

# KÖMÜR KÖKENLİ METANIN DOĞAL GAZ OLARAK KULLANIMI

Arş. Gör. İzzet KARAKURT

[karakurt@ktu.edu.tr](mailto:karakurt@ktu.edu.tr)

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

Arş. Gör. Gökhan AYDIN

[gaydin@ktu.edu.tr](mailto:gaydin@ktu.edu.tr)

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

Yrd. Doç. Dr. Kerim AYDINER

[aydiner@ktu.edu.tr](mailto:aydiner@ktu.edu.tr)

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

## ÖZET

Kömürleşme ile oluşmaya başlayan metan gazı, kömür işletmeleri için büyük tehlike oluşturmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar ve geliştirilen yeni üretim teknikleri sayesinde kömür işletmeleri için sorun oluşturan bu gazın, tehlikesiz hale getirilmesi mümkün hale gelmiştir. Gazın üretilmesiyle kömür işletmelerinde metan kaynaklı problemler önlenecek ve gaz bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Kömür kökenli gaz, içerdiği metan oranına göre çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Gazın yaygın kullanım alanlarından biri doğal gaz olarak kullanılmasıdır. Kömür damarlarından drenaj vasıtasıyla elde edilen gaz, içerdiği metan miktarına ve bileşimine bağlı olarak zenginleştirme ile veya zenginleştirme yapılmadan doğal gaz olarak kullanılabilir. Bu çalışmada farklı drenaj yöntemleriyle üretilebilecek gaz miktarı ve saflığı belirlenmiş kömür kökenli gazın, doğal gaz olarak kullanılabilmesi için gerekli koşulları irdelenmiştir. Bunun yanı sıra, dünyada uygulanan kömür kökenli doğal gaz çalışmaları hakkında bir değerlendirme de sunulmuştur.

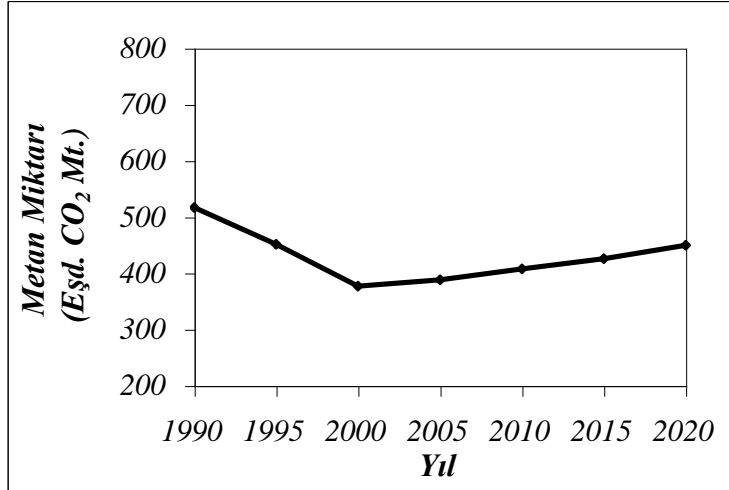
## 1 Giriş

Jeotermal, güneş, rüzgâr, dalga gibi temiz enerji kaynakları günümüzde çevre kavramı ile iyi dost olmalarına karşın kendilerine özgü enerji dönüşüm sistemleri ve teknolojiler gerektirdiğinden gereken ilgiyi görmemektedirler. Bunun yanı sıra nükleer enerji konusundaki tartışmalar ve özellikle gelişmiş ülkelerde bu enerjiye karşı oluşan tepkiler, henüz bu teknolojiye sahip olmayan ancak yapımını planlayan ülkeleri düşündürmektedir. Bu yüzden çevresel etkileri bakımından bazı dezavantajları olmasına rağmen; kömür, bitümlü şeyl, petrol gibi fosil yakıtlar grubu içinde yer alan doğal gaz bu grup içinde en temiz yakıt olması nedeniyle özel bir ilgi alanı içindedir ve önemi her geçen gün artmaktadır (Şengiller, 1996).

Petrol ve doğal gaz oluşumuna yönelik yapılan araştırmalar, organik maddeler içeren çökel kayaların yeterli sıcaklıkta belirli bir süre kaldıklarında, organik maddelerin geçirdiği bir dizi fiziko-kimyasal değişimler sonucu gaz oluşturmalarını göstermiştir. Benzer şekilde, içerisindeki minik kökenli organik madde ile bir ana kaya olarak adlandırılabilir kömür içerisinde de doğal gaz oluşumu vardır. Yani gaz oluşumu, organik maddenin sıcaklık ve zamana bağlı durumu ile ifade edilir. Kömürleşme ile birlikte % 95'ten fazla metan, çok düşük miktarlarda yüksek hidrokarbon ve % 3'ten az karbondioksit, nitrojen ve su oluşmaktadır (Gürdal ve Yalçın, 1992).

Kömürleşme ile başlayan metan gazı, kömür madenleri için işletme sırasında büyük tehlike oluşturmaktadır. Ancak bu potansiyelin tehlikesiz duruma getirilmesi ve ekonomiye kazandırılması mümkündür. Önümüzdeki yıllarda enerji gereksiniminin artacağı düşünülen ülkemizde, enerji temini ve çeşitlilik ilkesi gözetildiğinde kömür kökenli doğal gaz yeni bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bir sera gazı olan metan, toplam antropojenik (insan kaynaklı) emisyonlarının % 16'sını oluşturmaktadır. Metan emisyonunu oluşturan kaynaklar sektörel bazda ele alındığında, toplam metan emisyonunun % 6-8'i madencilik faaliyetlerine bağlı olarak oluşmaktadır. (Kruger ve Franklin, 2006).



Şekil 1. Kömür üretimine bağlı olarak oluşan ve oluşması beklenen metan emisyonlarının yıllara göre değişimi (Aydın, 2008)

Şekil 1, kömür üretimine bağlı olarak yıllar bazında oluşan ve oluşması beklenen metan emisyonlarındaki değişimi ifade etmektedir. Emisyonlarda 2000 yılına kadar bir azalma gözlenirken bu yıldan sonra artan enerji taleplerinin karşılanabilmesi için daha fazla üretim zorunluluğu ortaya çıkmış ve bunun bir sonucu olarak metan emisyonlarında artışlar gözlenmiştir. Kömür kaynaklı bu emisyonların azaltılabilmesi mümkündür. Bu amaçla, gaz doğal gaza alternatif bir kaynak olarak kullanılabilir.

Metan drenaj işlemleri, gazın değişik amaçlar için kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Ancak çoğu maden işletmesi drene edilen gazı kullanmak yerine doğrudan atmosfere bırakmaktadırlar. Bir sera gazı olarak metan CO<sub>2</sub>'te oranla 21 kat daha fazla etkiye sahip olduğundan küresel ısınmaya önemli derecede katkıda bulunmaktadır. Metanı atmosfere yaymak yerine yakıt olarak kullanmak gazın küresel ısınmaya etkisini yaklaşık 20 kata kadar azaltarak iklim değişim oranının yavaşlamasına yardımcı olacaktır (Aydın ve Karakurt, 2009). Çeşitli firmalar, yüksek ısı değerine sahip kömür kökenli metanı değerlendirmek için bazı araştırmalar yapmaktadır. Batı Avrupa'da drene edilen metan çeşitli yollarla demir çelik endüstrisi, kok ve tuğla fırınları, cam fırınları, plastik üreten kimya endüstrisi gibi yerlerde yakıt olarak kullanılmaktadırlar (Flores, 1997).

## 2 Kömür Kökenli Metan (KKM)

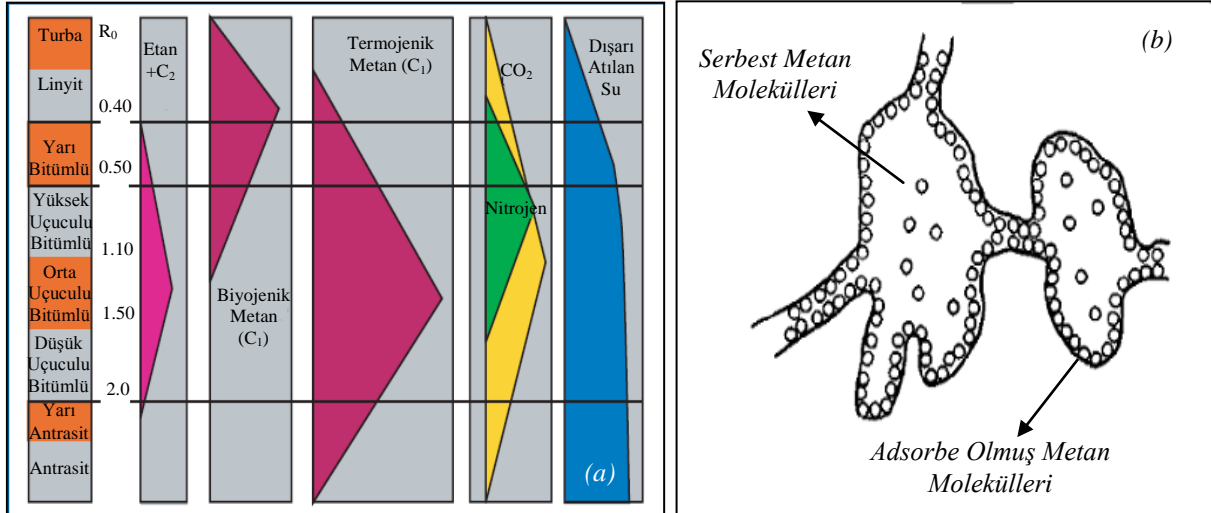
Kömür kökenli metan, kömür damarlarında doğal olarak oluşan ve az miktarlarda hidrokarbon ya da hidrokarbon olmayan gazları içeren bir gazdır. Bitkisel atıkların geçirdiği

bazı kimyasal ve fiziksel işlemler sonucunda oluşan kömürleşmeyle birlikte metan gazı da oluşmaktadır. Özellikle sıcaklık ve basıncın etkisiyle bitkisel atıklar kömürleşmeye başlar ve bu olay esnasında metanın yanı sıra karbondioksit, azot ve su da oluşur.

Metan oluşumunda biyojenik ve termojenik olmak üzere iki mekanizma etkindir (Dallege ve Barker, 1999). Kömürleşme sürecinin ilk aşamalarında, bitkisel kökenli atıkların belirli sıcaklık ve basınçta mikrobiyolojik ayrışmasıyla biyojenik metan oluşur (Şekil 2a). Kömürleşme sürecinin bu aşamasında; fosil biyojenik metan birikimleri, metanın tutunabileceği bir rezervuar ya da kütlelenin olmayışı ve de oluşan gazın azlığı nedeniyle az görülür.

Artan derinlikle birlikte sıcaklığın artması, kömürleşme derecesini arttırdığı gibi termojenik metan oluşmasına da sebep olur. Artan derinlik kömürleşmeyi artıracığından metan miktarını da artırır (Yalçın ve Durucan, 1984). Kömür ile beraberindeki metan gazı, belli bir basınçta denge durumundadır. Bu basınç, kömürün rankı (derecesi), damar derinliği ve kömürün yapısına bağlıdır (Aydın ve Kesimal, 2007). Metanın, kömür içerisinde denge halinde bulunduğu basınç bozulmadığı müddetçe açığa çıkması söz konusu değildir.

Kömür içerisindeki metan; ya çatlak, kırık ya gözeneklerde serbest gaz, ya çatlaklarda veya gözeneklerde tutunmuş (Şekil 2b) ya da kömür içerisinde çözülmüş olarak bulunur. Bunlardan metanın serbest olarak bulunduğu durum ile yüzeye tutunmuş olarak bulunduğu durum emisyon açısından önemlidir (Yalçın ve Durucan, 1992).

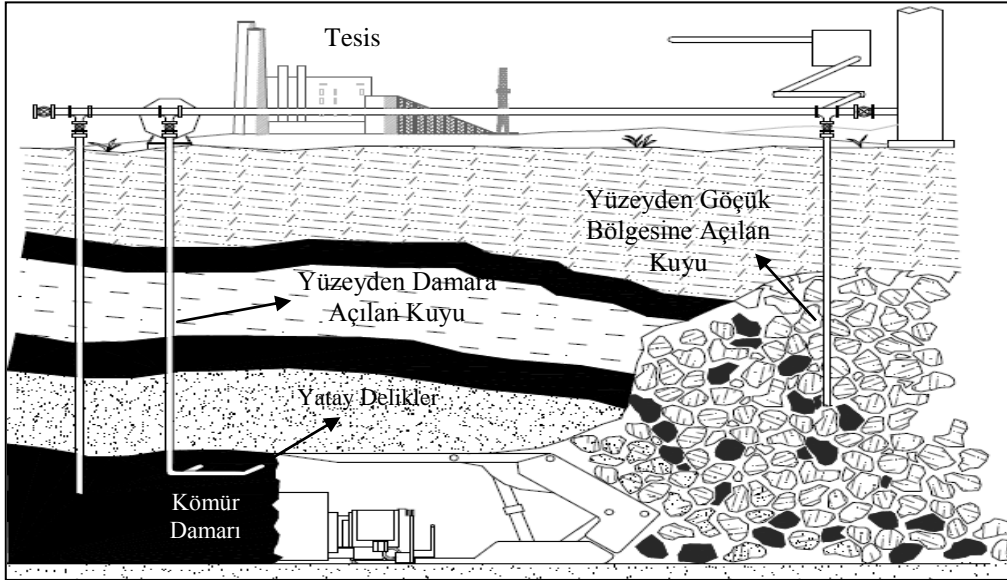


Şekil 2. a) Kömür ve metan oluşumu, b) metan moleküllerinin kömür gözeneklerindeki temsili görünüşü (Arthur vd., 2003; Yalçın ve Durucan, 1992)

### 3 Metan Üretim Yöntemleri

Metan gazının çeşitli alanlarda kullanılabilmesi için öncelikle uygun teknikler kullanılarak üretilmesi gerekmektedir. Elde edilen gaz miktarı; kömür damarı ve çevre kayacın gaz içeriği, tabakaların geçirgenliği, drenaj süresi, üretim sistemi ve diğer jeolojik değişkenlere bağlıdır (Xue ve Guo, 2003). Şekil 3, kömür damarlarından metan üretilmesi için yaygın olarak kullanılan yöntemleri göstermektedir. Bu yöntemler;

- i. **Madencilik öncesinde yüzeyden damara doğru açılan kuyular:** Tek bir kömür damarı ya da birkaç kömür damarı için, yüzeyden damara doğru düşey kuyular açılır ve metanın madencilik işlemleri öncesinde drenajını sağlar. Damarın gaz içeriğinin % 50-90'ı üretilebilmektedir.
- ii. **Tavan ve taban galerilerinden arın önüne delinen delikler:** Hazırlık galerilerinden damar içerisine doğru delinerek metan üretimi yapılır. Çalışılan bölgeye muhtemel gaz sızmasını önler.
- iii. **Yüzeyden göçük bölgesine açılan kuyular:** Kömür üretilip, göçertme işlemi yapıldıktan kısa süre sonra göçük bölgesindeki metanın elde edilmesi için yüzeyden göçük bölgesine kuyular açılır. Sadece göçertme işlemi yapıldıktan sonra üretim yapıldığı için düşey kuyulardan farklıdır.
- iv. **Tavan ve taban galerilerinden göçük bölgesine delinen çapraz delikler:** Çevreleyen kayacın ön drenajını yapmak ve göçük bölgesinde bulunan gazı boşaltmak amacıyla damarı çevreleyen tabakalara doğru açılan deliklerdir.



Şekil 3. Yaygın olarak kullanılan metan üretim yöntemleri (Anon, 1996)

#### 4 Doğal Gazlar

Oluşum ve kökeni yeterince aydınlatılmamış olan doğal gazlar, bazı araştırmacılara göre doğrudan magmadan, yerbilimcilerin büyük çoğunluğunun üzerinde birleştiği şekliyle de, denizlerin ve göllerin dibinde çökelen tortulların içindeki organik bakiyelerin milyonlarca yıllık bir zaman süreci içinde değişimi sonucunda oluşmuştur (Gültekin ve Örgün, 1993). Buna rağmen, oluşum koşulları ve bileşimlerine göre doğal gazları üç ayrı grupta sınıflamak mümkündür (Şengiller, 1996).

- i. **Biyojenik kökenli doğal gazlar:** Organik maddelerin biyolojik ve fizikokimyasal işlemler neticesinde hidrokarbonlara dönüşmesinden sonra oluşurlar. Bataklık, petrol ve kömür kökenli gazlar bu gruba dahildir.

- ii. **Magmatik ve metamorfik kökenli doğal gazlar:** Karbondioksit, karbonmonoksit, hidrojen sülfür, azot gibi gazların yanında su buharı ve asal gazları da içeren doğal gazlardır.
- iii. **Radyoaktif kökenli doğal gazlar:** Helyum başta olmak üzere radyoaktivite nedeniyle oluşan doğal gazlardır.

## 5 Kömür Kökenli Metanın Doğal Gaz Olarak Kullanımı

Kömür kökenli metan gazının, doğal gaz standartlarını karşıladığı durumlarda, doğal gaz hatları kömür kökenli metan için en önemli pazarlardan bir tanesi olmaktadır. Gazın bu amaçla kullanılabilmesi için en az % 95 metan içermesi ve % 4' den fazla nonhidrokarbon gazları içermemesi gerekmektedir. Koşulları sağlayan gaz basit bir zenginleştirme ile sıkıştırılarak civarda bulunan doğal gaz hatlarına sevk edilebilmektedir (Bibler ve Carothers, 2001).

Düşey kuyular ve tavan ve taban galerilerinde arın önüne delinen delikler vasıtasıyla üretilen metan gazı yüksek kalitede olduğundan dolayı doğal gaz olarak kullanılabilir. Gazın, doğal gaz gereksinimlerini karşılayamadığı durumlarda istenmeyen bileşenlerin ortamdaki uzaklaştırılmasıyla ve/veya gazın yüksek ısı değere sahip gaz ile karıştırılması ile gaz zenginleştirilebilmektedir (Karakurt vd, 2009).

Kömür kökenli metanın, doğal gaz olarak kullanılabilmesi için istenmeyen bazı bileşenlerin ortamdaki uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu bileşenler genellikle nitrojen, oksijen, karbondioksit ve su buharından oluşmaktadır. Zenginleştirme işleminin en kritik ve en pahalı bileşeni nitrojen arındırma ünitesidir (Sööt vd., 2006). Yaygın olarak kullanılan nitrojen arındırma teknolojileri; krojenik uygulamalar, basınç salınımıyla emilme sistemi ve selektif absorpsiyon teknolojileridir.

- i. **Krojenik uygulamalar (düşük sıcaklık uygulamaları):** Yüksek basınçta beslenen gaz kümesini sıvılaştırmak için bir dizi ısı değiştirici kullanılmaktadır. Yöntemde, karışım hareketlendirilir. Böylece azotça zengin akış damıtma ayırıştırıcı kanalına yönlendirilirken, metanca zengin karışım içte kalır.
- ii. **Basınç salınımıyla emilme sistemi:** Farklı konsantrasyonlarda ve oranlarda metan ve azotu selektif olarak adsorplamak için değişik maddeler kullanılmaktadır.
- iii. **Selektif absorpsiyon:** Değişik gaz türlerine bağlı olarak farklı absorpsiyon kapasitelerine sahip çözücüler kullanılmaktadır.

Gazın zenginleştirmesindeki başka bir seçenek gazın minimum doğal gaz standartlarını karşılaması için gerekli ve yeterli ısı değere sahip bir karışım oluşturmak amacıyla yüksek ısı değere sahip bir gaz ile karıştırılmasıdır. Zenginleştirmede kullanılan gaz, kömür kökenli metan ya da diğer geleneksel doğal gazlar olabilmektedir. Gazın kalitesini artırmak için kullanılan başka bir yöntem gaza propan eklenmesidir (Bibler ve Carothers, 2001).

Kömür kökenli metan, bazı bölgelerde sıvılaştırılmış doğal gaz üretimi için geleneksel doğal gazlara alternatif ve düşük maliyetli kaynak olabilmektedir. Gaz sıvılaştırma teknolojilerindeki gelişmeler ve küçük ölçekli soğutma ekipmanlarının boyutlarındaki küçülmeler, yöntemin uygulanabilirliğini kolaylaştırdığından, uygulamada son yıllarda artış

gözlenmeye başlanmıştır. Sıvılaştırılması düşünülen doğal gazın (kömür kökenli metan) öncelikle içerisindeki yabancı gazlardan arındırılması ya da seçilen sıvılaştırma yöntemlerine bağlı olarak kabul edilebilir konsantrasyonlara düşürülmesi gerekir. Bilinen yöntemlerden biri ile doğal gaz saflaştırıldıktan ya da zenginleştirildikten sonra ikinci kademedede sıvılaştırma işlemine tabi tutulmaktadır (Coşkun, 2004; Sööt vd., 2006).

## 5.1 Dünyada ve Türkiye'deki Uygulamalar

Enerji gereksiniminin giderek arttığı günümüzde, özellikle gelişmiş ülkeler yeni enerji kaynaklarına yönelik önemli çalışmalar yapmaktadırlar. Yeni bir enerji kaynağı olan kömür kökenli metanın doğal gaz olarak kullanımına yönelik çalışmalar Amerika'da devlet tarafından desteklenerek yoğun bir şekilde sürdürülmektedir. Gazlı kömür madenlerinden elde edilen kömür kökenli metan, doğal gaz dağıtım şirketlerine pazarlanmaktadır. (Bibler vd., 1997). Alaska'da 13 farklı kömür havzasında yapılan çalışmalar, kömür kökenli metan rezervinin yaklaşık 1 katrilyon kübik feet olduğunu göstermiştir. Alaska merkezli üç havzada daha yüksek kalitede ve oranda kömür kökenli metan tespiti yapılmış olup, bu gazın doğal gaz olarak değerlendirilebilirliğine yönelik projeler devam etmektedir. Washington'da üç farklı havzada yapılan çalışmalar, buradaki gaz rezervinin 24 ton kübik feet olduğu belirlenmiş ancak işletilebilir oranın ne kadar olduğu belirlenmemiştir (Arthur vd., 2003). Yapılan son tahminler, Avrupa'da kömür kökenli doğal gaz rezervinin yüksek olduğunu göstermiştir. Ancak Avrupa'daki kömür yatakları tektonizma, derinlik ve damar özellikleri Amerika'dakinden farklılıklar gösterdiği için burada yapılan çalışmalar Amerika'daki kadar başarılı olamamıştır. Almanya, İngiltere, Belçika, Polonya, Fransa ve İspanya gibi ülkelerde kömür kökenli doğal gaz çalışmalarına yönelik projeler devam etmektedir (Şengiller, 1996).

Ülkemizde, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü' nün yürüttüğü araştırmalarda Zonguldak taşkömürü havzasında, kömür gazı rezervi bulunmuştur (URL-1, 2004). Ereğli'den Kastamonu'ya kadar 7 bin 500 kilometrekarelik sahadaki 600 milyar metreküplük metan gazını çıkarmak için bir firma tarafından çalışmalar başlatılmıştır. Bu rezervin değerlendirilmesi durumunda, Türkiye'nin 10-20 yıllık tüm doğalgaz ihtiyacını karşılanabilmesi söz konusudur. Bu amaçla, Zonguldak - Kandilli ve Alacağzı bölgelerinde kömür kökenli metan gazı arama faaliyetleri hız kazanmıştır. Amasra ve Zonguldak 5 adet sondaj çalışmaları tamamlanmış, Karadon ve Arıt'ta da petrol, doğalgaz ve metan gazı arama ve üretme faaliyetleri sürdürülmektedir (URL-2, 2009)

## 6 Sonuçlar

Kömür işletmeleri drenaj ile birlikte elde ettikleri metan gazını genellikle atmosfere yaymaktadır. Bu durum küresel ısınmaya katkıda bulunmakta ve potansiyel olarak değerlendirilebilecek bir kaynağın israfı anlamına gelmektedir. Özellikle madencilik öncesinde kömür damarına delinen kuyular vasıtasıyla yüksek oranlarda metan üretilebilmektedir. Dünyadaki bazı kömür işletmeleri kömür damarlarından elde ettikleri bu gazı, doğal gaz olarak çeşitli firmalara pazarlamakta ve bu işten oldukça fazla gelir sağlamaktadırlar. Kimi durumlarda işletmelerin gazın satılmasından elde ettikleri gelir kömür satışından elde edilebilecek gelirden yüksek olmaktadır. Çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- i. Gazın doğal gaz olarak kullanılması durumunda gaz yanma sonucu karbondioksit dönüştürülmekte ve küresel ısınma üzerindeki etkisi minimuma inmektedir.

- ii. Civarda gaz dağıtım hatlarının mevcut olması ve bu hatların üretim bölgesine yakınlığı uygulamanın maliyeti üzerinde önemli etkiye sahip olacaktır.
- iii. Madencilik öncesinde kömür damarına delinen düşey kuyular vasıtasıyla üretilen gaz direkt olarak ya da basit bir zenginleştirme ile bu amaçla kullanılabilir.
- iv. Gazın doğal gaz olarak kullanılabilmesi için minimum % 95 oranda metan içermesi ve % 4' den düşük oranlarda non-hidrokarbon gazları içermesi gerekmektedir.
- v. Gazın doğal gaz gereksinimlerini karşılayamadığı durumlarda, gaz konsantrasyonunun yükseltilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ise istenmeyen bileşenlerin ortamdan uzaklaştırılmasıyla ve/veya gazın yüksek ısıl değere sahip gaz ile karıştırılması ile sağlanabilmektedir.
- vi. Petrol zengini olmayan Ülkemizin kömür rezervi göz önüne alındığında, kömür kökenli metan araştırmalarına yönelik projelerin artırılması kaçınılmazdır. Ülkemiz kömür rezervlerinden elde edilecek gaz, enerji bazında dışa bağımlılığı minimuma indirecek, ülke ekonomisine önemli katkıda bulunacaktır.

## 7 Kaynaklar

- Arthur, D., Langus, B. and Schatzinger, V.R., Coalbed Natural Gas Resources and Produced Water Management, Gas TIPS Summer 2003, Erişim Mart 2009.
- Aydın, G. ve Karakurt, İ., 2009, Yer altı Kömür Damarlarından Üretilen Metanın Kullanım Teknolojileri, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 15, Sayı 1.
- Aydın, G. ve Kesimal, A., 2007, Kömür Madenciliğinde Metan Drenajının Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Madencilik, Cilt 46, Sayı 4, s. 11-20.
- Anon, 1996, Guidebook on Coalbed Methane Drainage for Underground Coal Mines, <http://www.epa.gov/cmop/docs/red001.pdf>
- Bibler, C. ve Carothers, P., 2001, Overview of Coal Mine Gas Use Technologies, <http://www.ravenridge.com/Utilization.PDF>
- Coşkun, S., 2004, Doğal Gazın Sıvılaştırılmasında Kullanılan Klasik Kaskad Soğutma Sisteminin Matematiksel Analizi, Uludağ Üniversitesi. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 1, 2004.
- Dallegge, T. ve Barker, C., 1999, Coalbed Methane Gas-in-Place Resource Estimates Using Sorption Isotherms and Burial History Reconstruction: An Example from the Ferron Sandstone Member of the Mancos Shale, Utah, U.S., Geological Survey Professional Paper, 1625-B.
- Flores, R.M., 1997, Coalbed Methane: From Hazard to Resource, International Journal of Coal Geology, 35, 3-26.
- Gürdal, G. ve Yalçın, M.N., 1992, Kömürde Gaz Birikmesini Kontrol Eden Parametreler- Genel Bakış, Türkiye 8. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, s. 279-290.
- Gültekin, H.A. ve Örgün, Y., 1993, Doğal Gaz ve Çevre, Çevre Dergisi, Sayı 9.

- Karakurt, İ., Aydın, G. ve Aydın, K., 2009, “Kömür Madenlerinden Açığa Çıkan Metan Gazının Azaltım Seçenekleri”, 3. Madencilik ve Çevre Sempozyumu, sayfa 165-172, 11-12 Haziran, Ankara.
- Sööt, M.P., Jesse, R.D. ve Simith, E.M., 2006, Coal Mine Methane Utilization Options, 11<sup>th</sup> U.S./North American Mine Ventilation Symposium, June, pp. 407-411.
- Şengiller, İ., Kömür Kökenli Doğal Gaz, Jeoloji Mühendisliği, Sayı 49, Kasım 1996, Ankara.
- Yalçın, E. ve Durucan, Ş., 1984, Zonguldak Kömürlerinin Açığa Çıkabilen Metan İçerikleri, Türkiye 4. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, s. 319-331.
- Xue, S. ve Guo, H., 2003, Control Drainage Gas Quality and Quantity from Underground Coal Mines to Enhance its Utilization Options. [www.coalinfo.net.cn/coalbed/meeting/2203/papers/coal-mining/CM009.pdf](http://www.coalinfo.net.cn/coalbed/meeting/2203/papers/coal-mining/CM009.pdf)
- URL-1, 2004, “Zonguldak İl Çevre Durum Raporu”, [http://www.cedgm.gov.tr/icd\\_raporlari/zonguldakidc2004.pdf](http://www.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/zonguldakidc2004.pdf), Erişim Ekim 2009.
- URL-2, 2009, <http://www.kobiden.com/yazdir.asp?id=957>, Erişim Ekim 2009.