

KAYA SINIFLAMA SİSTEMLERİNİN MADEN GALERİSİ TASARIMINDA KULLANILABİLİRLİKLERİ

Celal KARPUZ(*)

ÖZET

Son senelerde tiinelcilik tasarımında yaygın olarak kullanılan iki kaya sınıflama sistemlerinin (Bieniawski 1973, Barton ve arkadaşları 1976) madencilğe uygulanabilirlikleri az denenmiştir. Bu bildiride, bu iki yöntemin; Türkiye'de iki metal madenin ana galerilerinde yapılan çalışmalarda, yeraltı metal madenlerinde değişik formasyonlarda açılan ana galerilerde uygulanabilirlikleri irdelenmiş ve birbirleri ile karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Barton'un sınıflaması tahkimatsız ve tahkimatlı galerilerde çok iyi uyum sağlamıştır. Ancak, ülkemizde kullanılan tahkimat sistemleri değişik olduğundan, tahkimatlı galeriler için tahkimat yönünden tam bir karşılaştırma mümkün olamamıştır.

Bieniawski sistemi ile, maden galerileri için çok tutucu sonuç vermekte, bu amaç için geliştirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Yazı sonunda öneriler getirilmiştir.

ABSTRACT

The two rock mass classification systems (Bieniawski 1973 and Barton et al, 1974), which have widely been used in desiging civil engineering tunnels, were assessed in terms of their applicability for mining engineering purposes. The research was carried out in the main galleries of two different metal mines in Turkey. Research findings on the applicability of these rock mass classification systems to mine galleries driven in different rock formations are compared.

Borton's classification system was found to be very consistent in both supported and unsupported galleries. However, a realistic comparison was not possible since the support systems, used in Turkey, are completely different than those suggested by Barton.

On the other hand, Bieniawski system gave very exaggerated results in terms of support requirements in mine galleries. These findings point out the need for further development of this system for mining purposes.

(*) öğretim Görevlisi Dr., Maden Mühendisliği Bölümü, ODTU, ANKARA

1. GİRİŞ

Son yıllarda karayolu, demiryolu vs. tünellerinin tasarımında kullanılmak amacı ile önerilen "kaya sınıflaması yardımı ile tünel tasarımı" yöntemlerinden en çok kullanılanlar, Barton ve arkadaşlarının (1974) ile Bieniawski (1973,1979)'nin RMR yöntemleridir. Bu yöntemler bilindiği gibi madencilik dışındaki tünellerin tasarımı için önerilmiştir. Son yıllarda da bu yöntemlerin madencilğe uygulanabilirlikleri tartışılmaya başlanmıştır. Laubscher (1977) ve Kondorski ve arkadaşları (1983) madencilikte kullanılmak amacı ile Bieniawski (1973)'nin önerdiği jeomekanik sınıflama sisteminde değişiklikler yapmışlardır. Bieniawski (1980) de kömür madenleri galerileri için kendisinin önermiş olduğu jeomekanik sınıflama yönteminde değişiklikler gerektiğini vurgulamıştır. Ancak, kaya sınıflama yöntemlerinin madencilik tünellerine uygulanışı ile ilgili ayrıntılı ve yeterli veri yoktur. Burada, ülkemizde iki metal madeni ana galerileri için Bieniawski (1973) ve Barton ve arkadaşları (1974) tarafından önerilmiş olan yöntemlerin irdelenmesi yapılmış, bu iki yöntemin metal madenlerinde ana galeriler için uygulanabilirlikleri tartışılmıştır.

2. KAYA SINIFLAMALARI İLE TÜNELCİLİK TASARIMI YÖNTEMLERİ VE VERİ TOPLAMA İŞLEMLERİ

Barton ve arkadaşları (1974)'nin ortaya atmış oldukları "Norveç Tiinelcilik Niteliği Belirteci" ile Bieniawski (1973)'nin "Jeomekanik Kaya Kütlesi Sınıflaması"™ oluşturulan ana parametreler şunlardır.

Norveç Tiinelcilik Niteliği Belirteci (Q):

$$Q = \frac{ROD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Burada,

ROD: Deere'in kaya niteliği belirteci

J_n: eklem takımı sayısı

J_r: eklem pürüzlülük durumu

J_a: eklem ayrışma durumu

J_w: eklem suyu indirgeme faktörü

SRF: gerilme indirgeme faktörü

Bieniawski Jeomekanik kaya kütlesi sınıflaması (RMR)'nin değişkenleri ise:

— Tek eksenli basma dayanımı

— Kaya niteliği belirteci (ROD)

— Süreksizlik aralığı

— Süreksizliklerin durumu

— Yeraltı suyu durumu

— Süreksizliğin doğrultu ve yatımının tünel konumuna olan etkisi

dir.

Bu yazıda; bu parametrelerin açıklaması ve RMR ve Q sınıflama sistemleri ile ilgili ayrıntılı bilgi verilmeyecek, sistemlerin metal madenleri ana galerilerine uygulanabilirlik derecelerinin araştırılması amacı ile yapılan çalışmanın sonuçları irdelenecektir. Araştırmaya temel olacak veri toplama işlemleri; Dearman, Fookes (1974), Geological Society Engineering Working Party Report (1972), Barton ve diğerleri (1974), Bieniawski (1973), International Society for Rock Mechanics Commission Report (1977) tarafından önerilen yöntemlere uygun olarak yapılmıştır. Veri toplama işlemleri seçilen iki metal madeninde (Uludağ-Wolfram ve Küre-Bakırlı pirit) halihazırda açılmış bulunan galerilerin değişik lokasyonlarında sürdürülmüştür. Bu lokasyonların madencilik faaliyetlerinden oluşan dinamik gerilmelerden etkilenmeyecek şekilde seçilmesine de özen gösterilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında laboratuvar için temin edilen örnekler üzerinde de kayaların fiziksel ve mekanik özellikleri saptanmıştır.

Ayrıca, bunlara paralel olarak, sistemlerin uygulanabilirlik araştırmasına temel olacak parametrelerden olan, her bir lokasyonda galeri açıklıkları ve yükseklikleri, tahkimat durumu, tahkimatsız ya da tahkimatsız durma zamanları da ayrıntılı olarak kaydedilmiştir.

Madenlerin Birinde Görülen Kaya Birimleri:

— Granodiyorit (taze, az derecede bozuşmuş, orta derecede bozuşmuş, ileri derecede bozuşmuş, tümüyle bozuşmuş, metasomatik, makaslanmış, granodiyorit afofizi),

— Mermer ve skarn: Mermer, çok çatlaklı mermer, mermer ve skarn, skarn, az bozuşmuş skarn, mermer ve bozuşmuş skarn, bozuşmuş skarn -granitik skarn— dokanak skarnı olmak üzere 8 grupta incelenmiştir.

— Diğer madende ise rastlanan kaya birimleri

Spilit (az derecede ayrılmış, breşleşmiş)

Arjillit ve

Cevher (masif pirit, masif bakırlı pirit, emprenye)

birimleridir.

3. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yukarıda belirtilen yöntemlere uygun olarak, anılan kaya birimlerinden elde edilen bu veriler kullanılarak her bir lokasyondaki kaya kütesinin Barton ve arkadaşları (1974) ve Bieniawski (1973, 1979) sınıflamaları yapılmış, Q ve RMR değerleri bulunmuştur. İki maden ocağında 63 lokasyonda yapılan ölçüm ve gözlemlerin sonucu bulunan kaya birimlerinin Q ve RMR değerleri ve birbirleriyle olan ilişkisi Şekil 1'de verilmiştir.

Şekilde görülen ve Q ile RMR arasındaki en iyi **uyumu veren bu** ilişki,

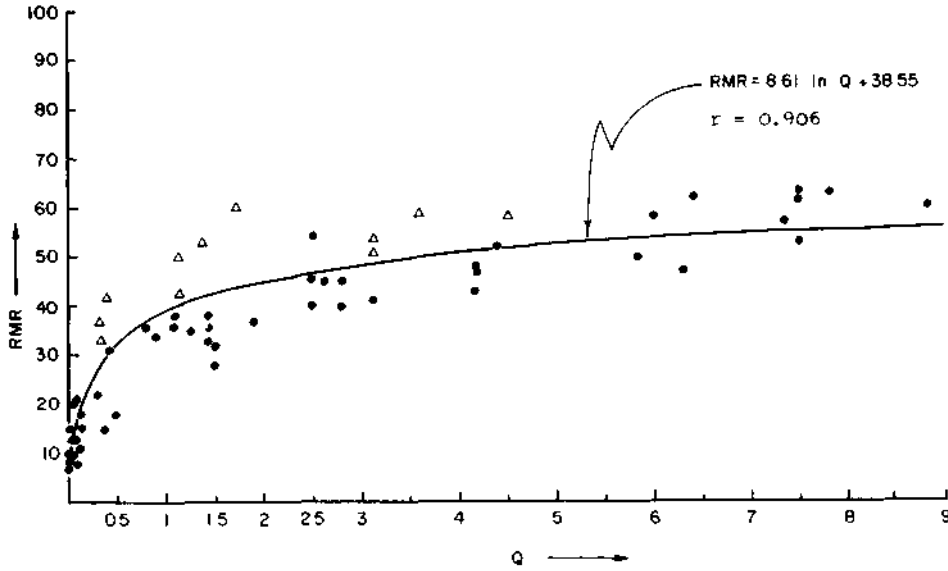
$RMR = 8.61 \ln P + 38.55$ olarak bulunmuştur, ($r = 0.906$)

Bieniawski (1976) : $RMR = 9 \ln Q + 44$
Ruteledge (1979) : $RMR = 13.5 \log Q + 43$
Moreno (1980) : $RMR = 12.5 \log Q + 55.2$ ($r = 0.84$)
Abadve diğeri (1983) : $RMR = 10.53 \ln Q + 4.83$ ($r = 0.934$)

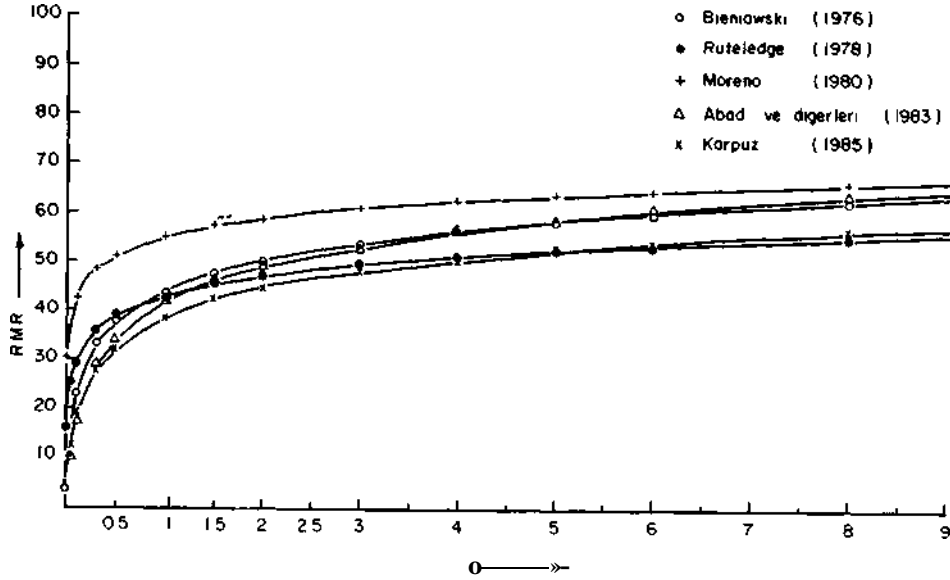
Bir kıyaslama amacı ile araştırma sonucu bulunan $RMR = 8.61 \ln Q + 38.55$ ilişkisi ile diğeri yazarlar tarafından bulunan ve yukarıda verilen ilişkiler Şekil 2'de gösterilmiştir. Görüleceği üzere, bu beş ilişkide az da olsa farklılıklar vardır. Bu farklılığın, özellikle, değişik araştırmacıların, Q ve RMR'yi oluşturan parametreleri yorumlamalarındaki kişisel farklılıktan doğduğunu söylemek mümkündür.

Her bir lokasyonda, o lokasyondaki kaya birimi için elde edilen RMR ve Q kaya sınıflama değerleri ile galeri açıklığı (yükseklik veya tavan açıklıklarından hangisi büyük ise) ayrı ayrı Bieniawski (1979) ve Barton ve arkadaşları (1974) tarafından önerilen tahkimat abaklarına yerleştirildiğinde Şekil 3 ve Şekil 4'deki durum ortaya çıkmaktadır. Bu abaklarda, ana galerilerin tahkimatli olmama durumları da gösterilmiştir. Q sisteminde eşdeğer boyut bulunurken "kazı tahkimat oranı (ESR)" galeriler kalıcı ana galeriler olduğu için 1.6 olarak alınmıştır (Barton ve arkadaşları, 1974).

RMR ve Q arasındaki bu ilişkiyi başka yazarlar da daha önce bulmaya çalışmışlardır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir:



Şekil 1— RMR ve Q ilişkisi (Araştırmanın sonuçları)

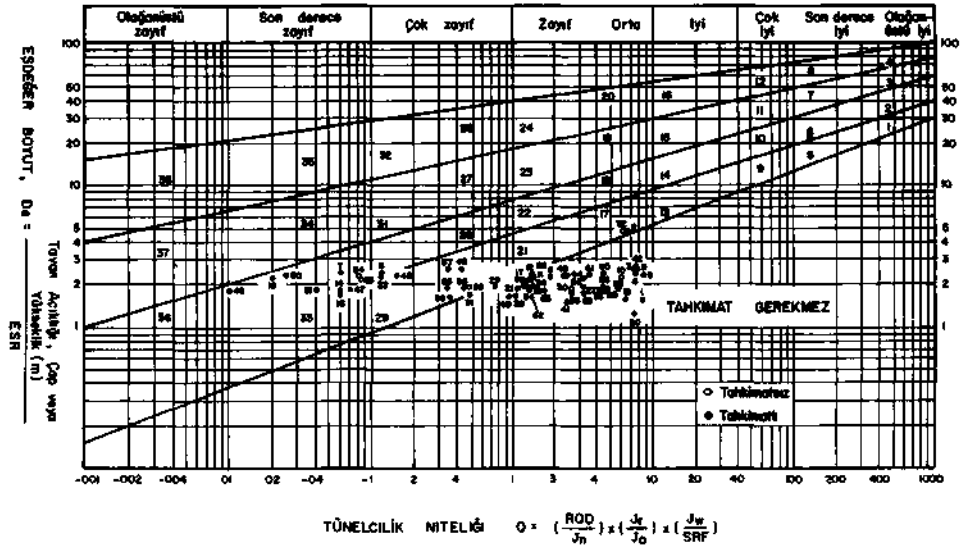


Şekil 2— RMR ve \checkmark ilişkisi (Literatür değerleri)

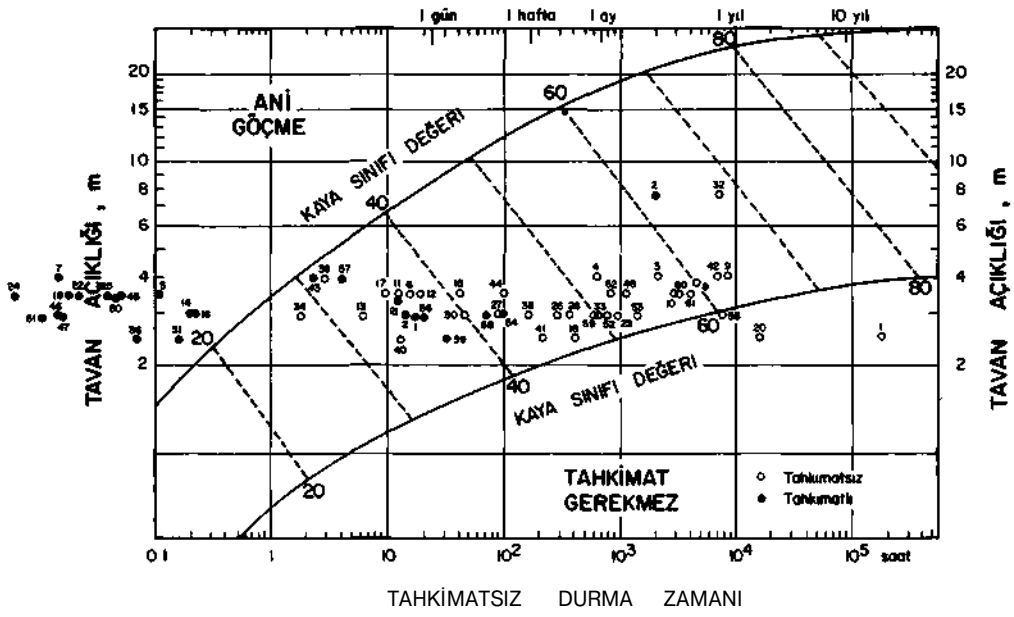
Şekil 3 ve 4 ayrıntılı olarak incelendiğinde Barton ve arkadaşları (1974) tarafından ortaya atılan tahkimat sistemi ile ölçüm yapılan iki metal madenindeki tahkimatlı ve tahkimatsız olma durumlarının son derece uyum içinde olduğu görülmektedir. Her iki madende ölçüm alınan 36 tahkimatsız durumun sadece 2'si "tahkimat gerektirir" bölgesine düşmüştür. Bunlar da "tahkimat gerekmez" bölgesi sınırına çok yakındır (Şekil 4). Diğer taraftan, 25 tahkimatlı durumdan sadece 3'ü "tahkimat gerekmez" bölgesine düşmüştür. Böylece, Barton ve arkadaşları (1974) sınıflamasından elde edilen değerlerin metal madenlerindeki fiili durumla büyük bir uyum içinde olduğu görülmektedir.

Ancak, Bieniawski (1979)'nin tahkimat abağı incelendiğinde (Şekil 3), P sisteminin tersine, sistemin önerdiği şartlardaki fiili durumda bir uyumsuzluk görülmektedir. 36 tahkimatsız durumdan sadece 3'ü Bieniawski'nin "tahkimat gerekmez" bölgesine düşmektedir (Şekil 3). Diğerleri ise, tahkimat gereken bölgede kalmaktadır. 25 tahkimat gerektiren durumdan 10'u "tahkimat gerektirir" ve 15'i "ani göçme" bölgelerine düşmektedir. Görüleceği üzere, özellikle tahkimatsız galeriler gözönüne alındığında Bieniawski (1979)'nin önerisi madencilik tünelleri için oldukça tutucudur. Diğer bir deyişle, Barton ve arkadaşları sınıflarının metal madenleri ana galerileri yapısına daha iyi uyduğu söylenebilir.

Tahkimatlı ana galerilerdeki kutlanılan tahkimat durumları ile Barton ve arkadaşları (1974) nın tahkimat önerileri arasında bir karşılaştırılma yapılamamıştır. Bunun nedeni, adı geçen metal madenlerinde (ölçümlerin yapıldığı sırada) ana galerilerde genellikle ahşap tahkimat veya demirbağ kullanılmasıdır. Oysa ki, Barton ve arkadaşları (1974) nın önerileri kaya saplaması, çelik hasır, püskürtme beton ve beton kaplama tahkimat sistemlerine dayanır.



Şekil 3— Barton sınıflamasının yeraltı açıklıklarına uygulanışı



Şekil 4— Bieniawski kaya kütle jeomekanik sınıflamasının yeraltı açıklıklarına uygulanışı

Yukarıdaki irdelemelerin sonuçlarına göre, Barton ve arkadaşları (1974) nın öne atmış olduğu kaya sınıflama yöntemi ve tahkimat tasarımı önerilerinin metal madeni ana galerilerinde verilen açıklık için tahkimat gerekip gerekmeyeceğinin veya belli bir özellikteki kaya biriminde maksimum tahkimatsız durma açıklığının tesbitinde önemli bir araç olabileceği açıktır. Hatta kaya saplaması, püskürtme beton gibi tahkimatların teknolojilerinin gelişmesi durumunda kullanılabilmesine kadar verilen ana galerilerde bu tahkimatların seçiminde de yardımcı olabileceğini söylemek mümkündür. Bu sistemde demir bağ, ahşap tahkimat gibi daha klasik diyebileceğimiz tahkimat yöntemleri de kullanılmak istendiğinde, sistemin ayrıntılı arazi verileri ile desteklenerek bu amaç için geliştirilmesi gerekir.

Bieniawski (1979) yönteminin metal madencilğinde ana galeri tahkimat tasarımında kullanılması son derece tutucu olacak, gereğinden fazla tahkimat kullanılmasına yol açacaktır, özellikle, bu, tahkimat gerektirmeyecek durumlar için daha da açıktır. Bieniawski (1979) tahkimat tasarımı yönteminin metal madenleri ana galerileri için yeniden geliştirilmesi gerekecektir. Bu amaç için, ilk akla gelebilecek yol, RMR'yi oluşturan parametrelere "arazi gerilmelerini" veya "arazi gerilmeleri ile kaya dayanımını birlikte göz önüne alan" bir gerilme faktörünün bir şekilde eklenmesinin düşünülmesinin uygun olacağıdır.

4. SONUÇLAR

Son senelerde karayolu, demiryolu vs. tünellerin tasarımında yaygın bir şekilde kullanılan Barton ve arkadaşları (1974) ve Bieniawski (1973, 1979) kaya sınıflaması ve tahkimat tasarımı yöntemleri; metal madenleri ana galerilerine uygulandığında Barton ve arkadaşlarının önermiş olduğu Q sisteminin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Bu sistemin metal madenlerinin ana galerilerinde, özellikle verilen bir açıklık için, tahkimat gerektirip gerektirmeyeceğinin veya belli bir özellikteki kaya biriminde maksimum tahkimatsız durma açıklığının ne olabileceğinin tesbitinde önemli bir araç olabileceği ortaya çıkmıştır.

Bieniawski (1973, 1979) sistemi ise maden galerileri için çok tutucu sonuçlar vermekte olup, bu amaç için geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. ABAD, J., et. al., 1983: Application of Geomechanical Classification to predict the Convergence of Coal Mine Galleries and to Design Their Supports, Proc. of ISRM International Congress on Rock Mechanics, Melbourne 1983, Vol 2, pp. E15-E19.
2. BARTON, N., LIEN, R., LUNDE, J , 1974 Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support, Rock Mechanics 6, 5. 189-236
3. BIENIAWSKI, Z.T., 1973 Engineering Classification of Jointed Rock Masses, Transactions, South African Institution of Civil Engineers, 15, pp 335-344.
4. BIENIAWSKI, Z T., 1976: Rock Mass Classifications in Rock Engineering, Proc. of the Symp. on Exploration for Rock Engineering, Johannesburg, 1976, Vol pp. 97-106
5. BIENIAWSKI, Z.T., 1979 The Geomechanics Classification in Rock Engineering Applications, Proceedings, 4th International Congress on Rock Mechanics, ISRM, Montreux, 2, 5, pp. 41-48
6. BIENIAWSKI, Z.T., 1980- Ground Control Investigations for Assessment of Roof Conditions in Coal Mines, Proceedings, 21 st v.s. Symposium on Rock Mechanics, University of Missouri, Rolla, 1980, 105
7. DEARMAN, W.R., FOSKES, P.G., 1974 Engineering Geological Mapping for Civil Engineering Practice In the United Kingdom, Q.Jl. Engineering Geology. Vol. 7, pp 223-256

8. Geological Society Engineering Group working Party Report, 1972. The Preparation of Maps and Plans in Terms of Engineering Geology, O.JI- Engineering Geology, Vo. 5, pp. 295-382
9. International Society for Rock Mechanics Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests, 1977: Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses, Int. J. Rock. Mech. Min. Sei. and Geomech. Alastr., Vol. 15, pp. 319-368
10. KENDORSKI, F.S. et. al., 1983: Rock Mass Classification for Block Caving Mine Drift Support, Proceedings, 5th International Congress on Rock Mechanics, ISRM, Melbourne, 1983, 1, pp. B51-B63
11. LAUBSCHER, D.H., 1977: Geomechanics Classification of Jointed Rock Masses - Mining Applications, Trans. Institute of Mining and Metallurgy, Section A, 86, pp. A1-A7
12. MORENO, T.E., 1980: Aplicacion de las clasificaciones Geomecanicas a los Tuneles de Pagares, "Curso de Sostenimientos Activos en Galerías y Tuneles, Fundocion Gómez-Pardo, Madrid 1980
13. RUTLEDGE, J.C., PRESTON, R.C., 1978: New Zealand Experience with Engineering Classifications of Rock for Production of Tunnel Support. Tunnels Under Difficult Conditions, Tokyo, 1978, pp.