

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE KARBON SALINIMI ÇERÇEVESİNDE
ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ:
TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Hazırlayan
İbrahim KÜLÜNK

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KOTİL

BOLU-2013

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

İbrahim KÜLÜNK'e ait **Enerji Verimliliği ve Karbon Salınımı Çerçevesinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği** adlı çalışma, jürimiz tarafından İktisat Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir **15.08.2013**.

Akademik Unvan, Ad ve Soyad

Üye (Tez Danışmanı) : Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KOTİL

İmza

.....

Üye : Prof. Dr. Sadık ÇUKUR

.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Fevzi ENGİN

.....

Sosyal Bilimler Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. Yahya Mustafa KESKİN

Sosyal Bilimler Enstitü Müdürü

ETİK İLKELERE UYULDUĞUNA İLİŞKİN METİN

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum, **Enerji Verimliliği ve Karbon Salınımı Çerçevesinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği** başlıklı çalışmanın yazılmasında, bilimsel ve etik kurallara uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin tamamının veya bir kısmının bu üniversite ya da başka bir üniversitede sunulmadığını beyan ederim **15.07.2013**.

İbrahim KÜLÜNK

ABSTRACT

THE RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY CONSUMPTION AND ECONOMIC GROWTH WITHIN THE CONTEXT OF ENERGY EFFICIENCY AND CARBON EMISSIONS: THE CASE OF TURKEY

İbrahim KÜLÜNK

Master's Thesis

Department of Economics

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Erdoğan KOTİL

July 2013, xiii + 105 Pages

In this study, the historical development of the use of energy and types of energy sources, rates of energy use and distribution of it both in the world and in Turkey were discussed. In this study, environmental impacts of energy use and studies reducing the effects of it, together with the relationship between energy consumption and economic growth in Turkey by including carbon release rates were analyzed. For the period 1980-2011 with the annual time series as a result of Granger causality analysis, in Turkey, bidirectional causality has been observed between energy consumption and carbon emissions.

Key Words: Energy, Energy Consumption, Energy Efficiency Economic Growth, Carbon Emissions.

ÖZET

ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE KARBON SALINIMI ÇERÇEVESİNDE ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

İbrahim KÜLÜNK

Yüksek Lisans Tezi

İktisat Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KOTİL

Temmuz 2013, xiii + 105 Sayfa

Bu çalışmada, enerji kullanımının tarihsel gelişimi ve enerji kaynaklarının türleri, dünyada ve Türkiye’deki enerji kullanımı ve dağılım oranları ele alınmıştır. Çalışmada, enerji kullanımının çevresel etkileri ve bu etkileri azaltmaya yönelik yapılan çalışmalar ile birlikte Türkiye’de ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ilişkisi, karbon salınım oranları da dahil edilerek analiz edilmiştir. 1980-2011 dönemi arasında yıllık zaman serileriyle yapılan Granger nedensellik analizi sonucunda Türkiye’de enerji tüketimi ve karbon salınımı arasında çift yönlü bir nedensellik olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Enerji Tüketimi, Enerji Verimliliği, Ekonomik Büyüme, Karbon Salınımı.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmaları boyunca, fikir ve görüşlerinden yararlandığım, değerli mesailerini benim için harcayan, fikir aşamasından yazım aşamasına kadar titizlikle ve sabırla yardımlarını esirgemeyen yüksek lisans hocam ve tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KOTİL'e teşekkürlerimi sunarım.

İbrahim KÜLÜNK

GÜRKAN'a...

İÇİNDEKİLER

ABSTRACT.....	iv
ÖZET.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER.....	xii
KISALTMALAR.....	xiii

BÖLÜM I

1.GİRİŞ.....	1
---------------------	----------

BÖLÜM II

2. ENERJİ KAYNAKLARI.....	8
2.1. Fosil Yakıtlar.....	10
2.1.1. Kömür.....	10
2.1.2. Doğalgaz.....	12
2.1.3. Petrol.....	14
2.1.4. Uranyum.....	17
2.1.5. Toryum.....	20
2.2. Yenilenebilir Enerji	20
2.2.1. Güneş enerjisi.....	22
2.2.2. Rüzgar enerjisi.....	24
2.2.3. Jeotermal enerji.....	26
2.2.4. Hidrolik enerji.....	29
2.2.5. Biyokütle enerjisi.....	31
2.2.6. Hidrojen enerjisi.....	32
2.2.7. Dalga Enerjisi.....	34

BÖLÜM III

3. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KARBON SALINIMI VE EKONOMİK

BÜYÜME İLİŞKİSİ	36
3.1. Enerji Verimliliği Uygulama Alanları.....	38
3.1.1. Binalarda enerji verimliliği.....	38
3.1.2. Sanayi kesiminde enerji verimliliği.....	40
3.1.3. Türkiye’de sanayi kesiminde enerji verimliliği.....	42
3.1.4. Türkiye’de enerji verimliliği sağlamaya yönelik çalışmalar.....	43
3.2. Ekonomik Büyümenin Çevresel Etkileri ve Karbon Salınımı.....	46
3.2.1. Dünyada karbon salınımını azaltmaya yönelik çalışmalar.....	48
3.3. Enerji ve Ekonomi İlişkisinin Teorik Çerçevesi.....	55
3.4. Dünyada ve Türkiye’de Yapılan Çalışmalar.....	56
3.5. Zaman Serisi Analizi.....	64
3.5.1. Zaman serilerinde durağanlık.....	66
3.5.2. Birim kök testleri.....	66
3.5.3. Granger nedensellik testi.....	68
3.5.4. Veri ve ekonometrik yöntem.....	69
3.5.5. Birim kök testi.....	70
3.5.6. Granger nedensellik testi uygulaması.....	75

SONUÇ.....	79
-------------------	-----------

KAYNAKÇA.....	83
----------------------	-----------

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1 : Literatür.....	63
Tablo 3.2 : Logaritmik Verilerle ADF ve PP Birim Kök Testi Sonuçları.....	72
Tablo 3.3 : Logaritmik Verilerin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	74
Tablo 3.4 : Granger Nedensellik Testi Sonuçları (1 Gecikmeli).....	76
Tablo 3.5 : Granger Nedensellik Testi Sonuçları (2 Gecikmeli).....	76
Tablo 3.6 : Granger Nedensellik Testi Sonuçları (3 Gecikmeli).....	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1: Logaritması Alınmış Verilerle Yapılan Birim Kök Testi Grafiği.....	72
Şekil 3.2: Logaritmik Verilerin Tanımlayıcı İstatistiklerinin Grafıksel Gösterimi....	75

SİMGELER

CO²	: Karbondioksit
H²S	: Hidrojen Sülfür
O²	: Dioksijen Gazı
M³	: Metreküp
Sm³	: Standart Metreküp
NO_x	: Nitrojen Oksit
Kg	: Kilogram
N	: Azot
(C²H⁶)	: Etan
CH⁴	: Metan
Ton³	: Ton Küp
pW	: Pikovat
U	: Uranyum
kW/h	:Kilovatsaat
tW/h	: Teravat
MW	: Megavat

KISALTMALAR

TEP	: Ton Petrol Eşdeğeri
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğeri Petrol
UNDP	: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
BM	: Birleşmiş Milletler
WWF	: Dünya Doğayı Koruma Vakfı
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
HES	: Hidroelektrik Santral

BÖLÜM I

1. GİRİŞ

Tarih öncesi devirlerden bu yana insanlık, doğada kendiliğinden ortaya çıkan enerjiyi kullanmayı bilmiştir. Enerji ihtiyacı, insan yaşamının ilk dönemlerinden itibaren ortaya çıkmıştır. Ateşin bulunmasından denetim altına alınmasına, üretiminden yaygınlaşmasına kadar binlerce yıl geçmiştir. “İsrail’de, Şeria Nehri kıyısında bulunan kalıntılar, insanın 790 bin yıl önce ateş ürettiğini ve kullandığını göstermektedir” (Radikal, 2008, <http://www.radikal.com.tr>. / Yaşam / 12 Kasım 2012’de erişildi).

Enerji tüketimi günümüzden tarih öncesi devirlere kadar uzanan bir geçmişe dayanmaktadır. İnsanlar bu uzun süreç içerisinde bir çok enerji çeşidinden faydalanmıştır. Avcılıktan toplayıcılığa geçiş aşamasında en ilkel yollarla ilk tabii güç olarak hayvanlardan faydalanılmıştır. Hayvan gücü; avcı toplumlarda gıda, toplayıcı topluma geçiş sonrasında ise hem gıda hem de tarla sürme, eşya taşıma gibi ihtiyaçlarda kullanılmıştır. İnsanoğlunun, ilk günden bu yana beraber yaşadığı hayvanlarla geçmişi ne kadar uzunsa da günümüzde hala yoğun olarak kullanılmasıyla kısmen önemini korumaktadır. Bugünün toplumsal yapısını tahlil ederken, ilkel toplum yapısıyla olan bağlarına bakıldığında bir çok etkileşimin çağlar boyu süregeldiği görülmektedir (Şenel, 1982).

İnsanın keşfettiği en önemli enerji kaynaklarından biri ateştir. Ateşin keşfinin, kesin olarak bilinmemekle beraber doğal yangınlarla olduğu düşünülmektedir. Bir enerji kaynağı olarak ateş ile tanışan insan, daha önceleri yiyemediği gıdaları tüketebilmiş, daha önce yaşayamadığı soğuk iklim koşullarında yaşayabilmiş, düşmanlarına karşı kas gücünün dışında ateşi, bir silah olarak kullanmıştır.

Ateş, yüzyıllar boyunca ısınma, aydınlanma, silah yapma, yemek pişirme ve su ısıtma amaçlı kullanılmıştır. Burada biyokütle enerjisinden söz etmek yerinde olacaktır. Zira, ateşin söndürülmeden uzun süreler yanmasını sağlamak için odun kullanılmıştır. Bu şekilde düşünüldüğünde insanoğlunun ilk yararlandığı enerji kaynaklarından biri de biyokütle enerjisi olmaktadır. Ateşin ilk olarak nasıl keşfedildiğine dair bir çok görüş olsa da, önemli olan ateşin keşfedilmesi ve insanlığın hizmetine sunulmasıdır. Bugün, evlerde, iş yerlerinde, günlük yaşamın her noktasında ateşten, hala en önemli enerji kaynağı olarak faydalanılmaktadır.

Ateşin kullanımı ve yaygınlaşmasıyla birlikte yerleşik ve toplumsal hayata geçen insanoğlunun, toplumsal yaşamın gerektirdiği bazı işlerin yerine getirilmesi için başka bir enerji kaynağı olan “insanı” kullanması daha sonraları “köle” kavramının içini dolduracak bir yönelişe doğru gitmiştir. Ateşten sonraki ikinci enerji kaynağı olan “insan” gemilerin yürütülmesinde kullanılmıştır. Yarı yerleşik yaşama geçiş, insanoğlunun bir yerden başka bir yere göç etme gereğini doğurmuş, artık “eşya” sahibi olan insan, bu eşyaların da kendisiyle beraber taşınması için “hayvanlardan” faydalanmıştır. M.Ö 3000’li yıllara dayanan hayvanların taşıma işlerinde kullanılması, 19. yüzyılın sonlarına kadar yaygınlığını korumuştur. Bir başka deyişle buharlı makinelerin bulunmasına kadar ulaşımda hayvanlardan faydalanılmıştır (İnan, 1995: 67).

İnsanların yararlandığı başka bir enerji türü ise “su gücü” dür. Temeli güneş enerjisine dayanan su gücü, insan toplumunun tam yerleşik hayata geçmesiyle kullanılmaya başlanmıştır. M.Ö. 100 yıllarında kullanılmaya başlayan su çarkları , tarım yapan insanlar için öğütmede büyük önem taşımıştır (İnan, 1995).

Uzun bir tarihsel geçmişe sahip olan bir diğer enerji kaynağı ise rüzgardır. Yeryüzünün her tarafının eşit miktarda ısınmamasından dolayı ortaya çıkan rüzgar ilk olarak yelkenli gemilerin hareket ettirilmesinde ve yel değirmenlerinde tahıl öğütmede kullanılmıştır. İranlıların rüzgar değirmenleri yaptıkları bilinmekle beraber, ilk rüzgar türbini 1259 yılında Danimarka’da yapılmıştır (Taşgetiren, 1998).

Isınmayı ve pişirmeyi tarih öncesi devirlerde öğrenen insanın ihtiyaçları da enerji kullanımına ve çeşitliliğine paralel doğmuştur. Aydınlatmadan ulaşma, üretimden tüketime, iletişimden teknolojiye yüzlerce ihtiyaç, enerji üretimi, temini ve günlük yaşama sunumu ile sosyal hayatın vazgeçilmez parçaları olmuştur. İnsanlar, günümüzde olduğu gibi, bütün çağlarda enerji kaynaklarını elinde tutmak istemiştir.

Enerji; mal ve hizmet üretiminin en önemli bileşenlerinden biri olmasıyla günümüzde iktisadi kalkınmayı veya ekonomik büyümeyi ifade eden hesaplamaların içinde en önemli parametrelerden biri haline gelmiştir. Ekonominin içinde hem talep hem de arz noktasında olan enerjinin talep tarafı, tüketicinin faydası için kullandığı ürünlerden biri olmasıdır. Arz tarafı ise, enerji üretiminin yanı sıra, sermaye ve emek kullanımı için önemli bir faktör olmasıdır (Chontanawat, Hunt ve Pierse, 2006).

19'uncu yüzyılda Sanayi Devrimi ile birlikte, makineleşmenin getirdiği artan üretim hacmi, küçük ölçekli imalathanelerin yerini fabrikaların almasıyla sonuçlanmıştır. 18.yy'da İngiltere'de, Belçika'da, Fransa'da, İsviçre'de, Almanya'da ve Birleşik Devletler'de bir çok fabrika ortaya çıkmıştır. Taşkömürü ve buharlı motorların kullanımı, makineleşmenin verimini kayda değer bir şekilde artırırken ucuz, bol ve savunmasız işgücünün varlığı üretilen miktarların hızla yükselmesini sağlamıştır (Beaud, 2003: 106-107). Bunun yanında üretim için gerekli olan enerjinin çeşidi ve miktarı da artmıştır. Özel teşebbüsün öne çıkarılıp, rekabetçi piyasanın desteklendiği Sanayi Devriminden günümüze kadar enerji talebi, özellikle sanayi kesiminde hızlı bir artış göstermiştir. O dönemden bugüne kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar enerji kaynağı olarak başköşede yerini almıştır. Özellikle petrol ürünlerinin yaygın kullanımıyla birlikte daha fazla üretim, artan üretim hacmiyle de daha fazla enerji ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bazı dönemlerde bu döngü sektöre uğramış, ekonomik büyüme için önemli bir girdi olan petrolde yaşanan fiyat şokları kısa vadeli krizlere sebep olmuştur.

“Enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve cari açık arasındaki ilişki 1970 petrol krizi ile gündeme gelmiştir. 1970 petrol kriziyle birlikte enerji fiyatlarında meydana gelen artış, özellikle sanayi sektörü için petrol bakımından dışa bağımlı hale gelen

ülkelerde büyük bir kriz ortamına yol açmıştır” (Yanar ve Kerimoğlu, 2011: 192).

OPEC’in 1973 yılında uluslararası enerji piyasalarına yapmış olduğu ikinci müdahalenin Batı Avrupa ülkeleri üzerindeki etkisi oldukça fazla olmuştur. Bunun sonucunda da Batı Avrupa ülkeleri petrole olan ve dolayısıyla Ortadoğu ülkelerine olan bağımlılıklarını azaltmak için, nükleer enerji santrallerine, yenilenebilir enerji kaynaklarına ve enerji yoğunluklarını azaltabilmek için enerji verimliliği projelerine yatırım yapmaya başlamışlardır. 1973 petrol krizinin enerji piyasaları açısından bir diğer önemli sonucu da Ortadoğu ülkelerinde petrol sahalarını millileştirme akımının başlaması olmuştur. Takip eden dönemde enerji piyasalarındaki bir önemli fiyat şoku da 1979 yılındaki İran devrimi sırasında yaşanmıştır (Sevim, 2012: 4384).

“Yaşanan bu petrol krizleri, günümüzde de devam eden petrol fiyatlarındaki artışlar, alternatif enerji kaynaklarının kullanımını gündeme getirmiştir. Brezilya, ABD, Hindistan ve AB başta olmak üzere birçok ülkede kullanımı giderek artan hatta zorunlu hale gelen ve “Biyoyakıt” olarak adlandırılan “Biyobenzin” ve “Biyodizel” bu çalışmalar arasında önemli yere sahiptir” (Taşdan, 2005: 27).

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi ve bu yönde izlenen politikalar, fosil yakıtların maliyetlerinde meydana gelen artışların yanında aynı zamanda fosil yakıtların artan tüketimiyle ortaya çıkan küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunlarının da beraberinde getirdiği kaygıların sonucudur. Bu çerçevede Dünya Çevre Kalkınma Komisyonu, gelecek kuşakların kendi kalkınmalarını gerçekleştirebilmeleri için gereksinim duyacakları doğal kaynakların korunması ve azaltılmamasını, sürdürülebilir gelişmenin tanımı içine almıştır. UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı), iklim değişikliği, yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, arazi bozulması, su yönetimi, sürdürülebilir kalkınma, korunan alanlar ve biyolojik çeşitlilik alanlarında projeleri destekleyerek çevresel bozulmanın durdurulması konusunda faaliyetlerde bulunmaktadır (UNDP Türkiye, 2011, <http://www.undp.org.tr/Gözlem>, 19 Ekim 2012’de erişildi).

Fosil yakıtların kullanılmasından kaynaklanan karbondioksit emisyonu günden güne artmaktadır (Uyar ve Cengiz, 2011). Bunun sonucu olarak, aşırı sıcakların yaşanması, yoğun ve şiddetli yağışların gerçekleşmesi, tropik kasırgalarda ortaya çıkan artışlar ve kuraklık sonucu azalan tarımsal faaliyetler, doğal felaketlerde meydana gelen şiddet ve yoğunluk artışları, buzulların günden güne erimesiyle yükselen ve daha da yükselmesi öngörülen deniz seviyesi..vb. gibi bir çok olağandışı olayların dünyayı etkisi altına alması, fosil yakıtların sosyal ve bireysel konforu sağlamadaki hünerinin bir karşılığı olarak insanlığın önüne çıkmış bulunmaktadır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, aşırı karbon salınımının önlenmesi için, izin verilen oranın üzerinde karbondioksit salanlara yüksek oranlı cezalar verilmesini, ek vergiler uygulanmasını ve serbest piyasa sistemi içinde karbon ticaretini içine alan bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sorunlarla mücadele etmek amacıyla 1997 yılında imzalanan ancak 2005 yılında yürürlüğe giren ortaklaşa bir sözleşme imzalanmıştır. Kyoto Protokolü'ne göre; insan kaynaklı karbon salınımının 1995 yılı seviyesine indirilmesi amaçlanmıştır (Uyar ve Cengiz, 2011: 50).

Bu çerçevede ele alınacak önemli bir konu da enerji verimliliğidir. Enerji verimliliği; üretimde, iş gücünde veya yaşam konforunda herhangi bir azalma veya gerileme olmadan daha az enerji kullanımı demektir (WWF Türkiye, 2011: 8). Enerji tüketim oranının bir gelişmişlik ve refah göstergesi olarak algılanması artık pek geçerli bir görüş değildir. Günümüzde, ülkelerin gelişmişlik ve refah seviyesi, enerjinin ne kadar çok tüketildiğiyle değil, ne kadar az enerji harcayarak ne kadar ürettiğiyle ölçülmektedir.

Enerji verimliliği çok boyutlu bir konudur. Bireysel ve toplumsal olarak gerçekleştirilen tasarruflarla hem maddi bir kazanç elde edilmiş olacak hem de çevresel kirlenmenin azalmasına katkıda bulunulacaktır. Enerji verimliliği aynı zamanda, Türkiye gibi, enerjide çoğunlukla dışa bağımlı olan ülkelerin enerji ithalatının azalmasına da katkıda bulunacaktır. Bu katkının bir başka yararı da ekonomik büyümenin gerçekleşmesi için gereken enerji miktarındaki azalmanın büyümeye negatif bir etkisinin olmamasıdır. Son yıllarda Türkiye'de enerji verimliliği ile ilgili birçok

proje üretilmekte, verimlilik sağlayan projeler desteklenmektedir. Enerji bağımlılığı olan ülkeler için enerjiyi daha verimli kullanmak, özellikle sanayi kesiminde kullanılan enerjinin verimli kullanımını sağlamak ekonomik büyümeye katkı sağlayacak öneme sahiptir.

Ülkelerin ekonomik büyüme süreçleri için enerji önemli bir girdidir. Çünkü enerji, büyümeyi sağlayan bütün diğer faktörlerle yapısal ilişki içerisinde. Örneğin elektrik enerjisi mal ve hizmet üretiminin girdisi olmakla beraber, konut ve iş yerlerinin de çıktısıdır. Bu yönüyle enerji ekonomik büyümenin hem arz hem de talep noktasında yer almaktadır.

Günümüzde çokça tartışılan, fosil kaynakların tükenebilirliği konusu, enerji kullanımında, hem toplumsal hem de bireysel olarak daha dikkatli olunmasını gerektirmekte, dünyada bir çok ülke bu konuda çalışma yapmaktadır. Fosil kaynaklar tükendiğinde ekonomik büyüme oranları düşebilir ve ekonomik büyüme yenilenebilir kaynaklarla sağlandığında çıktı oranlarında farklılık yaşanabilir (Arbex ve Perobelli, 2010) beklentileri, ülkeleri harekete geçirmektedir. Fosil kaynakların tükenmesi ve yenilenebilir kaynakların kullanımı, enerji konusunda büyük bir dönüşüm olacaktır. Bununla ilgili şimdiden birçok istatistiksel veri ve öngörü mevcuttur.

Dünyada enerji tüketimi ile ilgili ne konuşulursa ve ne yazılırsa, temel başlıklarından iki tanesinin, çevresel etkiler ve yenilenebilir kaynaklar olması muhtemel görünmektedir. TPAO'nun 2011 verilerine göre; petrolün 48 yıl ömrü, doğalgazın ise 57 yıl ömrü kalmıştır. Bu veriler ışığında, fosil kaynaklı yakıtların çevresel etkilerinin neden bu kadar yoğun tartışmaya açılabilirdiğini anlamak zor değildir. Zaten tükenmesi yakın gelecekte beklenen fosil kaynaklı yakıtlar göz önüne alındığında, yenilenebilir kaynaklara hızlı yönelişin nedeninin çevresel duyarlılıktan öte büyüme için önemli bir girdi olan enerji arzının güvenliği olduğu anlaşılmaktadır.

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme paralelinde, nüfus ve sanayileşmeye bağlı olarak Türkiye'de enerji tüketimi, özellikle 1980 sonrasında hızlı bir artış sürecine girmiştir. Bu süreçte tarım kesimi önemini kaybederek sanayi ve hizmetler sektörü ön

plana çıkmıştır. Ekonomideki bu yapısal değişim, daha fazla enerji kullanımı gerektirdiği için özellikle petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlara olan talep yükselmiştir (Mucuk ve Uysal, 2009: 106). Doğal kaynaklar açısından yeterince zengin olmadığı düşünülen ve enerjide dışa bağımlı olan Türkiye’de giderek artan enerji ihtiyacı, artan bir enerji açığına yol açmıştır.

Gelişme aşamasında olan ülkelerin enerji talepleri, gelişmiş ülkelerin enerji taleplerine oranla daha fazla olduğu genel kabul gören bir görüştür. Türkiye de gelişmekte olan bir ülke olarak enerji talebi sürekli artan bir ülke konumundadır. Son yıllardaki enerji talep artışları %5 ile %8 arasında değişen Türkiye, enerjide %70 oranında dışa bağımlıdır. Bu da ekonomik büyümenin gerçekleştiği yıllar için cari açığı artırıcı bir etki meydana getirmektedir. Dolayısıyla, fosil yakıtlar açısından yeterli kaynağı bulunmadığı bilinen Türkiye’nin hem ekonomik büyümeyi gerçekleştirmesi, hem de enerji açığını azaltması gerekmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye’nin 1980-2011 yılları arasında enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi ekonometrik araçlarla analiz edilecektir. Analize dahil edilecek kişi başına karbon salınımı oranları ise, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve enerji tüketiminin çevresel etkileri arasında bir ilişki kurulmasını amaçlamaktadır.

BÖLÜM II

2. ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji kaynakları temel olarak, fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır. Kömür, doğalgaz, petrol, uranyum gibi madensel kaynaklar sınırlı olup fosil yakıtlardır. Buna karşın, rüzgâr, güneş, su gibi kaynaklar sınırsız olup yenilenebilir enerji kaynaklarına örnektir. Bir başka sınıflandırma da birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak yapılmaktadır. Birincil enerji kaynakları; fosil yakıtlar, ikincil enerji kaynakları ise; enerjiden bir başka enerji üretimi sağlayarak elde edilen enerjiler ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Örneğin, elektrik enerjisi veya nükleer enerji gibi bir başka enerji kaynağından yararlanılarak elde edilen enerjiler ikincil enerji kaynaklarıdır (Aydın, 2010).

Sanayi kesiminde çok büyük oranda kullanılan fosil kaynaklı yakıtlar, çevreye verdiği zararlar, tükenme tehlikesi ve sürdürülebilir kalkınmayı olumsuz yönde etkileyebileceği düşüncesiyle artık günümüzde çokça tartışılmaya başlanmıştır. Bu tür kaygılarla her yıl gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler bazında toplantılar düzenlenmekte, çözüm önerileri sunulmakta ve sözleşmeler imzalanmaktadır. Özellikle uluslararası çevre siyaseti ve diplomasisinin temeli olarak kabul edilen 1972 Birleşmiş Milletler İnsan ve Çevresi Konferansı'ndan günümüze kadar çok sayıda uluslararası sözleşme yapılmış, çevre rejimleri kurulmuştur. Çevre rejimleriyle birlikte sayısız uluslararası bilimsel, finansal ve siyasal kurumlar, ağlar ve destek mekanizmaları tesis edilmiştir (İzci ve Mazlum, 2012: 1). 1990 MARPOL Sözleşmesi, 1981 Barselona Sözleşmesi, 1992 Bükreş Sözleşmesi, 2003 BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve 2009 Kyoto Protokolü gibi çevre sözleşmeleri, uluslararası çevre koruma politikalarına örnek verilebilir (Kaya, 2011: 449).

Fosil kaynaklı yakıtların salınım oranlarının yüksekliği ve yoğun kullanımıyla beraber ortaya çıkan küresel riskler birçok tartışmayı da beraberinde getirmiştir. Bu tartışmaların başını çeken konulardan bir tanesi de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla ilgilidir. Bunun yanında nükleer enerjinin çok pahalı bir enerji olması, temiz enerji arayışlarını yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Özellikle dünya enerji istatistikleri üzerine yapılan analizlerden çıkan sonuç, yenilenebilir enerji piyasalarının sürdürülebilir kalkınma açısından neredeyse tek alternatif durumunda olduğunu göstermektedir (Kum, 2009: 221). Genel bir bakışla, yenilenebilir enerji kaynaklarının birçok yönden avantajlı olduğunu söylemek mümkündür.

Fosil yakıtlarla yenilenebilir enerji kaynaklarının arasındaki en önemli farklardan birisi yenilenebilir enerji kaynaklarının temiz olması ve bunun yanı sıra müstakil olmasıdır. Güneşten veya rüzgârdan enerji elde etmek için her hangi bir ülke, siyasi sınır veya fiziki sınır gözetilmez. Bu, yenilenebilir kaynakların kullanımını, gerekli teknik altyapının oluşturulması şartıyla, kolaylaştıran ve güvenli hale getiren en önemli unsurdur. Yeraltı kaynaklarında olduğu gibi belli bölgelerde birikmiş bir enerji kaynağı değildirler. Dünyanın birçok ülkesinde yenilenebilir kaynaklardan enerji elde etmek mümkündür. Güneş, rüzgar ve su gibi, temiz ve ucuz enerji kaynaklarından, en gelişmiş ülkeler de, geri kalmış ülkeler de faydalanabilir.

Fosil yakıtlarda olduğu gibi, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin, politika baskı aracı olarak uluslararası alanda kullanılması, normal şartlarda çok düşük bir ihtimaldir. Bu açıdan bakıldığında yenilenebilir kaynaklar, aynı zamanda enerji bağımsızlığı anlamına gelmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini açıklayan birçok çalışma yapılmıştır. “Alternatif” ve “İkincil enerji kaynakları” tanımlamaları genel kabul gören tanımlamalar olduğundan, yenilenebilir enerji kaynakları bu tanımlamalarla birlikte ifade edilecektir. Bu bölümde fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji kaynaklarının oluşum süreçleri, yoğunlukları ve fosil yakıtlar için bölgesel zenginlikleri, dünya ve Türkiye ölçeğinde ele alınacaktır.

2.1. Fosil Yakıtlar

Fosil yakıtlar sentetik olarak yapılanmaları çok zor olan milyonlarca yılda oluşmuş, büyük bir yüzdesini karbon ve hidrojenin oluşturduğu enerji kaynaklarıdır. İçlerinde az da olsa kükürt, yanmayan maddeler ve radyoaktif maddeler bulunmaktadır. Fosil yakıtlar yakıldığında, ortaya karbondioksit ve kükürtdioksit gazları, radyoaktif maddeler ve kül çıkmaktadır. Fosil kaynaklı yakıtların kullanımı ile birlikte havaya karışan karbondioksit gazı sera etkisine, kükürtdioksit gazı ise, asit yağmurlarına neden olur (Kadiroğlu ve Sökmen, 1994).

Oluştugu günden bugüne kadar çok çeşitli jeolojik olaylara maruz kalan yerkürenin, çeşitli bölgelerinde jeolojik süreçler ve jeolojik zaman içerisinde, günümüzde enerji hammaddeleri olarak kullanılan, değişik yer altı kaynakları oluşmuştur. Enerji hammaddeleri olan bu kaynakların başında fosil yakıtlar gelmektedir. Petrol ve doğal gaz gibi sıvı ve gaz halde depolanmış bulunan fosil sıvı yakıtların yanında kömür, asfaltit, bitümlü şeyl, turba vb gibi enerji üretimi amacıyla kullanılan fosil katı yakıtlar da bulunmaktadır (Şener: 2005: 237-238).

Fosil yakıtlar hem sanayi üretiminde hem de konut ısıtmada kullanılan en önemli enerji kaynaklarıdır. Fosil yakıtların kullanım alanı oldukça geniştir. Elde edilen enerjiyi dönüştürmek suretiyle yine birçok yeni enerji alanları doğurmaktadır. Bu açıdan bakıldığında fosil yakıtlar, günümüz teknolojisinin de alt yapısını oluşturmaktadır. Ulaşım araçlarının ve ısıtma sistemlerinin teknik donanımları fosil kaynaklı yakıtların kullanımına yöneliktir. Dolayısıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar, aynı zamanda, alternatif enerjilerin kullanımına olanak sağlayacak teknik alt yapı çalışmalarını da beraberinde getirecektir.

2.1.1. Kömür

Kömür, organik ve inorganik madde içeren, kimyasal ve fiziksel açıdan heterojen yapıda, yanıcı fosil bir taştır. Zaman içinde fiziksel ve kimyasal değişim geçirmiş bitkisel atıkların zamanla dönüşümünden kaynaklanan yatak adı verilen

yerlerde bulunmaktadır. Bu değişimler bitkilerin çürümesi, fosilleşme sonunda çökelme ve birikme, birleşme ve organik kayaların içinde bulunan bitkilerin dönüşümü gibi prosesleri içermektedir. İçinde bulunan bitkinin türüne, başkalaşım ve kömürleşme derecesine ve içeriğinin saflık oranına göre farklılık göstermektedir (Yüksel, 2010: 20-21). Bir dizi halindeki etkileşimlerle, ısı ve basıncın artması sonucu, bu maddeler sırasıyla turba, linyit, taşkömürü, antrasit ve grafit olarak adlandırılan beş aşamalı bir kömürleşme süreci yaşarlar. Rank denilen bu kömürleşme dereceleri kalorifik değerlerine göre sınıflandırılırlar (TKİ, 2009).

Kömürün, dünyadaki yaygın üretimiyle, rezervlerinin diğer fosil yakıtların rezervlerinden fazla oluşuyla, fiyatından nakliyesine, depolanabilmesinden kullanım kolaylığına, ucuzluğundan sürekliliğine kadar birçok avantajı bulunmaktadır. Özellikle elektrik enerjisi elde etmede, kömür, büyük pay sahibidir. 1996 verilerine göre, kömüre dayalı termik elektrik santrallerinde elde edilen elektrik enerjisi dünyada üretilen elektrik enerjisinin yarısından fazladır (Aslan, 1996). Kömürün, dünyada elektrik üretimindeki payının %40.5'den (2008), %43'e (2035) yükselmesi beklenmektedir (EÜAŞ, 2011: 5).

18.yüzyılın ortalarından itibaren sanayi kesiminde geniş kullanım alanı bulmuş olan kömür, buhar gücüne dayalı ulaşım araçlarının ve üretimde kullanılan makinelerin yakıtı olarak en önemli enerji girdisi olmuştur. Bunun yanında artan nüfusla beraber ortaya çıkan daha fazla elektrik ihtiyacı ve ısınma ihtiyacı da yine kömürden elde edilen enerji ile giderilmiştir. Elektrik üretiminde en önemli kaynaklardan biri olan kömür günümüzde dünya elektrik üretiminin %41'ini karşılamaktadır. Türkiye'de bu oran %28 civarındadır (TKİ, 2009).

1970'li yıllarda yaşanan petrol krizinde, kömürün gazlaştırılıp petrole benzer bir ürün elde etme girişimleri olmuştur. Proliz ve hidrojenleme yöntemiyle kömürden sentetik doğalgaz, yağ ve benzin (Özuslu, 1975: 43) elde edilmeye çalışılan, petrole alternatif olarak düşünülen yakıt, petrolden benzin üretmekten çok daha pahalıya mal olduğundan, bu yöndeki çalışmalar durdurulmuştur. Kömür, günümüzde daha çok yakıt olarak kullanılmasıyla birlikte elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Ucuz ve bol olması,

kömürün en çok tercih edilme nedenlerinden biridir.

2010 dünya toplam kömür üretiminin %67'si Asya Pasifik'te gerçekleşmiştir. Aynı şekilde tüketiminin de %67'si Asya Pasifik'te gerçekleşmiştir. 2010 yılı için dünya toplam kömür üretiminin %48,3'ünü sadece Çin üretmiştir. Türkiye ise kömür üretiminde %0.5 ile dünyada en çok kömür üreten 11.ülke konumundadır. Kömür tüketiminde Türkiye'nin, dünya toplamındaki payı ise aynı yıla göre %1 olarak gerçekleşmiş, bu oran da dünyada en çok kömür tüketen 15.ülke olduğunu göstermiştir. (ETKB, 2012: 9). Türkiye'nin yıllık birincil enerji talebinin yaklaşık %30'u kömürdür. Aynı zamanda elektrik üretiminin %25-30 arası da kömür kaynaklıdır. (EPDK, 2011: 14).

Kuşkusuz ki kömür hem dünya için hem de Türkiye için önemli bir fosil yakıttır. Ancak bu yakıtın yaygın ve bilinçsiz kullanımının doğurduğu sorunlar büyüktür. Dünya üzerinde en büyük kirliliği yaratan enerji kaynağı kömür, karbondioksit salınımlarının tek başına en büyük sorumlusudur. Tüm dünyada her yıl kömürlü termik santraller 11 milyar ton³ salınımına neden olmaktadır. 2005 yılı için bu oran, fosil kaynaklı yakıtların tüm karbondioksit salınımlarının %41'i anlamına gelmektedir. Mevcut termik santral planları gerçekleşirse bu oranın 2030 yılında %60 olacağı öngörülmektedir (GreenPeace, 2009).

2.1.2. Doğalgaz

Milyonlarca yıllık süreçte okyanusların dibinde birikmiş hayvansal ve bitkisel atıkların taş ve toprak tabakaları ile örtülerek yüksek basınç altında hidrokarbonlara dönüşerek oluşan, çeşitli katmanlar arasında uçucu eleman veya karışım olarak çıkan doğal gazın başlıca bileşenlerini metan gazı (CH_4) ve pentan gazı (C^2H^6) olmak üzere propan, bütan ve daha ağır hidrokarbonlar ile N, CO_2 , H_2S ve O_2 gibi gazlar oluşturmaktadır (Gültekin ve Örgün, 1993: 38).

Doğalgazı ilk Yunanlılar, İranlılar ve Hintliler keşfetmişlerdir. Çatlaklardan sızan gazın yıldırımlar tarafından tutuşturulması ve insanların şaşkına dönmesiyle başlar doğalgazın tarihi. O dönemlerde insanlar bu ateşin gizemine inanmışlar ve etrafına

tapınaklar inşa etmişlerdir. İş için kullanımı ise ilk olarak Çinliler tarafından gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 2500 yıl önce, yanan gazın üzerine tavalar koymak suretiyle deniz suyunu buharlaştırarak tuz elde etmişlerdir. Doğal gaz sokakları aydınlatmak için ilk 1816 yılında Amerika'da kullanılmış, kısa bir süre sonra, 1821'de William Hart ilk başarılı kazısını Fredonia'da gerçekleştirmiştir. Onun en iyi kazısı bugün oldukça sığ kabul edilen 20 metre derinliğe inmesidir. İlk doğalgaz şirketi olarak Fredonia Gas Light Company 1858 yılında açılmıştır (NEED, 2012).

Dünyanın en büyük doğal gaz yatakları Sibirya'da bulunmaktadır. İkinci büyük yatak ise Hollanda'daki (Groningen) yataktır. Günümüzde toplam enerji tüketiminin % 24'ünü karşılayan doğalgaz; stratejik değeri fazla olan önemli bir ekonomik kaynaktır. Yeryüzünde mevcut teknoloji ile ispat edilen toplam 180 trilyon m³ doğalgaz rezervi bulunmaktadır. Bu doğalgazın yaklaşık olarak 3 trilyon m³ kadarı, bir yılda tüketilmektedir. Tüketilen bu doğalgazın 750 milyar m³'lük kısmı çıkarıldığı ülkenin sınırları dışına iletilmektedir ([http://www.igdas.com.tr/Docs/Pdf/Dunyada ve Turkiyede Dogalgaz,28.12.2012](http://www.igdas.com.tr/Docs/Pdf/Dunyada%20ve%20Turkiyede%20Dogalgaz.pdf)'de erişildi). Temiz bir enerji kaynağı olan doğalgazın en önemli avantajı yanma sonucunda kükürt ve kükürtdioksit gibi havayı kirleten gazlar çıkarmayıdır. Bu nedenle "çevre dostu" olarak adlandırılan doğal gaz, çağımızda yoğun kentleşme ile birlikte ortaya çıkan ve ülkemizde de ciddi bazı sorunlar doğurmuş olan hava kirliliğini gidermede vazgeçilmez bir enerji kaynağı haline gelmiştir (Gültekin ve Örgün, 1993).

Fosil yakıtların en önemlilerinden olan doğalgaz birçok yönden dolayı ve dolaysız olarak ticarete konu olmaktadır. Nakliyesinde gereken taşımacılık hizmetinden, boru hattı döşenmesine kadar birçok sektörün iş sahasını ilgilendiren geniş bir yelpazeye sahiptir. Bu yönüyle ülkeler arasında önemli ticari, iktisadi ve siyasi anlaşmalara konu olan doğalgaz günümüz dünyasının talebi en çok artan enerji kaynağıdır.

Türkiye'de ilk kez 1980'li yıllarda ısınma amaçlı kullanılan doğalgaz, son yıllarda en çok elektrik üretiminde ve sanayi kesiminde kullanılmasıyla etkinliği artan bir enerji kaynağı olmuştur. Türkiye'deki doğalgaz piyasası hızlı bir gelişim

içerisindedir. 2011 yılındaki doğalgaz tüketimi bir önceki yıla oranla %18'lik artış göstermiştir. Doğalgaza yönelik bu hızlı talep artışının altında elektrik üretimi yatmaktadır. Burada ortaya çıkan sonuca bakarak yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha fazla anlaşılabilecektir. Çünkü Türkiye, enerji ithalatçısı bir ülkedir. Bu konumdaki bir ülke için planlanabilecek en iyi enerji politikası, öz kaynakların kullanımı ve enerji verimliliği konusunda çalışma yapmaktır. 2011 yılında Türkiye’de üretilen toplam gaz 760 milyon Sm^3 iken aynı yıl ithal edilen gaz 43.874 milyon Sm^3 ’tür. Bu ithalin de yaklaşık %63’ü Rusya’dan yapılmıştır (EPDK, 2011).

Düne kadar kış aylarını ağır ve kirli bir hava ile geçiren Türkiye, ısıtmada genel olarak doğalgaza geçince görünen hava kirliliğinde epey azalma olmuştur. Ancak yine de, doğalgazın yanmasında kendine özgü kirletici azotoksitler, NO_x emisyonları olduğu belirtilmiştir. Doğalgazın çevreye kirletici emisyon saldıgı doğru olsa da diğer fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında çok az bir salınımı olduğu görülecektir (Arayıcı, 1996). Ayrıca konut ısıtmasında kullanılan doğalgaz aynı zamanda su ısıtmada ve yemek pişirme ocaklarında da kullanılmasıyla, yaşam konforu sağlayan bir yakıt olma özelliğine sahiptir.

Artan enerji fiyatları bu yakıtın en uygun sistemlerle verimli kullanımının sağlanmasını gerektirmektedir. Bunun yanında, çevreye zararını en aza indirmenin yolu, yakma sistemlerinin yüksek verimli olması ve yakıt tüketimlerinin az olmasının sağlanmasıdır (Böke, Aydın, 2010).

2.1.3. Petrol

Petrolün varlığı ve kullanımı çok daha öncelere gidiyorsa da, Albay Drake’in Ağustos 1859’da Pennsylvania’da petrol bulması “petrole hücum” dönemini başlatmıştır. Bu hücum daha sonra ABD dışına yönelmiş ve artan talebe koşut olarak yoğunlaşarak günümüze değin varmıştır. (Bilgin, 2007: 23).

Yapılan araştırmalar petrolü oluşturan hidrokarbonların, yaşamını yitirmiş bütün organizmaların durgun denizlerin ve göllerin tabanlarında birikerek oluşmaya

başladıklarını göstermektedir. Petrol, normal şartlarda gaz, sıvı ve katı halde bulunan bir yakıttır (ETKB, 2010). Milyonlarca yıl süren bir çökelme ve yığılma ile birlikte çökelen malzemenin kalınlaşması ve giderek ağırlaşması sonucu sıkılaşma oluşmaktadır. Bu sıkılaşmayla birlikte organik artıklar da katı tanecikleri arasında gözenek denen küçük boşluklarda ve çatlaklarda su ile beraber sıkışma yaşarlar. Isı, radyoaktif element ışıması, bakteri etkisi ve üst ağırlık baskısı gibi etkenler altında kimyasal bozunmaya ve moleküler değişime uğrarlar. Jeolojik zaman boyunca gömülen bu organik maddenin bir kısmı fosil yakıtlara dönüşür (Özcan, 2012: 8). Süreç sonunda katılar, sıvılar ve gazlar oluşur. Sıvılar ve gazlar bozunmalarını sürdürür, bu süreçte ya petrole veya doğalgaza dönüşürler.

Petrolün, yeraltından yeryüzüne çıkarılması için jeoloji, jeofizik ve petrol mühendisliği dallarının ortak çalışması gerekmektedir. Aranılan yerde petrol olup olmadığı sondaj yapılarak bilinebilir. Sadece petrolün varlığı petrolü çıkarmak için yeterli bir neden değildir. Öncelikle ekonomik olarak üretilebilirliğinin kanıtlanması gerekir. Sonraki aşamada üretim kuyuları delinerek petrol çıkarma işlemi başlar. Ekonomik açıdan değerli bir fosil kaynak olan petrol, ticarete konu olmasından bu yana giderek önemi artan ve talebi çoğalan bir yakıttır. Önceleri sadece ateş yakmak ve aydınlanmak için kullanılan petrol, günümüzde içten yanmalı motorlarda kullanılmasıyla birlikte gündelik yaşamdan, sanayiye, askeri ihtiyaçlara ve birçok üretim faaliyetlerine kadar birçok alanda hammadde olarak kullanılmaktadır. Bu yönüyle dünya tarihindeki belirleyici unsurlardan biri olma özelliğini kazanmıştır (Emeklier, Ergül, 2010).

16 Eylül 1960 yılında başlıca beş petrol üreticisi olan İran, Kuveyt, Suudi Arabistan, Venezüella ve Irak tarafından “Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü” (OPEC) kurulmuştur. Kuruluş aşamasında pek dikkate alınmayan bu örgütün etkisi zamanla artmıştır. Örgütün etkisinin artmasının nedeni, enerji piyasalarında ve özellikle petrol piyasalarında yaşanan hareketlenmelerdir. “Yedi Kız Kardeşler” olarak adlandırılan dünyadaki başlıca petrol şirketleri (Exxon, Mobil, Chevron, Gulf, Texado American, Royal Dutch Shell ve British Petroleum) ile OPEC arasında 1950’li yılların başlarında bir anlaşma imzalanmıştır. Bu anlaşmaya göre; OPEC ülkelerinin elde edecekleri petrol

gelirleri varil başına belirlenen afişe fiyattan petrol üretimi maliyetinin yarısı çıktıktan sonra geriye kalan rakam olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, afişe fiyat üzerinde yaşanan dalgalanmalar, ekonomileri petrol gelirlerine bağlı olan bu ülkeler üzerinde doğrudan bir etki yaratmıştır. Bu durumun serbest piyasada rekabeti artırması, yeni petrol şirketlerinin piyasaya girmeleri ve afişe fiyat indirimleri, OPEC'in üye sayısının artmasına ve dünya petrol piyasalarında yaşanan hareketlenmelere karşı daha dirençli hale gelmesine neden olmuştur (Demir, 2008).

2011 yılında 1.622 milyar varil olan dünya petrol rezervi 2011 yılında %1,9 oranında artarak 1.653 milyar varil olarak gerçekleşmiştir. Bu da rezerv ömrünü 53,9 yıldan, 54,2 yıla çıkarmıştır (TPAO, 2011). Bu rezervin %48.1'i, bir başka deyişle 795 milyar varili sadece Ortadoğu olarak adlandırılan bölgede bulunmaktadır (PIGM, 2012).

2011 yılı Aralık ayı sonu itibariyle Türkiye'de 1601 kuyuda petrol aranmış, 765 kuyuda petrol tespit edilmiştir. Ancak yerli tüketimi karşılamaya yetmeyen üretim nedeniyle giderek artan petrol tüketiminin, Türkiye'nin bu alanda dışa bağımlılığını artıracakı öngörülmektedir. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü'nün 2011 verilerine göre Türkiye'de toplam bilinen petrol rezervi 7 milyar 44 milyon 8 bin 801 varildir. Bu rezervin üretilebilir kısmı, 1 milyar 282 milyon 637 bin 462 varildir (PIGM, 2012 <http://www.pigm.gov.tr/istatistikler.php>, 13.11.2012'de erişildi).

Önemli bir enerji kaynağı olarak, vazgeçilmez bir ihtiyaç olan petrol, uluslararası ilişkilerde devletlerin jeopolitik duruşlarını ve hareket serbestilerini belirleyen stratejik enstrümanlarından biri haline gelmiştir (Emeklier, Ergül, 2010: 60). Uluslararası ilişkiler disiplininde sürekli ilkeler yerine sürekli çıkarlar olduğunu unutmamak gerekir (Demir, 2008: 246). Petrolün bilinen açık bir politika aracı olması sadece yakıt olarak değil, aynı zamanda baskılama aracı olarak da kullanılmasını sağlamıştır. Bunu yaşanan petrol krizlerinin nedenlerine bakarak görmek mümkündür. Bu durum, doğalgaz için de geçerlidir. Buradan yola çıkarak, fosil yakıtların politik yanlarını da anlamak gereklidir. Çünkü fosil yakıtlar, dünyanın belli bölgelerinde yoğunken birçok bölgesinde azdır veya hiç olmayabilir. Bu yönüyle, fosil kaynaklı enerji yataklarına sahip olan ülkeler, bu avantajlarını veya dezavantajlarını zaman içinde yaşamaktadırlar.

2.1.4. Uranyum

Uranyum, doğal olarak oluşan radyoaktif bir elementtir. Küçük miktarlarda da olsa, toprakta, kayalarda, suda, bitkilerde, hayvanlarda ve tüm insanlarda bulunmaktadır. Atom numarası 92 olan uranyum, doğadaki en ağır elementtir (U.S. DEO, 2001). İlk defa, 1789 yılında Martin Klaproth tarafından bulunan uranyum, doğada serbest olarak bulunmayan, çeşitli elementlerle birleşerek uranyum minerallerini meydana getirmektedir. En kolay oksijenle birleşen uranyum her tür kayaç içerisinde ve sulara eser miktarda da olsa bulunmaktadır (Zararsız, 2005: 4). Uranyum rezervlerinin oluşumu için dört temel faktör vardır. Bunlar; birincil uranyum minerallerini kapsayan bir kaynak, uranyum minerallerini içeren ana kayacın yıkanması ve uranyumun hareketli hale gelmesiyle ortaya çıkan eriyiklerin taşınması, uranyumlu eriyiklerden ortamın fiziksel ve kimyasal koşullarına bağlı olarak uranyumun çökmesi ve çökelen uranyumu kapsayan katmanların erozyondan korunmasıdır (Nakoman, 1978: 6-8). Uranyumun geleneksel olmayan başka kaynakları da vardır. Bu kaynaklar da en az diğer oluşumlar kadar önemlidir. Fosforit kaynaklar, siyah şeyl yatakları, linyit ve kömür yatakları ve son olarak da deniz suyu, uranyumun bir başka oluşum kaynağıdır (IAEA, 2001).

Deniz suyuna örnek olarak Karadeniz, dünyanın en büyük oksijensiz su kütesidir. Bir metrelik tipik bir kesit tavandan tabana doğru kokolit çamuru, sapropel ve lutit içerir. Sapropel-Lütit (tahmini yaşı 5000 yıl) Karadenizin katmanlaştığı ve sediman su ara yüzeyinde sınırlı sirkülasyon koşullarının olduğu zamanı gösterir. Abisal Karadeniz çamurunun uranyum içeriği normal deniz sedimanlarınınkinden hemen hemen 10 kat daha yüksektir. Bu nedenle sınırlanmış ortamların uranyum birikimine uygun olduğu düşünülebilir (Degens, Khoo ve Miohaelis, 1978: 10).

Uranyumun bulunuşundan endüstriyel amaçlarla kullanımına kadar birçok safhadan geçmesi gerekmektedir. İşletilmeye değer bir cevher yatağı için yapılacak jeolojik arama, bulunan yataktan cevherin çıkarılması, zenginleştirme işlemi ile çıkan madenden %60 ile %80'i uranyum olan konsantreler elde edilmesi, Yellow – Cake adı verilen bu konsantrelerin satılabilir olması, Refinaj ve Nükleer yakıt imali gibi

aşamalardan geçmesi ile uranyum, ancak kullanılabilirlik kazanmaktadır (Ayışkan: 25).

Temel nükleer yakıt hammaddesi olan uranyum, günümüzde nükleer santrallerde enerji olarak kullanılmaktadır. Yıllar boyu cam renklendirmede kullanılmış olan uranyum, zırh kaplamalarında ve büyük hava taşıtlarının kanatlarında ağırlık olarak da kullanılmasıyla çok yönlü bir kaynak olma özelliği taşır (Zararsız, 2005). Nükleer enerji hammaddeleri esas olarak nükleer reaktörlerde elektrik enerjisi elde etmek için yakıt olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla tüketimi, kurulu nükleer enerji kapasiteleri belirlemektedir. (<http://www.cerezforum.com/fen-ve-teknoloji/45009-uranyum-kullani- alanlari.html#ixzz2Fv4zk5vW>, 23.12.2012'de erişildi).

Uranyum, diğer madenler gibi kolayca alınıp satılamaması ve ülkeler arasında bir takım anlaşmalara ve uluslararası denetime tabi olması nedeniyle, nükleer santral kuran veya kurmayı planlayan ülkeler, kendi kaynaklarını bularak değerlendirmeyi amaçlamaktadırlar (DPT, 1996: 6). Uluslararası denetime tabi olmasının nedeni uranyumun kendisi değil, kullanım amacıdır.

Zincirleme fisyon gerçekleştirme kabiliyeti bulunan tek uranyum izotopu olan Uranyum-235'in tüm uranyum rezervleri içerisindeki payı yalnızca %0.72'dir. Bu yüzden nükleer yakıt amaçlı olarak kullanılabilmesi için ²³⁵U izotopunun uranyum karışımı içerisindeki oranı arttırılmalıdır. Nükleer enerjinin temel yakıtı olan uranyum, ağır sulu reaktörlerde kullanıldığında zenginleştirme işlemine gerek duyulmamaktadır, ancak hafif sulu reaktörlerde fisil izotop olan U-235 miktarı arttırılarak yani uranyum U-235 bakımından zenginleştirilerek yakıt olarak kullanılır. Halen dünyada kullanılmakta olan uranyum madenleri, U₃O₈ cinsinden %0,1–%1 oranında zengindir. Bu sebeple çıkarılan maden yerinde bir ön zenginleştirme işlemine tabi tutulmaktadır. Doğal uranyumdaki U-235 oranını yaklaşık %0,71'den daha yüksek oranlara çıkarmak için zenginleştirme işlemi gerekmektedir (Dağışan, 2007).

Dünyada bilinen uranyum rezervi 3 milyon 121 bin 93 \$/kgU'dur. Bu rezervin kilogram değeri 80-130 Amerikan Dolarıdır (Zararsız, 2005: 7). Türkiye'de ise, MTA Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen aramalar sonucunda: Salihli-Köprübaşı, Yozgat-

Sorgun, Uşak-Fakılı, Aydın-Demirtepe ve Küçükçavdar sahalarında ekonomik olabilecek 9.129 ton uranyum ve diğer bölgelerde çok sayıda uranyum anomalisi bulunmuştur (Dağaşan, 2007: 8). Bilinen rezerv olarak Türkiye’de toplam uranyum miktarı 9130 kg/U’dur. Türkiye’deki uranyumun kilogram değeri 80 Amerikan Dolarının altıdır (Zararsız, 2005).

Uranyumun fiyatında, değerinin anlaşıldığı 1960’lı yılların sonlarından bugüne kadar değişiklikler olmuştur. 1972 yılında uranyum stoğu oluşmuş ve fiyatları 13 \$/kgU kadar gerilemiştir. Nükleer enerjiye ağırlık verildiği 1974 yılı başlarında fiyatlar artmış ve 1978 yılına gelindiğinde 115 \$/kgU kadar çıkmıştır. 1979 yılı ortalarından itibaren tekrar düşmeye başlayan fiyatlar 1984 yılı ortalarında 42 \$/kgU civarına gerilemiştir. 1986 yılında 70 \$/kgU çıkan fiyatlar 1990’lı yılların başlarında 25 \$/kgU düşmüştür. 2003 yılına kadar ara ara artan ancak düşme eğiliminde olan fiyatlar, 2003 yılından sonra artarak 80 -130 \$/kgU dolara kadar yükselmiştir (Zararsız, 2005).

Uranyum bugün, nükleer enerji üretiminde kullanılan en önemli kaynaktır. Nükleer enerji üretiminde kullanılabilmesi için uranyumun zenginleştirilmesi gerekmektedir (Dağaşan, 2007). Nükleer enerjinin hammaddesi olan uranyumun zenginleştirilmesi her zaman barışçıl olmayabilmektedir. Bilinen uranyum zenginleştirme programları genellikle elektrik elde etme amaçlı kullanılmaktadır. Ancak nükleer başlıklı füzelerin yapılması ve nükleer silahların dünyada bir çok ülkede varlığının konuşulması bu enerji türünün bir başka boyutunu gözler önüne sermektedir.

Nükleer teknoloji “ikiyüzlü” bir teknolojidir. Bir nötron yutması sonucunda atomun parçalanması ve bu reaksiyonun zincirleme biçimde devam etmesiyle ortaya çıkan müthiş enerjinin ilk kullanım alanı atom bombası olmuştur. 6 Ağustos 1945 yılında ABD atom bombasını Hiroşima’da kullanmıştır. Bu reaksiyonun bir nükleer reaktörde kontrollü bir biçimde gerçekleşmesinden elektrik üretme seçeneği de doğmuştur. Dünyada ilk atom bombasını kullanan ABD’nin 1953 yılındaki Başkanı D. Eisenhower’in “Barış İçin Atom” adlı konuşmasıyla nükleer teknolojinin barışçıl amaçlarla kullanılması öngörülmüştür. Bunu teşvik ve kontrol etmek için 1957 yılında Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı kurulmuştur. Günümüzde, nükleer teknoloji elektrik üretimi dışında, tarım, tıp gibi alanlarda kullanılmaktadır (Udum, 2011: 100-101).

2.1.5. Toryum

1828 yılında İsveçli bir kimyacı olan Baron Jons Jakob Berzellus tarafından ortaya çıkarılan Torina ve Torya olarak da adlandırılan Toryum ilk kez 1885 yılında kullanılmıştır. 1893 yılında monazitten toryum üretimi Karolina eyaletlerinde başlamış, 1895 yıllarında Brezilya’da toryum üzerine çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. 1911 yılında Almanya büyük Toryum Nitrat Endüstrisi kurmuştur. Nükleer santrallerin geliştirilmesinden sonra 1946 yılında toryum bir enerji kaynağı olarak kullanılmıştır (Akar ve Özmerih: 27). 1967’den bu yana toryum çevrimli nükleer reaktörlerde %5 civarında dönüşüm elde etmek mümkün olmaktadır. Varlığı kanıtlanmış toryum rezervi, dünyada 384 bin tondur. Bu enerjinin kullanımı için yaklaşık olarak 250-300 milyar dolarlık bir yatırım gerekmektedir (Ercan, 2011: 21). 60 kadar mineralin içinde bulunan toryumun üretiminde yalnızca monazit ve thorite kullanılmaktadır (DPT, 1996: 25).

Türkiye’nin toryum madenlerinde 100 milyon nüfuslu bir ülkenin yaklaşık 1200 yıllık enerji ihtiyacını karşılayacak kadar toryum olduğu söylenmektedir. Toryum teknolojisi dünyada ve Türkiye’de fazla yaygın olmadığından bu madenler henüz tam anlamıyla işletilmemektedir. Bu konuda çeşitli çalışmaların hayata geçirilmesi ve bir planlama platformu oluşturulması gerekmektedir (Ercan, 2011).

2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Tükenebilirliği, arz güvenliği ve çevresel etkileri dolayısıyla fosil kaynaklı yakıtların çokca tartışıldığı günümüzde, birçok ülke alternatif enerji kaynaklarına yönelik politikalar üretmiştir ve üretmeye devam etmektedir. Yalnızca enerji temini ve üretimini temel alan planlamaların yerine, enerji – ekonomi – ekoloji dengesini gözetken planlama anlayışı son yıllarda dikkat çeken bir politika arayışıdır.

Dünya nüfusunun artması, teknolojideki gelişmelere paralel artan enerji ihtiyacı, çevresel, sosyal ve ekonomik anlamda sürdürülebilirliğin sağlanması hedefleri, bu amaçla imzalanan uluslararası sözleşmeler, tüm dünyada, yenilenebilir enerji

kaynaklarına yönelik ilgiyi artıran unsurlardır. Petrol ve doğalgaz gibi konvansiyonel enerji kaynaklarının tükenecek olması, alternatif çözümler üretilmesini zorunlu kılmaktadır (Karadağ, Gülsaç, Ersöz ve Çalışkan, 2009: 24). Son yıllarda yaşanan enerji krizleri de bu sürecin hızlanmasını sağlayan önemli gelişmelerdendir.

1970’lerde yaşanan petrol krizinden günümüze kadar, enerji arzı güvenliği ve enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ile ilgili politika arayışları giderek artan bir öneme sahip olmuştur. Konunun önem kazanmasında iki temel sebep vardır. Bunlardan birisi sosyo-ekonomik bir problem olan sürdürülebilir kalkınma sorunu, diğeri ise küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunudur. Sürdürülebilir kalkınma ekonomik faaliyetler ile çevre arasında bir denge oluşturarak, doğal kaynakları yok etmeden gelecek nesillerin bu kaynakları kullanabilmesine imkan verecek bir kalkınma modelini ifade etmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği sorununun kökeninde yatan neden ise, fosil kaynaklı enerji kullanan sanayi üretim tesislerinin, motorlu taşıtların ve konutlardaki ısınma faaliyetlerinin yüksek oranlarda sera gazı ortaya çıkarmalarıdır (Kum, 2009).

WWF tarafından yayınlanmış olan “Enerji Raporu: 2050’de %100 Yenilenebilir Enerji2” 2050 yılına gelindiğinde dünya enerji arzının tümünün yenilenebilir enerjiden karşılanabileceğini ortaya koymaktadır. Teknik, yasal, toplumsal ve ekonomik anlamda gerçekleştirilecek dönüşümlerle 40 yıl içerisinde artan enerji talebinin tamamının yenilenebilir enerjiden karşılanması mümkün olacaktır. Bunun için yalnız hükümetlerin değil, özel sektörün ve hatta bireylerin üstlenmesi gereken çok önemli roller bulunmaktadır.

Güneş, rüzgar, jeotermal, hidrolik, biyokütle ve deniz dalga gibi kaynaklar yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (EİE, 2003: 1). Sürdürülebilirlik açısından önemli olan bu kaynaklara yapılacak teknolojik ve politik yatırımlar geleceğe yönelik planlamaların içerisinde yer almaktadır. Fosil kaynaklı yakıtların yakın gelecekte tükeneceği endişesi, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri alternatif arayışlarına yöneltmiştir. Bu amaçla, yeni teknolojiler ve altyapı çalışmaları hız kazanmıştır. Dünyada pek çok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar başlatmıştır.

Ekonomik büyüme için ve sürdürülebilir kalkınma açısından kesintisiz enerji kullanımı mutlak bir gereksinimdir. Kullanılan enerjinin sürekliliği, kullanım miktarından daha önemli olduğu için, enerji tüketim oranlarından çok kullanılan enerjilerin kaynakları ve bu kaynakların sürekliliği ülkelerin politik ve ekonomik gündemlerine girmiştir. Enerji arz güvenliğine yönelik kaygılar alternatif enerji kaynaklarına olan ilgiyi her geçen gün artırmaktadır.

2.2.1. Güneş enerjisi

Güneş enerjisi, çekirdeğindeki hidrojen atomlarının birleşerek helyum atomlarını oluşturmasıyla ortaya çıkan bir enerji türüdür. Güneşin çekirdeğindeki sıcaklık 15 milyon derecedir. Saniyede 700 milyon ton hidrojen helyuma dönüşürken 5 milyon ton madde enerjiye dönüşmektedir. Bu da güneşin saniyede 5 milyon ton eksilmesi demektir (Batman, 2001: 6).

Güneşten dünyaya gelen enerjinin yoğunluğu, atmosferin üzerinde m^2 başına 1.35kW'tır. Dünya çapının toplam alanına düşen güneş gücü 178pW düzeyinde olup, dünyadaki kurulu elektrik santrallerinin toplam gücünden (2009 yılı için 20.043 TWh, (IEA, 2011)) 100 bin kat daha fazladır. Bir başka deyişle, bir yılda dünyaya düşen güneş enerjisi, bilinen kömür rezervlerinin 50 katı ve bilinen petrol rezervlerinin 800 katıdır (Sefer, 2002). Bu rakamlar, güneşin dünya için nasıl bir potansiyel enerji kaynağı olduğunu göstermesi açısından fazlasıyla yeterlidir. Önemli olan bu potansiyelin kullanımını sağlayacak teknolojinin ucuz ve ulaşılabilir olmasıdır. Güneş enerjisi teknolojileri günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Ancak, güneşten sürekli ve depolanabilen bir elektrik üretimi dünyanın karşı karşıya olduğu çevresel felaketlerin önlenmesinde veya azaltılmasında azımsanmayacak derecede mühimdir.

Yöntem ve malzeme olarak çeşitlilik gösteren güneş enerjisi teknolojileri iki ana gruba ayrılabilir. Bunlardan birincisi Isıl Güneş Teknolojileri, ikincisi ise Güneş Pilleridir. Güneş enerjisinden ısı elde etmek için kullanılan ısı güneş teknolojilerinde, elde edilen ısı doğrudan kullanılabilirdiği gibi, elektrik üretiminde de kullanılabilir. Bir diğer adı da fotovoltaiik piller olan güneş pilleri ise, güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirmede kullanılmaktadır (Varınca ve Gönüllü, 2006).

Günümüzde güneş enerjisinden, iklimlendirmede, pişirmede, sıcak su temininde, havuz ısıtmalarında, tarımsal teknolojilerde, sera ısıtmasında, güneş pompaları ve güneş pilleri kullanımında faydalanılmaktadır (Varınca ve Gönüllü, 2006: 271).

Güneş enerjisi aynı zamanda ısı, ışık ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Yüzeylerine gelen güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemlere fotovoltaik piller veya güneş pilleri denir. Güneş enerjisi, pilin yapısına bağlı olarak %5 ile %24 arasında elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir (Demircan ve Alakavuk, 2008). Güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren güneş pillerinin yüzeyleri kare, dikdörtgen veya daire şeklinde biçimlendirilebilir. Yüzey alanları genellikle 100 cm^2 , kalınlıkları ise 0,2 - 0,4 mm arasındadır (Bilim ve Teknik, 2003: 42).

Karbondioksit salınımlarının tek başına en büyük sorumlusu olan kömür (GreenPeace, 2009) yerine elektrik üretiminde güneş pilleri kullanılmış olsa, enerji tüketiminin çevresel maliyeti düşmüş olacaktır. Güneş enerjisinden elektrik üretmek için gerekli teknolojiye sahip olunmasına rağmen yaygınlık kazanamamasının nedeni henüz güneş pillerinin maliyetinin düşürülemediği olmasıdır. Bir diğer engel olarak arazi gereksinimi gösterilse de, şehirlerde binaların çatılarına kurulacak panellerle bu sorunun çözülebileceği açıktır.

Güneş pillerinin maliyetini 50 cent'e kadar (Çukurçayır ve Sağır, 2008) düşürmeyi hedefleyen firmalar bunu başarabilirlerse, ucuz ve temiz bir kaynak olan güneş enerjisinin bireysel ve toplumsal anlamda kullanımı yaygınlaşacaktır. ABD, Almanya ve Japonya güneş enerji sistemlerinin geliştirilmesi için ciddi yatırımlar yapmaktadırlar. 2050 yılında dünyada toplam enerji tüketiminin %15'inin güneşten sağlanması öngörülmektedir (Yelmen ve Çakır, 2011).

Güneş potansiyeli en yüksek olan ülkeler ekvator ülkeleri olmakla beraber Türkiye, güneş potansiyeli oldukça iyi olan bir ülkedir. Yıllık toplam güneş alma süresi 2623 saat, ortalama toplam ışınlam şiddeti ise 1303 kWh/m^2 'dir (Kendirli ve Çakmak,

2009: 96). Türkiye’de güneş enerjisinden genellikle konutlarda su ısıtma amaçlı faydalanılmaktadır. Bu sistem, güneş kollektörünün sıcak su elde etmesiyle çalışır. Siyah renkte bir depolama tankı, radyant enerjiyi emerek haznesindeki suyu sıcak tutar (NEED, 2012: 19). Bu şekilde uzun süre sıcak su kullanımına olanak sağlanabilmektedir.

Fosil yakıtların ortaya çıkarılıp tüketilecek hale gelene kadar ki geçirdiği evreler ve tüketim maliyetleri göz önüne alındığında ve güneşin çıkardığı enerjinin anında dünyaya düşmesi, dünyanın bir çok bölgesinde elde edilebilir olması ve maliyetinin hazır ve sınırsız olan enerjinin tüketilebilirlik kazandırılmasından ibaret olması, güneşin ne denli önemli bir enerji kaynağı olduğunu göstermektedir. Bu anlamda hazır bir enerji olan güneş enerjisinin yaygın kullanımı çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan avantajlı görünmektedir.

2.2.2. Rüzgâr enerjisi

Rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerjiler içinde en gelişmiş ve ticari açıdan en karlı enerji türleri arasındadır. İnsan sağlığına duyarlı ve çevreyle uyumlu yerli bir enerji kaynağı olması, tükenmez olması, fosil kaynaklı yakıtlardan tasarruf sağlaması, teknolojiye ilerlemeler neticesinde kurulum ve işletim maliyetinin giderek düşmesi gibi avantajlarıyla tercih edilen bir enerji kaynağı olmuştur (Bayraç, 2011: 38). Günümüzde rüzgardan enerji elde eden bir çok tesis, işletme ve ülke vardır.

Rüzgar; güneş ışınlarının yeryüzünde oluşturduğu farklı sıcaklık, basınç ve nem nedeniyle oluşmaktadır. Bu bakımdan rüzgar enerjisi, güneş enerjisinin bir ürünüdür. Güneşin dünyaya yaydığı toplam enerjinin %1-2’lik kısmı rüzgar enerjisine dönüşmektedir (Kıncay, Yumurtacı ve Bekiroğlu, www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/RuzgBol1.pdf, (2009) 29.12.2012’de erişildi). Dünyanın pek çok bölgesinde potansiyeli olan rüzgar enerjisi gelecek vaadeden önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Rüzgar türbinleri tarafından enerji elde etmek yerel ortalama rüzgâr hızına bağlıdır. Rüzgardan enerji elde etmek için en cazip yerler açık araziler, su kütlelerinin yanları ve üzerileri ve potansiyelin uygun olduğu yerlerdir (RETScreen, 2001-2004: 5). Dünyanın birçok bölgesinde rüzgar enerjisi elde etmek mümkündür.

Sanayi devrimi sürecinde diğer kaynaklardan ucuz enerji elde edilmesi nedeniyle yerini fosil kaynaklı yakıtlara bırakan rüzgar enerjisi, yaşanan petrol krizleriyle birlikte, su pompalamak ve uzak yerleşim yerlerindeki enerji ihtiyacını karşılamak için tekrar gündeme gelmiştir. Son yıllarda rüzgar türbinleriyle elektrik üretiminde ilerlemeler sağlanmıştır (Taşgetiren ve Denizli, 1998). Rüzgar türbin teknolojilerindeki gelişmeler, elektrik enerjisi üretimi amaçlı rüzgar türbinlerinin kurulu güçlerinin yükselmesini, böylece birim enerji maliyetinin düşmesini sağlamaktadır. Rüzgar enerjisi teknolojileri geliştikçe, bu enerji türünün, elektrik üretimindeki payı artmaktadır (Ata ve Çetin, 2008).

Rüzgar türbinlerinin içinde rüzgarın kinetik enerjisini mekanik enerjiye çeviren bir makine vardır. Eğer mekanik enerji doğrudan makine tarafından kullanılıyorsa çoğunlukla öğütmede kullanılan bir yel değirmenidir. Mekanik enerji elektriğe dönüşüyorsa, bu bir rüzgar jeneratörü olarak adlandırılır (TeacherGeek, 2006, http://www.teachergeek.org/wind_turbine_types.pdf, 30.12.2012’de erişildi). Rüzgar enerjisinden elektrik üretiminde verimlilik sağlanması için kuruluş yeri ve türbin yüksekliği önemli bir etkidir. Türbinlerin daha büyük seçilmesi ve daha yüksek yerlere kurulması verimliliği artıracak unsurlardır (Özcan, 2009: 30).

Kullanımı sırasında bir kaynak maliyeti olmayan rüzgar enerjisinin en büyük maliyeti %69 ile türbin maliyeti oluşturmaktadır. Kalan %31’lik kısmı, bakım, işletme, türbin kurulacak yerin maliyeti gibi giderlerden oluşur. Türbinlerin yıllık işletme ve bakım giderleri toplam yatırımın yaklaşık %3’üne denk gelmektedir (Çetin, 2009: 371).

Temizliği, ucuzluğu ve yenilenebilirliği açısından rüzgar gücünün kullanımına yönelik önemli yatırımlar yapılmaktadır. Rüzgar gücü, yenilenebilir enerji kaynakları içinde, 2008 yılı itibarıyla 51,4 milyar dolarla en büyük yatırıma sahiptir. Bu, tek başına bu kadar yatırım yapılan ilk yenilenebilir enerji kaynağıdır. ABD’nin 2008 yılı içinde yaptığı toplam elektrik kapasitesi yatırımlarının %40’tan fazlası rüzgar enerjisiyle ilgilidir (Kum, 2009: 217). Dünyada birçok ülke rüzgar enerjisine yönelik teşvik çıkarmaktadır. Rüzgar enerjisi ile üretilen elektrik enerjisine çıkarılan vergi kredileri, rüzgar enerjisi ekipmanlarına uygulanan KDV indirimleri, vergi teşvikleri, lisans

bedelinin %1’lik kısmının alınması veya ilk sekiz yıl alınmaması (Özcan, 2009: 59-58) gibi daha birçok teşvikle rüzgar enerjisi kullanımı yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır.

Rüzgar gücünden enerji elde etmenin avantajları olduğu gibi bazı dezavantajları da vardır. Öncelikle temiz bir enerji olması ve dışa bağımlı olmaması açısından büyük bir avantaj sahibi olan rüzgar enerjisinin en zayıf yönü değişken olmasıdır. Türbinlerin gürültülü çalışması da ayrı bir dezavantajdır. En önemli avantajlarından bir tanesi ise, enerji içeriğinin rüzgar hızının küpü ile değişmesidir. Bu, rüzgar hızı iki katına çıktığında enerjisinin sekiz katına çıkması demektir. Kuş ölümlerine sebep olması ve belli bir alan içinde radyo televizyon gibi elektronik aletlerin alıcılarında parazitlere neden olması da rüzgar enerjisinin başka bir dezavantajıdır (Çağlar, Cengiz, Çakan, Onan ve Kocaoğlu, 2008: 5).

Türkiye’nin teknik rüzgar enerjisi potansiyeli 83.000 MW’tır. Teorik olarak Türkiye’nin elektrik ihtiyacının tamamını karşılayabilir düzeyde olan bu potansiyelin yoğun olduğu bölgeler Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz kıyılarıdır (Çağlar, Cengiz, Çakan, Onan ve Kocaoğlu, 2008: 12). Türkiye’nin iyi-sıradışı rüzgar sınıfına giren aralıkta rüzgarlı alanların potansiyeli yaklaşık 48.000 MW’lık rüzgar kurulu gücü destekleyebileceği hesaplanmıştır. Bu potansiyel elektrik enerjisine dönüştürülürse yıllık 147 Milyar kWh enerji üretebilmektedir (Malkoç, 2007: 49). Türkiye’nin sahip olduğu rüzgar potansiyelinin kullanılabilmesi için gereken yasal düzenlemeler ve teşvik uygulamaları konusunda atılacak adımlar ve türbinlerin ve diğer ekipmanların yerli üretimle sağlanması birçok yönden avantajlı ve karlı olacaktır (Özcan, 2009).

2.2.3. Jeotermal enerji

Jeotermal enerji; yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde bulunan birikmiş ısının oluşturduğu, çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanır. Jeotermal akışkanı oluşturan sular genelde meteorik kökenli olduğu için atmosferik koşulların devamlılığına bağlı olarak yenilenebilen bir enerji türüdür (Arslan, Darıcı ve Karahan, 2000: 22). Bu enerjinin kullanılabilmesi bazı koşulların gerçekleşmesine bağlıdır.

Jeotermal enerjinin öncelikle ulaşılabilir olması ve enerjinin pazarlanabilmesi için gerekli olan dönüşüm teknolojisinin olması, ticari kullanım içinse bir ısı üretim prosesinin olması gereklidir (Serpen, 2005: 436).

Jeotermal enerjinin kullanımı sıcaklık değerlerine göre değişmektedir. Düşük (20-70 santrigat derece), orta (70-150 derece) ve yüksek (150 dereceden büyük) entalpili (sıcaklıklı) olmak üzere genelde üç gruba ayrılır. Yüksek sıcaklıklı akışkandan elektrik üretiminde, düşük ve orta sıcaklıklı akışkandan ise ısıtmada faydalanılmaktadır (DPT, 1996). Akışkanlığın derecesine göre geniş bir kullanım alanı olan jeotermal enerji, balık çiftliklerinden yüzme havuzlarına, sağlık tesislerinden ev ve sera ısıtmasına, çimento kurutulmasından kereste kurutulmasına kadar birçok alanda kullanılmaktadır (Sepron, 2009).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal enerji fosil yakıtlı santraller gibi yüksek emisyon üretmeyen güvenilir bir enerjidir. Diğer çevresel etkileri dengeleyen jeotermal enerjinin yanmasının bir maliyeti yoktur. Ayrıca, çevresel maliyetler göz önüne alındığında jeotermal enerji diğer enerji teknolojileri ile rekabet edebilecek düzeydedir (Kagel, Bates ve Gawell, 2007: 60-61). Jeotermal santrallerin bazı çevresel etkileri olsa da fosil kaynaklı yakıtlar kadar değildir. Jeotermal santraller, santralin gaz boşaltıcısından boşalan gazlardan dolayı hava kalitesini azımsanmayacak ölçüde etkiler. Gaz boşalımlarının bileşimleri karbondioksit, hidrojen sülfid, amonyak, civa ve borik asittir. Sondaj sırasında ekosistemin bozulması, kuyu sondajları boyunca su ve toprağın kirlenme riski ve jeotermal sıvının ekstraksiyonu nedeniyle arazinin çökme riski (Badruk, 2001: 259-260) gibi diğer negatif çevresel etkileri de jeotermal enerjinin dezavantajı olmaktadır.

Dünyanın birçok bölgesinde jeotermal kuşak bulunmaktadır. Güney Amerikanın batı sahillerinde bulunan And Volkanik Kuşağı; aktif mekanizmalarının varlığı nedeniyle, yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlere sahip olmasına rağmen fazla değerlendirilememiştir. Türkiye'nin de içinde bulunduğu Alp-Himalaya Kuşağı; Hindistan plakası ve Avrasya plakasının çarpışması sonucu oluşan bu jeotermal kuşak, 150 km genişliği ve 3000 km uzunluğu ile dünyanın en büyük jeotermal kuşakları

arasındadır. Bunun yanında Doğu Afrika Rift Sistemi, Karayip Adaları, Orta Amerika Volkanik Kuşağı gibi birçok tektonik oluşumlar mevcuttur (DPT, 1996: 5).

Jeotermal enerjinin kullanımı ikinci dünya savaşından sonra birçok ülkenin ekonomik anlamda rekabeti göz önünde bulundurarak bu enerjiye yönelmesiyle hız kazanmıştır. İthal edilecek bir enerji olmayan jeotermal enerji, yerel olarak kullanılabilen bir enerji kaynağı olma özelliğini taşımaktadır (Dickson ve Fanelli 2004: 6).

Jeotermal enerji kaynakları açısından Türkiye, dünyada ön sıralarda yer almaktadır. Yüksek sıcaklıklı jeotermal sahasında en zengin şehirlerden olan Denizli ve Aydın, potansiyelin büyük bölümünü oluşturmaktadır. Öyle ki, elektrik üretimine müsait on beş jeotermal sahanın sekizine sadece bu iki şehir sahiptir (GEKA, 2011: 27). Uluslararası Jeotermal Derneği 2010 yılı verilerine göre; Türkiye’de jeotermal enerjinin direk ısı enerjisi olarak kullanım potansiyeli 2084 MWt’tir. Türkiye, jeotermal doğrudan kullanımda son beş yılda dünya genelindeki en büyük gelişmeyi göstermiş ve 11. sıradan 5. sıraya yükselmiştir. Türkiye’de bilinen jeotermal alanların %95’i ısıtmaya ve kaplıca kullanımına, kalan %5’lik kısmı ise elektrik üretimine uygundur (Külekçi, 2009).

Jeotermal enerji elektrik üretiminde kullanılmasının yanında turizm aracı olarak da kullanılmaktadır. Termal turizm Türkiye gibi jeotermal kaynakların yoğun olduğu ülkeler için önemli bir gelirdir. Jeotermal enerji, ihraç edilemeyen bir enerji türü olmasına rağmen termal turizmi sayesinde Türkiye ekonomisine önemli katkıları bulunmaktadır. Kaynak potansiyeli açısından dünyada yedinci ülke olan Türkiye 2023 yılında sadece bu alanda yıllık 50 milyon turist hedeflemektedir (Aydın, 2011).

Dünyada, GSMH’na dolaysız turizm gelirleri en fazla katkı yapan 13. ülke olan Türkiye (GEKA, 2009: 6), jeotermal turizme yaptığı yatırımlarla turizm gelirlerini artırma potansiyeli yüksek bir ülkedir. Coğrafi yapısı ve konumu itibarıyla turizm açısından elverişli olan Türkiye’nin jeotermal kaynakları iç ve dış turizmin yoğun ilgisini çekmektedir. Son yıllarda özellikle, termal tesis inşaatlarındaki artışlar, ülke içi

ve ülke dışına yönelik tanıtım toplantıları, prime dayalı termal tesis, konut, devremülk kiralama ve satışı gibi bir çok istihdam alanı yaratması ve sektörel gelir elde etmesi bakımından jeotermal enerji Türkiye için önemli bir kaynaktır.

2.2.4. Hidrolik enerji

Hidrolik enerji, güneş enerjisinin sağladığı hidrolojik çevrim sonucunda dolaylı olarak oluşan bir enerji kaynağıdır. Deniz, göl ve nehirlerdeki suların buharlaşması ve oluşan su buharının atmosferik şartlarda yoğunlaşarak yağmur veya kar olarak tekrar yeryüzüne düşmesi olayıdır. Bu döngünün sağladığı yenilenebilirlik hidrolik enerjinin elektrik üretiminde kullanımını sağlamaktadır. Hidroelektrik enerji, suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle oluşan enerjidir (DSİ, 2011: 15-16).

Genellikle nehirler üzerine kurulan barajlar sayesinde elektrik enerjisi üretiminde kullanılan hidrolik enerji, termik santrallere ve doğalgaz santrallerine göre çevresel faktörler açısından daha avantajlıdır (Çukurçayır ve Sağır, 2008: 267). Sistem, yükseklik farkından yararlanılarak suyun basınçlı şekilde türbin içinden geçirilmesiyle çalışmaktadır. Şaftın veya alternatörün çevrilmesiyle elektrik enerjisi üretilmektedir. Hidrolik enerji üretiminde kullanılan kaynak ithal olmadığı için bu tip tesislerde üretilen enerji yerli olarak kabul edilmektedir (TMMOB, 2011: 26).

OECD ülkeleri arasında en büyük hidroelektrik üreticisi 69.205 MW ile Kanada'dır. Amerika Birleşik Devletleri ve Norveç Kanada'dan sonra en büyük üreticilerdir. Bu üç ülke OECD ülkelerinin toplam üretimlerinin üçte ikisine karşılık gelmektedir. Türkiye 1971 ile 1990 yılları arasında ortalama %12,2'lik artışla dikkat çekmektedir. 1990 ile 2008 yılları arasında hidroelektrik üretiminin ortalama artış oranı ise %2 civarındadır (Sohtaoğlu, Papur, 2011: 133). Bu artış hızındaki azalmanın nedeni 1990 ve 2000'li yıllar arasındaki kuraklıklar ve doğalgaz santrallerine yönelik yatırımların artması olarak düşünülmektedir. Türkiye'de ilk defa 1951 yılında Derme ve Murgul'da hidroelektrik santralleri kurulmuştur. İlk büyük hidroelektrik santral 1956 yılında hizmete açılan 54MW kurulu güce sahip olan Seyhan I HES'dir (Oğuz, 2008: 481).

Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh'tir. Teknik olarak değerlendirilebilecek potansiyeli 216 milyar kWh'tir. Teknik ve Ekonomik olarak değerlendirilebilecek potansiyel ise 130 milyar kWh'tir. Bir başka deyişle, Türkiye'nin toplam hidroelektrik potansiyelinin %50'si teknik olarak değerlendirilemez durumdadır. Bu potansiyelin %29'u ise hem ekonomik hem de teknik olarak kullanıma uygun görünmektedir (MEB, 2011: 23).

Hidrolik enerji, yenilenebilir enerji kaynakları içinde, özellikle elektrik enerjisi üretmede, önemli bir kaynaktır. Birçok ülkede enerji ihtiyacını %25 oranında karşılamaktadır. Hidroelektrik enerji 65 civarında ülkenin elektrik ihtiyacının %50'sini karşılar, 13 ülkenin elektrik ihtiyacının tamamına yakını karşılamaktadır. Türkiye, 2012 yılında elektrik üretiminin %18.8'ini hidrolik barajlı santrallerden, %5.4'ünü ise hidrolik akarsu santrallerinden elde etmiştir (TMMOB, 2013).

Hidroelektrik santrallerin, yerliliği, ekonomikliği ve çevresel etkenlerinin diğer elektrik üreten santrallere oranla daha az olması gibi önemli avantajlarının yanında bir takım olumsuzluklara da sahip olduğu söylenebilir. Hidroelektrik santrallerinin yapım aşamalarında ortaya çıkan hafriyat atıklarının orman içlerine atılması veya akarsuya bırakılması önemli sorunlara yol açabilmektedir. Aynı şekilde, yapım sonrasında doğal akışı değişen akarsuların şeklinin bozulması, içinde ve etrafında yaşayan tüm canlıların yaşamını etkilemektedir. Suyun biriktirilerek akışının ve yoğunluğunun azaltılması etrafındaki ağaçların ve diğer canlıların suya ulaşmalarını zorlaştırmakta ve hayati bir tehlike yaratılmaktadır (<http://www.dewa-pas.com/yeni/pdf/Hes.pdf>, 08.01.2013'te erişildi).

Hidrolik enerjinin elektrik üretiminde kullanılması ekolojik dengeyi etkilemektedir. Bunun yanında, birçok yönden de avantajlıdır. Türkiye'nin elektrik üretiminde ağırlıklı olarak doğalgaz kullanması ve doğalgazı da dışarıdan ithal etmesi, artan enerji talebini de göz önüne alarak, enerji bağımlılığını artırıcı bir etki yaratmaktadır. Toplam enerjisinin %95'ini hidroelektrik santrallerinden elde eden Norveç (DSİ, 2011) gibi birçok Avrupa ülkesinde hidroelektrik santralleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.2.5. Biyokütle enerjisi

Biyokütle, 100 yıllık periyottan daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bütün bitkiler, hayvansal atıklar, bitkisel yağ artıkları ve tarımsal hasat artıkları, gıda ve orman yan ürünleri ile kentsel atıklardan oluşan biyolojik kökenli, fosil olmayan organik madde kitlesidir (BAKA, 2012: 5).

Ağaçlar, mısır, buğday gibi yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, evlerden atılan meyve sebze gibi organik çöpler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları gibi maddeler biyokütleyle örnektirler (Topal ve Arslan, 2008: 242). Biyokütleden; boyut küçültme, kırma ve öğütme, kurutma, filtrasyon, ekstraksiyon ve birikitleme gibi fiziksel süreçlerle ve biyokimyasal, termokimyasal gibi dönüşüm süreçleriyle yakıt elde edilmektedir (BAKA, 2012).

Biyokütlenin üretildiği yerlere yakın tesislerde tüketilmesi kırsal kalkınmayı desteklemektedir. Uzun mesafe taşınması ise işlenmiş odun kömürü, etanol, biyodizel veya biyogaz gibi tüketime hazır ürünlerde söz konusu olabilmektedir. Enerji bitkisi yetiştiriciliği ile de elde edilen bu enerji türünün üretimi için, öncelikle tarama yaparak, karşılıklı ekofizyolojik değerlendirmelerde bulunmaktadır. Burada amaç, hem iklim değişikliğine karşı bir önlem almak, hem de enerji bağımlılığını azaltmaktır (Duygu ve Cısdık, 2011).

Biyokütle enerjisini diğer enerji kaynaklarından ayıran en önemli özellik; fosil kaynaklı yakıtların atmosfere saldıkları karbonu tekrar kaynağına, yani biyokütleyle hapsederek küresel anlamda karbon dengesini yeniden kurma olanağı sağlayan tek enerji kaynağı olmasıdır (Say, Keriş, Şen ve Gürol, 2010).

Günümüzde biyokütle teknolojisinin üç farklı uygulaması mevcuttur. Bunlar; biyoyakıt, biyogüç ve biyoürünlerdir. Biyoyakıt; ulaşım alanında kullanılmak üzere biyokütlenin sıvı yakıtıya dönüştürülmesini ifade etmektedir. Biyogüç; biyokütlenin doğrudan yakılması veya gaz haline dönüştürülerek elektrik üretilmesidir. Son olarak biyoürünler ise, önceden petrol kullanılarak üretilen bazı ürünlerin biyokütleden üretilen

kimyasallar yardımı ile üretilmesidir (<http://www.limitsizenerji.com/temel-bilgiler/biyokuete-enerjisi>, 09.01.2013'te erişildi).

Biyokütle enerjisinde en yaygın kullanım biyodizel ve biyoetanol elde etme şeklindedir. AB ülkeleri için 2020 yılında taşıt yakıtlarında %10 civarında biyoyakıt kullanımı öngörülmektedir. ABD'de 2012 yılında, toplam taşıt yakıtı kullanımı içinde %10 olan biyoyakıt kullanımı 2025 yılı için %25 civarında öngörülmektedir. Malezya'da palm yağı ve Hindistan'da Jatropha bitkisinden biyodizel elde etme çalışmaları sürmektedir. Bunun yanında, dünya genelinde toplam bitkisel ürünün %1'i biyoyakıt üretiminde kullanılmaktadır (Burak, 2012: 15). 45 günde hasatı mümkün olan, atık sularda ve çevre kirliliği yaratan baca gazlarında yetişebilen, tarım alanlarını işgal etmeyen ve en önemlisi yağ içerikleri fazla olan alglerden biyoyakıt üretmek çok daha avantajlıdır (Burak, 2012).

Türkiye'de ilk kez 1934'te Atatürk Orman Çiftliği'nde tarım traktörlerinde bitkisel yağların kullanımı ile ilk biyoyakıt denemeleri yapılmış daha sonra bu çalışmalara uzun bir süre ara verilmiştir (Duygu ve Cısdık, 2011: 18). Türkiye'de biyokütle enerji kullanımı daha çok, ağaç kesiminden elde edilen odunun yakılması, hayvanlardan elde edilen tezeğin yakılması, fındık kabuğunun ısınma amaçlı yakılması gibi şekillerde kullanılmaktadır. Ekonomik biyokütle enerji potansiyeli 25 Mtep/yıl olduğu tahmin edilen Türkiye'de biyokütle enerjisi genellikle klasik yöntemlerle elde edilmektedir (Say, Keriş, Şen ve Gürol, 2010: 268).

Yakın geçmişte yaşanan petrol krizleri, birçok ülkeyi alternatif kaynaklara yöneltmiştir. Bu ülkelerden Brezilya, şekerkamışından etanol üretmiştir. Petrol ürünlerine alternatif olabilecek bu yakıt, petrol fiyatlarının tekrar normal seviyelere gerilemesinden sonra, üretimine ara verilmiş veya bu konudaki çalışmalar yavaşlamıştır (Taşdan, 2005).

2.2.6. Hidrojen enerjisi

Gezegende saf halde bulunmayan Hidrojen, tek bir protondan ve bir elektrondan oluşan ve periyodik tablonun başında yer alan en hafif elementtir.

Dünyadaki görünür maddelerin %90'dan fazlası hidrojenen oluşmuştur. Renksiz, kokusuz, tatsız ve zehirsiz bir element olan hidrojen evrende en çok bulunan elementtir. Hidrojen bir enerji kaynağından çok bir enerji taşıyıcısı durumundadır. Geleceğin yakıtı olarak görülen hidrojen elektrik santrallerinde, içten yanmalı motorlarda ve yakıt hücrelerinde kullanılabilir (Aslan, 2007).

Doğal bir yakıt olmayan hidrojen, birincil enerji kaynaklarından yararlanılarak su, fosil yakıtlar ve biyokütle gibi değişik hammaddelerden üretilen sentetik bir yakıttır. Hidrojen üretimi, birçok teknolojiyle gerçekleştirilmektedir. Buhar iyileştirme, atık gazların saflaştırılması, elektroliz, foto süreçler, termokimyasal süreçler, radyoliz gibi teknolojilerle üretilen hidrojen tankerlerle ve boru hatlarıyla taşınabilen bir maddedir (Tutar ve Eren, 2011: 4-5).

Hidrojenin üretimi, depolanması ve taşınması, hidrojen ekonomisinin bileşenlerini oluşturmaktadır (Ertürk, Yıldırım, Uygur, Kuru ve Kartaloğlu, 2006: 342). Hidrojen yakıt olarak otomobil, otobüs, uçak ve tren gibi araçlarda kullanılmaktadır. Bunun yanında roketlerde ve uzay mekiklerinde de hidrojen yakıtı kullanılmaktadır. Taşıt araçlarında kullanılan teknoloji, yanmalı motor teknolojisi, ısıtma amaçlı, doğrudan elektrik üretici ve savunma sanayinde kullanılan teknoloji ise yakıt pili teknolojisidir (Tutar ve Eren, 2011).

Hidrojen enerjisinin yaygın kullanımı için, güvenli, küçük hacimde yüksek miktarda hidrojen depolayabilen sistemler geliştirilmesi gerekmektedir. Günümüzde kullanım alanına bağlı olarak gaz, sıvı ve metal hidrürler, kimyasal hidrürler, nanotüpler gibi katı maddeler içinde depolanabilecek yöntemler geliştirilmektedir (Tabakoğlu, Kurtuluş ve Türe, 2006: 469).

Doğalgazdan üç kat fazla enerjiye sahip olan hidrojenin yakılmasıyla ortaya çıkan tek emisyon sudur. Ancak petrol ve doğalgaz gibi bir yakıt olmayan hidrojen, üretilmesi gereken bir enerjidir. Bu işlem de genellikle fosil yakıtlardan veya elektrik kullanarak, sudan ayrıştırma şeklinde yapılmaktadır (Çervatoğlu, 2007: 17).

Son yıllarda, hidrojen enerjisi konusunda birçok gelişme yaşanmıştır. Özellikle ulaşım sektöründe 2010 yılından itibaren yaşanan gelişmeler, hidrojenin diğer yakıtların yerine kullanılabilir bir geleceği olduğunu işaret etmektedir. Japonya’da hidrojen kullanımı ile oluşacak azot oksit emisyonundaki azalma potansiyeli araştırılmaktadır. Almanya’da mini bir hidrojen sisteminin kurulduğu bir program yürütülmektedir. Suudi Arabistan Almanya ile ortak bir proje geliştirmiştir ve solar hidrojeni ihraç etmeyi planlamaktadır. Euro-Quebec adlı programla Kanada’dan Avrupa’ya sıvı hidrojenin deniz aşırı taşınımı, depolanması ve kullanım alanları araştırılmaktadır. Hidrojen konusunda en çok ilerleme kaydeden ülkelerden olan İzlanda dünyanın ilk Hidrojen Ekonomisi olmayı amaçlamaktadır (Tutar ve Eren, 2011).

Türkiye, hidrojen enerjisi alanında dikkat çeken çalışmalar yapmaktadır. Bu çerçevede, İstanbul’da Hidrojen Enstitüsü kurulması planlanmaktadır. Bu enstitünün tasarlanan amacı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında hidrojen teknolojileri köprüsü oluşturarak bu teknolojilerin gelişmesini sağlamaktır. Uygulamalı Ar-Ge çalışmalarını da yürütecek olan Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi’nin İstanbul’da kurulacak olması, Türkiye için önemli bir artıdır. Hidrojen yönünden zengin bir ülke olan Türkiye hidrojen üretimi konusunda avantajlı durumdadır. Karadeniz’in tabanında bulunan ve kimyasal biçimde depolanmış hidrojen Türkiye için önemli bir kaynaktır (Tutar ve Eren, 2011).

2.2.7. Dalga enerjisi

Toprak ve suların farklı ısınması sonucu oluşan rüzgarların deniz yüzeyinde esmesi ile oluşan dalgaların gücü, yükseklikleri, dalga hareketi, dalga boyu ve su yoğunluğu ile belirlenmektedir. Dalga enerjisi üzerinde ilk çalışma 1892 yılında A.W. Stahl tarafından yapılmıştır. Günümüzde dünyanın farklı merkezlerinde dalga enerjisi üzerine çeşitli araştırmalar yapılmaktadır (Gülsaç, 2009: 59).

Dalga enerji dönüştürücü olarak genellikle üç tür sistem kullanılmaktadır. Bunlar: Açık Deniz Sistemleri, Kıyı Yakını Sistemler ve Deniz Kıyısı Sistemleridir. Su sütununu kapalı bir yer içinde hareketiyle türbine hava tazyiki sağlanması, suyun

üzerinde yüzen hacimli bir kütlenin ani alçalmasıyla hareket sağlanması, dalganın yukarı hareketi ile suyun doğrudan türbinlere verilmek üzere bir depoda biriktirilmesi ve suyun hacimli bir kütleyi kaldırma veya itme gücüyle hareket sağlanması gibi işlemler bu sistemlerin çalışma prensiplerini oluşturmaktadır. (Sağlam ve Uyar, 2005: 2).

Dünyada elektrik üretiminde dalga enerjisi potansiyeli 2000 TWh/yıl olarak tahmin edilmektedir. Henüz fosil yakıtlarla rekabet edebilecek bir durumda olmamasına rağmen bu alanda çalışma yapan firmalar, sistem maliyetlerini 10 cent/kWh'ten 5 cent/kWh'e kadar indirmeyi amaçlamışlardır. Dünyada dalga enerjisi ile ilgili çeşitli çalışmalar vardır. Bunlardan bir tanesi ABD'nin Reedsport Oregon'da kurduğu *PowerBuoy* sistemidir. Bu sistem, sabit bir silindir içinde dalga hareketleriyle hareket eden şamandıra, elektromekanik veya hidrolik enerji dönüştürücülerin çalıştırılmasıyla işlemektedir. Bu yöntemle 40 kW elektrik üretilmektedir. İskoçya'da *Pelamis* Dalga Gücü Ünitesi ise dalga hareketi ile cihazın bağlantı yerlerinde oluşan eğilip bükülmelerin makinedeki yağı basınçlandırması ve hidrolik motoru çalıştıran hidrolik çekicinin hareketli hale getirilmesiyle çalışmaktadır. Portekiz de yine bir başka dalga enerjisi üreticisi ülkedir. Dünyanın ilk ticari dalga tarlası 2008 yılında bu ülkede kurulmuştur (Gülsaç, 2009).

Türkiye'nin Marmara denizi dışında açık deniz kıyıları 8.210 km'dir. Türkiye'deki kıyıların beşte birinden elde edilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli 18,5 milyar kWh olarak tahmin edilmektedir (Görgün, 2009: 39). Türkiye'de de dalga enerjisinden elektrik elde etme çalışmaları yapılmaktadır. Bu çerçevede Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü ve Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş. işbirliği ile 2008 yılında başlayan *Dalga Enerjisinden Elektrik Üretimi* adlı projeye, deniz dalgalarının dikey hareketini elektrik enerjisine çeviren bir sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sakarya'da 2009 yılında kurulan prototip sistemle günde 5kW's elektrik üretilmektedir (Gülsoy 2009: 60).

BÖLÜM III

3. ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KARBON SALINIMI VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ

Enerji verimliliği, yaşam standardında, üretim kalitesinde ve miktarında herhangi bir azalma olmaksızın daha az enerji kullanmaktır. Başka bir ifadeyle; birim hizmet veya birim mal üretiminde enerji tüketimini azaltmaktır. Gaz, buhar, ısı, hava ve elektrikteki enerji kayıplarının önlenmesiyle, atıkların değerlendirilmesi ve gelişmiş teknolojilerin kullanılmasıyla enerji verimliliği sağlanabilmektedir (WWF, 2011: 8). Günümüzde dünyada enerji verimliliğine yönelik yapılan çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır.

Enerji verimliliği sanayi kesiminde, endüstriyel işletmelerde ve binalarda olmak üzere enerjinin kullanıldığı hemen her alanda söz konusu olmaktadır. Özellikle binalarda alınacak çeşitli önlemler ile ciddi bir enerji verimliliği sağlamak mümkündür. Bunun yanında, enerjinin dağıtım esnasında oluşan kayıp ve kaçakların önlenmesi, bulvar, cadde, yol ve park gibi alanlarda uygulanan aydınlatmalarda, sanayi sektöründe ve ulaşım alanlarında, enerji verimliliği sağlamak mümkündür (TMMOB, 2008).

Binalarda enerji verimliliği uygulama noktaları; bina yapı elemanları, ısıtma sistemleri, soğutma sistemleri, aydınlatma ve elektrikli ev aletleridir. Türkiye’de yıllık enerji kullanımının %26’sının ısıtma amaçlı kullanıldığı göz önüne alınacak olursa, bu rakam, konutlarda ısı yalıtımının ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Yapılan araştırmalarda ısı yalıtımı ile konutlarda %50’ye varan enerji tasarrufu sağlanabileceği belirlenmiştir (WWF, 2011).

Kapsamlı bir konu olan enerji verimliliğinin önemli bir avantajı da ekonomik

katkısıdır. Hem konut tüketiminde hem sanayi kesiminde hem de endüstriyel işletmelerde sağlanacak enerji verimliliği ile bireysel ve toplumsal anlamda ekonomik avantaj elde edilebilecektir. Enerji verimliliği konusunda, ekonomik büyümeye etkisini ve büyümenin gerçekleşmesi sürecinde artan enerji ihtiyacının önemli bir kısmının verimlilikten sağlanması, bu şekilde hem fosil kaynaklı yakıtların kullanımından kaynaklanan çevresel etkileri azaltması hem de ekonomik büyümeye tasarruf olarak bir katkı sağlaması, iki en önemli unsurdur. 2008 yılı Eylül ayından itibaren küresel ekonomiyi sarsan krizler (Yiğit, 2012) de bu enerji verimliliğine yönelik projelerin hızlanmasını ve devletler tarafından desteklenmesini sağlamıştır.

Enerji sektöründe yaşanan küresel çaptaki fiyat dalgalanmaları, gelişme aşamasındaki ülkelerdeki artan enerji talebi ve küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişiklikleri, dünya genelinde enerji güvenliğine yönelik riskler oluşturmaktadır. Bu durum, ülkelerin enerji taleplerini azaltmaya yönelik kararlı ve acil olarak harekete geçmelerine yol açmıştır (EİE, 2009).

Ekonomik büyümenin enerji tüketimini etkiliyor olması ekonomik bakımdan gelişme gösteren, milli geliri artma eğiliminde olan ülkelerin üretim sürecinde enerji taleplerinin fazla olması anlamına gelmektedir. Artan enerji tüketiminin enerji üretimiyle karşılanamadığı durumlarda ülkeler enerji darboğazına (Güvenek ve Alptekin, 2010) girmemek için enerji ithal etmektedirler. Enerji ithal ederek ekonomik büyümeyi sürdürürken aynı zamanda enerji verimliliğine yönelik çalışmalar, bu ithalatı kısmen de olsa azaltıcı bir etki yaratmaktadır.

Enerji tüketimi hızla artan Türkiye'nin toplam enerji tüketiminin %40'ı sanayi tesisleri ve endüstriyel işletmelerde gerçekleşmektedir. Farklı sektörlerde yapılan enerji denetleme çalışmaları sonucunda sanayi kesiminde ve endüstriyel işletmelerin %95'inde %5 ile %40 arasında enerji tasarrufu potansiyeli olduğu gözlenmiştir (Ünlü, 2012).

Bu bölümde enerji verimliliğinin, ekonomik katkısı ve fosil yakıt tüketiminin yol açtığı çevresel zararları azaltıcı etkisi ile karbon salınımını azaltmaya yönelik

dünyada ve Türkiye’de yapılan çalışmalar ele alınacaktır. Çalışmada; Türkiye’de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin, büyümenin çevresel etkilerini de içine alacak şekilde analizi yapılacaktır. Analizde ele alınacak verilerde, ekonomik büyüme için kişi başına GSYİH, enerji tüketimi için kişi başına elektrik tüketimi ve enerji tüketiminin çevresel etkileri için kişi başına karbon salınım oranları kullanılacaktır. Yıllık zaman serileriyle yapılacak olan ekonometrik analiz ile sözkonusu değişkenler arasında bir ilişkinin olup olmadığı araştırılacaktır. Üç değişkenli analizden ortaya çıkan sonuç ele alınacak ve tartışılacaktır.

3.1. Enerji Verimliliği Uygulama Alanları

3.1.1. Binalarda enerji verimliliği

Binaların yapı elemanlarını kapılar, pencereler, zemin ve çatılar oluşturur. Buralarda oluşacak hava kaçakları ve ısı kayıpları binanın enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Hava kaçaklarının belirlenmesi ve önlenmesi, pencere ve kapıların iyileştirilmesi, bina yalıtımının yapılmasıyla önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır (HBS, 2008).

Bir diğer alınacak önlem ise ısıtma sistemlerinin iyileştirilmesidir. Isıtma sistemleri binaların enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Kömür veya doğalgaz sobaları, elektrikli ısıtıcılar ve kombiler kullanılan başlıca ısıtma sistemleridir. Isıyı binaya eşit miktarda dağıtan ve verimliliği en yüksek ısıtma sistemi günümüzde kullanılan kalorifer sistemidir. Kazan, brülör, pompa, tesisat boruları ve radyatörlerden oluşan bu sistemler, suyu kazanda ısıtarak radyatörlere dağıtır ve radyatörlerin bulunduğu hacimleri ısıtır. Genellikle doğalgaz kullanılarak çalıştırılrsa da doğalgazın olmadığı yerlerde LPG veya motorin ile de çalışabilen sistemleri mevcuttur. Isıtmada enerji verimliliği sağlamak için radyatörleri yerleştirirken; üstleri açık olacak şekilde pencere altı duvarlara yerleştirilmelidir. Radyatörlerde bulunan su giriş çıkış vanalarının sızdırmadığına dikkat etmek gerekmektedir. Yine kullanım esnasında, radyatörlerin arka kısımlarına ısı yalıtım levhası konulmalıdır (HBS, 2008: 21).

Aydınlatma ve elektrikli ev aletlerinin kullanımında enerji verimliliği sağlamak ise tüketicilere ciddi oranda ekonomik katkılar sağlayabilmektedir. Bu alanda enerji verimliliği sağlamak için öncelikle gelişmiş teknolojilerle üretilen elektrikli aletlerin kullanılması gerekmektedir. Satın alırken muadillerine göre biraz fazla pahalı olsalar da verimlilik sağlama oranları daha yüksektir. Türkiye’de tüketilen elektriğin yaklaşık olarak dörtte biri evlerde tüketilmektedir. Evlerde tüketilen elektriğin de ortalama %80 kadarı elektrikli aletlerce tüketilmektedir. Türkiye’de 2002 yılında yayımlanan yönetmelik ile elektrikli ev aletlerinin elektrik enerjisi tüketim değerlerine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Enerji verimliliği sınıflandırması, bir cihazın tüketim bazında A, B, C, D, E, F, G harfleriyle ifade edilen yedi grubu ifade etmektedir. Sınıflar arasında verimlilik farklarına örnek vermek gerekirse; “A” sınıfı bir buzdolabı “G” sınıfı bir buzdolabına göre %56 daha az enerji harcamaktadır (Mutlu, Kaynaklı ve Kılıç, 2011).

Evlerde tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık olarak %20’sinin aydınlatmada kullanıldığı düşünülecek olursa aydınlatma amaçlı aletlerin satın alımında en verimli aletlerin tercih edilmesi gerekliliği önem kazanmaktadır. Türkiye’de yaygın olarak Akkor, Akkor Halojen, Floresan ve Kompakt Floresan lambalar kullanılmaktadır. Akkor lambaların, yayımladıkları ışınlamaların çok büyük bir bölümü ısı, küçük bir bölümü görünür ışınlamadır. Dolayısıyla, verimleri çok düşüktür. Akkor Halojen lambalarda ise halojen moleküllerinin tungsten teli yenilemeleri nedeniyle telin sıcaklığı artabilmekte ve bunun sonucunda aynı güçteki akkor lambaya göre biraz fazla ışık verimi sağlanabilmektedir. Floresan ve kompakt floresan lambalarda diğer lamba türlerine göre daha verimlidirler. Verimlilik adına tüp floresan lambalarda büyük gelişmeler yaşanmıştır. Konutlar ve ofisler için uygun olan kompakt floresan lambalar akkor lambaların kullanıldığı yerlerde kullanılabilir. Örnek olarak 75 Watt’lık akkor flamlı lamba yerine 15 Watt’lık bir kompakt floresan lamba kullanılarak aynı aydınlatma %80 daha az enerji harcanarak sağlanabilmektedir. (YEGM, http://www.eie.gov.tr/eieweb/turkce/en_tasarrufu/konut_ulas/en_tasarruf_bina_ay.html, 01.02.2013’de erişildi).

Bir birim GSYİH yaratabilmek için tüketilen enerji miktarını ifade eden Türkiye'nin birincil enerji yoğunluğunun, 1998 yılı GSYİH serisine göre 2000 yılı ABD Doları fiyatlarıyla 1998-2008 döneminde yıllık bazda %1.83'lük artış olduğu görülmektedir. Bu durum bir anlamda elektrik enerjisi tüketiminde yaşanan artışın önemli kısmının üretim dışı harcamalardan kaynaklandığını göstermektedir. Türkiye'de son zamanlarda ortaya çıkan bazı enerji tüketim kaynakları, büyük ekran sıvı kristal LCD ve plazma TV setleri ve split klimalardır. Son yıllarda artan sıcaklıklardan dolayı özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanan pencere tipi klimalar, yaz aylarında elektrik tüketiminin çok fazla artmasına ve talebin gündüz saatlerinde pik yapmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla konutlarda enerji verimliliği sağlanması için enerji verimli cihazların kullanılması gerekmektedir (Resmi Gazete, 2012).

Günümüzde “akıllı bina” sistemleriyle de enerji verimliliği sağlamak mümkündür. Binalarda enerji kullanıcılarının konforundan ödün vermeden, binanın enerji harcamalarının otomatik olarak binanın kendi elemanlarıyla ve ek donatılarla kontrol ettiği bir sistem olan “akıllı bina” sistemi mimari tasarımın ilk aşamasından itibaren enerji yönetimi problemleri düşünülmüş, mekanik, elektrik-elektronik ve otomasyon sistemleriyle, binanın yeri, konumlandırılması ve doğal havalandırma sistemleri gibi pasif sistemiyle uyumlu çalışabilen binalardır (Yılmaz, 2006).

Binalarda alınacak önlemler ve enerji verimliliği yüksek elektrikli aletlerin kullanımı sayesinde enerji verimliliği sağlanmış olacaktır. Enerji tüketiminin çoğaldığı, teknolojik aletlerin hayatın her alanında kullanılır hale geldiği günümüzde verimlilik önemli bir olgu olarak ortaya çıkmaktadır.

3.1.2. Sanayi kesiminde enerji verimliliği

Enerji, modern bir ekonominin ayrılmaz bir parçasıdır. Neredeyse tüm mal ve hizmetlerin önemli bir bileşenidir, ancak kullanım maliyeti, çevresel ve güvenlik maliyeti yüksektir. Faydalarını korumak kaydıyla enerji maliyetlerini azaltmanın önemli yollarından biri de enerjiyi verimli kullanmaktır (OTA, 1993).

1970’li yıllarda yaşanan enerji krizine bağılı fiyat artışları, enerji verimliliğine yönelik çalışmaları da artırmıştır. Bununla beraber üretim piyasasındaki rekabetin, firmaları maliyetleri düşürmeye zorlaması sonucunda en önemli girdi kalemlerinden biri olan enerjiyle ilgili tasarruf ve verimlilik sağlamaya yönelik çalışmalar hız kazanmıştır (Meral, Teke ve Tümay, 2009: 32). 70’li yılların sonlarından itibaren sanayileşmiş birçok batı ülkesinde enerji tasarrufuna yönelik faaliyetler yoğunlaşmıştır. Özellikle sanayi sektöründe yoğunlaşan bu çalışmalar ile sanayide verimlilik artırıcı birtakım önlemler alınmaktadır.

Enerji muhasebesi ve sayaçlama işlerini geliştirmek amacıyla daha iyi yönetim, işletme ve bakım pratikleri, düşük harcamalı ve bir yıldan kısa sürede geri ödemesi tamamlanan kontrol sistemleri ve yalıtım gibi yatırımlar, ekipman yenilemesi, yeni teknolojilerin eklenmesi, enerji ikamesi ve benzeri büyük harcama gerektiren yatırımlar ve yeni endüstriyel süreçler, sanayide verimlilik artışı sağlayan en önemli önlemlerdir. Tek başına yeterli olmayan bu önlemlerin yanında, iklim şartları, çevresel etkiler ve tesis kapasite kullanımı gibi faktörler de enerji verimliliğini etkilemektedir (Kavak, 2005: 41-42).

Genel olarak sanayi tesislerinde yüksek verimli motorların kullanılması, basınçlı hava sistemlerinde oluşan kaçakların önlenmesi, kompresor emiş havasının dış ortamdan alınması, yakma havasının ısıtılması, kirlenmiş akışkandan ısı geri kazanımı, buhar boru sistemlerinin izolasyonu, fırınlara yönelik iyileştirmeler, tesislerde elektrik güç faktörünün düzeltilmesi gibi daha birçok önlem alınarak enerji verimliliği mümkündür. Motor veriminin artırılması bu tedbirlerin en yaygın uygulanabilecek olanıdır. Gelişmiş motorların çeşitli yüklerdeki verimleri, eski tip teknolojiye sahip motorlara oranla daha yüksek olduğundan enerjiyi daha verimli kullanmaktadır (Kavak, 2005). Bunların dışında; kurutma, toz tutma üniteleri, verimli aydınlatma armatürlerinin kullanılması, klima sistemlerinin optimizasyonu, arıtma ve atık gaz arıtımı gibi önlemlerle de sanayide enerji verimliliği sağlamak mümkündür (Karyeyen, Aksoy, Özgören ve Koçak, 2012).

3.1.3. Türkiye’de sanayi kesiminde enerji verimliliği

Türkiye’de planlı olarak yapılan ilk enerji tasarrufu çalışması 1981 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi bünyesinde kurulan bir birimle başlamıştır. Bu birim Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi olarak dönüştürülmüş ve Birleşmiş Milletler Sınai (Kalkınma Örgütü tarafından desteklenen bir proje gerçekleştirilmiştir. Aynı şekilde Japon Uluslararası İşbirliği Teşkilatı ile enerji verimliliğine yönelik çalışmalar yapılmıştır. 1995-1996 yılları arasında yapılan “Türk Sanayisinde Enerjinin Rasyonel Kullanımı” adlı proje anlaşması çerçevesinde, demir-çelik, tekstil, yağ, deterjan ve tuğla sektörlerinde enerji tasarrufu etütleri yapılmış ve enerji verimliliği artırıcı önerilerde bulunulmuştur (Kavak, 2005: 73).

Türkiye’nin enerji bağımlılığı ve ithal edilen enerjinin büyük kısmının elektrik üretiminde kullanılması, enerji verimliliğini sağlayacak önlemlerin alınmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Sanayi sektöründeki sağlanacak tasarruf ve verimlilik artışları enerjide büyük oranda dışa bağımlı olan Türkiye’nin hem cari açığını azaltıcı hem de fosil yakıtların çevresel zararlarını azaltıcı etkiler meydana getirmiş olacaktır.

Nisan 2012 itibari ile 53.910 MW olan Türkiye elektrik kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımına bakıldığında %30.4 gibi önemli bir kısmının doğalgazdan elde edildiği görülmektedir (EPDK, 2012). Mevcut doğalgaz kullanımını karşılayacak potansiyel rezervlerinin olmadığı düşünülen Türkiye için doğalgaz ithalatı zorunlu hale gelmiştir. 2011 yılında 43.874 Sm³ doğalgaz ithalatı yapılmıştır (EPDK, 2011: 31). 2005 yılına oranla 6 yılda %85 civarında artan doğalgaz ithalatı, aynı zamanda elektrik tüketimindeki artış konusunda da bilgi vermektedir. 2010 yılı verilerine göre doğalgaz %31.9 ile enerji arzı en yüksek payı almıştır. 2009 yılı ile karşılaştırıldığında 2010 yılında doğalgazın kömürün yerini alarak enerji arzında ilk sırayı aldığı görülmektedir (EÜAŞ, 2011: 8). Bu rakamlardan anlaşılabacağı üzere doğalgaz kullanımındaki bu hızlı artış elektrik tüketimindeki artışlardan bağımsız düşünülememektedir.

Gelişmekte olan ülkelerde artan enerji talepleri, teknolojinin gelişimi ve tüketiminin yaygınlaşması, enerji tüketimini artıran önemli unsurlardan bazılarıdır. Bu

gelişmelerin yanında günümüzde, enerji taleplerini kısmen de olsa azaltan unsurlar, bölgesel savaşlar ve küresel mali krizlerdir. Kriz dönemlerinde yatırımların durması, borç yükü ve üretimin yavaşlaması sanayiye yönelik enerji taleplerini etkilemektedir. Dünyada gelişmekte olan birçok ülke fosil kaynaklı yakıtlara olan taleplerini artırmaktadırlar. Türkiye gibi hem gelişmekte olan hem de enerjide büyük oranda dışa bağımlı olan bir ülkede izlenmesi gereken enerji politikalarının başında enerji verimliliği gelmektedir.

Türkiye’de üretilen enerjinin büyük kısmı sanayide tüketildiğinden, enerji verimliliği çalışmalarının bu alanda yoğunlaşması gerekmektedir. Sanayi alanında enerji verimliliği potansiyeli diğer sektörlerden daha az da olsa, gerçekleştirilme maliyetleri daha düşüktür. Ayrıca enerji tasarrufuna veya verimliliğine yapılan yatırım genellikle üç yıldan kısa sürede maliyetini çıkarmaktadır (Meral, Teke ve Tümay, 2009: 34).

3.1.4. Türkiye’de enerji verimliliği sağlamaya yönelik çalışmalar

Gelişme aşamasında bir ülke olan Türkiye için enerji hem gerekli hem de stratejik önemi olan özelliklere sahiptir. Enerjinin güvenliği ve sürdürülebilir temini, verimli kullanımı, enerji kullanımının çevresel etkilerinin azaltılması, dengesiz fiyat artışları, yerli ve yenilenebilir kaynakları kullanma gibi enerji ile ilgili birçok konuda Türkiye’nin çalışma yapması gerekmektedir (Satman, 2006). Bu konuların başında Türkiye için ilk olarak ve en düşük maliyetli gerçekleştirilebilecek konu enerji verimliliğidir. Son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de enerji verimliliğine yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Türkiye’de 2010 yılı için, bina sektöründe %30, sanayi sektöründe %20 ve ulaşım sektöründe %15 olmak üzere önemli derecede enerji tasarruf potansiyeli olduğu tespit edilmiştir (ETKB, 2010). 18 Nisan 2007 yılında, bu potansiyelin değerlendirilmesi ve enerji verimliliğinin artırılması amacıyla “Enerji Verimliliği Kanunu” çıkarılmış, 2 Mayıs 2007’de Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bunun yanı sıra 2008 yılında, ilgili bakanlık tarafından hazırlanan, “Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik”

yürürlüğe girmiştir. Aynı yıl, “Ulusal Enerji Verimliliği Hareketi” başlatılmış ve 2008 yılı “Enerji Verimliliği Yılı” ilan edilmiştir (ETKB, 2010).

25.02.2012 tarihli Resmi Gazetede Yayınlanan “Enerji Verimliliği Strateji Belgesine göre amaç ve temel hedef; “bir politika seti belirlenmesi ve hedeflere ulaşmak için yapılması zorunlu eylemlerin yerine getirilmesinden sorumlu kuruluşlarla birlikte tanımlanması; kamu kesimi, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarının katılımcı bir yaklaşımla ve işbirliği çerçevesinde hareket etmesinin sağlanması amaçlanmıştır” şeklinde tanımlanmıştır.

Enerji kimlik belgesi

“Enerji Kimlik Belgesi”, binalardaki enerji tüketimine etki eden ısıtma soğutma, havalandırma, sıhhi sıcak su ve aydınlatma gibi parametrelerin binaların enerji verimliliğine etkisini ve enerji performans sınıfını gösteren bir belgedir. 2011 yılının ilk ayında yasal zorunluluk haline getirilen bu belgenin mevcut binalara ve yeni yapılacak olan binalara alınması zorunlu kılınmıştır (TMMOB, 2011).

2008 yılında yayınlanan “Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik” kapsamında 1000 tep üzerinde enerji tüketen endüstriyel tesislerde bir tane “Enerji Yöneticisi” istihdam etme zorunluluğu getirilmiştir. 500 tep üzerinde ve 20000 m2 kullanım alanı üzerinde alana sahip olan ticari binalar ise bir “Enerji Yöneticisi” ile çalışmak zorundadır (TMMOB, 2011). Bu düzenlemelerde temel amaç; üretim sektöründe enerji verimliliğini sağlamak ve bu alanda gerçekleştirilecek verimlilik artışıyla sanayi sektörünün enerji yoğunluğunu azaltmaktır. Üretimde enerji yoğunluğunun azaltılması, aynı miktar enerji kullanımıyla daha fazla üretim yapmak anlamını taşımaktadır.

Enerji verimliliği projeleri

Türkiye’de son yıllarda enerji verimliliği sağlamaya yönelik birçok proje tamamlanmış ve birçok proje de halen devam etmektedir. Bu projelerden tamamlanmış

olanlardan bazıları; endüstriyel işletmelerde enerji yoğunluğunu azaltmayı hedefleyen ve yenilenebilir enerji kaynaklarının, atıkların ve yüksek verimli kojenerasyon tesislerinin kullanımının özendirilmesini amaçlayan “Gönüllü Anlaşmalar ile Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi”dir. Bir diğer proje ise; “Binalarda Enerji Verimliliğine Yönelik Toplum Bilincinin Artırılması” (enverIPAB, 2008) adlı projedir. “Yenilik Transferi Projesi” adlı proje ile binalarda enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı alanlarında, Elektrik, Elektronik, Tesisat, Yapı ve Makine branşlarında eğitim veren teknik öğretmenlerin eğitimini sağlayacak eğitim materyallerini geliştirme amaçlanmıştır (EİE, 2012).

“Enerji Verimli Elektrikli Ev Aletlerinin Piyasa Dönüşüm Projesi” (UNDP-GEF, 2010), “Japon Uluslararası İşbirliği Teşkilatı ile Üçüncü Ülke Eğitim Programı Projesi”(JICA, 2004), “Hollanda İşbirliği ile Türkiye’de Enerji Verimliliği İzleme ve Değerlendirme Alt Yapısının Desteklenmesi Projesi”(EİE, 2011) ve “Sanayide Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi”(UNIDO-UNDP-GEF, 2011) gibi devam eden projeler mevcuttur.

Eneji verimliliği konusunda binalarda, sanayi sektöründe ve endüstriyel işletmelerde yapılacak çalışmalar, ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkileyecektir. Türkiye özelinde bakıldığında, konunun önemi artmaktadır. Çünkü enerji ithalatçısı konumunda olan Türkiye’nin enerji verimliliği potansiyeli kullanıldığında cari açığı azaltıcı etkileri olması öngörülmektedir. 2012 yılı Ocak-Ağustos aralığında Türkiye’nin enerji ithalatı geçen yılın aynı dönemine göre %13.7 artarak 34 milyar 373 milyon dolardan, 39 milyar 80 milyon dolara yükselmiştir. Bu da 2012 yılının ilk sekiz ayında verilen dış ticaret açığının %69’u demektir (EE, 2012, <http://www.enerjienstitüsü.com.>, 26.08.2012 tarihinde erişildi). Enerji verimliliği konusu, ekonominin üzerine ağır bir yük getirdiği ortada olan enerji açığını azaltmak için giderek önem kazanan bir mesele haline gelmektedir. Türkiye için büyük bir enerji kaynağı da enerji verimliliği demek, ülkedeki verimlilik potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda, yerinde olacaktır.

3.2. Ekonomik Büyümenin Çevresel Etkileri ve Karbon Salınımı

Ekonomik büyümeye yol açan tek girdi enerji değildir ancak ekonomik büyüme için son derece önemli bir girdidir. Enerji kullanmadan; bir fabrikayı işletmek, tarım ürünleri üretmek, seyahat etmek, mal ve hizmetleri üreticiden tüketiciye iletmek mümkün değildir (Aslan ve Yamak, 2006: 54). Ekonomik büyüme ve enerji arasındaki bu güçlü ilişki birçok çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu konuların önemli olanlarından birisi de ekonomik büyümenin çevresel etkileridir. Son yıllarda yaşanan iklim değişikliği tartışmaları bu çerçevede ele alınmaktadır.

Çevre kirliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi ile ilgili tartışmaların temelini, büyüme tartışmaları ve ilgili politikalar oluşturmaktadır. Araştırmacılar, gelir seviyesi arttıkça çevresel kirliliğin artacağını, daha yüksek gelir seviyelerinde ise çevresel kirliliğin azalacağını varsaymaktadırlar (Saatçi ve Dumrul, 2011: 66). Gelir seviyesi düşük olanların önceliği gıda ve barınma ihtiyacı olduğundan, çevre daha az öncelik taşımaktadır. Gelir seviyesinin yükselmesiyle birlikte kişilerin çevreye daha duyarlı hale geleceği düşünülmektedir (Kaypak, 2011: 30).

Sanayi devriminden günümüze dünya ekonomisinin tecrübe ettiği büyüme hamlelerinin sürdürülebilir nitelikte olmadığı neredeyse bütün çevrelerce kabul edilmektedir. Bir yandan üretimde kullanılan enerjinin büyük oranda yenilenemeyen kaynaklardan elde edilmesi, bir yandan fosil kaynaklı yakıtların kullanılmasıyla açığa çıkan karbondioksit (CO₂) ve benzeri gazların olumsuz çevresel etkileri ekonomik büyümeyi zorlaştırırken, dünyanın geleceğini de tehlikeye sokmaktadır (Karanfil, 2009). Enerji kaynaklı CO₂ oranları 2011 yılında 31.2 Gt'dan, 2035 yılında 37.0 Gt'a çıkarak dünya sıcaklığının uzun vadede ortalama 3.6⁰C artacağına işaret etmektedir (IEA, 2012: 1).

İklim değişikliğinin neden olduğu en önemli değişiklikler kendisini, sıcaklıklar, yağışlar, nem oranları, bulutlar, rüzgarlar, hava basınçları, güneşlenme süresi, sisler ve deniz seviyesindeki yükselmeler üzerinde göstermektedir (Kılıç, 2009: 21). Çağın en büyük sorunlarından biri olan iklim değişikliği konusunda 1992 yılında "Biyolojik

Çeşitlilik ve Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi” adı altında Rio Zirvesi’nde (REC, 2006: 5) nelerin yapılabileceği, ne gibi önlemlerin alınabileceği hakkında tartışmalar başlatılmıştır. 1997 yılında düzenlenen Kyoto Protokolü ile de iklim değişikliğinin önlenmesi noktasında önemli bir sorun olan seragazi emisyonlarının azaltımı için birtakım hedefler belirlenmiştir (Karakaya ve Özçağ, 2003: 6).

Ekonomik büyüme ve çevre ilişkisi gelecek kuşaklar için ele alınırken “Sürdürülebilir Kalkınma” kavramı öne çıkmaktadır. Bu kavram ilk kez, 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonun raporunda tanımlanmıştır. Buna göre “Sürdürülebilir Kalkınma”; doğal kaynakların, insan ve doğa arasında denge kurarak gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanmasına imkan verecek şekilde, bugünden tüketilmemesi anlamı taşımaktadır (Kaypak, 2011: 20). Munasinghe (2001) sürdürülebilir kalkınmayı bir şema ile tanımlamıştır. Bu şemada sürdürülebilir kalkınmanın üç boyutu yer almaktadır. Bunlar; ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlardır. Sürdürülebilir kalkınma gerçekleştirilirken, gelir dağılımında eşitlik, yoksulluğun azaltılması, sosyal adalet, toplumsal katılımcılık, doğal kaynakların eşit dağılımı, çevresel değerlendirme ve negatif dışsallıkların içselleştirilmesi gibi konuların içinde barındığı bir kalkınma modeli öngörülmektedir. Ekonomik çıkarlar, stratejik enerji kaynaklarına erişim ve benzeri endişeler uluslararası çevre politikasının en hassas ikilisi olan eşitlik ve adalet ilkelerini zorlamakta ve uzun soluklu ve geniş kapsamlı bir işbirliğini tehlikeye sokmaktadır (İzci ve Mazlum, 2012: 2).

Ekonomik büyüme ve çevre ilişkisine bakarken, gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkelere ayrı ayrı bakmak gerekmektedir. Gelişmiş ülkelerde daha fazla sermaye stoğu mevcuttur. İleri teknolojiye sahip olan bu ülkeler çevresel koruma sistemlerine daha çabuk ulaşabilmektedirler. Ancak, bu seviyeye gelene kadar doğa sermayesini göz ardı etmişlerdir. Kalkınmalarını doğal sermayeyi ekonomik sermayeye dönüştürerek gerçekleştirmişlerdir. Gelişmekte olan ülkeler ise düşük gelir düzeyine sahip oldukları için en önemli hedefleri üretim artışını sağlamaktır. Bu ekonomilerde yüksek nüfus artışı kalkınma gücü veya sorunu olabilmektedir. Yüksek nüfus artışı, doğa sermayesi üzerinde baskı yaratacak ve daha fazla atık üretimine ve kirliliğine yol açacaktır (Gürlük, 2010). Bu konuyu “Çevresel Kuznets Eğrisi” ile açıklamak yerinde olacaktır.

Çevresel Kuznets Eğrisine göre; gelir belli bir seviyeye gelene kadar çevre kirliliği artacaktır. Gelir düzeyi belli seviyeye ulaştığında ise çevre kirliliği azalmaya başlayacaktır. Çeşitli faktörlerle gerçekleşen bu süreçte önemli faktörlerden bazıları; ölçek etkisi, kompozisyon etkisi ve teknoloji etkisidir. Ölçek etkisi Çevresel Kuznets Eğrisinin artan kısmını, kompozisyon etkisi ve teknoloji etkisi ise azalan kısmını ifade etmektedir. Ölçek etkisi, yukarıdaki paragrafta da değinildiği gibi çeşitli faktörlerle beraber doğal kaynak kullanımının artması ve buna bağlı olarak artan üretimin çevre kirliliğini artırmasıdır. Kompozisyon etkisi; ülkelerin gelirlerinin artmasıyla ekonomideki yapısal değişimleri ifade eder. Bir başka deyişle, tarımdan sanayiye, sanayiden hizmetler sektörüne veya bilgi sektörüne geçiş ile birlikte çevre bozulmalarında ve çevre kirliliğindeki azalmayı ifade etmektedir. Son olarak teknoloji etkisi ise; Çevresel Kuznet Eğrisinin azalan kısmını göstermektedir. Artan refahla birlikte, araştırma geliştirme fonlarına ayrılan bütçenin artması ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesini ifade etmektedir (Başar ve Temurlenk, 2007).

Devletlerin ulusal çıkarlarının çevreyle ilgili küresel ortak faydanın gerisinde kaldığını söylemek henüz erkendir (Paker, 2012: 171). Ancak, bugün, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ekonomik büyümenin çevresel zararlarını azaltmak için birtakım çalışmalar yapmaktadırlar. Bu çalışmaların başında karbon salınımı sorunu ile mücadele gelmektedir. Karbon emisyonunu azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi ve fosil kaynaklı yakıtların orantısız kullanımının önlenmesi ilk alınacak önlemlerdendir.

3.2.1. Dünya’da karbon salınımını azaltmaya yönelik çalışmalar

Fosil yakıtların kullanımının sınırlandırılması, enerji verimliliği yüksek teknolojilerin kullanımı, petrol geri kazanımlarının artırılması, karbonun ayrıştırılıp depolanması, orman alanlarının ve su alanlarının korunması, nüfus artışının dengelenmesi, az tüketim, yeniden kullanım, geri dönüşüm ilkesi çerçevesinde hareket edilmesi gibi önlemler ile küresel ısınma ve iklim değişikliğinin engellenmesi ve karbon emisyonun azaltılması mümkündür. Bu kapsamda bilim adamları, otomobil kullanımından, büyük baş hayvan tüketiminin azaltılmasına, elektrikli aletlerin sınırlı

kullanımından, daha az ve kısa mesafelere seyahat edilmesine kadar her türlü önlemin alınmasını önermektedir (Özbek, 2008: 5).

Çevre kirliliğinin ülkelerin ortak sorunu olmasının nedeni sınır aşıcı kirliliğin uluslararası boyut kazanması ile ilgilidir. Kirliliğin sınırları aştığı ve dünyanın en ücra köşelerinde bile hissedildiği bir gerçektir. Bu gerçek, kutuplarda yaşayan hayvanların yağ tabakalarında biriken DDT sayesinde anlaşılmıştır (Orhan, 2012: 126).

Dünyada karbon salınımını azaltmaya yönelik yapılan çalışmalar, Kyoto Protokolü ile alınan kararlar, karbon depolama, karbon vergisi ve karbon ticareti gibi salınımı azaltıcı tedbirler, küresel ısınmaya sebep olan iklim değişikliği ile mücadelede atılan en önemli adımlardır.

Kyoto Protokolü

11 Aralık 1997 tarihinde imzalanan Kyoto Protokolü, dünyanın içinde bulunduğu küresel iklim değişikliği ve küresel ısınma sorunlarına karşı uluslararası bir savunma mekanizması kurmak amacıyla oluşturulmuştur. İklim değişikliği; iklimin ortalama durumunda veya değişkenliğinde uzun yıllar süren istatistiksel olarak anlamlı değişiklikler şeklinde tanımlanmaktadır. Küresel ısınma ise; Sanayi devriminden bu yana fosil kaynakların yakılması, ormansızlaşma, tarımsal etkinlikler ve sanayileşme süreçleri gibi çeşitli insan faaliyetleri ile atmosfere salınan sera gazlarının hızlı birikimine bağlı olarak, şehirleşmenin de etkisiyle, yeryüzünde ve atmosferin alt katmanları olan alt ve orta troposferde saptanan sıcaklık artışları biçiminde tanımlanmıştır (Üstün, Apaydın, Filik ve Kurban, 2009).

Kyoto Protokolü'nün ikinci maddesinin "a" bendinde; "ulusal ekonominin ilgili sektörlerinde enerji verimliliğinin artırılması, Montreal Protokolünce denetlenmeyen sera gazlarının yutakları ve haznelerinin artırılması ve korunması, sürdürülebilir orman yönetimi uygulamaları kapsamında ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırma çalışmalarının desteklenmesi, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları, karbondioksiti gideren teknolojiler ile çevre dostu ileri ve yenilikçi teknolojilerin desteklenmesi..vb.

gibi ifadeler yer almaktadır (REC, 2006: 30). Alınacak bu ve bunun gibi önlemler ile sözleşmenin üçüncü maddesinde yer alan; “salınımların 2008-2012 yılı arasındaki dönemde 1990 yılındaki düzeyinin en az %5 aşağısına indirileceği görüşüne varılmıştır (REC, 2006: 32).

İklim değişikliği konusunda dünyada yapılan en kapsamlı sözleşme olan Kyoto Protokolü’nün piyasa mekanizmaları; ortak uygulama, temiz kalkınma ve emisyon ticaretidir (Akkaya ve Uzar, 2012: 77).

Türkiye Rio’da, gelişmiş ülkeler arasında değerlendirildiği ve gelişme yolundaki ülkelere mali ve teknolojik yardım konularındaki yükümlülükleri yerine getiremeyeceği gerçeğiyle, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ni imzalamamış ve taraf olmamıştır (Türkeş, 2008). Kyoto Protokolü’ne Türkiye’nin dahil olması 2008 yılında Bakanlar Kurulu kararıyla mümkün olmuştur. Türkiye UNFCCC’ye yasal olarak taraf olmak amacıyla 24 Şubat 2004 tarihinde BM’ye resmi başvuru yapmış ve 24 Mayıs 2004 tarihinde 189. Taraf ülke olarak başvurusu kabul edilmiştir. Kyoto Protokolü’nü uzun süre imzalamayan Türkiye 30 Mayıs 2008 tarihinde protokolü imzalayacağını açıklamıştır. Başlangıçta OECD ülkeleri gibi hem Ek1 hem Ek2’de yer alan Türkiye, kendi başvurusu ile Ek2’den çıkarılarak “geçiş ülkesi” sayılmıştır. BM raporlarında UNFCCC Ek1 ülkelerinin karbondioksit eşdeğer emisyonları listesinde %72.6’lık artışla Türkiye başı çekmektedir. Buna rağmen Türkiye’nin toplam sera gazı salınımı çok düşük seviyedir (Üstün, Apaydın, Filik ve Kurban, 2009: 25).

Karbon ticareti

1997 yılında Kyoto Protokolü’nün onaylanmasıyla birlikte tüm dünyada uygun örgütlerin ve projelerin bu konuda yaptığı çalışmalar sonucunda bir gelir akışı oluşmuş ve bu faaliyetler karbon ekonomisini oluşturmuştur (Carbon Planet, 2009, http://www.carbonplanet.com/downloads/Carbon_Commerce.pdf, 12.11.2012’de erişildi). Dünya Bankası’nın 2009 verilerine göre dünyada karbon ekonomisi 120 milyar doları aşan olağanüstü bir büyüme yaşamıştır. Kyoto Protokolü’ne göre sanayileşmiş ülkelerin birinci taahhüt dönemi olarak belirlenen 2008 – 2012 yılları arasında salınımın 1990

seviyesinin ortalama %5 azaltılmasını öngörmektedir. Gelişmekte olan ülkeler ise “ortak ama farklılaştırılmış sorumluluk şiarı” altında herhangi bir emisyon taahhüdüne girmemiştir (Güldoğan, 2010).

Kyoto Protokolü’nün esneklik mekanizmaları çerçevesinde 17. Madde uyarınca 2007 tarihinde “salım ticareti” olanağı sunulmuştur (REC, 2006: 56). Buna göre; belirli karbon kotaları uygulanan üye ülkeler arasında, kendi aralarında kotalarının paylaşımını sağlayabileceklerdir. Herhangi bir üretici veya ülke kendi kotasını aşarsa, daha az üreten diğer ülkeden karbon kotası satın alabilecektir. Ülkeler ve şirketlerin sera gazı hedeflerine ulaşmak için emisyon tahsisatları almaları ve satmaları sonucunda “karbon piyasası” oluşmuştur (Demir, 2007). Tıpkı finansal piyasalar gibi, karbon piyasası da; karbondioksit metan veya diğer sera gazı emisyonlarını temsil eden, kirlenme kredileri, kirlilik izinleri, kirlilik hakları, kirlilik kotaları emisyon hisseleri veya emisyon izinleri gibi değişik piyasalarda farklı şekillerde adlandırılan karbon hisselerinin alınıp satıldığı bir piyasadır (Demireli ve Hepkorucu, 2010: 40).

Avrupa Birliği, Kyoto Protokolü’nün 4.Maddesinde düzenlenen Balon ve Uluslararası Emisyon Ticareti hükümlerinden faydalanarak kendi Emisyon Ticaret Sistemi’ni kurmuştur. Dünyanın en geniş ölçekli zorunlu karbon piyasası olan AB ETS geliştirdiği çevre politikalarıyla bu konuda uluslararası güç haline gelmiştir. Kyoto Protokolü, AB’nin birinci taahhüt döneminde sera gazı emisyonlarını %8 oranında azaltmasını hükme bağlamıştır (Güldoğan, 2010).

Türkiye henüz, Kyoto Protokolü’nün emisyon ticaretine konu olan esneklik mekanizmalarından faydalanamamaktadır. Ancak, bu mekanizmalardan bağımsız olarak Türkiye, 2005 yılından itibaren çevresel ve sosyal sorumluluk ilkesi çerçevesinde kurulmuş olan Gönüllü Karbon Piyasası’na yönelik projeler üretmekte ve uygulamaktadır. Gönüllü karbon Piyasaları; hükümetlerin iklim değişikliği ile mücadele politikalarından bağımsız olarak geliştirilmiş, iş dünyasının, yerel yönetimlerin, sivil toplum kuruluşlarının ve bireylerin, karbon denkleştirme maksadıyla katılım sağlayabileceği nitelikte ve gönüllülük esasına dayanan bir oluşumdur. Türkiye’de bu konu ile ilgili projelerin tamamı Gönüllü Karbon Piyasası’nda işlem görmektedir. Bu

amaçla, şimdiye kadar 201 proje gerçekleştirilmiş ve toplam 13.858.419 ton CO₂ eşdeğeri sera gazı azaltımı gerçekleştirilmiştir (ÇŞB, 2012).

Emisyon ticareti, gelişmekte olan ülkelere bir kaynak aktarımı olarak görünse de, temelde yayılımcı politikanın bir aracı olarak da görülebilir. Karbon ticaretiyle amaçlanan, salınımın azaltılması dahi olsa, aslında havaya aynı miktarda gaz salınımı gerçekleşmektedir (Demireli ve Hepkorucu, 2010). Kaldı ki, ekonomik büyümenin çevresel etkilerini azaltmak ve sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirmek amacıyla imzalanan Kyoto Protokolü'nün nihai amacı karbon salınımını azaltmaktır.

Karbon yakalama ve depolama

Karbon salınım sorunları yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artmasıyla çözülmüş olacaksa da, yenilenebilir enerjinin maliyeti, rekabet koşullarının oluşması, pazara nüfuz etme süresi gibi durumların sözkonusu oluşu, fosil kaynaklı yakıtların kullanımının devam etmesi anlamını taşımaktadır (Anderson ve Newell, 2003: 4). Varılan bu sonuca göre; kısa ve orta vadeli çözümler içinde karbon yakalama ve depolama tekniklerinin gelişimi karbon salınımının neden olduğu çevresel zararları azaltmada önemli bir rol üstlenecektir.

Karbon taşıma ve depolama için ilk adım, karbon yakalamaktır. Günümüzde, endüstriyel tesislerde ve enerji santrallerinde kullanılan üç çeşit karbon yakalama yaklaşımı mevcuttur. Bunlar; post-combustion yakalama, pre-combustion yakalama ve oksî-yakıt yanma yakalamadır. Post-Combustion yakalama; baca gazlarının içinde bulunan karbondioksitin büyük bölümünü yakalamak için geliştirilen teknolojilerin uygulanmasıdır. Pre-Combustion; karbondioksiti hava ile biraraya getirerek ayırması sonucu hidrojenin yanması ile depolanabilecek CO₂ akışı sağlanmasıdır. Son olarak Oksî-Yakıt Combustion; yanma için oksijen yerine hava kullanan ve aşırı karbondioksit üreten baca gazları için kullanılır. Bu sistemde, CO₂ kolayca ayrılabilmekte, taşınabilmekte ve depolanabilmektedir (Folger, 2012).

Yakalama işlemini takiben, karbonun atmosfere yayılmaması için depolanması gerekir. Depolama işlemini gerçekleştirirken farklı yöntem ve uygulamalar gözetilmektedir.. Örneğin depolama sürelerine göre yüzlerce veya binlerce yıllık depolamalar, depolanacak siteye ulaşım maliyetleri, kaza risklerinin ortadan kaldırılması ve çevresel etkilerinin en aza indirilmesi, depolama yönteminin herhangi bir ulusal veya uluslararası yasa veya yönetmeliği ihlal etmemesi gibi önlemler alınması gerekmektedir (Herzog ve Golomb, 2004: 4).

Karbon yakalama ve depolama sistemlerinin yanında bir de doğal karbon depolama sistemleri vardır. Yeryüzündeki ormanlar bunların en önemlisidir. Orman ekosistemi, karasal ekosistemin ürettiği organik karbonun %76-78'ini tutması bakımından en önemli karbon depolayıcıdır (Sivrikaya ve Bozali, 2012: 70). Bu bakımdan, ormanlar, karbon salınımından kaynaklanan çevresel kirliliği azaltmada önemli bir yere sahiptir. Karbon, ormanların odunsu dokularında ve topraklarda bulunan organik maddelerde depolanır. Genç ormanlarda karbon depolama işi hızlıdır ancak yaşlandıkça yavaşlar ve zamanla karbon depolamayı durdururlar. Bu ormanlar kesildiğinde farklı ürünlere dönüştürülmezlerse içerdikleri karbon hızla tekrar atmosfere yayılır (ESA, 2000).

Türkiye’de farklı bölgelerdeki ormanlarda açılan 1159 adet toprak çukurunda toraktaki organik toprak stoğunun 0,8-448 t/ha arasında değiştiği, ortalama karbon stoğunun ise 77,8 t/ha olduğu belirlenmiştir (Tolunay ve Çömez, 2007).

Karbon depolama, gerçekte küresel karbon döngüsünün bir parçasıdır. Karalarda ve sulardaki fotosentez yapan canlılar tarafından bağlanan atmosferdeki karbon, besin zinciri aracılığıyla fotosentez yapan canlılarla beslenen hayvanlara geçmekte, bu aşamada ya solunum ile atmosfere ulaşmakta veya canlıların ölmesiyle toprakta ve sularda birikmekte ve organik atıkların ayrışması ile birlikte tekrar CO₂ olarak atmosfere ulaşmaktadır (Tolunay ve Çömez, 2007).

Karbon depolamada, karbonun depolandığı alanlarda daha çok karbon biriktirilmesini sağlamak ve bozuk orman alanlarının verimli hale getirilmesi, traşlama

kesimlerinden kaçınılması, karışık ormanlar kurulması gibi alınacak önlemlerle artış sağlamak mümkündür (Tolunay ve Çömez, 2007). Ayrıca, uzaktan algılama yöntemlerinden biri olan uydu görüntüleri ile bir ormanlık alanın karbon depolama kapasitesini hızlı, kolay ve en az maliyetle belirleyip elde edilen bilgiler ışığında değerlendirme yapılabilmektedir (Mısır, Mısır ve Bulut, 2011: 234).

Karbon vergisi

Dünyadaki karbon salınımının çevresel etkilerini azaltmada kullanılan bir yöntem de karbon vergisidir. Karbon vergisi: İşletmelerin ve üretim tesislerinin karbon gazı salınımlarından dolayı ödedikleri bir vergi türüdür. Karbon vergisinin amacı; işletmelerin kullandıkları enerji kaynaklarını yenilemeleri ve doğaya daha az zararlı enerji türlerine geçmelerini sağlamaktır. (Alıcı ve Yıldız, 2012).

Karbon vergisinin miktarının düşük olması, her ne kadar siyasi kaygıların bir sonucu olsa da, burada amaç vergi toplamak veya bedel ödetmekten öte, daha az salınımına neden olan enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesidir (Alıcı ve Yıldız, 2012: 63). Bu tür vergilerden elde edilen gelirler; iklim değişikliği programları ve çevreci amaçlar için kullanılmaktadır (Çiçek ve Çiçek, 2012: 99).

1980'li yıllarda bazı Kuzey Avrupa ülkeleri karbon vergisini tartışmaya başlamış, buna yönelik bir takım girişimler olmuştur. 1990 yılından itibaren Finlandiya ve Hollanda'da, 1991 yılında İsveç'te, fosil yakıt kaynaklı karbon salınımlarına vergi uygulanmaya başlamıştır. 1992 yılında Rio Zirvesinde Avrupa Birliği, karbon vergisinin küresel düzeyde kullanılabileceğini savunmuş ve bu teklif başlangıçta olumlu karşılanmıştır. Buna rağmen, karbon vergisi sistemi, zorlayıcı bir karbon azaltım hedefini başaramamış ve vergi gibi spesifik bir konuda küresel uzlaşma meydana gelememiştir. Her ülkenin küresel ısınma probleminin çözümüne olan katkısı veya sera gazı salım düzeyleri birbirinden farklı olduğu için, küresel ısınmanın neden olacağı maliyetler veya karbon emisyonlarının azaltılmasından sağlanacak faydalar da ülkeler arasında eşit dağılmış değildir (Kovancılar, 2011: 18).

Temel olarak karbon vergisinin optimum şekilde belirlenebilmesi için, marjinal sosyal fayda ile marjinal sosyal maliyetin eşitlenmesi gerektiği Pigovian yaklaşım ile ifade edilmiştir. Bu yaklaşım; üretimiyle çevreyi kirleten bir firmanın yol açtığı negatif dışsallıkları azaltmayı amaçlayan bir ek vergi sistemidir. Karbon vergisinin kullanımının makro etkileri incelenmiş ve etkilerin negatif yönlü olmadığı ortaya çıkmıştır. Yapılan araştırmalardan çıkan genel görüş ise, karbon vergisinin, karbon salınımını azaltıcı etkisinin, karbon salınımını azaltıcı diğer araçlara göre çok düşük olduğu yönündedir (Hotunluoğlu ve Tekeli, 2007).

3.3. Enerji ve Ekonomi İlişkisinin Teorik Çerçevesi

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi teorik ve uygulamalı iktisat literatürünün önemli tartışma konularından biridir (Yapraklı ve Yurttañıkırmaz, 2012: 196). 1970'li yılların başında OPEC'in arz miktarını azaltması petrol fiyatlarının neredeyse iki misli artmasına neden olmuştur. Petrol fiyatlarındaki bu artış pek çok sanayileşmiş ülkede stagflasyona yol açmıştır. (Mankiw, 2010: 309). Bu durum, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin yoğun bir şekilde incelenmesine yol açmıştır. (Aydın, 2010: 320).

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. İlk görüşe göre klasik iktisatçılar; azalan verimler nedeniyle doğanın iktisadi büyümeye sınır getirdiğini kabul etmelerine rağmen, enerjiyi bir üretim faktörü olarak görmemişlerdir (Yapraklı ve Yurttañıkırmaz, 2012). Neo-klasik üretim fonksiyonunda ise ekonomik büyüme, emek, sermaye ve teknolojik gelişmenin artışıyla açıklanmaktadır. Büyümenin emek ve sermaye ile açıklanamayan kısmını toplam faktör verimliliği ile açıklayan neo-klasik üretim fonksiyonunda, toplam faktör verimliliği teknolojidir (Aslan ve Yamak, 2006). Neoklasik iktisatçılara göre enerji, bir ara maddedir. Enerji de tıpkı diğer maddeler gibi üretim için gerekli bir girdidir. Biyofizik ekonomisi yaklaşımında ise, üretimin temel faktörü, sermaye ve işgücü değil, enerjidir. Gelecekteki ekonomik büyümenin gerçekleşmesi alternatif enerji kaynaklarının verimli kullanımına bağlıdır (Cleveland, Costanza, Hall ve Kaufmann, 1984).

Bir başka görüş olarak, 1970’li yıllarda ekonomik büyüme konusunda enerjiye yer verilmemesini eleştiren ekolojik iktisat ve fiziksel üretim teorisi yaklaşımında enerji, temel üretim faktörü olarak ele alınmıştır. Bu yaklaşıma göre; enerji olmaksızın diğer üretim faktörlerinin üretim sürecinde etkili olamayacağı düşünülmektedir (Yapraklı ve Yurttançımaz, 2012).

Enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi farklı analiz araçlarıyla çok kez sınanmıştır. Enerji ve ekonomik büyüme ilişkisini araştırırken kullanılan değişkenler genellikle; enerji tüketimi, ekonomik büyüme, cari açık, enerji verimliliği, karbon salınımı ve GSYİH gibi zamansal verilerdir. Bu değişkenler kullanılırken göz önünde bulundurulması gereken nokta; incelenen ülkelerin kayıtdışı ekonomilerinin varlığının değişkenler arasındaki ilişkilerin beklenenin dışında oluşmasına neden olmasıdır (Aytaç, 2010: 484). Türkiye’de kayıtdışı ekonominin varlığı, kaçak elektrik kullanım oranlarının yüksekliği düşünüldüğünde, ülke için yapılacak bu yönde bir ekonometrik analizin sonuçları tartışılabilir.

Enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi tek bir ülke bazında veya AB, OECD, Afrika ülkeleri gibi grup ülkeler arasında ele alınmaktadır. Bu ilişkinin yönünü ve yoğunluğunu araştıran, dünyada birçok çalışma yapılmıştır ve yapılmaktadır.

3.4. Dünyada ve Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

Ekonomik kalkınma süreci açısından enerjinin oynadığı temel rol, özellikle iki büyük küresel enerji kriziyle birlikte (Lee ve Chang, 2005: 2282) tartışılmaya başlanmıştır. Bu tartışmalar genellikle enerji ile ekonomik büyüme ilişkisinin yönüyle ilgili gelişmiştir. 1970’li yıllarda yaşanan enerji krizleri, dikkatleri enerji ve ekonomik büyüme ilişkisine çevirmiş ve bu bağlamda, enerji ve ekonomik büyüme arasında çeşitli tekniklerle ve farklı değişkenlerle ilişki aranmıştır.

Christopher Sims ekonometrik yöntem olarak VAR modelini geliştirmiş ve çalışmalar yapmıştır (Yurdakul, 1999: 87). Clive Granger’in uzun çalışmaları

sonucunda geliştirdiği ekonometrik teori ve pratik ise, bilgilendirme açısından faydalı bir çalışma olmuştur (White ve Pettenuzzo, 2010). Granger nedensellik testi ile birçok değişken arasında bağıntı bulunmaya ve yorumlanmaya çalışılmaktadır. Son yıllarda enerji ve ekonomi ilişkisini araştıran birçok çalışma farklı değişkenler kullanılarak yapılmıştır. Ampirik bulgular açısından, enerji tüketiimi ve ekonomik faaliyetler arasındaki nedenselliğin yönü genellikle Granger tekniği kullanılarak bulunmaya çalışılmaktadır. Yapılan çalışmalardan bazıları enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru veya ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir Granger nedenselliği bulurken, diğerleri “yansızlık hipotezini” (herhangi bir yönde nedenselliğin olmadığını) saptamış veya iki yönlü nedensellik bulmuşlardır (Aydın, 2010).

Enerji ve ekonomi ilişkisinin ilk analizini yapan Kraft ve Kraft (1978), ABD için, 1947-1974 dönemi enerji tüketimi ve GSMH verilerini kullanarak Sims tekniği ile enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi aramıştır. Araştırmanın sonunda Yazarlar, ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir ilişki bulmuşlardır.

Akarca ve Long (1979), ABD için Ocak 1973 ve Mart 1978 aylık enerji tüketimi ve ekonomik büyüme verilerini kullanarak Granger nedensellik testi uygulamışlardır. Sonuç olarak, enerji tüketimi ve büyüme verilerine yönelik herhangi bir ilişkinin bulunmadığını belirtmişlerdir.

Yu ve Hwang (1984), 1947-1979 dönemi güncelleştirilmiş ABD verilerini kullanarak GSMH ve enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmışlardır. Bunun yanında ikincil bir katkı olarak, enerji tüketimi ve istihdam arasındaki nedensel ilişkiyi de araştırmışlardır. Sims tekniği uygulayan yazarlar, istihdamdan enerji tüketimine doğru hafif tek yönlü bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Erol ve Yu (1987), ABD için, Ocak 1973 – Haziran 1984 dönemini kapsayan enerji ve istihdam serileri arasında bir nedensellik olup olmadığını, Sims nedensellik testi ve Box-Jenkins prosedürü ile yaptıkları analizle araştırmışlardır. Sonuç olarak Yazarlar, Toplam istihdam açısından enerji tüketiminin tarafsızlığını destekleyen

hipotezlere yakın bulgular elde etmiştir. Bu görüşe göre; enerji tasarrufu toplam istihdamda bir artış veya azalışa yol açmayacaktır.

Cheng (1995), ABD için, 1947-1990 dönemine ait enerji tüketimi ve ekonomik büyüme verilerini kullanarak, iki değişkenli ve çok değişkenli bir model ile, koentegrasyon yöntemi ve Granger nedensellik testi uygulamıştır. Sonuç olarak, enerji ve GSMH'nın arasında tek yönlü bir ilişki bulmuştur. Cheng'in çalışmasına göre; enerji tüketimi ve sanayi üretimi arasında nedensel bir ilişki vardır. Hizmet odaklı enerji ve ekonomi alanındaki değişiklikler GSMH üzerinde az etkili olabilir veya hiç etkili olmayabilir. Yazar, ülkede uygulanacak bir enerji tasarrufu politikasının ekonomik büyümeyi olumsuz etkilememe ihtimali olduğunu belirtmiştir.

Masih ve Masih (1996), 1955-1990 dönemi için Hindistan, Pakistan, Endonezya, Malezya, Singapur ve Filipinler'de, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme yıllık verilerine Koentegrasyon ve Granger nedensellik testi uygulamışlardır. Enerji ve büyüme arasında Hindistan, Pakistan ve Endonezya'da koentegrasyon olduğu, Malezya, Singapur ve Filipinler'de koentegrasyon olmadığı, Hindistan'da Granger nedenselliğin yönünün enerjiden büyümeye doğru, Pakistan ve Endonezya'da ise büyümeden enerjiye doğru olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ghosh (2000), Hindistan için, 1950-51 ve 1996-97 dönemlerini kapsayan kişi başına elektrik tüketimi ile GSYİH'nın yıllık verilerine Granger nedensellik testi uygulamıştır. Sonuç olarak; değişkenler arasında uzun dönemde bir denge ilişkisi bulamamıştır. Ancak, ekonomik büyümeden kişi başına elektrik tüketimine doğru tek yönlü bir Granger nedenselliği bulmuştur.

Asafu ve Adjaye (2000), Enerji ve Gelir arasındaki ilişkiyi Hindistan ve Endonezya için 1973-1995 dönemini, Tayland ve Filipinler için 1971-1995 dönemini kapsayan yıllık zaman serilerini kullanarak, koentegrasyon ve hata düzeltme modeli ile nedensellik ilişkilerini araştırmıştır. Sonuç olarak; Hindistan ve Endonezya için, tek yönlü Granger nedensellik söz konusu olurken, Tayland ve Filipinler için ise, çift yönlü Granger nedensellik söz konusudur.

Soytaş, Sarı ve Özdemir (2001), 1960-1995 dönemi verilerini kullanarak, Türkiye için GSMH ve enerji tüketimi ilişkisini analiz etmişlerdir. Durağanlıklarını aldıkları verileri Johansen-Juselius eşbütünleşme testi ile ilişkilendirmişlerdir. Sonuç olarak, enerji tüketiminden GSYİH'ya doğru tek yönlü bir nedensellik bulmuşlardır. Ampirik bulgular ışığında, olası bir enerji koruma programının ekonomik büyümeye zarar vereceğini belirtmişlerdir.

Hondroyiannis, Lolos ve Papapetrou (2002), 1960-1996 dönemi yıllık verilerini kullanarak, Yunanistan'ın istihdam, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında vektör hata düzeltme modeliyle ampirik bir ilişki bulmaya çalışmışlardır. Ampirik bulgular, üç değişken arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Paul ve Bhattacharya (2004), Hindistan'da ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ilişkisini farklı bir yönde incelemişlerdir. 1950-1996 yılları arası verileri, standart Granger nedensellik testi ile Engle-Granger eşbütünleşme yaklaşımını kombine ederek uygulamışlardır. Enerji ve ekonomik büyüme arasında iki yönlü nedensellik olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, değişkenlere Johansen çok değişkenli eşbütünleşme tekniği uygulanmış, daha önceki çalışmalardan çıkan sonuçlardan farklı olarak enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında aynı yönde nedensellik bulmuşlardır.

Altınay ve Karagöl (2004), Türkiye'de GSMH ve enerji tüketimi ilişkisini 1950-2000 dönemi verileriyle, Granger tekniğinin versiyonu olan Hsiao tekniği ile analiz etmişlerdir. Değişkenler arasındaki nedenselliği tespit etmek için birim kök ve nedensellik testleri yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda, Türkiye'de enerji tüketimi ve GSYİH arasında hiçbir bağ bulamamışlardır.

Lee ve Chang (2005), Tayvan için 1955-2003 yılları enerji tüketimi ve ekonomik büyüme verilerini kullanarak, enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde nasıl bir etkisi olduğunu, birim kök testiyle araştırmışlardır. Yazarlar, enerjinin ekonomik büyüme için itici bir güç olduğunu ve bundan dolayı enerji tasarrufunun ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkileyeceğini belirtmişlerdir.

Yoo (2005), eşbütünleşme ve hata düzeltme modellerini kullanarak 1970-2002 dönemi Kore’de elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki kısa ve uzun dönemli bir nedensellik ilişkisini incelemiştir. Genel sonuçlar, elektrik tüketimiyle ekonomik büyüme arasında iki yönlü nedenselliğin bulunduğunu göstermiştir.

Şengül ve Tuncer (2006), Türkiye’nin 1960-2000 dönemi ticari enerji kullanımı, reel enerji fiyatları endeksi ve GSYİH yıllık verilerini kullanarak Toda ve Yamamota çalışmasına dayalı gecikmesi artırılmış VAR yöntemi kullanmış ve ticari enerji kullanımından GSYİH’ye doğru tek yönlü bir nedensellik bulmuşlardır.

Jobert ve Karanfil (2007), 1960-2003 yılları arasında Türkiye’de enerji tüketiminin ayrıntılı bir analizini yapmıştır. Johansen eşbütünleşme testi ile, gelir ve enerji tüketimini araştırmışlardır. Bu analizi iki şekilde, genel olarak ve endüstri kesimine yönelik olarak yapmışlardır. Sonuç olarak; GSMH ve enerji tüketimi arasında ve endüstriyel enerji tüketimi ile endüstriyel katma değer arasında uzun dönemde bir ilişki bulamamışlardır.

Lise ve Montfort (2007), 1970-2003 dönemi, Türkiye’de enerji tüketimi ve GSYİH yıllık verilerini kullanarak, eşbütünleşme analizi ile enerji tüketimi ve GSYİH arasında bir bağıntı bulmaya çalışmışlardır. Analiz sonucunda, enerji tüketimi ve GSYİH arasında bir entegrasyona rastlamışlar ve bu durumu değişkenler arasında iki yönlü bir nedensellik bulunduğu görüşüne açıklamışlardır.

Mucuk ve Uysal (2009), Türkiye’de 1960-2006 dönemine ait yıllık reel GSMH ve enerji tüketiminin verileri üzerine, birim kök testi, eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testi, etki-tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması uygulamıştır. Ampirik bulgular değişkenlerin eşbütünleşik olduklarını ve Granger nedenselliğinin enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru gerçekleştirdiğini göstermektedir.

Odhiambo (2009), 1971-2006 dönemi verilerini kullanarak Tanzanya’da enerji tüketimi ile ekonomik büyümenin zamanlararası nedensel ilişkisini incelemiştir. Analizde, sınır testi yaklaşımı kullanarak enerji tüketimine yönelik iki yakınlık

kullanmışlardır. Bunlar; kişi başına enerji tüketimi ve kişi başına elektrik tüketimidir. Sınır testi uygulamalarının sonucunda uzun dönemli değişkenlerin birlikte hareket ettikleri sonucuna ulaşılmıştır. Granger nedensellik testi uygulamasında da enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir ilişki bulunmuştur.

Demirbaş, Türkay ve Türkoğlu (2009), 1984-2008 yıllarını kapsayan Türkiye'nin cari açığı ile ham petrol fiyatlarını yıllık veriler kullanarak, eşbütünleşme testleri ile cari açık ve ham petrol fiyatları arasında bir ilişki bulmuşlardır. Buna göre; petrol fiyatlarındaki artış, cari açığı artırıcı etki yapmaktadır.

Kıran ve Güris (2009), 1968-2005 yılları arası GSYİH ve elektrik tüketimini Türkiye için analiz etmişlerdir. Birim kök testi ve Granger nedensellik testi uyguladıkları verilerde, sözkonusu değişkenler arasında çift yönlü Granger nedenselliği olduğunu belirtmişlerdir.

Güvenek ve Alptekin (2010), 1980-2005 yılları arasında 25 OECD ülkesinin GSMH ve enerji tüketimi verilerini alarak, Panel Data Analizi ile bu ülkelerdeki nihai enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkileri tahmin etmeye çalışmışlardır. Bulgularına göre; bu ülkelerde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında dikkate değer bir ilişki bulunmamaktadır.

Polat, Uslu ve San (2011), Türkiye'de elektrik tüketimi, istihdam ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi, 1950-2006 dönemine ait verilerle araştırmıştır. Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ARDL sınır testi ve çok değişkenli hata düzeltme modeline dayanan Granger nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Yazarlar, çıkan sonuca göre, analize dahil ettikleri değişkenler arasında uzun dönemde bir eşbütünleşme olduğunu belirtmektedirler.

Çınar (2011), 1971-2007 döneminde OECD ülkeleri için kişi başına karbon salınımı ve reel kişi başına GSYİH ilişkisini, birim kök testi, eşbütünleşme testi ve uzun dönem katsayılarını araştırmıştır. Ekonometrik uygulamaların sonucunda, gelir ve karbon salınımı arasında eşbütünleşme ilişkisi ve istatistiki olarak anlamlı doğrusal

uzun dönem katsayılarına ulaşmıştır. Yazar, gelir artışının kirlilik düzeyini artırdığı sonucuna varmıştır.

Yanar ve Kerimoğlu (2011), 1975-2009 yılları arasında Türkiye’de enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve cari açık ilişkisini eşbütünleşme testi doğrultusunda analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve cari açık arasında uzun dönemli bir ilişkinin var olduğunu Johansen eşbütünleşme testi ile belirlemişlerdir. Vektör hata düzeltme modeli ile büyüme arttıkça enerji tüketiminin artacağını, bu durumda cari açığı artırıcı bir etki yaratacağını belirtmişlerdir. Yazarların yaptığı analizde, nedenselliğin yönü, enerji tüketiminden büyümeye doğru etkili, büyüme ile cari açık arasında ise çift yönlü ancak zayıf bir ilişki olarak gerçekleşmiştir.

Adebola (2011), Bostvana için, 1980-2008 yıllarına ait elektrik tüketimi ve reel GSYİH yıllık verilerine, Granger nedensellik testi uygulamıştır. Elektrik tüketiminden GSYİH’ya doğru tek yönlü bir nedensellik bulmuştur.

Dramani, Tandoh ve Tewari (2012), 1970-2010 dönemi için Ghana’da elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmada birim kök ve eşbütünleşme testi ile sözkonusu değişkenler arasında yapısal kırılmaları hesaplamışlardır. Ayrıca, değişkenlere Granger nedensellik testi uygulanmış, ekonomik büyümeden elektrik tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir.

Ahmad, Hayat, Hamad ve Iuqman (2012), 1973-2006 dönemi yıllık verilerini kullanarak, Pakistan için, bağımlı değişken olarak GSYİH ve bağımsız değişken olarak enerji tüketiminin ilişkisini, Granger nedensellik testi ile araştırmışlardır. Sonuç olarak, GSYİH’dan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar, Pakistan ekonomisinin enerjiye bağımlı olduğunu, enerji tasarrufunun ekonomik büyümeyi azaltacağını savunmuşlardır. Alternatif kaynaklara yönelik çalışmaların enerjide dışa bağımlılığı azaltacağı sonucuna varmışlardır.

Yapraklı ve Yurttaçıkırmaz (2012), 1970-2010 dönemi için Türkiye’de elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedenselliği araştırmışlardır. Eşbütünleşme ve hata düzeltme geliştirilmiş Granger nedensellik testi uygulamışlardır. Analiz sonucunda; Türkiye’de elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında iki yönlü bir nedensellik olduğunu belirtmişlerdir.

Dünyada ve Türkiye’de yapılan çalışmalar özet halinde Tablo 3.1’de verilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi için farklı sonuçların çıkabildiğini göstermektedir.

Tablo 3.1. Literatür

Çalışma	Ülke(ler)	Dönem	Model	Bulgu
Kraft ve Kraft (1978)	ABD	1947-1974	Sims Tekniği	Ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir ilişki vardır.
Akarca ve Long (1979)	ABD (Ocak 1973 – Mart 1978)	Ocak 1973 Mart 1978	Granger Nedensellik Testi	Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi yoktur
Yu ve Hwang (1984)	ABD	1947-1979	Sims Tekniği	İstihdamdan enerji tüketimine doğru hafif bir nedensellik vardır
Erol ve Yu (1987)	ABD	Ocak 1973 Haziran 1984	Sims Tekniği ve Box-Jenkins Yöntemi	Enerji tasarrufu toplam istihdam üzerinde etkisizdir
Cheng (1995)	ABD	1947-1990	Koentegrasyon Yöntemi ve Granger Nedensellik Testi	Enerji ve GSMH arasında tek yönlü bir ilişki vardır
Masih ve Masih (1996)	Hindistan, Pakistan, Endonezya, Malezya, Singapur, Filipinler	1955-1990	Koentegrasyon Yöntemi, Granger Nedensellik Testi	Hindistan, Pakistan ve Endonezya’da enerji ve büyüme arasında Koentegrasyon vardır. Hindistan’da nedenselliğin yönü enerjiden büyümeye doğru, Pakistan ve Endonezya’da nedensellik büyümeden enerjiye doğrudur
Ghosh (2000)	Hindistan	1950-51/1996-97	Granger Nedensellik Testi	Ekonomik büyümeden kişi başına elektrik tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik vardır
Asafu ve Adjaye (2000)	Hindistan, Endonezya, Tayland, Filipinler	H-E 1973-1995 T-F 1971-1995	Granger Nedensellik Testi	Hindistan ve Endonezya için tek yönlü nedensellik vardır. Tayland ve Filipinler için çift yönlü Granger nedenselliği vardır
Soytaş, Sarı ve Özdemir (2001)	Türkiye	1960-1995	Johansen- Juselius Eşbütünleşme Testi	Enerji tüketiminden GSYİH’ya doğru tek yönlü bir nedensellik vardır
Hondroyannis, Lolos ve Papapetrou (2002)	Yunanistan	1960-1996	Vektör Hata Düzeltme Modeli	İstihdam, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişki vardır
Paul ve Bhattacharya (2004)	Hindistan	1950-1996	Granger Nedensellik Testi, Engle-Granger Eşbütünleşme	Enerji ve ekonomik büyüme arasında iki yönlü nedensellik vardır
Altınay ve Karagöl (2004)	Türkiye	1950-2000	Birim Kök Testi ve Granger Nedensellik Testi	Enerji tüketimi ve GSYİH arasında bağ yoktur
Lee ve Chang (2005)	Tayvan	1955-2003	Birim Kök Testi	Enerji ekonomik büyüme için itici bir güçtür
Yoo (2005)	Kore	1970-2002	Eşbütünleşme ve Hata Düzeltme Modeli	Elektrik tüketimiyle ekonomik büyüme arasında iki yönlü nedensellik vardır
Şengül ve Tuncer (2006)	Türkiye	1960-2000	VAR Yöntemi	Ticari enerji kullanımından GSYİH’ya doğru tek yönlü bir nedensellik vardır

Tablo 3.1.(devamı) Literatür

Jobert ve Karanfil (2007)	Türkiye	1960-2003	Johansen Eşbütünleşme Testi	GSMH ve enerji GSMH ve Enerji tüketimi arasında ve endüstriyel enerji tüketimi ile endüstriyel katma değer arasında uzun dönemde bir ilişki bulunmamıştır
Lise ve Montfort (2007)	Türkiye	1970-2003	Eşbütünleşme Analizi	Enerji tüketimi GSYİH arasında iki yönlü bir nedensellik vardır
Yapraklı ve Yurttaçıkırmaz (2012)	Türkiye	1970-2010	Granger Nedensellik Testi	Elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında iki yönlü bir nedensellik vardır
Mucuk ve Uysal (2009)	Türkiye	1960-2006	Birim Kök Testi, Eşbütünleşme Testi ve Granger Nedensellik Testi	Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru Granger nedensellik vardır
Odhiambo (2009)	Tanzanya	1971-2006	Sınır Testi, Granger Nedensellik Testi	Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir ilişki vardır.
Demirbaş, Türkay ve Türkoğlu (2009)	Türkiye	1984-2008	Eşbütünleşme Testi	Petrol fiyatlarındaki artış, cari açığı artırıcı etki yapmaktadır
Kıran ve Gürış (2009)	Türkiye	1968-2005	Birim Kök Testi ve Granger Nedensellik Testi	GSYİH ve elektrik tüketimi arasında çift yönlü bir Granger nedensellik vardır
Güvenek ve Alptekin (2010)	25 OECD ülkesi	1980-2005	Panel Data Analizi	Enerji tüketimiyle ekonomik büyüme arasında önemli bir ilişki yoktur
Polat Uslu ve San (2011)	Türkiye	1950-2006	Granger Nedensellik Testi	Elektrik tüketimi, istihdam ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemde bir eşbütünleşme vardır
Çınar (2011)	OECD	1971-2007	Birim Kök Testi ve Eşbütünleşme Testi	Gelir ve karbon salınımı arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır
Yanar ve Kerimoğlu (2011)	Türkiye	1975-2009	Eşbütünleşme Testi	Enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve cari açık arasında uzun dönemli bir ilişki vardır.
Adebola (2011)	Bostvana	1980-2008	Granger Nedensellik Testi	Elektrik tüketiminden GSYİH'ya tek yönlü bir nedensellik vardır
Dramani, Tandoh ve Tewari (2012)	Gana	1970-2010	Birim Kök Testi, Eşbütünleşme Testi ve Granger Nedensellik Testi	Ekonomik büyümeden elektrik tüketimine doğru tek yönlü Granger nedenselliği vardır.
Ahmad, Hayat, Hamad ve Iuqman (2012)	Pakistan	1973-2006	Granger Nedensellik Testi	GSYİH'dan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik vardır

3.5. Zaman Serisi Analizi

Zaman serisi; gözlemlenen değişkenlerin değerlerinin belli zaman aralıklarıyla sıralanmasını ifade etmektedir. Günlük, haftalık, aylık veya üç aylık ve yıllık olarak sıralanmış verilere zaman serisi denmektedir. Zaman serilerine örnek vermek gerekirse; “yıllık istihdam artışı”, “aylık cari hesap”, “haftalık hava tahmini” ve “günlük gazete satışı”... vb. eşit zaman aralıklarıyla sıralanmış serilerdir. “t” zamanı gösterirken, zaman serileri $Y=f(X_t)$ şeklinde gösterilmektedir.

Genel olarak zaman serisi verileri deterministik ve stokastik özellikler taşımaktadır. Serilerde sabit, trend ve mevsimsellik bileşenlerinin bulunup bulunmadığı durumu deterministik, durağan olup olmadıkları durumu ise stokastik özellikleridir.

Belli bir zaman serisi üzerinde inceleme yaparken geçmiş zamanın gelecek zaman üzerindeki etkisini bilmek gerekmektedir. Zaman serilerinde bir sonraki döneme ait verinin bilinmemesi, bir başka deyişle rassal değişkenler olması aynı zamanda stokastik seriler olduklarını göstermektedir. Bu da zaman serilerinin durağan olmama sorununu ortaya çıkarmaktadır. Zaman serileri ortalamadan gösterdiği sapmalara göre durağan veya durağan olmayan şeklinde ikiye ayrılmaktadır (Şahbaz, 2007). Zaman serileri dört bileşenden oluşmaktadır:

Bu bileşenlerden *Uzun dönem zaman bileşeni* (Trend), zaman serilerinin yükselme ve düşme süreçlerinden sonra kararlı duruma gelmelerini ifade etmektedir. Zaman serileri artan veya azalan trende sahip olabilmektedir. Diğer bir bileşen ise *Mevsim bileşeni*'dir. Periyodik ve döngüsel bir etki olan mevsimsel etki, zaman serilerinin mevsimlere göre değişimlerini ifade etmektedir. Örneğin, yaz aylarında artan tarım işçileri sayısı gibi önemli ölçüde mevsimsellik taşıyan seriler düzeltmeye tabi tutulmaktadırlar. Mevsimsel etki, günlük, aylık ve üç aylık gibi yıldan az zaman dilimleri için geçerli bir etkidir. Yıllık zaman serilerinde mevsimsel etki görülemeyeceğinden bu tip zaman serisi değişkenlerinde mevsimsel etki aranmamaktadır. Zaman serilerinde bulunan bir diğer bileşen döngüsel fakat periyodik olmayan , genellikle ekonomide kısa süreli genişleme veya daralma durumlarını ifade eden *konjonktürel bileşendir*. Son olarak *Rassal bileşen* (Random Walk) ise, belirli olmayan, öngörülemeyen, etkisi diğer unsurların etkisinin belirlenmesinden sonra hesaplanabilen ve hata terimi ile ifade edilebilen değişimlerdir.

Zaman serilerinin bütün bileşenlerinden ayrıştırıldıktan sonra, belirli bir "t" döneminde "Y_t" zaman serisi $Y_t = T_t$ (Trend bileşeni) + S_t (Mevsimsel bileşen)+ C_t (Konjonktürel etki) + R_t (Rassal etki) bileşenlerinin toplamı olarak ifade edilir.

Zaman serileriyle analiz yapmak için, sözkonusu serilerin mevsimsellik ve trend gibi bileşenlerinden arındırılması gerekmektedir. Değişkenler arasında anlamlı ilişkiler bulabilmek için sözkonusu değişkenlerin güçlü trend taşımamaları gerekir.

3.5.1. Zaman serilerinde durağanlık

Zaman serilerinde durağanlık, analize konu edilen serilerin ortalamalarının ve varyansının sabit olması demektir. Bir zaman serisinin durağan nitelik taşıması için deterministik yapıda olmayan, d'ninci farkı alındıktan sonra otoregresif hareketli ortalamalar (ARMA) özelliğine sahip olması demektir. Bir başka ifade ile, Y_t değişkeni için, $Y_t \rightarrow I(d)$ olduğunda $d = 0$ ise, seri durağan, $d = 1$ ise, seri birinci farkı alındığında durağandır. Değişkenler arasında anlamlı ilişkilerin bulunabilmesi için serilerin durağanlıklarının alınması gerekmektedir.

Değişkenlerin durağanlıklarını sağlamak amacıyla çeşitli yöntemler uygulanabilmektedir. Serilerin logaritmalarını alma, fark alma, filtreleme ve trendden arındırma gibi işlemler uygulanarak serilerin durağanlıkları sağlanabilmektedir.

3.5.2. Birim kök testleri

Birim kök testleri, zaman serilerinde durağanlık olup olmadığını sınamak için kullanılan yöntemlerdir. Eğer bir zaman serisi birim kök taşıyorsa durağan değil, birim kök taşııyorsa durağandır. Birim kök, bir zaman serisini ifade eden eşitliğin karakteristik köklerinin mutlak değerlerinin "1"e eşit olduğunu ifade etmektedir. Durağanlaştırma yöntemi olan birkaç birim kök testleri mevcuttur. Bu testlerin bazılarından bahsetmek yerinde olacaktır.

Dickey-Fuller testi

DF testi, D.A. Dickey ve W.A. Fuller tarafından 1970'li yıllarda geliştirilmiş, zaman serilerinin durağan olup olmadıklarını araştıran bir yöntemdir (Dickey ve Fuller, 1979). Sık kullanılan bu yöntem ile sözkonusu zaman serilerinin durağanlıkları kontrol edilebilmektedir. Örneğin; Y_t zaman serisi değişkeni için;

$$Y_t (\text{Değişken}) = \rho Y_{t-1} + u_t (\text{hata terimi})$$

modeline bakılacak olursa, $\rho = 1$ ise, Y_t değişkeninin birim köke sahip olduğu söylenebilmektedir. Aynı şekilde $\rho = 1$ sıfır hipotezi τ (tau) istatistiği ile sınanır

(Dickey ve Fuller, 1979). Modelde çıkan τ (tau) istatistiği, DF test istatistiğinin mutlak değerinin Mac Kinnon (1991) tarafından hazırlanan DF kritik tablo τ değerinin mutlak değerini aşıp aşmadığına bakılır. DF test istatistiğinin değeri Mac Kinnon kritik değerlerinden küçükse *sıfır hipotezi* reddedilemez ve zaman serisinde birim kök olduğu gözlemlenir. Aksine, DF test istatistiği değeri Mac Kinnon kritik değerlerinden büyükse zaman serisinin durağan olmadığını savunan *sıfır hipotezi* reddedilir.

Genişletilmiş Dickey-Fuller testi

Zaman serisi değişkenlerinin durağanlıklarını kontrol etmede sıkça kullanılan bir yöntem de Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testidir. Otoregrasif bir modelde yer alan hata terimi otokorelasyona sahipse DF testi verimli bir test olmamaktadır (Maddala ve Kim, 1998). Hata terimi otokorelasyona sahipse, zaman serisinin gecikmeli değerleri kullanılarak otokorelasyon ortadan kaldırılabilir. Bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini bağımsız değişken olarak modele alan ADF testinde, gecikme sayısı Akaike ve Schwarz bilgi kriterlerine göre belirlenmektedir. ADF test istatistiği DF test istatistiğinde olduğu gibi Mac Kinnon kritik değerleriyle karşılaştırılmaktadır.

Çalışmada ele alınan zaman serilerinin durağan olup olmadıkları ADF birim kök testi ile araştırılacaktır. Literatürde sık kullanılan bir birim kök testi olan ADF testi, serilerin sabitsiz, sabitli trendsiz ve sabitli trendli olarak durağanlıklarını sınamak için geliştirilen bir yöntemdir.

ADF testi ile, çalışmadaki serilere uygulanacak birim kök testinin denklemleri ADF testinde otoregresif süreçleri içeren *sabitsiz*, *sabitli-trendsiz* ve *sabitli trendli* modeller olarak şu şekilde verilmektedir:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=2}^k \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + u_t \quad \text{Sabitsiz} \quad (1)$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=2}^k \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + u_t \quad \text{Sabitli-trendsiz} \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + Y_{t-1} + \sum_{i=2}^k \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + u_t \quad \text{Sabitli-trendli} \quad (3)$$

Denklem (1) ve (3)'te yer alan ve “k” sayıda gecikmeli otoregresif süreçleri içeren regresyonlar için hesaplanan $\hat{\delta}$ (tau) istatistikleri $\delta = 0$ hipotezini test etmek için kullanılmaktadır. (1) ve (3) numaralı regresyon modellerinde anlamlılık testleri sonucunda; $H_0 = \delta = \alpha = 0$

$$H_0 = \delta = \alpha = \beta = 0$$

$$H_0 = \delta = \beta = 0$$

biçimindeki 0 hipotezlerinin ya reddedilmesi ya da kabul edilmesi gerekecektir.

Denklem (1) ve (3)'teki ADF modellerinin temel farklılıkları sabit terim ve zaman trendidir. Denklem (3)'te yer alan “ α ” sabit terimi, “t” deterministik trendi ve “k” gecikme uzunluğunu temsil etmektedir.

Phillips Perron testi

Phillips ve Perron (1998), hata terimlerindeki otokorelasyon sorununu ortadan kaldırmak amacıyla ADF testinde olduğu gibi modele gecikmeli değerleri eklemek yerine, parametrik olmayan istatistiksel yöntemler kullanır. PP testinde, test istatistiklerinin asimtotik dağılımı üzerindeki otokorelasyonun etkilerini kaldırmak için istatistikler dönüştürülür. PP testinde kullanılan kritik değerler DF testinde olanlar ile aynıdır. Her iki testte de “t” istatistiğinin kritik değerlerden büyük olması 0 hipotezinin reddedilmesini gerektirir (Şahbaz, 2007). PP testinde kullanılan denklem: $Y_t = \alpha + \delta Y_{t-1} + u_t$ şeklindedir.

3.5.3. Granger nedensellik testi

Clive Granger tarafından geliştirilen nedensellik testi, değişkenler arasındaki ilişkinin yönünün belirlenmesinde en fazla kullanılan tekniklerden birisidir (Mucuk ve

Uysal, 2009: 109). Granger'in geliştirdiği teknikte kullanılan model; X değişkeninin başka bir Y değişkenine, X'teki ve Y'deki bilgi veri iken eğer Y değişkeni sadece X'e ait geçmiş değerlerin kullanımı ile tahmin edilirse Granger nedeni olmaktadır şeklinde dir. Başka bir ifade ile, X değişkeninin geçmiş değerlerine ait bilgiye sahip olma, Y'nin daha kesin bir biçimde ngrlmesine imkan veriyorsa X değişkeni, Y değişkeninin Granger nedenidir şeklinde olmaktadır (Takım, 2010: 12).

Granger nedensellik testi için kullanılan iki denklem aşağıda verilmiştir:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \varphi_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^q \delta_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \pi_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^q \lambda_i Y_{t-i} + \mu_t \quad (5)$$

Yukarıdaki denklemde; α ve β sabit terimleri, φ , δ , π , λ gecikmeli değişkenlerin tahmin edilen katsayılarını, p ve q X ve Y serilerinin optimal gecikme uzunluklarını temsil etmektedir. Bu modellerde, bağımsız değişkenlerin gecikmeli değerlerinin katsayılarının sıfıra eşit olup olmadığı test edilmektedir. Denklem (4)'te F-testi kullanılarak hipotezin reddedilmesi durumunda X'in Y'nin Granger nedeni olduğu sonucuna ulaşılır. Denklem (5)'te hipotezin reddedilmesi durumunda ise, Y'nin X'in Granger nedeni olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

3.5.4. Veri ve ekonometrik yöntem

Bu alışmada, Türkiye'de enerji tüketimi (Elekt. Tk.) ile ekonomik büyüme (GSYİH) ve karbon salınımı (Karb.Sal.) arasındaki ilişkinin analizi yapılacaktır. Veri olarak; 1980-2011 dönemine ait kişi başına GSYİH, kişi başına elektrik tüketimi ve kişi başına karbon salınımı yıllık serileri kullanılacaktır. Analizde kullanılacak olan bu

seriler, Dünya Bankası'nın veri tabanından ve Türkiye İstatik Kurumu internet sitesinden alınmıştır. Ekonomik büyüme için alınan kişi başı GSYİH verileri dolar bazında, enerji tüketimi için alınan kişi başına elektrik tüketimi kW/s cinsinden ve kişi başına karbon salınımı verileri ise metrik ton olarak alınmıştır.

Verilere uygulanacak olan ekonometrik analizde ilk olarak sözkonusu serilerin durağanlıkları birim kök testi ile kontrol edilecektir. Eğer seriler durağan haldeyse aralarında nedensellik ilişkisi aranacak, eğer durağan değillerse durağan hale getirilip nedensellik analizi o şekilde yapılacaktır. Nedensellik bulunursa yönü ve şiddeti tespit edilecektir.

Türkiye için yapılacak enerji ekonomi ilişkisi arayan ekonometrik analizlerde sağlıklı sonuç alınmasının önünde bir takım sorunlar olasıdır. Bunlar; analizde kullanılan kişi başına elektrik tüketimi ve GSYİH verilerinin, gerçek tüketimi ve gerçek geliri yansıtmamasındandır. Enerji tüketim rakamlarının sağlıklı olabileceği düşüncesi Türkiye' deki kaçak elektrik kullanım oranlarının yüksek olmasındandır. TEDAŞ'ın rakamlarına göre 2008 yılında Türkiye'ye dağıtılan elektriğin %14.4 'ü kaçak kullanıma gitmiştir. Bu oran, Türkiye'de kişi başına elektrik kullanımının kişi başına gelir ile ilişkisinin araştırıldığı analizlerde ciddi sorunlar çıkarabilmektedir.

3.5.6. Birim kök testi

Zaman serisi verilerine yönelik yapılan analizlerde karşılaşılan en büyük sorun sözkonusu serilerin durağan olmamasından kaynaklanan sahte regresyon sorunudur. Değişkenler arasında yapılan analizlerde anlamlı sonuçlara ulaşmak için analiz uygulanacak serilerin güçlü bir trend taşımamaları gerekmektedir (Uzgören ve Uzgören, 2005). Birim kök testi; üzerinde analiz uygulanacak serilerin durağan olup olmadıklarını araştırmak için kullanılmaktadır. Eğer bir zaman serisi durağan değilse, durağan hale gelinceye kadar farkları alınmaktadır (Yücel ve Ata, 2003: 7). Farkları alınması dışında, bir başka durağanlaştırma yöntemi ise serilerin logaritmalarını almaktır.

Zaman serileriyle yapılan regresyon analizlerinde güçlü otokorelasyon

bulunabilmekte ve bu da analiz sonucunda yapılan yorumlarda ciddi hatalar çıkarabilmektedir (Granger ve Newbold, 1974: 118). Otokorelasyon; çoklu regresyon analizlerinde hata teriminin sıralı değerlerinin arasında ilişki bulunması durumudur. Dolayısıyla çalışmada ele alınan zaman serilerinin, bu tip sorunlarla karşılaşmamak için, logaritmaları alınmıştır.

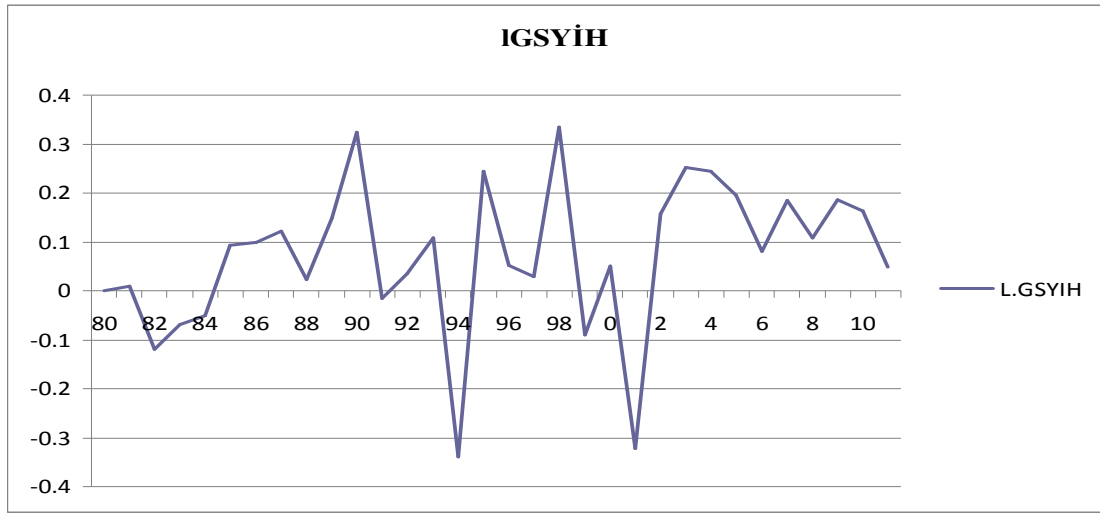
Zaman serilerinde yıllık verilerde mevsimsellikten arındırmaya gerek olmadığından verilerin mevsimselliğine bakılmamıştır. Öncelikle serilerin durağan olup olmadıkları birim kök testi ile araştırılmıştır. Çalışmada birim kök testi olarak Genişletilmiş Dickey-Fuller testi ve Phillips-Perron testi kullanılmıştır. Genel olarak, birim kök testleri Said, Dickey, Phillip ve Perron tarafından geliştirilen ADF ve PP testleriyle sınanmaktadır (Adebola, 2011). Ham verilerle yapılan birim kök testi sonuçlarına göre zaman serilerinin düzeyde durağan olmadıkları ortaya çıkmıştır. Ham verilerle yapılan birim kök testi sonucunda seriler birinci farkları alındığında durağan olmaktadır. Durağan olmama; hesaplanan ADF ve PP test istatistiklerinin MacKinnon kritik değerlerinden mutlak olarak küçük olması durumunda söz konusu olmaktadır. Ancak, P-değeri yeterince küçükse serinin durağan olmadığını söyleyen hipotez alternatif adına reddedilebilmektedir (Wooldridge, 2002). Durağanlık araştırmasında, serilerin düzeyde durağan olmadığı tespit edilmiştir. Zaman serilerine, durağanlaştırma yöntemlerinden biri olan verilerin logaritmasının alınması işlemi uygulanmış, verilerin logaritmalarının alınmasından sonra yapılan ADF testi sonucunda düzeyde durağan oldukları gözlenmiştir. Logaritmik verilerle yapılan birim kök testi sonuçları Tablo 3.2 ve Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

Logaritmik veriler için, MacKinnon kritik değerleriyle karşılaştırılarak yapılan ADF-t istatistiğinin sonucunda ADF test istatistiğinin MacKinnon kritik değerlerinden mutlak olarak büyük olması, sözkonusu zaman serilerinin birim kök içermediklerini göstermektedir (Mucuk ve Uysal, 2009: 109). Bunun yanında, P-değerlerinin yeterince küçük olmaları serilerin durağan olmadığı hipotezinin alternatif lehine reddedilmesini gerektirmektedir. P-değerinin küçük olması, %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinden küçük olması durumunu ifade etmektedir.

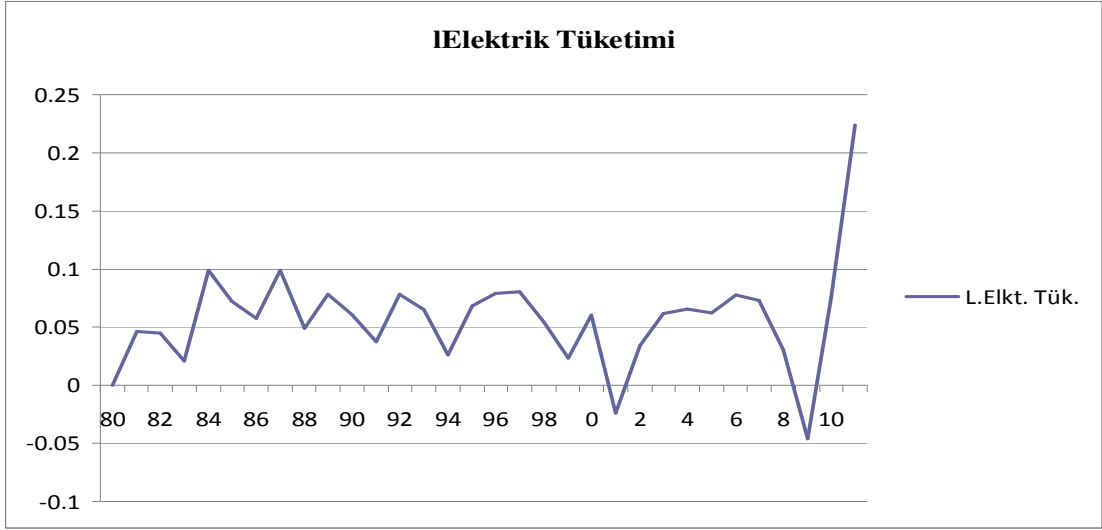
Tablo 3.2 Logaritmik Verilerle ADF VE PP Birim Kök Testlerinin Sonuçları:

Değişken	Düzey	Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test İstatistiği		Phillips-Perron (PP) Test İstatistiği		Sonuç
		Trendsiz	Trendli	Trendsiz	Trendli	
LGSYİH	Düzey	-5.868143***	-5.910425**	-5.866939***	-5.907858**	I(0)
LElekt. Tük.	Düzey	-4.397424**	-4.182403**	-1.739142	-1.693682	I(0)
LKarb. Sal.	Düzey	-6.478871***	-6.365448**	-6.494464***	-6.379421**	I(0)

Not: ADF Testinde Maksimum gecikme uzunluğu 7 olarak alınmıştır. PP Testinde optimal gecikme uzunluğu Bartlett Kernel yöntemi ile Newey West Bandwidth yöntemine göre belirlenmiştir. *** %1, ** %5, * %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

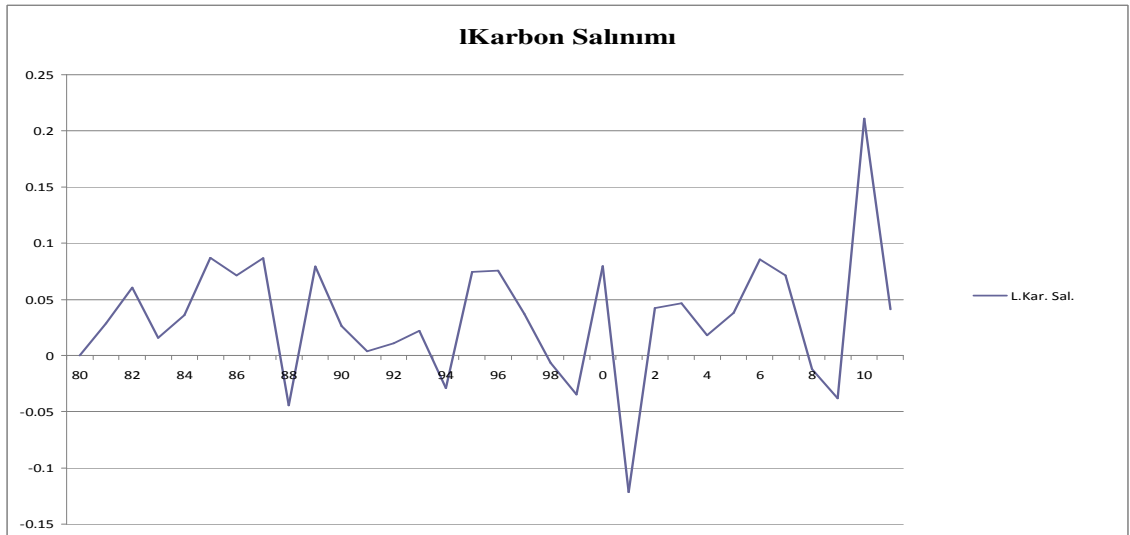
**Şekil 3.1** Logaritması alınmış verilerle yapılan birim kök testinin grafiksel gösterimi - GSYİH

Serilerin logaritmasını alarak yapılan birim kök testi sonucunda GSYİH'nın düzeyde durağan olduğu Tablo 3.2 ve Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1'nin devamı - Elektrik tüketimi

Birim kök testi, seriler arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmadan önce yapılması gereken bir testtir. Granger nedensellik testi uygulamadan önce zaman serilerinin durağanlıklarına bakmak gerekmektedir. 1980-2011 dönemi kişi başına elektrik tüketimi serisinin logaritması alınmış ve birim kök testi uygulanmıştır. Test sonucunda kişi başına elektrik tüketiminin düzeyde durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç, yukarıdaki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 3.1'nin devamı – Karbon salınımı

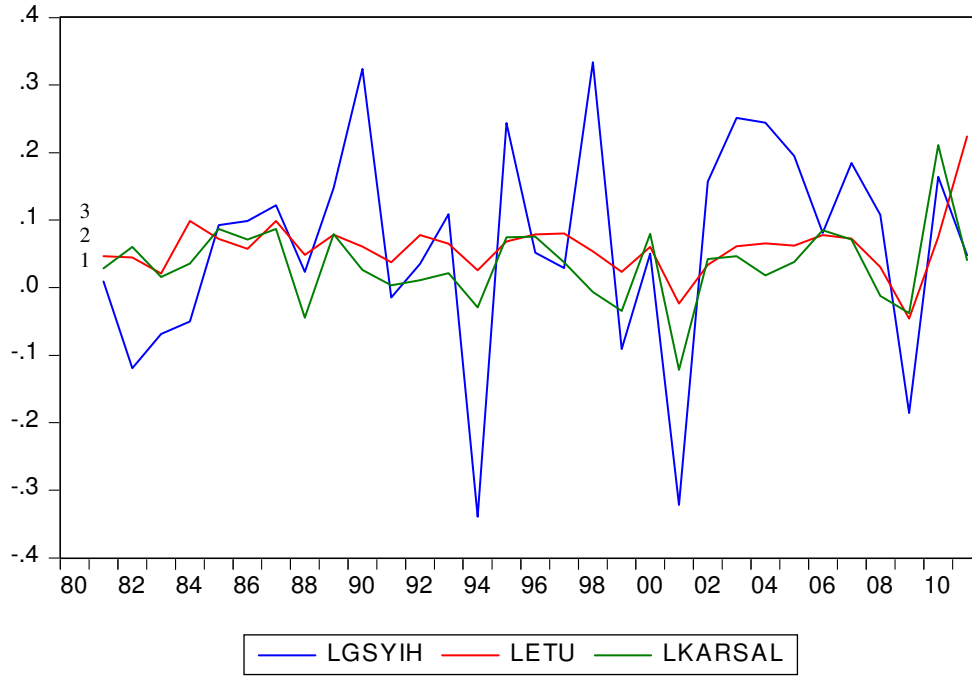
Şekil 3.1'de, kişi başına GSYİH'nın, kişi başına elektrik tüketiminin ve kişi

başına karbon salınım oranlarının logaritmalarının alınmış halleriyle yapılan birim kök testi sonuçları yer almaktadır. Bu sonuçlara göre, her üç değişkenin de düzeyde durağan oldukları gözlenmiştir. Logaritmaları alınarak yapılan birim kök testi sonucunda seriler durağan hale geldiğinden Granger nedensellik testi uygulanabilmektedir.

Tablo 3.3 Logaritmik Verilerin Tanımlayıcı İstatistikleri

	LGSYIH	IElek.Tük.	IKarb.Sal.
Ortalama	0.061746	0.059230	0.034294
Medyan	0.081184	0.061599	0.037388
Maksimum	0.333963	0.224007	0.211186
Minimum	-0.339035	-0.045789	-0.121835
Std. Dev.	0.161467	0.043670	0.058097
Çarpıklık	-0.687132	1.109483	0.160442
Basıklık	3.435162	8.698300	5.220492
Jarque-Bera	2.684038	48.30114	6.501670
Olasılık	0.261318	0.000000	0.038742
Toplam	1.914119	1.836117	1.063106
Sum Sq. Dev.	0.782152	0.057211	0.101257
Gözlemler	31	31	31

Logaritmaları alınmış serilerin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 3.3'te verilmiştir. Serilerin logaritmalarının alınması, her seride 1 veri kaybına yol açmıştır. Dolayısıyla gözlemler 31 veri üzerinden yapılmıştır.



Şekil 3.2 Logaritmik verilerin tanımlayıcı istatistiklerinin grafiksel gösterimi

Not: Şekil 3-2’de logaritmik verilerin tanımlayıcı istatistikleri grafik olarak verilmiştir. Grafikte yer alan “1” numaralı oran GSYİH’yi, “2” numaralı oran Karbon salınım oranını ve “3” numaralı oran ise Elektrik tüketim oranını göstermektedir.

3.5.7. Granger nedensellik testi uygulaması

Çalışmanın bu bölümünde değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirlemek amacıyla Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Granger nedensellik testinde değişkenler arasındaki ilişkinin yönü X’ten Y’ye veya Y’den X’e olabilmektedir. Çalışmada ele alınan değişkenler GSYİH, Elektrik Tüketimi ve Karbon Salınım oranları olduğundan üç değişkenli bir Granger testi uygulanmıştır. Durağan zaman serilerinde Granger nedensellik testi serilerin düzey değerleri kullanılarak yapılır. Eğer seriler durağan değilse birinci dereceden veya ikinci dereceden farkları alınarak Granger testi uygulanır. Serilerin durağanlıkları ham verilerle sınanmış, düzeyde durağan olmadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Serilerin logaritmik değerleri kullanıldığında düzeyde durağan oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Granger nedensellik testi iki değişken arasındaki nedensellik ilişkisini bulmak üzere geliştirilen bir yöntemdir. Kurulmaya çalışılan ilişkide üç veya daha fazla değişken söz konusu olduğunda yanıltıcı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir.

Granger nedensellik testi gecikme sayısına oldukça duyarlı olup, nedenselliğin yönü gecikmeli terim sayısına bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle Granger nedensellik testi farklı gecikmelerle yapılabileceği gibi modelde yer alan bağımsız değişkenler için ayrı ayrı gecikme uzunluğu belirlenebilmektedir. Yapılan çalışmaların çoğunda aylık verilerde kullanılan gecikme değerleri 12 veya 24, mevsimsel verilerde 4, 8 veya 12 olarak ele alınmaktadır (Takım, 2010). Çalışmada ele alınan veriler yıllık olduğundan gecikme uzunlukları 1,2 ve 3 olarak alınmış, sonuçlar Tablo 3.4, Tablo 3.5 ve Tablo 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3.4 Granger Nedensellik Testi Sonuçları:

İnceleme Dönemi: 1980-2011

Gecikme Sayısı: 1	F-İstatistik	Olasılık	Sonuç
LETU >LGSYİH	0.13422	0.7170	İlişki yoktur
LGSYİH>LETU	0.14133	0.7099	İlişki yoktur
LKARSAL>LGSYİH	0.00010	0.9920	İlişki yoktur
LGSYİH>LKARSAL	2.45673	0.1287	İlişki yoktur
LKARSAL>LETU	8.33198	0.0076	İlişki vardır
LETU>LKARSAL	4.32302	0.0472	İlişki vardır

Gözlem Sayısı : 30

Tablo 3.4, 1980-2011 dönemi Türkiye’de kişi başına GSYİH, kişi başına elektrik tüketimi ve kişi başına karbon salınım oranlarına yapılan “1” gecikmeli Granger nedensellik analizinin sonucunu göstermektedir. Bu sonuca göre; Türkiye’de kişi başına elektrik tüketimi ile kişi başına karbon salınımı arasında çift yönlü bir ilişki vardır.

Tablo 3.5 Granger Nedensellik Testi Sonuçları:

İnceleme Dönemi: 1980-2011

Gecikme Sayısı: 2	F-İstatistik	Olasılık	Sonuç
LETU >LGSYİH	0.25529	0.7768	İlişki yoktur
LGSYİH>LETU	0.36649	0.6970	İlişki yoktur
LKARSAL>LGSYİH	0.07996	0.9234	İlişki yoktur
LGSYİH>LKARSAL	1.10242	0.3483	İlişki yoktur
LKARSAL>LETU	2.03266	0.1529	İlişki yoktur
LETU>LKARSAL	1.52091	0.2388	İlişki yoktur

Gözlem Sayısı: 29

Tablo 3.5’te aynı serilerin “2” gecikmeli Granger nedensellik analizinin sonuçları yer almaktadır. Bu sonuca göre; değişkenler arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır.

Tablo 3.6 Granger Nedensellik Testi Sonuçları:

İnceleme Dönemi: 1980-2011

Gecikme Sayısı: 3	F-İstatistik	Olasılık	Sonuç
LETU > LGSYİH	0.21303	0.8862	İlişki yoktur
LGSYİH > LETU	0.44498	0.7234	İlişki yoktur
LKARSAL > LGSYİH	0.16240	0.9205	İlişki yoktur
LGSYİH > LKARSAL	1.17703	0.3423	İlişki yoktur
LKARSAL > LETU	1.54534	0.2323	İlişki yoktur
LETU > LKARSAL	1.04881	0.3917	İlişki yoktur

Gözlem Sayısı: 28

Logaritması alınmış zaman serilerine uygulanan Granger testi sonuçlarına göre; Tablo 3.4’da karbon salınımından elektrik tüketimine doğru ve elektrik tüketiminden karbon salınımına doğru %5 anlamlılık düzeyinde çift yönlü bir ilişki vardır. “1” gecikmeli yapılan Granger testi sonucunda elektrik tüketimi ile GSYİH arasında bir ilişki bulunamamıştır. Karbon salınımı ile GSYİH arasında da bir ilişki bulunamamıştır. “2” ve “3” gecikmeli Granger testinde ise değişkenler arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır. GSYİH ve karbon salınımı veya GSYİH ve elektrik tüketimi arasında bir ilişkiden söz etmek gerekirse hipotezin reddedilmesi gerekmektedir. Test sonucunun tartışılabilirliğine imkan veren bir faktör de Türkiye’de kaçak elektrik kullanım oranlarının yüksek olması ve kayıtdışı ekonominin varlığıdır. Kayıtdışı ekonominin en önemli kısmı vergi kaybı kısmıdır. Vergi kaybı; vergi uygulamalarıyla sağlanması beklenen hasılat ile fiilen elde edilen hasılatın farkıdır. Vergi kayıplarının bir bölümü vergi sisteminin tasarımından kaynaklanırken, diğer bir kısmı da kayıtlara girmeyen ekonomik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (Pınar, 2001). Tackle Tax Havens Örgütü’nün dünyada en fazla vergi kaçırılan ülkelerini araştıran raporuna göre; Türkiye’de 2011 yılında kayıtdışı ekonominin payı %31’dir. 230 milyar doları bulan bu oranın 54 milyar doları vergi kaybıdır (<http://ekonomi.haberturk.com/makro-ekonomi/haber, 7 Mayıs.2013'te erişildi>). Ulusal gelir hesaplamalarında ciddi anlamda sorun oluşturabilecek bu rakamların yanında, diğer bir konu kaçak elektrik kullanımıdır. Kaçak elektrik kullanım oranı Türkiye’de 2010 yılı için %17 olarak hesaplanmıştır (İrmek, 2012: 3).

Çalışmada ele alınan verilerle yapılan Granger nedensellik ilişkisinde kişi başına karbon salınımı ile kişi başına elektrik tüketimi arasında çift yönlü nedenselliğin bulunması, elektrik tüketimi arttıkça karbon salınımının da arttığını, bu iki değişkenin

birbirini artırıcı etki yarattığını göstermektedir. Elektrik tüketiminin karbon salınımını artırması Türkiye’de elektrik üretiminin fosil kaynaklı yakıtlardan elde edilmesi ile ilgili olduğu kadar enerji verimliliği ile de ilgilidir. Türkiye’nin yıllık birincil enerji talebinin yaklaşık %30’u kömürdür. Aynı zamanda elektrik üretiminin %25-30 arası da kömür kaynaklı olduğu biliniyorsa (EPDK, 2011: 14), elektrik tüketimindeki artışlar, karbon salınım oranlarını artırmaktadır.

Çalışmada elde edilen sonuca göre, Türkiye’de enerji verimliliğini artırıcı çalışmaların yapılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak olan yatırımlar karbon salınım oranlarını azaltmada önemli bir girişim olacaktır. Kişi başına gelir ile elektrik tüketiminin ilişkisi yoktur hipotezi yukarıda bahsedilen kayıtdışı ekonomi ve kaçak elektrik kullanımı çerçevesinde reddedilebilir nitelik taşımaktadır. Söz konusu değişkenler veri iken, literatürde yapılan analizlerde farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalardan bazıları enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında ilişki bulurken, örneğin Altınay ve Karagöl (2004) 1950-2000 dönemi), Jobert ve Karanfil (2007) (1960-2003 dönemi), Türkiye için yaptıkları benzer çalışmalarda enerji tüketimi ile GSYİH arasında bir ilişki bulamamışlardır.

SONUÇ

Geçmişte, günümüzde ve gelecekte enerji; insan yaşamının vazgeçilmez ihtiyaçlarından biri olmuştur ve olmaya devam etmektedir. Özellikle günümüzde enerjiye olan ihtiyaç artan nüfus ve şehirleşme ile birlikte çoğalmaktadır. Enerji talebindeki artışların nedenlerinden bazıları; nüfus artışı, şehirleşme oranındaki artışlar, üretim artışları, ekonomik faaliyetler, sivil ve askeri alanlara yapılan yatırımlar, teknolojik gelişmelerle birlikte insan hayatına giren elektronik aletlerin yaygınlık ve çeşitlilik kazanması..vb. gibi süreçlerdir. Enerji talebinin artması bir takım sorunları da beraberinde getirmektedir. Dünyada enerji tüketiminin büyük kısmı fosil kaynaklı yakıtlardan elde edilmektedir. Örneğin, Dünya Enerji Ajansı'nın (2012) raporuna göre; elektrik üretiminin %80'i fosil yakıtlardan elde edilmekte ve bu oran yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların çokluğuna bakıldığında yüksek bir oran olarak görünmektedir. Dünyadaki enerji tüketiminin, yapısal olarak, büyük oranda fosil kaynaklı enerji tüketimine yönelik olması, ekonomik büyüme ile gerçekleşen enerji talep artışları ve son yıllarda yaşanan küresel ölçekteki ekonomik krizler, alternatif enerji politikalarının işlerliğini kısıtlamış ve bu yönde yapılan çalışmalar ya yavaşlamış ya da durmuştur. Bu tespitin sağlanması son yıllarda artan tüketimin hangi kaynaklardan sağlandığı ve gelecek yıllardaki enerji talepleri ve kaynak dağılımlarına bakılarak yapılabilir.

2011 yılı dünya birincil enerji tüketimi toplam 12.3 milyar TEP olarak gerçekleşmiştir. Bunun yaklaşık olarak %87'si fosil kaynaklı yakıtlardan sağlanmıştır. Türkiye'de ise aynı yıl toplam enerji tüketimi 114.480 milyon TEP olmuştur. Türkiye'deki enerji tüketimindeki fosil kaynaklı yakıtların oranı %88 olarak gerçekleşmiştir. Yenilenebilir enerji kullanım oranı ise 2011 yılı için %5 civarındadır (WEC, 2012). Bu rakamlar, ekonomik büyüme, çevresel etkiler ve enerji talep artışları kapsamında bakıldığında üzerinde tartışılması gereken bir sonuçtur.

Enerji başlığı ele alınırken iki temel konu gündeme gelmektedir. Birincisi dünyada artan enerji talebi ve buna bağlı olarak CO₂ emisyon artışının yükselerek devam etmesi, ikinci temel konu ise; yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların artan enerji talebini karşılamadaki rolüdür. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin, enerji kullanımının çevresel zararlarını en aza indirmek amacı taşımasının yanında, fosil kaynaklı yakıtların yakın gelecekte tükenme olasılığıdır. Ekonomik büyüme için önemli bir girdi olan enerjinin, ulaşılabilirliği ve arz güvenliği uzun vadeli kalkınma planları açısından vazgeçilmez koşullar içermektedir. Dünyada yaşanan enerji savaşları bunun en açık delili olmakla birlikte, ülkelerin enerji politikalarının iç politika ve dış politikalara etkilerinden de, enerjinin ne denli önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ilişkisine, enerji tüketiminin çevresel zararlarını da göz önüne alarak Türkiye özelinde bakılacak olursa; Buna yönelik yerli kaynakların işlevsellik kazandırılması ve enerji verimliliği bilincinin yerleştirilmesi önemlidir. Aynı zamanda büyümenin çevreye uyumlu gerçekleşmesi, karbon salınımını azaltıcı tedbirlerin alınması, alternatif kaynaklara yönelik çalışmalar, sürdürülebilir kalkınma açısından bakıldığında incelenmeye değerdir. Türkiye gibi enerjide büyük oranda dışa bağımlı ülkelerin bir sorunu da enerji ithalatının ekonomiye getirdiği ağır yüküdür. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı 1990 yılında %52, 2000 yılında %68, 2011'e gelindiğinde ise %72 olmuştur (WEC, 2012). Giderek artan enerji ihtiyacı, Türkiye için alternatif enerji politikaları üretmeyi zorunlu kılmaktadır.

Enerji verimliliği konusu dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi Türkiye'de de gündem yaratmaktadır. Enerji verimliliğine yönelik çalışmaların dünyada ve Türkiye'de önem kazanmasının nedenleri çalışmanın ilgili bölümünde ele alınmıştır. Fosil kaynaklı yakıtların tükenebilirliğinin yanında Türkiye gibi enerji ithalatçısı bir ülkede enerji açığını azaltmak, ithal edilen enerjinin getirdiği ekonomik yükü hafifletmek, enerji verimliliğine yönelik çalışmaların temel amaçlarıdır. Türkiye'de buna yönelik bireysel ve toplumsal birçok çalışma yapılmaktadır. Sanayi kesiminde, konutlarda ve bireysel kullanımlarda enerjinin verimli kullanımını sağlamak amacıyla yazılı ve görsel çalışmalar sunulmaktadır. Enerji verimliliği konusunda bireysel bilinçlenme ve

toplumsal yaklaşımlar önemlidir. %30 civarında bir enerji verimliliği potansiyeli bulunan Türkiye'nin bu alanda yapacağı çalışmalar, enerji ithalatını azaltmada ciddi bir katkı yapacaktır. Özellikle sanayi kesiminde yapılacak yatırımlarla ekonomik büyümeye çift yönlü bir katkı sağlanabilecektir. Hem cari açığı azaltıcı hem de aynı birim enerjiyle daha fazla çıktı elde edilmesi bakımından enerji kullanımında verimlilik sağlanması önemli bir girişimdir.

Fosil yakıtların çevreye verdiği zararları küresel anlamda ele almak gerekmektedir. Dünyanın herhangi bir bölgesinde kullanılan fosil yakıtların verdiği çevresel zararlar dolaylı veya dolaysız bütün ülkeleri etkilemektedir. Bu etkilerin neler olduğu çalışmada ayrıntılı olarak ele alınmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemine değinilmiştir. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir ülkedir. Bölgesel güneş alma süreleri ve şiddeti, rüzgar ve jeotermal gibi önemli kaynaklara sahip olması ülke için bir fırsattır. Hem çevresel anlamda hem de fosil yakıtların ithali anlamında yenilenebilir kaynaklar Türkiye'nin potansiyel zenginliğidir. Kısa vadede köklü bir değişim öngörülmesi de uzun vadede bu konu Türkiye için giderek önem kazanacaktır.

Bu çalışmada, Türkiye'nin ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişki, enerji kullanımının çevresel etkileri çerçevesinde ele alınmıştır. Yapılan ekonometrik analiz sonucunda; enerji kullanımı artışının karbon salınımını artırdığı sonucu ortaya çıkmıştır. Buna ilave olarak, ele alınan zaman serilerinin yıllık artış seviyelerine bakarak, ekonomik büyümenin enerji tüketimini artırdığı da gözlenmiştir. Her ne kadar yapılan Granger nedensellik analizinde ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında bir ilişki bulunamamışsa da, çalışmada değinildiği gibi, sağlıklı sonuç almanın önünde bir takım kısıtlar olasıdır. Bu kısıtlardan birisi de, 1998-2008 dönemi içinde elektrik tüketiminde yaşanan artışın önemli kısmının üretim dışı harcamalardan kaynaklanmasıdır.

Elektrik tüketimi ile karbon salınımı arasında bir ilişki bulunması, Türkiye'nin enerji politikasını, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik olarak genişletmesi gerektiğini göstermektedir. Buna yönelik olarak, yenilenebilir enerji

kaynaklarının işlevselliğinin sağlanması ve bu alanda yapılacak yatırımların desteklenmesi önemlidir. Bu politikalar doğrultusunda, Türkiye'nin hem enerji açığı azalacak hem de artan enerji kullanımının çevresel etkileri azaltılmış olacaktır.

Gelişme aşamasında bir ülke olan Türkiye için enerji hem gerekli hem de stratejik önemi olan özelliklere sahiptir. Enerjinin güvenliği ve sürdürülebilir temini, verimli kullanımı, enerji kullanımının çevresel etkilerinin azaltılması, dengesiz fiyat artışları, yerli ve yenilenebilir kaynakları kullanma gibi enerji ile ilgili birçok konuda Türkiye'nin çalışma yapması gerekmektedir. Enerji bağımsızlığı ülkeler için büyük avantaj yaratmaktadır. Enerji bağımsızlığı, ekonomik büyüme için gerekli olduğu kadar, uluslararası alanda politik baskı aracı olmasının da önüne geçen bir mekanizmanın parçasıdır. Türkiye enerji bağımsızlığını kısa ve orta vadede elde etmese bile, bu konuda atılacak en küçük adımda bile enerji bağımlılığını azaltılmış olacaktır.

Enerjinin verimli kullanımı ve çevreyle uyumlu kaynaklardan elde edilmesi dünyanın fiziki, iktisadi ve toplumsal geleceği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu konuda bireysel ve toplumsal olarak, kişilere, kurumlara, devletlere ve uluslararası kuruluşlara büyük görevler düşmektedir.

KAYNAKÇA

- Adebola, S.S., (2011). Electricity Consumption and Economic Growth: Trivariate Investigation in Bostwana with Capital Formation. *International Journal of Energy Economics and Policy*, Vol: 1, No: 2, 32-46.
- Ahmad, N., Hayat, M.F., Hamad, N., Iuqman, M., (2012). Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from Pakistan. *Australian Journal of Business and Management Research*, Vol: 2, No: 06, 09-14.
- Akar, A., Özmerih, L., (1974). Toryum. *Madencilik*. Cilt:XIII, Sayı:1, 27-34.
- Akarca, A.T., Long, T.V., (1979). Energy and Employment: A Time Series Analysis of the Casual Relationship. *Resources and Energy*, 151-162.
- Akkaya, G.C., Uzar, C., (2012). Karbona Dayalı Finansal Gelecek Sözleşmeleri ve Fiyat Gelişimi Üzerine Bir İnceleme. *DPUJSS NUMBER 32, VOL. I*, April2012, 67-80.
- Alıcı, B., Yıldız, H., (2012). Küresel Kamusal Bir Mal Olan Çevrenin Korunmasında Karbon Vergisi ve Etkinliği. *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi*, Cilt: 4, No: 1, 55-64.
- Altınay, G., Karagol, E. (2004). Structural Break, Unit Root, and the Causality between Energy Consumption and GDP in Turkey. *Energy Economics*, 26, 985-994.
- Anderson, S., Newell, R., (2003). Prospects for Carbon Capture and Storage Technologies. Discussion Paper. *Resources For the Future DP*, 02-68.

- Arayıcı, S., (1996) Doğalgaz Yanmalarında NO_x oluşumu. *İstanbul Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği/ Doğalgaz Özel Sayısı*, ISSN 1300 -3399.
- Arbex, M., Perobelli, F.S., (2010). Solow Meets Leontief: Economic Growth and Energy Consumption. *Energy Economics*, 43-53.
- Arslan, S., Darıcı, M., Karahan, Ç. (2000). Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli. *Jeotermal Enerji Semineri*, 23-25 Aralık. 21-28.
- Asafu, J., Adjaye, (2000). The Relationship Between Energy Consumption, Energy Prices and Economic Growth: Time Series Evidence from Asian Developing Countries. *Energy Economics*, 22, 615-625.
- Aslan, H., (1996). Kömüre Dayalı Termik Elektrik Santrallerinde Verim ve Kapasite Kullanım Oranı Düşüklüğünün Nedenleri ve Bunların Yükseltilmesi İçin Alınması Gerekli Tedbirler. *TMMOB 1. Enerji Sempozyumu*, 12-14 Kasım, Ankara.
- Aslan, Ö., (2007). Hidrojen Ekonomisine Doğru. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Yıl:6, Sayı:11. 283-298.
- Aslan, N., Yamak, T., (2006). Türkiye'nin Enerji Sorununun Alternatif Enerji Kaynakları Açısından Değerlendirilmesi. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, Cilt: XXI, Sayı: 1, 53-76.
- Ata, R., Çetin, S., (2008). 3kW Otonom Bir Rüzgar Türbini Kurulumu ve Enerji Eldesi. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, cilt:23, No:1, 41-47.
- Aydın, D., (2011). Türkiye'nin Sağlık Turizmi Potansiyeli. *T.C. Sağlık Bakanlığı Tedavi Hizmetleri Genel Müdürlüğü*. 25.05.2011 Antalya.

- Aydın, F.F., (2010). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Sayı: 35, 317-340.
- Aytaç, D., (2010). Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Çok Değişkenli VAR Yaklaşımı ile Tahmini. *Maliye Dergisi*, Sayı: 158, 482-495.
- Badruk, M., (2001) Jeotermal Enerji Uygulamalarında Çevre Sorunları. *Jeotermal Enerji Semineri*, 259-271.
- BAKA, (2012). Biyokütle Sektör Raporu. *Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı*. Isparta.
- Başar, S., Temurlenk, M.S., (2007). Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 21, Sayı: 1, 1-12.
- Batman, M., (2001)., Elektrik Üretimi İçin Güneş Pillerinin Kullanımında Verimi Artırıcı Yeni Bir Yöntem. *İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*. Doktora Tezi.
- Bayraç, H.N., (2011). Küresel Rüzgar Enerjisi Politikaları ve Uygulamaları. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:XXX, sayı:1. 37-57.
- Beaud, M.,(2003). *Kapitalizmin Tarihi* (çev. Fikret Başkaya). Ankara: Dost Kitabevi.
- Beşer, E., Cansevdi, B., (1995). Soğutma Sistemlerinde Enerji Tasarrufu. *Makina Mühendisleri Odası. X H. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, 625-636.
- Bilgin, M. (2009). Fosil, Yenilenebilir ve Nükleer Yakıtların Neopolitik Anlamı – Türkiye’nin Durumu ve Gelecek Alternatifleri. *Uluslararası İlişkiler*, cilt:5, sayı:20, s.57-88

- Bilgin, M., (2007) Küresel Bölgesel ve Yerel Eksende Irak Petrollerinin Ekonomik Siyasi ve Stratejik Anlamı. *Akademik Ortadoğu Dergisi*, cilt:1, sayı:2, 19-53.
- BİLİM ve TEKNİK (2003). Güneş Pillerinin Yapısı ve Çalışması. Kasım2003.
- Böke, E. Y., Aydın, Ö., (2010). Doğalgaz Yanmasında Ocak Yükünün Karbonmonoksit Emisyonu Üzerine Etkisi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt:XXIII, Sayı:1
- Burak, M., (2012). Tarımsal İkinci Ürünlerden Enerji Üretimi. *Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü*. Ankara.
- Carbon Planet, (2009). *Carbon Commerce Carbon Origination and Carbon Trading*. http://www.carbonplanet.com/downloads/Carbon_Commerce.pdf,12.11.2012 tarihinde erişildi).
- Cheng, B.S., (1995). An Investigation of Cointegration and Causality between Energy Consumption and Economic Growth. *The Journal of Energy and Development*, 21(1), 73-84.
- Cleveland, C.J., Costanza, R., Hall, C.A.S, Kaufmann, R.K., (1984). Energy and the U.S Economy: A Biophysical Perspective. *Science*, 225, 890-897.
- Chontanawat, J., Hunt, L.C, Pierse, R. (2006). Causality between Energy Consumption and GDP: Evidence from 30 OECD and 78 Non-OECD Countries. *University of Surrey. Surrey Energy Economics Centre (SEEC) Department of Economics*, SEEDS 113, ISSN 1749-8384
- Çağlar, Ü., Cengiz, C., Çakan, E., Onan, M.T., Kocaoğlu, Ş., (2008). Türkiye'nin Atıl Enerji Kaynağı: Rüzgar Enerjisi. 2. Ulusal İktisat Kongresi, 20-22 Şubat 2008, DEÜ İktisat Bölümü. İzmir.

- Çervatoğlu, N.K., (2007). Hidrojenle İlgili Gerçekler. *Mühendis ve Makina*, Cilt:48, Sayı:564, 17-21.
- Çetin, A. C., (2009). Rüzgar Enerjisi ve Isparta İlinde Rüzgar Enerji Santralı Kuruluş Yeri Seçimi. Uluslararası Davraz Kongresi Bildiriler Kitabı, V. Oturum: Enerji ve Enerji Kaynakları. *Süleyman Demirel Üniversitesi*, 24- 27 Eylül 2009, Isparta., s. 368-389.
- Çınar, S., (2011). Gelir ve co2 Emisyonu İlişkisi: Panel Birim Kök ve Eşbütünleşme Testi. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: XXX, Sayı: 2, 71-83.
- Çiçek, H.G., Çiçek, S., (2012). Karbon Vergisi ile Karbon Ticareti İzinlerinin Karşılaştırılması. *İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, No: 47, 95-119.
- ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı), (2012). Türkiye’de Karbon Piyasası. *Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü*.
- Çukurçayır, M.A., Sağır, H., (2008). Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 20, 479-492.
- Degens, E., Khoo, F., Miohaelis, W., (1978). Karadeniz Sedimanlarındaki Uranyum Anomalisi (çev: B. Aksoy, G. Bor). *Maden Tetkik Arama Enstitüsü*, Ankara.
- Demir, C., (2007). Uluslar Arası Karbon Piyasası. *TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi*.
- Demir, İ., (2008). OPEC: Güçlü Bir Kartel. SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, sayı: 18, 231-246.

- Demirbaş, M., Türkay, H., Türkoğlu, M., (2009). Petrol Fiyatlarındaki Gelişmelerin Türkiye'nin Cari Açığı Üzerine Etkisinin Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 14, Sayı: 14, 289-299.
- Demircan, N., Alakavuk, Z., (2008). Fotovoltaik Prensipleriyle Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi. VII. *Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008*, 17-19 Aralık, İstanbul.
- Demireli, E., Hepkorucu, A., (2010). Çevre Finansmanı: Kavramsal Bir Yaklaşımla Karbon Finans Borsası. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, Cilt: 2, Sayı: 2, 37-48.
- Dickey, D.A., Fuller, W.A., (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, (74), 427.
- Dickson, M.H., Fanelli, M., (2004). What is Geothermal Energy? *Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italy*.
- DPT (Devlet Planlama Teşkilatı)., (1996)., Jeotermal Enerji Çalışma grubu Raporu, Nükleer enerji Hammaddeleri Uranyum – Toryum. *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu*, YAYIN NO:DPT : 2429 . ÖİK: 487, ISBN 975 . 19 . 1300-4 (basılı nüsha)
- DPT, (1996). Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu. Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. *Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı*. Yayın No: 2441 – ÖİK: 497. ISBN 975 – 19 – 1375-6
- DPT, (1996). Nükleer Enerji Hammaddeleri Uranyum-Toryum. *Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Programı*. Yayın no: DPT: 2429-ÖİK: 487. ISBN 975-19-1300-4, Ankara.

- Dramani, J.B., Tandoh, F., Tewari, D.D., (2012). Structural Breaks, Electricity Consumption and Ecomonic Growth: Evidence from Ghana. *African Journal Business Maganement Vol*, 6(22), 6709-6720.
- DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü), (2011). Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik. *Çevre ve Orman Bakanlığı*, Ankara.
- Duygu, E., Cısdık, İ., (2011). Biyokütle Enerjisi için Yetiştiriciliğin Etkileri Konusunda Araştırmalar II. Bilgi Birikimi Işığında Türkiye'deki Sosyo-Ekonomik Etki Potansiyeli. *Ankara Üniversitesi, Çevrebilimleri Dergisi*, cilt:3, sayı:1, Haziran2011, 9-24.
- EE (Enerji Enstitüsü), (2012). *2012 Yılında Enerji İthalatı Yüzde 13.7 Oranında Artışla 39 Milyara Ulaştı.* (.www.enerjienstitüsü.com., 26.08.2012 tarihinde erişildi).
- EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi), (2009). Türkiye'de Enerji Verimliliği Durum ve Gelecek Planlaması. Kasım2009.
- EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi), (2003). Dünya ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK).
- Emeklier, B., Ergül, N. (2010). Petrolün Uluslararası İlişkilerdeki Yeri: Jeopolitik Teoriler ve Petropolitik. *Bilge Strateji*, Cilt 2, Sayı 3, 59-85.
- EnBW, (2008). "Enerji Tasarruf Planlayıcınız. Enerji Masraflarınızı Bu Kadar Kolay Düşürebilirsiniz."
- Enerji Verimliliği Kanunu (2 Mayıs 2007). Resmi Gazete., Sayı: 26510.
- EnverIPAB, (2008). Binalarda Enerji Verimliliğine Yönelik Toplum Bilincinin Artırılması Projesi. *Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü*. Ankara.

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu), (2011). Doğal Gaz Piyasası, 2011 Yılı Sektör Raporu, *Doğal Gaz Piyasası Dairesi Başkanlığı*, Ankara, 2012

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu), (2011). *Elektrik Piyasası Sektör Raporu*. Ankara, 2012.

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu), (2012). *Enerji Yatırımcısı El Kitabı*(http://www.epdk.gov.tr/documents/strateji/rapor_yayin/yatirimciel_kitabi/Sgb_Rapor_Yayin_Yatirimciel_Kitabi_Tr_2012_y6Xj7FNVt7F6.pdf, 24.12.2012 tarihinde erişildi).

Ercan, A., (2011). Enerji Meselesi-3 Toryum. *Fizik Mühendisleri Odası*. Ankara.

Erol, Ü., Yu, E.S.H., (1987). Time Series Analysis of the Casual Relationship between U.S Energy and Employment. *Resources and Energy*, 75-89.

Ertürk, O., Yıldırım, A., Uygur, E., Kuru, F., Kartaloğlu, E., (2006). Enerji Kaynağı Olarak Hidrojen ve Temiz Enerjilerin AB Müktesebatı ve Uyum Sürecindeki Yeri. *Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. TPAO Alternatif Enerjiler Daire Başkanlığı*. 337-345.

ESA (Ecological Society of America), (2000). Carbon Sequestration In Soils. *1707 H Street, NW, Suite 400, Washington, DC 20006*.

ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı), (2011). *Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümü*.http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Dunyada_ve_Turkiyede_Enerji_Gorunumu.pdf, 23.11.2012 tarihinde erişildi).

ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı), (2010). Enerji Verimliliği. www.enerji.gov.tr, 21.12.2012 tarihinde erişildi).

ETKB, (2010). Petrol. ETKB, (2010). *Petrol*. (w.w.w.enerji.gov.tr., 25.11.2012 tarihinde erişildi).

EÜAŞ (Elektrik Üretim Anonim Şirketi), (2011). Elektrik Üretim Sektör Raporu.

Folger, P., (2012). Carbon Capture and Sequestration (CCS): A Primer. *Congressional Research Service*. 7-5700.

GEKA2009 (Güney Ege Kalkınma Ajansı), (2011). TR32 Düzey Bölgesi (Aydın, Denizli, Muğla) Jeotermal Kaynakları ve Jeotermal Enerji Santralleri Araştırma Raporu. *TC. Güney Ege Kalkınma Ajansı*, 2011.

GEKA, (2012). Güney Ege Bölgesi Turizm Strateji Belgesi.

Ghosh, S., (2002). Electricity Consumption and Economic Growth in India. *Energy Policy*, 125-129.

Granger, C. W. J., Newbold, P., (1974). Spurious Regressions in Econometrics. *Journal of Econometrics* 2, 111-120.

GREENPEACE, (2009). Kömürün Gerçek Maliyeti, Dünyanın En Kirli Yakıtı Yüzünden İnsanlar ve Gezegen Neler Ödemek Zorunda Kalıyor. R.Short (ed.), *GreenpeaceAkdeniz*.

Güldoğan, E., (2010). Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Sisteminin Ekonomik ve Yönetimsel Sorunları. *II.Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK*, 16-18 Haziran 2010, İstanbul.

Gülsaç, I.I., (2009). Okyanuslardan Gelen Enerji Dalga Enerjisi. *Bilim ve Teknik Dergisi*. Mayıs2009, 58-61.

Gültekin, A.H., Örgün, Y.,(1993). Doğalgaz ve Çevre. *İ.T.Ü. Maden Fak. Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı. Çevre Dergisi*. Sayı:9.

Gürlük, S. (2010). Sürdürülebilir Kalkınma Gelişmekte Olan Ülkelerde Uygulanabilir mi? *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, Ekim 2010, 5(2), 85-99.

Güvenek, B., Alptekin, V., (2010). Enerji Tüketimi ve Büyüme İlişkisi: OECD Ülkelerine İlişkin Bir Panel Veri Analizi. *Enerji, Piyasa ve Düzenleme*, Cilt: 1, Sayı: 2, 172-193.

HBS (Heinrich Böll Stiftung Derneği), (2008). Enerji Verimliliği Farkındalık Broşürü. İstanbul: Artpres.

Herzog, H., Golomb, D., (2004). Carbon Capture and Storage from Fossil Fuel Use. *Contribution to Encyclopedia of Energy, to be published*.

Hondroyiannis, G., Lolos, S., Papapetrou, E., (2002). Energy Consumption and Economic Growth: Assessing the Evidence from Greece. *Energy Economic*, 24(4), 319-336.

Hotunluoğlu, H., Tekeli, R., (2007). Karbon Vergisinin Analizi ve Etkileri: Karbon Vergisinin Emisyon Azaltıcı Etkisi Var mı? *Sosyoekonomi*, Yıl: 3, Sayı: 6 /2007-2/070206. 107-125.

<http://www.cerezforum.com/fen-ve-teknoloji/45009-uranyum-kullanim-alanlari.html#ixzz2Fv4zk5vW>, 23.12.2012 tarihinde erişildi).

http://www.enbw.com/content/de/privatkunden/_media/pdf/090115_EPlaner-tr-finale_Version_.pdf, 24.01.2013 tarihinde erişildi.

<http://www.dewa-pas.com/yeni/pdf/Hes.pdf>, *HES’lerin Çevreye Olan Etkileri Nelerdir? “Akarsuların Doğada İşlevi ve Önemi Nedir?”* , 08.01.2013 tarihinde erişildi.

<http://ekonomi.haberturk.com/makro-ekonomi/haber/700255-54-milyar-dolar-yeraltina-gitti> , 05.07.2013 tarihinde erişildi.

<http://www.limitsizenerji.com/temel-bilgiler/biyokuettle-enerjisi>, *Biyokütle enerjisi*, 09.01.2013 tarihinde erişildi.

IAEA, (2001)., Analysis of Uranium Supply to 2050. International Atomic Energy Agency VIENNA, STI/PUB/1104, ISBN 92-0-100401-X.

IEA, (2012). World Energy Outlook 2012 / Türkçe. 2035 Yılına Doğru Enerji Piyasaları Nasıl Gelişecek?

IEA, (2011). World Energy Outlook Executive Summary 2011. *International Energy Agency*, France.

İGDAŞ,(<http://www.igdas.com.tr/Docs/Pdf/DunyadaveTurkiyedeDogalgaz>,28.12.2012 tarihinde erişildi).

İnan, D., (1995). Geçmişten Günümüze İnsan ve Enerji. *Bilim ve Teknik*, 66-70.

İmrek, M., (2012). *Elektrikte Kayıp Kaçak Bedeli. Tüketiciler Birliği*, (http://www.tuketiciler.org/images/File/AileBakanligina_Kacak_Elektrik%20Raporu.pdf, 09.12.2012 tarihinde erişildi).

İzci, R., Mazlum, S.C., (2012). Rio+ 20 Arifesinde Çevre Rejimleri ve Söylemleri. *Marmara Avrupa Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 20, Sayı: 1, 1-6.

JICA-YEGM, (2004). *Üçüncü Ülke Eğitim Programı Projesi*.(w.w.w.eie.gov.tr., 28.11.2012 tarihinde erişildi).

Jobert, T., Karanfil, F., (2007). Sectoral Energy Consumption by Source and Economic Growth in Turkey. *Energy Policy*, 35, 5447-5456.

- Kadiroğlu, O., Sökmen, C. (1994). Nükleer Enerji ile Elektrik Üretimi. *Bilim ve Teknik Dergisi*, sayı:319.
- Kagel, A., Bates, D., Gawell, K., (2007). A Guide to Geothermal Energy and the Environment. Geothermal Energy Association. 209 Pennsylvania Avenue SE, Washington, D.C. 20003.
- Karadağ, Ç., Gülsaç, I.I., Ersöz, A., Çalışkan, M., (2009). Çevre Dostu ve Temiz: Yenilenebilir Enerji Kaynakları. *Bilim ve Teknik*, Mayıs, 24-27.
- Karakaya, E., Özçağ, M., (2003). Sürdürülebilir Kalkınma ve İklim Değişikliği: Uygulanabilecek İktisadi Araçların Analizi. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı*.
- Karanfil, F., (2009). Enerji-Büyüme-Çevre: Türkiye Üçgenin Neresinde? *Uluslararası İlişkiler*, Cilt: 5, Sayı: 20, 1-26.
- Karyeyen, S., Aksoy, M.H., Özgören, M., Koçak, S., (2012). Konya Sanayisinde Enerji Verimliliği. *Bölgesel Araştırma Raporları Serisi 5*.
- Kavak, K., (2005). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi. *Devlet Planlama Teşkilatı*. Uzmanlık Tezi.
- Kaya, Y., (2011). Çok Taraflı Çevre Anlaşmalarına Uyum Sorunu ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. Cilt: 16, Sayı: 2, 439-462.
- Kaypak, Ş., (2011). Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Bir Kalkınma İçin Sürdürülebilir Bir Çevre. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 13, Sayı:20, 19-33.

- Kendirli, B., Çakmak, B. (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı. *Ankara Üniversitesi, Çevre Bilimleri Dergisi*. 2.1, 95-103.
- Kılıç, C., (2009). Küresel İklim Değişikliği Çerçevesinde Sürdürülebilir Kalkınma Çabaları ve Türkiye. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 10, Sayı: 2, 19-41.
- Kıncay, O., Bekiroğlu, N. (2009). Yumurtacı. *Rüzgar Enerjisi*. Yıldız Teknik Üniversitesi.(<http://www.yildiz.edu.tr/okinca/dersnotu/RuzgBol1>,23.09.2012tarih inde erişildi).
- Kıray, B., Güris, B., (2009). Relationship between Electricity Consumption and GDP in Turkey. *Problems and Perspectives in Management*, Volume 7, Issue 1, 166-171.
- Kovancılar, B., (2001). Küresel Isınma Sorununun Çözümünde Karbon Vergisi ve Etkinliği. *Yönetim ve Ekonomi*, Cilt: 8, Sayı: 2, 8-19.
- Kraft, J., Kraft, A., (1978). On the Relationship between Energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, 3, 401-403.
- Kum, H., (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari bilimler fakültesi Dergisi*, sayı: 33, Temmuz-Aralık 2008, ss.207-223.
- Kutlu, S. (2002). Güneş Tarlası ile Elektrik Enerjisi Üretimi ve SDÜ Kampüs Alanında Bir Uygulama Analizi. Yüksek Lisans Tezi. *Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Külekçi, Ö. C., (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, Cilt: 1, Sayı: 2, 83-91.

- Lee, C.C., Chang, C.P., (2005). The Impact of Energy Consumption on Economic Growth: Evidence From Linear and Nonlinear Models in Taiwan. *Energy* 32, 2282-2294.
- Lise, W., Montfort, K.V., (2007). Energy Consumption and GDP in Turkey: Is There A Co-Integration Relationship?, *Energy Economics*, 27, 1166-1178.
- Maddala, G.S., Kim, In Moo, (1998). Unit Roots, Cointegration and Structural Change. *Cambridge University Pres*, UK.
- Malkoç, Y. (2007). Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Enerji Profilimizdeki Yeri. *EİE İdaresi Genel Müdürlüğü*. Ankara.
- Mankiw, N.G., (2010). *Makroekonomi* (çev. Ömer Faruk Çolak). Ankara: Efil Yayınevi.
- Masih, A.M.M, Masih, R., (1996). Energy Consumption, Real Income and Temporal Causality: Results from a Multi-Country Study Based on Cointegration and Error-Correction Modelling Techniques. *Energy Economics*, 18(3), 165-183.
- MEB, (2011). Aile ve Tüketici Hizmetleri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları II, 850CK0089, Anlara2011.
- Meral, M.E., Teke, A., Tümay, Mehmet., (2009). Elektrik Tesislerinde Enerji Verimliliği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*. Cilt: 14, Sayı: 1, 31-37.
- Mısır, M., Mısır, N., Bulut, A., (2011). Karbon Depolama Kapasitesinin Landsat 7 Emt+Uydu Görüntüsüyle Belirlenmesine ilişkin Kavramsal Çatı. *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011*, Kahramanmaraş.
- Milli Eğitim Temel Kanunu (24 Haziran 1973). *Resmi Gazete*, 1739/14574.

- Mucuk, M., Uysal, D. (2009). Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Maliye Dergisi*, sayı:157, 105-115.
- Munasinghe, M. (2001). Implementing Sustainable Development: A Practical Framework, in Cleveland. The Economics of Nature and The Nature of Economics. *Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing*.
- Mutlu, M., Kaynaklı, Ö., Kılıç, M., (2011). Elektrikli Ev Aletlerinin Enerji Etiketlemesinin İncelenmesi. *Ulusal İklimlendirme Kongresi-İklim 2011*, 18-20 Kasım, Antalya.
- Nakoman, E., (1978)., Uranyum Yataklarının Oluşum Süreçleri ve Denetleyici Etkenler. *Ege Üniversitesi Mimarlık Fakültesi. Jeoloji Mühendisliği*.
- NEED (National Energy Education Development Project), (2012). Energy From the Sun. P.O. Box 10101, Manassas, VA 20108 1.800.875.5029.
- NEED (National Energy Education Development Project), (2012). Natural Gas. P.O. Box 10101, Manassas, VA 20108 1.800.875.5029 *Secondary Energy Infobook*.
- Odhambo, N.M., (2009). Energy Consumption and Economic Growth Nexus in Tanzania: An ARDL Bounds Testing Approach. *Energy Policy*, 37, 617-622.
- Oğuz, S., (2008). Yenilenebilir Enerji Küçük Hidroelektrik Santraller. *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008*, 479-492. İstanbul.
- Orhan, G., (2012). Hava Kirliliği ve Asit Yağmurları: Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi ve Protokolleri Karşısında Türkiye'nin Konumu. *Marmara Avrupa Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 20, Sayı:1, 123-150.
- Özbek, O. (2008). Ekolojik Krize Doğru: Küresel Isınmanın Bedeli-IV Ne Yapmalı? *Ar-Ge Bülteni*, 2008 Ağustos – Sektörel.

- Özcan, A.K., (2012). *Petrol Jeolojisi. Petrol Jeolojisi Çalışma Notları*, (http://www.kursatozcan.com/ders_notlari/petrol_jeolojisi.pdf, 08.07.2012 tarihinde erişildi).
- Özcan, H.H., (2009). Rüzgar Enerjisi Yatırımları ve Isparta İlinde Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santralinin Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Özuslu, T., (1975). Kömürden Petrol: Güney Afrika'daki Sasol Kömür Dönüştürme Tesisi. *Madencilik*, Cilt: XIV, Sayı: 4, 43-45.
- Paker, H., (2012). Çevre Rejimleri ve Türkiye'de Sivil Toplum Örgütlerinin Rolü: Akdeniz'de Sürdürülebilirlik. *Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi*, Cilt: 20, Sayı: 1, 151-175.
- Pınar, A., (2001). Kayıtdışı Ekonomi ve Vergi Kaybı: Türkiye İçin İller Bazında Bir Tahmin. *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Gelişme ve Toplum Araştırmaları Merkezi.Tartışma Metinleri*, No: 37.
- PİGM, (2012). *2011 Yılı Petrol ve Doğalgaz Arama – Üretim İstatistikleri*. (<http://www.pigm.gov.tr/istatistikler.php>, 13.11.2012 tarihinde erişildi).
- Polat, Ö., Uslu, E.E., San, S., (2011). Türkiye'de Elektrik Tüketimi, İstihdam ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:6, Sayı: 1, 349-362.
- Radikal,(2008). “İlk Ateş 790 Bin Yıl Önce Yakıldı”,(<http://www.radikal.com.tr/> / Yaşam / 12.11.2012 tarihinde erişildi).
- REC, (2006). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü. *Bölgesel Çevre Merkezi, REC Türkiye*.

- Resmi Gazete, (25 Şubat 2012). Kurul Kararı. Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023. Sayı: 28215.
- RETScreen International, (2001-2004). Clean Energy Project Analysis: Wind Energy Project Analysis. ISBN: 0-662-35670-5. Catalogue no: M39-97/2003E-PDF. *Minister of Natural Resources CANADA.*
- Saatçi, M., Dumrul, Y., (2011). Çevre Kirliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisinin Türk Ekonomisi İçin Yapısal Kırılması Eş-Bütünleşme Yöntemiyle Tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Sayı: 37, Ocak-Haziran 2011, 65-86.
- Sağlam, M., Uyar, T.S., (2005). Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli. *Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü*, Enerji Ana Bilim Dalı.
- Satman, A. (2006). Türkiye'nin Enerji Vizyonu. *Jeotermal Enerji ve Geleceği Sempozyumu*, 30.
- Say, A.N., Keriş, Ü.D., Şen, Ü., Gürol, M.D., (2010). Mikroalglerden Biyokütle Enerjisi Üretimi ve Türkiye. *VIII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'10*, 1-5 Aralık, 263-271., Bursa.
- Sepron, (2009). Jeotermal Enerji Üretim ve Fonksiyonel Kullanım Proje Tanıtım Dosyası. *Çanakkale Jeotermal Saha Özet Fizibilite Raporu*. Ocak2009, İstanbul.
- Serpen, U., (2005). Jeotermal Enerjinin Türkiye ve Dünyada Kullanımı. *Jeotermal Enerji Semineri*. 435-447. TESKON, İzmir.
- Sevim, C. (2012). Küresel Enerji Jeopolitiği ve Enerji Güvenliği. *Journal of Yaşar University*, 26(7), 4378-4391.

- Sivrikaya, F., Bozali, N., (2012). Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi: Türkoğlu Planlama Birimi Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 14, Özel Sayı, 69-76.
- Sohtaoğlu N.H., Papur, D., (2011). Hidroelektrik Enerji Üretiminin Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ekonomilerdeki Görünümü. *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası. Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu 2011*.
- Soytaş, U., Sarı, R., Özdemir, Ö., (2001). Energy Consumption and GDP Relation in Turkey: A Countegration and Vector Error Correction Analysis. *Economices and Business in Transition: Facilitating Competitiveness and Change in the Global Environment Proceedings*, 838-844.
- Şahbaz, Ü., (2007). *Zaman Serilerinde Nedensellik Analizi (Türkiye’de Ekonomik Büyüme ve Turizm Gelirleri Arasındaki İlişkinin Nedensellik Analizi)*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Şener, M. (2005). Küreselleşme Fosil Katı Yakıtlar ve Jeotermal Enerji., *TMMOB Jeoloji Mühensileri Odası*.
- Şenel, A., (1982). *İlkel Topluluktan Uygar Tpoluma Geçiş Aşamasında Ekonomik Toplumsal Düşünsel Yapıların Etkileşimi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları.
- Şengül, S., Tuncer, İ., (2006). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme: 1960-2000. *İktisat İşletme ve Finans*, 21(242), 69-80.
- Tabakoğlu, F.Ö., Kurtuluş, G., Türe, İ.E., (2006). Hidrojen Enerjisi ve Türkiye İçin Sodyum Borhidrürün Önemi. *Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. Türkiye 10. Enerji Kongresi*. 467-474.

- Takım, A., (2010). Türkiye’de GSYİH ile İhracat Arasındaki İlişkisi: Granger Nedensellik Testi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14 (2), 1-16.
- Taşdan, K. (2005). Biyoyakıtların Türkiye Tarım Ürünleri Piyasalarına Olası Etkileri Biyobenzin-Etanol. *Tarım ve Mühendislik Dergisi*, sayı: 75, 27-29
- Taşgetiren, S (1998). Rüzgar Enerjisi. *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevkor*, 28(9), 23-30.
- TeacherGeek,(2006).TypeofWindTurbines.(http://www.teachergeek.org/wind_turbine_types.pdf, 30.12.2012 tarihinde erişildi).
- TKİ, (2009). Kömür Sektör Raporu (Linyit)., *Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu*, Ankara
- TMMOB (Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği), (2011). Hidroelektrik Santraller Raporu. ISBN: 978-605-01-0174-4. *Mattek Basın Yayın*, Ankara.
- TMMOB, (2011). Enerji Verimliliği Çalışmaları. 10. Dönem Çalışma Raporu. *Makina Mühendisleri Odası*. 52-66.
- TMMOB, (2008). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği Oda Raporu. *Makina Mühendisleri Odası*. Nisan2008.
- TMMOB, (2013). *Türkiye Elektrik Enerjisi İstatistikleri*. (http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369#.UdGC_fn0FnM, 02.03.2013 tarihinde erişildi.)
- Tolunay, D., Çömez, A., (2007). Orman Topraklarında Karbon Depolanması ve Türkiye’deki Durum. *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar*, 13-14 Aralık 2007, İstanbul, pp: 97-108.

- Topal, M., Arslan, E.I., (2008). Biyokütle Enerjisi ve Türkiye. *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES*, 17-19 Aralık, 241-248., İstanbul.
- TPAO (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı), (2012). Hampetrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu/2011. *TPAO Genel Müdürlüğü*.
- Tutar, F., Eren, M.V., (2011). Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, Yıl:3, Sayı:6, ISSN 1307-9832.
- Türkeş, M., (2008). İklim Değişikliğiyle Savaşım, Kyoto Protokolü ve Türkiye. *Mülkiye*, Cilt: XXXII, Sayı: 259, 103-133.
- U.S. Congress, Office of Technology Assessment, (1993). Industrial Energy Efficiency. *OTA-E-560* (Washington, DC: U.S. Government Printing Office).
- U.S. Department of Energy Office of Environmental Management, (2001). Characteristics of Uranium and Its Compounds. *Depleted Uranium Hexafluoride Fact Sheet*, Fall.
- Udum, Ş., (2012). Türkiye'nin İran Nükleer Meselesindeki Siyaseti. *Ortadoğu Analiz*, cilt:4 , sayı:43
- UNDP-GEF, (2010). Enerji Verimli Elektrikli Ev Aletlerinin Piyasa Dönüşümü Projesi. YEGM.
- UNDP Türkiye, (2011)., Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Programı. (<http://www.undp.org.tr/Gözlem>, 19.12.2012 tarihinde erişildi).
- UNIDO-UNDP-GEF, (2011). Sanayide Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi. YEGM.

- Uyar, C., Cengiz, E. (2011)., Karbon (Sera Gazı) Muhasebesi. *İSMMMÖ, Hakemsiz Yazılar*, 47-70.
- Uzgören, N., Uzgören, E., (2005). Zaman Serilerinde Sahte Regresyon Sorunu ve Reel Kamu Harcamalarına Yönelik Bir Ekonometrik Model Uygulaması. *Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler E-Dergisi*, ISSN: 1694 – 528X, Sayı: 5.
- Ünlü, O., (2012)., Sanayide Enerji Tasarrufu Çalışmalarının Önemi ve Uygulama Örnekleri. *ESCON Energy Savings Consultancy*.
- Üstün, A.K., Apaydın, M., Filik Başaran, Ü., Kurban, M. (2009). Kyoto Protokolü Kapsamında Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikalarına Genel Bir Bakış. V. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 2009*, Diyarbakır.
- Varınca, K., Gönüllü, T., (2006). Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. *1.Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi 21-23 Haziran*, ESOGÜ, Eskişehir.
- WEC (World Energy Council), (2012). Türkiye Enerji Verileri. *Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi*. 06680 Çankaya – Ankara.
- White, H., Pettenuzzo, D., (2010). Granger Causality, Exogeneity, Cointegration and Economic Policy Analysis. *Department of Economics University of California and Department of Economics and International Business School Brandeis University*.
- Wooldridge, J.M., (2002). *Introductory Econometrics A Modern Approach*, 2nd.ed., Thomson Learning.
- World Bank, (2009). *State and Trends of the Carbon Market*. (http://siteresources.worldbank.org/INTCARBONFINANCE/Resources/State___Trends_of_the_Carbon_Market_2009-FINAL_26_May09.pdf, 24.12.2012 tarihinde erişildi).

- WWF-Türkiye, (2011), Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği. *Doğal Hayatı Koruma Vakfı*, İstanbul.
- Yanar, R., Kerimoğlu, G. (2011). Türkiye’de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, cilt:3, 191-201.
- Yapraklı, S., Yurttañıkırmaz, Ç., (2012). Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik: Türkiye Üzerine Ekonometrik Bir Analiz. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 13, Sayı: 2, 195-215.
- Yelmen, B., Çakır, M. (2011). Yeşil Enerji Kaynakları ve Teknolojileri. *Aksaray Üniversitesi OMYO Makina Bölümü*, Sağlık Bakanlığı İnşaat ve Onarım Daire Başkanlığı.
- YEGM, Aydınlatmada ve Ev Aletlerinde Yapılan Enerji Tasarrufu. http://www.eie.gov.tr/eieweb/turkce/en_tasarrufu/konut_ulas/en_tasarruf_bina_ay.html, 01.02.2013 tarihinde erişildi.
- YEGM, (2011). Türkiye’de Enerji Verimliliği İzleme ve Değerlendirmesinin Geliştirilmesi Projesi.
- Yılmaz, Z., (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, sayı: 91, 7-15.
- Yiğit, D., (2012). Küresel Ekonomik Kriz Öncesi ve Krizin Etkileri ile Mücadele Sürecinde Avrupa Birliği’nde Ekonomi Yönetimi. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, Cilt: 11, No: 1, 135-168.
- Yoo, S. H. (2005). Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Korea. *Energy Policy* 33: 1627-1632.

- Yu, E.S.H., Hwang, B.K., (1984). The Relationship between Energy and GNP: Further Results. *Energy Economics*, 186-190.
- Yurdakul, F., (1999). Hendry ve Sims Yöntemlerinin Teorik Olarak Karşılaştırılması. *Ekonomik Yaklaşım*, Cilt: 10, Sayı: 33, 84-91.
- Yücel, F., Ata, A. F., (2003). Eş-Bütünleşme ve Nedensellik Testleri Altında İkiz Açıklar Hipotezi: Türkiye Uygulaması. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*. Cilt: 12, Sayı: 12, 1-13.
- Yüksel, Y., (2010). Türkiye'deki Bazı Kömürlerin Gazlaştırılması ile Hidrojen Üretiminin Ekserji Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Zarasız, S., (2005). Uranyum. *TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu)*, Teknoloji Dairesi. Ankara.