

# *Galeri Açma Makinalarının Seçimi İçin Kazılabilirliğin Saptanması*

The Machinability Tests in Selecting Tunnel Boring Machines.

Sina YAZICI (\*)

## ÖZET

Galeri açma makinaları, kazılacak formasyonların özelliklerine göre seçilmez ise kazı ekonomik olmaktan uzaklaşabilir. Bu amaçla pahalı ve karmaşık laboratuvar deneylerinin yanında basit test yöntemleri de geliştirilmiştir. Bu yöntemler kayaçların kasılabilirliklerine etkiyen dayanım, kırılabilirlik, aşındırıcılık ve süreksizlik özelliklerini irdelemek üzere tasarlanmıştır. Bu yazıda kazılabilirlik test yöntemleri, dayandırıldıkları kayaç özellikleri açısından sınıflandırılmış ve çok özel laboratuvar koşulları gerektirmeyen, arazide kolayca uygulanabilenler hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.

## ABSTRACT

The excavation may become uneconomic, if the tunnel boring machines are not selected or designed properly regarding rock formations. For this purpose besides expensive and complicated laboratory test procedures, simple test methods are also improved. These tests are based on the rock properties such as strength, brittleness, abrasivity and discontinuity which affect the tunnel boreability. In this paper, the machinability tests are classified according to rock properties and detailed information is given about the methods which do not require special laboratory conditions which can easily be applied at the field.

(\*) Maden Yük. Müh., İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İSTANBUL

## 1. GİRİŞ

Madencilikte cevhere ulaşmak için açılan galerilerin mekanize oldrak kazılması, yüzyılımızın başından beri önem kazanmış ve son 20 yılda umutlu ilerlemeler sağlanmıştır. Aynı şekilde inşaat sektöründe de özellikle, karayolları ve demiryolları tünellerinin açılması günümüzde mekanize duruma getirilmiştir.

Genelde mekanize kazı yapan makineler iki ana gruba ayrılır:

a) Tam cephe kazı yapan makineler (TCKM)

b) Kademeli kazı yapan makineler (KKYM).

Kademeli kazı yapan makineler manevra kabiliyetleri dolayısıyla madencilikte daha uyumluluk gösterirler. Tam cephe kazı yapan makineler ise daha çok inşaat sektöründe uygulama alanı bulurlar.

Mekanize tünel açma son yıllarda klasik delme ve ateşleme yöntemlerine göre daha fazla istenmektedir. Ancak yine de yayılmasını sınırlayan önemli sorunları vardır. Bunların arasında ilk yatırımın yüksek olması, sert kayalarda istenilen kazı hızına ulaşamaması, çok aşındırıcı kayalarda keski giderlerinin kazı harcamaları içinde büyük bir yer tutması bu sorunlar arasında sayılabilir. Eğer sistem, kazılacak formasyona göre seçilmez ya da dizayn edilmez ise kazı ekonomik olmaktan uzaklaşır (1). Bu nedenle kullanılacak makinayı seçmeden önce kayaların kazılabilirliğine etki eden etkenlerin araştırılması büyük önem taşır. Uygun bir seçim yapabilmek için pahalı laboratuvar deneylerinin yanı sıra ucuz, çabuk sonuç veren yöntemler de geliştirilmiştir.

Bu yazıda şimdiye kadar kullanılan test yöntemleri derlenmiş, kuramsal temelleri açıklanmış, çok özel laboratuvar koşulları gerektirmeyenler hakkında ayrıntılı bilgi verilmiş ve birbirlerine olan üstünlükleri tartışılmıştır.

## 2. KAZILABİLİRLİĞE ETKİ EDEN KAYAÇ ÖZELLİKLERİ

Kayaçların kazılabilirliğini çeşitli yönlerden tanımlamak olanaklıdır. Örneğin belli bir kesitte mekanize kazı yapılırken eşit hızda ilerleme elde etmek için daha küçük keski kuvvetleri gerektiren, diğer bir deyimle daha az makina gücü ve büyüklüğüne gereksinme gösteren kayaç daha kolay kazılabilir olarak tanımlanır. Benzer koşullarda daha hızlı ilerlenebilen, daha az keski aşınmasına neden olan kayaçlar da yine kolay kazılabilir olarak nitelendirilebilir.

Kayaçların kazılabilirliği ona etkiyen kayaç özelliklerine dayandırılarak belirlenir. Bunlardan başlıcaları, kayacın dayanım, kırılkanlık, aşındırıcılık ve süreksizlik özellikleridir.

### 2.1. Dayanım Özellikleri

Mekanize kazı makinelerinin keskinliğine gelen kuvvetler kazılan kayacın basınç dayanımı ile doğru orantılıdır (2). Yüksek keski kuvvetlerini yenmek için kazı makinası, itme kuvveti (kesme kafasını arına doğru iten kuvvet) ve dönme momenti büyük olarak dizayn edilir. Belli bir kesitte konabilecek makina gücü, büyüklüğü ve keski yataklarının hasar görmeden iletebileceği itme kuvveti teknik nedenlerle sınırlıdır. Bu nedenle sert kayalarda, genellikle kesme derinlikleri az olmakta ve ilerleme hızı buna bağlı olarak düşmektedir. Ayrıca sert kayalarda pik keskinler (kama tipi keski) kullanılamamakta diskler ve kabaralı keskinler (düğmeli keskinler) yeğlenmektedir. Bu keskinler piklere göre daha ince parçalama yaptıklarından kesilen birim kayaç miktarına daha fazla enerji harcıyarak pik keskinlere göre daha az ekonomik olmaktadır (3). Buna ek olarak, bu tür keskinlerin piklerden daha pahalı olduğunu göz önüne almak gerekir. Sonuç olarak kayacın sert olması bir çok sorunuda beraberinde getirerek kazılabilirliği güçleştirici bir etken olarak ortaya çıkar.

2Y2i^4«prffIPQz(©ilikiei^ »M Dbni>i>Dri  
-ob pniSDd rjnDİopYDX (ösosfidpsDİ niais

dugundgn Kirugqri kaya.çları,kazmaic;ıçln  
daha az enerjiye gereksinim auyiur tpj-  
Disk keski kullanan tam cephe kazaya<sup>1</sup>-  
pan ma kin» JIfISML i|m| Ji|v<sub>f</sub> tin|n,  
plastik bir kayaçda, diskin kayacı parça-  
\ëmas\e^00MÊM def#r<to#me^ii,^oju ile

### ?13. Aşındırıcılık Özellikleri" , , ,

dan birisi ^e<sub>1</sub>^ile<sub>fi</sub>ij<sub>ii</sub>gsk.^jd<sub>e</sub>i<sub>r</sub>9Ke<sub>o</sub>s<sub>r</sub>  
kilerin aks kirmaları, rulman bozulmaları  
yatak aşınmaları eskime nedenleridir. Fa  
kat bunların en önemlisi keski aşınması-  
dır. Aşınma başlıca kayaç ve keski yapı  
sına bağlı olarak gelişir (7,8). Kayacı  
aşındırıcılığ, aşındırıcı mineral miktarı  
tane büyüklüğü, çimentoianma gibi özel-  
liklere bağlıdır (7). Aşındırıcılığın artması  
ile birlikte keski harcamalarının fazlaş-  
ması ortaya çıkar. Ayrıca bunların değış-  
tirilmesine harcanan iş gücü ve zarar  
kayı da, kazıyı olumsuz yönde etkileyen  
etkenlerdir. Böylece aşındırıcılığ da ka-  
yacın kazılabilirliğini güçleştiren özellik-  
leri arasmdalışgyTtabUir^ . \_ <^

### 2,4. Süreksizlik Özellikleri ^ S ^

Kayaçlar arazide^eriefikle homojen  
ve izotrop değıHlerdi^özelliiklejnal^^  
mikro süreksizHkWr^erir4erT^akro^~şu;  
reksizfikier ofan fayîör^^farkn^ka^a^  
türlerinin kazı arınında bİrSaFada bulun-  
ması bir TCKWBS»Hİaaş|<feli dişrtemişlgrti  
kayaç içinde tutunmasını engeller. Ayrıca  
buralarda kazı kesitinin istenilenden faz-  
la büyümesi tavandan Ka^ç^foHfaltfi<sup>1</sup>  
düşmesi gibi zorlukları ortaya çıkarır (9).

tià»8fe^ç|ardp\Mm leffliftyfeJWin nsffiSîl^  
^Htöj^^ifeyB#\_caM@j|er|e3<sub>9</sub>|Sy^^I^ş|

*dmrtgimmzq^mvbîiPêêêB- ,iei} son üset*

>ilionıbnışD m ijiens M\BQC@ ,(02) ilası \\

3. KAZILABİLİRLİTtTIKVMIRfdBre^) tfset

-Dİ »LŞI|.m,9i|i|\_||^ö|||ŞM<sub>f</sub>ER

u8 ^WJşİM M^ş^DİIUŞO>! wvuimoa

-UQU 9bşi(T!9>flu şmipv Dbiüoep slnsben

mm, kırılganlık, aşındırıcılık. ye şureKSiz-  
lik özelliklerinden etkilenir. Kazılabilirlik  
tayin *yâmemi^^gg^rmjp* çfa.  
birkaçını irdelemek için düzenlenmişlerdir.  
Btfna #nte3W3pdËnD8bir fsıMrttömsıaaSdğıda  
vêrilmistêfe

"~â)" pdyariffrrT O© LİRrérirtî irdeleyen-''  
tg|tforSfe«P; %//M HOfàffftiWl

b) Kırılganlık Özelliğini irdeleyen  
test yöntemleri : Shore Skeleroskobu ile  
plastik sertlik testi (11), sarkaç skelero-  
metresi testi (Pendulum Sclşrometer Har-  
dness teslf~(l'2).

c) Aşındırıcılık Özelliğini irdeleyen  
test yöntemleri : Kayacın mineral içeriğii-  
nin saptanması yöntemi (1\$) (özellikle ku-  
vars içeriği), Kayaçların thne boyutunun  
saptanması! yöntemi (13), Kayaçların tane  
düzensizliğünün,saptanması ^yöntemi (13),  
©mentolanmanın saıtanması yöntemi  
Cementation Coefficient test) (11).

Y - d)"T3gyaı1ım ve kırılganlık özellikle-  
rini irdeleyen tesfj£gjjfep8leri : Sivri uç  
balmfıcf testi^iPHU^GÎr^Penetration test)  
/14),JSh^Ee^sİ3ftnğj testi, konik delici tes-  
K^darbe dayanım testi (13).

e) Dayanım, kırılganlık ve süreksiz-  
lik özelliklerini irdeleyen test yöntemleri :  
î S ^ l i a W b W ' ,KfiB@» kazılabilirlik  
tes1i|<sub>3</sub>tRf^|iq^|«)jltty test) (15), ye-  
rinde ka\$&ç«fd<iy#nttHkîradeksî testi (Stra-  
teF^gişp^frfaefr^e^Plie), darbeli delici  
testi (İmpaa<sup>19</sup>»fSio8eter test) (17).

f) Dayanım, kırılma, süreksizlik ve aşındırıcılık özelliklerini irdeleyen test yöntemleri : Cherchar testi (14), Hacksaw kazılabilirlik testi (Hacksaw Machinability test) (18), Spesifik enerji ve aşındırıcılık testi NCB (19), Laboratuvar spesifik enerji testi (20), Spesifik enerji ve aşındırıcılık testi (New Castle) (21).

Bu test yöntemlerinin çoğu özel laboratuvar koşulları gerektirmektedir. Bu nedenle aşağıda yalnız ülkemizde uygulanması olanaklı olabilecekler hakkında bilgi verilecektir.

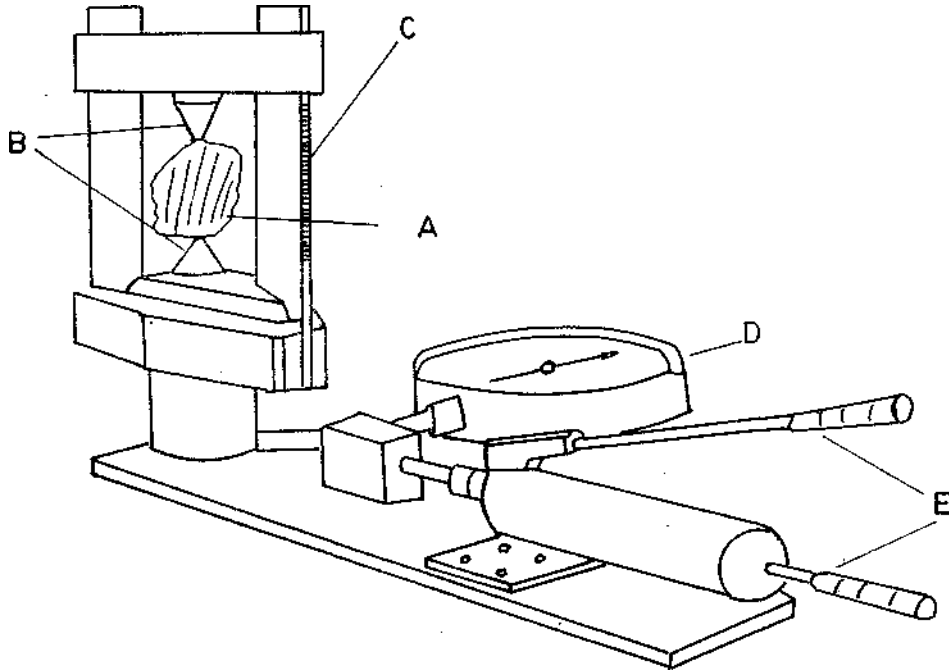
### 3.1. Basınç Dayanımı Testi

Kazılabilirliğin saptanmasında en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Deneylerin laboratuvarında yapıldığı bu testte silindirik örnekler (2.5 x 5 cm) hidrolik basınç deneyi presinde kırılır, kayacın dayanım değeri temel alınarak kazılabilirliği

hakkında fikir yürütülür. Örneğin, KKYM' sının kazabileceği kayaların basınç dayanımının üst sınırı 800-1000 kg/cm<sup>2</sup>, TCKM'lerinde ise 1800 kg/cm<sup>2</sup> olduğu görüşü yaygındır. (22). Bu test kayacın kazılabilirliğine etkiyen tek bir özelliğini irdelediği için genellikle bir çok yazar tarafından yetersiz olarak kabul edilmektedir (20,21). Ancak deneyin kolayca standartlaştırılabilmesi geçerliliğini arttırmaktadır.

### 3.2. Nokta Yük Dayanımı Testi

Basınç dayanımının bulunması oldukça uzun ve pahalı bir örnek hazırlama devresi gerektirir. Bu nedenle şekilsiz örneklerde uygulanabilen nokta yük dayanımı test geliştirilmiştir. Alet başlıca hidrolik bir el pompası ile sıkıştırılan iki konik başlıktan ve bir basınç ölçme manometresinden oluşur (Şekil 1).



Şekil 1. Nokta yük aleti (10) (Alet 73x50x23 cm- boyutlardadır).

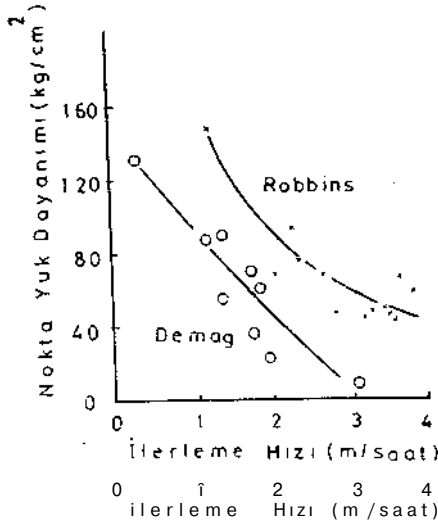
- A : Şekilsiz deney örneği
- B : Deney başlıkları
- C : Başlıklar arası uzaklığın ölçüldüğü milimetrik skala
- D : Manometre
- E : Hidrolik el pompası

Nokta yük dayanım değeri

$$I = \frac{P}{d^2} \text{ olarak tanımlanır (10).}$$

p : Kırılma anındaki yük değeri (kg)  
d : Başlıklar arasındaki uzaklık (cm)  
I : Nokta yük dayanımı (kg/cm<sup>2</sup>)

Nokta yük dayanımı testinin laboratuvar uygulaması yanında arazide de kolayca kullanılabilmesi, taşınabilir ve basit olması kazılabilirliğin saptanmasında sık sık ele alınmasını ortaya çıkarmıştır.



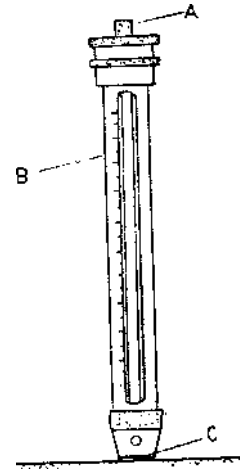
Şekil 2. Nokta yük dayanımı ile TCKM'smm ilerleme hızının ilişkisi-  
(o : Demag tvm üçlü diskli, 34-38, 3,5 m. çaplı tünel açımı,  
X: Robins tek diskli 123-133, 3,5 m. çaplı tünel açımı) (23)

Yüksek değerlerdeki dayanımlar, güç kazılabilirliğe eşdeğer olmakta, I değeri ile kazı makinasının ilerleme hızı saptanabilmektedir. (Şekil 2) (23,24).

### 3.3. Shore Sertliği Testi

Shore sertliği. Shore Skeleroskopu (Şekil 3) ile bulunan bir indeks değeridir. Belli ağırlığa sahip elmas ya da sertleştirilmiş metalden yapılmış uca sahip bir çubuk, sabit bir yükseklikten örnek (numune) üzerine düşürülür. Yüzeyde küçük bir deformasyon oluşturarak örneğin ya

pısına göre enerjisinin bir kısmını kayıp ederek zıplar. Ancak yer çekiminin etkisi ile yeniden düşmesi engellendiğinden sıkışır ve durur. Ucu zıplama uzaklığı 100 bölümlü bir kadranda okunur. Bu değer shore sertliği olarak kabul edilir. Uygulamalar arazide ya da laboratuvarında gerçekleştirilir. Kullanılan örneklerin en az 76 mm aralıklı iki paralel yüze sahip olması yeterlidir (76x76X50 mm önerilir). Deneylerin sağlıklı olması amacı ile aynı örnek üzerinde 40 okumanın yapılması gereklidir. Sertlik değeri okumaların ortalamaları olarak kabul edilir.



Şekil 3- Shore Skeleroskopu  
A : Ucu sertleştirilmiş çubuğu kaldırıp düşürmek için el ile tutma kısmı  
B : 100 bölümlü kadrant  
C : Çubuğun sertleştirilmiş ucu

Shore sertliği yüksek olan kayaların kazılabilirliğinin az olduğu, ayrıca belli bir kazı makinası ile çalışılırken yüksek shore sertliğine sahip zonlardan geçerken ilerleme hızının azaldığı saptanmıştır.

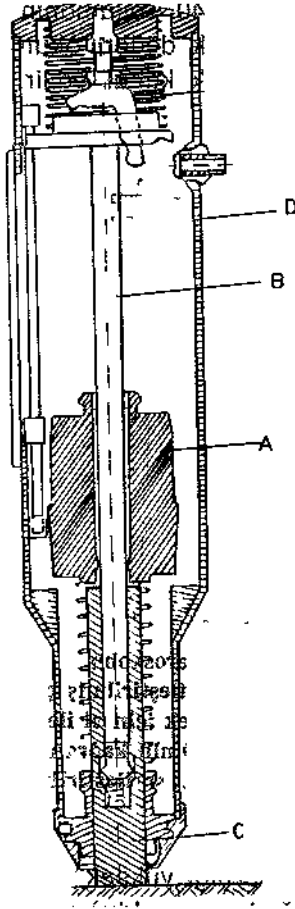
### 3.4. Schmidt Çekici

Betonun basınç dayanımının saptanması için geliştirilmiş olan Schmidt Çekici silindirik kapalı bir kutu içinde bulunan yay, çekiç ve çekici kurma düzeneğinden oluşur (Şekil 4). Ölçme yapılırken alet gövdesi dik olarak kayaç yüzeyine bastırılır.

z^idi?zıtöBwa^i8aHii^siiiife mŞemom

c#lâbèfeuWwÉ? Şlrİşyi©^iŞM üaufutd

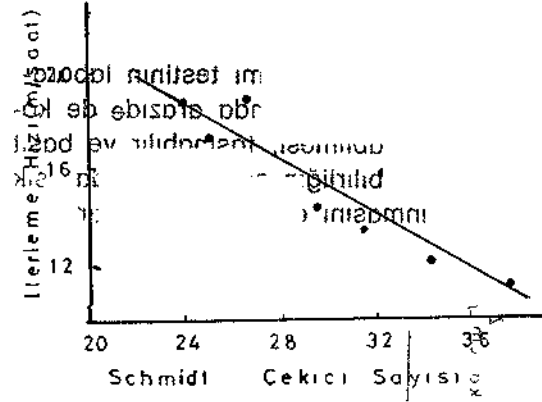
mnP iig>flif{|rt\*^<^Wia#vŞYd#féSW«n -JQlyffl  
ëPnéfâe «WyêfdoyêHrléfWWéâl gëfëffliWPO



C : Darbeyi kayaca ileten uç  
D : Gövde  
E : Yay

îrsŞiBöömriiiJujöeMeyiteçinîñ^hfertg^tjD  
yjfpeiBpebilMESlDfittsaîmistaon fetz^Qbjlrljfirâ;  
S(ap8<pliasmÜdiq^ksfhQll&n^ti\_!0lf;hıradb  
çefete|DtidBrkşsd0|eciD^|le)in>îlciMŞ iŞE)e?iŞh

hızı arasmdae4@Ürm@biM<W( wmw^ş-  
yüksek indeks değerli kayaçlar'da ilerle-  
menin agH0|duŞEî Sftfi>iwmsiiLjC24) J (Şe-  
kil 5).



Şekil 5. Schmidt çekici indeks değeri ile jngil-  
re'de Kielder tünelineki JDemag tvm  
34 - 38 TCHM'iSmin Ueilemê Mzi arasın-  
da kurulan^Iışki (24).

### 3.5. Konik Delici Testi

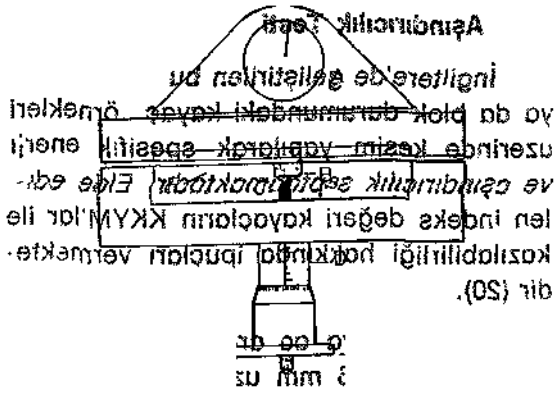
NCB (National Coal Board, İngiliz Ulusal Kömür İş[elmesi]~lârafından geliştirilmiş olan konik delici, bir tungsten karbid, yçjje .kayacın delinmeye Jkarşj plan direncini ka^gcjj M\* Mmh deaeri rfapfegsagtf\*. i^etgUiuf^etesenjç boyunca arasına bir metöbpldtfsokyemuş 175 mm ffzih?uglffâY bW^|oYa\*e«ff^oluYur (Şekil 6). Plakanın <Şt ta«Wf6rrfpWatör saati ile alt tarafı ise kayaç örneği ile temas

W^d «r4" 8 ş^e ftMèWWSiLY, k?r'  
fi^jclf? (se)BJ«l.YSjLbj^temas ile,jtrnŞjçp!ü,

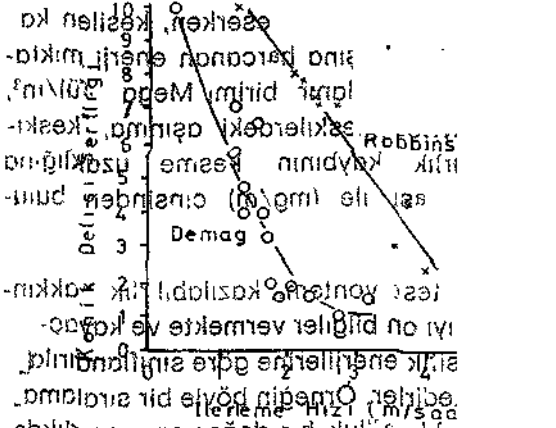
Deneyler idjKl8^aeSöltte@^riiia^ItaiSi(S mm boyutlarından büyük olmayacak şekilde hazırlanır.;J\*öhi|î?tl0ffc&icsertliili: plakanın ,uc ^batırıldığı zaman esnemesi-HitâiB'^ma^îrInlif^maffÖIÖrak

tejh|h|3c^r,©chtogiiifi^îfÖ|«kM#IfEISi3 ,fi!°I9^k

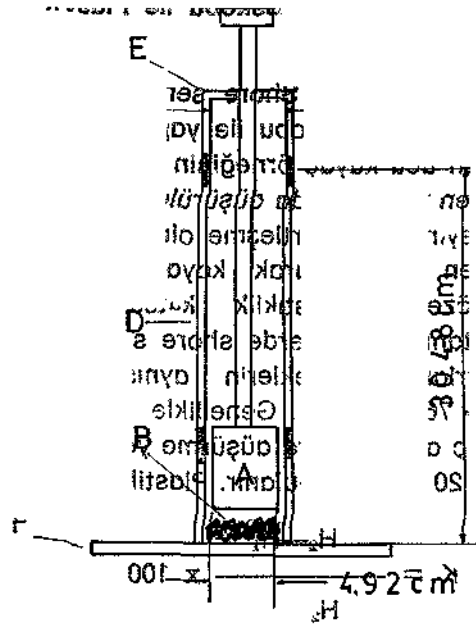
îtoi!|ifc^d,«ğ»i,fltoR|<l;%.|şşisiJ,c^b^Y^tl



**Şekil 7. Konik delici seriliği ile TCKM'nin ilerleme hızının ilişkisi**  
**O : Demag üçün diskli 34 35, 3,5 m çaplı tünel açını,**  
**X : Robbins tek diskli, 123-133, 3,5 m çaplı tünel açını (23)**



**Şekil 8. Darbe dayanım testi aleti**  
**A : Çelik (1,8 kg) D : Silindirik kap**  
**B : Kurulan örnek ortasına konulan kapak**  
**C : Tutma kolu F : Aletin zemine oturan geniş tabanı**



**Şekil 8. Darbe dayanım testi aleti**

- A : Çelik (1,8 kg) D : Silindirik kap**
- B : Kurulan örnek ortasına konulan kapak**
- C : Tutma kolu F : Aletin zemine oturan geniş tabanı**

mim e#ète\*MMd &ffiiim<sup>m</sup> üs<sup>''</sup>  
 üü beton bir zemin üzerinş^jlr, daha sonra 3,6 kg'lık düz tabanlı bir çekiç ile kto|jml>! KÉfmSiise^'n'^i'temèj! i&M u@nek 3\$4n(nttetit\$«» g&iflgKKte&flctağsi&lptfit Wfö)j0ahsLSOjffaia^feş.3igiT!WDiteK cfePfa

gr'lık 5 grup örnek hazif|ioçiofftiŞtiÇbişb ne konan 100 gr'lık örneğin üzerine çekiç ar^işim<5lefdittMŞir\*î^.#SHj;^#Fnek|ef 0,317 cm'liteöfteterf eterfr.s#|«iteiH3tünde kalan, malzemenin gram cinsinden ağırlı-ğTffiftıflgr^g'l^ltitoŞloflIPÇIMniû^orta- \\MM İM^^r'eö'ŞâePNaft^^di Him^^éfe^ièi^aftj^àlluî^ë^ip}^1130 -isno ebnimriDî MionıbmşA .libiloren DhqBuateStr^ome^ijlslii^tJekSnprÉnQSjüi-f

rica bulunan aegeriere göre «ayacfarin KKYM'lar ile kazılması açısından sınıflarfiSRff «la'&İlrrffeftealP' ( W«\*DIISO>I

-nÖY yensö .ii>9'08 <sup>TM</sup>°  
 nnDii>#;|ş da^iDIPldüesti ,jtjgllfeşşyK|flj8şj  
 pşr#a|anjari,^q|«lefiJlnöbşYU^\_üpülü7)şşj

rP^çidl&fâSÖbfflrlii^ürf^fiPâk^iBi  
 iârjiÔalr^a. t OTffijh^ouWft  
 İndor\_o, es. feiFaor. solı DU ID OİS  
 Jw! eg£/%L.aoc.< kazjlabillrJitfe. şaeftler,,  
 olmaktadır.

### 3.7. Shore Skaferoskobu ile Plastik Sertlik Testi

Bu test de Shore sertliği testi gibi Shore Skaferoskobu ile yapılır (Şekil 3). Aletin ucu kayaç örneğinin aynı noktasına birden fazla sayıda düşürüldüğünde kayaç yüzeyinde bir sertleşme oluşur. Bu özelliğden yararlanarak kayaçların kırılma eğilimi «plastiklik katsayısı» olarak saptanır. Deneylerde shore sertliği için hazırlanan örneklerin aynısı kullanılır (76x76x50 mm). Genellikle aynı örnekte üç ayrı noktaya düşürme yapılarak toplam 20 vuruş uygulanır. Plastiklik katsayısı

$$K = \frac{H_2 - H_1}{H_2} \times 100$$

olarak tanımlanır (11).

K : Plastiklik kat sayısı

H<sub>1</sub> : Kayacın shore sertlik değeri (ilk vuruşta okunan değeri)

H<sub>2</sub> : 20 vuruş yapıldıktan sonra aynı noktada okunan shore sertliği değeri

Bu test kazılabilirliğe etkiyen kırılma eğilimi özelliğini irdelediği için diğerlerinin yanında kullanılması gerekir. Burada yüksek plastiklik katsayısı güç kazılabilirliğe eşdeğer olmaktadır.

### 3.8. Kayaçların Aşındırıcılık Özelliklerini İrdelenen Test Yöntemleri

Bir kayacın aşındırıcılığının en önemli ölçütü içerdiği aşındırıcı mineral miktarıdır. Bunların en önemlisi de kuvars mineralidir. Aşındırıcılık tahmininde genellikle ince kesitler alınarak mikroskopda 750 tane sayılması ile kuvars içeriği saptanır. Ayrıca kayacın aşındırıcılığı üzerinde tane boyutu, tanelerin düzgünlüğü, ve çimentolanma şeklinin de etkisi vardır (7). Bunlar da ince kesitler ile saptanabilir. Yüksek kuvars içerikli kayaçlar güç kazılabilir olarak değerlendirilir.

### 3.9. Laboratuvar Spesifik Enerji ve Aşındırıcılık Testi

İngiltere'de geliştirilen bu testte karot ya da blok durumundaki kayaç örnekleri üzerinde kesim yapılarak spesifik enerji ve aşındırıcılık saptanmaktadır. Elde edilen indeks değeri kayaçların KKYM'lar ile kazılabilirliği hakkında ipuçları vermektedir (20).

Galeriden ya da araziden alınan kayaç örnekleri 76 mm uzunluğunda karot ya da bloklar haline getirilir. Her örnek üzerinde 5 mm kesme derinliğinde basit tip pik keski ile kesim yapılır. Oluşan keski kuvvetleri yazılır. Keski kuvvetlerinin açılan oyuk boyu ile çarpılması ile yapılan iş ve bu değerin kesilmiş kayaç miktarına (hacimsal) bölünmesi ile spesifik enerji elde edilir. (Spesifik enerji bir kayacı belli bir keski ile keserken, kesilen kayaç miktarı başına harcanan enerji miktarı olarak tanımlanır, birimi Mega Jül/m<sup>3</sup>, dür). Ayrıca keskilerdeki aşınma, keskinin ağırlık kaybının kesme uzaklığına oranlanması ile (mg/m) cinsinden bulunur.

Bu test yöntemi kazılabilirlik hakkında çok iyi ön bilgiler vermekte ve kayaçlar spesifik enerjilerine göre sınıflandırılan bilmektedirler. Örneğin böyle bir sıralama, da 15 MJ/m<sup>3</sup>'lük bir değeri orta ağırlıkdaki KKYM'lar için kötü koşullardaki bir kayaya karşılık gelmektedir (20).

### 4. KAZILABİLİRLİK TEST YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE SONUÇLAR

Kazılabilirlik test yöntemlerinin başlıca olarak kayacın kazılabilirliğinin saptanmasında kullanılması için belli niteliklere sahip olmaları gerekir. Deney yönteminin basitliği, ucuzluğu, sonuçların çabuk elde edilmesi bunlar arasında sayılabilir. Ancak en önemlisi deneyde elde edilen değerlerin kayacın kazılabilirliğine



hakkında doğru sonuçlar vermesi ve yöntemin standart olarak dünyanın her yerinde uygulanabilir olmasıdır.

Kayaçların mekanik özellikleri yaygın olarak dünyanın her yerinde standart olarak elde edilebilir olduklarından, basınç dayanımı başta olmak üzere, bunlar çok kullanılan kazılabilirlik ölçütü olmuşlardır. Ancak kayacın kazılabilirliğine etkileyen tek bir özelliğinin ölçütü olduklarından kazılabilirlik tahminleri çoğunlukla iyi sonuçlar vermemektedir.

Basit yöntemler olan Schmidt çekici, Shore sertliği, Konik delici, darbe dayanım testleri ile basit, ucuz ve çabuk bir şekilde ölçü almak olasıdır. Ancak bunlar kazılabilirliğin saptanmasında çok başarılı değildir. Fakat ülkemiz koşulları açısından kullanımının yaygınlaşması olanaklıdır.

Kazılabilirliğin güvenilir olarak saptanması ancak çeşitli test yöntemlerinin birlikte uygulanması ile gerçekleşir. Fakat bu yol genellikle pahalı olmaktadır.

Laboratuvar spesifik enerji ve aşındırıcılık testleri gibi özel olarak tasarlanan kazılabilirlik testleri kayacın kazılabilirliğine etki eden çeşitli özelliklerini birlikte irdeler. Bu yüzden en güvenilir ve başarılı sonuçları verir. Ancak standartlaştırmaları oldukça güç ve pahalı olmaları dezavantajları arasında sayılır.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışmamda bana yardımcı olan Doç. Dr. Nuh Bilgin'e teşekkürü borç bilirim.

## KAYNAKLAR

1. BİLGİN, N., Galeri Açma Makinalarının Seçilmesine Etki Eden Faktörler, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 6- Kongresi, 19-23 Şubat 1979, sayfa 19. 1-14.
2. ROXBOROUGH, F.F., PHILLIPS, E.R., Rock Excavation by Disc Cutters, Int. J.

Rock Mech. Sci. Geomech- Abstr. Vol: 12, p. 361-366, 1975.

3. ROXBOROUGH, F.F., RISPIN, A., The Mechanical Cutting Characteristics of the Lower Chalk, Tunnels and Tunnelling, Jan 1973, p. 45-67.
4. ROXBOROUGH F.F., Cutting Rock with Picks, Mining Engineer, June 1973, p. 445-455.
5. ROXBOROUGH F.F., Laboratory Investigation into the Application of Picks for Mechanized Tunnel Boring into the Lower Chalk, Mining Engineer, October 1973, p. 1-13.
6. HUGHES H.M., Some Aspects of Rock Machining, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol. 9. 1972, p. 205-211-
7. SCHİMÄZEK, H.K., Assessing The Effectiveness of Cutting and Rolling Bit Drilling Tools in Working Rock, Erzmetall, Bd 29 H3, 1976, p. 113-118.
8. KENNY Y.P., JOHSON N.S., The Effect of Wear on the Performance of Mineral Cutting Tools, Colliery Guardian, June 1976, p. 246-252.
9. McFEAT S.I., TORKAY P.J., Tunnel Boring Machines in Difficult Ground, Tunnels and Tunnelling, Jan/Feb 1980, p. 15-19.
10. ARIOĞLU E., BİLGİN N., Nokta Yük Deneyi ve Uygulaması, İTÜ Dergisi Cilt 36, Yıl 36, sayı 2, 1978, sayfa 21-32.
11. McFEAT S., TORKAY P.S., Rock Property Testing for the Assessment of Tunnel Boring Machine Performance, Tunn. and Tunelling, Nov 1974, p. 29-33.
12. TANDANAND S. LEWIS W.E., Bureau of Mines Test Procedures for Rocks, IC8674, 1974, p. 97-102.
13. McFEAT S., FOWELL R.J., Correlation of Rock Properties and the Cutting Performance of Tunnelling Machines, Proc. of a Conf. Rock Engineering, April 1977, p. 582-602.
14. BİLGİN N., Prediction of Performance of Tunnel Boring Machines, (Yayınlanmamış Çalışma)
15. NITHIMATSU et. al., A Rock Machinability Testing System and Prediction of Productivity of Tunnelling Machines, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr., Vol 16, p. 329-333, 1979.

la MiEIMMAV.BqosaaSitrataE SÉE@&grfo,Üldex  
 for Boom Type Roadheaders,»a!uu&elsi and  
 • ^^Mz^SWilSum&XOH fi  
 is.» mJB\$stimj3Juisa&. ^mwmsmir&uoimpact  
 rshi cgaeteeffleteiödfarpi&sBSPsmgiöi© OtttAaMity  
 of Soft Rocks, Transport?33»dtiajs&PI Re-  
 search Laboratory, Crowthorn. Berkshire  
 q tm ohrJt .v>o/i|gna \*MinM ^jlfiT  
 18. FOWELL R.J., Assessing the MaStiaainlity  
 of Rocks, Tunnels and Tunnelling, July  
 iol «foiT K> noiicoifqaA arij oJoi noiteg  
 l^JlSacUp® ItMaaMecMMzeis^feMeai^ork,  
 ,fT^SyEi>tng)<En@lB!B!er92Sejitiitta59.iffrie89f68f7.  
 20. FOWELL R.J., PYCROFT A.S, l&ék. \*kac-  
 îl'JoJbinibilAtyelftwadiesroB th« iassjSMWH of  
 , b\$el,fp|tiveii^»nfljHg jM&e^nfniBelfeSman-  
 ce, 21 th. Natiodâi-aBBcS JKilÖUC igymp.,  
 -iiooW\*irY^tflj8&&A<sup>10</sup>, S?f^SHaSAMIH03 v  
 f^ft Ö M ^ R ^ e \* ¥ . F .?5UAHpdetfi8f<sup>KW</sup>he-

p. 125-128. " 9

1978, sayfa 429-450.

2fe> ^fe^SA^-S@yrQR^A^jP^^Agseg@p^nft jflf  
 -na^Wİ BfflS\*fcM^Big^#8TO}8^riMî  
 nels and Tunnelling, Dec,1979. p. 33-37.  
 24. MORGAN J.M., BARANTT DA. and HOD-  
 Yt^ojjis!^jefgn^nfî^flig lffiêtoDi>ferfor-  
 iTQbmMes'mtoatimMEly^ocjaubfjfeeoMnrsac  
 -DdWe^bnBöi#jl^ei#idei4^ueşicfe WMo  
 iDirUO fl?eia<sup>7</sup>%Dft?ld?ê?Dd iminDyob orna  
 25?ME^aNÖ\*ja>ÖiMRMrsM:ö(3!lîe3BiWr)io^  
 -î9 Fî3eJpşil!fl^sW^rhaSBüs>|ofld^>şi, % \$ \$ |  
 -nnflî5lfibfö^@îj4?5^rinf8ilî9sö M d îlsî neyW  
 2Çj GSSAbfSLng^, işşlrtüseittt itëBÉHDiiistétfiieo  
 Kozlu ve Amijfegfc|89jgffilgft> <,{#\$31T#|  
 Galerilerinin Galeri Açma Makinaları ile  
 joi^lrîfetafteSEflfi^g^rfMaMna f©p@rinin  
 ~Dv\*spiüi5gîB^fiîi5 jt/mww^&asiism  
 lid GSf t e f W dföu <sup>5</sup>\$edâ<sup>8</sup>k<sup>1</sup>i%@\$S'fmm  
 2.7nLMA^B%^.M^Ş»k?igf^b i^m<sup>â</sup>wmmş  
 taslarının Arastırılıruası - jffiLS y. Tezi Su-  
 -19D^ra5l|^0^!ffigmi tD>ID-r.TiDüQ6b İİHDÇ

formance from Penetration Rates  
 tussive. riEillsi. Some -Aonlications Jxx.Tur-