

ZONGULDAK HAVZASI ACILIK VE ÇAY KÖMÜRLERİNİN GERİLME - GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİ

Şevket DURUCAN (*)

ÖZET

Bildiride Zonguldak Havzası Acılık ve Çay kömür damarlarından alınan numunelerin gerilme-geçirgenlik özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalar anlatılmaktadır. Laboratuvar çalışmalarında esas alınacak yeraltı gerilme koşullarının belirlenmesi ve bunların üçeşenli deney hücresi aracılığı ile numunelere uygulanması yöntemleri tartışılmakta, uzunayak çevresi gerilme koşullarının gaz geçirgenliğine etkisi Acılık ve Çay kömürleri özelinde incelenmektedir.

ABSTRACT

This paper discusses the laboratory studies on stress-permeability relationships of Acılık and Çay coals from Zonguldak Coal Field. Methods and reasoning behind the determination of subsurface stress conditions around working longwall faces and their simulation in the laboratory using the triaxial cell for stress-permeability experiments are explained. Later, the effects of changing stress conditions around longwall faces are discussed in relation to the stress-permeability relationship of Acılık and Çay coals.

(*) Dr. Maden Yük. Müh., ODTÜ Maden Müh. Böl., ANKARA

1. GİRİŞ

Kömür damarları ve çevre kayalar içerisinde depolanmış olan metan gazının üretimle birlikte serbest duruma geçerek ocak havasına karışması, yeraltı kömür madenciliğinin en önemli çevre sorunlarından birini oluşturmaktadır. Herhangi bir kömür havzasında kömür damarları içerisinde adsorbe edilmiş olarak var olan metan gazı, atmosfer basıncının çok üzerinde bir basınçta denge durumundadır. Ancak, havzada üretim başladığında kömür damarları ve çevre katmanlarda yaratılan yapısal değişiklikler (kırıklanmalar, çatlaklar) bu denge durumunu bozar ve metan gazının atmosfere yakın basınçtaki ocak havasına (üretim alanlarına) doğru yayılımını (migration) başlatır.

Gerek üretim yapılan kömür damarında gerekse, tavan ve taban çevre damarlarda adsorbe edilmiş olan gazın serbest duruma geçmesi ve üretim alanlarına doğru yayılması kömür damarları ve çevre kayaların geçirgenliğine (gözenekli bir ortamın akışkanların akışına karşı gösterdiği direnç) bağlıdır. Kömür gaz geçirgenliği üzerine ilk laboratuvar çalışmaları 1916-1919 yılları arasında Graham (1), (2) tarafından yapılmıştır, ince kömür plakaları üzerinde geçirgenlik deneyleri yapan Graham, çalışmaları sonunda kömürün beklenenin tam tersine hiç de geçirgen olmadığını ve kömür numuneleri içerisindeki gaz akış miktarının numunelerin her iki yüzeyindeki gaz basınç farkına bağlı olduğunu belirtmiştir.

Daha sonra yapılan araştırmalarda Huang ve Shelton (3), Jones (4), Karn ve diğerleri (5), Thimons ve Kissel (6), kömürün yapısal içeriğinin gaz geçirgenliğine olan etkisini incelemişler ve kül, uçucu madde ve nem miktarının kömürün gaz geçirgenliğine değişik etkileri olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanısıra Wolstenholme (7) ve Kissel (8) tarafından yeraltında yapılan ölçmelerde kömürün yerinde gaz geçirgenliğinin laboratuvar sonuçlarından daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Çizelge 1, daha önceki araştırmacılar tarafından laboratuvar ve arazide yapılan kömür gaz geçirgenliği ölçmelerinin sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı gibi; kömür damarlarının yerinde gaz geçirgenliği, damarların jeolojik yapısı, tektonik gerilmeler ve üretim yöntemlerine bağlı olarak laboratuvar numunelerine göre 10^3 - 10^8 oranında daha yüksek olmaktadır.

Çizelge 1 — Kömür Gaz Geçirgenliği üzerine Yapılan Laboratavar ve Yerinde ölçmelerin Sonuçları

Kaynak	Geçirgenlik K_j	ölçme Yöntemi
Graham	$\dot{I}O^{-21}$	Laboratuvar
Huang ve Shelton	$10^{-12} - 10^{-17}$	»
Jones	$10^{-17} - 10^{-21}$	»
Kam ve diğerleri	$\dot{I}O^{-2*}$	»
Thimons ve Kissel	$\dot{I}O^{-18} - \dot{I}O^{-20}$	»
Wolstenholme	$\dot{I}O^{-15}$	Yerinde ölçme
Kissel	$\dot{I}O^{-13} - \dot{I}O^{-18}$	»

Gerilme altındaki kayaçların geçirgenliği üzerine ilk çalışmalar 1952 yılında Fatt ve Davis (9) tarafından başlatılmıştır. Petrol Rezervuar Mühendisliği alanında yapılan bu çalışmalar kumtaşı ve diğer petrol yatakları çevre kayaçlarının geçirgenliğinin artan gerilme ile çok büyük bir azalma gösterdiğini kaydetmiştir. Gerilme altında kömür geçirgenliği konusunda ise ilk çalışmalar 1965 yılında Patching (10) tarafından yapılmış ve hidrostatik gerilmelerin ($\sigma_1 = \sigma_3$) kömür gaz geçirgenliği büyük ölçüde azalttığı gözlenmiştir. Aynı araştırmalar sonunda Patching, kömür gaz geçirgenliğinin geçmişte karşılaşılan gerilmelere (Stress History) bağımlı olduğunu belirtmiştir.

özellikle örtü tabakası ağırlığından doğan statik gerilmeyi esas alarak hidrostatik gerilme koşulları altında yapılan bu araştırmalar son yıllarda üçeksenli gerilme altında ($\sigma_1 \neq \sigma_3$), yeraltı gerilme koşullarına benzetilerek, uygulamaya dönük bir aşamaya gelmiştir. Mordecai (11) ve Somerton ve diğerleri (12) tarafından sırasıyla kömür çevre kayaçları ve bitümlü kömürler üzerinde yapılan üçeksenli gerilme - geçirgenlik çalışmaları kömür damarları ve çevre kayaçların geçirgenliğinin üretim sırasında değişen yeraltı gerilme koşullarına bağlı olarak büyük bir azalma göstereceğini işaret etmektedir.

ülkemiz Zonguldak kömür havzasında var olan taş-kömürünün yüksek metan içeriği ve metan gazının yeraltındaki yayılımı ve emisyonunun havzada yarattığı sorunlar göz önüne alındığında Zonguldak havzası kömürlerinin gerilme - geçirgenlik özelliklerinin belirlenmesi ileride yapılacak metan drenajı ve değerlendirme çalışmalarına ışık tutması açısından gereklidir. Bu düşünceden yola çıkılarak söz konusu araştırma başlatılmış ve ilk çalışmalar Kozlu Bölgesi Acılık ve Çay kömür damarları üzerinde yapılmıştır.

2. DENEYSEL YÖNTEMİN BELİRLENMESİ

Günümüze değin kayaçların gerilme - geçirgenlik bağlantısı üzerine yapılan araştırmalar genellikle gerilmenin gaz geçirgenliğine etkisinin var olup olmadığının belirlenmesine yönelik olmuş, bu nedenle de deneyler sırasında yaratılan gerilme koşullarının yeraltı gerilme koşullarına uygunluğu pek tartışılmamıştır. Yeraltı kömür madenciliği genellikle uzunayak üretim yöntemi ile yapılmaktadır. Bu yöntemle yapılan kazı sırasında kömür damarları ve çevre tabakalar belirli bir gerilme dağılımının etkisi altındadır (13). Bu gerilmelerin oryantasyon ve büyüklükleri; gerek çalışılan ayakta, gerekse çevre damarlar ve kayaçlar üzerinde herhangi bir noktada, o noktanın ayağa göre konumu ve uzaklığı ile değişmektedir.

Metan gazının çevre damarlar ve kayaçlar içersinde yayılımını ve ocak havasına emisyonunu belirleyen gaz geçirgenliği parametresinin belirlenmesinde en önemli aşamalardan birisi, kömür gaz geçirgenliğini olumlu ya da olumsuz yönde etkileyen yeraltı gerilme dağılımlarının tam olarak belirlenmesi ve laboratuvar gerilme - geçirgenlik araştırmalarının bu gerilme koşullarında yapılması ile gerçekleşebilecektir. Bu amaçla çeşitli derinliklerde çalışılan uzunayaklar ve çevre tabakaları etkileyen gerilme dağılımları Sonlu Elemanlar Yöntemi ile incelenmiş (14) ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

1. Ayakönü Basınç Bölgesinde (Front Abutment Zone) kömür damarları ve çevre kayaçlar üçeksenli basma gerilmesi ($\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$) altında olup asal gerilmeler (σ_1 ve σ_3), derinlikle ve/veya ayağa yaklaştıkça artmakta, 300 - 700 m. derinlikteki kömür

damarları için σ_3/σ_1 oranı 1/2 ile 1/3.5 arasında değişmektedir. a_1 değeri ise kullanılan kömürlerin üçeksenli basma dayanımını aşmamaktadır.

2. Uzunayakta alın ile ayakönü basınç bölgesi arasındaki kesimde kömür damarı ve çevre tabakalar karmaşık gerilme ($\sigma_3 > 0 > \sigma_1 > a_2$) altında olup arın ve yakın çevresinde çok yüksek düşey basma gerilmesi (a_0 ve bundan kaynaklanan yatay çekme gerilmesi (a_3)) etkili olmaktadır.
3. Ayağın gerisinde gerilmenin boşaldığı bölgede (Stress Relief Zone) ise yine karmaşık gerilme koşulları devam etmekte, gevşek bir durumda bulunan kırık ve çatlaklı kömür ve diğer kayalar daha sonra yine üçeksenli statik basma gerilmesi etkisine girmektedirler (Recompaction Zone).

Bu veriler ışığında; laboratuvar gerilme - geçirgenlik çalışmalarının üçeksenli deney hücresi kullanılarak ve yukarıda sözü edilen gerilme koşulları altında yapılmasına karar verilmiştir. Buna göre;

1. 38 mm. çapında hazırlanan kömür karot numuneleri $\frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{1}{2.7}$

sabit gerilme oranında gittikçe artan üçeksenli basma gerilmesi altında yüklenecek ve ayakönü basınç bölgesi gerilme koşullarının kömür gaz geçirgenliğine etkisi incelenecektir.

2. Kullanılan kömür numunesinin üçeksenli basma dayanımının altında, ancak amaç için yeterli büyüklükte bir gerilme değerine ulaşıldığında, yine aynı gerilme aralıkları izlenerek yük boşaltılacak ve uygulanan gerilmenin gaz geçirgenliği üzerindeki kalıcı etkisi incelenecektir.

* Üçeksenli basma gerilmesi deneylerinin yapıldığı düzende kullanılan pres İKN aralıklarla düşey yük uygulayabilmektedir. Bu ise 38 mm. çapındaki karot üzerinde 0.9 MN/m^2 değerinde bir basma gerilmesi yaratmaktadır. Diğer taraftan, yatay gerilmeyi sağlayan hidrolik pompa 1.0 MN/m^2 aralıklarında hassastır. Bu durumda;

$$\frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{\sigma_3}{0.9 F_1} \text{ ve } \sigma_3 = 1.0 \text{ MN/m}^2, F_j = 3\text{KN için } \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{1}{2.7}$$

olur. Bu değer ise Sonlu Elemanlar Yöntemi ile elde edilen yeraltı gerilme koşullarına en uygun olan gerilme oranıdır.

3. Kömürün elastik özelliklerinin gaz geçirgenliğine olan etkisini incelemek amacı ile 1. ve 2. maddeler belirli zaman aralıkları ile (deney numunesi bir kaç gün bekletildikten sonra) aynı numune üzerinde tekrarlanarak kömür gaz geçirgenliğinin geçmişte uygulanan gerilme ve zamana bağlı değişimi incelenecektir.
4. Son yükleme sırasında en yüksek gerilme düzeyine gelindiğinde, düşey basma gerilmesi en yüksek değerinde tutularak (17.5 - 21.5MN/m² yatay basma gerilmesi birden boşaltılacak ve arın çevresindeki gerilme koşullarında dolaylı çekme yenilmesi (induced tensile failure) yaratılarak, yenilmenin kömür gaz geçirgenliğine etkisi incelenecektir.

3. DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI

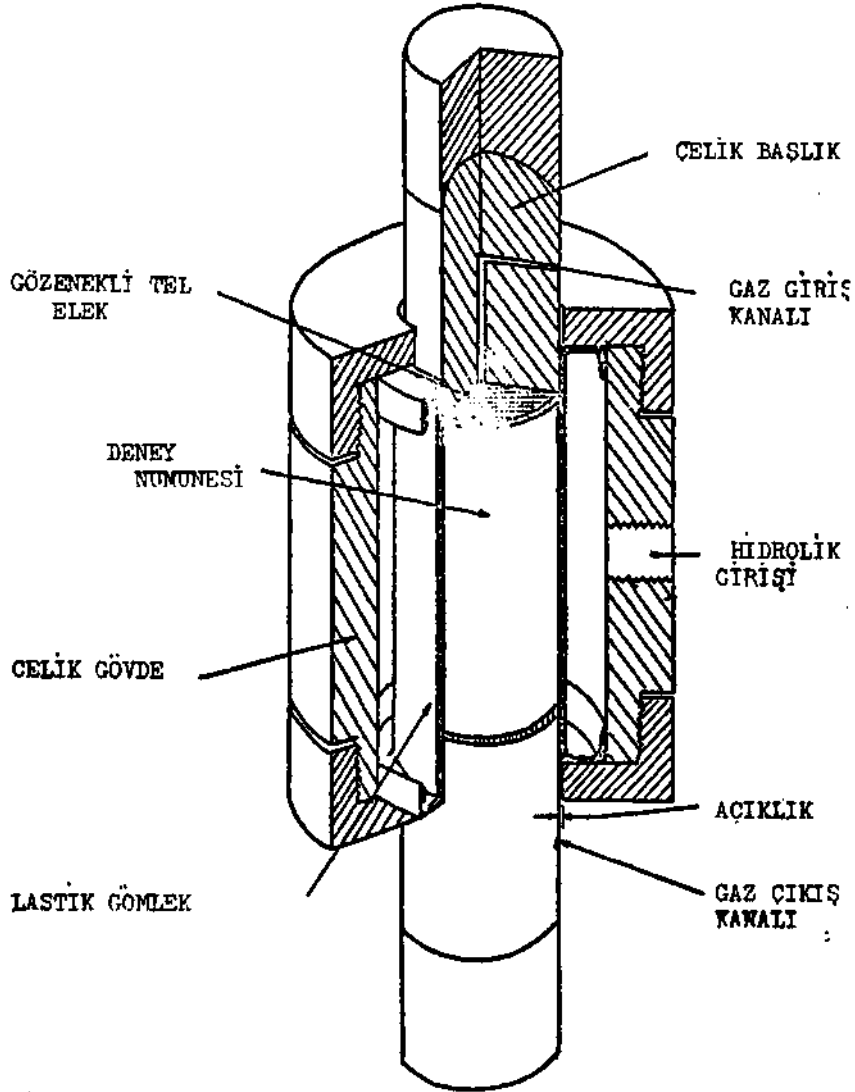
Zonguldak Havzası Kozlu Bölgesi Acılık ve Çay kömür damarlarından alınan kömür blokları zaman kaybedilmeden beton içersine kalıplanmış ve 38 mm. çapında elmas enprenye matkapta karot alınmıştır. Daha sonra bu karotlar 76 mm. uzunluğunda ($d/l = 1/2$) kesilerek tornalanmış ve üçeksenli basma gerilmesi deney numuneleri hazırlanmıştır.

Geçirgenlik ölçmelerine geçmeden önce kömür içersinde adsorbe edilmiş olan metan, etan, propan, bütan ve su buharı gibi gazların alınması amacı ile numuneler $10^{-2} - 10^{-3}$ mmHg basınç değerinde 96 saat (15) süreyle vakumlanmıştır. Bu işlemin yapılmaması durumunda bu gazlar bazı mikro gözenekleri tıkayarak sağlıklı bir ölçme ortamı yaratılmasını ve farklı kömürlerin gaz geçirgenliklerinin karşılaştırılmasında etkili olacak sabitleri etkileyecektir.

Vakumlama tamamlandıktan sonra vakum haznesi 1 Atm. basınçta N₂ gazı ile doldurularak kömür numunelerinin hava ile temastan etkilenmesi önlenmiş, hazneden çıkarılan numuneler hemen naylon film (Cling film) ile sarılarak deneylere hazır bir şekilde depolanmıştır.

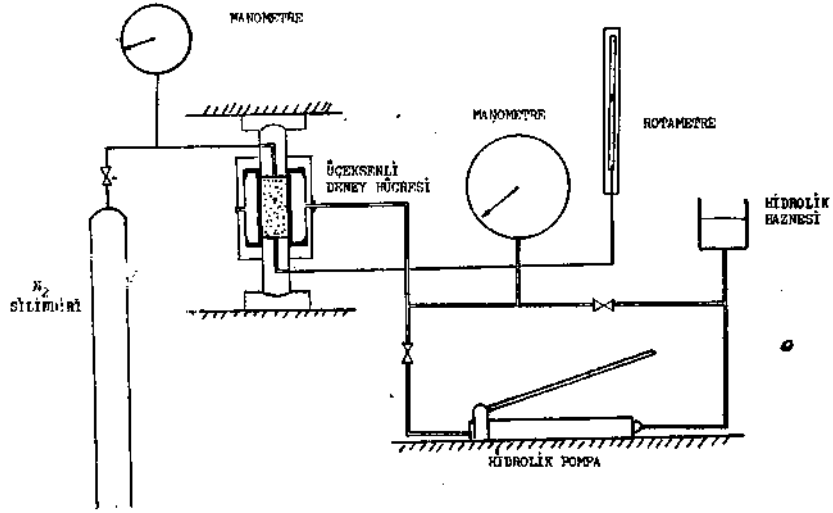
4. LABORATUVAR ÖLÇME DÜZENİ

Gerilme altında tutulan kömür numuneleri içersinden gaz geçirilerek yapılan gerilme - geçirgenlik çalışmaları için en uygun deney düzeni, genellikle kaya mekaniği araştırmalarında kullanılan üçeksenli basma gerilmesi deney düzenine uygulanan bazı değişikliklerle elde edilmiştir. Şekil 1,2 ve 3 de görüldüğü gibi



Şekil 1. Üçeksenli deney hücresi

üçeksanlı deney hücresi (16) içerisine yerleştirilen kömür numunesine 5000 KN kapasiteli Avery pres ile düşey gerilme, yine deney hücresine bağlı Enerpec hidrolik pompa ile yatay gerilme uygulanabilmektedir. Gerilme altındaki kömür numunesine gaz giriş ve çıkışını sağlamak amacı ile alt ve üst başlıklar içersiae kanal açılmış ve başlıkların kömür ile temas eden yüzeyine ince gözenekli tel elek geçirilerek gazın eşit yayılımı sağlanmıştır.



Şekil 2. Laboratuvar ölçme düzeninin şematik görünüşü



Şekil 3. Laboratuvar ölçme düzeni

Gaz geçirgenliği ölçmeleri sırasında akışkan ortam olarak kullanılan N₂ gazı silindirden üst başlığa basınca dayanıklı tüp boru ile iletilmekte ve gaz basıncı 0 - 400 psi. kapasiteli «Burdon Tube Sydney Smith» manometre ile kontrol edilmektedir. Kömür içersinden geçerek atmosferik basınçta alt başlık aracılığı ile toplanan N₂ gazı akış miktarı, bu başlığa bağlanan 2 - 25 cm³/dak. ya da 40 - 500 cm³/dak. kapasiteli iki rotametreden biri ile ölçülerek kaydedilmektedir.

5. KÖMÜR GAZ GEÇİRGENLİĞİ HESAPLAMALARI

Kömür numunelerinin deney sırasında eşit aralık¹ arla arttırılan yatay ve düşey gerilme bileşimlerinin her basamağındaki geçirgenliği, üç ayrı gaz giriş basıncı için ölçülen gaz akış miktarları için ayrı ayrı hesaplanarak ortalama değer olarak alınmıştır. Geçirgenlik hesaplamalarında Darcy'nin gözenekli ortamlar için yatışkın durumda eşsıcaklıklı sıkışabilir akışkanlar akım bağlantısı (Steady-State Isothermal Compressible Fluid Flow Equation) kullanılmıştır:

$$K_d = \frac{Q^2 \times \mu \times A L \times P_2}{A \times A P \times P}$$

Burada;

- K_d : Kömür numunesinin geçirgenliği, m²
- Q₂ : Akışkanın numuneden çıkışındaki hacımsal akış miktarı, m³/s.
- μ : Akışkanın dinamik viskozitesi, Ns/m²
- AL : Kömür numunesinin uzunluğu, m
- P₂ : Q₂'nin ölçüldüğü noktada gaz basıncı, N/m²
- A : Kömür numunesinin kesit alanı, m²
- AP : Kömür numunesi boyunca gaz basınç düşmesi, N/m²
- P : Kömür numunesi boyunca ortalama gaz basıncı, N/m²

6. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Zonguldak Havzası kömürlerinin gerilme altında gaz geçirgenliği özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarının ilk aşamasında kullanılan Acılık ve Çay damarları kömürlerinin fiziksel ve mekanik

özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılan analizler, porozite ölçmeleri ve mekanik dayanım ölçmelerinin sonuçları Çizelge 2,3,4 ve Şekil 4 ve 5 de verilmiştir.

Çizelge 2 — Acılık ve Çay Kömürleri Laboratuvar Analizleri Sonuçları

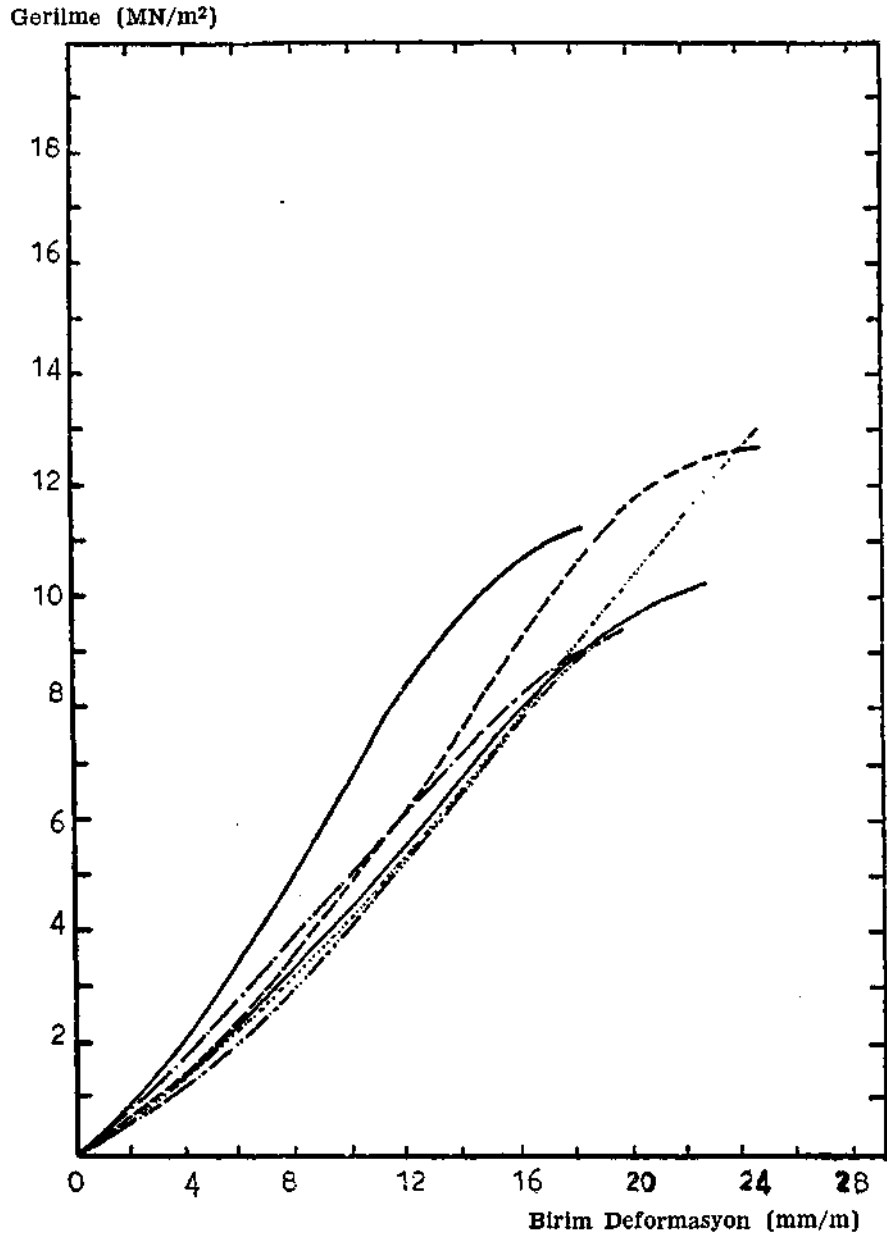
Kömür	Uçucu Madde (nem hariç) %	Karbon (nem hariç) %	Kül (nem hariç) %	Nem %
ACILIK	23.31	68.74	7.95	0.60
ÇAY	28.70	67.56	3.74	0.39

Çizelge 3 — Acılık ve Çay Deney Numunelerinin Etkin Porozite Değerleri

Numune	Etkin Porozite (0.)	
	%	cmVgm kömür
ACILIK 5	12.36	0.09
ACILIK 7	13.79	0.11
ÇAY 4	10.69	0.09
ÇAY 5	10.06	0.08

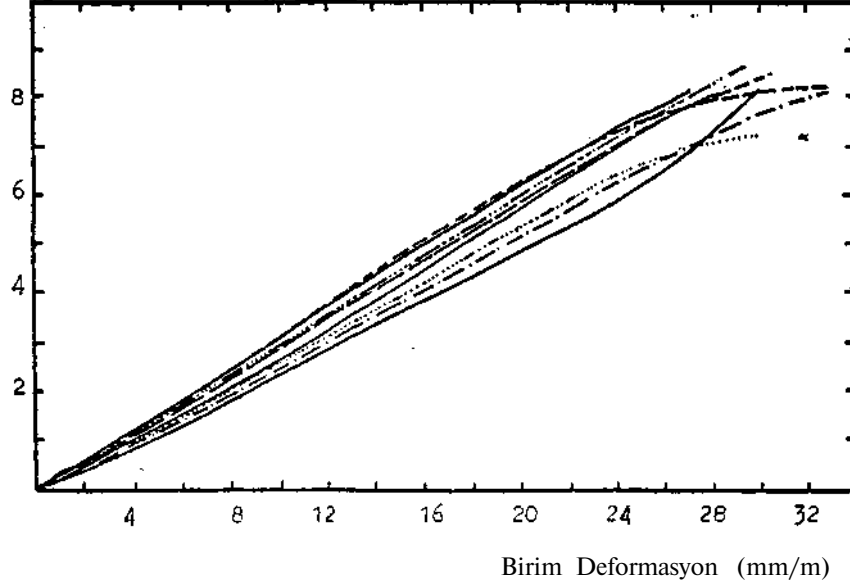
Çizelge 4 — Acılık ve Çay Kömürlerinin Mekanik özellikleri

Kömür	Numune Adedi	Tek	Standart Sapma	Esneklik .Modülü	Standart Sapma
		Eksenli Basma Dayanımı (MN/m*)			
		E			
		(MN/m*)	(MN/m*)	(10*MN/m*)	(10*MN/m*)
ACILIK	6	10.98	1.39	4.76	0.46
ÇAY	7	8.18	0.40	2.90	0.10



Şekil 4. Acılık numuneleri gerilme-birim deformasyon eğrileri

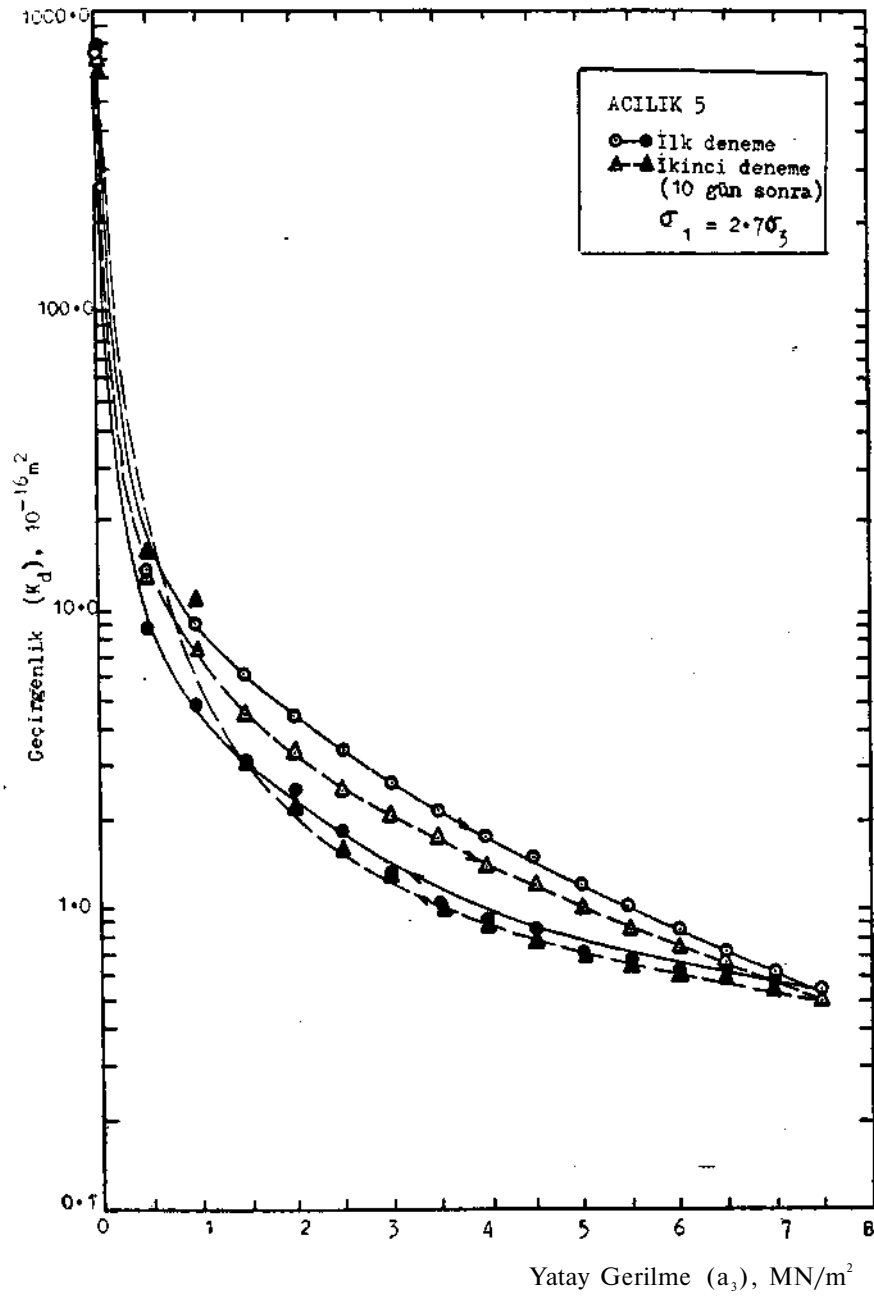
Gerilme (MN/m²)



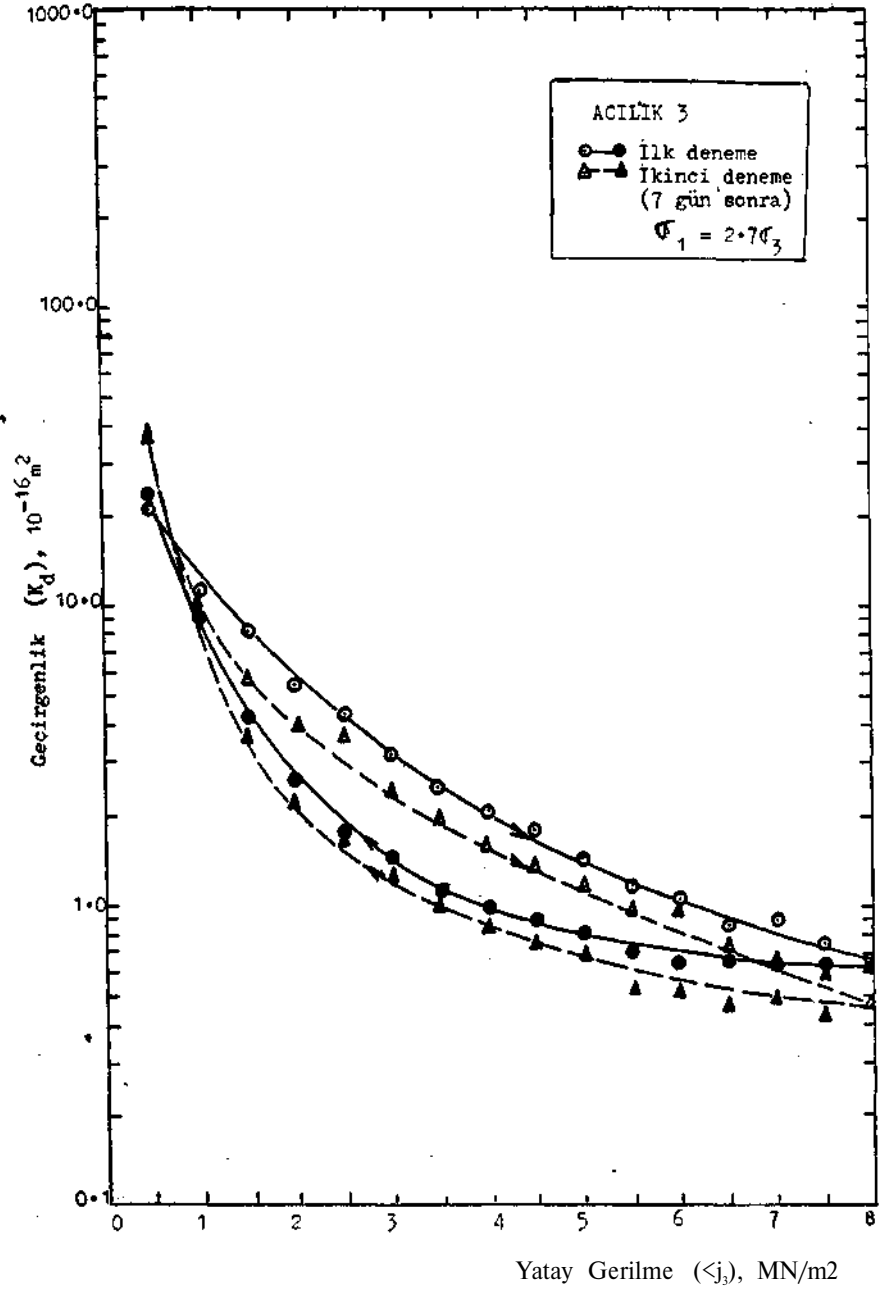
Şekil 5. Çay numuneleri gerilme-birim deformasyon eğrileri

6.1. Gerilmenin Acılık ve Çay Kömürleri iç Yapısı ve Geçirgenliği Üzerine Etkileri

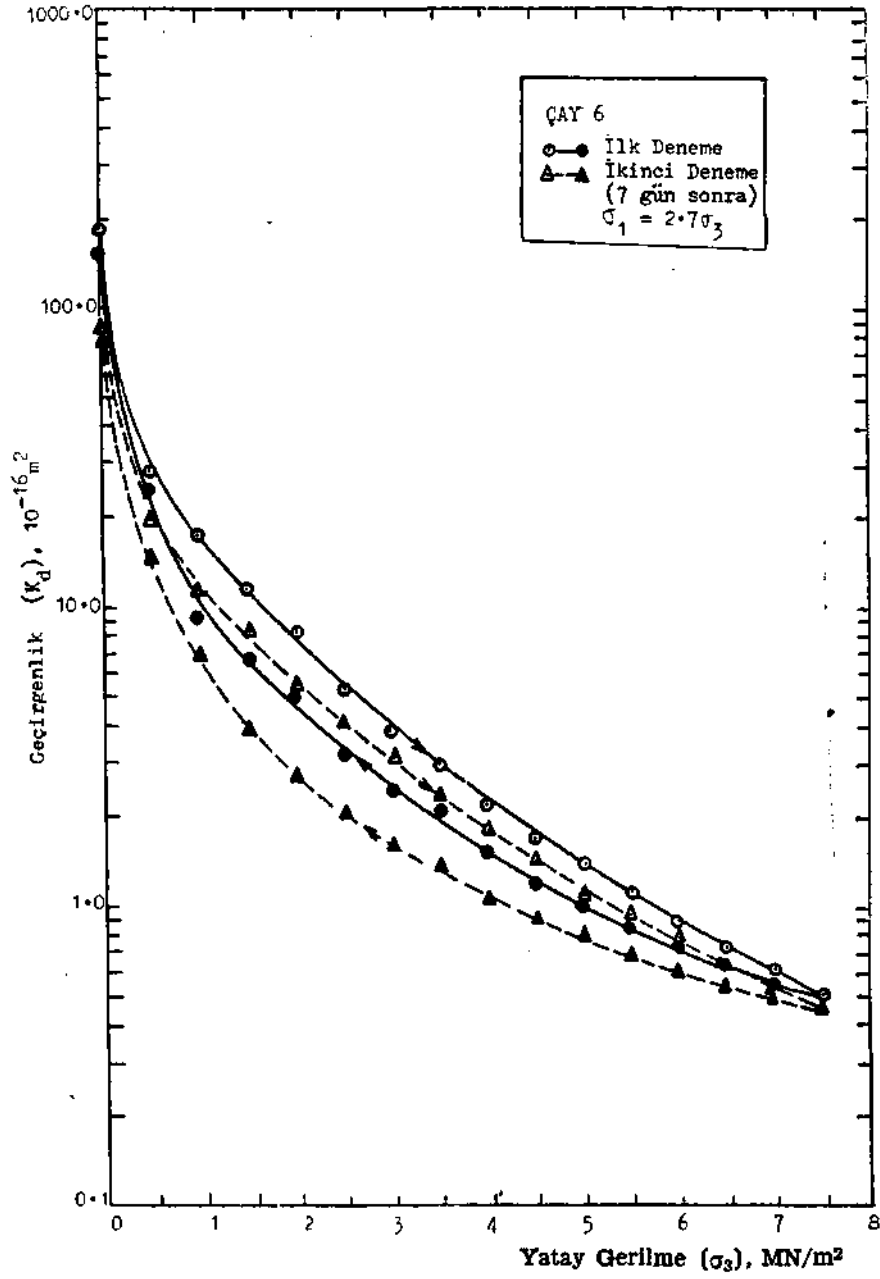
Kömür numunelerinin gerilme geçirgenlik özelliklerini etkileyen etkenler' daha önce belirlenmiş olan eşit gerilme koşulları altında yapılan yükleme/yük boşaltma/gevşeme deneyleri ile gözlenmiştir. Deney sonuçları, geçirgenlik (K_d) - yatay gerilme (σ_3) grafikleri şeklinde gösterilmiştir. Deneyler sırasında 1/2.7 olarak sabit tutulan σ_3/d oranı şekillerin sağ üst köşesinde, izlenen yükleme yönü ise gerilme - geçirgenlik eğrileri üzerindeki ok işaretleri ile belirtilmiştir. Şekil 6, 7, 8 ve 9 Acılık ve Çay kömürlerinin eşit gerilme koşullarında birinci ve ikinci yükleme/yük boşaltma deneylerinin sonuçlarını göstermektedir. Her iki kömür damarı için de sonuçlar incelendiğinde, kömürlerin geçirgenliğinin gerilmeye bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Yine şekillerden anlaşılacağı gibi farklı kömürler ve numuneler için eşit gerilme altında geçirgenlikte gözlenen azalma ya da artma değerleri farklı oranlarda olmaktadır.



Şekil 6. Gerilmenin Acılık kömlirleri iç yapısı ve geçirgenliğine etkisi



Şekil 7. Gerilmenin Acılık kömürleri iç yapısı ve geçirgenliğine etkisi

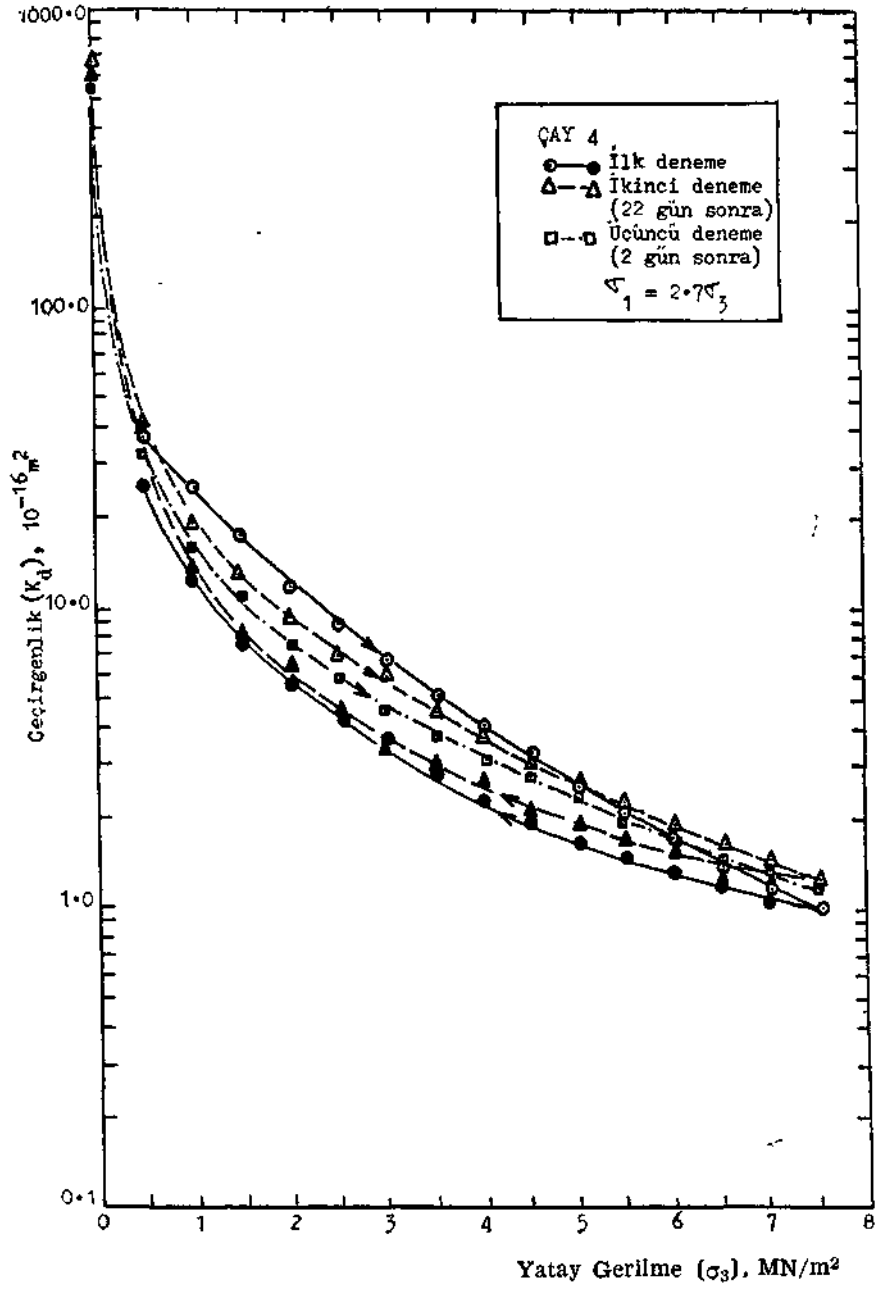


Şekil 8. Gerilmenin Çay kömürleri iç yapısı ve geçirgenliğine etkisi

Yükleme/yük boşaltma süreci sırasında kömür numunelerinin uğradığı yapısal değişiklikleri örneklemek amacı ile, deneylerden bir tanesini açıklayalım. Şekil 6'da da görüldüğü gibi ACILIK 5 numunesinin geçirgenliği artan gerilme ile önce çok dik sonraları da yataya yakın bir eğim ile azalmış, $a_3 = 7.50 \text{ MN/m}^2$ gerilme basamağında ilk geçirgenlik değerinin 1/1360'ı kadar bir değere ulaşmıştır. Numune üzerindeki yük aynı gerilme basamakları üzerinden boşaltıldığında eşgerilmeler için düşük geçirgenlik değerleri gösteren bir yol izlenmiştir. Aynı numune 10 gün serbest bekleldikten sonra tekrar eşit gerilme koşullarında denenerak daha önceki gerilme ve gevşeme (relaxation) aşamalarının kömür yapısı ve geçirgenliği üzerine etkileri incelendiğinde, Şekil 6'da görüldüğü gibi bir ve ikinci yüklemeyük boşaltma eğrileri birbirine benzer gerilme - geçirgenlik özellikleri göstermiştir. Kömür geçirgenliğinde zamana bağlı olarak kaydedilen kısmi artma ikinci yüklemeyük boşaltma eğrisinin birinci yüklemeyük boşaltma eğrisinin ortasında bir değer göstermesi ile belirgindir. ACILIK 5 numunesinin ikinci yük boşaltma eğrisinin de işaret ettiği gibi her gerilme uygulamasından sonra geçirgenlik bir miktar daha azalmaktadır.

Diğer bütün Acılık ve Çay kömür numunelerinde de izlenen benzer gerilme - geçirgenlik karakteristikleri yalnız ÇAY 4 numunesinde farklılık göstermiştir. Şekil 9'da görüldüğü gibi, birinci yüklemeyük boşaltma/gevşeme deneyinden sonra ikinci ve üçüncü-yüklemeler sırasında yüksek gerilme değerlerinde geçirgenliğin birinci yüklemeyük boşaltma değerlerinden fazla olması, numunenin birinci yüklemeyük boşaltma sırasında mikrokınklanmaya uğradığını göstermektedir.

Numuneler için elde edilen her yüklemeyük boşaltma eğrisinin de gösterdiği gibi, gerilme uygulaması ve gerilmenin kalkması (stressing-destressing) kömür ve içerdiği çatlakların elastik - viskoz - plastik sıkışması ve şekil değiştirmesi ile sonuçlanmaktadır. Acılık ve Çay kömürlerinin gerilme altında azalan geçirgenliğinin gerilme kalktıktan sonra kısmi bir artış göstermesi, bu kömürlerin yüksek esneklik dereceleri (degree of elasticity) nedeni ile zaman ve gerilmeye bağımlı bir sıkışma - gevşeme (compression-decompression) karakterine sahip olduklarını işaret etmektedir. Böylelikle Acılık ve Çay kömürlerinin geçirgenliğinin geçmişte karşılaşılan gerilmelerin bileşik etkisine bağımlı olduğu söylenebilir. Gerilme uygulaması sırasında iç yapısında var olan çat-



Şekil 9. Gerilmenin Çay kömürleri iç yapısı ve geçirgenliğine etkisi

lakların yayılması ile mikrokırıklanmaya uğrayan numuneler daha sonraki aşamalarda görel olarak daha yüksek geçirgenlik göstermektedir.

6.2. Dolaylı Çekme Gerilmesinden Kaynaklanan Yenilmenin Acılık ve Çay Kömürlerinin Geçirgenliğine Etkisi

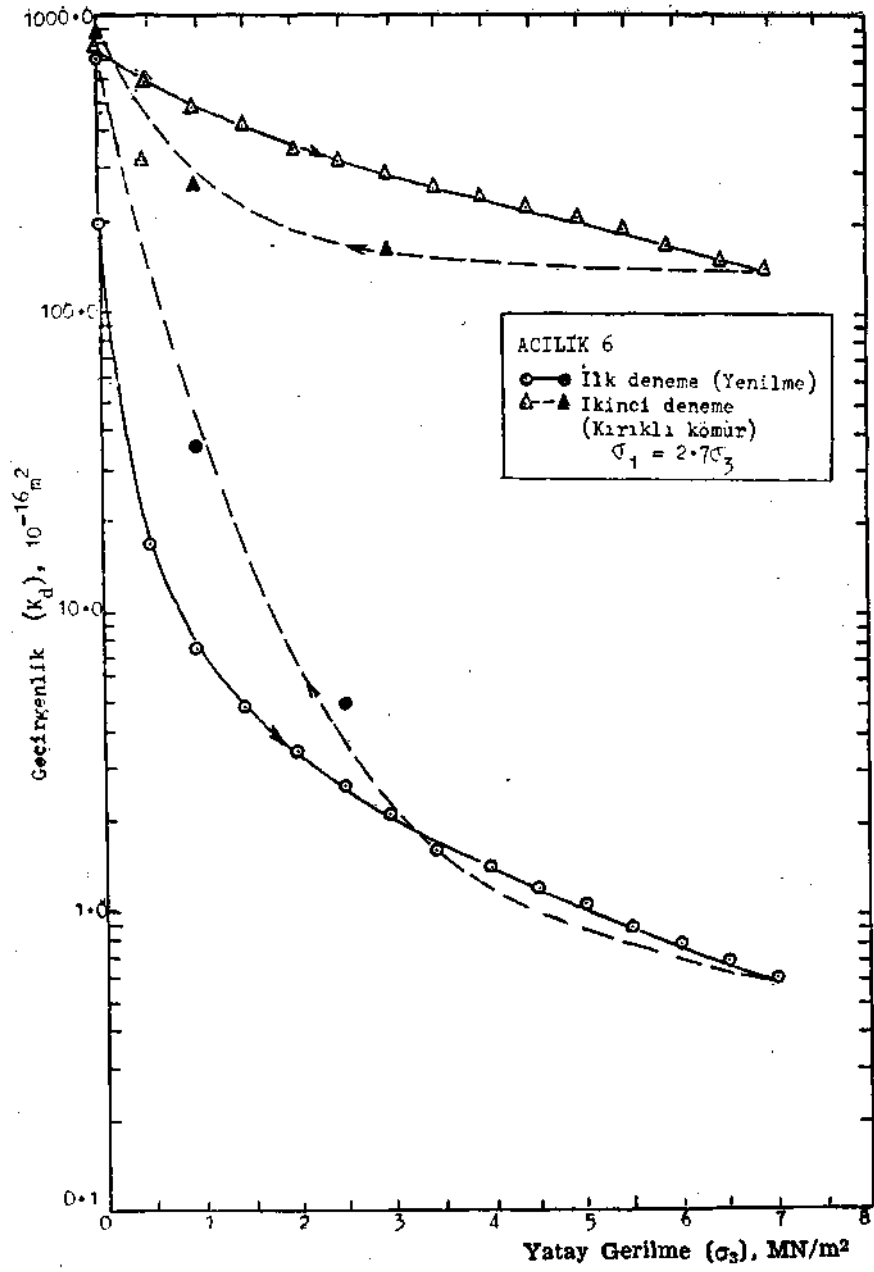
Daha önce de söz edildiği gibi uzunayak çevresinde arm ve ayakönü basınç bölgesi arasındaki kesimde var olan karmaşık gerilme koşulları kömürün bu bölgede kırıklanmasına neden olmaktadır. Bu gerilme koşulları laboratuvarında yaratıldığında yenilmenin kömür geçirgenliğine etkisi incelenebilmektedir.

Bu amaçla denenen kömür numuneleri daha önce de olduğu gibi ayakönü basınç bölgesi gerilme koşullarında yüklenerek yeterli bir gerilme düzeyine ulaşıldığında ($\sigma_3 = 7.50 \text{ MN/m}^2$, $\sigma_1 = 20.50 \text{ MN/m}^2$), yatay gerilme (σ_2) birden sıfır ya da sıfıra yakın bir değere düşürülmüş ve numunenin sesli olarak kırıldığı, aynı anda da geçirgenliğin (gaz akışının) artarak yüksek bir düzeye ulaştığı izlenmiştir. Şekil 10 ve 11 de görüldüğü gibi Acılık ve Çay kömürlerinin geçirgenliği yenilme ile kalıcı bir artış göstermekte ve kırıklı kömür bir süre serbest bekletildikten sonra tekrar gerilme-geçirgenlik bağlantısı için denendiğinde artan gerilmenin kırıklı kömür geçirgenliğini çok az etkilediği görülmektedir. Yenilmeden sonra Acılık ve Çay kömürlerinin geçirgenliğinde, aynı gerilme koşulları için, 20-40 oranında artış gözlenmiştir.

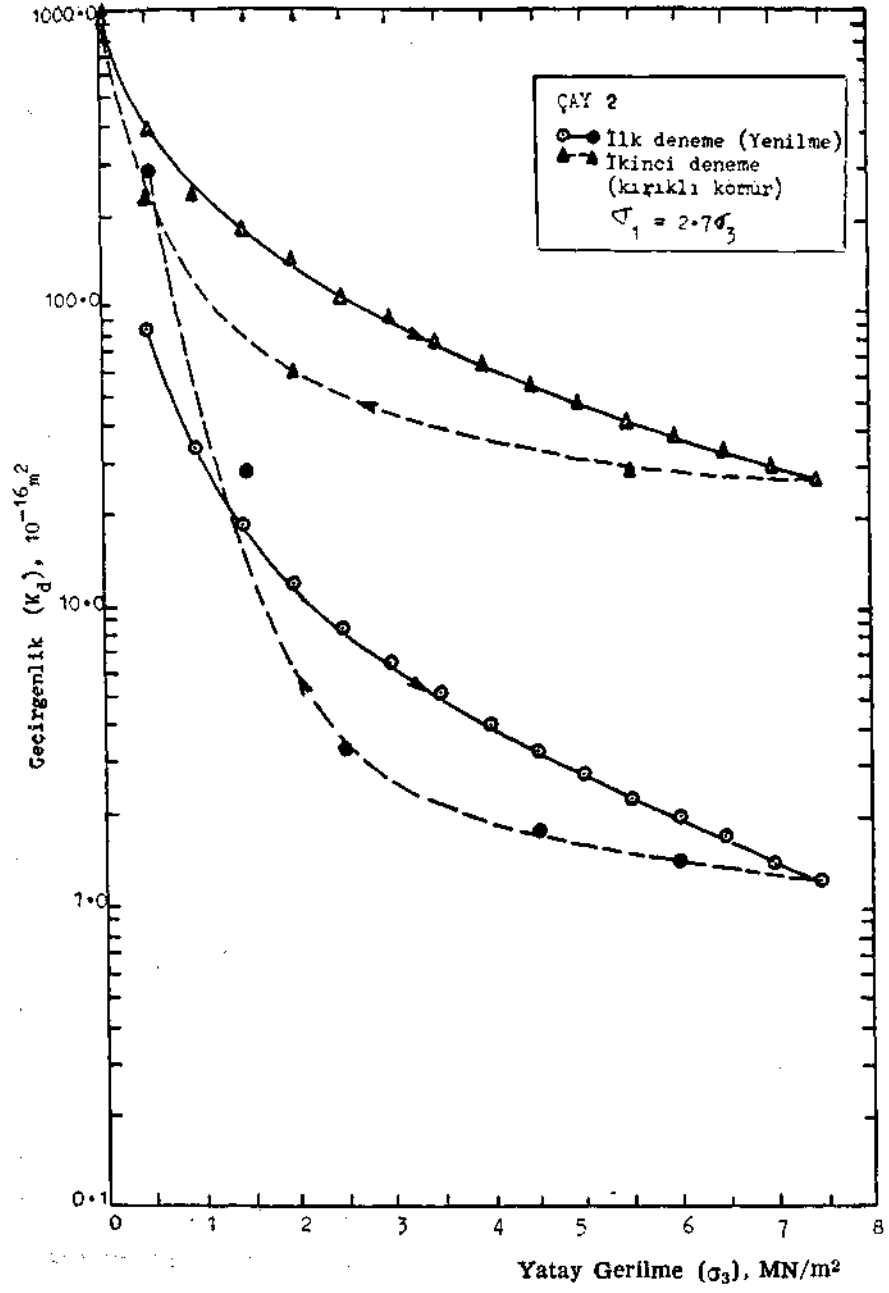
6.3. Nem içeriğinin Acılık ve Çay Kömürlerinin Gerilme Altındaki Geçirgenliğine Etkisi

Kömür gözenekleri içerisinde adsorbe edilen nem miktarının kömür gaz kapasitesini azalttığı bilinmektedir (17), yine aynı şekilde bu nemin kömür içerisinde gaz akışını engelliyeceği düşünülmektedir (8). Gerilme altındaki Acılık ve Çay kömürlerinin nem içeriğinin gaz akışına, dolayısıyla geçirgenliğe etkisini gözlemek amacı ile bir seri deney yapılmıştır.

Daha önce belirlendiği gibi Acılık ve Çay kömürleri her gerilme deneyinden sonra geçirgenliklerinde kısmi kalıcı bir azalma göstermektedir. Dolayısıyla, nem içerikli bir numune, ilk denemeden sonra gevşeme döneminde kurutulur ve tekrar denendiğinde



Şekil 10. Yenilmenin Acılık kömürleri geçirgenliğine etkisi ve kırıklı kömür geçirgenliği



Şekil 11. Yenilmenin Çay kömürleri geçirgenliğine etkisi ve kırıklı kömür geçirgenliği

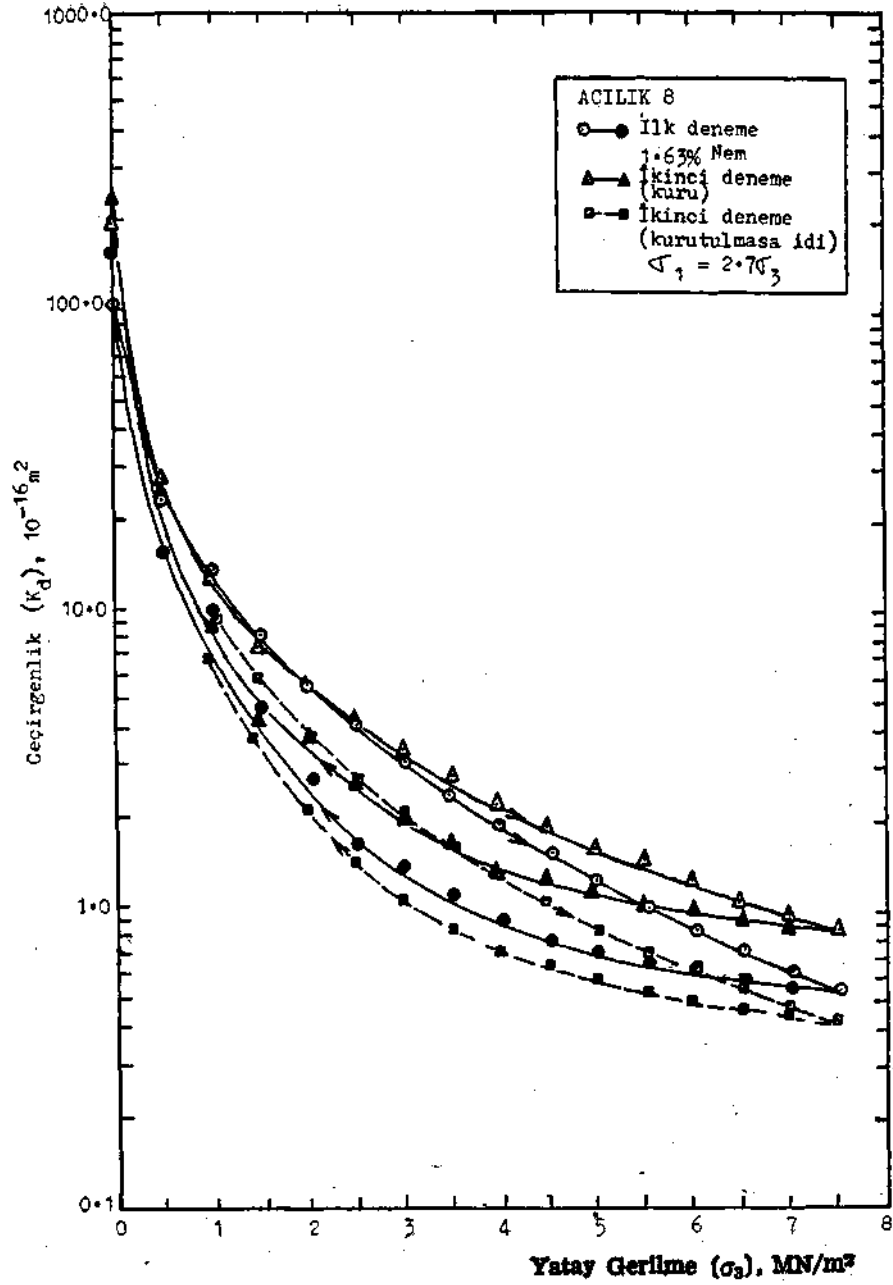
alışılmış gerilme . geçirgenlik eğrisinin dışında bir eğri verirse, bu kurutma ile atılan nemden dolayı olacaktır.

Deneylerden önce kömür numuneleri 24 saat vakum altında nem ile doyurularak nem oranındaki artma kaydedilmiş ve daha sonra ilk yükleme/yk boşaltma deneyi yapılmıştır. Daha sonra numuneler 80°C lik fırında kurutulmuş ve bir kaç gün bekletildikten sonra tekrar eşit gerilme koşullarında denenmiştir. Şekil 12 de görüldüğü gibi % 1.65 nem oranı ile ilk denenen ACILIK 8 numunesi kurutulduktan ve gevfemeden sonra normalin tersine daha yüksek geçirgenlik değerleri vermiştir. Deneyler sonucu Acılık kömürü için beklenen ikinci yükleme/yk boşaltma eğrisi (kurutulmamış olsa idi) ile kurutulmuş numunenin gerilme altındaki eğrisi arasındaki fark nemden dolayı azalan geçirgenlik değerini göstermektedir.

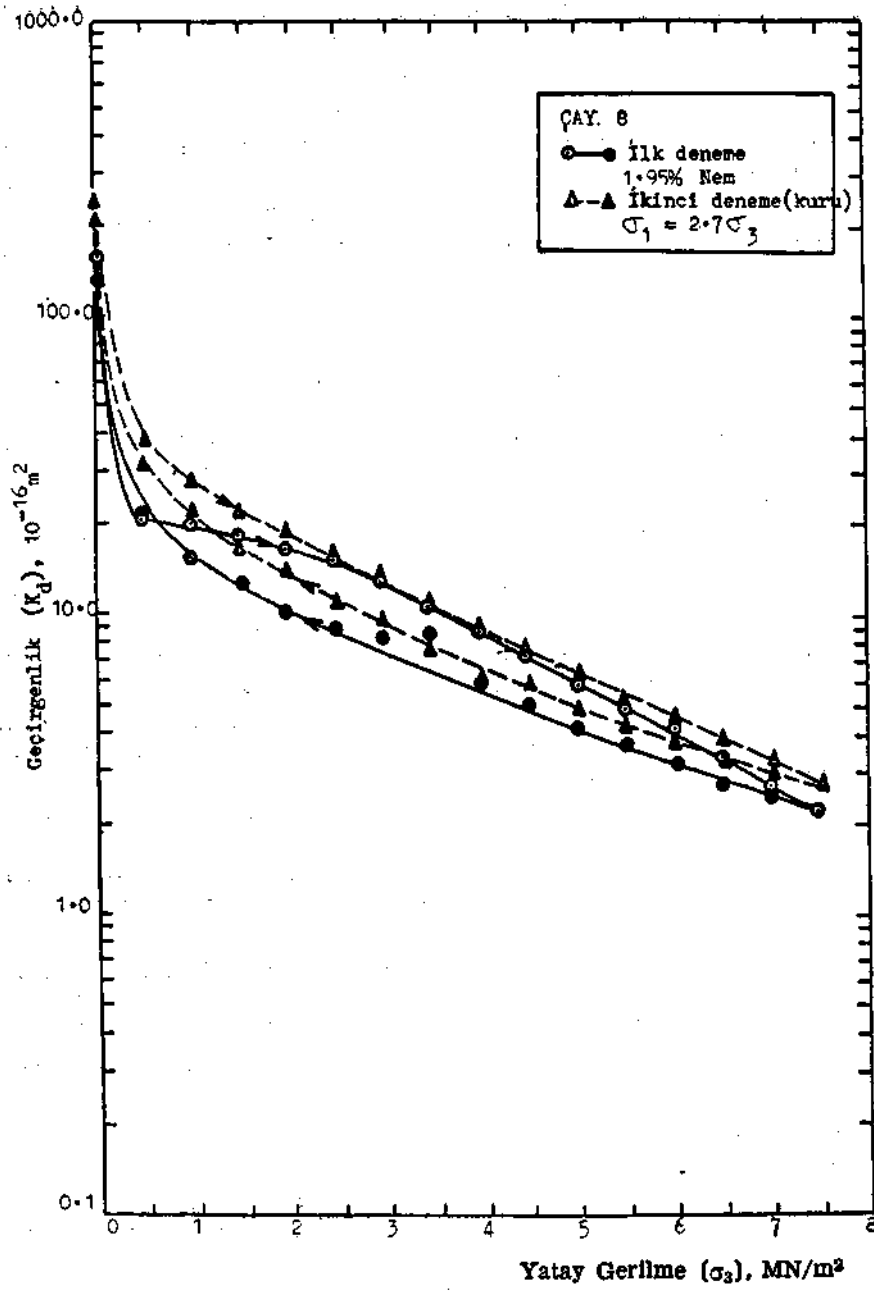
Yine aynı Şekilde, ilk denemesi % 1.95 nem ile yapılan ÇAY 8 numunesi birinci yükleme eğrisinde ilk aşamada gaz ve nem akışının birlikte gerçekleşmesi nedeni ile farklı bir eğim ve gaz geçirgenliğinde (gas relative permeability) ani azalma göstermiş, gözeneklerdeki serbest nem atıldığında, geçirgenlikte bir artış kaydedilmiştir. Bu da göstermektedir ki, nemli bir ortamda yapılan kazılarda, ilk kazı anında kömür damarının geçirgenliği nemden dolayı düşük olacak, gaz akışı ile birlikte nem de atıldığından geçirgenlik zamana bağlı olarak artacaktır. Pratikte bunun örneklerine pek çok rastlanmaktadır.

7. SONUÇ

ACILIK ve ÇAY kömürlerinin eksensiz basma gerilmesi altında kayda değer derecede azalan geçirgenliği, uzunayakta ayak n basınç bölgesinde kömür damarlarının en az geçirgenliğe sahip olacağının, dolayısı ile bu bölgede gaz akışının yok denecek kadar az görüleceğinin işaretidir. Yine aynı Şekilde, *1m ile ayak n basınç bölgesi arası gerilme koşullarında kırılmadan dolayı artan geçirgenlik, uzunayakların tavan ve taban seviyelerindeki kömür damarları ve evre kayaçların geçirgenliğinin ayak arkasında birden artacağını ve statik gerilmeler oluştuğunda da yüksek kalacağını göstermektedir.



Şekil 12. Nem içeriğinin gerilme altındaki Acılık kömürlerinin geçirgenliğine etkisi



Şİkt 13. Nem içeriğinin gerilme altındaki Çay kömürlerinin jeçirf enliğine etkisi

Zonguldak Havzasından yalnızca ACILIK ve ÇAY kömürleri üzerine yapılan bu çalışmalar diğer damarlar üzerine de yapıldığında havza kömürlerinin gerilme - geçirgenlik eğrileri genelleştirilerek birtakım ampirik bağlantılar elde edilebilir. Böylece, yerinde herhangi bir noktada gerilme ve geçirgenlik değerleri belirlendiğinde, diğer gerilme koşulları için geçirgenlik değerleri bulunabilir. Bunun ise Metan Drenajı çalışmalarında drenaj bozularının konum ve açıklıklarının belirlenmesinde yararlı olacağı bir gerçektir.

KAYNAKLAR

1. GRAHAM, J. I., «The Permeability of Coal to Air or Gas, and the Solubilities of Different Gases in Coal», Trans- Inst- Min. Engrs-, Vol- 52, 1916-1917, pp. 338-347.
2. GRAHAM, J.I., «The Permeability of Coal to Gases», Trans. Inst. Min. Engrs-, Vol. 58- 1918-1919, pp. 32-39.
3. HUANG, W-M. ve SHELTON, T.C, «Experimental Results of Coal Permeability Tests», Mining Engineering, Vol- 14, 1962, pp. 52-54.
- 4- JONES, RE-, «A Laboratory Investigation into the Permeability of Coal», Ph. D. Thesis, University of Nottingham, 1969.
5. KARN, F.S., FRIEDEL, B., THAMES, B. M. ve SHARKEY, AG., «Gas Transport Through Sections of Solid Coal», Fuel, Vol. 49, 1970, pp. 249L 256.
- 6- THIMONS, ED-, KISSEL, FN-, «Diffusion of Methane Through Coal», Fuel, Vol- 52, 1973, pp. 274-280.
7. WOLSTENHOLME, E-F-. «A Study of Movement of Firedamp Within the Floor Strata of a Coal Seam Liable to Outbursts», Ph. D- Thesis, University of Nottingham, 1968-
- 8- KISSEL, F-N-, «The Methane Migration and Storage Characteristics of the Pittsburgh, Pocahontas No- 3, and Oklahoma Hartshorne Coalbeds», US. Bureau of Mines, Report of Investigations, No- 7667, 1972, 22p.
9. FATT, I. ve DAVIS, D- H-, «Reduction in Permeability with Overburden Pressure», Trans- AIME, Petroleum Branch, Vol- 195, 1952, p. 329.
- 10- PATCHING, T- H-, «Variations in Permeability of Coal», Proa 3rd Rock Mech- Symp., University of Toronto, Ocak 1965, pp. 185-199-
11. MORDECAL, M., «An Investigation into the Effect of Stress on Permeability of Rock Taken from Carboniferous Strata», Ph- D. Thesis, University of Nottingham, 1971-
12. SOMERTON, W.H., SOYLEMEZOĞLU, I.M. ve DUDLEY, R.C., «Effect of Stress on Permeability of Coal», Int. J- Rock Mech- Min- Sei- Gebmech. Abstr., Vol- 12, 1975, pp- 129-145-

- 13- WHITTAKER, BN-, «An Appraisal of Strata Control Practice», Trans. Inst- Min. Engrs-, Vol- 166, 1974, pp. 9-24
- 14- DURUCAN, Ş., «An Investigation into the Stress-Permeability Relationship of Coals and Flow Patterns Around Working Longwall Face», Ph.D. Thesis, University of Nottingham, 1981.
- 15- YEREBASMAZ, G-, «An Investigation into the Flow of Methane through Coal Samples», M- Phil. Thesis, University of Nottingham, 1981.
16. HOEK, E. ve FRANKLIN, J.A-, «Simple Triaxial Cell for Field or Laboratory Testing of Rock», Trans- Inst- Min- Metall- Vol- 77, 1968, pp. A22-6.
17. JOUBERT, J. I., GREIN, C. T. ve BIENSTOCK, D., «Effect of Moisture on the Methane Capacity of American Coals», Fuel, Vol- 53, 1974, pp- 186-191.

