

## AVRUPA BİRLİĞİ EMİSYON TİCARETİ PROGRAMI: BİRİNCİ VE İKİNCİ UYGULAMA DÖNEMİNDE CO<sub>2</sub> FİYATI GÖSTERGELERİ

Yrd. Doç. Dr. Billur ENGİN BALIN\*  
Yrd. Doç. Dr. Haluk ZÜLFİKAR\*\*

### ÖZET

*Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Programı (AB ETS) ile Birlik çapında CO<sub>2</sub> ruhsatları için bir piyasa yaratılması hedeflenmektedir. Ruhsat piyasasında oluşan denge fiyatı, kapsam içinde bulunan işletmeler için CO<sub>2</sub> emisyonunda bulunmanın parasal maliyetini yansıtır. Bu şekilde, kirliliğin maliyetinin işletmeler tarafından içselleştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışma, Emisyon Ticareti Programı kapsamında dağıtılan ruhsatların fiyat göstergelerini araştırmaktadır. Çalışmada, "Pilot Dönem" olarak da adlandırılan ve 2005-2007 yıllarını kapsayan ilk uygulama dönemi ve halihazırda devam etmekte olan ikinci uygulama dönemi üzerinde yoğunlaşarak bu dönemlerde oluşan fiyat değişimleri açıklanmaya çalışılmaktadır.*

**Anahtar Kelimeler:** *Avrupa Birliği, Emisyon Ticareti Programı, CO<sub>2</sub> Fiyatı, İklim Değişikliği Politikaları, Kyoto Protokolü, Çevre İstatistikleri.*

### ABSTRACT

*One of the main objectives of the European Union Emission Trading Scheme (EU ETS) is to establish a market price level for allowances that represents the cost of pollution to the European CO<sub>2</sub> emitting installations, thereby the cost of pollution can be internalized by the installations. This study identifies the main price drivers of European Union Allowances valid for compliance under the EU ETS. The study focus on the EUA price changes on **Phase I** (2005-2007) of the EU ETS which may also be described as "Pilot Period" and **Phase II** (2008-2012) that is still in the process.*

**Keywords:** *European Union, Emission Trading Scheme, CO<sub>2</sub> Price, Climate Change Policy, Kyoto Protocol, Environmental Statistics.*

---

\*İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi, İngilizce İktisat Bölümü, İngilizce İktisat Teorisi Anabilim Dalı

\*\*İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi, İngilizce İktisat Bölümü, İngilizce İktisat Politikası Anabilim Dalı

## GİRİŞ

İklim değişikliği ve küresel ısınma, Dünya Bankası eski baş ekonomisti Nicholas Stern'in de vurguladığı üzere (2008:1), řu ana dek görölmüş en büyük ve geniş kapsamlı piyasa başarısızlığıdır. Küresel ısınma, doğal ya da insani faaliyetler nedeniyle oluşabilen ve yeryüzünün ortalama sıcaklığını arttıran iklim değişiklikleridir. Doğal yollarla oluşabilse de, küresel ısınmanın en önemli sebebinin iktisadi faaliyet sebebiyle oluşan sera gazı etkisi olduğu söylenebilir[1].

Su buharı haricinde kalan sera gazları, atmosfer bileşimindeki payları % 0,1'den az olmasına rağmen bir seranın üzerini örten camdan bir çatı gibi ısıyı tutar. İktisadi faaliyet sebebiyle sera gazı emisyonunun artması ise bu çatıyı kalınlaştırıcı etki yaratır. Tüm sera gazları içerisinde karbondioksitin (CO<sub>2</sub>) insan kaynaklı küresel ısınmanın dörtte üçüne neden olduğu bilinmektedir. Toplam CO<sub>2</sub> emisyonunun yaklaşık %80'i kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıt kullanımı sebebiyle oluşmaktadır. (IEA, 2009:8)

1997 yılında Japonya'nın Kyoto kentinde gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) Üçüncü Taraflar Konferansında, iklim değişikliği ile ilgili ilk ve hâlihazırda tek bağlayıcı uluslararası anlaşma olan Kyoto Protokolü kabul edilmiştir. 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolünü kendisinden önceki çevre anlaşmalarından ayıran en önemli özellik; 37 sanayileşmiş ülke ve Avrupa Birliği'nde sera gazı emisyonlarının azaltılabilmesi için bağlayıcı bir hedef oluşturulmasıdır. Bu hedef, protokolü kabul eden ülkelerin sera gazı emisyonlarını 2008 - 2012 yılları arasında 1990 yılı seviyesinin en az %5 altına düşürmesi şeklinde tanımlanmaktadır.

Kyoto Protokolü, katılımcı ülkelerin taahhütlerine ulusal politikalarla ulaşmasını öngörmesi yanında, uluslararası ölçekte uygulanacak piyasa temelli üç mekanizma önermektedir. Bu mekanizmalar "*Kyoto Esneklik Mekanizmaları*" olarak adlandırılırlar.

Kyoto Esneklik Mekanizmalarından birincisi olan Temiz Kalkınma Mekanizması (*Clean Development Mechanism – CDM*) UNFCCC tarafından belirtilen Ek-1 ülkelerinin [2], kendileri dışında kalan ülkelerde yapacakları doğrudan yatırımlarda çevre dostu teknolojiyi transfer etmelerini, böylelikle

sera gazı emisyonlarını ölçülebilir düzeyde azaltmalarını öngörmektedir. Azaltılan sera gazı emisyonu nispetinde kazanılan Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltma (*Certified Emission Reduction – CER*) kredileri bu ülkelerin taahhütleri kapsamında değerlendirilmektedir.

Diğer bir Kyoto Esneklik Mekanizması, Ortak Yürütme (*Joint Implementation - JI*) olarak adlandırılır. Ortak Yürütme kapsamında bir Ek-1 ülkesinin başka bir Ek-1 ülkesinde gerçekleştirdiği ve sera gazı emisyonunun azalmasına sebep olan ortak projeler kastedilmektedir. Bu şekilde emisyonunu azaltan ev sahibi ülke Emisyon Azaltma Kredisi (*Emission Reduction Units - ERU*) kazanmakta ve bu tutarı yatırımcı diğer Ek-1 ülkesine satabilmektedir. Yatırımcı Ek-1 ülkesi satın aldığı krediler ile emisyon ruhsatlarını arttırırken, transfer edilen Emisyon Azaltım Kredisi ev sahibi ülkenin toplam ruhsatından düşülmektedir.

Emisyon Ticaret Sisteminde ise; Protokol ile emisyonunu azaltma taahhüdünde bulunan ülkelerin, belirlenmiş Sayısal Emisyon Azaltma Yükümlülüğünün (*Assigned Amount Units - AAU*) ticaretini yapabileceği ifade edilmektedir. Diğer bir deyişle sera gazı emisyonunu taahhüt ettiği miktardan daha fazla azaltan ülke, emisyonundaki bu ilave düşüşü bir başka ülkeye satabilir ya da taahhüt edilen emisyon miktarını tutturamayan ülke diğer ülkelerden emisyonda bulunma ruhsatı satın alabilir.

Protokolde öncü rol oynayan Avrupa Birliği, 2008 – 2012 yılları arasında sera gazları emisyonunu 1990 seviyesinin %8 altına düşüreceğini taahhüt etmiştir. Bu bağlamda Avrupa Komisyonunun 2003/87/EC sayılı Emisyon Ticareti Direktifi ile Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Programı (*Emissions Trading Scheme – ETS*) kurulmuştur. Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Programı (bundan sonra ETS olarak anılacaktır) hem dünyada uygulanan ilk uluslararası emisyon ticareti programı olması hem de yüksek bir emisyon hacmini hedeflemesi bakımından önemlidir.

Programın ilk uygulama dönemi 2005 – 2007 yılları arasındadır. Bu dönem “*pilot dönem*” olarak da adlandırılmaktadır. İkinci uygulama dönemi ise 2008 – 2012 yılları arasını kapsar ki; bu dönem Kyoto taahhütlerinin yerine getirileceği dönem ile çakışması bakımından önem taşır. Üçüncü uygulama dönemi ise 2013-2020 tarihlerini kapsayacaktır.

Program kapsamındaki sektörlerde çalışan işletmeler kendilerine tahsis edilen ruhsat kadar emisyonda bulunabileceği gibi, piyasadan ruhsat satın alabilme ya da kullanmadıkları ruhsatları satabilme hakkına da sahiptir. Dolayısıyla ETS'nin Avrupa Birliği kapsamında bir CO<sub>2</sub> piyasası olduğu söylenebilir.

Bu çalışmanın amacı Avrupa Birliğinde ETS kapsamında oluşturulan CO<sub>2</sub> ruhsatlarının fiyat göstergelerini tespit ederek, bu göstergeleri her bir uygulama dönemi içinde ve iki uygulama dönemi arasında karşılaştırmaktır. Bu çalışma, daha önce pilot dönem için yapılan çalışmaların literatür çerçevesinde ele alındığı “*Avrupa Birliği Emisyon Ticareti ve CO<sub>2</sub> Fiyatını Belirleyen Faktörler*” başlıklı çalışmayı (Engin, 2010) ikinci uygulama dönemini ele alarak ve her iki dönemi bir bütün olarak ekonometrik kapsamda analiz ederek genişletmektedir. Bu çerçevede üç farklı uygulama ile desteklenen çalışma kantitatif bir yaklaşım içermektedir. Çevre ekonomisi literatüründe, alternatif enerji girdilerinin fiyatları, hava koşulları, endüstriyel üretim ve piyasa dışı koşullar ruhsat fiyatı göstergeleri olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada, anılan göstergeler içerisinde özellikle alternatif enerji girdilerinin fiyatları, piyasa dışı koşullar ve hava koşullarının etkisi üzerinde durularak pilot dönem ile ikinci uygulama dönemi arasında bir yapısal farklılık olup olmadığı ele alınacaktır.

Çalışmanın birinci bölümünde CO<sub>2</sub> piyasasının özellikleri incelenerek pilot dönem ve ikinci uygulama döneminde meydana gelen fiyat hareketleri değerlendirilecektir. İkinci bölümde CO<sub>2</sub> fiyat göstergelerinin analitik incelemesi yapılmakta ve özellikle her bir uygulama dönemi içinde ve dönemler arasındaki farklılıklar ortaya koyulmaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümünde ise CO<sub>2</sub> fiyatını etkileyebilecek göstergeler ekonometrik bir model çerçevesinde analiz edilmektedir.

## **1. AVRUPA BİRLİĞİ CO<sub>2</sub> PİYASASININ ÖZELLİKLERİ VE FİYAT HAREKETLERİ**

Avrupa Birliği için yeni bir deneyim olan CO<sub>2</sub> piyasasının hangi piyasa ile benzerlik gösterdiği, tartışılan bir konudur. (Springer, 2003; Hintermann, 2008; Benz ve Truck, 2009) Kendisine tahsis edilen emisyon miktarının

üzerinde emisyonunda bulunan bir firmanın piyasadan emisyon ruhsatı satın almak zorunda olması CO<sub>2</sub>'i Avrupa **mal piyasasının** üyesi haline getirmektedir. Ancak bu piyasayı geleneksel mal piyasalarından ayıran özellik, satılan malın “*üretilmeyen*” CO<sub>2</sub> miktarı olmasıdır. Emisyon miktarı; kendilerine tahsis edilenden daha az emisyonunda bulunan firmalar için bir varlık, kendilerine tahsis edilenden daha fazla emisyonunda bulunan firmalar için ise bir yükümlülük niteliğinde olduğundan CO<sub>2</sub> piyasasının **hisse senedi piyasası** ile benzeştiği de söylenebilir. Ancak bir firmaya ait hisse senedinin fiyatı ve talebi öncelikli olarak o firmanın kâr beklentilerine bağlı iken, ruhsat fiyatı piyasadaki ruhsat kıtlığına bağlı olarak belirlenmektedir. CO<sub>2</sub> piyasasının **faktör piyasası** içinde incelenmesi, bunlardan daha yaygın bir yaklaşımdır. Kâr maksimizasyonunu hedefleyen firmalar, marjinal ürün hasılatı kirliliği engelleme marjinal maliyetine eşit olana kadar ruhsat kullanmaya devam edecektir. Belirtmek gerekir ki, ruhsatların dönemler arasında transferini sağlayacak bankacılık sisteminde sınırlamalar var ise, emisyon ruhsatı stoklanamayan bir üretim faktörü haline gelecektir.

ETS'nin hesap birimi EUA (European Union Allowance) olarak adlandırılır. Her bir EUA bir yıl içinde 1 ton CO<sub>2</sub> emisyonu tahsis eden bir ruhsat niteliği taşır. ETS kapsamındaki ülkelerin sahip olacağı ruhsat miktarı, ilk iki uygulama döneminde her bir ülkenin hazırladığı Ulusal Dağıtım Planları (National Allocation Plans – NAP) tarafından belirlenmekteyken, üçüncü uygulama dönemi için ruhsatların dağıtımının merkezileştirilmesi ve her bir ülkeye tahsis edilecek ruhsat miktarının Avrupa Komisyonu tarafından belirlenmesi planlanmaktadır. (CDC Climat Research, 2011:39) Avrupa Çevre Ajansı verilerine göre, pilot dönemde yıllık yaklaşık 2.1 milyar CO<sub>2</sub> ruhsatı 27 birlik ülkesine bedelsiz olarak dağıtılmıştır. Bu değer, Avrupa Birliği içerisinde üretilen CO<sub>2</sub>'in yarısına, tüm sera gazlarının ise %40'ına tekabül etmektedir. İkinci uygulama döneminde bu miktar 2.08 milyara çekilmiştir. (Chevallier, 2012:161)

Firmalar emisyon hedeflerine ulaşırken Temiz Kalkınma Mekanizması kapsamında kazandıkları CER'leri ve Ortak Yürütme Mekanizması kapsamında kazandıkları ERU'ları da toplam yükümlülükleri içerisindeki payı %13,5'u geçmeyecek şekilde kullanırlar. (CDC Climat Research, 2011:38) İşletmelerin gerçekleşen emisyon miktarının, ellerinde bulunan ruhsat miktarını aşması halinde, aşılacak her bir ton için birinci uygulama döneminde

40 Avro, ikinci uygulama dönemi içinse 100 Avro ceza ödemeleri hükme bağlanmıştır.

Ruhsatların ülkeler arasında dağılımı incelendiğinde, endüstriyel emisyonun %72'sini üreten altı ülkenin (Almanya, Polonya, İngiltere, İtalya, İspanya ve Fransa) toplam ruhsatların da %70'ini aldığı görülür. (Alberola ve diğerleri, 2009: 449)

Sektörel bazda bakıldığında ise, ETS, elektrik üretimi, petrol rafinerileri, demir çelik, çimento, cam ve seramik, tuğla ve kağıt gibi sektörleri içeren ve CO<sub>2</sub> yoğun üretim yapan yaklaşık 10.600 işletmeyi kapsamına almaktadır. Bu işletmelerin toplam CO<sub>2</sub> emisyonu, Avrupa Birliği toplamının %46'sına karşılık gelmektedir (Chevallier, 2012:158). 2012 yılından itibaren havacılık sektörü, 2013 yılından itibaren ise kimyasal ve alüminyum sektörleri tarafından salınan nitro oksit (N<sub>2</sub>O) ve sülfür heksaflorid (SF<sub>6</sub>) sera gazları da ETS içerisinde işlem görecektir.

ETS kapsamındaki sektörler içerisinde enerji sektörü özel bir öneme sahiptir. Zira 2009 verilerine göre, enerji sektörü birlik kapsamında CO<sub>2</sub> emisyonunun %94'ünü gerçekleştirmekte ve dağıtılan ruhsatların yaklaşık %70'ini almaktadır. (CDC Climat Research, 2011:38) Tahmin edilebileceği üzere, enerji sektörü, piyasadan ruhsat talep eden tek sektördür. Diğer tüm sektörler ise, kendilerine tahsis edilenden ruhsat miktarından daha azını kullanarak, enerji sektörünü beslemektedirler. (Alberola ve Chavallier, 2009: 118)

ETS'nin birinci uygulama döneminde ruhsat fiyatının istikrarsız bir seyir izlediği dikkat çeker. 1 Ocak 2005'de 8 Avro seviyesinden başlayan fiyatın, Temmuz 2005'de 30 Avro seviyesine yükseldiği ve takip eden 6 ay içerisinde 20-25 Avro aralığında seyrettiği görülmektedir. Nisan 2006'nın son haftasında ise Avrupa Komisyonunun 2005 yılının gerçekleşen emisyon değerlerini açıklamasıyla, ETS'nin fazla pozisyonda olduğu ortaya çıkmıştır. Bunu takiben fiyat 4 gün içerisinde %54'den fazla düşerek, 10-15 € seviyesine yerleşmiştir. Nisan 2007'de, 2006 gerçekleşen emisyon değerlerinin yine fazla pozisyonda olduğunu göstermesi ile ruhsat fiyatının pilot dönemin sonlarına doğru sıfıra yaklaştığı görülmektedir.

2005 ve 2006 yıllarında toplam gerçekleşen emisyonun, tahsis edilen ruh-

sat miktarının altında kalması piyasaya aşırı ruhsat arzı yapıldığı iddialarını da gündeme getirmiştir. Ellerman ve Buchner (2008: 271) çalışmalarında; kendilerine tahsis edilenden daha az emisyonunda bulunan tüm firmaların kullanmadıkları ruhsat miktarı “*Brüt Fazla Pozisyon*”, kendilerine tahsis edilenden daha fazla emisyonunda bulunan tüm firmaların piyasadan talep ettikleri ruhsat miktarı ise “*Brüt Açık Pozisyon*” olarak tanımlanmaktadır. Brüt fazla pozisyon ile brüt açık pozisyon arasındaki fark ise net açık/fazla pozisyon olarak ifade edilmiştir. Birliğin merkezi kayıt sistemi verilerine (Community Independent Transaction Log-CITL) göre, 2005 yılında 82,4 milyon (%3,9), 2006 yılında 36,1 milyon (%1,7) ve 2007 yılında 26,9 milyon (%1,3) EUA net fazla durumunda idi. (Anderson ve Di Maria, 2011:85)

Pilot dönemde aşırı tahsisat yapılmasının bir sebebi, piyasadaki bu fazlalığın ancak gerçekleşen değerler belirlendikten sonra tespit edilmiş olmasıdır. Burada, Birlik içinde ülkeler bazında CO<sub>2</sub> ile ilgili sürekli ve düzenli veri olmasına rağmen, sektörel bazdaki istatistik verilerin yetersiz olması da önemli rol oynar. (Hintermann, 2008: 9, Anderson ve Di Maria, 2011:97) Dolayısıyla, pilot dönemde, gerçekleşen emisyonların açıklanmasının hemen ardından yaşanan fiyat düşüşleri göstermektedir ki CO<sub>2</sub> tavanının yeterince yüksek tutulmaması durumunda ruhsat ticareti, CO<sub>2</sub> seviyesini düşürmeye teşvik edecek fiyatların oluşmasını garanti etmemektedir. (Alberola ve diğerleri, 2008a: 787)

Çevre ekonomisi literatüründe, emisyon ticaretinin ekonomik etkinliğinin sağlanabilmesi için, sistemin bankacılık ve ödünç alma mekanizması ile donatılmış olması gerektiğine de özellikle dikkat çekilmektedir. (Schleich ve diğerleri, 2006; Alberola ve Chevallier, 2009) Teorik ve ampirik çalışmalar göstermektedir ki emisyon ticareti programlarında bankacılık ve ödünç alma mekanizmalarının kullanılması, firmalara tahsis edilen ruhsatların dönemler arası kullanılabilmesi imkanı vererek maliyet tasarrufu sağlayabildiği gibi, gelecek dönemlerdeki beklenmeyen talep artışlarına bağlı olarak ortaya çıkacak fiyat dalgalanmalarını da engellemektedir. (Schleich et al., 2006:113) ETS kapsamında, pilot dönemde kullanılmayan CO<sub>2</sub> ruhsatlarının ikinci uygulama dönemine aktarılamaması, dönem sonunda kullanılmayan ruhsatların değerinin sıfırlanması anlamına gelmektedir. Bu bağlamda da pilot dönem sonuna doğru ticaret hacminin artması ve sertifika fiyatlarının sifra yaklaşması anlaşılabilir bir durumdur.

Pilot dönemin aksine, ikinci uygulama döneminde CO<sub>2</sub> fiyatının daha istikrarlı bir seyir izlediği görölmektedir. Şekil 1’den izlenebileceği üzere, fiyat CO<sub>2</sub> talebine bağlı olarak 10 Avro ile 30 Avro aralığında dalgalanmaktadır. Bu dönemde görölen fiyat hareketleri řu sebeplere bağlanabilir:

i. 2008 yılında yaşanan global finansal kriz endüstriyel üretim ve dolayısıyla CO<sub>2</sub> talebi üzerinde etkili olmuştur. Ekim 2008’de fiyat, vadeli (future) piyasada 15 Avronun altına düşmüş ve günümüze kadar da 10-15 Avro aralığına yerleşmiştir.

ii. Piyasa dışı bir gelişme olarak, 2009 yılı Aralık ayında Kopenhag’da gerçekteştirilen 15. Taraflar Konferansının da ikinci uygulama dönemi CO<sub>2</sub> fiyatı üzerinde etkili olduğundan bahsedilebilir. Bu konferansa, Kyoto Protokolünün ilk taahhüt döneminin sona ereceği 2012 yılı sonrasında uygulanacak ulusal ve uluslararası politikaların görüşülmesi beklentisiyle, kendinden önceki Taraflar Konferanslarına göre özel bir önem atfedilse de, görüşmeler sonucunda güçlkle oluşturulan Kopenhag Mutabakatı, yasal ve bağlayıcı bir döküman olmaktan çok niyet belirten politik bir anlaşma niteliği taşımaktadır.

iii. 2008’den itibaren, dönemler arası bankacılık işlemlerinin ikinci ve üçüncü uygulama dönemleri için onaylanması CO<sub>2</sub> fiyatının görece istikrarını sağlayan bir başka gelişmedir. Ödünç alma mekanizması ile ilgili olarak yapılan düzenlemeye göre, bir uygulama dönemi içerisindeki yıllar arasında limitsiz ödünç alma mümkün olmakla birlikte, üçüncü uygulama döneminden ikinci uygulama dönemine ödünç almaya izin verilmemiştir. Üçüncü dönem ve sonrasında ise, dönemler arası ödünç almanın da mümkün olacağı belirtilmektedir.

## **2. CO<sub>2</sub> FİYATININ BELİRLENMESİ ÜZERİNE ANALİTİK YAKLAşIM VE DEĞERLENDİRMELER**

Piyasa mekanizmasının öngördüğü üzere, Avrupa Birliği CO<sub>2</sub> piyasasında da ruhsat fiyatı arz ve talep tarafından belirlenir. Genel anlamda CO<sub>2</sub> piyasalarında ruhsat arzı iki unsura bağlıdır: Düzenleyici otoritenin firmalara tahsis etmeyi planladığı ruhsat miktarı ve piyasadaki bankacılık ve ödünç alma olanakları. Ruhsat fiyatının belirlenmesinde, düzenleyici



otoritenin belirlediği tahsis miktarı dışsal bir değişken iken, bankacılık ve ödünç alma mekanizması sayesinde ruhsatların dönemler arası ticareti mümkün olacağı için ruhsat arzı içsel hale gelmektedir. Ruhsat talebi ise kısa dönemde hava koşullarına, alternatif enerji girdilerinin fiyatlarındaki dalgalanmalara ve endüstriyel üretimdeki artışa; uzun dönemde ise iktisadi büyümeye ve kirliliği engelleme maliyetinde meydana gelen değişimlere bağlı olarak belirlenir. Ayrıca piyasa dışında oluşan gelişmeler de, pek tabii ki, ruhsat talebi üzerinde etkili olabilmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde, CO<sub>2</sub> fiyatını etkileyebilecek göstergelerin bazılarında ait sayısal değerlerden hareket edilmektedir. Öncelikle CO<sub>2</sub> fiyatının oluşumunda zamanın etkisi ele alınarak, Haziran 2006 – Aralık 2011 dönemi için incelemeler yapılmaktadır [3]. Bu noktadan yola çıkarak çalışmamızda ilk olarak CO<sub>2</sub> piyasası için Avrupa Komisyonu tarafından belirlenen iki uygulama dönemi bir bütün olarak incelenmekte ve aylık zaman dilimleri bazında düzenlenmiş CO<sub>2</sub> fiyatlarının iki uygulama dönemi için yapısal farklılık gösterip göstermediği sorgulanmaktadır. Daha sonra 2008-2012 yıllarını kapsayan ikinci uygulama dönemi ele alınmakta ve 2008-2010 yıllarına ait aylık veriler kullanılarak CO<sub>2</sub> fiyatlarının dönem içinde yapısal farklılık içerip içermediği incelenmektedir. Son olarak yine bu bağlamda CO<sub>2</sub> fiyatlarının oluşumuna ya da değişimine etki edebilecek unsurlar ve ilişkiler, Tablo 2’de tanımlanan değişkenlerden hareketle, gerek dönemler arası gerekse dönem içinde ve karşılaştırmalı olarak analiz edilmektedir. Son olarak söz konusu analizler ile ulaşılan sonuçlar iktisadi boyutta değerlendirilip uygulanan fiyatlandırma ve yönetim stratejilerine sayısal açıdan katkı sağlanmaya çalışılmaktadır.

## 2.1. DÖNEMSEL FİYAT DEĞERLENDİRMELERİ

Günümüze değin CO<sub>2</sub> fiyatının zaman içindeki değişim ve gelişimi üzerine yürütülen sayısal temelli çalışmalar ağırlıklı olarak pilot dönem için yapılmış çalışmalardır. (Alberola ve diğerleri, 2008a; Alberola ve diğerleri, 2008b; Alberola ve diğerleri, 2009; Battaler ve diğerleri, 2007; Benz ve Truck, 2009) Bu çalışmalar içerisinde Alberola ve diğerlerinin (2008a) Avrupa Komisyonunun gerçekleştiren emisyon değerlerine dair raporunu açıklandığı tarihte, fiyat hareketlerinde bir kırılma oluştuğunu ileri

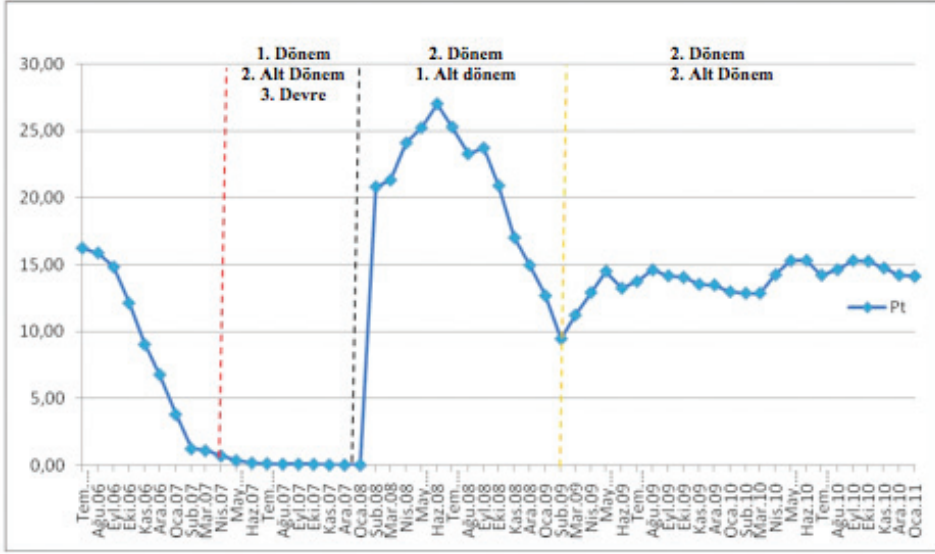
sürdüğü çalışma dikkat çekicidir. Bu çalışmada, Nisan 2006 - Haziran 2006 arasında dip değerler alan bu kırılmayla, dönem içinde yapısal farklılığın olduğu, böylelikle pilot dönemin Temmuz 2005 - Nisan 2006 ve Temmuz 2006 –Aralık 2007 aylarını kapsayacak şekilde 2 alt döneme ayrıldığı analiz edilmiştir. Aynı çalışmada Temmuz 2006 ile Aralık 2007 alt döneminin de kendi içinde 2 alt devreye ayrıldığı tespit edilmiştir. (Dönem, alt dönem ve devrelerle ilgili tarihler için bkz. Tablo 1)

**TABLO 1- MEVCUT ÇALIŞMALARDA CO<sub>2</sub> FİYATINA İLİŞKİN  
DÖNEMSEL FARKLILAŞMALAR**

DÖNEMLER	ZAMAN ARALIğI	AÇIKLAMA
I. Uygulama Dönemi	Ocak 2005 - Aralık 2007	Pilot Dönem
1. Alt Dönem	Ocak 2005 - Nisan 2006	Nisan 2006: Avrupa Komisyonunun gerçekleşen emisyon değerlerine dair raporunu açıklaması
2. Alt Dönem	Temmuz 2006 - Aralık 2007	Yapısal farklılığın olduğu dönem
1. Devre	Temmuz 2006 - Ekim 2006	Ekim 2006: Avrupa Komisyonunun İkinci Uygulama Döneminin daha katı olacağına dair açıklaması.
2. Devre	Kasım 2006 - Nisan 2007	Nisan 2007: Avrupa Komisyonunun gerçekleşen emisyon değerlerine dair raporunu açıklaması
II. Uygulama Dönemi	Ocak 2008 - Aralık 2012	Mevcut çalışmalarda bulunmayan ancak bu çalışma kapsamında ele alınacak dönem

Yukarıdaki açıklamalardan hareketle CO<sub>2</sub> fiyatı veri seti devam ettirildiğinde, pilot döneme ait 2. alt dönemde CO<sub>2</sub> fiyatı hareketlerine ilişkin yapısal farklılaşma gösteren (2 değil) 3 devre olabileceği ve bu son devreye ait CO<sub>2</sub> fiyatının aylık ortalama 0,165 €/ton azalmayla 0 değerine yaklaştığı gözlenmektedir (Bkz. Şekil 1). Bu durumun bir gereği olarak çalışmamız kapsamında iki dönem arasında farklılığın incelemesinin öncesinde, dönemler ve alt dönemler içinde farklılaşmaların olup olmadığı ele alınmaktadır.

## ŞEKİL 1- İKİ UYGULAMA DÖNEMİNE AİT AYLAR BAZINDA CO<sub>2</sub> FİYAT HAREKETLERİ VE DÖNEMSEL AYRIŞMALAR



## 2.2. DÖNEMLERARASI KARŞILAŞTIRMALAR

Avrupa Birliğinde CO<sub>2</sub> fiyatının göstergeleri ile ilgili yapılan bundan önceki çalışmalarda, verilerin oluşmaması sebebiyle analizler ancak 2007 yılının Nisan ayına kadar gerçekleştirilmiş ve Tablo 1’de görüldüğü gibi pilot döneme ait bu alt dönemin kendi içinde 2 devreye ayrıldığı tespit edilmiştir (Alberola ve diğerleri, 2008a: 788). Veri setlerine yeni gözlemlerin eklenmesi ile, Şekil 1 üzerinde de gözlenebileceği gibi, bu alt dönem içinde Mayıs 2007- Ocak 2008 ayları arasında yeni bir farklılık daha belirlenmiş ve yapılan Chow test ile bir alt kırılım (devre) daha tespit edilmiştir [4]. Nitekim bu yeni devrede (3. devre) aylık ortalama fiyat değerinin bir önceki dönemin ancak %2’si oranında gerçekleştiği bir diğer ifadeyle CO<sub>2</sub> fiyatının önceki devreye göre yaklaşık %98 azalma göstererek 3.777€’dan 0,076€’ya indiği gözlenmiştir[5]. Pilot dönem sonunda gerçekleşen fiyatların neredeyse sıfırlanması şeklinde tezahür eden bu yapısal farklılaşmanın nedeni, daha önce de açıklandığı üzere, bankacılık işlemlerine izin verilmemesi sebebiyle

dönem sonunda elde kalan ruhsatların kullanılamaz hale gelecek olmasıdır.

Akabinde, birinci uygulama dönemi [6] ile ikinci uygulama dönemi arasında herhangi bir yapısal farklılık olup olmadığı incelenmiş ve mevcut verilerden hareketle iki dönemin birbirinden yapısal olarak farklı olduğu Chow testi ile tespit edilmiştir [7]. ETS'nin birinci uygulama dönemi, yeni kurulmuş bir piyasa için "ısınma dönemi" olarak düşünülebilir. Bu bağlamda piyasa dinamiklerinin oluşması ve piyasa aktörlerinin henüz "öğrenci" konumunda olması bakımından, pilot dönem fiyat dalgalanmalarının ve yapısal kırılmaların daha şiddetli yaşandığı bir dönemdir. Buna karşın ikinci uygulama döneminde, pilot dönemden farklı olarak, fiyatın çok daha istikrarlı olması son derece anlaşılabilir bir durumdur.

Son olarak ikinci uygulama dönemdeki CO<sub>2</sub> fiyatları incelendiğinde, bu dönemin de kendi içinde Şubat 2008 - Şubat 2009 ve Mart 2009 - Ocak 2011 alt dönemlerinden oluşmak üzere iki alt döneme ayrılabilceği gözlenmiştir (Bkz. Şekil 1, sarı kesikli çizgi). Bu olası farklılaşma da Chow testine tabi tutularak analiz edilmiş ve bu alt dönemler arasında yapısal bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir [8]. Birinci ve ikinci uygulama dönemlerinin bir bütün olarak ve ayrı ayrı ele alındığı temel istatistikler ve dağılım yapısına ait sonuçlar Ek bölümünde Tablo 7'de görülmektedir. Söz konusu tablo ile ilgili detaylı yorumlar ise 3.3.1. ve 3.3.2. numaralı bölümlerde detaylı olarak ele alınmıştır.

### **3. İSTATİSTİK ANALİZLER VE EKONOMETRİK MODELLEME**

#### **3.1. TEMEL AÇIKLAMALAR**

CO<sub>2</sub> fiyatının belirlenmesi üzerinde etkin olabilecek temel unsurlara ilişkin modelleme çalışması çok değişkenli doğrusal regresyon modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Önceki çalışmalarda kullanılan değişkenler, çoğunluğunun CO<sub>2</sub> fiyatı üzerinde birinci mertebeden gecikmeli ilişki içerdikleri tekrar teyit edilerek, modele dahil edilmiştir. 2.1. numaralı bölümde belirtilen dönemsel farklılıkların CO<sub>2</sub> fiyatı üzerindeki olası etkileri, modele gölge değişkenler olarak yerleştirilerek söz konusu dönem etkilerine ve diğer parametre tahminlerine ait anlamlılık düzeyleri incelenmiştir. Birinci

mertebeden gecikmeli değişkenler kullanılarak müracaat edilen ana model aşağıdaki gibidir:

$$P_t = \alpha + \beta_1 \text{Break1} + \beta_2 \text{Brent}_{t-1} + \beta_3 \text{Ngas}_{t-1} + \beta_4 \text{Coal}_{t-1} + \beta_5 \text{Elect}_{t-1} \\ + \beta_6 \text{Cleandark}_{t-1} + \beta_7 \text{Cleanspark}_{t-1} + \beta_8 \text{Temp2}/\text{Temp1}_t + \beta_9 \text{TempLH} \\ + \beta_{10} \text{Crisis} + \varepsilon_{it}$$

$i$  = İncelenen tüm dönem

$t$  = Verilerin elde edildiği mevcut dönem (zaman dilimi)

$t-1$  = Verilerin elde edildiği mevcut dönemden önceki dönem

Daha önce ifade edildiği üzere, bu bölümde 2012 yılının Aralık ayında tamamlanacak olan ikinci uygulama dönemine ait sayısal incelemeler, Ocak 2008 - Ocak 2011 aylarını kapsayacak bir ekonometrik çalışma çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Ekonometrik model kapsamında sırasıyla;

i. Ek verilerin kullanımıyla dönem bir bütün olarak (2005-2012) ele alınıp [9], iki alt döneme ayrılarak değişkenlerin tüm dönem ve dönemler bazında CO<sub>2</sub> fiyatı üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmekte,

ii. İkinci uygulama döneminde Avrupa'yı da etkisi altına alan ekonomik krizin CO<sub>2</sub> fiyatı üzerinde herhangi bir etkisinin olup olmadığı sorgulanmakta,

iii. 2.2'de betimlendiği ve Şekil 1'de görüldüğü üzere, iki alt döneme ayrılabilmesi tespit edilen ikinci uygulama döneminin, alt dönemleri irdelemek,

iv. Dönemin tümü ve dönemler / alt dönemlerdeki CO<sub>2</sub> fiyatı ve onunla bağlantılı tüm göstergeler arasındaki ilişkiler sınanmakta,

v. Söz konusu ana model çalışma kapsamında, dönemlere ait uygulamalarda değişken farklılaşmaları ile geliştirilmiş olarak kullanılmaktadır.

### 3.2. DEĞİŞKEN GRUPLARI VE DEĞİŞKENLER

Aşağıda detaylı olarak ele alınan ve farklı gruplar altında tanımlanan değişken setlerine ait veriler, CO<sub>2</sub> piyasasının incelenbilmesi için daha önce yapılan çalışmalarla ilişkilendirilerek Temmuz 2006 değerleri başlangıç değeri olmak üzere birer dönem gecikmeli olmak üzere tertip edilmiştir. Veri setlerinin dönemler bazında analizi mümkün kılabilmesi amacıyla spot fiyatlar kullanılmış, böylelikle günlük ihtiyaçlar incelenbilirken dönemsel bakışın da sağlanabilmesi hedeflenmiştir. (Alberola ve diğerleri, 2008a: 789).

CO<sub>2</sub> fiyatı üzerinde etkili olabilecek değişkenler farklı gruplar altında toplanmaktadır. (değişken belirlemeleri için bkz. Alberola ve diğerleri, 2008a: 789-791). Bu çalışmada verilerin yeterli uzunluk ve yapıda olmaması sebebiyle, söz konusu değişken grupları ve içerdikleri değişkenlerden bazıları çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Tablo 2, çalışma kapsamına alınan ya da dışında tutulan değişken gruplarını ve içerdikleri değişkenlere ait özet bilgileri göstermektedir.

**TABLO 2- DEĞİŞKEN GRUPLARI VE İÇERDİKLERİ DEĞİŞKENLER**

Değişken Grubu	Grup Adı	Kapsanan Değişkenler
1. Grup Değişken	Alternatif Enerji Girdi Fiyatları	Petrol gösterge fiyatı, elektrik fiyatı, kömür fiyatı, doğalgaz fiyatı, kömür ile elektrik üretmenin net getirisi, doğalgaz ile elektrik üretmenin net getirisi, kömür/doğalgaz dönüşüm fiyatları
2. Grup Değişken	Hava Koşulları	Sıcaklık (Gerçekleşen sıcaklık değerleri, oranları ve fark değerleri), havadaki su buharı yoğunluğu, rüzgar şiddeti
3. Grup Değişken	Piyasa Dışı Koşullar	Avrupa Komisyonu gerçekleşen emisyon raporu açıklama dönemleri (gölge değişken), uygulama dönemleri (gölge değişken), ekonomik kriz (gölge değişken)
4. Grup Değişken	Sonuç Değişkeni	CO <sub>2</sub> spot piyasa fiyatı

5. Grup Değişken	Endüstriyel Üretim Değişkenleri	Sanayi üretim endeksi (Çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.)
------------------	---------------------------------	--

ETS kapsamında ele alınan CO<sub>2</sub> emisyonu ve dolayısıyla ruhsat talebi, enerji sektörünün petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil yakıt kullanımı ile doğrudan ilgilidir. Fosil yakıtların talebi ise, bunların mutlak ve göreceli fiyatlarına bağlı olarak belirlenmektedir. ETS içinde enerji sektörü, özellikle de elektrik üretimi, en yüksek emisyon değerlerine sahip sektör olmasına bağlı olarak en fazla ruhsat tahsis edilen sektörlerin başında gelmektedir. Bu bağlamda çalışmamızda temel aldığımız “1. grup değişkenler” alternatif enerji girdi fiyatlarına ilişkin değişkenlerdir. Söz konusu değişkenler Tablo 3’de detaylı olarak ifade edilmektedir.

**TABLO 3 - ALTERNATİF ENERJİ GİRDİ FİYATLARI VE VERİ SETLERİNE İLİŞKİN DEĞİŞKENLER**

Değişken Adı	Sembolik İfade	Birim	Açıklama
Brent Petrol Fiyatı	Brent <sub>t-1</sub>	\$/Varil	Kuzey Denizinden çıkarılan ve varili uluslararası standart olarak kabul edilen ham petrol fiyatı. <i>Modele 1 dönem gecikme ile dahil edilmiştir.</i>
Elektrik Fiyatı	Elect <sub>t-1</sub>	€/MWh	Powernext tarafından satış işlemi yapılan, baz yük ( <i>baseload</i> ) elektrik birim fiyatı. <i>Modele 1 dönem gecikme ile dahil edilmiştir.</i>
Kömür Fiyatı	Coal <sub>t-1</sub>	€/ton	CIF yöntemi ile Avrupa’ya ithal edilen kömür birim fiyatı. <i>Modele 1 dönem gecikme ile dahil edilmiştir.</i>

Doğalgaz fiyatı	Ngas <sub>t-1</sub>	€/BTU	Uluslararası gösterge kabul edilen Zeebrugge doğalgaz fiyatı. <i>Modele 1 dönem gecikme ile dahil edilmiştir</i>
Kömür ile Elektrik Üretmenin Net Getirisi ( <i>Clean Dark Spread</i> )	Cleandark <sub>t-1</sub>	€/MWh	[Kömür ile üretilen elektrik birim fiyatı - (Kömür Fiyatı + CO <sub>2</sub> Fiyatı)] <i>Modele 1 dönem gecikme ile dahil edilmiştir.</i>
Doğalgaz ile Elektrik Üretmenin Net Getirisi ( <i>Clean Spark Spread</i> )	Cleanspark <sub>t-1</sub>	€/MWh	[Doğalgaz ile üretilen elektrik birim fiyatı - (Doğalgaz Fiyatı + CO <sub>2</sub> Fiyatı)] <i>Modele 1 dönem gecikme ile dahil edilmiştir.</i>
Dönüştürme Fiyatı	Switch <sub>t-1</sub>	€/ton	Bir elektrik üreticisi için kömürden doğalgaza ya da doğalgazdan kömüre geçmenin avantajlı olup olmadığını ölçen gösterge. <i>Modele 1 dönem gecikme ile dahil edilmiştir.</i>

Çevre ekonomisi literatüründe hava koşullarının, enerji talebini belirleyen önemli bir etken olması sebebiyle ruhsat talebi ve dolayısıyla CO<sub>2</sub> fiyatı üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir. (Battaler ve diğerleri, 2007; Alberola ve diğerleri, 2007) Bu çalışmada, sıcaklık değerleri 6 farklı değişken ile ölçülmektedir. Bu değişkenlerden bazıları gerçek sıcaklık değerlerini ve oranları ifade ederken, bazıları modelde gölge değişken olarak kullanılmıştır. Bunlar dışında kalan ve enerji talebi üzerinde etkin olabilecek havadaki su buharı yoğunluğu, rüzgar şiddeti gibi hava koşullarına ait diğer göstergeler, verilerin elde edilememesinden ötürü analiz dışında tutulmuştur. “2. Grup Değişkenler” olarak tanımladığımız hava koşullarına ilişkin değişkenler Tablo 4’de yer almaktadır.



**TABLO 4 - HAVA KOŞULLARINA İLİŞKİN DEĞİŞKENLER**

Değişken Adı	Sembolik İfade	Birim	Açıklama
Geçmiş Dönemler Hava Sıcaklık Ortalaması	Temp1	C°	Gözlem döneminden önceki 10 yılın aylık ortalama sıcaklık değeri (BlueNext tarafından hesaplanan “Hava Durumu Endeksi” ortalaması)
Gözlem Dönemi Hava Sıcaklığı	Temp2	C°	Gözlem yapılan dönemin ortalama sıcaklık değeri. (BlueNext tarafından hesaplanan “Hava Durumu Endeksi” ortalaması)
Oransal Hava Sıcaklığı	Temp2/ Temp1	Oran	Geçmiş dönemler hava sıcaklık ortalamasının gözlem dönemi sıcaklık ortalamasına oranı
Düşük Hava Sıcaklığı	TempL	Gölge Değişken	“Aşırı” soğuk aylar (mevsim ortalamasından negatif yönde 2 standart sapma uzakta olan değerler)
Yüksek Hava Sıcaklığı	TempH	Gölge Değişken	“Aşırı” sıcak aylar (mevsim ortalamasından pozitif yönde 2 standart sapma uzakta olan değerler)
Mevsimsel Hava Sıcaklığı	TempLH	Gölge Değişken	Sıcak ve soğuk aylar (yıl ortalamasından 1 standart sapma uzakta olan değerler)

Her iki uygulama döneminde de CO<sub>2</sub> fiyat değişimlerinde piyasanın içsel koşulları kadar, piyasa dışında oluşan koşulların da etkili olduğu görülmektedir. Piyasa dışı koşullardan en önemlileri düzenleyici organ olan Avrupa Komisyonunun açıklamaları ve politika tercihleridir. Özellikle Avrupa Komisyonunun gerçekleşen emisyon değerlerine dair açıklamalarının pilot dönemde fiyat değişimlerini açıklayan önemli bir husus olduğu söylenebilir. Bu çalışmada, Avrupa Komisyonu tarafından belirlenen iki uygulama döneminin, dönemler içinde olası alt dönemlerin ve Avrupa’yı da etkileyen dünyadaki ekonomik krizin CO<sub>2</sub> fiyatı üzerindeki olası etkileri, gölge değişkenler ile ölçülmeye çalışılmaktadır. Aşağıda Tablo 5’de görüleceği üzere “3. Grup Değişkenler” kapsamında 4 farklı gölge değişken modele dahil edilmektedir.

**TABLO 5 - PİYASA DIŞI KOŞULLAR İLE İLGİLİ DEĞİŞKENLER**

Değişken Adı	Sembolik İfade	Birim	Açıklama
İki Uygulama Dönemi Farklılığı	Break1	Gölge Değişken	2006-2007 ile 2008-2010 dönemlerine ait farklılık deđiŐkenidir.
İkinci Uygulama Dönemi İçindeki Alt Dönemin Farklılığı	Break2	Gölge Değişken	Ocak 2008-Ocak 2009 ile Şubat 2009-Ocak 2011 dönemlerine ait farklılık deđiŐkenidir.
İkinci Uygulama Dönemi İçindeki Alt Dönemin Farklılığı	Break3	Gölge Değişken	Şubat 2008-Haziran 2008 ve Mart 2009-Ocak 2011 dönemlerine ait farklılık deđiŐkenidir.
Ekonomik Kriz	Crisis	Gölge Değişken	Ekim 2008 sonrası kriz dönemi olarak ifade eden değişkendir.

Son olarak ele alacağımız “4. Grup Değişken” modelimizin bağımlı değişkeni ifade etmektedir. Tablo 6, bağımlı deđiŐkenimizi tanımlamaktadır.

**TABLO 6 - BAĞIMLI DEĞİŞKEN**

Değişken Adı	Sembolik İfade	Birim	Açıklama
CO <sub>2</sub> fiyatı	$P_t$	€/ton	Bu çalışmada EUA fiyatı, Tendances Carbone istatistiklerinde yer alan spot piyasa fiyatları bazında ve günlük derlenip aylık değerlere ulaŐılmış haliyle kullanılmış; analizlere gözlem dönemi değeri (t) kullanılarak dahil edilmiştir.

### 3.3. ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

Çalışmanın sayısal analizlerinden elde edilen sonuçların değerlendirildiği bu bölümde CO<sub>2</sub> fiyatını etkileyebilecek değişkenler irdelenerek aralarındaki ilişkiler analiz edilmiş ve CO<sub>2</sub> fiyatı üzerinde etkili olan değişkenler ve etkileri belirlenerek incelenmiştir. PASW Statistics 18, SPSS 17 ve XLSTAT 2.0 programları tercih edilerek, CO<sub>2</sub> fiyatı üzerinde etkili olması beklenen fiyat verilerinin önceki çalışmaları takiben birer dönem gecikme ile dahil olduğu çok değişkenli regresyon modeli kullanılmıştır. Farklı sayıda model kullanı-

arak elde edilen parametre tahminleri ve model uygunlukları, otokorelasyon, çoklu doğrusal bağlantı, modelin açıklayıcılık ve anlamlılık düzeyleri gibi model uygunluğuna ilişkin istatistikler elde edilerek sınanmıştır. Model uygunluğu için detaylı açıklamaya gerek kalmaması açısından, bu değerler regresyon sonuçları tablosunun altına yerleştirilmiştir. Yanı sıra parametre tahminlerinin anlamlılıkları  $\alpha=0.01$ ,  $\alpha=0.05$  düzeylerinde ( $P\leq 0.01$ ,  $P\leq 0.05$ ) ve bazı değişkenler için  $\alpha\leq 0.10$  düzeyinde hipotezler ile sınanmıştır. Tüm sınamalar sonucunda istatistik açıdan anlamlı olan sonuçların yanı sıra çalışmanın amacı ve literatüre katkısı dikkate alınarak faydalı olabileceği düşünülen sonuçlar değerlendirmeye alınmıştır. Çok sayıda denenen model arasından elde edilen sonuçlar, çalışmanın verimliliği ve katkı sağlayıcılığında hareketle tek bir model kapsamında yorumlanmıştır.

### 3.3.1. Tüm Döneme İlişkin Sonuç ve Değerlendirmeler

İlk olarak Avrupa Komisyonu tarafından belirlenen iki uygulama dönemi birlikte tek bir dönem olarak ele alınmıştır. Ekonometrik modellerin tüm dönem için oluşturulması ile 2005-2012 dönem geneline ilişkin yapısal planlama veya stratejilere, fiyatlandırma yaklaşımlarına genel bir perspektif kazandırılmaya çalışılmıştır. Nitekim bu bölümün sonrasında aynı yaklaşımla, her iki dönem için ayrı ayrı olmak üzere değişken ve modeller uygulanarak da sonuçlar elde edilmiştir. Böylelikle farklı dönemler bazında olduğu gibi sonuçların tüm dönem ile karşılaştırması, geçerliliği ve etkinliği de analiz edilebilmektedir.

Dönemin tümüne ilişkin regresyon modellerinde yer alan değişkenlere ait temel istatistikler, Ekler kısmında Tablo 7’de görülmektedir. Tablonun beşinci kolonundaki değişim katsayılarından ( $v$ ) anlaşılacağı üzere gölge değişkenler hariç, tahmin değerlerine göre en fazla değişim içeren değişkenler sırasıyla dönüştürme fiyatı ( $Switch_{t-1}$ ), CO<sub>2</sub> fiyatı ( $P$ ), kömür ile elektrik üretmenin net getirisi ( $Cleandark_{t-1}$ ) ve doğalgaz ile elektrik üretmenin net getirisi ( $Cleanspark_{t-1}$ ) değişkenleri olarak tespit edilmiştir. Bu durumun aksine ortalama etrafındaki hareketlerine göre en az değişim gösteren ya da daha istikrarlı fiyat değişkenleri ise petrol fiyatı ( $Brent_{t-1}$ ), kömür fiyatı ( $Coal_{t-1}$ ), elektrik fiyatı ( $Elect_{t-1}$ ) ve doğalgaz fiyatı ( $Ngas_{t-1}$ ) olarak görülmektedir.

Ayrıca tüm dönem kapsamında değerlendirmeye alınan değişkenler arasındaki ilişkiler incelendiğinde, mevcut ilişkilerin yönünü ve derecesini gösteren değerler Tablo 9’da görüleceği gibidir. Buna göre; CO<sub>2</sub> fiyatı ile  $P \leq 0,01$  ve  $P \leq 0,05$  istatistik anlamlılıktta en güçlü ilişki içinde olan değişkenler sırasıyla +%53,7 ile petrol fiyatı, +% 50,5 ile kömür fiyatı, +%41,6 ile doğal gaz ve +%37,2 oranıyla elektrik fiyatı olarak tespit edilmiştir. Ayrıca tüm dönemin iki ayrı döneme ayrıldığını gösteren *break1* ve 2008 Ekim ayından itibaren yine aylık bazda olmak üzere ekonomik krizin etkilerini ifade etmek üzere modele eklenmiş olan *crisis* gölge değişkenlerin de anlamlı ilişki içinde olduğu gözlenmiştir. Diğer değişkenlerin ise, CO<sub>2</sub> fiyatı ile olan ilişkilerinin istatistik açıdan anlamlı olmadığı ( $P > 0,05$ ) tespit edilmiştir. Petrol, kömür, doğalgaz ve elektrik fiyatlarındaki artışın CO<sub>2</sub> fiyatındaki artışla aynı yönde seyreden bir ilişkili içerdiği ise bir diğer sonuçtur. Buna karşın alternatif enerjiler arasındaki dönüştürme fiyatı ve doğalgaz ile elektrik üretmenin net getirisi arasında dönemin tümü için anlamlı ilişkiye rastlanmamıştır. Kömür ile elektrik üretmenin net getirisi ile CO<sub>2</sub> fiyatı arasında ise  $P \leq 0,10$  düzeyinde olmak üzere, negatif yönde %22,7’lik bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre kömür ile elektrik üretmenin net getirisindeki artışın, CO<sub>2</sub> fiyatında azalma (ya da aksi) ile ilişkili olduğu fakat bu ilişki derecesinin çok kuvvetli olmadığı söylenebilecektir. Ayrıca kömür fiyatının petrol, doğalgaz ve elektrik fiyatları ile (sırasıyla %81,3, %76,9, %66,2) anlamlı ve kuvvetli bir ilişkiye sahip olduğu analiz edilmiştir. Söz konusu durum, regresyon uygunluğuna ilişkin istatistiklerinde de görülecek olan kömür fiyatı ile bu değişkenler arasında çoklu doğrusal bağıntının olabileceği şüphesini ifade edebilecektir. Ayrıca kömür ile elektrik üretmenin net getirisi ve doğalgaz ile elektrik üretmenin net getirisi arasında ve bu iki değişken ile elektrik fiyatı ve dönüştürme fiyatları arasında da aynı yönde %66 ile %83 arasında değişen korelasyon değerlerine rastlanmıştır ( $P \leq 0,01$ ). Son olarak fiyat değişkenleri ile sıcaklık değişkenleri arasında anlamlı ilişkilere rastlanmamıştır ( $P > 0,05$ ). Sadece düşük ve yüksek sıcaklık değişkeni ile (Temp.LH) kuvvetli olmasa da dönüştürme fiyatı, elektrik fiyatı, kömür ile elektrik üretmenin net getirisi ve doğalgaz ile elektrik üretmenin net getirisi değişkenleri arasında negatif yönlü ve %36 ile %63 oranında değişen ilişkilere rastlanmıştır. Bu bağlamda, soğukların azalması veya sıcaklığın yükselmeye başlamasıyla farklı derecelerde olmak üzere bu dört alternatif enerji fiyatının azaldığı görülmektedir.

Daha önce de belirtildiği gibi uygulanan doğrusal modellerden bazılarında ait sonuçlar ekler Tablo 8 ve bu modellere ait uygunluk istatistikleri ise aynı tablonun devamında görülmektedir. Bu istatistikler ile uygulanan modellerin açıklayıcılık oranları, çoklu doğrusal bağlantı, otokorelasyon değer ve testleri, anlamlılık düzeyleri dikkate alınmıştır. Bu noktadan hareketle çalışmada, son model olan üçüncü model ve içerdiği parametre tahminleri değerlendirilip yorumlanmaktadır.

Model sonuçlarına göre, Tablo 8’de değişkenler ve karşılık gelecek şekilde katsayılarına ait değerler (parametre tahminleri) görülmektedir. Tahmin değerlerinin altında parantez içinde yer alan değerler ise tahminlerin anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Tahminlerin  $P \leq 0.01$  ya da  $P \leq 0.05$  düzeyinde hata ile kabul edildiği modelde, *Temp.LH* değişkeni hariç tüm değişkenlere ait tahmin değerlerinin  $P \leq 0.05$  olduğu görülmektedir. Enerji fiyatlarından kömür fiyatı ve doğalgaz ile elektrik üretmenin net getirisi değişkenleri  $CO_2$  fiyatı üzerinde,  $P \geq 0.10$  düzeyinde hata içerdikleri için etkin kabul edilmeyip modele dahil edilmemiştir (Benzer bir durum için bkz. Kanen, 2006). Çalışmamızda bu durumun, söz konusu değişkenler arasındaki çoklu doğrusal bağlantıdan (korelasyon değerlerinde de görülebileceği gibi) kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Modelde istatistik açıdan anlamlı olmak kaydıyla  $CO_2$  fiyatının belirlenmesinde negatif etki içeren iki fiyatın olduğu tespit edilmiştir. Buna göre doğalgaz fiyatı ve kömür ile elektrik üretmenin net getirisindeki artışın sırasıyla  $P=0.000$  ve  $P=0.0212$  anlamlılıkla,  $CO_2$  fiyatları üzerinde azalmaya sebep olduğu ya da aksi durumun söz konusu olacağı tespit edilmiştir.  $CO_2$  üzerinde etkin diğer fiyat değişkenleri ise pozitif etki göstermektedirler. Sonuç olarak  $CO_2$  fiyatları üzerindeki etki miktarları itibarıyla en etkin doğalgaz fiyatı olmak üzere, sırasıyla kömür ile elektrik üretmenin net getirisi, dönüştürme fiyatı, elektrik ve petrol fiyatları etki etmektedirler. Bir diğer değişken grubu olan hava koşulları içinde sadece *Temp.LH* ile sembolize edilen ve soğuk-sıcak ayları ifade eden değişkenin ( $p=0.072 < 0.10$  olmak üzere) etkin olduğu analiz edilmiştir. Buna göre hava sıcaklığının yüksek ya da düşük olması,  $CO_2$  fiyatlarının artması üzerinde anlamlı etki yaratan bir değişken olarak değerlendirilebilmektedir.

Son olarak piyasa dışı koşullar değişken grubunda yer alan *break1* ve *Crisis* değişkenleri model kapsamında  $CO_2$  fiyatı üzerinde anlamlı etkileri

olan değişkenler olarak tespit edilmiştir (her iki değişken için  $P < 0.01$  olmak üzere). Buna göre, dönemin tümünün Avrupa Birliği tarafından belirlenen iki ayrı döneme ayrılabilceğini ifade eden *break1* değişkeninin anlamlılığıyla, daha önce Chow testi ile de kabul edilen dönemler arası farklılığın CO<sub>2</sub> fiyatlarının belirlenmesi üzerinde etkin bir unsur olduğu tespit edilmiştir. Nitekim bir sonraki bölümde her iki döneme ilişkin regresyon analizi sonuçları ele alınarak değişkenler bazında değerlendirilecektir. Dönemin tümüne ilişkin modelin son anlamlı değişkeni ise ekonomik kriz için kullanılan gölge değişkendir. *Crisis* isimli bu değişken ile 2008 yılında Avrupa ülkelerinde etkisini gösteren ekonomik krizin CO<sub>2</sub> fiyatının belirlenmesi üzerinde istatistik açıdan anlamlı ( $P = 0.007 < 0.01$ ) bir etki gösterdiği tespit edilmiştir.

### 3.3.2. Birinci ve İkinci Uygulama Dönemlerine İlişkin Sonuçlar ve Karşılaştırmalı Değerlendirmeler

Birinci ve ikinci uygulama dönemlerine ilişkin çok sayıda regresyon modeli uygulanmış ve her bir dönem için mevcut değişken gruplarından hareketle, model uygunluk istatistikleri ve anlamlılık düzeyleri dikkate alınarak tek bir modelde karar kılınmıştır. Bu aşamada modellere ait sonuçlar karşılaştırmalı olarak ele alınıp değerlendirilmiştir. Öncelikle her iki döneme ait analizlerde kullanılan değişkenlerin temel istatistiklerine bakıldığında, (Bkz ekler Tablo 7, değişim katsayısını gösteren 10. ve 15. kolonlar) gölge değişkenler dışında, pilot dönem için fiyat ortalamasına göre en fazla değişkenlik CO<sub>2</sub> fiyatı ve dönüştürme fiyatında gözlenirken; ikinci uygulama döneminde bu durum kömür ile elektrik üretmenin net getirisi ve dönüştürme fiyatlarında ortaya çıkmıştır. Her iki döneme ait değişkenler arasındaki ilişki derece ve yönlerine bakıldığında Tablo 10 ve 11’de görüleceği gibi pilot dönem için CO<sub>2</sub> fiyatıyla aynı yönde, istatistik olarak anlamlı ( $P \leq 0.05$ ) ilk iki fiyat değişkeni % 63,7 ve % 41 ilişki dereceleri ile dönüştürme fiyatı ve doğalgaz fiyatı olarak analiz edilmiştir. Negatif yönde ise yine  $P \leq 0.05$  anlamlılık seviyesinde %47,5 ve %35,9 ile kömür fiyatı ve doğalgaz ile elektrik üretmenin net getirisi analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra değişkenlerin kendi aralarındaki anlamlı  $P \leq 0.05$  ve kuvvetli ilişkiler incelendiğinde ise özellikle kömür ile petrol fiyatı arasında oldukça kuvvetli ve pozitif bir ilişki (% 85,6) ve doğal gaz ile dönüştürme fiyatı, elektrik fiyatı ve doğalgaz ile elektrik üretmenin net getirisi arasında oldukça kuv-

vetli ilişkilere rastlanmıştır (sırasıyla %93,4, %88,1 ve %77,8). Nitekim bu durum doğalgaz fiyatının etkilerinin belirlenmesinde çoklu doğrusal bağlantı durumunun bir göstergesi olabilecektir. Ayrıca soğuk-sıcak sıcaklık değişkeni ile fiyat değişkenleri arasında da dikkat çekici ilişki seviyeleri gözlenmektedir ( $P \leq 0.05$ ). İkinci uygulama dönemi için  $CO_2$  fiyatıyla ters yönde hareket eden ve istatistik olarak anlamlı ( $P \leq 0.05$ ) ama oldukça zayıf (%14,3) ilişki gösteren değişken doğalgaz ile elektrik üretmenin net getirisi iken, yine negatif yönde ilişki arz eden kriz (%90,3) dönemi iki alt döneme ayıran *break1* değişkeni (%69,7) ve soğuk-sıcak sıcaklık (*tempLH*; %35,9) değişkenleri anlamlı ilişkiler göstermişlerdir ( $P \leq 0.05$ ).  $CO_2$  fiyatı ile aynı yönde ilişki gösteren değişkenlerin başında petrol fiyatı (%87,1), kömür (%79,1) ve doğalgaz (%66,7) değişkenleri gelmektedir ( $P \leq 0.05$ ). Özellikle kömür fiyatının doğalgaz (%88,4), elektrik (%83,8) ve petrol fiyatı (%79,4) değişkenleri ile içerdiği kuvvetli ilişki dikkat çekici boyutlardadır. Kömür fiyatının bu değişkenlerle çoklu doğrusal bağıntı içerebilmesi muhtemeldir.

Değerlendirmeler başlığında son olarak birinci uygulama dönemi ve ikinci uygulama döneminde  $CO_2$  fiyatları üzerinde etkin olan değişken grupları ve değişkenler, etki miktarları dikkate alınarak regresyon uygulamaları ile incelenmiştir. Yapılan modelleme çalışması ile doğalgaz fiyatı ve kömür ile elektrik üretmenin net getirisinin her iki dönemde de ve negatif yönde olmak üzere  $CO_2$  fiyatlarını etkilediği tespit edilmiştir. Buna karşın bu iki değişkenin etki miktarlarında pilot döneme göre önemli miktarda azalma gözlenmiştir. Bu değişimin ikinci uygulama döneminde ortaya çıkan ekonomik kriz tarafından tetiklenmiş olabilmesi mümkündür. Nitekim her iki dönem beraberce ele alındığında ve pilot dönem incelemelerinde  $CO_2$  fiyatı üzerinde etkin olan petrol fiyatının bu dönemde istatistiki anlamlılıkta etki içermemesi ( $P > 0.10$ ) bunun bir başka nedeni olabilecektir. Ayrıca pilot dönemde  $CO_2$  fiyatının oluşumunda daha fazla etki sahibi olan elektrik ve dönüştürme fiyatlarının etki sıralamaları değişmese bile son dönemde etkilerinde azalma gözlenmiştir. Özellikle ikinci uygulama döneminin Haziran-Şubat 2008 aylarını içeren devresinin bunun dışındaki aylardan farklılaştığı ve bunun fiyatlar üzerinde etki gösterdiği, *break3* gösterge değişkeni ile sınanmış bu ayırımın ve istatistik anlamlılıkta fiyatlar üzerinde etkin olduğu tespit edilmiştir ( $P = 0,000$ ). Ayrıca yine aynı dönemde ekonomik krizin  $CO_2$  fiyatı üzerinde olumsuz etki yaratarak aşağıya çektiği de gözlenen bir diğer değişkendir ( $P = 0,0009$ ). Son olarak pilot döneme göre

ikinci uygulama döneminde soğuk-sıcak sıcaklık farklılaşmasının arttığı ve bu durumun fiyatlar üzerinde bir diğer etkiyi ifade ettiği analiz edilmiştir (Pilot dönem ortalama sıcaklık  $\bar{X} = 12,60$  ve değişim katsayısı  $V=\%44,67$ ; ikinci uygulama dönemi ortalama sıcaklık  $\bar{X} = 11,22$  ve  $V=\% 55,61$ ).

## SONUÇ

İklim değişikliği ve küresel ısınma, hem yaratacağı tahribatın sınırlar ötesi olması hem de yaşamın devamlılığını tehdit eden sonuçları açısından en önemli çevre sorunlarından biridir. Avrupa Birliği de sorunun çözümünde başrol oynayan aktörler arasında yer almaktadır. 2005 yılında faaliyete başlayan ve CO<sub>2</sub> için bir piyasa oluşturan ETS, Birliğin kullandığı çevre politikası araçları içerisinde en ilginç olanıdır.

ETS, hem uluslararası nitelikte bir CO<sub>2</sub> piyasası yaratması bağlamında, hem de kapsadığı sektör ve seragazı miktarının yüksekliği bağlamında incelenmeye değer bir piyasa örneğidir. Bu çalışmada, pilot dönem ve ikinci uygulama döneminde ETS kapsamında dağıtılan CO<sub>2</sub> ruhsatlarının fiyat göstergeleri incelenmiştir.

ETS öncesi sektörel bazda emisyon istatistiklerinin düzenli olmaması nedeniyle, pilot dönemin uygulamanın ilk yılı sonunda işletmelerin fazla pozisyonda olduğu ve ruhsat fiyatının dönem sonuna doğru sifıra yaklaştığı görölmektedir. Bunun sebepleri arasında, aşırı tahsisat kadar, elde kalan ruhsatların bir sonraki döneme aktarılamaması da yer almaktadır. İkinci uygulama döneminde ise hem piyasa aktörlerinin tecrübe kazanması hem de dönem içerisinde ve dönemler arasında bankacılık olanaklarının sağlanması ile fiyatın görece istikrar kazandığı görölmektedir. Bu istikrar durumu 2008 yılında yaşanan ekonomik kriz ile sekteye uğrasa da pilot döneme kıyasla bunun çok daha kolay şekilde istikrara kavuşabildiği verilerden görölebilmektedir.

Bu çalışmada CO<sub>2</sub> fiyatını etkileyebilecek etkenlerden üç tanesi üzerinde durulmuştur: alternatif enerji girdilerinin fiyatlarındaki dalgalanmalar, hava koşulları ve piyasa dışı koşullar. Bu çalışmada yer verilen ekonometrik model neticesinde, bu değişkenler içerisinde çevre dostu enerjilerin fiyatları ile



fosil enerji yakıtlarının fiyatları ve bunlar arasındaki dönüşüm maliyetleri ruhsat talebini ve dolayısıyla da ruhsat fiyatını etkileyen önemli unsurlar olduğu sonucuna varılmıştır. Hava koşullarının etkisi değerlendirilirken, sıcaklık değerlerinin yıl ortalamasından yüksek ya da düşük olduğu aylarda CO<sub>2</sub> fiyatı üzerinde anlamlı etki gösterdiği tespit edilmiştir. Piyasa dışı değişkenler kategorisinde ele alınan dönem farklılıkları ise yapısal kırıklara neden olması bağlamında CO<sub>2</sub> fiyatı üzerinde etkin bir gösterge olarak karşımıza çıkmaktadır. 2008 yılı ikinci döneminde dünya ekonomisinde etkisini hissettiren ekonomik krizin de CO<sub>2</sub> fiyatı üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu dikkate değer bir sonuçtur. İlerleyen dönemlerde yapılacak araştırmalar, uzun dönemde ruhsat talebini etkileyebilecek üretim ile ilgili değişkenler ve kirliliği engelleme maliyetindeki değişimleri kapsayacak şekilde genişletilebilir.

## NOTLAR

[1] Kyoto Protokolünde sera gazları; CO<sub>2</sub> (Karbondiyoksit), CH<sub>4</sub> (Metan), N<sub>2</sub>O (Nitro oksit), HFC (Hidroflorokarbon), PFC (perflorokarbon), SF<sub>6</sub> (sülfür heksaflorid) olarak sıralanmaktadır.

[2] Ek-1 ülkeleri içerisinde gelişmiş ülkeler ve geçiş ekonomileri yer alır. Ek-1 kapsamında sayılan gelişmiş ülkeler, AB-15 ülkeleri, Bulgaristan, Estonya, Macaristan, İzlanda, Letonya, Litvanya, Norveç, Polonya, Romanya, İsviçre, Japonya, Avustralya, Yeni Zelanda, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri; geçiş ekonomileri ise Belarus, Hırvatistan, Çek Cumhuriyeti, Liechtenstein, Monaco, Rusya Federasyonu, Slovakya, Slovenya, Türkiye ve Ukrayna olarak sıralanmaktadır.

[3] Çalışmanın ilerleyen kısımlarında görüleceği ve önceki çalışmalardan da analiz edildiği üzere CO<sub>2</sub> fiyatları üzerinde etkili olan değişkenlerin bazılarının gecikmeli etki gösterdiği, bunlar içerisinde özellikle alternatif enerji girdi fiyatlarındaki hareketlerin birer dönem (ay) gecikme ile hareket ettiği gözlenmektedir. Şekil 1’de de görülebileceği gibi uygulama dönemi ya da alt dönem fiyatları bir sonraki zaman dilimine ait fiyat olarak kullanılmaktadır. Söz gelimi Aralık 2010 fiyatları Ocak 2011 fiyatı olarak ele alınmıştır.

[4] SSR: Hata paylarının (hataların) karelerinin toplamı

SSR = Kasım 2006 - Ocak 2008 devre değeri, SSR<sub>1</sub> = Kasım 2006 - Nisan

2007 devre değeri,  $SSR_2 =$  Mayıs 2007 - Ocak 2008 devre değeri olmak üzere;

i. Devre varyanslarının birbirinden farklı olmadığı hipotezi kabul edilmiştir (F=0,002;  $\alpha=0,05$ ;  $P>0,05$ ).

ii.  $SSR = 42,462$   $SSR_1 = 6,114$   $SSR_2 = 0,021$   $F = 32,552$   $P < 0,05$

[5] Devrelere ait aritmetik ortalama, geometrik ortalama ve ilgili standart sapma değerleri;

3. devre (yeni devre) için;  $\bar{X}_3 = 0,076$ ,  $S_3 = 0,055$  (Geometrik Ortalama  $G_3 = 0,058$ ,  $S_3 = 2,296$ ); 2.devre için;  $\bar{X}_2 = 3,777$ ,  $S_2 = 3,461$  ( $G_2 = 2,452$ ,  $S_2 = 2896$ ).

[6] Birinci uygulama dönemi 2005-2007 tarihlerini ifade etmesine karşın bu çalışmada, söz konusu döneme ilişkin analizler; Temmuz 2006 – Aralık 2007 aralığını temsil etmektedir. Bu tanımlama ile ele alınan söz konusu aralık, önceki çalışmalarda tanımlanan 2. alt döneme ve içerdığı devrelere ait analizlere imkan tanıyabilmektedir.

[7]  $SSR =$  Temmuz 2006 - Ocak 2011 yıllarını kapsayan temel dönem değeri,  $SSR_1 =$  Temmuz 2006 - Ocak 2008 1. dönem değeri,  $SSR_2 =$  Şubat 2008 - Ocak 2011 2. dönem değeri olmak üzere;

i. Ana dönemlere ait varyansların birbirinden farklı olmadığı hipotezi kabul edilmiştir (F=1,259;  $\alpha=0,05$  ;  $P>0,05$ ).

ii.  $SSR = 2717,876$   $SSR_1 = 167,929$   $SSR_2 = 422,599$   $F = 91,862$   $P < 0,05$

[8]  $SSR_2 =$  Şubat 2008 - Ocak 2011 yıllarını kapsayan ikinci dönem değeri,  $SSR_{21} =$  Şubat 2008 - Şubat 2009 ayları arası 1. alt dönem değeri,  $SSR_{22} =$  Mart 2009 - Ocak 2011 ayları arası 2. alt dönem değeri olmak üzere;

i. Alt dönemlere ait varyansların birbirinden farklı olmadığı hipotezi kabul edilmiştir (F=0,0497,  $\alpha=0,05$  ve  $P>0,05$  ).

ii.  $SSR_2 = 422,599$   $SSR_{21} = 155,093$   $SSR_{22} = 14,724$   $F = 23,82$   $P < 0,05$

[9] İki uygulama dönemi Avrupa Komisyonu tarafından 2005 - 2012 olarak tanımlanmasına karşın, dönemin henüz tamamlanmamış olması ve önceki çalışmalarla devamlılık göstermesi amacıyla çalışmamızda Temmuz 2006 - Ocak 2011 olarak alınmıştır.

## EKLER

TABLO 7- DEĞİŞKENLER BAZINDA TEMEL İSTATİSTİKLER

Değişkenler	I. v e 2. Uygulama Dönemleri**					1. Uygulama Dönemi**					2. Uygulama Dönemi***				
	Min.	Maks.	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Değişim Katsayısı (V)	Min.	Maks.	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Değişim Katsayısı (V)	Min.	Maks.	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Değişim Katsayısı (V)
P.	0,020	27,030	12,185	7,657	62,836	0,020	16,240	4,352	6,095	140,051	9,460	27,030	16,320	4,522	27,710
Brent <sub>t-1</sub>	43,510	134,560	76,888	20,296	26,397	54,660	92,200	70,300	10,396	14,788	43,510	134,560	80,365	23,323	29,021
Ngas <sub>t-1</sub>	2,690	9,450	5,350	1,903	35,568	2,880	7,590	5,185	1,647	31,765	2,690	9,450	5,436	2,042	37,556
Coal <sub>t-1</sub>	44,970	135,560	68,215	22,000	32,251	48,870	87,060	58,851	11,741	19,950	44,970	135,560	73,158	24,558	33,570
Switch <sub>t-1</sub>	0,520	62,870	24,743	16,052	64,873	0,520	62,870	28,263	18,948	67,042	1,980	58,460	22,886	14,235	62,199
Elect <sub>t-1</sub>	28,310	109,400	53,503	17,658	33,003	28,310	88,350	49,084	16,859	34,347	31,680	109,400	55,835	17,852	31,973
Cleandark <sub>t-1</sub>	5,180	60,980	21,665	13,259	61,201	11,100	58,870	26,203	13,704	52,299	5,180	60,980	19,270	12,553	65,142
Cleanspark <sub>t-1</sub>	1,780	42,870	15,707	9,544	60,761	3,710	41,370	14,822	9,463	63,844	1,780	42,870	16,174	9,686	59,886
Temp2/Temp1	0,090	1,450	0,973	0,237	24,315	0,882	1,447	1,103	0,168	15,231	0,089	1,273	0,905	0,241	26,590
TempL	0,000	1,000	0,109	0,315	288,410	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	1,000	0,167	0,378	226,778
TempH	0,000	1,000	0,055	0,229	420,170	0,000	1,000	0,053	0,229	432,075	0,000	1,000	0,056	0,232	418,159
TempLH	0,000	1,000	0,582	0,498	85,561	0,000	1,000	0,579	0,507	87,565	0,000	1,000	0,583	0,500	85,714
Break1	0,000	1,000	0,655	0,480	70,391	0,000	1,000	0,053	0,229	432,075	-	-	-	-	-
Crisis	0,000	1,000	0,509	0,505	99,103	-	-	-	-	-	0,000	1,000	0,778	0,422	54,210
Temp2 <sub>t</sub>	-	-	-	-	-	4,500	22,900	12,626	5,640	44,670	0,400	21,400	11,217	6,238	55,614
Temp1 <sub>t</sub>	-	-	-	-	-	4,500	19,500	11,842	5,722	48,320	4,200	20,000	11,747	5,704	48,558
Break2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	1,000	0,139	0,351	252,530
Break3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	1,000	0,778	0,422	54,210

(\*) Gözlem Sayısı: 55 Kayıp Gözlem: 0 Kullanılan Gözlem: 55  
(\*\*) Gözlem Sayısı: 19 Kayıp Gözlem: 0 Kullanılan Gözlem: 19  
(\*\*\*)Gözlem Sayısı: 36 Kayıp Gözlem: 0 Kullanılan Gözlem: 36

**TABLO 8- EKONOMETRİK MODEL SONUÇLARI**

Değişkenler	Parametre Tahminleri ( $\beta$ )				
	1. ve 2. Uygulama Dönemleri			1. Uygulama Dönemi (Temmuz 2006 - Ocak 2008) (Model III*)	Uygulama Dönemi (Şubat 2008 - Ocak 2011) (Model III*)
	Model I	Model II	Model III		
<b>Reg.Sabiti</b>	1,966 (0,277)	2,092 (0,229)	-0,179 (0,8549)	-3,357 (0,020)	4,893 (0,010)
<b>Brentt_1</b>	0,035 (0,062)	0,031 (0,071)	0,039 (0,0219)	0,142 (0,004)	-
<b>Ngast_1</b>	-12,299 (0,006)	-6,891 (0,000)	-6,914 (0,000)	-8,715 (0,000)	-3,753 (0,001)
<b>Coalt_1</b>	0,205 (0,273)	-	-	-	-
<b>Switcht_1</b>	0,837 (0,006)	0,581 (0,000)	0,580 (0,000)	0,685 (0,000)	0,312 (0,001)
<b>Electt_1</b>	1,148 (0,000)	0,950 (0,000)	0,959 (0,0009)	1,057 (0,000)	0,674 (0,000)
<b>Cleandarkt_1</b>	-0,830 (0,000)	-0,982 (0,000)	-1,003 (0,000)	-1,085 (0,0009)	-0,657 (0,000)
<b>Cleansparkt_1</b>	-0,353 (0,302)	-	-	-	-
<b>Temp2/Temp1</b>	-1,627 (0,158)	-1,771 (0,122)	-	-	-
<b>Temp.L</b>	-1,306 (0,135)	-1,516 (0,075)	-	-	-
<b>Temp.H</b>	1,051 (0,125)	0,961 (0,156)	-	2,278 (0,015)	-
<b>Temp.LH</b>	0,651 (0,161)	0,700 (0,114)	0,778 (0,072)	-	1,527 (0,002)
<b>Break1</b>	5,077 (0,000)	5,079 (0,000)	4,529 (0,000)	-	-
<b>Crisis</b>	-2,505 (0,002)	-2,438 (0,002)	-1,967 (0,007)	-	-3,669 (0,000)
<b>Break2</b>	-	-	-	-	-
<b>Break3</b>	-	-	-	-	2,184 (0,000)

<b>Modellere İlişkin İstatistikler</b>					
<b>Gözlem Sayısı</b>	55,000	55,000	55,000	19,000	36,000
<b>Ağırlıklar Toplamı</b>	55,000	55,000	55,000	19,000	36,000
<b>DF</b>	41,000	43,000	46,000	12,000	28,000
<b>R<sup>2</sup></b>	0,986	0,986	0,984	0,986	0,973
<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b>	0,982	0,982	0,981	0,979	0,967
<b>MSE</b>	1,066	1,062	1,107	0,793	0,685
<b>RMSE</b>	1,032	1,030	1,052	0,891	0,828
<b>MAPE</b>	292,723	303,853	285,769	855,854	3,809
<b>DW</b>	1,806	1,900	1,804	2,514	2,050
<b>Cp</b>	14,000	12,000	9,000	7,000	8,000
<b>AIC</b>	15,336	13,762	13,763	0,870	-6,673
<b>F</b>	224,971	266,563	351,724	226,995	145,294
<b>P</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>SBC</b>	43,439	37,850	31,829	7,481	5,995
<b>PC</b>	0,023	0,022	0,022	0,031	0,042

(\*) Modelin geçerliliği ve sonuçların karşılaştırılabilirliği amacıyla, söz konusu dönemler için Model III'ün sonuçları dikkate alınmıştır.

TABLO 9-1. VE 2. UYGULAMA DÖNEMLERİNE İLİŞKİN DEĞİŞKENLER ARASI

## KORELASYON DEĞERLERİ

Değişkenler	Brent <sub>t-1</sub>	Ngas <sub>t-1</sub>	Coal <sub>t-1</sub>	Switch <sub>t-1</sub>	Elect <sub>t-1</sub>	Cleandark <sub>t-1</sub>	Cleanspark <sub>t-1</sub>	Temp2/Temp1	TempL	TempH	TempLH	Break1	Crisis	P <sub>t</sub>
Brent <sub>t-1</sub>	<b>1</b>	0,513	0,813	0,061	0,411	-0,123	-0,030	-0,049	-0,229	-0,078	0,217	0,238	-0,302	0,537
Ngas <sub>t-1</sub>	0,513	<b>1</b>	0,769	0,836	0,843	0,486	0,179	0,041	0,045	-0,104	-0,226	0,063	-0,287	0,416
Coal <sub>t-1</sub>	0,813	0,769	<b>1</b>	0,293	0,662	0,111	0,118	-0,098	-0,062	-0,110	0,018	0,312	-0,186	0,505
Switch <sub>t-1</sub>	0,061	0,836	0,293	<b>1</b>	0,693	0,630	0,166	0,142	0,124	-0,063	-0,36	-0,161	-0,257	0,195
Elect <sub>t-1</sub>	0,411	0,843	0,662	0,693	<b>1</b>	0,759	0,663	0,011	0,140	-0,168	-0,415	0,183	-0,079	0,372
Cleandark <sub>t-1</sub>	-0,123	0,486	0,111	0,630	0,759	<b>1</b>	0,824	0,136	0,184	-0,198	-0,625	-0,251	-0,123	-0,227
Cleanspark <sub>t-1</sub>	-0,030	0,179	0,118	0,166	0,663	0,824	<b>1</b>	0,007	0,191	-0,198	-0,535	0,068	0,146	-0,099
Temp2/Temp1	-0,049	0,041	-0,098	0,142	0,011	0,136	0,007	<b>1</b>	-0,729	0,137	0,173	-0,404	-0,417	-0,169
TempL	-0,229	0,045	-0,062	0,124	0,140	0,184	0,191	-0,729	<b>1</b>	-0,084	-0,413	0,254	0,344	0,031
TempH	-0,078	-0,104	-0,110	-0,063	-0,168	-0,198	-0,198	0,137	-0,084	<b>1</b>	0,204	0,006	0,076	0,090
TempLH	0,217	-0,226	0,018	-0,360	-0,415	-0,625	-0,535	0,173	-0,413	0,204	<b>1</b>	0,004	-0,095	0,204
Break1	0,238	0,063	0,312	-0,161	0,183	-0,251	0,068	-0,404	0,254	0,006	0,004	<b>1</b>	0,740	0,750
Crisis	-0,302	-0,287	-0,186	-0,257	-0,079	-0,123	0,146	-0,417	0,344	0,076	-0,095	0,740	<b>1</b>	0,266
P <sub>t</sub>	0,537	0,416	0,505	0,195	0,372	-0,227	-0,099	-0,169	0,031	0,090	0,204	0,750	0,266	<b>1</b>

TABLO 10- 1. UYGULAMA DÖNEMİNE İLİŞKİN DEĞİŞKENLER

## ARASI KORELASYON DEĞERLERİ

Değişkenler	Brent <sub>t-1</sub>	Ngas <sub>t-1</sub>	Coal <sub>t-1</sub>	Switch <sub>t-1</sub>	Elect <sub>t-1</sub>	Cleandark <sub>t-1</sub>	Cleanspark <sub>t-1</sub>	Temp2/Temp1	TempH	TempLH	Temp2 <sub>t</sub>	Temp1 <sub>t</sub>	P <sub>t</sub>
Brent <sub>t-1</sub>	1	0,382	0,856	0,081	0,436	0,397	0,417	-0,337	-0,012	0,004	-0,067	0,026	-0,179
Ngas <sub>t-1</sub>	0,382	1	0,410	0,934	0,881	0,778	0,367	0,276	0,065	-0,515	-0,419	-0,464	0,410
Coal <sub>t-1</sub>	0,856	0,410	1	0,057	0,555	0,591	0,648	-0,180	-0,191	-0,369	-0,496	-0,405	-0,475
Switch <sub>t-1</sub>	0,081	0,934	0,057	1	0,748	0,619	0,148	0,372	0,147	-0,422	-0,267	-0,351	0,637
Elect <sub>t-1</sub>	0,436	0,881	0,555	0,748	1	0,969	0,754	0,420	-0,061	-0,680	-0,588	-0,632	0,175
Cleandark <sub>t-1</sub>	0,397	0,778	0,591	0,619	0,969	1	0,858	0,435	-0,167	-0,774	-0,703	-0,727	-0,037
Cleanspark <sub>t-1</sub>	0,417	0,367	0,648	0,148	0,754	0,858	1	0,368	-0,264	-0,671	-0,657	-0,653	-0,359
Temp2/Temp1	-0,337	0,276	-0,180	0,372	0,420	0,435	0,368	1	0,156	-0,374	-0,268	-0,482	0,218
TempH	-0,012	0,065	-0,191	0,147	-0,061	-0,167	-0,264	0,156	1	0,201	0,441	0,299	0,472
TempLH	0,004	-0,515	-0,369	-0,422	-0,680	-0,774	-0,671	-0,374	0,201	1	0,888	0,895	0,230
Temp2 <sub>t</sub>	-0,067	-0,419	-0,496	-0,267	-0,588	-0,703	-0,657	-0,268	0,441	0,888	1	0,964	0,433
Temp1 <sub>t</sub>	0,026	-0,464	-0,405	-0,351	-0,632	-0,727	-0,653	-0,482	0,299	0,895	0,964	1	0,301
P <sub>t</sub>	-0,179	0,410	-0,475	0,637	0,175	-0,037	-0,359	0,218	0,472	0,230	0,433	0,301	1

**TABLO 11- 2. UYGULAMA DÖNEMİNE İLİŞKİN DEĞİŞKENLER ARASI  
KORELASYON DEĞERLERİ**

Değişkenler	Brent	Ngas <sub>t-1</sub>	Coal <sub>t-1</sub>	Switch <sub>t-1</sub>	Elect <sub>t-1</sub>	Clean dark <sub>t-1</sub>	Clean spark <sub>t-1</sub>	Temp2/Temp1	Temp.L	Temp.H	Temp.LH	Crisis	Break2	Break3	P <sub>t</sub>
Brent <sub>t-1</sub>	1	0,552	0,794	0,126	0,394	-0,189	-0,155	0,118	-0,324	-0,102	0,288	-0,768	0,427	-0,171	0,871
Ngas <sub>t-1</sub>	0,552	1	0,884	0,856	0,838	0,411	0,098	0,013	0,035	-0,175	-0,107	-0,575	0,363	-0,673	0,667
Coal <sub>t-1</sub>	0,794	0,884	1	0,516	0,698	0,118	-0,024	0,068	-0,163	-0,107	0,115	-0,690	0,309	-0,566	0,791
Switch <sub>t-1</sub>	0,126	0,856	0,516	1	0,761	0,622	0,204	-0,049	0,238	-0,206	-0,330	-0,288	0,316	-0,608	0,340
Elect <sub>t-1</sub>	0,394	0,838	0,698	0,761	1	0,783	0,621	-0,016	0,119	-0,225	-0,297	-0,392	0,201	-0,742	0,491
Cleandark <sub>t-1</sub>	-0,189	0,411	0,118	0,622	0,783	1	0,880	-0,116	0,336	-0,224	-0,571	0,121	-0,072	-0,563	-0,079
Cleanspark <sub>t-1</sub>	-0,155	0,098	-0,024	0,204	0,621	0,880	1	-0,078	0,220	-0,166	-0,468	0,174	-0,193	-0,402	-0,143
Temp2/Temp1	0,118	0,013	0,068	-0,049	-0,016	-0,116	-0,078	1	-0,794	0,152	0,402	-0,215	0,206	0,139	0,239
TempL	-0,324	0,035	-0,163	0,238	0,119	0,336	0,220	-0,794	1	-0,108	-0,529	0,239	-0,180	-0,299	-0,347
TempH	-0,102	-0,175	-0,107	-0,206	-0,225	-0,224	-0,166	0,152	-0,108	1	0,205	0,130	-0,097	0,130	-0,104
TempLH	0,288	-0,107	0,115	-0,330	-0,297	-0,571	-0,468	0,402	-0,529	0,205	1	-0,181	0,014	0,090	0,359
Crisis	-0,768	-0,575	-0,690	-0,288	-0,392	0,121	0,174	-0,215	0,239	0,130	-0,181	1	-0,751	0,196	-0,903
Break2	0,427	0,363	0,309	0,316	0,201	-0,072	-0,193	0,206	-0,180	-0,097	0,014	-0,751	1	0,215	0,665
Break3	-0,171	-0,673	-0,566	-0,608	-0,742	-0,563	-0,402	0,139	-0,299	0,130	0,090	0,196	0,215	1	-0,252
Pt (Euro)	0,871	0,667	0,791	0,340	0,491	-0,079	-0,143	0,239	-0,347	-0,104	0,359	-0,903	0,665	-0,252	1



**KAYNAKÇA**

ALBEROLA, Emilie, Julien CHEVALLIER and Benoît CHEZE; (2007), “*European Carbon Prices Fundamentals in 2005-2007: The Effects of Energy Markets, Temperatures and Sectorial Production*”, *EconomiX Working Paper No. 2007-33*, İnternet Adresi: <http://ssrn.com/abstract=1080161>, Erişim Tarihi: 01.02.2012

ALBEROLA, Emilie, Julien CHEVALLIER and Benoît CHEZE; (2008a), “*Price Drivers and Structural Breaks in European Carbon Prices 2005 – 2007*”, **Energy Policy**, 36(2), pp. 787-797.

ALBEROLA, Emilie, Julien CHEVALLIER and Benoît CHEZE; (2008b), “*The EU Emissions Trading Scheme: The Effects of Industrial Production and CO<sub>2</sub> Emissions on Carbon Prices*”, **Economié Internationale**, 116(4), pp. 127-146

ALBEROLA, Emilie, Julien CHEVALLIER and Benoît CHEZE; (2009), “*Emissions Compliances and Carbon Prices under the EU ETS: A Country Spesific Analysis of Industrial Sectors*”, **Journal of Policy Modelling**, 31, pp. 446-462.

ALBEROLA, Emilie and Julien CHEVALLIER; (2009), “*European Carbon Prices and Banking Restrictions: Evidence from Phase I (2005-2007)*”, **The Energy Journal**, 30(3), pp. 107-136.

ANDERSON, Barry ve Corrado Di MARIA; (2011), “*Abatement and Allocation in the Pilot Phase of the EU ETS*”, **Environmental and Resource Economics**, 48, pp. 83-103.

BATTALER, Maria Manaset, Angel PARDO and Enric VALOR; (2007), “*CO<sub>2</sub> Prices, Energy and Weather*”, **The Energy Journal**, 28(3), pp. 73-92.

BENZ, Eva and Stefan TRUCK; (2009), “*Modeling the Price Dynamics of CO<sub>2</sub> Emission Allowances*”, **Energy Economics**, 31, pp. 4-15.

CDC Climat Research; (2011), “*Key Figures on Climate: France and Worldwide, 2012 Edition*”, İnternet Adresi: <http://www.cdcclimat.com/spip.php?action=telecharger&arg=798>, Erişim Tarihi: 31.01.2012.

CHEVALLIER, Julien; (2012), “*Banking and Borrowing in the EU ETS: A Review of Economic Modelling, Current Provisions and Prospects for Future Design*”, **Journal of Economic Surveys**, 26(1), pp. 157-176.

ELLERMAN, A. Denny and Barbara K. BUCHNER; (2008), “*Over-Allocation or Abatement? A Preliminary Analysis of EU ETS Based on the 2005-06 Emissions Data*”, **Environmental and Resource Economics**, 41, pp.267-287.

ENGİN, B.; (2010) “*Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Programı ve CO<sub>2</sub> Fiyatını Belirleyen Faktörler*”, **Sosyal Bilimler Dergisi**, 4, pp.33-43.

HINTERMANN, Beat; (2008), “*Price Drivers and CO<sub>2</sub> Bubbles in the EU ETS*”, Presented at Conference on Sustainable Resource Use and Economic Dynamics (SURED) 2008, İnternet Adresi: [http://www.cer.ethz.ch/sured\\_2008/programme/SURED-08\\_Hintermann.pdf](http://www.cer.ethz.ch/sured_2008/programme/SURED-08_Hintermann.pdf), Erişim Tarihi: 31.12.2012

International Energy Agency; (2009), “*CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion Highlights*”, İnternet Adresi: <http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf>, Erişim Tarihi: 31.01.2012.

KANEN, Joost; (2006); **Carbon Trading and Pricing**, Environmental Finance Publications, United Kingdom.

SCHLEICH, Joachim, Karl-Martin EHRHART, Christian HOPPE and Stefan SEIFERT; (2006), “*Banning Banking in EU Emission Trading?*”, **Energy Policy**, 34, pp.112-120.

SPRINGER, Urs; (2003), “*The Market for Tradable GHG Permits under the Kyoto Protocol: A Survey of Model Studies*”, **Energy Economics**, 25, pp.527-551.

STERN, Nicholas; (2008), “*The Economics of Climate Change*”, **American Economic Review**, 98:2, pp. 1-37.