

Aydın ÖZSAN\*, Yusuf Kaan KADIOĞLU\*

\* Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Ankara

# Sulakyurt baraj yeri granitoidlerinin mühendislik jeolojisi özellikleri<sup>(\*)</sup>

*Sulakyurt baraj yeri Ankara ilinin 130 km doğusunda Taretözü deresi üzerindedir. Bu araştırmada Sulakyurt baraj yeri sondajlarındaki RQD, basınçlı su testleri, ile SPT deney sonuçları değerlendirilmiştir. Baraj yeri temelini oluşturan granitoidlerden tonalit ile diyoritin jeolojik, yapısal, ayrışma, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş ve kaya birimleri mühendislik amaçlarına göre sınıflandırılmıştır. Bu özelliklere göre tonalit; çok zayıf kaliteli, orta ile yüksek derece arasında ayrılmış, az geçirimli-geçirimsiz, sık-çok sık eklemli, eklemelerde çok fazla süreklilik eklem açıklığı 1-2 mm arasında ve orta dayanımlıdır. Diyorit; çok zayıf kaliteli, yüksek derecede ayrılmış, geçirimsiz, sık ile çok sık eklemli, eklem sürekliliği çok fazla, eklem açıklığı 0.5-2 mm ve az ile orta dayanımlıdır.*

## Giriş

Sulakyurt baraj yeri Ankara ilinin 130 km doğusunda, Sulakyurt ilçesinin yaklaşık 5 km kuzeyinde Taretözü deresi üzerindedir (Şekil 1).

Toprak dolgu baraj olarak planlanan Sulakyurt barajı'nın talveg kotu 745 m, temelden yüksekliği 41 m, kret uzunluğu 350 m'dir. Sulakyurt Barajı ile Sulakyurt ilçesi ve Kızılırmak nehri arasında kalan alanın sulu tarıma açılması planlanmaktadır (DSİ 5. Bölge, 1995).

Bu araştırmada, baraj yerinde açılan sondajlardaki RQD ile yapılan lugeon ve SPT testler değerlendirilmiş ve Sulakyurt baraj yerini oluşturan granitoidlerinin jeolojik, fiziksel ve mekanik özellikleri saha ve laboratuvar çalışmaları ile belirlenmiştir.

## Sulakyurt baraj yeri sondajları

Sulakyurt baraj yeri temel araştırmalarında sol sahilde (2), tünel güzergahında (5), baraj aksı boyunca (8), dolusavakta (2) ve alüvyonda (5) olmak üzere toplam 22 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Sondajların toplam uzunluğu 788.72 metredir.

Sondajlarda yapılan RQD, lugeon ve SPT deney sonuçları aşağıdadır;

### Kaya kalitesi özelliği (RQD)

Sulakyurt baraj yerindeki tonalit ve diyoritlerdeki kaya kalitesi özelliği için karotlardan elde edilen veriler kullanılarak bulunmuştur (Deere, 1968). Baraj yerinde yapılan sondajlardan elde edilen karot verimi ve kaya kalitesi çoğunda çok düşüktür. 22 sondajdan sadece 9 tanesinde RQD hesaplanmış diğerlerinde RQD = 0 bulunmuştur. Kaya birimlerine ait RQD yüzdeleri (%) Tablo 1'de gösterilmiştir.

### Geçirimsizlik ve SPT

Sulakyurt baraj yerinde tonalit ve diyoritlerdeki geçirimsizlik basınçlı su testleri ile, (lugeon) alüvyondaki geçirimsizlik ise SPT deneyleri ile hesaplanmıştır.

Sondajlarda toplam 75 adet basınçlı su testi yapılmış, elde edilen lugeon kümülatif eğrisinde birimler az geçirimli ve çoğunlukla geçirimsizdir (Şekil 2).

Alüvyondaki SK-9, SK-11 ve SK-12 sondajlarında standart penetrasyon testleri (SPT) sıklık dereceleri Terzaghi ve Peck (1968)'e göre bulunmuş, yüzde (%) olarak Tablo 2'de gösterilmiştir.

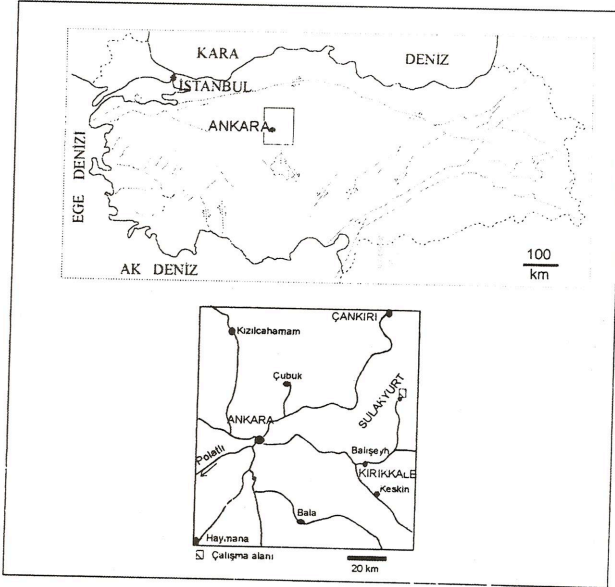
## Sulakyurt baraj yeri granitoidlerinin saha özellikleri

Bu bölümde baraj yerindeki granitoidlerden tonalit ve diyoritin mineralojik, petrografik yapısal ve ayrışma özelliklerinden bahsedilecektir.

### Minerolojik ve petrografik özellikler

Çalışma alanında esas olarak diyorit, tonalit ve çok az yayılım gösteren dasit yüzeylenmektedir. Bu birimlerin üzerinden geçen Taretözü deresi sağ ve sol sahilleri yamaç molozları ile sınırlanmaktadır (Şekil 3). Diyoritler çalışma alanının sağ ve sol sahil yamaçlarında yüzeylenmekte olup gri, yeşilimsi si-

\* 17-19 Şubat 1997 Jeoloji Mühendisliği ve Sondaj Uygulamaları Simpozyumunda bildiri olarak sunulmuştur.



Şekil 1. Baraj yerinin konum haritası.

yah ve koyu yeşil renklerini gösterirler, faneritik dokuludurlar. Mikroskop altında yapılan ayrıntılı mineralojik ve petrografik çalışmalara göre diyoritler holokristalin dokulu ve yer yer subofitik doku özelliği göstermektedirler. Amfibol, oligoklas,

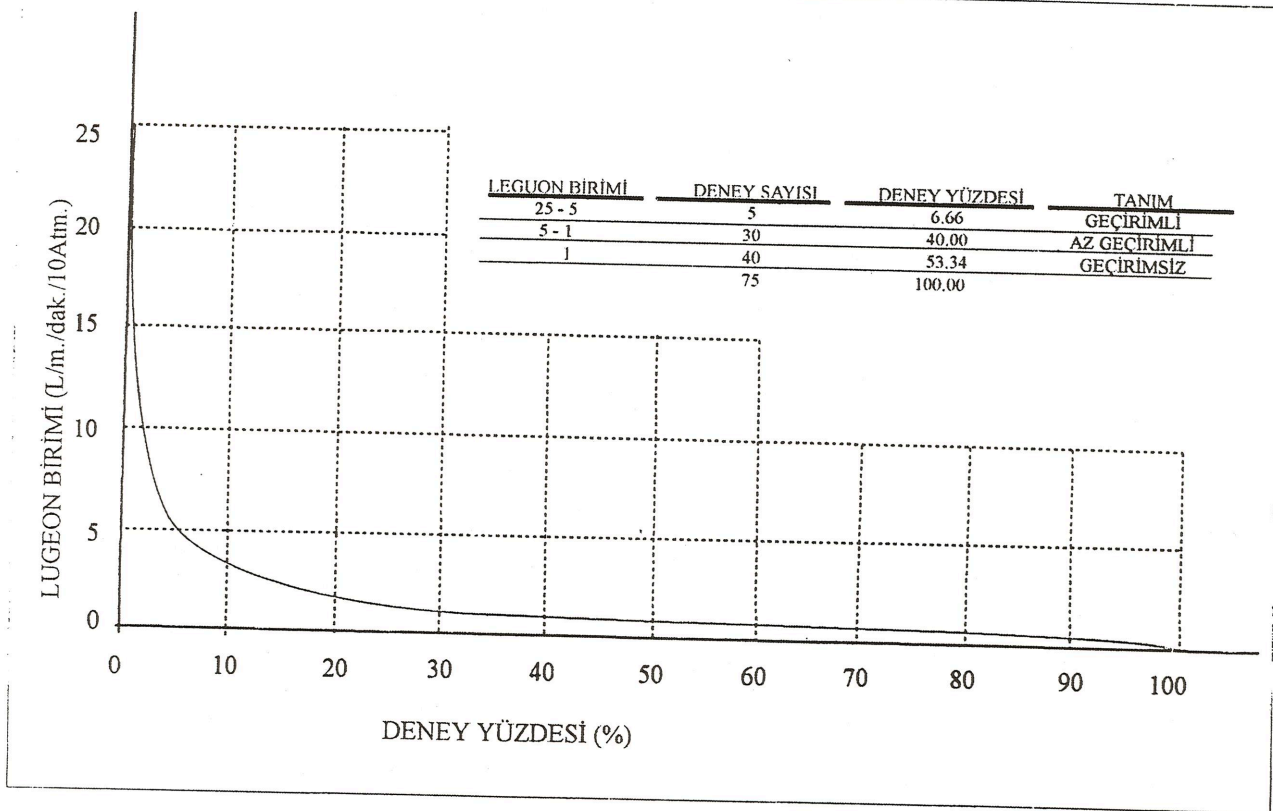
Tablo 1. Sulakyurt baraj yeri sondajlarındaki tonalit ve diyoritin RQD değerleri.

Sondaj No	RQD (%)		
	Tonalit	Diyorit	Kaya Kalitesi Tanımı
SK-1	0.87	1.2	çok kötü
SK-2	-	0.38	çok kötü
SK-6	-	1.15	çok kötü
SK-13	-	3.53	çok kötü
SK-14	-	4.15	çok kötü
SK-16	4.94	0.18	çok kötü
SK-17	5.53	-	çok kötü
SK-20	-	0.51	çok kötü
SK-22	-	2	çok kötü

Tablo 2. Standard penetrasyon test sonuçları.

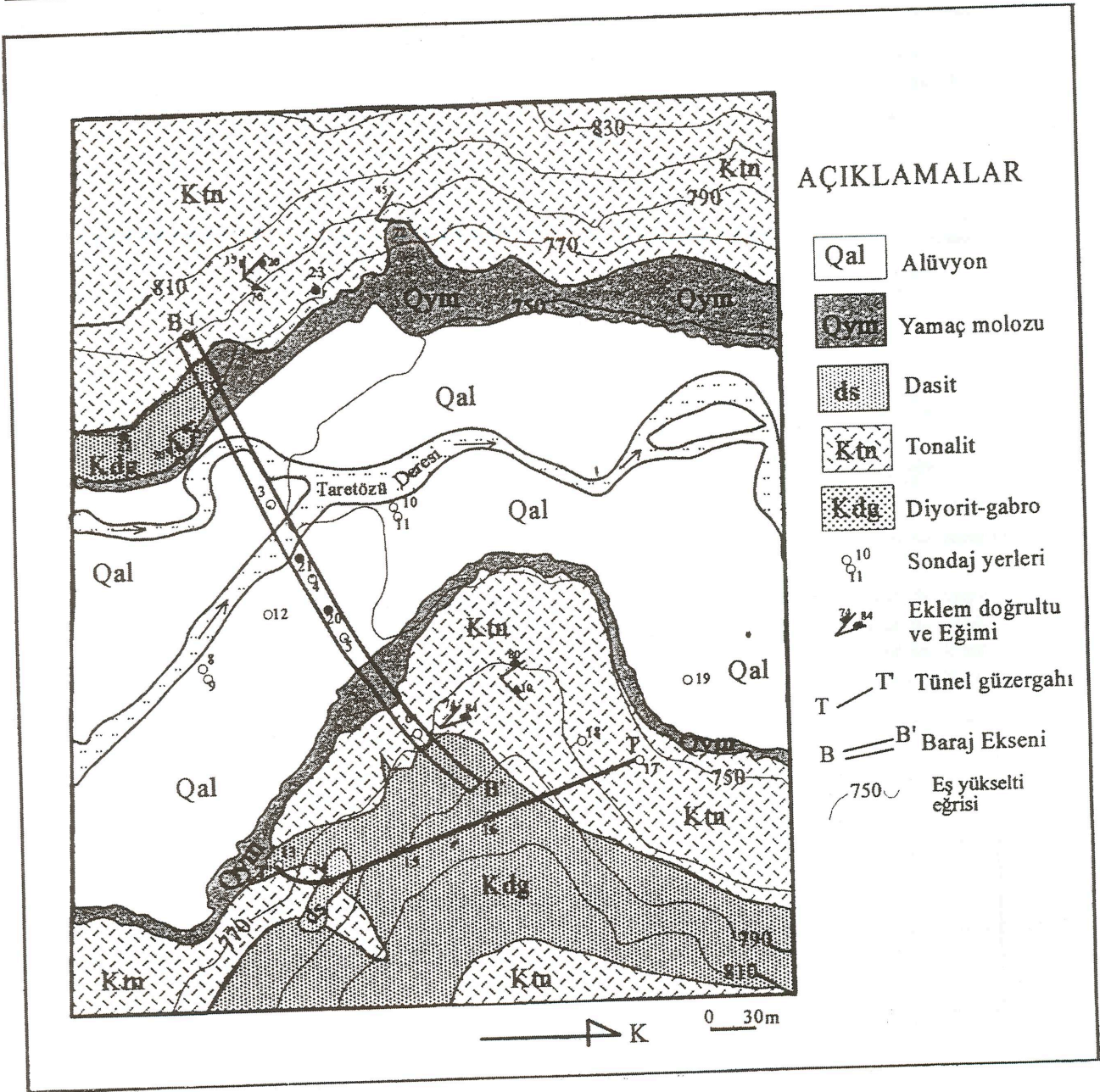
Sondaj No	SPT (%)			
	Gevşek	Az Sıkı	Sıkı	Çok Sıkı
SK-9	3.85	11.54	7.69	76.92
SK-11	3.85	42.31	30.77	23.07
SK-12	4.35	8.70	13.04	73.91

andezin ana mineral bileşimini oluşturmakta, biyotit, epidot, kalsit, titanit, kuvars ve opak mineraller ise tali olarak görülmektedir. Diyoritler üzerindeki sondajlardan alınan karotlarda derine doğru gidildikçe, kayacın diyoritten gabroya doğru geç-



Şekil 2. Sulakyurt baraj yeri lugeon kümülatif eğrisi.





Şekil 3. Baraj yerinin jeoloji haritası.

tiği görülmektedir. Bu gabrolar daha çok mikro gabro özelliği göstermekte, koyu yeşil ve yeşilimsi siyah renge olup mikroskop altında ise labrodor, andezin, amfibol, piroksen kalıntıları, epidot ve opak minerallerden oluşmaktadır.

Tonalitler açık gri ve beyazımsı gri görülmekte olup faneritik dokuludurlar. Tonalitler çalışma alanında en yaygın kayalık birimini oluşturmaktadır, diyoritler ile sinüzoidal dokanak ilişkisi göstermektedirler. Tonalitler mikroskop altında holokristalin tanesnel dokulu olup başlıca plajiyoklas ve kuvars minerallerinden meydana gelmekte, bunun yanında amfibol, klorit ve

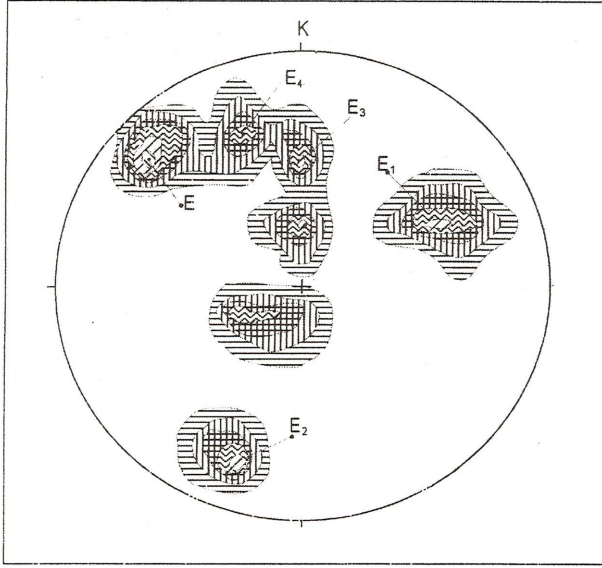
tali olarak epidot ve opak mineraller içermektedir. Yayılmı fazla olmayan dasit bileşimli volkanik kayalar çalışma alanının sağ sahilinde diyorit ve tonalitlerin üzerine gelmektedir.

Dasitler mikroskop altında hiyolopilitik dokulu olup idiyomorf kuvars, plajiyoklas, alkali feldispat, biyotit, klorit ve opak mineralleri içermektedir.

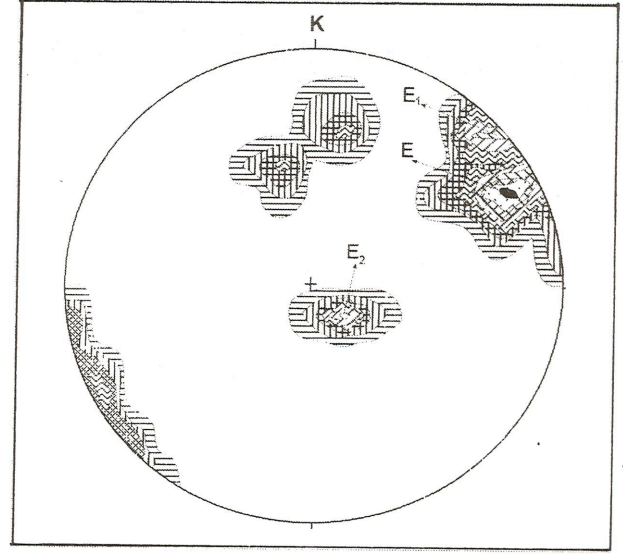
#### Yapısal özellikler

Sulakyurt baraj yerindeki tonalit ve diyoritlerdeki eklemler en önemli yapısal unsurlardır. Baraj yerindeki eklemler ile ilgili çalışmalar için ISRM (1978) metodundan faydalanılmıştır.





Şekil 4. Sulakyurt baraj yeri sol sahilde ölçülmüş 125 eklemnin eşit alan izdüşümü.



Şekil 5. Sulakyurt baraj yeri sağ sahilde ölçülmüş 144 eklemnin eşit alan izdüşümü.

Bu metotta Sulakyurt baraj yerinde mostra veren granitoidlerdeki eklemelerin yönleri, sıklığı, ara uzaklığı ve açıklığı belirlenmiştir.

Sulakyurt baraj yeri sol sahilinde 125, sağ sahilde 144 olmak üzere toplam 269 eklem ölçüsü alınmıştır. Bu ölçülere bağlı olarak baraj yeri sol ve sağ sahil için eşit alan izdüşümleri hazırlanmıştır (Şekil 4 ve 5).

Ana eklem takımları aşağıda gösterilmiştir.

#### Sol Sahil

E=K41D/74KB  
E<sub>1</sub>=K27B/54KD  
E<sub>2</sub>=K71B/72GB  
E<sub>3</sub>=D-B/48K  
E<sub>4</sub>=K70D/61KB

#### Sağ Sahil

E=K29B/80KD  
E<sub>1</sub>=K43B/86KD  
E<sub>2</sub>=K44D/15GD

Tonalitteki eklemelerin sıklığı 60-170 mm (sık eklemli) arasında değişmektedir. Bu sıklık bazı yerlerde 60 mm'nin (çok sık eklemli) altında gözlenmiştir. Tonalitlerde ölçülen eklemlerdeki süreklilik 20 m'nin üzerindedir (çok yüksek süreklilik). Tonalitlerin eklemelerindeki açıklık 1-2 mm (açık) arasında değişir. Dolgu malzemesi çoğunlukla klorittir.

Diyoritte ölçülen eklemelerdeki sıklık 30-150 mm (çok sık eklemli) arasındadır. Eklemeler çok yüksek süreklilik (>2 m) gösterirler. Eklem açıklıkları 0.5-2 mm arasında olup çoğunlukla klorit ve kalsit dolgu içerirler.

#### **Bozunma özellikleri**

Sulakyurt baraj yeri kayalarındaki bozunma; günlenme ve alterasyon şeklinde izlenmiştir.

#### **Kayaçlarda günlenme**

Granitoid kayaları üzerine ilk günlenme modeli İrfan ve Dearman (1978) tarafından ortaya konulmuştur. Granitoidlerden elde edilen ince kesit analiz sonuçlarına göre tonalit bileşimindedirler. Çalışma alanında yer alan diyorit ve tonalitler

atmosfer etkisinde kalarak ileri derecede günlenmişlerdir. Diyoritler günlenme sonucu yeşil ve yeşilimsi gri renk tonlarında kumullar haline gelmektedir. Mikroskop altında günlenmiş diyoritler ileri derece kloritleşme ve killeşme göstermektedir. Kloritleşmeler amfidol, killeşmeler ise plajiyoklas minerallerinden kaynaklanmaktadır.

Günlenmiş tonalitler ise içermiş oldukları kuvars minerallerinden dolayı daha fazla kırıntı içermekte olup açık gri ve bej gri renk tonlarındadır. Günlenmiş tonalitler mikroskop altında ileri derecede killeşme, serizitleşme ve az olarak kloritleşme göstermektedir. Serizitleşme ve kloritleşme plajiyoklasların, kloritleşme ise amfibol minerallerinin ayrışması sonucu oluşmuştur.

Sulakyurt baraj yerindeki granitoidler farklı günlenme dereceleri gösterirler. Saha özellikleri ile ayrılan bu günlenme derecelerinin yeraltı ile olan ilişkileri sondajlarla belirlenmiştir (Tablo 3).

#### **Kayaçlarda alterasyon**

Diyorit ve tonalitler yüzeysel ayrışmanın yanı sıra, kırık çatlakları boyunca derinden gelen hidrotermal çözeltilerin etkisi ile de alterasyona uğramışlardır. Diyoritler gerek makroskobik gerekse mikroskobik olarak kılcal damarlar şeklinde epidotlaşma ve karbonatlaşma göstermektedirler. Epidotlaşma bazı örneklerde yaygın bir şekilde gelişmesinden dolayı kayaca duraylılık ve açık yeşil renk özelliğini kazandırmıştır. Ancak bunlar çok sık tekrarlanan damar kılçıkları şeklinde görüldükleri için kayacın dayanım gücü azalmış, kırılabilirliği artmıştır.

Tonalitlerde görülen alterasyon özelliği nisbeten daha az ve daha çok epidotlaşma ve silisleşmeler şeklinde görülmektedir. Alterasyon sonucu gelişen silisleşmeler tonalit kayacının dayanım gücünü arttırmakta ve daha sağlam hale getirmektedir.

Tablo 3. Sulakyurt baraj yeri granitoidlerdeki günlenme dereceleri.

Sondaj No	Günlenme Derecesi	Sondaj No	Günlenme Derecesi	Açıklama
SK-1	W5,W3,W2	SK-14	W3,W2	W2:Az derecede günlenmiş W3:Orta derecede günlenmiş W4:İleri derecede günlenmiş W5:Tamamıyla günlenmiş
SK-2	W5,W4,W3	SK-15	W5,W3	
SK-3	W3,W2	SK-16	W4,W3,W2	
SK-4	W3	SK-17	W5,W2	
SK-5	W3	SK-18	W5,W3	
SK-6	W5,W4,W3	SK-20	W4,W3	
SK-8	W3	SK-21	W5,W3	
SK-10	W4	SK-22	W5,W3	
SK-14	W2	SK-23	W5,W4	

### Fiziksel ve mekanik özellikler

Sulakyurt baraj yerindeki sondajlardan alınan karotlarda yapılan laboratuvar testleri sonucunda tek eksenli basınç dayanımı, çekme dayanımı ve üç eksenli test sonuçları gösterilmiştir (Tablo 4). Ayrıca tek eksenli basınç dayanımına göre tonalit ve diyoritin yeri çeşitli kaya sınıflamalarında gösterilmiştir. Bu kaya sınıflamalarında tek eksenli basınç değerlerine göre tonalit ve diyorit orta dayanımlı kaya sınıfındadır (Şekil 6).

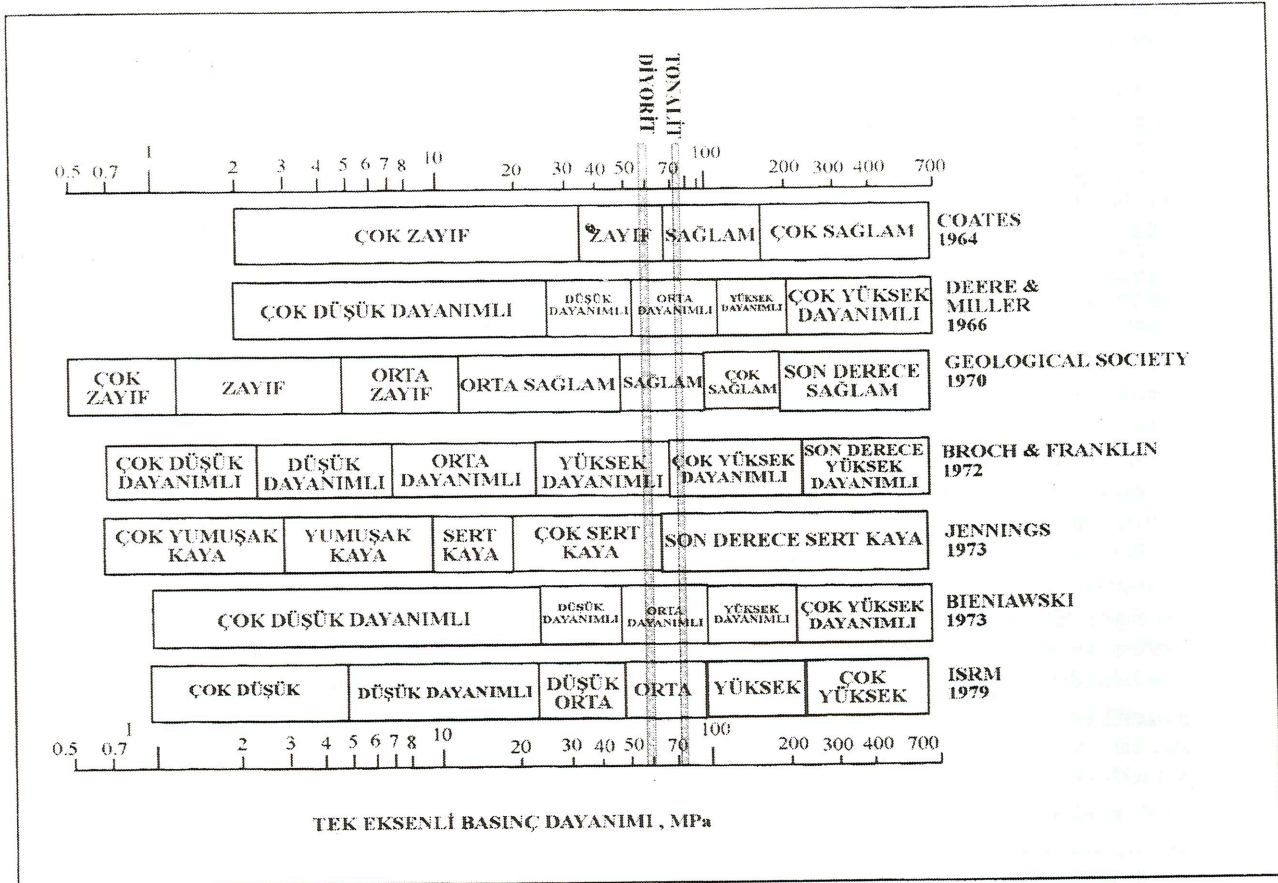
### Sonuçlar

Sulama amaçlı olarak planlanmış Sulakyurt baraj yerinde granitoid kayaları bulunmaktadır. Bunlar tonalit, diyorit ve

Tablo 4. Tonalit ve diyoritin fiziksel ve mekanik özellikleri.

	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Mpa)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Birim Ağırlığı (ton/m <sup>3</sup> )	Üç Eksenli Test Sonuçları (m)	(t)
Tonalit	74	6,5	2,70	6,2	1
Diyorit	60	5,2	2,68	4,6	1

çok az da dasit şeklinde görülmektedirler. Baraj yerinde yapılan sondajlarda RQD, basınçlı su testleri, SPT deneyleri ile litoloji, geçirimsizlik ve kaya kalitesi değerlendirilmiş, granitoidlerin saha ve laboratuvar özellikleri belirlenmiştir. Saha özelliklerine göre tonalitler ve diyoritler sık-çok sık eklemli olup sırasıyla eklem açıklığı 1-2 ile 0,5-2 mm arasındadır. Her iki brimde de eklem sürekliliği 20 m'nin üstündedir. 20 Tonalitlerde ayrışma sonucu gelişen killeşmeler kayacın dayanım gücünü azaltmakta, silisleşme ise artırmaktadır. Diyorit-Gabroyik kayalarda ayrışma sonucu oluşan kloritleşme ve epidotlaşma da dayanım gücünü azaltmaktadır. Tonalitlerin gerek mineralojik bileşimi gerekse ayrışma ürünleri kayaların mekanik özelliklerini etkilemektedir. Bunun sonucu olarak Tonalit tek eksenli dayanım direnci ortalama 74 Mpa Diyoritin 60



Şekil 6. Tonalit ve diyorit için çeşitli dayanım sınıflamaları.

Mpa'dır. Bu değerlere göre Tonalit ve Diyoritin çeşitli dayanım sınıflamalarındaki yeri orta kayaya girmektedir.

## Katkı Belirtme

Yazarlar bu araştırma için olanak sağlayan DSİ 5. Bölge Müdürlüğüne ve arazi çalışmalarında yardımcı olan Jeo. Müh. Necdet Kararaslan'a teşekkür ederler.

## Değınilen Belgeler

Deere, D.U., 1968, Geological Considerations: "Rock Mechanics in engineering practice. ed. R.G.S Tagg and D. C Zienkiewicz, Willey, New York, pp 1-20.

D.S.İ., 1995, Kızılırmak Sulakyurt Projesi Sulakyurt Barajı ve sulama kanalları mühendislik jeolojisi ön inceleme raporu. D.S.İ. 5. Bölge Müdürlüğü Ankara.

İrfan, T.Y. and Dearman, W.R., 1978, ENgineering classification and index properties of weathered granite: Bull. Inst. Ass. Engng. Geol., 17, 79-90.

ISRM 1978, Suggested Methods for quantitative description of discontinuities in rock masses Int. J. Rock Mech Min Sci. Geomech. Abstr., 15, 319-369.

Terzaghi, K. and R. B., Peck, 1968, Soil Mechanics in Engineering Practice (2 nd edn). Wiley, New York.