

## TÜRKİYE’NİN ENERJİ SORUNU VE ALTERNATİF ENERJİ KAYNAĞI OLARAK BİYOKÜTLE ENERJİSİ: BİR NEDENSELLİK ANALİZİ<sup>1</sup>

Öğr. Gör. Dr. Mehtap BULUT DENİZ<sup>2</sup>

Öğr. Gör. Mücella BURSAL<sup>3</sup>

Dr. Öğr. Üyesi Şerife GÖÇER<sup>4</sup>

### ÖZET

Her geçen gün artan nüfusa oranla enerji kaynaklarının aynı oranda artmaması Türkiye’de enerji sorununu gündeme getirmiştir ve enerjide dışa bağımlılığı artırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisi, hidrojen enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi olarak sıralanabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olan ülkemiz, dünya ülkelerine kıyasla bu kaynaklardan yeterince faydalanmamaktadır. Bu çalışmada Türkiye’nin GSYH ile Biyokütle, Enerji Tüketimi ve Yenilenebilir Enerji ilişkisi araştırılmaktadır. Bu amaçla Türkiye’nin 1965-2017 dönemlerine ilişkin 53 yıllık veriler dikkate alınarak eş bütünleşme ve nedensellik analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre GSYİH ile diğer değişkenler arasında hem eş bütünleşme hem de nedensellik sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Biyokütle Enerjisi

## TURKEY’S ENERGY PROBLEMS AND ALTERNATIVE ENERGY BIOMASS AS A SOURCE OF ENERGY

### ABSTRACT

Day by day, the increase in the ratio of one to one energy source compared to the growing population in Turkey has brought the issue to the agenda of energy and increased dependence on foreign energy. Renewable energy sources include solar energy, hydrogen energy, wind energy, geothermal energy and biomass energy. Our country, which is rich in renewable energy sources, does not make enough use of these resources compared to countries in the world. In this study, the connection of Turkey’s GDP with Biomass Renewable Energy is investigated. For this purpose, taking into account Turkey’s 53 years of data relating to the period 1965-2017 is co integration and causality analysis. According to the results of the analysis, both co-integration and causality between GDP and other variables were reached.

**Keywords:** Energy, Renewable Energy Sources, Biomass Energy

<sup>1</sup> Bu makale 21-23 Haziran 2019 tarihinde Tokat’ta yapılan 3.Uluslararası Unidokap Karadeniz Sempozyumu’nda sunulan bildirinin gözden geçirilmiş ve genişletilmiş halidir.

<sup>2</sup> İnönü Üniversitesi- mehtap.deniz@inonu.edu.tr

<sup>3</sup> Cumhuriyet Üniversitesi- mbursal7@gmail.com

<sup>4</sup> Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi- serifeangun@cumhuriyet.edu.tr, serifeangun@hotmail.com

## GİRİŞ

Enerji insan hayatının her alanında ihtiyaç duyulan yerine ikamesi sadece kendi aralarında olan iş yapabilme ve ısıyı ortaya çıkarma kaynağıdır. İnsanların yaşamlarını sürdürdüğü ilk çağlardan bugüne olan süreçte küreselleşmenin de etkisiyle insan ihtiyaçlarının artması ve çeşitlenmesi enerji kaynak ve kullanım alanlarında değişimin yaşanmasına sebep olmuştur. Sanayi devrimiyle birlikte enerji hem üretimde hem de tüketimde önemli hale gelmiştir. Sanayileşmenin meydana getirdiği nüfus artışları enerjiye duyulan ihtiyacı daha belirgin hale getirmiştir. Ülkelerin büyümesinde enerji üretimindeki artışlar önemli rol oynamaktadır. Enerji tüketimini ülkeler ya kendi kaynaklarıyla ya da dışarıdan ithal ederek karşılamaktadırlar. Eğer ülke enerji ihtiyacını dışarıdan karşılıyorsa cari açığa neden olarak ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır (Çınar ve Öz, 2017: 41).

Yaklaşık olarak dünyada 7,5 milyar insanın yaşadığını göz önüne aldığımızda artan nüfus ve yaşanan teknolojik gelişmelerin enerji talebini hızla artırdığı görülmektedir. Dünyadaki birincil enerji kaynağı olan fosil yakıt rezervlerinin günden güne azalması enerji alanında çalışmalarının önemli hale gelmesine neden olmuştur. Petrolün 40 yıl, doğalgazın 65 yıl, kömürün ise 150 içerisinde tükeneceği tahmin edilmektedir (Çiftçi ve Eşmen, 2017: 84). Ülkemiz Enerji ihtiyacının yaklaşık olarak % 70'ini dışarıdan ithal etmekte olduğu için enerji fiyatları önem arz etmektedir. Çoğu gelişmekte olan ülkeler gibi Türkiye'de de ekonomik büyüme enerji talebini artırmaktadır. Enerjinin toplam ihracat içerisindeki payının artması cari açığı artıran önemli bir unsurdur. Türkiye'de ve çoğu ülkede alternatif kaynaklara yönelim yeni sayılmaktadır. Ülkemizin Dünya enerji tüketim sıralamasında Dünya'da ilk 20 ülkeden biri olması enerjide dışa bağımlılığı desteklemektedir. Ülkemiz, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengindir, fakat bu zenginliğe rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarından olabildiğince faydalanamamaktadır. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yatırımın yapılması şarttır (Uysal, Yılmaz ve Taş, 2015: 64). Tüm dünya ülkelerinin ve özellikle de gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilir bir kalkınma ve gelişme politikalarının başında enerji politikasını doğru yönlendirmeleri gerekmektedir. Ülkeler enerji politikalarını değerlendirirken uzun vadede erişebileceğimiz, temiz ve güvenilir, teknolojik gelişime ayak uyduran, dışa bağımlılığı azaltacak, ucuz enerji girdisi sağlayacak politikalar üzerinde yoğunlaşmalıdırlar (Eroğlu vd. 2017: 106).

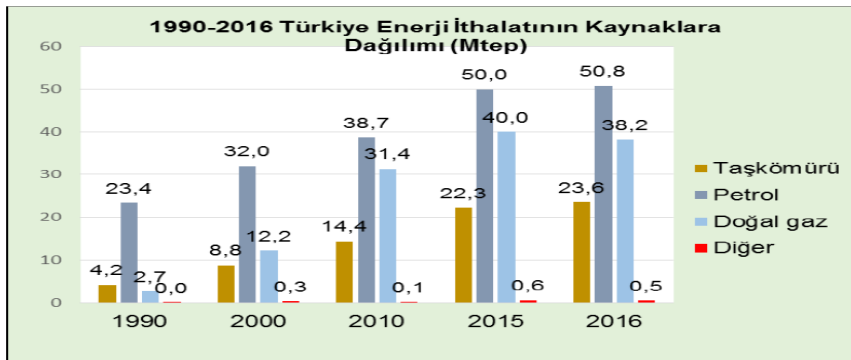
**Tablo 1: Yıllar İtibariyle Enerji Dış Ticareti (Milyon ABD doları)**

Yıllar	Enerji İhracat	Enerji İthalat	Net Enerji Açığı
2000	329	9.541	-9.211
2001	445	8.339	-7.895
2002	692	9.204	-8.512
2003	980	11.575	-10.595
2004	1.429	14.407	-12.978
2005	2.641	21.256	-18.614
2006	3.567	28.859	-25.292
2007	5.148	33.883	-28.735
2008	7.532	48.281	-40.749
2009	3.921	29.905	-25.984
2010	4.469	38.497	-34.028
2011	6.539	54.118	-47.579
2012	7.708	60.117	-52.409
2013	6.725	55.917	-49.193
2014	6.112	54.889	-48.778
2015	4.518	37.843	-33.325
2016	3.211	27.169	-23.958
2017	4.327	37.205	-32.878

**Kaynak:** TCMB, Ödemeler Dengesi İstatistikleri, 2018

Tablo 1’de yıllar itibariyle Türkiye’nin enerji dış ticareti rakamları görülmektedir. Enerji ihracatı 2008 yılına kadar artmakta olup 2008 yılı sonrası küresel finans krizinin etkisiyle 2009 yılında 7.532 milyon dolardan 3.567 dolara düşmüştür. Sonraki yıllar ise tekrar artışa geçmiştir. Enerji ithalat rakamlarına bakıldığında ise 2008 yılına kadar artmış, aynı yıl 48.281 milyon dolara ulaşmış, sonraki 2009 yılında ise bu rakam krizin etkisiyle 29.905 milyon dolara düştüğü görülmektedir. Daha sonraki yıllarda ise enerji ithalat rakamları tekrar artışa geçmiştir. Benzer şekilde net enerji açığının yıllar itibariyle arttığını görmekteyiz.

**Şekil 1: 1990 -2016 Türkiye Enerji İthalatında Kaynakların Dağılımı**



**Kaynak:** Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) / Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) genel enerji denge tabloları ([www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr)).

Şekil 1’de 1990 -2016 yılları arasında Türkiye enerji ithalatında kaynakların dağılım miktarına baktığımızda; 1990 yılından 2016 yılına kadar kaynak kullanım miktarının % 100’den daha fazla miktarda arttığını görmekteyiz. En fazla kullanılan kaynak sırası ile petrol, doğal gaz, taşkömürüdür.

Bilindiği üzere enerji, ülkelerin refah seviyesini artıran bir unsurdur ve ekonomik büyüme ve kalkınmanın en gerekli şartlarından biridir. Bu sebeple, enerjinin temiz, düşük fiyatla, sürdürülebilir ve güvenli bir şekilde temin edilmesi çok önemlidir. Ayrıca enerji, ulusal ve uluslararası düzeyde rekabetin ve cari açıkların ana belirleyicilerinden olması sebebiyle, enerji konusu dünya gündeminde ilk sıralarda bulunmaktadır (Bayrak ve Esen, 2014: 139-140).

## **1. ENERJİ KAYNAKLARI VE ALTERNATİF BİR KAYNAK OLAN BİYOKÜTLE ENERJİSİ**

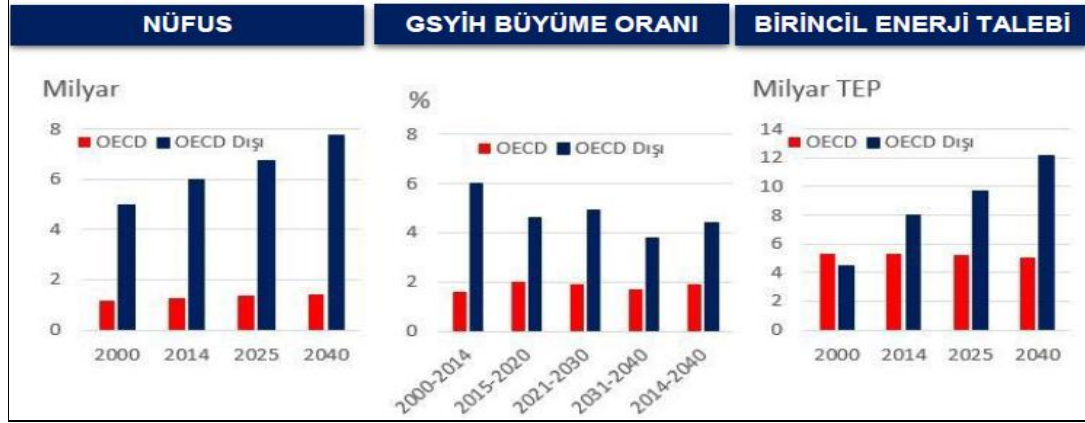
Enerji, geçmişten günümüze ülkelerin gelişmişlik göstergesi olan en önemli gereksinimdir. Tüm toplumun ihtiyacı olan bu gereksinimi yerel ve milli kaynaklarla temin etmek bütün ülkelerin en önemli sorunudur.

Enerji kaynaklarını iki kısımda inceleyebiliriz. Bunlar birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak karşımıza çıkmaktadır. Fosil enerji olarak adlandırılan kömür, petrol ve doğal gaz kaynakları birincil enerji kaynaklarıdır. İkincil enerji kaynakları ise yenilenebilir enerji kaynağı olarak adlandırılan hidroelektrik enerji, biyokütle enerjisi, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji kaynaklarıdır. Birincil enerji kaynaklarının dünyada kıt olmasından dolayı ülkeler son zamanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru yönelmişlerdir (Çınar ve Öz, 2017: 42).

Yaşamımızın sağlıklı bir şekilde devam ettirilebilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına önem vermeliyiz. Küresel ısınma, karbondioksit gazının atmosferde artan oranda birikmesi sonucu meydana gelmektedir. Sıcaklığın artması sonucu dünya iklimi değişmekte, kutuplardaki buzullar erimekte, deniz seviyesi yükselmekte ve bunların sonucu olarak birçok verimli tarım toprakları sular altında kalmaktadır. Fosil yakıtların kullanımının azaltılıp, enerji altyapısını yenilenebilir enerjileri kullanımına uygun hale getirmek, küresel ısı artışını önlemenin ilk şartıdır (Çukurçayır ve Sağır, 2008:258).

Nüfus ve gelir artışı, Dünya birincil enerji tüketimi olarak adlandırılan fosil enerji kullanımının artmasına sebep olan faktörlerin ilk sırasında gelmektedir. Gelişen olan sanayileşme ve şehirleşme ile birlikte nüfus artışının küresel enerji talep miktarını artıracığı düşünülmektedir. Nüfus artışı ile birincil enerji talebi arasındaki ilişki OECD dışındaki ülkeler için aşağıda şekil 2’de verilmiştir.

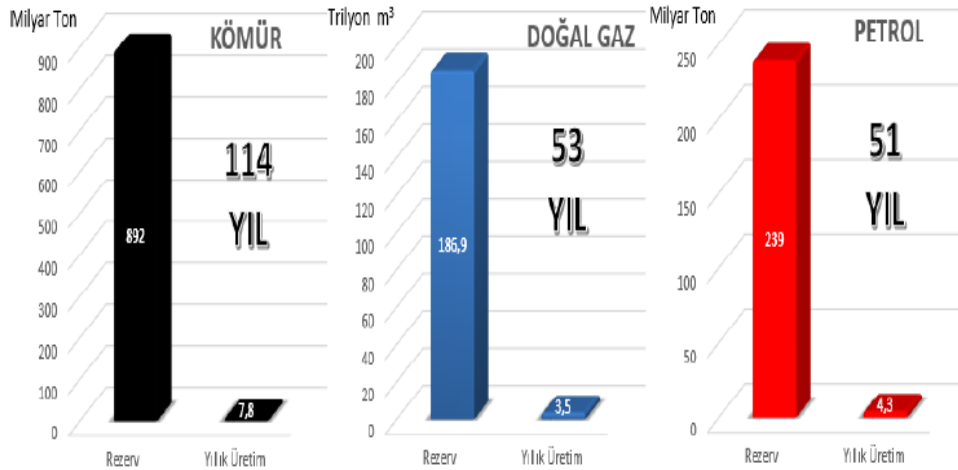
**Şekil 2: Nüfus, GSYİH Büyüme Oranı ve Birincil Enerji Talebi Projeksiyonları**



**Kaynak:** T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii kaynaklar Görünümü, 2017.

Şekil 2'ye göre OECD ülkelerinde hem nüfus oranında ciddi bir artış olmamakla birlikte hem büyüme oranları hem de birincil enerji taleplerinde belirgin bir artış ya da azalış görülmemiştir. Buna rağmen OECD dışında kalan ülkelerde büyüme oranlarında ciddi bir azalış görülmekle birlikte, hem nüfus hem de birincil enerji taleplerinde önemli artışlar görülmektedir. 2040 yılına kadar birincil enerji talebi ihtiyacımızın karşılandığı fosil yakıt kullanımının artacağı ve temel enerji kaynağı olmaya devam edeceği tahmin edilmektedir.

**Şekil 3: Türlerine Göre Fosil Yakıt Rezervlerinin Kalan Ömürleri**



**Kaynak:** T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii kaynaklar Görünümü, 2017

Fosil yakıt rezervlerinin hızla azaldığı, özellikle de petrol ve doğal gaz rezervlerinin kritik seviyelere yaklaştığı Şekil 3'te görülmektedir. Dünyadaki toplam petrol rezervleri yaklaşık 1,7 trilyon varil civarındadır ve bu miktar, yaklaşık 51 yıllık petrol tüketimini karşılamaktadır. 2015 yılı sonunda Dünya doğal gaz rezervi 187 trilyon m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Bu doğal gaz rezerv miktarı küresel üretimi yaklaşık 53 yıl boyunca karşılamaya yetecek miktardadır.

Tüm yakıtlar arasında en yüksek rezerv üretim oranına sahip olan Dünya kömür rezervleri, küresel üretimi 114 yıl boyunca karşılamaya yeterlidir. En fazla yerel rezerve sahip olan ülke Amerika olup, Rusya ve Çin Amerika'dan sonra gelmektedir( T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii kaynaklar Görünümü,2017:5).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyokütle, mevcut bitki veya hayvanlardan elde edilen, biyolojik kökeni fosil olmayan ve yenilenebilir özellik taşıyan her türlü doğal/organik (çürüyebilen) madde kütlesi/kalıntısı olarak tanımlanmaktadır. Biyokütle; 100 yıllık dönemden daha kısa sürede yenilenebilen karada ve suda yetişen bitkileri, orman ve tarım bitkilerini, hayvan atıklarını, otsu ve odunsu enerji bitkilerini, kentlerin, sanayilerin ve belediyelerin organik atıklarını içeren tüm organik maddelere verilen ortak isimdir. Ana bileşenleri karbonhidrat bileşikleri olan biyokütle, değişik fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerden geçirilerek, ticari özelliğe sahip, temel ve belirli özellikleri standartlaştırılmış olan katı, sıvı ve gaz haldeki biyoenerjiye dönüşmektedir. Biyoenerji; metanol, etanol, butanol ve biyodizel olarak sıvı, metan ve hidrojen olarak gaz, odun ve tezek olarak katı ve tribün kazanlarında ve mikrobiyal yakıt hücrelerinde elektrik üretiminde kullanılabilen bir enerjidir (Aksoğan Korkmaz ve Bulut Deniz, 2019:142).

Biyokütle enerjisi, Dünya'ki artan nüfus ve sanayileşme ile her geçen gün artan enerji ihtiyacını çevreye zarar vermeden ve sürdürülebilir bir şekilde sağlayabilen önemli kaynaklardan biridir.. Biyokütle enerjisinin diğer enerji kaynaklarına göre bazı üstün yanları vardır. Bu üstün yanlarından bazıları şöyle sıralanabilir (Kaplukan, 2014:99):

- Birçok yerde yetiştirilebilmesi,
- Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi olarak bilinmesi,
- Her derecede enerji üretmede uygun olması,
- Düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması,
- Depolanabilmesi,
- 5-35° C arasındaki sıcaklığın yeterli olması,
- Sosyoekonomik gelişmelerde önem arz etmesi,
- Herhangi bir çevre kirliliği oluşturmaması, (NOx ve SO2 salınımlarının düşük seviyede olması)
- Sera etkisi oluşumuna diğer enerji kaynaklarına göre daha az sebebiyet vermesi,
- Atmosferde CO2 dengesinin sağlanması,
- Asit yağmurlarına neden olmaması (Kaplukan, 2014:99).

Dünyadaki tüm ülkelerde farklı farklı enerji potansiyelleri olduğu gibi Türkiye'nin de birçok enerji kaynağı bulunmaktadır. Türkiye biyokütle enerjisine sahip olduğu için, Dünya'da ekolojik yapıya sahip ülkelerin içinde bulunmaktadır. Enerji potansiyeli bakımından zengin olan Türkiye, bununla birlikte kendi ürettiği kaynaklar yetersiz olduğu için enerji ihtiyacını dış kaynaklardan temin etmektedir. Başka bir deyişle, Türkiye enerji bakımından dışa bağımlı bir ülke kategorisinde yer almaktadır. Enerji bakımından dışa bağımlı olduğu için de ekonomik performansı düşmekte ve dış ticaret açığı artmaktadır. Bunların haricinde cari açık, işsizlik gibi birçok sorunla da yüzleşmek zorunda kalmaktadır (Ürün ve Soyu, 2006:43).

Türkiye'nin biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1,5-2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir. Toplam 811 MW'lık Kurulu güce sahip biyokütle kaynaklı elektrik üretim santrallerinden, 2018 yılında 3.216 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı).

**Tablo 2: Yenilenebilir Kaynaklı Elektrik Enerjisi Üretiminin Türkiye Toplam Üretimi İçindeki Payının Yıllar İtibariyle Gelişimi (2000-2017) (GWH)**

YIL	HİDROLİK	JEOTERMAL	RÜZGAR	GÜNEŞ	BIYOKÜTLE *	YENİLENEBİLİR ÜRETİM	TÜRKİYE TOPLAM ÜRETİMİ	YENİLENEBİLİR PAYI %	BIYOKÜTLE NİN TOPLAM ÜRETİMDEKİ PAYI %
2000	30.878,5	75,5	33,4		173,9	31.161,3	124.921,6	24,9	0,14
2001	24.009,9	89,6	62,4		187,9	24.349,8	122.724,7	19,8	0,15
2002	33.683,8	104,6	48,0		133,5	33.969,9	129.399,5	26,3	0,10
2003	35.329,5	88,6	61,4		85,6	35.565,1	140.580,5	25,3	0,06
2004	46.083,7	93,2	57,7		83,0	46.317,6	150.698,3	30,7	0,06
2005	39.560,5	94,4	59,0		44,7	39.758,6	161.956,2	24,5	0,03
2006	44.244,2	94,0	126,5		73,1	44.537,8	176.299,8	25,3	0,04
2007	35.850,8	156,0	355,1		109,3	36.471,2	191.558,1	19,0	0,06
2008	33.269,8	162,4	846,5		154,4	34.433,1	198.418,0	17,4	0,08
2009	35.958,4	435,7	1.495,3		263,9	38.153,3	194.812,9	19,6	0,14
2010	51.795,5	668,2	2.916,4		346,5	55.726,6	211.207,7	26,4	0,16
2011	52.338,6	694,4	4.723,9		363,6	58.120,5	229.395,1	25,3	0,16
2012	57.865,0	899,3	5.860,8		608,6	65.233,7	239.496,8	27,2	0,25
2013	59.420,5	1.363,5	7.557,5		893,1	69.234,6	240.154,0	28,8	0,37
2014	40.644,7	2.364,0	8.520,1	17,4	1.094,4	52.640,6	251.962,8	20,9	0,43
2015	67.145,8	3.424,5	11.652,5	194,1	1.262,7	83.679,6	261.783,3	32,0	0,48
2016	67.230,9	4.818,5	15.517,1	1.043,1	1.658,5	90.268,1	274.407,7	32,9	0,60
2017	58.218,5	6.127,5	17.903,8	2.889,3	2.124,0	87.263,0	297.277,5	29,4	0,71

\* Endüstriyel Atık Dahil. **Kaynak:** TEİAŞ

Yenilenebilir kaynaklı elektrik enerjisi üretiminin Türkiye toplam üretimi içindeki payının yıllar itibariyle gelişimi Tablo 2'de verilmiştir. Biyokütlenin Türkiye toplam üretim içindeki payının yıllar içindeki değişimine bakacak olursak son yıllarda yükseldiğini ama hala yüzde bir seviyesine bile gelmediğini görebiliriz. Biyokütle enerjisi; yeşil bitkilerin güneşten aldıkları enerjiyi, fotosentez aracılığı ile kimyasal enerji biçiminde depolamalarıyla oluştuğundan bu yükselişin sebepleri; atıkların kaynağında ayrı toplanmasının gelişmesi ile evsel ve endüstriyel nitelikli atıklardan biyokütle enerjisi elde edilebilecek nitelikteki atıkların ayrı toplanıp değerlendirilmesi, çevresel duyarlılık ve projelerin geliştirilmesi, ülkemizdeki çevre ve enerji politikalarında meydana gelişmeler, yatırımcıya verilen hibe ve destekler olarak sıralanabilir (Aksoğan Korkmaz ve Bulut Deniz, 2019: 145-146).

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde konuyla ilgili olarak yapılmış olan pek çok yerli ve yabancı çalışmalar mevcuttur. Çalışmalar arasından seçilenlerden bazıları kronolojik sıraya göre incelenmiştir.

Jobert ve Karanfil (2007) çalışmalarında Türkiye'de son 40 yılda gelir ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi nedensellik yönünden analiz etmişlerdir. Analiz sonucuna göre Türkiye'de enerji tüketiminden büyümeye doğru tek yönlü bir nedenselliğin varlığı ortaya çıkmıştır. Türkiye'nin enerji kullanımını koruyan politikalara öncelik vermesi halinde uzun vadede ekonomik büyümenin olumlu etkileneceği sonucuna ulaşmışlardır.

Erdal vd. (2008) çalışmalarında Türkiye’de 1970-2006 yılları arasında birincil enerji tüketimi ve GSMH arasındaki ilişkiyi nedensellik analizi ile incelemiştir.

Erdal vd. (2008) çalışmalarında Türkiye’de 1970-2006 yılları arasında birincil enerji tüketimi ve GSMH arasındaki ilişkiyi nedensellik ve eşbütünleşme yönünden incelemiştir. Türkiyede enerji tüketiminden GSMH’ a doğru çift yönlü nedensellik olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ekonomik büyümenin enerji tüketimini artırdığını ifade etmişlerdir.

Çukurçayır ve Sağır (2008), çalışmalarında fosil yakıtlara alternatif olarak kullanılabilir yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmişlerdir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının ortaya çıkardığı fosil yakıtların çevreyi ve insan sağlığını tehdit ettiğini ayrıca bir gün tükeneceğini vurgulamaktadırlar. Buna alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının önemine değinmişler ve bu kaynağın kullanımı ile ilgili birçok öneri sunmuşlardır.

Küleççi (2009) çalışmasında jeotermal enerjinin Türkiye açısından önemine vurgu yapmıştır. Türkiye de jeotermal enerji potansiyelinin dünyadaki ilk 7 ülke arasında olduğunu, bu enerji kaynağının sürdürülebilirliği açısından doğal kaynakları korumanın öneminden bahsetmiştir.

Sadorsky (2009), çalışmasında 1994-2003 yılları arasında 18 gelişmekte olan ülke üzerinde ekonomik büyüme ve enerji kullanımı arasındaki ilişkinin varlığını eşbütünleşme analizi ile incelemiştir. Analiz sonucuna göre kişi başına düşen ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırdığı sonucuna ulaşmıştır.

Karayılmazlar vd. (2011), çalışmalarında artan nüfusun enerji talebine olan ihtiyacından bahsetmişlerdir. Bu artan enerji ihtiyacını karşılamak için alternatif enerjin kaynaklarının kullanımına vurgu yapmışlardır. Çözüm olarakta biyokütle enerji kaynaklarının Türkiye’deki birçok potansiyelleri ele alınmıştır.

Kapluhan (2014), çalışmasında biyokütle enerjisinin çevre ile dost sürdürülebilir enerji olduğunu, kalkınmayı destekleyen yönleri ile tüm dünyadaki bir uygulama alanının arttığını belirtmiş, Dünya’da ve Türkiye’de biyokütlenin enerjisinin üretimini değerlendirmiştir.

Bildirici (2016) çalışmasında, ARDL sınır testi yöntemini ve Granger nedensellik testini kullanarak Avustralya, Belçika, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Japonya, İngiltere, Amerika ülkelerinde (1980-2010 yılları arasındaki) biyokütle enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmıştır. Çalışmada yapılan analizler sonucunda biyokütle enerjisi tüketimi ve ekonomik büyüme arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu ortaya çıkmıştır.

Aslan (2016) çalışmasında, 1961 ve 2011 yılları arasında ARDL sınır testi yöntemini ve Granger nedensellik testini kullanarak ABD’de ekonomik büyüme ile biyokütle enerjisi arasındaki ilişkilerini incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda kısa ve uzun dönemde biyokütle enerjisi tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Analiz sonucuna göre ise, biyokütle enerjisi tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedenselliğin mevcut olduğu ve büyüme hipotezinin geçerli olduğu bulunmuştur.



Çınar ve Öz (2017) çalışmalarında, 1965-2015 dönemi için termik, hidroelektrik ve jeotermal enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde etkili olup olmadığını birim kök testleri, Granger nedensellik testi ve varyans analizi ile araştırmışlardır. Birim kök testleri sonucunda ekonomik büyüme ve hidroelektrik enerji üretimi değişkenlerinin durağan olduğu bulunmuştur. Ancak jeotermal ve hidroelektrik enerji tüketimi serileri durağan dışıdır.

Durmuş ve Naçar Koçer (2017) çalışmalarında Türkiye’de bitkisel yağ kökenli kaynaklardan biyodizel potansiyelini araştırmışlardır ve biyodizel üretiminde kullanılabilecek yağ potansiyelinin oldukça fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Destek ve Aslan (2017) çalışmalarında 1980-2012 yılları arasındaki 17 gelişmekte olan ülke için yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel nedensellik testi ile incelemişlerdir. Analiz sonucuna göre bazı ülkelerde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ekonomik büyüme arasında nedenselliğin varlığına rastlanmıştır.

Aydın (2018) çalışmasında, D-8 ülkeleri için 1980-2013 yılları arasındaki biyokütle enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. Çalışmasında, biyokütle enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ve eş bütünleşme analizi ile serilerin uzun dönemde birlikte hareket edip etmediklerini test etmiştir. Analiz sonucuna göre değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiği sonucuna ulaşmıştır.

### 3. VERİ ANALİZ VE YÖNTEM

Çalışmada Türkiye GSYH ile Biyokütle, Enerji Tüketimi ve Yenilenebilir Enerji ilişkisi araştırılmaktadır. Bu amaçla Türkiye’nin 1965-2017 dönemlerine ilişkin 53 yıllık veriler dikkate alınmıştır. Çalışmanın veri setine ilişkin bilgiler aşağıda yer almaktadır:

Değişken	Veri Kaynağı	
GSYH	WORLD DEVELOPMENT İNDİCATORS	TÜRKİYE
BİYOKÜTLE	BP STATİSTİKAL REVİEW OF WORLD	TÜRKİYE
ENERJİ TÜKETİMİ	WORLD DEVELOPMENT İNDİCATORS	TÜRKİYE
YENİLENEBİLİR ENERJİ	BP STATİSTİKAL REVİEW OF WORLD	TÜRKİYE

Çalışmada serilerin durağanlıkları Fourier ADF birim kök testi ile test edilmiştir. Enders ve Lee (2012) tarafından geliştirilen Fourier ADF testi, trigonometrik işlevleri kullanarak bağımlı değişkenin ortalamasından daha büyük değişiklikleri yakalamak amacıyla ortaya konulmuştur. Bu testin en önemli avantajı yumuşak geçişli olması ve sonsuz sayıda geçici yapısal kırılmaları hesaba katmasıdır.

Çalışmada seriler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı Maki (2012)'nin çoklu yapısal kırılmalı eşbütünleşme testiyle araştırılmıştır. Bu testte temel hipotez değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı, alternatif hipotez ise model tarafından belirlenen miktardaki yapısal kırılmaları hesaba katan bir eşbütünleşme ilişkisinin olduğu yönündedir. Ayrıca Fourier Granger Nedensellik analizi yapılarak değişkenler arasındaki ilişki açıklanmaya çalışılmaktadır.

#### 4. BULGULAR

Analizde, Türkiye GSYH'nin, enerji, yenilenebilir enerji ve biyokütle ilişkisi değerlendirildiğinde tüm verilerin 1965-2017 dönemi için elde edilen bulguları bu bölümde açıklanmaktadır.

Serilerin kırılmalı ve trendli olduğu grafik analizinde anlaşıldıktan sonra, doğrusal olup olmadıkları Harvey Doğrusallık Testi yapılarak test edilmiştir.

**Tablo 3: Harvey Doğrusallık Testi**

	W_lam	W*_10%	W*_5%	W*_1%
GDP	6.88***	8.31	8.34	8.38
ENERGY	1.09***	3.47	3.49	3.51
YENENERGY	3.83***	7.05	7.07	7.11
BIYOKUTLE	12.42***	45.59	45.82	45.24

Harvey ve Leybourne(2007) ve Harvey, Leybourne ve Xiao (2008) çalışmalarında yer alan tablo değerleri ile test istatistikleri karşılaştırılmış, tablo değerlerinden küçük olan istatistik değerlerine sahip serilerin doğrusal olduğu sonucu elde edilmiştir. Doğrusallık Testi'ne göre W-lamda değerleri (2008) çalışmasına göre, W\*\_10% W\*\_5% W\*\_1% değerleri (2007) çalışmasına göre yorumlanmıştır. GAUSS-6 analiz programı ile yapılmıştır.)

Sabitli-trendli modelde ADF ve Philips-Peron test sonuçlarının sunulduğu Tablo'ya göre, ADF test istatistiğinde tüm değişkenlerin birinci dereceden farkı alındığında durağan hale gelmiştir.

**Tablo 4: ADF ve Philips-Peron Birim Kök Testi Sonuçları**

Sabitli ve Trendli	ADF Prob değeri	Sabitli ve Trendli	PP Prob değeri
GDP I0	0.3432	GDP I0	0.2292
GDP I1	0.0000*	GDP I1	0.0000*
ENERGY I0	0.1820	ENERGY I0	0.1820
ENERGY I1	0.0000*	ENERGY I1	0.0000*
YENENERGY I0	0.8885	YENENERGY I0	0.8595
YENENERGY I1	0.0000*	YENENERGY I1	0.0000*
BIYOKUTLE I0	0.7739	BIYOKUTLE I0	0.8346
BIYOKUTLE I1	0.0000*	BIYOKUTLE I1	0.0000*

Ayrıca yumuşak geçişli olması ve sonsuz sayıda geçici yapısal kırılmaları hesaba katması sebebiyle serilerin durağanlıkları Enders ve Lee (2012) tarafından geliştirilen Fourier ADF Birim Kök Testi ile test edilmiştir. Seriler 1. Farklarında durağandır.

**Tablo 5: Fourier ADF Birim Kök Testi Sonuçları**

Düzye Değerleri					Birinci Farkları						
Sabitli ve Trendli					Sabitli ve Trendli						
Değişkenler	f(k)	İstatistik Değeri	Kritik Değerler			Değişkenler	f(k)	İstatistik Değeri	Kritik Değerler		
			%1	%5	%10				%1	%5	%10
GDP	2	-4.0553	-4.69	-4.05	-3.71	GDP	3	-5.0600	-4.45	-3.78	-3.44
ENERGY	5	-3.0043	-4.20	-3.56	-3.22	ENERGY	5	-6.1436	-4.20	-3.56	-3.22
YENENERGY	1	-1.8134	-4.95	-4.35	-4.05	YENENERGY	1	-5.2649	-4.95	-4.35	-4.05
BIYOKUTLE	3	-0.9147	-4.45	-3.78	-3.44	BIYOKUTLE	3	-4.3331	-4.45	-3.78	-3.44

**Tablo 6: Maki (2012) Çoklu Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Testi Sonuçları**

DEĞİŞKENLER	Model	T-	Kritik Değerler			Kırılma Noktaları
			%1	%5	%10	
GSYH&BIYOKUTLE	Model 0	-6.218***	-5.959	-5.426	-5.131	1972/1984/1989/ 2003/2013
	Model 1	-5.525*	-6.193	-5.699	-5.449	1979/1984/ 1991/1999/2008
	Model 2	-7.513***	-6.915	-6.357	-6.057	1982/ 1992/1997/2003/2007
	Model 3	-5.347	-8.004	-7.414	-7.110	1973/1976/1985/2002/2007
GSYH&ENERGY	Model 0	-5.525 **	-5.563	-5.083	-4.784	1972/1996/2001
	Model 1	-6.631***	-6.193	-5.699	-5.449	1983/1992/2004/2008/2014
	Model 2	-6.314*	-6.915	-6.357	-6.057	1985/ 1993/1997/2002/2010
	Model 3	-6.621	-8.004	-7.414	-7.110	1979/2000/2003/2007/2013
GSYH&YENENERGY	Model 0	-5.649***	-5.416	-4.893	-4.610	1997/2004
	Model 1	-4.911	-6.193	-5.699	-5.449	1970/1979/1985/1991/2002
	Model 2	-5.252	-6.596	-6.011	-5.723	1982/1986/1997/2004
	Model 3	-7.312*	-8.004	-7.414	-7.110	1979/1982/1993/ 2003/2011

\*\*\* % 1, \*\*%5, \* %10 düzeyinde eşbütünleşme ilişkisinin varlığını ifade etmektedir.

Maki (2012) Çoklu Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Testinden elde edilen bulgular incelendiğinde, GSYH&Biyokutle (model 0 ve 2, %1 düzeyinde), GSYH&Enerji tüketimi (model 0,1,2 % 5, % 1, %10 düzeyinde), GSYH&YenilenebilirEnerji (model0, 3, %1 ve % 10 düzeyinde) test istatistikleri kritik değerlerden büyük olduğundan eşbütünleşme varlığına rastlanmıştır.

Analizde sabitli ve trendli modeller kullanılması sebebiyle sonuçlara göre, model 3(sabitli ve trendli) sonucuna istinaden GSYH'den Yenilenebilir enerjiye doğru eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu sonucu elde edilmiştir. Kırılma tarihleri 1979, 1982, 1993, 2003, 2011 yıllarıdır. GSYH ve Yenilenebilir Enerji uzun dönemde birlikte hareket ediyor denilebilir.

Yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier Granger Nedensellik Analizi sonuçları Tablo 7'de yer almaktadır.

**Tablo 7: Fourier Granger Nedensellik Analizi**

Nedensellik Yönü	Wald İstatistikleri	Asimptotik p Değerleri	Bootsrap p Değerleri	Nedensellik
GSYH -> BIYOKUTLE	30.654	0.000***	0.000***	✓
BIYOKUTLE -> GSYH	46.787	0.000***	0.000***	✓
GSYH -> ENERJİ	10.301	0.016 **	0.017 **	✓
ENERJİ -> GDP	16.341	0.001***	0.001***	✓
GSYH->YEN.ENERJİ	61.919	0.000***	0.000***	✓
YEN.ENERJİ -> GSYH	85.850	0.000***	0.000***	✓

\*, \*\*, \*\*\* %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Bootsrap p-değeri 1000 deneme ile elde edilmiştir.

Fourier Granger Nedensellik Analizi sonuçlarına göre tüm değişkenler arasında iki yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu görülmüştür. Gsyih’da meydana gelen bir büyüme ülkelerin daha fazla enerji tüketmelerine, daha fazla yenilenebilir enerji kaynaklarına ve bunlar arasında son yıllarda daha fazla dikkat çeken ve önem arz eden biyokütle enerji kullanımına yönelmeleri ve politikalarını bu alana kaydırmalarının sonucu olarak tüm değişkenlerin birbirlerini etkilediğini söyleyebiliriz.

## SONUÇ

Türkiye’nin ve diğer birçok ülkenin petrol ve doğal gaz gibi fosil bazlı enerjide dışa bağımlı konumda olmaları ve bu enerji türünün çevreye verdiği zararlar birlikte fiyatlarında görülen ani dalgalanmalar göz önüne alındığında, alternatif enerji çeşitlerine olan ihtiyaç artmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimler başlamıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyokütle enerjisi, biyolojik olarak parçalanabilen organik maddelerin, mikroorganizmalar tarafından parçalanması sonucu oluşan katı, sıvı ve gaz gibi yan ürünlerin yakıt olarak değerlendirilmesi ile enerjisi üretilmesidir. Genellikle organik içerikli atık ya da artık malzemelerin değerlendirilmesi ile hem atıkların doğru yönetimi sağlanarak çevreye verilen zarar azaltılmış olur, hem de biyoküttele bulunan enerji değerlendirilmiş olur. Biyokütle enerjisi elde edilirken kullanılan hammaddenin organik içerikli atık malzemeler olması, fosil yakıtlara kıyasla çevre kirliliğine sebep olmaması gibi üstün özelliklerinden dolayı önemi her geçen gün artmaktadır. Türkiye’nin enerji açığını ve enerji kullanımında dışa bağımlılığını azaltmak adına yenilenebilir enerji kullanımına ve özel olarak biyokütle enerji kullanımına daha fazla kaynak ayırması ve uygulayacağı politikalarını bu doğrultuda yönlendirmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Türkiye’nin GSYH ile Biyokütle, Enerji Tüketimi ve Yenilenebilir Enerji ilişkisi araştırılmaktadır. Bu amaçla Türkiye’nin 1965-2017 dönemlerine ilişkin 53 yıllık veriler dikkate alınarak eş bütünleşme ve nedensellik analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre GSYİH ile diğer değişkenler arasında hem eş bütünleşme hem de nedensellik sonucuna ulaşılmıştır.

## KAYNAKÇA

- Aksoğan Korkmaz, A., Bulut Deniz, M. (2019), “Sürdürülebilir Temiz Enerji Biyokütle: Enerji Üretimindeki Payı ve Ekonomiye Katkıları”, II. Uluslararası Battalgazi Multidisipliner Çalışmalar Kongresi Tam Metin Kitabı, (1), ss 141-149.
- Aslan, A. (2016), “The Causal Relationship Between Biomass Energy Use and Economic Growth in the United States”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, ss 362– 366.
- Aydın, F.F. (2018), “D-8 Ülkelerinde Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki”, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(3), ss 371-377.

- Bildirici, M. (2016), “Biomass Energy Consumption and Economic Growth: ARDL Analysis”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11 (6), ss 562-568.
- Çınar, M., Öz, R. (2017), “Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkinine Yenilenebilir Enerji Bağlamında Bir Öneri”, *International Journal of Academic Value Studies*, 3 (13), ss 40-54.
- Çiftçi, N., Eşmen, M. (2017), “Türkiye’de Cari Açığı Belirleyen Faktörler ve Cari Açığı Azaltmada Alternatif Enerji Kaynaklarının Rolü: VAR Modeli” , *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 2, ss. 83-110.
- Çukurçayır, M.A., Sağır, H. (2008), “Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*,(20), ss 257-278.
- Destek, M. A., & Aslan, A. (2017). *Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth in Emerging Economies: Evidence From Bootstrap Panel Causality. Renewable Energy*, 111, 757-763.
- Durmuş, B., Naçar Koçer, N. (2017), “Türkiye’de Yetişen Yağlı Tohumlardan Biodizel Üretim Potansiyelinin İncelenmesi, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 7(2/2), ss 45-49.
- Enders, W. ve Lee, J. (2012b). *A Unit Root Test Using a Fourier Series to Approximate Smooth Breaks, Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 74, ss 574–599.
- Erdal, G., Erdal, H., & Esengün, K. (2008). *The Causality Between Energy Consumption and Economic Growth in Turkey. Energy Policy*, 36(10), 3838-3842.
- Eroğlu, İ., Yeter, F., ve Çidem F. (2017), “Cari Açık Sorunu Perspektifinde Türkiye’nin Enerji Açığı Ve Geleceğe İlişkin Öneriler,” *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 7 (13), ss 106-118.
- Esen, Ö. ve Bayrak, M. (2015), “Enerji Açığının Belirleyicilerinin Teorik Perspektiften İncelenmesi”, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), ss 45-61.
- Harvey, D.I, Leybourne, S. J. (2007), *Testing for time series Linearity, Econometrics Journal* (2007), volüme 10, pp. 149-165.
- Harvey, D. I., Leybourne, S. J., & Xiao, B., (2008). *A Powerful Test For Linearity When The Order of Integration is Unknown. Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 12.
- Jobert, T., & Karanfil, F. (2007). *Sectoral Energy Consumption by Source and Economic Growth in Turkey. Energy policy*, 35(11), 5447-5456.
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y. ve Kurt, R. (2011), “Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi”, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (19), ss 63-75.

- Kapluhan, E. (2014), “Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyada’ki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu”, *Marmara Coğrafya Dergisi*, (30), ss 97-125.
- Külekçi, Ö. C. (2009). Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 83-91.
- Maki, D. (2012), “Tests for Cointegration Allowing for an Unknown Number of Breaks”, *Economic Modelling*, 29, pp. 2011–2015.
- Phillips, P.C.B ve Perron, P. (1988), “Testing for a Unit Root in Time Series Regression”, *Biometrika*, 75(2), ss 335 346.
- Sadorsky, P., (2009). Renewable Energy Consumption and Emerging Economies, *Energy Policy*, 37:4021-4028.
- Uysal, D., Yılmaz, K.,Ç., ve Taş, T. (2015), “Enerji İthalatı ve Cari Açık ilişkisi: Türkiye Örneği”, *Muş Alparslan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), ss 63-78.
- Ürün, E., Soyu, E. (2016), “Türkiye’nin Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Bir Değerlendirme”, *Sosyal Bilimler Dergisi ICEBSS Özel Sayısı*, ss 31-45.
- <https://www.teias.gov.tr/tr/iii-elektrik-enerjisi-uretimi-tuketimi-kayıplar-0> (Son erişim tarihi Mart 2019)
- <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle>. (Son erişim tarihi Şubat 2019)
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) / Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) genel enerji denge tabloları([www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr)).
- TCMB, Ödemeler dengesi istatistikleri, 2018