



**T.C. İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞAL GAZ TÜKETİM PLANLAMASINDA GRİ TAHMİN
YÖNTEMİ VE TÜRKİYE UYGULAMASI**

Tuğba EREN

**Danışman
Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İSTANBUL - 2017**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Tuğba EREN tarafından hazırlanan "**Doğal Gaz Tüketim Planlamasında Gri Tahmin Yöntemi ve Türkiye Uygulaması**" adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Prof.Dr.Sibkat Kaçtıoğlu
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd.Doç.Dr.Berk Ayvaz
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof.Dr.Gültekin Çetiner
Marmara Üniversitesi



Onay Tarihi: 21 Temmuz 2017

Enstitü Müdürü : Doç.Dr. Necip Şimşek



AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

21.07.2017

Tuğba EREN



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ŞEKİLLER.....	vi
ÇİZELGELER.....	vii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
3. ENERJİ KAVRAMI, DOĞAL GAZ VE GRİ SİSTEM MODELLEME	6
3.1. Enerji Kavramı	6
3.1.2. Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Genel Durum	8
3.1.2.1. Linyit	10
3.1.2.2. Taşkömürü	12
3.1.2.3. Hidroelektrik Enerji	12
3.1.2.4. Petrol	14
3.1.2.5. Doğal Gaz.....	15
3.1.2.6. Nükleer Enerji	17
3.1.2.7. Güneş Enerjisi	19
3.1.2.8. Jeotermal Enerji	20
3.1.2.9. Rüzgar Enerjisi.....	22
3.1.2.10. Biokütle Enerjisi	23
3.2. Doğal Gaz Kavramı.....	24
3.2.1. Doğal Gaz Hakkında Genel Bilgi	24
3.2.2. Doğal Gazın Özellikleri	27
3.2.3. Konvansiyonel ve Konvansiyonel Olmayan Doğal Gaz.....	29
3.2.4. Doğal Gaz Piyasası	31
3.2.4.1. Doğal Gaz Sektörünün Genel Ekonomik Özellikleri.....	31
3.2.4.2. Doğal Gaz Piyasasının Arz ve Talep Yapısı	31
3.2.4.3. Doğal Gaz Arz ve Talebinin Gelişimi.....	32
3.2.4.3.1. Doğal Gaz Arzı (Rezervler ve Üretim)	33
3.2.4.3.2. Doğal Gaz Talebi (Tüketim)	34
3.2.5. Doğal Gazın Çevreci, Az Maliyetli ve Jeopolitik Yönü	36
3.2.6. Doğal Gazın Finansal ve Fiyatlama Boyutu	36
3.2.6.1. Doğal Gazın İkame Mal ve Rekabete Açık Olması	37
3.2.6.2. Doğal Gazın Ekonomik Geleceği.....	37
3.2.6.3. Doğal Gaz Sektöründe Küresel Gelişmeler	38
3.2.6.3.1. Doğal Gaz Rezervleri	38
3.2.6.3.2. Doğal Gaz Üretimi	38
3.2.6.3.3. Doğal Gaz Tüketimi	39
3.2.6.3.4. Doğal Gaz Ticareti	40
3.2.6.3.5. Doğal Gaz Fiyatları	40
3.2.7. Türkiye'de Doğal Gaz.....	41
3.2.7.1. Türkiye'de İllerin Doğal Gaza Kavuşma Tarihleri	43

3.2.7.2. Türkiye’de Doğal Gaz Sektörünün Yapısı ve Gelişimi	43
3.2.7.3. Enerji Arzı ve Dağılımı	44
3.2.7.4. Doğal Gaz Tüketimi	46
3.2.7.5. Doğal Gaz İthalatı	51
3.2.7.6. Doğal Gaz Üretimi	54
3.2.7.8. Doğal gazın elektrik enerjisi üretimindeki payı	55
3.3. Gri sistemlerde modelleme ve gri tahmin yöntemi	56
3.3.1. Birikim oluşturma işlemi (BOİ)	56
3.3.2. Ters birikim oluşturma işlemi (TBOİ)	57
3.3.3. Gri diferansiyel denklemler	58
3.3.4. Gri Tahmin Modeli	58
3.3.5. Gri Modelin Hata Tahmini	62
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	64
4.1. Gri Model (1,1) Yöntemi ile Doğal Gaz Tüketim ve Nüfus Tahminleri ..	64
4.1.1. Salt veri setleri	64
4.1.2. GM(1,1) ile Nüfus tahmini	66
4.2. Araştırma Bulguları ve Tartışma	76
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	80
KAYNAKLAR	82

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOĞAL GAZ TÜKETİM PLANLAMASINDA GRİ TAHMİN YÖNTEMİ VE TÜRKİYE UYGULAMASI

Tuğba Eren

İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sibkat Kaçtıoğlu
2017,94 sayfa

Doğal gaz, tüm ülke ekonomilerinde geçerli olduğu üzere, Türkiye’de de oldukça önemlidir. Türkiye için önemli bir enerji kaynağı olması, özellikle ısınma ve elektrik üretimi açısından birincil önemde olmasından ileri gelmektedir. Doğal gazın temininin büyük ölçüde ithalata bağımlı olması, bu konuda stratejik bir planlamayı, ülke bazında zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada, TÜİK’den elde edilen Türkiye’nin yıllık doğal gaz tüketim verileri ve nüfus verileri analiz edilerek, Gri model (1,1) modeli ile 2017 – 2030 dönemi için nüfus ve doğal gaz tüketim tahminleri elde edilmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre 2020’de 84,28 milyon ve 2030’da 96,51 milyonluk bir nüfus tahmin edilmiştir. Doğal gaz tüketiminin bu artış eğrisi ile devam etmesi sonucunda 2020’de toplamda 63.613,39 milyon m³ tüketim miktarına, 2030 yılında da ise toplam 104.007,61 milyon m³ tüketim miktarına ulaşılması beklenmektedir. Bunun dışında, 2005 yılında kişi başına 442,36 m³ olan doğal gaz tüketiminin, 2030 yılında kişi başına 1.077,70 m³ olması beklenmektedir. Bir diğer ifade ile 2.5 kat artış beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gri Tahmin Yöntemi, Türkiye doğal gaz tüketimi, Türkiye enerji piyasası.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

GREY FORECASTING METHOD IN NATURAL GAS CONSUMPTION PLANNING AND TURKEY IMPLEMENTATION

Tuğba Eren

**İstanbul Commerce University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Industrial Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Sibkat Kaçtıoğlu
2017,94 page**

Natural gas is very important in Turkey as it is important for all countries' economies. It is an important source of energy for Turkey, especially due to its primary importance for heating and electricity generation. As the supply of natural gas in Turkey is highly dependent on imports, strategic planning in this respect is required at country level. In this study, Turkey's annual natural gas consumption and population data which are taken from TURKSTAT are analyzed and Gray Model (1.1) model is used to forecast annual natural gas consumption and population for 2017 to 2030. According to the result of the study, population is forecasted to be 84.28 million in 2020 and 96.51 million in 2030. Since the natural gas consumption has been increasing continuously, natural gas consumption is forecasted to reach 63.613,39 million m³ in 2020 and 104.007,61 million m³ in 2030. Apart from that, the ratio of natural gas consumption to the population is forecasted to increase from 442.36 m³ in 2005 to 1077.70 m³ in 2030, which means an increase of 2.5 times.

Keywords: Energy market of Turkey, grey forecasting method, natural gas consumption of Turkey.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Hocam Prof. Dr. Sibkat Kaçtıoğlu ve Yrd. Doç. Dr. Berk Ayvaz'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan eşime ve aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Tuğba Eren
İSTANBUL,2017

ŞEKİLLER

Şekil 3. 1. Türkiye'nin Yıllara Göre Enerji Kullanım Oranları (%)	9
Şekil 3. 2. Türkiye'nin hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi (KWh/yıl)...	13
Şekil 3. 3. Petrolden elektrik üretimi (KWh/yıl).....	15
Şekil 3. 4. Türkiye yıllık doğal gaz tüketim tablosu (milyon m ³).....	16
Şekil 3. 5. Türkiye'nin doğal gazdan elektrik üretimi (%)	17
Şekil 3. 6. Türkiye'de jeotermal elektrik santrallerinin gelişimi ve 2018 yılı için hedef (MW).....	22
Şekil 3. 7. Türkiye'deki rüzgâr enerji santralleri için yıllık kurulum (MW)	23
Şekil 3. 8. Türkiye'nin Biyokütle Enerji Haritası	24
Şekil 3. 9. 01.01.2017 son gün olmak üzere bir aylık zaman dilimindeki doğal gaz sarfıyatı.....	42
Şekil 3. 10. 2007-2015 Yılları Doğal Gaz Üretim Miktarları (milyon sm ³).....	45
Şekil 3. 11. aylara göre elektrik santrallerinde doğal gaz tüketimi (milyon stdm ³)	48
Şekil 3. 12. 2014-2016 yılında sanayide kullanılan doğal gaz miktarlarının aylık değişim oranları (milyon stdm ³).....	49
Şekil 3. 13. 2004-2016 yılları arasında konutlarda kullanılan doğal gaz tüketimi (milyon stdm ³).....	50
Şekil 3. 14. 2004-2016 yılları arasında şehirlerde kullanılan doğal gaz tüketimi (milyon stdm ³).....	50
Şekil 3. 15. 2014-2016 yılları arasında şehirlerde doğal gaz aylık tüketimi (milyon stdm ³).....	51
Şekil 3. 16. Türkiye 2014 yılında ait ithalat oranları	52
Şekil 3. 17. 2015 Ocak-Eylül dönemine ait doğal gaz ithalatının dağılımı	53
Şekil 3. 18. Türkiye'nin yerli doğal gaz üretimi, doğal gaz ithalatı ve yerli üretimin oranı (ö,lyar m ³ /yıl).....	54
Şekil 3. 19. 2012-2015 yılları aylık doğal gaz üretimi karşılaştırması (milyon m ³)	55
Şekil 4. 1. Nüfusun yıllara göre değişimi.....	65
Şekil 4. 2. Doğal gaz tüketim değerlerinin yıllara göre değişimi.....	66
Şekil 4. 3. Nüfus değerlerine ait gerçekleşen ve Gri Model (1,1) modeli ile tahmin edilen değerler.....	71
Şekil 4. 4. Doğal gaz tüketimi değerlerine ait gerçekleşen ve GM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler.....	75
Şekil 5. 1. Türkiye'deki yıllık doğal gaz tüketiminin nüfusa oranı	78

ÇİZELGELER

Çizelge 3. 1. Türkiye’de 2005-2015 Yılları Arasında Gerçekleştirilen Linyit Rezerv Keşifleri (ton).....	11
Çizelge 3. 2. Dünyada En Fazla Kaya Gazına Sahip Ülkeler	30
Çizelge 3. 3. Doğal gaz tüketimi (m ³).....	47
Çizelge 4. 1. Türkiye yıllık nüfus ve doğal gaz tüketimi (m ³),.....	65
Çizelge 4. 2. Nüfus değerleri.....	67
Çizelge 4. 3. Nüfus birikim oluşturma işlemi (BOİ) değerleri	68
Çizelge 4. 4. Nüfus z ⁽¹⁾ dizisi	69
Çizelge 4. 5. Nüfus Y Matrisi	69
Çizelge 4. 6. Nüfus değerleri ve değer ve Tahmin Değerleri	71
Çizelge 4. 7. Doğal gaz tüketimi gerçekleşen değerler	72
Çizelge 4. 8. Doğal gaz tüketimi birikim oluşturma işlemi (BOİ) değerleri.....	73
Çizelge 4. 9. doğal gaz z ⁽¹⁾ Dizisi.....	73
Çizelge 4. 10. doğal gaz Y Matrisi.....	74
Çizelge 4. 11. Doğal gaz tüketimi gerçekleşen ve tahmin değerleri ve MAPE	75
Çizelge 5. 1. 2030 yılına kadar olan nüfus tahminleri	76
Çizelge 5. 2. 2030 yılına kadar olan doğal gaz tahminleri.....	77
Çizelge 5. 3. Doğal gaz ve nüfus oranı	79

1. GİRİŞ

Enerji, bir sisteme eklendiğinde ya da çıkartıldığında sistem parametrelerinden herhangi birinde değişikliğe neden olan etken olarak tanımlanabilmektedir. Ekonomik gelişmelerle birlikte, enerjiye olan ihtiyaç artmış ve ülkeleri çeşitli arayışlara yönlendirmiştir. Bunun sebebi ise, enerji ihtiyacının, ülkelerin sahip oldukları doğal kaynaklarına bağlı olarak ve ekonomik gelişme seviyelerine çeşitlilik göstermesidir.

Doğal gaz, yaygın kullanılan bir enerji türü olarak, tüketiminin ve talebinin, yıllar geçtikçe arttığı gözlenen bir enerji türüdür. Sahip olduğu bazı belirgin özellikler dolayısı ile tüm dünyada öncü enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Türkiye bir doğal gaz ülkesi olmamasıyla birlikte milli doğal gaz rezervi 2013'te 6,16 milyar m^3 olarak kaydedilmiştir. Doğal gaz kullanım oranları ise, 2004 senesinden 2016 senesine değin iki kat artmış ve doğal gaz ihtiyacı bu yönde yükselişe geçmiştir. (EPDK Doğal Gaz Raporu, 2012)

Doğal gaz, hem temiz ve çevre dostu bir yakıt olması, hem de kuyu başı fiyatları bakımından petrol ve kömür gibi diğer birincil enerji kaynaklarına göre daha düşük maliyetli olmasına bağlı olarak oldukça elverişli bir enerji kaynağıdır.

Doğal gaz tüketimi, toplumdaki bireylerin yaşam koşullarını ve harcama düzeylerini yansıtmak adına önemli bir gösterge olmakla birlikte birçok faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler ile doğal gaz tüketimi arasında doğrusal olmayan ve karmaşık bir ilişki bulunmaktadır. Enerji kaynaklarına olan ihtiyaç hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için her geçen gün artmaktadır. Gelişmiş ülkeler için enerji kaynakları teknolojik gelişimin ve toplumsal refahın artışının sürdürülebilmesi, gelişmekte olan ülkeler için ise sanayileşme yolunda ilerleyiş çabası açısından önemlidir (Akgül ve Yıldız, 2013: 441).

Doğal gazı en çok kullanan ilk 10 ülkenin tüketimi, toplam dünya tüketiminin %60,3'ünü oluşturmaktadır. 2012 yılında dünya doğal gaz tüketimi 3,3 milyar m^3

olurken bahsedilen 10 ülkenin tüketimi 2 milyar m³ seviyesine gelmiştir. 2010 yılında dünya doğal gaz tüketiminin sektörel dağılımı incelendiğinde; elektrik enerjisi kullanımında %42, hanelerde %21, sanayide %27, hizmet alanlarında % 5, diğer %3 ve ulaşırmada % 2 oranlarında olduğu belirlenmiştir (EPDK, 2012).

Doğal gaz kullanımının sektörel tüketim açısından talep tahmin oranlarında pek değişme beklenmemektedir. Genel tüketim açısından ise son yıllarda gelişmiş ülkelerin doğal gaz talepleri değişmez ya da nispeten azalırken gelişmekte olan ülkelerde ise artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, iklim değişikliği hedefleri kararlı veya esnek olsa da elektriğin doğal gaz tüketimindeki payının tüm politika senaryolarında artacağı düşünülmektedir. Yeni Politika Senaryosu uyarınca 2011-2035 arası dönemde elektrik üretimi için doğal gaz talebinin yılda %1,5, sanayi talebinin yılda %1,9, ısınma amaçlı doğal gazın yılda %1,3 oranında artması öngörülmektedir. Doğal gaz talebinde 2011-2035 arası dönemde yıllık en fazla artışın ise %2,9 oranı ile ulaşım sektöründe görülmesi hesaplanmıştır (IEA, 2012).

Küreselleşen dünyada sürekli gelişen bir doğal gaz sektörü vardır. Doğal gaz sektörü dinamik bir yapıda olduğundan diğer sektörlerle etkileşim halindedir. Ayrıca ekonomik büyüme ve dış ticaretin önemli bir konusudur. Gelişen ve enerji ihtiyacı ithalata dayanan Türkiye için de özel bir önem taşımaktadır. Türkiye'nin dış ticaret açığının önemli bir bölümünü oluşturan doğalgaz ithalatının doğru ve etkin yönetilebilmesi Türkiye'nin stratejik ve ekonomik sürdürülebilirliği için oldukça önemlidir.

Doğal gaz tüketiminin doğru tahmin edilmesi geleceğe dönük doğal gaz arz-talep dengesizliklerini ortadan kaldırabilecek ve gereğinden fazla doğal gaz temini sonucu oluşacak ağır ekonomik kayıpları en aza indirebileceği gibi, sektöre yapılacak yatırımların ve ülkeler ile gerçekleştirilecek gaz alım anlaşmalarının etkinliğine fayda sağlayacaktır (Aras ve Aras, 2005: 26).

Gri tahmin, yapısı karmaşık ve belirsiz olan sistemler için ortaya atılan alternatif bir tahmin metodudur. Gri tahmin metodunun, diğer tahmin metotları ile

kıyaslandığında avantajlı olarak görülebilmektedir. Bunun sebebi ise, model kurmak için az sayıda veriye gereksinim duyması, yüksek tahmin tutarlılığı gibi pek çok niteliktir. Bu çalışmada, en geniş kullanıma sahip olduğu için birinci dereceden bir değişkenli gri model olarak isimlendirilen GM(1,1) modeli kullanıldı. Bu metodu kullanarak 2030 yılına kadarki Türkiye'deki doğal gaz tüketim değerleri ve nüfus değerleri hesaplandı. Bu hedefle, meydana çıkarılan modelin tahmin doğruluklarının kıyaslanması için Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) metoduna başvuruldu.

Bu çalışmada, devam eden bölümlerde ilk olarak literatürden bahsedilecek ardından doğal gaz kavramı ve gri modelleme üzerinde durulacak, dördüncü bölümde araştırma ve bulgular oraya konulacak ve son bölümde sonuç ve önerilere yer verilecektir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Enerji tüketimi tahminleme yöntemleri oldukça sıklıkla akademik çalışmalara konu olan ve önemi oldukça belirgin bir yöntemdir. Konu ile ilgili Türkiye’de de birçok çalışma gerçekleştirilmiş, ancak gri tahminleme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar sınırlı kalmışlardır.

Akay ve Atak (2006) Gri tahmin yöntemini kullanarak, Türkiye’nin elektrik enerjisi talebini tahmin etmiş, sonrasında sonuçları Türkiye enerji ve doğal kaynaklar bakanlığının tahmin sonuçları ile karşılaştırılmış ve önerilen modelin daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Hamzaçebi (2012) Gri Tahmin Yöntemi İle Elektrik Enerjisi Tahmini: Türkiye Örneği adlı makalesinde, aynı yöntemi elektrik enerjisi tüketimi için kullanmıştır. Sonuçlar, Optimize Edilmiş Gri Modellemenin (1,1) literatürden elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, bu yöntemin üstünlüğünü göstermektedir. Çalışmanın bir diğer bulgusu, doğrudan tahmin yaklaşımının, Türkiye'nin elektrik tüketimini tahmin etmede yinelemeli tahmini yaklaşımından daha iyi tahminler sağlamasıdır. Elektrik üretmek için birincil enerji kaynaklarının arz değerleri, Optimize Edilmiş Gri Modelleme çıktılarını (1,1) kullanarak 2015, 2020 ve 2025 için, bu çalışmada hesaplanmıştır.

Yılmaz ve Yılmaz (2013) CO₂ gazı emisyonlarını gri tahmin yöntemi ile geleceğe yönelik tahmin etmeye çalışmıştır. 1990 – 2009 yılları arasındaki verilerin kullanıldığı çalışmada Türkiye’nin 2010-2020 yılları arasındaki CO₂ emisyon değerleri tahmin edilmiştir. Bu değerler, gerçekleşen verilerle karşılaştırıldığında tahminlerin başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Boran (2015) GPRM metoduyla ilk kez doğal gaz tüketimi tahminlemesi yapmıştır. Çalışma, GPRM'nin Türkiye'de doğal gaz tüketimi için güvenle kullanılabileceğini göstermiş, tahmin 2014-2018 dönemi için GPRM kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Kuşakçı ve Ayvaz (2015), yıllık net elektrik enerjisi tüketiminin modellenmesi ve tahmininde, RM (Rolling Mechanism) ile gri tahmin teknikleri kullanılmıştır. En iyi modeli bulmak için üç farklı gri model oluşturulmuştur. RM ile en iyi gri model, 2014'ten 2030'a kadar enerji tüketiminin tahmini için kullanılmıştır. Ayrıca, elde edilen sonuçları RM içermeyen bir Gri Modelle karşılaştırarak RM'nin etkisi araştırılmaktadır. Sonuçlar RM'li homojen olmayan Gri Modelin tahmin doğruluğunu arttırdığını göstermiştir.

Kuşakçı ve Ayvaz (2017), Türkiye için üç farklı gri tahmin modelleri oluşturmuş ve bu modelleri yıllık net elektrik tüketiminin modellenmesi ve tahmininde kullanmıştır. Ayrıca, bu üç model, performans ölçütlerini kullanarak en iyi modeli bulmak için karşılaştırılmıştır. En iyi yaklaşım olan, Homojen olmayan Ayrık Gri Modeli (NDGM), 2014'ten 2030'a kadar elektrik tüketimini tahmin etmek için kullanılmıştır.

Oruç ve Eroğlu (2017); Isparta ilinin, geleceğe yönelik doğal gaz ihtiyacı belirlenme yolunda tahminler gerçekleştirmiştir. Bunu yaparken, Gri tahmin yöntemi, Box-Jenkins ve Üstel Düzleştirme Yöntemlerini ve bu 3 yöntemin yeterliliğini de karşılaştırmışlardır. Tahminleme sürecinde Ocak 2010-Nisan 2016 dönemi konut sektörüne ait 76 aylık veri analiz edilmiş, Mayıs 2016-Aralık 2017 döneminde 20 aylık öngörü işlemi yapılmış ve bu üç modelin tahmin başarısı RMSE, MSE, MAE-MAD ve MAPE başarı kriterleriyle değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, gri tahmin yöntemi en başarılı tahmin sonuçlarını vermiştir.

3. ENERJİ KAVRAMI, DOĞAL GAZ VE GRİ SİSTEM MODELLEME

3.1. Enerji Kavramı

Enerji, fizik biliminde, genel bir tanımla “iş yapabilme yeteneği” olarak tanımlanmaktadır (Çengel ve Boles, 2005). Bu çerçevede, termodinamik bilimi gelişmiş ve enerjiyi değişikliklere yol açan etken olarak tanımlamıştır. Genel bir tanım olarak ise, bir sisteme eklendiğinde ya da çıkartıldığında sistem parametrelerinden herhangi birinde değişikliğe neden olan etken olarak tanımlanabilmektedir. Enerji oldukça kapsamlı bir kavram olup, enerji ve enerji ile ilgili değişimler, üzerinde önemle durulması gereken konular arasında yer almaktadır. Farklı enerji çeşitlerinden bahsedilebilir. Kaynaklar incelendiğinde farklı sınıflandırmalarla enerji konusunun incelendiği görülmektedir. Enerji çeşitleri olarak; mekanik enerji, elektrik enerjisi, elektromanyetik enerji, kimyasal enerji, nükleer enerji, termal enerji sayılabilir (Çevrimiçi, http://courses.washington.edu/engr100/Section_Wei/small_project/Energy%20Types1.pdf , Erişim Tarihi: 25.03.2017). Bu enerji çeşitleri şu şekilde tanımlanabilir:

Mekanik enerji: Potansiyel ve kinetik enerji olmak üzere iki türdür: Potansiyel enerji; maddenin konumu nedeniyle sahip olduğu enerjidir. Kinetik enerji ise maddenin hareketi nedeniyle sahip olduğu enerjidir. Bu nedenle, mekanik enerjinin depolanmış şekli potansiyel enerji, hareket edebilen şekli ise kinetik enerji olarak da adlandırılmaktadır. Mekanik enerji etkin olarak diğer enerji türlerine dönüştürülebildiğinden yararlı bir enerji türü olarak tanımlanmaktadır (Çevrimiçi http://sgcal.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/34/41/972879/dosyalar/2014_03/05100342_enerji.pdf Erişim Tarihi: 14.04.2017).

Elektrik Enerjisi: Elektron akışı veya birikmesi sonucu açığa çıkan bir enerji çeşididir. Elektrik enerjisinin hareketli hali elektronların bir iletken boyunca akışı şeklindedir ve yüksek voltajlı iletim hatları kullanılarak büyük miktarlardaki elektrik enerjisi uzak mesafelere taşınabilmektedir. Elektrik enerjisi ya elektrostatik alan enerjisi veya indüksiyon alan enerjisi şeklinde bulunabilir. Birincisinde,

elektronlar bir kapasitörün plakaları üzerinde toplanırken, elektromanyetik alan enerjisi olarak da adlandırılan ikincisinde, elektronların bir indüksiyon bobininden akışı ile bir manyetik alan oluşturulur. Elektrik enerjisi de mekanik enerji gibi diğer enerji şekillerine etkin olarak dönüştürülebilir (Çevrimiçi <http://bizdosyalar.nevsehir.edu.tr/091383a80545e2a7ea4dbe79f93f919f/enerji-kaynaklari.pdf>, Erişim Tarihi: 14.04.2017).

Elektromanyetik Enerji: Elektromanyetik radyasyonun meydana getirdiği bir enerji çeşididir. Herhangi bir kütle ile bağlantılı olmadığı için elektromanyetik radyasyon en saf enerji çeşididir denebilir. Ayrıca, sürekli ışık hızıyla hareket eden tek enerji şeklidir. Elektromanyetik bir dalganın hızı (c); dalga boyu (λ) ile frekansının (ν) çarpımına eşittir ve; $E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$ şeklinde hesaplanır. Bu denklemde, h : Plank sabitidir. Elektromanyetik radyasyonlar dalga boyuna veya radyasyon kaynağına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Atom çekirdeğinden yayılan gamma ışınları, elektromanyetik radyasyonun en enerjik bölgesinde yer alır. Bunun arkasından yörünge elektronlarının uyarılması sonucu açığa çıkan x-ışınları, mor ötesi ışınlar, görünür ışık, kızıl ötesi ışınlar veya termal radyasyon, mikro dalga ve radyo dalgaları gelmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Kimyasal Enerji: İki veya daha fazla atomun veya molekülün elektron alış verişi ile birleşerek daha kararlı bir bileşik oluşturması sonucu açığa çıkan veya yutulan enerjiye kimyasal enerji denir. Kimyasal tepkimeler enerji üretiliyorsa “ekzotermik” enerji tüketiliyorsa “endotermik” tepkime olarak adlandırılmaktadır. Yakıtlar en önemli kimyasal enerji depolarıdır ve kimyasal enerji de sadece depolanmış halde bulunmaktadır (Çevrimiçi, http://sgcal.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/34/41/972879/dosyalar/2014_03/05100342_enerji.pdf Erişim Tarihi: 14.04.2017).

Nükleer Enerji: Nükleer enerji, atom çekirdeği ve atomu ilgilendiren etkileşimler sonucu açığa çıkabilen bir enerji çeşididir. Genel olarak üç tip nükleer tepkime gerçekleşmektedir. Bunlar; Radyoaktif bozunum, Çekirdek parçalanması (filyon) ve Çekirdek birleşmesi (füzyon) tepkimeleridir. Radyoaktif bozunum, kararsız bir

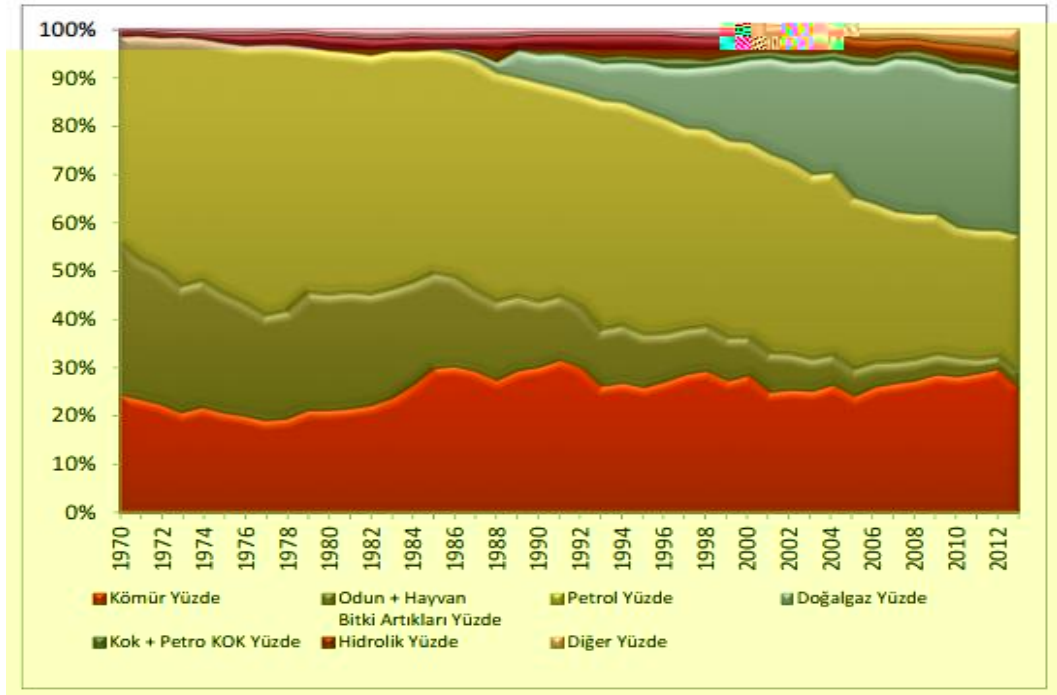
çekirdeğin tanecik ve enerji yayılımı ile daha kararlı bir yapıya dönüşmesi olayıdır. Çekirdek parçalanması (filyon); günümüz konvansiyonel nükleer reaktörlerde gerçekleşen ana tepkimedir. Bu tepkimede ağır çekirdek nötron bombardımanı ile daha küçük parçalara ayrılarak büyük ölçüde enerji açığa çıkar. Füzyon tepkimesinde ise, küçük çekirdekler uygun şartlar altında birleşerek daha kararlı bir yapı oluştururlar ve bu sırada büyük ölçekte enerji açığa çıkar (Zabunoğlu, 2012).

Termal Enerji: Atomik veya moleküler titreşim sonucu oluşan bir enerji çeşididir. Diğer bütün enerji çeşitleri tamamen ısı enerjisine dönüştürülebilmektedir; ancak, ısıнын diğer enerji türlerine dönüşümü termodinamiğin ikinci kanununa göre sınırlıdır. Bu nedenle ısı, kalitesi düşük bir enerji çeşididir. Dünyadaki mevcut enerji kaynaklarının çoğu güneş kaynaklıdır ve genel olarak iki sınıfta toplanabilir. Bunlar; yeryüzüne dış uzaydan gelen yenilenebilir enerji kaynakları ve yeryüzünde depolanmış halde bulunan yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır (Meriçboyu ve Yavuz, 2007).

3.1.2. Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Genel Durum

Ülkelerin sahip oldukları doğal kaynaklarına bağlı olarak çeşitlilik gösteren ve ekonomik gelişme seviyelerine göre bazı işlemde geçmiş biçimlerine rastlanan enerji kaynakları, pek çok şekilde sınıflandırmalara konu olmaktadır. Bu sınıflandırmalara en çok kullanılan birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak yapılan ayırmadır (Berberoğlu, 1982).

Birincil enerji kaynakları bir kez kullanılan ve tükenen tükendikçe de yenilenmesi mümkün olmayan kaynaklardır. İkincil enerji kaynakları birincil enerji kaynaklarından üretilen enerji kaynaklarıdır. Birincil enerji kaynakları da kendi içinde petrol, doğal gaz, kömür gibi yenilenemeyen enerji kaynakları ve hidrolik enerji, rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. En önemli ikincil enerji kaynağı ise elektriktir.



Şekil 3. 1. Türkiye’nin Yıllara Göre Enerji Kullanım Oranları (%)

Kaynak: Çevrimiçi, http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fE%C4%B0GM+Periyodik+Rapor%2fOcak-%C5%9Eubat+B%C3%BClteni_son.pdf, **Erişim Tarihi:** 26.03.2017.

Ülkemiz birincil enerji kaynakları rezervleri bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Buna göre ülkenin en önemli enerji kaynakları başta linyit, taşkömürü, hidrolik ve petrol olmak üzere, doğal gaz, nükleer enerji, güneş enerjisi, jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi ve biokütle enerjisidir.

Şekil 3.1’de görüldüğü üzere Türkiye geçmiş yıllarda en çok petrolden enerji elde ederken bunun yerini son yıllarda doğal gaz doldurmaya başlamıştır. Kömür, doğal gaz ve petrolün kullanım oranları son yıllarda birbirlerine çok yakinken; odun, hayvan ve bitki artıklarının enerji elde etmek için kullanımı git gide düşmüştür. Grafikteki en belirgin artış ise doğal gaza aittir. 1980’ler sonrası sürekli bir artışa geçmiş ve diğer enerji kaynakları ile aynı oranda kullanılmaya başlanmıştır.

3.1.2.1. Linyit

Fosil yakıtlar, yüksek oranlarda karbon içeren kömür de dâhil olmak üzere, çeşitli enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Fosil enerji; tükenen bir enerji kaynağı olmakla birlikte, yenilenmesinin zor olduğu kaynaklardır.

Bu kaynaklar Türkiye'nin enerji rezervlerinin küçük bir kısmını oluşturmakta olup, Ortadoğu ve Kafkasya'da fazlaca bulunsada Türkiye'de bu enerji kaynakları pek bulunmamaktadır. Linyit ise, bir noktada fosil yakıtlardan ayrılmakta ve Türkiye fosil enerji kaynaklarından sadece linyit rezervleri yönüyle kendi birincil enerji kaynağı gereksinimlerini karşılayabilecek durumdadır (Kızılel, 2016).

Rezervleri zengin ülkeler kadar olmasada, Türkiye'deki en zengin birincil enerji kaynağı linyit kömürleridir. Türkiye'deki coğrafi bölgelerinin tümünde linyit rezervlerine rastlanır. Bunun temel nedeni her bölgede linyit oluşumuna yer veren Tersiyer Devri arazilerinin bulunmasıdır. Özellikle 1960 yılında başlatılan detay etüdüleri ve sondajlı arama çalışmaları sayesinde 1960- 1995 döneminde ülkemiz rezervlerinin tamamına yakını belirlenmiştir (Doğanay, 1998).

Linyit yataklarından en önemlileri ise Afşin-Elbistan, Muğla, Soma, Tunçbilek, Seyitömer, Konya, Beypazarı ve Sivas havzalarında yer almaktadır. Linyit daha çok konut sektöründe, termik santrallerde ve sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Çizelge 3.1'de Türkiye'de 2005-2015 yılları arasında gerçekleştirilen linyit rezerv keşifleri miktarlarıyla verilmiştir.

Çizelge 3. 1. Türkiye’de 2005-2015 yılları arasında gerçekleştirilen linyit rezerv keşifleri (milyar ton)

TÜRKİYE LİNYİT REZERVİ BÖLGELERİ	REZERV
Karapınar-Ayrancı	1,832
Çerkezköy	0,495
Elbistan	0,515
Malatya-Yazıhan	0,017
Eskişehir-Alpu	1,453
Afyon-Dinar	0,9415
Vize-Pınarhisar	0,140
Konya-İlgin-Merkez	0,0305
Amasya-Merzifon	0,0092
Isparta-Şarkikaraağaç	0,3067
Denizli-Çardak	0,0442
Denizli-Çivril	0,0075
Elbistan - Elektrik Üretim AŞ (EÜAŞ)	1,3
Soma – Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ)	0,205
Çayırhan - Elektrik Üretim AŞ (EÜAŞ)	0,0833
TOPLAM	7,38

Kaynak: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, (Erişim Tarihi: 08.04.2017)

3.1.2.2. Taşkömürü

Taşkömürü yatakları, Zonguldak ve çevresi başta olmak üzere Ereğli'den Amasra'ya kadar uzanan sahil şeridinde bulunmaktadır. Taş kömürü özellikle demir- çelik sektörü başta olmak üzere sanayi sektöründe, ulaştırma ve ısınma sektörlerinde yoğun şekilde kullanılmaktadır. Taşkömürü en yoğun olarak demir- çelik ve ısınma sektöründe, diğer sanayide, elektrik santrallerinde ve az miktarda ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır (Dünya Enerji Konseyi, 1994).

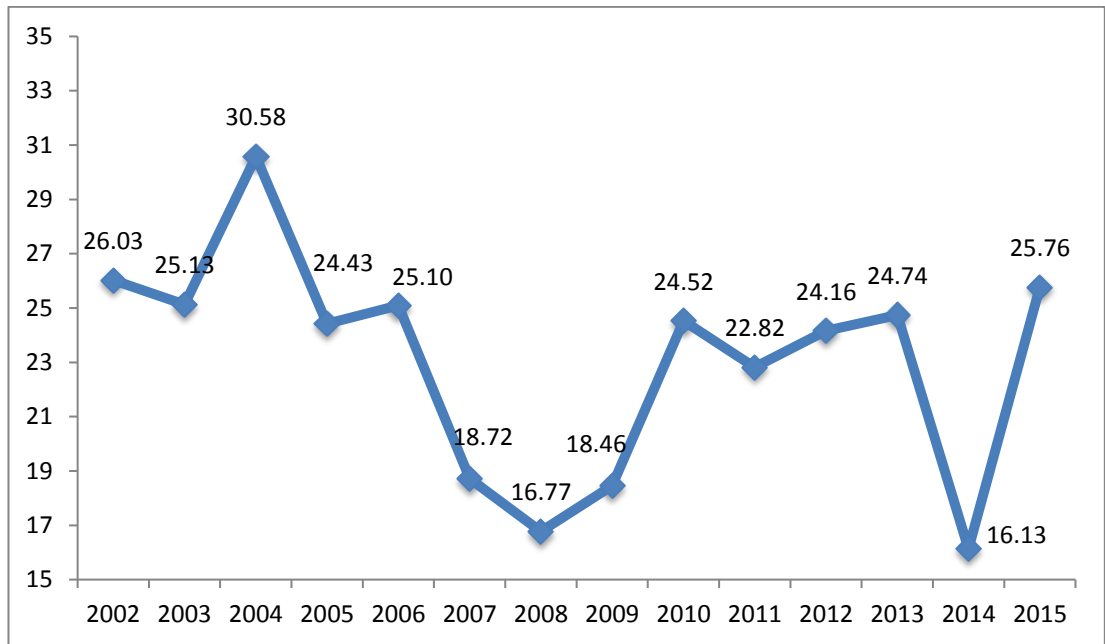
Ülkemizde linyit kömürü üretiminde, taşkömürü üretimine göre çok daha hızlı bir üretim artışı göze çarpmaktadır. Bu üretim artışı brüt elektrik üretiminde taşkömürü ve linyit paylarında da değişmelere sebep olmaktadır. Elektrik üretiminde taşkömürü ve linyit kullanım oranları 1970 yılında %16 oranında eşit şekilde kullanılırken, bu oran 1980'li yılların ortalarına gelindiğinde taşkömürü aleyhine, linyit lehine değişmiştir. 2001 krizinin etkisiyle elektrik üretiminin azalmasına bağlı olarak her iki enerji kaynağının kullanılma oranında da düşüşler yaşanmış, kriz sonrası toparlanma sağlansa da eski kullanım oranlarına ulaşamamıştır. Bu olumsuz gelişme daha çok ithal edilen ve oldukça pahalı olan doğal gazın elektrik üretiminde aşırı ölçüde kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Halen Türkiye elektrik üretiminin %46'sı doğal gazdan elde edilmektedir. (Türkiye Enerji Konseyi, Türk Milli Komitesi, 2007).

3.1.2.3. Hidroelektrik Enerji

Petrol, doğal gaz ve kömür ile birlikte dört büyük enerji kaynağından biri olan hidrolik enerji, elektrik enerjisi üretilmesi amacıyla akarsuların potansiyel enerjisinden yararlanılmak suretiyle üretilmektedir. Türkiye'nin en büyük enerji kaynaklarından biri hidroelektrik enerjidir. Türkiye'nin en önemli yenilenebilir enerji kaynağı su olmasına rağmen, enerji üretiminde yeterince kullanamamaktadır. Artan sulama ve içme suyu ihtiyaçları nedeniyle enerji üretiminde olabilecek azalmaları telafi edebilmek adına Türkiye'de alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

Hidroelektrik potansiyelinin 170 milyar KWh/yıl olacağı tahmin edilmektedir. Bu potansiyelin sadece %27'si işletmede %6'sı ise inşa halindedir. Geriye kalan %77'lik potansiyel ise enerjisinden yararlanılmadan denizlere ulaşmaktadır. Türkiye'nin bu sebeple kaybı her yıl yaklaşık 7-8 milyar \$'ı bulmaktadır (Türkiye Enerji Konseyi, Türk Milli Komitesi, 2007).

Şekil 3.2'de Türkiye'nin hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi verilmiştir.



Şekil 3. 2. Türkiye'nin hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi (KWh/yıl)

Kaynak: Dünya Bankası,

<http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators> **Erişim Tarihi:**18.04.2017

Not: Veriler hidroelektrik kaynağından üretilen elektriğin toplam elektrik üretimine oranını göstermektedir.

3.1.2.4. Petrol

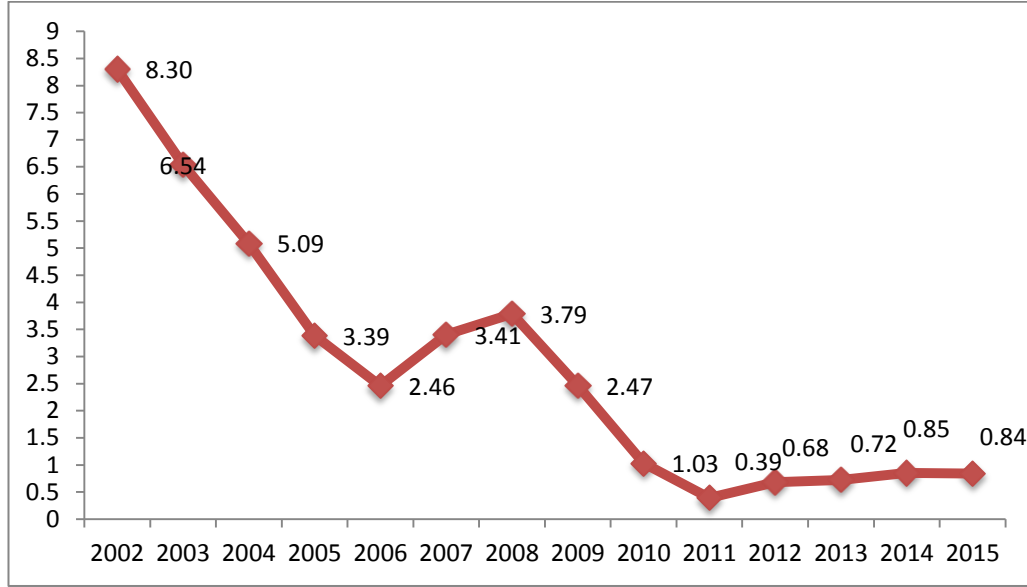
Petrol, gaz, sıvı veya katı halde bulunan hidrokarbonlara verilen genel isimdir. Fosil kaynaklar arasında yer alan petrol, diğer kaynaklara oranla kullanımının çok yüksek olması ve yalnızca enerji hammaddesi değil, aynı zamanda önemli bir sanayi hammaddesi olması sebebiyle ülkelerin ekonomik gelişmeleri açısından büyük önem taşımaktadır (Pamir, 2006).

Gün geçtikçe yükselmekte olan, global enerji tüketimi temelinde, petrole olan talep de yükselişe geçmiştir. Bu talebin karşılanmasının yeni rezerv keşifleriyle mümkün olabileceği düşüncesi bu yöndeki çalışmaları oldukça genişletmiş ve kara ve denizlerde petrol arama sahaları kurulmuş, yeni rezervler elde edilmeye başlanmıştır (Çakır, 2008).

2015 yılı verilerine göre, ülke bazında Venezuela, dünyanın en büyük petrol rezervine sahip iken, onu, Suudi Arabistan, Kanada, İran, ve Irak takip etmektedir. Petrol rezervi olarak ilk 10'da olan diğer ülkeler sırasıyla, Kuveyt, Birleşik Arap Emirlikleri, Rusya, Libya ve Nijerya'dır (Çevrimiçi, <http://www.enerjiatlası.com/rezerv/dunya-petrol-rezervi.html>, Erişim tarihi:17.03.2017).

Türkiye'de petrol araştırılması hedefiyle gerçekleştirilen ilk çalışma 1934 yılında Mardin'de bulunan Haberal Köyü yakınlarında açılan kuyu olmuştur. Buna rağmen, bu kuyuda 1,327.00 m derinliğe ulaşılmasına karşın petrol araştırma işlemi sonuçsuz kalmıştır. Bu olaydan 6 yıl sonra, bu çalışmalar Raman 1 Kuyusunda başarıya ulaşılmış 1050 m. Kazılan bu kuyudan ilk kez petrol çıkarılmıştır (Doğanay, 1998). Petrol kaynakları açısından fakir olan Türkiye'de bu yönde gerçekleştirilen çalışmalar devam etmekte olup, Türkiye 2015 yılı itibarıyla 334 milyon varil petrol rezervine sahip durumdadır.

Ülkemiz petrol kaynağı açısından zengin değildir. Bu sebeple petrolden üretilen elektrik, düşük seviyelerde kalmaktadır. Şekil 3.3'te, bu kaynaktan yapılan üretime de yer verilmiştir.



Şekil 3. 3. Petrolden elektrik üretimi (KWh/yıl)

Kaynak: Dünya Bankası, <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>, Erişim Tarihi:18.04.2017

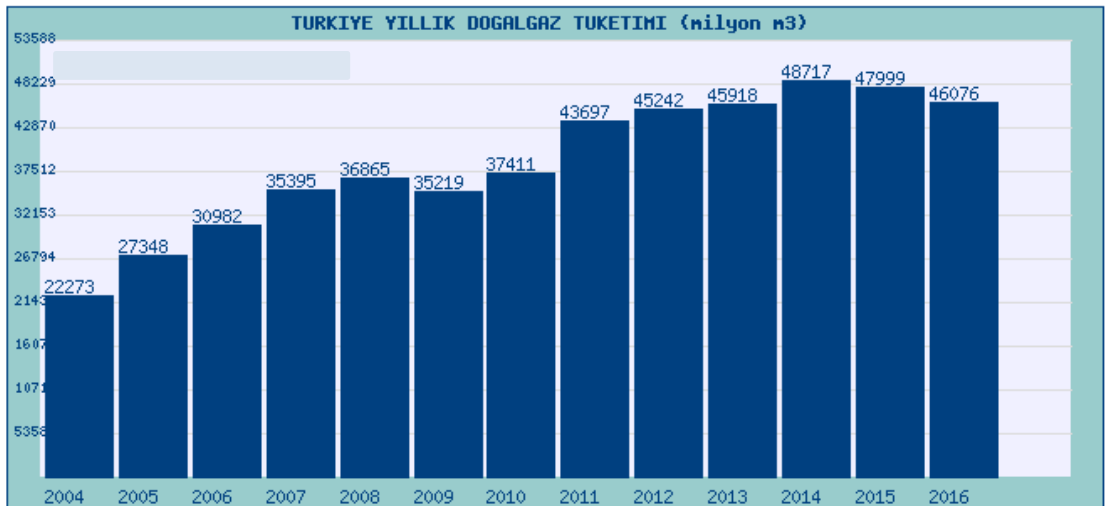
Not: Veriler petrol kaynağından üretilen elektriğin toplam elektrik üretimine oranını göstermektedir.

3.1.2.5. Doğal Gaz

Küresel anlamda ilk kez 1985 yılında ticaret amacıyla kullanılan bu kaynağa, özellikle alternatif kaynakların yükselen fiyatından sonra bir eğilim olmuştur. 1973 petrol krizi sonrasında başlayan bu süreçten hemen önce, 1970 yılında Türkiye’de doğal gaz kaynağı keşfedilmiş; doğal gazın ilk kez kullanılması ise 1976 yılında olmuştur. 1980’li yılları takiben Ankara ile birlikte diğer büyük şehirlerde doğal gaz kullanılmış, 1986 yılında BOTAŞ ve SSCB’nin Soyuzgazexport Şirketi taraflarıyla bir doğal gaz ticari anlaşmasına varılmıştır (Celepçi, 2002).

Son zamanlarda önemli ölçüde gelişen çevre bilincinin olumlu etkisi sonucu temiz bir yakıt olan doğal gazın Dünya Birincil Enerji Pazarında payı oldukça artmıştır. Bu sebeple yeni doğal gaz rezervlerinin bulunmasına yönelik çalışmalara önem verilmiştir. Ancak doğal gaz rezervleri ülke talebini karşılamaya yetmeyen ülkeler bakımından dışa bağımlılık anlamında büyük sıkıntı yaratmaktadır. Ülkemizin 2006 yılında tükettiği toplam enerjinin % 61'i petrol ve doğal gazdır. 2006 yılında harcanan 31 milyon ton petrolün yaklaşık %90'ı ve 30 milyar metreküp doğal gazın ise tamamına yakını ithal edilmiştir (Türkiye Enerji Konseyi, Türk Milli Komitesi, 2007).

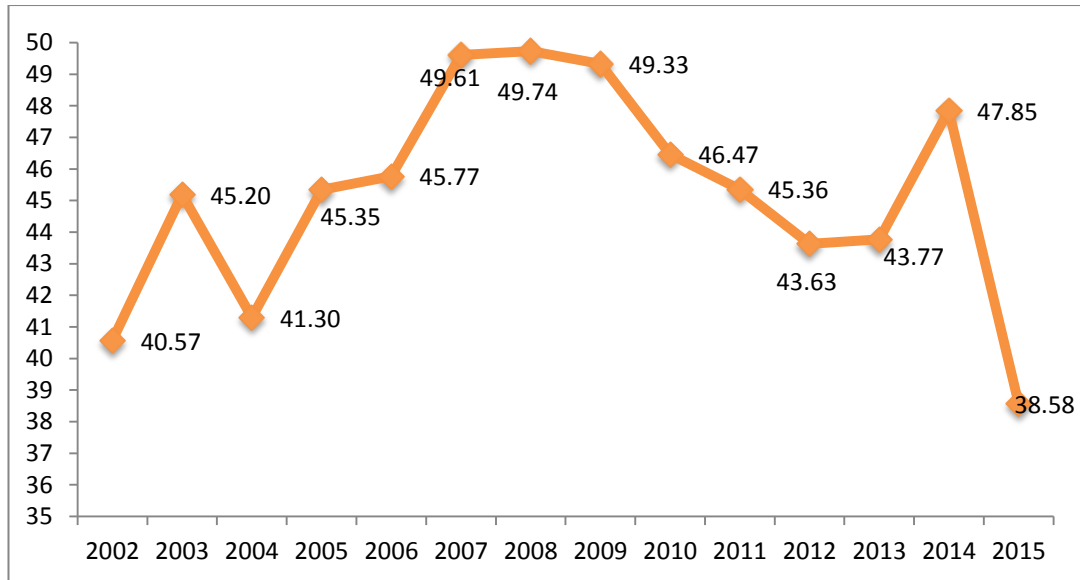
Şekil 3.4'te görüldüğü üzere Türkiye'nin doğal gaz kullanımı 2014 yılına kadar artış göstermiştir. Fakat son iki yılda bir miktar düşüş göstermiştir. Tablonun geneline bakıldığında böyle dönemlerin görülmesine rağmen yine artan bir trende sahip olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca, 2004 yılında kullanılan doğal gaz miktarı 2016 yılında kullanılan doğal gazın yarısından daha azdır. Bu veriler ışığında 12 yılda iki katına çıkan bir doğal gaz kullanımı mevcuttur. Türkiye'de doğal gaz tüketimi ile ilgili ileriki konularda daha detaylı bilgilere ve değerlendirmelere yer verilmiştir.



Şekil 3. 4. Türkiye yıllık doğal gaz tüketim tablosu (milyon m³)

Kaynak: <http://www.enerjiatlası.com/dogalgaz-tuketimi/>, Erişim Tarihi: 01.03.2017.

Doğal gaz ithal bir kaynak olduğundan, elektrik üretiminde kullanılacak alternatif kaynaklara Türkiye'nin ihtiyacı oldukça fazladır. Bu açıdan bakıldığında özellikle linyit sahalarının yerel bir kaynak olması kritik önem taşımakta ve var olan santrallere yenilerinin eklenmesine dair çalışmalar devam etmektedir (Çevrimiçi <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, Erişim Tarihi: 08.04.2017). Şekil 3.5'te Türkiye'nin doğal gazdan elektrik üretimi verileri yer almaktadır.



Şekil 3. 5. Türkiye'nin doğal gazdan elektrik üretimi (%)

Kaynak: Dünya Bankası,
<http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators> Erişim Tarihi:18.04.2017

Not: Veriler doğal gaz kaynağından üretilen elektriğin toplam elektrik üretimine oranını göstermektedir.

3.1.2.6. Nükleer Enerji

Bu enerji türü, ağır radyoaktif atomların bir nötron ile çarpışması ve daha küçük atomlara parçalanması ya da hafif radyoaktif atomların bütünleşerek daha ağır

atomları oluşturması sonucu ortaya çıkardığı çok büyük miktarda olan enerjidir (TEİAŐ, 2017).

Başka bir deyişle, bu enerji kaynağı, atom çekirdeklerinin bölünmesi veya birleőtirilmesiyle oluőmakta olup, günümüz dünyasında genellikle geliőtmekte olan ülkelerin sanayileőtme sürecine destek vermesi amacıyla elde edilmektedir. Nükleer enerjinin ana kaynağı, uranyum ve toryum olup, bu rezervler Türkiye’de yeterli derecede bulunmaktadır (Doğanay, 1998). Bununla birlikte nükleer enerji, hem kaynakların bulunması hem de yüksek enerji potansiyeli sebebiyle kullanılan bir enerji kaynağı olmayı sürdürecektir (Alat ve diğerleri, 1994).

Nükleer enerji güncel olarak dünyadaki elektrik ihtiyacının %17’sine karőtılık gelmektedir. Özellikle bazı ülkeler enerjilerinin çoğunu nükleer santrallerden üretmektedir. Bu ülkelere örnek olarak Fransa verilebilir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı verilerine göre, Fransa, elektrik enerjisinin %75’ini nükleer enerjiden temin etmektedir. Bir başka örnek olan Amerika ise enerjisinin %15’ini buradan karőtılamakta ancak yine de nükleerden oldukça fazla enerji üretimi gerçekleştirmektedir. Dünya genelinde 400’den fazla nükleer santral olup bunların 100’den fazlası Amerika’da bulunmaktadır (TEİAŐ, 2017).

Türkiye’de önemli nükleer kaynaklarından uranyum, Ege bölgesinde; Aydın, Uőak, Manisa, Marmara bölgesi sınırında Çanakkale ve İç Anadolu’da Yozgat çevresinde, toryum ise yine İç Anadolu Bölgesi’nde Eskişehir çevresinde çıkmaktadır. Öte yandan Türkiye’de radyoaktiviteden enerji üretimi gerekleőtmemektedir. Nükleer santraller ile birlikte bu mümkün olacak olsa da bu enerji kaynağı oldukça risk unsuru taőtıyan bir kaynak olarak karőtımıza çıkmaktadır. Bu durum bu kaynağın etkili ve güvenli olması konusunda yüksek tedbirlerle ve güvenlik bilinciyle hareket eden çalıőanlar sayesinde olabilmektedir (Tuğrul, 2000: 45-46).

3.1.2.7. Güneş Enerjisi

Türkiye, bulunduğu konum münasebetiyle, bu enerji kaynağından oldukça fazla yararlanabilecek bir ülkedir. Bunun sebebi ise, bu enerji kaynağından, teoride her yıl 2000 saatten fazla güneşlenme süresi olan ülkeler faydalanabilmektedir. Türkiye’de de Karadeniz Bölgesi’nin birinci dağ sıralarının denize bakan kısımları hariç tüm bölgeler 2500 saatten fazla güneşlenmektedir. Buna rağmen, bu enerjinin elektrik enerjisi üretiminde etkin bir şekilde kullanılabilmesi adına, güneş fırınları veya güneş kuleleri yapılmamıştır (Doğanay: 1998, 548-549). Bu konudaki çalışmalar sürerken, Antalya’nın Manavgat ilçesi, Türkiye’de güneş paneli yapılması konusunda Alman ortaklığı ile pilot bölge olmuştur.

Bahsedildiği üzere, bu enerji kaynağı, elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin, işletme giderlerinin petrol doğal gaz gibi diğer yakıtlara göre daha az olması, konutlarda ve ofislerde bulunduğu yerde üretilip kullanıma özelliğinin olması, yan sanayi dallarının iyileşmesi ve işgücüne katkısının diğer enerji kaynaklarına göre daha fazla olması kaynaklıdır. Buna rağmen bu kaynaklar, ilk yatırım maliyetinin fazlalığı ve devletin katkısının görece az kalması, yatırımcıların teşvik edilmemesi ve kanuni düzenlemelerin henüz bir çerçevesinin bulunmaması, bununla birlikte depolama sorunları yüzünden dezavantajlıdır.

Türkiye, birçok Avrupa ülkesi ile karşılaştırıldığında güneş enerjisi ortalaması bakımından yüksek değerlere sahiptir. Türkiye, Güney İspanya ve Güney İtalya ile birlikte Avrupa’daki en güneşli bölgelerinden birisidir. Türkiye’nin bölgeleri içerisinde Orta Anadolu, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri güneş enerjisi sistemleri için daha uygun bölgeler olarak gösterilmektedir. Türkiye, her ne kadar güneşli bir ülke olsa da Türkiye’de güneş enerjisi sektörüne uygulanan teşvik miktarlarının diğer ülkeler ile kıyaslandığında çok düşük olduğu gözlemlenmektedir.

10.5.2005 tarihi itibarıyla yürürlükte olan 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” (YEK)’una göre, genelde yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere, güneş ve

rüzgâr gibi bu enerji kaynaklarına verilecek teşvik miktarı sınırlandırılmıştır. Buna göre bu miktar 5 ile 5.5 cent arasında olmalıdır

(Çevrimiçi, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050518-1.htm>, Erişim Tarihi: 25.03.2017). Bu miktar, Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının hak ettiği önemi görmediğini göstermektedir. Dünya’da çeşitli ülkelerde bulunan teşvikler incelendiğinde, güneş enerjisi için bu miktar çok düşüktür.

Buna ek olarak, Temmuz 2009’da toplanan Sanayi, Ticaret, Enerji, Tabii Kaynaklar, Bilgi ve Teknoloji Komisyonunda bahsedilen enerji kaynakları için teşvik kanunu değişmiş ancak meclise takılmıştır. Güneş enerjisine yapılacak teşvik oranı ilk 10 yıl için 25 cent, ikinci 10 yıl içinse 20 cent olarak oluşturulmuştur. Türkiye’de güneş enerjisi sistemlerine uygulanan teşvik miktarının az olmasına karşın “Fotovoltaik Güç Sistemleri” çalışma grubu PVPS tarafından 2009 yılı içerisinde gerçekleştirilen 61 çalışmaya göre Türkiye’de formel olmayan veriler ışığında 5 MW kurulu güç bulunmaktadır. Çalışmada, bahsedilen kurulu gücün ise büyük bir bölümünün şebeke bağlantısından uzak, elektrik gereksinimi bulunan bölgelerde kurulduğu da belirtilmektedir.

Buna karşın Türkiye’de, güneş enerjisi sistemlerinin kullanımını çoğaltacak gelişmeler de gerçekleşmektedir. Bunlardan en önemlisi, güneş enerjisi sistemlerinin en önemli kısımlarından biri olarak görülen güneş panelleri ve eviricilerin Türkiye’de üretiminin başlatılması olmuştur. Güneş paneli üreticisi olan ANEL Grup 2010’da yılda 15 MW/ üretim kapasitesi ile işe başlamıştır.

3.1.2.8. Jeotermal Enerji

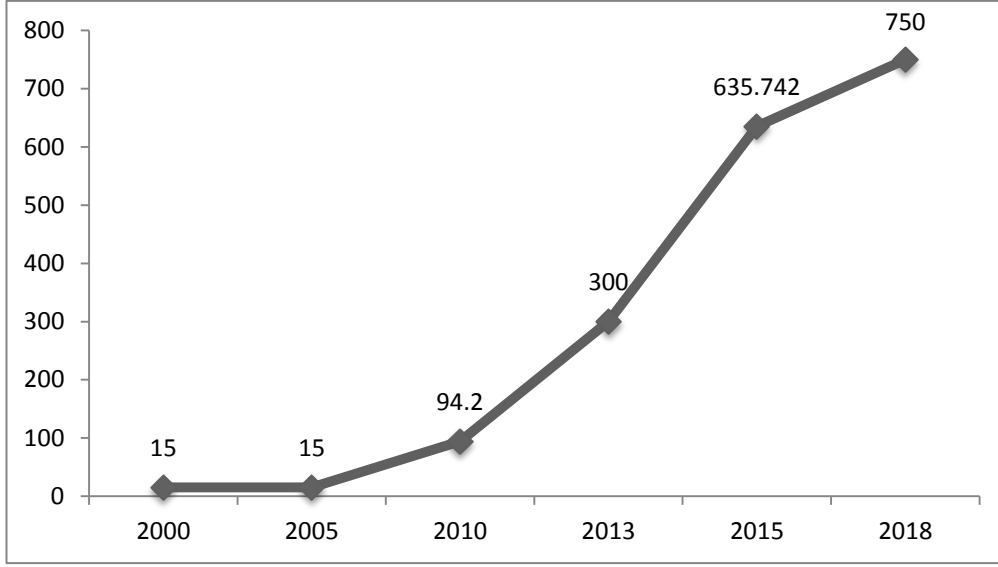
Bu enerji kaynağının kullanılmasının ana dayanağı sıvı ve buhar ağırlıklı hidrotermal sirkülasyondur. Direkt olarak sanayide ve ısı kaynağı olarak, dolaylı olarak ise elektrik enerjisi üretilmesinde kullanılan jeotermal enerji potansiyeli açısından Türkiye dünyanın en büyük yedinci ülkesidir. 1962 yılından başlayarak Maden Tetkik Arama eliyle gerçekleştirilen çalışmalarda Türkiye’de jeotermal

alanların çoğunlukla, Ege Bölgesi'nde Aydın, İzmir, Kütahya, Marmara sınırında Çanakkale ve genelde Kuzey Batı Anadolu ve Orta Anadolu'da bulunmaktadır (Koçak, 2001). Türkiye'de jeotermal enerji kullanımı Denizli-Kızıldere Jeotermal sahasında elektrik enerjisi üretimi amacıyla; Gönen, Simav-Eynal, Kızılcahamam, Afyon Göcek, İzmir- Balçova, Sandıklı-Hüdayi jeotermal alanlarında ise ısınma amacıyla ve diğer bölgelerdeyse termal kullanım olarak ortaya çıkmaktadır (Kasap, 2000).

Türkiye, Alp-Himalaya kıvrım sisteminde bulunduğundan oldukça fazla aktif fay barındırmaktadır. Bu fay hatları bölgede doğal sıcak su akışı oluşturmaktadır. Yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde uygun jeolojik koşullarda doğal bir şekilde ortaya çıkan ve yeryüzüne kendiliğinden ulaşan bu sular mineral, tuz ve çeşitli element özellikleri açısından da değişiklikler sergilemektedir. Bu kaynaklar sıcaklık ve kimyasal özelliklerine göre farklı şekillerde değerlendirilmektedir (Külekçi, 2009).

Bu kaynağın dünya uygulamalarında kullanımı doğrudan ve dolaylı olarak iki şekilde gerçekleşmektedir. Doğrudan kullanım alanları çoğunlukla düşük (20-70 °C) ve orta sıcaklıklı sahalardaki (70-150 °C) kaynaklarını kullanılması şeklinde gerçekleşmektedir. Bu kaynaklardan bölgesel ve tarımsal ürün sıcaklıklarında kullanıma, mineral tuz elde etme, termal turizm ve sınai alanlarda faydalanılmaktadır. Yüksek sıcaklıklı (150 °C) sahalardan ise elektrik elde edilebilmektedir (Yılmaz, 2012).

Şekil 3.6'da Türkiye'de jeotermal elektrik santrallerinin gelişimi ve 2018 yılı için hedef verilmiştir.



Şekil 3. 6. Türkiye’de jeotermal elektrik santrallerinin gelişimi ve 2018 yılı için hedef (MW)

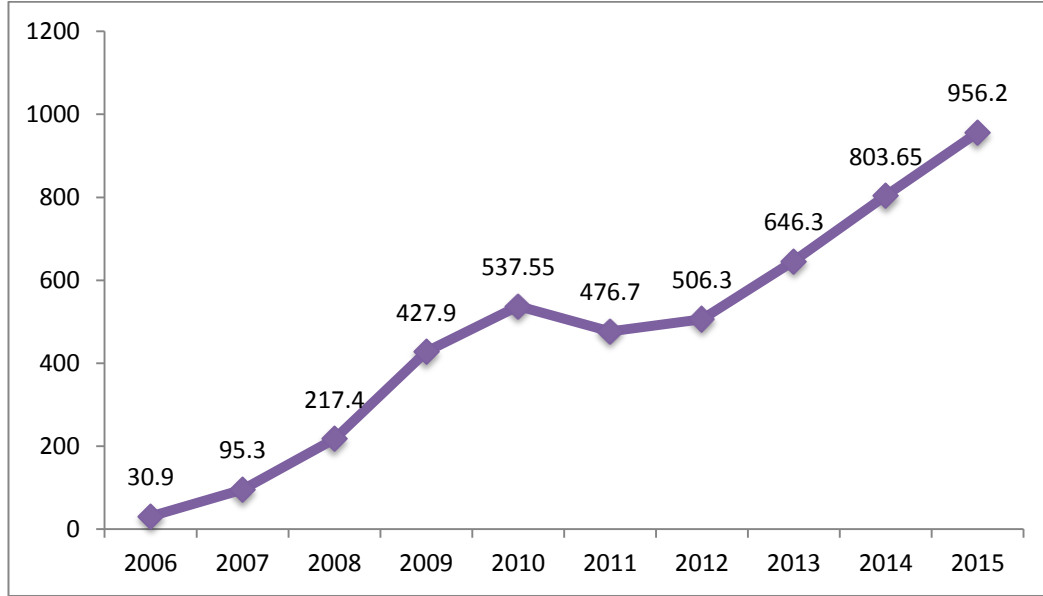
Kaynak: Jeoloji Mühendisler Odası (Şubat, 2016). Erişim: http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/5ee60fb07fcb1e1_ek.pdf Erişim Tarihi: 15.03.2017

3.1.2.9. Rüzgar Enerjisi

Yenilenebilir bir enerji kaynaklarından bir diğeri olan rüzgâr enerjisi verimlilik bakımından hidrolik enerjiden sonra ikinci sırada gelmektedir. Sıcak- soğuk hava değişimleri sonucunda oluşan, çevreye zarar vermemesi ve yenilenebilen bir enerji kaynağı olması sebebiyle tercih edilen rüzgâr enerjisi Türkiye’nin enerji ihtiyacının bir kısmını karşılaması için yeterli miktarda ve özellikte bulunmaktadır. Ancak gelişme gösteren ülkeler ile karşılaştırıldığında çok daha zengin potansiyeli olmasına rağmen bu potansiyeli değerlendirme konusunda yeterli başarıyı gösterememiştir (Atman, 2006: 65).

En yoğun olarak Avrupa’da kullanılan rüzgâr enerjisi konusunda geliştirilen sistemlerin ülkemiz genelinde uygulanabileceği yerlerin belirlenmesi konusunda yapılan çalışmalar sonucunda ülkemizin Marmara, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin rüzgâr enerjisi potansiyeli açısından verimli olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Çanakkale yöresinin ilk çağlardan beri rüzgâr potansiyelinin yüksek

olduğu bilinmektedir. Bu nedenle rüzgâr enerjisi için en uygun proje alanı olarak burası seçilmiştir (Baysal, 1999: 51). Şekil 3.7 'de Türkiye'deki rüzgâr enerji santralleri için yıllık kurulum miktarları verilmiştir.



Şekil 3. 7. Türkiye'deki rüzgâr enerji santralleri için yıllık kurulum (MW)

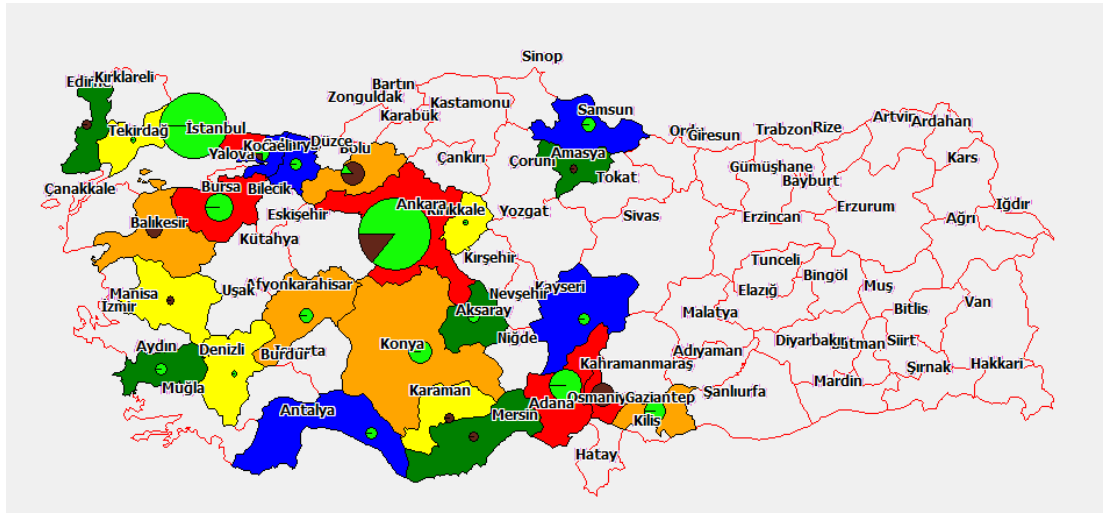
Kaynak: Türkiye Rüzgâr Enerji İstatistik Raporu, Ocak, 2016. (Erişim Tarihi: 12.04.2017)

3.1.2.10. Biokütle Enerjisi

Dünyanın artan nüfusu ve üretim biçimlerinin değişmesi enerji gereksinimini gittikçe arttırmış ve çevre duyarlılığı sürdürülebilirlik açısından önemli hale gelmiştir. Yenilenebilir olması bakımından bu amaca hizmet eden en önemli enerji kaynağı biyokütledir (Topal ve Aslan, 2008).

Bitkisel ve hayvansal organik atık ve artık maddeler doğrudan doğruya yakılmakta veya tarım alanlarında gübre olarak kullanılmaktadır. Bu tür atıkların yakılarak ısı üretiminde kullanılması sıklıkla görülmektedir. Ancak bu kaynaktan istenilen ölçü ve nitelikte yeterli ısı üretilmemekte ve ısı üretiminden sonra bu atıkların gübre olarak kullanılması da mümkün olmaktadır. Buna karşılık Biokütle Biyogaz teknolojisi ile ise organik kökenli bu atık ve artıklardan hem enerji elde edilmekte,

hem de bu atıkların gübre olarak tarımda kullanılmasına olanak verilmektedir. Biokütle-Biyogaz teknolojisi ile üretim potansiyeli olan maddeler arasında kırsal atıklara örnek olarak, yüksek kirlilik içeren endüstriyel atıklar, atık su arıtma tesislerinden biyolojik arındırma süreci sonucunda elde edilen çamurlar, katı atıkların organik özellik taşıyan bileşenleri ve bu atıklara benzer özellikteki atıklar verilebilir (Atman, 2006: 66). Türkiye’de bu alanda yapılan çalışmalar 1970’li yıllarda başlamıştır. Şekil 3.8’de Türkiye’nin biokütle enerji haritasına yer verilmiştir.



Şekil 3. 8. Türkiye’nin biyokütle enerji haritası

Kaynak: Çevrimiçi, <http://bepa.yegm.gov.tr/> Erişim Tarihi: 24.03.2017

Not: İllerin enerji üretimi MWe cinsinden renklere ayrılmış olup ayrım şu şekildedir: Sarı: 0,64-1,90; Yeşil: 1,90-2,97; Mavi: 2,87-4,25; Turuncu: 4,25-9,30; Kırmızı: 9,30-58,79.

3.2. Doğal Gaz Kavramı

3.2.1. Doğal Gaz Hakkında Genel Bilgi

Doğal gaz, hidrokarbonlar açısından zengin olan ve doğal olarak atmosferde bulunan metan, azot, karbon dioksit vb. gibi gazlardan oluşan gaz karışımıdır.

Doğal gaz rezervleri, kömür ve ham petrol gibi diğer katı ve sıvı hidrokarbon yataklarının yakınında yeryüzünün derinlerinde bulunmaktadır (Avlar ve Korkmaz, 2009).

Doğal gaz fosil yakıttır. Bu, milyonlarca yıl önce yaşamış olan bitki ve hayvan kalıntılarından kaynaklanarak oluştuğu anlamına gelmektedir. Bu organizmalar binlerce metrelik toprak ve kaya altında sıkışmış bir şekilde bulunmakta olup ısıya maruz bırakılmıştır. Organik madde olarak adlandırılan bu canlı organizma artıkları doğal süreçler ile karadan sulara taşınmış ve dibe çökerek çamur ve kumla taşlaşmıştır. Giderek daha derine gömülen ve basınç, sıcaklık ve bir ihtimalle de bakteri ve radyoaktivitenin etkisiyle bir zamanlar canlı olan organizmaları doğal gaza dönüştürmüştür (Pervan, 2006).

Doğal gazın başlıca özellikleri şunlardır: Renksiz, kokusuz, zehirsizdir, havadan hafiftir. Doğal haliyle kokusuz olan doğal gaza, gaz kullanıcılarının herhangi bir gaz kaçağını kolaylıkla fark edebilmesi için koku verici maddeler eklenebilir. Genellikle şebekeye verilen doğal gaza THT (Tetra Hidro Teofen) adı verilen çürük sarımsak kokusunu oluşturan madde katılmaktadır (Gülcü, 2010).

Doğal gazı diğer enerji kaynaklarından daha farklı tutan birçok olumlu özelliği vardır. Bunlardan ilki, yanma veriminin oldukça yüksek oluşudur. Bunun dışında, diğer yakıt alternatifleri olan kömür ve fuel oil'den daha hızlı yanmaktadır. Doğal gaz, alternatiflerine göre daha uzun süreli bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmıştır. Doğal gaz rezervleri, uzun vadeli anlaşmalarla güvence altında bulunmaktadır. Doğal gazın yanmak için bir depo alanına ihtiyaç duymaması ise bir başka olumlu özelliğidir (Şahin, 2005).

Hane halkları açısından doğal gazın en önemli olumlu özelliği ise, önceden ödeme gerektirmeden kullanıldıkça ödeme yapılması olarak görülebilmektedir. Bu yetkililer tarafından sayaç sayımı ile gerçekleştirilebilmektedir. Bunun dışında, yakılmak için küçük bir kazana ihtiyaç duyulması ve zaman ve istihdam açısından ekonomik olması diğer olumlu özellikleri arasında sayılabilmektedir. Ayrıca, doğal

gazın cihaz bakım masrafları azdır ve konutlarda ısınma, pişirme ve sıcak su elde etmede alternatif kaynaklar olan kömür ve tüp gazdan daha hesaplıdır.

Doğal gaz, toplu taşıma araçlarında sıkıştırılmış olarak kullanılmakta ve bu şekilde hava kirliliğini azaltıcı etki yapmaktadır. Bunun sebebi ise, içerisinde kükürt ve karbon bulunmadığı için hava kirliliğine yol açmamasıdır. Doğal gaz alternatif yakıtlara göre yanmak için daha az havaya ihtiyaç duyar. Oranlar sırasıyla, kömür için %20 ile 30 arasında olurken, fuel oil için %10 ile 20 arasında, doğal gaz için ise %5 ile 10 arasındadır.

Doğal gaz kullanımının bazı olumsuz yanları bulunmaktadır. Bunlardan ilki, Türkiye’de az rezerv bulunması ve kullanımın dış alımla mümkün olmasıdır. İkinci olumsuz özelliği ise güvenlidir. Doğal gaz herhangi bir sızıntı halinde, dahi patlama özelliği göstermektedir. Güvenlik önlemleri alınmadığında can ve mal kaybı yaşanabilmektedir. Doğal gaz, kullanımı gittikçe artan bir enerji kaynağı olarak, olumlu ve olumsuz pek çok yöne sahiptir. Bu noktada piyasa koşulları, enerji ihtiyacı ve ülkelerin öncelikleri düşünüldüğünde, bu durumun sebebi anlaşılmaktadır.

Doğal olaylar neticesinde oluşan doğalgaz, yeryüzünde yaşamış bitki ve hayvan kalıntılarının zaman içinde yeryüzü kabuğunun içine yerleşerek kimyasal ayrışmaya başlamasıyla meydana gelmiştir. Organik olan bu bitki ve hayvan kalıntıları doğa olayları neticesinde taşınıp, dibe çökerek taşlaşmış ve en sonunda, basınç, sıcaklık, bakteri ve radyoaktivite ile doğalgazı oluşmuştur. Bu kaynağa en fazla dağ yamaçlarında rastlanmakta olup, bu dağların bir kısmı geçen yıllarda oluşan jeolojik hareketlerle sulara gömülmüştür. Bu bağlamda doğalgaz, çoğunlukla yüzeyden oldukça derinde, gözenekli bir kayaç katmanı tarafından muhafaza edilmiş halde bulunur.

(Çevrimiçi, <http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/78797/29220%B1.pdf>, Erişim Tarihi:26.04.2017).

3.2.2. Doğal Gazın Özellikleri

Doğal gaz, kuru ya da sıvı doğal gaz olarak ikiye ayrılarak incelenebilir. Genellikle uygulamada doğal gaz denilince kuru doğal gaz, LPG denilince de sıvı doğal gaz olduğu anlaşılmaktadır. Sıvı doğal gazlara örnek olarak etan, propan, bütan, isobütan ve pentan denilen doğal gazolin sayılabilir (Gündoğmuş, 1993).

LPG, yaklaşık %50 bir oranla, propan (C_3H_8) ve butanın (C_4H_{10}) ticari formlarından meydana gelmektedir. LPG esasında petrol kuyularından, petrol ve diğer gazlarla karma olarak elde edilebileceği gibi, ham petrolün ayrıştırma sürecinde de edinilebilmektedir. LPG “Liquified Petroleum Gase” ya da “Sıvılaştırılmış Petrol Gazı”; petrolün damıtılması ve parçalanması (rafinasyonu) esnasında edinilen ve sonradan basınç altında sıvılaştırılan başlıca propan, bütan ve bunların izomerleri gibi hidrokarbonlar veya bunların bir karmasından meydana gelmektedir. Basınç altında sıvılaştırılarak tüplere doldurulur, tankerlerle transfer edilir. Türkiye şartlarına göre % 30 propan ve %70 bütan karışımla meydana gelmekte olan LPG, Renksiz ve kokusuzdur. Bir kaçak olduğunda %1 lik konsantrasyonunun fark edilebileceği şekilde içine pis koku veren merkap konulmaktadır (<http://www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye/pratikbilgiler/Documents/LPGveDogalgazBilgi.pdf> Erişim Tarihi: 10.03.2017).

LPG sıvı halde sudan yaklaşık olarak iki kat hafif, gaz halde havadan iki kat daha ağır olarak bulunmaktadır. Gaz kaçağı olduğunda gaz alta çökmektedir. Gazın tahliyesi, aşağıdan süpürülerek sağlanır. Isıl değeri 23600 kcal/ m³ dür ve % 90 verimle yanma gerçekleştirebilmesi açısından önemlidir. Yaklaşık 24 kat hava ile yanan LPG’nin tutuşma 100 sıcaklığı 530 derecedir. Alt Patlama Sınırı (LEL), % 2.1 Üst Patlama Sınırı (UEL) % 9.6’dır. Sıvı doğal gaz üretimde genellikle petrokimya ürünleri, plastik, gübre ve benzin katkısı elde etmek adına edinilmektedir. Etan ise, çoğunlukla plastik şişe ve ambalaj, dezenfektan, alkol ve PVC boru üretmek adına edinilmektedir. Bütan; çakmak gazı, mutfak tüpü ve soğutma amacıyla, propan, genelde depolardaki forkliftler, gazlı mangallar ve sıcak hava balonları amacıyla kullanılmaktadır (Kılıç, 2007).

Kuru doğal gaz sade CH_4 , yani metan gazıdır. Doğal gaz genellikle doğal gaz kuyularından müstakil olarak çıkarılan ve ayrıca LPG üretimi esnasında da elde edilebilen yanıcı bir gaz karışımıdır. Doğal gaz, büyük oranda metan (CH_4), az oranda etan (C_2H_6) ve çok daha az oranlarda ise diğer gazlar ve bazı hidrokarbonları içermektedir. Metan gazı ısıtma, soğutma, elektrik üretimi, gübre üretimi, metanol üretimi, halı yapımı, jet yakıtı katkısı, deterjan, şampuan, araba parçası üretimi vb. gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. CNG “Compressed Natural Gase ya da Sıkıştırılmış Doğal Gaz”, doğal gazın sıkıştırılarak tüplere doldurulmuş halidir (Akçay, 2001).

Doğal gazın transferi basınç altında ve borularla olmaktadır. Doğal gazın deniz yolu ile nakli -163°C sıcaklıkla sıvılaştırılarak olmaktadır. Türkiye’de kullanılan doğal gaz % 90 Metan, % 5 Etan ve % 5 de diğer gazlardan oluşmaktadır. Metanın yoğunluğu doğal gazın davranışlarını metana benzetmektedir. Renksiz ve kokusuz olan doğal gaz, bir kaçak olması durumunda ortaya çıkabilecek %1’lik konsantrasyonunun fark edilebileceği Tetra Hidro Teofen ile kullanılmaktadır. Havadan iki kat daha hafif olan doğal gaz, gaz kaçağı olduğunda yukarıya yükselme eğilimindedir. Yukarıdan süpürülerek tahliye edilen doğal gazın ısı değeri 8250 kcal/m^3 ’dür. 10 kat hava ile yanan doğal gazın tutuşma sıcaklığı 704 derece olup, Alt Patlama Sınırı (LEL): % 5 Üst Patlama Sınırı (UEL): % 15 dir (http://www.maden.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=8735 Erişim Tarihi: 14.04.2017).

Doğal gaz havadan hafif iken, LPG havadan daha ağırdır. Doğal gazın özgül ağırlığı havanın özgül ağırlığının yarısı iken, LPG’ninki ise iki katı oranındadır. Bu nedenle sızıntı olduğu takdirde LPG yerde birikeceğinden detektörlerin alçak konumlarda bulunması gerekecektir. Doğal gazda ise bu durum tam tersidir.

Taşıma işlemleri de LPG ve doğal gazın yapısal özellikleri nedeniyle farklıdır. Çünkü LPG’nin çoğunluğunu oluşturan propan -42 ve butan 0°C ’de kaynamaktadır. Propan standart şartlar altında zaten sıvı haldedir ve butan ise

görece düşük basınçlarda kolayca sıvılaştırılabilmektedir. Bu nedenle LPG, boru hattı döşenmeksizin sıvı halde tanker veya gemilerle ekonomik olarak taşınabilmektedir. Dolayısıyla doğal gazın sıvılaştırılmak yerine, boru hatlarıyla gaz halinde taşınması daha ekonomik olmaktadır.

LPG'nin enerji içeriği doğal gazinkinden metreküp gaz başına yaklaşık 2.5 misli fazladır. Ayrıca LPG sıvı olarak, litreyle ölçülüp kilogramla satılırken doğal gaz, gaz halinde ve m³ olarak satılmaktadır.

3.2.3. Konvansiyonel ve Konvansiyonel Olmayan Doğal Gaz

Son yıllarda doğal gaz geleneksel (konvansiyonel) yöntemle elde edilen doğal gaz ve konvansiyonel olmayan doğal gaz olarak iki kısımda incelenmeye de başlamıştır. Geleneksel doğal gaz, bilinen usullerle petrol gibi yer altı yataklarından çıkarılan gazdır. Geleneksel olmayan doğal gaz ise şimdilik bilindiği kadarıyla üç türdür. Bunlar; kaya gazı, kömür yatağı gazı (CBM -coal base methan) ve deniz tabanlarında bulunan metan hidrattır (Koca, 2012).

Bahsedildiği üzere, konvansiyonel doğal gaz, kireçtaşı veya kumtaşı gibi maddelerle ve ya sondaj kuyularıyla elde edilmiş rezervlerde ihtiva olmaktadır. Öte yandan kaya gazı, geçirgenliğin nispeten az ve gaza ulaşımın zor olduğu ana kaya yapılarında bulunmaktadır. Buna bağlı olarak, kaya gazının fazla üretilebilmesi adına yeni tekniklerin bulunması ihtiyacı doğmuş ve üretim maliyeti bu kaynağın karlılığını kısıtlamıştır (Engdahl, 2013). Çizelge 3.2'de dünyada en fazla kaya gazına sahip ülkeler verilmiştir.

Çizelge 3. 2. Dünyada en fazla kaya gazına sahip ülkeler (trilyon m³)

Sıralama	Ülke	Miktar
1.	Çin	36 trilyon m ³
2.	ABD	24,5 trilyon m ³
3.	Arjantin	22 trilyon m ³
4.	Meksika	19,2 trilyon m ³
5.	Güney Afrika	13,7 trilyon m ³
6.	Avustralya	11,2 trilyon m ³
7.	Kanada	11 trilyon m ³
8.	Libya	8,2 trilyon m ³
9.	Cezayir	6,5 trilyon m ³
10.	Brezilya	6,3 trilyon m ³

Kaynak: <http://www.kto.org.tr/d/file/kaya-gazinin-dunya-enerji-piyasasindaki-yeri-ve-turkiye.pdf>, Erişim Tarihi: 22.04.2017

Kaya gazının yatay sondaj ve suyla çatlatma yöntemleriyle üretilebilmektedir. Kaya gazı üretiminde öncelikle geleneksel petrol ve doğal gaz üretim yöntemi olan dikey sondaj kullanılarak gazı içeren kayaya erişmekte, sonra da yatay veya eğik yönlü sondaj gerçekleştirilmektedir. Bunun devamında, yüksek basınçlı su ile gazlı kayalarda dikey çatlamlar gerçekleştirilerek gazın daha açılan kuyulara yönlendirilmesi sağlanmaktadır (Kavak, 2013).

Günümüzde ABD’de geliştirilen hidrolik çatlatma yöntemi ile doğal gaz, içinde yer aldığı kayalardan farklılaşmaktadır. ABD bu yöntem sayesinde dünya doğal gaz üretiminde Rusya’yı geçerek birinci olmuştur. Kömür yatağı gazı Avustralya ve Hindistan’da ticari olarak elde edilmekte olup, kısa süre içinde artan miktarlarda üretim yapılabileceği belirtilmektedir. Deniz tabanında bulunan metan hidrattan metan gazı elde edilmesi ise 2013 yılı başlarında Japonya eliyle yapılmıştır. (<http://enerjienstitusu.com/2013/03/13/abdnin-kaya-gazina-japon-alternatifi>, Erişim Tarihi: 25.03.2017).

3.2.4. Doğal Gaz Piyasası

3.2.4.1. Doğal Gaz Sektörünün Genel Ekonomik Özellikleri

Doğal gaz, dünyada ilk kez İran’da belirlenmiş olup genellikle petrol ile bir arada bulunan bir enerji kaynağıdır. Ekonominin her alanında kullanılan bu enerji kaynağı yüksek bir ticari ve katma değere sahiptir. Doğal gazı ilk ticarileştiren ülke İngiltere’dir. 1920’lerde boru hattı taşımacılığı yöntemlerinin uygulamaya konulmasıyla dünyada hızla artan doğal gaz kullanımı özellikle II. Dünya Savaşı’ndan sonra sürekli olarak gelişmiştir. Amerika’da ise ilk doğal gaz kuyusu 1859’da kazılmış ve bu kuyu Amerika’da doğal gaz sanayisinin başlangıcı sayılmıştır (Pervan, 2006).

Küreselleşen dünyada sürekli gelişen bir doğal gaz sektörü vardır. Doğal gaz sektörü dinamik bir yapıda olduğundan diğer sektörlerle etkileşim halindedir. Ekonomik büyüme ve dış ticaretin önemli bir konusudur. Gelişen ve enerji ihtiyacı ithalata dayanan Türkiye için de özel bir önem taşımaktadır. Doğal gaz kendine özgü bir sektör ve bir piyasa olarak çeşitli özelliklere sahiptir.

3.2.4.2. Doğal Gaz Piyasasının Arz ve Talep Yapısı

Dünyada doğal gaz rezervleri ve buna bağlı üretimi Ortadoğu ve Kafkasya gibi belli bölgelerde/ülkelerde yoğunlaşmıştır. Bu yoğunlaşma, doğal gazın uluslararası arzında, yarı tekelci (oligopolistik yani birkaç satıcının fiyatları belirlediği) yapıların oluşmasına neden olmaktadır. Zorunlu bir ihtiyaç olan doğal gazın tüketimi ise sürekli artmakta, bu da onun fiyat düzeyini ve arz güvenliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Enerji ihtiyacı fazla olan ülkelerin doğal gaz talebi sürekli yükselmektedir. Bu durumdan dolayı doğal gaz fiyatları da artabilmektedir (Kuzu, 2012).

Doğal gaz üretici ve tüketici ülkeler arasında, doğal gazın talebinin fiyat esnekliği düşük ve gelir esnekliği ise sınırlanmıştır. Doğal gazın fiyatı yükseldiğinde,

tüketicilerin doğal gaz tüketimini azaltmamaları ve gelirlerinin büyük bir kısmıyla doğal gaz harcamaları yapmalarına ve dolayısıyla refah kaybı ile karşı karşıya kalmalarına sebep olmaktadır. Konut sektörü, doğal gazı genellikle ısınma amacıyla kullanırken dolaylı olarak elektrik tüketimi sebebiyle de doğal gaz talebine tesir etmektedir.

3.2.4.3. Doğal Gaz Arz ve Talebinin Gelişimi

Doğal gaz da petrol gibi çok eski zamanlardan beri bilinmekte ama kullanılamamaktaydı. Doğal gazın fiziki yapısı nedeniyle kuyudan çıktığı şekliyle nakliyesi yapılamamakta, bir dizi işlem den geçirilmesi gerekmektedir. O zamanlar henüz bu teknolojilerin olmayışı, petrol ve kömürün çok ucuz olması, taşıma ve depolanma konusunda bilinmeyenler ve teknolojik eksiklikler gibi etkenler nedeniyle 1930'lu yıllara kadar etkin kullanılamamıştır.

Bu yıllardan itibaren doğal gaz başlangıçta ABD'ye özgü bir enerji kaynağı gibi algılanmıştır. Doğalgaz, bu tarihlerde, bir kaç yüz km mesafelere boru hatları ile taşınarak New York gibi bazı büyükşehirlerde havagazını ikame etmeye başlamıştır. 1950'li yıllardan itibaren ise soğutma ve diğer teknolojilerdeki gelişmeler sayesinde sıvılaştırma sorunu aşılmış ve metan gazı tankerleri ile doğal gazın deniz aşırı nakli 1960'lardan itibaren mümkün olabilmıştır (Yücel, 1994).

İkinci Dünya Savaşı sonrası kıtalararası boru hatlarının döşenmeye başlaması, teknolojik yenilik ve gelişmelerle beraber doğal gaz, kömür ve petrol ile yarışmaya başlamıştır. 1950'li yıllardan itibaren dünyanın pek çok yöresinde ve özellikle Sovyetler Birliği'nde önemli gaz yatakları bulunmuş ve kullanımına başlanmıştır. Bu yıllardan itibaren de "uluslararası doğal gaz piyasası" oluşmaya başlamıştır.

Uzun yıllardır bilinmekle beraber, bir kaç yıl öncesine kadar yüksek üretim maliyeti ve teknolojik yetersizlik gibi nedenlerle tercih edilmeyen konvansiyonel olmayan gaz üretimi geliştirilen metotlarla artmaya başlamıştır (TPAO Sektör Raporu, 2012). Kaya gazı üretiminde ABD ve Kanada, kömür yatağı gazında ise

Avusturalya, Hindistan ve Çin öne çıkmaktadır. Hatta bu yenilikler sayesinde ABD dünyanın en çok gaz üreten ülkesi konumuna yükselmiştir.

3.2.4.3.1. Doğal Gaz Arzı (Rezervler ve Üretim)

Doğal gaz rezerv dağılımı genel olarak mevcut ve geleneksel rezervlere dayanmakta olup, ABD konvansiyonel olmayan rezerv olan şeyl gazı da içermektedir. Zaten bu nedenle kaya gazı öncesi tabloya zor girebilen ABD, 2000’li yıllardan itibaren ise ilk 5’e girebilecek duruma gelmiştir.

Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC)’nce yayımlanan yıllık istatistikler göstermektedir ki, 2015 yılında dünyada kanıtlanmış doğal gaz rezerv miktarı 201 trilyon 966 milyar m³ olup, dünyada kanıtlanan doğal gaz rezervlerinin en çok bulunduğu bölge Ortadoğu olmuştur (Çevrimiçi, <http://enerjienstitusu.com/2016/07/05/dunyada-kanitlanmis-dogalgaz-rezervlerinin-en-fazla-bulundugu-bolge-ortadogu/> Erişim Tarihi: 13.03.2017).

Petrol rezervleri konusunda da açıklandığı üzere Rusya Enerji Bakanlığı, petrol ve doğal gaz rezervlerinin BP tahminlerinin iki katının üzerinde olduğunu ve 1 Ocak 2012 tarihi itibarı ile çıkarılabilir doğal gaz rezervinin 68,4 trilyon m³ olduğunu açıklamıştır. Bu açıklama, genel kabul gören enerji raporlarında yer aldığı takdirde, hali hazırda 32,9 trilyon m³ ile 2nci olan Rusya Federasyonu dünya doğal gaz rezerv liginde açık ara bir şekilde birinci sıraya yükselecektir (İran 33,6 trilyon m³ ile birincidir).

Yeni oluşacak dengede Rusya, dünya rezervlerinin %30’una hakim olmaktadır. Türkiye doğal gaz rezervi ise 2012 yılı itibarı ile sadece 6,8 milyar m³ olduğundan dünya rezervleri arasında az bir yeri bulunmaktadır. Yeni doğal gaz keşifleri gerçekleşmediği takdirde Türkiye’nin 10 yıl sonra hiç doğal gazı kalmayacaktır (TPAO, 2012).

Öte yandan konvansiyonel olmayan kaynaklardan “şeyl gazı” konusunda Türkiye ümit vaatetmektedir. Türkiye’de 13 trilyon m³ kaya gazı rezervi bulunurken, ABD’deki rezerv-kurtarım oranları göz önünde bulundurulursa bunun 1,8 trilyon m³’ünün üretilebileceği düşünülmektedir (Çevrimiçi, <http://enerjiensitüsü.com/>, Erişim Tarihi: 28.03.2017).

2013 yılı ortalarında Diyarbakır’da Sarıbuğday-1 kuyusu ile ilk kaya gazı üretim çalışmaları başlamış bulunmaktadır. Türkiye için bir başka konvansiyonel olmayan doğal gaz rezervi de Karadeniz karasularında bolca bulunduğu tahmin edilen “metan hidrat”tır. 2013 yılı başlarında Japonya, metan hidrattan doğal gaz elde etmeyi başarmış olup, zamanla bu gazın da ticarileşebileceği düşünülmektedir (Karşlı, 2015).

3.2.4.3.2. Doğal Gaz Talebi (Tüketim)

Petrolde olduğu gibi doğal gaz rezerv varlığı ile üretimi benzer şekilde olmamaktadır. Şöyle ki; yukarıda da açıklandığı üzere sadece 10 ülke dünya rezervinin %78,6’sına sahipken üretim konusunda ise 17 ülkenin üretimi dünya üretiminin % 78,7’sine tekabül etmektedir. Doğal gaz üretiminde 681,4 milyar m³/yıl ve %20,4 pay ile ABD başı çekerken, onu 592,3 milyar m³/yıl ve %17,6 pay ile Rusya Federasyonu izlemektedir. Doğal gaz rezervi konusunda başı çeken İran, üretim söz konusu olduğunda üçüncü sıraya gerilemektedir. 2012 yılı itibarı ile bu ülkenin üretimi 160,5 milyar m³ ve payı da %4,8’tir. Bunda petrol konusunda olduğu gibi İran’a uygulanan ticari ambargonun uzun yıllar devam etmesinin itici güç olduğu belirtilmektedir. ABD’de son yıllarda önemli artış gösteren ve konvansiyonel olmayan kaya gazı üretiminin bunda etkisi fazladır. Kaya gazı konusunda 2000 yılından itibaren çalışmalar artmış, böylece özellikle 2009 yılından itibaren ABD’nin kaya gazı üretimi ve dünya payı giderek yükselmektedir (Taner, 2013).

Petrolde olduğu gibi doğal gazda da teknolojik gelişmeler sayesinde hızlı bir yükselme söz konusudur. Bu bağlamda, alternatif metotlar olan kaya gazı, kömür

gazı ve ileride potansiyel vadeden metan hidrattan doğal gaz üretilmesi gün geçtikçe gündeme gelmektedir (Bahtiyar, 2013).

Doğal gazı en çok kullanan ilk 10 ülkenin tüketimi, toplam dünya tüketiminin %60,3'ünü oluşturmaktadır. 2012 yılında dünya doğal gaz tüketimi 3,3 milyar m³ olurken bahsedilen 10 ülkenin tüketimi 2 milyar m³ seviyesine gelmiştir. 2010 yılında dünya doğal gaz tüketiminin sektörel dağılımı incelendiğinde; elektrik enerjisi kullanımında %42, hanelerde %21, sanayide %27, hizmet alanlarında % 5, diğer %3 ve ulaşırmada % 2 oranlarında olduğu belirlenmiştir (EPDK, 2012).

Doğal gaz kullanımının sektörel tüketim açısından talep tahmin oranlarında pek değişme beklenmemektedir. Genel tüketim açısından ise son yıllarda gelişmiş ülkelerin doğal gaz talepleri değişmez ya da nispeten azalırken gelişmekte olan ülkelerde ise artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, iklim değişikliği hedefleri kararlı veya esnek olsa da elektriğin doğal gaz tüketimindeki payının tüm politika senaryolarında artacağı düşünülmektedir. Yeni Politika Senaryosu uyarınca 2011-2035 arası dönemde elektrik üretimi için doğal gaz talebinin yılda %1,5, sanayi talebinin yılda %1,9, ısınma amaçlı doğal gazın yılda %1,3 oranında artması öngörülmektedir. Doğal gaz talebinde 2011-2035 arası dönemde yıllık en fazla artışın ise %2,9 oranı ile ulaşım sektöründe görülmesi hesaplanmıştır (IEA, 2012).

Uluslararası Enerji Ajansı, söz konusu artış tahminini kara yolu ulaşımında kullanılan doğal gaz yakıtlı olan araçlar temelli olduğu saptanmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı verileri çerçevesinde, bölgelere ve tüketim önemine göre, dünya doğal gaz talep tahmini analiz edilebilir. Bu kapsamda, 2011-2035 döneminde ABD, AB, Japonya ve ülkemizin de dâhil olduğu OECD ülkelerinin toplam doğal gaz talebinin yılda %0,7 oranında artması beklenmektedir. OECD'de yer alan AB'nin doğal gaz talebinin ise bu ortalamanın altında yıllık %0,5 oranında artması öngörülmektedir. Ayrıca Hindistan, Brezilya ve Çin'i de kapsayan gelişmekte olan pazarların dâhil olduğu OECD üyesi olmayan ülkelerin yıllık doğal gaz talebi ortalamasının dünya ortalamasının üzerinde olarak %2,3 oranla artması da hesaplanan diğer değerler arasındadır (Çevrimiçi,

<http://enerjienstitusu.com/tag/uluslararası-enerji-ajansı/>, Erişim Tarihi: 03.04.2017) .

3.2.5. Doğal Gazın Çevreci, Az Maliyetli ve Jeopolitik Yönü

Doğal gaz, hem temiz ve çevre dostu bir yakıt olması, hem de kuyu başı fiyatları bakımından petrol ve kömür gibi diğer birincil enerji kaynaklarına göre daha düşük maliyetli olmasına bağlı olarak oldukça elverişli bir enerji kaynağıdır. Fakat doğal gazla ilgili en büyük kısıt sadece boru hatlarıyla taşınmasıdır.

Doğal gaz, satıcılar ve alıcılar dışında, topraklarından boru hattı geçen üçüncü ülkelerin de ana konusu haline gelmiştir. Buna göre, uluslararası gaz ticaretinin finansal ve yatırım boyutundan önce jeopolitik yanı da göz önünde bulundurulmalıdır. Gaz rezervlerine sahip devletler çoğu zaman bu zenginliklerini dış politika aracı olarak da görmektedirler. Bunun dışında gazın arzıyla talebin bulunduğu bölgeler arasında kalan köprü ülkeler de pazarda stratejik önemi büyük birer oyuncu olabilmektir (EPDK, 2012).

3.2.6. Doğal Gazın Finansal ve Fiyatlama Boyutu

Finansal bakımından ilk zorluk, gazın uzun mesafelere boru hatları ile taşınmasının yüksek sermaye isteyen bir faaliyet olmasıdır. Bunun yanında çoğu ihracat anlaşmasının en az 15-20 yıl gibi uzun sürelerle yapılıyor olması, pazarlık aşamasında da sıkıntılara yol açmaktadır. Gaza sahip olan ülkelerle ithal eden ülkeler arasındaki dikey ilişkide bir taraf için negatif olan durumun diğeri için pozitif olduğu, en uygun risk paylaşımının zor olduğu ve bu ilişkinin üç temel üzerine kurulduğu görülmektedir:

- i) al ya da öde yükümlülükleri,
- ii) fiyat endeksleme (petrol),
- iii) ihracat yasağı (ulusal pazarların fiilen bölünmesi) (Rekabet Kurumu, 2012).

Bu ve benzeri nedenler doğal gazın uluslararası ticaretinde sıkıntı yaratırken; doğal gaz endüstrisinin bir şebeke endüstrisi olmasından kaynaklanan zorluklar da ulusal ölçekte rekabetçi bir pazar yapısı oluşturma sürecini zorlaştırmaktadır. Bu endüstride kamu yararını gözetten devlet en büyük sermayedardır. Devlet bu endüstrinin altyapısını kurar ve endüstriye girecek olan şirketlerin daha az risk ve maliyet yükselmesini sağlayarak piyasayı rekabete açar.

3.2.6.1. Doğal Gazın İkame Mal ve Rekabete Açık Olması

Türkiye’de, dünyanın birçok yerinde olduğu gibi, doğal gaz sektörüne yeni rakip sektörler süratle gelişmektedir. Bunların başında nükleer enerji ile yenilenebilir enerji kaynakları sayılmaktadır. Doğal gazın üretiminde ve tüketiminde ikame olgusu, rekabete bir hız getirmektedir (EPDK, 2013).

3.2.6.2. Doğal Gazın Ekonomik Geleceği

Kanıtlanmış rezervlerdeki artış, gelecekte doğal gazın küresel arzının küresel talebini kolay karşılayabileceğini belirtmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı’na göre, iklim değişikliği hedefleri istikrarlı veya esnek olsa da elektriğin doğal gaz tüketimindeki payının tüm politika senaryolarında artacağı düşünülmektedir. Yeni Politika Senaryosu, 2010-2035 arası dönemde elektrik üretimi için doğal gaz talebinin yılda %1,6 (toplam talep artışının %40’ı), sanayi talebinin yılda %1,9 ısınma amaçlı doğal gazın yılda %1,3 oranında artacağının sinyallerini vermektedir. Doğal gaz talebinde bu dönemde yıllık en fazla artışın ise %1,9 oranı ile sanayi sektöründe olması düşünülmektedir (EPDK, 2013).

3.2.6.3. Doğal Gaz Sektöründe Küresel Gelişmeler

3.2.6.3.1. Doğal Gaz Rezervleri

2011’de 187,8 trilyon m^3 olan doğal gaz rezerv miktarı, 2012’de 5 milyar m^3 azalarak 187,3 trilyon m^3 olarak bilinmektedir. Dünya doğal gaz rezervlerinin % 43’ü Ortadoğu’da, % 29,1’i eski SSCB ülkelerinde, % 8’i Asya-Pasifik ülkelerinde, % 6’sı Kuzey Amerika’dadır. OECD ülkelerinin doğal gaz rezervi ise 18,6 trilyon m^3 olup toplam rezervin % 10’udur. 2012’de ise 33,6 trilyon m^3 ispatlanmış rezerv miktarı ile ilk sırada yer alan İran’ı 32,9 trilyon m^3 ile Rusya; 25,1 trilyon m^3 ile Katar takip etmektedir (Çevrimiçi <http://www.petform.org.tr>, Erişim Tarihi: 16.03.2017).

3.2.6.3.2. Doğal Gaz Üretimi

2011 başında 3,291 trilyon m^3 olarak gerçekleşen küresel doğal gaz üretimi, 2012’de % 1,9 artmış ve 3,364 trilyon m^3 olarak oluşmuştur. Bu artış, büyük ölçüde S. Arabistan, ABD, Katar, Norveç ve İran temellidir. Doğal gaz üretiminin talep ile paralel olarak 2035’te %1,9 yıllık artışla 5,11 trilyon m^3 ’e varacağı ve bu artışın yaklaşık % 50’sinin “şeyl gazı”n dan oluşacağı düşünülmektedir (TPAO, 2013).

“Şeyl gaz”ı genellikle ince taneli ve tabakalı bir yapıya sahip olan, ayrıca kerojen adı verilen organik madde içermesinden dolayı ısındığında petrol ve gaz üretilen tortul kayalar şeyl olarak, bu kayalar içerisindeki gazlar ise şeyl Gazları olarak isimlendirilir. Bu tür, doğal gaza alternatif bir gaz türü olarak karşımıza çıkmaktadır (Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı Petrol İşleri Müdürlüğü, 2012)

Çin, ABD, Rusya ve Avustralya ise, 2035 yılına kadar en fazla doğal gaz üretim artışı gösterecek ülkeler olacaklardır. Kuzey Amerika’da, konvansiyonel olmayan gaz üretiminin, konvansiyonel kaynaklardan elde edilen gaz üretimindeki düşüşü fazlasıyla karşılaması hesaplanmaktadır. ABD gaz üretimindeki artışın 190 milyar

m^3 civarında olması ve böylelikle 2035 yılı ABD gaz üretimi yaklaşık 840 milyar m^3 'e ulaşacağı düşünülmektedir ve böylece dünyanın en büyük gaz üreticisi konumunu korumaya devam edecektir (TPAO, 2013).

3.2.6.3.3. Doğal Gaz Tüketimi

2010'da küresel enerji tüketimi 1973 yılından bu yana en yüksek artışı gerçekleştirerek %5,6 oranında yükselmiştir. Enerji tüketim sepetini oluşturan petrol, doğal gaz, nükleer enerji, hidroelektrik ve kömür kalemlerine bakıldığında ise, 2010'da tüm enerji kaynaklarında tüketim 2009 krizi sonrası artarken, en yüksek artış oranı %7,6 ile kömürde en düşük artış oranı ise %3,1 ile petrolde olmuştur. 2012'de ise küresel doğal gaz talebi, bir önceki yıla göre % 2,2 bir artış göstererek tarihsel artış ortalaması olan % 2,7'den azdır. 2011'de 3,232 trilyon m^3 olan dünya doğal gaz talebi, 2012 yılı sonunda 3,314 trilyon m^3 olmuştur (IEA, 2012).

Talep artışının en fazla görüldüğü bölgeler Güney Amerika, Kuzey Amerika ve Afrika olurken; ülkeler bazında da Çin ve Japonya, sırasıyla % 9,9 ve %10,3'lük oranla, en fazla gaz tüketim artışının yaşandığı ülkeler olmuştur. Doğal gaz talebinde AB ülkelerinde ortalama % 2,3 ve eski SSCB ülkelerinde ortalama %2,6 olmak üzere düşüş gözlenmiştir (TPAO, 2013).

2035 yılı için yapılan tahminlere göre doğal gazda tüketim, oransal olarak artsa da nükleer enerji tüketimine göre düşük düzeyde olacaktır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2013'teki Yeni Politikalar Senaryosunda; gaz talebinin 2035'e dek ortalama yıllık % 1,6 artış göstererek 5 trilyon m^3 'e ulaşması beklenmekte ve bu artışın % 85'inin OECD dışı ülkelerin talebinden olacağı öngörülmektedir. Dünya çapında gaz talebi bu miktara, sırasıyla, 2020'de 3.9, 2025'te 4.2, 2030'da ise 4.6 milyar m^3 olarak ulaşacaktır. Asya Pasifik'te, enerji tüketimindeki payı sınırlı olan gaz talebinin, özellikle Çin'de beklenen yüksek talebe bağlı olarak 4 kat artacağı öngörülmektedir (IEA, 2012).

3.2.6.3.4. Doğal Gaz Ticareti

Uluslararası doğal gaz ticareti, 2012’de durgun bir seyir izleyerek %0,4’lük küçük bir artışla 1,033 trilyon m^3 olmuştur. LNG ithalatı bir önceki yıla göre % 0,3 azalarak 328 milyar m^3 ’e düşmüş; arzda planlanmayan kesintiler ve LNG tesislerindeki bakım çalışmaları, arzı önemli ölçüde etki etmiştir. 2012’de Japonya ve G. Kore’nin toplam ithalat payı %50 seviyesindedir. Uluslararası Enerji Ajansı’nın Yeni Politikalar Senaryosunda yeni aktörlerin rol almaya ve yeni ticaret yollarının oluşmaya başlaması öngörülmektedir. Bugün en önemli ithalatçı olan Avrupa’nın payının giderek azalması ve 2026’da Asya-Pasifik’in en fazla doğal gaz ithalatı yapan bölge olacağı öngörülmektedir (TPAO, 2013).

Şeyl gaz üretimindeki artış ile bugün net ithalatçı olan K. Amerika’nın, 2017 yılına gelindiğinde net ihracatçı olması öngörülmektedir. Bu durum geleneksel petrol endeksli ve uzun vadeli gaz anlaşmalarını etkileyecektir. Bu gelişmeye ek olarak; gaz sıvılaştırma ve LNG tanker taşıma maliyetlerinde düşüş, gaz ithalat faturasını aşağı, küresel gaz talebini arttıracaktır. 2012’de toplam doğal gaz tüketiminin %31’i ithalatla karşılanırken, bu oranın 2035’te % 34’e çıkacağı öngörülmektedir. 2035’e doğru, gelişen Asya’nın gaz talebinin, bu dönemde 680 milyar m^3 artması öngörülmektedir. Bu miktar bugünün bölgelerarası gaz ticaret hacmine karşılık gelmektedir. Çin’in gaz talebinin 400 milyar m^3 , Hindistan’ın 110 milyar m^3 , Ortadoğu’nun ise 300 milyar m^3 artacağı tahmin edilmektedir. Genelde ihraç potansiyeliyle bilinen Ortadoğu’nun gaz tüketiminin 2020’de AB gaz talebini yakalaması, 2035 yılında ise AB gaz talebinden % 26 fazla olması düşünülmektedir (EPDK, 2012).

3.2.6.3.5. Doğal Gaz Fiyatları

Global olarak doğal gaz fiyatları çoğunlukla gaz üreticisi ve gaz tüketicisi olan ekonomiler arasında gerçekleştirilen karşılıklı görüşmeler sonucunda oluşmaktadır. Öte yandan, küresel gaz fiyatları ham petrol fiyatları endeksinde belirlenmektedir. Global seviyede değişik kriterlere göre oluşturulan doğal gaz fiyatları bölgeler

arasında büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Konvensiyonel olmayan türler arasında bulunan gazlarının piyasalara arzı da fiyatlarda oynamaya sebep olabilmektedir (Taner, 2013).

Fiyatlarda değişiklikler yaşanmasının bir sebebi de hava koşulları olabilmektedir. 2012’de kışın, görece daha ılık geçmesi doğal gaz stoklarını arttıran bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Aynı yıl, Henry Hub2 doğal gaz fiyatları bir önceki yıla oranla daha düşük olmuştur. “Hub”, birden fazla noktadan gelen arzın toplanıp dağıtımının gerçekleştiği alan olarak; karşılıklı anlaşmalarla fiyatların gizlice belirlenmesi yerine sağlıklı ve rekabetçi fiyatlarla ticaretin gerçekleşmesini sağlamak adına önemlidir (Gürlek, 2013).

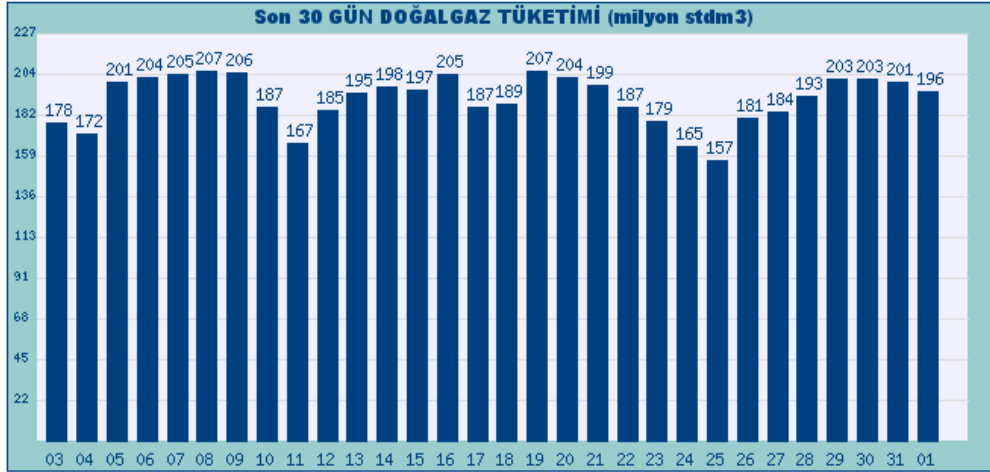
Buna bağlı olarak, 2011’de 144,11 \$/1.000 m^3 düzeyinde seyreden doğal gaz fiyatı 2012’de %31 olarak 99,16 \$/1.000 m^3 seviyesinde olmuştur. Doğal gaz fiyatlarının çeşitli dalgalanmalara konu olması oldukça olasıdır. Buna örnek olarak, ABD’nin, Japonya’dan 6, AB’den ise 4 kat daha ucuz doğal gaz kullanması verilebilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı’nın tahminlerine göre, 2035 yılında bile, ABD, Japonya’dakinden 2,2 kat daha ucuz doğal gaz kullanacaktır (TPAO, 2013).

3.2.7. Türkiye’de Doğal Gaz

Doğal gazın Türkiye’de kullanımına gelinecek olunursa; doğal gaz kullanımı, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) tarafından 1970 yılında Hamitabat ve Kumrular doğal gaz sahalarında keşfedilen doğal gazın 1976 yılında Pınarhisar Çimento fabrikasında kullanılmasıyla başlamıştır. Türkiye ekonomik gelişiminin sürekli olduğu ülkelerden biri olarak enerji talebine olan artış buna paralel artmakta olup, bu durum doğal gaz ithalat ve tüketim miktarları seyrinde görülmektedir (Engin, 2010).

Buna göre Türkiye’de doğal gaz; enerji üretiminde 21.635.709.530 m^3 (%48,1), enerji sektöründe girdi olarak 1.383.254.907 m^3 (%3,1), ulaşımda 3.348.798 m^3

(%0,01), sanayide 10.032.203.033 m³ (%22,3), hizmet sektöründe 2.722.580.107 m³ (%6,0) ve konutlarda 9.248.948.528 m³ (%20,5) olarak tüketilmiştir. Tüketim, dünya genel ortalamasına benzer şekilde seyretmektedir (EPDK Doğal Gaz Raporu, 2012). Türkiye için yapılan talep tahminlerinde doğal gaz kullanım oranının özellikle elektrik üretiminde azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynakları ile ikame edilmesi beklenmektedir. Şekil 3.9’da bir aylık zaman dilimindeki doğal gaz sarfıyatı görülmektedir.



Şekil 3. 9. 01.01.2017 son gün olmak üzere bir aylık zaman dilimindeki doğal gaz sarfıyatı

Kaynak: TÜİK, <http://www.resmiistatistik.gov.tr/?q=tr/content/enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-etkb>, Erişim Tarihi: 15.03.2017

01.01.2017 son gün olmak üzere bir aylık zaman dilimindeki en düşük doğal gaz sarfıyatı 156.704.000 std m³, en fazla doğal gaz sarfıyatı ise 207.458.830 std m³ olarak tespit edilmiştir. Bir aylık doğal gaz sarfıyatı grafiği yukarıdaki şekildedir. Oranlar milyon std m³ olarak kaydedilmiş olup sanayi, elektrik üretimi, konut ve diğer bütün doğal gaz sarfıyatını kapsamaktadır. Grafikten anlaşılabacağı üzere doğal gaz tüketim, 2017 yılında büyük artış göstermiştir. Doğal gaz Türkiye’de sanayi, santral ve konutlarda yaygın bir biçimde kullanımını arttırmıştır.

3.2.7.1. Türkiye’de İllerin Doğal Gaza Kavuşma Tarihleri

Doğal gazın Türkiye’de ilk kullanımı konusuna yukarıda değinilmişti. Ancak kalkınmayı da etkileyecek şekilde doğal gazın illerde geniş bir şekilde kullanımı ancak 1988 yılında başlayabilmiştir. Ankara’da 1988 yılında evlerde, işyerlerinde ve sanayi kesiminde kullanıma başlanmasını 1989 yılında İstanbul, Kocaeli ve Yalova illeri takip etmiştir. 1996 yılında ise Bursa, Çanakkale, Eskişehir, Zonguldak (Ereğli) ve Düzce illerinde kullanım başlanmış, ardından 2002 yılında Sakarya ili devreye girmiştir. 2003 yılına kadar doğal gaz iletim hattı yatırımlarında görülen kesiklik 2003 yılından itibaren sürekliliğe dönüşmüş görünmektedir.

2003 yılında 17 ile 2004’te 1 ile 2005’te 11 ile 2006’da 7 ile 2007’de 10 ile 2008’de 9 ile ve 2009 yılında ise 2 ile doğal gaz hattı götürülerek toplamda -bu veri setinin BOTAŞ Genel Müdürlüğü’nden alındığı 2012 yılı itibarı ile- 66 ilde doğal gaz kullanılmaya başlanmıştır. İl bazında doğal gaz tüketimi genelde konut ve sanayi olarak incelenmekte olup, konut ve işyerlerinde (abone) kullanım oranı her iki seçilen yıl için de (2003 ve 2011) geçerli olmak üzere (%1 ile %99) oldukça değişiklik göstermektedir.

Buna illerin iklim özellikleri, sanayi sektörü ağırlığı, gelir düzeyi vb. gibi ana faktörlerin etki ettiği düşünülmektedir. Kıyı illerimizde doğal gazın konutlarda kullanımı doğal olarak daha az iken sanayi kullanımı nispeten daha yoğun olmaktadır. Ancak İstanbul ve Ankara gibi SEGE’de ilk iki sırayı paylaşan illerde abone-sanayi doğal gaz kullanım oranları daha dengeli gibi görünmektedir (2011 yılı İstanbul %62, Ankara %57).

3.2.7.2. Türkiye’de Doğal Gaz Sektörünün Yapısı ve Gelişimi

Türkiye’de doğal gaz ile ilgili düzenlemeleri ve yatırım ve üretim ile ilgili çeşitli işlemler bazı kurumların birlikte hareketiyle gerçekleşmektedir. Bu kurumlar, Boru hatları İle Petrol Taşıma A.Ş. (BOTAŞ), Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) ve Rekabet Kurumu şeklindedir. Türkiye’de doğal gazla ilgili çalışmalar

1970’lerde başlamış olup, 1987 yılından itibaren BOTAŞ ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (PIGM) doğal gaz taşımacılığı ve ticareti işlemleri gerçekleştirmektedir.

Türkiye, bahsedildiği üzere ilk olarak, 1970 yılında Kırklareli civarındaki Kumrular bölgesinde doğal gaz saptamış, 1976 yılında da Pınarhisar Çimento Fabrikası’nda doğal gazı kullanmaya başlanmıştır. Doğal gaza dair ilk anlaşma ise, Türkiye ile SSCB arasında 1984 yılında yapılmıştır. 1986 yılında ise BOTAŞ (Türkiye) ile Soyuzgazexport (SSCB) arasında 25 yıllık bir doğal gaz anlaşması gerçekleşmiştir. Bulgaristan sınırından başlayarak 842 km uzanan boru hattının yapımı ise aynı yılın ekiminde başlanmıştır (Çevrimiçi <http://www.petform.org.tr>, Erişim Tarihi: 16.03.2017).

Doğal gaz iller bazında, konut ve sanayi kullanımına ilk olarak 1988’de Ankara’da açılmış, 1992’de İstanbul ve Bursa’da, 1996’da İzmit ve Eskişehir’de oluşturulmuştur. 2001 yılında ise, Doğal gaz Piyasası Kanunu uygulamaya konulmuş ve doğal gaz piyasasındaki tekel durumu önlenmeye çalışılmıştır. Bu şekilde BOTAŞ da 4 ayrı tüzel kişiliğe ayrılmış ve piyasaya girecek şirketlerin önü açılmaya çalışılmıştır. 2005 yılında ise Rusya ile devam eden anlaşmanın bir bölümünün dağıtımı özel sektöre geçmiştir (Rekabet Kurumu, 2012).

Türkiye’nin doğal gaz piyasasında tekel durumunun sona ermesi ise, 2007 yılında ise, Aksa Doğal gaz Toptan Satış A.Ş.’nin TPAO’nun Akçakoca Çayağzı tesislerinde ürettiği doğal gazı satması ve Shell Enerji’nin doğal gaz dış alımına başlamışıyla mümkün olmuştur. Bunun ardından Bosphorus Gaz, Avrasya Gaz ve Enerco Enerji dış alıma başlamış ve özel sektör bu sektörde rolünü arttırmıştır (BOTAŞ, 2009).

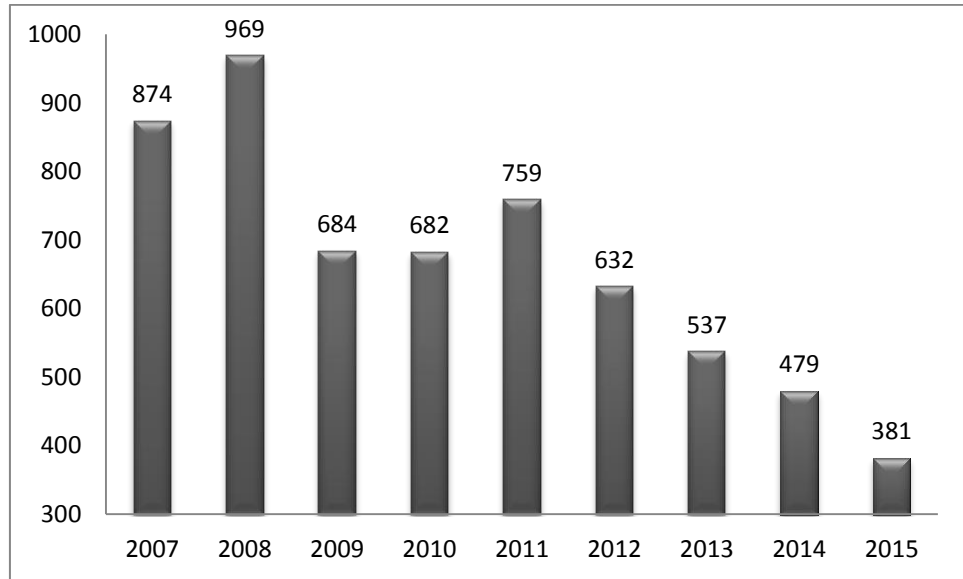
3.2.7.3. Enerji Arzı ve Dağılımı

Türkiye, birincil enerji yoğunluğu verileri dikkate alındığında “enerji yoğun” kategorisine giren ülkeler içinde bulunmaktadır. Türkiye’nin bu değeri, 2011

yılında 0,11 iken bu veri, Avrupa Bölgesi'nde ortalama 0.14'tür. Türkiye 120 milyon ton petrol eşdeğeri (MTPE) olan birincil enerji arzında doğal gaz, %30,9'luk oranda birinci sırayı alırken, petrol % 25,3 ile ikinci sırada bulunmaktadır. Türkiye'nin birincil enerji öngörülleri dikkate alındığında 2023 yılında petrolün oranında değişme göstermeden %26 düzeyinde bulunacağı sanılmaktadır. Buna karşın doğal gaz talebinin artmasına rağmen birincil enerji arzındaki payının %23'e düşeceği öngörülmektedir (TPAO, 2013).

Türkiye'nin birincil enerji talebinin %26,3'ü hanelerde gerçekleşirken, %26'sı endüstride, %25,7'si enerji değişiminde ve %16,8'i ulaşıtırmada gerçekleşmektedir. Birincil enerji talebinin yerli üretim ile karşılanma oranı (TYÜKO) 2012 yılında % 27,5 düzeyinde oluşmuş olup; bir başka deyişle Türkiye'nin enerjide ithalata bağımlılığı % 72,5 seviyesindedir. Bu bağımlılık oranı, 1990'larından itibaren oldukça yükselmiş ve 2000'li yıllardan itibaren % 70'ler düzeyine gelmiştir. Türkiye'nin toplam doğal gaz arzının % 1,2'si domestik doğal gaz üretimiyle karşılanırken % 98,8'lik bölümü de yurtdışından şirketlerce çeşitli kaynaklardan gerçekleştirilen dış alım ile sağlanmaktadır (EPDK, 2014).

Aşağıda, şekil 3.10'da 2007-2015 yılları doğal gaz üretim miktarları verilmiştir.



Şekil 3. 10. 2007-2015 yılları doğal gaz üretim miktarları (milyon sm³)

Kaynak: EPDK, 2015 Raporu.

Not: Miktarlar (Milyon Sm³) cinsindendir.

3.2.7.4. Doğal Gaz Tüketimi

2013'te Türkiye'de günlük ortalama 48.000 varil ham petrol üretimi gerçekleştirilmiş olup; buna karşın günlük 500.000 varil ham petrol tüketimi olmuştur. 2013'te yurtiçi ham petrol üretiminin talebe oranı %9,6 civarında seyretmiştir. Bununla birlikte doğal gazda üretiminin talebe oranı petrolden daha düşüktür. Türkiye'nin 2013'teki yerli doğal gaz arzının talebe oranı yaklaşık %1,5'tur. Bir başka deyişle petrolde dış alıma bağımlılık oranı %90,4 iken doğal gazda %98,5'dir (TPAO, 2013). 2013 yılının doğal gaz tüketiminin sektörel kullanım alanları incelendiğinde, % 20'sinin haneler tarafından, % 48'inin elektrik enerjisi için ve % 32'sinin ise sanayi için kullanıldığı tespit edilmiştir (EPDK, 2014).

Çizelge 3.3'te 2004-2016 yılları arasında doğal gaz tüketim miktarlarındaki değişim görülmektedir. 2009 ve 2015 seneleri dışında tüketimin giderek arttığı görülmektedir. Artış oranının en yüksek olduğu değerin 2005 yılında olduğu görülmekte iken en dramatik düşüş ise 2009 yılında gözlemlenmektedir. Bunun dışında doğal gaz kullanımı sadece 2015 yılında düşüşe geçmiştir. Doğal gaz tüketimi 2004 senesinden 2016 senesine değin iki kat yükselerek 46 milyar m³ seviyesine gelmiş ve doğal gaz ihtiyacı bu yönde yükselişe geçmiştir.

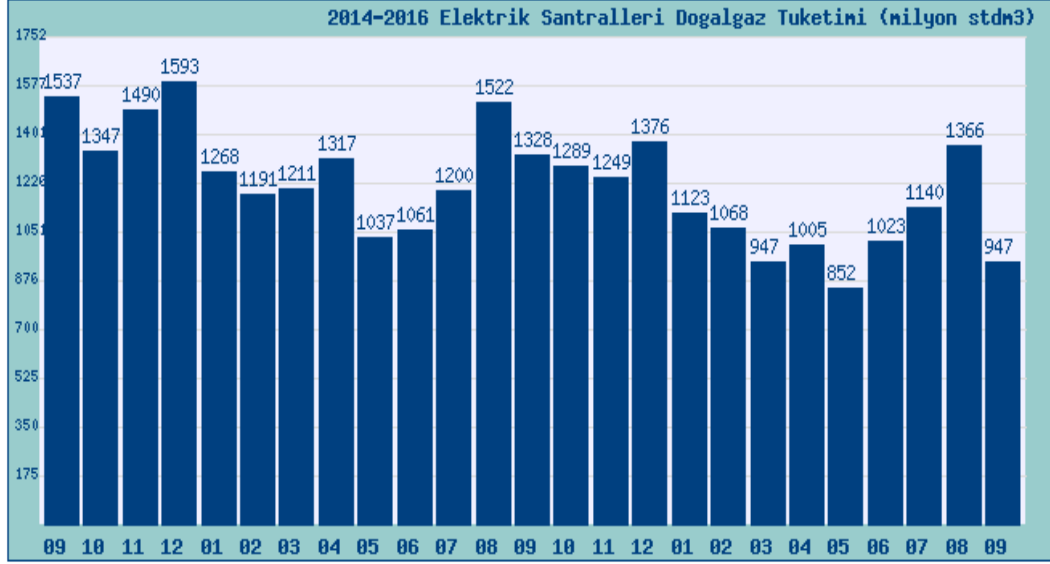
Çizelge 3. 3. Doğal gaz tüketimi (m³)

Yıl	Tüketim (m ³)	Değişim
2004	22.272.528.240	
2005	27.348.213.942	22,8 %
2006	30.982.063.980	13,3 %
2007	35.394.878.230	14,2 %
2008	36.865.051.313	4,2 %
2009	35.218.839.390	-4,5 %
2010	37.411.118.370	6,2 %
2011	43.697.409.192	16,8 %
2012	45.241.762.899	3,5 %
2013	45.918.246.078	1,5 %
2014	48.717.179.257	6,1 %
2015	47.999.276.834	-1,5 %
2016 *	46.076.410.890	-4,0 %

Kaynak: TÜİK, <http://www.resmiistatistik.gov.tr/?q=tr/content/enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-etkb>, Erişim Tarihi: 15.03.2017

Şekil 3.11’de ise, 2014’ün Eylül Ayı ile 2016 senesinin Eylül Ayı arasındaki yıllık elektrik santrallerinde kullanılan doğal gaz oranlarının aylara göre değişim grafiği aşağıda görülmektedir. Aylara göre elektrik santrallerinde doğal gaz tüketimi dikkate alındığında 2014 yılının 9. Ayında 1537 milyon stdm³ olan

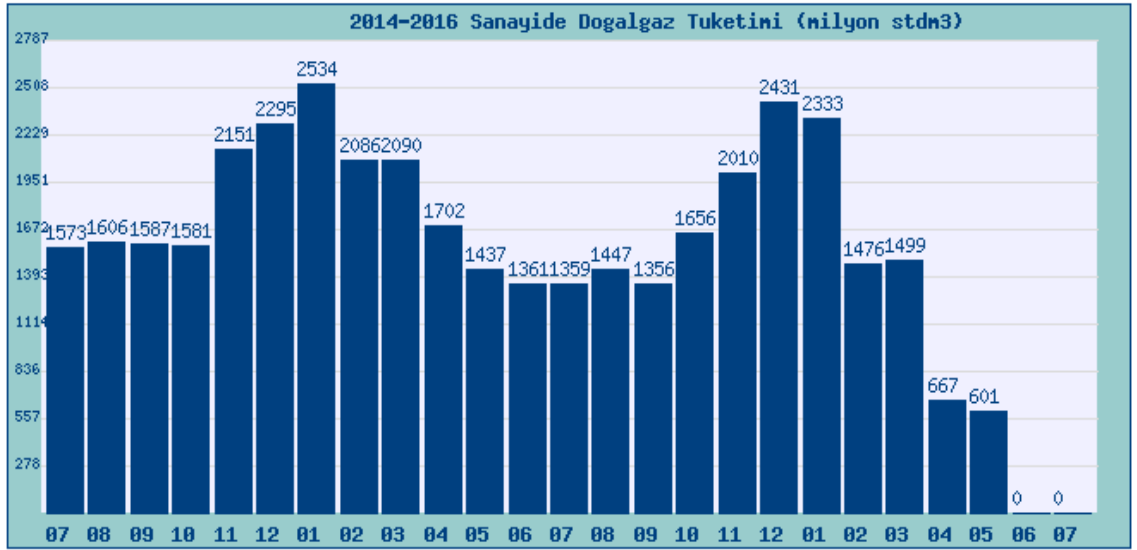
tüketim, 2015 yılının 9. Ayında 1328 stdm³'e düşmüştür. 2016'nın 9. Ayında 947 stdm³ olarak tüketim gerçekleşmiştir.



Şekil 3. 11. aylara göre elektrik santrallerinde doğal gaz tüketimi (milyon stdm³)

Kaynak: TÜİK, <http://www.resmiistatistik.gov.tr/?q=tr/content/enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-etkb>, Erişim Tarihi: 15.03.2017

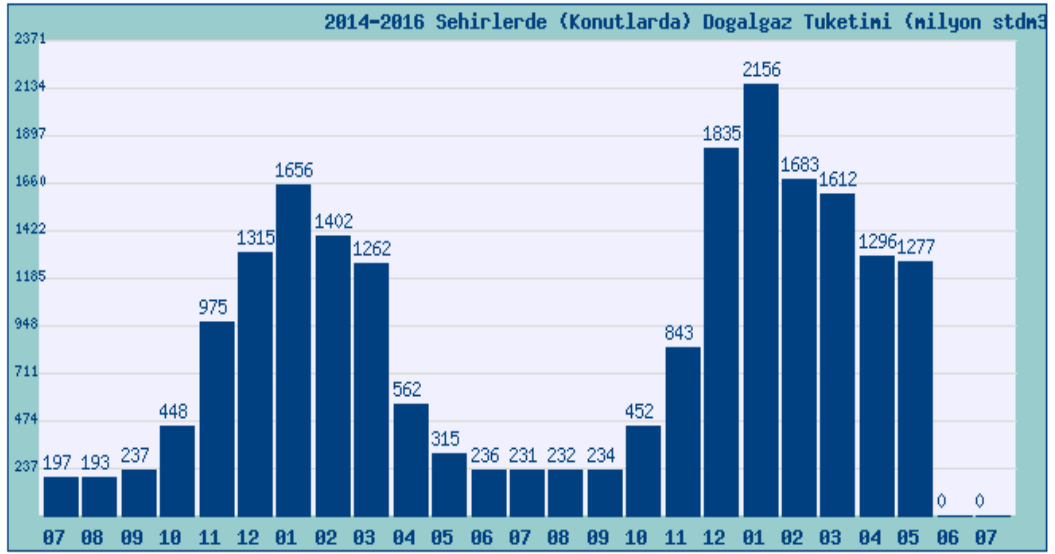
2014-2016 yılında sanayide kullanılan doğal gaz miktarlarının aylık değişim oranları şekil 3.12’de gösterilmektedir. 2014-2016 yılları arasında sanayide doğal gaz tüketimi incelendiğinde en düşük tüketimin 2016’nın 5. Ayında 601 stdm³ olarak gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 3. 12. 2014-2016 yılında sanayide kullanılan doğal gaz miktarlarının aylık değişim oranları (milyon stdm³)

Kaynak: TÜİK, <http://www.resmiistatistik.gov.tr/?q=tr/content/enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-etkb>, Erişim Tarihi: 15.03.2017

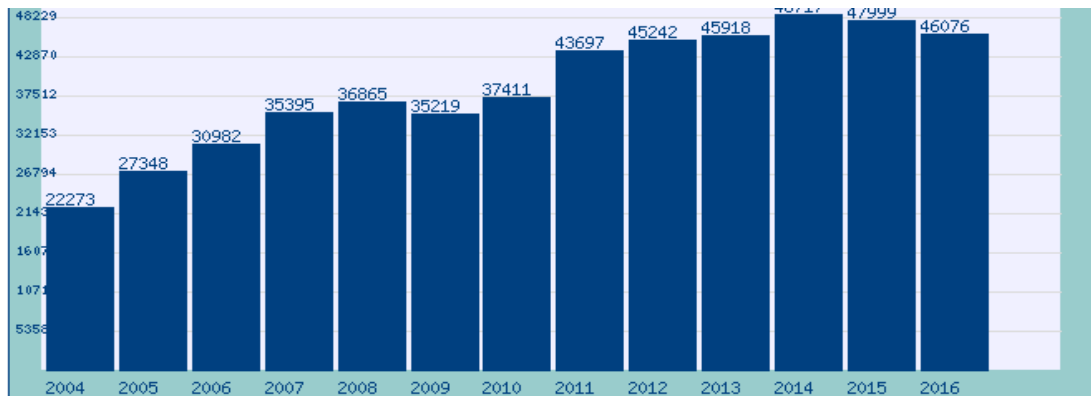
2014-2016 yılları arasında konutlarda kullanılan doğal gaz oranları Şekil 3.13'te gösterilmiştir. 2014-2016 yılları arasında konutlarda doğal gaz tüketimi incelendiğinde en düşük tüketimin 2014'nın 7. Ayında 197 stdm³ olarak gerçekleştiği, en yüksek tüketimin ise 2016'nın 1. ayında 2156 stdm³ olarak gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 3. 13. 2004-2016 yılları arasında konutlarda kullanılan doğal gaz tüketimi (milyon stdm³)

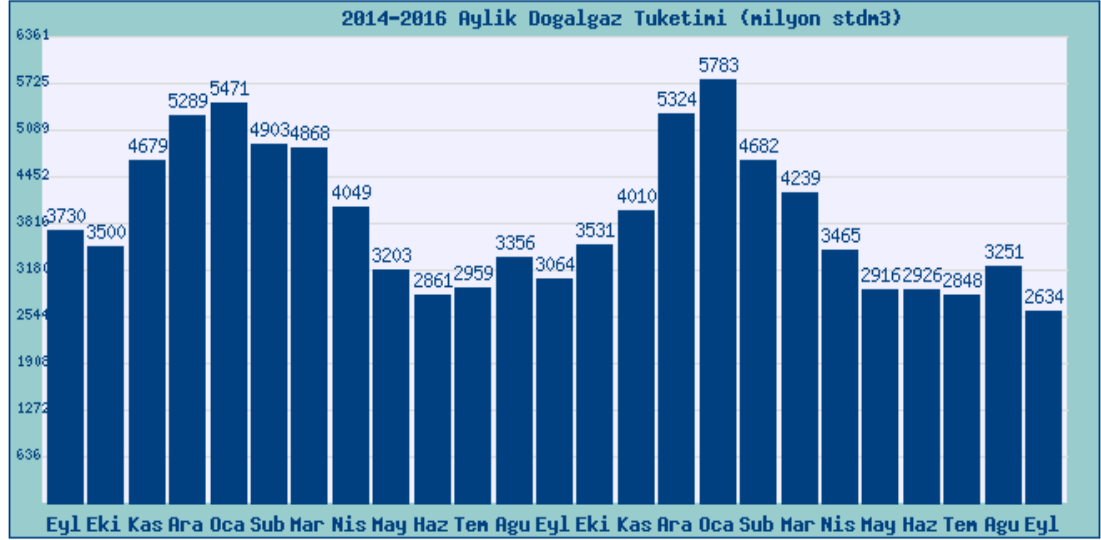
Kaynak: TÜİK, <http://www.resmiiistatistik.gov.tr/?q=tr/content/enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-etkb> Erişim Tarihi: 15.03.2017

2004-2016 yılları arasında şehirlerde kullanılan doğal gaz tüketimi şekil 3.14'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 14. 2004-2016 yılları arasında şehirlerde kullanılan doğal gaz tüketimi (milyon stdm³)

2014-2016 yılları arasında şehirlerde doğal gaz aylık tüketimi incelendiğinde en düşük tüketimin 2014'nın 7. Ayında 197 stdm³ olarak gerçekleştiği, en yüksek tüketimin ise 2016'nın 1. ayında 2156 stdm³ olarak gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 3. 15. 2014-2016 yılları arasında şehirlerde doğal gaz aylık tüketimi (milyon stdm³)

Kaynak: TÜİK, <http://www.resmiistatistik.gov.tr/?q=tr/content/enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-etkb> Erişim Tarihi: 15.03.2017

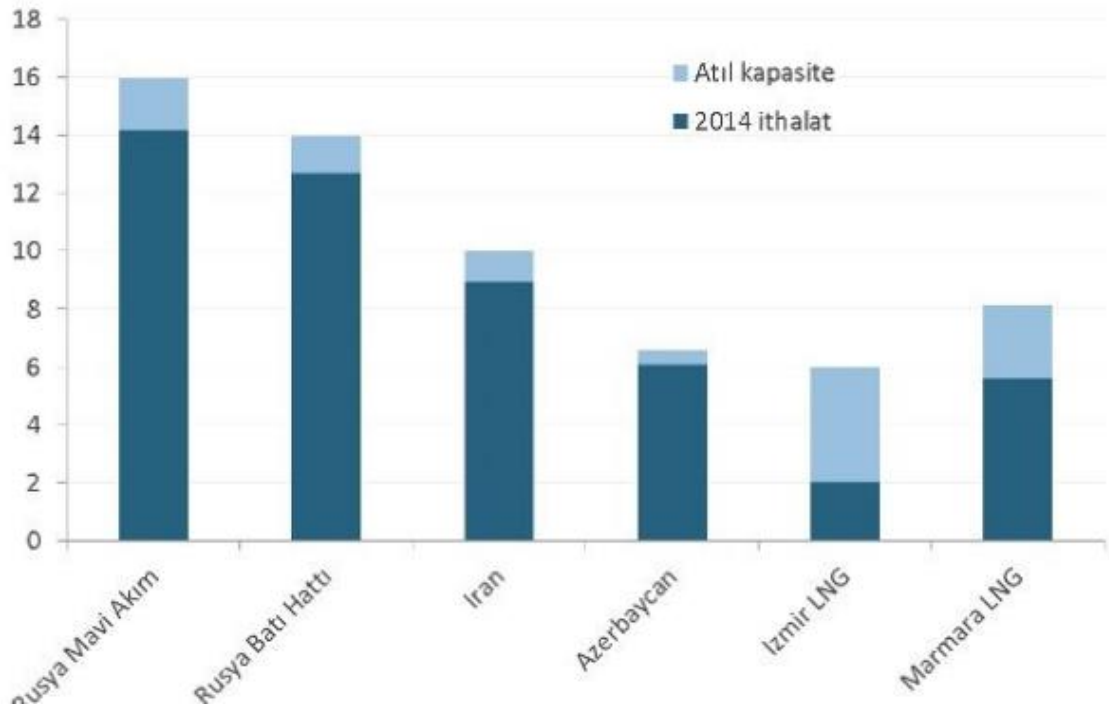
3.2.7.5. Doğal Gaz İthalatı

Doğal gaz talebinin karşılanması konusunda da dışa bağımlılık ham petroldekinde olduğu gibi fazladır. Bu durum Türkiye'nin doğal gaz ihtiyacının % 98'inin dış alımla gerçekleşmesinden de anlaşılmaktadır. Bir başka deyişle, Türkiye'de 2012'de tüketilen 45,24 milyar m³ doğal gazın sadece %1,47'si iç kaynaklarla sağlanmıştır. Türkiye'de tüketilen doğal gaz kaynaklarının %45'lik bir kısmı elektrik üretimi için kullanılmakta olup 2013'te Türkiye doğal gaz dış alımının ülkelere göre dağılımında ilk sırada Rusya gelmektedir. Rusya bu dış alımın %58'ini oluşturmaktadır. Bu ülkeyi, İran %19 ile takip ederken üçüncü sırayı Azerbaycan ve Cezayir % 9'arlık kısımla paylaşmaktadır (TPAO, 2013).

Türkiye'de doğal gaza olan gereksinimin sürekli artış göstermesi ve iç rezerv ve üretim miktarlarının da bu gereksinimin karşısında çok az olması, bu kaynağın ithal

edilmesine sebep olmuş ve 2011 yılında bu kaynakların % 87,5’lik kısmının BOTAŞ tarafından karşılanmıştır. Türkiye’de, aynı yılda doğal gaz tüketicileri konutlar ve işyerleridir. Konutların %93’ü abone olup, %4,5 ile işyerleri en önemli doğal gaz tüketicisi halindedirler (EPDK, 2012). BOTAŞ dışında Türkiye’de, TPAO ve Ege Gaz A.Ş. lisans alarak depolama gerçekleştirmektedirler.

Türkiye doğal gaz ihtiyacını ithalatla karşılamasına rağmen, ürettiği ve satın aldığı doğal gazın önemli bir bölümünü yurtiçinde satarken sembolik bir bölümünü ise ihraç etmektedir. Doğal gaz kullanımının yaygınlaşmasına paralel olarak doğal gaz ithalatı 1987’de sadece 433 milyon cm^3 iken 2012’de 40 milyar cm^3 ’ü aşmıştır. 2007’de başlanan doğal gaz ihracatı 2013’te 644 milyon cm^3 olarak gerçekleşmiştir. Doğal gazın yurtiçi satışında zirve, 41,4 milyar cm^3 ile 2012’de yakalanmıştır.



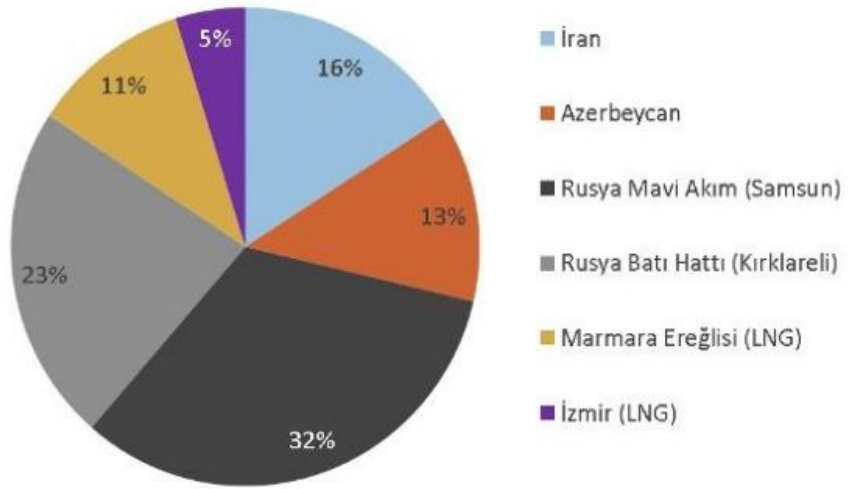
Şekil 3. 16. Türkiye 2014 yılında ait ithalat oranları

Kaynak:<http://www.resmiistatistik.gov.tr/?q=tr/content/enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-etkb2004-2016>

Türkiye 2014 yılında ait ithalat oranlarını gösteren şekil 3.16 incelendiğinde en yüksek ithalat oranına Rusya Mavi Akım'ın sahip olduğu görülmektedir. En düşük ithalat oranına ise İzmir LNG sahiptir. Atıl kapasite göz önünde bulundurulduğunda en yüksek yüzdeye yine İzmir LNG sahip olmaktadır. Atıl kapasitenin en düşük olduğu proje ise Azerbaycan'dır.

Türkiye' nin 2015 Ocak-Eylül dönemine ait doğal gaz ithalatının dağılımı Şekil 3.17'de görülmektedir. Bu şekil incelendiğinde 2015 yılında da en yüksek ithalat oranına Rusya Mavi Akım (Samsun)'un sahip olduğu görülmektedir. İkinci en yüksek oranına ise Rusya Batı Hattı (Kırklareli)'inin sahip olduğu gözlemlenmektedir. Diğer bir deyişle Türkiye doğal gaz ithalat hacminin en büyük bölümü Rusya ile yapılan projelerden sağlanmaktadır. En düşük oranın ise İzmir LNG projesinin sahip olduğu görülmektedir.

Türkiye doğal gaz ithalinin dağılımı (2015 Ocak-Eylül)

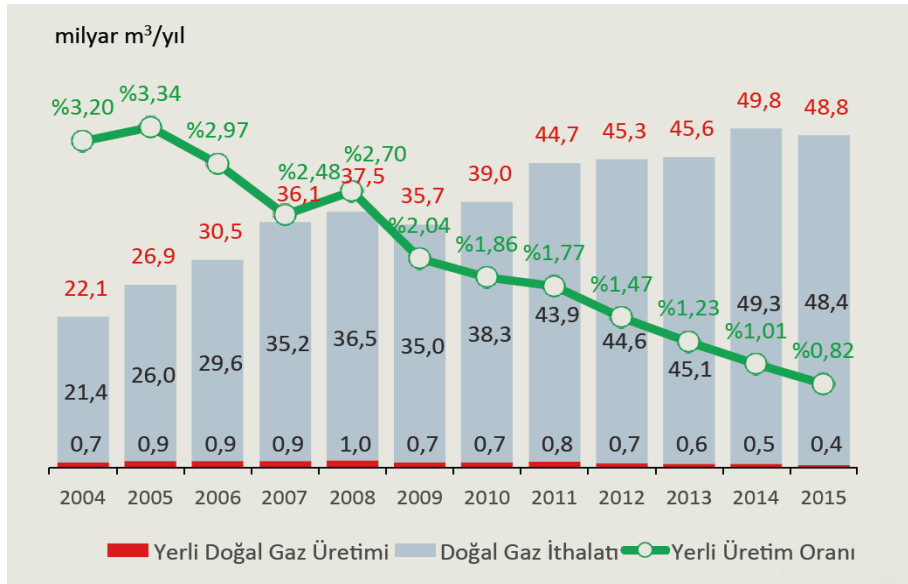


Şekil 3. 17. 2015 Ocak-Eylül dönemine ait doğal gaz ithalatının dağılımı

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2015. Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu Erişim Tarihi: 24.03.2017

3.2.7.6. Doğal Gaz Üretimi

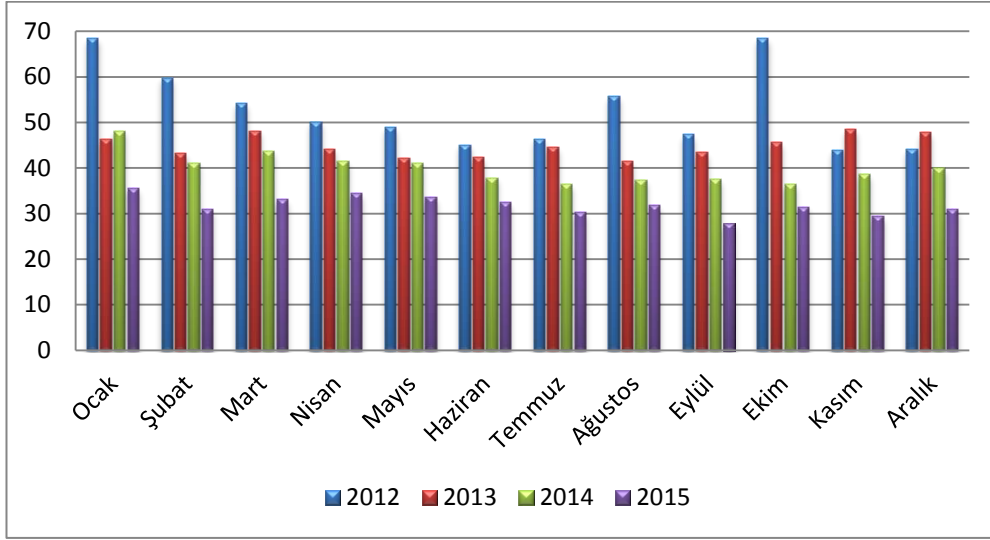
Türkiye'nin milli doğal gaz rezervi 2013'te 6,16 milyar m^3 olarak kaydedilmiştir. Yeni keşifler yapılmadığı takdirde, bugünkü durumda, kalan üretilebilir doğal gaz rezervinin yaklaşık 10 yıllık ömrü vardır. Türkiye'de yapılan doğal gaz üretimi 2000'de 639 milyondan, 2001-2008 yılları arasındaki devresel dalgalanmalar sayılmazsa, 2008'de 1 milyar m^3 'e çıkmış ve 2013'te inişe geçerek 562 milyon m^3 olarak gerçekleşmiştir. Şekil 3.18'de, Türkiye'nin yerli doğal gaz üretimi, doğal gaz ithalatı ve yerli üretimin oranı verilmektedir. Doğal gaz ithalatı 2004'ten bu yana iki kat artmış ve yerli doğal gaz üretimi, 0.7 milyar m^3 'ten 0,4 milyar m^3 'e düşmüş buna bağlı olarak da yerli üretim oranı %3.2'den %0.82'ye düşme kaydetmiştir.



Şekil 3. 18. Türkiye'nin yerli doğal gaz üretimi, doğal gaz ithalatı ve yerli üretimin oranı (milyar m^3 /yıl)

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2015. Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu. **Erişim Tarihi:** 24.03.2017

Şekil 3.19'de, 2012-2015 yılları arası doğal gaz üretimi ay bazında verilmiştir.



Şekil 3. 19. 2012-2015 yılları aylık doğal gaz üretimi karşılaştırması (milyon m³)

Kaynak: EPDK, Doğal Gaz Piyasası 2015 Yılı Sektör Raporu.

Doğal gaz sarfiyatında dışa bağımlılık yüzdesi, petrolde olduğundan daha yüksektir. Türkiye gaz ihtiyacının %99,2'si dışarıdan alarak gidermektedir. Türkiye'de, 2015 senesinde 48,8 milyar m³ doğal gaz talebi meydana gelmiş ve bu miktarın %0,8'i (399 milyon m³) ülke içi üretim ile giderilmiştir. Talep edilen doğal gazın %50'ye yakını ise elektrik üretimi harcanmıştır.

3.2.7.8. Doğal gazın elektrik enerjisi üretimindeki payı

Doğal gaz, Türkiye'de genellikle ısıtma amaçlı olmak üzere, elektrik enerjisi üretiminde de kullanılmaktadır. 1985'te elektrik enerjisi üretimi 34219 GWh olup bunun sadece %0,2'si doğal gaz kaynaklı iken, bu miktara ve oranlar yıllar içerisinde artmıştır. Elektrik üretimi 2015'te 240154 GWh'ye çıkarken bu üretimdeki doğal gazın payı %43,8'e ulaşmıştır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu, 2015).

3.3. Gri sistemlerde modelleme ve gri tahmin yöntemi

Gri tahmin, yapısı kaotik, kompleks ve belirsiz olan sistemler için ortaya çıkarılmış bir tahmin metodudur. Gri tahmin metodunun, diğer tahmin metotları ile kıyaslandığında avantajlı olarak gösterilebileceği, model kurmak için az sayıda veriye gereksinim duyması, yüksek tahmin tutarlılığı gibi avantajı bulunmaktadır. Literatürde gri tahmin ile gerçekleştirilmiş çok sayıda araştırmanın bulunması, gri tahminin pratik ve gerçekçi bir araç olduğunu ortaya çıkarmaktadır (Akay ve Atak, 2007).

Gri tahmin teorisi, ilk olarak 1982 yılında Ju-Lung tarafından, bilinmeyen değişkenlere ve eksik bilgiye sahip sistemlerin çözümlenmesi için ortaya konulmuştur (Deng, 1982). Deng (1982) tarafından oluşturulan gri sistem modellemesinde ise temel fikir, belirsiz sistemlerin nasıl hareket ettiğine dair, sınırlı veri kullanımıyla tahmin oluşturmaktır. Bu sistemde, beyaz ve siyah terimleri kullanılarak, belirsizliğin olmadığı veri beyazla ve zıt özellikleri bulunan siyahla anlatılmaktadır. Bu ikisinin arası ise, sadece kısıtlı veriye sahip olunan bilgilerse, gri sistem olarak adlandırılmaktadır (Kaya ve Taşçı, 2015).

3.3.1. Birikim oluşturma işlemi (BOİ)

Kaotik ve kompleks verilerde verinin kendine has niteliklerini ya da o verilere ait kuralları ortaya çıkarmak için Birikim Oluşturma işlemine (Accumulating Generating Operation- AGO) başvurulmaktadır. Birikim oluşturma işlem süreci gri sistemlerde başvuru beyazlaştırma yöntemidir (Onalan, 2014).

Bir $x^{(0)}$ negatif olmayan veri serisi ele alalım ve A bir dizi operatörü olsun.

$$x^{(0)} = (x^{(0)}_1, x^{(0)}_2, x^{(0)}_3, \dots, x^{(0)}_n)$$

ve

$$x^{(0)}A = (x^{(0)}_1a, x^{(0)}_2a, x^{(0)}_3, \dots, x^{(0)}_na)$$

x^0 serisi monoton artan x^1 serisine çevrilir.

$A, x^{(0)}$ serisinin birinci dereceden birikim oluşturma operatörüdür.

Buradan

$$x^{(0)}A = x^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, x^{(1)}_3, \dots, x^{(1)}_n)$$

Bu işlemde $x^{(0)}$ 'ın r kez A operatörünün uygulanması ile r ' inci dereceden birikim operatörü oluşturma operatörü adını alır,

$$x^{(0)}A = X^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, x^{(1)}_3, \dots, x^{(1)}_n)$$

olur.

Buradan

$$X^r(k) = \sum_{i=1}^k X^{r-1}(i), \quad k = 1, 2, 3, \dots, n$$

olur.

3.3.2. Ters birikim oluşturma işlemi (TBOİ)

Ters birikim oluşturma işlemi, birikim oluşturma işlemi neticesinde oluşan verileri orijinal verilere çevirmek için yapılan geri dönüş işlemidir (Onalan, 2014).

Bir $x^{(0)}$ negatif veri içermeyen bir seti ele alalım ve A bir dizi operatörü olsun.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, x^{(1)}_3, \dots, x^{(1)}_n) \quad (3.1)$$

ve

$$X^1 \bar{A} = X^0 = (X^1(1)\bar{a}, X^1(2)\bar{a}, \dots, X^1(n)\bar{a}) \quad (3.2)$$

Buradan

$$X^1(k)\bar{a} = X^1(k) - X^1(k-1), \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

ve

$$X^1 \bar{A} = X^0 = (X^0(1), X^0(2), \dots, X^0(n)) \quad (3.4)$$

$$X^{(k-1)}_t = X^{(k)}_t - X^{(k)}(t-1) \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (3.5)$$

Olur.

3.3.3. Gri diferansiyel denklemler

Aşağıda bulunan diferansiyel denklemini ele alalım

$$\frac{dx}{dt} + ax = b \quad (3.6)$$

x, dx/dt nin arkaplan değeri, a ve b ise diferansiyel denklem parametrelidir. Aşağıda bulunan denklem;

$$X^0(k) + az^1 = b \quad (3.7)$$

burada,

$$z^1(k) = 0.5X^1(k) + 0.5X^1(k-1) \quad (3.8)$$

olur.

3.3.4. Gri Tahmin Modeli

Gri tahmin, yapısı kaotik, kompleks ve belirsiz olan sistemler için ortaya çıkarılmış alternatif bir tahmin metodudur. Gri tahmin metodunun, diğer tahmin metotları ile kıyaslandığında avantajlı olarak gösterilebileceği, model kurmak için az sayıda veriye gereksinim duyması, yüksek tahmin tutarlılığı gibi pek çok niteliği bulunmaktadır. Literatürde gri tahmin ile gerçekleştirilmiş birçok araştırmanın bulunması, gri tahminin pratik ve gerçekçi bir araç olduğunu ortaya çıkarmaktadır (Akay ve Atak, 2007).

Elektrik talebi tahminleri, elektrik sistemleri genişletme planlamasında önemli bir rol oynamaktadır Zhoum.ve Poh 2007 yılında, bu konuda çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada geleneksel gri modeli GM (1,1) ile elektrik talebini tahmin etmek için trigonometrik artık modifikasyon tekniği birleştirilerek bir trigonometrik gri tahmin yaklaşımı sunmuştur. Bulunan yaklaşım GM' nin (1,1) tahmin doğruluğunu

iyileştirmeye yardımcı olmaktadır ve makul bir gri tahmin aralığının elde edilmesini sağlamaktadır. Yaklaşımın etkinliğini göstermek için Çin verilerini kullanan iki vaka çalışması sunulmuştur.

Hsu ve Chen'in (2003) çalışmasında gri tahmin metodu incelenmiştir. Bu metod kısıtlı bilgi ve/veya ya eksik bilgi içeren sistemlerle ilgilenen çok disiplinli ve genel bir teoridir. Bu çalışmada, modifikasyonu yapay sinir ağı işareti tahmini ile birleştiren bir teknik kullanarak gelişmiş bir gri GM (1,1) modeli önerilmiştir. Önerilen yöntemin verimliliğini ve doğruluğunu test etmek için örnek olay olarak Tayvan'ın güç talebi tahminini kullanılmıştır. Deney sonuçlarına göre, önerilen yeni yöntem açıkça orijinal gri modelin tahmin doğruluğunu artırabilmektedir.

Deng (1982) tarafından oluşturulan, gri sistem modellemede temel fikir belirsiz sistemlerin nasıl hareket ettiğine dair, sınırlı veri kullanımıyla tahmin oluşturmaktadır. Bu sistemde, beyaz ve siyah kullanılarak belirsizliğin olmadığı veriyi beyazla ve zıt özellikleri bulunan veriyi siyahla anlatılmaktadır. Bu iki sinin arası ise bir başka deyişle sadece limitli veriye sahip olunan bilgiler de gri sistem olarak adlandırılmaktadır (Kaya ve Taşçı, 2015).

Kuşakçı ve Ayvaz (2017), yaptıkları çalışmalarında gri tahmin hassasiyetini değerlendirmişlerdir. Bu konunun enerji planlaması açısından karar alıcılar için önemi büyüktür. Son yıllarda, gelecekteki talebi doğru bir şekilde tahmin edebilmek için elektrik tüketimini tahmin etmek amacıyla çeşitli teknikler kullanılmıştır. Birkaç tahmin tekniği olmasına rağmen, en uygun olanı seçmek son derece önemlidir. Bu çalışmada, Türkiye'de üç yıllık gri tahmin modelleri oluşturulmuş ve yıllık net elektrik tüketiminin modellenmesi ve tahmininde kullanılmıştır. Ayrıca, bu üç model, performans ölçütlerini kullanarak en iyi modeli bulmak için karşılaştırılmıştır. En iyi yaklaşım olan Homojen Olmayan Ayrık Gri Modeli (NDGM), 2014'ten 2030'a kadar elektrik tüketimini tahmin etmek için kullanılır. Ek olarak, bu çalışma tarafından önerilen gri modelin (GM) daha iyi tahmin performansı sağladığını gösteren son çalışmalarla bir karşılaştırma yapılmıştır.

Kuşakçı ve Ayvaz (2015), çalışmalarında elektrik enerjisi tüketim tahmini hassasiyetini incelemişlerdir. Bu konunun enerji yatırım kararlarını ve çevre politikalarını etkileyen önemli bir yeri bulunmaktadır. Çeşitli tahmin teknikleri olmasına rağmen, en doğru tekniğin seçimi enerji planlamacıları için hayati önem taşımaktadır. Bu çalışmada, yıllık net elektrik enerjisi tüketiminin modellenmesi ve tahmininde, RM (Rolling mechanism) ile gri tahmin teknikleri kullanılmıştır. En iyi modeli bulmak için üç farklı gri tahmin modeli oluşturulmuştur. RM ile en iyi gri tahmin modeli, 2014'ten 2030'a kadar enerji tüketiminin tahmini için kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, elde edilen sonuçları RM içermeyen bir Gri Modelle karşılaştırarak RM'nin etkisi incelenmiştir. Sonuçlar RM'li homojen olmayan Gri Modelin tahmin doğruluğunu geliştirdiğini göstermektedir.

Oruç ve Eroğlu 2012 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, Isparta ilinin, geleceğe yönelik doğal gaz ihtiyacı tahmin etmeye çalışmışlardır. Gri tahmin yöntemi ile birlikte Box-Jenkins ve Üstel Düzleştirme yöntemleri de kullanılmıştır. 3 yöntemin de çeşitli başarı kriterleri ile değerlendirilmesi sonucu Gri tahmin yöntemi değerlerinin diğer yöntemlere göre daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan incelemelerde Gri Model (1,1) modeli en geniş kullanıma sahip modeldir. Bu süreç birinci dereceden bir değişkenli gri model olarak isimlendirilir. Pozitif veri serilerine uygulanan bu model esasında bir zaman serisi analiz metodudur (Deng, 1989).

Tahmin değerlerini meydana çıkarmak için ilk operatör olan birikim oluşturma işlemi gerçekleştirilir ve veriler kümülatif şekle dönüştürülür ve ardından gri diferansiyel denklem çözülür. Bitiminde tahmin değerlerine ulaşılır. Ulaşılan bu tahmin değerleri kümülatif olduğu için tersine birikim oluşturma işlemi kullanılarak veriler normal değerlerine dönüştürülerek asıl tahmin neticelerine varılır (Liu vd. 2015).

Adım1: n örnek sayısı ile orijinal zaman serisi aşağıdaki gibi ifade edilir.

$x^{(0)}$ serisinin tek çıktısı olan bir zaman serisi olduğunu farz edelim.

$$x^{(0)} = (x^{(0)}_1, x^{(0)}_2, x^{(0)}_3, \dots, x^{(0)}_n) \quad n \geq 4 \quad (3.9)$$

Burada $x^{(0)}$ pozitif serisinin örnek büyüklüğü n 'dir. Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $x^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, x^{(1)}_3, \dots, x^{(1)}_n) \quad n \geq 4 \quad (3.10)$$

$x^{(1)}$ aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$X^1(k) = \sum_{i=1}^k X^0(i) \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (3.11)$$

Burada $z^{(1)}$ ardarda gelen verilerin ortalamasıdır.

$$z^{(1)}(k) = (0.5x^1(k) + 0.5x^1(k-1)) \quad k=2, 3, \dots, n \quad (3.12)$$

Adım 2: GM(1,1) modelini biçimlendirmek ve katsayıları bulmak amacıyla birinci dereceden gri diferansiyel denklemi uygulanır.

Gri diferansiyel denklem için en küçük kare tahmin dizisi, GM(1,1) için aşağıda tanımlandığı gibidir;

$$x^0(k) + az^1 = b \quad (3.13)$$

Oluşturulan modelin beyazlaştırma denklemi şu şekildedir,

$$[a \ b]^T \text{ seri} \quad \frac{dx^1(t)}{dt} + ax^1 = b \quad \text{parametreleri} \quad \text{aşağıdaki} \quad (3.14)$$

şekilde bulunur, (3.15)

Burada Y ve B matrisleri,

$$a, b^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

$$Y = [x^0(2), x^0(3), \dots, x^0(n)]^T \quad (3.16)$$

$$B = \begin{pmatrix} -z^1(2) & 1 \\ -z^1(3) & 1 \\ -z^1(4) & 1 \\ -z^1(5) & 1 \\ . & 1 \\ . & 1 \\ -z^1(n) & 1 \end{pmatrix} \quad (3.17)$$

Adım 3: Tahmin edilen a ve b katsayılarına göre, denklem x'deki diferansiyel denklemin çözülmesi ile gri tahmin denklemine ulaşılmaktadır.

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(1)}(0) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (3.18)$$

Elde edilen denklem k+1 zaman için tahmin edilen x'in kümülatif gösterim şeklidir.

Gri Model (1,1) modelinde (a) parametresi geliştirme katsayısı, b parametresi ise gri etki miktarı olarak adlandırılır. a katsayısı $x^{(1)}$ ve $x^{(0)}$ 'ın gelişim durumlarını; b katsayısı ise arka plandaki değerlerden türetildiği için veride toplanan değişiklikleri yansıtmaktadır (Özkara, 2009).

Gri Tahmin Yönteminde $x^{(0)}(k+1)$ GM(1,1)'in $k < n$ olduğu sürece

$x^{(0)} = (x^{(0)}_1, x^{(0)}_2, x^{(0)}_3, \dots, x^{(0)}_n)$ $n \geq 4$ denkleminde uygulanması ile tahmini yapılır. Sonuç bulunduktan sonra $x_0(k+1)$ datanın sonuna eklenerek ve aynı zamanda en eski data, data setinden çıkarılarak işlem tekrarlanır. Bir sonraki döneme ait tahmin değeri $x^{(0)} = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(k+1))$ kullanılarak $x_0(k+2)$ değeri tahmin edilir. (Yılmaz ve Yılmaz, 2013)

3.3.5. Gri Modelin Hata Tahmini

Çeşitli tahmin modelleri içinden birini seçme sürecinde yaygın olarak kabul edilen ölçütlerden biri, modelin tahmin başarısının olumlu yönde olmasıdır. Mesela, iki

modelin yararı ve geçerliliği eşit durumdaysa, iki modelin öngörü başarıları kıyaslanmakta ve daha iyi tahmin doğruluğu yaratan model seçilmektedir. Bu hedefle, meydana çıkarılan modellerin tahmin doğruluklarının kıyaslanması için farklı istatistiksel metotlara başvurulmaktadır (Akgül, 2003:280).

Tahmin doğruluk testi için, öngörü dönemine ait gözlem değerleri yok sayılarak gözlem dışı görülür ve önerilen modele dayandırılarak geçerli dönemlere ait değerler öngörülür. Modellerin tahmin doğruluğunun değerlendirilmesinde kullanılan istatistikler; Hata Kareler Ortalaması (MSE), Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (RMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Yüzde Hata (MPE), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) ve Theil-U istatistiği olarak listelenebilir (Makridakis, 1993).

Bu istatistiklerden yaygın olarak başvuru alanlarının formülü aşağıda yazılmıştır:

$$MAPE = \frac{\sum |(y_t - \hat{y}_t)/y_t|}{n} * 100 \quad (3.19)$$

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n}$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n}$$

Burada;

n: tahminde bulunulan dönem sayısı

y_t : t döneminde gerçekleşen değeri

$\hat{y}$: t dönemi için hesaplanan tahmini değerini belirtmektedir

Sayılan kriterler içinde Ortalama Mutlak Yüzde Hata'nın (MAPE) tahmin hatalarını yüzde olarak göstermesi ile tek başına bir anlamının olması, diğer kriterlere göre üstünlüğü olarak değerlendirilmektedir (Akgül, 2003:280). Bunun yanı sıra gerçekleştirilen gri tahmin araştırmalarının genelinde hata ölçümlerinde MAPE metodunun kullanılmasından ötürü, araştırmada da test için seçilmiştir.

Gerçekleştirilen tahminler neticesinde ulaşılan hata miktarlarının geçerliliğinin test edilmesi için MAPE değerleri %10'nun altında olan tahmin modellerini 'yüksek doğruluk' düzeyine sahip modeller olarak kategorilendirilmiştir (Witt ve Witt, 1992).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu bölümde Türkiye yıllık doğal gaz tüketim verileri ve yıllık nüfus verileri analiz edilmiş ve geleceğe yönelik tahmin değerleri hesaplanmıştır. Bu tahmin değerleri için kullanılan veriler TÜİK'den alınmıştır ve Gri Model (1,1) modeli ile tahmin çalışması yapılarak hesaplanmıştır.

4.1. Gri Model (1,1) Yöntemi ile Doğal Gaz Tüketim ve Nüfus Tahminleri

Gri Model (1,1) modeli için ara işlem sonuçları ve tahmin değerlerini gösteren bir program MATLAB üzerinde çalıştırılmıştır. Bu model için değişkenlerimiz 2004-2016 yılları arasındaki Türkiye'deki nüfus miktarı ve doğal gaz tüketim miktarıdır. Gri Model (1,1) modelini kullanarak, 2004-2016 yıllarındaki Türkiye'deki nüfus miktarı ve doğal gaz tüketim verileri hesaplandı. TÜİK' den alınan değerler ile gerçekleşen değerlerin karşılaştırması yapılarak hata oranları hesaplandı. Hata oranımızın düşük çıkmasıyla modelimizin doğru kurgulandığı anlaşılmıştır.

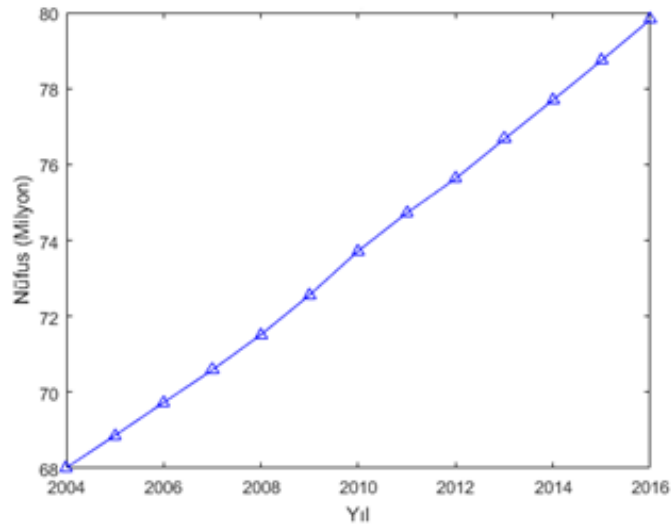
4.1.1. Salt veri setleri

Doğal gaz tüketim ve nüfus değerlerine TÜİK sitesinden ulaşılarak sırasıyla milyon m³ ve milyon kişi cinsinden 2004–2016 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Bu veri setlerinden Çizelge 4.1'de nüfus verileri ve doğal gaz tüketim verileri aynı çizelge içerisinde verilmiştir. (TÜİK 2016).

**Çizelge 4. 1. Türkiye yıllık nüfus ve doğal gaz tüketimi (m³),
2004-2016**

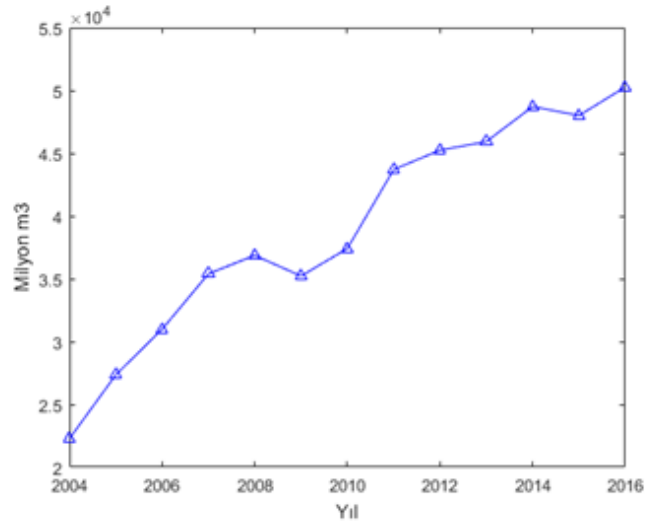
Yıl	Nüfus	Doğal Gaz Tüketimi (m ³)
2004	68.010.215	22.272.528.240
2005	68.860.539	27.348.213.942
2006	69.729.967	30.982.063.980
2007	70.586.256	35.394.878.230
2008	71.517.100	36.865.051.313
2009	72.561.312	35.218.839.390
2010	73.722.988	37.411.118.370
2011	74.724.269	43.697.409.192
2012	75.627.384	45.241.762.899
2013	76.667.864	45.918.246.078
2014	77.695.904	48.717.179.257
2015	78.741.053	47.999.276.834
2016	79.814.871	50.265.175.516

Yıllık nüfus verilerine ve doğal gaz tüketim verilerine ait grafikler Şekil 4.1’de ve Şekil 4.2’de ayrı ayrı incelenmiştir.



Şekil 4. 1. Nüfusun yıllara göre değişimi

Şekil 4.1’de Türkiye’deki 2004 – 2016 yılları arasındaki doğal tüketim miktarı verilmiştir. Doğal gaz tüketim miktarı 2008 yılından 2009 yılına geçişte azalma yaşamış onun dışında 2004-2016 yılları arasında artış göstermektedir.



Şekil 4. 2. Doğal gaz tüketim değerlerinin yıllara göre değişimi

Yıllara göre değişen nüfus miktarını, doğal gaz tüketimi ile ilişkisini şekil 4.2’ de görülmektedir. Türkiye doğal gaz tüketimi 2004 yılında yaklaşık olarak 22 milyon m³ iken 2016 yılında yaklaşık olarak 50 milyon m³ olduğu görülmektedir.

4.1.2. GM(1,1) ile Nüfus tahmini

GM(1,1) modeline göre 2004-2016 yılları arasındaki nüfus verilerin tamamı ele alınmıştır. $x^{(0)}$ serisinin tek çıktısı olan bir zaman serisidir.

$$x^{(0)} = (x^{(0)}_1, x^{(0)}_2, \dots, x^{(0)}_n) \quad n=13 \quad (4.1)$$

$x^{(0)}$ aşağıdaki Çizelge 4.2’deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4. 2. Nüfus değerleri

Yıl	Nüfus
2004	68.010.215
2005	68.860.539
2006	69.729.967
2007	70.586.256
2008	71.517.100
2009	72.561.312
2010	73.722.988
2011	74.724.269
2012	75.627.384
2013	76.667.864
2014	77.695.904
2015	78.741.053
2016	79.814.871

Burada 2004-2016 yılları arasındaki nüfus değerleri kullanılarak $x^{(0)}$ pozitif serisi incelenmektedir. Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $x^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=13 \quad (4.2)$$

$x^{(1)}$ değerleri;

$$X^1(k) = \sum_{i=1}^k X^0(i) \quad k = 1, 2, \dots, 13 \quad (4.3)$$

Denklem yardımı ile Çizelge 4.3'deki değerler elde edilir. Bu işlem birikim oluşturma işlemidir.

Çizelge 4. 3. Nüfus birikim oluşturma işlemi (BOİ) değerleri

Yıl	Nüfus (milyon)
2004	68,01
2005	136,87
2006	206,60
2007	277,19
2008	348,70
2009	421,27
2010	494,99
2011	569,71
2012	645,34
2013	722,01
2014	799,70
2015	878,44
2016	958,26

$$X^1(k) = \sum_{i=1}^k X^0(i) \quad k = 1, 2, \dots, 13$$

$X^{(1)}$ dizisinden üretilen $z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır:

$$z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad (4.4)$$

Burada $z^{(1)}$ dizisi art arda gelen $X^{(1)}$ birikim değerlerinin ortalaması ile oluşturulmuş bir dizi halini alır.

$$z^1(k) = (0.5x^1(k) + 0.5x^1(k-1)) \quad k=2,3,\dots,13 \quad (4.5)$$

Verilen denkleme göre $z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.4'deki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 4. 4. Nüfus $z^{(1)}$ dizisi

$z^{(1)}(1)$	102,44
$z^{(1)}(2)$	171,74
$z^{(1)}(3)$	241,89
$z^{(1)}(4)$	312,95
$z^{(1)}(5)$	384,98
$z^{(1)}(6)$	458,13
$z^{(1)}(7)$	532,35
$z^{(1)}(8)$	607,53
$z^{(1)}(9)$	683,67
$z^{(1)}(10)$	760,86
$z^{(1)}(11)$	839,07
$z^{(1)}(12)$	918,35

Gri diferansiyel denklem için en küçük kare tahmin dizisi, Gri Model (1,1) için aşağıda tanımlandığı gibi olmaktadır;

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)} = b \quad (4.6)$$

Daha sonra a ve b katsayılarını hesaplamada kullanılarak B ve Y matrisleri oluşturulur. Burada Y matrisi,

$$Y=[x^{(0)}(2),x^{(0)}(3)...x^{(0)}(13)]^T \quad (4.7)$$

Denkleme göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Nüfus Y Matrisi

2005	68,86
2006	69,73
2007	70,59
2008	71,52
2009	72,56
2010	73,72
2011	74,72
2012	75,63
2013	76,67
2014	77,70
2015	78,74
2016	79,81

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -z1(1) & 1 \\ -z1(2) & 1 \\ \dots & \\ -z1(12) & 1 \end{pmatrix} \quad (4.8)$$

Böylelikle elde edilen B matrisi;

$$B = \begin{pmatrix} -102,44 & 1 \\ -171,74 & 1 \\ \dots & \\ -918,35 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.9)$$

B ve Y matrisi kullanarak elde edilen a ve b katsayıları,

$$a, b^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (4.10)$$

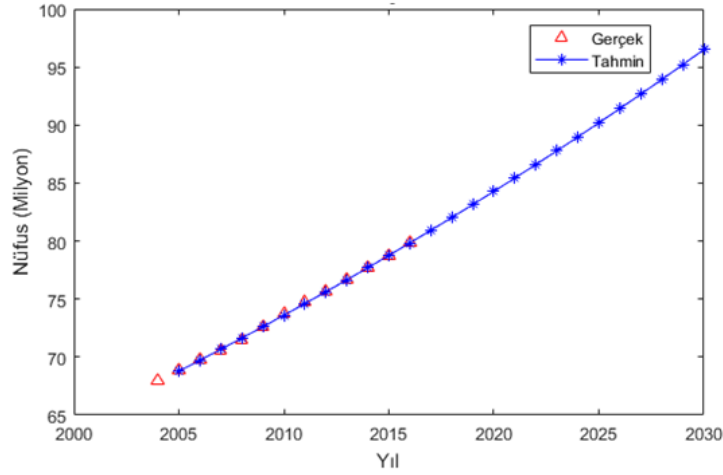
formülüne göre; a = -0,0135 ve b = 67,3986 değerleri elde edilir.

Tahmin değerleri oluşturulan veri setinin Bölüm 3'te anlatılan Ortalama Mutlak Yüzde Hata yöntemi (MAPE) ile hatası hesaplanır. Nüfus için oluşturulan modelin hatası hesaplanmış, Çizelge 4.6'de gerçekleşen değer ve tahmin değerleri ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 4. 6. Nüfus değerleri ve değer ve Tahmin Değerleri

Yıl	Nüfus (milyon)	Nüfus Tahmin Değerleri (milyon)	Hata (%)
2004	68,0102	-	-
2005	68,7847	68,8605	0,1101
2006	69,7228	69,7300	0,0103
2007	70,6737	70,5863	0,1239
2008	71,6376	71,5171	0,1685
2009	72,6146	72,5613	0,0735
2010	73,6050	73,7230	0,1601
2011	74,6088	74,7243	0,1545
2012	75,6264	75,6274	0,0013
2013	76,6578	76,6679	0,0131
2014	77,7033	77,6959	0,0095
2015	78,7630	78,7411	0,0279
2016	79,8372	79,8149	0,0280
MAPE			0,0734

Gerçekleşen ve tahmin edilen değerlere ait zaman grafiği Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 3. Nüfus değerlerine ait gerçekleşen ve Gri Model (1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

Bu bölümde detaylı bir şekilde ara işlemleri ile anlatılan nüfus değerlerinin tahmini ile ilgili çalışma sunulmuştur. Bundan sonraki kısımlarda sunulacak olan doğal gaz tüketim değerlerinin tahmini ile ilgili işlemler direkt olarak verilecek ve tahmin hata değerleri hesaplandıktan sonra tablo ve grafik halinde gösterilecektir.

4.1.3. GM(1,1) ile doğal gaz tüketimi tahmini

$x^{(0)}$ aşağıdaki Çizelge 4.7’deki gibi tanımlanır.

Çizelge 4. 7. Doğal gaz tüketimi gerçekleşen değerler

Yıl	Doğal Gaz Tüketimi (milyon m³)
2004	22.272,53
2005	27.348,21
2006	30.982,06
2007	35.394,88
2008	36.865,05
2009	35.218,84
2010	37.411,12
2011	43.697,41
2012	45.241,76
2013	45.918,25
2014	48.717,18
2015	47.999,28
2016	50.265,18

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $x^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) \quad n=13 \quad (4.11)$$

Çizelge 4. 8. Doğal gaz tüketimi birikim oluşturma işlemi (BOİ) değerleri

Yıl	Doğal Gaz Tüketimi (milyon m³)
2004	22.273
2005	49.621
2006	80.603
2007	115.998
2008	152.863
2009	188.082
2010	225.493
2011	269.190
2012	314.432
2013	360.350
2014	409.067
2015	457.066
2016	507.331

$x^{(1)}$ dizisinden üretilen $z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır:

$$z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad n=13 \quad (4.12)$$

$x^{(1)}$ dizisinden art arda gelen verilerin ortalaması alınarak, $z^{(1)}$ dizisi Çizelge 4.9'daki gibi oluşturmaktadır.

Çizelge 4. 9. Doğal gaz $z^{(1)}$ Dizisi

$z^{(1)}(1)$	102,44
$z^{(1)}(2)$	171,74
$z^{(1)}(3)$	241,89
$z^{(1)}(4)$	312,95
$z^{(1)}(5)$	384,98
$z^{(1)}(6)$	458,13
$z^{(1)}(7)$	532,35
$z^{(1)}(8)$	607,53
$z^{(1)}(9)$	683,67
$z^{(1)}(0)$	760,86
$z^{(1)}(11)$	839,07
$z^{(1)}(12)$	918,35

Denkleme göre oluşan Y matrisi Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4. 10. doğal gaz Y Matrisi

2005	27.348
2006	30.982
2007	35.395
2008	36.865
2009	35.219
2010	37.411
2011	43.697
2012	45.242
2013	45.918
2014	48.717
2015	47.999
2016	50.265

B matrisi ise,

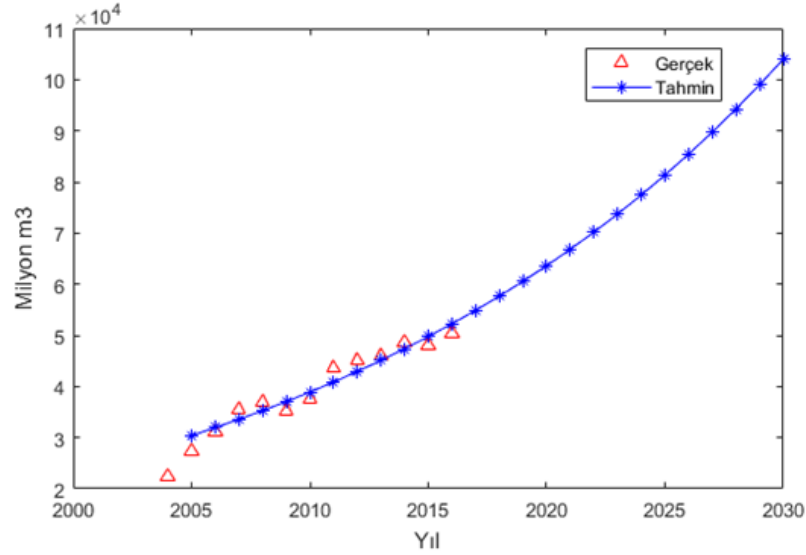
$$B = \begin{pmatrix} -35.947 & 1 \\ -65.112 & 1 \\ \dots & \\ -482.199 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.14)$$

B ve Y matrisi kullanarak elde edilen a ve b katsayıları, a = -0,049164 ve b= 8.591,1363 değerleri elde edilir.

Doğal gaz tüketimine ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Çizelge 4.11’de hata oranları ile birlikte verilmiş, Şekil 4.4’de ise doğal gaz tüketimine ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4. 11. Doğal gaz tüketimi gerçekleşen ve tahmin değerleri ve MAPE oranları 2004-2016(milyon m³, %)

Yıl	Doğal gaz (milyon m ³)	Doğal gaz tahmini (milyon m ³)	Hata (%)
2004	22.272,53	-	-
2005	27.348,21	30.428,02	11,26
2006	30.982,06	31.961,37	3,16
2007	35.394,88	33.571,98	5,15
2008	36.865,05	35.263,76	4,34
2009	35.218,84	37.040,80	5,17
2010	37.411,12	38.907,38	4,00
2011	43.697,41	40.868,02	6,47
2012	45.241,76	42.927,47	5,12
2013	45.918,25	45.090,70	1,80
2014	48.717,18	47.362,93	2,78
2015	47.999,28	49.749,68	3,65
2016	50.265,18	52.256,69	3,96
MAPE			4,7392



Şekil 4. 4. Doğal gaz tüketimi değerlerine ait gerçekleşen ve GM(1,1) modeli ile tahmin edilen değerler

GM(1,1) modeli kullanılarak 2004-2030 yıllarındaki doğal gaz tahmini hesaplanmıştır. Şekil 4’de görüldüğü gibi 2004 yılından 2016 yılına kadar hesaplanan değerlerde hata oranı %4,74 hesaplanmış böylelikle oluşturduğumuz

model %10'nun altında hata oranı ile 'yüksek doğruluk' düzeyine sahip tahmin modeli olarak kategorilendirilir.

4.2. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde Gri Model (1,1) yöntemi ile hata değeri düşük tahminler yapıldığı görülmektedir. 2004-2016 yıllarına ait yıllık verilerin kullanıldığı bu çalışmada nüfus MAPE'si 0,074 ile yüzde birin altındaki hata payıyla çok gerçekçi bir tahmin yapılmıştır. Bu çalışma ile 2030 yılına kadar tahmin yapılmıştır ve sonuçlar çizelge 5.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 5. 1. 2030 yılına kadar olan nüfus tahminleri

Yıl	Nüfus Tahmin Değerleri (milyon)	Yıl	Nüfus Tahmin Değerleri (milyon)
2004	-	2018	82,03
2005	68,78	2019	83,15
2006	69,72	2020	84,28
2007	70,67	2021	85,43
2008	71,64	2022	86,60
2009	72,61	2023	87,78
2010	73,60	2024	88,98
2011	74,61	2025	90,19
2012	75,63	2026	91,42
2013	76,66	2027	92,67
2014	77,70	2028	93,93
2015	78,76	2029	95,21
2016	79,84	2030	96,51
2017	80,93		

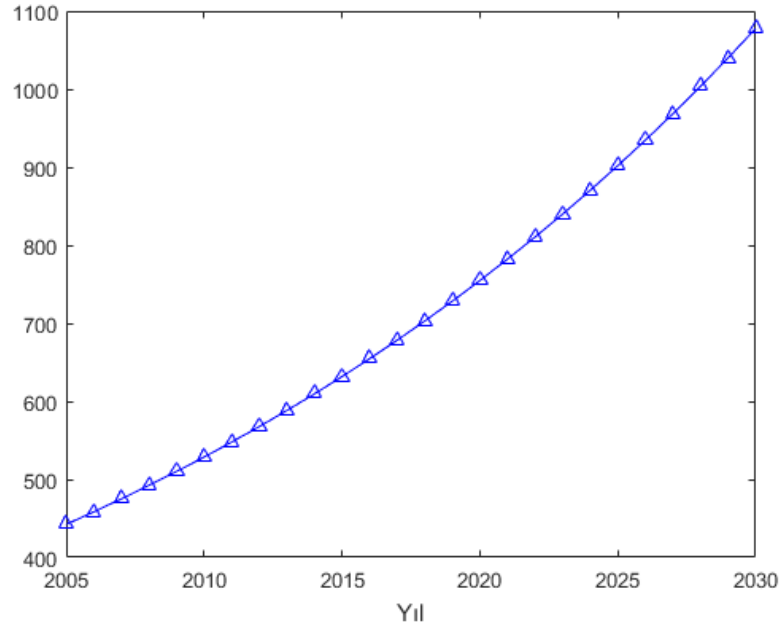
Bu çalışmanın sonucuna göre 2020'de 84,28 milyon ve 2030'da 96,51 milyonluk bir nüfus beklenmekte olup, nüfusun önümüzdeki 13 yılda %20 civarında artması beklenmektedir.

Bu çalışmanın asıl konusu olan doğal gaz tüketimi 4,7392 MAPE hata oranı ile tahmin edilmiştir. Yine bu çalışma ile 2030 yılına kadarki tahminleri ve sonuçları çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 5. 2. 2030 yılına kadar olan doğal gaz tahminleri

Yıl	Doğal gaz tahmini (milyon m ³)	Yıl	Doğal gaz tahmini (milyon m ³)
2004	-	2018	57.656,09
2005	30.428,02	2019	60.561,54
2006	31.961,37	2020	63.613,39
2007	33.571,98	2021	66.819,03
2008	35.263,76	2022	70.186,22
2009	37.040,80	2023	73.723,09
2010	38.907,38	2024	77.438,18
2011	40.868,02	2025	81.340,50
2012	42.927,47	2026	85.439,46
2013	45.090,70	2027	89.744,97
2014	47.362,93	2028	94.267,46
2015	49.749,68	2029	99.017,84
2016	52.256,69	2030	104.007,61
2017	54.890,04		

Doğal gaz tüketimimizin bu artış eğrisi ile devam etmesi sonucunda 2020’de 63.613,39 milyon m³ bir tüketim miktarına, 2030 yılında da 104.007,61 milyon m³’lük tüketim miktarına ulaşılması beklenmektedir. Şekil 5’de ülkemizdeki yıllık doğal gaz tüketiminin nüfusa oranı gösterilmektedir.



Şekil 5. 1. Türkiye’deki yıllık doğal gaz tüketiminin nüfusa oranı

Bu çalışmanın en önemli çıktısı doğal gaz ve nüfus oranıdır. Bu oran kişi başına düşen doğal gaz tüketimini vermekte olup, aslında ilerleyen yıllarda bu oranın yükselmesi, Türkiye’nin doğal gaz ihracatına bağımlı hale gelmesine sebebiyet verebileceğinin işaretini vermektedir.

Şekil 5’de görüldüğü gibi 2005 yılında 442,36 olan ülkemizin doğal gaz tüketiminin nüfusa oranı 2030 yılında 1077,70 olması beklenmektedir ve bu değer de yaklaşık 2.5 kat artış demektir. Bu sonuçlarla birlikte ülkemizin doğal gaz kaynaklarına önem vermesi gelecek politikalarımız adına önemlidir.

Çizelge 5.3’te bu oran detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 5. 3. Doğal gaz ve nüfus oranı

Yıl	m ³ / kişi	Yıl	m ³ / kişi
2005	442.4	2018	702.9
2006	458.4	2019	728.3
2007	475.1	2020	754.8
2008	492.2	2021	782.1
2009	510.1	2022	810.5
2010	528.6	2023	84.0
2011	547.8	2024	870.3
2012	567.6	2025	901.9
2013	588.2	2026	934.6
2014	609.6	2027	968.4
2015	631.7	2028	1,003.6
2016	654.5	2029	1,040.0
2017	678.2	2030	1,077.7

Bahsedildiği üzere bu oran, kişi başına düşen doğal gaz tüketimini vermekte olup, bu oranın, önümüzdeki 13 yılda yaklaşık % 40 oranında artış göstereceği tahmin edilmektedir. Bu noktada doğal gaza bağımlılığın artacağına dair bir yorum yapılabilmekte olup, doğal gazın büyük bir kısmının ithal edildiği gerçeği düşünüldüğünde cari denge ve çevresel göstergeler göz önünde bulundurularak, doğal gaz sektörü için geleceğe yönelik politikaların önceden belirlenmesi, doğal gaz tüketiminin sınırlandırılması ve alternatif enerji kaynaklarının kullanılması önem taşımaktadır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Doğal gaz, gerek hammadde olarak gerekse konutlarda ısınma ve sıcak su kaynağı olarak, gerekse sanayide en sık kullanılan enerji kaynaklarından biri olarak ülkemizde bulunur. Yapısı gereği, doğal gaz, diğer tüm yakıtlar göz önünde bulundurulduğunda, izafi olarak çevreye çok az zarar vermektedir. Doğal gaz, yaygın kullanılan bir enerji türü olarak, tüketimi ve talebinin, yıllar geçtikçe arttığı gözlenen bir enerji türüdür. Türkiye bir doğal gaz ülkesi olmamasıyla birlikte milli doğal gaz rezervi 2013'te 6,16 milyar m^3 olarak kaydedilmiştir. Doğal gaz kullanım oranları ise, 2004 senesinden 2016 senesine değin iki kat artmış ve doğal gaz ihtiyacı bu yönde yükselişe geçmiştir. Doğal gaz rezervleri, her ülkede bulunmayan ve sınırlı olan yapısından ötürü, hesaplanması ve tahmin edilmesi oldukça kritik bir kavram olarak karşımıza çıkar.

Doğal gaz tüketiminin doğru tahmin edilmesi geleceğe dönük doğal gaz arz-talep dengesizliklerini ortadan kaldıracak ve gereğinden fazla doğal gaz temini sonucu oluşacak ağır ekonomik kayıpları en aza indirebileceği gibi, sektöre yapılacak yatırımların ve ülkeler ile gerçekleştirilecek gaz alım anlaşmalarının etkinliğine fayda sağlayacaktır (Aras ve Aras, 2005: 26). Doğal gazın, dış ticaretin önemli bir konusu olması dolayısı ile, gelişen ve enerji ihtiyacı ithalata dayanan Türkiye için de özel bir önem taşımaktadır. Türkiye'nin dış ticaret açığının önemli bir bölümünü oluşturan doğalgaz ithalatının doğru ve etkin yönetilebilmesi Türkiye'nin stratejik ve ekonomik sürdürülebilirliği için oldukça önemlidir.

Bu çalışmada en geniş kullanıma sahip olduğu için birinci dereceden bir değişkenli gri model olarak isimlendirilen GM(1,1) modeli kullanıldı. Gri tahmin metodunu kullanarak 2030 yılına kadarki Türkiye'deki doğal gaz tüketim değerleri ve nüfus değerleri hesaplandı. Bu hedefle, meydana çıkarılan modelin tahmin doğruluklarının kıyaslanması için Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) metoduna başvuruldu. GM(1,1) modeliyle hesapladığımız doğal gaz tüketim ve nüfus değerlerinin MAPE oranı %10'luk hata katsayısının çok daha altında çıkarak

‘yüksek doğruluk’ düzeyine sahip model kategorisine girmiştir. Elde ettiğimiz katsayı sonucunda modelin doğru kurgulandığını anlaşılmıştır.

Bunun sonucuna göre 2020’de 84,28 milyon ve 2030’da 96,51 milyonluk bir nüfus beklenmektedir. Doğal gaz tüketiminin bu artış eğrisi ile devam etmesi sonucunda 2020’de 63.613,39 milyon m³ bir tüketim miktarına, 2030 yılında da 104.007,61 milyon m³’lük tüketim miktarına ulaşılması beklenmektedir. Bunun dışında, 2005 yılında kişi başına 442,36 m³ olan doğal gaz tüketiminin, 2030 yılında kişi başına 1.077,70 m³ olması beklenmektedir. Bir diğer ifade ile 2,5 kat artış beklenmektedir.

Bu çalışmada öngörülen değerler kullanılarak, kaynakların türüne göre gerekli olan önlemler ilgili tüm kurumlar açısından önem teşkil etmelidir. Tahmini değerler, gelecekteki yatırımların yönlendirilmesinde büyük önem taşıdığından karar vericiler farklı öngörme yöntemlerini dikkate almalı ve tahmin performansı açısından en iyi tahmin yöntemlerini seçmelidir.

KAYNAKLAR

Akay, D., Atak, M., 2007. Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey. Energy, 32(9), 1670-1675.

ARAS, H. ve Aras, N. 2005. “Eskişehir’de Konutsal Doğal Gaz Talebine Ekonomik Göstergelerin ve Dış Ortam Sıcaklığının Etkileri”, Mühendis ve Makina Dergisi, 46 (540): 20-27

Çevrimiçi,

http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/78797/29220/dogalgaz_tesisat%C4%B1.pdf, Erişim Tarihi: 26.04.2017)

Çevrimiçi,

<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050518-1.htm>, Erişim Tarihi: 25.03.2017

Akçay, İ.H., 2001. Çevre ve Cep Dostu Doğal gaz”, Doğal gaz & Enerji Yönetimi Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Gaziantep Şubesi, Sayfa 21-27, Gaziantep, 2001.

Akgül, M., 2003. Biyokütenin Yakıt Potansiyeli Olarak Değerlendirilmesi. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu. TMMOB, 3-4 Ekim. Kayseri. 277-288.

Alat, A., Yücel A., 1994. Türkiye'nin Genel Enerji Programı İçinde Nükleer Enerji Politikası Ne Olmalıdır?. Türkiye 6. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri-4. 124-125.

Atman, S., 2006. Ekonomi Politik Dengede Petrol Fiyatları. Güvenlik Stratejileri Dergisi, 3(3), Sayfa-63.

Avlar, E., & Kormaz, E., 2009. Isıtmada Kullanılan “C Tipi Denge Bacalı (Hermetik)” Aygıtlarda Atık Gaz Çıkışının Dış Duvarlarda Düzenlenmesi. Megaron, 3(3).

Bahtiyar, İ., 2013. Is Shale Gas & Oil an Opportunity for Turkey and Investors. Türkiye Uluslararası Şeyl Gaz ve Petrol Konferansı, 20-21 Şubat 2013

Baysal, S., 1999. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Yatırımlarının Durumu, Enerji Dünyası, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Bülteni, 50-52.

Berberoglu, B., 1982. Turkey in Crisis. London: Zed Press, 65, 73.

Boran, F.E., 2015. Forecasting Natural Gas Consumption in Turkey Using Grey Prediction, Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 10:2, 208-213.

BOTAŞ, 2009. Sektör Raporu. Erişim: http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FSektor_Raporu_BOTAS_2009.pdf Erişim Tarihi: 6.04.2017

Celepçi, F., 2002. Türkiye Doğal gaz Piyasası. BÜVAK Enerji Sektörü Karar Vericileri Çalıştayı, 23- 27 Eylül, İstanbul.

Çakır, A.T., 2008. Türkiye'nin enerji potansiyeli, dağılımı, izlenilen enerji politikaları ile bu potansiyelin kullanılması ve Türkiye'de enerjinin geleceği. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Çengel Y., Boles M., 2005. Thermodynamics: An Engineering Approach. Mcgraw-Hill Series in Mechanical Engineering.

Çevrimiçi, <http://bepa.yegm.gov.tr/> Erişim Tarihi: 24.03.2017

Çevrimiçi,

<http://bizdosyalar.nevsehir.edu.tr/091383a80545e2a7ea4dbe79f93f919f/enerji-kaynaklari.pdf> Erişim Tarihi: 14.04.2017.

Çevrimiçi,

http://courses.washington.edu/engr100/Section_Wei/small_project/Energy%20Types1.pdf , erişim tarihi: 25.03.2017.

Çevrimiçi,

<http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators> Erişim Tarihi:18.04.2017

Çevrimiçi, <http://enerjienstitusu.com/>, Erişim Tarihi: 28.03.2017

Çevrimiçi,

<http://enerjienstitusu.com/2013/03/13/abdnin-kaya-gazina-japon-alternatifi>, Erişim Tarihi: 25.03.2017

Çevrimiçi,

<http://enerjienstitusu.com/2016/07/05/dunyada-kanitlanmis-dogalgaz-rezervlerinin-en-fazla-bulundugu-bolge-ortadogu/> Erişim Tarihi: 13.03.2017

Çevrimiçi,

<http://enerjienstitusu.com/tag/uluslararası-enerji-ajansı/>, erişim tarihi: 03.04. 2017 .

Çevrimiçi,

http://sgcal.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/34/41/972879/dosyalar/2014_03/05100342_enerji.pdf Erişim Tarihi: 14.04.2017

Çevrimiçi,

http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fE%C4%B0GM+Periyodik+Rapor%2fOcak-%C5%9Eubat+B%C3%BClteni_son.pdf, Erişim Tarihi: 26.03.2017

Çevrimiçi,

<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, Erişim Tarihi: 08.04.2017

Çevrimiçi,

<http://www.enerjiatlasi.com/dogalgaz-tuketimi/>, erişim tarihi: 01.03.2017.

Çevrimiçi, <http://www.enerjiatlası.com/rezerv/dunya-petrol-rezervi.html>, Erişim tarihi:17.03.2017.

Çevrimiçi,
<http://www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye/pratikbilgiler/Documents/LPGveDogalgazBilgisi.pdf>, Erişim Tarihi: 10.03.2017

Çevrimiçi,
<http://www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye/pratikbilgiler/Documents/LPGveDogalgazBilgisi.pdf>, Erişim Tarihi: 10.03.201

Çevrimiçi, <http://www.kto.org.tr/d/file/kaya-gazinin-dunya-enerji-piyasasindaki-yeri-ve-turkiye.pdf> Erişim Tarihi: 22.04.2017

Çevrimiçi, http://www.maden.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=8735 Erişim Tarihi: 14.04.2017

Çevrimiçi, <http://www.petform.org.tr>, Erişim Tarihi: 16.03.2017

Çevrimiçi,
<http://www.teias.gov.tr/eBulten/makaleler/2011/NUKLEER%20ENERJİ%20NEDİR/NUKLEER%20ENERJİ%20NEDİR.htm> Erişim Tarihi: 18.04.2017.

Deng, J.L., 1982. The control problems of grey systems, System & Control Letters, 5: 288-294.

Doğanay, H., 1998. Enerji kaynakları. Şafak yayınevi.

Enerji Kaynaklar Bakanlığı İstatistikleri, Erişim:
<http://www.resmiiistatistik.gov.tr/?q=tr/content/enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-etkb> Erişim tarihi: 26.03.2017

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2015. Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu. Erişim:
http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FTP_HAM_PETROL-DOGAL_GAZ_SEKTOR_RAPORU__2015.pdf Erişim Tarihi: 24.03.2017

Engdahl, F. W., 2013. The Fracked-up Usa shale gas bubble. Global research, 13, 18.

Engin, N.. 2010. Enerji Kaynağı Olarak Doğal gaz ve Türkiye. Marmara Coğrafya Dergisi. S. 233 – 244. İstanbul.

EPDK Doğal gaz Sektör Raporu, 2012. Erişim: <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/2502> Erişim Tarihi: 29.03.2017

EPDK Doğal gaz Sektör Raporu, 2015. Erişim: <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/6756> Erişim Tarihi: 29.03.2017

EPDK, Doğal gaz Sektör Raporu, 2013. Erişim: <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/2501> Erişim Tarihi: 29.03.2017.

EPDK, Doğal gaz Sektör Raporu, 2014. Erişim: <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/2500> Erişim Tarihi: 29.03.2017.

Gülcü Y., 2010, Isparta İlinde Doğal gaz Kullanımını Etkileyen Sosyo-Ekonomik Aktörlerin Analizi, Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.

Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1994. Elektromanyetik Radyasyon. Sağlık Bakanlığı, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, (32).

Gündoğmuş, H., 1993. Doğal gaz Tekniği”, Kültür Bakanlığı Yayınları, No: 276, Ankara

Gürlek, S., 2013. Enerji Girdilerinin Dış Ticaretteki Rolü. TASAV.

Hamzaçebi C., Es H.A., 2012. Gri Tahmin Yöntemi İle Elektrik Enerjisi Tahmini: Türkiye Örneği", 13th International Conference on Econometrics, Operations Research and Statistics, Gazimağusa, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti. 235-235

Hsu CC, Chen CY. 2003, Applications of improved grey prediction model for power demand forecasting. Energy Conversion and management. 2003 Aug 31;44(14):2241-9.

International Energy Agency, 2012. World Energy Outlook 2012.

Jeoloji Mühendisler Odası Şubat, 2016. Erişim:
http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/5ee60fb07fcb1e1_ek.pdf Erişim Tarihi:
15.03.2017

Karslı, S. Son Gelişmeler Işığında Türkiye’de Kaya Gazı. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.

Kasap, S. O., 2000. X-ray sensitivity of photoconductors: application to stabilized a-Se. Journal of Physics D: Applied Physics, 33(21), 2853.

Kavak, K., 2003. Konvansiyonel Olmayan Petrol ve Doğal Gaz Türk Akademisi Enerji Araştırmaları Merkezi Makale No. 1.

Kaya, K., Taşcı, L., 2015. TUTGA ve C Dereceli Nokta Koordinatlarının Gri Sistem ile Tahmin Edilmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara.

Kılıç, A. 2007. LPG Özellikleri ve Tehlikeleri. Yangın Güvenliği. Sayı 110, s.8-12.

Kızılel, G., 2016. Türkiye'deki hidroelektrik enerjisi ile diğer enerji türlerinin karşılaştırılması ve Muğla ilinin hidroelektrik enerji potansiyeli. Muğla Sıtkı Kocaman Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.

Koca Ö., 2012. Şeyl Gazları. Petrol Arama-Üretim Sektörü I. İstişare Toplantısı Sunumu, Antalya.

Koçak, A., 2001. Türkiye’de Jeotermal Enerji Aramaları Ve Potansiyeli. Erişim:
http://www.emo.org.tr/ekler/e7b33fdea3adc80_ek.pdf Erişim Tarihi: 14.03.2017

Kusakcı, A. O., Ayvaz, B., & Bejtagic, E. (2017). An Analysis of causes and effects of delays in construction projects in Libyan oil industry. Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(1), 274-282.

Kusakcı, A. O., Ayvaz, B., (2015). Electrical Energy Forecasting for Turkey using Grey Forecasting Techniques with Rolling Mechanism, 2015 2nd International Conference on Knowledge-Based Engineering and Innovation (KBEI), Kasım

Kusakci, A. O., & Ayvaz, B. (2015, November). Electrical energy consumption forecasting for Turkey using grey forecasting technics with rolling mechanism. In Knowledge-Based Engineering and Innovation (KBEI), 2015 2nd International Conference on (pp. 8-13). IEEE.

Kuzu, S., 2012. Dünya Enerji Piyasasında Orta Asya Cumhuriyetleri'nin Konumu. International Conference On Eurasian Economies.

Külekçi, Ö. C., 2009. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 1(2), 83-91.

Liu, J., Liu, S., Fang, Z., 2015. Fractional-order reverse accumulation generation GM (1, 1) model and its applications. The Journal of Grey System, 27(4), 52-63.

Liu, S., Forrest, J. Y. L., 2010. Grey systems: theory and applications. Springer.

Makridakis, S., 1993. Accuracy measures: theoretical and practical concerns. International Journal of Forecasting, 9(4), 527-529.

Meriçboyu, A., Yavuz, N., 2007. Enerji, çevre ve hukuku ders notları. İTÜ Enerji Enstitüsü, İstanbul.

Onalan, O., 2014. Currency exchange rate estimation using Grey Markov Prediction Model. Journal of Economics Finance and Accounting, 1(3), 205-217.

Oruç, K. O., Eroğlu, Ş. Ç. (2017). Isparta İli İçin Doğal Gaz Talep Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 31-42.

Özkara, Y., 2009. Mevsimsel Ayrıştırma Temelli Gri Tahmin Yöntemi İle Aylık Elektrik Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Pamir, A. N., 2006. Kafkaslar ve Hazar havzasındaki ülkelerin enerji kaynaklarının Türkiye'nin enerji güvenliğine etkileri. Türkiye'nin Çevresindeki Gelişmeler ve Türkiye'nin Güvenlik Politikalarına Etkileri Sempozyumu, Harp Akademileri, İstanbul, 10, 5.

Pervan N., 2006. Türkiye’de Doğal Gaz Piyasasının Yeniden Yapılandırılması Ve Sonuçları Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.

Rekabet Kurumu, 2012. Doğal gaz Sektör Raporu. Erişim: <http://www.rekabet.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%25c3%25b6r%2BRaporu%2Fsektorrapor8.pdf> Erişim Tarihi:15.04.2017

Şahin, K., 2005. Konutlarda Kullanılan Doğal Gazlı Cihazlarına Tesisatı. Doğal Gaz Semineri.

Taner, A. C., 2013. ABD, Geleneksel Olmayan Doğal gaz Türü Kaya Gazı Rezervleri Zenginliği ile Klasik Olmayan Doğal gaz Çeşidi Kömür Yataklı Metan Gazı (Coalbed MethaneCBM) Bolluğu Sayesinde Ulaşacağı Endüstriyel ve Ekonomik Kazanımlar. Fizik Mühendisleri Odası.

Taner, A. C., 2012. Global Sıvı Doğal gaz (Liquid Natural Gas–LNG) Teknolojisi Devrimi ve Enerji Marketi. Fizik Mühendisleri Odası.

Taner, A. C., 2013. Avrupa Doğal gaz Fiyatlandırma Sistemi ve Küresel Gaz Fiyatları Farklılıkları. Fizik Mühendisleri Odası.

Topal, M., Arslan, E. I., 2008. Biyokütle enerjisi ve Türkiye. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 17-19.

TPAO Sektör Raporu, 2012. Erişim: <http://www.tpao.gov.tr/tpfiles/userfiles/files/2012-sektor-rapor-mayis-tr.pdf> Erişim Tarihi: 06.03.2017

TPAO, Sektör Raporu 2013. Erişim: <http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/2013-YILI-HAM-PETROL-VE-DOGAL-GAZ-SEKTOR-RAPORU.pdf> Erişim Tarihi: 06.03.2017

Tuğrul, A. B., 2000. Nükleer Enerjide Nükleer Güvenlik Felsefesi ve Kalite Güvence. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Enerji Kaynakları Sempozyumu (13-15 Nisan), 37-47.

TÜİK. Erişim: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029 Erişim Tarihi: 24.03.2017

Türkiye Enerji Konseyi, Türk Milli Komitesi, 2007. Erişim: http://www.dektmk.org.tr/pdf/Enerji_Raporu_2005-2006.pdf Erişim Tarihi: 24.03.2017

Türkiye Rüzgâr Enerji İstatistik Raporu, 2016. Erişim: <http://www.tureb.com.tr/turebsayfa/duyurular/turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-ocak-2016> Erişim Tarihi: 12.04.2017

Witt, S. F., Witt, C. A., 1992. Modeling and forecasting demand in tourism. Academic Press Ltd.

World Energy Council, 1994. New Renewable Energy Resources: A Guide to the Future. London: Kogan Page Limited. Yücel F. Behçet, 1994. Enerji Ekonomisi, Ankara: Febel Ltd. Şti. Ya.

Yıldız, S., Akgül Ş.2013. "Doğal Gaz Tüketim Tahmini." *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi* 5.1

Yılmaz, H., Yılmaz, M. 2013. Forecasting CO2 emissions for Turkey by using the grey prediction method. *Sigma*, 31, 141-148.

Yılmaz, M., 2012. Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.

Zabunoğlu, H. O., 2012. Nükleer Enerji: Nedir? Nasıl üretilir? İlgili meseleler.

Zhou P, Ang BW, Poh KL. 2008, A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. *European Journal of Operational Research*. 2008 Aug 16;189(1):1-8

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tuğba EREN

Doğum Yeri ve Yılı : İSTANBUL, 05/12/1990

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : tugbanayman@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Bahçelievler Anadolu Lisesi, 2008

Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi,/ Mühendislik ve Tasarım
Fakültesi /
Endüstri Mühendisli Bölümü, 2014
Yüksek Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi,
Fen Bilimleri Enstitüsü, / Endüstri Mühendisliği
Bölümü(Tezli)

Mesleki Deneyim

THY A.O.

Ekip Planlama Başkanlığı Memuru

2015-halen

İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

Raporlama ve Planlama Birimi Uzmanı
24.12.2015

20.07.2015-

ALBARAKA TÜRK KATILIM BANKASI A.Ş.

CRM ve Kampanya Faaliyetlerinin Yönetimi

11.08.2014- 10.08.2015

Uzman yardımcısı

KUVEYT TÜRK KATILIM BANKASI A.Ş.

Uzun Dönem Stajyer / İnsan Kaynakları İşe Alım Birimi
31.01.2014

01.08.2013-

DEVLET HAVA MEYDANLARI İŞLETMESİ

Zorunlu Yönetim Stajı
03.08.2012

09.07.2012-

ARÇELİK A.Ş.

Üretim Stajı
03.08.2012

09.07.2012-

THY TEKNİK A.Ş.

Zorunlu Üretim Stajı
06.07.2012

11.06.2012-

Seminerler ve Kurslar

20.07.2015-24.12.2015	Gözüm Kulağım İstanbul Projesi (Proje Yöneticisi)
23.05.2015- 31.05.2015	Analitik Modelleme Teknikleri
08.05.2015	Brief Yazma Teknikleri
2009-2010	İstanbul Ticaret Üniversitesi Hazırlık Okulu İngilizce Dil Eğitimi (Başarılı)
2010-2011	Bilim ve Sanat Vakfı
2011-2012	Genç Gelişim Sempozyumu 3
31.06.2010-13.08.2010	5.Dünya Gençlik Kongresi
24.03.2011-27.03.2011	Uluslararası Gençlik Şurası
03.07.2013-10.07.2013	5.Uluslar Arası Yetim Buluşması

Sertifikalar

08.2014	Temel Bankacılık Eğitimi
05.2014	İnsan Kaynakları Yönetimi Temel Eğitim Sertifikası İstanbul Ticaret Üniversitesi
07.2008	Deutsches Sprach Diplom
07.2013	KOSGEB Girişimcilik Sertifikası

Burslar

ÖSS Eğitim-Öğretim Bursu (%100)

İstanbul Ticaret Odası Karşılıksız Öğrenim Bursu

İstanbul Ticaret Üniversitesi Üstün Onur Belgesi