

## BOND İŞ İNDEKSİ VE KAYA PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

### RELATIONSHIP BETWEEN BOND WORK INDEX AND ROCK PARAMETERS

Ümit ÖZER<sup>(1)(2)</sup>, Enver ÇABUK<sup>(2)</sup>

<sup>1</sup> Maden Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, Avcılar, İSTANBUL /TÜRKİYE

<sup>2</sup> Maden Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Balcalı, Adana / TÜRKİYE

**ÖZ:** Bu çalışmada, dört farklı kalker ve iki farklı kromit olmak üzere altı farklı kaya için Bond Öğütme deneyi, Tek eksenli basma, Dolaylı Çekme, Los Angeles aşınma, Nokta yük, Ultrasonik ses geçirgenliği, Shore sertlik ve Schmidt sertlik deneyleri yapılmıştır. Bond İş İndeksi ile diğer deney sonuçları arasındaki ilişkiler araştırılmış ve en yüksek korelasyonu  $r = 0,93$  ile Ultrasonik Ses geçirgenliği – İş indeksi,  $r = 0,93$  ile Shore Sertliği – İş İndeksi ve  $r = 0,88$  ile Nokta Yük İndeksi – İş İndeksi,  $r = 0,77$  ile Tek Eksenli Basınç Dayanımı – İş İndeksi arasındaki ilişkiler vermiştir. Buna göre Ultrasonik ses geçirgenliği, Shore sertliği, Nokta Yük İndeksi ve Tek eksenli basınç dayanımı değerlerinden hareketle Bond İş İndeksinin daha pratik, hızlı ve daha ekonomik bir şekilde belirlenebileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Bond İş İndeksi, Kaya Mekaniği, Pratik yöntemler, Kaya parametreleri

**ABSTRACT:** In this study, Bond grindability test, Uniaxial compression, Indirect Uniaxial Tensile, Los Angeles Abrasion (K500) and (K100), Point Load Index, Sound Velocity, Shore Hardness and Schmidt Hammer tests were performed on four different limestone and two different chromites samples. The relations between Bond Work index and the other test results were investigated and the best correlation was found between Bond Work index - Sound Velocity with  $r = 0,93$  and the other acceptable correlations were between Shore Hardness and Bond Work index with  $r = 0,93$ , Point Load Index - Bond Work index with  $r = 0,88$  and Uniaxial Compressive Strength - Bond Work index with  $r = 0,77$ . According to this results Sound Velocity, Shore Hardness, Point Load Index and Uniaxial Compressive Strength tests could be used to simulate the Bond Work index rather practically, speedily and economically than the Standard Bond Test.

**Key Words:** Bond Work Index, Rock Mechanics, Practical Methods, Rock parameters

### GİRİŞ

Bond öğütme deneyi, Bond iş indeksini belirlemek ve buna bağlı olarak cevher hazırlama endüstrisinde bazı tasarımlar yapmak amacıyla ortaya konmuştur (Bond, 1960). Ancak daha sonralar kaya kazısı ile uğraşan bazı araştırmacılar Bond İş İndeksinden faydalanarak bazı tasarımlar yapılabileceğini göstermişlerdir ve artık kaya ile uğraşan mühendislerde Bond İş İndeksini bazı tasarımlar yapmak amacıyla kullanabilmektedirler.

Kaya ve cevher ile ilgili olarak yapılan ve özellikle ufalamaya temel alan birtakım endüstriyel planlama ve tasarımların yapılmasında geniş ölçüde kullanılan iş indeksinin daha hızlı yöntemlerle bulunabilmesi için bazı çalışmalar yapılmıştır. Bunlar; Smith ve Lee (1968), Berry ve Bruce (1966), Kapur (1970), Horst ve Bassarear (1976), Lewis ve diğ.

(1976), Karra (1981), Yap ve diğ. (1982), Armstrong (1986) ve Magdolinovic (1989) şeklinde özetlenebilir. Ancak, tüm bu çalışmalarda sunulan yöntemler öğütme ve elek analizi esasına dayanan bir dizi çalışmaları gerektirmekte, ayrıca tecrübeli ve becerikli elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları standart Bond değirmeni kullanmakta bazıları ise standart laboratuvar değirmenleri kullanmaktadırlar. Öğütme esasına dayanan bu deneylerden hemen hepsi yine uzun çalışmalar gerektirmekte ve zaman almaktadır. Bond iş indeksini daha pratik yollardan belirlemek amacıyla yapılan diğer bazı çalışmalara örnek olarak ta Aksani ve Sönmez (2000) ve Deniz ve Özdağ (2003) ın çalışmaları verilebilir. Aksani ve Sönmez (2000) yaptıkları çalışmada kinetik model oluşturma yolu ile iş indeksinin simüle edilebileceğini ortaya koymuşlardır. Deniz ve Özdağ (2003) ise

çalışmalarında dinamik elastik parametreleri kullanarak Bond öğütülebilirlik ve iş indeksinin bulunabileceğini ifade etmişlerdir. Deniz ve diğ. (1996) Darbe Dayanım İndeksi, Nokta Yük İndeksi ve Ufalanabilirlik İndeksi'nin Bond İş İndeksinin tahmini için kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Nitta ve arkadaşları (2002) uniformluk indeksi ve Bond iş indeksi arasındaki ilişkiyi, kireçtaşları üzerinde araştırmıştır. Özkahraman (2005) kayaların ufalanabilirlik indeksi ve Bond İş İndeksi arasındaki ilişkiyi araştırmış ve anlamlı sonuçlar verdiğini ifade etmiştir. Kırşan (1992), iş indeksini standart Bond değirmeni yerine diğer değirmenleri kullanarak, öğütmeye dayalı olarak hızlı belirlenebilirliğini araştırmıştır. Sül (1996) ve Kahrman ve diğ. (2001) ise Bond İş İndeksinin kullanarak, patlatma tasarımında özgül şarjın belirlenebileceğini ifade etmişlerdir.

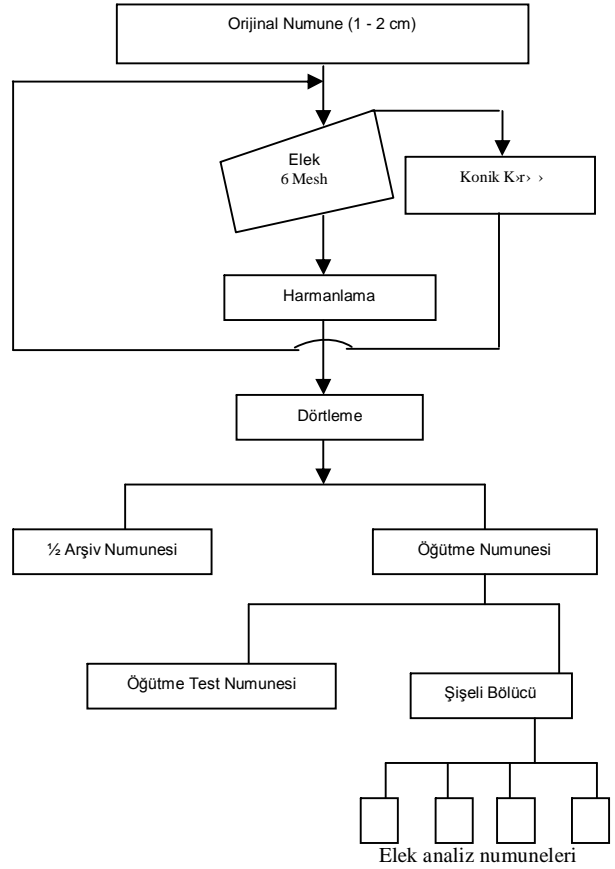
Bilindiği gibi, uygulamada gerek cevher üretimi, gerek kazı çalışmalarında uygulanan patlatma tekniği, gerekse birincil kırma, ikincil kırma ve öğütme aşamaları boyut küçültme işlemleridir. Boyut küçültme işlemleri sırasında kaya kütlesi, kaya parçası veya kaya numunesi üzerinde etkili olan basma, çekme, kesme gerilmeleri yukarıda sayılan bütün faaliyetlerde etkili olmaktadır. Bütün faaliyetlerde etkili olan ortak parametreler olduğuna göre kayalar ve numuneler üzerinde gerçekleştirilen bazı deneysel çalışmalarda bir biri ile ilişkisinin olduğu ve daha basit ve ekonomik deney yöntemleri ile daha zor ve daha yüksek maliyetli olan deney sonuçlarının tahmin etmenin mümkün olabileceği düşünülebilir.

Bu düşünceden hareketle çalışmanın amacı; yüksek oranda deney numunesi hazırlanması, yüksek deney maliyeti ve oldukça uzun süren Bond Öğütme deneyinden kaynaklanan zaman kaybı gibi olumsuzluklar ortadan kaldırmak, Bond Öğütme testine pratik, hızlı ve daha az maliyetli bir alternatif ortaya koymaktır. Bu amaçla, Kalker ve Kromit cevherlerinden oluşan deney numuneleri üzerinde laboratuvarında Bond Öğütme, Tek eksenli basınç, Dolaylı çekme dayanım, Nokta yük dayanım, Ultrasonik ses geçirgenliği, Los Angeles K500 ve K100 Aşınma, Schore Sertlik ve Schmidt sertlik deneyleri yapılmıştır. Bond öğütme deneyinden hareketle Bond İş İndeksleri hesaplanmıştır. Bond iş indeksi ile diğer deneyler arasındaki ilişkiler basit regresyon analizi ile araştırılmıştır.

## İŞ İNDEKSİ

Birçok kazı çalışmalarında ve özellikle cevher hazırlama endüstrisinde Bond öğütülebilirlik test prosedürü, iş indeksini belirlemek amacıyla oldukça geniş olarak kullanılır ve iş indeksi olarak isimlendirilir. İş indeksi ( $W_i$ ), Bond bilyalı değirmeninde %250'lik bir devreden yüke ulaşıncaya kadar, kapalı devre kuru öğütme işleminin simülasyonu ile belirlenmektedir. Bu amaçla, 3,327 mm (6 mesh) altına indirilmiş 700 cm<sup>3</sup>

hacimli numune kullanılmaktadır. Bu numune standart bilya dağılımında boyut ve devir sayısına sahip, Bond bilyalı değirmenine konularak ilk öğütme evresinde gelişigüzel seçilen bir dönüş sayısı kadar öğütülür. Her bir öğütme evresi sonunda bütün ürün boşaltılıp test eleğinden elenir. Elek üstüne yeni malzeme ilave edilerek toplam ağırlık başlangıçtaki ağırlığa eşitlenir ve değirmene tekrar beslenir. İkinci öğütme evresi için dönüş sayısı %250 devreden yüke yavaş yavaş ulaşılabilecek şekilde hesaplanır. İkinci evreden sonra aynı eleme ve öğütme işlemi her bir devir sayısında üretilen test eleği, elek altı miktarı son üç öğütme evresinde sabit oluncaya kadar devam eder. Bu durumda %250 devreden yüke ulaşılabilecektir (Şekil 1).



Şekil 1: Numune Ayrım Akış Diyagramı  
Figure 1: Separation Flow Chart of Sample

Standart Bond testi her numune için farklı öğütme evresi sonunda tamamlanabilmektedir. Son öğütme evresinde elde edilen ürün elek analizine tabi tutulmakta ve iş indeksi (1) no'lu eşitlikte hesaplanmaktadır. Standart Bond değirmeninin teknik özellikleri ise şöyledir: D (iç çap) = L (iç uzunluk) = 30,5 cm boyutunda, 70 dev/dak özelliklere sahiptir (Tablo 1).

$$W_i = 1,1 \times \frac{445}{(P_c)^{0,23} \times (G)^{0,02} \times \left( \frac{10}{(P)^{1/2}} - \frac{10}{(F)^{1/2}} \right)} \quad (1)$$

- $W_i$  = Bond iş indeksi (kWs/t),  
 $P_c$  = Test eleği elek açıklığı (µm),  
 $G$  = Bond öğütülebilirlik katsayısı, değirmenin her dönüşünde öğüttüğü net ağırlık (gr/dv)  
 $F$  = Beslemenin %80'inin geçtiği elek açıklığı (µm),  
 $P$  = Ürünün %80'inin geçtiği elek açıklığı (µm).

**Tablo 1:** Bilya Boyutlar (Deister, 1987).

**Table 1:** Diameters of ball (Deister, 1987).

Çap (cm)	Adet	Dağılım aralığı (%)
3,81	25	27,7
3,17	39	25
2,54	60	19,6
2,22	68	14,9
1,90	93	12,8
Toplam	285	100

Değirmene beslenecek olan malzeme 700cc lik hacme sahiptir. Bu yüzden 1000cc lik ölçü kabına ihtiyaç vardır. Gerekli numunenin hepsinin geçtiği 6 mesh'lik eleğin yanı sıra elek analizinde ve diğer işlemlerde kullanılmak üzere, 10, 35, 60, 140, 200, 400 mesh boyutlarında eleklerle gereksinim vardır.

Son olarak 6 meshin altına indirilmiş ortalama olarak 15 kg numune, deney için gereklidir ve numuneden konileme örtleme yolu ile gerekli miktar alınır (Wills, 1985; Aksani ve Sönmez, 2000).

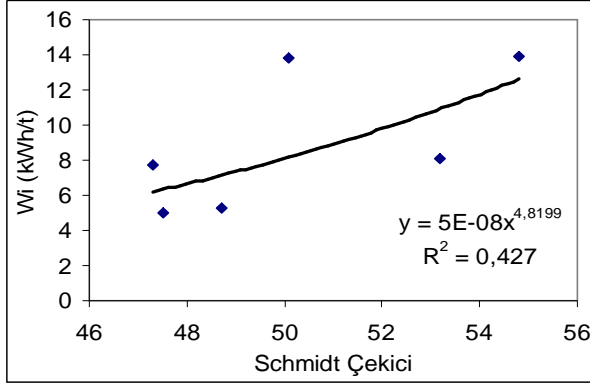
**Tablo 2:** Laboratuvar Deney Sonuçları (Çabuk, 2004).

**Table 2:** Laboratory Testing Results (Cabuk, 2004).

Numune Adı	Schmidt Çekici Değeri	Nokta Yük İndeksi (Mpa)	Tek Eksenli Basma Dayanımı (Mpa)	Dolaylı Çekme Dayanımı (Brazilian) (Mpa)	Shore Hardness	Los Angeles Aşınma Değeri (%)		Ultrasonik Ses Geçirgenliği (m/sn)	Bond İş İndeksi (kWs/t)
						K100	K500		
Kalker 1	48,7	2,3	13,7	4,1	20,2	0,160	0,540	5119,8	5,24
Kalker 2	47,5	2,4	8,5	2,9	17,4	0,140	0,545	4825,6	4,97
Kalker 3	53,2	5,2	21,5	3,3	38,3	0,132	0,340	5415,3	8,10
Kalker 4	47,3	4,8	15,1	4,1	32,5	0,093	0,353	5424,8	7,74
Kromit 1	54,8	5,5	19,6	3,5	47,0	0,062	0,254	5669,6	13,95
Kromit 2	50,1	5,2	19,0	4,5	39,1	0,157	0,520	5613,2	13,84

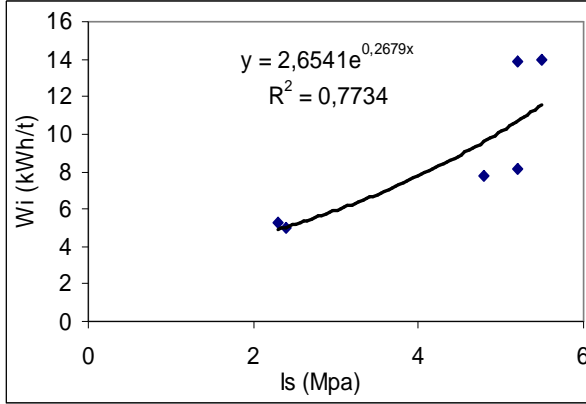
## DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

Kalker ve Kromit cevherlerinden oluşan deney numuneleri üzerinde laboratuvarında Bond Öğütme Deneyi, Tek eksenli basma deneyi, Brezilian çekme deneyi, Nokta yük dayanım testi, Ultrasonik ses geçirgenliği deneyi, Los Angeles Aşınma Deneyi, Schore Sertlik deneyi ve Schmidt sertlik deneyleri yapılmıştır. Bond öğütme deneyinden hareketle Bond İş İndeksi ( $W_i$ ) hesaplanmıştır. Bond iş indeksi ( $W_i$ ) ile Tek eksenli basma (UCS), Dolaylı çekme (UTS), 500 ve 100 devirli Los Angeles Aşınma (K500 ve K100), Nokta Yük İndeksi (Is), Ultrasonik Ses geçirgenliği (PV), Schore Sertliği (SH), Schmidt Sertliği (ScH) deney sonuçları değerleri arasındaki ilişkiler, regresyon analizi ile araştırılmıştır. Deneylere ait sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Her bir deneyin, Bond İş İndeksi ile ilişkileri grafiksel olarak verilmiştir (Şekil 2-9). Schmidt Çekici ve Bond İş İndeksi Deneyi arasındaki ilişki incelendiğinde,  $r=0,65$ 'lik bir korelasyon katsayısı elde edilmektedir. Bu da bize aralarında yüksek bir ilişki olmadığını göstermektedir (Şekil 2). Nokta Yük ve Bond İş İndeksi arasındaki ilişki incelendiğinde  $r = 0,88$  gibi yüksek bir korelasyon katsayısına sahip olduğu görülmüştür (Şekil 3). İlişkinin yüksek olması Bond İş İndeksinin Nokta Yükleme deneyi ile tahmin edilebileceği fikrini göstermektedir. Tek Eksenli Basma ve Bond İş İndeksi Deneyleri arasında,  $r = 0,77$  gibi kabul edilebilir korelasyon katsayısına sahip bir ilişki vardır (Şekil 4).



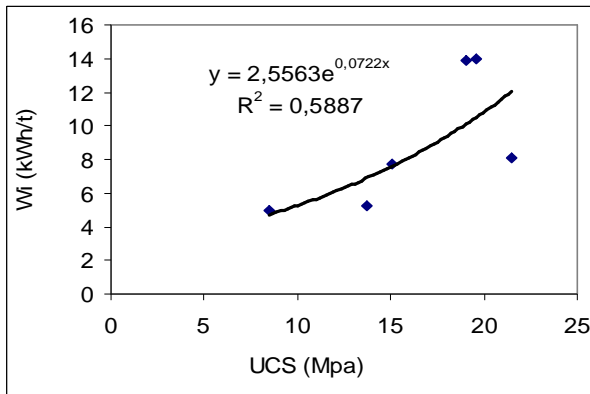
Şekil 2: Schmidt Çekici değeri ve Bond İş İndeksi Arasındaki İlişki.

Figure 2: Relationships between Schmidt Hammer Rebound and Bond Work Index.



Şekil 3: Nokta Yük İndeksi ve Bond İş İndeksi Arasındaki İlişki

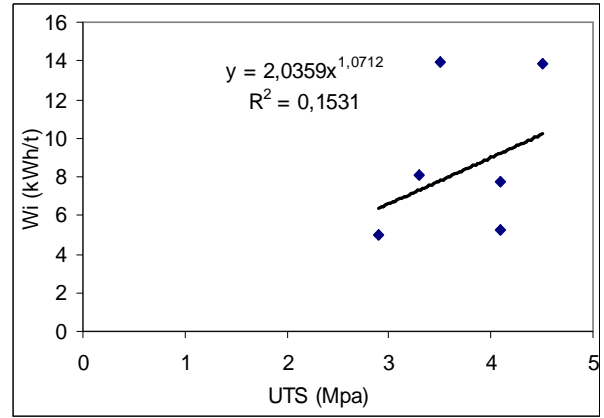
Figure 3: Relationships between Point Load Index and Bond Work Index



Şekil 4: Tek Eksenli Basma dayanımı ve Bond İş İndeksi arasındaki ilişki

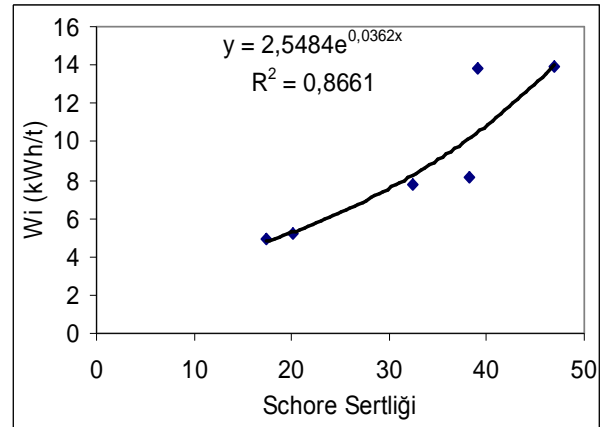
Figure 4: Relationships between Uniaxial Compressive Strength and Bond Work Index

Ultrasonik Ses Geçirgenliği ve Bond İş İndeksi arasındaki ilişki  $r = 0,93$  gibi yüksek bir korelasyon katsayısı ile oldukça kuvvetlidir. Tablo 3'te elde edilen ilişkiler, ampirik olarak sunulmuştur ve bu ilişkilere karşılık gelen korelasyon katsayısı toplu halde verilmiştir. Dolaylı (Brazilian) çekme dayanımı ve Bond İş İndeksi Deneyi arasında,  $r = 0,39$  korelasyon katsayısı ile iyi bir ilişkinin olmadığı görülmüştür (Şekil 5). Schore Sertlik değeri ve Bond İş İndeksi arasında,  $r = 0,93$ 'lük korelasyon katsayısına göre kuvvetli bir ilişki olduğu görülmektedir (Şekil 6). Los Angeles (K500) Aşınma değeri ve Bond İş İndeksi arasındaki korelasyon,  $r = 0,54$ 'lük düşük bir katsayı vermiştir (Şekil 7). Los Angeles (K100) Aşınma değeri ve Bond İş İndeksi arasında  $r = 0,44$ 'lük korelasyon katsayısına göre ilişki olmadığı görülmüştür (Şekil 8).



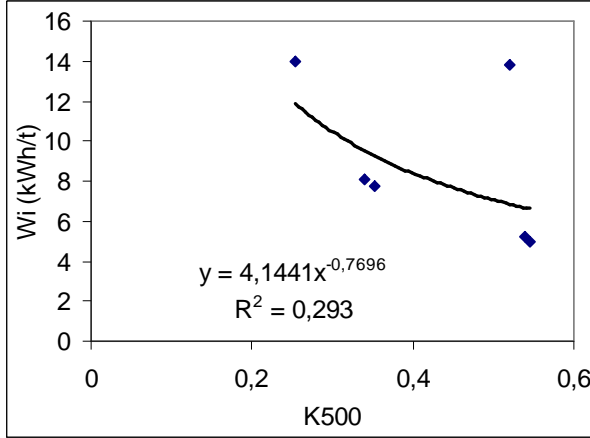
Şekil 5: Dolaylı çekme dayanımı ve Bond İş İndeksi Arasındaki İlişki

Figure 5: Relationships between Indirect Tensile Strength and Bond Work Index



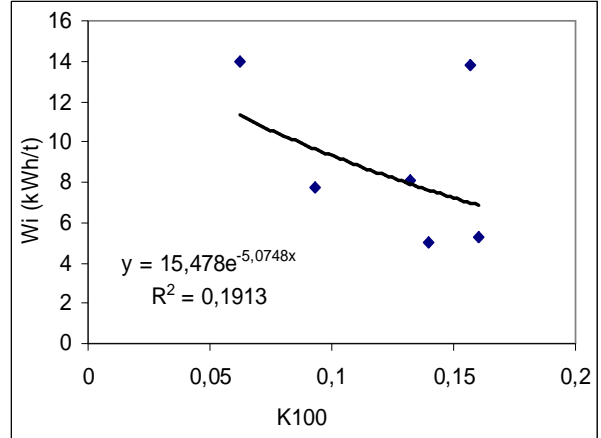
Şekil 6: Shore sertliği ve Bond İş İndeksi Arasındaki İlişki

Figure 6: Relationships between Schore Hardness and Bond Work Index



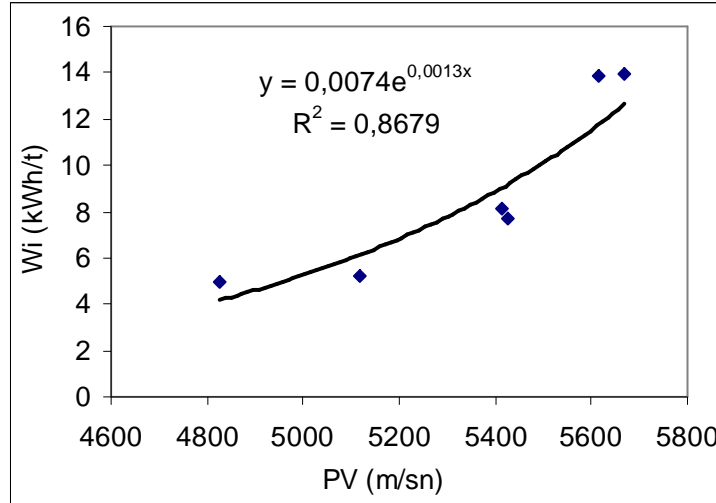
Şekil 7: Los Angeles (K<sub>500</sub>) ve Bond İş İndeksi Arasındaki İlişki

Figure 7: Relationships between Los Angeles (K<sub>500</sub>) and Bond Work Index



Şekil 8: Los Angeles (K<sub>100</sub>) ve Bond İş İndeksi Arasındaki İlişki

Figure 8: Relationships between Los Angeles (K<sub>100</sub>) and Bond Work Index



Şekil 9: Ultrasonik Ses Geçirgenliği ve Bond İş İndeksi Arasındaki İlişki

Figure 9: Relationships between Sound Velocity and Bond Work Index

Tablo 3: Kaya parametreleri ve Bond İş İndeksi arasındaki ilişkileri veren denklemler ve korelasyon katsayıları.

Table 3: The Equations and correlation coefficients of relationships between Wi and rock parameters.

Deney	Denklemler	r
Schmidt Çekici Değeri (Sch) – Bond İş İndeksi	$Wi = 0,0714 \cdot e^{0,0945 \cdot (Sch)}$	0,65
Nokta Yük İndeksi (Is) – Bond İş İndeksi	$Wi = 2,6541 \cdot e^{0,2672 \cdot (Is)}$	0,88
Tek Eksenli Basınç (UCS) – Bond İş İndeksi	$Wi = 2,5426 \cdot e^{0,0722 \cdot (UCS)}$	0,77
Dolay Çekme Dayanım (UTS) – Bond İş İndeksi	$Wi = 2,0359 \cdot e^{1,0712 \cdot (UTS)}$	0,39
Schore Hardness (SH) – Bond İş İndeksi	$Wi = 2,5484 \cdot e^{0,0362 \cdot (SH)}$	0,93
Los Angeles (K500) – Bond İş İndeksi	$Wi = 4,1441 \cdot (K500)^{-0,7696}$	0,54
Los Angeles (K100) – Bond İş İndeksi	$Wi = 15,478 \cdot e^{-5,0748 \cdot (K100)}$	0,44
Ultrasonik ses Geçirgenliği (PV) – Bond İş İndeksi	$Wi = 0,0074 \cdot e^{0,0013 \cdot PV}$	0,93

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Standart Bond Deneyi ile Bond İş İndeksinin bulunması oldukça zaman alıcı, yorucu ve deney maliyeti yüksek bir yöntem olmakla birlikte, bilgili ve deneyimli elemanlarca yapılması gerekmektedir. Bu olumsuzlukların nedeni ile hızlı karar verme şartlarında uygulanabilecek daha pratik bir yöntemin olabilirliği araştırılmış ve bu amaçla kaya mekanik deneylerinden yola çıkılmıştır. Bu sonuçlara göre Ultrasonik Ses geçirgenliği ve Bond İş İndeksi arasında  $r = 0,93$  gibi yüksek bir katsayıya sahip korelasyon, Shore sertliği ve Bond İş İndeksi arasında  $r = 0,93$ , Nokta Yük İndeksi ve Bond İş İndeksi arasında  $r = 0,88$ , Tek eksenli basınç dayanımı ve Bond İş İndeksi arasında  $r = 0,77$  değerlerinde kabul edilebilir korelasyonların olduğu görülmüştür. Diğer test teknikleri ile Bond İş İndeksi arasında düşük korelasyonlar olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre Ultrasonik ses geçirgenliği, Shore sertliği, Nokta yük indeksi ve tek eksenli basınç deneylerinden hareketle Bond İş İndeksinin çok daha az maliyetle, pratik ve hızlı bir şekilde tahmin edilebileceği görülmüştür.

Ancak bu çalışma kapsamında yapılan deneylerin kısıtlı sayıda olması ve kısıtlı kaya örneği üzerinde yapılması nedeni ile detaylı istatistiksel araştırma ve istatistiksel testler uygulanamamıştır. Bu nedenle, bu bilgilerin tüm kayalar için geçerli olacağını söyleyebilmek için daha fazla sayıda kaya üzerinde ayrı çalışmaların yapılması ve bu ilişkilerin tekrar gözden geçirilmesi ve detaylı istatistiksel testlerin yapılması gerekmektedir. Yapılan istatistiksel testlerle birlikte, ortaya konacak ilişkilerin, deneme testleri ile kontrolü yapılarak tahmin hata oranlarının kabul edilebilirliği incelenmelidir. Ancak bundan sonra yapılacak çalışmalarda kayaların gruplandırılarak (örneğin: karbonatlı kayalar, kömürler, v.s.) araştırmanın yapılmasının daha anlamlı sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

## KATKI BELİRTME

Yazarlar bu çalışmaya verdiği destekten dolayı Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonuna (Proje No: MMF2004YL3) ve işletmesinde bulunan Bond Değirmeni kullanma olanağı sunan Camiş Madencilik A.Ş. Genel Koordinatörü Sayın Dr.Hüseyin AKARSU'ya teşekkür ederler.

## SUMMARY

In this study, Bond grindability test, Uniaxial compression, Indirect Uniaxial Tensile, Los Angeles Abrasion (K500) and (K100), Point Load Index, Sound Velocity, Shore Hardness and Schmidt Hammer tests were performed on four different limestone and two different chromites samples. The relations between Bond Work index and the other test results were investigated and the best correlation was found between

Bond Work index - Sound Velocity with  $r = 0,93$  and the other acceptable correlations were between Shore Hardness and Bond Work index with  $r = 0,93$ , Point Load Index - Bond Work index with  $r = 0,88$  and Uniaxial Compressive Strength - Bond Work index with  $r = 0,77$ . According to this results Sound Velocity, Shore Hardness, Point Load Index and Uniaxial Compressive Strength tests could be used to simulate the Bond Work index rather practically, speedily and economically than the Standard Bond Test.

On the other hand, as the number of experiments is limited and done on limited numbers of rock samples, detailed statistical researches and tests couldn't be applied within this study. Therefore, same studies have to be done on more numbers of rock samples, the relations must be reconsidered and statistical tests are necessary in order to say that this information are valid for all rocks. The acceptableness of prediction accuracy rates must be investigated by controlling the suggested relations by trial tests with also completed statistical tests. It's thought that this research gives more significant results after classifying the rocks (i.e. carbonate rocks, coals, etc.) in prospective studies.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Aksani, B., And Sönmez, B., 2000**, "Simulation of Bond Grindability Test By Using Cumulative Based Kinetic Model", Minerals Engineering, Vol. 13, No. 6, pp. 673-677.
- Armstrong, D.G., 1986**, "An alternative grindability test: an improvement of the Bond procedure", Int. J. Min. Process. 16, pp. 197-208.
- Berry, T.F. And Bruce R.W., 1966**, "A Simple Method of Determining the Grindability of Ores", Can. Min. J. 87, pp. 63-65.
- Bond, F. C., 1960**, Three Principles of Comminution: Min. Cong. I. Aug., pp. 53-56.
- Çabuk, E., 2004**, "Patlatma Tasarımındaki Özgül Şarj Hesaplarının Ufalama Kanunları İle İlişkisinin Araştırılması", Çukurova Üniv., Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, 137 Sayfa.
- Deister, J.D., 1987**, "How to Determine the Bond Work Index Using Lab. Ball Mill Grindability Tests", Engineering And Mining Journal, .... pages
- Deniz, V., Balta, G., Yamk, A., 1996**, The interrelationships between Bond Grindability of coals and Impact Strength Index, Point Load Index and Friability Index., Changing Scopes in Mineral Processing, Editors: Kemal, Arslan, Akar & Canbazoglu, pp 15-19.
- Deniz V., and Ozdag, H., 2003**, "A new approach to Bond grindability and work index: dynamic elastic parameters", Minerals Engineering, Vol. 16, pp. 211-217.

- Horst, W.E. Bassarear, J.H., 1976**, “Use of Simplified Ore Grindability Technique to Evaluate Plant Performance”, Trans. Soc. Min. Eng., AIME 260, pp. 348-351.
- Kahriman A, Özkan Ş.G., Sül, Ö., Demirci A., 2001**, “Estimation of the powder factor in bench blasting from the Bond work index”, Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, Section A, May-August 2001, pp A 114-118.
- Kapur, P.C., 1970**, “Analysis of the Bond Grindability Test”, IMM., Trans. 79
- Karra, V.K., 1981**, “Simulation of Bond Grindability tests”, CIM Bull. 74., pp. 195-199.
- Kırşan, İ.H., 1992**, İş İndeksinin Hızlı Yöntemlerle Tayini, Yüksek Lisans Tezi, H.Ü., Ankara, 95 sayfa
- Lewis, K.A., Coburn, J., And Bhappu, R.B., 1976**, “Comminution: A Guide to Size-Reduction System Design”, Mining Engineering, September.
- Magdalinovic, N., 1989**, “A Procedure for Rapid Determination of the Bond Work Index”, Int. J. Mineral Processing, 27, pp. 125-132.
- Nitta, S., Bissombolo, A., , Furuyama, T., Mori, S., 2002**, “Relationship between Bond’s work index (Wi) and uniformity constant (n) of grinding kinetics on Tower mill milling limestone”, Int. Journal of Mineral Processing, 66., 79-87.
- Özkahraman, T., 2005**, “A Meaningful expression between Bond Work Index and Friability Value”, Minerals Engineering, 18 (2005), 1057-1059.
- Smith, R.W., and Lee, K.H., 1968**, “A comparison of data from Bond type simulated closed-circuit and batch type grindability tests”, Trans. SME/AIME 241, 91.
- Sül, Ö., 1996**, “Patlatma Çalışmalarında Özgül Şarj ile Bond İş İndeksi Arasındaki İlişkinin Araştırılması”, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniv. Fen Bil. Enst., Sivas, 145 Sayfa.
- Yap, R. F., Sepulude, J.L., Jauregu, R., 1982**, ‘Determination of the Bond Work Index Using an Ordinary Laboratory Batch Ball Mill: Design and Installation of Comminution Circuits, Soc. Min. Eng., AIME, New York, pp. 176-203.
- Wills, B.A., 1985**, “Mineral Processing Technology”, Pergamon Press, 629 pages.

Yayına Geliş - *Received* : 27.11.2006

Yayına Kabul - *Accepted* : 20.07.2007