

Geliş Tarihi: 16.10.2017
Kabul Tarihi: 29.11.2017
DOI : 10.21180/kuiibf.2017434557

SANAYİ SEKTÖRÜNDE PETROL TÜKETİMİ VE PETROL FİYATLARININ CO₂ EMİSYONU ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Savaş ÇEVİK*
Mustafa KARTAL**
Efe Can KILINÇ***

ÖZ: Dünyada son yıllarda artan karbondioksit salınımına bağlı olarak çevre kirliliği ve küresel iklim değişiklikleri yaşanmaktadır. Bu sorunların asgari düzeye indirilmesi konusunda; karbon yakalama-depolama, karbon vergisi ve karbon ticareti gibi iktisadi politikalar uygulanmaktadır. Bunun yanında bu kapsamda Kyoto Protokolü ve Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli gibi küresel girişimler de bulunmaktadır. Karbon emisyonunun öneminden hareketle bu çalışmada, OECD ülkelerinde sanayi sektöründe; karbon emisyonu, petrol tüketimi ve petrol fiyatları arasındaki ilişki 1996-2011 dönemi için Panel Veri Yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. PMG, CCEMG ve AUG tahmincileri, uzun dönemde petrol tüketimindeki artışların karbon emisyonunu arttırdığını göstermiştir. Bunlara ilave olarak PMG tahmincisi sonuçları ile petrol fiyatlarının karbon emisyonunu uzun dönemde azalttığı, kısa dönemde ise arttırdığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tüketimi, Enerji Fiyatları, CO₂ Emisyonu, Panel Veri Analizi.
Jel Kodları: Q4, Q43, C33.

THE EFFECT OF OIL CONSUMPTION AND OIL PRICES ON CO₂ EMISSIONS IN THE INDUSTRIAL SECTOR

Abstract: In recent years, environmental pollution and global climate changes have occurred due to increased carbon dioxide emissions in the world. In terms of minimizing these problems economic policies such as carbon capture and storage, carbon tax and carbon trading are applied. In addition, global initiatives such as the Kyoto Protocol and the Intergovernmental Panel on Climate Change are also included. Moving from the importance of carbon emissions, in this study, in the industrial sector in OECD countries; carbon emissions, oil consumption and oil prices have been analyzed using the Panel Data Method for the period 1996-2011. The PMG, CCEMG and AUG estimators have shown that in the long term, increases in oil consumption have increased carbon emissions. In addition to this, PMG estimator results showed that oil prices reduced carbon emissions in the long term and increased in the short term.

Keywords: Energy Consumption, Energy Prices, CO₂ Emissions, Panel Data Models.
Jel Codes: Q4, Q43, C33.

* Doç. Dr. Selçuk Üniversitesi, İ.İ.B.F.

** Arş. Gör. Selçuk Üniversitesi, , Beyşehir Ali Akkanat İşletme Fakültesi, S.yazar, mkartal@selcuk.edu.tr

*** Yrd. Doç. Dr. Kırıkkale Üniversitesi, İ.İ.B.F.

1. GİRİŞ

Üretim girdilerinden birisi olan enerji, ülkelerin iktisadi büyüme süreçlerinde kritik bir rol üstlenmektedir. Enerji bağımlılığı yüksek olan ülkelerde enerji ithalatı beraberinde cari açık gibi iktisadi problemleri getirebilmekte, artan bağımlılık ise ülkelerin büyüme süreçlerine ket vurabilmektedir. Sanayi Devrimi'nden günümüze endüstri alanında enerjinin daha yoğun olarak kullanılması ciddi enerji sorunlarına yol açmıştır. Bu sorunlardan en önemlisi küresel ısınma olarak bilinmektedir. Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş ışığı, rüzgâr, hidrojen, jeotermal vb.) özellikle gelişmiş ülkelerde gerek hane halkı gerekse de firmalar tarafından kullanımının artması her ne kadar enerji kirliliğini ve çevresel tehditleri azaltsa da, dünyanın önemli bir bölümünün halen yoğun bir şekilde birincil enerji kaynaklarını (kömür, petrol vb.) tüketmesi bu tehditlerin minimum seviyeye getirilmesini engellemektedir. Birincil enerji kaynakları ile çevreye salınan; Karbondioksit (CO₂), Metan ve Nitroz oksit gibi zararlı gazlar ozon tabakasının incilmesi ve küresel ısınma gibi çevresel bozukluklara yol açmakta, bu durum canlıların yaşam kalitelerini ve özellikle gelecek kuşakları etkileyebilmektedir. Sera gazları içerisinde çevreyi en çok etkileyen gaz karbondioksittir. Küresel olarak bakıldığında toplam sera gazı salınımlarının yaklaşık %75'i CO₂'ye aittir. Sera gazı salınımlarının sektörel olarak dağılımında ise ilk sırayı %22 ile sanayi, ikinci sırayı da %20 ile ulaştırma sektörü almaktadır. Az gelişmiş ülkelerin ileri teknoloji imkanlarından yoksun olması nedeniyle üretim süreçlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarını yoğun bir şekilde kullan(a)mamaları, özellikle imalat sanayindeki emisyon değerlerinin yüksek seyretmesine neden olmaktadır. Nitekim 2011 yılı Dünya Bankası verilerine göre, az gelişmiş ülkelerde imalat sanayindeki CO₂ emisyonunun toplam emisyon içerisindeki payı %36 düzeylerinde iken, bu rakam gelişmiş ülkelerde %15 seviyelerine inmektedir.

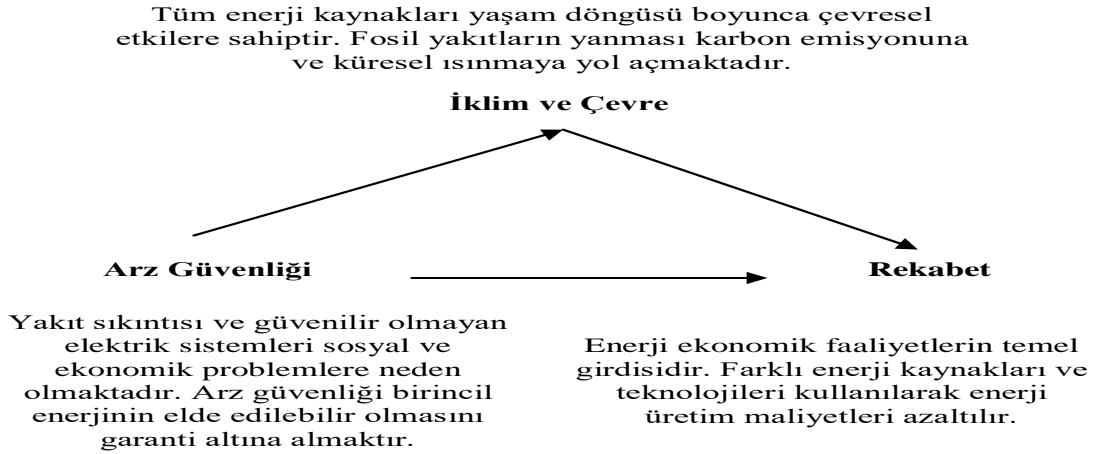
CO₂ emisyonunun azaltılmasını sağlamak üzere enerji verimliliğini artırmak ve enerji tüketimini düşürmek gibi klasik yöntemlerin yanı sıra, yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması, karbon depolama-yakalama, karbon vergisi ve karbon ticareti gibi uygulamalar da kullanılmaktadır. Diğer taraftan CO₂ emisyonunu ve dolayısıyla çevre kirliliği ve küresel ısınmayı azaltmaya yönelik küresel inisiyatifler (Kyoto Protokolü, Kopenhag İklim Konferansı, Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli vb.) de gelişmiştir.

CO₂ emisyonunun oransal olarak en önemli kaynağının sanayi sektörü olması, bu çalışmanın kapsamını belirlemede önemli olmuştur. Bu kapsamda çalışmada, OECD ülkelerinde sanayi sektöründe petrol tüketimi ile petrol fiyatlarının CO₂ emisyonu üzerinde ne gibi etkiler doğurduğu panel veri yönetimi kullanılarak ortaya konulmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde enerji ekonomisinin teorik arka planı, ikinci bölümde CO₂ emisyonunun kapsamı ve önemi ele alınmakta olup, üçüncü bölümde CO₂ emisyonu ile enerji tüketimi ve enerji fiyatları arasındaki ilişkiyi araştıran ampirik çalışmalar değerlendirilmektedir. Sanayi sektöründe CO₂ emisyonu, petrol tüketimi ve petrol fiyatlarının 1996-2011 dönemindeki gelişiminin ele alındığı dördüncü bölümün ardından ekonometrik analiz ve bulgular tartışılmaktadır.

2. ENERJİNİN EKONOMİK BOYUTU: TEORİK ARKA PLAN

Enerji kullanımı ve üretiminin etkinlik açısından (i) iklim ve çevre, (ii) arz güvenliği ve (iii) rekabet, olmak üzere üç temel boyutu dengelemesi gerekir. Şekil 1'de yer alan enerji üçgeni bu üç boyutta enerji kaynaklarının artılarını ve eksilerini göstermektedir.

Şekil 1: Enerji Üçgeni



Kaynak: Vattenfall, 2011: 7.

Sera gazı emisyonları ile ilişkili olan iklim değişikliği insanlığın karşılaştığı en büyük çevre sorunudur. Bugünkü enerji sistemleri sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır. Uzun dönemde atmosferdeki karbondioksiti stabilize etmek için enerji kaynaklı karbon emisyonlarının büyük ölçüde azaltılması gerekmektedir. Fosil yakıtların oranının azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerjinin payının artırılması küresel ısınmayı önlemenin en önemli yoludur. Uzun dönemde fosil yakıt alanları atmosferdeki karbondioksit salınımını önleyen teknoloji ile donatılabilir.

Birçok ülkede beklenen yaşam standartlarının sunulması için yakıt ve elektrik elde edilebilir durumda olmak zorundadır. Bir ülkenin enerji sisteminin arz güvenliği enerjide kendi kendine yeterli olmasıyla yakından ilgilidir. Dış politika ve ulusal güvenlik politikaları enerji politikalarıyla iç içedir. Jeopolitik faktörler birincil enerji arzında aksamalara neden olabileceği için ülkeler mümkün oldukça yerli enerji kaynaklarını kullanmaya çaba göstermektedirler. Enerji maliyetlerinin azalması ekonomik büyümeye katkı sağlamakta ve günümüzde çoğu endüstri küresel piyasada rekabet edebilmek için kendi enerji maliyetlerini yönetmek durumundadır. Nihai kullanımı enerji verimliliği artırılarak ya da güç üretim maliyetleri azaltılarak enerji maliyetleri düşük düzeyde tutulabilir (Vattenfall, 2011: 8-10).

Enerji verimliliği, karbon emisyonu üzerindeki etkisi açısından birden fazla kamu yararı sağlamaktadır. Enerji verimliliği, konut ve işletme enerji maliyetlerini, enerji piyasa fiyatlarını ve hava kirletici emisyonları düşürürken, verimliliği ve ulusal enerji güvenliğini artırır. Ayrıca iktisadi büyümeyi de teşvik eder. Azaltılmış enerji tüketiminden kaynaklanan tasarruf, enerji verimliliği sağlayan yatırımların maliyetinden ağır basmaktadır. Böylece verimlilik enerji hizmetlerinin genel maliyetini düşürmektedir. ABD’de sürdürülebilir iktisadi büyümeyi destekleyen ve enerji fiyat dalgalanmalarından kaynaklanan hasarı yumuşatan enerji verimliliği sayesinde bir dolarlık ekonomik çıktı başına düşen enerji tüketimi 1970’li yıllardan beri neredeyse %50 oranında düşmüştür. Verimlilik, hem ABD hem de diğer ekonomiler için refahın önemli bir dinamiği olmuştur ve enerji güvenliği ve çevresel koruma yoluyla refahın devamlı olmasını destekleyebilecek yeni temiz enerji yatırımlarının da ön saflarında yer almıştır. Enerji verimliliği yatırımlarındaki artış, küresel iklim sorunlarının çözümünü, iki kanaldan desteklemektedir: Birincisi, daha az enerji kullanımı daha az zehirli gaz salınımını beraberinde getirir. İkincisi maliyet-etkin enerji verimliliği çevresel faydaların düşük maliyetle elde edilmesini sağlar ve böylece iklimsel politika hedeflerinin ekonomik maliyetlerini düşürür (National Action Plan for Energy Efficiency, 2009: 1).

Enerji kaynakları, kullanımı ve fiyatları ulusal ekonomiler ve küresel ekonomik yapı üzerinde de önemli etkilere sahiptir. Petrol, gaz ve ürün fiyatları oldukça değişkendir ve uluslararası enerji talebi ve arzından etkilenmektedir. Politik gelişmeler, teknolojik değişim, yeni petrol ve doğal gaz kaynaklarının ortaya çıkması, küresel ekonomik koşullara bağlı olarak enerji arzının artması ve OPEC'in etkisi dünya enerji arzını ve petrol fiyatlarını etkilemektedir (BP, 2013: 51).

Enerji pek çok sanayi dalında temel girdilerden biridir. Enerji fiyatlarındaki artış, sanayi sektörünün üretim maliyetlerini arttırmakta, bu da nihai ürünün fiyatında artışa neden olmaktadır. Ayrıca söz konusu fiyat artışlarından enerji yoğun sektörler daha çok etkilenmektedir. Ayrıca tüketicilerin, enerji fiyat artışları ile ilgili beklentileri de ekonominin geri kalanında önemli yansımaları sahiptir. Örneğin petrol fiyatları arttığında tüketiciler bu artışın geçici olacağını bekliyorsa, daha az tasarruf edip daha çok borçlanmak isteyecek, bu da para talebinin düşmesine ve ilave bir enflasyonist baskının ortaya çıkmasına neden olabilecektir (Cologni & Manera, 2008: 856-857).

3. CO₂ EMİSYONU

Tüm enerji kaynaklarının az veya çok çevre üzerinde olumsuz etkileri olmasına rağmen, fosil yakıtlar çevre açısından oldukça önemli sorunlar yaratan kaynaklar olarak kabul edilir. Kullanımlarının ötesinde, bu kaynakların araştırılması sondaj çalışmaları, çıkarılması ve dağıtım sırasında da önemli ölçüde çevre sorunları ortaya çıkmaktadır. Fosil yakıtlar, günümüzde büyük çevre sorunu olarak görülen iklim değişikliğinin ortaya çıkmasında ilk sırada yer almaktadır. Sera gazları arasında en büyük paya sahip olan karbondioksit miktarının çok büyük bir bölümü fosil yakıtların yanmasından kaynaklanmaktadır (DEK-TMK, 2012: 216).

Sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında en çok kullanılan yöntem Sera Gazı Protokolü (Greenhouse Gas-GHG)'dür. Bu protokole; sera gazının hesaplanmasında kullanılan sera gazları, Kyoto Protokolü'nde de değinilen gazlardır. Bu gazlar; CO₂ (Karbondioksit), SF₆ (Kükürt Hekzaflorid), CH₄ (Metan), N₂O (Azot Oksit), HFC (Hidro Floro Karbon) ve PFC (Per Floro Karbon) şeklinde sıralanabilir. Bu gazlar içerisinde en çok bilineni, fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan CO₂ gazıdır. GHG protokolü sera gazı emisyonlarını hesaplarken 3 kapsamı dikkate almaktadır (Gorkum, 2010: 10):

- Belirli bir firma tarafından sahiplenilen ya da kontrol edilen kaynaklardan ortaya çıkan sera gazı emisyonlarını hesaplama,
- Elektrik satın alımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını hesaplama,
- Firmaların faaliyetlerinin sonuçlarını ele alma. Bu faaliyetler firmaların sahip olmadığı ya da kontrol etmediği kaynaklardan meydana gelmektedir.

Son yıllarda çevre kirliliği, sera gazları ve iklim değişiklikleri dünya genelinde tartışılan en önemli iklimsel konular olmuştur. Atmosferdeki karbondioksit ile birlikte diğer zehirli gaz düzeylerinin artış kaydetmesi, dünyanın en büyük çevresel tehditleri arasında yer almaktadır. Zehirli gazlar arasında CO₂ sera etkisini artırmada önemli bir rol üstlenmekte ve bu etkinin yaklaşık %60'na tekabül etmektedir. Enerji üretim ve tüketim kalıpları, enerji yoğunluğu, enerji fiyatları ve enerjinin varlığı gibi konular CO₂ emisyonlarının azaltılmasında ciddi bir rol oynar. Enerjinin, endüstriyel gelişmenin ve iktisadi büyümenin temel dinamiklerinden birisi olduğu dikkate alınır, gelişmiş ülkelerin yüksek düzeyde enerji tüketimini gerçekleştiren ülkeler olacağı açıktır. Ancak; yüksek düzeyde enerji tüketimi, beraberinde yüksek karbon salınımına ve böylece yüksek düzeylerde çevre kirliliğine neden olabilmektedir. Ampirik çalışmalar kişi başına gelir ile çevre kirliliği arasında, "çevresel Kuznets eğrisi" olarak bilinen, "U" şeklinde

bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Bu teoriye göre iktisadi büyümenin ilk aşamalarında çevresel bozulma ve kirlilik artarken, kişi başına gelir düzeyleri yükseldiğinde bu durum tersine dönmekte ve çevresel iyileştirme gerçekleşmektedir (Alkathlan & Javid, 2013: 1525).

Çevresel iyileştirme, yani, küresel ısınmanın negatif etkilerini ortadan kaldırmada iktisadi büyümeyle birlikte kişi başına düşen gelir seviyesinin yükselmesi, önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmasına rağmen, belirtilen bu durumları iyileştirmeye yönelik farklı uygulamaların da hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, gelecekteki tahmin edilen enerji üretimi ve mevcut durumdaki enerji tüketimi dikkate alındığında, CO₂ emisyonunu azaltmaya yönelik çabalar ve fosil yakıtlardan elde edilen güç üretimi, iklim değişikliğine yönelik mücadelede uygulanacak etkili araçlar olabilecektir. Bu bağlamda, Karbon Yakalama ve Depolama (Carbon Capture and Storage-CCS) teknikleri, mevcut ve gelişen teknolojilerin portföyünde önemli rol oynayabilir. CCS teknolojileri, CO₂ emisyonlarını jeolojik formasyonlarda depolamak için; enerji santralleri, sentetik ulaşım yakıtları ve diğer endüstri süreçleri gibi kaynaklardan bu emisyonların arındırılmasını sağlar. Mineral depolama ise bir başka olasılıktır. Karbon yakalama, karbondioksit salınımını önemli ölçüde azaltırken geleneksel fosil yakıtların kullanımına da izin vermektedir. Karbon yakalama, birçok OECD ve Avrupa Birliği ülkesinde önemli bir enerji politikası aracı olarak kullanılmaktadır (Aune vd., 2009: 76-77).

İnsan kaynaklı CO₂ emisyonları; kömür, petrol ve gaz yanmasıyla yakından ilintilidir. Bu fosil yakıtlar, görece sabit oranlarda CO₂ emisyonu yayarlar. Ancak kendi aralarında bir karşılaştırma yapılırsa kömürün, petrol ve doğalgazdan, petrolün de doğalgazdan daha çok zehirli gaz salınımı yaptığı ifade edilebilir. Diğer taraftan, sera gazı emisyonları fosil yakıt ve karışımlarının kullanımına bağlı olarak değişmektedir. Fosil yakıt kullanımından kaynaklanan emisyonları azaltabilmek için iki rota takip edilebilir (Hoeller & Wallin, 1991: 9):

- Enerjinin daha az kullanımını sağlayacak şekilde talep desenlerinde ve teknolojiye değişiklik yapmak.
- Yakıt karmasında değişime gitmek. Örneğin, yüksek karbon içeriği olan kömür yerine düşük karbon salınımına sahip doğalgaz gibi yakıtlara yönelmek ya da fosil yakıtlardan hidro ve nükleer enerji gibi fosil olmayan yakıtlara yönelmek.

Sanayi sektöründe kısa vadeli politikalar; enerji yönetim sistemleri, gelişmiş ülkelerde kullanılan üretim teknolojilerinin dünya geneline yayılması ve geri dönüşüm yardımıyla sera gazı salınımının azaltılması noktasında ekonomik potansiyelleri harekete geçirebilir. Eğer önlemler maliyet-etkin ve davranış değişikliğine neden olacak yapıda ise tüm politika araçları ve işbirliği mekanizmaları bu bağlamda sera gazı emisyonlarının azalmasına yol açabilir. Uzun vadede mevcut en iyi teknolojilerin dünya geneline yayılımı ve ürün ile teknoloji inovasyonları öncelikli önlemler olmalıdır. Bu önlemleri uygulama konusunda; sübvansiyonlar, ortak uygulama, çevreci gelişme mekanizmaları ve vergiler ya da emisyon ticareti en etkin araçlar olacaktır (Dinica, 2002: 22).

4. CO₂ VE ENERJİ İLİŞKİSİ: AMPİRİK LİTERATÜR

Enerji kaynaklarının çeşitliliği ve enerjinin ekonomik yansımalarının farklı boyutlara sahip olması, enerji fiyatları ya da tüketimi ile çevre yansımaları arasındaki ilişkileri araştıran ampirik literatürde de kullanılan değişkenler ve örneklemin kapsamı açısından bir çeşitlilik doğurmaktadır.

Tek bir ülke üzerinden zaman serileri ile analiz yapan çalışmaların birinde Lindmark (2002: 344), İsveç'te 1870-1997 döneminde CO₂ emisyonları, teknolojik ve yapısal gelişme, yakıt fiyatları ve iktisadi büyüme arasındaki ilişkiyi yapısal zaman serisi analizleri kullanarak

araştırmıştır. Çalışmanın bulgularına göre, 1870 yılı ile Birinci Dünya Savaşı arasındaki dönemde teknolojik ve yapısal değişim CO₂ emisyonlarının artmasına neden olmuştur. Birinci Dünya Savaşı ile 1960'lı yıllara kadar olan dönemde CO₂ emisyonu, iktisadi büyüme oranlarının artmasına ve 1950-1960 döneminde yakıt fiyatlarının düşmesine bağlı olarak artmıştır. 1960-1997 döneminde ise teknolojik ve yapısal gelişmeler ve düşük büyüme oranları, emisyonun azalmasını sağlamıştır. Bu dönemde ayrıca artan yakıt fiyatları da emisyonu azaltan bir başka etken olmuştur.

1960-2005 dönemi içinden Türkiye'de CO₂ emisyonu, enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret arasındaki ilişkiyi zaman serisi analizleri (sınır ve nedensellik testleri) yardımıyla araştıran Halıcıoğlu (2008: 1163), değişkenler arasında iki biçimde uzun-dönemli ilişki bulmuştur. Birincisi, karbon emisyonu; enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret tarafından, ikinci uzun dönemli ilişki biçimine göre ise gelir; karbon emisyonu, enerji tüketimi ve dış ticaret tarafından belirlenmektedir. Diğer taraftan bulgular, CO₂ emisyonunu en çok açıklayan değişkenlerin etkileme derecesine göre; gelir, enerji tüketimi ve dış ticaret şeklinde sıralandığını göstermiştir.

Hossain (2012: 102-103), karbondioksit salınımı ile enerji tüketimi, iktisadi büyüme, dış ticaret ve kentleşme arasındaki ilişkiyi Japonya özelinde 1960-2009 döneminde zaman serisi analizleri kullanarak test etmiştir. Sonuçlar kısa dönemde, enerji tüketimi ve ticaret açıklığından karbondioksit salınımına, karbondioksit salınımından iktisadi büyümeye, iktisadi büyümeden de ticari açıklığa doğru tek yönlü bir ilişki olduğunu göstermiştir. Enerji tüketimi ile karbondioksit salınımı arasında pozitif, ticari açıklığı ile negatif ve uzun dönemli bir ilişki tespit edilmiştir.

Shanthini (2012: 66), ABD ekonomisinde 1950-2007 döneminde fosil yakıt-bazlı CO₂ emisyonları, iktisadi büyüme ve dünya ham petrol fiyatları arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkilerini araştırmıştır. Bulgular, uzun dönemde CO₂ emisyonları, iktisadi büyüme ve dünya ham petrol fiyatları arasında uzun dönemli bir ilişki olduğuna işaret etmektedir. Buna göre GSYH'deki %1'lik bir artış CO₂'deki %3.2'lik artış ile ilişkilidir. Ham petrol fiyatlarında ortaya çıkan %1'lik artış ise CO₂ emisyonunu %0.08 oranında azaltmaktadır. Kısa dönemde GSYH ile CO₂ emisyonu arasında dinamik pozitif bir ilişki bulunmuştur.

Munir & Khan (2013: 26), Pakistan'da 1980-2010 döneminde fosil yakıt enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) kullanarak tahmin etmişlerdir. Bulgular, Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerli, yani CO₂ emisyonu ile kişi başına düşen GSYH arasında "U" şeklinde bir ilişki olduğunu kanıtlamıştır. Diğer taraftan, CO₂ emisyonunu, sanayi katma değeri ve ticaret açıklığı artırırken, finansal gelişme azaltmaktadır. Enerji tüketimi eşitliği de CO₂ emisyonunu; gelir, yatırım, nüfus ve imalat sanayi ihracatının artırdığını imalat sanayii ithalatının azalttığını göstermektedir.

Zhang & Cheng (2013: 749), Çin ekonomisinde 1994-2011 döneminde uluslararası petrol fiyatlarının ve GSYH'nin sanayi sektörün CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini zaman serisi yöntemleri kullanarak araştırmışlardır. Bulgular petrol fiyatları ve GSYH artarken CO₂ emisyonunun da arttığını ortaya koymuştur.

ABD ekonomisine yönelik bir diğer çalışmada, 2006/8 ve 2013/11 dönemleri arasındaki aylık veriler dikkate alınmıştır. Hammoudeh vd., (2014: 133) çalışmasında, Bayesian Structural VAR (BSVAR) modeli yardımıyla, karbondioksit tahsis (carbon allowances[†]) fiyatları ile

[†] Karbon tahsisleri (carbon allowances), hak sahibine özellikle kirletici niteliği olan karbondioksiti yayma hakkını veren mübadele edilebilir sertifikalardır. Başlangıç karbon yayma hakkı tahsisleri, yetkili otoriteler tarafından yapılır ancak sertifikalar ikincil piyasalarda firmalar arasında mübadele edilebilir. Bir firma kendisine tahsis edilen miktarı aşmak isterse diğer firmaların haklarını piyasada oluşan fiyat karşılığında satın almak zorundadır (Luckow vd., 2015: 5).

petrol, kömür, doğal gaz ve elektrik fiyatları arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıdaki gibi toplanabilir:

- Ham petrol fiyatlarındaki pozitif bir şok, başlangıçta karbon ödenekleri fiyatları üzerinde pozitif bir etkiye sahip olsa bile, bu etki daha sonra negatife dönüşmektedir.
- Doğal gaz fiyatlarında beklenmedik bir artış, karbondioksit emisyon fiyatlarını azaltmaktadır.
- Kömür fiyatları üzerindeki pozitif bir şok, karbondioksit üzerinde hemen hemen hiçbir etkiye sahip değildir.
- Elektrik fiyatları analiz dışında tutulduğunda, karbon ödenekleri fiyatları üzerinde kömür fiyatlarının pozitif etkiye sahip olduğu ortaya konmaktadır.
- Elektrik fiyatlarındaki pozitif bir şok, karbon ödenekleri fiyatları üzerinde negatif bir etki göstermektedir.
- Sonuç olarak çalışmada, enerji fiyat şoklarının karbon ödenekleri fiyatları üzerinde sürekli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Değişkenler arasındaki en büyük etki, şokun yaşanmasından 6 ay sonra meydana gelmektedir. Diğer yandan etki, özellikle ham petrol ve doğal gazda bir şok yaşanması durumunda daha güçlüdür.

Birden fazla ülkeye ilişkin panel veriyi analiz eden çalışmalardan birinde Rodríguez & Pena-Boquete (2006: 5-6) CO₂ emisyonu, GSYH, enerji tüketimi ve enerji fiyatları ilişkisini seçilmiş yüksek gelirli ülkeler için 1980-2004 döneminde dinamik panel veri yöntemleri kullanarak incelemiştir. Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin geçerli olduğuna yönelik herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. Diğer taraftan çalışmada, enerji tüketimi ile CO₂ arasında pozitif, enerji fiyatları (petrol, doğalgaz, kömür, yenilenebilir enerji) ile CO₂ arasında ise negatif ilişki tespit edilmiştir.

Sadorsky (2009: 461), G7 ülkelerinde (Kanada, Almanya, Fransa, ABD, Birleşik Krallık, Japonya ve İtalya) yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonları ve petrol fiyatları arasındaki ilişkiyi panel eş bütünleşme tahminleri yoluyla test etmişlerdir. Test sonuçları kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketiminin arkasında yatan temel tetikleyicilerin kişi başına GSYH ve kişi başına karbondioksit salınımı olduğunu göstermiştir. Petrol fiyatlarının enerji tüketimi üzerindeki etkisi zayıf ve negatiftir. Uzun dönem esneklikleri, kişi başına düşen GSYH'deki ve CO₂ emisyonlarındaki %1'lik artışın, kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimini sırasıyla yaklaşık olarak %8.44 ve %5.23 oranında artırdığını ortaya koymuştur.

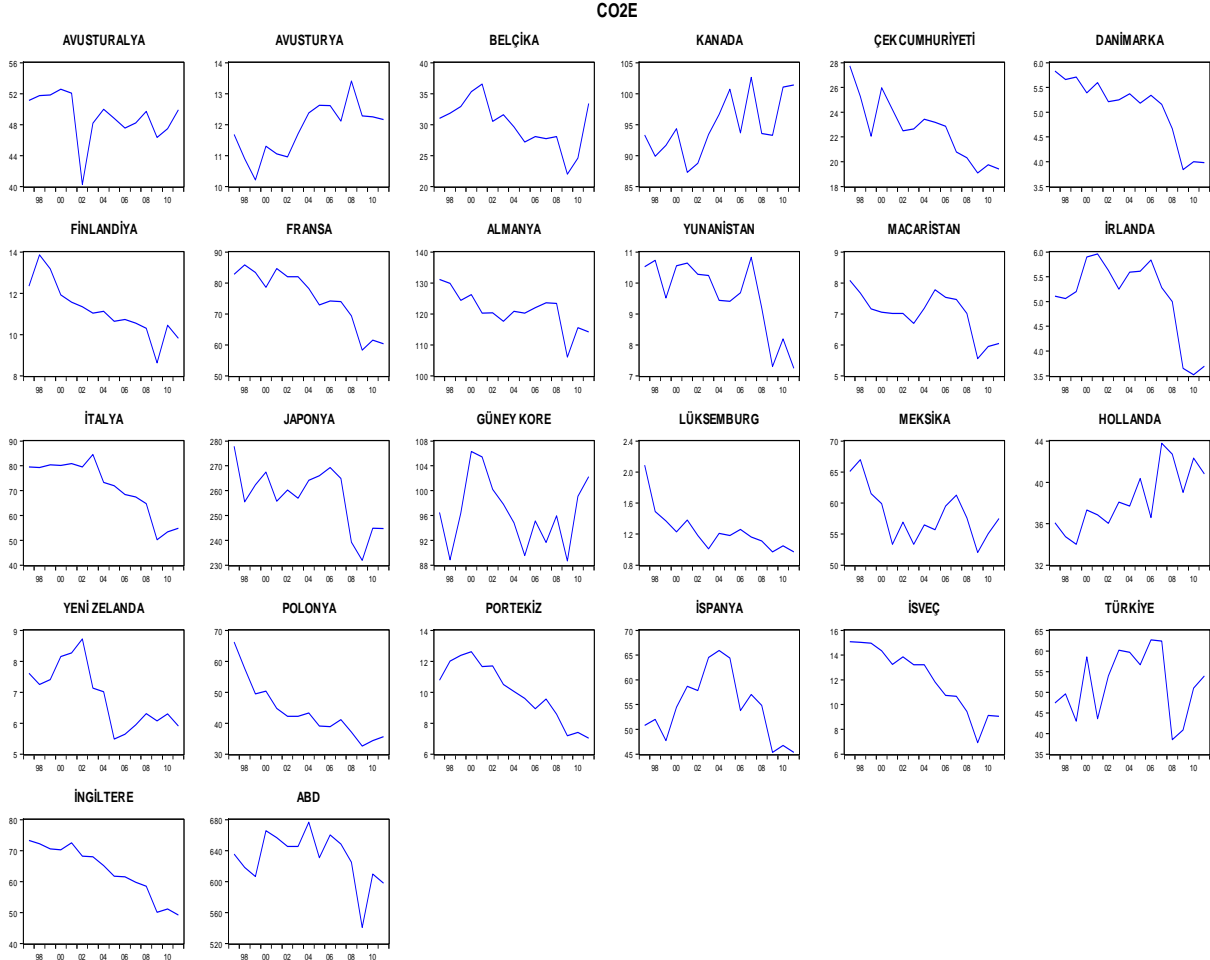
5. OECD ÜLKELERİNDE SANAYİ SEKTÖRÜNDE CO₂ EMİSYONU, ENERJİ TÜKETİMİ VE ENERJİ FİYATLARININ GELİŞİMİ: 1997-2011

Enerjinin insan yaşamındaki önemi gün geçtikçe artmaktadır. İnsanların ve toplumların refah düzeylerinin artırılmasına yönelik yapılan çalışmalar, enerjiye olan talebin artmasını da beraberinde getirmektedir. Küreselleşmenin hız kazanmasıyla birlikte enerji, sanayi sektörünün en temel girdilerinden biri haline gelmiştir. Özellikle gelişmekte olan ekonomilerde enerjinin kullanım alanlarında her geçen gün artış görülmektedir (Çoban & Şahbaz, 2011: 11).

Şekil 2'de çalışmanın örneklemini oluşturan OECD ülkelerinde, sanayi sektöründe CO₂ emisyonunun 1997-2011 dönemindeki gelişimi sunulmaktadır. Buna göre, OECD ülkelerinde imalat ve yapı sanayindeki karbondioksit salınımı ele alınan dönemde oldukça dalgalı bir seyir izlenmiştir. Ele alınan dönem genel olarak değerlendirilirse, 2008 yılında patlak veren ve sonradan bir büyük durgunluğa dönüşen Küresel Finans Krizi, sanayi sektöründe üretim

faaliyetlerinin yavaşlamasına neden olmuş, bu durum da anılan sektördeki zehirli gaz salınımını önemli ölçüde azaltmıştır. Diğer taraftan, ele alınan dönem, bir bütün olarak değerlendirildiğinde, sanayi sektöründeki sera gazı salınımlarının azalma eğiliminde olduğu ifade edilebilir. Bu durumun arkasında, çevrenin sürdürülebilirliği noktasında küresel olarak alınan inisiyatifler (Kyoto protokolü gibi) ve ilginin petrolden doğalgaza kayması yatmaktadır.

Şekil 2: Sanayi Sektöründe CO2 Emisyonunun 1997-2011 Dönemindeki Gelişimi

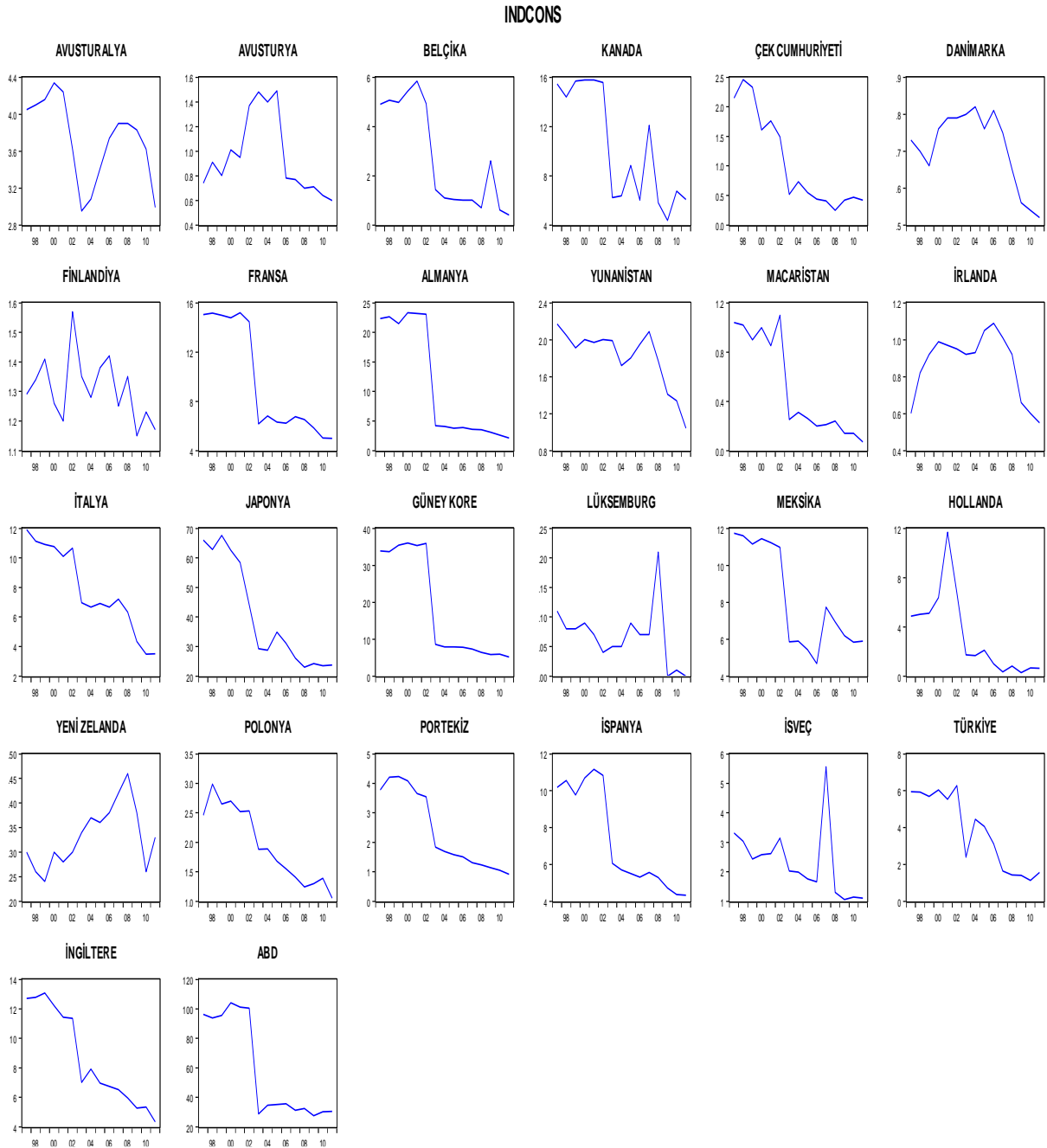


Kaynak: World Bank, 2015.

OECD ülkeleri içerisinde yer alan; ABD, Japonya, Almanya ve Güney Kore'nin sanayi sektöründeki CO₂ emisyonları diğer OECD ülkelerine kıyasla yüksek düzeydedir. Nitekim, 2011 yılında CO₂ emisyonu, ABD'de 597, Japonya'da 244, Almanya'da 114 ve Güney Kore'de 102 milyon metrik ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de ise aynı yıl bu rakam 54 milyon ton düzeyindedir.

OECD ülkelerinde sanayi sektöründeki petrol tüketiminin 1997-2011 dönemindeki gelişiminin yer aldığı Şekil 3'ten de görülebileceği gibi, petrol tüketimi durağan olmayan bir trend izlemektedir. Ele alınan ülke grubunda, sanayi sektöründeki petrol tüketiminde, özellikle 2000'li yıllardan sonra kayda değer bir azalma gerçekleşmiştir. Örneğin, 1997 yılında Japonya'da sanayi sektöründeki petrol tüketimi yaklaşık 66 milyon tep petrol eşdeğeri kadarken, 2011 yılında bu rakam, 23 milyona kadar gerilemiştir. Türkiye'de de benzer bir durum söz konusu olup, 1997 de yaklaşık 6 milyon tep olan petrol tüketimi, 2011 yılına gelindiğinde yaklaşık 1.5 milyon tep düzeylerine kadar düşmüştür. Sanayi sektöründe petrol tüketiminin giderek azalması, bu sektörde daha çok doğalgazın kullanılmasıyla açıklanabilir.

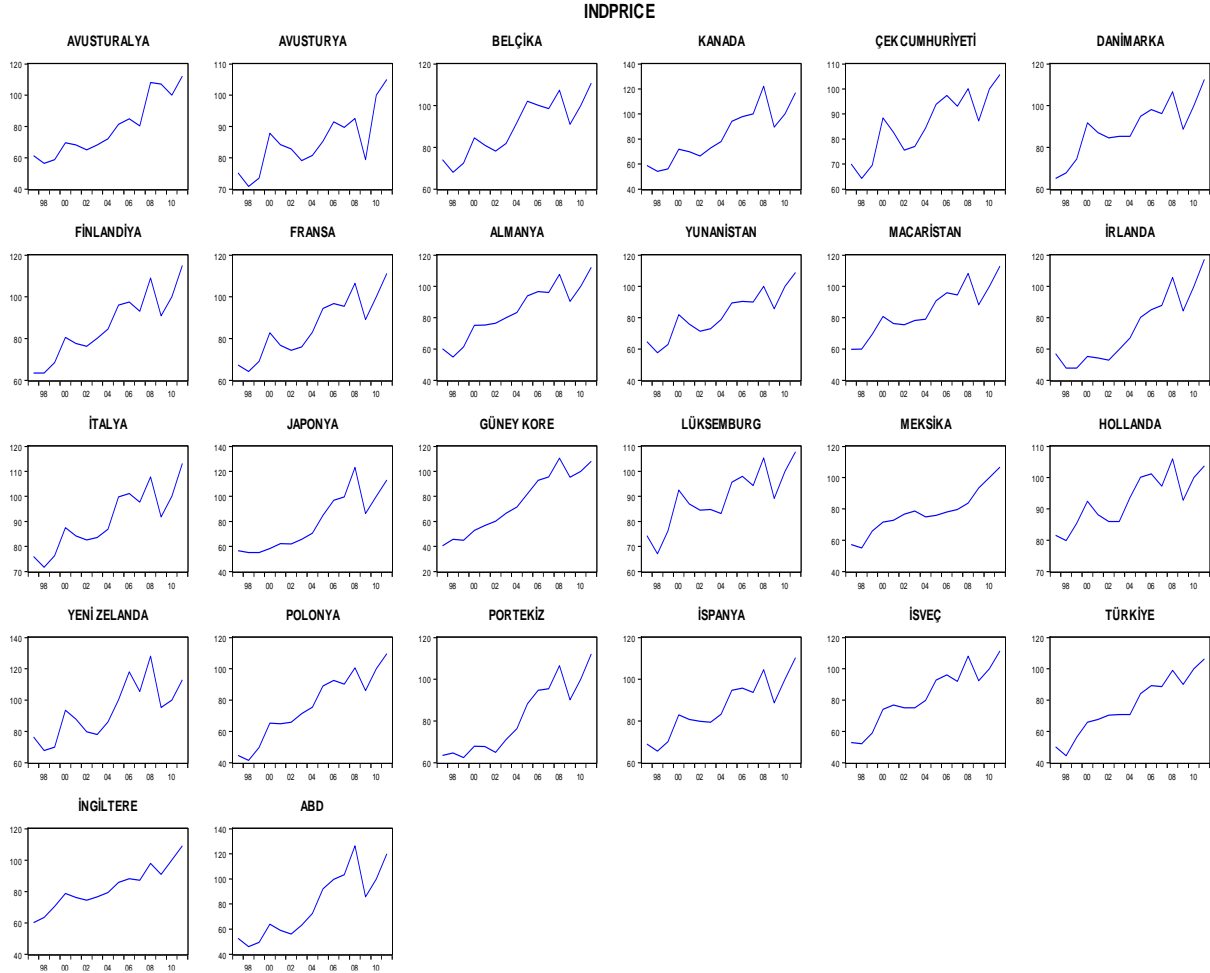
Şekil 3: Sanayi Sektöründeki Petrol Tüketiminin 1997-2011 Dönemindeki Gelişimi



Kaynak: IEA, 2015

Şekil 4'te OECD ülkelerinde sanayi sektöründe kullanılan petrolün fiyatlarının 1997-2011 dönemindeki gelişimi yer almaktadır. Buna göre, sanayi sektöründe kullanılan petrolün fiyatları, ele alınan dönemde genel olarak artış eğilimindedir. Söz konusu dönemde, önemli bir arz şoku yaşanmadığı için petrol fiyatlarında aşırı bir dalgalanma yoktur. Ancak kriz yıllarında fiyatlar genel düzeyinin düştüğü durumları destekleyecek nitelikte 2009 yılındaki petrol fiyatları 2008 yılına göre azalma göstermiştir. Örneğin, baz yılı olarak 2010 yılındaki fiyatlar dikkate alındığında 2008 yılında Almanya'da petrol fiyatları endeksi 107 iken, 2009 yılında 90 düzeylerine düşmüştür. Türkiye'de ise bu rakam, 2008 yılı için 98, 2009 yılı için 90 şeklindedir. Genel anlamda özellikle kriz yıllarında fiyatlarda meydana gelen düşüşlerin, tüketim ve emisyon değerlerini de düşürdüğü söylenebilir.

Şekil 4: Sanayi Sektöründe Kullanılan Petrolün Fiyatlarının 1997-2011 Dönemindeki Gelişimi



Kaynak: IEA, 2015.

6. EKONOMETRİK UYGULAMA

Bu kısımda, OECD ülkelerinde[‡] sanayi sektöründeki petrol tüketiminin ve petrol fiyatlarının CO₂ emisyonu üzerindeki etkisi, 1997-2011 dönemi için Panel Vektör Hata Düzeltme Modelleri (Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi-PMG, Ortalama Grup Tahmincisi-MG, Ortak İlişki Etkiler Ortalama Grup Tahmincisi-CCEMG ile Geliştirilmiş Ortalama Grup Tahmincisi-AUG) kullanılarak tahmin edilmektedir. Çalışmada, sanayi sektöründe petrol fiyatlarının CO₂ emisyonu üzerindeki etkisinin ele alınması literatüre bir katkı olarak değerlendirilebilir.

6.1. Veri ve Değişkenlerin Tanımlanması

Çalışmada sanayi sektöründeki CO₂ emisyonu (CO_{2e}) bağımlı değişken, sanayi sektöründe kullanılan petrolün fiyatı (indprice) ve sanayi sektöründeki petrol tüketimi (indcons) ise açıklayıcı değişkenler olarak modele dahil edilmiştir. Değişkenlerin tanımları ve hangi

[‡] Çalışmanın örnekleme Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Japonya, Güney Kore, Lüksemburg, Meksika, Hollanda, Yeni Zelanda, Polonya, Portekiz, İspanya, İsveç, Türkiye, İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri'nden oluşmaktadır. Veri eksikliği nedeniyle diğer OECD ülkeleri (Şili, Estonya, İzlanda, İsrail, Norveç, Slovakya, Slovenya ve İsviçre) analiz dışında tutulmuştur.

kaynaklardan elde edildikleri Tablo 1’te sunulmuştur. Petrol fiyatlarına ilişkin veriler ücret karşılığı temin edilmiştir.

Tablo 1: Değişkenlerin Tanımı ve Kaynağı

Değişkenler	Değişkenlerin Tanımlanması
Sanayi Sektöründe CO₂ Emisyonu (milyon metrik ton)	İmalat ve yapı endüstrilerindeki CO ₂ emisyonu, sanayideki yakıt yanmasından kaynaklanan zehirli gazların toplamından oluşur (Veri Kaynağı: Worldbank).
Sanayi Sektöründe Kullanılan Petrolün Fiyatı (Baz yıl 2010)	Sanayi sektöründe kullanılan petrolün fiyatı endeks olarak hesaplanmıştır. Endeks değeri baz yıl olan 2010 için 100 olarak belirlenmiştir. Burada petrolün son kullanım fiyatı ele alınmaktadır (Veri Kaynağı: IEA).
Sanayi Sektörü Enerji Tüketimi (Milyon Ton Petrol Eşdeğeri)	İmalat ve yapı endüstrilerindeki petrol ürünlerinin kullanımınıdır (Veri Kaynağı: IEA).

Literatürde yaygın bir şekilde CO₂ emisyonu ile enerji tüketimi, enerji verimliliği ve enerji vergileri arasındaki ilişki incelenmiş, enerji fiyatlarının sera gazı emisyonları üzerinde ne gibi etkilere yol açtığı yeterince araştırılmamıştır. Bu anlamda bu çalışmada, 2012 yılı rakamlarına göre küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %20’sine neden olan sanayi sektöründeki petrol fiyatları, petrol tüketimi ve CO₂ emisyonu ilişkisi konu edilmiştir.

6.2. Bulgular

Çalışmanın bu kısmında, OECD ülkelerinde CO₂ emisyonu ile petrol tüketimi ve petrol fiyatları arasındaki ilişkiyi test etmek amacıyla yapılan panel veri analizinin sonuçlarına değinilmektedir. Çalışmada kullanılan veri setine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2’de sunulmaktadır. Buna göre 1997-2011 döneminde OECD ülkelerinde sanayi sektöründeki CO₂ emisyonu ortalama 70 milyon metrik tondur. Anılan dönemde bu ülkelerin sanayi sektörlerinde petrol tüketimi ortalama 8 milyon ton petrol eşdeğeri iken, petrol fiyatlarının endeks değeri ise, ortalama 83 olarak gerçekleşmiştir. Veri setine ait çarpıklık değerleri açısından ele alınan değişkenlerin-çarpıklık değerleri pozitif olduğu için-dağılımlarının sağa çarpık (indprice hariç), basıklık değerleri incelendiğinde değişkenlerin dağılımının normale göre dik olmadığı görülmektedir.

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	CO _{2e}	indcons	indprice
Ortalama	70.73608	7.997462	83.60739
Medyan	38.93500	2.825000	84.54913
Maksimum	676.5100	104.0600	128.0314
Minimum	0.970000	0.000000	40.47536

Std. Hata	124.2951	15.36118	17.41463
Basıklık	3.647806	4.017755	-0.116035
Çarpıklık	16.47937	21.58300	2.459489
Jarque-Bera	3817.438	6660.830	5.622648
Olasılık	0.000000	0.000000	0.060125
Toplam	27587.07	3119.010	32606.88
Toplam Hata Kareler	6009766.	91790.76	117971.8
Gözlem	390	390	390

Tablo 3'te yer alan korelasyon matrisine bakıldığında, sanayi sektöründe CO₂ emisyonu ile petrol tüketimi arasında yüksek ve pozitif bir korelasyon (0.82) var iken, CO₂ emisyonu ile petrol fiyatları arasında zayıf bir korelasyon (-0.095) söz konusudur. Diğer taraftan enerji tüketimi ile enerji fiyatları arasında da zayıf ve negatif (-0.33) bir ilişki mevcuttur.

Tablo 3: Korelasyon Matrisi

Değişkenler	CO_{2e}	indcons	indprice
CO_{2e}	1		
indcons	0.82	1	
indprice	-0.095	-0.329	1

Panel veri analizlerinde, paneli oluşturan birimler arasında; mekânsal şoklar, krizler, entegrasyon düzeylerinin yüksek olması gibi nedenlerden ötürü yatay-kesit bağımlılığı olabilmektedir. Çalışmada yatay kesit bağımlılığı Pesaran (2004) CD testi yardımıyla araştırılmış ve elde edilen bulgular Tablo 4'te sunulmuştur. Buna göre değişkenlerin tamamı için yatay-kesit bağımsızlığını ifade eden H₀ hipotezi reddedilmiş ve bu değişkenlerde yatay-kesit bağımlılığı olduğu görülmüştür.

Tablo 4: Pesaran (2004) CD testi

Variable	CD-test	p-value	corr	abs(corr)
CO_{2e}	23.26	0.000	0.333	0.514
indcons	37.16	0.000	0.532	0.605
indprice	65.09	0.000	0.932	0.932

Ekonometrik araştırmalarda durağan olmayan serilerin regresyona sabit tutulması seriler arasında olası bir sahte ilişkisine yol açabilir. Bu yüzden çalışmada ele alınan değişkenlerin durağan olup olmadıkları yatay-kesit bağımlılığını dikkate alan Pesaran CIPS (2007) testi

kullanılarak incelenmiştir. Serilerin genel itibariyle durağan olmadıkları kabul edilmiş ve seriler birinci farkları alınarak durağan hale getirilmiştir (bkz, Tablo 5).

Tablo 5: Pesaran (2007) Panel Unit Root test (CIPS)

Değişken	Trendsiz			Trendli	
	lags	Zt-bar	p-value	Zt-bar	p-value
CO _{2e}	0	-2.263	0.012	-3.023	0.001
	1	0.495	0.690	-0.263	0.396
indcons	0	-1.525	0.064	-1.995	0.023
	1	0.567	0.715	1.153	0.875
indprice	0	-1.693	0.045	1.289	0.901
	1	-4.245	0.000	-1.382	0.084
Birinci Farklar					
Variable	Trendsiz			Trendli	
	lags	Zt-bar	p-value	Zt-bar	p-value
ΔCO _{2e}	0	-11.449	0.000	-8.854	0.000
	1	-5.000	0.000	-1.540	0.062
Δindcons	0	-10.333	0.000	-7.664	0.000
	1	-3.475	0.000	-2.139	0.016
Δindprice	0	-5.111	0.000	-2.446	0.007
	1	-3.447	0.000	-0.822	0.205

Birinci farkları alınarak durağan duruma getirilen seriler arasındaki eş bütünleşme ilişkisinin sonuçları Tablo 6'da görüldüğü gibidir. Pedroni eş bütünleşme testinde sabitli durumda 7 testten 6 tanesine, sabitli ve trendli durumda ise 5 tanesine göre seriler arasında eş bütünleşme vardır. Diğer taraftan Kao eşbütünleşme test istatistik değeri de (-2.60) anlamlı kabul edilmiş ve seriler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu görülmüştür.

Tablo 6: Pedroni ve Kao Eşbütünleşme Testleri

Trend varsayımı:	Sabitli		Sabitli-Trendli	
	İstatistik	<u>Olasılık</u>	İstatistik	<u>Olasılık</u>
Panel v-Statistic	-0.737570	0.7696	-3.037872	0.9988
Panel rho-Statistic	-1.684328	0.0461	1.200387	0.8850
Panel PP-Statistic	-6.070228	0.0000	-6.584548	0.0000
Panel ADF-Statistic	-6.011817	0.0000	-6.032869	0.0000
Group rho-Statistic	1.007345	0.8431	3.562229	0.9998
Group PP-Statistic	-5.914597	0.0000	-5.259486	0.0000
Group ADF-Statistic	-4.918619	0.0000	-4.183029	0.0000
Kao Test	-2.606703	0.0046	-	-

Seriler arasında uzun dönemli bir ilişki tespit edildikten sonra değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkilerinin yönü ve katsayıları PMG ve MG tahmincileri yardımıyla tahmin edilebilir. Bu doğrultuda panel vektör hata düzeltme modeli şu şekilde formüle edilebilir:

$$\Delta CO_{2e} = \phi_i CO_{2e_{it-1}} + \beta'_{i1} indcons_{it} + \beta'_{i2} indprice_{it} + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_{it} \Delta CO_{2e_{it-1}} + \sum_{j=0}^{q-1} \delta_{ij1} \Delta indcons_{it-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \delta_{ij2} \Delta indprice_{it-j} + u_{it}$$

Modelde; ϕ_i hata düzeltme parametresini, λ_{ij} gecikmeli bağımlı değişkenin katsayılarını (scalars), $\delta_{i,j}$ ($k \times 1$) katsayı vektörlerini, i indisi ülke sayısını, t zamanı, q optimal gecikme uzunluğunu, u_{it} ise hata terimini göstermektedir. Hata düzeltme parametresinin negatif değerli ve istatistiksel olarak anlamlı olması eş bütünleşik seriler arasındaki kısa dönemli sapmaların uzun dönemde ortadan kalkacağını ve serilerin uzun dönemde dengeye geleceklerini ortaya koymaktadır.

Uzun dönem parametre tahmini için ayrıca yatay kesit bağımlılığını dikkate alan, heterojenliğe izin veren yapısal kırılmalara ve koentegre ilişki olmama durumuna karşı dirençli tahminciler olan CCEMG ve AUG tahmincilerinden de faydalanılmıştır (Büberkökü, 2016: 288).

CO_{2e} ile $indcons$ ve $indprice$ arasındaki ilişki öncelikle kısa dönem parametrelerini vermesinin yanısıra dinamik tahminler yapmayı olanaklı kılan PMG ve MG tahmincileri ile tahmin edilmiş, bu tahmincilerden hangisinin daha iyi sonuçlar ortaya koyduğunu tespit etmek için de uzun dönem homojenliğini test eden Hausman testi uygulanmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 7'de verilmiştir. Hausman testine göre ki-kare değeri anlamlı değildir ve H_0 hipotezi reddedilememiştir. Yani PMG tahmincisi daha doğru sonuçlar üretmektedir ve uzun dönem parametreleri homojendir. Diğer taraftan, hata düzeltme parametresi (errorcorrection-ec)

sıfırdan küçük olduğu için anlamlıdır, dolayısıyla değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki söz konusudur.

Tablo 7: PMG, MG ve Hausman Test Sonuçları

Tahminciler	PMG		MG	
	Katsayı	P > z	Katsayı	P > z
D. CO_{2e}				
ec indcons	1.513657	0.000	.5781676	0.482
ec indprice	-.0114721	0.000	-.106879	0.088
SR ec	-.3309548	0.000	-.6696234	0.000
indcons D1.	.3956047	0.129	.2399285	0.396
indprice D1.	.142094	0.017	.1636476	0.014
constant	15.80725	0.025	48.31954	0.011
HAUSMAN TESTİ				
Hausman Testi: $\chi^2(2) = 3.46$ Prob>$\chi^2 = 0.1777$ Log Olabilirlik: -691.9648 Gözlem Sayısı (n): 364				

Hata düzeltme parametresi aynı zamanda serilerin durağan olmamasından kaynaklanan kısa dönem sapmalarının bir sonraki dönemde dengeye gelme hızını da göstermektedir. Buna göre bir dönemde oluşan dengesizliklerin yaklaşık %33'ü bir sonraki dönemde düzelecek ve uzun dönem dengesine yaklaşması sağlanacaktır. Indcons uzun dönem katsayısının (1.51) işareti pozitif ve anlamlı iken, kısa dönem katsayısı anlamlı değildir. Indprice değişkeninin uzun ve kısa dönem parametreleri (-0.011 ve 0.14) anlamlıdır. Indprice değişkeninin işareti kısa dönemde pozitif iken, uzun dönemde negatife dönmektedir. Bu durum kısa dönemde fiyatlar artsa da CO₂ emisyonunun azalmadığını göstermektedir. Uzun dönemde sanayi sektöründe petrol tüketimindeki 1 birimlik artış CO_{2e}'yi yaklaşık olarak 1.51 artırmaktadır. Buna karşın, petrol fiyatlarındaki 1 birimlik bir artış uzun dönemde CO_{2e}'yi 0.011 birim azaltırken, kısa dönemde 0.14 birim yükseltmektedir. Petrol fiyatlarındaki artışa rağmen kısa dönemde CO_{2e}'nin azalmaması birkaç nedene bağlanabilir: Birincisi, fiyatlardaki değişimlere CO_{2e} geç tepki vermektedir. İkincisi, CO_{2e}'yi düşürmek maliyetli olduğu için bunu kısa vadede sağlamak oldukça güçtür. Üçüncüsü, petrol ve gaz üreten ülkeler, fosil yakıtların kullanılmaya devam ettirilmesine büyük bir ilgi duymaktadırlar ve onları teşvik etmeye ve sübvans etmeye devam etmekte ve ara vermemektedirler. Son olarak özellikle gelişmekte olan ülkeler için ekonomik büyüme enerji tüketiminde ve buna bağlı olarak sera gazı emisyonlarında bir artışa sebep olsa da en önemli hedeftir[§].

[§] <http://energypost.eu/difficult-reduce-co2-emissions/> Erişim Tarihi: 10.05.2016.

CO₂ emisyonu ile petrol tüketimi ve petrol fiyatları arasındaki ilişkinin uzun dönemde anlamlı olup olmadığının tespit edilmesine yönelik olarak ayrıca CCEMG ve AUG tahmincileri kullanılmış ve elde edilen bulgular Tablo 8’de sunulmuştur. Buna göre uzun dönemde gerek CCEMG gerekse de AUG tahmincilerine göre petrol tüketimi CO_{2e}’yi artırmaktadır. Buna karşın her iki tahminci açısından da petrol fiyatlarının CO_{2e} üzerinde etkili olmadığı anlaşılmaktadır. CCEMG tahmincisine göre petrol tüketimindeki 1 birimlik artış CO_{2e}’yi uzun dönemde 1.133 birim, AUG’a göre ise 0.687 oranında artırmaktadır.

Tablo 8: CCEMG ve AUG Sonuçları

Değişkenler/Tahminci	CCEMG	
CO _{2e}	Katsayı	P > z
indcons	1.132939	0.000
indprice	-.0449345	0.113
__000007_t	-.2227129	0.144
__00000M_CO _{2e}	.3306952	0.003
__00000L_indcons	-.1869636	0.133
__00000L_indprice	-.0000794	0.999
constant	5.086617	0.244
RMSE: 2.3809	Wald chi2(2) = 19.59, Prob > chi2 = 0.0001	
Değişkenler/Tahminci	AUG	
CO _{2e}	Katsayı	P > z
indcons	.6871769	0.001
indprice	.0295873	0.188
__00000R_c	.2322126	0.004
__000007_t	-.0323851	0.870
constant	36.15228	0.000
RMSE: 2.8788	Wald chi2(2) = 13.02, Prob > chi2 = 0.0015	

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %22’sinin sanayi sektörü kaynaklı olduğunu dikkate alarak, mevcut çalışma sanayi sektöründe CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve enerji fiyatları arasındaki uzun dönemli ilişkiyi OECD ülkeleri örnekleminde, panel hata düzeltme modelleri aracılığıyla incelemektedir. Bulgular, teorik ve ampirik literatürden beklentilere de

uygun olarak karbondioksit emisyonu üzerinde, enerji tüketiminin etkisinin pozitif enerji fiyatlarının etkisinin negatif olduğunu ortaya koymaktadır. Buna göre örneklem kapsamındaki ülkeler için PMG tahmincisine göre, uzun dönemde sanayi sektöründe petrol tüketimindeki bir birimlik artış CO₂'yi yaklaşık olarak 1.51 oranında artırmaktadır. Buna karşın, petrol fiyatlarındaki bir birimlik artış uzun dönemde CO₂'yi 0.01 oranında azaltırken, kısa dönemde 0.14 oranında yükseltmektedir. CCEMG ve AUG tahmincilerine göre ise uzun dönemde CO₂'yi etkileme bakımından sadece petrol tüketimi anlamlıdır. CCEMG tahmincisi petrol tüketimindeki 1 birimlik artışın CO_{2e}'yi uzun dönemde 1.133, AUG ise 0.687 oranında arttıracığını ortaya koymuştur. Kuşkusuz bulguların araştırmanın örnekleme ve inceleme dönemi ile kısıtlı olacağı dikkate alınmalıdır.

Çalışma ampirik literatürde görece ihmal edilen sektörel incelemelere katkı sağlamayı hedeflemiştir. Gelecek çalışmaların sanayi sektörünün alt sektörlerinde enerji tüketimi, petrol fiyatları ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişkiler inceleyerek sektörel farklılıkları ortaya koyması politika tasarımı için de anlamlı bulgular üretecektir. Bunun yanı sıra çalışma, eş anlı olarak sanayileşme, enerji tasarrufu ve çevreye dost sürdürülebilir büyüme baskısı altında olan Türkiye gibi ülkeler açısından sanayi sektörüne ilişkin enerji politikaları tasarlanmasını destekleyici bulgular ortaya koymuştur. CO₂ emisyonunun azaltılması için; sanayi sektöründe enerji verimliliğinin ve tasarrufunun artırılmasına yönelik önlemlerin artırılması, enerji yoğunluğunun azaltılması, yenilikçi üretim teknolojilerinin geliştirilmesi (karbon kaynağının kömürden kimyevi organik bileşenlere dönüştürülmesi), geri dönüşüm teknolojilerinin ve yenilenebilir enerji kaynağı kullanımının yaygınlaştırılması ve enerji yönetimi sistemlerinin uygulamaya konulması politika tasarımında dikkate alınması gereken hususlardır.

KAYNAKÇA

Alkathlan, Khalid ve Javid, Muhammad (2013), “Energy Consumption, Carbon Emissions And Economic Growth In Saudi Arabia: An Aggregate and Disaggregate Analysis”, *Energy Policy*, 62, 1525-1532.

Aune, Finn Roar; Liu Gang; Rosendahl Knut Einar ve Sagen Eirik Lund (2009), “Subsidising Carbon Capture: Effects on Energy Prices And Market Shares In The Power Market”, <http://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/DP/dp595.pdf> (Erişim Tarihi: 01.01.2016)

BP (2013), *Annual Report and Form 20-F 2013*, https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/investors/BP_Annual_Report_and_Form_20F_2013.pdf (Erişim Tarihi: 10.04.2015)

Büberkökü, Önder (2016), “Uluslararası Sermaye Hareketliliğinin İncelenmesi: Yükselen Piyasa Ekonomileri Üzerine Bir Uygulama”, *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 8(15), 281-298.

Cogni Alessandro ve Manera Matteo (2008), “Oil Prices Inflation and Interest Rates in a Structural Cointegrating VAR Model For G-7 Countries”, *Energy Economics*, 30, 856-888.

Çoban, Orhan ve Şahbaz, Nazan (2011), “Ar&Ge Harcamaları ve Gsmh'nin Enerji İthalatına Etkisi: Türkiye Örneği”, *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 13(21), 11-19.

DEK-TMK (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi) (2012), “Enerji Raporu 2012”, DEK-TMK Yayın No: 0021/2012, Ankara.

Dinica, Valentina (2002), *Energy Policies For CO₂ Emission Reduction*, In A. Yatova (Eds.), *Natural System Challenge Iı-Climate Change, Human Systems and Policy*, Birleşik Krallık: Encyclopedia of life support systems, EOLSS Publishers Co., Oxford.

Gorkum, Van (2010), “CO₂ Emissions And Energy Consumption During The Construction of Concrete Structures: Comparison Between Prefab and Insitu Concrete Viaducts”, Doktora Tezi, Delft University of Technology, TU Delft, Hollanda.

Halicioglu, Ferda (2009), “An Econometric Study of CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey”, *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164.

Hammoudeh, Shawkat M.; Nguyen Duc Khuong ve Sousa Ricardo M. (2014), “What Explains the Short-Term Dynamics of the Prices of CO₂ Emissions? ”, *Universida de Minho, WorkingPaper Series*, <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28047/1/NIPEWP042014.pdf> (Erişim Tarihi: 08.04.2015)

Hoeller, Peter ve Wallin, Markku (1991), “Energy Prices, Taxes and Carbon Dioxide Emissions”, <http://www.oecd.org/eco/greeneco/34258255.pdf> (Erişim Tarihi: 01.01.2016)

Hossain, Sharif (2012), “An Econometric Analysis for CO₂ Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, Foreign Trade and Urbanization of Japan”, *Low Carbon Economy*, 3, 92-106.

IEA (2015), “Statistics, Online Access Services, Energy Prices and Taxes”, <http://wds.iea.org/wds/ReportFolders/ReportFolders.aspx> (Erişim Tarihi: 04.04.2015)

Lindmark, Magnus (2002), “An EKC-Pattern in Historical Perspective: Carbon Dioxide Emissions, Technology, Fuel Prices and Growth in Sweden 1870–1997”, *Ecological Economics*, 42(1), 333-347.

Munir, Sehar ve Khan, Azra (2013), “Impact of Fossil Fuel Energy Consumption on CO₂ Emissions: Evidence from Pakistan (1980-2010)”, <http://72.9.146.122/psde/pdf/AGM29/papers/Sehar%20Munir.pdf> (Erişim Tarihi: 01.01.2016)

National Action Plan for Energy Efficiency (2009), *Energy Efficiency as A Low-Cost Resource for Achieving Carbon Emissions Reductions*, Prepared by William Prindle, ICF International, Inc.

Rodríguez, Miguel ve Pena-Boquete, Yolanda (2016), “Another Look at CO₂ Emissions Modelling: The Role of Energy Prices in Developed Countries”, <http://tr.scribd.com/doc/122961169/Another-look-at-CO2-emissions-modelling-the-role-of-energy-prices-in-developed-countries#scribd> (Erişim Tarihi: 01.01.2016)

Sadorsky, Perry (2009), “Renewable Energy Consumption, CO₂ Emissions and Oil Prices in the G7 Countries”, *Energy Economics*, 31(3), 456-462.

Shanthini, Rajaratnam (2012), “Is The Economic Growth in the United States Influenced by Its Fossil Fuel-Based Carbon Dioxide Emissions? ”, *Journal of Sustainable Development*, 5(3), 59.

Vattenfall (2011), “Six Sources of Energy-One Energy System”, http://corporate.vattenfall.com/globalassets/corporate/about_vattenfall/generation/six_sources_of_energy_one_energy_system.pdf (Erişim Tarihi: 10.04.2015)

World Bank (2015), “World Databank, World Development Indicators & Global Development Finance”, <http://databank.worldbank.org/data/views/variableSelection/selectvariables.aspx?source=world-development-indicators> (Erişim Tarihi: 04.04.2015)

Zhang, Guoxing ve Cheng, Sujie (2014), “International Oil Price’s Impacts on Carbon Emission in China’s Transportation Industry”, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 7(4), 749-768.