

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ  
The sixth coal Congress of TURKEY

**METAN DENETİMİ GEREKSİNİMLERİNİN  
AMPİRİK TEKNİKLERLE BELİRLENMESİ**

DETERMINATION OF METHANE CONTROL  
REQUIREMENTS BY USING EMPIRICAL  
TECHNIQUES

**Vedat DİDARİ\***

**Ö Z E T**

Bu çalışmada; damarların gaz içerikleri ve gaz yayma karakteristikleri konularında yeterli veri bulunmadığında, hazırlanan bir panoda karşılaşılabilecek gaz sorunlarının önceden belirlenebilmesi amacıyla uygulanacak bir işlemler dizisi önerilmektedir. Uygun kabuller yapılarak ve çeşitli ampirik bağıntılardan yararlanılarak Kozlu Müessesesinde hazırlanmakta olan bir panonun havalandırma gereksinimleri hesaplanmış, damarların çalışma sırasının ve drenajın etkileri gösterilmiştir.

**A B S T R A C T**

In this paper, a procedure is proposed to determine the gas problems in a projected panel where limited and insufficient data are available on the gas contents and gas emission characteristics of the seams. By using various empirical equations and assumptions, the ventilation requirements for a developing panel in the Kozlu District of Turkish Hardcoal Enterprises have been estimated and the effects of extraction order of the seams and methane drainage have been presented.

(\*) : Yrd. Eos. Dr., H.U. 2cr&L<3ek M-herrtLslik FäüLtesi, Maden Mh. Ba.,2DXHDûK



Çizelge 1. Panonun Özellikleri

pano boyu	100 m
ayak uzunluğu	180 m
damar eğimi	25°
kalınlıklar:	
Çay III. Kat	3 m
Çay V. Kat	2.5 m
have genişliği	1.1 m
çalışan ayak boyu	45 m/gun
arın ilerleme hızı	2 m/hafta
komur yoğunluğu	1.4 t/m <sup>3</sup>

## 2. HAVALANDIRMA VE DRENAJ GEREKSİNİMİNİ VEREN TEMEL BAĞINTI

Bir panoya gönderilecek hava miktarının yeterli olup olmayacağını veya drenaj gerekip gerekmeyeceğinin ve üretim artışı vb- yeni durumlarda ortaya çıkabilecek sorunların araştırılması için aşağıda verilen bağıntı kullanılabilir:

$$(1 - \eta) P q_t / 86400 Q \leq c / 100 \quad [1]$$

Burada,

q : tahmini özgül metan yayılımı, m<sup>3</sup>/ton (Bkz. EK II)

P : öngörülen üretim miktarı, ton/gun

Q : hava miktarı, m<sup>3</sup>/san

c : arzulanan metan oranı (yasal sınır değeri), %

**V** tahmini drenaj verimi =  $\eta_{tv} + \eta_{tb}$  (Bkz. EK III)

$\eta_{tv}$  ve  $\eta_{tb}$ : sırasıyla, tavandan ve tabandan yapılan drenajın verimidir.

[1] eşitsizliği kullanmak suretiyle panonun üretim ve havalandırma koşullarının gözden geçirilmesi ve -gerekirse- yeniden tasarımı gidilmesi- olanaklı olmaktadır.

### 3. DAMAR GAZ İÇERİKLERİ VE OZGUL METAN YAYILIMLARI

[1] bağıntısında yer alan tahmini ozgul metan yayılımı  $C_q J$ , panoda çalışmalar sırasında üretilecek komurun tonu başına yayılması beklenen gaz miktarıdır ( $m^3$ ). Bu değer in tam olarak hesaplanabilmesi için; panonun çalışma koşullarının, çalışacak damarlar ile tavan ve tabanda yer alan damarların ve tabakaların metan içeriklerinin ve çalışan damarın gaz yayılma bölgesinin bilinmesi gereklidir.

Damarların gaz içeriklerinin ölçmeler yapılarak saptanması en sağlıklı yol olmakla birlikte bu tür verilerin yokluğunda bazı ampirik bağıntılardan yararlanılabilmektedir (Bkz. EK I). Hesaplanan damar gaz içerikleri Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Damar ve Komşu Tabakaların Kalınlıkları ile Gaz içerikleri

Damar ve Tabakalar	Kalınlık m	Gaz içerikleri, $m^3/ton$	
		Langmuir Bağın t ısıyla	Kim Bağmtısıyla
Sulu	1.0	11.4	13.3
ara tabaka	26.0		
Özkan	0.9		
ara tabaka	17.0		
Acılık	4.3	8.9	13.4
ara tabaka	37.0		
Pırıç	1.0		
ara tabaka	16.0		
Piç	0.5		
ara tabaka	67.0		
ÇAY III. Kat	3.0	10.2	14.4
ara tabaka	1B.0		
ÇAY V. Kat	2.5	11.4	14.0
ara tabaka	20.0		
Hacıpetro	1.0		

Langmuir Bağmtısıyla elde edilen değerler, Çay ve Acılık damarlarıyla ilgili bir deneysel çalışmada (4) elde edilen sonuçlara daha yakın çıkmaktadır. Bu nedenle ozgul gaz yayılımlarının hesabında bu değerler kullanılmıştır.

-485/-560 Çay Panosunda başlıca iki çalışma seçeneği vardır. Ya **önce** III.Kat ve bittikten sonra V.Kat, ya da ikisi birlikte çalışacaktır. Bu durumlarda karşılaşılabilecek gaz sorunlarını irdeleyebilmek amacıyla çeşitli teknikler kullanılarak yapılan hesaplamaların (Bkz. EK II) sonuçları Çizelge 3'de topluca verilmektedir.

Çizelge 3. Özgül Metan Yayılımı Değerleri, m<sup>3</sup>/ton

Yöntem	Çay III.Kat Ayak				Çay V.Kat Ayak			
	<sup>a</sup> tv	<sup>a</sup> d	<sup>a</sup> tb	<sup>a</sup> t	<sup>a</sup> tv	<sup>a</sup> d	<sup>a</sup> tb	<sup>a</sup> t
Günther	8.9	5	15.0	28.9	13.7	1.9	2.8	18.4
Jeger	21.1	5	8.8	34.9	13.9	2.1	4.0	20.0
Flügge	3.3	10	4.6	17.9	1.2	3.2	2.0	6.4
Schulz	2.5	10	0.0	12.5	0.5	11.0	0.0	11.5
Lidin	18.7	10	7.4	36.1	8.5	4.6	2.5	15.6
Winter	7.5	10	5.8	23.3	5.3	5.5	2.3	13.1
Airey	10.0	10	11.7	31.7	6.7	3.0	3.0	12.7

Çay panolarında daha önce yapılan üretim çalışmalarından edinilen bilgiler ışığında, Winter'in tekniğinin en uygun sonuçları verdiği görülmektedir (5). Daha sonra, Günther ve Flügge'nin teknikleri düşünülmelidir. Burada, Winter tekniği ile elde edilen sonuçlara göre hesaplamalar sürdürülecektir.

#### 4. PANONUN HAVALANDIRMA VE DRENAJ GEREKSİNİMLERİ

Donümlü-göçertmeli olarak üretimleri planlanan -485/-560 Çay III. ve V. Kat ayakların birbirinden bağımsız ya da birlikte çalışmaları söz konusudur. Birinci durumda, Çay III.Kat çalışacak ve üretimin bitiminde Çay V.Kat devreye girecektir. İkinci durumda, Çay III.Kat ayak 20-30 m ilerledikten sonra Çay V.Kat ayak üretime geçecek ve iki ayak birlikte çalışacaktır.

##### 4.1 Ayakların Bağımsız Çalışması Durumu

Bu durumda, Çay III.Kat çalışırken beklenen özgül metan yayılımı 23 m<sup>3</sup>/ton dur. Bu ayakta üretimin tamamlanmasından sonra çalışacak olan Çay V.Kat "rahatlamış" olmakta ve gaz geliri 13 m<sup>3</sup>/ton olarak beklenmektedir.

Havadaki metan oranının % 1'e düşürüleceği varsayılarak, [1] bağıntısında, Çay III. ve V. Katlar ile ilgili bilgiler yerine konulduğunda, Çizelge 4 elde edilmektedir (Drenaj verimlerinin hesaplama biçimi, EK III'de verilmiştir).

Çizelge 4. Çay Panosunun Havalandırma Gereksinimi (Bağımsız Çalışma Durumunda)

Ayak	Üretim	Hava miktarı (Q), m <sup>3</sup> /dak			
		$\eta=0$	$\eta=\eta_{tv}=0.26$	$\eta=\eta_{tb}=0.10$	$\eta=\eta_{tv}+\eta_{tb}$
Çay III.	208	332	246	299	213
Çay V.	1/5	156	116	142	102

Görüleceği üzere tavandan drenaj yapılması durumunda Çay III. Kat için 86 m<sup>3</sup>/dak ve V. Kat için 40 m<sup>3</sup>/dak hava kazanımı söz konusudur. Üretim artışı durumunda bu rakamlar da büyüyecektir. Ek olarak tabandan da drenaj yapılmasının, Çay III. Kat için önemli yararı olacağı görülmektedir (33 m<sup>3</sup>/dak kazanım).

#### 4.2 Ayakların Birlikte Çalışması Durumu

Bu durumda iki seçenek söz konusudur. Ya aynı sayıda ekiple her iki ayakta da günde 22.5 m lık bir uzunluk çalışabilir ya da ekip sayısı artırılarak her iki ayakta da 45 m lık bir uzunlukta üretim yapılabilir. Genel durum, aynı sayıda ekiple çalışmak şeklinde olup buna uygun olarak yapılan hesaplamalar, Çizelge 5'de verilmektedir.

Çizelge 5. Çay Panosunun Havalandırma Gereksinimi (Birlikte Çalışma Durumunda)

Ayak	Üretim (P), ton	Hava miktarı (Q), m <sup>3</sup> /dak			
		$\eta=0$	$\eta=\eta_{tv}=0.26$	$\eta=\eta_{tb}=0.10$	$\eta=\eta_{tv}+\eta_{tb}$
Çay III.	104	166	123	150	107
Çay V.	87	79	58	71	50
Birlikte	191	245	181	221	157

### 4.3 Genel

Drenaj yapılmaksızın çalışılması durumunda, ayakların birlikçe üretime alınmasında yarar olduğu görülmektedir. Bu şekilde çalışma, aynı miktar üretimin daha az hava miktarı ile sağlanabilmesini olanaklı kılmaktadır,

EK II-Çizelge 7 ve 8'den görüleceği üzere, tavanda yer alan Acılık damarının daha önce çalışılması durumunda, Çay ayaklarda beklenen özgül metan yayılımı değerleri, 3.5 ve 2 m /ton kadar azalmaktadır.

Yukarıda sozu edilen çizelgelerin incelenmesiyle, metan denetiminde yararlı olabilecek, bir çok bilginin sağlanması olanaklıdır.

### 5, SONUÇ

Havalandırma ve metan drenajı çalışmalarının sağlıklı bir biçimde tasarımında damar ve tabakaların gaz içeriklerinin ölçülerek saptanması ve damarların *-havzaya özel- gaz* yayılma bölgeleri ve oranlarının belirlenmesi esastır. Ancak, bu tür bilgilerin bulunmadığı durumlarda yürütülecek çalışmalarda, bu bildiride ayrıntılarıyla tanıtılmış ve uygulanmış olan tekniklerden yararlanılması olanaklıdır.

Pratik koşullara en çok uyan sonuçları veren teknikler temel alınarak hazırlanacak bilgisayar programları ile, çeşitli seçeneklerin kısa sürede incelenmesi ve değerlendirilmesi sağlanabilir.

## EK I

### DAMAR GAZ İÇERİKLERİNİN HESAPLANMASI

İki değişik soğurma (adsorpsiyon) eşitliğinden hareket edilmiştir.

#### 1. Langmuir Eşitliği (6):

$$q = \frac{q_{\infty} k p}{1 + k p} \quad [2]$$

Burada,

q: damarın gaz içeriği, m /ton (kuru-külsüz kömür)

p: damar gaz basıncı, MPa

k ve  $q_{\infty}$  : Langmuir sabitleri, sırasıyla, m /MN ve m /ton

F.Almanya'da, pek çok ölçünün sonuçlarından yola çıkılarak, sabitlerin ranka bağlı olarak saptanmasına olanak sağlayabilecek grafikler çıkarılmıştır (1,6). Şekil 2'de basitleştirilerek verilmiş olan bu grafikler ile aşağıda verilen nem ve kül için düzeltme eşitlikleri kullanılarak, damar gaz içerikleri hesaplanabilir.

$$q_{nem} / q_{kuru} = 1 / ( 1 + 0.31 N ) \quad [3]$$

Burada,

$q_{nem}$  ve  $q_{kuru}$  : sırasıyla, nemli ve kuru kömürün gaz içerikleri, m<sup>3</sup>/ton

N: nem miktarı, %

$$q_{tem} / q_{kül} = 1 / ( 1 - 0.01 a ) \quad [4]$$

Burada,

$q_{tem}$  ve  $q_{kül}$  : sırasıyla, temiz ve küllü kömürün gaz içerikleri, m<sup>3</sup>/ton

a: kül miktarı, % (ölçülen külün 1.1 katı alınır)

#### 2. Kim Eşitliği (7):

$$q = k_0 p^{n_0} - b T \quad [5]$$

Burada,

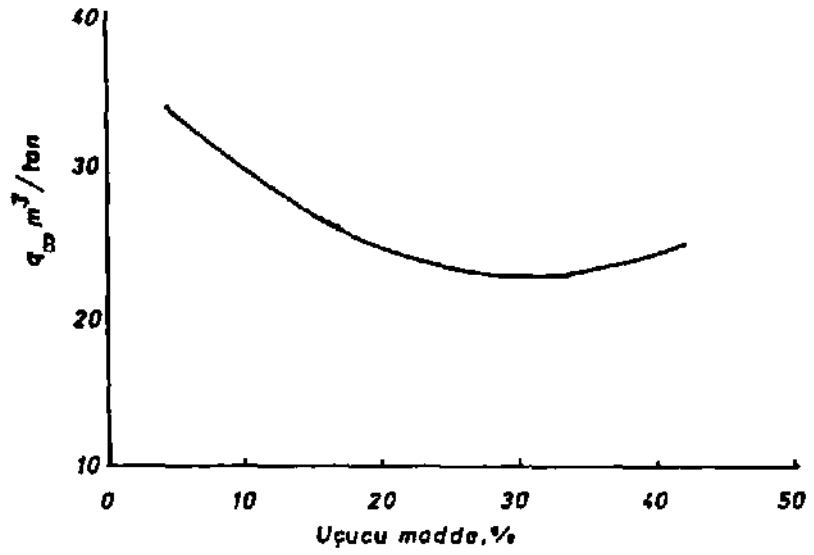
q: damarın gaz içeriği, m<sup>3</sup>/ton (kuru-külsüz kömür)

p: damar gaz basıncı, at

T: sıcaklık, °C

$k_0, n_0$  ve b: sabitler





Şekil 2. Langmuir Sabitleri (6'dan)

ABD kömürleri üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, sabitlerin kömürün bileşimine bağlı olarak hesaplanabilmesine olanak sağlayacak eşitlikler çıkarılmıştır (7).

$k_0$ : 0.79 (sabit karbon % / uçucu madde %) - 5.62

$n_0$ : 0.39 - 0.013  $k_0$

$b$  : 0.14 m<sup>3</sup>/ton/°C

Nem ve kul için düzeltmeleri de içeren genel eşitlik:

$$q = [(100 - nem - kul) / 100] (0.75) k_0 p^{n_0} - bT \quad [6]$$

Langmuir ve Kim eşitliklerini kullanarak gaz içeriklerinin hesaplanması için; damarların sağlıklı nem, kul, sabit karbon ve uçucu madde analizleri ile ocağın bulunduğu sahanın basınç ve sıcaklık değişkenlerinin (gradyan) saptanması gerekmektedir. TTK Merkez Laboratuvarlarında yapılan damar analizleri, Çizelge 6'da verilmiştir. Sıcaklık değişkeni içm Kozlu Müessesesinde yapılan bir çalışmadan (8) yararlanılmış olup basınç değişkeni için hidrostatik basınçtan hareket edilmiştir. Derinlik, panonun ortalama derinliği (520 m) olarak alınmıştır. Bu durumda;

sıcaklık değişkeni: 1.4 °C/100 m ve 520 m de: 7.28 °C

basınç " : 10 at/100 m ve : 52 at

Zonguldak için ortalama hava sıcaklığı : 13 °C

Böylece, soz konusu pano içm yerinde sıcaklık ve basınç değerleri, sırasıyla 20.3 °C ve 52 at (5270 kPa) olmaktadır.

[2] ve [6] eşitliklerine göre yapılan hesaplamalar, Çizelge 6'da topluca gösterilmektedir.

Çizelge 6. Damarların Gaz İçeriklerinin Hesaplanması

Damar	orjinal komürde		kuru-külsüz kom.		sabitler			Gaz İçeriği, m <sup>3</sup> /ton						
	%nem	%kül	%açucu	%sbt.C	%açucu	%sbt.C	k	q <sub>0</sub>	k <sub>0</sub>	n <sub>0</sub>	langmur'den	Kim'den		
											1*	2**		
Sulu	1.15	10.98	31.50	56.37	35.85	64.15	0.62	23	7.03	0.3	17.62	11.41	20.15	13.28
Acılık	2.60	8.16	32.61	56.63	36.54	63.46	0.62	23	7.00	0.3	17.62	8.88	20.05	13.41
Çay III.K.	2.00	5.39	30.54	62.07	32.98	67.02	0.60	22	7.22	0.3	17.50	10.15	20.77	14.41
Çay V.K.	1.25	8.75	29.64	60.36	32.93	67.07	0.60	22	7.23	0.3	17.50	11.41	20.80	14.04

1\* kuru-külsüz komürün gaz içeriği

2\*\* yerinde (orjinal) komürün gaz içeriği

## EK II

### TAHMİNÎ ÖZGÜL METAN YAYILIMININ HESAPLANMASI

Özgül metan yayılımı ( $q$  );

$$q_t = q_{tv} + q_d + q_{tb} \quad [7]$$

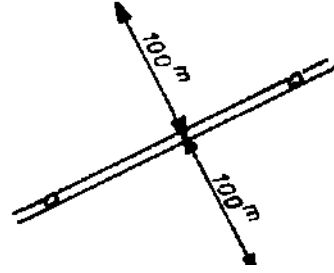
şeklinde açıklanmakta olup burada,  $q$  ,  $q$  ,  $q$  terimleri sırasıyla; tavandan, çalışan damardan ve tabandan gaz yayılımını ( $m^3/ton$ ) tanımlamaktadır.

Bu değerlerin hesaplanmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (1-3). Hesaplamalar sırasında; çalışan damar için belli bir gaz yayılma bölgesi tanımlanmakta ve bu bölgeye giren damarların, çalışan damara uzaklığına bağlı olarak, içerdikleri gazın belli bir oranını ayağa verecekleri kabul edilmektedir. Şekil 3'de çeşitli yöntemlere göre -485/-560 Çay panosu için çıkarılan gaz yayılma bölgeleri ve Şekil 4 • de ise gaz yayılma oranlarının hesaplanmasında kullanılmak üzere çizilen grafikler verilmiştir (Gerekli değerler Çizelge 2'den alınmış ve pratiklik açısından çalışan damar kalınlıkları III. ve V. Kat ayaklar için aynı (3 m) düşünülmüştür).

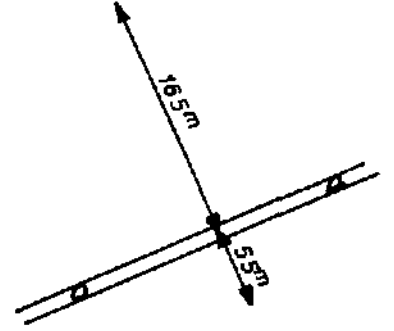
Çalışan damardan gaz yayılma oranları, Günther ve Jeger yöntemlerinde % 50, diğerlerinde % 100 dür (Airey yönteminde ayak ilerleme hızına bağlı olup Çay panosunda 2 m/hafta ilerleme için % 100 olarak hesaplanmıştır).

Çevre kayaçların gaz içeriği, sadece Günther ve Jeger yöntemlerinde dikkate alınmaktadır. Pratiklik açısından her iki yöntemde de Günther'in 100 m kayaç tabakasını 1 m kömür damarına eşdeğer tutan kabulü kullanılmıştır.

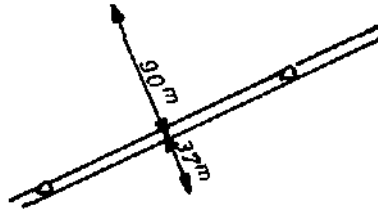
Çay III. Kat için hesaplar bakir saha üzerinden, Çay V. Kat için ise oynanmış ve bir miktar gazını kaybetmiş damar ve tabakalar için yapılmış olup sonuçlar, Çizelge 7 ve 8'de verilmektedir.



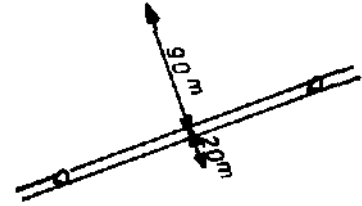
a) Günther



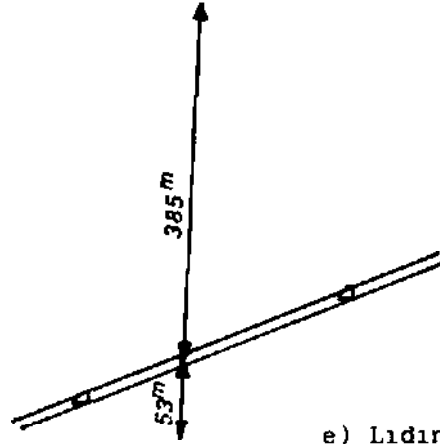
b) Jeger



c) Flügge



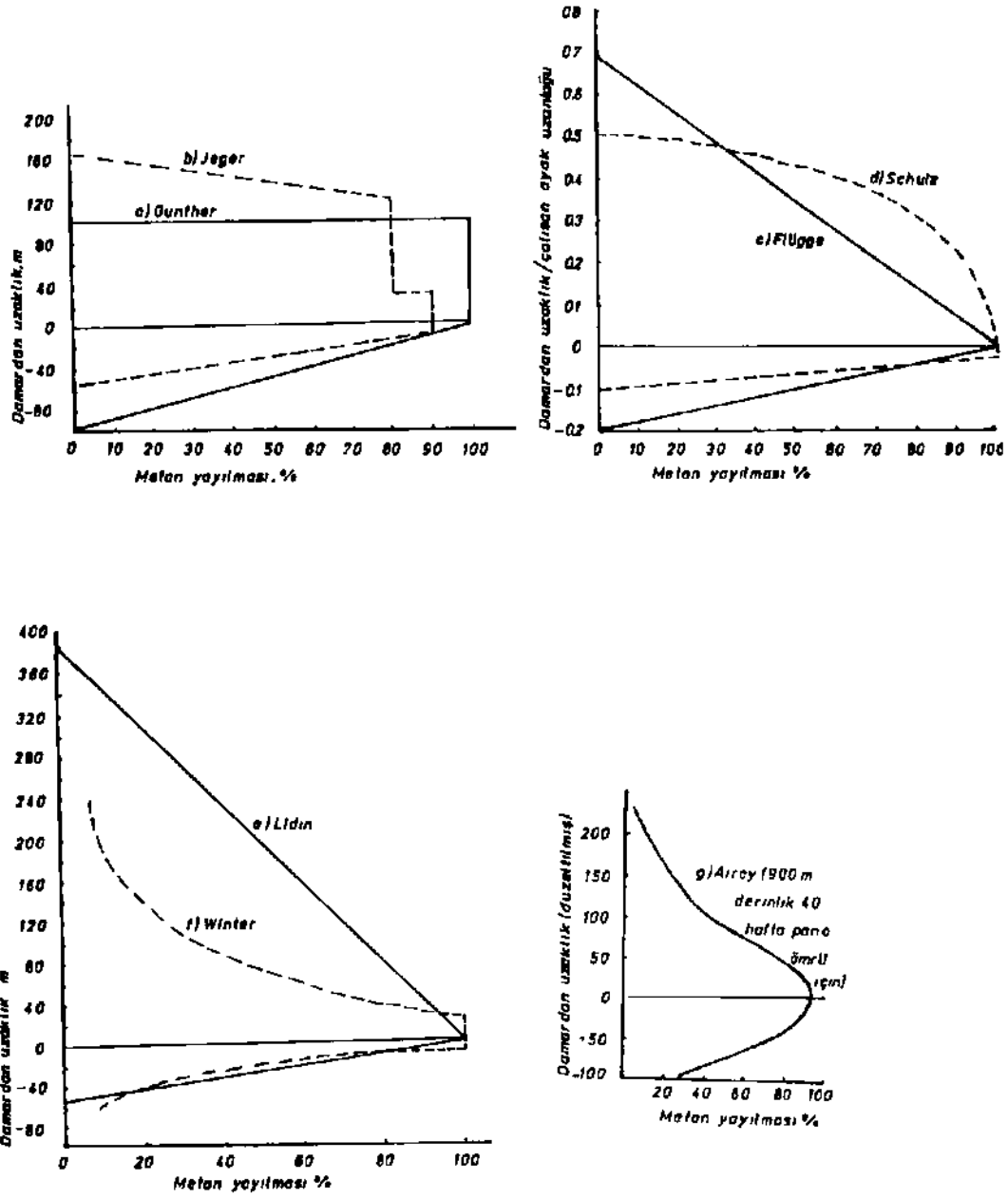
d) Schulz



e) Lıdın

f) Winter ve  
g) Airey yöntemleri  
için, bölge sınırları yoktur

Şekil 3. -485/-560 Çay III.Kat için gaz yayılma bölgelerinin sınırları



Şekil 4 Gaz yayılma oranları (l'den;







## TAHMİNİ DRENAJ VERİMİNİN HESABI

Teorik drenaj verimi ( $\eta_{teo}$ ):

$$\eta_{teo} = \frac{q_{tv} + q_{tb}}{q_t} \quad [8]$$

Burada,

$q_t, q_{tv}, q_{tb}$  : sırasıyla, özgül metan yayılımı ile bunun tavan ve tabana ait kısımlarıdır.

Genel olarak, tavanın ilk 20 m sindeki kaynaklardan drenaj yapılamayacağı ve tabandaki tüm kaynaklardan drenajın olanaklı olduğu kabul edilmektedir (1). Buna göre,

$$q'_{tv} = q_{tv} - \text{ilk 20 m den gaz yayılımı} \quad [9]$$

tanımlanarak,  $q_{tv}$  yerine kullanılmalıdır.

Drenaj pratiğinde, [s] eşitliğinde verilen teorik verime ulaşmak, teknik ve donanım yönünden olanaksız olduğundan, gerçekçi bir yaklaşımla, tavadan gelen gazın % 80'inin ve tabandan gelenin % 40'inin drene edilebileceği kabul edilerek drenaj verimi :

$$\eta = \frac{0.8 q'_{tv} + 0.4 q_{tb}}{q_t} \quad [10]$$

olarak alınmalıdır. Veya,

$$\eta_{tv} = 0.8 q'_{tv} / q_t \quad [10a]$$

$$\eta_{tb} = 0.4 q_{tb} / q_t \quad [10b]$$

şeklinde alınarak;

$$\eta = \eta_{tv} + \eta_{tb} \quad [11]$$

yazılabilir.

#### KAYNAKLAR

1. BOXHO, J., STASSEN, P., MUCKE, G., NOACK, K., JEGER, C., LESCHER, L., BROWNING, E. J., DUNMORE, R., MONIS, I. H., Firedamp Drainage, Verlag Gluckauf GmbH, Essen, 1980, 420p.
2. DUNMORE, R.. Prediction of Gas Emission from Longwall Faces. The Min. Eng., February, 1981, pp.565-572.
3. NOACK, K., Der Emfluss von Streblänge, Abbaugeschwindigkeit, und Versatzart auf die Ausgasung, Gluckauf, Vol.112, No.20, October--1976, pp. 1156-1159.
4. YALÇIN, E., DURUCAN, Ş.. Ampirik Metan Adsorpsiyon Eşitliklerinin Deneysel Sonuçlarla Karşılaştırılması. T.Mad.Bil.Tek. 10.Kong., 11-15 Mayıs, 1987, TMMOB Maden Muh.Odası, Ankara, 1987, pp.163-178.
5. İŞBİTİREN, M., GUL, İ., Kişisel Görüşmeler. TTK Kozlu Mues., Zonguldak, 1988.
6. MUCKE, G., PAUL, K., KOPPE, U., TSCHERSICH, G., Vergleich und Vereinfachung der Verfahren zur Gasinhaltbestimmung, Vorkommen und Freiwerden von Grubengas II, EEC Publication, Luxembourg, 1972, pp.59-120.
7. KIM, A. G., Estimating Methane Content of Bituminous Coal Beds from Adsorption Data. Bu.Mines RI 8245, 1977, 30p.
8. ERDEM, U., Kozlu (Zonguldak) Bölge sinin Zaman-Sıcaklık-Derinlik İlişkilerinin incelenmesi. Yuk.Muh.Tezi, H.U.Fen Bilimleri Enst., 1985.