceği belirtilmektedir. ARGE çalışmalarının önemi bu noktada devreye girmektedir. Diğer yandan bilgi stoku artışı çevre duyarlılığının ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dair sosyal kabulün artmasına, böylece eğitimle artması beklenen kişisel gelirlerin bir kısmının göreceli olarak daha maliyetli olan yenilenebilir enerji kaynaklarına aktarılmasında gönüllü olunmasına yol açacağı ve yenilenebilir enerji talebini artıracığı ifade edilmektedir. Veri kısıtları çerçevesinde 1998-2014 aralığında 43 ülke verisinden yararlanılmıştır. Sabit etkiler modelinden elde edilen sonuçlar (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji kullanımının ekonomilerin hangi iktisadi gelişmişlik seviyesinde olursa olsun ARGE faaliyetlerine daha yüksek bütçe ayrılmasından pozitif olarak etkilendiğini göstermektedir.



Eğitim harcamalarına milli gelirden ayrılan payın, (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji kullanımı üzerindeki etkisini gösteren katsayının ise anlamlı olmamakla birlikte sadece gelişmiş ülkeler panelinde pozitif işaretli olduğu görülmüştür. Bu durum kamu eğitim harcamalarının milli gelire oranı için bir eşğin bulunabileceğine dikkat çekmiştir. Uygulanan sabit etkili panel eşik regresyon yöntemi ile % 1 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bir eşğin bulunduğu doğrulanmıştır. Eşik değeri % 7,48 olarak tespit edilmiştir. Bu eşğin üstünde kalan ülkeler eğitime yüksek önem verilen rejim, eşğin altında kalanlar ise daha az önem verilen rejim olarak adlandırılmışlardır. Eğitime yüksek önem verilen rejimde, kamu eğitim harcamalarının milli gelire oranı ile (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji kullanımı değişkenlerinin % 1 anlamlılık düzeyinde pozitif ilişkili olduğu görülmüştür. Fakat eğitime kamudan düşük kaynak ayrılan rejimde kamu eğitim harcamaları ile (hidroelektrik harici) yenilenebilir enerji kullanımı arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.

Sonuç olarak, ekonomilerin bilgi stokundaki artışın yenilenebilir enerji kullanımını artıracığı sonucuna ulaşılmıştır. Bahsedilen olumlu etkilerin daha çok bu enerji kaynaklarının arzı üzerindeki kısıtları kaldırmak suretiyle gerçekleşeceğini, talep yönüyle ilgili kısıtların ise ancak nitelikli bir eğitimle gerçekleşeceği söylenebilir. Ele alınan konu hakkında daha derin bilgi birikiminin oluşabilmesi için ilerleyen yıllarda daha uzun zamanı kapsayan, daha geniş bir veri seti ile çalışmak uygun olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Fatma AĞPAK'ın TÜBİTAK 2211-A kapsamında desteklenen doktora tezinden alınmıştır. Yazar söz konusu destek için TÜBİTAK'a teşekkür borçludur.

## KAYNAKÇA

- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L., & Hémous, D. (2012). The Environment and Directed Technical Change. *American Economic Review*, 102, 131-166.
- Ackah, I. (2015). On The Relationship Between Energy Consumption, Productivity and Economic Growth: Evidence From Algeria, Ghana, Nigeria and South Africa. *USAEE Working Paper 15-212*, 1-33.
- Ackah, I., & Kizys, R. (2015). Green Growth In Oil Producing African Countries: A Panel Data Analysis of Renewable Energy Demand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1157–1166.
- Aguirre, M., & Ibikunle, G. (2014). Determinants Of Renewable Energy Growth: A Global Sample Analysis. *Energy Policy*, 69, 374-384.

- Baltagi, B., & Wu, P. (1999). Unequally Spaced Panel Data Regressions With AR(1) Disturbances. *Econometric Theory*, 15, 814-823.
- Breusch, T., & Pagan, A. (1980). The Lagrange Multiplier Test and Its Applications To Model Specification In Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Chang, S-C. (2015). Effects of Financial Developments and Income On Energy Consumption. *International Review of Economics ad Finance*, 35, 28-44.
- Çalışkan, Ş., Karabacak, M., & Meçik, O. (2013). Türkiye’de Eğitim-Ekonomik Büyüme İlişkisi: 1923-2011 (Kantitatif Bir Yaklaşım). *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 11(21), 29-48.
- Elliston, B.,; Riesz, J., & MacGill, I. (2016). What Cost For More Renewables? The Incremental Cost Of Renewable Generation: An Australian National Electricity Market Case Study. *Renewable Energy*, 95, 127-139.
- Fischer, C., & Newell, R. (2008). Environmental And Technology Policies For Climate Mitigation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 55(2), 142-162.
- Furchtgott-Roth, D. (2012). The Elusive And Expensive Green Jobs. *Energy Economics*, 34, 43-52.
- Gabriel, C-A, Kirkwood, J., Walton, S., & Rose, E. (2016). How Do Developing Country Constraints Affect Renewable Energy Entrepreneurs?. *Energy For Sustainable Development*, 35, 52-66.
- Hansen, B. (1996). Inference When A Nuisance Parameter Is Not Identified Under The Hypothesis. *Econometrica*, 64, 97-106.
- Hansen, B. (1999). Threshold Effects In Non-Dynamic Panels: Estimation, Testing And Inference. *Journal of Econometrics*, 92, 345-368.
- Hausman, J. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46, 1251 -1271.
- Hsu, S-L. (2016). Capital Transitioning: A Human Capital Strategy for Climate Innovation. FSU College of Law, Public Law Research Paper, 809, 1-24. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2804841##](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2804841##) (07.12.2016)
- IEA. (2006). World Key Energy Statistics 2006. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf> (11.02.2018)
- Johnstone, N., Hai, I., & Popp, D. (2010). Renewable Energy Policies And Technological Innovation: Evidence Based On Patent Counts. *Environmental and Resource Economics*, 45, 133-155.
- Kardooni, R., Binti Yusoff, S., & Binti Kari, F. (2015). Barriers to renewable energy development: Five fuel policy Malaysia. *Energy and Environment*, 26(8), 1353-1361.
- Lutz, W., Muttarak, R., & Striessnig, E. (2014). Universal Education Is Key To Enhanced Climate Adaptation. *Science*, 346 (6213), 1601-1602.
- Margues, A., Fuinhas, J., & Manso, P. (2010). Motivations Driving Renewable Energy in European Countries: A Panel Data Approach. *Energy Policy*, 38, 6877-6885.
- Marques, A.C., & Fuinhas, J.A. (2011). Drivers promoting renewable energy: A dynamic panel approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1601-1608.

- Mehrara, M., Rezaei, S., & Davoud, H. R. (2015). Determinants Of Renewable Energy Consumption Among ECO Countries; Based on Bayesian Model Averaging and Weighted-Average Least Square. *International Letters of Social and Humanistic Sciences*, 54, 96-109.
- Mondal, A.H., Hawila, D., Kennedy, S., and Mezher, T. (2016). The GCC countries RE-readiness: Strengths and gaps for development of renewable energy technologies *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1114–1128 .
- Newell, R. (2011). Chapter 2, *The Energy Innovation System: A Historical Perspective, Accelerating Energy Innovation: Insights from Multiple Sectors*, 25-47. University of Chicago Press for the National Bureau of Economic Research.
- Pesaran, H. (2004). General Diagnostic Tests For Cross Section Dependence in Panels. Working Papers in Economics 435 and CESifo Working Paper Series 1229, Cambridge University, Cambridge.
- Pfeiffer, B., & Mulder, P. (2013). Explaining The Diffusion Of Renewable Energy Technology In Developing Countries. *Energy Economics*, 40, 285-296.
- Popp, D. (2011). International Technology Transfer, Climate Change and The Clean Development Mechanism. *Review of Environmental Economics and Policy*, 5(1), 131-152.
- Shrimali, G., Trivedi, S., Srinivasan, S., Goel, S., & Nelson, D. (2016). Cost-effective Policies For Reaching India's 2022 Renewable Targets. *Renewable Energy*, 93, 255-268.
- Tansel, A. (2009). Türkiyede Okullaşma Oranları ve Eğitimin Getirisi. *Düşün Dergisi*, 14, 25-29.
- Whitmarsh, L. (2009). Behavioural Responses To Climate Change: Asymmetry of Intentions And Impacts. *Journal of Environmental Psychology*, 29, 13-23.
- Wooldridge, J. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT press.
- Viardot, E. (2013). The Role Of Cooperatives In Overcoming The Barriers To Adoption Of Renewable Energy. *Energy Policy*, 63, 756-764.
- Yeldan, E. (2012). Türkiye Ekonomisi İçin Beseri Sermaye ve Bilgi Sermayesi Birikimine Dayalı Bir İçsel Büyüme Modeli. *Ekonomi-Tek*, 1(2), 21-60.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2013). *Panel Veri Ekonometrisi*. Beta Yayınları, II. Baskı. İstanbul.
- Zhao, Y., Tang, K-K, & Wang, L-L. (2013). Do Renewable Energy Policies Promote Renewable Electricity Generation? Evidence From Panel Data. *Energy Policy*, 62, 887-897.