

Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Üretimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonunda Beklenen Değişimler ve Karbon Vergisi Uygulaması

Mustafa ÖZCAN^a, Semra ÖZTÜRK^b

^aŞişli Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Elektrik-Elektronik Alanı
ozcanm2000@yahoo.com

^bKocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü
semra@kocaeli.edu.tr

Özet

Fosil yakıtların elektrik enerjisi üretiminde kullanılması sonucunda oluşan CO₂ emisyonu kullanılan fosil yakıt tipine bağlı olarak değişir. Türkiye'de sera gazı emisyonlarının önemli bölümü fosil yakıtların yanması nedeniyle enerji sektöründen kaynaklanmakta olup elektrik üretimi kaynaklı CO₂ emisyonu enerji sektöründe önemli bir paya sahiptir.

Bu çalışmada Türkiye'nin 2013- 2017 dönemi elektrik enerjisi üretimi kaynaklı CO₂ emisyon değerleri dönem içerisindeki her yıl için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan kaynak tiplerine bağlı elektrik üretim değerleri TEİAŞ tarafından hazırlanan 2013-2017 dönemi Türkiye elektrik enerjisi 5 yıllık üretim kapasite projeksiyonu çalışmasında kullanılan iki farklı senaryoda yer alan değerlerdir. Ayrıca fosil yakıtlı enerji üretim tesislerinin ürettiği enerjiye uygulanacak karbon vergisi ile elde edilecek vergi geliri projeksiyon dönemindeki her yıl için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda; Türkiye'nin elektrik enerjisi kaynaklı CO₂ emisyonunun mevcut politikaların devamı halinde önümüzdeki yıllarda artmaya devam edeceği görülmüştür. Elektrik üretimindeki fosil yakıtlara karbon vergisi uygulanması durumunda elde edilecek gelir, emisyon azaltılmasında kullanılan çözümlerin gerçekleştirilmesinde önemli bir ekonomik kaynak olacaktır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler, enerji ve çevre politikalarının belirlenmesinde, enerji çeşitliliğini artırmakta enerji politika yapıcılara yol gösterici olacaktır.

Anahtar kelimeler: Fosil yakıtlar, sera gazı emisyonu, karbon vergisi, elektrik enerjisi üretimi

1. Giriş

Türkiye gelişmekte olan bir ülke olup nüfusu ve enerji tüketimi hızla artan bir ülkedir. Enerjide büyük oranda dışa bağımlı olan Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminde fosil kaynaklar ilk sırada yer almaktadır. 2013 yılı sonu itibarıyla gerçekleşen üretimin kaynak tiplerine göre üretim değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye elektrik üretiminin kaynak tiplerine göre değerleri [1]

Kaynak	Üretim (GWh)
Kömür	60.870,86
Doğalgaz+LNG	105.329,50
Hidroelektrik	59.272,20
Rüzgar	7.494,05
Yenilenebilir atık + Jeotermal	2.267,62
Diğer-1 (F, Oil+Motorin+Nafta+Asfaltit)	3.907,25
Diğer-2-(Çok yakıtlı Katı+Sıvı+D.gaz)	166,60
Toplam	239.308,07

2013 yılı enerji üretim değerlerine göre; fosil kaynaklı tesislere ait üretim miktarı 170.274,21 GWh olup, yenilenebilir enerji kaynaklı tesislere ait üretim değeri ise 69.033,86 GWh'tir. Toplam elektrik enerjisi üretimi içerisindeki fosil kaynaklı tesislere ait üretim oranı % 71 seviyelerindedir [1].

Fosil yakıtların yakılması sonucu oluşan sera gazı emisyonlarının azaltılmasında kullanılan araçlardan biride karbon vergisi uygulamasıdır. Bu uygulamanın politika olarak benimsenmesi fosil yakıt kaynaklı sera gazı emisyonlarının düşürülmesinde etkili olacaktır [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Karbon vergisi fosil yakıtların içerdiği karbon miktarına göre belirlenen bir özel tüketim vergisi olup emisyonunu düşürülmesi amacıyla kullanılan piyasa temelli bir araçtır [8,9]. Karbon vergisinin

uygulanmasıyla ortaya çıkan olumsuz etkiler; diğer vergi kalemlerinde yapılacak düzenlemeler (indirim ve/veya muafiyet) ve bu vergilerin alınması sonucunda elde edecek mali gelirlerle giderilebilir [8].

Türkiye enerji sektörü toplam sera gazı emisyonlarına en fazla katkı yapan sektördür. Bu sektörde, fosil yakıtların yanması sonucu oluşan CO₂ salınımları yıllar içerisinde hızlı artış göstermiştir. Enerji sektörü içerisinde elektrik enerjisi üretimi kaynaklı emisyonlar %30'lara yakın seviyelerdedir. Elektrik enerjisi üretimi kaynaklı emisyonların enerji kaynağı tipine göre belirlenmesi sera gazı salınımlarının azaltılması amacıyla izlenecek olan enerji politikalarının belirlenmesi anlamında önemlidir. Bu çalışmada Türkiye'nin 2013- 2017 dönemi elektrik enerjisi üretimi kaynaklı CO₂ emisyon değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra, fosil yakıtlı enerji üretim tesislerinin ürettiği enerjiye uygulanacak karbon vergisi ile elde edilecek vergi geliri, projeksiyon dönemindeki her bir yıl için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca fosil yakıtlı enerji üretim tesislerinin ürettiği enerjiye uygulanacak karbon vergisi ile elde edilecek vergi geliri projeksiyondaki her bir yıl için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan kaynak tiplerine bağlı elektrik üretim değerleri Türkiye enerji sistemine ait gerçekleşmesi öngörülen değerlerdir. Bu kapsamda; TEİAŞ tarafından hazırlanan 2013-2017 dönemi Türkiye elektrik enerjisi 5 yıllık üretim kapasite projeksiyonu çalışmasında kullanılan iki farklı üretim senaryosunda yer alan veriler kullanılmıştır [10].

2. Türkiye'nin Sera Gazı Emisyon Değerleri

2012 yılı sera gazı emisyon değerlerinin sektörler dağılımı incelendiğinde; enerji sektörü 308,6 Mton CO₂ eşdeğeri (%70,2) ile ilk sırada yer almaktadır. 2012 yılı toplam sera gazı emisyon değerlerine göre CO₂ emisyonu 357,5 Mton olup toplam sera gazı emisyonu içindeki oranı %81,26'dır. Enerji sektörü içerisinde elektrik üretimi kaynaklı CO₂ emisyon değeri 116,76 Mton'dur [11]. Türkiye'nin son 30 yıldaki fosil yakıt kaynaklı (Doğalgaz, kömür ve petrol kaynaklı) CO₂ salınımı değerleri yıllar içerisinde hızla artmıştır [12].

3. Türkiyenin Elektrik Enerjisi Üretimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının ve Karbon Vergisi Gelirinin Enerji Kaynağına Göre Hesaplanması

Türkiye'nin 2013-2017 dönemine ait elektrik enerjisi üretimi kaynaklı sera gazı emisyonlarının tesis tipine göre hesaplanması amacıyla; Türkiye elektrik iletim A.Ş. (TEİAŞ) tarafından hazırlanan 2013-2017 dönemi Türkiye elektrik enerjisi 5 yıllık üretim kapasite projeksiyonu çalışması kullanılmıştır [10]. Projeksiyon çalışması lisans sahibi projelere ait ilerleme raporları dikkate alınarak iki farklı senaryoya göre hazırlanmıştır.

Çalışmanın başlangıcında; her iki senaryo durumu için 2013-2017 dönemine ait güvenilir üretim değerlerinin kaynak tiplerine göre kümülatif değerleri GWh olarak hesaplanmıştır. Birinci ve ikinci senaryoya ait güvenilir üretim değerlerinin kaynak tiplerine göre kümülatif değerleri Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. Birinci senaryo için 2013-2017 dönemine ait üretim değerlerinin kaynak tiplerine göre kümülatif değerleri

Kaynak	Güvenilir üretim kapasitesi (GWh)				
	2013	2014	2015	2016	2017
T.kömürü	2.793,00	2.793,00	2.793,00	4.893,00	4.893,00
Linyit	44.118,90	44.475,90	50.525,90	53.325,90	53.325,90
İ.kömür	2.546,70	2.546,70	9.366,70	9.366,70	17.886,70
Fuel-oil	9.414,20	9.414,20	9.414,20	10.224,90	10.224,90
Motorin	148,00	148,00	148,00	148,00	148,00
Nafta	1.113,80	1.113,80	1.113,80	1.113,80	1.113,80
Asfaltit	945,00	945,00	2.948,40	2.948,40	2.948,40
LPG	259,00	259,00	259,00	259,00	259,00
Atık	978,80	1.018,80	1.118,80	1.118,80	1.118,80
Doğalgaz	169.750,60	170.956,90	179.065,80	180.113,10	180.113,10
Hidroelektrik	46.610,70	49.171,20	56.214,30	58.458,90	58.458,90
Rüzgâr	6.731,40	7.411,70	8.646,10	9.419,30	9.419,30
Biyogaz	255,00	255,00	255,00	255,00	255,00
Çöp	57,40	150,00	164,30	164,30	164,30
Jeotermal	1.298,50	1.896,30	2.305,30	2.305,30	2.305,30
Toplam	287.021,00	292.555,50	324.338,60	334.114,40	342.634,40

Tablo 3. İkinci senaryo için 2013-2017 dönemine ait üretim değerlerinin kaynak tiplerine göre kümülatif değerleri

Kaynak	Güvenilir üretim kapasitesi (GWh)				
	2013	2014	2015	2016	2017
T.kömürü	2.793,00	2.793,00	2.793,00	2.793,00	2.793,00
Linyit	44.118,90	44.475,90	47.850,90	49.875,90	49.875,90
İ.kömür	2.546,70	2.546,70	9.366,70	9.366,70	17.886,70
Fuel-oil	9.414,20	9.414,20	9.414,20	9.414,20	9.414,20
Motorin	148,00	148,00	148,00	148,00	148,00
Nafta	1.113,80	1.113,80	1.113,80	1.113,80	1.113,80
Asfaltit	945,00	945,00	2.948,40	2.948,40	2.948,40
LPG	259,00	259,00	259,00	259,00	259,00
Atık	978,80	1.018,80	1.118,80	1.118,80	1.118,80
Doğalgaz	156.695,70	157.519,90	179.065,80	180.113,10	180.113,10
Hidroelektrik	46.610,70	49.171,20	56.379,30	58.455,70	58.455,70
Rüzgâr	6.731,40	7.411,70	7.908,20	8.266,00	8.266,00
Biyogaz	255,00	255,00	255,00	255,00	255,00
Çöp	57,40	150,00	164,30	164,30	164,30
Jeotermal	1.298,50	1.896,30	2.186,90	2.186,90	2.186,90
Toplam	273.966,10	279.118,50	320.972,30	326.478,80	334.998,80

Daha sonra Tablo 4’de verilen her bir kaynağa ait CO₂ emisyonu değerleri kullanılarak 2013-2017 dönemi sera gazı salınım değerleri her iki senaryo için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan kaynak tiplerine ait emisyon değerleri; elektrik üretim sistemlerine ait projelerin inşaat, işletme ve söküm aşamalarının tamamında salınan sera gazı emisyon miktarını kapsamaktadır. Hesaplamalarda ithal kömür emisyon değerinin taş kömürü emisyon değeri ile aynı olduğu kabul edilmiştir. Son aşamada; fosil yakıtlı enerji üretim tesislerinin ürettiği enerjiye uygulanacak karbon vergisi ile elde edilecek gelir, projeksiyon dönemindeki her bir yıl için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Uygulanacak karbon vergisi değeri olarak tüm fosil yakıt tipleri için 50 Dolar / Ton- CO₂ değeri esas alınmıştır [13].

Tablo 4. Farklı enerji kaynaklara ait emisyon değerleri [13,14,15]

Kaynak	Sera gazı emisyonu (Ton- CO ₂ /GWh)
Doğal gaz	499
Linyit	1054
Taş kömürü	888
İthal kömür	888
Fuel-oil	733
Nükleer	66
Hidroelektrik	26
Rüzgar	10
Jeotermal	38
Biyokütle	26
Güneş	23

Birinci senaryo için hesaplanan kaynak tipine bağlı kümülatif üretim değerleri (Tablo 2) esas alınarak hesaplanan sera gazı salınım miktarları kümülatif olarak Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Birinci senaryo için 2013-2017 dönemine ait hesaplanan emisyonların kümülatif değerleri

Kaynak	Sera gazı salınımı (milyon-ton- CO ₂)				
	2013	2014	2015	2016	2017
Doğal gaz	84,706	85,307	89,354	89,88	89,88
Linyit	46,501	46,878	53,254	56,21	56,21
Taş kömürü	2,480	2,480	2,480	4,34	4,34
İthal kömür	2,261	2,261	8,318	8,32	15,88
Petrol tür.	8,708	8,708	10,177	10,77	10,77
Nükleer	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Hidroelektrik	1,212	1,278	1,462	1,52	1,52
Rüzgar	0,067	0,074	0,086	0,09	0,09
Jeotermal	0,049	0,072	0,088	0,09	0,09
Biyokütle	0,034	0,037	0,040	0,04	0,04
Güneş	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
Toplam	146,019	147,096	165,258	171,257	178,823

2013-2017 yılları için birinci senaryo durumunda fosil yakıtlı üretim tesislerine karbon vergisi uygulanması durumunda elde edilecek olan karbon vergisi gelirlerinin kümülatif değerleri Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Birinci senaryo için 2013-2017 dönemine ait hesaplanan karbon vergisi gelirlerinin kümülatif değerleri

	Yıllar				
	2013	2014	2015	2016	2017
Karbon vergisi (milyon-dolar)	7.232,83	7.281,74	8.179,12	8.475,77	8.854,05

İkinci senaryo için hesaplanan kaynak tipine bağlı kümülatif üretim değerleri (Tablo 3) esas alınarak hesaplanan sera gazı salınım miktarları kümülatif olarak Tablo 7 de verilmiştir.

Tablo 7. İkinci senaryo için 2013-2017 dönemine ait hesaplanan emisyonların kümülatif değerleri

Kaynak	Sera gazı salınımı (milyon-ton- CO ₂)				
	2013	2014	2015	2016	2017
Doğal gaz	78,191	78,602	89,354	89,876	89,876
Linyit	46,501	46,878	50,435	52,569	52,569
Taş kömürü	2,480	2,480	2,480	2,480	2,480
İthal kömür	2,261	2,261	8,318	8,318	15,883
Petrol tür.	8,708	8,708	10,177	10,177	10,177
Nükleer	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Hidroelektrik	1,212	1,278	1,466	1,520	1,520
Rüzgar	0,067	0,074	0,079	0,083	0,083
Jeotermal	0,049	0,072	0,083	0,083	0,083
Biyokütle	0,034	0,037	0,040	0,040	0,040
Güneş	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Toplam	139,504	140,391	162,431	165,146	172,711

2013-2017 projeksiyon dönemindeki yıllar için ikinci senaryo durumunda fosil yakıtlı üretim tesislerine karbon vergisi uygulanması durumunda elde edilecek olan karbon vergisi gelirlerinin kümülatif değerleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. İkinci senaryo için 2013-2017 dönemine ait hesaplanan karbon vergisi gelirlerinin kümülatif değerleri

	Yıllar				
	2013	2014	2015	2016	2017
Karbon vergisi (milyon-dolar)	6.907,11	6.946,49	8.038,15	8.171,00	8.549,29

4. Sonuç ve tartışma

2012 yılı verilerine göre; enerji sektörü içerisindeki elektrik üretimi kaynaklı emisyon değeri 116,76 Mton-CO₂ eşdeğeridir. TEİAŞ projeksiyon

çalışmasında yer alan birinci senaryoya ait üretim değerlerinin gerçekleşmesi durumunda 2013-2017 dönemindeki emisyon değerleri; 2013 yılında 146,019 Mton - CO₂ eşdeğeri, 2017 yılındada 178,823 Mton-CO₂ eşdeğeri olmak üzere artarak değişecektir. İkinci senaryoya ait üretim değerlerinin gerçekleşmesi durumunda 2013-2017 dönemindeki emisyon değerleri; 2013 yılında 139,504 Mton - CO₂ eşdeğeri, 2017 yılında da 172,711 Mton- CO₂ eşdeğeri olmak üzere artarak değişecektir. TEİAŞ projeksiyon çalışmasında yer alan her iki senaryo için hesaplamalar dikkate alındığında elektrik enerjisi üretimine bağlı olarak gerçekleşen emisyon değerlerinin 2013-2017 döneminde artış eğilimi sürdüreceği görülmektedir. TEİAŞ birinci senaryosunun gerçekleşmesi durumunda 2017 yılındaki emisyon değerinin 2012 yılına göre %53,15 oranında, ikinci senaryonun gerçekleşmesi durumunda ise %47,40 oranında artacağı hesaplanmıştır.

TEİAŞ çalışmasında yer alan birinci senaryoya ait üretim değerlerinin gerçekleşmesi durumunda fosil yakıtlara uygulanacak karbon vergisi sonucu elde edilecek vergi gelirleri; 2013 yılında 7.232,83 milyon-dolar, 2017 yılında da 8.854,05 milyon-dolar olmak üzere artarak değişecektir. İkinci senaryoya ait üretim değerlerinin gerçekleşmesi durumunda fosil yakıtlara uygulanacak karbon vergisi sonucu elde edilecek vergi gelirleri; 2013 yılında 6.907,11, 2017 yılında da 8.549,29 milyon-dolar olmak üzere artarak değişecektir.

Türkiye'nin 2023 yılında GSYİH'nin 2 trilyon dolara, kişi başına gelirin 25 bin dolara yükseltilmesi, ihracatın 500 milyar dolara çıkarılması, işsizlik oranının yüzde 5'e düşürülmesi ekonomi politikaları arasında yer almaktadır. Elektrik enerji talebi anlamında; 2013-2022 yılları için Türkiye elektrik sistemi brüt puant talebinin ortalama olarak %5-%5,5 arasında artacağı tahmin edilmektedir. Gelecek yıllara ait ekonomik büyüme ve enerji talep değerindeki hedefler dikkate alındığında; Türkiye ekonomik büyümeye beraber artan enerji talebi ile karşı karşıya kalacaktır. Türkiye'nin fosil yakıtlara dayalı elektrik enerjisi üretimi dikkate alındığında bu durum daha fazla emisyon anlamına gelecektir.

Türkiye'nin fosil yakıtların enerji üretimindeki yüksek payı sera gazı emisyonlarına ve buna bağlı olarak iklim değişikliğine neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları anlamında zengin potansiyele sahip Türkiye'nin bu potansiyeli daha fazla değerlendirilmeli, elektrik enerjisi üretimindeki payı

artırılmalıdır. Emisyonların azaltılması amacıyla; vatandaşların enerji konusunda farkında lığı artırılmalı ve eğitim müfredatı içerisinde çevre, enerji ve iklim değişikliği konusunda dersler verilmeli halkın bilgilendirilmesine yönelik etkinlikler yürütülmelidir. Piyasa temelli etkin bir mali araç olan karbon vergisi ile elde edilecek gelir aracılığıyla küresel ısınmayı önleyecek tedbirlerin (Enerji verimliliği, enerji tasarrufu, yenilebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının artırılması vb.) teşviki sağlanabilir. Karbon vergisi uygulamasına bağlı olarak karbon yoğunluğu azalırken, enerji verimliliği düzelecektir.

Referanslar

1. TEİAŞ yük tevzi dairesi başkanlığı işletme faaliyetleri raporları, <http://www.teias.gov.tr/YukTevziRaporlari.aspx#> (Erişim tarihi: 09 Haziran 2014)
2. Kamil Kaygusuz, Energy and environmental issues relating to greenhouse gas emissions for sustainable development in Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 13, Issue 1, January 2009, Pages 253–270
3. Thomas Jobert, Fatih Karanfil, Sectoral energy consumption by source and economic growth in Turkey, Energy Policy, Volume 35, Issue 11, November 2007, Pages 5447–5456
4. Nuriye Peker Say, Muzaffer Yücel, Energy consumption and CO2 emissions in Turkey: Empirical analysis and future projection based on an economic growth, Energy Policy, Volume 34, Issue 18, December 2006, Pages 3870–3876
5. Adnan Sözen, Zafer Gülseven, Erol Arcaklıoğlu, Forecasting based on sectoral energy consumption of GHGs in Turkey and mitigation policies, Energy Policy, Volume 35, Issue 12, December 2007, Pages 6491–6505
6. Ferda Halıcıoğlu, An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey, Energy Policy, Volume 37, Issue 3, March 2009, Pages 1156–1164
7. Uğur Soytas, Ramazan Sari, Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member, Ecological Economics,

- Volume 68, Issue 6, 15 April 2009, Pages 1667–1675
8. Andrea Baranzini, José Goldemberg, Stefan Speck, A future for carbon taxes, *Ecological Economics*, Volume 32, Issue 3, March 2000, Pages 395–412
 9. ZhongXiang Zhang, Andrea Baranzini, What do we know about carbon taxes? An inquiry into their impacts on competitiveness and distribution of income, *Energy Policy*, Volume 32, Issue 4, March 2004, Pages 507–518
 10. Türkiye elektrik enerjisi 5 yıllık üretim kapasite projeksiyonu (2013 – 2017), Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü APK dairesi başkanlığı, Kasım 2013.
 11. Sera gazı emisyon envanteri 2012, Türkiye istatistik kurumu, Erişim tarihi: 19.06.2014, http://www.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/NIR_TUR_2012.pdf
 12. Carbon Dioxide Emissions (Million Metric Tons of CO₂) <http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=TU#cde>, EIA-U.S. Energy Information Administration, Erişim tarihi: 06.07.2014
 13. Vision 2023: Feasibility analysis of Turkey's renewable energy projection, Mehmet Melikoglu, *Renewable Energy* 50 (2013) 570-575
 14. Comparison of lifecycle greenhouse gas emissions of various electricity generation sources, World nuclear association report, World nuclear association (WNA), London-UK, http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/comparison_of_lifecycle.pdf
 15. Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey, Benjamin K. Savacool, *Energy Policy* 36 (2008) 2950-2963