

## DOĞANKUZU (SEYDİŞEHİR) BOKSİT OCAĞINDA SÜREKSİZLİKLERİN VE KAYA KÜTLESİNİN İNCELENMESİ

**Alparslan TURANBOY**

*S.Ü.Seydişehir Meslek Yüksekokulu, SEYDİŞEHİR*

**Hakan DALER**

*Seydişehir ETİ Alüminyum Holding, SEYDİŞEHİR*

**Makalenin Geliş Tarihi:** 08.08.2002

**ÖZET:** Doğankuzu(Seydişehir) Güney Blok Boksit Ocağı kireçtaşı formasyonlarından oluşmaktadır. Kaya kütlesi özelliklerinin ve onun bileşenleri olan süreksizliklerin dağılımlarını ortaya çıkarmaya yönelik bu araştırma çalışmasında şu sonuçlar elde edilmiştir. İncelenen kayalar, orta sertlikte ve süreksizlik aralık değerleri negatif eksponansiyel ve log-normal dağılıma yaklaşmaktadır. Düşey kesitler boyunca bu dağılımlar belirgin bir değişim göstermemektedir.

**Anahtar kelimeler:** Süreksizlik, süreksizlik aralığı, süreksizlik dağılımı.

### **Investigation of Discontinuities and Rock Mass In Doğankuzu (Seydişehir) Bauxite Open Pit Mine**

**ABSTRACT:** Seydişehir Doğankuzu south block bauxite open mine is formed limestone formations. The results which were obtained in this study were about rock mass and its discontinuity. Investigated rocks are medium hard and distribution of discontinuity spacing is approached to negative exponential and log-normal distribution. These distributions were not changed at vertical cross sections.

**Key Words:** discontinuity, range of discontinuity, discontinuity distribution

### **GİRİŞ**

Yeraltı ve yerüstü kazı çalışmaları öncesi veya esnasında, kaya kütle özelliklerinin belirtilmesi, kayanın içerdiği süreksizliklerin (fay düzlemleri, yataklanma düzlemleri, eklemler ve çatlakların) sıklığı, yatım, doğrultu, pürüzlülük, dolgu türü gibi özellikleri önemlidir. Bu nedenle, madencilik çalışmalarında (şev duraylılığı, yeraltı açıklığı vs) kaya kütlelerine ait bu özelliklerin ortaya çıkarılması hayati bir önem kazanmaktadır.

Gerçekleştirilen çalışmada, çalışma sahasının örneklenen kesimlerinde bu özellikler ortaya çıkarılmaya çalışılmış, ayrıca süreksizlik aralık değerlerinin ocak kesiti boyunca değişimi incelenerek, kazı kolaylığı, delme-patlatma ve duraylılık açısından, elde edilen sonuçlar üzerinde yorumlarda bulunulmuştur.

Çalışma sahasında, temel formasyonu oluşturan kireçtaşının kayaç kütle ve onun bileşenleri olan süreksizliklerin özelliklerinin tanımlanmasında, Uluslararası Kaya Mekanik Derneği (1978)'nin kuralları kullanılmıştır. İncelenen bu özellikler, Süreksizliklerin konumu, aralığı, devamlılığı, aralığı Süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğü, dalgalılığı ve dolgu türüdür.

### **ÇALIŞMA ALANI ve ÇEVRE KAYAÇLARIN TANITILMASI**

Bölgede ana formasyon tamamen kireçtaşı olup, arazi yüzey şekilleri, kayaçların litolojileri ve yapıları ile yakından ilişkilidir.

Kırıntılı sedimanter birimler genellikle az engebeli bir arazi topografyasına sahiptirler. Bu birimlerin fazla aşınan kısımlarında derin vadiler ortaya çıkmıştır. Öte yandan özellikle

kireçtaşı büyük atımlarla öteleyen faylarla, keskin ve sarp morfolojik şekiller, karstik olaylara bağlı olarak da kendine has düden ve karstik mağaralar oluşmuştur (Karadağ, 1987).

### Yan Kayaç

Önceki yıllarda gerçekleştirilen sondaj çalışmalarında (ETİ faaliyet raporu, 1992), cevher tabanı, (KRÜ 1) tavanı ise, (KRÜ 2 ve KRÜ 3) şeklinde adlandırılan üç adet dolomitik kireçtaşı, boksit ve boksitli breş formasyonlarından ibarettir. Yantaşı oluşturan üç formasyon kalınlıklarının 50–150 m arası kalınlıklardadır ve tabaka kalınlıkları üstten alta doğru azalmaktadır. Cevher yatağının üzerine gelen kısım bloklar halinde ve karstik boşluklar içermektedir. Ayrıca bir boksitli breş seviyesi, yaklaşık tüm sahada gözlenmekte olup 5-10 m kalınlıktadır. Gözlenebilen tüm tabakalar KB-GD yönünü izlemekle ve birbirleri ile uyumlu gözükmemektedir. Tabakalanma yüzeyleri genellikle pürüzlü yada düzensiz dalgalı, devamlılıkları 20 m'nin üzerinde gözlenmektedir.

Doğankuzu boksit yatağında yan kayaç oluşturan kireçtaşı formasyonlarından tavan kireçtaşları (KRÜ 2 ve KRÜ 3), taban kireçtaşına (KRÜ 1) oranla daha koyu gri ve grimsi siyah bantlar halindedir. Tüm kireçtaşı formasyonları birbirine uyumlu düzenli tabakalar halindedir.

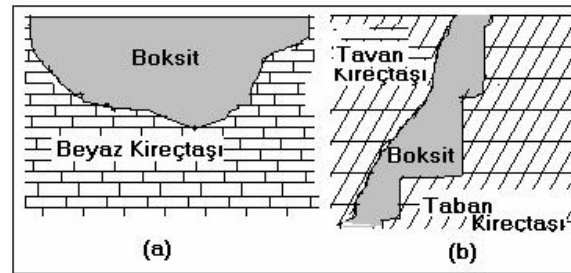
### Cevher Yatağı

Boksit yatağı, tabaka arası (cep tipi) boksit yatağı sınıfına girmektedir ve Harder ve Greig, (1960)'den düzenlenerek Şekil 1'de sunulmuştur.

Kırılan ve gevrek yapıda olan cevher kütlesi zayıf kayaç sınıfına dahil edilebilir. Su geçirgenliği oldukça zayıf olup, şev aynasında ve mostralarda renk açık pembe ve toprağimsi bir doku kazanmıştır. Cevher yatağında süreksizlik aralıkları 0-3 mm arasında değişmektedir. Süreksizlik düzlemleri genellikle birbirini dik olarak kesen birincil ve ikincil süreksizlikler olarak değerlendirilebilir. Tabaka yüzeyleri, muntazam basamaklı, sıkça pürüzlü ya da düzensiz dalgalı, eklem ve klivaj yüzeyleri ise düz ve bazen parlak kaygan olarak

izlenmekte olup, ölçülebilen devamlılıkları 0.1–1.1 m arasındadır.

Doğankuzu (Seydişehir) Güney Blok Boksit Ocağı 1577 m kodu olan ocak tabanından itibaren kuzey doğu kesiminde en yüksek koda (1733 m) ulaşmaktadır. Uzun eksen 630 m, kısa eksen 240 m ve cevher kalınlığı 11 m civarındadır. Görünür rezervi 4,089,750 tondur (ETİ faaliyet raporu, 1992).



Şekil 1. Cep tipi Boksit Yatağı a) Üzeri açık cep tipi boksit yatağı b) Tabakalar arası boksit yatağı (Harder ve Graig, 1960).

Figure 1. Pocket Bauxite deposits a) Open-up pocket bauxite deposit b) Bauxite deposit among strata (Harder and Graig, 1960).

### Ana Faylar

Sahada iki grup fay tespit edilmiş olup bunlar, yaklaşık KB-GD ve K-G konumlu eğim atımlı faylardır. Fay düzlemleri belli olmamakla beraber eğimleri 60°-85° arasında değişmektedir. Faylar tabaka doğrultusuna dik ve dike yakın yönlerde uzanmaktadır. İki grupta incelenebilen faylarda ise 0.2–1 m arasında açıklıklar tespit edilmiş olup bu faylar genellikle kalsit ve kil dolgulu olarak gözlenmektedir. Bu süreksizliklerin yüzeyleri genellikle muntazam dalgalı, bazen pürüzlü ve dalgalı olarak izlenmekte olup, sahanın geçirmiş olduğu tektonizmaya da ışık yutmaktadır.

### Eklemler

Hakim bir diğer süreksizlik türü de eklemlerdir. Tabaka doğrultularına göre, dike yakın ve paralel uzanan faylarla aynı veya yakın doğrultudadır. Bazen çapraz olarak birbirlerini kesmektedirler. Açıklıkları 0-10 mm arasında çoğunlukla kapalı olarak izlenirken, çatlak yüzeyleri genellikle düz ve az dalgalıdır.

Çoğunlukla dolgu malzemesi içermezler ve devamlılıkları 0.1-3 m arasında değişmektedir.

### Süreksizlik Konumlarının Saptanması

Çalışma sahasını, süreksizlik konumlarının saptanması amacı ile dört kısma ayrılarak her bir alt kısımda, süreksizliklerin stereo-diyagramlarla grafiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahasında dört tür süreksizlik takımı saptanmış olup, bunların kontur diyagramlarının, alt kesimlere göre

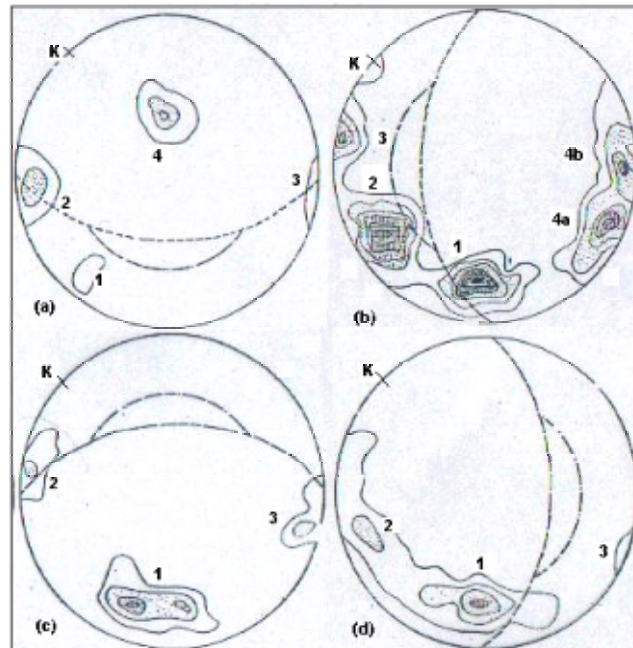
dağılımı Tablo 1’de sunulmuştur. Alt kesimlerin ocağın planındaki yaklaşık konumları Şekil 5’de, bu kesimlere ait kontur diyagramlar da Şekil 2’de sunulmuştur (Pelen,1977; Turanboy, 1992; Daler, 1998).

Kontur diyagramlardan elde edilen ana süreksizlik takımlarının ocağın duraylılığı üzerine etkileri ve bunların ayrıntıları, detaylı olarak önceki yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda açıklanmaktadır (Pelen, 1977; Turanboy, 1992; Daler,1998).

Tablo 1. Süreksizlik takımlarının alt kesimlere göre dağılımı.

Table 1. Distributions of discontinuity sets according to lower sectors.

Alt Kesim	Süreksizlik takımı	Eğim Yönü/Eğim	Alt Kesim	Süreksizlik takımı	Eğim Yönü/Eğim
1	4	218/30	3	1	50/65
	2	126/70		2	320/78
	3	310/83		3	152/75
Alt Kesim	Süreksizlik takımı	Eğim Yönü/Eğim	Alt Kesim	Süreksizlik takımı	Eğim Yönü/Eğim
2	1	36/58	4	1	45/60
	4a	332/76		2	116/70
	4b	310/80		3	326/86



Şekil 2. Çalışma sahasında ayrılan dört kesiminde süreksizliklerin stereo- net kontur diyagramları a) 1. kesim (ölçülen süreksizlik sayısı 66), b) 2. kesim (ölçülen süreksizlik sayısı 128), c) 3. kesim (ölçülen süreksizlik sayısı 112), d) 4. kesim (ölçülen süreksizlik sayısı 60).

Figure 2. Discontinuities stereo-net contour diagrams at selected four sector in resourch site a) 1st sector (measured discontinuities; 66), b) 2 nd sector (measured discontinuities; 128), c) 3rd sector (measured discontinuities; 112), d) 4th sector (measured discontinuities; 60.)

## LABORATUAR DENEYLERİ

Çalışma sahasında, ana formasyonu oluşturan kireçtaşı üzerinde, mekanik özelliklerin ortaya çıkarılmasına ve şev duraylılık analizlerinde kullanılmasına yönelik tek eksenli basma dayanımı deneyleri HÜ Maden Mühendisliği kaya mekaniği laboratuvarlarında, 20 ton kapasiteli oynar başlıklı hidrolik presle gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Tek eksenli basma dayanımı testleri üç ayrı kireçtaşı formasyonundan 14 karot örneği alınarak yapılmıştır. Bu deney için alınan kireçtaşı karotlarından dört adedi tabakalanmaya dik, diğerleri ise tabakalanmaya paralel yöndedir. Tek eksenli basma dayanımı, kayacın sağlamlığı ve taşıyacağı yük hakkında da fikir vermektedir.

## KAYAÇ KALİTE TANIMLAMASI, ( RQD )

Kaya kalite tanımlaması, RQD değeri (Deer, 1968; Hudson ve Priest, 1979) tarafından tanımlanan, bir kaya kütle sınıflanma sistemi olup, süreksizlik aralık değerini tek bir değer yerine, sınır değerler arasında tanımlamaktadır.

RQD sonuçlarından formasyonların süreksizlik yoğunluğu ile ilgili fikir edinilebilmektedir. Bu amaçla, çalışma sahasında, önceki yıllarda arama ve rezerv geliştirme çalışmaları için yapılan sondajlardan elde edilen karot örnekleri incelenmiş ve elde edilen değerler Tablo 3’de sunulmuştur.

## SÜREKSİZLİK ARALIKLARI

Süreksizlik aralık dağılımlarının ortaya çıkarılması için örneklenen iki kesimde, toplam 103 süreksizlik örneği alınmıştır. Süreksizlik aralık dağılımlarının ortaya çıkarılmasındaki amaç, süreksizlik dağılımlarının ocağın karşılıklı ve düşey yönde değişimini incelemektir.

Süreksizlik aralıklarının ölçülmesi, kaya kütleleri içinde görünmeyen blokların boyutlarını ve boyut dağılımını, su geçirgenliğini ve sızıntı karakteristiklerini belirleme amacıyla yapılırken; duraylılık analizlerinde ortamın süreksizlik yoğunluğunun ortaya çıkarılması delme patlatma işlemlerinde süreksizliklerin etkilerinin ortaya konulması gibi amaçlar içinde yapılmaktadır.

Tablo 2. Tek eksenli basma dayanımı test sonuçları.

Table 2. Results of uniaxial compressive strength tests.

Deney No: ⊥ /	D(Çap) (cm)	L(Boy) (cm)	P (kgf)	Tek Eksenli Basma Dayanımı	
				$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	Mpa
Krü3					
1 ⊥	5.472	15.198	26.6	1131	113.1
2	5.481	14.232	22.2	940	94
3 ⊥	5.481	15.95	21.4	907	90.7
4 ⊥	5.482	14.684	23.4	991	99.1
5 ⊥	5.472	15.09	21.2	901	90.1
Krü2					
1 ⊥	5.454	13.818	19.8	848	84.8
2 ⊥	5.454	14.25	17.18	735	73.5
3	5.438	14.41	21.8	939	93.9
4 ⊥	5.488	12.658	18.9	799	79.9
5	5.45	12.65	23.9	1025	102.5
Krü1					
1 ⊥	5.458	14.4	19.2	821	82.1
2 ⊥	5.46	12.9	20.1	858	85.8
3 ⊥	5.454	13.85	20.05	858	85.8
4	5.454	13.8	19.5	835	83.5

⊥ : Tabakalanmaya dik , || : Tabakalanmaya paralel

Tablo 3. Arama ve rezerv geliştirme çalışmaları için yapılan sondajlardan elde edilen karot örneklerine ait RQD sonuçları (Krç: kireçtaşı, Bks: boksit).

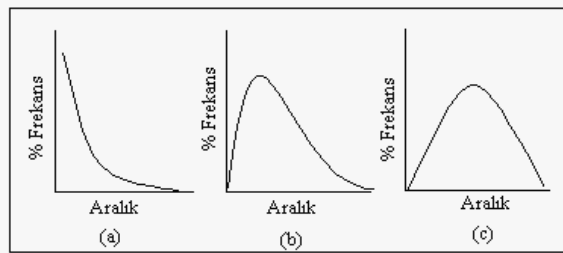
Table 3. RQD results related to core specimens obtained from exploration and development work at the site. (Krç: Limestone, Bks: Bauxite ).

Sondaj No:	Toplam Sondaj Boyu (m)	Alınan Karot Boyu(m)		10 cm'den büyük Karot boyu(m)		RQD %			
		Krçt	Bks	Krçt	Bks	Krçt	Ortalama	rç+Bks	Ortalama
1	55	24.7	0.95	18	—	72.8		70.0	
2	73	42.17	0.7	26	—	61.7		60.6	
3	73	40.1	1.9	29.3	—	73.3	74.7	69.7	72.35
4	80	41.7	0.85	32.5	—	77.9		76.3	
5	82	40	2.7	31.1	—	77.7		72.8	
6	134	62.55		53	—	84.7		84.7	

Süreksizlik aralık değerlerinin ortaya konulması jeostatistiksel bir yöntemdir. Jeostatistik yöntemlerde, birbirine yakın iki yerden alınan değerlerin rastgele ve birbirinden bağımsız olamayacağını, oranlarında bir dereceye kadar korelasyon kurulabileceği öngörülmektedir.

Ancak, klasik istatistiksel yöntemlerde, bilinmeyen bir topluluktan alınan numunelerin rasgele değişkenler olduğu ve birbirinden bağımsız olduklarını varsaymaktadır.

Bir topluluktan alınan değişkenlerin dağılımı üç temel dağılım göstermektedir. Bunlar; a)negatif ekponansiyel, b) log-normal, c) normal dağılımlardır Aralık – %frekans dağılım kuralları, şu şekilde tanımlanmaktadır (Şekil 3) (Rives, ve diğ., 1992). Negatif ekponansiyel dağılım, hat boyunca süreksizlik aralıklarının birbirinden bağımsız ve rasgele dağıldığını ifade etmektedir. Düzgün dağılımda bütün aralıklar eşit bulunma olasılığına sahiptir. Normal dağılıma ise ortalama aralık en çok görülen değer olmaktadır.



Şekil 3. Aralık – %frekans dağılım kuralları a)negatif ekponansiyel, b) log-normal, c) normal (Rives ve diğ., 1992'den düzenlenmiştir).

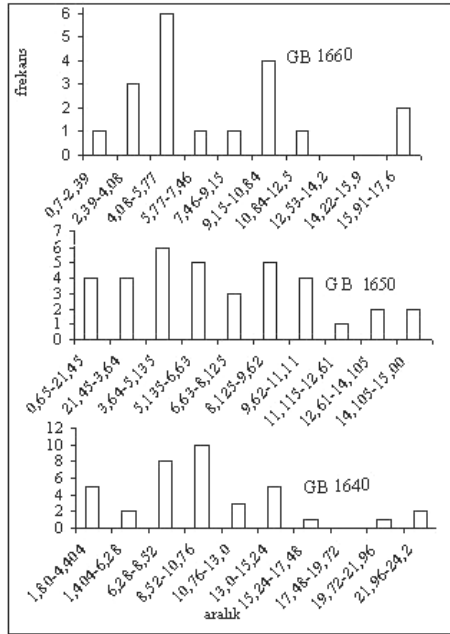
Figure 3. Rules of spacing – frequency% distributions (from Rives et al., 1992).

Kayaç içinde süreksizlikler düzgün dağılmamaktadır, süreksizlik sıklığının doğrultuya göre değişimi söz konusudur (Şenyur, 1990). Jeolojik ve mekanik faktörlerin etkisi ile kaya kütleleri içinde süreksizlik dağılımları iki veya daha fazla dağılım tipinin karışımı, karmaşık modeller göstermektedir. Geniş kaya kütleleri için dağılım, negatif ekponansiyel dağılıma yaklaşmaktadır (Hudson ve Priest 1979 ).

Süreksizlik aralıklarının ölçümlerinin yapılmasında Brady ve Brown ( 1985 ) tarafından verilen yöntemler uygulanmıştır. Buna göre, ölçüm aletleri, mm bölümlü şeritmetre ve bir jeolog pusulasıdır. Süreksizlik aralığı, süreksizlik uzanımı, süreksizlik yatım ve doğrultusu ölçülerek, süreksizlik bitim noktasının tipi, kıvrım, pürüzlülük kaydedilmektedir. İşlem, Şekil 4'de sunulmuştur (Hudson, 1990).

Süreksizlikler arası mesafe(süreksizlik aralığı), bir kaya kütlesi içinde veya yüzeyinde verilen bir doğrultudaki düzgün bir hat boyunca iki süreksizlik arasında ölçülen mesafedir. Şeritmetre hattı boyunca, ocağın karşılıklı iki kesiminde, altı basamak yüzeyinde toplam yaklaşık 2500 m'lik ölçüm yapılmıştır (Şekil 5). Süreksizlik aralık ölçümlerinin konumları, Şekil 5 üzerinde koyu renkli bölgelerle gösterilmiştir. Bu şekilde, izdüşüm ile gösterilen kesimler ise, süreksizliklerin konumlarının saptandığı çalışma kesimlerdir. Belirlenen süreksizlik aralık değerlerinin dağılımı, Tablo 4 ve 5'de, gerçekleştirilen çalışmalar sonucu elde edilmiştir. Bu verilerden oluşturulan süreksizlik aralığı-frekans dağılım histogamları, örneklenen





Şekil 7. GB kesiminde 3 kademenin süreksizlik aralığı-frekans dağılım histogramları.

Figure 7. Histograms of discontinuity spacing-frequency distributions for SW beaches.

## SONUÇ

Araştırma çalışmaları sonucu, şu genel değerlendirmeler yapılmıştır;

- Gerçekleştirilen tek eksenli basınç dayanım deneyi ve RQD sonuçlarına göre, her üç kireçtaşı formasyonun da sağlam ve orta

sağlamlık arasında kayaçlar olduğu tespit edilmiştir.

- Sahada dört adet süreksizlik takımı saptanmıştır. 1 nolu süreksizlik takımı sahanın genelinde belirgin olarak gözlenen, sahanında karakteristiği olan tabakalanmalardır.
- Sahanın geçmiş olduğu tektonizmalar sonucu, yaklaşık G-K ve D-B yönlü kuvvetler etkisinde kalmıştır. Bu kuvvetlerin etkisi altındaki büyük atımlı (doğrultu, eğim atımlı) faylar, aynı yönlerde izlenebilmektedir.
- Açık ocak basamaklarında, düzgün bir hat boyunca yapılan şerit metre ölçümlerinde; süreksizlik sıklık dağılımları, negatif eksponansiyel ve log normal arası dağılım göstermektedir. Her bir basamak için yapılan ölçümlerden elde edilen dağılımlar, sadece verilen doğrultu için geçerli olmaktadır.
- Süreksizlik sıklıkları incelendiğinde, kesit boyunca kademeler arasında, düşey yönde fazlaca bir değişim gözlenmemektedir. Ocak kesiti boyunca düşey yönde, olası süreksizlik sıklıklarının değişimi açık şekilde belirlenmemiş, ancak bu süreksizlik setleri ile birlikte gelişen küçük boyutlu, daha üst katlarda süreksizlik sistemlerine düzensiz olarak sıkça rastlanmıştır.

Aralık-%frekans dağılımının, veri sayısının artırılması ile olası değişimi, RQD - Süreksizlik aralığı arasındaki ilişkiler ve kaya kütleleri içinde görünmeyen blok boyut dağılımlarının ortaya konulmasına yönelik teorik ve arazi çalışmaları devam etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Brady, B. G. H. and Brown, E. T., 1985, Rock Mechanics for Underground Mining, Allen Unwin, London.
- Daler. H., 1998, Etibank Doğankuzu Kuzey Blok Boksit Yatağı İşletme Projesi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 93 s.
- Deere U. ,1968, Rock Mechanics in Engineering Practice, Willey, London.
- ETİ faaliyet raporu, 1992, Etibank Alüminyum İşletmesi Faaliyet Raporu, Seydişehir.
- Harder, E.C. and Greig, E.W., 1960, Bauxite: In Industrial minerals and rock-non metallics other than fuels, New York, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers,
- Hudson. J.A. and Priest S.D., 1979, Discontinuities and rock mass geometr., Int.J. Rock Mech. Min. Sci.
- Hudson. J.A., 1990, Rock Mechanics Principles in Engineering Practice, CIRIA, Ground Engineering Report, London
- ISRM, 1978, International for Rock Mechanics on Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses, International Journal of Rock Mechanics Sci, Vol.15

- Karadağ.M..M,1987, Seydişehir Yöresi Boksitlerinin jeolojik, petrografik ve Jenetik İncelemesi, Doktora Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pelen, A., 1977, Doğankuzu (Güney Bloku) Boksit Yatağı Arama Raporu, E.T.İ Raporu, Seydişehir
- Rives, T., Razack, M., Petit. J.P. & Rawnsley K.D.,1992, Joint spacing: analogue and numerical simulation. Journal of structural geology, Vol.14.PergamonPress
- Şenyur, G., 1990, Şeritmetre sistemi(Scanline) ile yapılan RQD ölçümünün istatistiksel değerlendirmesi, Kaya Mekaniği Bülteni, 5., Türk Ulusal Kaya Mekaniği Derneği Yayını.
- Turanboy, A., 1992, Doğankuzu Güney Blok Boksit Ocağının (Seydişehir) Şev Duyarlılığı, H.Ü. Fen. Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Ankara,43 s.
- Turanboy, A., 1998, Açık Ocakların Matematiksel Modellemesi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Konya,124 s.