

ENERJİ PİYASASINDAKİ SON GELİŞMELER VE KAYA (ŞEYL) GAZI

İktisadi Araştırmalar Bölümü
Haziran 2013

Özgür Demirtaş
Uzman

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	1
1. Giriş	2
2. Enerji Sektöründeki Son Gelişmeler Çerçevesinde Doğalgaz Piyasasına Genel Bakış	2
2.1 Talep ve Arz	2
2.2. Ticaret ve Fiyatlama	7
3. Dünyada Kaya Gazı	9
3.1. Doğalgaz Jeolojisi.....	9
3.1.1. Genel Bilgiler ve Doğalgaz Kaynakları.....	9
3.1.2. Kaya Gazı Üretim Teknikleri ve Maliyetler	10
3.2. Küresel Potansiyel ve Üretim Gelişmeleri	12
3.3. Riskler ve Çevresel Faktörler	18
3.4. Jeopolitik Değerlendirmeler	20
4. Türkiye’de Kaya Gazı	21
5. Genel Değerlendirme	22
Kaynakça	23

1. Giriş

Dünya enerji arzının önemli bir bileşeni olan doğalgaz, fosil yakıtlar arasında olmasına rağmen yüksek verimle yakılabilmesi ve daha düşük karbon emisyonuna neden olması nedeniyle kömür ve petrolden ayrılmakta olup güvenli ve temiz bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir.

Keşfi çok daha eskilere dayanmasına rağmen doğalgazın bugünkü anlamda kullanımının yaygınlaşması İkinci Dünya Savaşı sonrası dönemde başlamıştır. Kaynak teknikleri ve metalürjideki gelişmelerle birlikte uzun mesafelerde emniyetli boru hatları döşenmeye başlamış, doğalgazın uzun mesafelere nakledilebilmesi ile birlikte gerek konutlarda, gerekse endüstride kullanılmasına yönelik teknolojiler de gelişmiş ve yaygınlaşmıştır. Günümüzde binaların ısıtılması ve yemek pişirmede, ulaşım araçlarında, plastik, gübre ve organik kimya sanayi ile elektrik üretimi gibi pek çok alanda önemli oranda doğalgaz kullanılmaktadır.

Gerek küresel ısınmayla mücadele kapsamında sera gazı emisyonlarının azaltılmasının önem kazanması, gerekse enerji güvenliği ve maliyetleri ile ilgili hususların devletlerin stratejileri içindeki ağırlığının giderek artması, enerji alanındaki gelişmelerin daha yakından takip edilmesine neden olmaktadır. Temiz ve güvenli bir enerji kaynağı olarak değerlendirilen doğalgaz kullanımı da, dünya genelinde ülkelerin enerji politikalarının önemli bir bileşeni durumundadır.

Bu çerçevede, alternatif doğalgaz çıkarımı yöntemleri de büyük önem arz etmektedir. Derin ve geçirimsiz çökelti kayalarının gözeneklerinde rastlanan ve geleneksel doğalgaz çıkartma yöntemlerinden farklı teknolojilerle çıkartılabilen doğalgaz kaynakları **kaya gazı** veya **şeyl gazı** olarak adlandırılmaktadır. 2000'li yılların başından itibaren ABD'de kaya gazı üretimi çok hızlı bir artış kaydetmiş, kaya gazı çıkartılmasına ilişkin teknolojiler de kayda değer bir gelişme göstermiştir. Bu operasyonların ABD'deki başarısı, dünyanın geleneksel doğalgaz rezervleri yönünden herhangi bir zenginliğe sahip olmayan ancak kaya gazı rezervlerinin bulunduğu bölgelerde de üretim yapılabileceği anlamına gelmektedir. Kaya gazı rezervlerine sahip ülkelerde yaygın olarak üretime başlanması halinde, küresel enerji görünümünün bugünkünden oldukça farklılaşabileceği ve bu gelişmelerin önemli ekonomik ve jeopolitik sonuçları olacağı kuşkusuz görülmektedir. Bugün dünyanın birçok bölgesinde kaya gazı, kömür yataklı metan ve sıkı kumtaşı gazı rezervlerinden gaz elde edilmesi planlanmaktadır. Bu paralelde 2035'e kadar doğalgaz üretiminde yaşanması beklenen artışın yaklaşık yarısının geleneksel olmayan doğalgaz kaynaklarından sağlanacağı tahmin edilmektedir.

Bu çalışmada, doğalgaz jeolojisi ve kaya gazı üretim tekniklerine ilişkin genel bilgiler ve çevresel etki değerlendirmeleri aktarılacak; ardından küresel doğalgaz piyasasındaki mevcut durum ile kaya gazı ve diğer geleneksel olmayan doğalgaz üretimine ilişkin beklentiler, muhtemel jeopolitik gelişmeler ve sektörün Türkiye'deki durumu incelenecektir.

2. Enerji Sektöründeki Son Gelişmeler Çerçevesinde Doğalgaz Piyasasına Genel Bakış

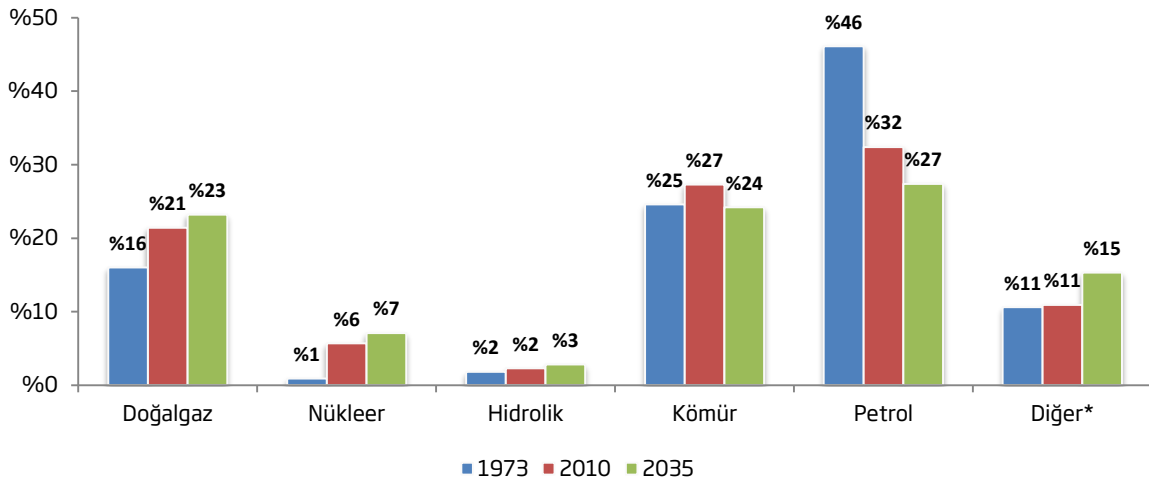
2.1 Talep ve Arz

Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency - IEA) tarafından yayımlanan istatistiklere göre toplam birincil enerji kaynakları¹ arasında doğalgazın payı 1973 yılındaki %16 seviyesinden, 2010 yılında %21'e yükselmiş olup, 2035 yılında %23'e ulaşması beklenmektedir (**Şekil 1**). 1973-2035 arasında toplam birincil enerji tüketiminin yaklaşık 2,8 kat artmış olacağı hesaba katıldığında, birincil enerji kaynağı olarak doğalgaz kullanımındaki artışın boyutu daha iyi anlaşılmaktadır. Rakamlarla ifade etmek gerekirse, 1973'te 977 milyon

¹ Birincil Enerji Kaynağı (Primary Energy Source): doğada bulunduğu haliyle herhangi bir dönüşümden geçmemiş enerji kaynağı.

TEP² olan doğalgaz tüketimi, 2010 yılında 2,7 milyar TEP'e yükselmiş olup 2035'te de 4,1 milyar TEP'e ulaşması beklenmektedir (**Tablo 1**). 2010-2035 arasında toplam enerji talebinin birincil enerji kaynaklarına göre dağılımının muhtemel seyri incelendiğinde ise, yenilenebilir kaynaklarla birlikte doğalgazın hızlı bir artış kaydedeceği; diğer önemli fosil yakıtlar olan kömür ve petrol kullanımındaki artışın ise görece daha sınırlı kalacağı tahmin edilmektedir (**Şekil 2**). Bu paralelde, önümüzdeki 20 yıllık dönemde doğalgaz, yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerjinin toplam içindeki payını artırması; kömür ve petrolün payının ise düşmesi beklenmektedir.

Şekil 1. Dünya Enerji Tüketiminin Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı



Kaynak: IEA - Key World Energy Statistics 2012 (Yuvarlamalardan dolayı toplamlar %100'e eşit olmayabilir)
* Jeotermal, güneş, rüzgar, biyoyakıt

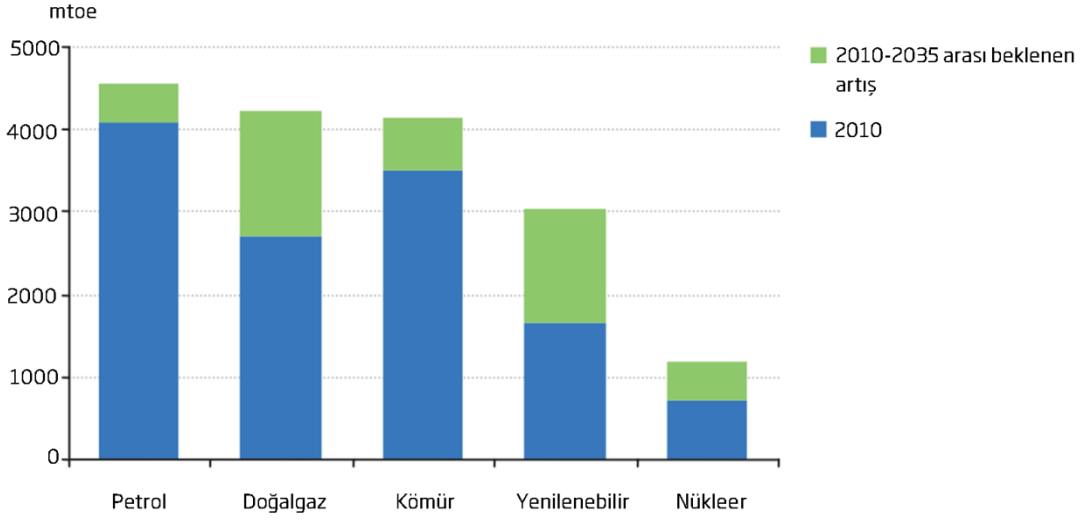
Tablo 1. Dünya Birincil Enerji Kaynağı Talebinin Dağılımı

	Talep (milyon TEP)		
	2010	2020	2035
Kömür	3.474	4.082	4.218
Petrol	4.113	4.457	4.656
Doğalgaz	2.740	3.266	4.106
Nükleer	719	898	1.138
Hidroelektrik	295	388	488
Biyokütle	1.277	1.532	1.881
Diğer Yenilenebilir	112	299	710
TOPLAM	12.730	14.922	17.197

Kaynak: IEA - World Energy Outlook 2012

² TEP / Ton Eşdeğer Petrol (TOE / Tonne of Oil Equivalent): 1 ton hampetrolün içerdiği enerji miktarı olup farklı türde enerji kaynaklarının mukayeselerini kolaylaştırması amacıyla enerji istatistiklerinde ve hesaplamalarda kullanılan bir birimdir.

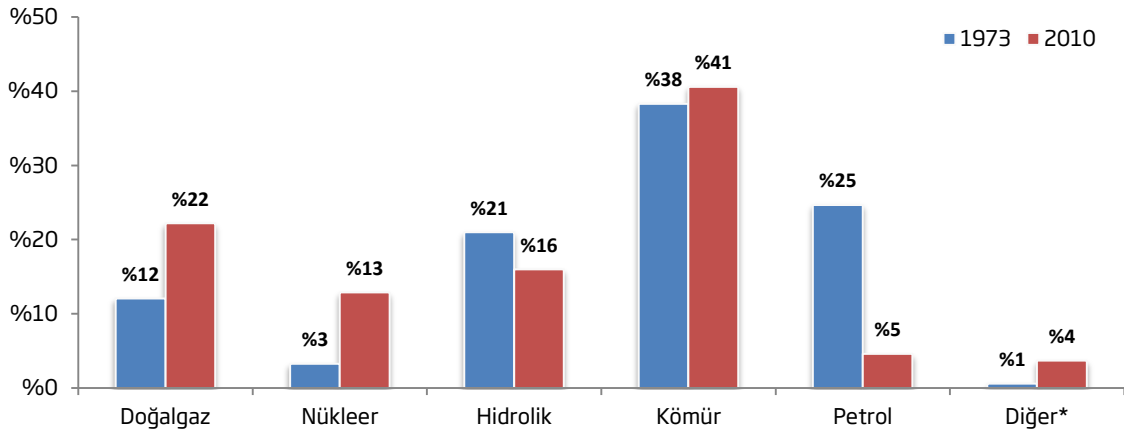
Şekil 2. Birincil Enerji Kaynakları Talebinde Beklenen Değişim (2010-2035)



Kaynak: IEA - Key World Energy Statistics 2012

Elektrik üretimi ile ilgili verilerin seyri de doğalgazın bir enerji kaynağı olarak ağırlığının ve öneminin yıllar itibarıyla arttığını göstermektedir. Terawatt saat (TWS) birimi ile bakıldığında doğalgaz kullanılarak üretilen elektrik miktarı 1973 yılındaki 740 TWS'den 2010'da 4.758 TWS'ye yükselmiştir (IEA - Key World Energy Statistics 2012). Elektrik üretiminde doğalgazın payı ise aynı dönemde %12'den %22'ye çıkmıştır (**Şekil 3**).

Şekil 3. Dünya Elektrik Üretimini Kaynaklara Göre Dağılımı



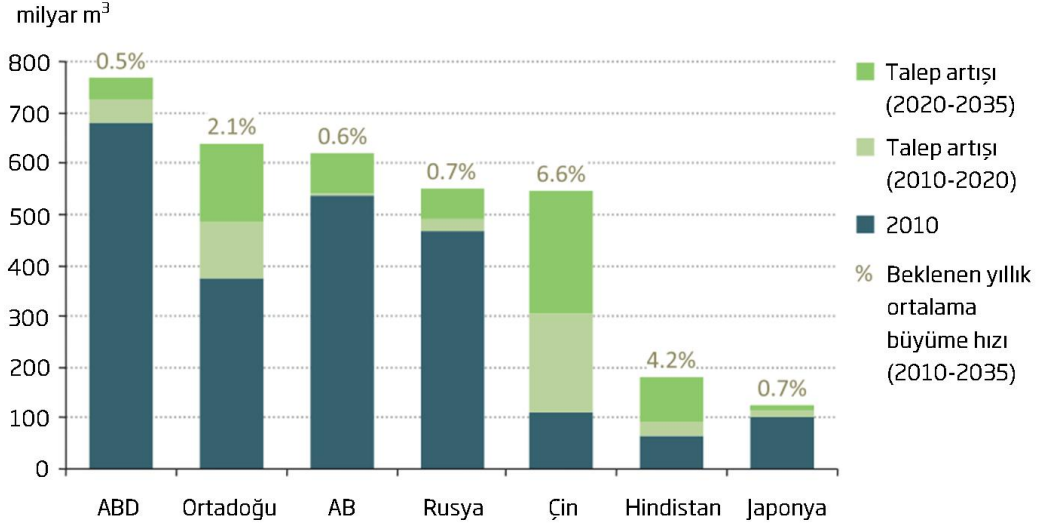
Kaynak: IEA - Key World Energy Statistics 2012 (Yuvarlamalardan dolayı toplamlar %100'e eşit olmayabilir)

*Jeotermal, güneş, rüzgar, biyoyakıt

Gerek elektrik üretiminde, gerekse endüstriyel ve kentsel kullanım alanlarında yaygınlaşmasına bağlı olarak küresel doğalgaz talebinin önümüzdeki yıllarda da hızlı bir şekilde artacağı öngörülmektedir. 1990 yılında 2 trilyon m³ olan doğalgaz talebinin 2035 itibarıyla 5 trilyon m³'e yaklaşacağı tahmin edilmektedir. Dünya

doğalgaz talebinde yaşanması beklenen artışın bölgesel dağılımı incelendiğinde, en hızlı talep artışlarının Çin, Hindistan ve Ortadoğu'da gerçekleşmesi beklenmektedir (**Şekil 4**).

Şekil 4. Seçilmiş Bölge ve Ülkeler İtibarıyla Doğalgaz Talebinin Gelişimi



Kaynak: IEA - World Energy Outlook 2012

Tablo 2. Küresel Doğalgaz Talebinin Tahmini Gelişimi (milyar m³)

1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035
2.039	3.307	3.616	3.943	4.268	4.610	4.955

Kaynak: IEA - World Energy Outlook 2012

Sektörel açıdan bakıldığında, doğalgaz talebini destekleyen en önemli alanın elektrik üretimi olmayı sürdürmesi beklenmektedir. Doğalgaz, yüksek verimlilikle yakılabilmesi ve diğer fosil yakıtlara göre daha az sera gazı emisyonu üretmesi nedeniyle elektrik üretiminde ucuz ve güvenli bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Doğalgazdan elektrik üretiminde kombine çevrim santralleri kullanılmakta olup, bu sistemde hem doğalgazın yakılması ve genleşmesiyle ortaya çıkan enerji, hem de ısı olarak açığa çıkan enerji ayrı ayrı elektrığe dönüştürülmekte ve bu sayede yüksek verimlilik elde edilebilmektedir. Kombine çevrim santrallerinin, kömürle çalışan termik santrallere göre daha ucuz ve kolay inşa edilmesi de bu tip santrallere olan talebin artmasında önemli bir etkidir. Ayrıca küresel ısınmaya karşı alınmakta olan önlemler çerçevesinde kömürle çalışan santrallerin maliyetlerinin yüksek karbon emisyonları ve karbon fiyatlaması uygulamaları nedeniyle artması, yenilenebilir kaynaklara yönelimi de artırmaktadır. Yenilenebilir kaynakları kullanan elektrik üretim tesislerinin yedeklenmesinde, esnek çalıştırılabilir özellikleriyle yine doğalgaz çevrim santralleri öne çıkmaktadır.

Gelişmiş ülkeler başta olmak üzere, doğalgaz en yaygın şekilde bina içi uygulamalarda kullanılmaktadır. Konutlarda, ticari işletmelerde ve imalat sanayiinde, ısıtma, soğutma, pişirme ve aydınlatmada doğalgaz teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Bu uygulamalar açısından OECD ülkelerinde pazar doygunluğa erişmiş bulunduğu için, ayrıca yeni teknolojilerle sağlanan verim artışına bağlı olarak talep artışlarının elektrik üretimine göre daha sınırlı olması beklenmektedir. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ise yaygın doğalgaz kullanımı sağlanabilmesi için gerekli altyapı yatırımlarının yüksek maliyeti, talep artışını sınırlayabilecek bir faktördür. Öte yandan, açıklanmış olduğu kalkınma planı dahilinde Çin'in gelecek yıllarda kentsel ve ticari kullanım açısından doğalgaz talebi artışında sürükleyici rol oynaması beklenmekte olup, bu kullanım alanlarındaki küresel talep artışının yaklaşık üçte birinin Çin'den kaynaklanacağı tahmin edilmektedir.

Doğalgazın sanayide de çok çeşitli kullanım alanları bulunmakta olup endüstriyel doğalgaz talebinin özellikle Asya, Latin Amerika ve Orta Doğu bölgelerinden kaynaklanmak üzere hızlı bir şekilde artması beklenmektedir. Plastik ve kimya sektörlerinde hammadde olarak kullanılmasının yanı sıra geri dönüşüm, kurutma ve nemden arındırma, cam, gıda işleme, ana metal sanayi uygulamaları gibi çok sayıda sektörde ve üretim aşamasında doğalgaz teknolojilerinden yararlanılmaktadır.

Gerek petrol fiyatlarının yüksek seyri, gerekse karbon emisyonlarının yarattığı çevresel sorunlar nedeniyle, özellikle doğalgaz fiyatlarının ucuzladığı ABD’de ulaştırma sektöründe de doğalgazın daha geniş olarak kullanılması seçeneği gündeme gelmiştir. Taşıt araçlarında sıkıştırılmış doğalgaz (Compressed Natural Gas - CNG) ve sıvılaştırılmış doğalgaz (Liquefied Natural Gas - LNG) kullanımı, her ne kadar oransal olarak henüz düşük seviyelerde olsa da hızlı bir artış eğilimindedir. 2011 yılı itibarıyla ağırlıklı olarak İran, Pakistan, Arjantin, Brezilya ve Hindistan’da olmak üzere dünya çapında doğalgazla çalışan taşıt aracı sayısı yaklaşık 15 milyondur. Doğalgazın taşımacılıkta kullanımının hızla artması beklenmekle birlikte, 2035’e gelindiğinde toplam doğalgaz talebi içindeki payının ancak %4 civarına ulaşacağı öngörülmektedir. En hızlı artışların ise ABD, Hindistan ve Çin’de olacağı tahmin edilmektedir. Hem karayolu taşımacılığında, hem de denizcilikte yakıt olarak doğalgaz ürünlerinin kullanılması, esasında beklenen artışlardan çok daha büyük bir potansiyel oluşturmakla birlikte, bu alanlarda kullanımın yaygınlaşmasının önünde bazı engeller bulunmaktadır. Mevcut akaryakıt dağıtım ağının doğalgaza uygun şekilde güncellenmesi, taşıt araçları tasarım ve üretiminde gereken değişiklikler ve müşteri eğilimlerinin şekillendirilmesi, bu bağlamda öne çıkmaktadır. Diğer taraftan, elektrikli araçların hâlihazırda yaygınlaşmaya başlaması, elektrik üretiminde doğalgazın payının arttığı düşünüldüğünde, dolaylı olarak ulaştırmada daha verimli ve temiz enerji kaynaklarının kullanımının artacağı anlamına gelmektedir.

Artan doğalgaz talebi paralelinde, küresel doğalgaz üretimi de önümüzdeki dönemde artışını sürdürecektir. Teknolojinin gelişimiyle birlikte, geçmişte ekonomik olarak faydalanılması mümkün olmayan doğalgaz rezervlerinin kullanılabilir hale gelmesi, yeni rezervlerin keşfedilmesi ve başta kaya gazı olmak üzere geleneksel olmayan doğalgaz kaynaklarından da yaygın bir şekilde üretime başlanması sonucunda, doğalgaz üretimindeki artışın talebi karşılayamaması gündemde değildir. Mevcut hesaplamalara göre doğalgaz kaynakları dünyaya 150-200 yıl yetecek düzeyde olup, yeni teknolojiler ve verimlilik artışlarıyla birlikte bu sürenin uzaması beklenmektedir. 2035 yılına kadar başlıca doğalgaz üreticisi ülkelerin üretim miktarlarına ilişkin tahminler **Tablo 3**’te paylaşılmıştır.

Tablo 3. Ülkelere Göre Doğalgaz Üretimini Gelişimi (milyar m³)

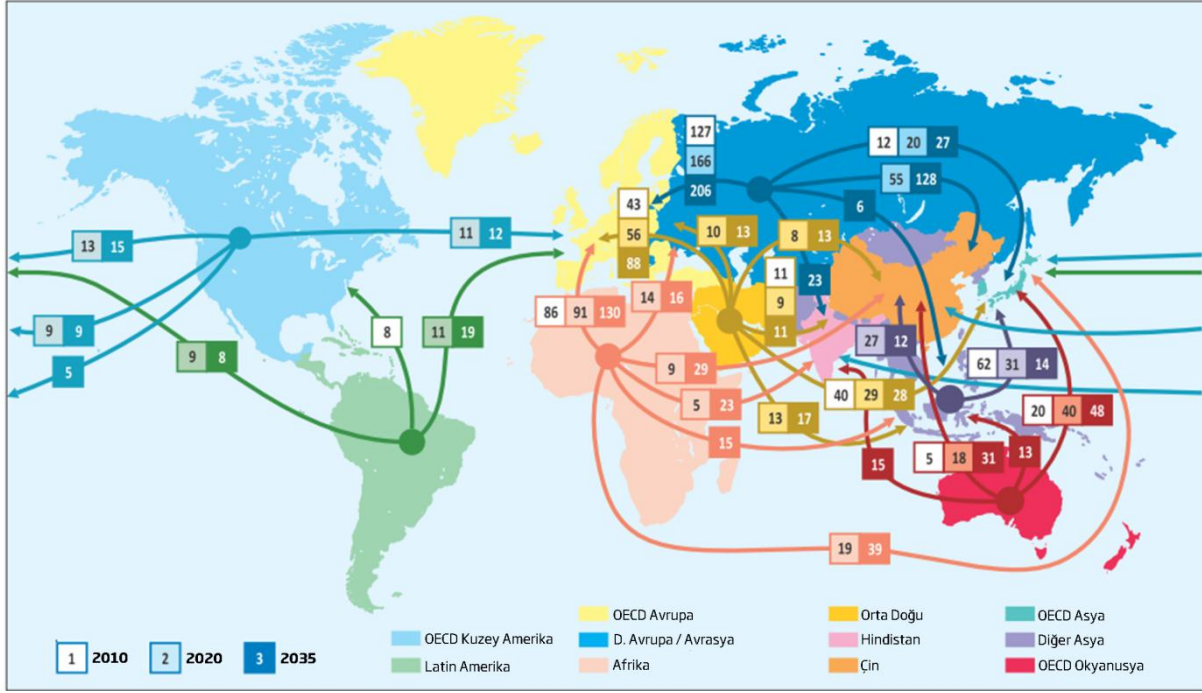
	1990	2010	2020 (T)	2035 (T)
Kanada	109	160	171	188
Meksika	26	50	51	75
ABD	507	604	747	800
Norveç	28	110	118	113
Avustralya	20	49	102	161
Azerbaycan	10	17	30	48
Rusya	629	657	704	856
Türkmenistan	85	46	84	138
Çin	15	95	175	318
Hindistan	13	51	62	97
Endonezya	48	86	109	143
İran	23	143	150	219
Irak	4	7	41	89
Katar	6	121	177	223
Suudi Arabistan	26	81	107	128
BAE	20	51	57	62
Cezayir	43	80	105	147
Libya	6	17	20	37
Nijerya	4	33	58	94
Arjantin	20	42	49	66
Brezilya	4	15	32	87
Venezuela	22	24	37	73
Diğer	391	745	757	793
DÜNYA	2.059	3.284	3.943	4.955
Geleneksel Olmayan Doğalgazın Payı	%3	%14	%20	%26

Kaynak: IEA - World Energy Outlook 2012 (Yuvarlamalardan dolayı toplamlarda farklılıklar olabilir)
(T): Tahmin

2.2. Ticaret ve Fiyatlama

Hâlihazırda bölgeler arası doğalgaz ticaretinin %58'i boru hatları üzerinden gerçekleştirilmektedir. Daha kısa mesafelerde boru hatlarıyla gerçekleştirilen bölge içi ticaret miktarları da hesaba katıldığında bu oran %68'e çıkmaktadır. Gelecek yıllarda ise yeni boru hatlarının devreye alınacak olmasına rağmen LNG olarak yapılan ticaretin payının artarak 2035 itibarıyla %50'ye ulaşması beklenmektedir (**Şekil 5**).

Şekil 5. Bölgeler Arası Net Doğalgaz Ticareti Tahminleri (milyar m³)



Kaynak: IEA - World Energy Outlook 2012

LNG ticaretinin artış hızı, doğalgaz sıvılaştırma tesislerinin inşası ile doğrudan bağlantılıdır. Geçen yıllarda Katar'da hizmete giren yeni sıvılaştırma tesisi ile birlikte global düzeyde LNG sıvılaştırma kapasitesi 2012 yılı itibarıyla 379 milyar m³/yıl'a yükselmiştir. Bu kapasite içinde Katar, yıllık 105 milyar m³/yıl ile en büyük paya sahiptir. İnşası devam eden Avustralya'da 7, Cezayir'de 2, Angola, Endonezya ve Papua Yeni Gine'de 1'er LNG sıvılaştırma tesisinin 2015-2018 yılları arasında devreye alınmasıyla toplam kapasitenin yılda 108 milyar m³ artarak 487 milyar m³'e ulaşması beklenmektedir. Bu tesislerin ardından büyük bölümü Avustralya, Rusya, Nijerya, ABD ve Kanada'da olmak üzere dünya çapında inşası planlanan doğalgaz sıvılaştırma tesislerinin toplam kapasitesi 647 milyar m³/yıl'dır.

Doğalgazın denizyoluyla taşınması için tek alternatif olan LNG sıvılaştırma ve gazlaştırma kapasitesinin sınırlı olması, fiyatlamanın bölgesel nitelik göstermesine neden olmaktadır. Doğalgaz alım-satım anlaşmaları tarihsel olarak petrol fiyatlarına endeksli ve 10-25 yıl arası vadelerde gerçekleştirilmektedir. Uzun vadeli kontratların arkasındaki rasyonel, üretici ve satıcılar açısından büyük maliyetler doğuran doğalgaz çıkartma ve dağıtım altyapısı kurulmasının risklerini düşürmek; alıcılar açısından ise arz riskini mümkün olduğunca en aza indirmektir. Mevcut doğalgaz piyasasının bu özelliklerinden dolayı, ABD'de son birkaç yılda tamamen kaya gazından kaynaklanan üretim artışının etkisiyle yaşanan fiyat düşüşleri ABD ile sınırlı kalmış ve Avrupa ile Asya'da fiyatlar yüksek düzeylerini korumuştur. ABD'de 2005 yılında 8,84 USD/MBtu³ seviyesindeki fiyatlar, geleneksel olmayan gaz kaynaklarının kullanılmaya başlanmasından kaynaklanan hızlı üretim artışlarıyla 2012 ortasında 2,1 USD/MBtu'ya kadar gerilemiştir. Buna karşın 2005 yılında 5 ila 6 USD/MBtu seviyesindeki Avrupa ve Uzak Doğu spot LNG fiyatları aynı dönemde artış kaydetmiştir. 2012 ortasında spot LNG fiyatları İngiltere'de 9,9 USD/MBtu, Akdeniz'de 12 USD/MBtu, Uzak Doğu'da ise 17,4 USD/MBtu olmuştur.

Önümüzdeki dönemde LNG sıvılaştırma ve gazlaştırma kapasitesinin yeni yatırımlarla artması, spot LNG piyasalarının derinlik kazanması ve giderek daha kısa vadeli kontratların kullanılmaya başlanması gibi gelişmeler sonucunda, doğalgaz fiyatlamasında bölgesel farkların bir ölçüde azalması beklenmektedir.

³ British Thermal Unit (Btu): enerji miktarı olarak 1055 joule'e eşit olan bu birim, bir pound suyu 1 Fahrenheit derece ısıtmak için gerekli ısı miktarını ifade etmekte olup doğalgaz fiyatlamasında da bir standart olarak kullanılmaktadır (MBtu = milyon Btu).

3. Dünyada Kaya Gazı

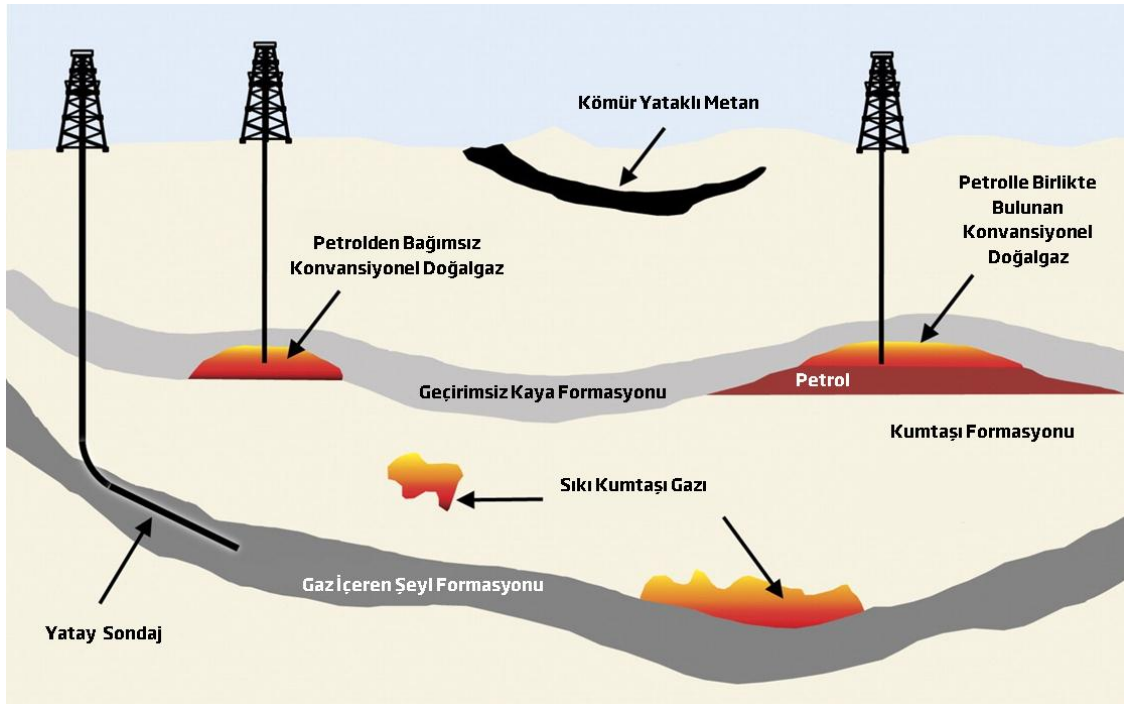
3.1. Doğalgaz Jeolojisi

3.1.1. Genel Bilgiler ve Doğalgaz Kaynakları

Doğalgaz, doğada yakılabilir özellikle hidrokarbonların bir karışımı olarak bulunmaktadır. Kaynağa göre değişebilmekle birlikte %70-90 arasında metan gazı, %20'ye kadar etan, propan ve bütan; eser miktarda da hidrojen sülfür, karbondioksit, oksijen ve azot içermektedir. Doğal halde bulunan doğalgaz, işleminden geçirilerek bileşenlerine ayrılmakta olup ticari olarak kullanılan doğalgaz hemen tamamen metan gazından oluşmaktadır. Doğalgaz sıvıları olarak sınıflandırılan etan, propan ve bütan ise sanayi hammaddeleri olarak kullanılmak üzere ayrıştırılmaktadır.

Yalnızca karbon ve hidrojenden oluşan hidrokarbonlar, temelde okyanuslarda yaşayan mikroorganizmaların güneşten elde ettikleri enerjiyi içermektedir. Ölen mikroorganizmalar, vücutlarındaki karbon içeriği ile birlikte deniz tabanına çökerek milyonlarca yıl boyunca çökelti kayalarının arasına gömülmeğe, derinliğin artışıyla birlikte yükselen ısı ve basıncın etkisiyle petrol ve doğalgaza dönüşmektedir. Petrol ve doğalgaz başta olmak üzere hidrokarbonlar oluştuğundan sonra, oluştuğuları kayaların mikro gözeneklerinden yol alarak yüzeye doğru yükselmektedir. Bu sırada geçirimsiz kaya tabakalarına rastlayan hidrokarbonlar, yeraltındaki boşluklarda veya rezervuar kayaları denilen çökelti kayalarının içinde hapsolmektedir. Geleneksel petrol ve doğalgaz üretimi, geçirimsiz kaya tabakalarının altında rastlanan ve hidrokarbonların biriktiği yeraltı rezervuarlarına inen kuyular açılarak gerçekleştirilmektedir. Geleneksel olmayan yöntemler ise, şeyl ve sıkı kumtaşı gibi çökelti kayalarının gözeneklerinde hapsolmuş hidrokarbonların yeni teknolojiler kullanılarak yüzeye çıkartılmasını içermektedir (**Şekil 6**).

Şekil 6. Doğalgaz Kaynaklarının Şematik Jeolojisi



Geleneksel (konvansiyonel) olmayan gazlar başlıca üç ana başlıkta değerlendirilmektedir:

- **Kaya (Şeyl) Gazı:**

Yaklaşık 350 milyon yıl öncesinde oluşan ince-taneli klastik çökelti kaya formasyonları olan şeyl tabakaları, yüksek oranda hidrokarbon içerebilmektedir. Genelde 1.500 ila 5.000 metre derinlikte yer alan şeyl tabakalarına kadar dikey kuyularla inildikten sonra tabaka içine yatay olarak 3.000 metreye kadar sondaj yapılmakta ve hidrolik basınçla çatlaklar oluşturulmaktadır. Kaya içinde hapsolmuş durumdaki doğalgaz, petrol ve diğer hidrokarbonlar, bu çatlaklardan sızarak sondaj borusuna alınmakta ve yüzeye çıkartılmaktadır.

- **Kömür Yataklı Metan:**

Kömür, petrol ve doğalgazla benzer koşullarda oluşan bir fosil yakıt olup yeraltında uzanan yataklar şeklinde bulunmaktadır. Kömür yatakları, yatak içinde ve çevre kayalarda metan gazı içermektedir. Tarihsel olarak kömür madenciliğinde bir güvenlik problemi olan metan, günümüzde kaya gazı için kullanılanlara benzer yöntemlerle çıkartılmaktadır.

- **Sıkı Kumtaşı Gazı:**

Derin jeolojik formasyonlardaki kaynak kayalarda oluşan hidrokarbonlar, şeyl dışında sıkı kumtaşı adı verilen geçirimsiz kaya formasyonları içinde de hapsolabilmektedir. Halen ABD'deki geleneksel olmayan gaz üretiminin önemli bir bölümünü teşkil eden sıkı kumtaşı gazlarının çıkartılmasında kaya gazı ile benzer şekilde dikey ve yatay çatlatma yöntemleri kullanılmaktadır.

3.1.2. Kaya Gazı Üretim Teknikleri ve Maliyetler

Şeyl formasyonlarının yüksek miktarda hidrokarbon içerdiği bilgisi çok eskilere dayanmakta olmasına rağmen bu kaya türlerinin kendiliğinden petrol ve doğalgaz akışına izin vermeyecek ölçüde geçirimsiz nitelik taşıması nedeniyle yakın zamana kadar ekonomik olarak üretim yapılmasının mümkün olmadığı düşünülmekteydi.

Şeyl kayalarından doğalgaz ve petrol elde edilebilmesi için gerekli teknolojinin bileşenleri de uzun süredir endüstride kullanılmaktaydı. Ana başlıklar halinde sıralamak gerekirse:

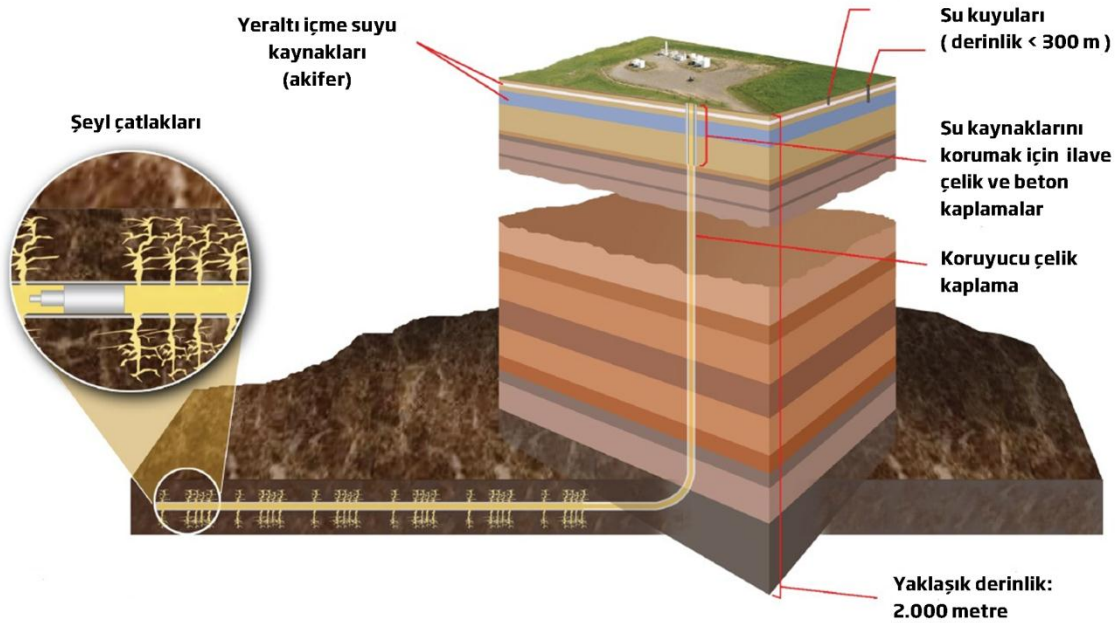
- **Hidrolik çatlatma:** Kaya formasyonları içine belirli özellikte sıvıların yüksek basınçla pompalanarak çatlaklar oluşturulması yoluyla hidrokarbonların sızmasına yardımcı olunması 1940'lı yıllarda keşfedilmiştir.
- **Yatay sondaj:** Petrol sanayi tarafından 1970'lerden beri kullanılmaktadır.
- **Sismik arama teknolojileri:** Bilgi işlem teknolojilerindeki gelişme paralelinde son 30 yılda giderek daha geniş teknik imkânlarla üç boyutlu yeraltı haritaları çıkartılmaya başlanmış olsa da, jeolojide sismik çalışmaların geçmişi daha da eskie dayanmaktadır.

Ancak, jeolojik bilgilerin ve eldeki teknolojilerin şeyl formasyonlarından ekonomik miktarlarda hidrokarbon elde edilebilecek şekilde bir araya getirilmesi, Texaslı bir petrol mühendisi ve işadamı olan George Mitchell'in girişimleri sayesinde gerçekleşmiştir. 1981 yılında Texas, Forth Worth havzasında bulunan Barnett şeylinde George Mitchell'in şirketi olan Mitchell Energy and Development Corp. tarafından denemelere başlanmış, üretim tekniklerinin optimizasyonu ile ekonomik miktarda doğalgaz elde edilebilmesi 1999'da başarılabilmiştir. İlgili Ar-Ge çalışmalarında yaklaşık 6 milyon USD harcanmış olup, geleneksel petrol endüstrisinin olumsuz beklenti ve tahminlerinin çok üzerinde bir başarı elde edilmiştir. Bugün ABD doğalgaz üretiminin yaklaşık %5'i yalnızca Barnett şeylindeki kuyularda gerçekleştirilmektedir. George Mitchell'in ulaştığı başarı, çok sayıda yatırımcının sektöre girişini tetiklemiş ve ABD'nin birçok bölgesinde bilinen şeyl formasyonlarında üretim gerçekleştirilmeye başlanmıştır.

Kaya gazı çıkartmak için kullanılan yöntemler ve teknolojiler, şirketlerin optimizasyon çalışmaları ve bu alanda deneyimin artmasıyla sürekli değişmektedir. Ancak genel hatlarıyla bir kaya gazı çıkartma operasyonunun başlıca aşamaları aşağıda belirtilmiştir (**Şekil 7**).

- **Jeolojik ve sismik araştırmalar:** Sismik araştırma metotları kullanılarak yeraltı jeolojik oluşumların üç boyutlu haritalarının çıkartılması. Uygun şeyl formasyonlarının derinlik ve kalınlık bilgilerinin derlenerek, azami verim elde edilebilmesi için gerekli kuyu sayılarının ve bunların lokasyonlarının belirlenmesi.
- **Platform inşası:** Belirlenen lokasyonlarda kuyu açma ekipmanlarının kurulması.
- **Dikey sondaj:** Gaz ve petrol çıkartılacak kaya tabakasının derinliğine inene kadar dikey sondaj yapılması ve güvenlik amacıyla kuyuya çelik ve beton kaplamalar yapılması.
- **Yatay sondaj:** Şeyl tabakası içinde, kaya formasyonu ile temas alanının artırılması amacıyla 2-3 km'ye kadar yatay sondaj yapılması.
- **Perforasyon:** Yatay sondaj kuyusunun beton kaplamasında belirli aralıklarla küçük patlayıcılar kullanılarak delikler açılması.
- **Çatlatma:** Akışkanlığı özel formüllerle ayarlanmış su/kum karışımının perfore edilen kuyudan kayanın içine basınçla pompalanması yöntemiyle kayada hidrokarbonların sızabileceği çatlaklar oluşturulması.
- **Atıkların yönetimi:** Çatlatmak için kullanılan sıvının yeryüzüne dönen kısmının sonradan yeniden kullanılmak üzere biriktirilmesi veya artırılarak kanalizasyona verilmesi.
- **Üretim:** Kuyu açma ekipmanlarının sökülerek yerine çıkan hidrokarbonların toplanması ve nakliyesi için gerekli donanımın kurulması.

Şekil 7. Kaya Gazı Operasyonu Kesiti



Kaya gazı üretim maliyetleri sermaye, işletme, nakliye maliyetleri ile vergi ve imtiyaz paylarından oluşmakta olup ülkeye, coğrafyaya ve operasyonun büyüklüğüne göre çeşitlilik göstermektedir. Sermaye maliyetleri temelde arama ve geliştirme maliyetlerini içermekte ve büyük bölümü kuyuların inşasına ilişkin olmaktadır. İşletme maliyetleri üretim faaliyetinin kendisinden kaynaklanan değişken maliyetlerdir. Nakliye maliyetleri ise daha çok gazın satılacağı pazarlara uzaklıkla ilgilidir.

Vergi ve imtiyaz payları ülke ve bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Genelde altyapının daha zayıf ve coğrafi koşulların daha zorlu olduğu, dolayısıyla maliyetlerin yükseldiği ülkeler, daha serbest bir vergi ve imtiyaz rejimi uygulayarak yatırımcıları çekmeye çalışmaktadır.

Şeyl gazı kuyularından elde edilmesi beklenen toplam gazın yaklaşık %25'i üretimin ilk yılı içinde, %50'si de ilk 4 yılda çıkartılmaktadır. Bu durum maliyet-getiri hesaplamalarında iskonto oranlarından ziyade kuyunun inşa maliyeti ile elde edilecek toplam gaz miktarından sağlanacak getiriyi öne çıkarmaktadır. Üretim gerçekleştirilmesi düşünülen bölgeye özgü maliyet bileşenleri ve çıkartılabilecek gaz miktarı birlikte değerlendirildiğinde, operasyonun reel bir getiri sağlaması için piyasada doğalgazın fiyatının ne olması gerektiğine ilişkin bir başa baş noktası belirlenmektedir.

Şeyl tabakasının derinliğine, yatay sondaj uzunluğuna ve diğer faktörlere göre değişmekle birlikte ABD'de bir kaya gazı kuyusunun maliyeti 4-10 milyon USD arasında değişmektedir. Kuyu başına elde edilebilen doğalgaz miktarı ise 8 ila 300 milyon m³ arasında olabilmekle birlikte orta derinlikteki kuyularda ortalama 30 milyon m³ civarındadır. Yaklaşık bir hesaplamayla 5 milyon USD'ye mal olan ve 30 milyon m³ gaz elde edilebilecek bir kuyunun ekonomik olarak anlamlı olması için piyasada doğalgaz fiyatının 5 USD/MBtu'nun üzerinde olması gerekmektedir.

ABD'de hızlı üretim artışı sonrası doğalgaz fiyatları 2 USD/MBtu seviyesine kadar düşmüş olup bu durum yalnızca gaz elde edilen (sıvı hidrokarbon çıkartılmayan) birçok projenin ekonomik olmaktan çıkmasına neden olmuştur. Ancak buna rağmen ABD'de kaya gazı üretimindeki artışın devam ettiği gözlenmektedir. Bu durum ilk bakışta çelişkili görünse de birkaç faktör bir arada değerlendirildiğinde anlaşılabilir. 2010 ve 2011 yıllarındaki yoğun kuyu açma çalışmalarının ardından, bir çok projede ilk yatırım maliyetlerine halihazırda katlanmış olduğundan bu kuyularda üretime devam edilmektedir. Bazı yatırımcılar açısından ise önceki yüksek fiyatlardan belirlenen satış sözleşmeleri devam etmektedir. Ancak en önemli faktör, NGL (doğalgaz sıvıları - etan, propan, bütan) içeren projelerin bu fiyat seviyelerinde bile ekonomik olmayı sürdürmesi ve petrole endeksli yüksek NGL fiyatlarından sağlanan kârlılığın, doğalgazın piyasa fiyatını önemsiz kılacak derecede yüksek olmasıdır. NGL, yaklaşık 40 USD/varil değerinde olup, kuyudan %40 oranında NGL, %60 oranında doğalgaz elde edilmesi durumunda, doğalgaz fiyatı 1 USD/MBtu olsa bile proje ekonomik olmaya devam etmektedir. %50 ve daha fazla oranda NGL içeren kuyular için ise doğalgazın fiyatı önemini yitirmektedir. Bu nedenle mevcut durumda yalnızca gaz içeren kuyulara yatırımlar durmuş olup, yeni açılan tüm kuyularda NGL ve doğalgaz birlikte çıkartılmaktadır.

3.2. Küresel Potansiyel ve Üretim Gelişmeleri

2011 yılı sonu verilerine göre dünyada geleneksel ve geleneksel olmayan çıkarılabilir doğalgaz rezervleri 790 trilyon m³ seviyesindedir. Ancak bu rakamın gelecek yıllarda yükselmesi ihtimal dâhilindedir. Daha gelişmiş tahmin metodları, doğalgaz çıkartmak için kullanılan teknoloji ve yöntemlerin gelişmesi, işletme maliyetlerindeki ve ekonomik koşullardaki değişime göre yapılan hesaplamaların güncellenmesi, mevcut rezervuarların daha iyi etüt edilmesi ve yeni rezervuarların keşfedilmesi sonucunda hidrokarbonlar açısından çıkarılabilir nitelikteki rezervler sürekli olarak artmaktadır. Güncel çıkarılabilir doğalgaz rezervlerinin geleneksel ve geleneksel olmayan kaynaklara ve bölgelere göre dağılımı **Tablo 4**'te gösterilmiştir.

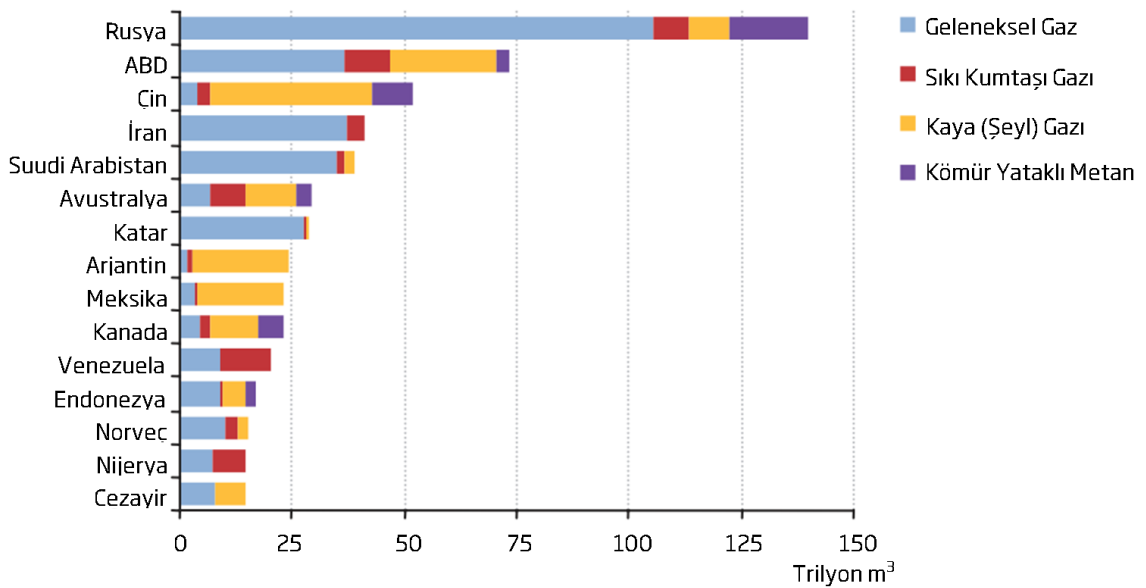
Tablo 4. 2011 İtibarıyla Teknik Olarak Çıkarılabilir Doğalgaz Rezervlerinin Dağılımı (trilyon m³)

	Geleneksel Gaz Kaynakları	Geleneksel Olmayan Gaz Kaynakları			ALT TOPLAM	TOPLAM
		Sıkı Kumtaşı Gazı	Kaya Gazı	Kömür Yataklı Metan		
D. Avrupa/Avrasya	144	11	12	20	44	187
Ortadoğu	125	9	4	-	12	137
Asya-Pasifik	43	21	57	16	94	137
Amerika (OECD)	47	11	47	9	67	114
Afrika	49	10	30	-	40	88
Latin Amerika	32	15	33	-	48	80
Avrupa (OECD)	24	4	16	2	22	46
DÜNYA	462	81	200	47	328	790

Kaynak: IEA - World Energy Outlook 2012 (Yuvarlamalardan dolayı toplamlarda farklılıklar olabilir)

Doğalgaz kaynaklarının ülkeler itibarıyla dağılımında ise Rusya, geleneksel doğalgaz kaynakları ile açık ara ilk sırada yer almaktadır. Rusya'nın ardından gelen ABD ve üçüncü sıradaki Çin açısından ise kaya gazı rezervleri kaynak kompozisyonunda önemli yer tutmaktadır. İran, Suudi Arabistan ve Katar'da rezervlerin çok büyük bölümü geleneksel doğalgaz kaynaklarından oluşmaktayken; Avustralya, Arjantin, Meksika ve Kanada'da geleneksel olmayan kaya gazı, sıkı kumtaşı gazı ve kömür yataklı metan rezervleri ağırlığı teşkil etmektedir. En fazla doğalgaz rezervine sahip 15 ülke ve rezerv kompozisyonlarının doğalgaz kaynaklarına göre dağılımı **Şekil 8**'de gösterilmiştir.

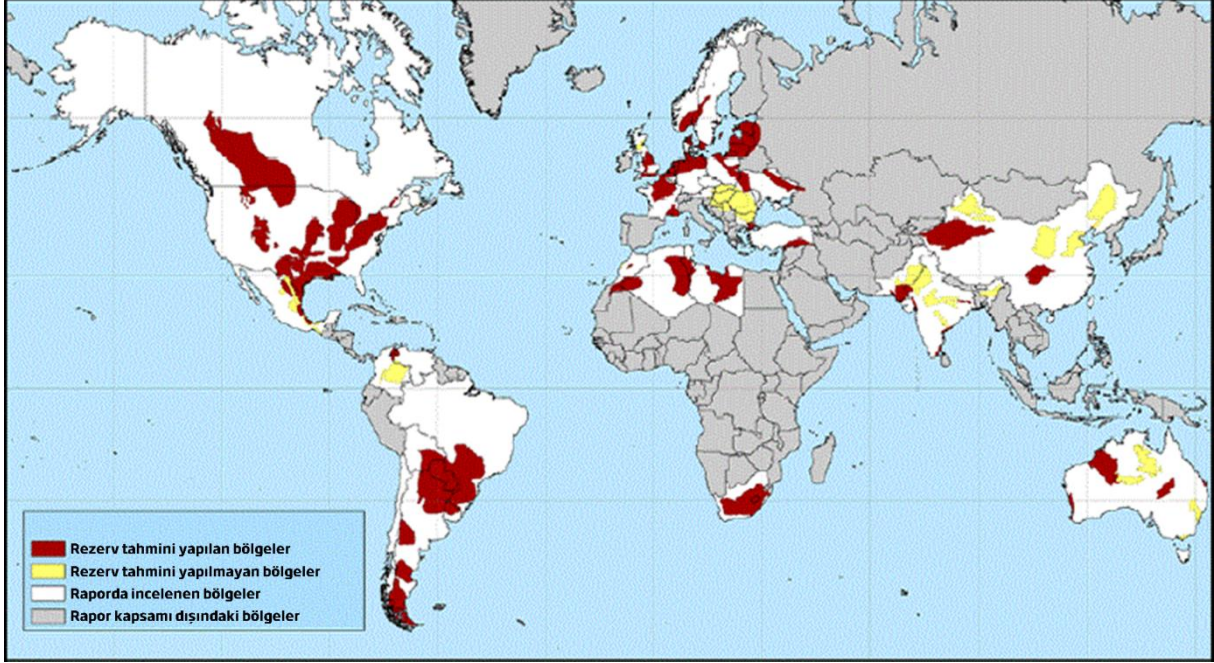
Şekil 8. Çıkarılabilir Doğalgaz Rezervlerinin En Çok Rezerve Sahip 15 Ülkeye Göre Dağılımı



Kaynak: IEA - Golden Rules for a Golden Age of Gas, 2012

ABD Enerji Bilgi İdaresi'nin (EIA - Energy Information Administration) 2011 tarihli raporunda dünya üzerinde aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 14 bölge şeyl gazı kaynakları açısından incelenmiştir. Raporda incelenen bölgeler ve şeyl gazı rezervlerinin dağılımına **Şekil 9**'da yer verilmiştir.

Şekil 9. Dünya'daki Bilinen Kaya Gazı Rezervlerinin Coğrafi Dağılımı



Kaynak: EIA - World Shale Gas Resources, 2011

Dünya genelinde çok sayıda bölgede yüksek doğalgaz rezervleri içeren şeyl formasyonları olduğu bilinmesine rağmen, bu rezervlerin yaygın şekilde işletilerek doğalgaz elde edilmesi halen çok büyük ölçüde ABD'ye özgüdür. Çeşitli ülkelerde kaya gazı arama ve çıkartma faaliyetleri planlanmasına ve deneme kuyuları kazılmış olmasına rağmen, söz konusu faaliyetler ABD'deki aktivite ile kıyaslandığında cüzi ölçekte kalmaktadır. 2010 yılında geleneksel olmayan hidrokarbon kaynakları için kazılan kuyu sayılarına bakıldığında, bu durum daha iyi anlaşılmaktadır. **Şekil 10**'da görüldüğü üzere, tüm dünyada açılan kuyuların yaklaşık %99'u ABD'de açılmıştır.

Şekil 10. Dünya'daki 2010 Yılında Geleneksel Olmayan Gaz Kaynakları İçin Açılan Kuyu Sayıları



Kaynak: PFC Energy

Küresel bazda geleneksel olmayan gaz üretimi rakamları da yukarıdaki tablonun bir başka tezahürüdür. Gerek kaya gazı, gerekse diğer geleneksel olmayan gaz türlerinde ABD'deki üretim dünyanın diğer bölgelerinin çok üzerinde seyretmektedir (**Şekil 11**).

Şekil 11. 2011 İtibarıyla Dünya'da Geleneksel Olmayan Doğalgaz Üretimini Dağılımı



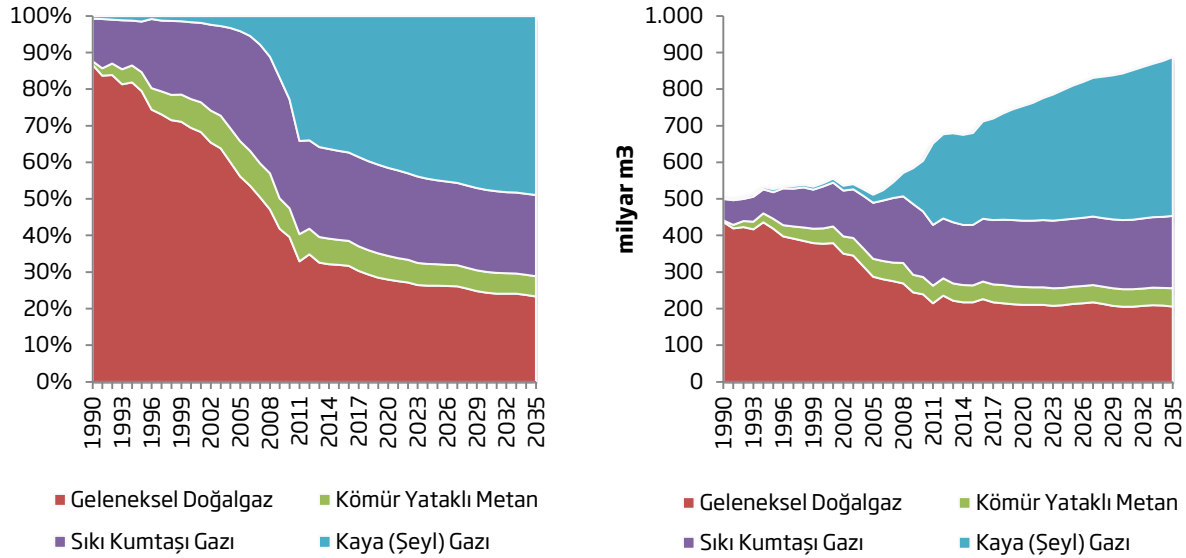
Kaynak: IEA - Medium Term Gas Market Outlook, 2012

ABD'ye ilişkin rakamlara bakıldığında, 1990 yılındaki 504 milyar m³'lük doğalgaz üretiminin 67 milyar m³'ünün geleneksel olmayan gazlardan, bu rakamın da yalnızca 4 milyar m³'ünün kaya gazından (5 milyar m³ kömür yataklı metan ve 59 milyar m³ sıkı kumtaşı gazı) oluştuğu görülmektedir. 1990'da toplam doğalgaz üretiminin %13'ünü teşkil eden geleneksel olmayan gazların payının, 2000 yılında %30'a, 2010'da %60'a, 2012 itibarıyla ise %65'e yükseldiği izlenmektedir. Bu oransal değişimin arkasında, geleneksel doğalgaz üretiminin 1990'daki 437 milyar m³ seviyesinden 2012'de 236 milyar m³'e gerilemesi olduğu kadar, kaya gazı üretiminde 2000'li yılların ortasından itibaren yaşanan çok hızlı artış yatmaktadır. ABD 'de 2000 yılında 9 milyar m³ olan kaya gazı üretimi, 2012'ye gelindiğinde 230 milyar m³ olmuştur.

ABD'de kaya gazı üretimindeki artışın önümüzdeki yıllarda da devam etmesi beklenmektedir. EIA tahminlerine göre kaya gazı üretimi 2015'te 251 milyar m³, 2020'de 313 milyar m³, 2030'da 401 milyar m³, 2035'te ise 434 milyar m³ olarak gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu tahminlere göre kaya gazı üretiminin tüm doğalgaz üretimindeki payı 2012'deki %34'ten, 2035'te %49'a yükselecek; kömür yataklı metan ve sıkı kumtaşı gazı ile birlikte tüm geleneksel olmayan gaz türlerinin toplam üretimdeki payı ise 2035 itibarıyla %70'i aşacaktır.

ABD'de doğalgaz üretiminin kaynaklara göre miktar ve yüzde dağılımı **Şekil 12'**de belirtilmiştir.

Şekil 12. ABD'de Doğalgaz Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı



Kaynak: U.S. Energy Information Administration

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tahminlerine göre küresel bazda yıllık geleneksel olmayan doğalgaz üretiminde 2010-2035 yılları arasında 800 milyar m³'ün üzerinde bir artış beklenmektedir. Bu üretim artışı ile birlikte geleneksel olmayan gazların toplam üretimdeki payının 2010 yılındaki %14 seviyesinden 2035'te %26'ya yükseleceği tahmin edilmektedir. Küresel üretimdeki bu artışın büyük bölümünün ABD, Çin, Kanada ve Avustralya'dan kaynaklanması beklenmektedir.

Avustralya'da mevcut geleneksel olmayan gaz üretimi kömür yataklı metan ağırlıklıdır. 2011'de ülkenin doğalgaz üretiminin yaklaşık %12'sine karşılık gelen 6 milyar m³'lük üretim gerçekleştirilmiştir. Ürettiği doğalgazın ihracatı için LNG sıvılaştırma tesisleri inşa eden Avustralya'da kaya gazı rezervlerinin ise 10 trilyon m³ civarında olduğu tahmin edilmektedir. Öte yandan daha çok ülkenin batısındaki bölgelerde bulunan kaya gazı rezervlerinden üretim gerçekleştirilmesi, altyapıya uzaklığın maliyeti yükseltmesi nedeniyle kısa vadede zor görünmektedir. Bu nedenle önümüzdeki yıllarda da Avustralya'da geleneksel olmayan doğalgaz üretiminin kömür yataklı metan ağırlıklı olmayı sürdüreceği tahmin edilmektedir.

Kanada'da ise geleneksel olmayan doğalgaz üretiminin büyük bölümü sıkı kumtaşı gazından oluşmaktadır. Yıllık sıkı kumtaşı gazı üretimi 50 milyar m³, kömür yataklı metan üretimi 8 milyar m³, kaya gazı üretimi ise 3 milyar m³ civarındadır. Kanada'da geleneksel olmayan gaz üretiminin gelişimini büyük ölçüde ihracat imkânlarının belirleyeceği düşünülmektedir. LNG sıvılaştırma tesislerinin inşa edilmesi ve ülkede ihracata yönelik yatırım yapmaya başladığı gözlenen Asya menşeli firmaların faaliyetleri, üretim artışını desteklemesi muhtemel gelişmeler olup kaya gazı faaliyetlerinin batıdaki British Columbia'da yoğunlaşması beklenmektedir.

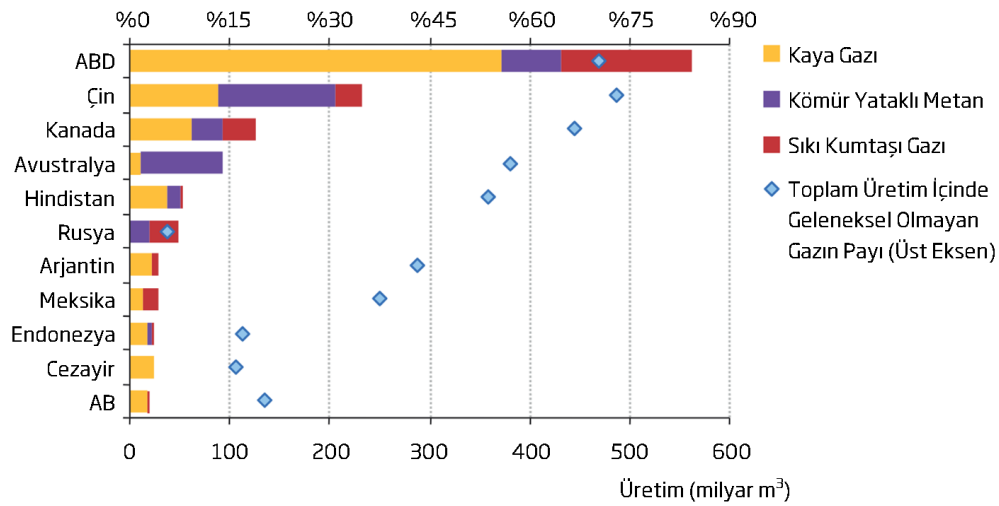
ABD dışında kaya gazı üretiminin agresif bir şekilde artması beklenen en önemli ülke Çin'dir. 12. Kalkınma Planı paralelinde kömür kullanımı yerine doğalgazın teşvik edildiği Çin'de, kaya gazı rezervleri ABD'deki rezervlerden daha yüksektir. Hâlihazırda yılda 30 milyar m³ civarında sıkı kumtaşı gazı üretilen Çin'de, kalkınma programı dâhilinde 2015 yılı itibarıyla yıllık 6,5 milyar m³, 2020 itibarıyla ise 60 ila 100 milyar m³ kaya gazı üretilmesi planlanmaktadır. Çin firmalarının kaya gazı üretimi için gerekli teknolojileri elde etmek amacıyla ABD'de kaya gazı sektöründeki firmalara yönelik yatırımlarının 6 milyar USD'yi aştığı hesaplanmaktadır. Diğer taraftan Çin'in kaya gazı rezervlerinin daha çok su kaynaklarının kıt olduğu bölgelerde yoğunlaşması ve jeolojik farklılıklar

nedeniyle ABD'deki teknolojilerin doğrudan Çin'de uygulanabilirliğine yönelik belirsizlikler, kalkınma planında belirtilen üretim artışının bazı uzmanlarca fazla iyimser bulunmasına yol açmaktadır.

Önemli miktarda kaya gazı rezervinin bulunduğu tahmin edilen Avrupa'da ise sektörün gelişimini kamuoyunun çevresel hassasiyetleri paralelinde siyasi kararların belirleyeceği düşünülmektedir. Kırsal alanda nüfus yoğunluklarının fazla olması ve ABD'dekinden daha sıkı çevresel mevzuat da Avrupa genelinde kaya gazı üretiminin maliyetini yükseltmektedir. Fransa ve Bulgaristan'ın yanı sıra Almanya'da Kuzey-Ren Vestfalya eyaletinde, İsviçre'de Freiburg kantonu ile Kuzey İrlanda'da hidrolik çatlatma faaliyetleri yasaklanmış; Romanya'da da yasaklanmasına yönelik kamuoyu baskısı artmaya başlamıştır. Öte yandan İspanya'da Bask Bölgesel Yönetimi kaya gazı üretimini teşvik etmektedir. Avrupa'da kaya gazı üretimi açısından Polonya'daki gelişmelerin önemli olduğu düşünülmektedir. Rusya'ya olan doğalgaz bağımlılığının azaltılması amacıyla Polonya yönetimi kaya gazı üretimini güçlü bir şekilde desteklemektedir. Buradaki girişimlerin uygun çevresel düzenlemelerle hayata geçirilebilmesi ve tatmin edici üretim rakamlarına ulaşılabilmesi durumunda, Avrupa kamuoyunda çevresel tahribat ihtimali nedeniyle oluşan olumsuz imajın düzeltilebileceği umulmaktadır.

Bu çerçevede üretim potansiyeli yüksek olan ülkelerde 2035 yılında geleneksel olmayan doğalgaz üretimine ilişkin tahminler **Şekil 13**'te paylaşılmıştır.

Şekil 13. Ülkelere Göre Geleneksel Olmayan Gaz Üretimine İlişkin 2035 Tahminleri



Kaynak: IEA - World Energy Outlook 2012

Kaya gazı ve diğer geleneksel olmayan doğalgaz kaynaklarından ekonomik bir şekilde üretim gerçekleştirilmesi için bazı temel gereklilikler bulunmaktadır. Gelecek yıllarda doğalgaz potansiyelinin hangi ülkelerde üretim artışına dönüşeceği, bu faktörlerin ne şekilde bir araya getirilebildiğine bağlı olacaktır. Herhangi bir coğrafyada kaya gazı operasyonlarının başarılı olabilmesi için gerekli belli başlı unsurlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- **Rezerv büyüklüğü ve kaynaklara erişim:** Gaz üretilmesi düşünülen bölge için jeolojik ve sismik verilerin bulunması, ekonomik miktarlarda üretime el verecek ölçüde gaz rezervlerinin varlığı; faaliyet lisansı verilen arazinin planlanan projeler için yeterli büyüklükte olması, lisans sürelerinin tatmin edici üretim ve kârlılık sağlanabilecek uzunlukta ayarlanması.
- **Mali ve düzenleyici yasal çerçeve:** Şirketlerin rekabetçi bir şekilde yatırım yapabilmesine olanak verilmesi; yatırım ortamını düzenleyici kurumların ve mali çerçevenin oturmuş olması; siyasi, ekonomik ve yasal konularda belirsizlik bulunmaması; çevresel standartların net kurallara bağlanmış olması.

- **Teknik bilgi birikimi ve uzmanlaşma:** Gerekli jeolojik verilerin toplanması, değerlendirilmesi, kuyu açma lokasyonlarının, kuyu sayılarının ve derinliklerinin belirlenmesi, kuyuların kazılması ve operasyonun yürütülmesi, gazın çıkartılması ve nakliyesi aşamalarının her birinde eğitilmiş ve deneyimli iş gücü ve know-how bulunması.
- **Altyapı:** Çıkarılan doğalgaz ve sıvı hidrokarbonların pazarlara ulaştırılabilmesi için gerekli gaz dağıtım ve ulaştırma altyapısının varlığı, kapasitesi ve diğer niteliklerinin operasyona uygun olması; altyapı yatırımları konusunda devletin destekleyici ve tamamlayıcı yaklaşımına sahip olması.
- **Talep ve fiyatlandırma:** Çıkarılan ticarete konu hidrokarbonların rekabetçi bir şekilde satışının yapılabileceği pazarların ve pazar mekanizmalarının bulunması; gaz talebinin yeteri kadar yüksek olması ve piyasada oluşan fiyatların başa baş noktasının üzerinde anlamlı bir kârlılık sağlayacak seviyede gerçekleşmesi.
- **Su kaynaklarına erişim:** Hidrolik çatlatmada kullanılması gereken çok yüksek miktarlarda suyun sağlanabilmesi.

Yukarıdaki unsurların bir arada sağlanıp sağlanamayacağı, halen dünyanın kaya gazı üretimi planlanan bir çok bölgesi için belirsizdir. Çevresel tahribat endişesi ile kamuoyunda oluşan karşıtlıklar, çevre ve diğer konularda mevzuatın yetersiz olması, üretim yapılabilecek bölgelerin doğalgaz boru hattı ağlarının uzağında kalması veya boru hattı kapasitelerinin düşüklüğü, teknik ekipman, deneyimli iş gücü ve yüksek miktarda su kaynaklarına erişimin çoğu durumda kısıtlı olması gibi nedenler, kaya gazı üretimi açısından ABD dışındaki bölgelerde sıklıkla karşılaşılabilecek problemlerdir.

Bu problemlerin çözüme kavuşma hızı, devletlerin konuya yaklaşımı, gaz endüstrisinin çevresel tahribatı en aza indirmek üzere teknolojik yeniliklere gitmesi ve bunların yaygınlaşması, önümüzdeki dönemde küresel düzeyde kaya gazı ve diğer geleneksel olmayan doğalgaz kaynaklarının üretimi açısından belirleyici olacaktır.

3.3. Riskler ve Çevresel Faktörler

Kaya gazı üretiminde yatırımcılar açısından temel riskleri rezerv hesaplamalarında yapılabilen hatalar ve buna bağlı olarak üretimin beklenen seviyelere ulaşmaması oluşturmaktadır. Hidrokarbon içeren şeyl formasyonlarından elde edilen teknolojilerin kullanımıyla ne kadar süreyle ne kadar gaz elde edilebileceğine ilişkin hesaplamalar, halen ciddi hata payları içerebilmektedir. Bu nedenle rezerv büyüklükleri yıllar içinde aşağı veya yukarı yönde güncellenebilmektedir.

Sismik ölçüm ve araştırma teknolojilerinin sürekli gelişmesi, ayrıca üretim amaçlı kuyuların sayısının artmasıyla birlikte jeolojik verilerin doğruluğunun zaman içinde artması beklenmektedir. Açılan kuyulardan ne kadar süreyle gaz elde edilebileceğine ilişkin varsayımlar da halen üretimini sürdüren çok sayıda kuyudan derlenen istatistik ve teknik verilerin artışıyla birlikte daha az hata payıyla yapılabilecektir.

Öte yandan üretim gerçekleştiren firmalar da kullandıkları sondaj ve hidrolik çatlatma tekniklerini sürekli olarak geliştirmeye çalışmakta olup bu durum da kuyu başına verimliliğin artmasına ve maliyetlerin kontrol edilmesine katkıda bulunmaktadır.

Çevresel tahribat ihtimali ile ilgili kaya gazı endüstrisine yöneltilen başlıca eleştiriler ise şu şekildedir:

- Hidrolik çatlatmada kullanılan sıvı, yeraltı su kaynaklarını kirletebilecek tehlikeli kimyasal maddeler içermektedir.
- Kuyuların çelik ve beton kaplamalarının düzgün yapılmaması, yeraltı suyuna gaz karışmasına neden olmaktadır.
- Gazın yeryüzüne çıkartılması esnasında yaşanabilecek doğalgaz kaçakları, karbondioksitten çok daha fazla sera gazı etkisi içeren metanın atmosfere salınmasına neden olmaktadır.

- Hidrolik çatlatma sonrasında yüzeye dönen atık sular, tuz ve radyoaktif maddelerle kirlenmiş durumda olup yer üstü su kaynakları ve doğal yaşam için zararlı olabilecektir.
- Kullanılan yüksek miktarda su, kıt su kaynaklarını tüketmektedir.

Hidrolik çatlatmada kullanılan sıvılarla ilgili eleştiriler, 2000'li yılların başında kaya gazı üreticilerinin kendi teknolojilerini ticari açıdan korumak amacıyla sıvı formülünü açıklamaktan kaçınması nedeniyle yoğunlaşmıştır. Kamusal otoritelerin baskısı ve düzenlemeler sonucu bu durum ortadan kaldırılmış olup üreticiler, kullanılan kimyasal maddeler konusunda daha şeffaf davranmaya başlamıştır. Günümüzde hidrolik çatlatma için kullanılan sıvı yaklaşık %94 su, %5 kum ve %1'e yakın oranlarda sürtünme azaltıcı, antimikrobiyal ile artık birikmesini önleyici kimyasallar içermektedir. Kullanılan kimyasallar polikrilamid, bromin, metanol, naftalin, hidroklorik asit, etilen glikol, bütanol vb. maddeler olup bu kimyasallar seyreltilmiş halde olduklarından içme sularına karışmaları halinde bile zararsız olacağı ifade edilmektedir. Öte yandan, hidrolik çatlatma sıvılarının doğrudan çatlaklar yoluyla yeraltı su akiferlerine karışma ihtimali çok düşüktür. Zira yeraltı su tablaları yerin en fazla 300 metre derininde bulunmakta olup hidrolik çatlatma yapılan şeyl formasyonları yerin en az 2.500 metre altında gerçekleştirilmektedir. Yatay sondaj boyunca oluşan çatlaklar yukarı doğru dikey olarak en fazla 200 metre uzanmakta olup en sığ derinlikteki hidrolik çatlatma operasyonlarında bile yeraltı su kaynakları ile çatlakların en üst noktası arasında 1-2 kilometre kalınlığında geçirimsiz kaya tabakaları bulunmaktadır.

Çatlatma sıvılarının su akiferlerine karışması ancak hatalı kazılan veya kaplaması düzgün yapılmayan kuyularda meydana gelen kazalar sonucu mümkündür. Aynı şekilde yeryüzüne çıkartılan gazın belli oranlarda atmosfere sızması da kuyuların ve ekipmanların iyi tasarlanmaması halinde veya yanlış teknik uygulamalar sonucunda mümkündür. Doğası gereği üretici firmaların da çıkarına olmayan bu gibi tehlikelerin önüne geçmek için düzenleyici otoritelerin ve endüstrinin birlikte hareket etmesi ve tüm teknik yönergelere hassasiyetle uyulduğunun çok iyi denetlenmesi gerekmektedir. Her ne kadar hatalar ihtimal dâhilinde olsa da bugüne kadar birçok eyalette çok sayıda testin gerçekleştirildiği ABD'de yeraltı su kaynaklarının kaya gazı çıkartma faaliyetlerine bağlı olarak kirlendiğine ilişkin bir bulgu ortaya konmamıştır.

Benzer şekilde kuyulardan yeraltı sularına doğalgaz karışması da düzgün yapılan uygulamalarda çok düşük bir ihtimal olarak değerlendirilmektedir. Şimdiye kadar yeraltı sularına gaz karıştığı iddiasıyla incelenen birçok olayda, sularda bulunan gazın, su kaynaklarının içinden geçtiği kömür yataklarına bağlı biyojenik gaz olduğu ve kaya gazı faaliyetleriyle ilgisi bulunmadığı ortaya çıkmış olup yalnızca Pennsylvania'da hatalı bir kuyuda meydana gelen bir kazadan dolayı içme sularına doğalgaz karıştığı belirlenmiştir. ABD'de yılda 15 binin üzerinde kuyu açıldığı ve aktif halde on binlerce kuyu bulunduğu hesaba katıldığında bu tip risklerin oldukça düşük olduğu değerlendirilmektedir.

Hidrolik çatlatma amacıyla kuyulara pompalanan suyun yaklaşık üçte biri yeryüzüne geri dönmektedir. Bu suyun sızmalara karşı güçlendirilmiş havuzlarda toplanması gerekmektedir. Havuzlarda biriktirilen su, ya yeniden çatlatma sıvısı olarak kullanılmakta, ya da arıtılarak kanalizasyona verilmektedir. Hidrolik çatlatma suyuna ilişkin arıtma faaliyeti başka herhangi bir endüstriyel faaliyet sonucu ortaya çıkan atık su arıtma süreçlerinden farklı olmayıp, sonucunda ortaya çıkan arıtılmış atık suyun doğaya zararlı olmadığı ifade edilmektedir.

Kaya gazı üretiminde kuyu başına 4 bin ila 18 bin m³ su kullanılmaktadır. Bir kaya gazı üretim kuyusu için kullanılan toplam su miktarının ortalama büyüklükteki bir golf sahasının yaklaşık 3 haftalık su kullanımına denk düştüğü hesaplanmaktadır. Kaya gazı üretim faaliyetleri için büyük miktarlarda su kullanımının gerekli olduğu kuşkusuz olmakla birlikte, kentsel kullanım dahil olmak üzere diğer endüstrilerdeki su kullanımı ile kıyaslandığında, doğalgaz üretiminin tek başına su kaynaklarının aşırı tüketilmesine neden olabilecek bir faaliyet ölçeği yaratmadığı ortaya çıkmaktadır.

Gerek doğalgazın diğer fosil yakıtlara oranla daha temiz ve daha verimli bir enerji kaynağı olması, gerekse üretim maliyetlerinin görece düşüklüğü dikkate alındığında, uygun mevzuatın düzenlenmesi ve sektörün titizlikle denetlenmesi durumunda kaya gazı üretiminin kayda değer bir çevresel tahribat yaratmayacağı; aksine kömür ve nükleer gibi daha riskli ve/veya çevreye zararlı yakıt türlerine alternatif yaratarak çevresel

açından uzun vadede olumlu sonuçlar doğuracağı düşünülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, depolama ve süreklilik sorunları nedeniyle günün her saatinde ve yüksek yük talebi yaşanan durumlarda alternatif kaynaklarla yedeklenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda hızla devreye alınabilmesi ve devreden çıkartılabilmesi nedeniyle doğalgaz kombine çevrim santrallerinin yaygınlaşmasının, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilmesi açısından da olumlu bir sinerji yaratacağı tahmin edilmektedir.

3.4. Jeopolitik Değerlendirmeler

Enerji güvenliği başlığı, hemen hemen sanayi devriminin başından beri küresel siyasetin ve jeopolitik literatürünün önde gelen bileşenlerinden olmuştur. Elektrik üretimi ve ulaştırmadaki yeri nedeniyle petrol ve doğalgaz kaynaklarına erişim ve maliyetler, stratejik açıdan çok önemli olup ekonomik ve politik sonuçlarıyla ülkelerin geleceğinde hayati rol oynamaktadır.

ABD ve Çin açısından ekonomik gelişmelerini sürdürebilmek için yabancı enerji kaynaklarına bağımlılık, süregelen bir problemdir. Avrupa ise doğalgaz ihtiyacını karşılamak için en büyük tedarikçisi olan Rusya'ya bağımlı durumdadır.

ABD'de başlayan kaya gazı üretiminin, potansiyel barındıran diğer Avrupa ve Asya ülkelerinde yaygınlaşmasının, bu bağlamda jeopolitik etkiler doğurması kuşkusuz görünmektedir. ABD ve Kanada'nın yüksek miktarlarda doğalgaz ihracatı yapabilmeye başlaması, dünya doğalgaz fiyatlarında aşağı yönlü bir baskı yaratabilecektir. Benzer şekilde başta Polonya olmak üzere Avrupa'da kaya gazı üretiminin artırılabilmesi halinde Rusya'ya olan bağımlılığın bir ölçüde azalması mümkün olabilecektir. Bu gelişmelerin yaşanması halinde, uzun vadeli kontratlarla ve yüksek fiyatlama gücüyle satış yapabilen Rusya ve benzeri konvansiyonel doğalgaz üreticilerinin piyasadaki hâkimiyetinin sarsılabileceği düşünülmektedir.

Öte yandan küresel doğalgaz piyasasında hissedilir değişikliklerin yaşanması için gerekli bazı temel bileşenler nedeniyle, yukarıda tarif edilen şekilde kaymaların olmasının orta vadede güç olduğu da hesaba katılmalıdır. Küresel piyasada doğalgaz kontratlarının vadelerinin kısılması ve fiyatlama sisteminin geleneksel gaz ihracatçıların aleyhine değişmesi için yaygın ve derinliğe sahip bir LNG piyasası oluşması zorunludur. Bunun için öncelikle ihracat potansiyeline sahip ülkelerde LNG sıvılaştırma yatırımlarının gerçekleştirilmesi, ithalatçı ülkelerin ise boru hatlarına alternatif LNG gazlaştırma alt yapılarına sahip olması gerekmekte olup ciddi bir yatırım maliyeti söz konusudur. Kaya gazı üretiminin artması beklenen ülkelerde eş zamanlı olarak diğer yakıtlara talebin azalacağı ve doğalgazın toplam enerji pastasındaki payının artacağı hesaba katıldığında, üretim artışının ne kadarının uluslararası ticarete konu olabileceği belirsiz durumdadır.

Japonya'da Fukuşima depremi sonrasında nükleer santrallerdeki sorunlar nedeniyle elektrik üretim kapasitesi %20 azalmış ve bu durum Japonya'nın doğalgaz talebini artırmıştır. Benzer şekilde, Avrupa'da da tesislerin yaşlanması nedeniyle elektrik üretim altyapısının yaklaşık %30'unun gelecek 20 yıl içinde yenilenmesi gerekmektedir. Yeni kurulacak altyapıda doğalgaz santrallerinin öncelikli tercih olması halinde, Avrupa'da artan enerji talebinin giderek daha fazla doğalgazla karşılanma ihtimali, doğalgaza olan toplam talebi de yükseltecek ve Rusya'nın en büyük tedarikçi olarak pozisyonunu daha uzun bir süre devam ettirmesine olanak sağlayabilecektir.

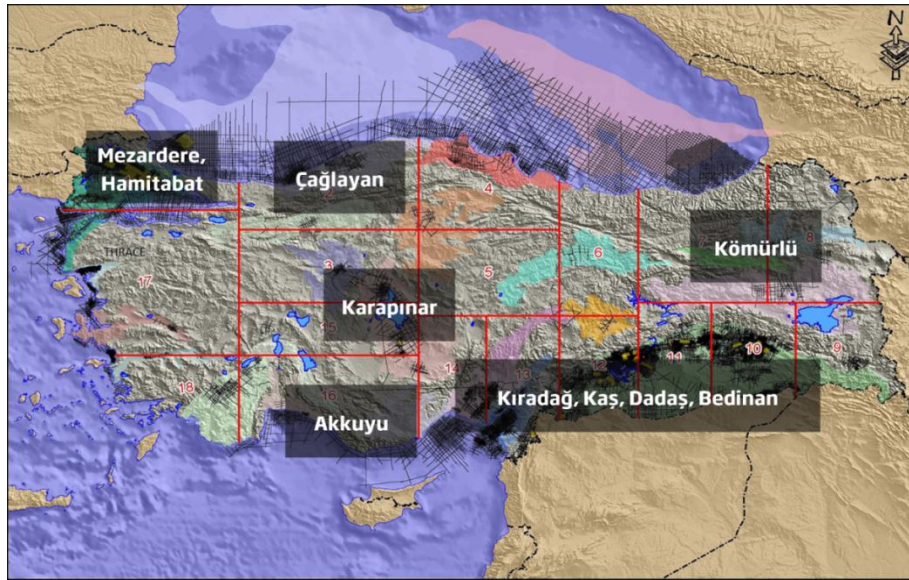
Her şeye rağmen, başta ABD, Kanada, Çin ve Avustralya olmak üzere geleneksel olmayan doğalgaz kaynaklarından yaygın şekilde üretim gerçekleştirilmeye başlanmasının, gelecek 50 yılda küresel hidrokarbon piyasalarında önemli değişiklikleri tetikleyeceği anlaşılmaktadır. Kuzey Amerika ve Avrupa'nın hidrokarbon kaynakları açısından kendine yetebilir hale gelmeye başlaması, özellikle ABD'nin küresel stratejik önceliklerinde de belirli oranda kayma yaratabilecek; bu çerçevede Orta Doğu ülkelerinin de küresel jeopolitik denklem içindeki yeri farklılaşabilecektir. Orta Doğu'daki enerji kaynaklarına hâkimiyet ve bu kaynakların gelişmiş ülkelere ulaştırılması açısından önem arz eden enerji koridorlarının nasıl yapılacağı konularındaki gelişmeler, büyük resimde uzun vadede yaşanabilecek değişiklikler çerçevesinde yeniden şekillenebilecektir.

4. Türkiye’de Kaya Gazı

ABD Enerji Bilgi İdaresi (U.S. Energy Information Administration) tarafından yayımlanan 2011 tarihli “Dünya Kaya Kaynakları (World Shale Gas Resources)” başlıklı raporuna göre Türkiye’nin çıkarılabilir kaya gazı rezervleri yaklaşık 424 milyar m³ düzeyindedir. Öte yandan rapora kaynak oluşturan araştırmada Türkiye’nin halihazırda jeolojik ve sismik verilerinin bulunduğu ve tarihsel olarak hidrokarbon aramalarının yoğunlaştığı Trakya ve Güneydoğu Anadolu havzalarına ağırlık verilmiştir. Jeolojik tahminlere göre, Türkiye’nin henüz yoğun bir şekilde incelenmeyen başta İç Anadolu havzası olmak üzere diğer bölgelerinde de kaya gazı ve sıkı kumtaşı gazı rezervleri keşfedilebileceği ifade edilmektedir. Bu nedenle mevcut durumda hesaplanan çıkarılabilir rezervlerin yeni jeolojik ve sismik verilerin elde edilmesiyle yükselebileceği tahmin edilmektedir.

Türkiye’de kaya gazı üretimi açısından sonuç alınabilecek ve yatırımların yoğunlaşması beklenen bölgeler **Şekil 14**’te gösterilmiştir.

Şekil 14. Türkiye’de Kaya Gazı Üretilebilecek Bölgeler



Kaynak: TPAO, Yurdal Öztaş, “New Horizon for Turkey: Unconventional Hydrocarbon Potential”

Türkiye’de bulunan şeyl formasyonlarının, tabaka derinliği ve kalınlığı, kayaçların hidrolik çatlatmaya uygun mineral bileşimleri ile ekonomik üretim için tercih konusu olan özellikleri taşıdığı ifade edilmektedir. Yaygın doğalgaz dağıtım ağı ve yatırımı kolaylaştırıcı yöndeki mevzuatın da kaya gazı üretimini teşvik edeceği düşünülmektedir. Türkiye’de kaya gazı üretimini düzenleyen mevzuatın kaynağı, 6326 sayılı Petrol Kanunu olup kaya gazı üretimine ilişkin hidrolik çatlatma ve atık yönetimi ile ilgili konular da tamim ve genelgelerle düzenlenmiş durumdadır.

Türkiye’deki kaya gazı potansiyelinin değerlendirilmesine ilişkin çalışmalar halen TPAO öncülüğünde yürütülmektedir. Bu kapsamda 2010 yılında ABD menşeli Transatlantic Petroleum firması ile, 2011 yılında ise Shell ile arama ve üretim anlaşmaları yapılmıştır. Yakın zamanda TPAO ile anlaşığı açıklanan ExxonMobil ile Çalık Grubu (Kanada Menşeli Anatolia Energy ile ortaklık halinde) kaya gazı arama faaliyetlerine başlayan diğer kuruluşlardır. TPAO’nun kendi petrol arama sahalarında kaya gaza üretimi için çalışmalara başlamayı planladığı da edinilen bilgiler arasındadır.

Anılan şirketlerin yanı sıra sektöre ilgi gösteren ve girişimde bulunmak için fizibilite çalışmaları yürüten çok sayıda firma bulunduğu bilinmektedir. Başta Shell ve ExxonMobil olmak büyük petrol şirketlerinin girişimlerinin olumlu sonuçlanması halinde, sektöre ilginin artarak devam edeceği tahmin edilmektedir.

5. Genel Değerlendirme

Enerji başlığı, tüm ülkeler açısından ekonomik ve siyasi boyutlarıyla hayati önemdedir. İster geniş kaynaklara sahip olsun, ister enerjide dışa bağımlı olsun; başta fosil yakıtlar olmak üzere enerji üretimi ve ticaretinde zincirin neresinde yer aldıkları, ülkelerin ekonomilerini ve siyasetlerini doğrudan etkileyebilmektedir. Bu nedenle enerji kaynaklarına düşük maliyetle, kesintisiz ve yeterli erişim olarak tanımlanabilecek enerji güvenliğinin sağlanması, her ülke için bir zorunluluk olarak değerlendirilmektedir.

Küresel ısınmayla mücadele ve sürdürülebilirlik bağlamında yenilenebilir enerji kaynaklarının giderek daha fazla gündeme gelmesine rağmen halen küresel enerji talebinin büyük bölümü fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Gelecek yıllarda paylarının azalması beklenmekte birlikte, 2035 itibarıyla toplam enerji ihtiyacının %75'inin hidrokarbonlardan karşılanacağı tahmin edilmektedir. Petrol, kömür ve geleneksel doğalgaz kaynaklarının ülkelere dağılımı, bu kaynaklardan gerçekleştirilen üretim ve enerji kaynaklarının ticareti, aynı zamanda jeopolitik bir denklemi tanımlamaktadır. Bu çerçevede kaya gazıyla ilgili gelişmeler, enerji kaynaklarının dağılımı, üretimi ve ticaretinde önemli değişikliklere neden olma potansiyeli dolayısıyla söz konusu jeopolitik denklemde de değişiklikleri gündeme getirebilecektir.

Geçtiğimiz on yılda ABD'de yaygın bir şekilde üretilmeye başlanan kaya gazı, benzer jeolojik özelliklere ve kaya gazı rezervlerine sahip olan diğer bölgelerde de alternatif bir doğalgaz kaynağı olarak tartışılmaya başlanmıştır. Özellikle mevcut durumda enerjide net ithalatçı konumunda olan ülkeler açısından bu rezervlerin değerlendirilmesi önemli avantajlar sağlayabilecektir. Kaya gazı üretiminin küresel ölçekte artması, doğalgaz ticaretinin de farklılaşmasına neden olabilecektir. Denizaşırı uzun mesafelerde doğalgaz nakliyatı için kurulması planlanan LNG sıvılaştırma ve gazlaştırma tesislerinin devreye alınmasıyla birlikte spot LNG piyasalarının da gelişmesi beklenmektedir. Bu gelişmelerin, geleneksel olarak boru hatlarıyla yapılan ve uzun vadeli doğalgaz alım kontratlarına konu olan ticaret şekline ciddi bir alternatif yaratacağı ve kontrat sürelerinin kısalmasına neden olacağı tahmin edilmektedir. LNG piyasasında derinliğin artışıyla birlikte şimdiki durumda uzun vadeli anlaşmalarla gaz ihraç eden ülkelerin tekel avantajlarını ve bundan doğan fiyatlama güçlerini belli ölçülerde yitirmesi öngörülmektedir.

Enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü doğalgazdan karşılayan ve doğalgazın tamamına yakını ithal eden Türkiye için de, sahip olduğu kaya gazı rezervlerinin değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Mevcut en güncel incelemeye göre Türkiye'nin çıkarılabilir kaya gazı rezervleri 424 milyar m³ olup, bu rakam ülkenin yaklaşık 10 yıllık doğalgaz ihtiyacına karşılık gelmektedir. Öte yandan yeni sismik çalışmalarla elde edilecek verilerle birlikte Türkiye'nin rezervlerinin de artabileceği ifade edilmektedir. Henüz başlangıç aşamasında olmakla birlikte Türkiye'de kaya gazı üretimi için çalışmalar başlamış durumdadır. TPAO ile anlaşma yapan firmaların yanı sıra TPAO'nun da kendi sahalarında üretim için çalışma yürüttüğü belirtilmektedir.

Gerek dünya doğalgaz piyasasında yaşanması muhtemel değişim, gerekse Türkiye'deki potansiyelin hayata geçirilme süreci çerçevesinde kaya gazı üretimi ile ilgili gelişmelerin önümüzdeki dönemde ülkemizin enerji gündeminin ilk sıralarında yer alması beklenmektedir. Yatırımların yaygınlaşması ve artan miktarlarda üretime başlanabilmesi durumunda kaya gazı kaynaklarının, enerji güvenliğinin sağlanması açısından Türkiye'nin elini güçlendireceği değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- Bahtiyar, İ. (2013) "Is Shale Gas & Oil an Opportunity for Turkey and Investors", Türkiye Uluslararası Şeyl Gaz ve Petrol Konferansı, 20-21 Şubat 2013
- Enerji Enstitüsü, <http://enerjienstitusu.com>
- International Energy Agency (2012), "Golden Rules for a Golden Age of Gas"
- International Energy Agency (2012), "Key World Energy Statistics"
- International Energy Agency (2012), "Gas: Medium Term Market Report"
- International Energy Agency (2012), "Natural Gas Information"
- International Energy Agency (2012), "World Energy Outlook 2012"
- Koca Ö. (2013), "Şeyl Gaz, Çevre ve Yasal Mevzuat", Türkiye Uluslararası Şeyl Gaz ve Petrol Konferansı, 20-21 Şubat 2013
- KPMG (2011), "Shale Gas - A Global Perspective"
- Kul M. (2013), "Geleneksel Olmayan Gaz", Türkiye Uluslararası Şeyl Gaz ve Petrol Konferansı, 20-21 Şubat 2013
- NaturalGas.org, <http://www.naturalgas.org>
- Oil & Gas Journal, <http://www.ogj.com>
- Öztaş Y. (2013), "New Horizon for Turkey: Unconventional Hydrocarbon Potential", Türkiye Uluslararası Şeyl Gaz ve Petrol Konferansı, 20-21 Şubat 2013
- Ridley, M. (2011), "The Shale Gas Shock"
- Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, <http://www.tpao.gov.tr>
- U.S. Department of Energy - NETL (2011), "Shale Gas: Applying Technology to Solve America's Energy Challenges"
- U.S. Department of Energy - NETL (2009), "Modern Shale Gas Development in the United States"
- U.S. Energy Information Administration (2011), "World Shale Gas Resources"
- World Energy Council (2011), "Survey of Energy Resources: Focus on Shale Gas"



YASAL UYARI

Bu rapor Bankamız uzmanları tarafından güvenilir olduğuna inanılan kamuya açık kaynaklardan elde edilen bilgiler kullanılmak suretiyle, sadece bilgilendirme amacıyla hazırlanmıştır ve hiçbir şekilde finansal enstrümanların alım veya satımı konusunda tavsiye veya finansal danışmanlık hizmeti sağlanması olarak yorumlanmamalıdır. Bu raporda yer verilen görüş ve değerlendirmeler, hiçbir şekilde Türkiye İş Bankası A.Ş.'nin kurumsal yaklaşımını yansıtmamakta olup, raporu kaleme alan uzmanların kişisel görüş ve değerlendirmeleridir. Türkiye İş Bankası A.Ş. bu raporda yer alan bilgi, görüş ve değerlendirmelerin doğru, değişmez ve eksiksiz olması konusunda herhangi bir şekilde garanti vermemektedir. Türkiye İş Bankası A.Ş. bu raporda yer alan bilgilerde herhangi bir bildirimde bulunmaksızın değişiklik yapma hakkına sahiptir. Bu rapor ve içindeki bilgilerin kullanılması nedeniyle doğrudan veya dolaylı olarak oluşacak zararlardan Türkiye İş Bankası A.Ş. hiçbir şekilde sorumluluk kabul etmemektedir.

İşbu rapor üzerinde Bankamızın telif hakkı olup, Bankamızın yazılı izni alınmaksızın herhangi bir kişi tarafından, herhangi bir amaçla, kısmen veya tamamen çoğaltılamaz, dağıtılamaz veya yayımlanamaz. Tüm haklarımız saklıdır.
