

YERÜSTÜ MADENCİLİĞİNDE
KULLANILAN DELİCİLERİN
VERİMLİLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Turgay DİNÇER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

1991

**YERÜSTÜ MADENCİLĞİNDE
KULLANILAN DELİCİLERİN
VERİMLİLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Turgay DİNÇER

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır**

Danışman: Doç. Dr. Güner ÖNCE

EYLÜL-1991

Turgay DİNÇER'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Yerüstü Madenciliğinde Kullanılan Delicilerin Verimliliklerinin Araştırılması" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

27.9.1991

Üye : Doç. Dr. Güner ÖNCE

Üye : Y. Doç. Dr. K. Mete GÖKTURK

Üye : Y. Doç. Dr. Achaon KONUK

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 18 EKİM 1991
gün ve 29-22 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, yer üstü madenciliğinde kullanılan çeşitli delik delme yöntemlerinin mekaniği ile birlikte verimliliği incelenmiş. Etibank Küre Piritli Bakır İşletmesinde bu amaçla yerinde çeşitli formasyonlardaki delik delme işleri gözlemlenmiş, kronometraj ve yerinde deneyler yapılmıştır. Bu formasyonlardan alınan numunelerle laboratuvarında çeşitli jeomekanik deneyler yapılmıştır. Delme hızı ile jeomekanik deney sonuçları arasında bir ilişkinin var olup olmadığı çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılarak araştırılmıştır.

T testinde, Schmidt Çekici, Koni Delici (Is), Nokta Yük (Is) değeri ve Çekme Dayanımı anlamlı çıkmış, Yoğunluk ve Darbe Dayanım değeri testleri anlamsız çıkmıştır. F testinde Koni Delici (Is), Nokta Yük (Is) ve Çekme Dayanım grubu delme hızı ilişkisi anlamsız, Schmidt Çekici ve Nokta Yük (Is) grubu delme hızı ilişkisi anlamlı, Schmidt Çekici, Nokta Yük (Is) ve Darbe Dayanım değeri grubu, delme hızı ilişkisi anlamsız, Schmidt Çekici, Koni Delici (Is) ve Nokta Yük (Is) grubu delme hızı ilişkisi anlamsız çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: Delme hızı, delme, uç aşınması, delinebilirlik

SUMMARY

In this study, different kinds of drilling systems mechanism and its efficiency of surface mining is researched. For that purpose different kind of drilling applications are examined and observed on the surface formations at Etibank Küre Piritli Bakır İşletmeleri. Geomechanical tests are applied these samples. Penetration rate and geomechanical laboratory test results are compared with statistics methods.

Reasonable, results are obtained for Schmidt Hammer, Core Indenter, Point Load Strength and Tensile Strength with penetration rate from T test. Unreasonable results are obtained from. Condense and Blom Strength. Unreasonable results are obtained for Cone Indenter, point load and Tensile strength grub with. Penetration Rate from F test application Reasonable results are obtained for Schmidt Hammer and Cone. Indenter grub with penetration rate application. Unreasonable, results are obtained.

Key words: penetration rate, drilling, bit wear, drillability.

TEŞEKKÜR

Bu alıőma fırsatını bana veren Sayın Do.Dr. Güner ÖNCE'ye, yardımları ile bana destek sağlayan Sayın Prof.Dr. Nuh BİLGİN'e, Do.Dr. Gndz KTEN'e, Yard.Do.Dr. Mete GÖKTAN'a, Yard.Doç.Dr. Adnan KONUK'a, laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Arő.Gör. Hanifi ÇOPUR'a ve Etibank Küre Piritli Bakır İşletmesi çalıőanlarına teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. ÇALIŞMALARIN YAPILDIĞI KÜRE BÖLGESİNİN GENEL TANITIMI	2
2.1. Coğrafi Durum	2
2.2. Tarihçe	2
2.3. Jeolojik Durum	3
2.3.1. Genel jeoloji	3
2.3.2. Yapısal jeoloji	3
2.3.3. Cevherleşmenin oluşumu ve kökeni	3
3. DELİK DELME	4
3.1. Delme Dinamiği	4
3.2. Delme, Kayanın Mekanik Olarak Parçalanması	4
3.2.1. Kayada delerek ilerlemenin mekaniği	4
3.2.1.1. Darbeli delik delme	5
3.2.1.2. Dönerek delik delme	8
3.3. Yer Üstü Delicileri	8
3.3.1. Üstten darbeli (top hammers) deliciler	8
3.3.1.1. Üstten darbeli delicilerde delme hızını etkileyen parametreler	9
3.3.2. Delik dibi darbeli (down the hole drilling-DTH) deliciler	13
3.3.3. Döner (rotary) deliciler	16

İçindekiler (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3.3.1. Döner delici (kesici) deliciler	16
3.3.3.2. Döner delici (3 konili matkaplı)	17
3.4. Delici Seçiminde Dikkate Alınacak Kriterler	18
4. DELİK DELMEYİ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI	20
4.1. Kayaç Etkisi	20
4.1.1. Matkap ilerleme hızına etki eden kayaç iç yapısı	20
4.1.2. Delinebilirlikte çatlaklık indeksi	20
4.1.3. Delinebilirlik indeksi	21
4.1.3.1. S_{20} kırılma testi	21
4.1.3.2. Sievers-J-değeri	22
4.1.4. Uç aşınma indeksi	23
4.1.5. DRI ve BWI ilişkisi	24
4.2. Delici Ucun Metalurjik Yapısının Etkisi	25
4.2.1. Tungsten karbid ucun imali	26
4.2.1.1. Sert metal tozun imali	26
4.2.1.2. Presleme	26
4.2.1.3. Sinterleme	27
4.2.2. Uç davranışını etkileyen değişkenler	27
4.2.2.1. Tane boyutunun etkisi	27
4.2.2.2. Kobalt miktarının etkisi	27
4.2.2.3. Karbon miktarının etkisi	30
4.2.2.4. Porozite	30
4.2.3. Delici donanımların metalurjik yapısı	30
4.3. Delicilerin Bakımı	32
4.3.1. Uç bakımı	32
4.3.2. Tij yivlerinin bakımı	34
4.4. Etibank Küre Bölgesindeki Delicilerin Tanıtımı.....	34
5. JEOMEKANİK DENEYLER	35
5.1. Yerinde Deneyler (in-situ)	35
5.1.1. Schmidt çekici deneyleri	35

İçindekiler (devam)

	<u>Sayfa</u>
5.2. Laboratuvar Deneyleri	37
5.2.1. Doğal birim hacim ağırlık ölçümleri	37
5.2.2. NCB koni delici değerleri	37
5.2.3. Nokta yükleme deneyleri	40
5.2.4. İndirekt çekme (Brazilian) deneyleri	44
5.2.5. Darbe dayanım deneyleri	47
5.2.6. Cerchar sertlik deneyleri	47
5.2.7. Cerchar aşındırıcılık deneyleri	50
6. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ	51
6.1. Deney Sonuçları	51
6.2. Fonksiyonel İlişkilerin Araştırılması	51
6.2.1. Delme hızı ile deney sonuçları arasında doğrusal ilişkiler	51
6.2.2. Delme hızı ile deney sonuçları arasında çoklu ilişkiler	54
6.2.2.1. Çoklu regresyon-korelasyon analizi ve F testi	55
7. SONUÇLAR	62
KAYNAKLAR DİZİNİ	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Coğrafi konum	2
3.1. Darbeli delik delmede ucun krater oluşturmaları	5
3.2. Balta uçlu matkap vuruşlarının yinelenmesi ile parçacıkların koparılması	6
3.3. Kabara uçta darbelerin ardarda gelmesi ve parçacıkların koparılması	6
3.4. Bir darbedeki ilerleme miktarı.....	6
3.5. Dönerek delme işlemi ile ilerleme.....	8
3.6. Hidrolik ve pnömatik delik delmede tijdeki gerilme dağılımı.....	9
3.7. Darbe sayısı, dönme hızı ve itme kuvvetinin delme hızına etkileri.....	10
3.8. Delik dibi temizlemenin prensibi.....	11
3.9. Delik dibi temizliğinin ilerleme hızına etkisi.....	12
3.10. Delik uzunluğunun delik dibi temizlemeye etkisi.....	12
3.11. Yer üstü delicisinde ana donanımlar ve toz toplayıcı.....	13
3.12. Delik dibi darbeli uç ve delme donanımı.....	14
3.13. Delik dibi darbeli delici çalışma prensibi	15
3.14. Döner delici (kesici) uç. Çatalca Kireçtaşı Ocağı.....	16
3.15 Döner delici (kesici) donanımı.....	17
3.16. Konili matkabın kayacı ezerek ilerlemesi.....	17
3.17. Yer üstünde kullanılan delicilerin seçim kriteri.....	19
4.1. Uç çapının çatlaklı kayalarda ilerlemeye etkisi.....	21
4.1. S ₂₀ kırılma testi.....	21
4.3. Minyatür Sievers-j-değeri aleti.....	22
4.4. (DRI) Delme hızı indeksi diyagramı.....	22
4.5. Uç aşındırma değeri aleti.....	23
4.6. BWI değeri hesaplama indeksi.....	23
4.7. Kuvars içeriği ve aşınma ilişkisi.....	24
4.8. Kayaçların delinebilme indeksi (DRI) aralıkları.....	25
4.9. Sert metal ucun işlem aşamaları.....	28
4.10. Sertlik, Co oranı ve tane boyutu ilişkisi.....	29
4.11. Kabaralı bir delici uçta aşınma hızının sertlik ve kobalt miktarı ile değişimi.....	29
4.12. Uç aşınmasını ölçme.....	32
4.13. Uç üzerinde yılan derisi oluşması.....	33
4.14. Uçların özel tezgahlarda taşlanması.....	33

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Schmidt çekici.....	35
5.2. Koni delici ve numuneler	39
5.3. Prizmatik numune boyutları.....	41
5.4. Prizmatik numuneler.....	41
5.5. Nokta yükleme aleti.....	42
5.6. Alşa marka hidrolik pres.....	44
5.7. Çekme dayanımı deneyi için hazırlanmış numuneler.....	46
5.8. Çekme dayanımı deneyinden sonra numuneler.....	46
5.9. Darbe dayanım deney aleti ve elekler.....	47
5.10. Cerchar sertlik deneyi aleti.....	49
5.11. Cerchar aşındırıcılık aleti ve aşındırıcılık tesbit aleti	50
6.1. Delme hızı, Schmidt çekici değeri ilişkisi.....	53
6.2. Delme hızı, Koni delici Is ilişkisi.....	53
6.3. Delme hızı, Nokta yük Is değeri ilişkisi	53
6.4. Delme hızı, çekme dayanımı ilişkisi.....	53
6.5. Delme hızı, yoğunluk ilişkisi.....	54
6.6. Delme hızı, darbe dayanım ilişkisi.....	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge No	Sayfa
3.1. Üstten darbeli delici ile delik dibi darbeli delicilerin karşılaştırılması.....	15
4.1. DRI ve BWI ilişkisi	24
4.2. Delici tijin yapısındaki elementler	30
4.3. Adaptörün çelik yapısına giren elementler	31
4.4. Değişik uçlarda yapıyı oluşturan elementler	31
4.5. Değişik formasyonlara göre uç yapısı	31
5.1. Schmidt Çekici değerleri	36
5.2. Birim hacim ağırlık ölçümleri	37
5.3. NCB Koni delici, deney sonuçları.....	38
5.4. Nokta yük deney sonuçları	43
5.5. Çekme dayanımı, deney sonuçları	45
5.6. Darbe dayanım, çekme sonuçları	48
5.7. Cerchar sertlik deneyi sonuçları	49
5.8. Cerchar aşındırıcılık deney sonuçları	50
6.1. Deney sonuçlarının toplu halde gösterimi	51
6.2. Doğrusal regresyon-korelasyon analizi ve T testi sonuçları	52
6.3. Varyans tahmini (x_2, x_3, x_4)	56
6.4. Varyans tahmini (x_1, x_3)	57
6.5. Varyans tahmini (x_1, x_3, x_6)	59
6.6. Varyans tahmini (x_1, x_2, x_3)	61

1. GİRİŞ

Çeşitli üstünlükleri nedeniyle açık ocak madenciliğinin uygulama alanı devamlı olarak genişlemektedir. Bu büyümeye paralel olarak örtü tabakası ve cevherin kazısı, taşınması vb. konularda hızlı gelişmeler gözlenmektedir. Kazı amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiş olmasına karşın, delme, ateşleme yöntemi halen eski önemini korumakta, gelecek yıllarda da koruyacağı izlenimini vermektedir. Bilindiği gibi bu yöntemin iskeletini, patlayıcı maddelerin yerleştirileceği delikler oluşturur. Delik geometrisi deliklerin çap, boy ve eğilimleri sistemin verimliliğini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu konudaki diğer önemli bir etken de delikleri delme süresi ve bu amaçla yapılan harcamalardır. Delik delme maliyetleri ve delik delme makinaları oldukça pahalıdır. Süreyi optimum değerde tutabilmek için var olan şartlara en uygun delme tekniğinin ve donanımın seçilmesi şarttır. Başarılı bir termin planı ve seçim yapabilmek için her şeyden önce yerinde (in-situ) ve laboratuvar da birtakım araştırmaların yapılması gerekir.

Belli bir zaman dilimini kapsayan bu araştırmalar aynı zamanda işletmeye parasal bir yük getirir. Elde edilen verilerden yararlanarak uygun makine seçimi ve şartların gerektirdiği termin planlarının hazırlanması, geçen zaman ve yapılan harcamalarla mukayese edilemeyecek yararlar sağlar.

Bu çalışmada da aynı noktadan hareket edilmiş, delme makinelerinin verimliliğini etkileyen temel parametreler ve delici uçların aşınma nedenleri araştırılmıştır.

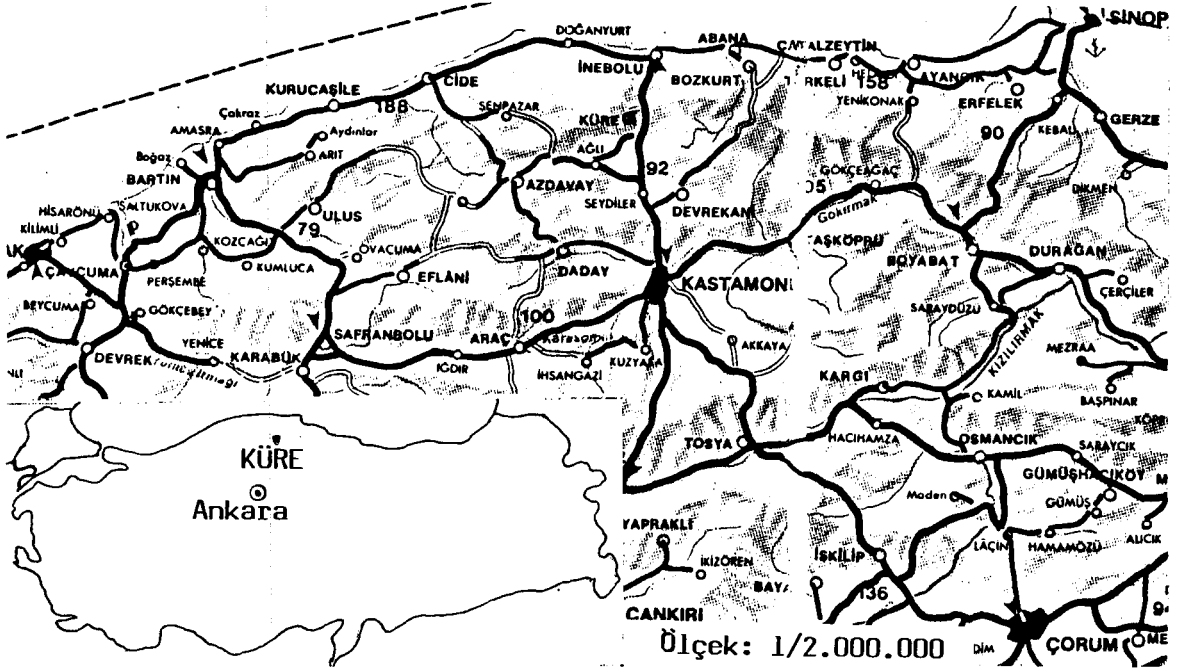
Arazide yapılan gözlem ve araştırmalar Etibank, Küre Piritli Bakır İşletmesi Aşıköy Ocağında yapılmış, laboratuvar çalışmaları da bu ocaktan alınan numuneler üzerinde sürdürülmüştür.

Ayrıca delme süresi tahmini için jeomekanik deney sonuçları ve istatistiksel yöntemlerden de yararlanılarak sonuca varılmaya çalışılmıştır.

2. ÇALIŞMALARIN YAPILDIĞI KÜRE BÖLGESİNİN GENEL TANITIMI

2.1. Coğrafi Durum

Kastamonu ilinin ilçesi olan Küre 60 km'lik bir karayolu ile il merkezine bağlıdır. Karadeniz sahilindeki İnebolu'ya ise ilçenin bağlantısını 30 km'lik bir karayolu sağlar (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Coğrafi Konum

Küre'de işletilen iki ayrı bakır yatağı vardır. Karadeniz Bakır işletmelerine (KBİ) bağlı Bakibaba Bakır Yatağı yeraltı işletme yöntemiyle işletilmekte. Etibank'a ait Aşıköy Piritli Bakır Yatağında ise açık işletme yöntemi uygulanmaktadır.

Küre (İsfendiyar) dağlarında bulunan maden bölgesi dar vadiler ve keskin tepeler halindedir. Her iki maden bölgesi birbirine yaklaşık 1 km. mesafededir. Bölge akgürgen, köknar ve karaçam ormanları ile kaplıdır. Merkez Bakibaba 1304 m, Aşıköy 1000-1100 m. kotlarındadır.

2.2. Tarihçe

Küre adını Osmanlıca Kürre-i Nühas (Bakır Ocağı) isminin kısaltılmasından alır. Yatakların, elde belge bulunmama ile birlikte Romalılar döneminde işletildiği sanılmaktadır. En faal dönemi M.S.1300-1500 yıllarında Fatih Sultan Mehmet zamanında olmuştur. Bu zamanda çıkarılan cevherin izabesi ocak yanında yapılmış, curuflar da ocak etrafına dökülmüştür.

Osmanlılar döneminde çalışmalar fasıllı olarak sürdürülmüş, 1925-1939 yılları arasında da Rus jeolog Prof. U.NİKİTİN bölgede jeolojik çalışmalar yapmıştır (KBİ, 1990 yılı çalışma raporu). 1955 yılında Etibank tarafından işletilmesine teşebbüs edilen madende şantiye olarak başlayan çalışmalar, bir ara kurulan özel şirket elinde sürdürüldükten sonra, işletme 1962 yılında müessese olarak faaliyete başlamıştır.

2.3. Jeolojik Durum

2.3.1. Genel jeoloji

Bölgenin jeolojik yapısı oldukça karmaşıktır. Yörede bulunan kayaç tipleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Sedimanter Kayaçlar: Grovak olarak bilinen kumtaşları ve arjilit diye isimlendirilen çamur taşlarından oluşmuştur.

Volkanik Kayaçlar: Bölgenin yaklaşık yarısını kaplayan bu kayaçlar bakırlı pirit yatakları için ana kayaç olduklarından özel bir ekonomik değer taşırlar. Bütün volkanik kayaçlar pilovlardan ibarettir (KBİ 1990 yılı çalışma raporu).

2.3.2. Yapısal jeoloji

Bölgede şiddetli tektonik hareketler yapısal karışıklığa neden olmuştur. Liyas yaşlı çökel kayaçlar çok şiddetli bir tektonizma sonucu kıvrımlanmış ve faylanmıştır. Kıvrımların ekseni kuzey-güney, fayların doğrultusu genellikle kuzey-güney yönündedir (KBİ 1990 yılı çalışma raporu).

2.3.3. Cevherleşmenin oluşumu ve kökeni

Veriler cevherleşmenin bazik volkanizmaya bağlı olarak, ağısal saçılımlı hidrotermal metazomatik, masif kesimlerin ise hidrotermal volkanik-tortul kökenli olduğu yönündedir (KBİ 1990 yılı çalışma raporu).

3. DELİK DELME

Delinebilirlik: Delici ucun kaya içindeki delme hızı (m/dak.) olarak tarif edilir. Delme hızına etki eden faktörler çoktur. Gözlemlerde bu parametrelerden sadece biri değiştirilerek, o parametrenin etkisinin değişimi gözlenir.

Sahada ölçüm yapılırken farklı kayalar için değerler karşılaştırılabilmesi, bunun için aynı ekipmanlarla aynı şartlarda çalışılmalıdır.

3.1. Delme Dinamiği

Bir kayayı parçalamak için o kayaya doğrudan ya da dolaylı olarak enerji uygulamak gerekir. Uygulanacak enerjinin düzeyi, kayanın özelliğine ve enerji verme biçimine bağlı olarak değişir. Kayaya verilen enerji yeni yüzey yaratılmasında, sürtünme ve esnek dalga dağılımı şeklinde kullanılır.

En az enerji gerektiren parçalanma şekli, tek eksenli çekme dayanımının yenilmesi biçiminde olan kırılmadır. Ancak çevresel basıncında var olduğu koşullarda, parçalanma için daha çok enerjiye gereksinme olduğu da bir gerçektir. Çekme gerilmesi yaratarak delme yapan bir delici geliştirilememiştir.

Günümüz delicileri yüksek sürtünme ve enerji kayıpları koşullarında çalışmaktadır. Çünkü, bu makinalar kayanın tek eksenli basınç dayanımını yenmek durumundadır. Çağdaş delik delme makinaları kayaya çok yüksek düzeyde enerji aktarabilmektedirler. Ancak bu makinaların delme işinde yüksek verimle çalışmadıkları da bir gerçektir.

3.2. Delme, Kayanın Mekanik Olarak Parçalanması

Patlatmaya yönelik delme işleminin amacı, kayaya mekanik enerji uygulayarak içine patlayıcı yük konulabilecek bir boşluk yaratmaktır. Kaya içinde ilerlemenin iki ana yöntemi vardır; bunlar vurmali (percussive) ve dönmeli (rotary) dir.

Delici ucun tabana yaptığı darbe ile kayanın basınç dayanımı yenilir yenilmez kaya parçacıkları kopmaya başlar (ROBERTS, 1981).

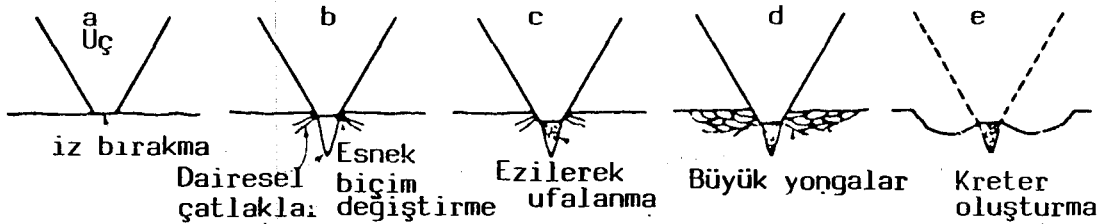
3.2.1. Kayada delerek ilerlemenin mekaniği

Bu konudaki bilgiler deneysel ve kuramsal model çalışmaları yardımıyla geliştirilmiştir. Analitik tanımlar ise, mekanik ilkeler, esneklik ve plastik kuramlar ile deneysel yöntemlerden

yararlanılarak türetilmiştir. Model çalışmalarında ideal koşullar varsayılır ve analizi kolaylaştıracak varsayımlar yapılır.

3.2.1.1. Darbeli delik delme

Bu tür delik delmede, delici uç, kayayı birbiri ardına vuruşlarla parçalayarak ilerler. Delici ucun her bir vuruşunda krater biçimli bir oyuk oluşturmanın evreleri Şekil 3.1'de görülmektedir (ROBERTS, 1981; ÖZDOĞAN, 1986).



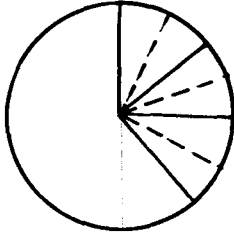
Şekil 3.1. Darbeli delik delmede ucun krater oluşturması

Bu evreler:

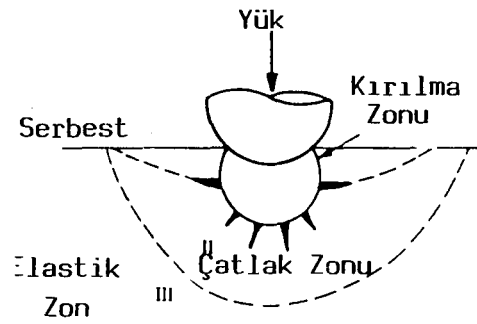
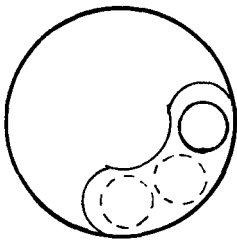
- Yüzeyde çıkıntılar ezilir ve kaya esneyen şekil değiştirme evresindedir.
- Yüzey altında çekme çatlakları olduğu sanılan ana çatlaklar oluşur ve delici uç çevresindeki gerilmeler aşağıya doğru yayılır.
- Delici uç çevresinde ezilerek parçalanma başlar.
- İkincil çatlaklar yüzey boyunca ilerleyerek kesme gerilmesi yaratır ve daha büyükçe parçalar ya da yongalar koparılır.
- Kırılıp kopan parçacıklar basınçlı hava ile yukarıya atılır ve "V" biçimli bir oyuk açılır.

Bu işlemler birbiri ardına yinelenirken delme işlemi de devam eder. Değişik uç şekillerinde darbelerin yinelenmesi ve parçacıkların koparılması Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te gösterilmiştir (ROBERTS, 1981; ÖZDOĞAN, 1986).

Genellikle 3-4 inç'ten sonra kabara uçlar kullanılır. Geniş çaplarda kabara uçların kullanılması, darbenin tüm delik yüzeyine homojen olarak dağılmasını sağlar (CHUGH, 1985).



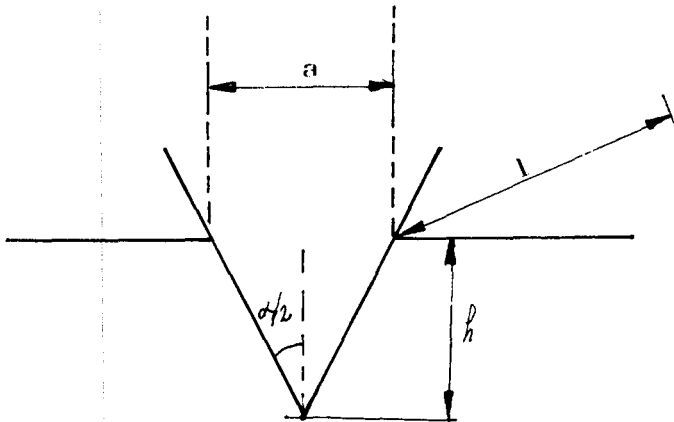
Şekil 3.2. Balta uçlu matkap vuruşlarının yinelenmesi ile parçacıkların koparılması (Atlas Copco, Tamrock Manuel)



Şekil 3.3. Kabara uçta darbelerin ard arda gelmesi ve parçacıkların koparılması

Bir darbedeki ilerleme miktarının hesabı

Bir balta uçta beher darbe sonucu sağlanan ilerleme miktarı aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanabilir.



Şekil 3.4. Bir darbedeki ilerleme miktarı

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{a}{2.h}$$

$$a = 2.h.\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$A = a.l$$

$$A = 2.h.l.\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Bu eşitliklerde

α : Keski açısı

h : Bir darbedeki ilerleme miktarı

l : Keski uzunluğu (inç)

a : Keski genişliği (inç)

F : Kuvvet (lb)

σ : Kayanın basınç direnci (lb/inc²)

$$F = 2.\sigma.h.l.\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (\text{lb})$$

$$\frac{F}{h.l} = 2.\sigma.\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = k \quad (\text{sabit}) \quad (\text{lb/inc}^2)$$

$$T = \int_0^h 2.\sigma.l.h.\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad dh$$

$$T = k \frac{h^2.l}{2} \quad (\text{lb.inc})$$

$$T = \eta . E = \frac{k.h^2.l}{2} \quad (\text{lb.inc})$$

$$h = \sqrt{\frac{2.\eta.E}{k.l}} \quad (\text{inç})$$

E : Darbe enerjisi

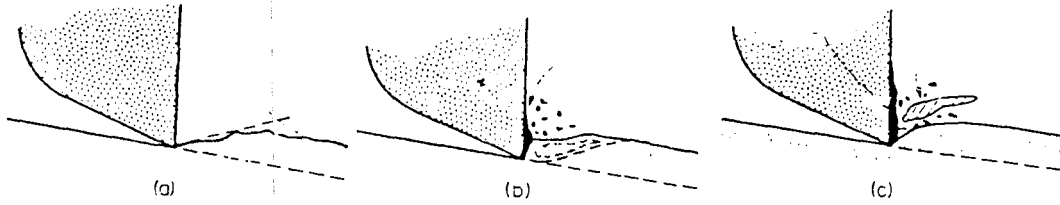
η : Darbe enerjisi transfer oranı. Kaya tipine, itme kuvvetine, piston boyutuna, delik alanına bağlı bir faktördür (HARTMAN, 1966).

3.2.1.2. Dönerek delik delme

Matkabın dönmesiyle delik delme işlemi, genellikle yumuşak ve orta sertlikteki kayalar-da uygulanır. Bu yöntemde dönerek koparma egemen olup, ilerleme baskı ve tork ile sağlanır (ROBERTS, 1981; ÖZDOĞAN, 1986).

Bu evreler şunlardır (Şekil 4.5).

- Delici uç kaya dokanağında kayanın esnek şekil değiştirme evresi
- Delici uca bitişik yüksek gerilme bölgesinde kaya parçalanır.
- Kesme çatlakları yüzey boyunca ilerleyerek yonga koparılır.



Şekil 3.5. Dönerek delme işlemi ile ilerleme

3.3. Yerüstü Delicileri

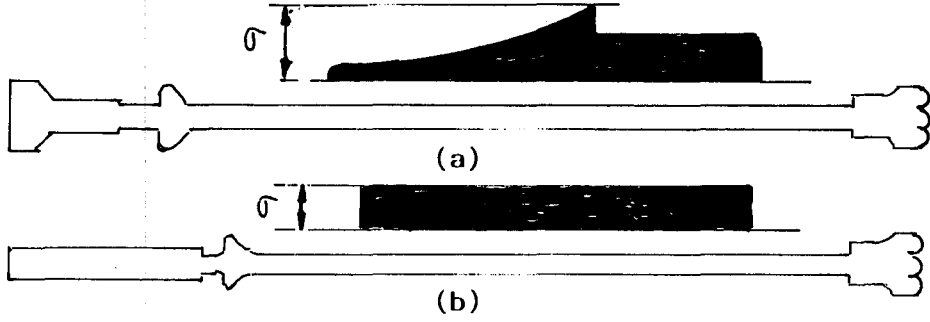
Açık işletmelerde kullanılan deliciler

- Üstten darbeli (top hammers) deliciler
 - Hidrolik
 - Pnömatik
- Delik gibi darbeli deliciler (down the hole drills-DTH)
- Döner deliciler (rotary drills)

olmak üzere üçe ayrılırlar. Bunlarla ilgili açıklamalar alt bölümlerde verilmiştir.

3.3.1. Üstten darbeli (Top Hammers) deliciler

Üstten darbeli delicilerde, bir piston yardımı ile tij üzerine darbe uygulanır ve her darbeden sonra da delik dibinde aynı yere vurmaması için, matkabın dönmesi sağlanır. Darbe işi pnömatik delicilerde basınçlı hava, hidrolik delicilerde ise sıvı yardımı ile yapılır. Pnömatik deliciler basit, sağlam ve güvenilir olup hidrolik delicilere göre daha ucuzdurlar. Fakat hidrolik darbelilerde enerji transferi değişik ve tijdeki gerilme dağılımı daha düzgündür. Dolayısıyla tij ömrü pnömatik delicilere nazaran % 20 fazla olur (Şekil 3.6) (Tamrock Manuel, 1983).



- a) Pnömatik
b) Hidrolik

Şekil 3.6. Hidrolik ve pnömatik delik delmede tijdeki gerilme dağılımı

Hidrolik sıvının basınçlı havaya kıyasla çok daha az sıkışabilir olması enerji kullanımını daha verimli hale getirmektedir.

3.3.1.1. Üstten darbeli delicilerde delme hızını etkileyen parametreler

Üstten darbeli delicilerde delme hızını doğrudan etkileyen parametreler:

- Darbe sayısı
- İtme kuvveti
- Dönme hızı
- Kesintilerin taşınması

I. Darbe sayısı

Darbe frekansı pnömatikte 1600-3400 titreşim/dak., hidrolik delicide ise 2000-4000 titreşim/dak'dır. Darbenin delme hızına etkisi diğer parametrelerden bağımsız olarak lineerdir. Darbe frekansı arttıkça, delme hızı da artar (Şekil 3.7).

II. İtme kuvveti

- Darbe kuvvetine;
- Kayaç yapısına,
- Delik derinliğine,
- Tijin özelliklerine,

bağlıdır.

Çok düşük itme kuvveti uygulanması halinde;

- Şok dalgaları kuyu dibine iletilemez,

- Darbe kuvvetinin etkisi tam olamaz,
- Yüksek enerji kayıpları olur.

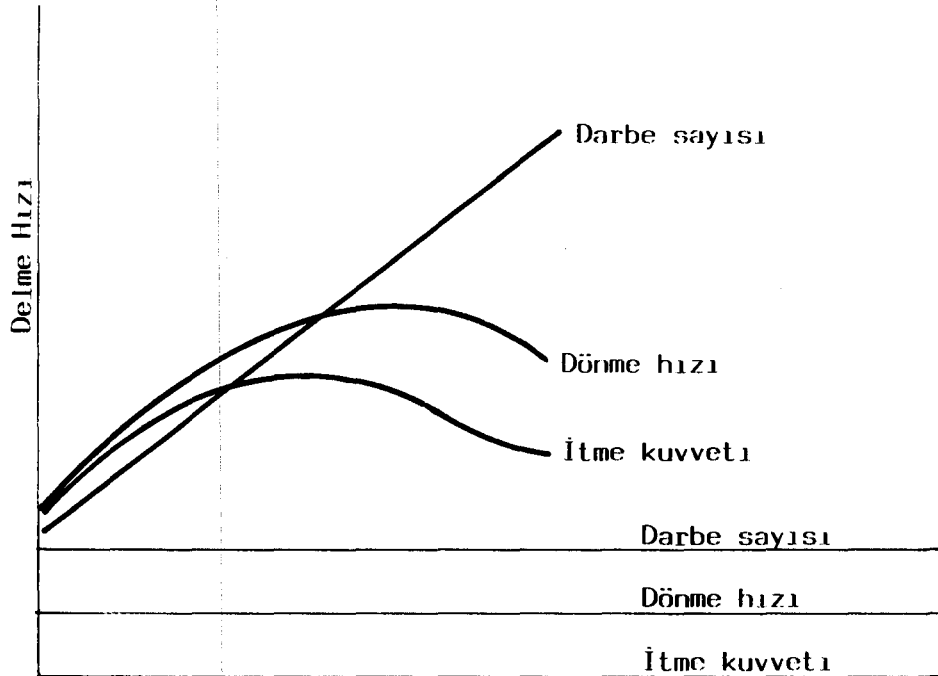
Yüksek itme kuvveti uygulanması halinde;

- Dönme direnci artar (sıkı temastan dolayı),
- Eşit olmayan dönme hızları oluşur,
- Delici tijlerde aşırı aşınma ve delikten sapmanın sebep olduğu bükülmeler,
- Büyük olasılıkla tij sıkışmaları (Şekil 3.7).

III. Dönme Hızı

Dönmenin fonksiyonu iki darbe arasında ucu yeni bir pozisyona getirmektedir. Dönme hızı;

- Uç çapına,
- Uç tipine,
- Kayaç cinsine,
- İtme kuvvetine,
- Kesinti temizleme hızına bağlıdır.



Şekil 3.7. Darbe sayısı, dönme hızı ve itme kuvvetinin delme hızına etkileri

Dönme mümkün olduğu kadar büyük parça kesecek şekilde ayarlanmalı, delikte aynı noktaya veya çok yakına darbe yapılmasından kaçınılmalıdır. Dönme hızı normalde 80-300 dev/dak. arasındadır.

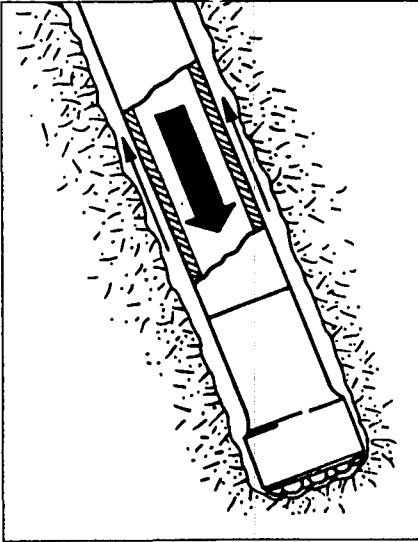
$\varnothing < 51$ mm. (küçük çaplı uçlar) için dönme hızı 200-300 dev/dak.

$\varnothing > 64$ mm. (büyük çaplı uçlar) için dönme hızı 20-200 dev/dak.dır.

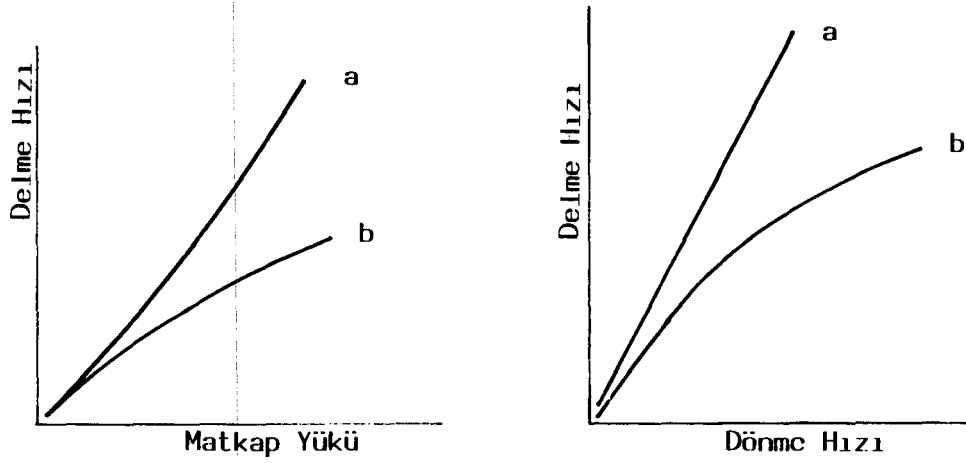
Aşırı hızlı dönmelerde vuruş noktaları birbirinden çok uzakta olacağından ilerleme hızı da düşer (Şekil 3.7) (Tamrock Manuel, 1988).

IV. Kesintilerin taşınması

Kesilen parçaların kuyu dibinden taşınması gerekir. Böylece darbe yapan uca temiz bir yüzey açılır. Kesinti alınmaz ise darbe ve dönme işlemi kesinti üzerinde olur. Bu, kuyu dibinde bir öğütme işlemidir. Bu durumda uç ilerleme yapmadan kesinti üzerinde çalışacaktır. Kesinti temizleme işlemi yeryüzü delicilerinde basınçlı hava ile yapılır. Basınçlı hava tij içinden uç yüzeyindeki deliklere yollar, tijle delik cidarı arasından kesinti ile birlikte dışarıya alınır (Şekil 3.8). Delik dibi yeterince temizlendiğinde delme hızı da artacaktır (Şekil 3.9). Delik uzunluğu arttıkça kesinti temizleme havasının verimi düşer (Şekil 3.10).

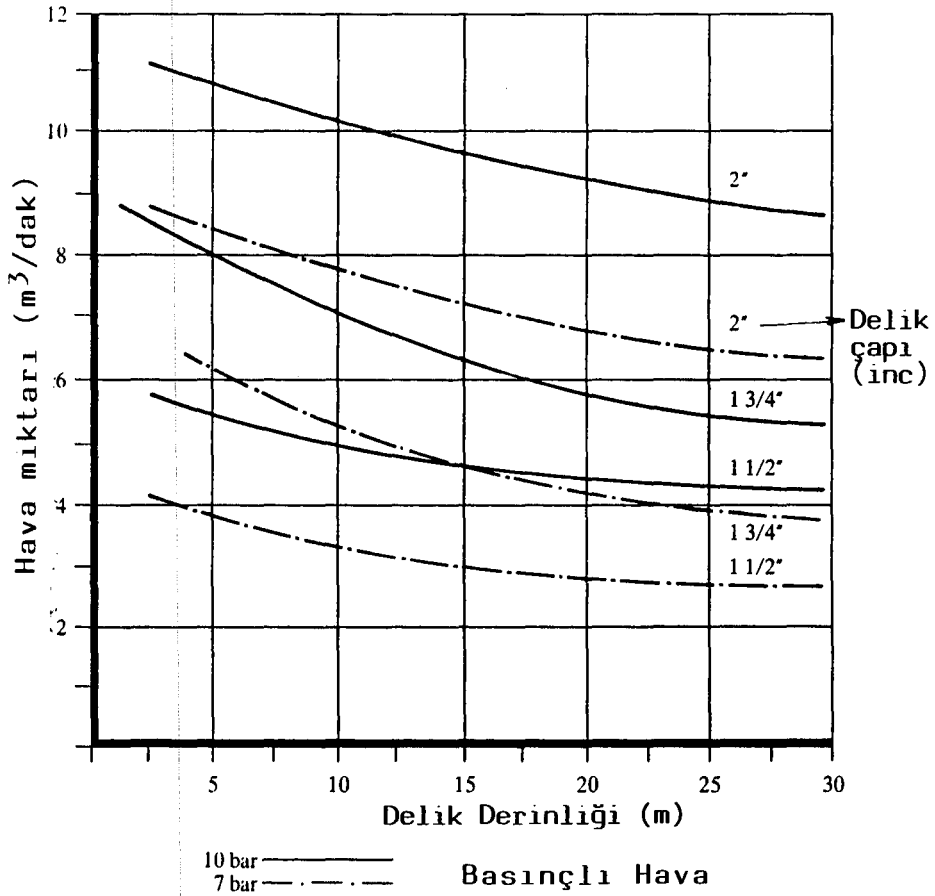


Şekil 3.8. Delik dibi temizlenmesinin prensibi



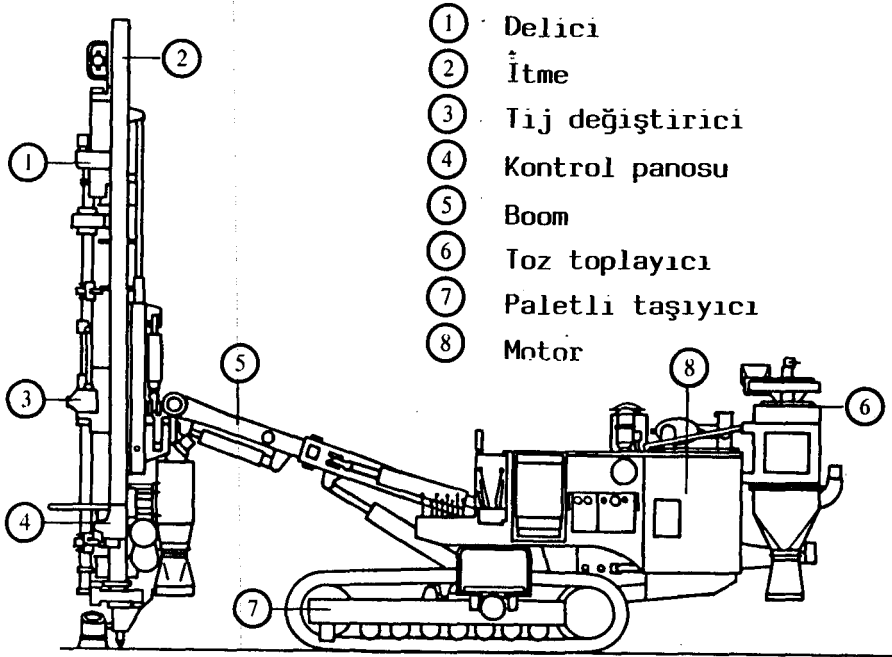
- a) Delik dibi temiz
b) Delik dibi temizlenmemiş

Şekil 3.9. Delik dibi temizliğinin ilerleme hızına etkisi



Şekil 3.10. Delik uzunluğunun delik dibi temizlemeye etkisi

Kesintinin yer yüzünde etrafa yayılmaması için delicilerde toz toplayıcı üniteler vardır (Şekil 3.11).



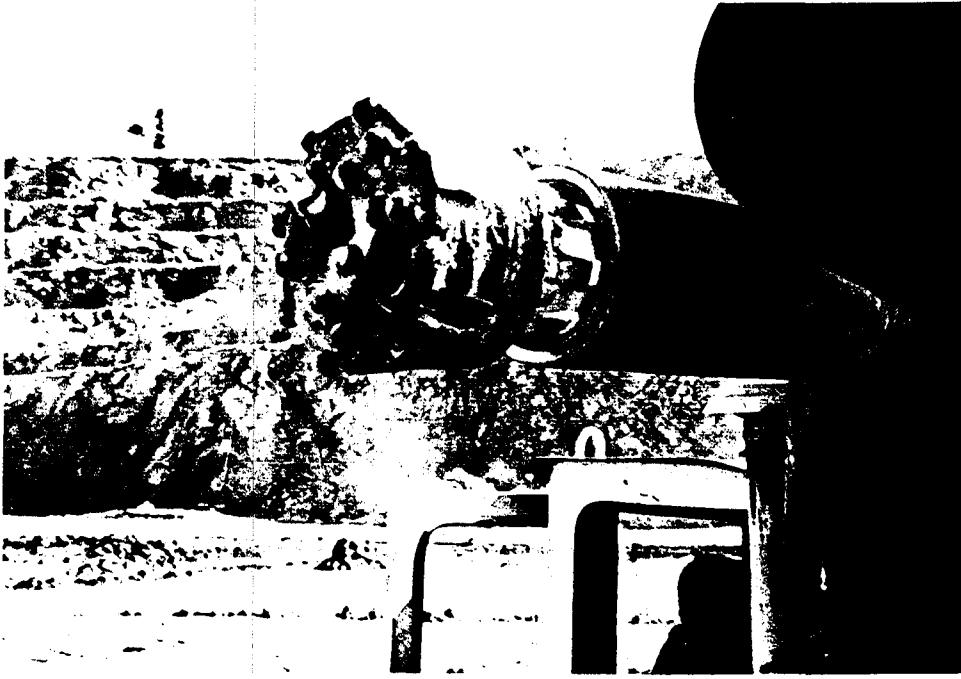
Şekil 3.11. Yer üstü delicisinde ana donanımlar ve toz toplayıcı

3.3.2. Delik dibi darbeli (Down The Hole Drilling-DTH) deliciler

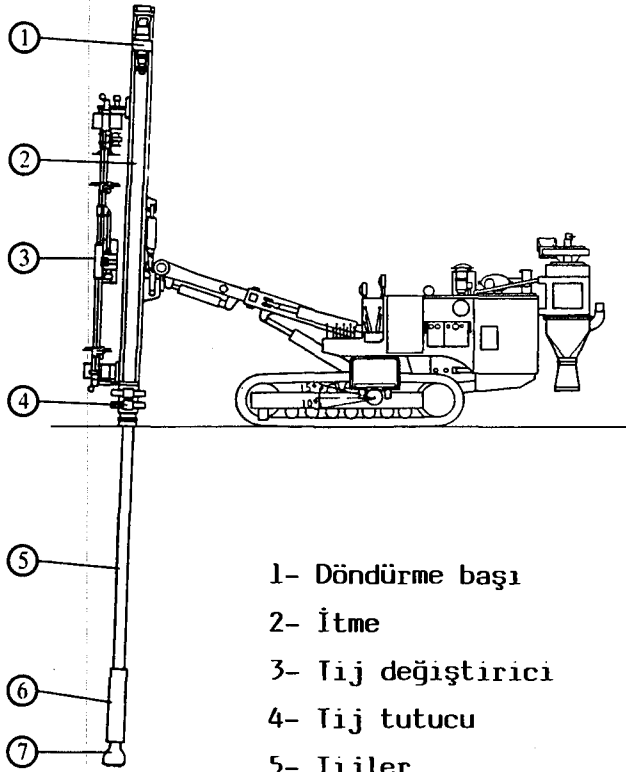
Delik dibi darbeli delici ile delik delmede, darbe hemen ucun arkasındaki kovanın içinde bulunan piston tarafından oluşturulur (Şekil 3.12). Tij içinden yalnızca basınçlı hava geçer. Şok dalgaları iletilemez. Bu nedenle tijlerde darbe absorblaması olmaz. Darbe için kullanılan basınçlı hava delik dibinin temizlenmesinde de kullanılır. Diğer donanımlar hidrolik veya pnömatik olabilir (Şekil 3.13). 300 m. derinliğe kadar da kullanılabilen bu delicilerde matkap devir hızı 10-15 dev/dak. arasında değişir (BİLGİN, 1991).

Bu tür deliciler sadece matkap kısmı değiştirilerek döner delici olarak kullanılabilirler.

11-19 cm çapındaki delikler için 14-26 m³/dak. hava, 19-23 cm çapındaki delikler için 52 m³/dak. hava gerekir (ANDREW, 1987).



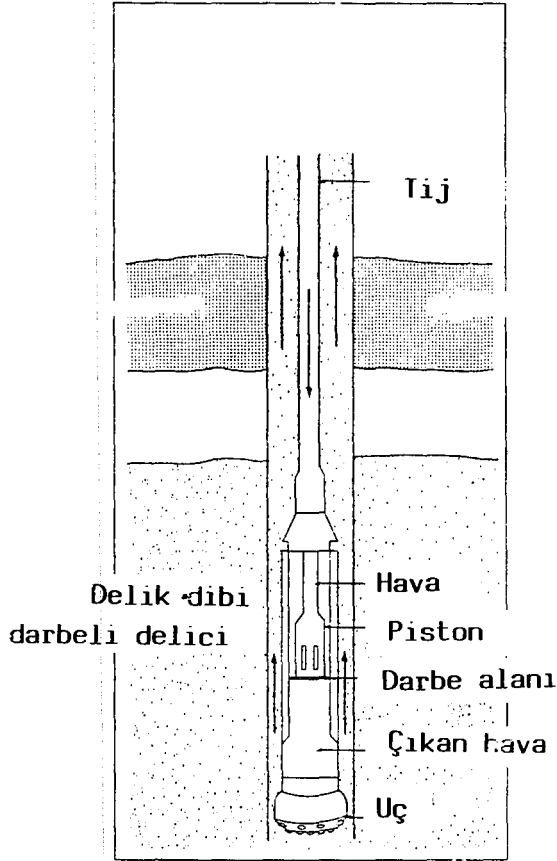
a



- 1- Döndürme başı
 2- İtme
 3- Tij değiştirici
 4- Tij tutucu
 5- Tijler
 6- Delik dibi delici
 7- Uç

b

Şekil 3.12. (a) Delik dibi darbeli uç, (b) delme donanımı



Şekil 3.13. Delik dibi darbeli delici çalışma prensibi

Çizelge 3.1'de üstten darbeli deliciler ile delik dibi darbeli deliciler karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.1. Üstten darbeli delici ile delik dibi darbeli delicinin karşılaştırılması

Tarif	Delik Dibi Darbeli	Üstten Darbeli
Uygulama	Aynı donanımla daha uzun ve daha düzgün delikler. Sert kayada derin delikler	Relatif olarak kaya delmede sığ delikler
Delme hızı	Bütün derinliklerde sabit ilerleme. Derin delikler için ortalama delme hızı yüksektir	İlk başta yüksek ilerleme hızı, daha sonraki her tij eklemede düşük hız
Hava Tüketimi	Düşük hava. Çünkü, darbe havası çıkışı, deliğin temizlenmesine yardım eder. Delme hızı artışı için yüksek hava basıncı kullanılabilir.	Daha çok hava kullanılır çünkü bütün deliğin temizlenmesi için delme havasına, temizleme havası da eklenir. Tijler yüksek basınçlı hava kullanılmasına engeldir
Gürültü	Aynı şartlarda daha az gürültü	Darbe gürültüsünü kontrol etmek güçtür.
Yardımcı Donanımlar	Tijlerde şok dalgaları yok. Donanım parçaları sabit.	Tijler şok dalgası iletiyor. Hareketli parça çok aşınma oranı yüksek
Bakım	Hareketli parça az olduğu için, bakım daha kolay	Aşınan parça çok olduğu için, bakım sürekli ve zor.

(CHUGH, 1985)

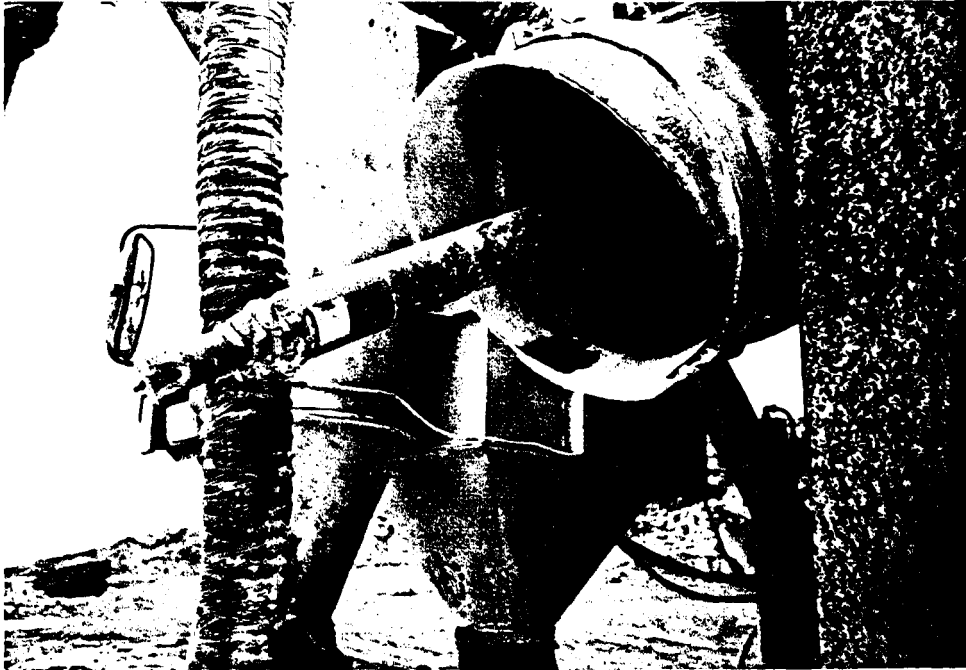
3.3.3. Döner (Rotary) deliciler

Döner deliciler iki gruba ayrılırlar:

- Döner delici (kesici) deliciler,
- Döner delici (3 konili matkaplı).

3.3.3.1. Döner delici (kesici) deliciler

Delme işlemi döner kesme ile yapılır. Dönme ile beraber itme kuvveti de uygulanır. Basınç dayanımı 1500 kg/cm^2 'ye kadar olan kalker gibi gevrek kayalarda uygulanır. Matkap delik içinde kayacı itme kuvveti ve tork ile keserek ilerler (Şekil 3.14). Bu delme işleminde delme hızı; delik temizleme, itme kuvveti ve dönme hızının birer fonksiyonudur. Kesintinin tam alınmaması durumunda matkap sıkışmaktadır. Delik çapı kademeli olarak matkaba takılan kesicilerle artırılabilir. Delici donanımı otomatik tij söküp takılabilen ve toz toplayıcı ekipmanlarla donatılmıştır (Şekil 3.15). İtme kuvveti 7-10 bar arasında değişim gösterir.



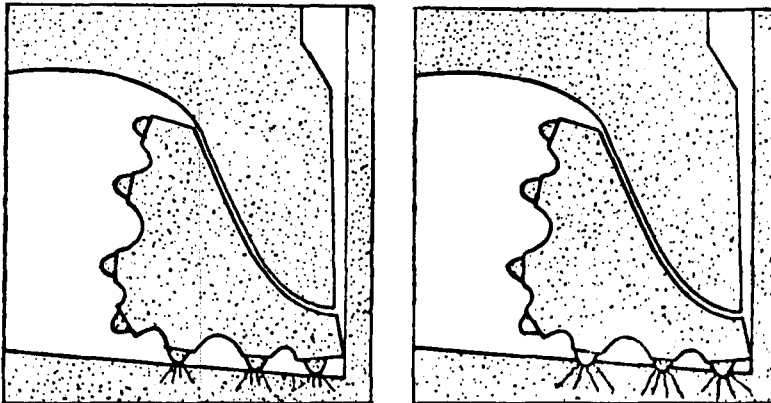
Şekil 3.14. Döner delici (kesici) uç. Çatalca kireçtaşı ocağı



Şekil 3.15. Döner delici (kesici) donanımı

3.3.3.2. Döner delici (3 konili matkaplı)

Bu tür deliciler madencilikte derin sondaj ve arama işlerinde kullanılırlar. Delme prensibi kuyuda tabanın dişlerle ezilmesi esasına dayanır (Şekil 3.16). Kesintinin temizlenmesi yoğunluğu ayarlanabilen sondaj çamuru ile yapılır. Delik çapı 40.6 cm. ve ulaşabileceği derinlik 10000 m'dir (CHUGH, 1985).



Şekil 3.16. Konili matkabın kayacı ezerek ilerlemesi

3.4. Delici Seçiminde Dikkate Alınacak Kriterler

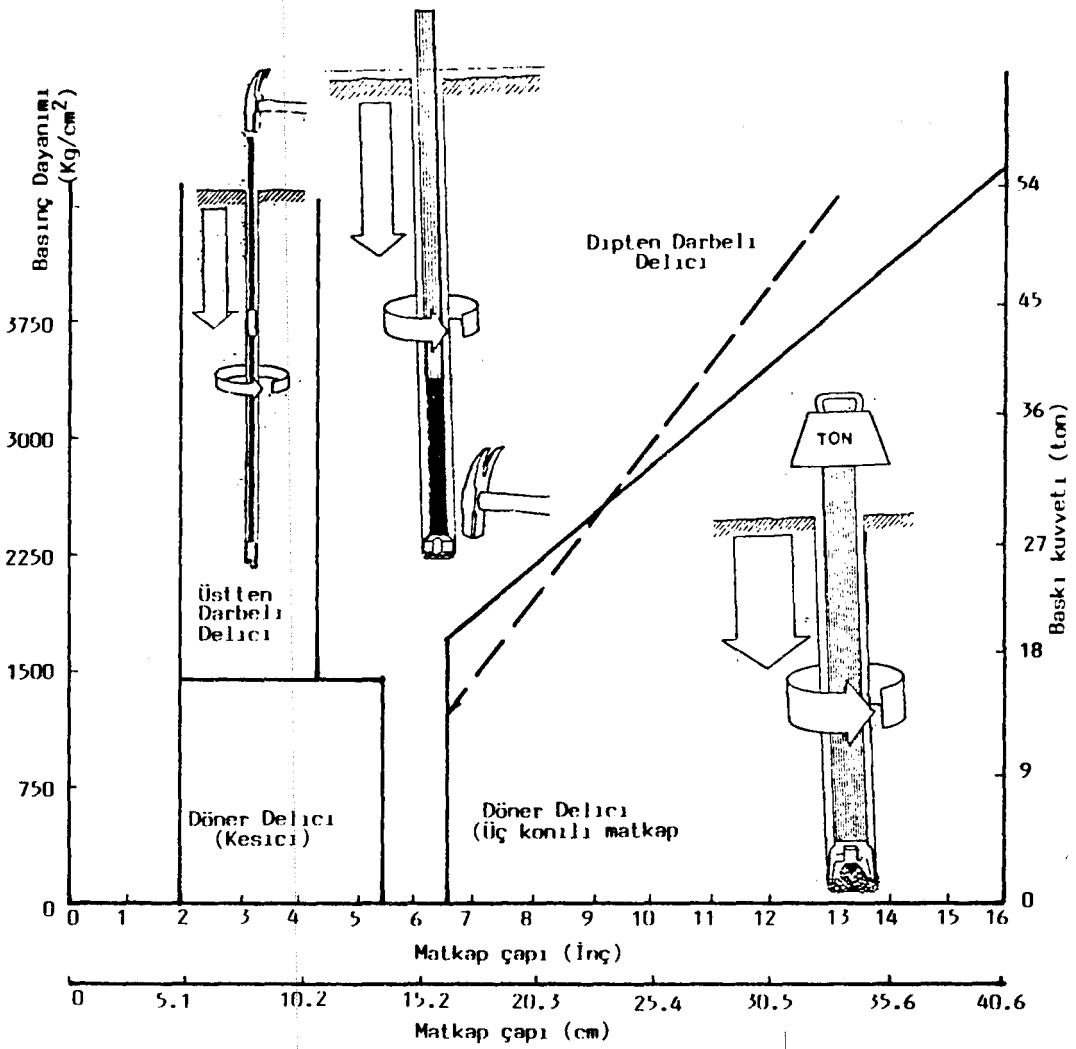
Delinecek yerdeki kayacın basınç direnci, delik çapı ve gevreklik önemli bir unsurdur.

Basınç direnci 1500 kg/cm^2 'ye kadar olan kayalarda 5,5 inç'e kadar döner delici (kesici) başarıyla uygulanmaktadır.

1500 kg/cm^2 basınç dayanımı üstü olan kayalarda 4,25 inç'e kadar üstten darbeli deliciler yaygın olarak kullanılır.

4,25 inç'in üzerinde maden işletmelerindeki delik delme işinde dipten darbeli deliciler portatif ve hareket yeteneğinin yüksek olması nedeniyle kullanılır.

6,25 inç'ten sonra sondaj ve arama işlerinde konili matkaplı deliciler kullanılır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Yer üstünde kullanılan delicilerin seçim kriteri (W.M.E. September, 1990)

4. DELİK DELMEYİ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI

4.1. Kayaç Etkisi

Doğal bileşen olan kaya malzemesi temel olarak ne homojen ne de izotropdur. Homojen olmayan kaya, bünyesinde içerdiği boşluklar ve tanelerin sınırları ile hemen fark edilir. Kayanın iç yapısı, oluşumu, çeşitli mühendislik davranışları delme hızında etkindir. Mikroskobik açıdan çok mükemmel olmayan iç yapı, oluşumunun fiziksel şartlarına bağlı olarak kayacın farklı davranışları göstermesinde rol oynar (ROBERTS, 1981).

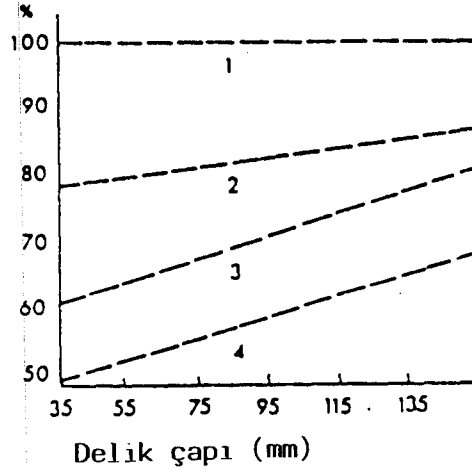
4.1.1. Matkap ilerleme hızına etki eden kayaç iç yapısı

İlerlemede etkili olan parametreler şöyledir:

- a) Kayacı oluşturan taneciklerin boyutu büyüdükçe ilerleme hızı azalır.
- b) Taneler arası bağ kuvveti artınca ilerleme hızı azalır, aşınma artar.
- c) Tanelerin geometrik şekli köşeli olanlarda uç aşınması fazla, delik delme hızı azdır. Taneler yuvarlak olunca ilerleme artar, aşınma azalır.
- d) Çimento ve tane oranı önemlidir. Çimento oranı fazla olunca ilerleme hızı da fazladır.
- e) Tanelerin birbirine göre farklı yapı göstermesi durumunda, homojen olanda daha kolay bir ilerleme sağlanır.
- f) Mikro çatlaklar ilerlemeyi kolaylaştırır. Fakat çatlaklar büyüdükçe darbenin yutulması nedeniyle ilerleme hızı azalır.
- g) Gevreklik arttıkça ilerleme hızı yine artar (HOWARTH, ROWLANDS, 1987).

4.1.2. Delinebilirlikte çatlaklık indeksi

Volkanik kayaçlar serttir fakat darbeli yöntemle delme, relatif olarak kolaydır. Volkanik kayaçta darbeli delme yaparken kayaç tam çatlak değildir. İç yapıda dağılıma olmamıştır. Bu tür kayaçlarda dönerek delme zordur. Büyük çatlaklar sıkışmalara neden olurlar. Çatlaklı ortamda çalışma verimsizdir (Şekil 4.1) (Tamrock Manuel, 1988).



1. Kırılmamış homojen çatlaksız kayaç
2. Bazı çatlaklarla birlikte, çoğunlukla kırılmamış kayaç
3. Az kırılmış çatlaklı kayaç
4. Çok çatlaklı kırılmış kayaç

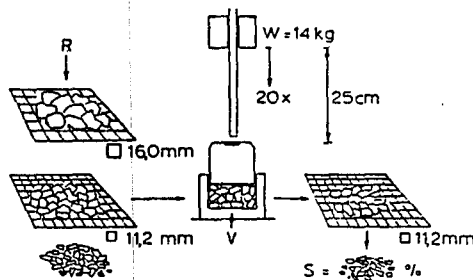
Şekil 4.1. Uç çapının çatlaklı kayalarda ilerlemeye etkisi

4.1.3. Delinebilirlik indeksi

DRI (The Drilling Rate Index), delme hızı indeksi olarak bilinir. Değişik kayalar için verilen delinebilirlik değeri, delme hızı tahminine yardımcı olur. DRI; S_{20} kırılma testi ve Sievers-J değeri tarafından saptanır.

4.1.3.1. S_{20} kırılma testi

Bu test İsviçre düşen çekiç testi olarak bilinir.



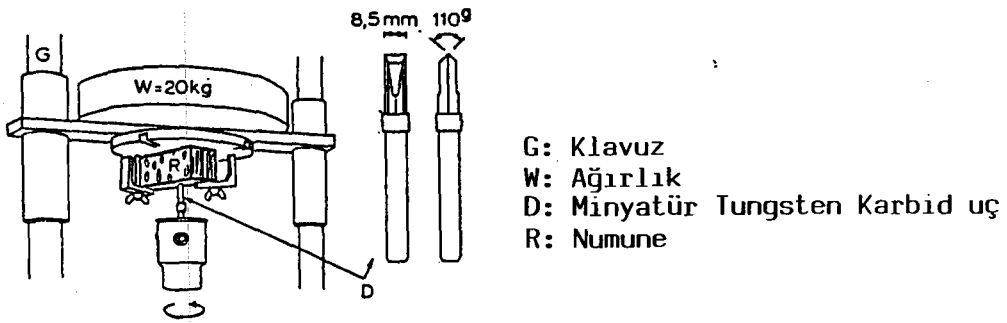
- R : Kaya örneği yığını
W : 14 kg. ağırlık
 S_{20} : 20 darbeden sonra elekten geçen miktar

Şekil 4.2. S_{20} kırılma testi

Kaya örneği elek açıklığı 16 mm'nin altı, 11,2 mm'nin üstü alınır. Örnek kaya 550 gr. Deney aletinde 14 kg'lık ağırlık, örnek numune üzerine 20 kez düşürülür. Böylece kırılan numune 11,2 mm. elek açıklıklı elekten tekrar geçirilir. Elek altına geçen numunenin, elek üstüne % oranı S_{20} değeri olarak bilinir. Bu deney 3-4 kez yapıp ortalaması alınır (SALMINEN; VIITALA, 1985).

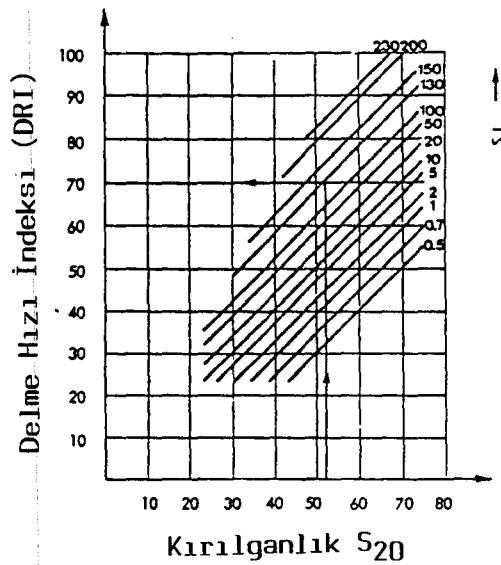
4.1.3.2. Sivers-J-değeri (Sj)

Bu değer minyatür bir delicinin numune üzerinde 200 devrinden sonra delinen deliğin 1/10'nun mm. cinsinden karşılığıdır. Bu değere kısaca Sj değeri denir.. Gerçek değer 4-8 ölçümün ortalamasıdır.



Şekil 4.3. Minyatür Sievers-J değeri aleti

Delme hızı indeksi S_{20} ve Sj ile düzenlenen değerlerle aşağıdaki diyagramdan bulunabilir.



Şekil 4.4. (DRI) Delme hızı indeksi diyagramı

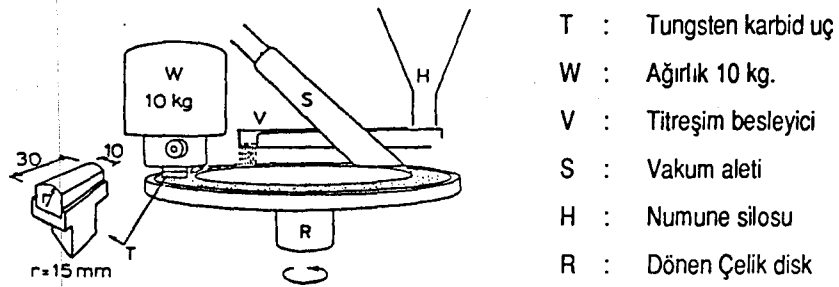
4.1.4. Uç aşınma indeksi

DRI ve AV (Abrasion Value) değerleri kullanılarak kayanın uç aşınma değeri saptanabilir. Bu değerler çelik ekipmanlar kullanılarak uzun zamanlarda saptanmıştır.

Aşındırma Değeri (AV), kaya tozlarının sert uç üzerinde meydana getirdiği aşınma miktarına denir.

1 mm'den küçük kaya tozları delici uç altına beslenir. 100 devirden sonra (min. 5 dak.) uç tekrar tartılır. Uç ağırlığından kaybetme miktarı (mg) cinsinden bulunur.

DRI ve BWI (Bit Wear Index) uç aşınma değerleri birbirleri ile bağımlıdır.

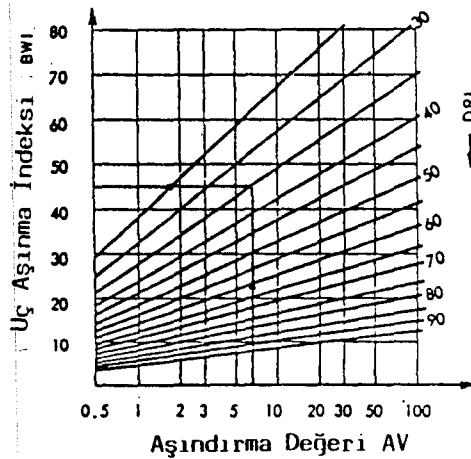


Şekil 4.5. Uç aşındırma değeri testi

Deneyde kullanılan tungsten karbid'in özellikleri

Vickers sertliği	:	1280
Kobalt içeriği	:	% 9
Tungsten karbid tane boyutu	:	4 μ m

BWI aşağıdaki diyagramdan hesaplanabilir.



Şekil 4.6. BWI değeri hesaplama indeksi

4.1.5. DRI ve BWI ilişkisi

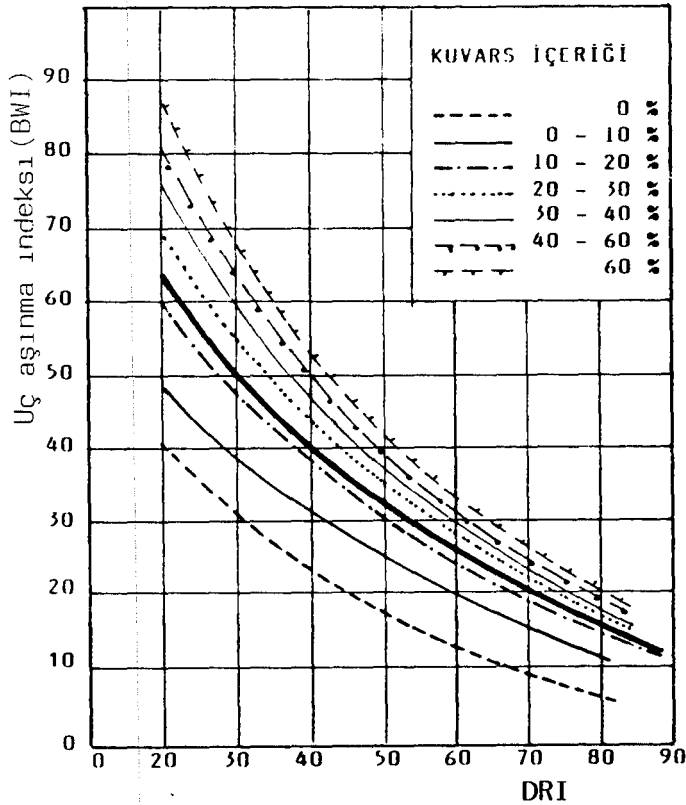
Birçok kaya tipinde DRI ve BWI birbiri ile ilişkilidir. Eğer kaya düşük DRI'ye sahipse BWI değeri de yüksektir (Çizelge 4.1).

BWI ve DRI kuvars miktarına bağlıdır. Şekil 4.7'deki testler Norveç'teki kayalar çeşitlerinde yapılmış ve bu değerler temel alınmıştır.

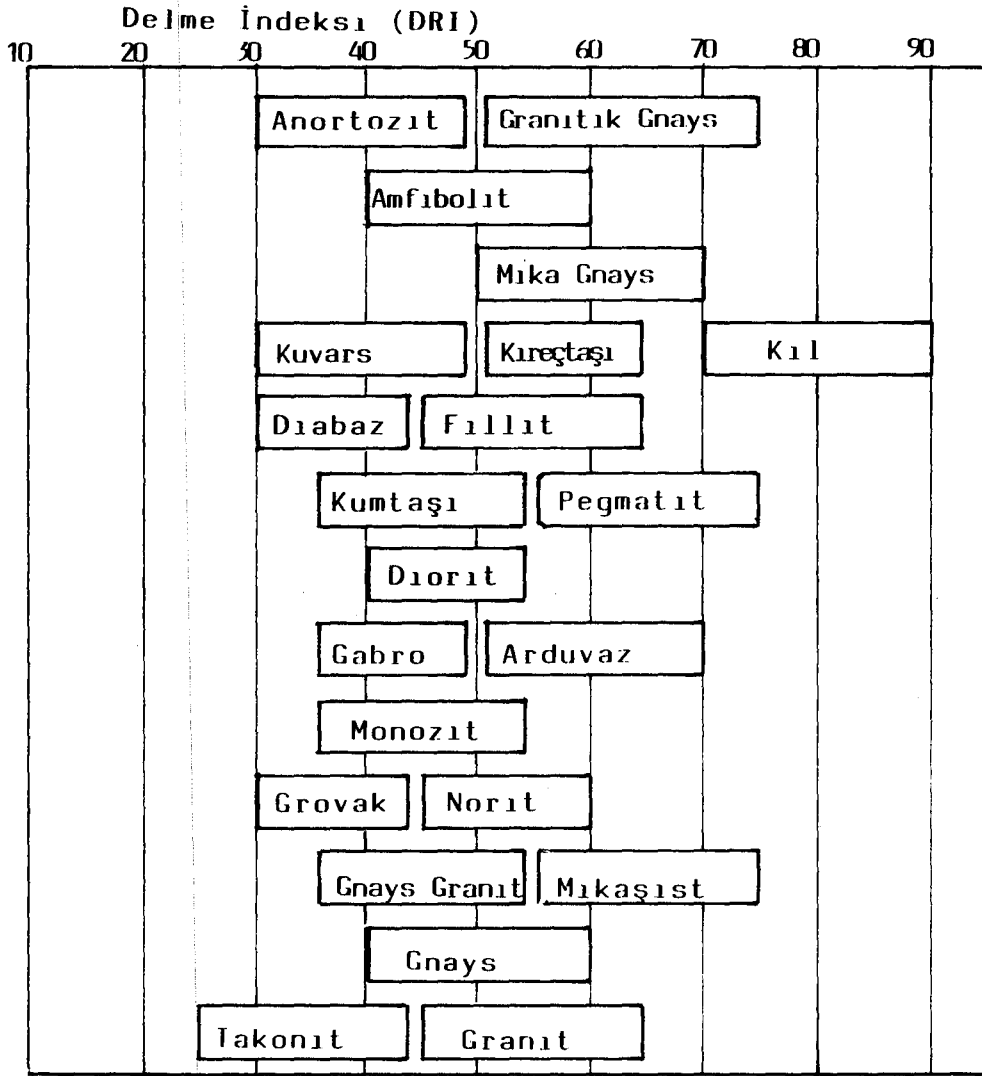
Aynı isimdeki kayaların mineral içeriği, tane boyutu, jeomekanik davranışı bir hayli değişkendir. Bu şaşılacak bir durum değildir. Bu yüzden bir kayanın delinebilirliği geniş bir alana yayılmıştır (Şekil 4.8) (SILMINEN; VIITALA, 1985; Tamrock Manuel, 1988).

Çizelge 4.1. DRI ve BWI ilişkisi

DRI tarifi	Değer	BWI tarifi	Değer
Çok çok düşük	21	Çok çok yüksek	63
Çok düşük	28	Çok yüksek	53
Düşük	37	Yüksek	43
Orta	49	Orta	33
Yüksek	65	Düşük	23
Çok yüksek	86	Çok düşük	13
Çok çok yüksek	114	Çok çok düşük	3



Şekil 4.7. Kuvars içeriği ve aşınma ilişkisi



Şekil 4.8. Kayaçların delinebilme indeksi (DRI) aralıkları

4.2. Delici Ucu Metalurjik Yapısının Etkisi

Bir malzemenin diğer bir malzemeyi çizmesi veya kesmesi için ondan daha sert olması gerekir. Aksi durumunda kullanılan alet aşınır, kesme işlemi gerçekleştirilemez.

Dünyada genel olarak kabul edilen sertlik ölçüsü Mohs sertliğidir.

- | | |
|-----------|----------------------|
| 1. Talk |] Tırnak ile çizilir |
| 2. Jips | |
| 3. Kalsit |] Çakı ile çizilir |
| 4. Florit | |
| 5. Apatit | |

6. Ortoz]	Çelik ile çizilir
7. Kuvars		
8. Topaz]	Camı ve çeliği çizer
9. Korendon		
10. Elmas		

Bir delme işleminde de delici ucun deldiği formasyona göre daha sert olması gerekir ki deldiği kayaç karşısında kendisi hemen aşınıp yok olmasın (CHUGH, 1985).

Delici uçlar kullanacakları kayaca göre değişik kimyasal terkiplerde ve metalurjik işlemlerde hazırlanırlar. Bunlardan en çok bilineni ve 50 yıldan fazla bir zamandan beri kullanılanı Tungsten Karbid uçlarıdır.

Elmas uçlar ise yumuşak matris üzerine elmas tozu dökülmesi ve daha sonra ucun ısı işlemlerle sertleştirilmesi ile elde edilirler (ATKINS, 1982).

4.2.1. Tungsten karbid ucun imali

4.2.1.1. Sert metal tozun imali

Ana prensip olarak saf tungsten oksit imal etmek ve bunun bir hidrojen atmosferinde redüklenerek tungsten tozu haline geçmesini sağlamaktır. Bu redüksiyon prosesinin rijitliği, tungsten tozunun tane boyutunu ve kalitesini etkiler. İmalat neticesini etkileyen değişkenler; ısı, prosesin hızı ve hidrojen miktarıdır.

Tungsten tozu, ince taneli tungsten karbid için 1400-1450°C'de ve daha iri taneler için de 1600°C'de ince karbon tozu ile ısıtılarak karbürize edilir.

WC-Co terkiplerinde bağlayıcı olarak kullanılan kobaltın tane boyutu WC tane boyutuyla aynı olmalıdır, aksi durumda imalat işlemi sırasında WC hasar görür (BİLGİN, 1982).

4.2.1.2. Presleme

Tungsten karbid ve kobalt (varsa titanium ve tantalium) beraberce bir bilyeli değirmende karıştırılırlar.

Burada kobalt, WC partiküllerinin üzerine sıvanır. Toz taneler basınç altında birbirine yapışmaz. Toz taneleri birbirine yapıştırmada çok saf bir parafin mumu kullanılır. Bu mumun erime sıcaklığı 50°C'dir. 60°C'de kobalt oksitlenmeye başladığından karıştırma işlemi eter içinde yapılır. Sıvı eter ve mum değirmene ilave edilir ve karıştırma işleminin sonunda eteri yok etmek için kaynar su kullanılır. Geriye parafinle birbirine tutuşturulmuş WC-Co karışımı kalır.

Karıştırma işleminin çok iyi kontrolü, süresi, ilave edilen malzemelerin miktar ve kalitesi, imalatın kalitesini etkiler.

Uçların imali için presleme iki aşamada yapılır. Birinci aşamada, bilyeli değirmenden çıkan ürün 50 MN/m^2 'lik alçak basınçta kaba bloklar halinde preslenir ve sonra bu bloklar 20-40 mesh boyutlarında kırılır. Böylece akıcı bir toz oluşur ve hava hacmi azalır.

İkinci aşamadaki preslemede esas kalıplarda 150 MN/m^2 basınçta uçlar şekillenir. Sert metal tozlar, demir ve bakır esaslı tozlar gibi tam yoğunlukta preslenemezler. Sinterleme sırasında büzülürler ve boyutlarından % 20 kaybederler.

Bu durumda uç hâlâ parafin mumlu ve tebeşir sertliğindedir (BİLGİN, 1989).

4.2.1.3. Sinterleme

WC, Co karışımı 1320°C 'de ısıtılırsa ötektik meydana gelir. Bu sıcaklık WC'un ve Co'nun erime derecesinden düşüktür (WC için 2870°C , Co için 1480°C). Sinterleme işlemi oksidasyonu önleyici bir ortamda yapılır.

Parafinden kurtulmak için ise malzeme 800°C 'de hidrojen atmosferinde üç adımlı bir sinterlemeye tabi tutulur.

Son sinterleme 1420°C 'de 30 dakika süre ile vakum altında olur (Şekil 4.9). Bu işlemlerden sonra uçlar monte edilmeye hazırdır (BİLGİN, 1982).

4.2.2. Uç davranışını etkileyen değişkenler

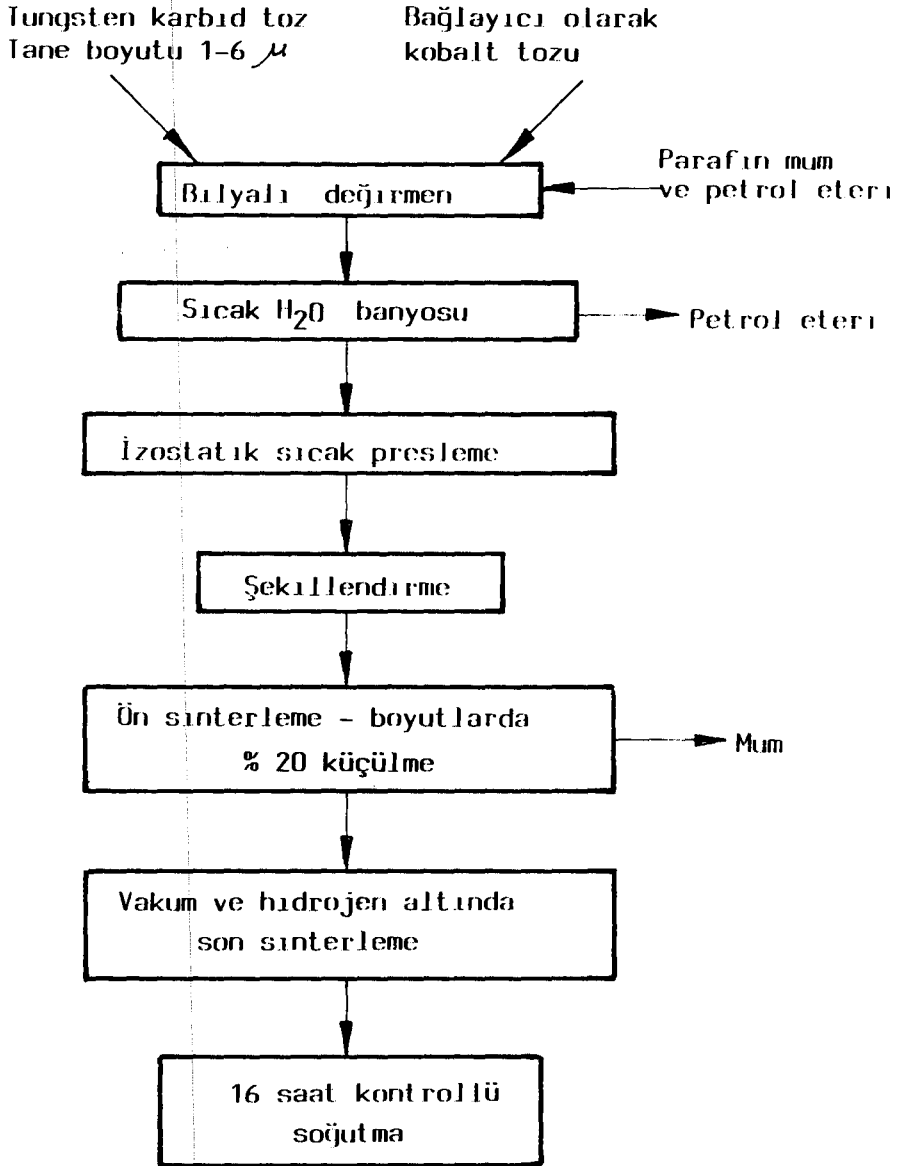
4.2.2.1. Tane boyutunun etkisi

Belirli bir kobalt miktarında tanelerin boyutu büyüdükçe uç sertliğini kaybetmektedir. Değişik sertlikte formasyonlar için optimum sertlik ve dayanım kombinasyonlarını elde etmek için değişik tane boyutları gerekir. Maksimum aşınma dayanımının istendiği yerlerde ince taneli WC-Co, darbe dayanımının fazla olmasının istendiği yerlerde ise tanelerin iri olması istenir. İri taneler WC-Co matrisinin sertliğini azaltır ve bu taneler aşınma sırasında matristen kolaylıkla ayrılırlar (Şekil 4.10)

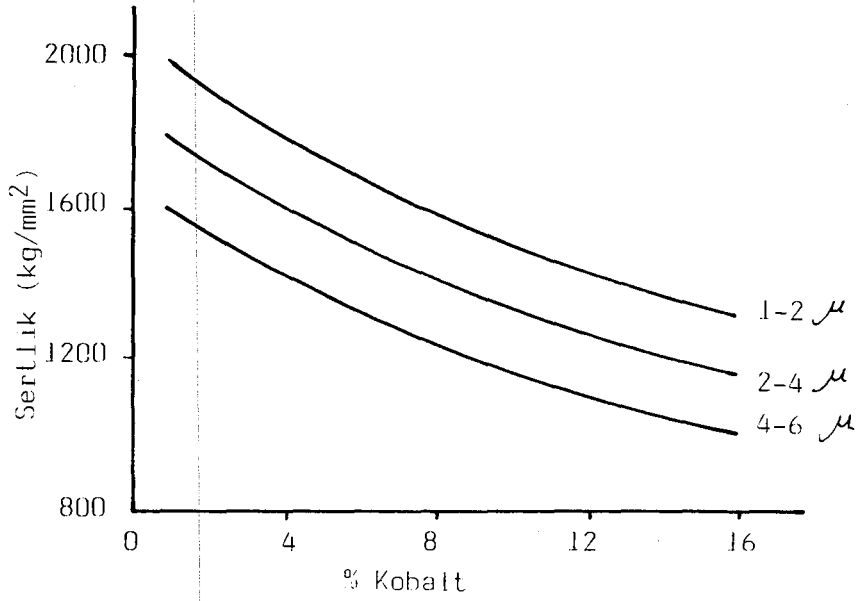
4.2.2.2. Kobalt miktarının etkisi

2μ tane boyutundaki kobaltın, WC-Co matrisindeki oranı %: 5'ten, % 30'a çıkınca sertlik $92 R_A$ 'dan, $85 R_A$ 'ya düşmektedir. Kobalt miktarı yükseldikçe ucun kırılma dayanımı hızla

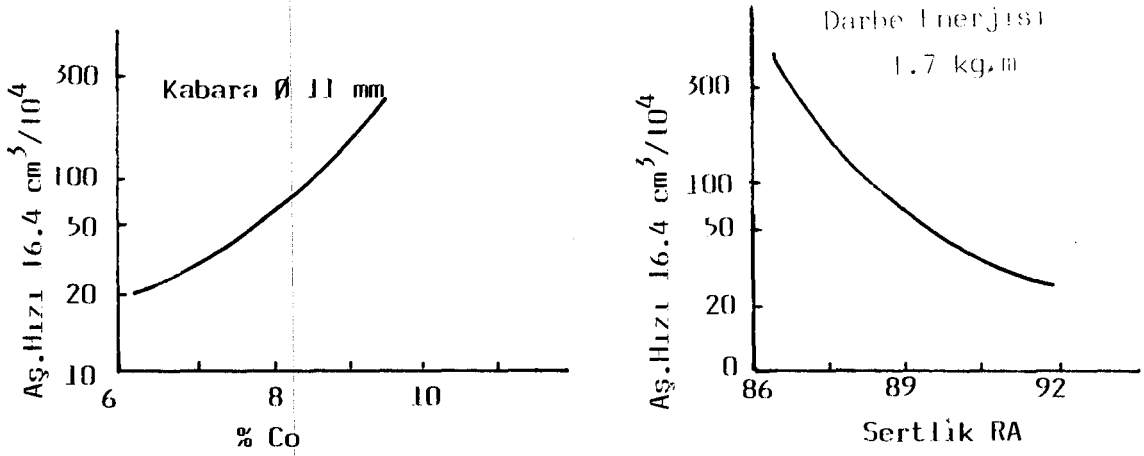
artmakta ve % 20 Co için maksimum değerini almaktadır. Aşınma ise sertlikle orantılıdır. Şekil 4.11'de darbeli delmede granit için uç aşınmasının sertlik ve kobalt miktarı ile nasıl değiştiğini göstermektedir.



Şekil 4.9. Sert metal ucun işlem aşamaları



Şekil 4.10. Sertlik, Co oranı ve tane boyutu ilişkisi (BİLGİN, 1989)



Şekil 4.11. Kabaralı bir delici uçta aşınma hızının sertlik ve kobalt miktarı ile değişimi

4.2.2.3. Karbon miktarının etkisi

Saf tungsten karbidde teorik karbon miktarı % 6.12'dir. Sinterleme işlemi sırasında serbest karbonun girişi kırılma dayanımını azaltacaktır. Karbon eksikliğinin etkisi ise daha kötüdür. % 0.05 oranındaki karbon eksikliği çok kırılğan özellik gösteren $Co_3W_3C_4$ 'ün oluşumuna sebep olacaktır. Bu gibi etkilerin yok edilmesi için sinterlemenin çok iyi kontrol edilmesi gerekir.

4.2.2.4. Porozite

Porozite sert metalin kırılğanlığını belirleyen en önemli etkidir. Oluşan porlar değişik şekil ve boyutta belirli bir düzene göre dağılmıştır. Tungsten karbid uçlardaki porozite ASTM B404-44 standardının belirlediği por diyagramlarına göre tesbit edilir. Parlatılmış yüzey 200 kez büyütmede incelenir. En iyi netice bir santimetre karede 10μ çapında bir por bulunmasıdır. Bu da 1 cm^3 için 1000 por demektir. Porlar A, B, C gruplarına ayrılırlar, her grupta kendi arasında por adedine göre 6 alt kısma bölünürler. A grubu porlar karbon noksanlığını, B grubu porlar presleme hatalarını, C grubu porlar karbon fazlalığını temsil ederler.

Değişik araştırmalar porozitenin kontrolunun uçlarının ömürlerini etkileyeceklerini ortaya çıkarmıştır. % 6 Co içeren bir ucun porozitesi % 0.9'dan % 2.6'ya çıkınca kırılma dayanımı % 57 artmaktadır. Tamamen poroziteden arınmış bir ucun ömrü % 100 kadar artmaktadır (BİLGİN, 1985).

4.2.3. Delici donanımlarının metalurjik yapısı

Delici tijlerin yapısına giren ana elementler ve oranları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Delici tijin yapısındaki elementler

Element	%
C	0.95
Si	0.2
Mn	0.3
Cr	1
Ni	-
Mo	0.2

Delici ekipmanlarından darbe adaptörünün yapısına giren ana elementler ve oranları da Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Adaptörün çelik yapısına giren elementler

Element	%
C	0.25
Si	0.2
Mn	0.5
Cr	1.2
Ni	3
Mo	0.25

Çizelge 4.4'te ise 3 değişik tipteki ucun yapısına giren elementler ve oranları verilmiştir.

Çizelge 4.4. Değişik uçlarda yapıyı oluşturan elementler

No	C %	Si %	Mn %	Cr %	Ni %	Mo %	V %
1	0.4	0.6	0.6	1.2	0.2	0.5	0.25
2	0.25	0.2	0.5	1.2	3	0.25	-
3	0.3	1.4	1.3	0.3	1.8	0.4	-

(ÖCAL, 1974)

Delik delinen formasyonunun türü dikkate alınarak kullanılacak ucun özelliklerini ana hatlarıyla belirlemek mümkündür (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Değişik formasyonlara göre uç yapısı seçimi

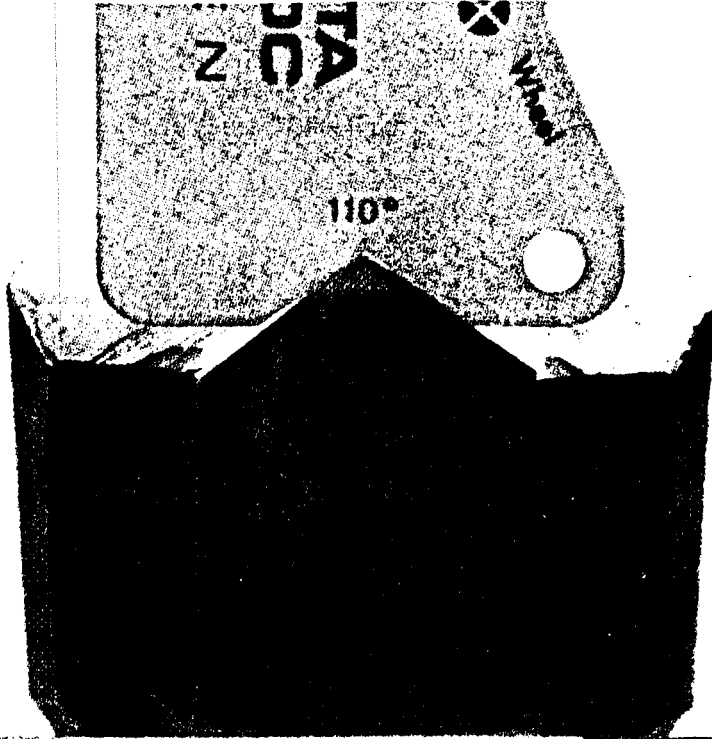
Kayaç	Delici Uç
Dolomit	Kuvvetli darbeye haiz matkap
Diorit	
Bazalt	
Kuarsit	
Granit	
Mermer	Co miktarı % 6-8
Kireçtaşı	
Gnays	
Şeyl	WC tane boyutu 5-6 μ
Kumtaşı	
Kiltası	
Kömür	
	Dönerek çalışan deliciler
	Co miktarı % 4-6
	WC tane boyutu 3-4 μ

(BİLGİN, 1989)

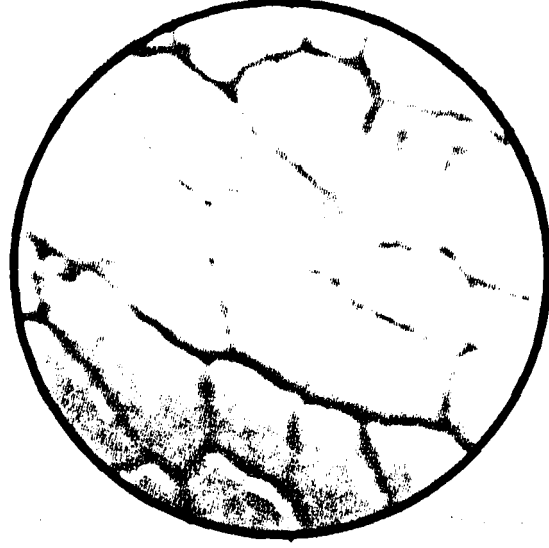
4.3. Delicilerin Bakımı

4.3.1. Uç bakımı

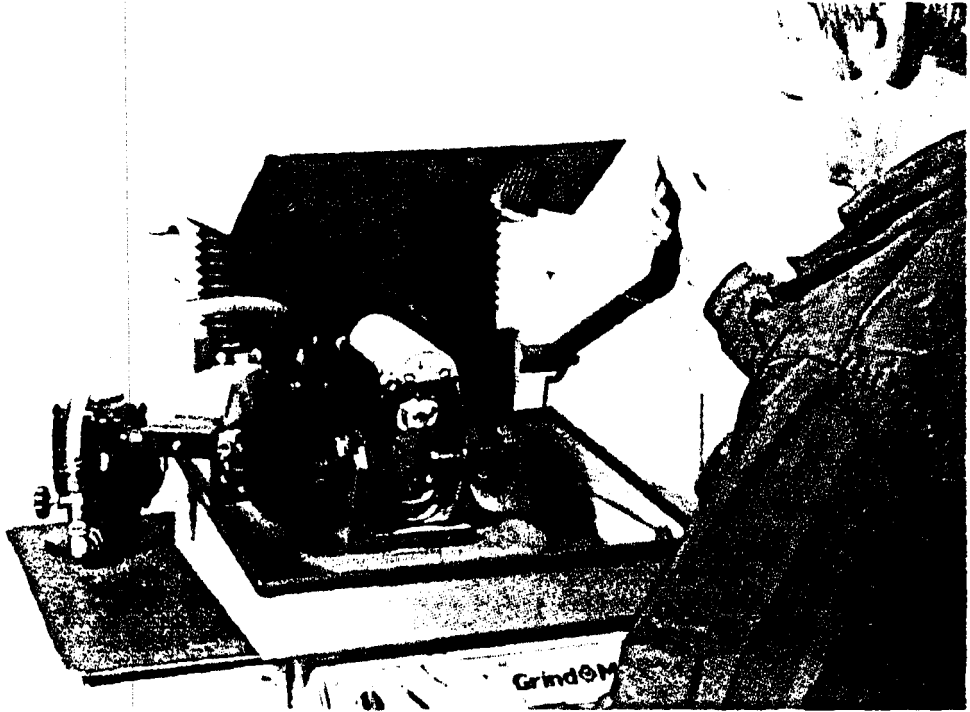
En iyi delme hızı, en az kayıpla uca iletilen enerji ve en az aşınma ile yapılanıdır. Matkap ucunda meydana gelen aşınmalar özel olarak üretici firmalar tarafından yapılan ölçü aletleriyle kontrol edilebilir (Şekil 4-12). Uçlardan biri hasar gördüyse, bu uçları tutan çeliğe yansıyacak ve gövdesinde yarılmalar olabilecektir. Rutin kontrollerle uçların geometrisindeki bozukluklar özel tezgâhlarla taşlanarak giderilebilir (Şekil 4.13). Uç devamlı çalıştığı için üzerinde yılan derisi deyimi kullanılan mikro çizik ve çatlaklar oluşur. Bunlar taşlanma ile alınmaz ise devamlı darbe sonucu WC-Co ucun çatlamasına-yarılmasına-kırılmasına yol açar (Şekil 4.14). Uç taşlanırken gövdesinde de ucun aşınmasına uygun bir şekilde taşlama yapılmalıdır. Çevredeki uçlar içtekinden daha fazla aşınır. Çünkü çevredeki uçlar daha fazla yol kat ederek daha çok iş yapmaktadırlar. Taşlama ile beraber çevredeki uçlar da bileneceğinden, delik çapı, her taşlamadan sonra azalacaktır.



Şekil 4.12. Uç aşınmasını ölçme



Şekil 4.13. Uç üzerinde yıkan derisi oluşması



Şekil 4.14. Uçların özel tezgâhlarda taşlanması

4.3.2. Tij yivlerinin bakımı

Tij yivleri deliciden uçlara aktarılan enerjinin iletilmesinde en önemli görevi yüklenirler. Tij yivlerinin bozuk olması durumunda enerjinin % 8–10'unu yutarlar. Böylece her tij eklemede kayıp daha da artar. Tij yivleri şok dalgalarını alırken büyük zorlamalara maruz kalırlar. Bu zorlamalar karşısında hemen aşınmamaları için özel metalurjik işlemlerle sertleştirilirler. Yivlerin durumu özel şablonlarla periyodik olarak kontrol edilir. Bozulanlar değiştirilir. Her ekleme sırasında dişler yağlanır. İş bitiminde yivler özel çözücü ile temizlenir ve ince yağla yağlanır.

4.4. Etibank Küre Bölgesindeki Delici Tanıtımı

İşletmede 4 adet Ingersoll-Rand DM-25 dipten darbeli delici kullanılmaktadır. Tijler 7.6 m ve uç çapı 7 inç'tir. Delici paletler üzerinde hareket etmektedir. Kule 6 adet tij alabilmekte ve bu tijler otomatik olarak sökülüp takılabilmektedir. Delicide üç adet hidrolik pompa vardır. İki adet pompa tijleri döndürme, tijlere aşağıya doğru itme kuvveti sağlama ve sistemin hareketini (manevra ve yerleşme sistemlerini) kontrol eder. 3. pompa toz kontrol, tij değiştirme ve yağ soğutma fanlarını kontrol eder (Şekil 3.12).

5. JEOMEKANİK DENEYLER

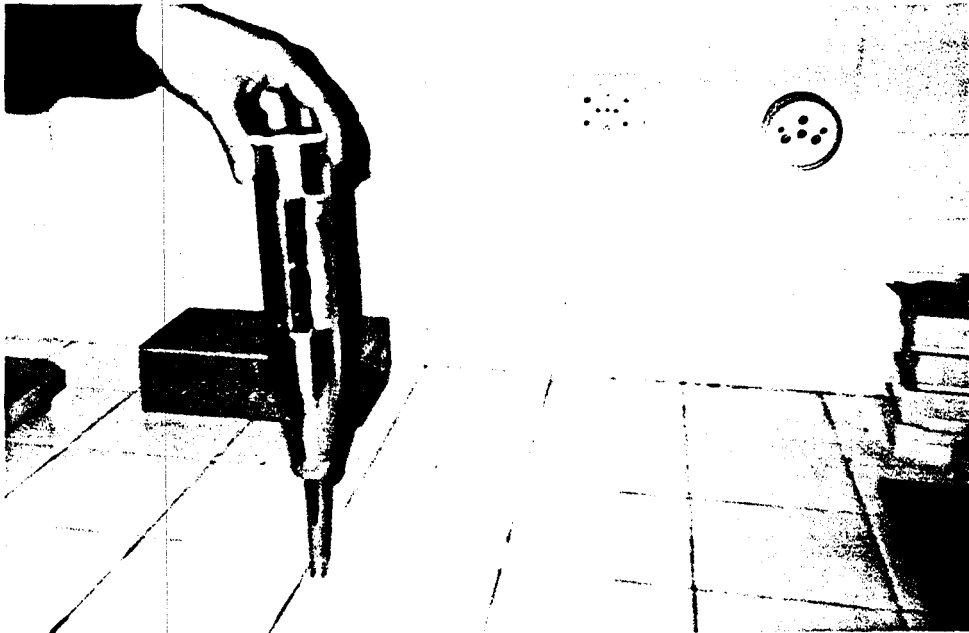
Jeomekanik deneyler numune alınış tarihinden yaklaşık bir ay sonra yapılmaya başlanmıştır. Tüm deneyler doğal nem ile yapılmıştır. Ocak içinde Schmidt çekici deneyleri yapılmıştır. Laboratuvarda ise şu deneyler yapılmıştır:

- Doğal birim hacim ağırlık ölçümleri
- Koni delici deneyleri
- Nokta yükleme deneyleri
- İndirekt çekme (Brazilian) deneyleri
- Darbe dayanım deneyleri
- Cerchar sertlik deneyleri
- Cerchar aşındırıcılık deneyleri

5.1. Yerinde Deneyler (in-situ)

5.1.1. Schmidt çekici deneyleri

Beton yüzey sertliğini ölçmek amacıyla 1948 yılında İsviçreli mühendis Ernest Schmidt tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra portatif ve ucuz olması nedeniyle, madencilik alanında kayaların göreceli sertliklerini bulmak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Kayaların Schmidt sertlik değerlerinden basınç dayanımları tahmin edilebilmektedir (HARAMY; De MARCO, 1985).



Şekil 5.1. Schmidt Çekici

Çizelge 5.1. Schmidt Çekici değerleri

Numune	No	Deney Sonucu	Ortalama ve Standart Sapma	Numune	No	Deney Sonucu	Ortalama ve Standart Sapma
Diabaz	1	50	60.5 ± 4.55	Altire diabaz	1	45	51.38 ± 2.86
	2	60			2	50	
	3	64			3	50	
	4	58			4	52	
	5	60			5	54	
	6	64			6	54	
	7	64			7	52	
	8	64			8	54	
Arjilit	1	44	53.5 ± 4.21	Silişli diabaz	1	70	78.5 ± 5.80
	2	50			2	70	
	3	56			3	74	
	4	54			4	80	
	5	58			5	82	
	6	54			6	84	
	7	56			7	84	
	8	56			8	84	
Bakır	1	56	67.25 ± 5.83	Sert diabaz	1	45	59.13 ± 6.95
	2	60			2	50	
	3	66			3	60	
	4	70			4	63	
	5	70			5	64	
	6	72			6	64	
	7	74			7	64	
	8	70			8	64	
Pirit	1	15	25.62 ± 5.91				
	2	20					
	3	20					
	4	30					
	5	32					
	6	30					
	7	30					
	8	28					

Düzeltilmiş Schmidt Çekici değerleri

Diabaz	64	± 0	Altire Diabaz	53,3	± 1,2
Arjilit	54,6	± 1,15	Silişli Diabaz	84,0	± 0
Bakır	72,0	± 2	Sert Diabaz	64,0	± 0
Pirit	29,3	+ 1,2			

Analitik bir yöntem olmasına rağmen bu deneyin yapılması ve sonuçların irdelenmesi ile ilgili bir standart yoktur. Deneyin yapıldığı yüzeyin pürüzlülüğü, çatlaklık, alterasyon ve homojenlik deney sonuçlarını etkilemektedir. Deneyin yapılış yönü (yatay, düşey, açılı) önemlidir. Çalışmalarda alet tabana dik yönde kullanılmıştır (Şekil 5.1). Yüzey önceden temizlenmiş ve sert düzeltme taşı ile yüzeydeki pürüzlülükler giderilmiştir. İlk değerler düşük daha sonraki değerler biraz yüksek ve sabittir (POOLE, FARMER, 1980).

5.2. Laboratuvar Deneyleri

5.2.1. Doğal birim hacim ağırlık ölçümleri

Çekme dayanımı için hazırlanan 3,1 cm. çapında ve 3,1 cm boyutundaki silindirik numuneler, bu iş için çekme dayanımı deneyinden önce kullanılmıştır. Karot alınamayan arjilit ve altere diabaz için ölçekli cam kaptaki su taşıma değeri gözlenerek sonuca gidilmiştir.

Çizelge 5.2. Birim hacim ağırlık ölçümleri

Kayaç	Doğal Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)
Diabaz	3.46
Bakır	5.13
Pirit	5.34
Silisli Diabaz	4.87
Sert Diabaz	3.42
Arjilit	2.07
Altere Diabaz	2.64

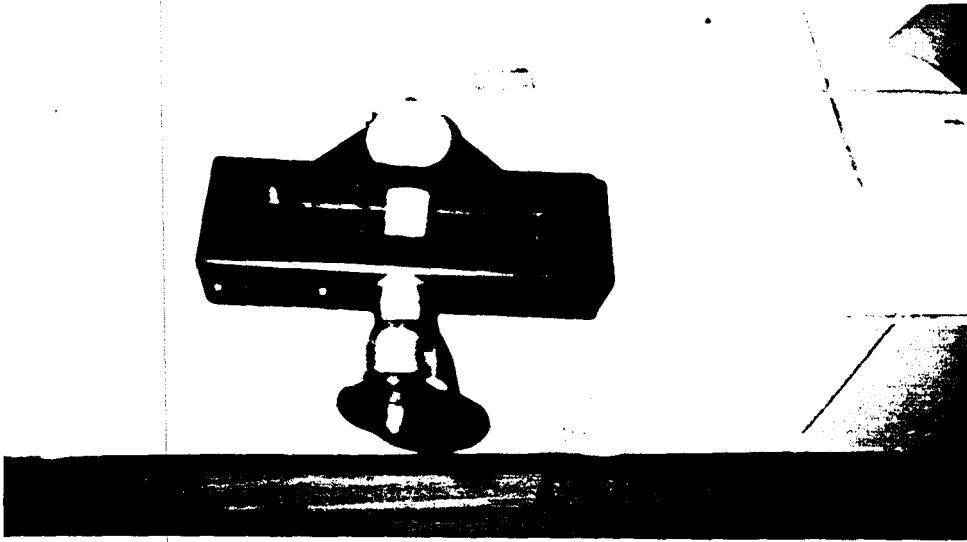
5.2.2. NCB Koni Delici Değerleri

NCB (National Coal Board) koni delici aleti MRDE (Mining Research and Development Establishment) tarafından İngiltere'de geliştirilmiştir. Çok düzgün olması ve belirli işlemlerden geçirilmesi gerekmeyen 24x12x6 mm. boyutlarında numuneler kullanılarak deneyler yapılabilmektedir (Şekil 5.2) (MRDE Handbook, 1977).

Alet konik bir ucun numuneye batma derinliği ile numunenin sertliğini ölçme esasına dayanır. Koni delici ile kayaçların basınç dayanımlarını bulmak da mümkündür (SIMPSON, ACOTT, 1983).

Çizelge 5.3. Koni delici deney sonuçları

		Mo	M1	Ps	Is	M2	Pm	Im	M3	Pw	Iw	Dönüştürülmüş Is	Ortalama Is	Ortalama σ c kg/cm ²
Bakır	1	4.750	5.500			6.162	0.142	8.94				12.91	12.37 ± 0.55	3006.5 ± 135.1
	2	4.750	5.525			6.175	0.155	8.19				11.82		
	3	4.500	5.300			5.912	0.142	8.94				12.91		
	4	4.500	5.325			5.925	0.155	8.19				11.82		
Sert Diabaz	1	3.900	4.600			5.300	0.13	9.77				14.10	13.21 ± 0.95	3275.5 ± 23.77
	2	3.900	4.625			5.300	0.13	9.77				14.10		
	3	3.962	4.650			5.375	0.143	8.88				12.81		
	4	3.950	4.600			5.375	0.155	8.19				11.82		
Silisli Diabaz	1	3.900	4.650			5.275	0.105	12.1				17.47	15.87 ± 1.61	3935.1 ± 39.8
	2	4.100	4.600			5.500	0.13	9.76				14.1		
	3	4.100	4.800			5.475	0.105	12.1				17.47		
	4	4.100	4.825			5.497	0.127	10				14.43		
Diabaz	1	5.000	5.650			6.425	0.155	8.19				11.82	10.98 ± 0.58	2723.7 ± 14.47
	2	5.000	5.675			6.437	0.167	7.6				10.97		
	3	5.100	5.800			6.550	0.180	7.05				10.17		
	4	5.100	5.825			6.537	0.167	7.6				10.97		
Arjilit	1	4.850							5.200	0.12	1.92	1.27	1.21 ± 0.06	300.1 ± 4.8
	2	4.850							5.212	0.132	1.74	1.15		
	3	4.150							4.500	0.12	1.92	1.27		
	4	4.150							4.512	0.132	1.74	1.15		
Altire Diabaz	1	4.750	5.450			6.537	0.28	4.54				6.55	6.035 ± 0.4	1496.6 ± 9.9
	2	4.750	5.425			6.300	0.292	4.35				6.28		
	3	4.500	5.350			6.312	0.33	3.84				5.54		
	4	4.500	5.300			6.100	0.317	4.00				5.77		



Şekil 5.2. Koni Delici ve Numuneler

Deneyleerde Howards Engineering marka koni delici aleti kullanılmıştır (Şekil 5.2).

Numune, şerit yay ile konik uç arasına yerleştirilmiştir. Mikrometre, numune askıda kalacak şekilde çevrilir ve komparatör sıfırlanarak ilk mikrometre okuması (M_0) yapılır.

Daha sonra komparatör ibresi 0,635'e (D_1) gelinceye kadar mikrometre çevrilir. Bu değer 40 N'luk bir bastırma kuvvetine eşdeğerdir. Bu durumda ikinci bir mikrometre okuması (M_1) yapılır. Konik ucun numune batma miktarı (P_s) (5.1) no'lu bağıntıdan hesaplanır.

$$P_s = (M_1 - M_0) \cdot D_1 \quad (5.1)$$

$$I_s = \frac{D_1}{P_s} \quad (5.2)$$

P_s değerinin 0.2'den küçük olduğu durumlarda, mikrometre komparatör ibresi 1,27'ye (D_2)'ye gelinceye kadar çevrilir ve mikrometreden (M_2) okuması yapılır. 1,27 değeri 110 N'luk bir basma kuvvetine eşdeğerdir. Bu durumda düzeltilmiş koni delici indeksi (I_m), (5.3) ve (5.4) no'lu bağıntılardan bulunur.

$$P_m = (M_2 - M_0) \cdot D_2 \quad (5.3)$$

$$I_m = \frac{D_2}{P_m} \quad (5.4)$$

İngiliz kömür idaresinin yaptığı çalışmalar sonucu kayaçların basınç dağılımları ile I_s , I_m ve I_w koni delici değerleri arasında (5.5), (5.6) ve (5.7) no'lu bağıntılar vardır.

$$\sigma_c = 24,8 \times I_s \text{ MPa} \quad (5.5)$$

$$\sigma_c = 35,8 \times I_m, \text{ MPa} \quad (5.6)$$

$$\sigma_c = 16.5 \times I_w, \text{ MPa} \quad (5.7)$$

Koni delici deneyi, tane boyutlu 0,05 mm'den küçük tüm kayalar için uygundur. Daha iri taneli kayaç numunelerinde tane ile çimento malzemesi arasındaki oransızlık nedeniyle uygulanamaz. Nitekim çalışmalar sırasında Pirit numunesine uygulamak mümkün olmadı.

5.2.3. Nokta yükleme deneyleri

Bu deneyde kullanılan alet ucuz ve portatiftir. Pratik bir deney oluşu nedeniyle arazide veya laboratuvarında kayaların nokta yükleme dayanımlarını ve dolaylı olarak basınç dayanımlarını bulmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. En önemli pratikliği düzgün bir numuneye gereksinim göstermemesidir.

Bir nokta yükleme deney aleti genel olarak küçük bir hidrolik pompa, piston ve oldukça dayanıklı bir çerçeveden ibarettir.

Deneyde silindirik karot numuneleri, silindirik disk şeklinde numuneler, prizmatik numuneler veya düzgün olmayan parça numuneler kullanılabilir. Numunelerin, şekil ve boyut özellikleri deney sonuçlarını etkilemektedir.

Brook ve Franklin'in 1972'de önerdikleri nokta yükleme deneyinde 5 cm'lik karot çapı standart olarak kabul edilmiştir (BROOK, 1985).

Yükleme noktaları arasındaki D mesafesi 5 cm. olan ve diğer boyutları Şekil 6.3'deki gibi olan prizmatik numuneler kullanıldığında hiç bir boyut ve şekil düzeltme faktörüne gerek kalmamaktadır.

D mesafesi küçük veya büyük olduğunda elde edilen nokta yük indekslerinde gerekli düzeltmeler yapılmalıdır.

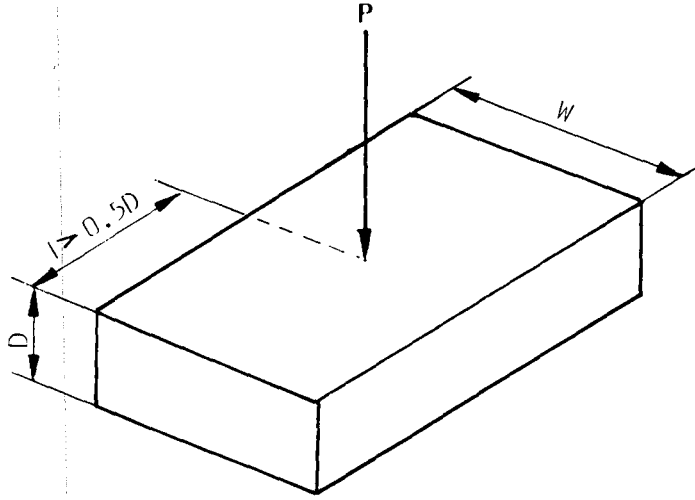
Nokta yük indeksi 5.8 no.lu bağıntıdan bulunur

$$I_s = \frac{F}{D^2} \quad (5.8)$$

I_s = Nokta yük indeksi (kg/cm^2)

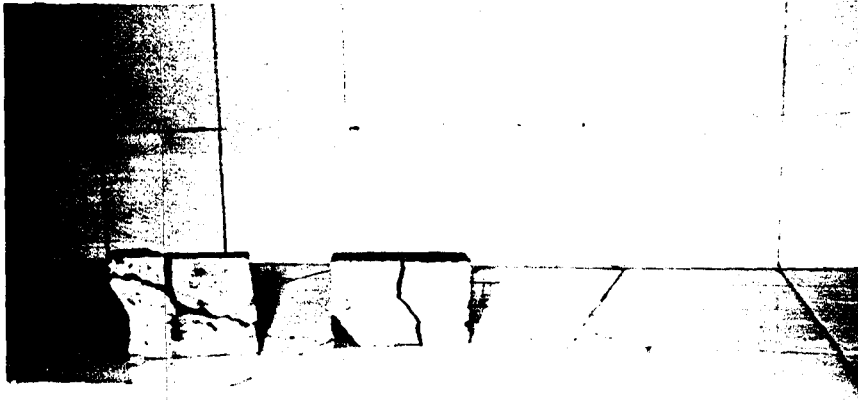
F = Uygulanan kırılma yükü, (kg)

D = Yükleme noktaları arası mesafe, (cm) (Şekil 5.3)



Şekil 5.3. Prizmatik numune boyutları

Nokta yükleme indeksi ile basınç dayanımı arasında ilişki arayan birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar doğrusal bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur. Nokta yük indeksi, bir katsayı ile çarpılarak basınç dayanımı bulunabilmektedir. Bu katsayının değeri, kayaç cinsine göre, özellikle yumuşak kayalarda farklılık göstermektedir. Ancak, 22 katsayısı genel olarak kabul edilen bir değerdir (BROOK, 1985).



Şekil 5.4. Prizmatik numuneler

Buna göre nokta yük indeksi ile I_s arasında 5.9 No'lu ilişkinin olduğu söylenebilir.

$$\sigma_c = 22 \times I_s \quad (5.9)$$

Bazı çalışmalarda nokta yük indeksi basınç dayanımına dönüştürülmeden bir dayanım parametresi olarak kullanılmaktadır.

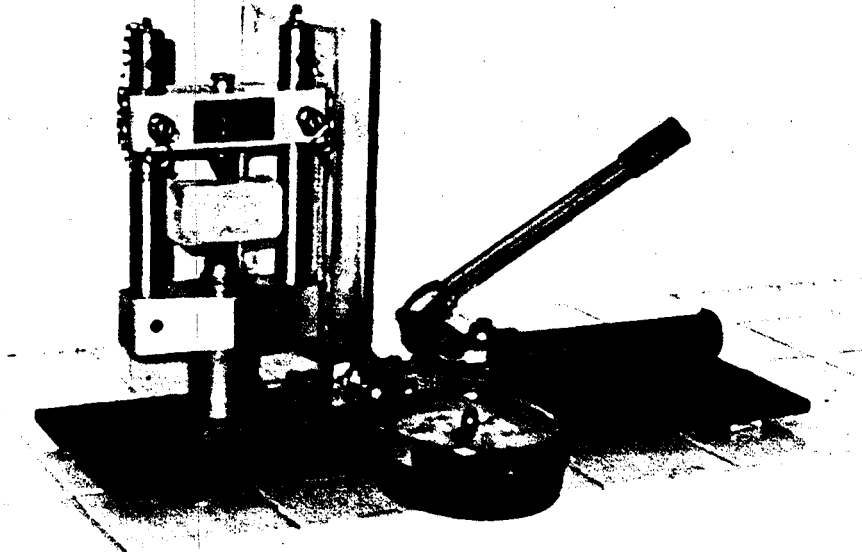
Nokta yükleme deneyi yapılırken numunelerin anizotropik olacağı düşünülerek, zayıflık düzlemine dik ve paralel doğrultularda yükleme yapılmalıdır. Paralel ve dik nokta yük indekslerinin oranına, anizotropi indeksi denilmektedir. Kayaç numuneleri dayanımına göre sınıflandırılırken, en yüksek dayanım değeri veren doğrultudaki dayanım değeri kullanılır.

Yapılan bu çalışmada Rabinson Research Laboratory marka ve 14.626 cm^2 piston alanlı nokta yükleme deney aleti kullanılmıştır (Şekil 5.5).

$$F = 14,426 \times P \quad (5.10)$$

$$I_s = \frac{F}{D^2} \quad (5.11)$$

$$\sigma_c = 22 \times I_s \quad (5.12)$$



Şekil 5.5. Nokta yükleme aleti

Çizelge 5.4. Nokta Yük deney sonuçları

Numune	Sayı	P	F(kg)	D (cm)	Is(kg/cm ²)	Ortalama Is	Ortalama σ_c (kg/cm ²)
Bakır	1	270	3895.02	4.70	158.96	135.76 ± 20.76	2986.72 ± 456.75
	2	270	2885.20	4.95	117.75		
	3	240	3462.24	4.70	156.73		
	4	200	2885.20	5.20	106.70		
	5	250	3606.50	5.10	138.66		
Pirit	1	40	577.04	5.15	21.76	23.56 ± 2.41	519.28 ± 53.28
	2	40	575.04	5.00	21.08		
	3	45	649.17	5.05	25.45		
	4	40	577.04	5.30	20.54		
	5	50	721.30	5.15	27.19		
Arjilit	1	40	577.04	4.90	24.03	24.95 ± 3.02	548.97 ± 66.59
	2	40	577.04	5.10	22.19		
	3	50	721.30	4.95	29.43		
	4	45	649.17	4.80	28.17		
	5	45	649.17	5.10	24.96		
	6	40	577.04	5.25	20.94		
Diabaz	1	240	3462.24	5.09	133.64	145.19 ± 22.54	3194.42 ± 766.32
	2	210	3029.46	5.14	114.66		
	3	270	3895.02	4.75	172.63		
	4	250	3606.50	4.75	159.84		
Silisli Diabaz	1	290	4183.54	4.90	174.24	181.61 ± 34.83	3995.42 ± 766.32
	2	270	3895.02	5.20	144.04		
	3	250	3666.50	4.98	145.42		
	4	370	5337.62	4.90	222.31		
	5	340	4904.84	4.70	222.04		
Sert Diabaz	1	190	2740.94	5.00	109.64	123.97 ± 9.24	2727.38 ± 203.36
	2	190	2740.94	4.70	124.08		
	3	210	3029.46	4.90	126.17		
	4	190	2760.94	4.75	121.48		
	5	240	3462.24	5.00	138.49		
Altere Diabaz	1	100	1442.60	5.30	57.70	49.35 ± 4.93	1085.61 ± 208.65
	2	90	1298.34	5.05	50.91		
	3	80	1154.08	5.20	42.68		
	4	70	1009.82	4.50	47.72		
	5	70	1009.82	4.60	47.72		

6.2.4. İndirekt Çekme (Brazilian) deneyleri

3.1 cm. çapında ve boyunda numuneler, pres altında çapsal olarak yüklenmiştir. Deney yapılan Alşa marka hidrolik pres Şekil 5.6'da görülmektedir. Numunelerin çekme dayanımları (5.13) no'lu bağıntıdan hesaplanır.

$$\sigma_T = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot L} \quad (5.13)$$

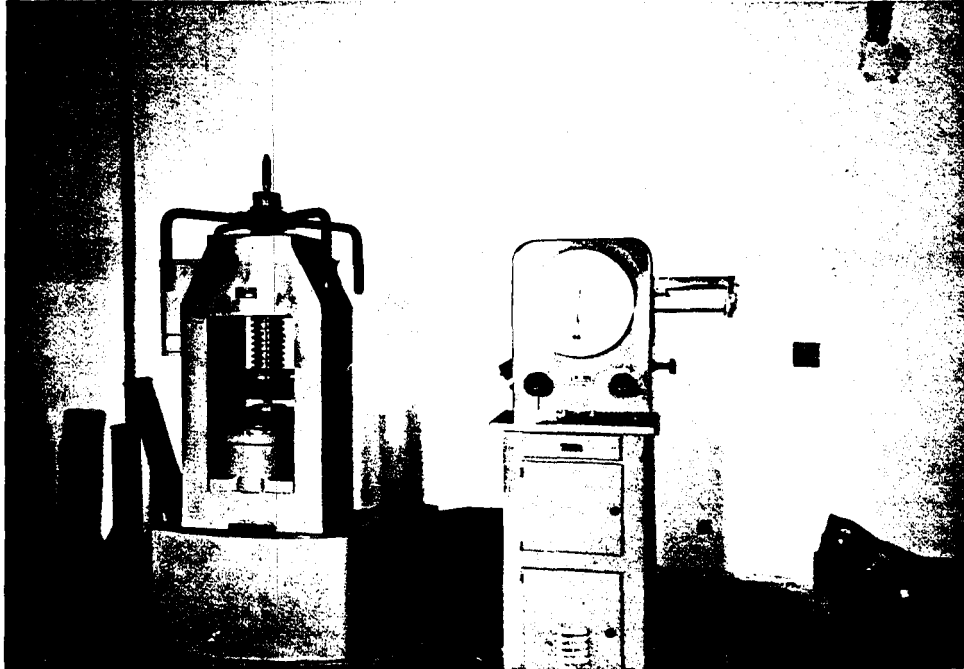
σ_T = Çekme dayanımı, (kg/cm²)

P = Kırılma yükü, (kg)

D = Karot (numune) çapı, (cm)

L = Karot boyu, (cm)

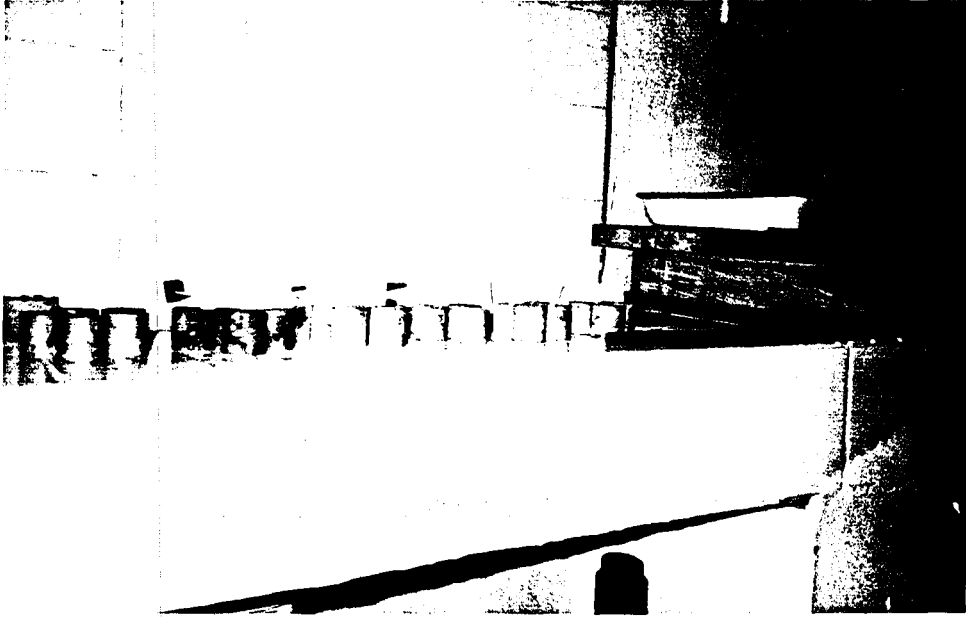
Piritten alınan karotlar pres altında değer alınmadan dağıldı. Altare diabazdan ise karot makinasında karot almak mümkün olmadı.



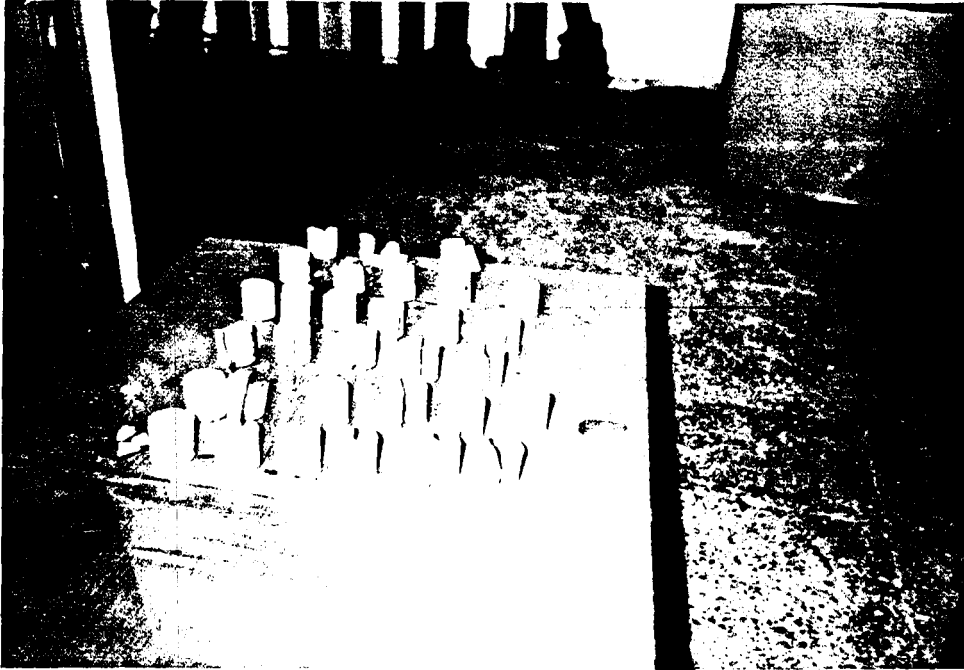
Şekil 5.6. Alşa marka hidrolik pres

Çizelge 5.5. Çekme dayanımı deney sonuçları

Numune Cinsi	Deney No	Numune Çapı (cm)	Numune Boyu (cm)	P (kg)	Çekme Dayanımı (kg/cm ²)	Ortalama Çekme Dayanımı (kg/cm ²)
Bakır	1	3.1	3.1	1800	119.24	96.38 ± 16.7
	2	3.1	3.1	1500	99.36	
	3	3.1	3.1	1625	107.65	
	4	3.1	3.1	1100	72.87	
	5	3.1	3.1	1650	109.30	
	6	3.1	3.1	1250	82.81	
Sert Diabaz	1	3.1	3.1	875	57.96	67.07 ± 9.54
	2	3.1	3.1	925	61.27	
	3	3.1	3.1	1250	82.80	
	4	3.1	3.1	1000	66.25	
Silisli Diabaz	1	3.1	3.1	2450	162.30	157.74 ± 22.41
	2	3.1	3.1	2825	187.14	
	3	3.1	3.1	1875	124.21	
	4	3.1	3.1	2375	157.33	
Diabaz	1	3.1	3.1	875	57.96	59.28 ± 9.79
	2	3.1	3.1	625	41.40	
	3	3.1	3.1	1000	66.24	
	4	3.1	3.1	1050	69.56	
	5	3.1	3.1	925	61.27	
Anjilit	1	3.1	3.1	300	19.87	20.94 ± 3.08
	2	3.1	3.1	375	26.84	
	3	3.1	3.1	340	22.52	
	4	3.1	3.1	250	16.56	



Şekil 5.7. Çekme dayanım deneyi için hazırlanmış numuneler



Şekil 5.8. Çekme dayanımı deneyinden sonra numuneler

5.2.5. Darbe dayanım deneyleri

Bu deney ilk olarak Rus Araştırmacı Protodyakonov tarafından geliştirilmiş, daha sonra Evans tarafından geliştirilerek İngiltere'deki kömür damarlarının sınıflandırılmasında kullanılmıştır. Evans'ın geliştirdiği bu deney aleti i çapı 4.45 cm. bir silindirle, dış çapı 4.29 cm. ve ağırlığı 1.8 kg. olan bir silindirik ekiten ibarettir (şekil 5.9).



şekil 5.9. Darbe dayanım deney aleti ve elekler

Deneyde alınan numuneler çekiçle kırılmakta 9.5 mm. altı ve 3.2 mm. st tane boyutundaki numuneler ile deney yapılmaktadır. Deneylerde 100'er gramlık numuneler kullanılmaktadır. Numune içi boş silindire yerleştirilmekte ve 1,8 kg. ağırlığındaki eki 30.5 cm. yüksekliktedir. 20 defa numune üzerine düşürülmektedir. Bu durumdaki numune 3.2 mm'lik elekte tekrar elenmekte ve 3.2 mm'lik elek üstü miktarı darbe dayanım değeri olarak tanımlanmaktadır (ESKİKAYA, 1975).

Bu özellikteki deney aletinde deneyler yapılmış ve sonuçlar izelge 6.6'ya çıkarılmıştır.

5.2.6. Cerchar sertlik deneyleri

Bu deney ilk olarak Fransız kömür araştırma Kurumu'nda (CERCHAR) geliştirmiştir. Bu kurum, tarafından geliştirilen sertlik deneyinden 99° tepe açısına sahip 8 mm. genişliğinde

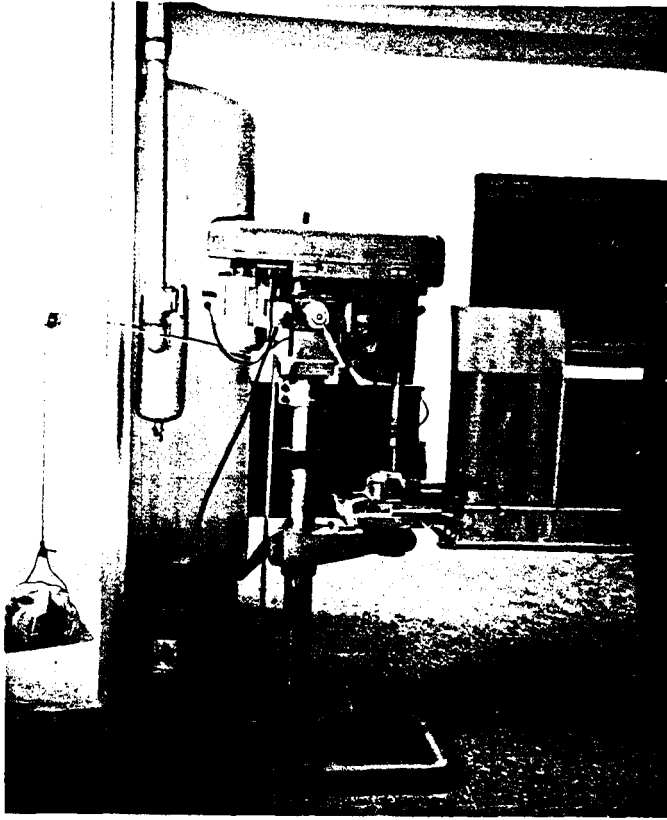
tungsten karbiden yapılmış matkap ucu, 20 kg. yük altında ve 190 dev/dak'lık hızla kayaç numunesi üzerinde döndürülmektedir. 5 mm. delik delmek için gerekli süre saniye olarak Cerchar sertliğini vermektedir (BERCHER, LEMMES, SHOMMER, 1984).

Çizelge 5.6. Darbe dayanım deney sonuçları

Kayaç	No	Darbe	Ortalama	Kayaç	No	Darbe	Ortalama
Bakır	1	75.5	76.1 ± 2.2	Pirit	1	42.0	44.1 ± 1.85
	2	79.5			2	45.5	
	3	77.5			3	43.0	
	4	75.0			4	47.0	
	5	73.0			5	43.0	
Diabaz	1	86.5	86.6 ± 1.53	Sert Diabaz	1	92.0	91.2 ± 0.75
	2	85.0			2	92.0	
	3	87.5			3	91.0	
	4	85.0			4	90.0	
	5	89.0			5	75.0	
Arjilit	1	80.0	79.8 ± 2.13	Silisli Diabaz	1	77.0	77.1 ± 1.50
	2	78.0			2	78.5	
	3	83.0			3	79.0	
	4	77.0			4	76.0	
	5	81.0			5		
Altere Diabaz	1	83.0	83.7 ± 1.08				
	2	83.0					
	3	82.5					
	4	85.0					
	5	85.0					

Numunelerde tabakalanma varsa deneyler tabakalanma düzlemine dik ve paralel doğrultularda yapılmaktadır. Bu deneyde nokta yük deneyinde kullanılan numuneler kullanılmıştır.

Bu çalışmada bir sütun matkap ve DIN 8039 normunda kolay bulunabilen uçlar kullanılmıştır. Matkap hızı 500 dev/dak., uca etkiyen yük 20 kg'dır. Deneylerde 1 cm'yi delmek için geçen süre saniye olarak saptanmıştır. Bu uçlar ve bu makineyle yapılan çalışmaların sonuçlarının yukarıda bahsedilen uçlar ve makineyle yapılan çalışmaların sonuçlarına 1 cm. delik delmek için süre bakımından paralel olduğu daha önce yapılan bir çalışmayla ortaya konmuştur (CERMAN, 1988). Deneylerde her bir deneme için yeni uç kullanılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 5.7'de gösterilmiştir. Deneylerde bakır ve silisli diabazı delmek mümkün olmamıştır.



Şekil 5.10. CERCHAR sertlik deneyi aleti

Çizelge 5.7. Cerchar sertlik deneyi sonuçları

Kayaç	No	Delme Süresi	Ortalama
Bakır		Delinmedi	
Silifli Diabaz		Delinmedi	
Pirit	1	10 sn.	10.6 ± 0.8
	2	11 sn.	
	3	10 sn.	
	4	10 sn.	
	5	12 sn.	
Diabaz	1	23 dak.	26.8±3.56
	2	23 dak.	
	3	30 dak.	
	4	28 dak.	
	5	30 dak.	
Sert diabaz	1	25 dak.	27.8±1.92
	2	28 dak.	
	3	29 dak.	
	4	30 dak.	
	5	27 dak.	
Arjilit	1	13 sn.	14 ± 0.89
	2	13 sn.	
	3	15 sn.	
	4	14 sn.	
	5	15 sn.	
Altere Diabaz	1	30 sn.	33.2 ± 3.05
	2	35 sn.	
	3	38 sn.	
	4	30 sn.	
	5	33 sn.	

5.2.7. Cerchar aşındırıcılık deneyleri

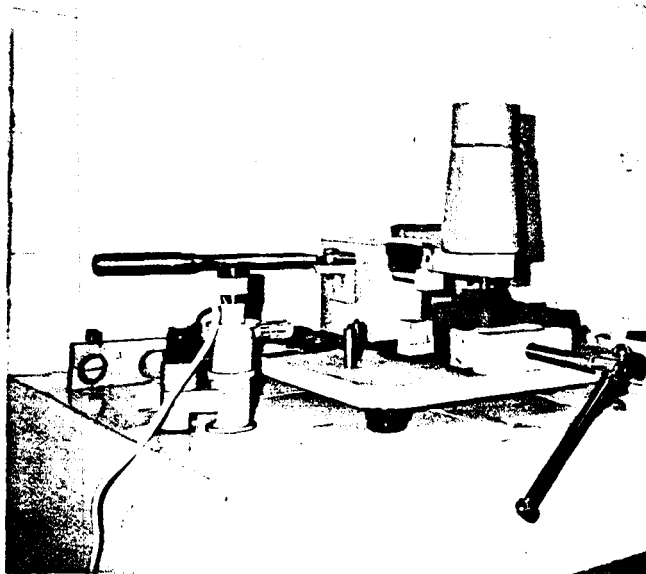
Cerchar aşındırıcılık deneyi mekanize kazı ve delmede kayaçların aşındırıcılığını tahmin etmek için kullanılır. Deneyde 90° tepe açılı ve 200 kg/mm² dayanımlı çelikten yapılmış konik uçlar kullanılır (WEST, 1988).

Uç 7 kg. yük altında kayaç numunesi üzerinde 10 mm. hareket ettirilir ve uçta meydana gelen körlenme çapı mikroskop altında ölçülür. Ölçülen her 0.1 mm'lik körlenme çapı 1 Cerchar aşındırıcılık birimidir. Deneydeki sonuçlar Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan uçlar ELİ Müessesesi atelyelerinde istenilen sivriliğe getirilmiştir.

Çizelge 5.8. Cerchar Aşındırıcılık Deneyi Sonuçları

Kayaç	Cerchar Aşındırıcılık
Bakır	1.5
Pirit	Aşındırmadı
Silisli Diabaz	3
Sert Diabaz	2
Arjilit	Aşındırmadı
Diabaz	2
Altere Diabaz	1



Şekil 5.11. Cerchar aşındırıcılık aleti (sağda) ve aşındırıcılık tesbit aleti (solda)

6. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

6.1. Deney Sonuçları

Etibank Küre Bakırlı Pirit işletmesinden alınan örnekler üzerinde şu deneyler yapılmıştır. Schmidt Çekici, Koni Delici (Is), Nokta Yük (Is), Çekme Dayanımı, Yoğunluk ve Darbe Dayanım Deneyleridir. Deneyler ve sonuçları Çizelge 6.1'de toplu halde gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Deney sonuçlarının toplu halde gösterimi

Kayaç Adı	DENEYLER					
	X ₁ Schmidt	X ₂ Koni Is	X ₃ Nok. Yük. Is	X ₄ Çek. Day. (kg/cm ²)	X ₅ Yoğ. (gr/cm ³)	X ₆ Darbe Dayanımı
Diabaz	60.5	10.98	145.19	59.28	3.46	86.6
Arjilit	53.5	1.21	24.95	20.94	2.07	79.8
Bakır	67.25	12.37	135.76	96.38	5.13	76.1
Pirit	25.62	-	23.56	-	5.34	44.1
Altere Diabaz	51.38	6.035	49.35	-	2.64	83.7
Silisli Diabaz	78.50	15.37	181.61	157.7	4.87	77.1
Sert Diabaz	59.13	13.21	123.97	67.07	3.42	91.2

6.2. Fonksiyonel İlişkilerin Araştırılması

6.2.1. Delme hızı ile deney sonuçları arasında doğrusal ilişkiler

Delme hızı (Y) ile deney sonuçları (Xi) arasındaki doğrusal fonksiyonel ilişkiler "en küçük kareler yöntemi" temelinde hazırlanmış regresyon-korelasyon analizi bilgisayar paket programı ile araştırılmıştır. Deneylerde ele alınan ortak kayaç sayısı 5 olduğundan, ilişkilerin anlamlılığı T-Student testi ile araştırılmıştır. Çizelge 6.2'de yapılan regresyon-korelasyon analizi ve T testi sonuçları verilmiştir.

Regresyon-Korelasyon analizlerinde bağımlı değişken (Y) delme hızı olup, bağımsız değişkenlerin simgelerinin anlamları aşağıdaki gibidir.

- X₁ : Schmidt çekici değeri
- X₂ : Koni Delici (Is) değeri
- X₃ : Nokta Yük (Is) değeri
- X₄ : Çekme dayanımı (kg/cm²)
- X₅ : Yoğunluk (gr/cm³)
- X₆ : Darbe dayanım değeri

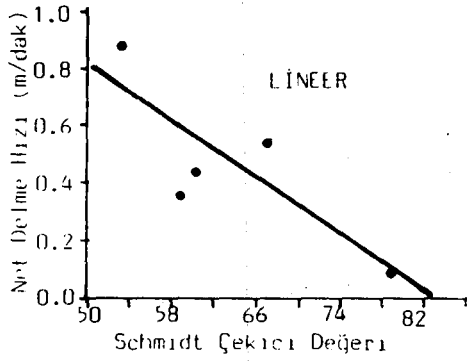
Çizelge 6.2. Doğrusal-Korelasyon Regresyon analizi

Değişkenler		Regresyon Katsayıları		Belirlilik Katsayısı (r^2)	Standart Hata (Sy)	T Testi	
Bağımlı	Bağımsız	a	b			Th	Sonuç
Y	X_1	2.00334	-0.02411	0.6612	0.1478	2.420	Anlamlı
Y	X_2	0.97433	-0.04738	0.8773	0.0889	4.632	Anlamlı
Y	X_3	1.0154	-0.00449	0.858	0.0957	4.257	Anlamlı
Y	X_4	0.85204	-0.00481	0.7458	0.128	2.967	Anlamlı
Y	X_5	1.05833	-0.15629	0.4673	0.1853	1.622	Anlamsız
Y	X_6	0.75847	-0.00356	0.0067	0.2531	0.142	Anlamsız

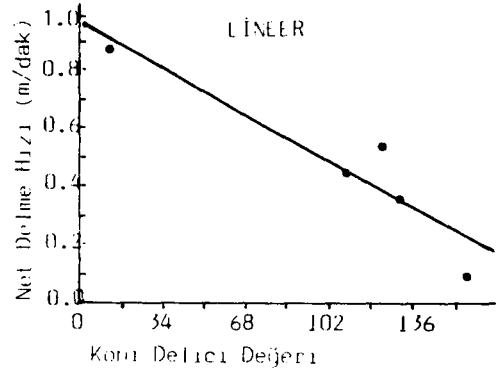
T testinde, güvenilirlik seviyesi $\alpha = 0.95$ alınmış ve serbestlik derecesi $f=n-2=5-2=3$ 'dür. Burada n, regresyon, korelasyon analizinde ele alınan kayaçların (diabaz, arjilit, bakır, silisli diabaz ve sert diabaz) toplam sayısını göstermektedir. Çizelge 6.2'de görülen Th değerleri ise aşağıdaki ilişki ile hesaplanır (GÜRTAN, 1982).

$$Th = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

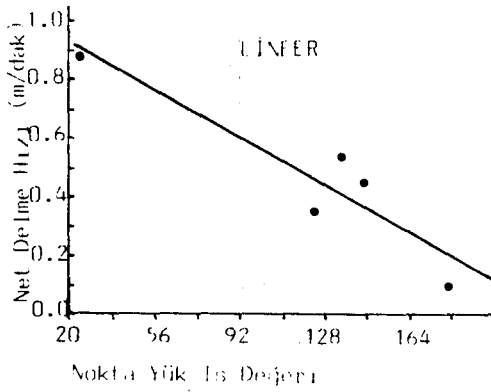
Teorik olarak T ile hesaplanan Th değerleri arasındaki farklara bağlı olarak da ilişkilerin anlamlılığı konusunda karar verilmiş olup, $Th \geq T\alpha$ durumunda ilişki anlamlı, $Th \leq T\alpha$ durumunda anlamsız kabul edilmiştir. Çizelge 6.2'den de görüleceği gibi, delme hızı (Y) ile Schmidt Çekici değeri (X_1), Koni Delici Is değeri (X_2), Nokta Yük Is (X_3) ve Çekme Dayanımı (X_4) arasında anlamlı doğrusal ilişkiler elde edilmiştir.



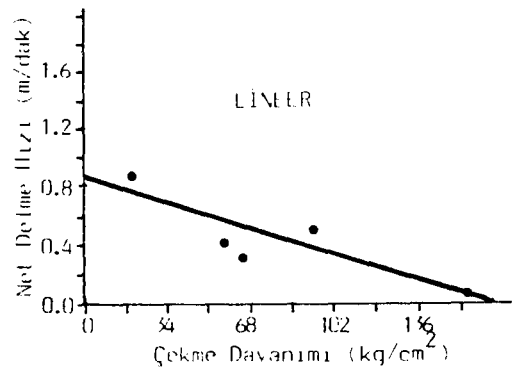
Şekil 6.1. Delme hızı, Schmidt Çekici değeri ilişkisi



Şekil 6.2. Delme hızı, Koni Delici ilişkisi

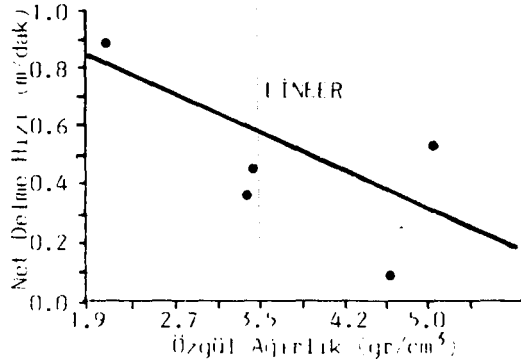


Şekil 6.3. Delme hızı, Nokta Yük Is değeri ilişkisi

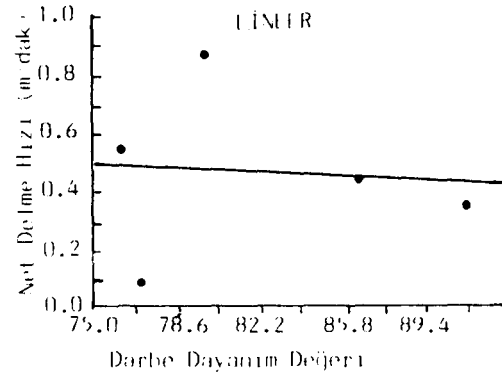


Şekil 6.4. Delme hızı, Çekme Dayanımı ilişkisi

Delme hızı (Y) ile yoğunluk (X_5) ve Darbe dayanımı (X_6) arasında ise anlamlı ilişkiler elde edilememiştir.



Şekil 6.5. Delme hızı yoğunluk ilişkisi



Şekil 6.6. Delme hızı darbe dayanım ilişkisi

Bu durumda delme hızını Schmidt Çekici değeri, Koni delici Is, Nokta Yük Is dolayısıyla basınç dayanımını ve Çekme Dayanımının etkilediğini söylemek mümkündür. Bu arada Schmidt Çekici Değeri, Koni Delici Is, Nokta Yük Is ve Çekme Dayanımı artarken, delme hızı da azalmaktadır.

6.2.2. Delme hızı ile deney sonuçları arasında çoklu ilişkiler

Delme hızı (Y) ile deney sonuçları (X_i) arasında çoklu fonksiyonel ilişkiler de "en küçük kareler yöntemi" temelinde hazırlanmış çoklu regresyon-korelasyon analizi bilgisayar paket programı ile araştırılmıştır. Çoklu regresyon denklemlerindeki parametre sayısı 2'den fazla olduğundan, ilişkilerin anlamlılığı F testi ile kontrol edilmiştir.

Çoklu regresyon ve korelasyon analizlerinde Diabaz, Arjilit, Bakır, Silisli Diabaz ve Sert Diabaz, Pirit ve Altere Diabaz olmak üzere 7 kayaç için elde edilen deney sonuçları kullanılmıştır (Çizelge 6.1). F testi sırasında ise paydanın serbestlik derecesi olan

$$f_2 = n - k$$

ilişkisi ile hesaplanmaktadır. Burada n örnek sayısı k ise regresyon denklemindeki parametre sayısıdır.

6.2.2.1. Çoklu regresyon korelasyon analizi ve F testi

Aşağıda, delme hızı (Y) ile, çeşitli deneyler (Xi) arasında elde edilen çoklu regresyon denklemleri ve bunlar için yapılan F testlerin sonuçları sıra ile verilmiştir:

$$a) \quad Y = 0,98678 - 0,02778 X_2 - 0,00092 X_3 - 0,00137 X_4$$

$$r^2 = 0,90307 \quad S_y = 0,07905$$

F testi hipotezleri

$$H_0 : R^2 = 0$$

$$H_1 : R^2 \neq 0$$

olup,

Güvenilirlik seviyesi = 0,95

Örnek sayısı $n = 5$ (Pirit ve Altere Diabaz hariç)

Parametre sayısı $k = 4$

dur. Bu durumda;

Payın serbestlik derecesi : $f_1 = k-1 = 4-1 = 3$

Paydanın serbestlik derecesi : $f_2 = n-k = 5-4 = 1$

$F_{\alpha} = 216$ değeri bulunmuştur.

Gerçekleşen ve regresyon denklemi ile hesaplanan teorik delme hızları

<u>Y</u>	<u>Y'</u>
0,45	0,4668
0,88	0,9014
0,54	0,3858
0,10	0,1622
0,36	0,4137

$$\Sigma = 2,33$$

$$\bar{Y} = 0,466$$

dir. Değişkenlik kaynakları;

Açıklanan	Σ	$(Y' - \bar{Y})^2$
Açıklanmayan	Σ	$(Y - Y')^2$
Toplam	Σ	$(Y - \bar{Y})^2$

dir. Değişkenliklerin hesaplanmasından sonra, serbestlik derecesine bağlı olarak varyans tahminleri yapılabilir (GÜRTAN, 1982). Bu varyans tahminleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Çizelge 6.3. Varyans tahmini (X_2, X_3, X_4)

Değişkenliğin Kaynağı	Değişkenlik Miktarı	Serbestlik Derecesi	Varyans Tahmini
Açıklanan	0.29104	$f_1 = k - 1 = 4 - 1 = 3$	$\hat{\sigma}^2 y' - \bar{y} = 0.09701$
Açıklanmayan	0.03127	$f_2 = n - k = 5 - 4 = 1$	$\hat{\sigma}^2 y - y' = 0.03127$
TOPLAM	0.32231	$n - 1 = 5 - 4 = 4$	$\hat{\sigma}^2 y - \bar{y} = 0.08058$

Varyans tahminlerinden yararlanılan aşağıdaki eşitlikte teorik F_h değeri hesaplanabilir (GÜRTAN, 1982).

$$F_h = \frac{\hat{\sigma}^2 y' - y}{\hat{\sigma}^2 y - y'}$$

$$F_h = \frac{0,09701}{0,03127}$$

$$F_h = 3,1023$$

Bu durumda,

$$F_h = 3,1023 < F_{\alpha} = 216$$

dır. Bu durumda ilişkinin anlamsız olduğuna karar verilebilir.

$$\text{b) } Y = 1.176531 - 0,0022523 X_1 - 0,00452092 X_3$$

$$r^2 = 0,91788 \quad S_y = 0,08884$$

F testi hipotezleri

$$H_0 : R^2 = 0$$

$$H_1 : R^2 \neq 0$$

olup,

$$\text{Güvenirlilik seviyesi} = 0,95$$

Örnek sayısı ($n=7$) Bütün formasyonlar için

Parametre sayısı $k = 3$

dür. Bu durumda;

Payın serbestlik derecesi : $f_1 = k-1 = 3-1 = 2$

Paydanın serbestlik derecesi : $f_2 = n-k = 7-3 = 4$

F_{α} tablodan 6,94 değeri bulunur (GÜRTAN, 1983).

Gerçekleşen ve regresyon ile elde edilen teorik delme hızları

	Y	Y'
Diabaz	0.45	0.384
Arjilit	0.88	0.943
Bakır	0.54	0.411
Pirit	0.99	1.012
Altere Diabaz	0.93	0.838
Diabaz Silisli	0.10	0.179
Diabaz Sert	0.36	0.483

$$\Sigma Y = 4.25$$

$$\bar{Y} = 0.607$$

dir. Değişkenlik kaynakları

$$\text{Açıklanan} : \Sigma (\bar{Y}' - Y)^2$$

$$\text{Açıklanmayan} : \Sigma (Y - Y')^2$$

$$\text{Toplam} : \Sigma (Y - \bar{Y})^2$$

Değişkenliğin hesaplanmasından sonra varyans tahminleri Çizelge 6.4'de çıkarılmıştır.

Çizelge 6.4. Varyans tahmini (X_1, X_3)

Değişkenliğin Kaynağı	Değişkenlik Miktarı	Serbestlik Derecesi	Varyans Tahmini
Açıklanan	0.616987	$f_1 = k-1 = 3-1 = 2$	$\hat{\sigma}^2_{y'-\bar{y}} = 0.30849$
Açıklanmayan	0.05528	$f_2 = n-k = 7-3 = 4$	$\hat{\sigma}^2_{y-y'} = 0.02382$
TOPLAM	0.672743	$n-1 = 7-1 = 6$	$\hat{\sigma}^2_{y-\bar{y}} = 0.112124$

$$\hat{\sigma}^2 y' - \bar{y} = \frac{0,616987}{2} = 0,30849$$

$$\hat{\sigma}^2 y - y' = \frac{0,05528}{4} = 0,01382$$

$$\hat{\sigma}^2 y - \bar{y} = \frac{0,08058}{6} = 0,112124$$

$$F_h = \frac{\hat{\sigma}^2 y' - \bar{y}}{\hat{\sigma}^2 y - y'}$$

$$F_h = \frac{0,30849}{0,01382}$$

$$F_h = 22,322$$

$F_h > F_{\alpha}$ olduğundan ilişkinin anlamlı olduğuna karar verilebilir.

$$c) Y = 1,179251 - 0,002171472 X_1 - 0,0045289 X_3 - 0,000084624 X_6$$

$$r = 0,91788 \quad S_y = 0,08883$$

F testi hipotezleri

$$H_0 : R^2 = 0$$

$$H_1 : R^2 \neq 0$$

olup,

Güvenirlilik seviyesi : 0,95

Örnek sayısı : (n=7)

Bütün formasyonlar için

Parametre sayısı : k = 4

dür. Bu durumda

Payın serbestlik derecesi : $f_1 = k-1 = 4-1 = 3$

Payın serbestlik derecesi : $F_2 = n-k = 7-4 = 3$

F_{α} tablodan 19,2 değeri bulunur (GÜRTAN, 1983).

Gerçekleşen ve regresyon denklemi ile elde edilen teorik delme hızları

Y	Y'
0.45	0.383
0.88	0.943
0.54	0.412
0.99	1.013
0.93	0.837
0.10	0.180
0.36	0.482

$$\Sigma Y = 4.25$$

$$\bar{Y} = 0.607$$

dir. Değişiklik kaynakları

$$\text{Açıklanan} : \Sigma (Y' - \bar{Y})^2$$

$$\text{Açıklanmayan} : \Sigma (Y - Y')^2$$

$$\text{Toplam} : \Sigma (Y - \bar{Y})^2$$

Değişkenlerin hesaplanmasından sonra varyans tahminleri Çizelge 6.5'e çıkarılmıştır.

Çizelge 6.5. Varyans tahmini (X_1, X_3, X_6)

Değişkenliğin Kaynağı	Değişkenlik Miktarı	Serbestlik Derecesi	Varyans Tahmini
Açıklanan	0.616398	$f_1 = k - 1 = 4 - 1 = 3$	$\hat{\sigma}^2_{y' - \bar{y}} = 0.20466$
Açıklanmayan	0.055304	$f_2 = n - k = 7 - 4 = 3$	$\hat{\sigma}^2_{y - y'} = 0.01834$
TOPLAM	0.672743	$n - 1 = 7 - 1 = 6$	$\hat{\sigma}^2_{y - \bar{y}} = 0.11214$

$$\hat{\sigma}^2_{y' - \bar{y}} = \frac{0,616398}{3}$$

$$\hat{\sigma}^2_{y - y'} = \frac{0,055304}{3}$$

$$\hat{\sigma}^2_{y - \bar{y}} = \frac{0,672743}{6}$$

$$F_h = \frac{\hat{\sigma}^2_{y' - \bar{y}}}{\hat{\sigma}^2_{y - y'}}$$

$$F_h = \frac{0,20466}{0,01834}$$

$$F_h = \frac{0,20466}{0,01834}$$

$$F_h = 19,2$$

$F_h < F_{\alpha}$ olduğundan ilişkinin anlamsız olduğuna karar verilebilir.

$$d) Y = 1.423413 - 0,00713056 X_1 - 0,0132447 X_2 - 0,002799415 X_3$$

$$r^2 = 0,903907$$

$$S_y = 0,07905$$

F testi hipotezi

$$H_0 : R^2 = 0$$

$$H_1 : R^2 \neq 0$$

olup,

Güvenirlilik seviyesi : 0,95

Örnek sayısı : (n = 6) Pirit hariç

Parametre sayısı : k = 4

Y	Y'
0.45	0.440
0.88	0.956
0.54	0.400
0.93	0.839
0.10	0.145
0.36	0.479

$$\Sigma Y = 3.26$$

$$\bar{Y} = 0.54$$

dir. Değişkenlik kaynakları

$$\text{Açıklanan} : \Sigma (Y' - \bar{Y})^2$$

$$\text{Açıklanmayan} : \Sigma (Y - Y')^2$$

$$\text{Toplam} : \Sigma (Y - \bar{Y})^2$$

Çizelge 6.6. Varyans tahmini (X_1, X_2, X_3)

Değişkenliğin Kaynağı	Değişkenlik Miktarı	Serbestlik Derecesi	Varyans Tahmini
Açıklanan	0.4518	$f_1 = k - 1 = 4 - 1 = 3$	$\hat{\sigma}^2 y' - \bar{y} = 0.15060$
Açıklanmayan	0.0499	$f_2 = n - k = 6 - 4 = 2$	$\hat{\sigma}^2 y - y' = 0.02492$
TOPLAM	0.5017	$n - 1 = 6 - 1 = 5$	$\hat{\sigma}^2 y' - \bar{y} = 0.10034$

$$\hat{\sigma}^2 y' - \bar{y} = \frac{0,4518}{3} = 0,15060$$

$$\hat{\sigma}^2 y - y' = \frac{0,0499}{2} = 0,02492$$

$$\hat{\sigma}^2 y - \bar{y} = \frac{0.5017}{5} = 0.10034$$

$$F_h = \frac{\hat{\sigma}^2 y' - \bar{y}}{\hat{\sigma}^2 y - y'}$$

$$F_h = \frac{0,15060}{0,10034}$$

$$F_h = 1,5$$

$F_h < F_{\alpha}$ ilişki anlamsız.

$F_{\alpha} = 19,2$. Çizelgeden.

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Etibank Küre Piritli Bakır İşletmesi Açık Ocağında, yerinde ve alınan numuneler üzerinde laboratuvarda yapılan deneylerle kayaçların jeomekanik özellikleri incelenmiştir. Ancak bazı kayaçlardan karot numune almak mümkün olmadığından bu numuneler üzerinde deney yapılamamıştır.

Aynı zamanda değişik formasyonlarda delici makinanın delme hızları saptanmıştır.

Deneysel verilerin T testi ile incelenmesi sonucu; Schmidt Çekici, Koni (Is), Nokta Yük (Is) ve Çekme Dayanımı değerleri ile Delme Hızı arasındaki lineer ilişki olduğu anlaşılmıştır. Buna karşın Yoğunluk ve Darbe Dayanım İndeksi ile Delme Hızı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Çoklu Regrasyon - Korelasyon analizleri ve F testleri yapılmış, Schmidt Çekici ve Nokta Yük (Is) değerleri ile delme hızı arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu saptanmıştır.

Ölçülen delme hızı değerleri 0.99 m/dak. (Prit) ile 0.1 m/dak. (silisli diabaz) arasında değişim göstermektedir.

Çalışma sürecinde delici uçlara bileme işlemi yapılmadığı fakat, delici makinanın bakımına büyük bir özen gösterildiği görülmüştür.

Önemli bir husus da, delici makina seçiminde çok dikkatli olunması gereğidir. Formasyonların özellikleri ve yapılacak delme işlemi ile ilgili parametreler göz önünde bulundurulmadan yapılan makina seçimlerinde kullanım sırasında büyük güçlüklerle karşılaşıldığı veya makinenin hiç kullanılmadan devre dışı kaldığı izlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar termin planlarının hazırlanmasında yol gösterici bir görev yükleneceği gibi, kullanım sırasında ortaya çıkabilecek sorunların çözümlenmesinde yardımcı olabilecektir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Andrew, B., 1987, Five drilling methods offer choices for coal Exploration, Coal Age 55-57 p.
- Atkins, B.C., 1982, Pollycrystalline drill bits, Quelliery Guardian, 461-467 p.
- Becher, H.Lemmes, F., Soümmer, M., 1984, Testing of rock mechanics as a basis for improved cutting technology, Glückauf+Trs No 8, 122-124 p.
- Bernaola, J., Pramirez, P., 1987, Penetration rate prediction in percussive drilling, International society for rock mechanics, 595-597 p.
- Brook, K.N., 1985, The equivalent core diameter method of size and shape correction in point load testing. Int.J.Rock. Mech.Min.Sci and Geomech.
- Bilgin, N., 1991, Maden İşletmelerinde kullanılan deliciler, çalışma şartları ve ekonomisi, İTÜ, ders notu.
- Bilgin, N., 1982, Zonguldak Kömür havzasında burgu davranışının etüdü, Doçentlik tezi.
- Bilgin N., 1989, İnşaat ve maden mühendisleri için uygulamalı kazı mekaniği, Birsen Yayınevi.
- Bilgin, N., 1985, The role of quality control in tungsten carbide production for mining industry, 29th. EQQL Conference, 1-7 p.
- Cerman, T., 1988, Investigation into the application of Cerchar hardness and abrasivity test in different rock formation of Amasra coalfield and Eyüp tunnel M.Sc. Thesis İTÜ.
- Chugh, C.P., 1985, Manuel of rock drillings technology, Rotterdam, 104-195 p.
- Clark, G.B., 1979, Principles of rock drilling, Colorado School of Mines.
- Eskikaya, S., 1975, Garp linyitleri işletmesi, Tunçbilek bölgesi ana linyit damarının kazı yeteneklerinin incelenmesi, Doçentlik tezi.
- Gürtan, K., 1982, İstatistik ve araştırma metotları. İstanbul Üniversitesi Yayını.
- Haramy, K.Y., De Marco, M.J., 1985, Use of Schmidt hammer for rock and coal testing, 26.US Symposium on rock mechanics, 549-555 p.
- Howarth, P.F., 1987, The effect of rock texture on drillability and mechanical rock properties, International congress on rock mechanics, Canada, 655-658 p.

KBİ (Karadeniz Bakır İşletmeleri) 1990 yılı çalışma raporu.

Özdoğan, M., 1986, Kayalarda delme ve patlatma, Madencilik dergisi, Eylül, 5-15 s.

Roberts, A., 1981, Applied Geotechnology 86-109 p.

Poole, R.W., Farmer, I.W., 1980, Consistency and repeability of Schmidt hammer rebound data during field testing, Int.J.Roc Mech.Sci. and Geomech. Vol. 17, 167-171 p.

Praillet, R., 1990, Rotary drilling and the four kingdoms, WME, September, 20-22 p.

Salminen, P., Vitala, R., 1985, Rock drillability study, Helsinki University of Technology Technical report.

Stimpson, B., Acott, C.P., 1983, Application of the NCB Cone indenter of strength Index testing of sedimentary rock from Western Canada Cong. Geotech.J., Vol. 20, 532-535 p.

Tamrock Manuel, 1988.

Tamrock Manuel, Surface mining drilling, 1983.

West, G., 1989, Rock abrasiveness testing for tunneling, Int.J.Rock Mech.Min.Sci and Geomech. Vol. 26, No 2, 151-160 p.