

Türkiye 14 Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak, Turkey

KÖMÜRÜN ÖĞÜTÜLEBİLİRLİĞİ İLE DAYANIM VE İNDEKS ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

THE RELATIONSHIPS BETWEEN GRINDABILITY AND STRENGTH INDEX PROPERTIES OF COAL

Okan SU, *Karaelmas Üniversitesi, Muh Fak, 67100, Zonguldak*
Nuri A. AKÇİN ve İhsan TOROĞLU, *Karaelmas Univ, Muh Fak, 67100, Zonguldak*

ÖZET

Bu bildiriye; kömürün bazı dayanım ve indeks özellikleri ile öğütülebilirliği arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu amaçla, Zonguldak Taşkömürü Havzası'nda üretim yapılmakta olan 11 damardan standartlara uygun olarak oluk ve blok örnekler alınmıştır, ilk olarak, bu örneklerin kimyasal analizleri yapılmıştır, ikinci olarak, tek eksenli basınç dayanımı, darbe dayanım indeksi, konik delici değeri ve Shore sertlik indeksleri belirlenmiştir. Üçüncü olarak, alınan örneklerin öğütülebilirliğini belirlemek üzere Hardgrove indeksi deneyleri yapılmıştır. Tüm bu deneyler yapıldıktan sonra da; dayanım ve indeks özellikleri sonuçlarıyla kimyasal analizler ve Hardgrove indeksi arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

ABSTRACT

In this paper; some of the strength and index properties and grindability of coal are investigated. For this purpose; channel and block samples were taken according to standards from 11 currently working coal seams in Zonguldak Hardcoal Basin. Initially, the samples are chemically analyzed. Secondly, uniaxial compressive strength, impact strength index, NCB cone indenter and Shore hardness index tests were determined. Thirdly, Hardgrove index test is applied in order to determine grindability of samples. After all these tests, the relationships between the results of strength and index properties, chemical analyses and Hardgrove index are investigated.

1. GİRİŞ

Kazı makinalarının performansının ve ihtiyaç duyulan enerji miktarının belirlenip değerlendirilmesinde, kayacın kazılabilirliğinin, aşındırıcılığının belirlenmesinde, topuk tasarımında, vb. birçok alanda kayacın dayanım ve indeks özelliklerinin bilinmesi gerekir.

Kömürün dayanım özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yaygın olarak tek eksenli basınç ve çekme dayanımı deneyi uygulanır. Bunun yanında; karot alma ve numune hazırlanmasındaki zorluklar nedeniyle indeks özelliklerinden de yararlanılmaktadır. Bunların başında; Shore sertlik indeksi, Darbe dayanım indeksi ve Konik delici değeri gelmektedir.

Çatlak, sertlik ve elastiklik gibi temel malzeme özelliklerinden elde edilen öğütülebilirlik, kömürün öğütülmeye karşı direncinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Napier et al., 1999). Öğütme için kullanılan aygıtların kapasitelerinin ve gerekli enerji tüketimlerinin belirlenmesinin yanında, kömürün özellikle toz yakıt olarak kullanılması sırasında öğütülebilirlik özelliğinden yararlanılır (Hower et al., 1987). Öğütülebilirliğin belirlenmesi amacıyla kömür hazırlama tesislerinde uygulanan deneylerden bir tanesi Hardgrove İndeksi'dir. Bu deney yöntemi hem basit, hızlı ve randımanlı olması, hem de laboratuvar şartlarında tekrarlanabilir olması nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Hardgrove indeks değerleri kömürün öğütülebilirliği ile ters orantılı olarak değişir. Yani, yüksek indeks değerleri kömürün kolay, küçük değerler ise zor öğütülebilir olduğunu göstermektedir (Szwilski, 1985).

Kömür; heterojen ve elastik bir özelliğe sahip olduğu için öğütülebilirliği ile dayanım ve indeks özellikleri arasında ilişkiler kurulabilmektedir. Tiryaki vd.'nin (2001) yaptığı çalışmaya göre; Hardgrove indeksi ile Schmidt çekici arasında doğrusal, Shore sertlik indeksi ile de parabolik ilişkiler bulunduğu görülmüştür.

Bu çalışmada; Zonguldak Taşkömür Havzası'nda üretim yapılmakta olan 11 damardan oluk ve blok numuneler alınarak dayanım ve indeks özellikleri ile öğütülebilirliği arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu amaçla; ilk olarak hazırlanan numunelerin kaba ve elementer analizleri yapılmıştır. Daha sonra, blok numunelerden hazırlanan küp örnekler üzerinde tek eksenli basınç dayanım deneyleri, prizmatik örnekler üzerinde ise konik delici değeri ve Shore sertlik indeks değerleri tespit edilmiştir. Oluk numunelerden de darbe dayanım indeksi ve Hardgrove indeksi deneyleri yapılmıştır. Son olarak da; dayanım ve indeks özellikleri, Hardgrove indeksi ve kimyasal özellikler arasında ilişkiler kurulmuştur.

2. ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Deneysel çalışmaları yapmak için öncelikle arazi çalışmaları kapsamında Zonguldak Taşkömür Havzası'ndaki bazı müesseselerden oluk ve blok numuneler alınmıştır. Laboratuvara getirilen numunelerin kimyasal analizleri yapılarak, aşağıda verilen deneyler gerçekleştirilmiştir.

2.1 Numune Alma

Kömürün dayanım, indeks ve öğütülebilirlik özelliklerinin belirlenebilmesi için Zonguldak Taşkömürü Havzası'nda 4 müessesede 11 damardan oluk ve blok numuneler alınarak laboratuvara getirilmiştir. Numune alınan yerler Çizelge 1 'de verilmiştir (Akçın vd., 2003).

Çizelge 1. Numune alınan müessese, damar adı ve kotları.

Müessese Adı	Damar Adı	Numune No	Kot	Numune
KOZLU	Sulu (Ayak Başı)	D1	-485	Oluk
	Sulu (Ayak Dibi)	D2	-520	Oluk
	Doğu Acılık	D3	-520	Oluk/Blok
	Batı Acılık	D4	-520	Blok
	Çay	D5	-485	Blok
ÜZÜLMEZ	Nasifoğlu	D6	-170	Oluk/Blok
	Sulu	D7	-170	Oluk/Blok
	Çay	D8	-170	Oluk/Blok
KARADON	Domuzcu	D9	-460	Oluk/Blok
	Acenta	D10	-460	Oluk/Blok
	Unudulmuş	D11	-460	Oluk/Blok
AMASRA	Taşlı	D12	-250	Oluk/Blok
	Kalın	D13	-250	Oluk/Blok

Oluk numune tüm damar stampını temsil edecek şekilde TSE 2942 standardına göre alınmıştır. Buna göre; çalışılan damarda kömür tavan taşından taban taşına doğru kazılarak, zemine serili olan çuval üzerinde toplanmıştır. Blok numuneler ise ayağın farklı yerlerinden 5-6'şar adet ve 20x20x20 cm boyutlarında seçilerek alınmıştır.

Numuneler alınırken genellikle oksitlenmemiş ve üretim yapılmakta olan damarlar seçilmiştir. Oluk numuneler ara kesmelerin olmadığı kısımlardan, blok numuneler ise mümkün olduğunca sert damarlardan alınmıştır.

2.2 Deneysel Çalışmalar

Kömürün içerdiği farklı özellikteki litotipler, yapısındaki süreksizlikler, homojen bir yapıya sahip olmamasından dolayı karot almak ve numune hazırlamak bir hayli zordur. Bu nedenle, kömürün dayanım özelliklerinin belirlenebilmesi için uygulanabilen deneyler kısıtlıdır ve laboratuvarında hazırlanan numuneler ışığında aşağıda sonuçları verilen deneyler yapılabilmektedir.

Dayanım ve indeks özelliklerini belirleme deneylerinden tek eksenli basınç dayanımı, konik delici değeri ve Shore sertlik indeksi deneyleri için blok numuneler, darbe dayanım indeksi ve öğütülebilirlik deneyleri için oluk numuneler kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalar kapsamında öncelikle numunelerin kimyasal analizleri yapılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Kimyasal analiz sonuçları.

Numune No	K (%)	UM(%)	SK (%)	% C	% H	% N	% S
D1	29,05	24,15	46,80	86,62	4,83	1,15	0,53
D2	20,84	24,93	54,86	87,77	4,55	1,06	0,32
D3	29,90	23,81	46,29	88,13	4,76	1,00	0,33
D6	7,21	29,88	62,91	88,27	5,04	0,93	0,57
D7	50,05	18,28	31,67	79,84	5,35	1,86	0,68
D8	7,84	28,53	63,63	88,84	4,87	0,96	0,31
D9	13,06	25,34	63,40	89,43	4,90	1,08	0,72
D10	38,45	18,50	43,05	87,30	5,00	1,20	0,62
DU	10,87	24,11	65,02	80,27	4,51	1,05	0,44
D12	26,09	38,12	51,58	73,25	5,26	1,08	1,32
D13	21,37	36,58	46,52	76,65	5,07	1,15	1,49

Burada. K, kül; UM, uçucu madde; SK, sabit karbon; C, karbon, H, hidrojen; N, azot; S, kükürt yüzdesidir.

2.2.1 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi için 70x70x70 mm boyutlarında kübik numuneler hazırlanmıştır. Evans ve Pomeroy'un (1966) Duffryn kömürleri üzerinde yaptığı çalışmada, küp numunelerin kenar uzunluğu ile tek eksenli basınç dayanımı arasında ters yönlü doğrusal bir ilişki bulunmaktadır.

Hazırlanan numuneler 0,1 kN/s'lik (0,02 MPa/s) yükleme hızındaki katı yükleme makinasında test edilmiştir (Çizelge 3). Yüklemenin tüm yüzeye eşit olarak dağılması ve yüzeylerdeki pürüzlülüğün en az olması için kömürün alt ve üst yüzeylerinde tabakalaşma düzlemlerine paralel olacak şekilde 3 mm kalınlığında alçı başlık oluşturulmuştur. Kozlu müessesesi Çay damarından sadece iki tane numune hazırlanabilmiştir. Bu numune sayısı değerlendirme yapmak için yetersizdir. Ayrıca, Karadon müessesesi Domuzcu ve Acenta damarlarından alınan numunelerin çok yumuşak olmasından dolayı numune hazırlanamamıştır.

Çizelge 3. Tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları.

Numune No	Nm. S.	$c_{j_c}(\text{MPa}) \pm S.S.$
D3	4	$4,23 \pm 3,35$
D4	3	$2,82 \pm 0,63$
D5	2	$3,84 \pm 2,41$
D6	3	$5,08 \pm 0,67$
D7	4	$3,4110,38$
D8	5	$4,39 \pm 1,40$
D11	4	$4,09 \pm 2,47$
D12	5	$12,17 \pm 5,42$
D13	6	$17,34 \pm 5,94$

Burada: Nm. S., deney için hazırlanabilen numune sayısını, c_{j_c} , tek eksenli basınç dayanımını göstermektedir.

2.2.2 Darbe Dayanım İndeksi

Deney için -9,5 +3,17 mm aralıklarındaki kömür numuneleri $100\pm 0,05$ g olacak şekilde tartılmıştır. Daha sonra 30,5 cm yüksekliğindeki silindir bir kaba boşaltılmış ve 1,8 kg ağırlığındaki çekiç 20 kere ardışık olarak düşürülmüştür. Silindir kaptan çıkarılan numuneler 3,17 mm'lik elekte elenmiş ve elek üstü tartılarak darbe dayanım indeks değerleri belirlenmiştir (Evans and Pomeroy, 1966). Deney 6 kere tekrarlanmış ve ortalamaları alınmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Darbe dayanım indeksi deney sonuçları.

Numune No	Nm. S.	DDI \pm S.S.
D1	6	36,0 \pm 2,90
D2	6	39,8 \pm 1,33
D3	6	41,2 \pm 0,44
D6	6	42,1 \pm 2,35
D7	6	42,6 \pm 0,90
D8	6	40,1 \pm 1,94
D9	6	43,7 \pm 3,05
D10	6	52,7 \pm 1,94
Dil	6	56,0 \pm 1,47
D12	6	71,4 \pm 0,78
D13	6	68,8 \pm 0,91

Burada DDI; hazırlanan numunelerin darbe dayanım indeksi değeridir

2.2.3 Konik Delici Deneyi

Kayaçların batmaya karşı direncinin belirlenmesi amacıyla, İngiltere Maden Araştırma ve Geliştirme Kurumu (MRDE) tarafından özel olarak tasarlanan konik delici deney cihazı için 12x12x6 mm boyutlarında prizmatik numuneler hazırlanmıştır (Szlavin, 1974). Daha sonra yüzeyleri sıfır numara zımpara kağıdı ile zımparalanan numuneler deneye tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir. Kozlu müessesesi ve Karadon Unutulmuş damarlarından alınan blok örneklerin çok yumuşak ve ezik olması nedeni ile numune hazırlanamamıştır.

Çizelge 5. Konik delici sertlik deneyi sonuçları.

Numune No	Nm S	KDD \pm SS
D6	10	1,025 \pm 0,05
D7	10	0,824 \pm 0,04
D8	10	0,462 \pm 0,02
D9	10	1,064 \pm 0,05
D10	10	0,653 \pm 0,02
D12	10	1,300 \pm 0,03
D13	10	1,456 \pm 0,03

Burada KDD, hazırlanan numunelerin konik delici değeridir.

2.2.4 Shore Sertlik İndeksi Deneyi

Shore sertlik deneyi için 30x30x15 mm boyutlarında prizmatik numuneler kömür kesme tezgahlarında kesilerek hazırlanmış ve daha sonra yüzeylerdeki pürüzlülüğü en aza indirmek amacı ile sıfır numara zımpara kağıdı ile zımparalanmıştır.

Shore sertlik indeks değerlerinin belirlenebilmesi için D model skeloroskop kullanılmıştır. Buna göre her damar için hazırlanan 5 adet numunenin yüzeylerinde 20 farklı değer okunmuş ve bu değerlerin ortalaması alınarak numunelerin Shore sertlik indeks değerleri belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Shore sertlik indeksi deney sonuçları.

Numune No	Nm. S.	SH + S.S.
D3	5	34,40 ± 5,49
D4	5	31,35 ± 4,23
D5	5	31,90 ± 5,62
D6	5	37,70 ± 5,80
D7	5	34,05 ± 5,06
D8	5	28,80 ± 3,83
D9	5	39,70 ± 5,33
D10	5	34,20 ± 5,45
D11	5	31,90 ± 6,28
D12	5	60,40 ± 5,35
D13	5	56,35 ± 5,41

Burada SH, hazırlanan numunelerin Shore sertlik indeksi değeridir.

2.2.5 Hardgrove İndeksi Deneyi

Damarlardan alınan örneklerin öğütülebilirliğini belirlemek için Erdemir Laboratuvarları'nda Hardgrove indeksi deneyi yapılmıştır. ASTM D 409 standardına göre 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm ve 0,60 mm'lik elekler kullanılarak 1 kg numune kademe kademe -1,18 +0,60 mm fraksiyonuna indirgenmiş ve 50 g tartılmıştır.

Deneyin yapılması için Hardgrove değirmeni kullanılmıştır. Buna göre 50 g'lık hazırlanan numuneler 20 devir/dk'lık hızla dönen değirmende öğütülmüştür. Öğütülen numune 0,075 mm'lik elekte 20 dk elenmiştir. Bu işlem sonunda +0,075 mm'lik numune tartılmış ve Eşitlik 1 'de yerine konarak Hardgrove indeks değeri hesaplanmıştır (ASTM,1993). Elde edilen sonuçlar Çizelge 7'de verilmiştir.

$$HI=13+(6,93xW) \quad [1]$$

HI = Hardgrove indeksi.

W = 0,075 mm'lik elek üstünde kalan malzeme miktarı (g).

Elde edilen deney sonuçlarına göre Hardgrove indeksi sonuçlarının genellikle çok yüksek, yani kolay öğütülebilir olduğu ortaya çıkmıştır.

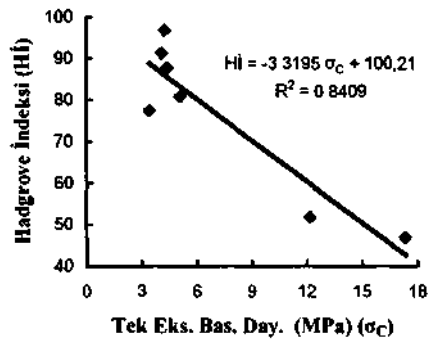
Çizelge 7. Hardgrove İndeksi deney sonuçları

Numune No	W	Hİ
D1	11,1	89,92
D2	11,5	92,70
D3	12,1	96,85
D6	9,8	80,91
D7	9,3	77,45
D8	10,8	87,84
D9	11,1	89,92
D10	10,7	87,15
D11	11,3	91,31
D12	5,6	51,81
D13	4,9	46,96

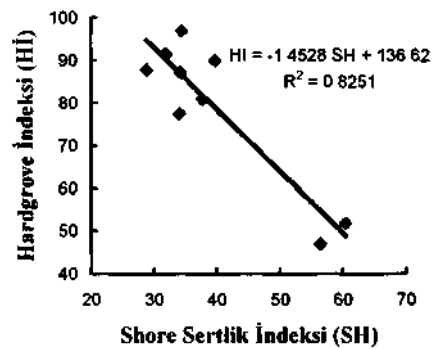
3. DENEY SONUÇLARININ YORUMLANMASI

Deneysel çalışmalar sonucunda; kömürün dayanım ve indeks özellikleri ile öğütülebilirliği arasında anlamlı ilişkiler kurulmuştur. Buna göre; dayanım ve indeks özelliklerini belirlemek için yapılan deneyler ile Hardgrove indeksi arasında azalan yönde doğrusal ilişkilerin olduğu görülmüştür. Yani, kömürün dayanımı arttıkça, Hardgrove indeksi değeri düşmekte, dolayısı ile öğütülebilirliği zorlaşmaktadır. Dayanım özellikleri ile Hardgrove indeksi arasında kurulan ilişkilerde kübik örneklerden elde edilen sonuçlar kullanılmış ve ilişki katsayısı 0,92 bulunmuştur (Şekil 1). İndeks özelliklerinden olan Shore sertlik indeksi ile Hardgrove indeksi arasındaki ilişki katsayısı 0,91; darbe dayanım indeksi ile Hardgrove indeksi arasındaki ilişki katsayısı ise 0,83 bulunmuştur (Şekil 2,3).

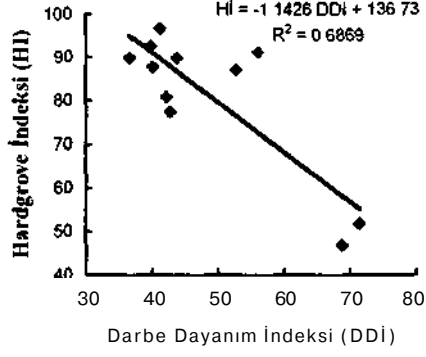
Ayrıca; numune hazırlanması sırasında bazı bloklar dağılarak parçalanmış ve her deney için yeteri kadar numune hazırlanamamıştır. Bu da noktalar arasında veri yetersizliğine neden olmuş ve ilişki katsayılarını etkilemiştir (Şekil 4).



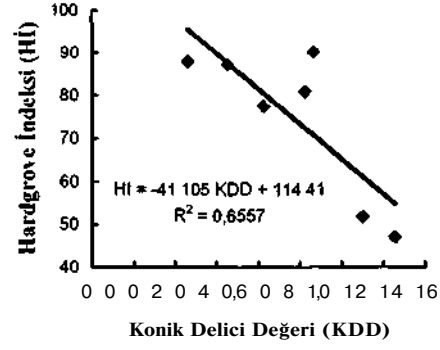
Şekil 1. Tek eksenli basınç dayanımı ile Hardgrove indeksi arasındaki ilişki.



Şekil 2. Shore sertlik indeksi ile Hardgrove indeksi arasındaki ilişki.



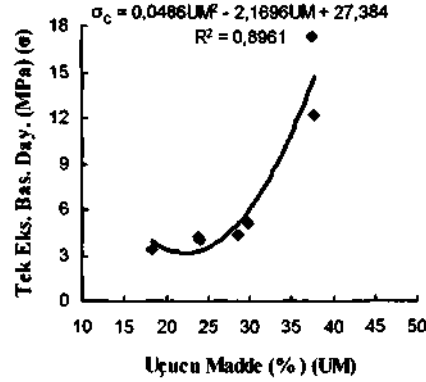
Şekil 3. Hardgrove indeksi ile darbe dayanım indeksi arasındaki ilişki.



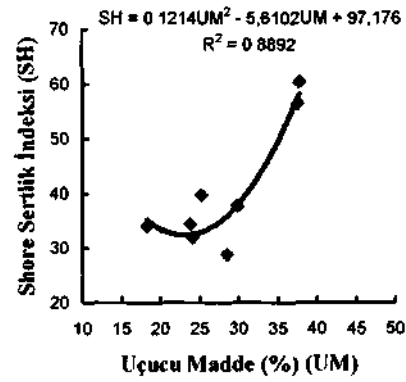
Şekil 4. Hardgrove indeksi ile konik delici değeri arasındaki ilişki.

Kömürün dayanım ve indeks özellikleri ile kimyasal analizleri arasındaki ilişkiler araştırılmış ve uçucu madde ile parabolik ilişkiler olduğu görülmüştür (Şekil 5,6,7). İlişkilerde tüvenan kömürün kül ve uçucu madde yüzdeleri kullanılmıştır. Uçucu madde için sınır değer yaklaşık %25 bulunmuştur. Bu noktadan sonra uçucu madde değeri yükseldikçe, dayanım da yükselmektedir.

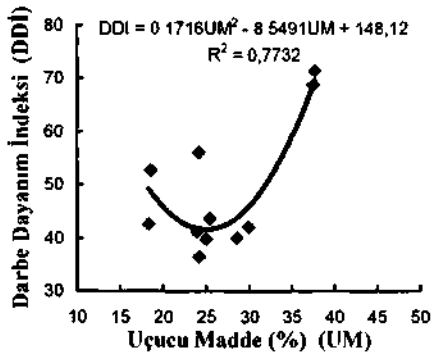
Hardgrove indeksi ile uçucu madde arasında ise azalan yönde doğrusal bir ilişki kurulmuştur (Şekil 8). Elde edilen grafik, dayanım özellikleri ile kurulan ilişkilerdeki ile ters yönlüdür. Hardgrove indeks değerlerinin yüksek olduğu noktalarda uçucu madde yüzdesinin % 28-32 arasında değiştiği görülmüştür.



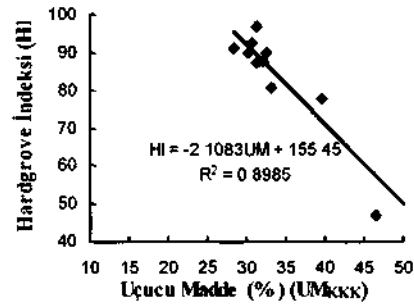
Şekil 5. Tek eksenli basınç dayanımı ile uçucu madde arasındaki ilişki



Şekil 6. Shore sertlik indeksi ile uçucu madde arasındaki ilişki.



Şekil 7. Darbe dayanım indeksi ile uçucu madde arasındaki ilişki.



Şekil 8. Hardgrove indeksi ile uçucu madde arasındaki ilişki

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Zonguldak Taşkömürü Havzası'ndaki 4 müesseseden oluk ve blok numuneler alınmış ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Blok örneklerden kübik ve prizmatik numuneler hazırlanarak tek eksenli basınç dayanımı, konik delici deneyi ve Shore sertlik indeksi deneyi, oluk numunelerden de standartlarda verilen aralıklarda numuneler hazırlanarak Hardgrove indeksi ve darbe dayanım indeksi deneyleri yapılmıştır.

Deneylerde elde edilen verilere göre; numune alınan damarların tek eksenli basınç dayanımları 3-17 MPa, darbe dayanım indeksleri 37-71, konik delici değerleri 0,5-1,5, Shore sertlik indeksi değerleri 31-60 ve Hardgrove indeksi değerlerinin de 47-93 arasında değiştiği görülmüştür. Bu sonuçlar ışığında Zonguldak Taşkömür Havzası'nda Kozlu Müessesesi'nden Amasra Müessesesi'ne (batıdan doğuya) doğru gidildikçe kömür damarlarının dayanımlarının yükseldiği görülmüş ve dayanım özellikleri ile öğütülebilirlik arasında Çizelge 8'deki gibi bir sınıflama yapılmıştır (Su, 2003).

Çizelge 8. Zonguldak Havzası kömürleri için dayanım-öğütülebilirlik sınıflaması.

Dayanım-Öğütülebilirlik Sınıflaması					
Dayanım	$\langle r_c \rangle$ (MPa)	DDI	SH	HI	Öğütülebilirlik
Çok Yumuşak	<5	<45	<38	>80	Kolay
Yumuşak	5-12	45-55	38-50	65-80	Orta Der. Zor
Sert	12-17	55-72	50-65	45-65	Zor
Çok Sert	>17	>72	>65	<45	Çok Zor

Bu çizelgeye göre numune alınan bölgelerdeki kömürlerin dayanımı genellikle yumuşak sınıftadır, sadece Amasra kömürleri sert kömür sınıfına girmektedir. Diğer yandan yapılan Hardgrove indeksi deneyleri sonucunda öğütülebilirliğin kolay olduğu bulunmuştur.

TEŞEKKÜR

Yazar, konik delici deneyindeki yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Nuh BILGIN'e (İTÜ), öğütülebilirlik deneylerinin gerçekleştirilmesine olanak sağlayan Kömür Kok ve Yan Ürünler Laboratuvarı eski şefi Sayın İsmail AKSOY'a (ERDEMİR), ayrıca bu çalışmanın gerçekleşmesine maddi destek sağlayan ZKÜ Bilimsel Araştırma Projesi'ne (2002-45-03-12) teşekkürlerini sunar.

5. KAYNAKLAR

- Akçın, N.A. Toroğlu, I. Yaralı, O. Su, O. ve Yılmaz, S.** (2003) *Kömürün Dayanım Özellikleri ile Öğütülebilirliği Arasındaki İlişkilerin Araştırılması*, ZKÜ Bilimsel Araştırma Projesi 1. Gelişme Raporu, ZKÜ Müh. Fak., Zonguldak, 11 s.
- ASTM D 409-93a** (1993) Standard test method for grindability of coal by the hardgrove machine method, *Annual book of ASTM Standards*, Vol. 05.05, ASTM, Philadelphia, pp. 203-210.
- Evans, I. and Pomeroy, C.D.** (1966) *The Strength Fracture and Workability of Coal*, Pergamon Press Ltd., London, 256 pp.
- Hower, J.C. Graese, A.M. and Klapheke J.G.** (1987) Influence of microlithotype composition on Hardgrove grindability for selected eastern Kentucky coals, *International Journal of Coal Geology*, Vol. 7, No. 3, pp. 227-244.
- Napier, T.J. Morrell, S., Morrison, R.D. and Kojovic, T.** (1999) Rock Testing- Determining the Material-Specific Breakage Function, *Mineral Comminution Circuits Their Operation and Optimisation*, Chapter 4, Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre, Australia, 413 p.
- Su, O.** (2003) *Kömürün Dayanım Özellikleri ile Öğütülebilirliği Arasındaki İlişkilerin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, 100 s.
- Szlavin, J.** (1974) Relationships between some physical properties of rock determined by laboratory tests, *Int J Rock Mech Min Sci & Geomech Absr*, Vol. 11, London, pp. 57-66.
- Szwilski, A.B.** (1985) Relation between the structural and physical properties of coal, *Mining Science and Technology*, Vol. 2, Amsterdam, pp. 181 -189.
- Tiryaki, B. Atasoy, K. Yaşitli, N.E. Eyüboğlu, A.S. and Aydın, M.Z.** (2001) Studies in the relationships between hardgrove grindability and some rock index tests on Cayirhan coals, *Proceedings of the 17th International Mining Congress and Exhibition of Turkey*, Ankara, pp. 451-458.
- TSE 2942** (1978) Kömür damarlarından numune alma, Türk Standartları Enstitüsü, UDK 662.66, Ankara, 8 s.