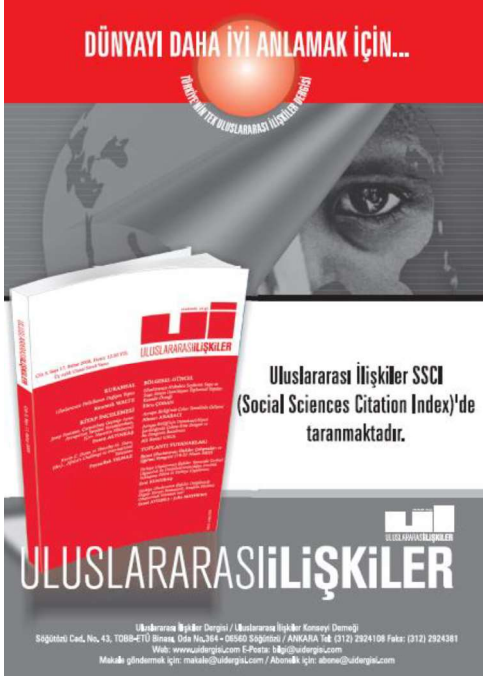


**Yayın ilkeleri, izinler ve abonelik hakkında ayrıntılı bilgi:**

E-mail: [bilgi@uidergisi.com.tr](mailto:bilgi@uidergisi.com.tr)

Web: [www.uidergisi.com.tr](http://www.uidergisi.com.tr)



## ***Türkiye’de Sanayi ve Tarım Sektörlerinde Seragazi Emisyonlarının Belirleyicileri: İndeks Ayrıştırma Analizi***

**Mustafa ÖZÇAĞ\*, Burcu YILMAZ\*\* ve Emrah SOFUOĞLU\*\*\***

\* Doç. Dr., İktisat Fakültesi, Adnan Menderes Üniversitesi

\*\* Ar. Gör., Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Adnan Menderes Üniversitesi

\*\*\* Ar. Gör., İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ahi Evran Üniversitesi

**Bu makaleye atıf için:** Özçağ, Mustafa; Yılmaz, Burcu ve Sofuoğlu, Emrah, “Türkiye’de Sanayi ve Tarım Sektörlerinde Seragazi Emisyonlarının Belirleyicileri: İndeks Ayrıştırma Analizi”, *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 14, Sayı 54, 2017, s. 175-195.

Bu makalenin tüm hakları Uluslararası İlişkiler Konseyi Derneği’ne aittir. Önceden yazılı izin alınmadan hiç bir iletişim, kopyalama ya da yayın sistemi kullanılarak yeniden yayımlanamaz, çoğaltılamaz, dağıtılamaz, satılamaz veya herhangi bir şekilde kamunun ücretli/ücretsiz kullanımına sunulamaz. Akademik ve haber amaçlı kısa alıntılar bu kuralın dışındadır.

Aksi belirtilmediği sürece *Uluslararası İlişkiler*’de yayımlanan yazılarda belirtilen fikirler yalnızca yazarına/yazarlarına aittir. UİK Derneğini, editörleri ve diğer yazarları bağlamaz.

# Türkiye’de Sanayi ve Tarım Sektörlerinde Seragazi Emisyonlarının Belirleyicileri: İndeks Ayrıştırma Analizi

**Mustafa ÖZÇAĞ**

*Doç. Dr., İktisat Bölümü, İktisat Fakültesi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.*

*E-posta: mozcag@adu.edu.tr*

**Burcu YILMAZ**

*Arş. Gör., İktisat Bölümü, Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.*

*E-posta: burcu.yilmaz@adu.edu.tr*

**Emrah SOFUOĞLU**

*Arş. Gör., İktisat Bölümü, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir.*

*E-posta: emrahsofuoglu@gmail.com*

## ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye’de 1990-2014 döneminde sanayi ve tarım sektörlerindeki seragazi emisyonlarında ortaya çıkan değişim LMDI yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Söz konusu değişim, emisyonu etkileyen faktörler olarak literatürde genel kabul görmüş dört faktöre (emisyon-faktör etkisi, yoğunluk etkisi, yapısal etki ve faaliyet etkileri) ayrıştırılmıştır. Analiz sonuçları, sanayi ve tarım sektörlerinde seragazi emisyonundaki değişimin temel belirleyicisinin enerji yoğunluğu etkisi olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan, Türkiye’de 1990-2010 döneminde ekonomik büyüme ve seragazi emisyonları arasında aynı yönlü gerçekleşen bir değişimin varlığı görülürken, 2010 yılından itibaren ekonomik büyüme rakamlarında oluşan artış oranı seragazi emisyonlarında meydana gelen artış oranından daha yüksek olmuş ve böylece değişkenler arasında ayrışma meydana gelmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Seragazi Emisyonları, İndeks Ayrıştırma Analizi, LMDI, İklim Değişikliği, Türkiye.

## Determinants of Greenhouse Gas Emissions in Industry and Agricultural Sectors in Turkey: Index Decomposition Analysis

### ABSTRACT

This study aims to analyze greenhouse gas emissions changes in industry and agricultural sectors by utilizing LMDI method over the period of 1990-2014 in Turkey. For this purpose, these changes have been decomposed to four factors (emissions-factor effect, intensity effect, structural effect and activity effect) generally accepted in the literature as factors affecting emissions. Analysis findings indicate that key determinants of greenhouse gas emissions in industry and agricultural sectors are energy intensity effect. On the other hand, according to the Decoupling Analyse, there is a same direction change between economic growth and greenhouse gas emissions in Turkey between the years of 1990-2010. After 2010, the rate of increase occurring in the economic growth is higher than the rate of increase occurring in greenhouse gas emissions, and thus, decouplin in seen between the variables.

**Keywords:** Greenhouse Gas Emissions, Index Decomposition Analysis, LMDI, Climate Change, Turkey.

## Giriş

Özellikle sanayi devriminden günümüze kadar geçen süre boyunca enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için fosil yakıtların kullanımı büyük bir ivme kazanmıştır. Bu süreç, mal ve hizmet üretiminde de hızlı bir artışa kaynaklık etmiş ve günümüzde gelişmiş ülkeler kategorisinde yer alan birçok ülke bu sayede ekonomik büyümelerini hızlandırmıştır. Ekonomik büyümede meydana gelen bu artışlar zamanla kalkınmayı da beraberinde getirerek söz konusu ülkelerin refah artışlarına olumlu katkılar sağlamıştır. Ancak fosil yakıtların kullanımı uzun dönemde atmosfere salınan seragazlarında ciddi bir artışa neden olmuş ve günümüzde sıkça tartışılan “küresel ısınma ve iklim değişikliği” sorununa yol açmıştır. Nitekim 1750’li yıllardan günümüze kadar geçen süre içerisinde fosil kaynaklı yakıt kullanımı sonucunda atmosfere 337 milyar metrik ton karbon salımı gerçekleştiği düşünülmektedir.<sup>1</sup>

Temel olarak fosil kaynaklı yakıtların yoğun bir şekilde kullanımı sonucu meydana gelen küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunu, 1970’li yıllardan itibaren uluslararası platformlarda tartışılmaya başlanmış ve çözüm arayışı sürecine girilmiştir. Birleşmiş Milletler tarafından 1988 yılında kurulan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), küresel iklim değişikliği sorununa bilimsel ve sosyoekonomik açıdan yaklaşmış ve çeşitli çözüm önerileri aramıştır. Bununla beraber Birleşmiş Devletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) bağlamında düzenli bir şekilde gerçekleştirilen uluslararası müzakereler, iklim değişikliği sorunu bağlamında ülkeleri bir araya getirerek tartışma ve çözüm bulma görevini üstlenmiştir. Bu anlamda iklim değişikliği ve çevresel sorunlara çözüm önerilerinin temel taşları 1992 yılında gerçekleştirilen Rio Konferansı, 1997’de imzaya sunulup 2005’de yürürlüğe giren Kyoto Protokolü ve son olarak 2015 yılında geniş bir katılımımla imzalanan Paris Anlaşması’dır. UNFCCC bünyesinde gerçekleştirilen toplantıların tümünün en temel amacı; ilk defa 1987 yılında Brutland Raporu’nda<sup>2</sup> yer alan “sürdürülebilir bir kalkınma” gerçekleştirmektir. Sürdürülebilir kalkınma kavramı en basit haliyle; bugünün kaynaklarının gelecek nesillerin kaynaklarına zarar vermeden kullanılması üzerine inşa edilmiştir.

Türkiye de, gelişmekte olan bir ülke konumunda olması nedeniyle, yüksek miktarda enerji talebi olan bir ülke özelliği taşımakta ve yoğun bir fosil yakıt tüketimi gerçekleştirmektedir. Bu açıdan, iklim değişikliği bağlamında atılması gereken önemli adımların bulunduğu ifade edilebilir. Bu alanda gerekli çalışmaların yapılabilmesi için, küresel ısınmaya neden olan seragazı emisyonlarının detaylı bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de ekonomik büyüme ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında bir ayrışmanın (*decoupling*) olup olmadığını incelemek ve Türkiye’de iklim değişikliğinin belirleyicilerini analiz ederek söz konusu analizden elde edilen bulguları değerlendirmektir.

1 Thomas A. Boden, Gregg Marland ve Robert J. Andres, “Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center”, *Oak Ridge National Laboratory*, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi 10.3334/CDIAC/00001\_V2010, 2010.

2 Gro Harlem Brundtland, “Our Common Future”, *World Commission on Environment and Development*, Oxford, Oxford University Press, 1987, s.43.

## **CO2 Emisyonları ve Ekonomik Büyümenin Ayrışması (*Decoupling*)**

Ayrışma, ekonomik büyüme ve çevresel baskı arasındaki ilişkiyi anlatan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. OECD, ayrışma terimini; iktisadi mallar ile çevresel zararlar arasındaki ilişkinin kırılması şeklinde tanımlamaktadır.<sup>3</sup> Belli bir dönemde, herhangi bir çevresel baskının büyüme oranı bu baskının ekonomik boyutundan (örneğin gayri safi yurtiçi hâsıla) düşük kaldığı sürece ayrışma ortaya çıkabilmektedir. Pratikte, ekonomik büyüme artarken emisyonlarda meydana gelen azalma “ayrışma” (*decoupling*) olgusu ile ifade edilmektedir. Bu kavram, zaman içerisinde kalkınmanın sürdürülebilir kılınmasını ölçmekte kullanılan etkin bir araç haline gelmiştir.<sup>4</sup>

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, ekonomik büyüme süreci ile birlikte emisyonların artışında bir eşgüdüm görülmektedir. Fakat kirletici emisyonlarını önemli derecede azaltabilen ülkelere bakıldığında, söz konusu ülkelerde emisyonlar ve ekonomik büyüme arasındaki bağlantının kırılmaya başladığı ortaya çıkmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalardan biri olan Handrich *et.al.* OECD ülkeleri, Almanya, ABD ve Çin için ayrışma olgusunu değerlendirmişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre:<sup>5</sup>

- OECD ülkelerinde son on yılda ekonomik büyüme gözlenmesine rağmen toplam enerji tüketimi ve emisyonlarda bir düşüş ile beraber güçlü bir ayrışma (*decoupling*) söz konusudur. 2004 yılından bu yana güneş ve rüzgâr enerjisi dünya genelinde kullanımı en hızlı artan yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Bununla beraber 2011 yılından itibaren teşviklerde hızlı bir artış göze çarpmaktadır.
- Almanya’da son on yıldır enerji talebi ve emisyonlar arasında güçlü bir ayrışma gözlemlenmektedir. Bunun altında yatan sebep ise enerji verimliliğindeki meydana gelen artışlardır. Bununla beraber finansal krizden sonra yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artması; nükleer enerji kullanımında meydana gelen kademeli azalışı ve kömür kullanımındaki artışı telafi etmiştir.
- ABD’de son dönemlerde enerji tüketiminde mutlak bir artış görülmektedir. Kayagazı ve yenilenebilir enerji kullanımındaki artış ekonomik büyümeden kaynaklanan emisyonlarda sadece zayıf bir ayrışmaya neden olmaktadır.
- Çin için azalan enerji ihtiyacı ve birim başına enerji tüketimi sayesinde zayıf bir ayrışmadan söz edilebilir. Ancak önümüzdeki yıllarda güçlü bir ayrışma olması muhtemel görünmektedir.
- Dünya genelinde son 5 yılda ekonomik büyüme ile geleneksel enerji kaynakları tüketimi arasında bir ayrışma söz konusudur. Enerji kaynaklı emisyonlarda küresel anlamda güçlü bir ayrışmanın ortaya çıkabileceği öngörülmektedir.

Enerji verimliliği konusunda yaşanan olumlu etkilerin neticesi olarak Avrupa Birliği genelinde ve yenilenebilir kaynakların hız kazanmaya başladığı Amerika Birleşik Devletleri gibi gelişmiş ekonomilerde ayrışma hızının önemli düzeylere ulaştığı görülmektedir. Ancak gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme ve emisyonlar arasında bir ayrışmadan bahsetmek güçtür. Çünkü gelişmekte olan ülkeler ekonomik büyümeden kaynaklanan enerji taleplerini genel olarak ucuz enerji olan fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Bu durum ekonomik büyüme ile beraber emisyon artışlarını da beraberinde getirmektedir.

3 OECD, “Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth”, *Sustainable Development, SG/SD*, 1, 2002.

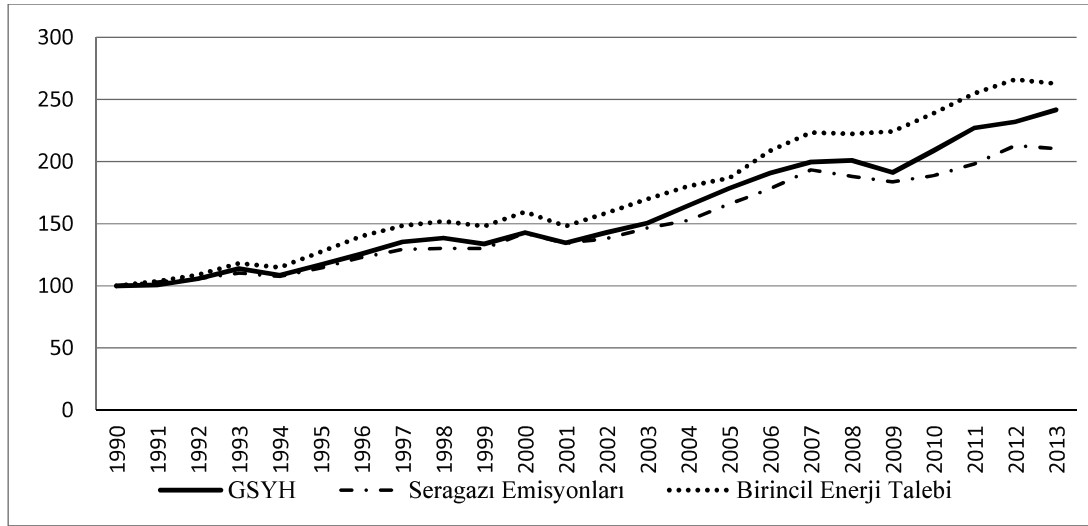
4 Ying Liv, “Evaluating Urban Sustainability Potential Based on Material Flow Analysis of Inputs and Outputs: A Case Study in Jinchang City, China”, *Resources, Conservation and Recycling*, Cilt 110, 2016, s.89.

5 Lars Handrich *et.al.*, “Turning point: Decoupling Greenhouse Gas Emissions from Economic Growth”, *Heinrich Böll Stiftung*, 2015. s.27.

## Türkiye’de CO2 Emisyonları ve Ekonomik Büyüme Ayrışması (Decoupling)

Türkiye, ekonomik büyüme süreçleriyle beraber enerji talebini de sürekli olarak arttıran bir ülke konumundadır. 2000 yılında 75957 btep (bin ton petrol eşdeğeri) olan birincil enerji arzı, 2013 yılına gelindiğinde 116485 btep seviyesine yükselmiştir. Aynı yıllar için nihai enerji tüketimi rakamları ise sırasıyla 57846 btep ve 86017 btep olarak gerçekleşmiştir. 2000-2013 arası dönemde Türkiye’nin birincil enerji arzı ve nihai enerji tüketim düzeyleri yaklaşık %50 oranında yükselmiştir. Tüketilen enerjinin büyük bölümünün fosil kaynaklı yakıtlardan karşılandığı göz önüne alındığında, CO<sub>2</sub> emisyonlarında artışların da yaşanması kaçınılmazdır. Nitekim, 2000 yılında fosil yakıt kullanımı kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu 201,24 mt (milyon ton) olan Türkiye’nin 2013 yılı emisyon seviyesi 283,84 mt değerine ulaşmıştır.<sup>6</sup>

**Şekil 1** Türkiye’de Ekonomik Büyüme, Enerji Talebi ve Seragazı Emisyonları Ayrışması



**Kaynak:** World Bank ve BP Statistical Review of World Energy verileri kullanılarak tarafımızca oluşturulmuştur.

Türkiye’de 1990 yılı baz alınarak, seragazı emisyonu, gayri safi yurtiçi hasıla ve birincil enerji talebi arasındaki ayrışma Şekil 1’de görülmektedir. 1990-2010 yılı arasındaki dönemde, Türkiye’de ekonomik büyüme ve seragazı emisyonları arasında aynı yönlü bir değişimin varlığı tespit edilmişken, 2010 yılından sonra ekonomik büyüme rakamlarında oluşan artış oranı seragazı emisyonlarında meydana gelen artış oranından daha yüksek olmuştur. Analiz sonucu elde edilen bu durum, Türkiye’de 2010 yılından sonra bir ayrışmanın oluştuğunun bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Bu durumun ortaya çıkmasındaki temel faktör, Türkiye’de yakın dönemde yenilenebilir enerji konusunda yasal düzenlemelerin hızlandırılmış ve bu alandaki yatırımlarının artış göstermesidir. 29 Aralık 2010 tarih ve 6094 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun”un 6. Maddesinde, 31/12/2015 tarihine kadar işletmeye girmiş veya girecek Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizmasına (YEKDEM) tabi üretim lisansı sahipleri için santralin işletmeye giriş tarihinden itibaren en fazla on yıl süre ile uygulanabilecek devlet alım garantisi fiyatlarını; hidroelektrik enerjisi için 7,3 Dolar Cent/

<sup>6</sup> IEA, *Statistics*, 2016, <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=TURKEY&product=Indicators&year=2013>, (Erişim Tarihi 23 Nisan 2016).

Kwh, rüzgâr enerjisi için 7,3 Dolar Cent/Kwh, jeotermal enerjisi için 10,5 Dolar Cent/Kwh, biyokütle enerjisi için 13,3 Dolar Cent/Kwh ve Güneş enerjisi için 13,3 Dolar Cent/Kwh olarak belirlemiştir. Kanun, enerji üretiminde kullanılan tesislerde yerli üretim aksam ve teçhizat kullanımı durumunda ek desteklerin verileceğini de belirtmektedir. 2010 yılında yürürlüğe giren bu kanunun ardından, Türkiye’de 2006 yılında 51 MW olan rüzgâr santralleri kurulu gücü 2014 yılı itibariyle 3.762 MW seviyesine ulaşmıştır. Rüzgâr enerjisinden elde edilen elektrik için devletin vermiş olduğu 7,3 Dolar Cent/Kwh alım garantisini de, rüzgâr enerjisi yatırımlarını ve elde edilen elektrik miktarını olumlu yönde etkilemiş ve 2015 yılı Ocak ayı rakamlarına göre faaliyet gösteren rüzgâr santrali sayısı 101’e yükselmiştir. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması’ndan (YEKDEM) için 2013 yılında 38 başvuru, 2014 yılında 93 başvuru gerçekleşmişken, 2015 yılı için başvuru sayısı 234 olarak gerçekleşmiştir. 2015 yılı başvurularının 126 tanesi hidroelektrik santrali, 60 tanesi rüzgâr santrali, 38 tanesi biyokütle santrali ve 14 tanesi de jeotermal santralidir. Başvuru sayısının önemli derecede artmasının altında yatan sebeplerden bir tanesi devletin uygulamış olduğu sabit fiyattan alım garantisi şeklindeki destekleme uygulaması ve son dönemde Türk Lirası’nın Amerikan Doları karşısında değer kaybetmiş olmasıdır.<sup>7</sup> Bu durum, yenilenebilir enerji yatırımcısının Türk Lirası bazında elde edeceği gelirin de artması anlamına gelmektedir. Bu gelişmeler göz önüne alındığında, önümüzdeki dönemlerde de Türkiye’de ekonomik büyüme ve seragazı emisyonları arasındaki ayrışmanın devam etmesi öngörülmektedir.

## **Türkiye’de Seragazı Emisyonlarının Gelişimi**

İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ne (İDÇS) imza atmış olan her ülke gibi Türkiye de, Ulusal Bildirim ve Sera Gazı Envanteri gibi iki farklı raporu belirli dönemlerle İDÇS Sekreteryası’na sunmak zorundadır. Türkiye’nin 2014 yılı seragazı envanter raporu verilerine göre, toplam seragazı emisyonu CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak 467,6 milyon ton (Mt) olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 1’den de görüldüğü üzere Türkiye’nin 1990-2014 yılları arasında toplam seragazı emisyonu %125 oranında artış göstererek 467,6 milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri seviyesine yükselmiştir. Bu artışta, Türkiye’nin son dönemlerde yakalamış olduğu ekonomik büyüme performansı ve nüfus artışının etkileri oldukça yüksek düzeydedir.

**Tablo 1** Türkiye’nin Seragazıları Emisyonların Gelişimi (Milyon Ton CO<sub>2</sub> Eşdeğeri)

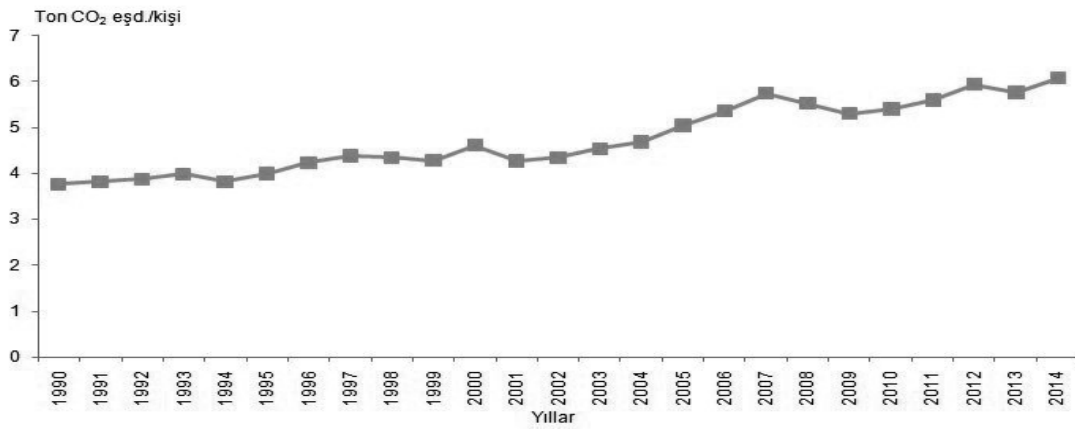
Yıllar	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	F Gazları	Toplam
1990	146,8	43,8	16,5	0,7	207,8
1995	178,8	43,9	15,8	0,6	239,0
2000	232,5	44,8	18,4	1,0	296,8
2005	279,1	44,6	19,0	2,5	345,2
2010	320,4	51,4	19,6	3,9	395,3
2011	338,1	53,9	19,5	4,3	415,9
2012	363,1	58,0	21,1	5,2	447,5
2013	355,0	56,2	23,2	4,5	438,8
2014	382,2	57,1	23,3	4,9	467,6

**Kaynak:** TÜİK, 2016.

<sup>7</sup> Mustafa Özçağ, “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Sektöründeki Sübvansiyonların Avrupa Birliği Ülkeleri ile Karşılaştırılması”, *International Congress on Economics and Business*, 10-14 June 2015, Gostivar, MACEDONIA.

Türkiye’de ekonomik kriz dönemleri olarak bilinen 1994, 2000 ve 2007 yılları sonrasında kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonları, ekonomide yaşanan daralmalara bağlı olarak düşüşler kaydetse de, 1990-2014 yılları arasındaki dönemde sürekli bir artış trendi göstermektedir. 1990 yılında kişi başına düşen CO<sub>2</sub> eşdeğeri emisyonu 3,77 ton iken, bu rakam 2014 yılında 6,08 metrik ton seviyesine ulaşmıştır. Küresel kişi başına düşen CO<sub>2</sub> emisyonu ortalaması ise 5 metrik ton düzeyinde gerçekleşmiştir (BBC, 2014). Bu rakam ele alındığında Türkiye’nin kişi başına düşen CO<sub>2</sub> emisyonlarında dünya ortalamasına yakın bir noktada yer aldığı görülmektedir.

**Şekil 2** Türkiye’de Kişi Başına CO<sub>2</sub> Emisyonlarının Gelişimi



**Kaynak:** TÜİK, 2016.

Ülkelerin seragazı emisyonlarının belirlenmesinde enerji yoğunluğu önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Enerji yoğunluğu kısaca 1000\$ GSYİH üretmek için gerekli enerji miktarını ifade etmektedir. ENERDATA tarafından yayınlanan raporda Türkiye’de CO<sub>2</sub> yoğunluğunu incelemiş ve sektörlere göre gruplandırmıştır. Buna göre 2014 yılında sanayi sektöründe CO<sub>2</sub> yoğunluğu 1990 yılına göre %2, 2000 yılına göre %4,4 düşmüştür. Konut sektöründeki CO<sub>2</sub> yoğunluğu ise 1990 yılına göre %9, 2000 yılına göre %6 azalmıştır. Tarım sektöründe ise 1990 yılına göre yüzde 10’luk bir artış görülürken, 2000 yılına göre %2’lik bir artış söz konusudur. Bununla beraber ulaştırma sektöründe 1990 yılına göre yüzde 16’lık bir artış söz konusu iken, 2000 yılına göre %24’lük bir artış meydana gelmiştir.<sup>8</sup>

## Literatür Özeti

Öncelikli olarak, CO<sub>2</sub> emisyonlarının belirleyicileri konusunda literatürdeki çalışmalara bakıldığında çeşitli birçok değişken kullanıldığı görülmektedir. Örneğin kişi başına gelir, nihai enerji tüketimi, kentleşme, ormansızlaşma, nüfus artışı, enerji arzı, elektrik tüketimi, ticari açıklık, karbon yoğunluğu, teknoloji, yurtiçi talep ve enerji yoğunluğu gibi farklı değişkenler CO<sub>2</sub> emisyonlarını etkileyen faktörlerin

<sup>8</sup> Enerdata, “Energy Efficiency Indicators”, <https://www.wec-indicators.enerdata.eu/xls/Turkey.xls>, 2015, (Erişim Tarihi 27 Şubat 2016).

analizinde bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.<sup>9</sup> Söz konusu değişkenlerin her birinin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerinde etkili oldukları kabul edilmekle birlikte, emisyonlar üzerinde asıl belirleyici olan değişkenlerin özellikle ekonomik büyüme, enerji arzı, enerji tüketimi ve nüfus artışı olduğu ifade edilebilir.

Endüstriyel enerji talebinde ürün karmasında meydana gelen değişimleri analiz etmek için 1970’lerin sonlarına doğru indeks ayrıştırma metodu ilk kez kullanılmaya başlandı. O zamandan beri yeni birçok çalışma ve ayrıştırma metodu, enerji ile ilgili çevresel analizlerde kullanılmış ve geliştirilmiştir. 1990’larda ise karbondioksit emisyonundaki değişimi etkileyen faktörlerin analiz edilmesinde en sık başvurulan yöntem haline gelmiştir.

Karbondioksit emisyonundaki değişimi farklı birçok ülkede, farklı dönem verileri için, farklı yöntemler ve farklı ayrıştırma faktörleri kullanarak analiz eden çalışmalardan bazıları Ek 1’de özet olarak sunulmuştur.

Karbondioksit emisyonundaki değişim ve sektörel enerji kullanımı gibi konularda Türkiye üzerine yapılan bazı çalışmalardan da bahsetmek faydalı olacaktır. Wietze<sup>10</sup> karbondioksit emisyonundaki değişimlerin altında yatan faktörleri Türkiye örneğinde 1980-2003 datalarını kullanarak ayrıştırma metodu ile analiz etmektedir. Ayrıştırma faktörleri ölçek etkisi (*scale effect*), bileşim etkisi (*composition effect*), enerji yoğunluğu etkisi (*energy intensity effect*) ve karbon yoğunluğu etkisi (*carbon intensity effect*) olarak belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre karbondioksit emisyonundaki artışa en büyük etkiyi ölçek etkisi yapmaktadır. Karbon yoğunluğu ve ekonominin bileşimindeki değişim de yükselişte etkilidir. Enerji yoğunluğu ise emisyonlardaki azalıştan sorumludur.

Ediger ve Huvaz çalışması Türkiye ekonomisinde sektörel enerji kullanımını 1980-2000 dönemini baz alıp ayrıştırma metodu kullanarak analiz etmektedir.<sup>11</sup> Birincil enerji tüketimi ve GSYH arasında yakın ilişki olmasına rağmen, sonuçlar sektörel enerji kullanımında 1982, 1988-1989, 1994 ve 1998-2000 dönemleri boyunca önemli değişimler meydana geldiğini göstermektedir. Özellikle 1982’den sonra, Türkiye ekonomisindeki dönüşüm nedeniyle, enerji yoğunluğunun bazı sektörlerde daha az iyileştirilmiş olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Türkiye için yapılan çalışmalardan Tunç *et.al.* 1970-2006 döneminde karbondioksit emisyonunda meydana gelen değişimin kaynaklarını LMDİ’ya dayalı ayrıştırma analizi yaparak analiz etmeye çalışmaktadır.<sup>12</sup> Çalışmada ekonomi üç sektöre (tarım, sanayi ve hizmetler) ve bu sektörler tarafından kullanılan enerji kaynakları da dört gruba (katı yakıtlar, petrol, doğalgaz ve elektrik) ayrılmaktadır. Ayrıştırma faktörleri faaliyet etkisi, yapısal etki, yoğunluk etkisi, enerji bileşimi etkisi ve emisyon faktör etkisi olmak üzere beş grup olarak belirlenmiştir. Yapılan ampirik analizin sonucunda karbondioksit emisyonundaki değişimi belirleyici en temel faktörün ekonomik faaliyet olduğu bulunmuştur. Ayrıca Türkiye’nin bu dönemde birçok yapısal değişim geçirmiş olmasına rağmen yapısal etkinin önemli bir faktör olmadığı fakat yoğunluk etkisinin önemli bir faktör olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

9 Detaylı bilgi için bkz.Yuan Peng ve Cheng Shi, “Determinants of Carbon Emissions Growth in China: A Structural Decomposition Analysis”, *Energy Procedia*, Cilt 5, 2011, s.169-175 ; Susan Sunila Sharma, “Determinants of carbon dioxide emissions: Empirical evidence from 69 countries”, *Applied Energy*, Cilt 88, Sayı 1, 2011, s.376-382 ; Hiroki Iwata, Keisuke Okada ve Sovannroeun Samreth, “Empirical study on the determinants of CO2 emissions: Evidence from OECD countries”, *Applied Economics*, Cilt 44, Sayı 27, 2012, s.3513-3519 ; Clive Hamilton ve Hal Turton, “Determinants of emissions growth in OECD countries”, *Energy Policy*, Cilt 20, Sayı 1, 2002, s.63-71

10 Lise Wietze, “Decomposition of CO2 Emissions over 1980-2003 in Turkey”, *FEEM Working Paper No. 24.05*, 2005.

11 Volkan Ş. Ediger ve Özkan Havuz, “Examining the Sectoral Energy Use in Turkish Economy (1980–2000) with the help of Decomposition Analysis”, *Energy Conversion and Management*, Cilt 47, Sayı 6, 2006, s.732-745.

12 G. İpek Tunç, Serap Türüt Aşık ve Elif Akbostancı, “A Decomposition analysis of CO2 Emissions from Energy Use: Turkish Case”, *Energy Policy*, Cilt 37, 2009, s.4689-4699.

Akbostancı *et.al.* Türkiye’de imalat sanayinde karbondioksit emisyonundaki değişimi 1995-2001 periyodunu kapsayacak şekilde ayrıştırma analizi (LMDI) uygulayarak incelemiştir.<sup>13</sup> Çalışmada karbondioksit emisyonundaki değişimi beş ayrıştırma faktörü ile analize tabii tutmuştur. Bunlar faaliyetteki değişim, faaliyet yapısı, sektörel enerji yoğunluğu, sektörel enerji bileşimi ve emisyon faktörleridir. Çalışmanın kapsadığı zaman aralığı boyunca endüstriyel faaliyetlerdeki ve enerji yoğunluğundaki değişimin, karbondioksit emisyonundaki değişimi belirleyen başlıca faktörler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca kullanılan yakıtlar açısından bu değişime etki eden birincil faktörün kömür olduğu gösterilmiştir.

## Ampirik Analiz

Seragazi emisyonunu belirleyen değişkenlerin etkilerini analiz etmenin farklı birçok yöntemi mevcuttur. Bu yöntemlerin başında gelen ayrıştırma tekniğini Hoekstra ve van den Bergh iki ana başlık altında toplamıştır: İndeks Ayrıştırma Analizi (*Index Decomposition Analysis-IDA*) ve Yapısal Ayrıştırma Analizi (*Structural Decomposition Analysis-SDA*).<sup>14</sup> İki yöntem de ekonomik büyümenin, sektörel değişimlerin ve teknolojik gelişmelerin, çevre ve sosyoekonomik göstergeler üzerindeki etkilerini değerlendirmede kullanılmaktadır.

Uygulanabilmesi için girdi-çıkı tablolarını gerektiren yapısal ayrıştırma analizi, Türkiye’nin güncel olmayan girdi-çıkı tabloları nedeniyle bu çalışmada tercih edilmemiştir. Bu çalışmada uygulanabilirlik, kolaylık ve verinin mevcut olması sebepleriyle indeks ayrıştırma analizi kullanılacak olup, bu bölümde ilgili yöntemin açıklamasına yer verilecektir.

Ang’e göre indeks ayrıştırma analizi temel olarak iki farklı metoda ayrılmaktadır: Divisia İndeks ve Laspeyres İndeks.<sup>15</sup> Bugüne kadar yapılan çalışmalarda hangi yöntemin tercih edilmesi gerektiği konusunda kesin bir anlaşma sağlanamamıştır. Yöntem seçiminde genellikle araştırmacılar dört önemli faktörü göz önüne almaktadır. Teorik bulgular, uygulanabilirlik (data ve problem), kullanım kolaylığı ile dördüncü ve sonuncu olarak kavrama kolaylığı ve sonuç sunumu bunlar arasında sayılabilir.

Her iki metot da matematiksel olarak toplamsal (*additive*) veya çarpımsal (*multiplicative*) kalıpta ifade edilebilmektedir. Toplamsal durumda fark (*difference*), çarpımsal durumda ise oransal (*ratio*) değişim ayrıştırılmaktadır. Başlangıç yılından (0), cari yıla (T) kadar enerji yoğunluğu (I)ndaki oransal değişim  $D_{tot} = I^t / I^0$  çarpımsal ayrıştırma kalıbı ile  $D_{tot} = D_{str} D_{int} D_{rsd}$  olarak gösterilmektedir. Aynı şekilde enerji yoğunluğundaki fark değişimi  $\Delta I_{tot} = I^t - I^0$  toplamsal ayrıştırma kalıbı ile  $\Delta I_{tot} = \Delta I_{str} + \Delta I_{int} + \Delta I_{rsd}$  olarak gösterilmektedir. Alt indiste yer alan *str* yapısal değişimi (*structural change*), *int* yoğunluğu (*intensity*) ve *rsd* hata terimini (*residual terms*) simgelemek üzere  $D_{str}$  ve  $\Delta I_{str}$  yapısal değişim ile ilgili tahmin edilen etkiyi  $D_{int}$  ve  $\Delta I_{int}$  sektörel enerji yoğunluğu değişimi ile ilgili tahmin edilen etkiyi  $D_{rsd}$  ve  $\Delta I_{rsd}$  sırasıyla çarpımsal ve toplamsal formlar için hata terimlerini ifade etmektedir. Sonuçların kolay ve anlaşılır yorumlanabilmesi açısından bu çalışmada, toplamsal kalıp tercih edilmiştir.

13 Elif Akbostancı, Gül İpek Tunç ve Serap Türüt Aşık, “CO2 Emissions of Turkish Manufacturing Industry: A Decomposition Analysis”, *Applied Energy*, Cilt 88, s.2273-2278.

14 Rutger Hoekstra ve Jeroen C. J. M. van den Bergh, “Comparing Structural and Index Decomposition Analysis”, *Energy Economics*, Cilt 25, 2003, s.39-64.

15 Beng Wah Ang, “Decomposition Analysis for Policymaking in Energy: Which is Preferred Method”, *Energy Policy*, Cilt 32, 2004, s.1131-1139.

Hem toplamsal hem çarpımsal formda iki indeks kalıbı kullanılabilir. Bunlar LMDI (*Log Mean Divisia Index*) ve AMDI (*Arithmetic Mean Divisia Index*)’dir. LMDI genel kullanım için önerilmektedir. LMDI logaritmik ortalama ağırlık fonksiyonu, AMDI ise aritmetik ortalama ağırlık fonksiyonu kullanılmaktadır. AMDI bazı durumlarda geniş hata terimi verebilmektedir. Faktör çevirimi testinde (*factor-reversal test*) başarısızdır. Aynı zamanda data setinde 0 (sıfır) değeri içeriliyorsa analizde yetersiz kalmaktadır. Oysa LMDI analizinde sonuçta açıklanamayan bir hata terimi kalmamaktadır. Ayrıca data setinde sıfır olması durumunda bu değer küçük pozitif bir sayı ile değiştirildiğinde LMDI’ın yakınsama gösterdiği izlenmektedir. Fakat AMDI’ın böyle bir özelliği bulunmamaktadır.<sup>16</sup>

Ang ve Liu<sup>17</sup> çalışmasında çarpımsal form, Ang *et.al.*<sup>18</sup> çalışmasında ise toplamsal form için ayrıştırma formülleri ayrıntılı bir şekilde verilmektedir.

Genellikle önerilen Laspeyres İndeks ve Divisia İndeks, uygulamalarda iki büyük soruna işaret etmektedir. Birinci problem ayrıştırma sonuçlarında hata (*residual*) ortaya çıkması; ikincisi ise veri setinde sıfır değeri ile karşı karşıya kalınması durumunda sorunla karşılaşılması. Bu sorunların üstesinden gelmek için Ang ve Choi logaritmik ortalama ağırlık fonksiyonu kullanılan yeni bir Divisia Index metodu önermektedir.<sup>19</sup> İlgili çalışma toplulaştırıcı indeks (*aggregate index*) ayrıştırmasına dayanmaktadır.

Ang *et.al.* endüstriyel enerji talebi ve emisyonlarda meydana gelen değişimleri analiz etmek için ayrıştırma metodu uygulanmaktadır.<sup>20</sup> Aynı zamanda da Ang ve Choi çalışmasını genişleterek farksal nicelik (*differential quantity*) ayrıştırmaya dayalı yeni bir Divisia İndeks metodu önermektedir.

Ang çeşitli indeks ayrıştırma analiz metodlarını karşılaştırarak LMDI’ın tercih edilen yöntem olduğunu özetlemektedir.<sup>21</sup> LMDI denklemlerinin anlaşılması için araştırmacılara kılavuz olarak hazırlanan bu çalışmada yöntem çeşitli durumlar üzerinden anlatılmaktadır. Karbondioksit emisyonundaki değişimin ele alındığı bir durumda bu değişimdeki değişimi etkileyen beş farklı faktör bulunmaktadır: Kapsamlı endüstriyel faaliyet (*activity effect*), endüstriyel faaliyet bileşimi (*structure effect*), sektörel enerji yoğunluğu (*intensity effect*), sektörel enerji bileşimi (*energy-mix effect*) ve karbondioksit emisyonu faktörleri (*emission-factor effect*).

$$C = \sum_{ij} C_{ij} = \sum_{ij} Q \frac{Q_i E_i E_{ij} C_{ij}}{Q Q_i E_i E_{ij}} = \sum_{ij} Q S_i I_i M_{ij} U_{ij} \quad (1)$$

Denklemlerde yer alan C toplam karbondioksit emisyonunu,  $C_{ij}$  i sektöründe j yakıtından kaynaklanan karbondioksit emisyonunu,  $E_i$  ( $= \sum_j E_{ij}$ ) toplam yakıt tüketimini,  $E_{ij}$  i sektöründe j yakıtı tüketimini,  $M_{ij}$  ( $= E_{ij}/E_i$ ) yakıt bileşimi değişkenini,  $U_{ij}$  ( $= C_{ij}/E_{ij}$ ) karbondioksit emisyonu faktörlerini simgelemektedir.

$$\Delta C_{tot} = C^T - C^0 = \Delta C_{act} + \Delta C_{str} + \Delta C_{int} + \Delta C_{mix} + \Delta C_{emf} \quad (2)$$

16 Ibid., p.1134-1135.

17 Beng W. Ang ve Felix Liu, “A New Energy Decomposition Method: Perfect in Decomposition and Consistent in Aggregation”, *Energy*, Cilt 26, 2001, s.537-548.

18 Beng W. Ang, Fusuo Zhang ve Ki-Hong Choi, “Factorizing Changes in Energy and Environmental Indicators through Decomposition”, *Energy*, Cilt 23, 6, 1998, s.489-495.

19 Beng W. Ang ve Ki-Hoi Choi, “Decomposition of Aggregate Energy and Gas Emission Intensities for Industry: A Refined Divisia Index Method”, *The Energy Journal*, Cilt 18, Sayı 3, 1997, s.59-73.

20 Ibid.

21 Beng W. Ang, “The LMDI Approach to Decomposition Analysis: A Practical Guide”, *Energy Policy*, Cilt 33, 2005, s.867-871.

Denklem 2'de toplamsal formda ayrıştırma verilmek üzere, act, str, int, mix ve emf sırasıyla toplam faaliyet, faaliyet yapısı, sektörel enerji yoğunluğu, sektörel enerji bileşimi ve emisyon faktörlerini ifade etmektedir.

Denklem 1 ve denklem 2'ye göre karbondioksit emisyonundaki değişimi ayrıştırmak için kullanılan LMDI formülleri şu şekilde özetlenebilir:

$$\Delta C_{act} = \sum_{ij} \frac{c_{ij}^T - c_{ij}^0}{\ln c_{ij}^T - \ln c_{ij}^0} \ln \left( \frac{Q^T}{Q^0} \right) \quad (3)$$

$$\Delta C_{str} = \sum_{ij} \frac{c_{ij}^T - c_{ij}^0}{\ln c_{ij}^T - \ln c_{ij}^0} \ln \left( \frac{S_i^T}{S_i^0} \right) \quad (4)$$

$$\Delta C_{int} = \sum_{ij} \frac{c_{ij}^T - c_{ij}^0}{\ln c_{ij}^T - \ln c_{ij}^0} \ln \left( \frac{I_i^T}{I_i^0} \right) \quad (5)$$

$$\Delta C_{mix} = \sum_{ij} \frac{c_{ij}^T - c_{ij}^0}{\ln c_{ij}^T - \ln c_{ij}^0} \ln \left( \frac{M_{ij}^T}{M_{ij}^0} \right) \quad (6)$$

$$\Delta C_{emf} = \sum_{ij} \frac{c_{ij}^T - c_{ij}^0}{\ln c_{ij}^T - \ln c_{ij}^0} \ln \left( \frac{U_{ij}^T}{U_{ij}^0} \right) \quad (7)$$

Bu çalışmada seragazı emisyonundaki sektörel değişimlerin analiz edilmesinde, denklemleri yukarıda gösterilen ve tam ayrıştırma yöntemi (*perfect decomposition*) olan toplamsal formda LMDI yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem, bağımlı değişkende meydana gelen değişimin ayrıştırılmasında hata terimi (*residual term*) üretmemektedir.

## Model ve Veri Seti

Bu çalışmada Türkiye'de sanayi ve tarım sektörlerinin seragazı emisyonundaki değişime neden olan faktörlerin belirlenmesinde ve belirlenen bu faktörlerin değişime katkılarının tek tek ölçülmesinde kullanılacak olan yöntem LMDI tabanlı ayrıştırma analizidir. LMDI analizi denklemleri ise IPAT/ Kaya Identity temel alınarak oluşturulmuştur.

*GHG* toplam seragazı emisyonu, *GHG<sub>i</sub>* i sektöründe seragazı emisyonu, *TEC<sub>i</sub>* i sektöründe toplam enerji tüketimi, *TO* gayri safi yurtiçi hasıla, *TO<sub>i</sub>* i sektöründe toplam çıktıyı simgelemek üzere seragazı emisyonu dört ayrıştırma faktörü aracılığı ile açıklanabilir:

$$\sum_i GHG_i = \sum_i \frac{GHG_i}{TEC_i} \frac{TEC_i}{TO_i} \frac{TO_i}{TO} TO \quad (8)$$

Denklem 8'de görülen bu dört ayrıştırma faktörü sırasıyla emisyon-faktör etkisi (*emission-factor effect*)  $\left( \frac{GHG_i}{TEC_i} \right)$ , yoğunluk etkisi (*intensity effect*)  $\left( \frac{TEC_i}{TO_i} \right)$ , yapısal etki (*structure effect*)  $\left( \frac{TO_i}{TO} \right)$  ve faaliyet etkisi (*activity effect*) (*TO*) olarak adlandırılmaktadır. Emisyon-faktör etkisi sektörel enerji tüketimi başına seragazı emisyonundaki değişimi; yoğunluk etkisi sektörün yaratmış olduğu katma değer başına kullanılan enerji tüketimindeki değişimi; yapısal etki gayri safi yurtiçi hâsıla içerisinde sektörün katma

değer payındaki değişimi ve faaliyet etkisi gayri safi yurtiçi hasıladaki değişimi gösteren faktörlerdir. Analiz için kullanılacak olan verilerin kısaltmaları ve kaynakları Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2** Veri Kaynakları

Kısaltmalar	Kullanılan Veri	Veri Kaynağı
GHG	Sektörlere göre toplam seragazı emisyonları (CO2 eşdeğeri, Milyon Ton)	TÜİK
TEC	Sektörlere göre toplam enerji tüketimi (Bin TEP)	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TO <sub>i</sub>	i sektörünün katma değeri (gayri safi yurtiçi hasılanın yüzdesi)	Dünya Bankası
TO	Gayri safi yurtiçi hasıla (Sabit 2005, US\$)	Dünya Bankası

Tablo 2’de kaynakları gösterilen veriler kullanılarak Denklem 1’de yer alan seriler oluşturulmuştur. Seriler denklemde yer aldığı sırasıyla E, I, S ve A olarak kısaltılmıştır. Dolayısıyla denklem 1,  $\sum_i GHG_i = \sum_i E.I.S.A$  haline gelmiştir.

### **Ampirik Bulgular**

Bu çalışmada Türkiye’de sanayi ve tarım sektörlerinde 1990-2014 yılları arasında meydana gelen seragazı emisyonundaki değişimi ayrıştırmak için kullanılan LMDI formülleri aşağıdaki şekildedir:

$$\Delta GHG_{i,emf} = \sum_i \frac{GHG_i^T - GHG_i^{T-1}}{\ln GHG_i^T - \ln GHG_i^{T-1}} \ln \left( \frac{E_i^T}{E_i^{T-1}} \right) \quad (9)$$

$$\Delta GHG_{i,int} = \sum_i \frac{GHG_i^T - GHG_i^{T-1}}{\ln GHG_i^T - \ln GHG_i^{T-1}} \ln \left( \frac{I_i^T}{I_i^{T-1}} \right) \quad (10)$$

$$\Delta GHG_{i,str} = \sum_i \frac{GHG_i^T - GHG_i^{T-1}}{\ln GHG_i^T - \ln GHG_i^{T-1}} \ln \left( \frac{S_i^T}{S_i^{T-1}} \right) \quad (11)$$

$$\Delta GHG_{i,act} = \sum_i \frac{GHG_i^T - GHG_i^{T-1}}{\ln GHG_i^T - \ln GHG_i^{T-1}} \ln \left( \frac{A^T}{A^{T-1}} \right) \quad (12)$$

Toplamsal formda ayrıştırma denklemi ise şu şekilde gösterilebilir:

$$\Delta GHG_{tot} = \Delta GHG_{emf} + \Delta GHG_{int} + \Delta GHG_{str} + \Delta GHG_{act} \quad (13)$$

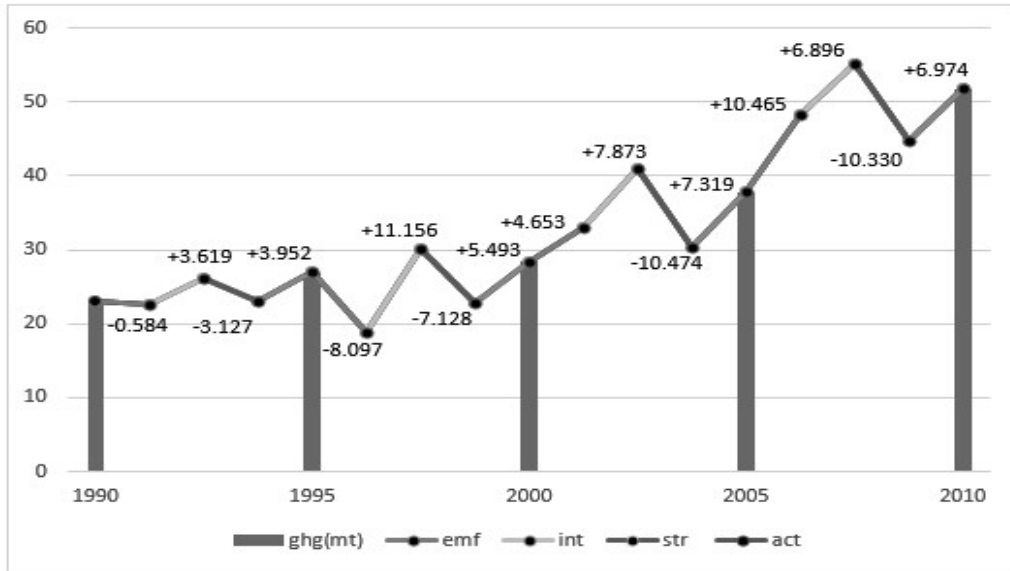
Denklem 13’de görülen *emf*, *int*, *str* ve *act* sırasıyla, emisyon-faktör etkisi (*emission-factor effect*), yoğunluk etkisi (*intensity effect*), yapısal etki (*structure effect*) ve faaliyet etkisi (*activity effect*) ayrıştırma faktörlerini temsil etmektedir.

Aşağıdaki tabloda 1990-2010 dönemi için beşer yıllık etkiler ve 2011-2014 dönemi için yıllık etkiler sunulmuştur.

**Tablo 3** Beşer Yıllık ve Yıllık Etkilere İlişkin Analiz Sonuçları

Dönemler	$\Delta GHG_{emf}$		$\Delta GHG_{int}$		$\Delta GHG_{str}$		$\Delta GHG_{act}$		$\Delta GHG_{tot}$	
	Sanayi	Tarım	Sanayi	Tarım	Sanayi	Tarım	Sanayi	Tarım	Sanayi	Tarım
1990-1995	-0.58	-12.28	3.61	15.08	-3.12	-10.65	3.95	6.40	3.86	-1.45
1995-2000	-8.09	-7.43	11.15	21.79	-7.12	-22.36	5.49	7.87	1.42	-0.12
2000-2005	4.65	-5.16	7.87	5.26	-10.47	-10.44	7.31	8.63	9.37	-1.71
2005-2010	10.46	-14.65	6.89	21.16	-10.33	-11.17	6.97	6.06	14.00	1.39
2011	6.08	-3.20	-1.84	6.90	-2.41	-5.33	4.62	3.38	6.44	1.74
2012	5.08	51.78	0.88	-46.28	-3.06	-1.71	1.26	0.91	4.17	4.69
2013	1.28	11.83	-0.34	-5.45	-2.71	-4.77	2.58	1.95	0.80	3.55
2014	3.08	-7.17	-4.66	9.30	-0.63	-3.34	1.81	1.42	-0.40	0.20

Analiz sonuçları incelendiğinde; Türkiye’de 1990-2014 arası dönemde sanayi ve tarım sektörlerinde seragazi emisyonlarındaki değişimi etkileyen en baskın ayrıştırma faktörün “yoğunluk etkisi” olduğu görülmektedir.

**Şekil 3** Sanayi Sektöründe Dönemler İtibariyle Etkilerin Gelişimi

Türkiye’nin 1990 yılında 23,12 mt olan sanayi sektörü seragazi emisyonu 1995 yılına gelindiğinde 26,98 mt seviyesine ulaşmıştır. Bu süre zarfında sanayi sektöründe oluşan emisyon artışına yoğunluk etkisi ve faaliyet etkisi pozitif katkı sağlarken, emisyon-faktör etkisi ve yapısal etkisi emisyonu azaltıcı yönde etki yapmıştır.

2000 yılında Türkiye’nin sanayi sektörü seragazı emisyonu 1995 yılına göre %5,2 artış göstererek 28,41 mt seviyesine yükselmiştir. 1995-2000 arası dönemde de emisyon-faktör etkisi ve yapısal etki emisyonları azaltıcı yönde etki yapmışken, yoğunluk etkisi ve yapısal etki sanayi sektörü emisyonlarını arttırıcı etki yapmışlardır.

Türkiye’de 2005 yılında sanayi sektörünün seragazı emisyonu düzeyi 37,78 mt düzeyindedir. 1990-2000 arası dönemde sanayi sektörü emisyonlarını azaltıcı yönde etki yapan emisyon-faktör etkisinin, 2000-2005 döneminde emisyonları arttırıcı yönde çalışmaya başladığı görülmektedir. Söz konusu dönemde sanayi sektörü seragazı emisyonlarını azaltıcı tek faktör yapısal etki faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır.

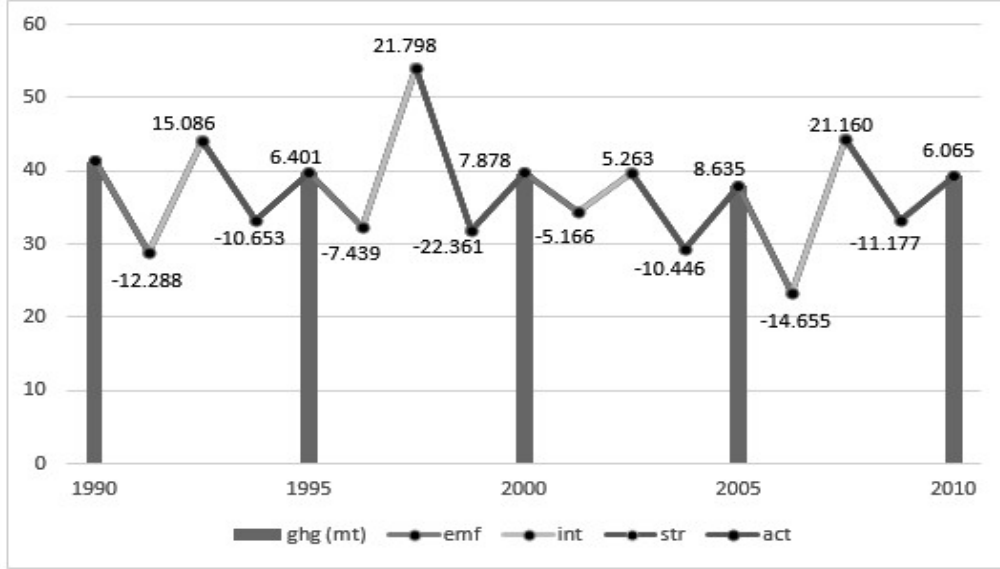
2010 yılına gelindiğinde Türkiye’nin sanayi sektörü seragazı emisyon miktarı 51,78 mt düzeyine ulaşmıştır. Bu artışa, 2000-2005 döneminde olduğu gibi; emisyon-faktör etkisi, yoğunluk etkisi ve faaliyet etki pozitif katkı sağlarken, yapısal etki emisyonları azaltıcı yönde katkı yapmıştır.

Analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde üç önemli gelişme karşımıza çıkmaktadır. İlk olarak; emisyon-faktör etkisi 1990-1995 ve 1995-2000 dönemlerinde sanayi sektörü seragazı emisyonlarını azaltıcı yönde katkı yaparken, 2000-2005 ve 2005-2010 dönemlerinde emisyonları arttırıcı yönde etki yapmıştır. Özellikle 2005-2010 döneminde, emisyon-faktör etkisinin seragazı emisyon değişimine yapmış olduğu pozitif katkı bir önceki döneme göre 2 kat artmıştır. İkinci önemli gelişme; 1995 yılından itibaren, enerji yoğunluğu etkisinin sanayi sektörü seragazı emisyonlarını arttırıcı etkisinin giderek azalmaya başlamasıdır. 1995-2010 yılları arasında yoğunluk etkisi emisyonları sürekli olarak arttırıcı yönde etki yapmış fakat emisyonları arttırıcı gücünün sürekli olarak azaldığı görülmektedir. Bu durum; Türkiye’de sanayi sektöründe enerji yoğunluğu bağlamında olumlu gelişmelerin ortaya çıktığının göstergesi olarak kabul edilebilir. Üçüncü önemli gelişme ise; 1990-2010 döneminde sanayi sektörü seragazı emisyon artışlarına azaltıcı yönde katkı yapan yapısal etkinin, bu katkı gücünün sürekli olarak artmasıdır. Bu bağlamda, yapısal etkinin, emisyon artışlarını sınırlandırıcı gücünün sürekli olarak yükseldiği ifade edebilir.

Türkiye’nin tarım sektörü kaynaklı seragazı emisyon miktarı 1990 yılında 41,2 mt iken 2010 yılında %4,6 oranında bir azalma göstererek 39,2 mt seviyesine gerilemiştir. İlgili dönemde tarımsal seragazı emisyon miktarında çok ciddi değişmelerin olmadığı Şekil 7’den de açıkça görülmektedir.

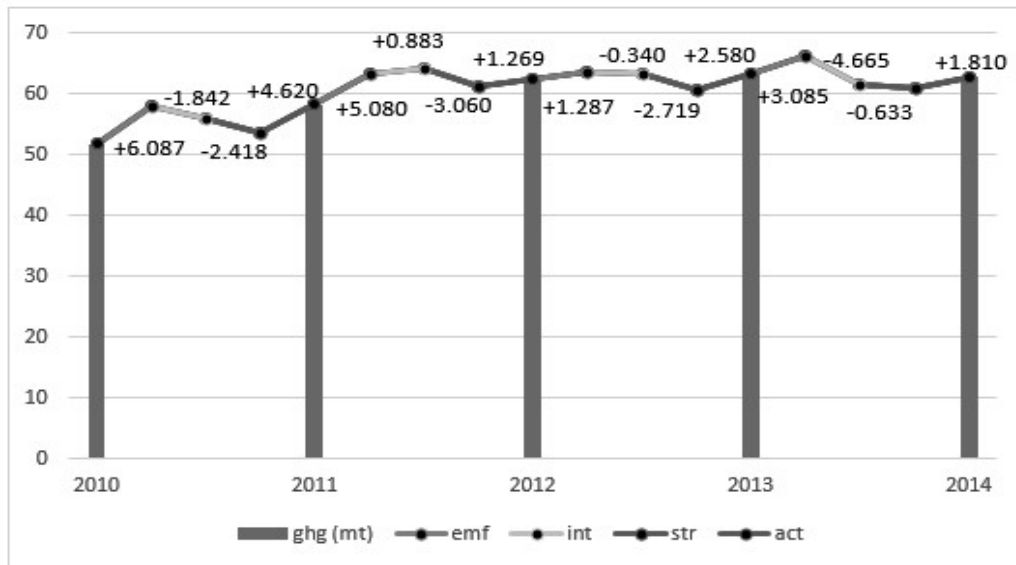
Türkiye’nin 1990 yılında 41,2 mt olan tarımsal seragazı emisyonu, 1995 yılında 39,7 mt düzeyine gerilemiştir. Bu gerilemeye katkı yapan en önemli etken emisyon-faktör etkisi olarak karşımıza çıkmaktadır. 2000 yılına gelindiğinde Türkiye’de tarımsal seragazı emisyon düzeyi 1995 yılına göre hemen hemen hiç değişme göstermeyerek 39,6 mt olarak gerçekleşmiştir. 1995-2000 döneminde enerji yoğunluğu etkisi emisyon değişimine pozitif olarak ciddi bir katkı yapmış fakat bu katkı yapısal etki tarafından absorbe edilmiştir. 2005 yılına gelindiğinde tarımsal seragazı emisyon miktarı 37,9 mt seviyesine gerilemiştir. Bu azalmada yapısal etkinin payının oldukça büyük olduğu görülmektedir. 2010 yılında tarımsal seragazı emisyon miktarı ise 39,3 mt olarak gerçekleşmiştir. 2005-2010 yılları arasında emisyon değişimine enerji yoğunluğu etkisi ciddi bir pozitif katkı sağlamışken, bu pozitif katkının emisyon-faktör etkisi ve yapısal etki tarafından nötrale edildiği görülmektedir.

Şekil 4 Tarım Sektöründe Dönemler İtibariyle Etkilerin Gelişimi



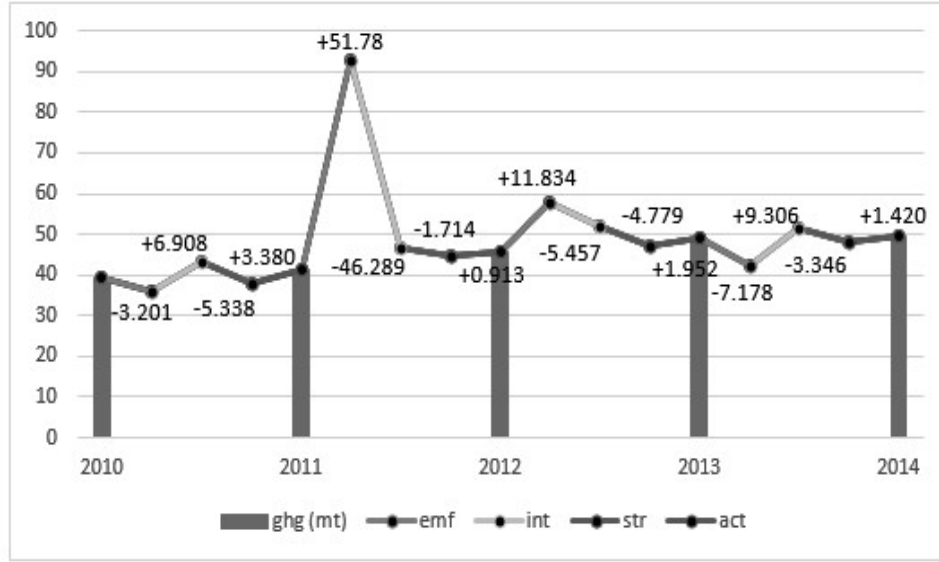
Analiz sonuçlarında dikkat çeken bir gelişme, 1990-2010 dönemi boyunca tüm faktörlerin emisyonlarda ortaya çıkan %4,6'lık azalmaya aynı yönde katkı yapmalarıdır. Emisyon-faktör etkisi ve yapısal etki sürekli olarak azalma yönünde katkı yapmışken, yoğunluk etkisi ve faaliyet etkisinin tarımsal seragazi emisyonlarını arttırıcı yönde katkı yaptığı görülmektedir. 1990-2010 döneminde faaliyet etkisinin tarımsal seragazi emisyon artışlarına yaptığı pozitif katkının ise neredeyse hiç değişmediği analiz sonuçlarından görülmektedir. 1990-2010 döneminde Türkiye'de tarımsal seragazi emisyonu değişimine artış yönünde katkı yapan en büyük etki yoğunluk etkisi iken, emisyon değişimine azaltıcı yönde katkı yapan en önemli etkinin ise yapısal etki olduğu söylenebilir.

Şekil 5 Sanayi Sektöründe Yıllık Etkilerin Değişimi (2010-2014)



Türkiye’de 2010-2014 arası dönemde sanayi sektöründeki seragazı emisyon miktarının sürekli olarak arttığı görülmektedir. 2010 yılında 51,7 mt olan emisyon düzeyi, ilerleyen yıllarda sırasıyla 58,2 mt, 62,4 mt, 63,2 mt ve 62,8 mt olarak gerçekleşmiştir. 2010-2014 döneminde oluşan bu emisyon artışına katkı yapan en büyük etkinin emisyon-faktör etkisi olduğu görülmektedir. İlgili dönemde emisyon-faktör etkisi ile faaliyet etkisi seragazı emisyon değişimine sürekli olarak pozitif katkılar yapmıştır. Bunun yanında; 1990-2010 dönemi içerisinde seragazı emisyonu değişimine pozitif katkısı sürekli olarak azalan enerji yoğunluğu etkisinin 2010-2014 dönemi içerisinde özellikle de 2013-2014 yılları arasında büyük oranda seragazı emisyonu değişimine azalma yönünde etki yaptığı açıkça ortaya çıkmaktadır.

Şekil 6 Tarım Sektöründe Yıllık Etkilerin Değişimi (2010-2014)



Türkiye'nin 2010 yılında 39,3 mt olan tarımsal seragazı emisyon miktarı 2011 yılında 41 mt, 2012 yılında 45,7 mt, 2013 yılında 49,3 mt ve 2014 yılında ise 49,5 mt seviyesine ulaşmıştır. 2010-2014 döneminde tarımsal seragazı emisyonlarındaki artış oranı %25 düzeyindedir. Bu oran, dört yıllık bir zaman dilimi için oldukça yüksek bir artış oranıdır. Sektörel emisyon değişiminde yaşanan bu önemli artışın detaylarına bakıldığında; değişime pozitif katkı yapan en önemli unsurun emisyon-faktör etkisi olduğu görülmektedir. Bu etkinin tarımsal seragazı emisyonuna olan pozitif katkısı özellikle 2011-2012 yılları arasında ciddi büyüklüğe ulaşmış fakat bu pozitif katkının büyük bir kısmı enerji yoğunluğu etkisi tarafından absorbe edilmiştir. 2012-2013 yılları arasında da tarımsal seragazı emisyonu artışında emisyon-faktör etkisinin katkısı oldukça önemlidir. Yapısal etki, 1990-2010 döneminde olduğu gibi seragazı emisyonu değişimine negatif katkılar yaparken, faaliyet etkisi pozitif katkı yapmıştır.

## Sonuç

Çalışmada, 1990-2014 döneminde Türkiye’de sanayi ve tarım sektörlerindeki seragazı emisyonunda ortaya çıkan değişim, “Tam Ayrıştırma Yöntemi” olan LMDI Metodu ile analiz edilmiştir. Bu yöntem, seragazı emisyonundaki değişimleri, emisyonu etkileyen faktörler olarak belirlenen emisyon-faktör

etkisi, yoğunluk etkisi, yapısal etki ve faaliyet etkilerine sektörel bazda ayrıştırmayı olanaklı kılmaktadır.

Gelişmekte olan bir ülke konumunda olması ve ekonomik büyüme süreçleri nedeniyle Türkiye, yüksek miktarda enerji talep etmekte ve yoğun bir fosil yakıt tüketimi gerçekleştirmektedir. Sektörel açıdan incelendiğinde en yüksek seragazı salımında bulunan sektör sanayi sektörüdür. Analiz sonuçlarına göre sanayi sektöründeki bu emisyon değişiminin ana belirleyicisi olan yoğunluk etkisi, sektörün yarattığı katma değer başına enerji tüketimine işaret etmektedir.

Analiz sonuçları, Türkiye’de 1990-2014 yılları arasında, sanayi ve tarım sektörlerinde seragazı emisyonundaki değişimin temel belirleyicisinin “yoğunluk etkisi” olduğunu göstermektedir. Nitekim; 1990-2010 dönemi için yapılan analizlerde, enerji yoğunluğu etkisinin her alt dönemde tarım ve sanayi sektörlerindeki seragazı emisyonu değişimine pozitif katkıları yaptığı ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, 1995-2010 yılları arasında enerji yoğunluğu etkisinin seragazı emisyonunu artırıcı gücünün sürekli olarak azaldığı görülmüştür. 2010-2014 yıllarını kapsayan dönemde ise, sanayi sektöründe enerji yoğunluğu etkisinin 2011-2012 yılları arasında seragazı emisyonu değişimine küçük bir pozitif katkı yaptığı, diğer yıllarda ise sürekli olarak negatif etki yaptığı görülmektedir. Sanayi sektöründe enerji yoğunluğu etkisinin seragazı değişimine yapmış olduğu negatif katkı ise 2013-2014 yılları arasında en büyük değerine ulaşmıştır. Nitekim 2014 yılında Türkiye’nin sanayi sektörü seragazı emisyonu bir önceki yıla göre %0,6 düzeyinde azalmıştır. Bu azalma, 2013-2014 arasında enerji yoğunluğu etkisinin seragazı emisyonu değişimine negatif katkı yapmasından kaynaklanmaktadır. Sanayi sektöründeki enerji yoğunluğu etkisinin Türkiye’de 1990-2014 yılları arasında göstermiş olduğu bu değişim üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Söz konusu etkide ortaya çıkan bu olumlu gelişme, Türkiye’nin sanayi sektöründe birim çıktı üretiminde kullanmış olduğu enerji düzeyinin düşmeye başladığını yani enerjinin daha verimli bir şekilde kullanıldığı anlamına gelmektedir.

Analiz sonuçlarında üzerinde durulması gereken noktalardan biri ise, sanayi sektöründe 2000 yılından itibaren emisyon-faktör etkisinin seragazı emisyon değişimlerine sürekli olarak pozitif yönde katkı yapmasıdır. Bu etkinin pozitif değere sahip olması, tüketilen birim enerji başına seragazı emisyonunun yükseldiği anlamına gelmektedir. Türkiye’nin 2000 yılında 28,4 mt olan sanayi sektörü seragazı emisyonu 2014 yılına geldiğinde 62,8 mt düzeyine ulaşmıştır. Bu artış, emisyon-faktör etkisinin sürekli olarak pozitif katkı yapmasıyla açıklanabilmektedir.

Çalışmada öne çıkan bir diğer sonuç ise Türkiye’de 1990-2010 yılı arasındaki dönemde, ekonomik büyüme ve seragazı emisyonları arasında aynı yönlü gerçekleşen bir değişimin görülmesidir. Ancak 2010 yılından sonra ise; Türkiye’de ekonomik büyüme rakamlarında ortaya çıkan oransal artış seragazı emisyonunda oluşan oransal artıştan daha büyük olmaya başlamış ve bu iki değişken arasında bir ayrışma yaşanmaya başlamıştır. Türkiye’de enerji talebinin gayri safi yurtiçi hâsıla büyümesinden daha fazla arttığı görülmektedir. Seragazı emisyonlarındaki artış ise enerji talebindeki artıştan daha düşüktür. Böylesi bir durum, Türkiye’de artmakta olan enerji talebinin karbon salımı olmayan enerji kaynaklarından yani güneş, rüzgar gibi yenilenebilir kaynaklardan karşılanmaya başladığının bir göstergesidir. Türkiye’de yakın dönemde yenilenebilir enerji konusunda yasal düzenlemelerin hızlandırılmış olması ve bu alandaki yatırımlarının artış göstermesi bu durumun oluşmasında önemli role sahiptir. Böylesi bir olumlu gelişme, son dönemlerde odaklanılan yenilenebilir enerji üretimi politikalarının devam ettirilmesi durumunda seragazı emisyonlarını azaltmaya yönelik güçlü sonuçlar doğuracağına da göstergesi konumundadır.

Enerji yoğunluğu etkisi, Türkiye’nin seragazı emisyonlarını azaltmada üzerinde önemle durması gereken unsurlardan biridir. Analiz sonuçları göstermektedir ki; Türkiye’de 1990-2014 arası dönemde seragazı emisyonlarındaki artışa katkı yapan en önemli etken enerji yoğunluğu etkisidir. Diğer taraftan bu etkinin, özellikle sanayi sektöründe seragazı emisyonlarına yapmış olduğu pozitif katkının büyüklüğü giderek azalmaktadır. Sanayi sektöründe enerji yoğunluğunda yaşanan bu olumlu gelişmenin devamının sağlanması durumunda, seragazı emisyonlarının daha düşük artış oranına sahip olması nedeniyle, emisyonların mutlak olarak azaltılması mümkün olabilecektir. Gerçekleştirilen ekonomik büyüme rakamlarına rağmen enerji yoğunluğu azaltılabilirse emisyonlara ciddi anlamda sınırlama getirilebilecektir. Böylelikle Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nin 2. Maddesinde yer alan temel hedefi sağlamaya yönelik olarak niyet edilen ulusal katkı (INDC) hedeflerine ulaşması mümkün olabilecek, 2021-2030 yılları arasında seragazı emisyonlarını %21 oranında azaltması mümkün olabilecektir. Bu sayede Türkiye’nin uluslararası piyasa mekanizmalarından faydalanabilmesi yönünde de büyük bir adım atılmış olacaktır.

## Kaynakça

- Akbostancı, Elif, Gül İpek Tunç ve Serap Türüt Aşık. "CO2 Emissions of Turkish Manufacturing Industry: A Decomposition Analysis", *Applied Energy*, Cilt 88, 2011, s.2273-2278.
- Andreoni, Valeria ve Stefano Galmarini. "Decoupling Economic Growth From Carbon Dioxide Emissions: A Decomposition Analysis of Italian Energy Consumption", *Energy*, Cilt 44, 2012, s.682-691.
- Ang, Beng W. "Decomposition analysis for policymaking in energy: Which is preferred method", *Energy Policy*, Cilt 32, 2004, s.1131-1139.
- Ang, Beng W. "The LMDI Approach to Decomposition Analysis: A Practical Guide", *Energy Policy*, Cilt 33, 2005, s.867-871.
- Ang, Beng W. ve Felix. Liu, "A New Energy Decomposition Method: Perfect in Decomposition and Consistent in Aggregation", *Energy*, Cilt 26, 2001, s.537-548.
- Ang, Beng W., Fusuo Zhang ve Ki-Hong Choi, "Factorizing Changes in Energy and Environmental Indicators through Decomposition", *Energy*, Cilt 23, Sayı 6, 1998, s.489-495.
- Ang, Beng W. ve Ki-Hong Choi, "Decomposition of Aggregate Energy and Gas Emission Intensities for Industry: A Refined Divisia Index Method", *The Energy Journal*, Cilt 18, Sayı 3, 1997, s.59-73.
- Boden, Thomas A. Gregg Marland ve Robert J. Andres. "Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center", *Oak Ridge National Laboratory*, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A, doi 10.3334/CDIAC/00001\_V2010, 2010.
- Brundtland, Gro Harlem "Our Common Future", World Commission on Environment and Development, Oxford, *Oxford University Press*, 1987.
- Casler, Stephen D. ve Adam Rose. "Carbon Dioxide Emissions in the US Economy: A Structural Decomposition Analysis", *Environmental and Resource Economics*, Cilt 11, Sayı 3-4, 1998, s.349-363.
- De Freitas, Luciano Charlita ve Shinji Kaneko. "Decomposition of CO2 Emissions Change From Energy Consumption in Brazil: Challenges and Policy Implications", *Energy Policy*, Cilt 39, 2011, s.1495-1504.
- Ediger, Volkan Ş. ve Özkan Havuz. "Examining the Sectoral Energy Use in Turkish Economy (1980–2000) with the help of Decomposition Analysis", *Energy Conversion and Management*, Cilt 47, Sayı 6, 2006, s.732-745.
- Enerdata. "Energy Efficiency Indicators", <https://www.wec-indicators.enerdata.eu/xls/Turkey.xls>, 2015, (Erişim Tarihi 27 Şubat 2016).
- González, P. Fernández, Manuel Landajo ve Maria Jose Presno. "Tracking European Union CO2 emissions through LMDI (logarithmic-mean Divisia index) decomposition. The activity revaluation approach", *Energy*, Cilt 73, 2014, s.741-750.
- Hamilton, Clive ve Turton, Hal. "Determinants of emissions growth in OECD countries", *Energy Policy*, Cilt 20, Sayı 1, 2002, s.63-71
- Handrich, Lars vd. "Turning point: Decoupling Greenhouse Gas Emissions from Economic Growth", *Heinrich Böll Stiftung*, 2015.
- Hoekstra, Rutger ve Jeroen C. J. M. van den Bergh, "Comparing structural and index decomposition analysis", *Energy Economics*, Cilt 25, 2003, s.39-64.
- IEA, Energy Statistics, <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=TURKEY&product=Indicators&year=2013>, (Erişim Tarihi 23 Nisan 2016).
- Iwata, Hiroki, Okada, Keisuke ve Samreth, Sovannroeun. "Empirical study on the determinants of CO2 emissions: Evidence from OECD countries", *Applied Economics*, Cilt 44, Sayı 27, 2012, s.3513-3519
- Karakaya, Etem ve Mustafa Özçağ. "Türkiye Açısından Kyoto Protokolü'nün Değerlendirilmesi ve Ayırıştırma (Decomposition) Yöntemi İle CO<sub>2</sub> Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi", *VII. ODTÜ İktisat Konferansı*, Ankara. 2003.
- Li, Ying *et.al.* "Evaluating Urban Sustainability Potential Based on Material Flow Analysis of Inputs and Outputs: A Case Study in Jinchang City, China", *Resources, Conservation and Recycling*, Cilt 110, 2016.

- OECD. “Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure From Economic Growth”, *Sustainable development, SG/SD*, 1, 2002.
- Özçağ, Mustafa. “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Sektöründeki Sübvansiyonların Avrupa Birliği Ülkeleri İle Karşılaştırılması”, *International Congress on Economics and Business*, 10-14 June 2015, Gostivar, MACEDONIA.
- Paul, Shyamal ve Rabindra Nath Bhattacharya. “CO<sub>2</sub> Emissions from energy use in India: A decomposition Analysis”, *Energy Policy*, Cilt 32, 2004, s.585-593.
- Peng, Yuan ve Shi, Cheng. “Determinants of Carbon Emissions Growth in China: A Structural Decomposition Analysis”, *Energy Procedia*, Cilt 5, 2011, s.169-175
- Robaina-Alves, Margarita, Victor Moutinho ve Rui Costa. “Change in Energy-related CO<sub>2</sub> (Carbon Dioxide) Emissions in Portuguese Tourism: A Decomposition Analysis from 2000 to 2008”, *Journal of Cleaner Production*, Cilt 111, 2016, s.520-528.
- Sharma, Susan Sunila. “Determinants of carbon dioxide emissions: Empirical evidence from 69 countries”, *Applied Energy*, Cilt 88, Sayı 1, 2011, s.376-382
- Shi, Anqing. “Population Growth and Global Carbon Dioxide Emissions”, *IUSSP Conference in Brazil*, Session, 18, 2001.
- Torvanger, Asbjørn. “Manufacturing Sector Carbon Dioxide Emissions in Nine OECD Countries, 1973-87: A Divisia Index Decomposition to Changes in Fuel Mix, Emission Coefficients, Industry Structure, Energy Intensities and International Structure”, *Energy Economics*, Cilt 13, Sayı 3, 1991, s.168-186.
- Tol, Richard S. J., Stephen W. Pacala ve Robert H. Socolow, “Understanding Long-Term Energy Use and Carbon Dioxide Emissions in the USA”, *Journal of Policy Modeling*, Cilt 31, 2009, s.425-445.
- Tunç, İpek G., Serap Türüt Aşık ve Elif Akbostancı, “A Decomposition Analysis of CO<sub>2</sub> Emissions from Energy Use: Turkish Case”, *Energy Policy*, Cilt 37, 2009, s.4689-4699.
- Yang, Hao-Yen. “Trade Liberalization and Pollution: a General Equilibrium Analysis of Carbon Dioxide Emissions in Taiwan”, *Economic Modelling*, Cilt 18, 2001, s.435-454.
- Wietze, Lise. “Decomposition of CO<sub>2</sub> Emissions over 1980-2003 in Turkey”, *FEEM Working Paper No*, 24.05, 2005.

## Ek 1. Karbondioksit Emisyonundaki Değişimin Analiz Edildiği Bazı Çalışmalar

Yazar(lar)	Örneklem	Dönem	Yöntem	Ayrıştırma Faktörleri	Bulgular
Torvanger (1991) <sup>22</sup>	9 OECD Ülkesi	1973- 1987	Divisia İndeks Ayrıştırma	Yakıt bileşimi, emisyon katsayıları, endüstri yapısı, enerji yoğunluğu ve uluslararası yapı	CO2 yoğunluğunda %42 azalma meydana gelmiştir. Azalmadaki en temel katkı enerji yoğunluğu faktörü tarafından olmuştur.
Casler ve Rose (1998) <sup>23</sup>	Amerika	1972- 1982	Yapısal Ayrıştırma Analizi	Girdi bileşimi ve nihai talep	CO2 %2.38 gerileme göstermiştir. En büyük pozitif katkıyı nihai talep yapmıştır.
Yang (2001) <sup>24</sup>	Tayvan	1996	Laspeyres İndeks Ayrıştırma	Ölçek etkisi, bileşim etkisi, teknolojik etki ve artık (residual)	Toplam CO2 emisyonu artışı, ticaret serbestisi nedeniyle artmaktadır.
Paul ve Bhattacharya (2004) <sup>25</sup>	Hindistan	1980-1996	Ayrıştırma Analizi	Kirlilik katsayısı, enerji yoğunluğu, yapısal değişim ve ekonomik faaliyet	Ekonomik büyüme, CO2 emisyonları değişiminde en önemli faktördür. Sanayi ve ulaşım sektöründe enerji yoğunluğu faktörü CO2'de düşüşe sebep olmaktadır.
Tol et al. (2009) <sup>26</sup>	Amerika	1850-2002	Ayrıştırma Analizi (Törnqvist İndeks)	Nüfus, kişi başına gelir, nihai enerji talebi, dönüşme etkinliği, fosil/ fosil olmayan enerji karşımı, fosil yakıt karşımı	1850-1917 arasında CO2 emisyonu her yıl ortalama %6.7 artmıştır. 1917-1960 arasında bu oran %1.3, 1960-2002 aralığında ise %1.7 olarak gerçekleşmiştir. 1850-1971 dönemindeki değişime en büyük katkıyı odundan kömüre geçilmesidir.
Freitas ve Kaneko (2011) <sup>27</sup>	Brezilya	1970-2009	Ayrıştırma Analizi (LMDI)	Karbon yoğunluğu, enerji bileşimi, enerji yoğunluğu, ekonomik yapı, nüfus, ekonomik faaliyet	Emisyonundaki artışın temel sebebi ekonomik faaliyet ve demografik yapıdır.
Andreoni ve Galmarini (2012) <sup>28</sup>	İtalya	1998-2006	Ayrıştırma Analizi (Sun JW)	CO2 yoğunluğu, enerji yoğunluğu, yapısal değişimler ve ekonomik faaliyet	CO2 emisyonundaki artışa en çok ekonomik büyüme ve enerji yoğunluğu katkı yapmıştır.

22 Asbjørn Torvanger, "Manufacturing sector carbon dioxide emissions in nine OECD countries, 1973-87: A Divisia index decomposition to changes in fuel mix, emission coefficients, industry structure, energy intensities and international structure", *Energy Economics*, Cilt 13, Sayı 3, 1991, s.168-186.

23 Stephen D. Casler ve Adam Rose, "Carbon Dioxide Emissions in the US Economy: A Structural Decomposition Analysis", *Environmental and Resource Economics*, Cilt 11, Sayı 3-4, 1998, s.349-363.

24 Hao-Yen Yang, "Trade liberalization and pollution: a general equilibrium analysis of carbon dioxide emissions in Taiwan", *Economic Modelling*, Cilt 18, 2001, s.435-454.

25 Shyamal Paul ve Rabindra Nath Bhattacharya, "CO2 Emissions from energy use in India: A decomposition Analysis", *Energy Policy*, Cilt 32, 2004, s.585-593.

26 Richard S. J. Tol, Stephen W. Pacala ve Robert H. Socolow, "Understanding Long-Term Energy Use and Carbon Dioxide Emissions in the USA", *Journal of Policy Modeling*, Cilt 31, 2009, s.425-445.

27 Luciano Charlita de Freitas ve Shinji Kaneko, "Decomposition of CO2 emissions change from energy consumption in Brazil: Challenges and policy implications", *Energy Policy*, Cilt 39, 2011, s.1495-1504.

28 Valeria Andreoni ve Stefano Galmarini, "Decoupling economic growth from carbon dioxide emissions: A decomposition analysis of Italian energy consumption", *Energy*, Cilt 44, 2012, s.682-691.

*Türkiye’de Sanayi ve Tarım Sektörlerinde Seragazı Emisyonlarının Belirleyicileri*

González et al. (2014) <sup>29</sup>	Avrupa Birliği	2001-2010	Ayrıştırma Analizi (LMDI)	Nüfus, kişi başına üretim, yakıt bileşimi, karbonizasyon ve enerji yoğunluğu	AB CO2 emisyonlarında %4.18 düşüş yaşamıştır. Nüfus ve karbonizasyon, artışa sebep olurken enerji yoğunluğundaki ve yakıt bileşimindeki olumlu gelişmeler düşüğe sebep olmaktadır.
Robaina-Alves et al. (2016) <sup>30</sup>	Portekiz	2000-2008	Ayrıştırma Analizi (LMDI)	Enerji bileşimi, karbon yoğunluğu, enerji yoğunluğu, milli turizm tüketimi ve üretimi arasındaki oran, turistik ekonomik yapı, turistik faaliyet	Turistik faaliyetler emisyonu etkileyen en önemli faktördür. Bunun yanında enerji bileşimi, karbon yoğunluğu ve enerji yoğunluğu diğer önemli faktörlerdir.

29 P. Fernández González, Manuel Landajo ve Marie Jose Presno, “Tracking European Union CO2 emissions through LMDI (logarithmic-mean Divisia index) decomposition. The activity revaluation approach”, *Energy*, Cilt 73, 2014, s.741-750.

30 Margarita Robaina-Alves, Victor Moutinho ve Rui Costa, “Change in energy-related CO2 (carbon dioxide) emissions in Portuguese tourism: A decomposition analysis from 2000 to 2008”, *Journal of Cleaner Production*, Cilt 111, 2016, s.520-528.