

Metan Gelirini Tahmin Yöntemlerinin İlkeleri ve Pratikte uygulamaları

**The Principles and Practical Applications of
Methane Prediction Methods**

Vedat DİDARİ(*)

ÖZET

Bir ocak kesiminin hazırlığı sırasında bu iş yerine olası gaz yayılmasının önceden tahmini, havalandırma ve drenaj sistemlerinin tasarım ve planlanması için ön koşuldur. Metanın madencilik çalışmaları sırasında serbest kalarak ocak içine yayılması konusundaki bilgi birikimine dayalı olarak çeşitli tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yazıda bu tür yöntemlerin dayandığı temel ilkeler açıklanmakta ve yöntemlerin pratik olarak uygulanmasına örnekler verilmektedir.

ABSTRACT

During the development stage of a coal mine section, the accurate prediction of expected gas emission into this working is essential for designing and planning the ventilation and methane drainage systems. There are various prediction methods each of which depends on the available information about the liberation mechanism of gas. In this article, the basic principles on which these methods are based have been explained and numerical examples have been given for the practical purposes.

(*) Y. Doç. Dr., H.Ü.Z.M.F., Maden Müh. Böl., ZONGULDAK

1. GİRİŞ

Metan gazının madencilik çalışmaları sırasında ocak içine yayılması, kömür madenciliğinde iş güvenliğinin en önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır. Bu gazın ocak kesimlerinde birikmesi, boğulma olaylarına veya patlamalara yol açabildiği gibi ani gaz ve kömür (veya kayaç) püskürmeleri de ocaklarda tehlikeli durumlar yaratabilmektedir.

Metan gazının neden olduğu sorunlara karşı savaşım, diğer bir deyişle metan denetimi, birbirini tamamlayan iki tür çalışma ile yapılmaktadır. Bunların ilki, etkin bir havalandırmanın sağlanması ve ikincisi de metan drenajıdır. Bu çalışmaların sağlıklı bir biçimde planlanıp yürütülmesi için, hazırlanmakta olan bir ocak veya panoda karşılaşılabilecek metan sorununun, yaklaşık olarak da olsa, bir tahmininin yapılması gerekmektedir. Bu amaçla çeşitli araştırmacılar tarafından, birbirinden az çok farklı, yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler, özde, metanın ocak içine yayılma mekanizması hakkında varolan bilgi birikimine dayanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

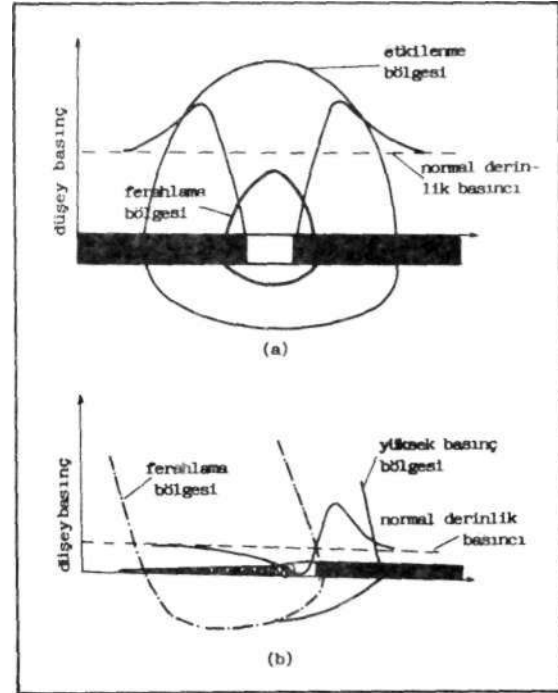
Kömürleşme süreci boyunca büyük miktarlarda gaz oluştuğu ve bu gazın bir kısmının kömürde tutulduğu bilinen bir olgudur. Kömürde tutulan gazın % 90 - 95 kadarı metandır. Diğer gazlar ise karbondioksit ile etan, propan, bütan vb. ağır hidrokarbonlardır. Keza, bir miktar azot, karbonmonoksit, kükürtlü hidrojen ve bazen hidrojene de rastlanmaktadır.

Metan gazı, kömür ve çevre kayaçları içinde iki durumda bulunmaktadır: serbest gaz ve soğurulmuş (sorbed) gaz. Kömür ve çevre kayaçların çatlak, mikro çatlak ve gözeneklerinde serbest durumda bulunan gazın miktarı, kömürün mikro çatlaklarının ve gözeneklerinin iç yüzeylerinde soğurulmuş olan gazın miktarı ile karşılaştırıldığında çok düşüktür (toplam gazın % 5-10' u kadar).

3. METANIN SERBESTLEŞMESİ VE OCAK İÇİNE YAYILMASI

Doğal koşullarda (yeraltında çalışmalar öncesinde) metan, basınç altında duraylı bir denge-

dedir. Doğal gerilmeler altında gerek kömür ve gerekse çevre kayaçların geçirgenliği, metanın hareketine izin vermeyecek kadar düşüktür. Madencilik çalışmaları sırasında tabakalardaki doğal gerilmeler sistemi bozulur. Çalışan iş yerleri çevresinde dinamik bir gerilme sistemi oluşur. Bu da tabakalarda mikro çatlaklanmalara ve zayıflamalara yol açar. İş yerleri çevresinde oluşan bu değişiklikler, çok basit olarak bir basınç bölgesiyle çevrelenmiş bir ferahlama bölgesi şeklinde karakterize edilmektedir (Şekil 1). Gerilme değişimine uğrayan bölgelerdeki tabakalarda oluşan mikro çatlakların nitelik ve niceliği, tabakaların cinsine kalınlığına ve iş yerine uzaklığına bağlıdır. Ayrıca, iş yerinin derinliği, şekli, boyutları ve komşu iş yerlerinin konumları olayı etkilemektedir. Kömürün doğal yapısı nedeniyle, çevre tabakalarda hiç çatlaklanma olmadığı veya çok az çatlaklanma olduğu durumlarda da kömür damarlarında çatlaklanmalar gelişebilmektedir.



Şekil 1. Galeride (a) ve uzun ayakta (b) ferahlama bölgeleri (Biron, 1971; Saltoğlu, 1975)

Damarların içerdiği gaz, ancak ocak iş yerlerine akacağı yollar bulunduğu zaman yayılabilir. Bu durum, damarların ferahlama bölgesine girdiği ve bu damarlarla ocak iş yerleri arasındaki tabakalar içinde açık mikro çatlakların geliştiği (dolayısıyla geçirgenliğin arttığı) yerlerde oluşmaktadır. Damarın ferahlama bölgesinden geçen bir

galeri veya sondaj deliği bulunmaktaysa yine aynı durum ortaya çıkmaktadır.

Bu oluşan akış yollarından serbest gaz, öncelikle ayak, göçük sahası, ve taban yolları gibi düşük gaz başmandaki sahalara akmaktadır. Serbest gazın ayrılması ile soğurulmuş gazda dışa soğurum (desorpsiyon) başlamakta ve bu da damardaki gaz basıncı ocak havalandırmasının basıncına düşünceye kadar ya da tabakaların yeniden yüklenmesi sonucunda akış yolları kapanıncaya kadar sürmektedir.

4. GAZ YAYILMA BÖLGELERİ

4.1. Sürülmekte Olan Bir Taban Yoluna Gaz Geliri

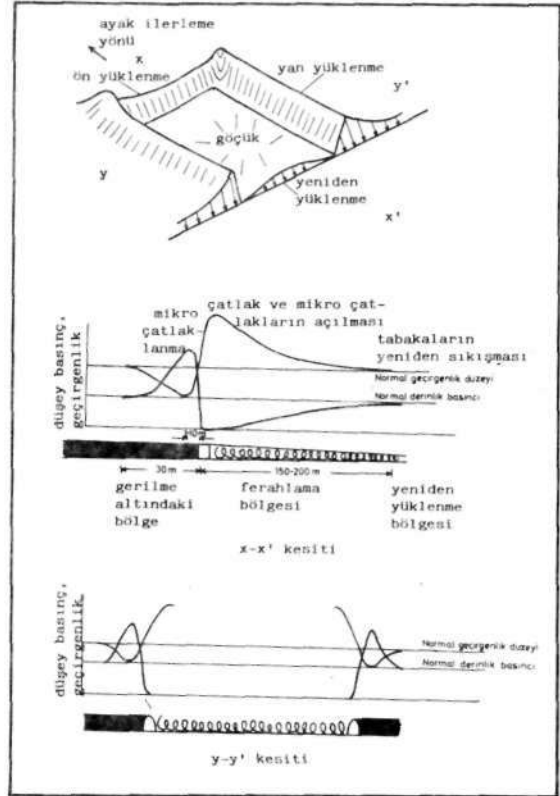
Bir taban yolu sürülürken normal derinlik basıncı, yan duvarlarda basınç yığılmaları oluşturmak üzere dağılmaktadır. Böylece, taban yolunu çevreleyen bir ferahlamış ve çatlaklanmaya başlamış bölge oluşmaktadır (Şekil 1—a). Bu çatlaklanmış bölgenin gelişmesi, temelde zamanın bir fonksiyonu olup 3-5 ay gibi bir süre içinde ortamın dayanım özelliklerine ve damarın kalınlığına bağlı olarak yol açıklığının 3-4 katı kadar bir uzaklığa ulaşabilmektedir (Boxho ve ark. 1980).

Bakir arazide sürülen taban yoluna gaz geliri, genel olarak, sadece yolun içinde, sürüldüğü damardan ve bu çatlaklanmış bölgeden olmaktadır. Ortalama gaz miktarı, damarın gaz içeriğine ve arın ilerleme hızına bağlıdır.

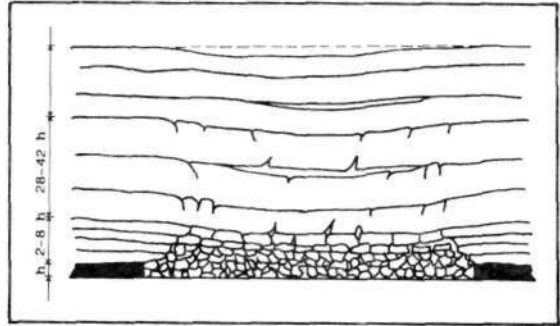
Taban yolu daha önce değişikliğe uğramış ve çatlaklanmış ama içerdiği gazı boşaltmamış bir sahada sürülmeğe daha uzaktan da gaz geliri olanaklıdır.

4.2. Uzun Ayaklara Gaz Geliri

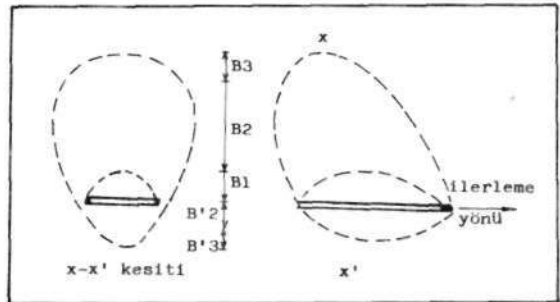
Uzun ayaklarda tavan ve tabanda yer alan tabakalardaki hareketler sırasında uzun ayak çevresinde oluşan gerilme dağılımları ve buna bağlı olarak geçirgenlikteki değişimler Şekil 2'de gösterilmiştir. Göçertmeli bir ayakta tavan tabakalarının hareketi sonucunda oluşan bölgeler ve bu bölgelerin yükseklikleri Şekil 3'de verilmiştir. Bu bilgilere dayanılarak ve tavandaki basınç yığılmaları nedeniyle taban tabakalarında oluşacak hareketler de dikkate alınarak uzun ayak çevresinde gaz açısından farklı karakterde üç bölge ayrılabilir (Şekil 4).



Şekil 2. Bir uzun ayak çevresinde gerilme ve geçirgenliğin dağılımı (Whittaker, 1974'den değiş.)



Şekil 3. Uzun ayak çevresinde ferahlamış bölgeler (Peng—Chiang, 1984)



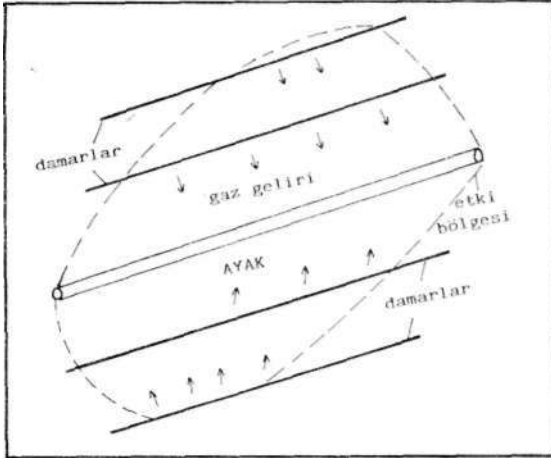
Şekil 4. Uzun ayak çevresinde ferahlamış bölgeler (Boxho ve ark. . 1980)

Ayağa en yakın olan B1 bölgesinin taban kısmı (B'1), çoğunlukla görülmeyip tavan kısmı daha önemlidir. Burada, kırılmış yalancı tavan, düzensiz bloklar halinde parçalanmış ve parçalar geliş güzel bir biçimde üst üste yığılmıştır. Tabakalar tekrar yüklendiklerinde de bu bölgedeki çatlak ve boşluklar kolay kolay kapanmamakta ve ayak çevresinde çok geçirgen bir saha oluşmaktadır.

Daha geniş olan ikinci bölge (B2 ve B'2) ilk bölgeyi tamamen örtmektedir. Burada, kayalar çatlaklanmış ve tabakalar birbirinden ayrılmışlardır. Yeniden yüklenme durumunda bu bölgedeki çatlaklar kısmen kapanır ve geçirgenlik önemli oranda azalır. Ancak yine de doğal gerilme durumundaki değerinden daha fazladır. Avrupa madenciliğinde bu bölgenin yaygınlığının tavanda 100 m ve tabanda 50 m dolaylarında olduğu belirtilmektedir (Boxho ve ark., 1980).

İkinci bölgeyi çevreleyen B3 ve B'3 bölgelerinde, tabakalarda bir miktar ferahlama olmakla birlikte kayalar çok az çatlaklanmıştır. Burada tabakaların geçirgen olmadığı kabul edilebilir. Ancak, bu bölge içine düşen kömür damarları geçirgenlik kazanabilir ve bu damarları kesen bir galeri veya sondaj deliğine metan geliri olabilir.

Eğer eğimli bir damarda çalışma söz konusuysa bu bölgeler, üst kotta daha yüksek bir tavan kısmı ve alt kotta daha derin bir taban kısmı oluşturmak üzere genişlemektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Eğimli damarda metan yayılımı (Swift ve ark., 1970)

5. GAZ YAYILMA ORANLARI

Bir iş yerinin çevresindeki gaz yayılma bölgelerinde yer alan her bir gaz kaynağı (damar

veya -varsa- gaz içeren diğer bir kayaç tabakası), bu iş yerine uzaklığına göre içerdiği gazı tamamen veya kısmen buraya verecektir. Keza, iş yerinin içinde yer aldığı damar da içerdiği gazın tamamını veya belli bir kısmını bu iş yerine verecektir.

Uzun ayaklar için, çeşitli araştırmacılarca belirlenmiş olan gaz yayılma bölgeleri ve gaz yayılma oranları, Çizelge 1 ve 2'de topluca verilmiştir.

Çizelge 1. Gaz Yayılma Bölgeleri ve Oranları (Boxho ve ark., 1980)

Yöntem	Gaz Yayılma Bölgesi		Gaz Yayılma Oranı, %	
	Tavan	Taban	Tavan	Taban
Gunther	dikdörtgen prizma h = 100m	dikdörtgen prizma h = 100m	100	100-h
Jeper	dikdörtgen prizma h = 165m	dikdörtgen prizma h = 85m	h < 50m : 90 30m < h < 120m : q ₁ = 2 100 q ₂ 120m < h < 170m : q ₁ = 2 c ₁ = 2(170-h)	h < 10m : 90 10m < h < 55m : 2(55-h)
Flügge	genişliği L olan prizma: h = 0,5 L tan	-	100-200 h cos	L
Schulz	çapı L olan yarım silindir	dikdörtgen prizma h = 20m	100 L ² - 4h ² L	h < 5m : 100 h > 5m : 133 - 6,7h
Winter	Sınırsız blok (pratik olarak % 10 gaz yayı oranı alınır)	-	h < 20m : 100 h > 20m : 100 e ^{-(h-20)}	h < 6m : 100 h > 6m : 100 e ^{-(h-6)}
Lidin	dikdörtgen prizma h = 60M (1,2 ± cos α) + : tavan, - : taban için bölge sınırlarını verir.	-	100 (1 - h' / h _{max})	-
Airey	sınırsız blok	-	-	abaklar yarımıyla

Çizelge 2. Çalışan Damardan Gaz Yayılma Oranları (Boxho ve ark., 1980)

Yöntem	Gaz Yayılma Oranı, %
Gunther ve Jeper	50
Airey	$-\left(\frac{x_0 + 1}{W t}\right)$
Diğerleri	$100 \left[1 - e^{-\frac{h}{L}} \right]$

Çizelge 1 ve 2'deki sembollerin tanımları ve birimleri:

- h : tabakalaşma derinliğine dik olarak yükseklik, m
- h' : dikey uzaklık, m
- α : prizma açısı (tavan için 45° - 58,5° ve taban için 22,5°)
- q₁ : damardan çıkan gaz içeriği, m³/t
- L : ayak boyu, m
- M : sabit (tavan için 0,012-0,016 ve taban için 0,03-0,07)
- α : damar eğimi, (°)
- M : damar kalınlığı, m
- L : arın-önyüklenme mesafesi, m
- W : ilerleme hızı, m/s
- x₀, t₀ ve n : sabitler

6. TAHMİNİ GAZ GELİRİNİN HESABI

6.1. Bir Damardan Yayılacak Gazın Miktarı

Çevredeki her hangi bir damardan çalışan ayağa yayılacak olan gazın miktarı ya da diğer

bir deyişle bir damarın toplam yayılacak gaz miktarına katkısı, şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ \text{Damarın} & \text{Görece} & \text{Damarın} & \text{Gaz ya} \\ \text{gaz} & = \text{damar} & \text{x gaz} & \text{x yılma} \\ \text{yayılması} & \text{kalınlığı} & \text{içeriği} & \text{oranı} \end{matrix} \quad (D)$$

Burada,

- 1: damarın, ayağa yayılacak toplam gaz miktarına katkısı, m^3/t
- 2: damarın kalınlığı/çalışan damar kalınlığı
- 3: genel olarak, dışa soğrulabilen gaz içeriği (q_d), m^3/t
- 4: çizelgeler yardımıyla hesaplanan orandır % .

6.2. Yayılacak Toplam Gazın Miktarı

Bu, ayakta kazılacak kömürün tonu başına o ayağa yayılacak olan metan miktarı (m) olup "özgül gaz yayılması değeri" (spesific gas emission) olarak da adlandırılmaktadır. Bütün kaynaklardan yayılacak gaz miktarlarının toplamı olarak hesaplanmaktadır:

$$^{\circ}s = ^{\circ}tv + ^{\circ}ay + ^{\circ}tb \quad (2)$$

Burada,

- O : özgül gaz yayılması değeri, m/t
- O_{tv} : tavandaki kaynaklardan toplam gaz yayılması, m/t
- O_{ay} : ayağın çalıştığı damardan yayılan gaz, m^3/t
- O_{j_3} : tabandaki kaynaklardan toplam gaz yayılması, m/t

6.3. Gaz İçeren Kayaç Tabakalarından Yayılacak Gaz Miktarı

Gunther'in yönteminde, ayırım gözetilmeksizin 100 m kalınlığında bir kayaç tabakası 1 m kalınlıktaki bir kömür damarına eşdeğer olarak düşünülmektedir, jeger'e göre ise 100 m'lik şeyi veya şeyli ince kumtaşı ya da 10 m'lik iri kumtaşı tabakalarının eşdeğeri, 1 m kalınlıkta kömür olarak alınmaktadır. (Boxho ve ark., 1980)

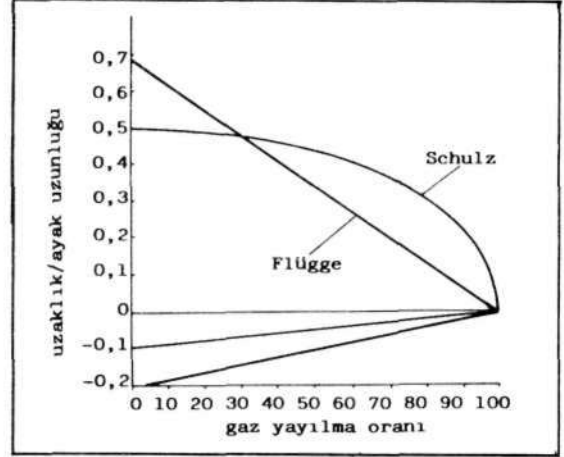
6.4. Eski Çalışmış Sahalardan Yayılacak Gaz Miktarı

Eğer daha önce etkilenmiş sahalardan gaz ge-

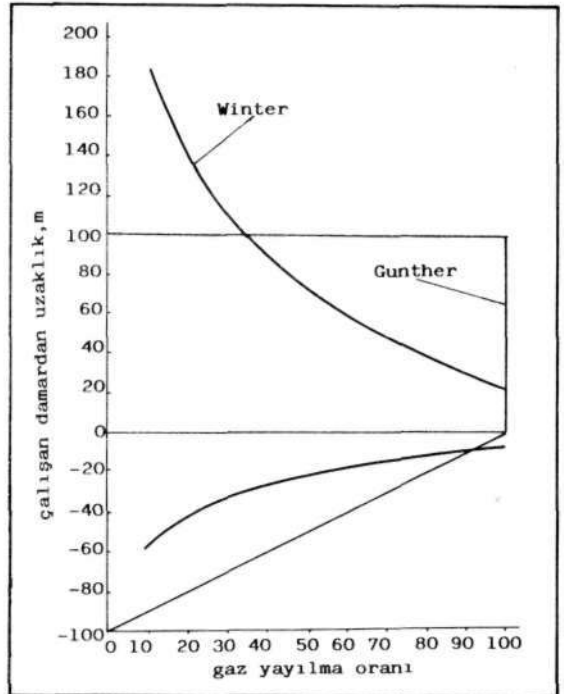
lirinin tahmini söz konusuysa, bu kaynaklardan daha önce boşalmış olacağı düşünülen gazın hesaplamalarda dikkate alınması gereklidir.

7. ÖRNEK UYGULAMA (KARADON-ÇAY DAMARI)

Şekil 6 ve 7'de Çizelge Vde verilen gaz yayılma oranlarıyla ilgili fonksiyonlardan yararlanarak dört örnek yöntem için grafikler çıkarılmıştır.



Şekil 6. Komşu damarlardan gaz yayılma oranları (Boxho ve ark., 1980'den kısalt.)



Şekil 7. Komşu damarlardan gaz yayılma oranları (Boxho ve ark., 1980'den kısalt.)

Çizelge 3. Toplam Gaz Yayılmasının Hesabına Örnek—Karadon, Çay Daman

Damar	Gerçek Kal.(m)	Görece Kal.	Gaz İçeriği /t)	Çal.Dam. Uzak (m)	Gaz Yayılma Oranı %				Özgül Gaz Yayılma Değ. (m /t)			
					Flügge	Schulz	Winter	Günther	Flügge	Schulz	Winter	Gunther
Hacimemiş ara tabaka	1,00	0,13	7,0	170	0	0	11	0	0	0	0,11	0
Sulu ara tabaka	44	0,06	11,0	148	-	-	-	11	-	-	-	0
Acılık ara tabaka	1,90	0,25	8,0	126	0	0	23	0	0	0	0,06	0
Pirit ara tabaka	35	0,05	11,0	108	-	-	-	100	-	-	-	0,55
Çay ara tabaka	1,90	0,25	11,5	91	12	0	37	100	0,56	0,83	1,06	2,88
Tavan (0,2)	35	0,05	11,0	73	-	-	-	100	-	-	-	0,55
ÇAY	0,80	0,11	11,0	56	16	69	62	100	0,56	0,83	0,75	1,21
Taban (0,2)	10	0,05	11,0	20	-	-	-	100	-	-	-	0,55
TOPLAM			0 = 0,25 + 0,25						0,91	0,83	2,38	5,74
Hacimemiş ara tabaka	7,50	1,00	11,0	0	100	100	100	50	11,0	11,0	11,0	5,5(1)
Sulu ara tabaka	22	0,03	11,0	11	-	-	-	11	-	-	-	0,30
Acılık ara tabaka	1,75	0,23	11,0	22	25	0	39	79	0,63	0,99	0,99	2,00
Pirit ara tabaka	15	0,02	11,0	29	-	-	-	70	-	-	-	0,15
Çay ara tabaka	1,80	0,24	11,0	17	0	0	23	62	0	11	0,61	1,64
Taban (0,2)	18	0,02	11,0	46	-	-	-	55	-	-	-	0,12
Gökcan	0,50	0,07	11,0	55	0	0	10	45	0	0	0,08	0,35
TOPLAM			0 = 0,25 + 0,25						0,63	0,99	1,68	4,56
TOPLAM			0 = 0,25 + 0,25						12,54	11,83	15,06	15,80

Çizelge 3'de Karadon İşletmesi Kozlu Serisi damarlarından "Çay" için -360/-460 kotlarında hazırlanacağı ve dilimli olarak çalışacağı düşünülen 150 m uzunlukta bir ayak için özgül gaz yayılması değeri bu dört yöntemle göre hesaplanmıştır.

Hacı Memiş, Sulu, Acılık ve Çay damarlarının gaz içerikleri, yapılan nem, kül, sabit karbon ve uçucu madde analizlerine dayanılarak ve Kim tarafından geliştirilen amprük adsorpsiyon eşitliğinden (Kim, 1977) yararlanılarak hesap edilmiş olup ilgili veri bulunmayan Akalın ve Gökcan damarlarının gaz içerikleri, genel uygulama doğrultusunda, çalışan damarınkine (Çay) eşit olarak kabul edilmiştir.

Yapılan hesaplamada bakir bir ocak kabulünden yola çıkılmıştır. Üstteki damarların daha önce çalışmış olması durumunda bu damardan yayılacak gazın -uygulanan yöntemle göre- sıfır veya damarın özgül gaz içeriğinin % 50 si kadar olacağı düşünülmelidir. Çalışan damar daha önce üstteki damarın etki alanına girerek gazının belli bir oranını vermişse, bu miktarın da hesaplamalardan çıkarılması gerekir.

8. SONUÇ

Metan denetimi çalışmalarının sağlıklı bir biçimde tasarımı ve planlanması için ocak ya da panolara gaz yayılma miktarlarının, kabaca da olsa, önceden tahmini çok yararlı olmaktadır.

Gaz yayılma bölgeleri ve gaz yayılma oranları hakkındaki bilgi birikimi, bu tür tahminlerin % 20-30 yaklaşıklıkla yapılabilmesini olanaklı kılmaktadır. Konu, araştırmalara açıktır.

Tahminlerin güvenilirliği, büyük ölçüde, kömür damarlarının gaz içeriklerinin bilinmesine bağlıdır. İşletmelerin gaz içeriklerini rutin bir şekilde ölçecek servislere gereksinimi bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- BİRÖN, C., 1971; "Madenlerde Tahkimat İşleri", İ.T.Ü. MMF Yayını 83, İstanbul, 320 s.
- BOXHOJ., STASSEN, P., MUCKE.G., NOACK.K., JEGER, C., LESCHER,L., BROWNING, E.J., DUNMORE, R., MONIS, I.H., 1980; "Firedamp Drainage", Verlag Gluckauf GmbH, Essen, 420 s.
- KIM,A.G., 1977; "Estimating Methane Content of Bituminous Coal Beds from Adsorption Data", Bu. Mines RI 8245, 30 s.
- PENG, S.S., CHIANG,H.S., 1984; "Longwall Mining", Wiley, Newyork, 320 s.
- SALTOĞLU, S., 1975; "Madenlerde Havalandırma ve Emniyet İşleri", İ.T.Ü. Yayını 1019, İstanbul, 318 s.
- SWIFT, R.A., COOPER,L.R.,HIGHTON,W., JONES,C, Mc PHERSON,M.J., MORRISJ.H., RAINE,E.J., THORP, P., WHARTON,P.B.,1970; "Excessive Firedamp Emissions in Current Mining Pracuse", Colloquium on Mine Ventilation, Trans. Inst. Min. Engrs., CUt 129, Sayı113, s. 276 -288.
- WHITTAKER,B.N., 1974; "An Appraisal of Strata Control Practise", The Min. Eng., Ekim, s. 1302-1309.