

## Zonguldak Taşkömür Havzası Kömür Çevre Kayaçlarının Aşındırıcılık Özelliklerinin Araştırılması

O. Yaralı

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Türkiye

**ÖZET:** Bu çalışmada, Zonguldak Taşkömür Havzası kömür çevre kayaçlarının aşındırıcılık ve mekanik özelliklerini belirlemek için laboratuvarında bir dizi deney yapılmıştır. Kayaçların aşındırıcılık özellikleri, Cerchar ve Schimazek aşınma indeks yöntemleri kullanılarak bulunmuştur. Cerchar aşınma indeksinin bulunabilmesi için bir deney düzeneği kurulmuştur. Schimazek aşınma indeksini bulmak için örneklerin ince kesitleri mikroskopta incelenmiştir. Sonuçta, kayaç örneklerinin mekanik, petrografik ve aşındırıcılık özellikleri karşılaştırılmıştır.

**ABSTRACT:** In this study, in order to determine abrasivity and mechanical properties of coal measures rocks in Zonguldak Hard Coal Basin, numerous tests by using different testing methods have been carried out in the laboratories. Abrasivity properties of rocks have been found by using Cerchar and Schimazek abrasivity index methods. A special device for Cerchar abrasivity experiment has been established. Microscopic studies of thin slices specimens are made to find out Schimazek abrasivity index. Finally, a comparison between mechanical, petrographical and abrasivity properties is made.

### I GİRİŞ

Aşınma, kazı esnasında kayaçların keskinlik tarafından koparılması sırasında meydana gelmektedir. Yüksek aşındırıcı özelliğe sahip kayaçlar, kısa zamanda keskinliğin körlenmesine neden olmaktadır. Bu durum, bir yandan keskinliğin arttırılmasını, diğer yandan kazı maliyetinin artmasına yol açmaktadır. Kazı makineleri ile galeri sürmede, birim miktar kayaç kazısı için tüketilen keskinlik sayısı, kazı işinin ekonomik olup olmayacağı hakkında en önemli kısıttır.

Bir kaya kütlelerinin aşındırıcılığı aşağıda belirtilen faktörlerin bir kombinasyonu şeklinde gerçekleşmektedir (Tanirock 1999). Bunlar,

- Kayaçın dayanımı ve sertliği,
- Keskinliğin derinliği ve kesme hızı,
- Keskinliklerin oluşturdukları darbe yüklen,
- Kesme tipi veya keskinliğin hareket şekli
- bükün kesme veya ufalanma,
- Keskinliğin kalitesi.

- Mineral bileşimi, mineral tanelerinin boyutu ve sertliğidir.

Yukarıda sayılanların dışında, kayaç özellikleri ile ilgili aşınmayı etkileyen parametreler olarak da kayaçtaki kuvars ve diğer aşındırıcı minerallerin miktarı ile bunların ortalama tane boyutu ve kayacın çimleniş derecesi de önemli olmaktadır. Söz konusu parametrelerin ölçülmesi arttıkça, keskinliğin artması da o oranda artmaktadır (Schimazek & Knatz 1970).

Zonguldak Taşkömür Havzası kömür çevre kayaçlarının kazılabilirliği, delinilebilirliği, keskinliğin ve aşındırıcılığı konularında daha önceki yıllarda araştırmalar ve projeler yapılmıştır. Ancak, Havza'ya yönelik kömür çevre kayaçlarının aşındırıcılığı konusunda özellikle Cerchar aşınma indeksi (CAI) deney aleti kullanılarak yapılmış araştırma sayısı sınırlı kalmıştır (Cennan 1988, Avcı 2001, Erdaş 2002, Erdaş 2002, Kel 2003). Bu araştırmalarda sınırlı sayıda kayaç üzerinde Cerchar aşınma indeksi deney aleti kullanılarak kayaçların aşındırıcılıkları belirlenmiştir. Ancak yapılan bu

çalışmalarda Avcı (2001) hariç kayaçların petrografik özellikleri gözönüne alınmamıştır.

Bu çalışmada, kömür çevre kayaçlarının Schimazek ve Cerchar aşınma indekslerine göre aşındırıcılık özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Türkiye Taş kömürleri Kurumu (TTK)'na bağlı değişik Müesseselerden 31 farklı kömür çevre kayacı (ince taneli, orta taneli, iri taneli kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı, konglomera) alınmıştır (Çiz. 1). Bu kayaç örnekleri üzerinde laboratuvarında lek eksenli basınç ve dolaylı çekme (Brazilian) dayanım deneyleri ile hazırlanan prizmatik şeklindeki düzgün numuneler üzerinde Cerchar aşınma indeks deneyleri yapılmıştır. Ayrıca, Cerchar aşınma indeksine bağlı olarak tahmini keski lüketim miktarları da belirlenmiştir. Kayaçların petrografik analiz sonuçlarına bağlı Schimazek aşınma indeksleri bulunmuştur. Bu iki aşındırıcılık indeksi arasındaki ilişkiler de araştırılmıştır.

## 2 CERCHAR AŞINMA İNDKKSİ

Kayaçların aşındırıcılıklarının belirlenmesine yönelik bir çok deney yöntemi önerilmiş olmasına rağmen kabul görmüş deney yöntemi oldukça az sayıdadır. Son yıllarda Cerchar aşınma indeksi (CAİ) deneyi bir projede keskinin aşınmalarının ve keski değişim maliyetlerinin doğru tahmin edilmesinde ekonomik öneminden dolayı dikkate değer bir önem kazanmıştır (Atkinson 1993). Cerchar aşınma indeksi deneyi özellikle Batı Avrupa'daki kaya mekaniği laboratuvarlarında sert kayaçların aşındırıcılıklarının belirlenmesinde oldukça yaygın kullanılan bir deney yöntemidir (Plinninger et alı. 2003).

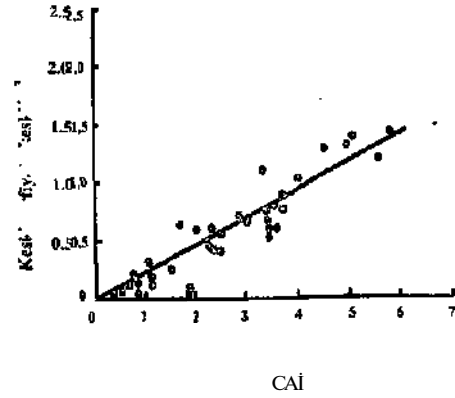
Cerchar Aşınma indeksi deneyi ilk olarak Fransa'da Cerchar Araştırma Enstitüsü'nde (Research Institute Cerchar of the Charbonnages de France) 1971 yılında bulunmuş ve sonuçlar Valaniin (1973) tarafından yayımlanmıştır. Bu deney yöntemi keski aşınması ve sarfiyatının tespiti için kullanılmaktadır (Tanırock'dan 1999).

Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (International Society of Rock Mechanics). 3 Eylül 1987 yılında Montreal'de yaptığı toplantıda kaya mekaniğinde kayaçların kesilebilirliği, delinebilirliği ve ka/ılabilirliği konularında Cerchar aşınma ve Cerchar sertlik indeks deneylerinin standart kaya mekaniği deneyi olarak uygulanmasını önermiştir (ISRM 19X7; Bilinn'den 1989).

West (1981,1986,19X9), kömür içeren sedimanter kayaçları kullanarak yaptığı çalışmalar sonucunda. Cerchar aşındırıcılık indeksi ile ifade edilen kayaç aşındırıcılığının kayacın kuvars içeriği ve Mobs'

sertlik ölçütü ile doğru orantılı olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, McFeat-Smith & Fowell (1977), kayacın kuvars içeriğinin, kesici uç tüketimi açısından kayaç aşındırıcılığını tek başına ifade edemeyeceğini bildirmiştir. Kumtaşlarında galeri açma makineleri ile yapılan kazılarda, kesici uç tüketiminin kuvars içeriğinden çok çimentolaşma derecesi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Barbour & Atkinson & Ko 1979).

Johson & Fowell (1986) yerinde yaptıkları ölçmelerle keski sarfiyatının, kayaçların Cerchar aşınma indeksleriyle (CAİ) doğrudan ilişki içerisinde olduğunu göstermişlerdir (Tunçdemir'den 2002). Bu JU-L; Sekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. CAİ İle keski sarfiyatı arasındaki ilişki (Johson & Fowell 1986 ;Tunçdemir,2002).

Al-Ameen & Waller ( 1979), yaptıkları çalışmada, az miktarda aşındırıcı mineraller içeren yüksek dayanımlı bazı kayaçların yüksek aşındırıcılık indeksine sahip olabildiklerini belirlemişlerdir. Diğer taraftan, çok yüksek aşındırıcı mineral içeriğine sahip olan bazı düşük dayanımlı kayaçların, düşük aşındırıcılık indeksine sahip olabildikleri de görülmüştür. Araştırmacılar, kayaçların aşındırıcı mineral içeriklerinin ve çimentolaşma özelliğinin, Cerchar aşındırıcılık indeksi üzerinde birlikte bir etkisinin söz konusu olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Örnek alım yerleri.

No	Örneklerin Alındığı Müessesesi	Yer	Örnek Adı
1	Üzülmez Müessesesi	-170/505 Desandre	İri taneli kumlası
2	Üzülmez Müessesesi	-205 Doğu Lağ. B14 kredili	İri taneli kumtaşı
3	Üzülmez Müessesesi	-170 Acun Geçiş 3,5 Kuzey Lağ.	İnce taneli kumtaşı
4	Üzülmez Müessesesi	+56 Kurul Doğu Lağımı	İnce taneli kumtaşı
5	Üzülmez Müessesesi	-170 Sulu Tv. Taşı Güney Kanadı	İnce Taneli Kumtaşı
6	Üzülmez Müessesesi	-170 Acun Batı Tv. 4. Kuzey Lağ.	Silttaşı
7	Üzülmez Müessesesi	-170 Sulu Tv. Taşı Güney Kanadı	Silttaşı
8	Üzülmez Müessesesi	-170 NasifoğluTb. Taşı Kuzey	Silttaşı
9	Üzülmez Müessesesi	-156 Sulu Doğu Taban 2. Güney	Silttaşı
10	Üzülmez Müessesesi	-250 Kuzey Lağımı	Çamurtaşı
11	Üzülmez Müessesesi	-170NasifoğluTv. Taşı	Çamurtaşı
12	Karadon Müessesesi	-460/41405 Gelik Kuzey Lağımı	İnce taneli kumtaşı
13	Karadon Müessesesi	-460 Gelik Güney Lağımı	İnce taneli kumtaşı
14	Karadon Müessesesi	-360 Gelik Hazırlık Galerisi	Orta Taneli Kumtaşı
15	Karadon Müessesesi	-360 Sulu Tb.	Orta Taneli Kumtaşı
16	Karadon Müessesesi	-460/42510 Kuzey Lağımı	İnce Taneli Kumtaşı
17	Karadon Müessesesi	-360 Gelik Hazırlık Galerisi	Silttaşı
18	Kozlu Müessesesi	-560/112056361 Lağımı	İri Taneli Kumtaşı
19	Kozlu Müessesesi	-560/112056361 Lağımı	Konglomera
20	Kozlu Müessesesi	-560/112056360 Lağımı	Orta Taneli Kumtaşı
21	Kozlu Müessesesi	-560/112056359 Lağımı	Orta Taneli Kumtaşı
22	Kozlu Müessesesi	-560/112056357 Lağımı	İnce Taneli Kumtaşı
23	Kozlu Müessesesi	-560/112056361 Lağımı	İnce Taneli Kumtaşı
24	Kozlu Müessesesi	-560/112056361 Lağımı	İnce Taneli Kumtaşı
25	Amasra Müessesesi	-250/2. Bedesten Hazırlık Lağımı	Konglomera
26	Amasra Müessesesi	-250 Taşlı Damar Üst Tb. Yolu	Silttaşı
27	Amasra Müessesesi	-250 Taşlı Damar Alt Tb. Yolu	Silttaşı
28	Ozbeyler Madencilik	Gelik Ocağı	İnce taneli kumtaşı
29	Ozbeyler Madencilik	Gelik Ocağı	İnce taneli kumtaşı
30	Ozbeyler Madencilik	Gelik Ocağı	Silttaşı
31	Ozbeyler Madencilik	Gelik Ocağı	Silttaşı

Şuana & Peters (1982), tek mineralli ve büyük tek kristalli kayalar üzerinde Cerchar aşınma indeks deneyleri yapmışlardır. Kuvars mineralinin çok aşındırıcı olduğundan aşındırıcılığı % 100 kabul

etmişler ve Cerchar aşınma indeksine 6.0 (= % 100 kuvars denkliği) olarak karşılık geldiğini belirtmişlerdir,

Cerchar aşınma indeks deneyi ; 160 kg/mm çekme dayanımı olan 90° tepe açılı konik bir uç 7 kg bastırma kuvveti ile gayri muntazam örnek üzerinde yaklaşık bir saniye sürede 1 cm çekilmekle ve uça oluşan aşındırma yüzeyi kayaç örneğinin aşındırıcılığı vermektedir. Konik uç. En 24-25 çeliğinden 610 ± 5 Vickers sertliğinde olmalıdır. Konik uç mikroskop altında incelenerek ucun yüzey çapındaki aşınması 1/10 mm hassasiyetinde ölçülür. Her 1/10 mm'ye karşılık gelen aşınma değeri 1 Cerchar aşınma indeksi değeri olarak belirlenir. Belirlenen aşınma miktarı kayacın Cerchar aşındırıcılığı olarak kabul edilir (Evenden 1983).

Cerchar aşınma indeksi değeri 0 dan 6 arasında değişmektedir. Çizelge 2'de Cerchar aşınma indeksine göre aşındırıcılık sınıflaması verilmiştir.

Çizelge 2. Aşındırıcılık sınıflaması (Cerchar 1986; Thuro&Plinninger'dan 1998).

CAI	Sınıfı
<0.5	çok az aşındırıcı
0.5- 1,0	hafif aşındırıcı
1.0-2,0	aşındırıcı
2.0-4.0	çok aşındırıcı
>4.0	oldukça fazla aşındırıcı

### 3 SCHİM AZEK AŞINMA İNDEKSİ

Schimazek aşınma indeksi (F) bir disk keski kullanılarak sedimanter kayaçlar üzerinde yapılan aşınma deneyleri sonucunda bulunmuştur (Schimazek & Knatz 1970).

Kayaçların çekme dayanımı ve petrografik özelliklerinden yararlanarak aşınma numuneleri St 50 çeliğinden imal edilmiş, uçları konik, 90°, 0.3 mm'ye kadar köreltilmiş keskiyle ve 45 N'luk baskı kuvvetiyle 16 m Archimed Spirali ile çizilir. Uçlarda meydana gelen ağırlık kaybı aşınma indeksinin fonksiyonu olarak kabul edilmektedir.

Aşınma indeksi, numunelerin çekme dayanımı ve petrografik özelliklerinden elde edilir. Kayaçtaki kuvars ve diğer aşındırıcı minerallerin miktarı, bunların boyutları ve kayacın çekme dayanımı arttıkça aşınma da artacağına göre, aşınma indeksi bu parametrelerin çarpımıyla Eşitlik 1'den elde edilmektedir.

$$F = Q * d * \sigma, \quad (D)$$

Burada;

F = Schimazek aşınma indeksi, N/mm

246

Q = Eşdeğer kuvars yüzdesi, %

d = Ortalama tane boyutu, mm

$\sigma$ , = Dolaylı çekme dayanımı, MPa

Sert keskiyle yapılan mekanize kazıda, Schimazek aşınma indeksi 0.5 N/mm'nin üzerinde olan kayaçlar çok aşındırıcı olduklarından kesilemezler. Ancak, arında çok çatlak ve kırığın var olması durumunda, bu kazılabilirlik kriterinin i N/mm'ye kadar çıkması mümkündür. Ayrıca, disk tipi keskiyle yapılan kazıda Schimazek aşınma indeksi değeri 2.7 N/mm'ye kadar olan kayaçların kazısının yapılabileceği de saptanmıştır (Schimazek & Knatz 1970).

F, aşınma indeksi orta Avrupa'da çok ince taneli ve poroziteli sedimanter kayaçlarda başarılı sonuçlar vermiştir. Ancak, F aşınma İndeksinde kalın taneli, metamorfik ve magmatik kayaçlarda oldukça yüksek hatalı sonuçlara varılmıştır. F aşınma indeksi Ewendl (1989) tarafından geliştirilmiştir (Tamrock'dan 1999).

Ewendt (1989), Schimazek aşınma indeksi değerleriyle disk kesme deneylerinden elde ettiği sonuçları korelasyon yaparak Schimazek aşınma indeksini düzenlemiştir. Eşitlik 2'de geliştirilmiş Schimazek aşınma indeksinin bağıntısı verilmektedir (Deketh'den 1995).

$$F_{ms} = Q * I_{s(50)} * \sqrt{d} > 1 \text{ mm} \quad (2)$$

Burada;

$F_{ms}$  = Geliştirilmiş Schimazek aşınma indeksi, N/mm

$I_{s(50)}$  = Nokta yük dayanımı, MPa

Ewendt (1989) Almanya'da Saar Kömür Havzası'nda yaptığı aşınma deneyleri sonucunda F ile CAI arasında Eşitlik 3'deki gibi bir ilişki bulmuştur (Tamrock'dan 1999).

$$CAI = 0.6 + 3.32 F \quad (3)$$

### 4 LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada, Zonguldak Taşkömür Havzası kömür çevre kayaçları Cerchar aşınma indeksi deneyleri ile petrografik analiz sonuçları verilmiştir. Gerek örneklerin alınmasında gerekse laboratuvar deneylerinin yapılmasında Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (international Society of Rock Mechanics) (ISRM, 1980) standartlarına uyulmuştur.

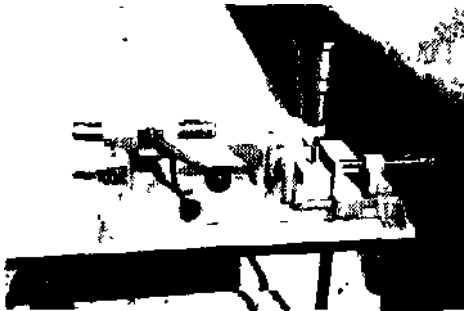
Dayanım deneylerinde "NX" (= 54 mm) çapında karol örnekten üzerinde çalışılmıştır. Dayanım ve indeks deneylerinde standartlara uygun olmayacak şekilde kırılan örnekler göz önüne alınmamıştır. Ayrıca, deneylerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde, verilerin birbirine olan uyumlarına istatistiksel olarak da bakılmıştır. Bunun için Chauvenet ölçütü uygulanmıştır (Holman & Gajda, 1984).

Kömür çevre kayaçlarının aşındırıcılıklarını belirlemek için geliştirilen Cerchar indeks deney aleti kullanılmıştır (Şek. 2) Bu deneyde kullanılan örnekler, elmas emprenyeli sulu taş kesme mafcasında prizmatik şekilde hazırlanmıştır. Deneylerde, orijinal deney yönteminde önerilen çelik kalitesinde konik uçlar kullanılmıştır (Şek 3).

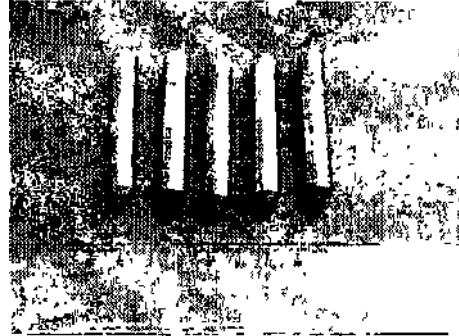
Kayaç örnekleri üzerindeki çizme işlemi, her defasında yeni bir ucla farklı yönlerde 5 kez tekrarlanarak yapılmıştır. Konik uçların uç kısımlarında oluşan aşınma yüzeyinin çapı ışık yansımali 25X büyütmeli mikrometre ölçekli bınokuler mikroskop altında ölçülmüştür. 1/10 mm'lik aşınma yüzeyi bir birim Cerchar aşınma indeksi olarak kabul edilmiştir. Böylece, kayaçlara ait Cerchar aşınma indeksi değeri 5 çizimin aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur. Şekil 4'de mikroskop altında aşınmış bir ucun görünümü verilmiştir.

İncelenen kömür çevre kayaçlarının petrografik analizlerinde; aşındırıcı mineral bileşimlerine, ortalama kuvars tane boyutlarına bakılmıştır.

Laboratuvar da kayaçların tek eksenli basınç (o<sub>1</sub>), dolaylı çekme (o<sub>2</sub>) dayanımları ile Cerchar aşınma indeks deneylen yapılmıştır. Deney sonuçları ile petrografik tanımlamalara bağlı olarak Eşitlik I kullanılarak hesaplanan Schimazek aşınma indeks değeri hesaplanmıştır



Şekil 2 Cerchar aşınma indeks deney aleti.



Şekil 3 Konik uçlar



Şekil 4. Mikroskop altında aşınmış bir ucun görünüşü.

Çizelge 3'de incelenen kayaçların laboratuvar deney sonuçları, Çizelge 4'de ise Cerchar aşınma indeks deney sonuçları, ile Şekil 1'den bulunan m<sup>3</sup> başına keski tüketimleri ile aşınma indekslerinin aşındırıcılık sınıflamaları verilmiştir.

Çizelge 3. İncelenen kayaçların laboratuvar deney sonuçları. Çizelge 4. İncelenen kayaçların CAI ve F değerleri ile aşındırıcılık sınıflamaları.

No	$f_{rc}$ (MPa)	$\sigma_1$ (MPa)	Q %	$\theta$ (%)	d (mm)
1	85.54±7.19	7.93±0.72	75	75.09	0.58
2	77.45±11.52	6.29±0.67	80	81.69	0.78
3	87.36±20.76	8.71±1.40	70	70.40	0.36
4	77.05±3.02	6.28 ±0.91	60	60.70	0.33
5	116.20±16.4	8.60±1.10	55	56.01	0.3B
6	61.51 ±22.76	8.63±1.76	70	70.33	0.15
7	73.20±9.2	8.20 ±0.40	30	31.02	0.10
8	70.10±11.8	7.30±0.50	40	44.25	0.15
9	62.50±6.86	7.18±0.82	50	52.80	0.05
10	44.65±11.62	5.89±2.65	10	10.00	0.065
11	47.81 ±9.10	5.45±2.10	10	10.00	0.065
12	123.21±13.6	7.42±0.90	75	75.45	0.52
13	103.40±12.1	6.74±1.18	70	71.03	0.54
14	89.79±9.16	9.24±1.22	65	65.12	0.40
15	78.65±7.26	7.84±0.86	45	51.90	0.40
16	128.40±18.2	10.60±0.40	85	85.23	0.75
17	83.20±9.7	7.20±1.00	40	41.45	0.063
18	76.33±5.36	8.32±1.08	80	80.35	0.92
19	34.84 ± 2.72	5.92±1.48	-	-	-
20	56.93±1.64	5.73±0.91	65	68.60	0.40
21	96.40±10.5	8.20±0.52	65	68.47	0.42
22	126.60±14.7	10.80±0.40	55	58.70	0.60
23	66.92±10.6	8.70±1.04	50	53.72	0.55
24	98.64±9.21	9.86±1.54	70	71.95	0.58
25	30.42 ±4.82	5.21±1.20	-	-	-
26	58.31±3.12	7.03±1.36	40	42.45	0.05
27	64.81±6.78	6.84±1.64	45	49.13	0.09
28	72.14±6.16	6.21 ±0.63	40	42.29	0.26
29	85.56±8.41	8.32±0.46	80	81.75	0.75
30	56.37±3.12	6.05±1.05	45	49.05	0.075
31	58.72±5.83	5.65±1.20	50	53.52	0.09

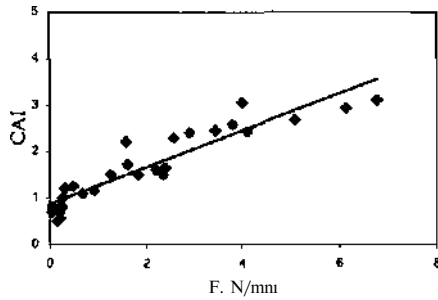
e	OrLCAI	Keski Sarfiyatı	Aşındırıcılık Sınıfı (CAI)	F (N/mm)	Aşındırıcılık Sınıfı {F> 0.5-1 N/mm}
1	2.45	0.513	Çok aşındırıcı	3.45	Çok aşındırıcı
2	3.05	0.633	Çok aşındırıcı	4.01	Çok aşındırıcı
3	1.60	0.304	Aşındırıcı	2.21	Çok aşındırıcı
4	1.50	0.280	Aşındırıcı	1.26	Çok aşındırıcı
5	1.50	0.280	Aşındırıcı	1.83	Çok aşındırıcı
6	1.15	0.194	Aşındırıcı	0.91	Aşındırıcı
7	1.00	0.157	Hafif aşındırıcı	0.25	Aşındırıcı değil
8	1.25	0.218	Aşındırıcı	0.48	Aşındırıcı değil
9	0.80	0.108	Hafif aşındırıcı	0.19	Aşındırıcı değil
10	0.80	0.108	Hafif aşındırıcı	0.04	Aşındırıcı değil
11	0.70	0.083	Hafif aşındırıcı	0.04	Aşındırıcı değil
12	2.40	0.501	Çok aşındırıcı	2.91	Çok aşındırıcı
13	2.30	0.476	Çok aşındırıcı	2.59	Çok aşındırıcı
14	1.65	0.317	Aşındırıcı	2.41	Çok aşındırıcı
15	1.72	0.334	Aşındırıcı	1.63	Çok aşındırıcı
16	3.10	0.672	Çok aşındırıcı	6.78	Çok aşındırıcı
17	0.70	0.083	Hafif aşındırıcı	0.19	Aşındırıcı değil
18	2.92	0.746	Çok aşındırıcı	6.15	Çok aşındırıcı
20	2.22	0.457	Çok aşındırıcı	1.57	Çok aşındırıcı
21	1.50	0.280	Aşındırıcı	2.36	Çok aşındırıcı
22	2.60	0.550	Çok aşındırıcı	3.80	Çok aşındırıcı
23	2.30	0.476	Çok aşındırıcı	2.57	Çok aşındırıcı
24	2.44	0.511	Çok aşındırıcı	4.11	Çok aşındırıcı
26	0.50	0.034	Değil-hafif aşındırıcı	0.15	Aşındırıcı değil
27	1.20	0.255	Aşındırıcı	0.30	Aşındırıcı değil
28	1.10	0.181	Orta aşındırıcı	0.68	Aşındırıcı
29	2.67	0.623	Çok aşındırıcı	5.10	Çok aşındırıcı
30	0.55	0.046	Hafif aşındırıcı	0.22	Aşındırıcı değil
31	0.80	0.108	Hafif aşındırıcı	0.27	Aşındırıcı değil

## S. SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Kaya birimlerinin tek eksenli basınç dayanımlarının 30 MPa ile 128 MPa arasında değiştiği ve ISRM'e (1980) göre, 10-11-19-20-25-26-30-31 nolu örneklerin dayanımlarının orta dayanımda, diğer kaya örneklerinin ise yüksek dayanım sınıfında olduğu görülmüştür,

Formasyonların tek eksenli dolaylı çekme (Brazilian) dayanımlarının 5.45 ile 8.71 MPa arasında değiştiği belirlenmiştir.

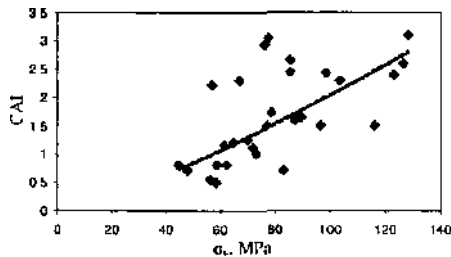
Schimazek ile Cerchar aşınma indeksleri arasında Şekil 5'de görüldüğü gibi doğrusal bir ilişki elde edilmiştir (Eşitlik 4). Benzer ilişki Becker & Lemmes (1984) ve Ewendt (1989) tarafından da bulunmuştur.



Şekil 5. F ve CAI değerleri arasındaki ilişki.

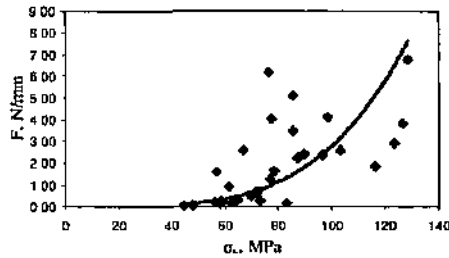
$$CAI = 0.3958F + 0.8735R = 0.93 \quad (4)$$

Kayaçların tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_c$ ) ile Cerchar aşınma indeksi (CAI) ve Schimazek aşınma indeksi (F) arasında sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7'deki gibi ilişki bulunmuştur (Eşitlik 5 ve 6).



Şekil 6.  $\sigma_c$  ile CAI arasındaki ilişki.

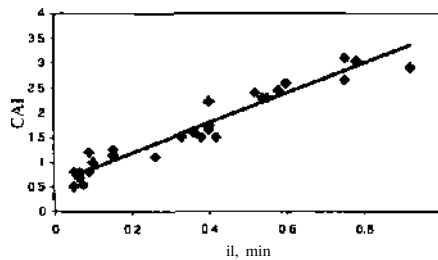
$$CAI = 0.0057 \sigma_c^{1.2776} \quad R = 0.66 \quad (5)$$



Şekil 7.  $a_c$  ile F arasındaki ilişki.

$$F = 0.024e^{0.1145H a_c} \quad R = 0.71 \quad (6)$$

Kayaçların içinde bulunan ortalama kuvars tane boyutu ile Cerchar aşınma indeksi değerleri arasındaki ilişki Şekil 8'de gösterilmiştir. Buna göre, ortalama kuvars tane boyutuyla Cerchar aşınma İndeksi arasında doğrusal bir ilişki (Eşitlik 7) elde edilmiş ve korelasyon katsayısı ise 0.97 gibi yüksek bir değerde gerçekleşmiştir. Literatüre bakıldığında bu iki büyüklük arasında elde edilen sonuç, Sauna & Peters (1981)'in yaptıkları çalışmayı desteklemektedir.

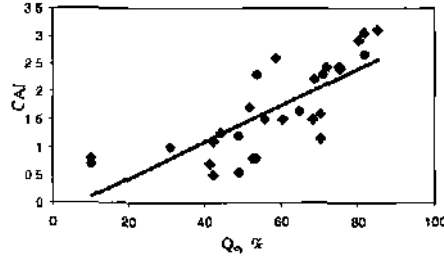


Şekil 8. Ortalama kuvars tane boyutu ile CAI arasındaki ilişki.

$$CAI = 3.0158d + 0.5828 \quad R = 0.97 \quad (7)$$

Şekil 9'da ise kayaçların içinde yer alan aşındırıcı mineralleri de kapsayan eşdeğer kuvars yüzdesi ile Cerchar aşınma indeksi değerleri karşılaştırılmıştır. Bu iki büyüklük arasında Eşitlik 8'de belirtildiği gibi doğrusal bir ilişki elde edilmiştir. Şekil 9 bakıldığında West\* (1986) yaptığı çalışmaya paralel bir sonuç bulunmuştur.

ft Yaralı



Şekil 9 Eşdeğer kuvars yüzdesi ile CAI arasındaki ilişki.

$$CAI = 0.0325Q_{cs} - 0.2054R = 0.77 \quad (8)$$

## 6 SONUÇLAR

Bu çatışmada, kayaçların aş indirici tıkanı belirlemek için yapılan Cerchar aşınma indeks deneyinin sonuçları aşındırıcılık sınıflamasına göre değerlendirilmiştir. İri taneli kumtaşlarının ölçülen CAI değerleri 2.45-2.92 arasında değişmektedir ve (CAI= 2.0-4.0) çok aşındırıcıdır. Orta taneli kumtaşlarının 1.50-2.22 arasında değişmektedir ve bazı kumtaşı örnekleri (CAI= 1.0-2.0) aşındırıcı, bazıları ise (CAI= 2.0-4.0) çok aşındırıcıdır. İnce taneli kumtaşlarının 1.10-3.10 arasında değişmektedir. Silttaşları 0.50-1.25 arasında değişmekte ve bazıları (CAI= 0.50-1.0) hafif aşındırıcı, bazıları ise (CAI= 1.0-2.0) aşındırıcıdır. Çamurtaşları ise 0.70-0.80 arasında değişmekte ve (CAI = 0.50-1.0) hafif aşındırıcıdır.

Havza'ya yönelik kayaçların aşındırıcılıklarının belirlenmesi için yapılan diğer araştırma sonuçlarıyla bulunan CAI değerleri karşılaştırıldığında, sonuçların birbirine yakın olduğu görülmektedir. Cerchar aşınma indeks değerlerine göre incelenen kayaçların kazısında keski tüketiminin 0.083 ile 0.746 adet/m<sup>3</sup> arasında değiştiği saptanmıştır.

Kollu galeri açma makinalarının ekonomik ve verimli olarak kullanılabilmesi için seçilen makinaların tipine göre kayacın kesilebilirlik sınırında olması ve Schimazek aşınma değerinin 0.5 ile 1 N/mm'den fazla olmaması gerekmektedir (Bilgin 1989). Buna göre, 6-7-8-9-10-11-17-26-27-28-30-31 nolu kaya örneklerinin Schimazek aşınma indeks değerlerinin  $F < 1$  N/mm olduğundan uç sarfiyatı az, diğer kömür çevre kayaçlarının Schimazek aşınma indeks değerlerinin  $F > 1$  N/mm olduğundan uç sarfiyatının çok fazla olacağı belirlenmiştir.

Bu çalışmada incelenen Zonguldak Havzası kömür çevre kayaçlarının genel olarak aşındırıcı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuca göre bölgede yapılacak mekanize kazıda tüketilecek keski miktarı fazla olacaktır.

Bu çalışmada kayaçların aşındırıcılıklarının belirlenmesi yanında kayaçların tek eksenli basınç dayanımları ile aşınma indeksleri arasındaki ilişkiye de bakılmıştır. Buna göre; kayaçlarının dayanımlarının kayaç aşındırıcılığına etkisinin fazla olmadığı görülmüştür.

Genel olarak, kayaçların aşındırıcılığına kuvars tane boyunun ve kayaç içinde bulunan aşındırıcı minerallerin etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Havza'da önümüzdeki yıllar içerisinde galeri ilerlemelerinin hızlanması için mekanize kazının gerekliliği göz önüne alındığında, bu tarzda çalışmaların artırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Özellikle kollu galeri açma makinalarında keski tüketiminin önceden belirlenmesine yönelik deneyler arasında Cerchar aşınma indeks deneyinin olması ve bu deney yönteminin üretici firmalar tarafından da kabul görmesi (Tamrock, 1999) bu indeks deneyinin önemini ortaya koymaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu bildiri, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen "Kömür Çevre Kayaçlarının Petrografik Özellikleri İle Aşındırıcılık Özellikleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi" başlıklı Araştırma Projesi (Proje Kod No: 2002-45-03-19) kapsamında hazırlanmıştır. Bu bildirinin hazırlanmasında her türlü imkanı sağlayan Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Rektörlüğü'ne teşekkür edilir.

## KAYNAKLAR

- Al-Anieen, S.I. and Waller, M.D., 1994; The influence of rock strength and abrasive mineral content on the Cerchar abrasive index. *Engineering Geology, NoA*, Vol.36, pp.293-301.
- Atkinson, R.H., 1993; Hardness tests for rock characterization. *Comprehensive Rock Engineering*, (ed. J.A. Hudson). Vol:3, Chapter 5, pp 105-117.
- Avcı, F., 2001; *TTK Asma-Dilaver İşlemesi Kantır Çevre Kayaçlarının Aşındırıcılık Özelliklerinin Belirlenmesi*, Yüksek Mühendislik Tezi, ZKÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak. 100 s.
- Barbour, T.G., Atkinson, R.H. and Ko, H.Y., 1979; Relationship of mechanical index and mineralogical properties of coal measures rock, *20th Symposium on Rock Mechanics*, Austin, Texas, USA, pp. 189-



- 198
- Becker, H and Lemmes, F, 1984, Rock-physical examinations in roadway drivage. *Tunnel*, Vol 2184, pp 71-76
- Bilgin, N , 1989, *İnşaat ve Maden Mühendisleri İçin Uygulamalı Kazı Mekaniği*. Birsen Yayınevi, İstanbul, 192 s
- Cerman, T , 1988, Investigation into the Application of Cerchar Hardness and Abrasivity Tesis in Different Rock Formations of Ankara Coalfield and Evyap Tunnel, Yüksek Mühendislik Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü , Maden Mühendisliği Anabilim Dalı. İstanbul, 92 p
- Deketh H J R, 1995 *Wear of Rock Cutting Tools*, A A Balkema, Rotterdam, Netherlands, 143 p
- Erdaş E, 2002, *Bazı Kayaçların Cerchar Aşınma İndeksi Özelliği ile Belirlenmesi*, ZKU Müh Fak Maden Muh Bol Diploma Çalışması, Zonguldak, 32 s
- Evenden, M 1983, *Methods of Determining Rock Hardness And Abrasivity*, Doctor of Philosophy Thesis (unpublish). Institute of Technology and Science, University of Nottingham, England, 134p
- Holman J P and Gajda, W J Jr. 1984, *Experimental Methods for Engineers* Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company. London pp 47-99
- ISRM, 1980, Basic geotechnical description of rock masses, *Rock Mech Min Sei and Cotech Abstr* Vol 18, pp 85-110
- Kel. K, 2003 *Zonguldak Havzası Kontur Çeşre Kayaçlarının Kazılabilirliğini İncelenmesi* Doktora Tezi. ZKU. Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı. Zonguldak 181 s
- McFeat Smith, I and Powell. R J 1977. correlation of rock properties and the cutting performance of tunnelling machines, *Proceedings of a Conference on Rock Digging, Newcastle Upon Tyne*, England pp 581-602
- Plinninger, R Kasling. H. Thuro. K and Spaun, G 2003, Testing conditions and geomechanical properties influencing the Cerchar abrasiveness index value. Technical Note, *Int Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, Vol 40, pp 259-263
- Schimazek. J And Knatz, H, 1970, Der Einfluss des gesteinsaufbaus auf die Schnittgeschwindigkeit und den meisseiverschleiß von strecken Vortriebsmaschinen *Glutkauf* pp 274-278
- Suaria, M and Peters, T, 1982, The Cerchar abrasivity index and its relation to rock mineralogy and petrography, *Rock Mechanics* Vol 15(1) pp 1-7
- Tamrock 1999 *Rock Excavation Handbook for CM!* *Engineering* 99 808 GB 6000 Sandvik Tamrock Corp 364 p
- Thuro, K and Plinninger, R J, 1998 Einführung in die Ingenieurgeologie, 7. Auflage Lehrstuhl für allgemeine und ingenieur geologie Technische Universität München pp 71-75
- Tunçdemir H . 2002, Kollu Galen Açma Makinelerinin veya Benzer Makinelerin Cevher Kazısında Kullanımlarının Arattırılması. Doktora Tezi İTÜ.Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul 295 s
- West, G , 1981, A review of rock abrasiveness testing for tunneling. *Proceedings of International Symposium on Weak Rock*, Tokyo Balkema Pub , Rotterdam, pp 585-593
- West. G , 1986. A relation between abrasiveness and quartz content for some coal measures sediments *Int J of Mining and Geological Engineering*, Vol 4, pp 73-78
- West. G. 1989 Rock abrasiveness testing for tunnelling Technical Note, *Int J of Rock Mech & Mm Sa Geomech Abur.Vol* 26, No 2. pp 151-160

