



MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

TÜRK MİLLİ KOMİTESİ

BÜLTENİ

25 ^{YIL} **18**
HAZİRAN
2002

İçindekiler

Yeni Bir Sınava Doğru

<i>Ankara Şereflikoçhisar Kuzeydoğusundaki Evaporitlerin Jeomekanik Özellikleri ve Ayrışma Derecesi</i>	<i>N. Kutlu ve R. Kılıç</i>	<i>1</i>
<i>Malatya Boztepe Barajı Çevirme Tüneli Güzergahının Jeoteknik İncelemesi</i>	<i>Z. Gürocak ve R. Kılıç</i>	<i>19</i>
<i>Mohr-Coulomb Yenilme Kriterinden Elde Edilen Makaslama Dayanımı Parametrelerinin Güvenliği</i>	<i>F. Bulut</i>	<i>29</i>
<i>Uruş Baraj Yeri Volkanik Kayaçlarının Jeoteknik Değerlendirilmesi</i>	<i>A.Özsan ve M. Akın</i>	<i>34</i>
<i>İstanbul Tersiyer Çökeltilerinin Stratigrafisi ve Mühendiklik Özellikleri</i>	<i>M. Yıldırım</i>	<i>48</i>
<i>Ege Bordo Mermerinin Mühendislik Jeolojisi</i>	<i>A.B. Yavuz</i>	<i>63</i>

Yönetim Kurulu

Başkan: Prof. Dr. Erdoğan YÜZER (İTÜ Maden Fak. - İstanbul)

Genel Sekreter: Prof. Dr. Okay EROSKAY (İÜ Müh. Fak. - İstanbul)

Genel Sekreter Yrd.: Doç. Dr. Atiye TUĞRUL (İÜ Müh. Fak. - İstanbul)

Sayman: Dr. Erdal ŞEKERCİOĞLU (Akpınar İnşaat - Ankara)

Üye: Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ (SDÜ Müh. Fak. - Isparta)

Üye: Prof. Dr. Reşat ULUSAY (HÜ Müh. Fak. - Ankara)

Üye: Doç. Dr. Remzi KARAGÜZEL (SDÜ Müh. Fak. - Isparta)

Yayın Danışma Kurulu

Prof. Dr. Remzi DİLEK (KTÜ)

Prof. Dr. Vedat DOYURAN (ODTÜ)

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ (ÇÜ)

Prof. Dr. Okay GÜRPINAR (İÜ)

Doç. Dr. Remzi KARAGÜZEL (SDÜ)

Prof. Dr. Erçin KASAPOĞLU (HÜ)

Prof. Dr. Şakir ŞİMŞEK (HÜ)

Doç. Dr. Atiye TUĞRUL (İÜ)

Prof. Dr. Necdet TÜRK (3 Eylül Üniv.)

Doç. Dr. Reşat ULUSAY (HÜ)

Prof. Dr. Mahir VARDAR (İTÜ)

Prof. Dr. Erdoğan YÜZER (İTÜ)

Yayın Düzenleme Kurulu

Prof. Dr. Okay EROSKAY (İKÜ)

Prof. Dr. Recep KILIÇ (AÜ)

Doç. Dr. Tamer TOPAL (ODTÜ)

Bu sayının baskısı TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası tarafından gerçekleştirilmiştir.

Yazışma Adresi

Prof. Dr. E. YÜZER

İTÜ Maden Fak. Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı

Ayazağa Kampüsü 80626 Maslak - İstanbul

Tele Fax: 0212 285 61 46

Prof. Dr. Okay EROSKAY

İÜ Mühendislik Fak. Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı

Avcılar Kampüsü 34850 Avcılar - İstanbul

Tel: 0212 279 89 37 / Fax: 0212 279 92 29

İçindekiler

Yeni Bir Sınava Doğru

<i>Ankara Şereflikoçhisar Kuzeydoğusundaki Evaporitlerin Jeomekanik Özellikleri ve Ayrışma Derecesi</i>	<i>N. Kutlu ve R. Kılıç</i>	<i>1</i>
<i>Malatya Boztepe Barajı Çevirme Tüneli Güzergahının Jeoteknik İncelemesi</i>	<i>Z. Gürocak ve R. Kılıç</i>	<i>19</i>
<i>Mohr-Coulomb Yenilme Kriterinden Elde Edilen Makaslama Dayanımı Parametrelerinin Güvenliği</i>	<i>F. Bulut</i>	<i>29</i>
<i>Uruş Baraj Yeri Volkanik Kayaçlarının Jeoteknik Değerlendirilmesi</i>	<i>A. Özsan ve M. Akın</i>	<i>34</i>
<i>İstanbul Tersiyer Çökeltilerinin Stratigrafisi ve Mühendiklik Özellikleri</i>	<i>M. Yıldırım</i>	<i>48</i>
<i>Ege Bordo Mermerinin Mühendislik Jeolojisi</i>	<i>A.B. Yavuz</i>	<i>63</i>

Yeni Bir Sınava Doğru

Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi, 1981 yılında başarı ile sonuçlandığı bir sınavdan 22 yıl sonra yeni bir sınava hazırlanıyor! Anımsanacağı gibi, 1981 yılında **“Engineering Geological Problems of Construction on Soluble Rocks”** konusunda Uluslararası bir sempozyum yapılmıştır. Bu tarihten sonra çeşitli nedenlerle benzeri bir uluslararası toplantı düzenlenmemiştir. Komitemizin 1998 yılından bu yana yaptığı ısrarlı girişimlerle, 15-18 Eylül 2003 tarihinde **“Industrial Minerals and Building Stones, IMBS 2003”** konusunda bir sempozyum yapılacaktır. Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Birliğinin (IAEG) sempozyumun hazırlıkları yönetim kurulumuzun geçen dönem içinde ağırlıklı uğraşı konusunu oluşturmuştur.

Yönetim Kurulumuz 2001-2002 yılında, İstanbul’da 6 toplantı yapmıştır. Komitemize kayıtlı kişisel ve kurumsal aktif üye sayısı 64’tür.

IAEG Bülteni, bilindiği gibi 1998 yılından bu yana Springer-Verlag tarafından aktif üyelerin komitemize bildirilen adreslerine doğrudan gönderilmektedir.

2001-2002 döneminde IAEG Bültenlerinden no.60/1’de Ö. HUVAZ ve M. VARDAR’ın **“Assesing the efficientey and applicability of contact grouting in the Istanbul Subway”**, S. Türkmen, E. ÖZGÜLER, A. ERTUNÇ’un **“Gypsum/Anhydrite: some engineering problems”** ve Ü. ÖZER, İ. THEVEVIN, H. WACKERNAGEL, M. ANIL ve M. YÖRÜKOĞLU’nun **“Etüde geo-statistique multivariable de la quailite du lignite d’ Afşin-Elbistan, project de Çöllolar (Turquie)”**, no 60/4’de S. YAĞIZ’ın **“Brief note on the influence of shape and percentage of gravel on the shear strength of sand and gravel mixtures”** adlı makaleleri yayınlanmıştır. Uluslararası düzeyde, ülkemizin adının ve yapılan çalışmaların pek azının da olsa sergilenmesi bakımından bu değerli katkıları için meslekdaşlarımıza teşekkür eder, kendilerini kutlarız.

Bu yıl Erguvanlı Kollokyumu 15 Kasım 2002 tarihinde İstanbul Kültür Üniversitesinde **“Türkiye Endüstriyel Mineraller ve Yapı Taşları Endüstrisinde Son Gelişmeler”** konusunda yapılacaktır. 2003 Eylülünde yapılacak Uluslararası Sempozyumun konusu ile örtüşecek şekilde özellikle oluşturulan bu kollokyum teması ile, ülkemizdeki bilimsel potansiyelin, bir yıl öncesinden saptanması amaçlanmaktadır.

İmar Yasası Kanun Taslağı’na ilişkin Komitemiz Yönetim Kurulu görüşleri hazırlanarak ilgili kurum ve kuruluşlara rapor halinde bildirilmiştir.

Milli Komitemiz üyelik kimlik kartlarını hazırlamış ve bunlar sahipterine ulaştırılmıştır.

Genel Kurulumuzun açılışında izlendiği üzere Mühendislik Jeolojisi 2001 yılı ödülleri, emek veren değerli meslekdaşlarımıza dağıtılmıştır. Bu dönemde, ödül duyurusu üniversitelerimize ve uygulayıcı kurumlarımıza gönderilmiştir. Üniversite ve kurumlarımızdan Bitirme Ödevi düzeyinde

iki adet, Yüksek Lisans düzeyinde 6 adet, Doktora düzeyinde ise 3 adet tez ile, 3 adet makale ödüle aday gösterilmiştir. Yönetim Kurulumuz dışında oluşturulan 6 kişilik seçici jürinin yaptığı değerlendirme sonucunda, ödüller 2002 yılı Genel Kurulu'nun açılışında dağıtılmıştır. Kendilerini gönülden kutlar, başarılı çalışmalarının devam etmesini dileriz.

Bu vesile ile, ödüle hak kazanan yayınların seçiminde, özverili ve titiz çalışmaları ile emek veren, Jüri üyeleri Prof. Dr. Vedat DOYURAN, Prof. Dr. Erçin KASAPOĞLU, Prof. Dr. Recep KILIÇ, Prof. Dr. Mustafa ERDOĞAN, Prof. Dr. Okay GÜRPINAR, Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM'a içten teşekkürlerimizi sunarız.

5-7 Ağustos 2001 tarihleri arasında Helsinki-Finlandiya'da yapılan Aggregate 2001 Sempozyumu öncesinde IAEG Konsey ve Genel Kurul toplantılarında Milli Komitemizi, Komitemiz Başkanı Prof. Dr. Erdoğan YÜZER temsil etmiştir. Konsey toplantısındaki 2003 yılı, Eylül ayında İstanbul'da yapılacak olan **"Industrial Minerals and Building Stones"** konulu uluslararası sempozyum hakkında Prof. Dr. Erdoğan YÜZER tarafından tanıtıcı bir sunum yapılmıştır. Ayrıca, bu toplantılarda katılımcılara sempozyumun ilk duyuruları dağıtılmıştır.

IAEG tarafından iki yılda bir verilen ödüllerden **"Richard Wolter's Prize"**ı ülkemizden ilk kez Doç. Dr. Atiye TUĞRUL ile komisyon üyeleri tarafından hazırlanan rapor Durban'da yapılacak olan Agregat Komisyon Toplantısı'nda sunulacaktır.

2001-2002 yılı Milli Komitemiz Haber Bülteni, Süleyman Demirel Üniversitesi'nden Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL'in önemli katkıları ile hazırlanmış ve Genel Kurul toplantısında katılanlara dağıtılmıştır.

Milli Komitemizce yayımlanan Mühendislik Jeolojisi Bülteni'nin 25/18 no'lu sayısı basıma hazır hale getirilmiştir. Bültemizin bu sayısının basımı da bundan önceki bazı yıllarda olduğu gibi Jeoloji Mühendisleri Odası tarafından üstlenilmiştir. Benzeri desteklerin, ileriki ortak çalışmalarımızda da sürmesi dileği ile, içten teşekkürlerimizi sunuyoruz. Ayrıca 2001'den bu yana Komitemizce çıkarılmakta olan Haber Bülteni'nin 2. sayısı basılarak üyelerimize dağıtılmıştır.

Verimli çalışmalarla mesleğimizin, ulusal ve uluslararası düzeyde gittikçe artan bir yoğunlukta temsil edileceğine olan inancımızla, hepinize saygılarımızı sunar, başarılar dileriz.

Uluslararası Mühendislik Jeolojisi
Türk Milli Komitesi
Yönetim Kurulu

Ankara-Şereflikoçhisar Kuzeydoğusundaki Evaporitlerin Jeomekanik Özellikleri ve Ayırışma Derecesi

The Geomechanical Properties and Weathering Degree of Evaporitic Rocks in Northeast of Şereflikoçhisar (Ankara)

Nazım KUTLU, DSİ V. Bölge Müdürlüğü, Ankara

Recep KILIÇ, Ankara Üniversitesi Müh. Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Ankara

ÖZET: Bu çalışmada Üst Eosen - Alt Miyosen yaşlı jips ve anhidritlerin jeolojik ve jeomekanik özellikleri Peçenek baraj yeri (Şereflikoçhisar-Ankara) araştırması sırasında incelenmiştir. Baraj göl alanının sol sahilindeki jips ve anhidritin sızdırmazlık, stabilite durumunu ve birimleri temsil edici örneklerin alınması amacıyla derinlikleri 104,00 -165,00 m arasında değişen 5 adet temel araştırma sondajı açılmıştır. İnceleme alanında 1/2000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası ve kesitleri yapılmıştır.

Tek eksenli basınç direnci jips için 78,00-407,00 kg/cm², anhidrit için 536,00-839,00 kg/cm² arasındadır. Statik elastisite modülü jipste 48000,00-265500,00 kg/cm² arasında, anhidritte 338100,00-463100,00 kg/cm² arasındadır. Dinamik elastisite modülü jipste 102400,00-615400,00 kg/cm² arasında, anhidritte 63380,00-1089000,00 kg/cm² arasındadır. Baraj göl alanı sol sahilindeki temel araştırma sondajlarında yapılan Lugeon deneylerine göre genelde evaporitler geçirimsiz ($L < 1$) kaya gurubunda yer almaktadır. Ayrıca temel araştırma sondaj donelerine göre, jips kaya kalite göstergesine (RQD) göre orta-düşük kaya gurubunda, düşük çatlak sıklığında ve orta boşlukludur. Anhidrit orta-düşük kaya kalite gurubunda (RQD), düşük çatlaklı ve az-orta boşlukludur. Schmidt çekici geri tepme sayısına göre jips çok yumuşak, anhidrit ise sert kayadır. Tek eksenli basınç direnci ve modül oranına göre jips düşük dirençli, yüksek modül oranlı (DY), anhidrit orta dirençli, yüksek modül oranlı (CY) gurubu kayadır. Anhidrit nokta yük direncine göre çok yüksek dirençli, suya dayanıklılığa göre aşırı yüksek dayanıklı kayadır. Birleşik ayırışma indisine göre jipsin % 17 si ayırışmamış, % 59 u az ayırışmış, % 8 i orta ayırışmış, % 8 i fazla ayırışmış, % 8 i de çok fazla ayırışmıştır.

Jips ve anhidritin birleşik ayırışma indisi ile özellikler arası ilişkiler regresyon analizi ile incelenerek bağıntılarla ifade edilmiştir. Anhidritin tek eksenli basınç direnci ile nokta yük (Is) direnci arasında $sc=7 Is$ gibi bir ilişki mevcuttur.

ABSTRACT: In this theises geological and geomechanical properties of Upper Eocene-Lower Miocene aged gypsum and anhydrite located in Peçenek potantiel dam site (Şereflikoçhisar-Ankara) have been studied.

The engineering geological map of the left side of the reservoir area were constructed at a scale of 1/2000. In order to determine the stratigraphy, to study permeability of rocks, and to acquire core samples, 5 boreholes in the left side depths change between 104,00 and 165,00 m were drilled.

The uniaxial compressive strength of the rocks are as follows; for gypsum change between 78,00-407,00 kg/cm², for anhydrite change between 536,00-839,00 kg/cm². The modulus of static elasticity are follows; for gypsum change between 48000,00-265500,00 kg/cm², for anhydrite changes between 338100,00-463100,00 kg/cm². Gypsum has fair or poor quality according to the RQD value, low joint frequency, medium void ratio and very low permeability. Anhydrite has fair or poor quality according to the RQD value, low joint frequency, low or medium void ratio and very low permeability.

Gypsum has very low strength and anhydrite is hard rock according to Schmidt hardness. According to the uniaxial compressive strength and modulus ratio, gypsum has low strength and high modulus ratio (DY), anhydrite has medium strength and low modulus ratio (CY). Point load strength index of anhydrite is very high and slake durability index is extremely high. According to the unified alteration index it was observed that 17 % of the core samples of gypsum are fresh, 59 %, slightly weathered, 8 % moderately weathered, 8 % extremely weathered and 8 % highly weathered. 100 percent of the anhydrite slightly weathered.

The relationships were established between the unified alteration index and geomechanical properties of gypsum and anhydrite by regression analyses at 95 percent confidence limit. It has been obtained for anhydrite a relationship between uniaxial compressive strength (sc) and point load index (Is) as $sc=7 Is$.

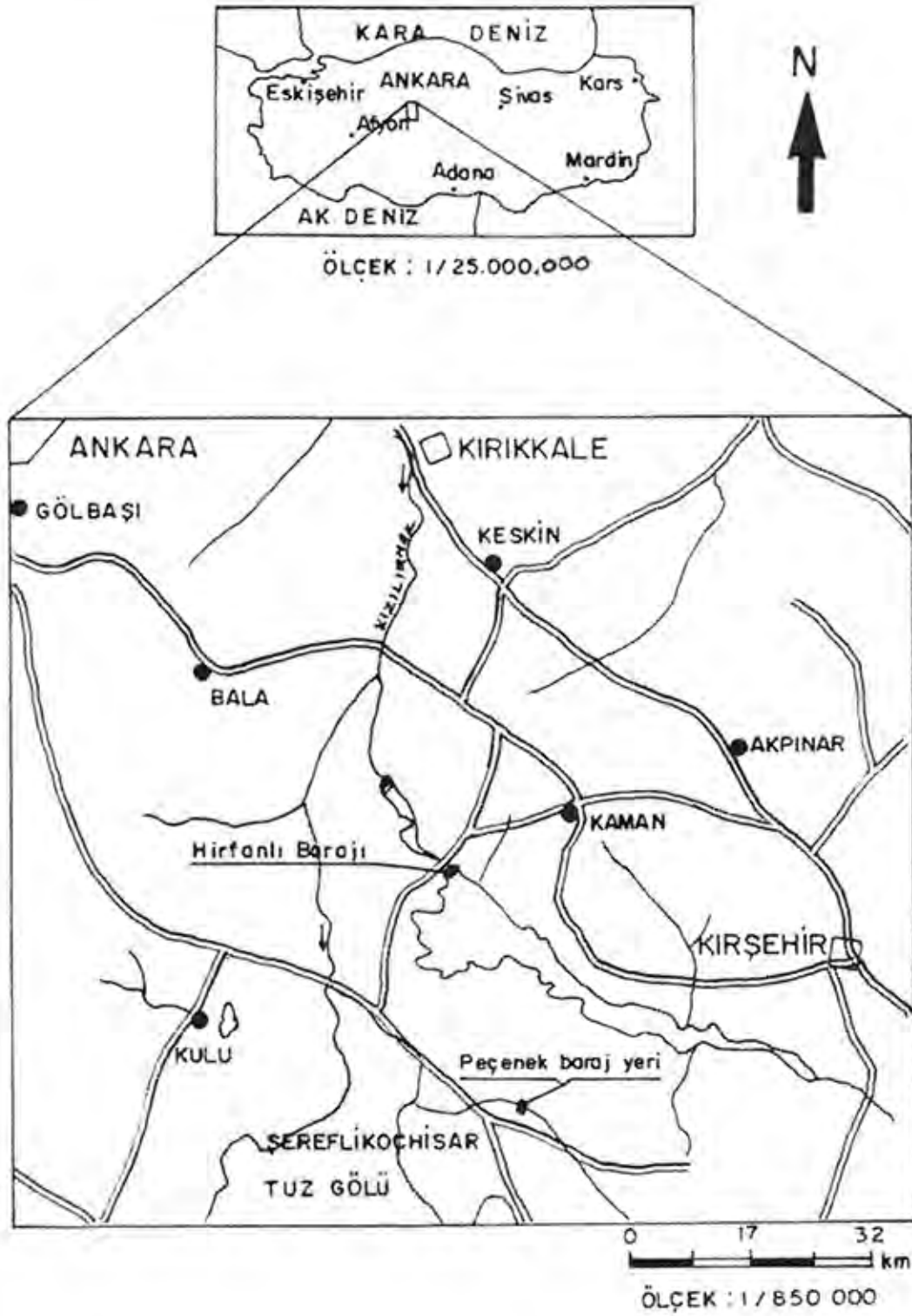
GİRİŞ

Kayaçların jeolojik ve jeomekanik özelliklerini kontrol eden etkenlerin en önemlileri, jeolojik yapı, mineralojik bileşim, ayrışma derecesi ve süreksizliklerdir. Ayrışma ile kayaçlar büyük ölçüde değişime uğramaktadır. Yurdumuzun değişik bölgelerinde yüzeyleyen evaporitik kayaçların üzerlerine inşaatı düşünülen hidrolik yapıların temelini oluşturması halinde olumsuz sonuçlara sebep olabilmektedir. Bu nedenle temelde bulunan evaporitlerin yatay ve düşey dağılımlarının, fiziksel ve jeomekanik özelliklerinin incelenerek muhtemel davranışları hakkında önceden bilgiler elde edilmelidir. Bu çalışmada, Tuz gölü havzası evaporitik kayaçlarını temsil eden jips ve anhidritlerin yatay ve düşey devamlılıkları, fiziksel ve jeomekanik özellikleri Ankara İli Şereflikoçhisar İlçesindeki Peçenek barajı incelemesinde ele alınmıştır.(Şekil 1)

Jips ve anhidritin P dalga hızı ve tek eksenli basınç direncindeki kayıp yüzdeleri dikkate alınarak birleşik ayrışma değeri hesaplanmış, ayrışmaya ve jeomekanik özelliklere göre sınıflamaları yapılmıştır. Ayrıca jips ve anhidritin fizikomekanik özelliklerinden birisi bilindiğinde, ayrışma derecesi ve buna bağlı olarak bilinmeyen diğer özelliklerinin hangi oranda belirlenebileceği de araştırılmıştır. Jips ve anhidritin birleşik ayrışma indisi ile jeomekanik özellikler arası ilişkiler arası bağıntılarla ifade edilerek korelasyon katsayıları belirlenmiştir.

JEOLojİ

Baraj eksen yeri ve yakın çevresinde temel birimi Tanesiyen-İlerdiyen (Paleosen) yaşlı, fliş fasiyesinde oluşmuş, alta kumtaşı üste doğru siyah-yeşil renkli şeyl aralanmalı Şekil 2'de verilen 1/2000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritasında Kırkkavak formasyonu (Tk) olarak adlandırılan birim vardır. Bu birimin üzerine uyumlu olarak Üst Eosen-Alt Miyosen yaşlı Boyalı formasyonuna



Şekil 1. İnceleme alanı yer belirleme haritası

(Tb) ait kumtaşları gelmektedir. Boyalı formasyonu üzerinde uyumlu olarak Üst Eosen-Alt Miyosen yaşlı jips ve anhidritten oluşan Boğazdere formasyonu (Tmb) yer almaktadır. Boğazdere formasyonunun üzerinde uyumlu olarak kumtaşı ve çakıltısından oluşan ve üst seviyelerinde linyit içeren Üst Eosen-Alt Miyosen yaşlı Tepeköy formasyonu (Tmb) gelmektedir. Bu formasyonun üzerinde ise uyumlu olarak Tepeköy formasyonunun Şereflikoçhisar linyitli üyesi (Tmtş) olarak bilinen ve Üst Eosen-Alt Miyosen yaşlı çakıltısı, kumtaşı, jips ve kiltasından oluşan birim gelmektedir. Bütün bu formasyonların üzerinde uyumsuz olarak bulunan, çapraz tabakalı, gevşek çimentolu Üst Miyosen-Üst Pliyosen yaşlı kaba taneli kumtaşı, kiltası ve üst seviyelerinde gölsel kireçtaşlarını (Tpb) içeren Peçenek formasyonu (Tp) yer almaktadır (Şekil 2 ve 3). Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozu bütün bu birimler üzerinde uyumsuz olarak bulunur.

Baraj göl alanı sağ ve sol sahilindeki çatlaklarda ölçülen 499 adet çatlak doğrultu ve eğimine göre bölgedeki etkin çekme kuvvetinin kuzeybatı - güneydoğu doğrultusunda geliştiği belirlenmiştir.

ARAZİ İNCELEMELERİ

Baraj eksen yerinde 1/2000 ölçekli, göl alanı ve çevresinin 1/10000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritaları yapılarak süreksizlikler ölçülmüştür. Baraj göl alanındaki evaporitik kayaçların genişçe yüzeylemelerinin barajın yapımını jeoteknik açıdan olumsuzluk yaratacağı gözönüne alınmıştır (Şekil 2, 3 ve 4).

Baraj göl alanındaki jips ve anhidritin havzanın güneyine (Tuz gölü basenine) yatay ve düşey bir devamlılıklarının olup olmadığını araştırmak amacıyla göl alanı sol sahilinde 5 ayrı noktada derinlikleri baraj gölü talveg kotuna kadar inen ve 104,00 m ile 165,00 m arasında değişen toplam 724,00 m derinlikte karotlu temel sondajları açılmıştır. Sondajlardan temeli oluşturan jips ve anhidritten karot numuneleri alınmıştır. Temel sondajlarda basınçlı su deneyleri yapılarak baraj göl alanı sol sahilinin geçirimsizliği hakkında bilgi elde edilmiştir.

Ayrıca inceleme alanında, geçirimsizliğe etki edebilecek hakim çatlak yönünü bulmak için tabaka doğrultu ve eğimi için 84 adet, çatlak doğrultu ve eğimi için 741 adet ölçü alınmıştır.

LABORATUVAR İNCELEMELERİ

Temel sondajlardan (104,00-165,00 m arasında değişen derinliklerde) 10,00 cm den daha uzun jips ve anhidrit karotlarından alınan 28 adet silindirik örneğin fizikomekanik özellikleri incelenmiştir. Jips ve anhidritin; ağırlıkça su emme (Aa), hacimce su emme (Av), toplam gözeneklilik (n), kuru birim hacim ağırlığı (gd) ASTM C 97-90, kuru haldeki P dalga hızı (Cp) ASTM 2845-90, tek eksenli basınç direnci (sc) ve statik elastisite modülü (Es) ASTM 2938-90 standartlarına göre DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi laboratuvarında belirlenmiştir. P dalga hızına (Cp) göre S dalga hızı (Cs) ve dinamik elastisite modülü (Edy) hesaplanmıştır.

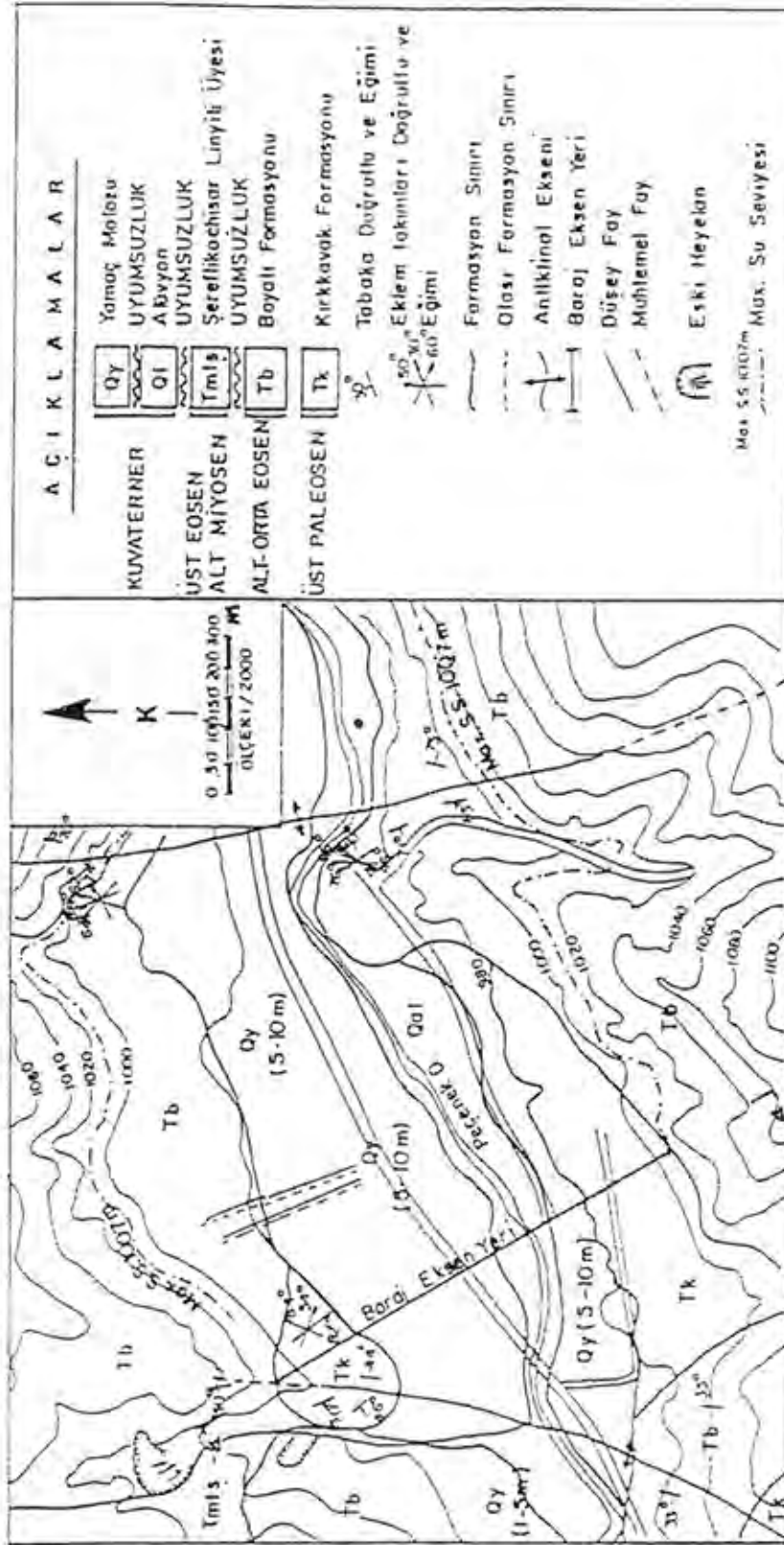
Youash (1970) a göre dinamik elastisite modülü (Edy),

$Edy = 5.16 (L/d^2) W (1/2t)^2 106$ bağıntısı ile hesaplanmıştır. Burada:

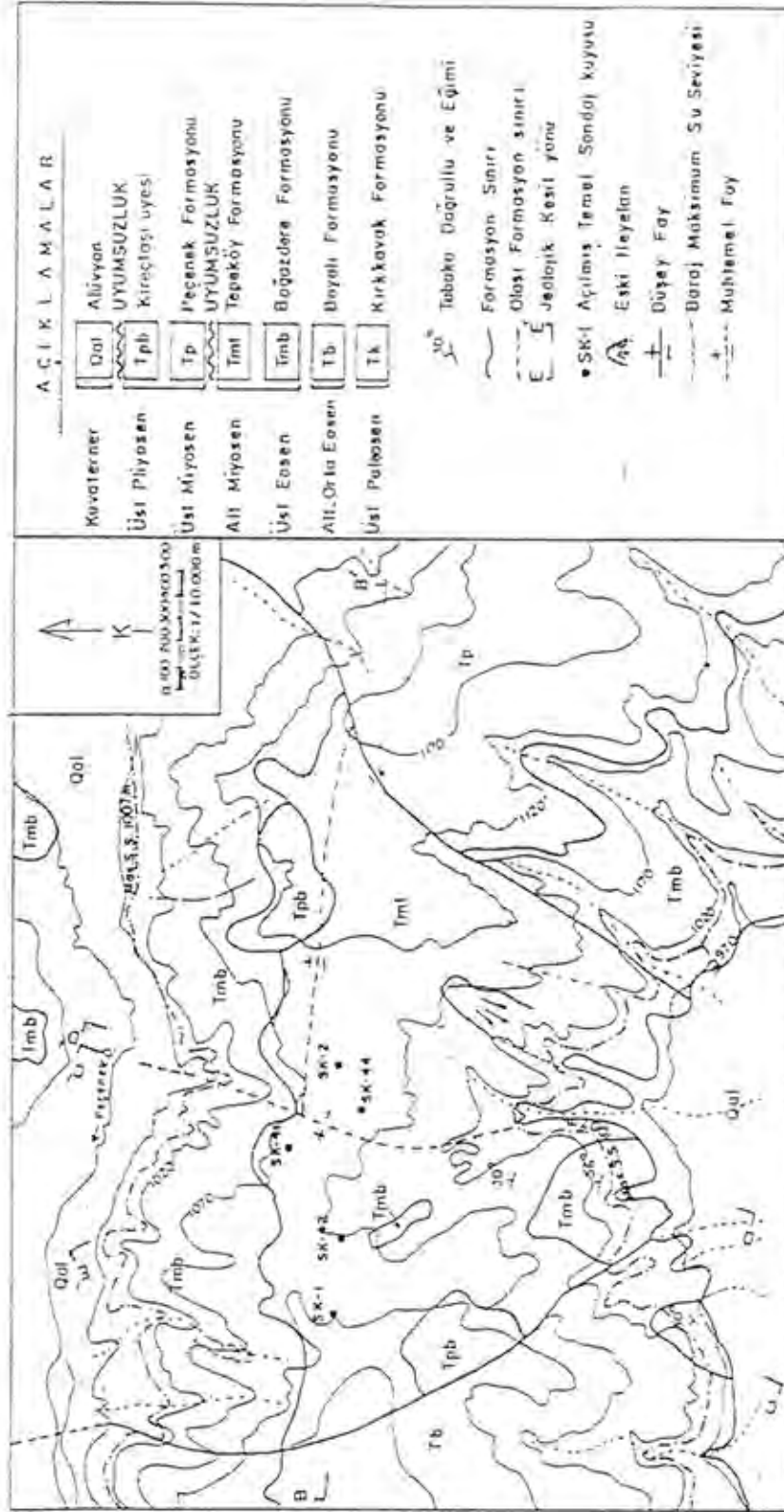
Edy = Dinamik elastisite modülü (Youash, 1970, kg/cm²)

W = Örnek kütlesi (g)

L = Örnek boyu (mm)



Şekil 2. Baraj eksen yerinin 1/2000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası



Şekil 3. Baraj göl alanı sol sahilinin 1/10000 ölçekli mühendislik jeoloji haritası

d = Örnek çapı (cm)

t = Elastik dalga hızının örneği katetme zamanı (μs) ifade etmektedir.

Attewell ve Farmer (1976) a göre dinamik elastisite modülü (Edf) ve S dalga hızı olan (Cs) yi ise,

$$C_p = 1.2 (E_d / \rho)^{1/2} \quad C_s = 0.61 (E_d / \rho)^{1/2} \text{ bağıntıları ile hesaplanmıştır. Burada,}$$

C_p = P dalga hızı (m/s)

C_s = S dalga hızı (m/s)

E_d = Dinamik elastisite modülü (kPa)

ρ = Kuru birim hacim ağırlık (Mg/m³) ifade etmektedir.

Fizikomekanik özelliklerin istatistiksel sonuçları Çizelge 1, 2, 3 ve 4 de verilmiştir.

JİPS VE ANHİDRİTİN AYRIŞMASI

Jips ve anhidritteki ayrışmanın tanımlanmasında kuru haldeki boyuna dalga hızı (C_p) ve tek eksenli basınç direncine (σ_c) göre hesaplanan ayrışma değerleri parametre olarak kullanılmıştır. Ayrışmanın hesaplanmasında tek eksenli basınç direnci ve P dalga hızına göre kayıp yüzdeleri,

$$K_c = 1 - a / i \quad K_v = 1 - a / i \text{ bağıntıları ile hesaplanmıştır. Burada;}$$

K_c = Tek eksenli basınç direncine göre kayıp yüzdesi

K_v = P dalga hızına göre kayıp yüzdesi

i = Sağlam kayacın boyuna P dalga hızı veya tek eksenli basınç direncini

a = Ayrışmış kayacın boyuna P dalga hızı veya tek eksenli basınç direncini ifade etmektedir.

P dalga hızı ve tek eksenli basınç direncinin birlikte temsil edildiği yaklaşımı elde etmek amacı ile "Birleşik Ayrışma İndisi" (K_{vc}) ise eşitliğine göre hesaplanmış ve Kılıç (1995) tarafından önerilen "Birleşik Ayrışma İndisi" ne göre sınıflandırılmıştır.

Buna göre jipsin % 17 si ayrışmamış, % 59 u az ayrışmış, % 8 i orta ayrışmış ve % 8 i fazla ayrışmış, % 8 i de çok fazla ayrışmıştır. Anhidritin % 100 ü az ayrışmıştır.

FİZİKOMEKANİK ÖZELLİKLER ARASI İLİŞKİLER

Özellikler arasında istatistik metotlarından doğrusal (y=a+bx) veya eğrisel [y=exp(a+bx)] ve üstel (y=axb) ilişkiler mevcuttur. İlişkilerin incelenmesinde korelasyon katsayısı (r) nın yüksek olması ve olasılık seviyesinin sıfıra yakın olması tercih edilmiştir. Regresyon analizleri % 95 anlamlılık düzeyinde yapılmıştır. Bu çalışmada kolayca belirlenebilen özellikler yardımı ile diğer bilinmeyen özelliklerin hesaplanması amaçlanmıştır.

Jipsin birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) ile kuru haldeki P dalga hızı (C_p) arasında,

$$K_{vc} = 0,81 - 1,6 \times 10^{-4} C_p \quad (r = -0,98)$$

Ağırlıkça su emme (A_a) arasında,

$$K_{vc} = -0,019 + 0,094 A_a \quad (r = 0,99)$$

Gözeneklilik (n) arasında,

$$K_{vc} = -9,3 \times 10^{-4} + 3,7 \times 10^{-3} n \quad (r = 0,98)$$

bağıntısı ile ifade edilen lineer ilişkiler mevcuttur. P dalga hızı arttıkça K_{vc} azalmakta , K_{vc} arttıkça A_a ve n azalmaktadır (Şekil 5 , 6 ve 7).

Çizelge 1. Jipsin fiziksel özellikleri ve istatistiksel dağılımları

Sondaj no	Derinlik (m)	Özgül ağırlık	Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)		Gözeneklilik (%)	Su emme %		Schmidt sertliği
			kuru	doymuş		kütlece	hacimce	
NK27	39,55	2,39	2,32	2,32	2,32	0,10	0,20	22,74
NK26	41,28	2,40	2,34	2,34	2,34	0,10	0,20	22,94
NK51	43,35	2,39	2,32	2,33	2,33	0,30	0,60	29,50
NK28	47,90	2,38	2,32	2,36	2,36	1,70	3,90	22,50
NK30	56,17	2,42	2,39	2,39	2,39	0,10	0,30	23,75
NK31	57,61	2,56	2,36	2,37	2,37	0,60	1,30	-
NK52	58,35	2,38	2,31	2,32	2,32	0,30	0,60	26,00
NK53	63,85	2,56	2,41	2,42	2,42	0,10	1,10	22,50
NK55	79,05	2,74	2,32	2,43	2,43	4,70	1,10	-
NK5	89,32	2,40	2,33	2,33	2,33	0,10	0,30	18,50
NK6	92,65	2,40	2,28	2,30	2,30	0,60	1,40	18,83
NK7	94,30	2,38	2,32	2,31	2,31	0,20	0,50	17,83
NK8	106,90	2,40	2,32	2,35	2,35	1,40	3,20	21,33
NK10	120,00	2,38	2,29	2,30	2,30	0,20	0,50	22,50
Arit. orta	70,73	2,44	2,33	2,34	2,34	0,75	1,09	20,69
En az	39,55	2,38	2,28	2,30	2,30	0,10	0,20	0,00
En çok	120,00	2,74	2,41	2,43	2,43	4,70	3,90	29,50
Stan. sap	26,14	0,106	0,035	0,042	0,042	1,243	1,130	6,94
Stan hata	6,99	0,028	0,001	0,011	0,011	0,332	0,301	1,93

Tek eksenli basınç direnci (σ_c), statik elastisite modülü (E_s) ve dinamik elastisite modülü (E_{dy}) ile K_{vc} arasında aşağıdaki bağıntılarla ifade edilebilen ilişkiler vardır (Şekil 8 , 9 ve 10).

$$K_{vc} = \exp (0,99 - 0,020 \sigma_c) \quad (r = - 0,83),$$

$$K_{vc} = 0,54 - 9,44 \times 10^{-7} E_{dy} \quad (r = - 0,97),$$

$$K_{vc} = 0,35 - 1,7 \times 10^{-6} E_s \quad (r = 0,81),$$

Youash (1970) a göre hesaplanan elastisite modülü (E_{dy}) ile Attewell ve Farmer (1976)a göre hesaplanan elastisite modülü (E_{df}) ile kuru P dalga hızı (C_p) ve kuru S dalga hızı (C_s) arasında aşağıdaki bağıntılarla ifade edilebilen ilişkiler vardır (Şekil 11 ve 12).

$$E_{dy} = \exp (10,44 + 5,7 \times 10^{-4} C_p) \quad (r = 0,99),$$

$$E_{df} = \exp (8,63 + 6,5 \times 10^{-4} C_p) \quad (r = 0,97),$$

Anhidritin fizikomekanik özelliklerinden birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) ile diğer özellikleri arasında aşağıdaki gibi ,

$$K_{vc} = \exp (-3,7 - 0,75 n) \quad (r = 0,52) ,$$

$$K_{vc} = 0,29 - 4,80 \times 10^{-5} C_p \quad (r = 0,82),$$

$$K_{vc} = 0,16 - 1,46 \times 10^{-7} E_{dy} \quad (r = - 0,82),$$

$$K_{vc} = \exp(5,48 - 0,013 \sigma_c) \quad (r = - 0,70)$$

Çizelge 2. Jipsin jeomekanik özellikleri ve istatistiksel dağılımları

Numune no	Tek eksenli basınç direnci (σ_c , kg/cm ²)	Schmid sert. ile bul. tek. eksenli basınç direnci (σ_c , kg/cm ²)	Çekme (Brezilyan) direnci (σ_t , kg/cm ²)	Dinamik elas.mod. ($E_d \times 10^5$ kg/cm ²)		Dinamik elas. mod. ($E_d \times 10^5$ kg/cm ²)		P dalgı hızı (C_p m/s)		Sit. elas. mod ($E_s \times 10^5$ kg/cm ²)	S dalgı hızı (C_s m/s)	K_v	K_c	K_{v0}
				Kuru	Doygun	Kuru	Doygun	Kuru	Doygun					
NK5	298,00	265,20	47,00	6,066	6,151	4,273	4,300	5139	5155	0,955	2621	0,003	0,268	0,0008
NK6	197,00	255,00	46,00	3,920	3,804	2,708	3,314	4136	4555	1,480	2109	0,198	0,516	0,102
NK7	287,00	244,80	45,00	5,132	5,212	3,574	3,601	4710	4738	1,871	2402	0,086	0,295	0,025
NK8	283,00	275,40	53,00	5,256	5,285	3,557	3,603	4699	4707	2,055	2396	0,089	0,305	0,027
NK10	293,00	285,60	48,50	5,782	5,995	3,983	5,258	5005	5092	-	2553	0,030	0,280	0,008
NK26	283,00	346,80	63,00	5,873	6,203	4,137	4,362	5046	5181	1,867	2573	0,022	0,305	0,006
NK27	246,00	316,20	45,00	5,900	6,090	4,115	4,366	5054	5206	2,010	2578	0,020	0,396	0,008
NK28	387,00	285,60	43,00	6,022	6,146	4,199	4,353	5105	5154	2,655	2604	0,010	0,049	0,0005
NK30	331,00	326,40	74,00	5,167	5,765	3,786	4,011	4776	4916	1,714	2436	0,074	0,179	0,013
NK31	-	-	47,00	3,865	3,975	2,660	2,736	4029	4077	-	2055	0,219	-	-
NK51	332,00	418,20	55,50	6,154	6,441	4,286	4,489	5158	5267	-	2631	-	0,184	0,800
NK52	244,00	357,00	63,00	5,811	6,161	4,099	4,345	5053	5193	-	2577	0,020	0,400	0,008
NK53	407,00	316,20	65,00	5,314	-	3,633	-	4659	-	2,189	2376	0,097	-	-
NK55	78,00	-	17,00	1,024	0,818	0,702	0,568	2088	1834	0,048	1065	0,607	0,808	0,490
Arit.ortala	282,23	284,03	50,86	509,186	486,043	355086	378277	4618	4698,08	168440	2355,43	0,105	0,332	0,063
En az	78,00	0,00	17,00	102400	0	70200	56800	2088	1834,00	4800	1065,00	0,0001	0,049	0,0005
En çok	407,00	418,20	74,00	615400	644100	428600	523800	5158	5267,00	265500	413,26	0,607	0,808	0,490
Stan.sıpnua	85,590	97,730	13,570	137864	205869	97324,5	115563	810	926,011	72730	413,260	0,16	0,191	0,145
Stan. hata	23,180	27,110	3,620	36845,7	55020,8	26011,1	320051	216,5	256,083	22999,3	110,450	0,043	0,055	0,044

Çizelge 3. Anhidrit fiziksel özellikleri ve istatistiksel dağılımları

Numara no	Derinlik (m)	Özgül ağırlık	Birim hacim ağırlığı (gr/cm ³)		Gözeneklilik (%)	Su emme %		Schmidt sertliği
			kuru	doğru		kütlece	hacimce	
NK32	65,00	2,97	2,95	2,96	0,70	0,10	0,30	34,00
NK33	70,45	2,98	2,97	2,97	0,30	0,10	0,20	33,00
NK54	79,05	3,13	2,92	2,93	6,40	0,30	0,90	-
NK34	82,40	3,05	2,96	2,96	3,00	0,10	0,20	-
NK35	89,60	3,06	2,97	2,97	2,90	0,10	0,20	49,75
NK36	100,35	2,98	2,85	2,86	4,40	0,30	0,80	52,25
NK37	108,30	2,99	2,94	2,95	1,30	0,20	0,40	49,30
NK56	111,25	3,01	2,96	2,96	1,70	0,20	0,40	37,50
NK57	115,80	3,01	2,96	2,96	1,70	0,20	0,40	37,75
NK11	122,70	3,02	2,91	2,92	3,60	0,20	0,70	37,00
NK58	124,30	3,05	2,96	2,97	3,00	0,40	1,10	41,50
NK59	137,30	3,01	2,96	2,96	1,70	0,10	0,30	38,16
NK12	141,30	3,09	2,97	2,98	2,90	0,20	0,60	46,00
NK60	156,50	3,00	2,95	2,96	1,70	0,30	0,80	41,75
Arit. ort	107,45	3,04	2,95	2,95	2,52	0,20	0,52	41,47
En az	65,00	2,97	2,85	2,86	0,30	0,10	0,20	33,00
En çok	156,5	3,13	2,97	2,98	6,40	0,40	1,10	52,25
Sta.sap.	27,76	0,046	0,033	0,030	1,59	0,096	0,294	6,40
Sta.hata	7,420	0,012	0,009	0,0082	0,43	0,026	0,076	1,85

Çizelge 5. Jipsin P dalga hızı ve tek eksenli basınç direncine göre ayrışma sınıflaması ve yüzdeleri (Kılıç, 1995)

Grup	Ayrışma derecesi	Tek. ek. bas. direnci(kg/cm ²)	P.dal.hızı (m/s)	Birleşik ayrışma indeksi	
				K _{vc}	K _{vc} (%)
I	Ayrışmamış	>1000	>5000	<0,01	17
II	Az ayrışmış	1000-500	5000-4000	0,01-0,10	59
III	Orta ayrışmış	500-200	4000-3000	0,10-0,3	8,0
IV	Fazla ayrışmış	200-100	3000-2000	0,30-0,50	8,0
V	Çok fazla ayr.	100>	2000<	0,50<	8,0

Çizelge 6. Anhidritin P dalga hızı ve tek eksenli basınç direncine göre ayrışma sınıflaması ve yüzdeleri (Kılıç, 1995)

Grup	Ayrışma derecesi	Tek. ek. bas. direnci(kg/cm ²)	P.dal.hızı (m/s)	Birleşik ayrışma indeksi	
				K _{vc}	K _{vc} (%)
I	Ayrışmamış	>1000	>5000	<0,01	-
II	Az ayrışmış	1000-500	5000-4000	0,01-0,10	100
III	Orta ayrışmış	500-200	4000-3000	0,10-0,3	-
IV	Fazla ayrışmış	200-100	3000-2000	0,30-0,50	-
V	Çok fazla ayr.	100>	2000<	0,50<	-

Çizelge 4. Anhidritin jeomekanik özellikleri ve istatistiksel dağılımları

Nümuné adı	Tek eksenli basınç (cc, kg/cm ²)	Çekme (bruzilyan Öl, kg/cm ²)	Selindit ile bul. Tek eksenli	Nokta Yük. direnci (kg/cm ²)	Nok. Yü. dir. ile bul. Tek ek.	Dinamik elas. mod $E_{dy} \times 10^4$ kg/cm ²)	Dinamik elas. mod $(E_{dy} \times 10^4$ kg/cm ²) $\times 10^5$	Statik elas.	P dalgá hızı (C_p m/s)	S dalgá hızı	K_v	K_c	K_{ve}
						Kuru Doygun	Kuru Doygun		Kuru Doygun				
NK11	858,00	136,00	958,00	-	-	8,657	9,332	-	5446	5649	0,102	0,046	0,004
NK12	632,00	103,00	1428,00	90	1080,00	9,573	9,767	5,358	5734	5787	0,055	0,297	0,019
NK32	760,00	108,00	765,00	95	1140,00	10,210	10,837	6,331	5781	6045	0,047	0,148	0,007
NK33	506,00	117,00	714,00	-	-	7,495	7,895	-	5080	5215	0,163	0,404	0,066
NK34	698,00	166,00	-	90	1080,00	10,125	10,058	4,075	5849	5977	0,036	0,244	0,008
NK35	788,00	207,00	1836,00	95	1140,00	10,892	11,370	3,381	6067	6196	-	0,123	-
NK36	719,00	132,00	1836,00	92	1100,00	9,739	10,494	4,045	5795	6002	0,045	0,200	0,009
NK37	833,00	150,00	1836,00	100	1190,00	10,590	10,829	6,431	5951	6015	0,019	0,073	0,001
NK34	-	128,00	-	-	-	10,520	10,915	-	6006	6111	0,010	-	-
NK56	827,00	113,50	612,00	95,00	1140,00	9,976	10,207	5,975	5823	5886	0,040	0,080	0,043
NK57	806,00	142,00	1020,00	125,00	1500,00	10,492	10,610	4,043	5951	5982	0,019	0,130	0,002
NK58	899,00	149,00	1275,00	90,00	1060,00	10,016	10,213	4,991	5836	5884	0,038	0,000	0,000
NK59	686,00	92,00	1020,00	185,00	2220,00	10,102	10,276	4,825	5834	5901	0,035	0,237	0,008
NK60	571,00	90,00	1020,00	-	-	6,338	7,485	3,415	4652	5046	0,253	0,365	0,061
Arımetik ortalama	740,00	130,96	1193,40	105,70	1267,00	9,62321	10,02000	4,80636	5700,36	5835,43	0,062	0,0166	0,002
En az	538,00	90,00	612,00	90,00	1080,00	6,33800	7,48500	3,38100	4652	5046	0,0001	0,0001	0,0001
En çok	899,00	207,00	1836,00	185,00	2220,00	10,89000	11,37000	6,43100	6067	6196	0,253	0,404	0,066
Standart sapma	111,70	31,45	446,92	43,66,00	523,93	128,539	111,4123	1110,55	391,45	328,85	0,069	0,129	0,023
Standart hata	30,98	8,41	129,02	21,83,00	291,96	34353,1	29776,3	33484,4	104,62	87,89	0,018	0,035	0,612

ilişkileri mevcuttur (Şekil 13 , 14 ve 15).

Youash (1970) a göre hesaplanan elastisite modülü (Edy) ile Attewell ve Farmer (1976)a göre hesaplanan elastisite modülü (Edf) ile kuru P dalga hızı (Cp) ve kuru S dalga hızı (Cs) arasında aşağıdaki bağıntılarla ifade edilebilen ilişkiler vardır.

$$Edy = \exp (11,57 + 3,85 \times 10^{-4} Cp) \quad (r = 0,99),$$

ilişkileri mevcuttur (Şekil 16).

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Baraj göl alanında Alt - Orta Eosen'de denizin çekilmesi ile sığlaşan havzada ilk önce anhidrit çökelmiştir. Anhidrit yüzeye yakın olan yerlerde jipse dönüşmüştür. Baraj göl alanı talveg kotu Tuz gölü su seviyesinden 30,00 m yüksektedir. Rezervuarda toplanan suyun sol sahilde yatay ve düşey devamlılığı temel araştırma sondajları ile saptanan evaporitlerden sızarak boşalımı olabileceği göz önüne alınarak incelemelere bu sahilden başlanmıştır. Baraj göl alanında bulunan jips ve anhidritin jeomekanik özellikleri incelenerek , aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

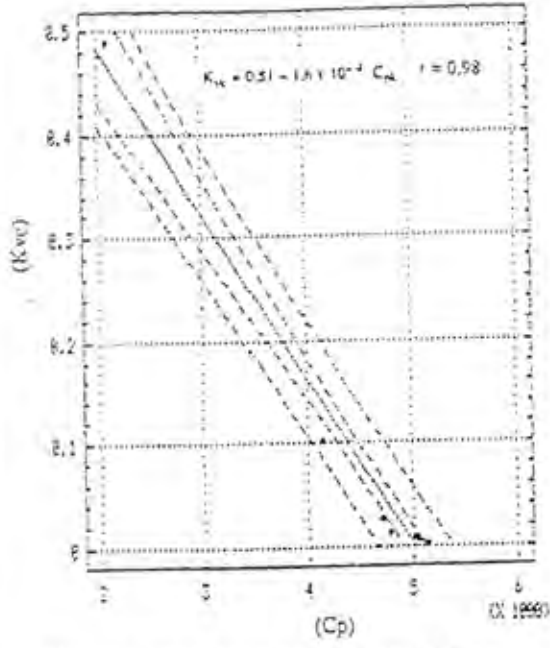
1. Baraj göl alanı sol sahilindeki temel sondajlarda yapılan Lugeon deneylerine göre genelde evaporitler geçirimsiz ($L < 1$) kaya gurubunda yer almaktadır. Ancak karotlar üzerinde yapılan incelemelerde mm ölçülerindeki kılcal çatlakların bulunması , baraj gölünün su ile dolması halinde hidrostatik basınca bağlı olarak su geçirebilecekleri göz önüne alınmalıdır.

2. Birimlerin özelliklerinden kuru birim hacim ağırlığı (gd) jipste 2,28-2,41 gr/cm³, anhidritte 2,85-2,97 gr/cm³, hacimce su emme (Av, %) jipste 0,20-3,90, anhidritte 0,20-1,10 arasında değişmektedir. Kuru haldeki P dalga hızı (Cp) jipste 2088,00-5158,00 m/s, anhidritte 4652,00-6067,00 m/s, tek eksenli basınç direnci (sc) jipste 78,00-407,00 kg/cm² , anhidritte 536,00-899,00 kg/cm² arasında değişmektedir.

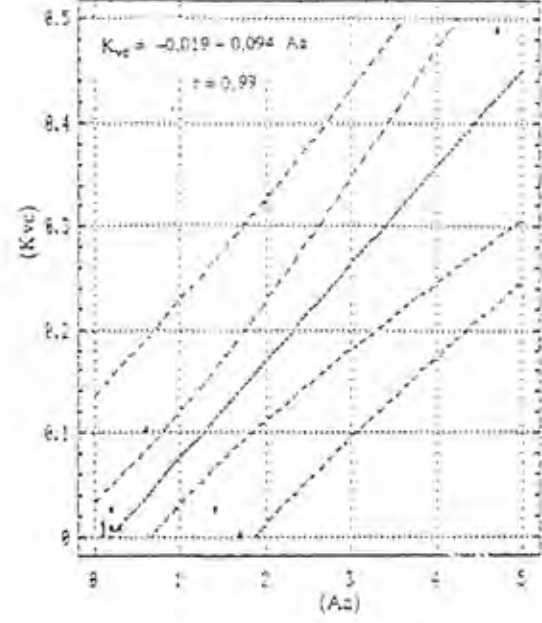
3. Statik elastisite modülü (Es) jipste 48000,00-265000,00 kg/cm², anhidritte 388100,00-463100,00 kg/cm² arasında, dinamik elastisite modülü (Edy) jipste 102400,00-615400,00 kg/cm², anhidritte 633800,00-1099000,00 kg/cm² arasında değişmektedir. Dinamik elastisite modülünün statik elastisite modülüne oranı (Edy/Es), anhidritte 2, jipste 3 olarak elde edilmiştir. Edy/Es oranındaki bu farklılık dinamik elastisite modülünün anhidritte yüksek jipste düşük olmasının yanında deformasyon oranının jipste yüksek anhidritte düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

4. Kaya kalite göstergesi (RQD) değerlerine göre jips ve anhidrit orta-düşük kaya sınıfındadır. 1,00 m deki çatlak sıklığına göre jips ve ve anhidrit düşük kaya sınıfındadır. Gözenekliliğe göre jips orta boşluklu, anhidrit az-orta boşluklu kayadır. Schmidt çekici geri tepme sayısına göre jips çok yumuşak kaya, anhidrit ise sert kayadır. Tek eksenli basınç direncine ve modül oranına (Et/sc) göre genelde jips düşük dirençli, yüksek modül oranı (DY), anhidrit orta dirençli yüksek modül oranlı (CY) kayadır.

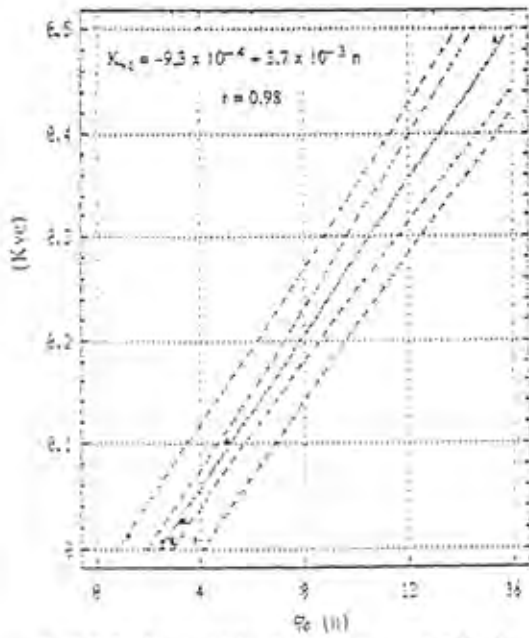
5. Anhidritin jipsleşme derinliği 60,00 m ile 100,00 m. arasında değiştiği karot incelemelerinde görülmüştür. Bu noktadan hareketle anhidritin jipse dönüşümündeki jeolojik yükün meydana getirdiği doğal gerilmenin 140,00-294,00 kg/cm² arasında değiştiği hesaplanmıştır. Ancak bu dönüşümdeki jeolojik yük azalmasının yanında süreksizlikler ile bu süreksizliklerdeki yeraltı-suyu gibi etkenlerinde olduğu bilinmelidir.



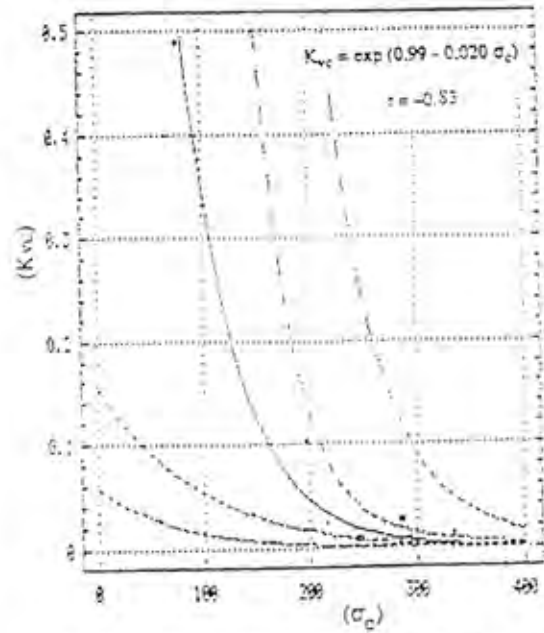
Şekil 5 . Jipsin birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) ile ağırlıkça su emme yüzdesi (A_w) ilişkisi



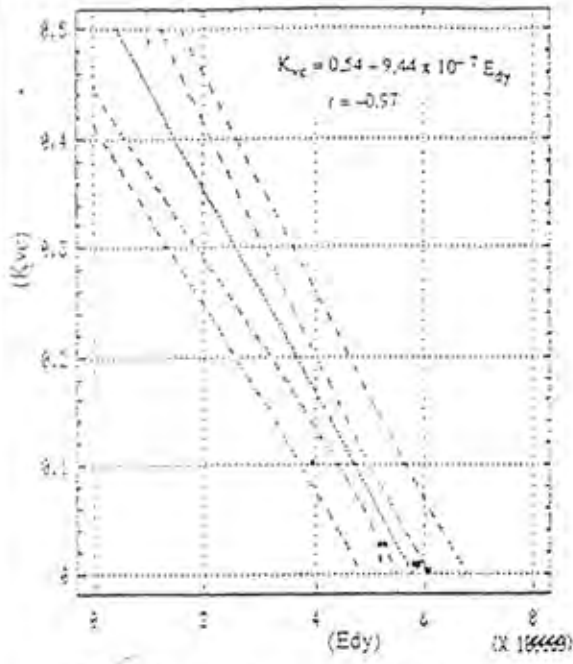
Şekil 6 . Jipsin birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) ile P dalgı hızı (C_p) ilişkisi



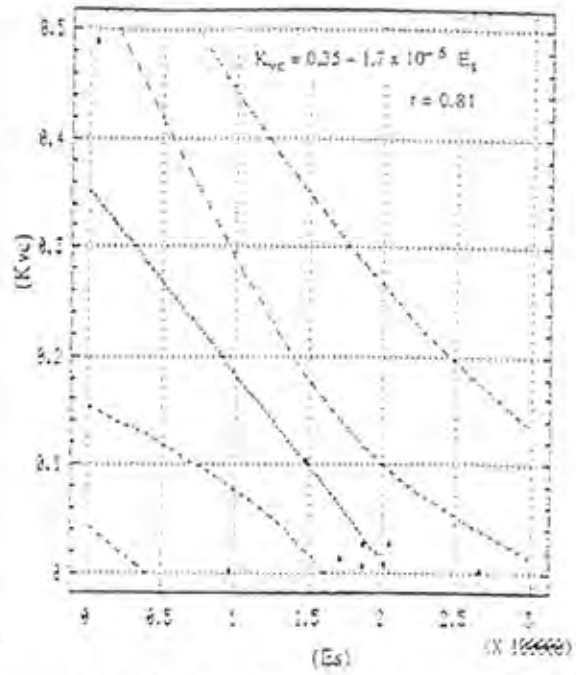
Şekil 7 . Jipsin birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) ile porozite oranı (n) ilişkisi



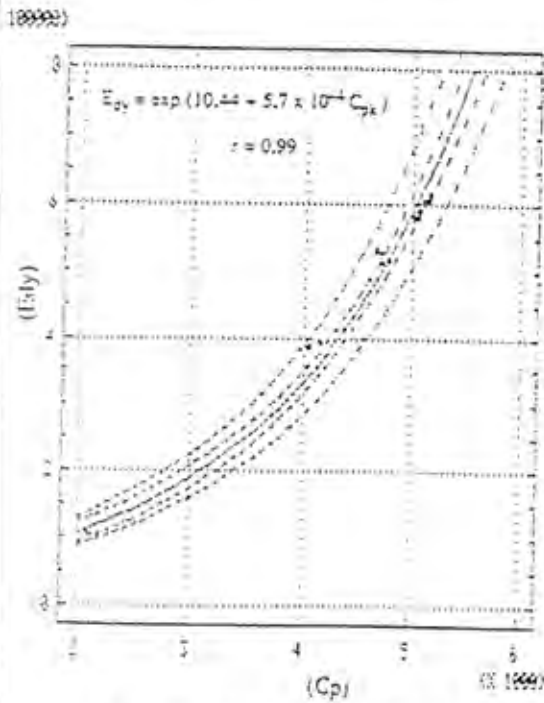
Şekil 8 . Jipsin birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) ile tek eksenli basınç direnci (σ_c) ilişkisi



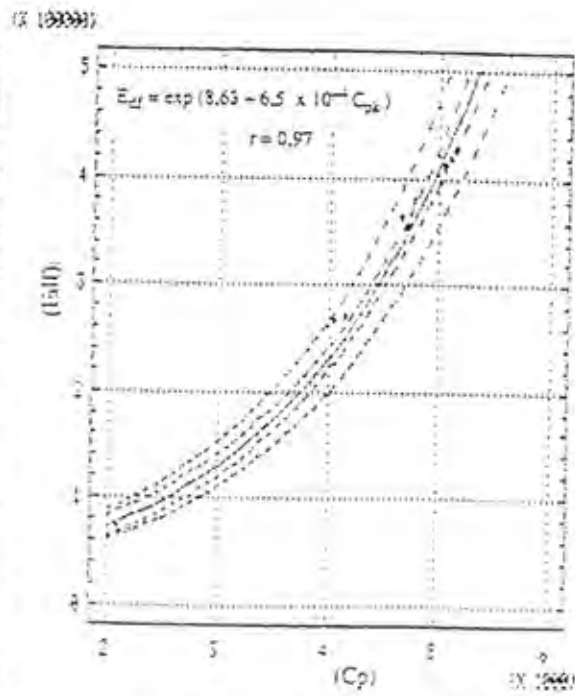
Şekil 9 . Jipsin birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) ile dinamik elastisite modülü (E_{dy}) ilişkisi



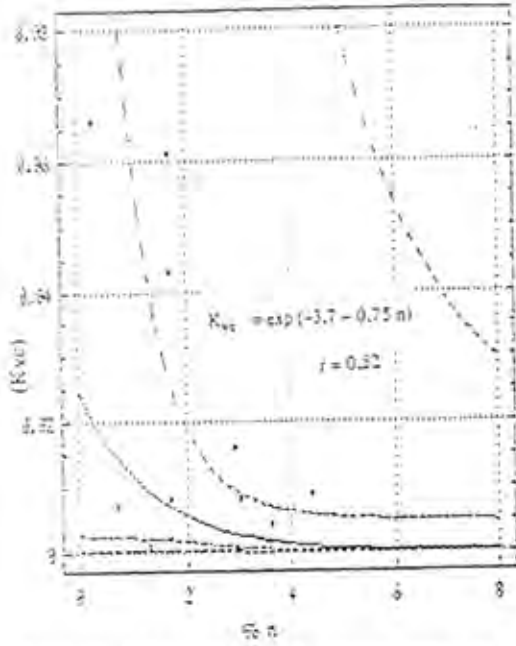
Şekil 10 . Jipsin birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) ile statik elastisite modülü (E_s) ilişkisi



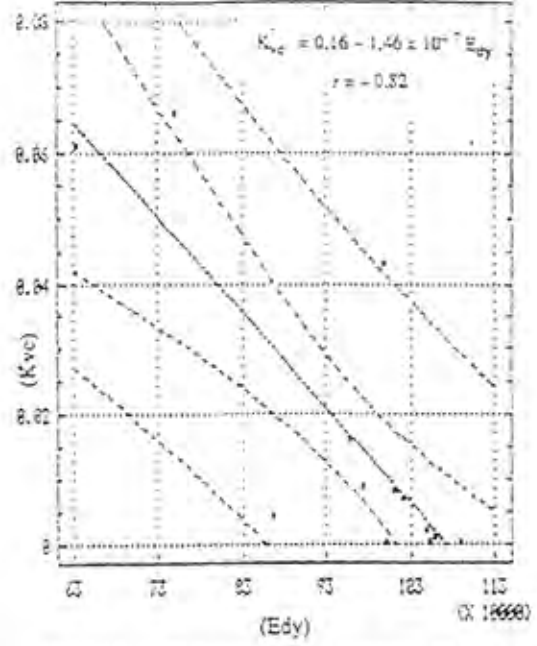
Şekil 11. Jipsin dinamik elastisite modülü (E_{dy}) ile P dalgı hızı (C_p) ilişkisi



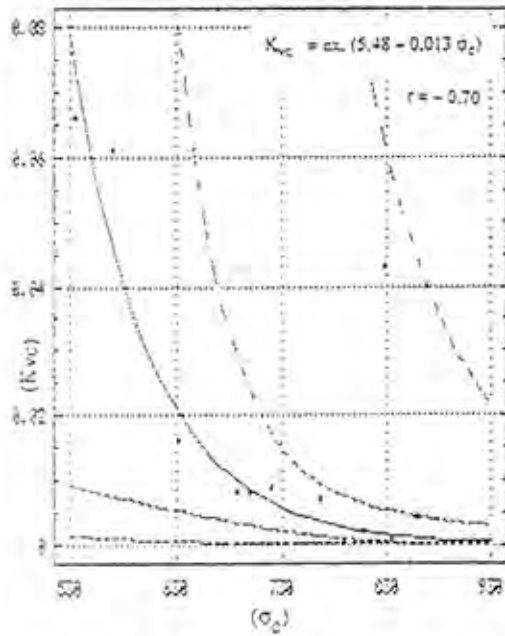
Şekil 12 . Jipsin dinamik elastisite modülü (E_{df}) ile P dalgı hızı (C_p) ilişkisi



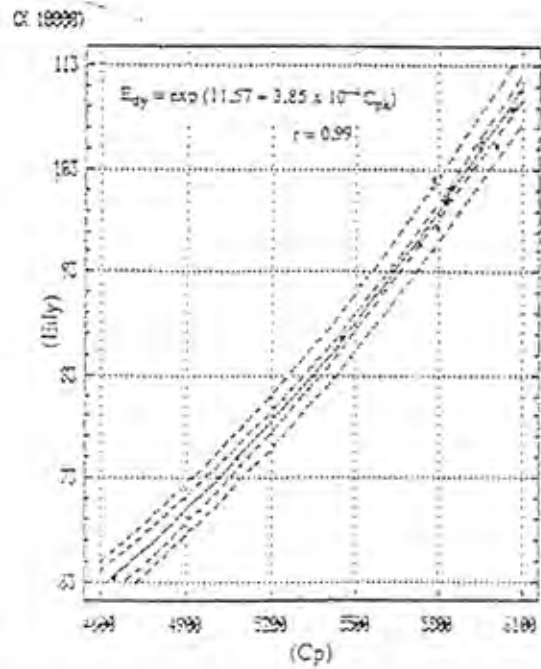
Şekil 13. Anhidritin birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) ile gözeneklilik (n) ilişkisi



Şekil 14. Anhidritin birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) dinamik elastisite modülü (E_{dy}) ilişkisi



Şekil 15 . Anhidritin birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) ile tek eksenli basınç direnci (σ_c) ilişkisi



Şekil 16 . Anhidritin dinamik elastisite modülü (E_{dy}) ile P dalgı hızı (C_p) ilişkisi

6. Bieniawski (1976) nın verdiği $sc = 24Is$ bağıntısı anhidrit için $sc = 7Is$ olarak elde edilmiştir.

7. Tek eksenli basınç direncinin çekme direncine oranı (sc/st) jips ve anhidritte 6 dır. Tek eksenli basınç direnci, Schmidt çekici ile hesaplanan tek eksenli basınç direncine oranı (sc/ssh) jips için 1,10 ve anhidrit için 1,60 olarak hesaplanmıştır.

8. Anhidrit nokta yük direncine göre çok yüksek dirençli, suya dayanıklılığa göre (Franklin , 1972) aşını yüksek dayanıklı kayadır.

9. Jips ve anhidritin ayrışma derecesi, jeomekanik özellikleri dikkate alınarak sayısal olarak birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) kavramına göre sınıflandırılmıştır. Buna göre jipsin % 17 si ayrışmamış, % 59 u az ayrırmış, % 8 i orta ayrırmış, % 8 i fazla ayrırmış ve % 8 i de çok fazla ayrırmıştır. Anhidritinde % 100  az ayrırmıştır. Uzunluğu 10 cm den küçük karotların temsil ettiği jips ve anhidritler ayrırmış sınıfında değerlendirilmiştir.

10. Birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) ile fiziksel ve mekanik özellikler arasında birbirini denetleyen ve destekleyen lineer, exponansiyel ve reciprocal ilişkiler mevcuttur . Bu ilişkiler yardımı ile kolayca belirlenebilen özelliklerden P dalga hızı, ağırlıkça su emme, kuru birim hacim ağırlık ve gözeneklilik bilindiğinde birleşik ayrışma indisi (K_{vc}) % 95 anlamlılık düzeyinde hesaplanabilmektedir.

11. Jips ve anhidrit örnekleri tek eksenli basınç direnci deneylerinde içerdiği zayıf zonlar boyunca çok düşük değerlerde kırılmıştır. Bu değerler hesaplamalarda dikkate alınmamış olup çok fazla ayrırmış kaya gurubunda değerlendirilmiştir.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, değerli katkıları için DSİ Genel Müdürlüğü ile Ankara Bölge Müdürlüğü persone-line teşekkür ederler.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

Attewell, P. B. and Farmer, I. W., 1976, Principles of Engineering Geology., John Wiley and Sons., Inc. m. p., 183-249, Newyork.

Bell, F. G., 1981, Getechnical properties of some evaporitic rocks: Bull., International Assoc. Engineering Geology., 24, 137-144.

Bieniawski, Z., T., 1976, Rock mass classifications in rock engineering, Proceeding of Symposium on Exploration for Rock Engineering, 97-106., Johannesburg.

Deere, D., ve Miller, R., P., 1966, Engineering classification and index properties for intade rock. Air Force Weapons Lab., Tech., Report, AFWL-TR-65-116, Kirtland Base, New Mexico.

Değerimenci, M., 1981, Peenekz Yresinin (Tuz Gl doğusu) hidrojeoloji incelemesi, Hacettepe n., Yk., Mh., Tezi, 103 s, Beytepe, Ankara.

Franklin, J., L., Broch, E. ve Walton, G., 1971, Loggingthe mechanical caracter of rock. Transections of Instit., of Mining and Medallugry, 81, Mining Section, AL-9.

-
- Franklin, J., L. ve Broch, E., 1972, The Point Load strength: JIRMMS IX. 6.
- Hunt, R., E., 1986, Geotechnical Engineering Analysis and Evaluation, Mc-Graw Hill Book Company, p 730, Newyork.
- Kılıç, R., 1993, Ofiyolitik Kayaçların Baraj Eksen Yeri Olabilirliğinin İrdelenmesi, Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi, 15 p, İstanbul.
- Kılıç, R., 1995 a, Geomechanical Properties of the Ophiolites and Alteration Degree of Diabase (Çankırı/Turkey), Bulletin of the International Association of Engineering Geologists, Vol., 51, Paris, France.
- Kılıç, R., 1995 b, The Degree of Alteration and Geomechanical Properties of Diabase in the Ankara Ophiolitic Melange, Turkey, Environmental Engineering Geoscience, Vol., 1, No 3, Fall., 1995, pp 341-351.
- Kutlu, N., 1992, Ankara-Şereflikoçhisar Peçenek Projesi Peçenek Barajı Mühendislik Jeolojisi Ön İnceleme Raporu, DSİ, 11 s, Ankara.
- Lugeon, M., 1933, Barrages et Geologie Methods de recherches terraserment et unpermabilisation, Libraires Université.
- Moss de Quervaini, 1948, Technische Gesteinskunde, s 8-11-52-53, Basel, Birkhauser.
- Tarhan, F., 1989, Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, KTÜ., Yayın No 41, Genel Yayın No 145, Trabzon.
- Youash, Y., Y., 1970, Dynamic Physical Properties of Rock, Part I, Theory and Procedure, Proc., 2 nd Con., Int., Soc., Rock, Mechn., 171-183, Belgrade.

Malatya-Boztepe Barajı Çevirme Tüneli Güzergahının Jeoteknik İncelemesi

Geotechnical Investigation of the Diversion Tunnel Alignment at Boztepe Dam (Malatya)

*Zülfü Gürocak, Fırat Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Müh. Bölümü, 23119, Elazığ.
Recep Kılıç, Ankara Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Müh. Bölümü, 06100, Ankara.*

ÖZET: *Boztepe Barajı çevirme tüneli güzergahı boyunca Orta-Üst Miyosen yaşlı Yamadağ volkanitlerine ait bazalt ve tüfit yüzeylenmektedir. Çevirme tüneli güzergahındaki bazalt ve tüfit için Jeomekanik (RMR) ve Q sınıflama sistemlerine göre kaya sınıflamaları yapılmıştır. Bazalt ve tüfit için kazı şekli, desteksiz durma süresi ve kullanılacak destek türleri belirlenmiştir. Çevirme tüneli güzergahında Birleşik Ayrışma İndisi'ne (UAI) göre bölgelendirme yapılmıştır. Ayrışma derecesi ile iyileştirme yöntemleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.*

Jeomekanik (RMR) sınıflama sistemine göre 0.00-105.00 m arasındaki çok fazla ayrılmış tüfit zayıf kaya sınıfında, 105.00-240.00 m arasındaki orta ayrılmış bazalt iyi kaya sınıfında ve 240.00-565.00 m arasındaki fazla ayrılmış bazalt ise orta kaya sınıfındadır.

Q sınıflama sistemine göre 0.00-105.00 m arasındaki tüfit çok zayıf kaya sınıfında, 105.00-240.00 m arasındaki bazalt orta kaya sınıfında ve 240.00-565.00 m arasındaki bazalt ise zayıf kaya sınıfındadır.

ABSTRACT: *The basalt and tuffite which are belonging to Yamadağ volcanics (Middle-Upper Miocene) out crop in vicinity of the diversion tunnel. The basalt and the tuffite were classified according to the Geomechanics (RMR) and Q rock classification systems in the diversion tunnel alignment. The type of excavation, stand up time and the type of support were determined for the basalt and the tuffite. At the diversion tunnel alignment zoning was done according to Unified Alteration Index (UAI). The relationships between the alteration degree and improve methods were examined.*

According to the Geomechanics rock classification (RMR) system, the extremely altered tuffite between 0.00-105.00 m is in poor; the moderately altered basalt between 105.00-240.00 m is in good and the highly altered basalt between 240.00-565.00 m is in fair rock class.

According to the Q rock classification system the tuffite between 0.00-105.00 m is in very poor; the basalt between 105.00-240.00 m is in fair and the basalt between 240.00-565.00 m is in poor rock class.

1. GİRİŞ

İnceleme alanı Malatya ili Yazıhan ilçesinin 10 km kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 1). Bölgede bugüne kadar değişik amaçlı jeolojik çalışmalar yapılmıştır (Ketin, 1966; Baykal, 1966; Akkuş, 1971; Yoldaş, 1972; Görmüş, 1993). Bu çalışmalarda bölgenin stratigrafisi ve tektoniği açıklanmaya çalışılmıştır. Gürocak (1999) tarafından ise inceleme alanının mühendislik jeolojisi çalışması yapılmış ve baraj yerindeki kayaçların jeomekanik özellikleri ile ayrışma dereceleri incelenmiştir.

Yağca Çayı üzerinde yapımı devam eden Boztepe Barajı; zonlu toprak tipindedir ve talvegden 70 m yüksekliğe, 880 m kret uzunluğuna sahiptir. Barajın çevirme tüneli sol yamaçta yer almaktadır. Dairesel kesitli, 5 m çapında ve 565 m uzunluğundadır. Bu çalışmada çevirme tüneli güzergahının mühendislik jeolojisi haritası yapılmış, güzergahtaki kayaçların jeomekanik özellikleri incelenmiş, elde edilen veriler yardımıyla kayaçların ayrışma dereceleri belirlenmiş ve kaya sınıflamaları yapılmıştır. Tünel güzergahı için yapılan kaya sınıflamaları ile kayaçların ayrışma dereceleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

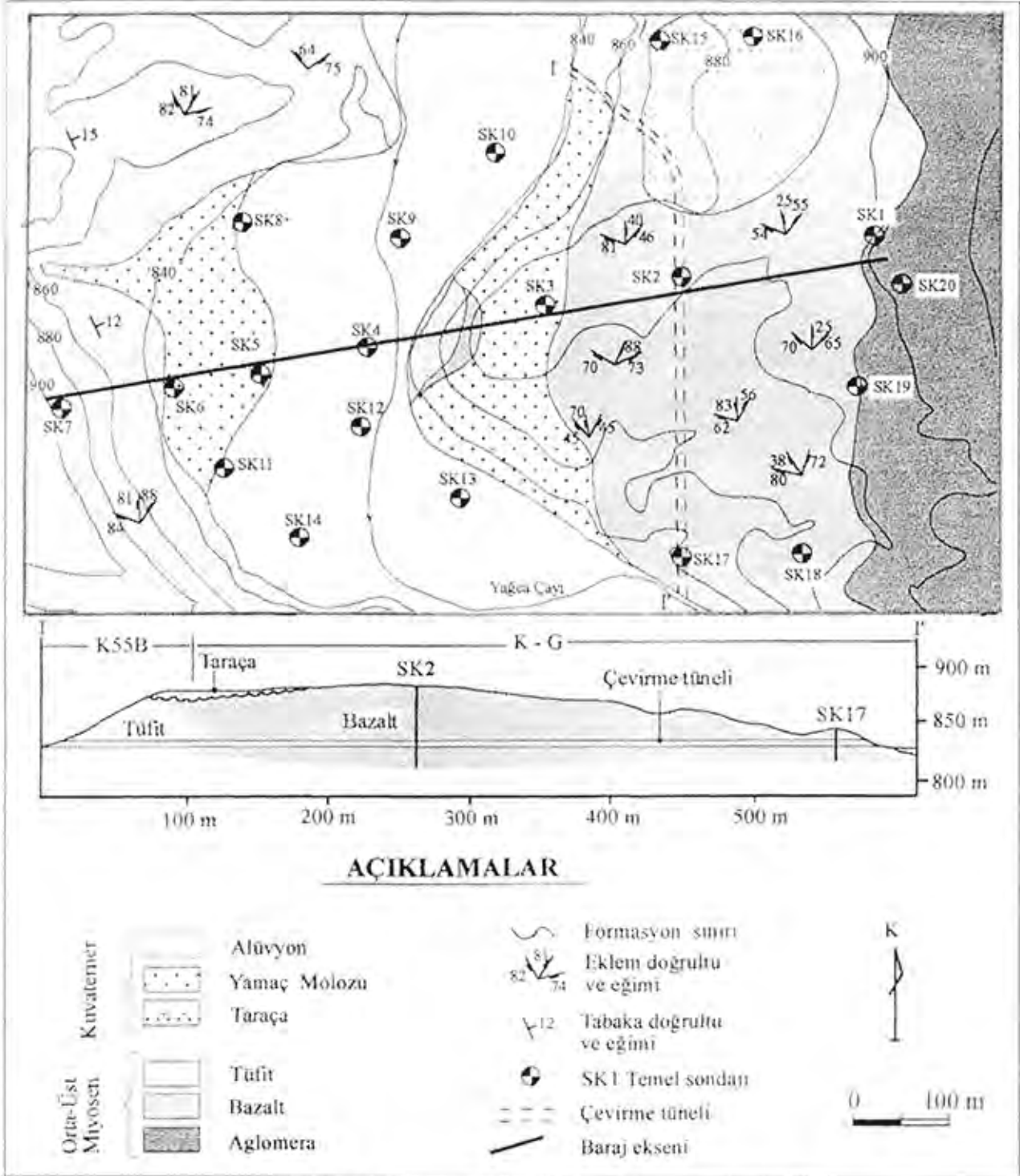


Şekil 1. İnceleme alanının yer belirleme haritası.

2. GENEL JEOLJİ

İnceleme alanında yapılan arazi çalışmaları ile tünel güzergahı ve civarının mühendislik jeolojisi haritası yapılmış, kayaçların içerdiği süreksizlik düzlemlerinin yönelimleri ölçülerek stereografik projeksiyon tekniğiyle değerlendirilmiş ve tünel güzergahındaki kayaçların içerdiği süreksizliklerin ana doğrultu ve eğimleri belirlenmiştir.

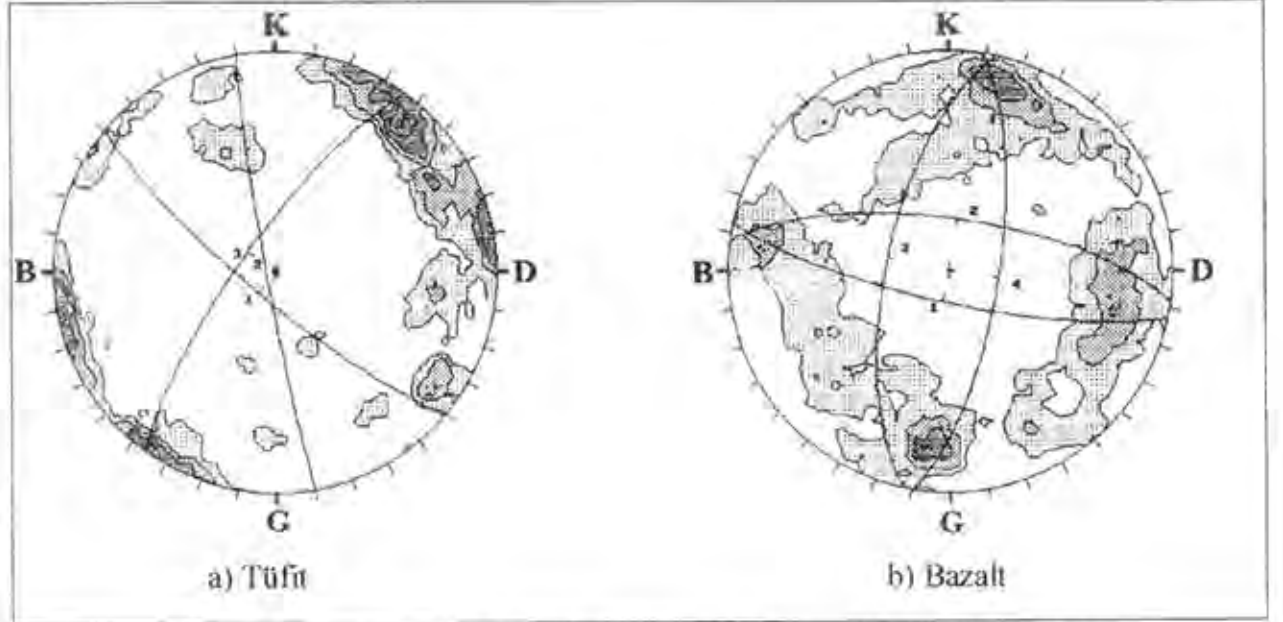
Çevirme tüneli güzergahında Orta-Üst Miyosen yaşlı Yamadağ volkanitlerine ait tüfit, bunun üzerinde bazalt ve bazaltın üzerinde ise aglomera yüzeylenmektedir. Yamaçlarda Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve taraça, Yağca Çayı yatağında ise alüvyon yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. İnceleme alanının mühendislik jeolojisi haritası ve enine kesiti.

Tüfit, Yağca Vadisi sol yamacında tünel girişinde ve sol yamaçta yüzeylenmektedir. Beyazımsı- açık gri renklidir ve iyi tabakalanma sunmaktadır. Ara katmanlar halinde gösel kireçtaşı, kiltası ve marn ara seviyeleri içeren bir litolojiye sahiptir. Tabaka kalınlığı alt seviyelerde 30-60 cm arasında değişirken, üst seviyelerde 5-25 cm arasındadır. Gürocağ (1999) tarafından çok fazla ayrılmış olarak tanımlanan tüfit, bazalta göre daha seyrek olarak gelişmiş eklem setleri içermektedir. Bu eklemler ayrılmış özellikte, kil dolgulu, seyrek olarak da kalınlığı 2 cm'ye kadar ulaşabilen kalsit dolgudur. Arazi çalışmaları sırasında tüfite ölçülen eklemlere ait yönelim ölçüleri stere-

ografik projeksiyon tekniğiyle değerlendirilerek (Şekil 3a) eklem setlerinin ana doğrultu ve eğimleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışma alanında Yağca Vadisi sol yamacında yüzeylenen bazalt, yeşilimsi-koyu gri renkli, alt seviyelerinde yastık lav, üst seviyelerde ise sütun bazalt özelliğindedir ve oldukça sık eklemli bir yapıya sahiptir. Tektonik kökenli eklemelere ilave olarak soğuma çatlakları da içeren birimde, eklemeler yüzeyde yaklaşık 1 cm kalınlığa ulaşabilen kil dolgulu, alt seviyelerde ise 1-2 cm kalınlığında kalsit dolguludur. Ayrışmanın olmadığı veya az olduğu seviyelerde eklemeler tamamen kapalı ve hafif pürüzlüdür. Bazaltın içerdiği eklemelerden alınan yönelim ölçülerinin stereografik projeksiyon tekniğiyle değerlendirilmesi (Şekil 3b) sonucunda belirlenen ana doğrultu ve eğimler Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 3. İnceleme alanındaki tüfit ve bazaltın içerdiği eklemelere ait kontur diyagramları.

Çizelge 1. Tüfit ve bazaltın içerdiği eklemelerin ana doğrultu ve eğimleri.	
Birim	Ana doğrultu ve eğim
Tüfit	K50B / 80GB (Eklem seti 1)
	K11B / 87GB (Eklem seti 2)
	K35D / 77KB (Eklem seti 3)
	K78oB / 78oGB (Eklem seti 1)
Bazalt	K83oB / 71oKD (Eklem seti 2)
	K12oD / 67oKB (Eklem seti 3)
	K9oD / 72oGD (Eklem seti 4)

Aglomera inceleme alanın üst kotlarında yüzeylenmektedir. Birim, koyu bordo renkli ve genellikle masif bir yapıya sahiptir. Tane destekli olan aglomeraya ait elemanlar kötü yuvarlaklaşmış olup, tane çapları 60-70 cm'ye kadar varmaktadır. Ara katmanlar halinde tüf ve bazalt seviyeleri içermektedir. Çalışma alanında Yağca Çayı'nın eski birikintileri taraçalar halinde gözlenmektedir. Birimi oluşturan elemanların tane çapları 0.5-30 cm arasında değişmekte olup, orta-iyi

tutturulmuş ve iyi yuvarlaklaşmıştır. Temel sondajı verilerine göre birim en fazla 15 m kalınlığa sahiptir. Yamaç molozu, vadi yamaçlarında üst kotlardaki kayalardan türemiştir. Birim, farklı boyutlardaki köşeli ve tutturulmamış elemanlardan oluşmuştur ve en fazla 8 m kalınlığındadır. İnceleme alanında alüvyonu Yağca Çayı yatağında biriken, gevşek haldeki blok, çakıl, kum ve kil oluşturmaktadır. Birim inceleme alanı ve yakın çevresinde yüzeylenen kayalardan türemiştir. Temel sondajlarında en fazla 10 m'lik kalınlığa sahip olduğu belirlenmiştir.

3. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Boztepe Barajının çevirme tüneli sol yamaçta yer almaktadır. İnceleme alanında DSİ tarafından 29 adet temel sondajı yapılmıştır. Bu temel sondajlardan SK2 ve SK17 tünel güzergahı üzerinde yer almaktadır (Şekil 2). Çevirme tüneli 0.00-105.00 m arası tüfit, 105.00-565.00 m arası ise bazalt birimleri içinde açılacaktır. Tünel güzergahında yer alan tüfit ve bazaltın mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla temel sondajı karotları incelenmiş ve alınan karot örneklerde jeomekanik deneyler yapılmıştır. Jeomekanik deneylere ait sonuçların istatistiksel değerlendirmesi Çizelge 2'de, bu verilerin yardımıyla yapılan sınıflamalar ise Çizelge 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir.

Çizelge 2. Tüfit ve bazaltın fiziksel ve jeomekanik özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi.

Jeomekanik Özellikler	Örnek Sayısı	En Az	En Çok	Aritmetik Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma
TÜFİT						
Birim Ağırlık - γ (kN/m ³)	43	12.0	22.1	16.5	0.04	0.26
Ağırlıkça Su Emme - A_a (%)	43	14.88	48.39	29.09	1.66	10.91
Hacimce Su Emme - A_v (%)	43	38.23	75.97	48.12	1.23	8.07
Gözeneklilik - n (%)	43	15.67	42.2	29.34	0.99	6.51
P Dalga Hızı, C_p (m/s)	42	1027	2916	1749.19	61.78	400.37
Tek Ek.Bas.Direnci, σ_c (MP _a)	42	1.97	21.2	8.21	5.72	37.08
Statik Elas.Mod., E_s (MP _a)	42	600	10500	2226.90	2614.67	16944.9
Birleşik Ayrışma İndisi (UAI)	42	0.707	0.916	0.84	0.007	0.04
BAZALT						
Birim Hacim Ağırlık- γ (kN/m ³)	51	22.5	28.1	25.5	0.02	0.15
Ağırlıkça Su Emme - A_a (%)	51	0.47	8.82	3.68	0.37	2.67
Hacimce Su Emme - A_v (%)	51	1.37	24.9	10.50	1.09	7.75
Gözeneklilik - n (%)	51	0.71	13.39	6.76	0.53	3.78
P Dalga Hızı, C_p (m/s)	51	1173	6576	4223.51	215.73	1540.65
Tek Ek. Bas. Direnci, σ_c (MP _a)	51	2.99	76.45	39.39	28.42	202.95
Statik Elas.Mod., E_s (MP _a)	51	1600	96700	30905.3	47170.4	336864
Birleşik Ayrışma İndisi (UAI)	51	0.187	0.905	0.55	0.03	0.20

Çizelge 3. Deere (1963)'nin RQD sınıflamasına göre inceleme alanındaki tüfit ve bazaltın dağılımı ve sınıflaması.

RQD sınır değerleri	Kaya kalitesi	Tüfitin dağılımı (%)	Bazaltın dağılımı (%)
0 - 25	Çok düşük	36	25
25 - 50	Düşük	21	23
50 - 75	Orta	28	32
75 - 90	İyi	11	14
90 - 100	Çok iyi	4	6

Çizelge 4. Franklin vd. (1971)'nin eklem sıklığı sınıflamasına göre inceleme alanındaki tüfit ve bazaltın dağılımı ve sınıflaması.

Eklem sıklığı	Kaya kalitesi	Tüfitin dağılımı (%)	Bazaltın dağılımı (%)
< 1	Çok iyi	2	-
1 - 4	İyi	17	10
5 - 10	Orta	31	31
11 - 50	Düşük	29	46
> 50	Çok düşük	21	13

Çizelge 5. Deere ve Miller (1966)'in tek eksenli basınç direnci (sc) sınıflamasına göre inceleme alanındaki tüfit ve bazaltın dağılımı ve sınıflaması.

Sınıfı	Niteliği	Tek eksenli basınç direnci sınır değerleri	Tüfitin dağılımı (%)	Bazaltın dağılımı (%)
A	Çok yüksek dayanımlı	> 2000	-	-
B	Yüksek dayanımlı	2000 - 1000	-	-
C	Orta dayanımlı	100 - 500	-	54.5
D	Düşük dayanımlı	500 - 250	-	32
E	Çok düşük dayanımlı	< 250	100	13.5

Çizelge 6. Deere ve Miller (1966)'ın modül oranı (Et/sc) sınıflamasına göre inceleme alanındaki tüfit ve bazaltın dağılımı ve sınıflaması.

Sınıfı	Niteliği	Modül oranı sınır değerleri	Tüfitin dağılımı (%)	Bazaltın dağılımı (%)
Y: Yüksek	Yüksek modül oranlı	> 500	12	45
O: Orta	Orta modül oranlı	500 - 200	40.5	45
D: Düşük	Düşük modül oranlı	< 200	47.5	10

3.1. Tünel Güzergahındaki Tüfit ve Bazaltın Ayırışma Derecesi

Ayrışma, kayaçların mühendislik özellikleri doğrudan etkilemektedir ve mühendislik jeolojisi çalışmalarında ayrışma derecesinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle çevirme tüneli güzergahında yer alan tüfit ve bazaltın ayrışma derecesi Kılıç (1997) tarafından önerilen "Birleşik Ayrışma İndisi (UAI)" ne göre;

$$UAI = \sqrt{(1 - \sigma_{ca} / \sigma_{ci}) (1 - C_{pa} / C_{pi})} \quad (\text{Eş. 1})$$

eşitliği kullanılarak belirlenmiş ve tünel güzergahının UAI'ne göre bölgelendirmesi yapılmıştır (Şekil 4). Burada;

σ_{ca} : Ayrışmış kayacın tek eksenli basınç direnci (kg/cm²)

σ_{ci} : Sağlam kayacın tek eksenli basınç direnci (kg/cm²)

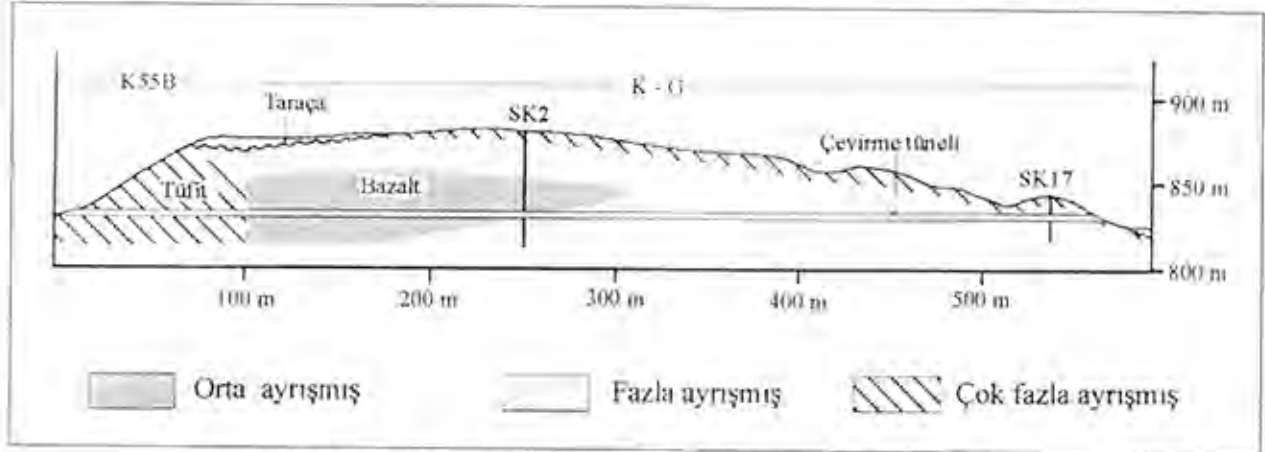
C_{pa} : Ayrışmış kayacın P dalga hızı (m/s)

C_{pi} : Sağlam kayacın P dalga hızı (m/s) dir.

UAI ayrışma sınıflamasına göre tünel güzergahındaki tüfitin tamamı çok fazla ayrışmış, bazaltın %50'si orta ayrışmış, %34'ü fazla ayrışmış ve %16'sı ise çok fazla ayrışmış özelliindedir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Tünel güzergahındaki tüfit ve bazaltın UAI sınıflamasına göre dağılımı.

Grup	Ayrışma derecesi	Tek eksenli basınç direnci	P dalga hızı (C _p , m/s) (σ _c , kg/cm ²)	UAI sınır değerleri	Tüfitin dağılımı (%)	Bazaltın dağılımı (%)
I	Ayrışmamış	> 1600	> 6750	< 0.1	-	-
II	Az ayrışmış	1600 - 800	6750-5500	0.1 - 0.3	-	-
III	Orta ayrışmış	800 - 400	5500-4250	0.3 - 0.5	-	50
IV	Fazla ayrışmış	400 - 200	4250-3000	0.5 - 0.7	-	34
V	Çok fazla ayrışmış	200 >	3000 >	0.7 <	100	16



Şekil 4, Çevirme tüneli güzergahında UAF'ne göre yapılan bölgeleendirme.

3.2. RMR ve Q Sınıflama Sistemlerine Göre Yapılan Kaya Sınıflamaları

Tünel güzergahında yer alan tüfit ve bazaltın kaya kaliteleri, desteksiz durabilme süreleri ile destek ve iyileştirme yöntemlerinin belirlemek amacıyla; jeomekanik deneylere ait veriler ve süreksizlik ölçüleri kullanılarak Bieniawski (1989) tarafından önerilen RMR ile Barton vd. (1974) tarafından önerilen Q sınıflama sistemine göre kayasınıflamaları yapılmıştır. Sınıflamalar yapılırken tünel güzergahı için UAF'ne göre yapılan bölgeleendirme (Şekil 4) esas alınmıştır. Bu bölgeleendirmeye göre çevirme tüneli 0,00-105,00 m arası çok fazla ayrılmış tüfitten, 105,00-240,00 m arası orta ayrılmış bazalttan ve 240,00-565,00 m arası ise fazla ayrılmış bazalttan geçecektir. Bu nedenle kaya sınıflamaları yapılırken çok fazla ayrılmış tüfit, orta ve fazla ayrılmış bazalt için, çevirme tünelinin 20 m üstüne ve 5 m altına kadar olan seviyeye ait verilerin ortalama değerleri kullanılmıştır. Bazalt için tünel güzergahındaki SK2 ve SK17 numaralı temel sondajlarına, bu temel sondajların tüfiti kesmemesi nedeniyle tüfit için SK7 numaralı temel sondajında aynı seviyeye ait verilere göre kaya sınıflamaları yapılmıştır. Süreksizlik yöneliminin derinlikle değişmediği varsayılarak, bazalt ve tüfitte en yoğun olarak görülen eklemlerin konumu esas alınmıştır. Çevirme tünelinin açımında ise ilerleme yönü kuzey batıdan güneye doğru olarak kabul edilmiş ve yapılan kaya sınıflamalarına ait sonuçlar Çizelge 8 ve 9'da verilmiştir.

Çizelge 8. Çevirme tüneli güzergahındaki tüfit ve bazalt için yapılan RMR sınıflamaları.

Sınıflama Parametreleri	Çok fazla ayrılmış tüfit (0-105 m arası)	Orta ayrılmış bazalt (105-240 m arası)	Fazla ayrılmış bazalt (240-565 m arası)
Tek eksenli basınç direnci	8,5	17	13
RQD	2,5	6	3,5
Süreksizlik aralığı	6,5	25	20
Süreksizlik durumu	10	8	7,5
Yeraltı suyu	10	10	10
Eklam yönelimine göre düzeltme	-10	0	0
Toplam puan	27,5	66	54
Kaya sınıfı	Zayıf kaya	İyi kaya	Orta kaya

Çizelge 9. Çevirme tüneli güzergahındaki tüfit ve bazalt için yapılan Q sınıflamaları.

Sınıflama Parametreleri	Çok fazla ayrılmış tüfit (0-105 m arası)	Orta ayrılmış bazalt (105-240 m arası)	Fazla ayrılmış bazalt (240-565 m arası)
RQD	41	85	65
Eklem takım sayısı (Jn)	12	12	12
Eklem pürüzlülük sayısı (Jr)	3	3	2
Eklem alterasyon sayısı (Ja)	6	1	2
Eklem suyu azaltma faktörü (Jw)	1	1	1
Gerilim azaltma Faktörü (SRF)	10	2.5	2.5
Q değeri	0.17	8.5	1.63
Kaya sınıfı	Çok zayıf kaya	Orta kaya	Zayıf kaya

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Boztepe Barajı çevirme tüneli güzergahında arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen sonuçları ve önerileri şu şekilde sıralamak mümkündür.

1. Çevirme tüneli güzergahında tüfit ve bazalt birimleri yüzeylenmektedir.ve tünel 105.00 m tüfit, 460.00 m bazalt içinde açılacaktır. Tüfit çok fazla ayrılmış özelliktedir ve eklem setleri içermektedir. RQD'ye göre çok düşük-orta-düşük kaya kalitesinde, orta-düşük dayanımlı ve düşük orta modül oranlıdır. Bazalt orta-fazla ayrılmış özellikte, RQD'ye göre orta-düşük kaya kalitesinde, orta dayanımlı ve yüksek-orta modül oranlıdır.

2. Tünel güzergahında 0.00-105.00 m arasındaki tüfit UAI'ne göre çok fazla ayrılmış, 105.00-240.00 m arasındaki bazalt orta ayrılmış ve 240.00-565.00 m arasındaki bazalt ise fazla ayrılmış özelliktedir.

3. Çevirme tünelinin açımı sırasında, tünel kotunun yeraltı su seviyesinden fazla olması nedeniyle herhangi bir yeraltı suyu problemi meydana gelmeyecektir.

4. RMR sınıflama sistemine göre çok fazla ayrılmış tüfit zayıf kaya sınıfındadır. 5 m açıklık için ani göçme meydana gelecektir. Kazı tavan kemeri ve tabandan ilerlemelidir. Kazıyla uyumlu şekilde aynaya 10 m'ye kadar destekleme yapılmalıdır. Kemer ve duvarlarda 1-1.5 aralıklı 4-5 m uzunluğunda sistematik bulonlama, tavan kemerinde 10-15 cm, yan duvarlarda 10 cm kalınlığında püskürtme beton ve gerekli yerlerde 1.5 m aralıklı hafif traversler uygulanmalıdır.

Orta ayrılmış bazalt RMR sınıflamasına göre iyi kaya sınıfındadır. Desteksiz durabilme süresi 5 m açıklık için yaklaşık 1 yıldır. Kazı tam kesit halinde, 1-1.5 m olacak şekilde ilerlemeli ve aynaya 20 m'ye kadar destekleme yapılmalıdır. Kemerde 2-3 m 'de yer yer bulonlama ve gerektiğinde 2-3 cm kalınlığında püskürtme beton yapılmalıdır.

Fazla ayrıışmış bazalt RMR sınıflamasına göre orta kaya sınıfındadır. Desteksiz durabilme süresi yaklaşık 1 aydır. Kazı tavan ve tabandan ilerlemeli, aynaya 10m'ye kadar destekleme yapılmalıdır. Ayrıca 3-4 m uzunluğunda sistematik bulonlama, tavan kemerinde 5-10 cm kalınlığında, yan duvarlarda ise 3 cm kalınlığında püskürtme beton uygulanmalıdır.

5. Q sınıflama sistemine göre çok fazla ayrıışmış tüfit, çok zayıf kaya sınıfındadır. 5 m açıklık için Q sınıflaması destekleme sistemlerinde önerilen 30 numaralı destek kategorisine girmektedir ve tel kafes takviyeli püskürtme beton uygulanmalıdır.

Orta ayrıışmış bazalt orta kaya sınıfındadır ve tünel açımı sırasında destekleme gerekmemektedir. Fazla ayrıışmış bazalt zayıf kaya sınıfındadır ve 21 numaralı destek kategorisinde önerilen 1 m aralıklı 2,5 m uzunluğunda gerdirmesiz kaya bulonu ile 2-3 cm kalınlığında püskürtme beton uygulanmalıdır.

6. Tünel güzergahı için UAI'ne göre yapılan sınıflama ile RMR ve Q sınıflama sistemlerine ait sonuçlar karşılaştırıldığında, kayaçların ayrışma derecelerinin sınıflamalar sonucunda belirlenen kaya sınıfları ile ilişkili olduğu görülmektedir. UAI'ne göre çok fazla ayrıışmış tüfit RMR'ye göre zayıf kaya, Q'ya göre ise çok zayıf kaya sınıfında, orta ayrıışmış bazalt RMR'ye göre iyi kaya, Q'ya göre orta kaya sınıfında, fazla ayrıışmış bazalt ise RMR'ye göre orta kaya, Q'ya göre ise zayıf kaya sınıfında yer almaktadır. Bu durum, tünel güzergahındaki kayaçların ayrışma derecelerinin belirlenmesi, güzergahtaki kayaçların kaya sınıfı hakkında ön bilgi vermesi açısından önem taşımaktadır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Akkuş, M.E., 1971. Darende-Balaban havzasının (Malatya ESE Anadolu) jeolojik ve stratigrafik incelenmesi. MTA Derg., 76, 1-60.
- Barton, N., Lien, R. And Lunde, J., 1974. Engineering Classification of rock masses for the desing of tunnel support. Rock mechanics, 6, 4, 183-236.
- Baykal, F., 1966. 1/500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Sivas paftası izahnamesi. MTA yayını, 116 s.
- Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering classification of jointed rock masses. Transactions S. African Institution of Civil Engineers, V:15, No:12, 355-344.
- Deere, D.U., 1963. Technical description of rock cores for engineering purposes. Rock Mech, Eng. Geol., 1, 18.
- Deere, D.U. and Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact rock. Air force Weapons Lab. Tech. Report, Volume I and II, Leonard Hill, 270 p., London.
- Franklin, J.J., Broch, E. and Walton, G., 1971. Logging the mechanical character of rock. Transaction of the Institution of Mining and Metallurgy, 81, Mininf'section 1/A-9.
- Görmüş, M., 1993. Paleoenvironmental interpretations of the Cretaceous-Tertiary sequences and their boundary relations in the Hekimhan area (NW Malatya, Turkey). Akdeniz Üniv. Isparta Mül. Fak. Derg., 7, 1-14.
- Güroçak, Z., 1999. Boztepe (Malatya) Barajı eksen yerindeki kayaçların jeomekanik özellikleri ve ayrışma derecelerinin incelenmesi. F.Ü. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 106 s. (yayınlanmamış)
- Ketin, İ., 1966. Türkiye'nin tektonik birlikleri. MTA Dergisi, 66, 20-34.
- Kılıç, R., 1997. Site-selection study based on the Unified Alteration Index (UAI) and on analysis of discontinuities. Geoenv'97 Int. Symp. On Geo. And Env., İstanbul, 99 p.
- Yoldaş, R., 1972. Malatya kuzeyinin jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Derleme No: 4936 (yayınlanmamış).

Mohr-Coulomb Yenilme Kriterinden Elde Edilen Makaslama Dayanımı Parametrelerinin Güvenirliliği

Reliability Of Shear Strength Parameters Obtained From The Mohr-Coulomb Failure Criterion

Fikri BULUT, KTÜ Müh-Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl. 61080, Trabzon.

ÖZET: Zemin veya kaya malzemesinin makaslama dayanımı parametreleri (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) jeoteknik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde, makaslama dayanımı parametreleri üç eksenli basınç deneyi sonuçları göz önüne alınarak Mohr-Coulomb yenilme kriteri ile belirlenmektedir. Mohr-Coulomb yenilme kriterine göre, yenilme zarfının denklemi doğrusal bir fonksiyonla tanımlanmaktadır. Ancak, uygulamalar, yenilme zarfının fonksiyonel olmayan bir matematik ifade ile tanımlanmasının daha doğru olacağını göstermektedir.

Bu araştırmada, Mohr-Coulomb yenilme zarfı denkleminin fonksiyonel olmadığı kabul edilerek makaslama dayanımı parametreleri analitik olarak belirlenmiş ve söz konusu parametrelerin güvenirliliği tartışılmıştır.

ABSTRACT: Shear strength parameters (cohesion and internal friction angle) of the intact rock and soil materials are widely used in geotechnical applications. In literature, shear strength parameters are determined by the Mohr-Coulomb failure criterion based on triaxial test results. In the Mohr-Coulomb failure criterion, the equation of failure envelope is defined by a linear function. But, applications show that it will be more accurate if the failure envelope is not defined in deterministic way.

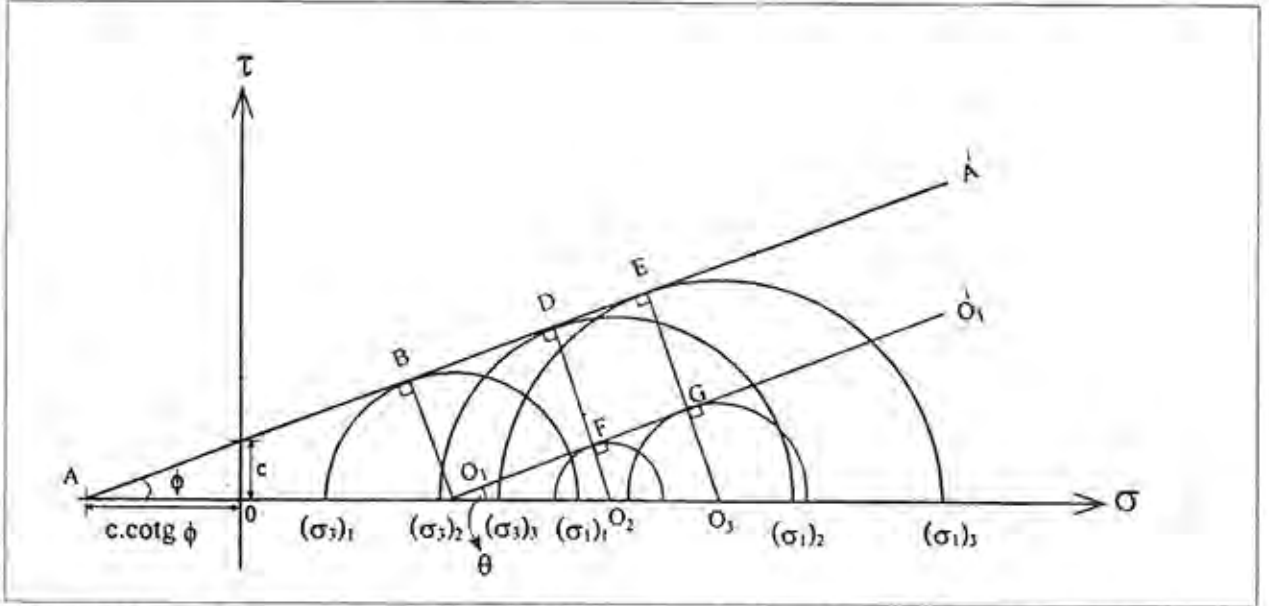
In this study, by assuming that expression of the Mohr-Coulomb failure envelope is not deterministic, shear strength parameters are analytically determined and reliability of the parameters are discussed.

GİRİŞ

Mohr-Coulomb yenilme kriteri kullanılarak zemin veya kaya malzemesinin makaslama dayanımı parametrelerinin yani, kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısını (ϕ) belirlenmesinde laboratuvarında yapılan üç eksenli sıkışma deneyi sonuçları göz önüne alınmaktadır.

Literatürde, üç eksenli sıkışma deneyinde yanıl gerilme $\sigma_2=\sigma_3$ basınç hücresiyle uygulanarak sabit tutulmakta, σ_1 düşey gerilmesi artırılarak deney örneği kırılmakta ve deney farklı yanıl (çevre) gerilmeleri için tekrarlanmaktadır (Vutukuri ve diğ., 1974; Jeagar and Cook, 1979; Goodman, 1980; Franklin and Dusseault, 1989; Craig, 1991; Önalp, 1997).

Mohr-Coulomb yenilme kriterine göre, üç eksenli sıkışma deneyi sonucunda elde edilen $(\sigma_3)_i - (\sigma_1)_i$ değerleri kullanılarak Mohr daireleri çizilmekte ve bu dairelerin ortak teğetinin makaslama gerilmesi (τ) eksenini kestiği noktanın ordinatı kohezyon, ortak teğetin eğim açısı ise içsel sürtünme açısı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1) (Goodman, 1980; Franklin and Dusseault, 1989; Craig, 1991; Önalp, 1997).



Şekil 1: Makaslama dayanımı parametrelerinin Mohr-Coulomb yenilme kriteri kullanılarak grafik çözümle belirlenmesi

Mohr- Coulomb yenilme kriterinde , yenilme zarfı denklemi doğrusal bir fonksiyonla tanımlanmaktadır. Analitik olarak iki noktadan bir doğru geçeceğinden Mohr dairelerinin ortak teğetinin anlamlı olabilmesi için üç noktayı içermesi gerekir. Bu noktaların her biri bir deney sonucuna ait olduğundan makaslama dayanımı parametrelerinin ayrıntılı olarak belirlenebilmesi için aynı tür ve özellikteki zemin veya kaya malzemesinden hazırlanmış örnekler üzerinde yapılacak üç deneyin sonucu yeterli olmaktadır.

Birinci deney sonucunda $(\sigma_3)_1 - (\sigma_1)_1$; ikinci deney sonucunda $(\sigma_3)_2 - (\sigma_1)_2$; üçüncü deney sonucunda $(\sigma_3)_3 - (\sigma_1)_3$ veri çiftleri elde edilmiş olsun. Bu veri çiftleri kullanılarak çizilen Mohr daireleri ve bu dairelerin ortak teğeti Şekil 1'de gösterilmektedir.

Şekil 1'de önce $(\sigma_3)_1 - (\sigma_1)_1$ ve $(\sigma_3)_2 - (\sigma_1)_2$ daireleri ve bu dairelerin orta zarfı (AA') geometri kurallarından yararlanılarak çizilmiş olup, AA' doğrusu O_1O_1' doğrusuna paralel olduğu için $\phi = \theta$ olur.

Aynı tür ve özellikteki bir malzemenin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı sabit olduğundan $(\sigma_3)_3 - (\sigma_1)_3$ dairesinin de AA' doğrusuna teğet olması gerekir. Belirtilen dairenin AA' doğrusuna teğet olması, aşağıdaki eşitliğin sağlanması ile mümkün olmaktadır.

$$\frac{FO_2}{GO_3} = \frac{O_1O_2}{O_1O_3} \quad (1)$$

Şekil 1'de θ açısı kenarları arasında kalan FO_2 ve GO_3 doğruları O_1O_1' doğrusuna dik olduğundan birbirlerine paraleldir. GO_1O_3 dik üçgeninde II. Tales Teoremi uygulanırsa, (1) nolu

eşitliğin sağlandığı görülmektedir. (1) nolu eşitlik çevre gerilmeleri ve normal gerilmeler cinsinden yazılırsa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\frac{\{[(\sigma_1)_2 - (\sigma_3)_2] - [(\sigma_1)_1 - (\sigma_3)_1]\}}{\{[(\sigma_1)_3 - (\sigma_3)_3] - [(\sigma_1)_1 - (\sigma_3)_1]\}} = \frac{\{[(\sigma_1)_2 + (\sigma_3)_2] - [(\sigma_1)_1 + (\sigma_3)_1]\}}{\{[(\sigma_1)_3 + (\sigma_3)_3] - [(\sigma_1)_1 + (\sigma_3)_1]\}} \quad (2)$$

(2) nolu eşitlik sağlandığı sürece, makaslama dayanımı parametreleri Mohr-Coulomb tarafından verilen grafik çözümle belirlenebilir. Ayrıca (2) nolu eşitlik yenilme zarfının birinci dereceden doğrusal bir fonksiyona ait olduğunu gösterdiğinden, makaslama dayanımı parametreleri Mohr daireleri ve bu dairelerin ortak teğeti çizilmeden de aşağıda verilen yol izlenerek bulunabilir. Şekil 1'de FO_1O_2 dik üçgeninde,

$$\sin \phi = \frac{FO_2}{O_1O_2} \quad (3)$$

$$FO_2 = \frac{1}{2} \{[(\sigma_1)_2 - (\sigma_3)_2] - [(\sigma_1)_1 - (\sigma_3)_1]\} \quad (4)$$

ve

$$O_1O_2 = \frac{1}{2} \{[(\sigma_1)_2 + (\sigma_3)_2] - [(\sigma_1)_1 + (\sigma_3)_1]\} \quad (5)$$

olduğundan, (4) ve (5) nolu eşitlikler (3) nolu eşitlikte yerine konursa;

$$\phi = \text{Arc sin} \left\{ \frac{\{[(\sigma_1)_2 - (\sigma_3)_2] - [(\sigma_1)_1 - (\sigma_3)_1]\}}{\{[(\sigma_1)_2 + (\sigma_3)_2] - [(\sigma_1)_1 + (\sigma_3)_1]\}} \right\} \quad (6)$$

elde edilir.

BAO1 dik üçgeninde,

$$\sin \phi = \frac{BO_1}{AO_1} \quad (7)$$

$$BO_1 = 1/2 [(\sigma_1)_1 - (\sigma_3)_1] \quad (8)$$

$$AO_1 = c \cot g \phi + (\sigma_3)_1 + 1/2 [(\sigma_1)_1 - (\sigma_3)_1] \quad (9)$$

olduğundan,

(8) ve (9) nolu eşitlikler, (7) nolu eşitlikte yerine konur ve gerekli işlemler yapılırsa;

$$c = \left\{ \frac{\{[(\sigma_1)_1 - (\sigma_3)_1] - \sin \phi [(\sigma_1)_1 + (\sigma_3)_1]\}}{2 \cos \phi} \right\} \quad (10)$$

elde edilir.

Belirlenen kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri teorik olarak doğrudur. Ancak zemin ya da kaya malzemesi makroskobik olarak aynı tür ve aynı özellikte olsa bile homojen, izotrop ve sürekli olmayabilir. Ayrıca gerek deney örneklerinin hazırlanması aşamasında, gerekse üç eksenli sıkışma deneyinin yapılması esnasında hata yapma olasılığı vardır. Bu nedenlerle, standartlara ne kadar sadık kalınırsa kalınsın, deney sonuçlarının (2) nolu eşitliği sağlaması mümkün değildir. Bu düşünce literatürde verilen deney sonuçları kullanılarak ta doğrulanmıştır. Başka bir ifadeyle deney sonuçlarının (2) nolu eşitliği sağlamadığı görülmüştür. Bu durumda, Mohr-Coulomb yenilme zarfının, Mohr-Coulomb yenilme kriterinde belirtildiği gibi birinci dereceden doğrusal bir fonksiyon olarak tanımlanamayacağı ve Mohr-Coulomb yenilme kriteri yardımıyla makaslama dayanımı parametrelerinin hassas olarak belirlenemeyeceği gerçeği ortaya çıkmaktadır.

Makaslama dayanımı parametrelerinin Mohr-Coulomb yenilme kriteri yardımıyla belirlenmesi literatürde yaklaşık bir asırdan beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu kriterle elde edilen sonuçların, yukarıda açıklanan nedenlerle, güvenilir olmadığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada yenilme zarfının fonksiyonel olmayan bir matematik ifade (Regresyon denklemi) ile tanımlanmasının daha doğru olacağı düşünülmüş, makaslama dayanımı parametreleri Regresyon Analizi (Lapin, 1990) ile belirlenmiş ve bu parametrelerin güvenilirliği tartışılmıştır.

MAKASLAMA DAYANIMI PARAMETRELERİNİN DOĞRUSAL REGRESYON İLE BELİRLENMESİ

Mohr-Coulomb yenilme kriteri analitik olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Craig, 1992; Önalp, 1997; Goodman, 1980).

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2(45 + \phi/2) + 2c \tan(45 + \phi/2) \quad (11)$$

11 nolu eşitlikte $\tan^2(45 + \phi/2)$ ve $2c \tan(45 + \phi/2)$ değerleri sabittir. Bu sabitlerden:

$$\tan^2(45 + \phi/2) = a \quad ; \quad 2c \tan(45 + \phi/2) = b \quad \text{olsun.}$$

a ve b değerleri (11) nolu eşitlikte yerine konursa,

$$\sigma_1 = a \sigma_3 + b \quad (12)$$

fonksiyonu elde edilir. Bu fonksiyonun $\sigma_1 - \sigma_3$ eksen sistemindeki grafiği Şekil 2'de gösterilmektedir.

Şekil 2'de a , $\sigma_1 = a\sigma_3 + b$ doğrusunun eğimi, b ise bu doğrunun σ_1 eksenini kestiği noktanın ordinatıdır. Şekil 2'den σ_1 ile σ_3 arasında doğrusal bir ilişkinin (regresyon bağıntısının) bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, eşitliği σ_1 'in σ_3 'e göre regresyon denklemi olup, a ve b regresyon katsayılarıdır. Bu katsayılar en küçük kareler yöntemiyle belirlenerek,

$$a = \tan^2(45 + \phi/2) \text{ eşitliğinden;}$$

$$\phi = 2 \left[(\text{Arc tg} \sqrt{a}) - 45 \right] \quad (13)$$

ve

$$b = 2c \text{tg}(45 + \phi / 2) \quad \text{eşitliğinden ise}$$

$$c = \frac{b}{2 \text{tg}(45 + \phi / 2)} \quad (14)$$

elde edilir. Belirlenen c ve ϕ değerlerinin güvenilir olabilmesi için σ_1 ve σ_3 verileri arasındaki doğrusal ilişkiye ait korelasyon katsayısının belli bir değere sahip olması gerekir. Değişik anlamlılık düzeylerinde örnek sayısına bağlı olarak korelasyon katsayısının kritik değerleri literatürde bulunmaktadır (Bayazit,1981). Yenilme dayanımı parametrelerinin üç eksenli sıkışma deneyi sonuçlarına göre Mohr-Coulomb yenilme kriteri ile belirlenmesinde üç deney sonucu yeterli olacaktır, üç veri çiftine ait korelasyon katsayısının 0,01 anlamlılık düzeyinde 0,958 veya daha büyük olması durumunda s_1 ve s_3 arasındaki doğrusal ilişki anlamlı olmakta ve belirlenecek c ve ϕ parametreleri güvenilir sayılmaktadır.

SONUÇ

Mohr-Coulomb yenilme kriterinde,yenilme zarfının doğrusal bir fonksiyonla değil,fonksiyonel olmayan bir matematik ifade (Regresyon Denklemi) ile tanımlanması gerekir.Bu durumda makaslama dayanımı parametrelerinin hassas olarak belirlenebilmesi için, zemin veya kaya malzemesinden elde edilecek örnekler üzerinde üç adet üç eksenli sıkışma deneyi yapılmalı ve elde edilen $(\sigma_3)_i - (\sigma_1)_i$ değişkenleri arasındaki korelasyon katsayısı (r) 'nın; 0,01 anlamlılık düzeyinde 0,958 $\leq r \leq 1$ koşulunu sağlamalıdır. Bu koşulun sağlanması halinde, araştırmada verilen Regresyon Analiziyle belirlenecek yenilme dayanımı parametreleri güvenilir olacaktır. Üçten fazla deney sonucunun kullanılması durumunda, belirlenecek makaslama dayanımı parametrelerinin güvenilir olabilmesi için deney sonuçları kullanılarak hesaplanacak korelasyon katsayısının mutlaka test edilmesi gerekir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Bayazit, M., 1981. Hidrolojide İstatistik Yöntemler. İTÜ. Kütüphanesi, İstanbul,1197, 223 s.
- Craig, R. E., 1992. Soil Mechanics . Chapman and Hall, London,(çşinci baskı),410p.
- Franklin, J. A., and Duesseault, M. B., 1989, Rock Engineering. Mc Graw-Hill publishing Company, New York, 600 p.
- Goodman, R. E., 1980, Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York, 478 p.
- Jaeger, J. C., and Cook, N. W. G., 1979. Fundamentals of Rock Mechanics. Chapman and Hall, London, 593 p.
- Lapin, L. L., 1990. Probability and Statistics for Modern Engineering. PWS-KENT publishing Company, Boston, 810 p.
- Önalp, A., 1997. Jeoteknik Bilgisi. Cilt 1, Zeminler ve Mekanik. Sakarya. Sakarya Üniversitesi yayını no 27, 438s.
- Paşamehmetoğlu, G., Özgenoğlu, A., ve Karpuz, C., 1991. Kaya Şev Stabilesi (Hoek, E. and Bray, J. W'den çeviri). TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 358 s.
- Vutukuri, V.S., Lama, R.D., and Saluja, S. S., 1974. Handbook on Mechanical Properties of Rocks. Testing Techniques and Results, Volume I, Trans Tech Publications, Germany, 280 p.

Uruş Baraj Yeri Volkanik Kayaçlarının Jeoteknik Değerlendirilmesi

Geotechnical Evaluation Of The Volcanic Rocks At The Uruş Dam Site

*A. Özsan, Ankara Üniversitesi Fen Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü 06100 Ankara
M. Akın, İller Bankası Genel Müdürlüğü, İçmesuyu Dairesi Başk. Opera, Ankara*

ÖZET: Bu makale, Uruş baraj yerinin geçirimsizliği, baraj temelini taşıma kapasitesi ve çevirme tünelinin jeoteknik değerlendirmesini kapsamaktadır. Uruş barajı, Neojen yaşlı aglomera, volkanik breş, tüf, andezit ve bazalt üzerinde bulunmaktadır. Jeoteknik incelemeler; Lugeon deneyleri, ayrıntılı süreksizlik çalışmaları ve laboratuvar deneylerini içermektedir.

Saha çalışmalarında, ölçülen süreksizliklerden egemen süreksizlik takımları belirlenmiştir. Tek ve üç eksenli sıkışma dayanımı, endirekt çekme dayanımı, deformasyon parametreleri, birim ağırlık ve porozite değerleri, laboratuvarında belirlenmiştir. Barajın temel duraylılığı için Mohr-Coulomb ve Hoek-Brown yenilme yaklaşımları; çevirme tüneli için ise RMR ve Q sistemlerine göre kaya kütle sınıflamaları gerçekleştirilmiştir.

Uruş barajı ve göl alanının yapılan jeoteknik değerlendirmesi sonucunda herhangi bir duraylılık sorunu ile karşılaşılınmayacağı belirlenmiştir.

ABSTRACT: This paper describes a feasibility - level geotechnical evaluation carried out at Uruş dam site, in terms of watertightness, bearing capacity of dam foundation and diversion tunnel. The Uruş dam will be built on agglomerate, volcanic breccia, tuff, andesite and basalt rock units of Neogene aged. Geotechnical investigations included pumping tests, detailed discontinuity survey and laboratory testing.

Obtained data discontinuity surveying are processed for the determination of dominant sets. Uniaxial and triaxial, tensile strength, deformation parameters, unit weight and porosity have all been carried out in the laboratory. Foundation stability have been assessed by Mohr-Coulomb and Hoek - Brown bearing capacity approach and rock mass classifications have been determined according to RMR and Q system for diversion tunnel.

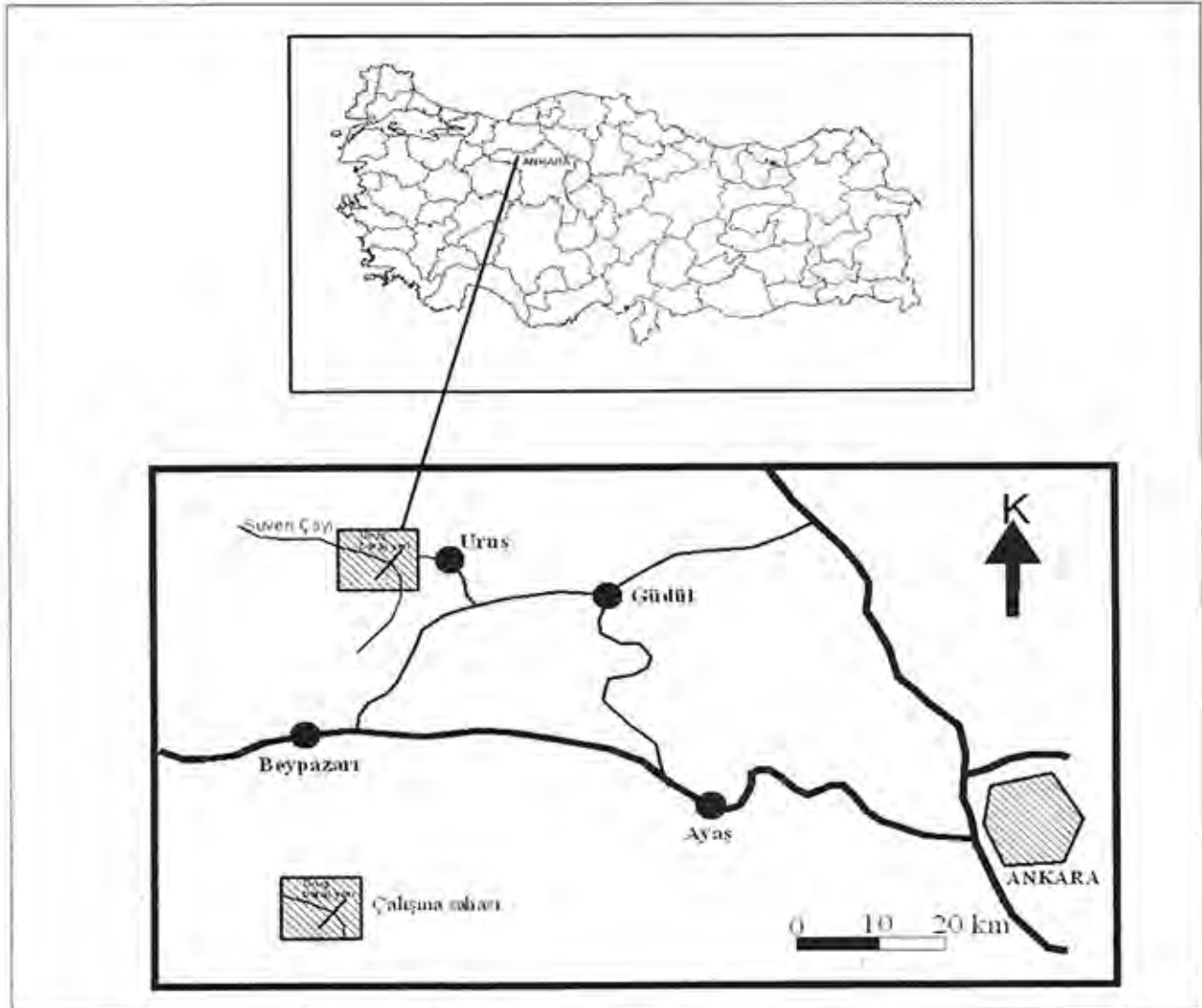
The geotechnical evaluation of The Uruş dam and reservoir site shows that there will be no problems for stability.

1. GİRİŞ

Uruş Barajı, Ankara'nın 120 km kuzeybatısında, Uruş beldesine yaklaşık 4 km mesafede, Suveri Çayı üzerinde DSİ Genel Müdürlüğü tarafından sulama amaçlı inşa edilecektir (Şekil 1). Baraj, temelden itibaren 109 m yüksekliğinde, 500 m kret uzunluğunda, ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu şeklinde planlanmıştır (DSİ, 1998).

Bu çalışmanın amacı, yapımı planlanan Uruş Barajı eksen ve göl alanında yeralan volkanik kayaların ön jeoteknik değerlendirmesinin yapılması ve sözkonusu kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin ortaya konulmasıdır.

Bu amaç çerçevesinde, baraj yerindeki kaya birimlerinin fizikomekanik özellikleri incelenmiş, egemen süreksizlik takımları belirlenerek, yamaçların duraylılığı ortaya konmuş, baraj temelinde yer alan kayaların taşıma gücünü belirlemeye yönelik çalışmalar yapılarak, çevirme tüneline RMR (Bieniawski, 1989) ve Q (Grimstad and Barton, 1993) sistemlerine göre kaya kütle sınıflamaları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma sahasının yerbulduru haritası.

2. BARAJ ALANININ JEOLJİSİ

Jeolojik Birimler

Uruş baraj yeri, Galatya Volkanik Masifi olarak adlandırılan (Milch, 1903) bölgenin güney-batı ucunda yer almaktadır. İnceleme alanında Neojen yaşlı volkanik breş, aglomera, tuf, andezit ve bazalt birimlerinden oluşan kayaçlar mostra verir. Tüm bu volkanik kayaçlar Bakacaktepe Volkanitleri olarak adlandırılmıştır (Türkecan vd. ,1991). Farklı karakterdeki volkanizma faaliyetleri sonucu oluşmuş olan bu birimleri birbirlerinden ayırmak bazı bölgelerde oldukça zordur. Bütün bu volkanik kayaç birimlerinin üzerinde ise Kuvaterner yaşlı yamaç molozu, eski taraça ve alüvyon malzemesi yer alır (Şekil 2).

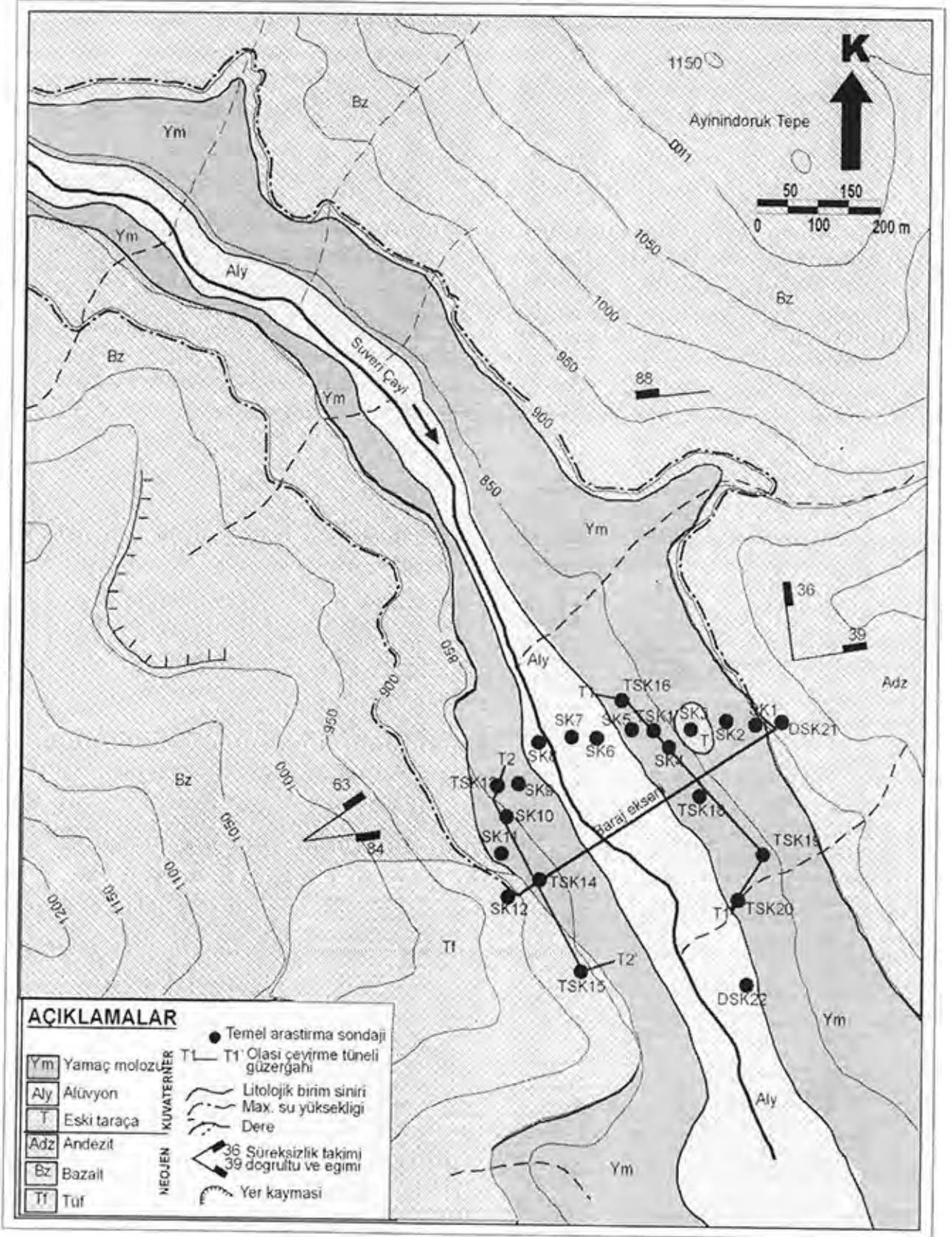
Neojen volkanizmasının ürünü olan volkanik breşler, gri-kahverengi renkli, iri tane boyundan çakıl boyutuna kadar sivri köşeli, bazalt-andezit malzemesinden oluşmuş ve zayıf tuf çimentosu ile tutturulmuştur. Kalınlıkları oldukça fazladır. Aglomeralar gri-siyah-kahverengi, orta-iri taneli, yarı köşeli, bazalt-andezit çakıllarından oluşmaktadır. Andezitler pembemsi-gri renklidirler ve süreksizlik içeren bir yapı sunarlar. El örneklerinde yer yer iri plajiyoklaz fenokristalleri mevcuttur. Gri-siyah renkli bazaltlar sağlam ve sert görünümlü olmakla beraber, özellikle bazı lokasyonlardaki levhamsı akma yapıları ile dikkati çekerler. Tüfler, açık gri-beyaz renkli, yer yer tamamen bozunmuş bir yapı sunmaktadırlar.

Uruş barajının üzerinde inşa edileceği Suveri Çayı'ndaki Kuvaterner yaşlı alüvyon; kum, çakıl, blok ve iri blok boyutundaki andezit-bazalt malzemesinden oluşmuş olup, ince malzeme miktarı çok azdır. Baraj ekseninde açılan 12 adet temel araştırma sondajından elde edilen verilere göre alüvyonun kalınlığı en fazla 16.5 m. olarak tesbit edilmiştir. Baraj eksenine sol sahildeki eski taraça; yarı yuvarlaklaşmış, bağlayıcı malzemesi zayıf, bazalt-andezit çakılları ile yer yer killi, kumlu, bloklu malzeme içermektedir ve kalınlığı yine sondaj verilerine göre en fazla 12.3 m'dir. Kalınlıkları topoğrafyanın yapısına bağlı olarak değişkenlik gösteren yamaç molozundaki iri taneli bileşenler daha üst kotlardaki andezit, bazalt ve aglomeraların süreksizlik yüzeyleri boyunca bozunmaya uğramaları ve ağırlıkları boyunca anakayadan koparak eğim aşağı yuvarlanmaları; ince taneli bileşenler ise akma sonucu oluşmuşlardır. Kalınlıkları 5-15 m. arasında değişen yamaç molozları alt kotlardaki volkanik kayaçları örtmüş konumdadır.

Yapısal Jeoloji

Uruş baraj yerindeki volkanik kayaçlar yoğun tektonizma etkisi altında kalmışlardır. Bu nedenle birimlerde süreksizlik içeren bir yapı egemendir. İnceleme sahasında, barajı veya göl alanını etkileyebilecek önemli bir kırık hattı veya fay bulunmamaktadır. Öte yandan çalışma kapsamında gerçekleştirilen arazi incelemelerinde baraj yerinin bulunduğu bölgenin KKB-GGD yönlü basınç kuvvetlerinin etkisinde kaldığı belirlenmiştir. Bunun kanıtlarına özellikle bazaltlarda rastlanmış ve bu kaya biriminde basınç zonları meydana geldiği gözlenmiştir.

Sahada kırık hattı bulunmaması sebebiyle çalışmalar volkanik kayaçlardaki süreksizlikler üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Uruş baraj yeri volkanik kayaçlarındaki süreksizliklere ait yapısal özelliklerin incelenmesine yönelik çalışmalar baraj yeri ve göl sahasında sağ ve sol sahilde yapılan hat etütleri ile ISRM (1978) önerilmiş tanımlama ölçütlerine göre gerçekleştirilmiştir. Sağ sahilde 27, sol sahilde ise 372 adet olmak üzere toplam 399 adet süreksizlik ölçümü alınmıştır. Sağ sahilde yüzeyssel bozunmanın fazla ve topoğrafyanın genellikle dik olmasından dolayı istenilen miktarda ölçüm yapılamamıştır. Elde edilen veriler eşitlen stereografik izdüşüm tekniğinden yararlanılarak



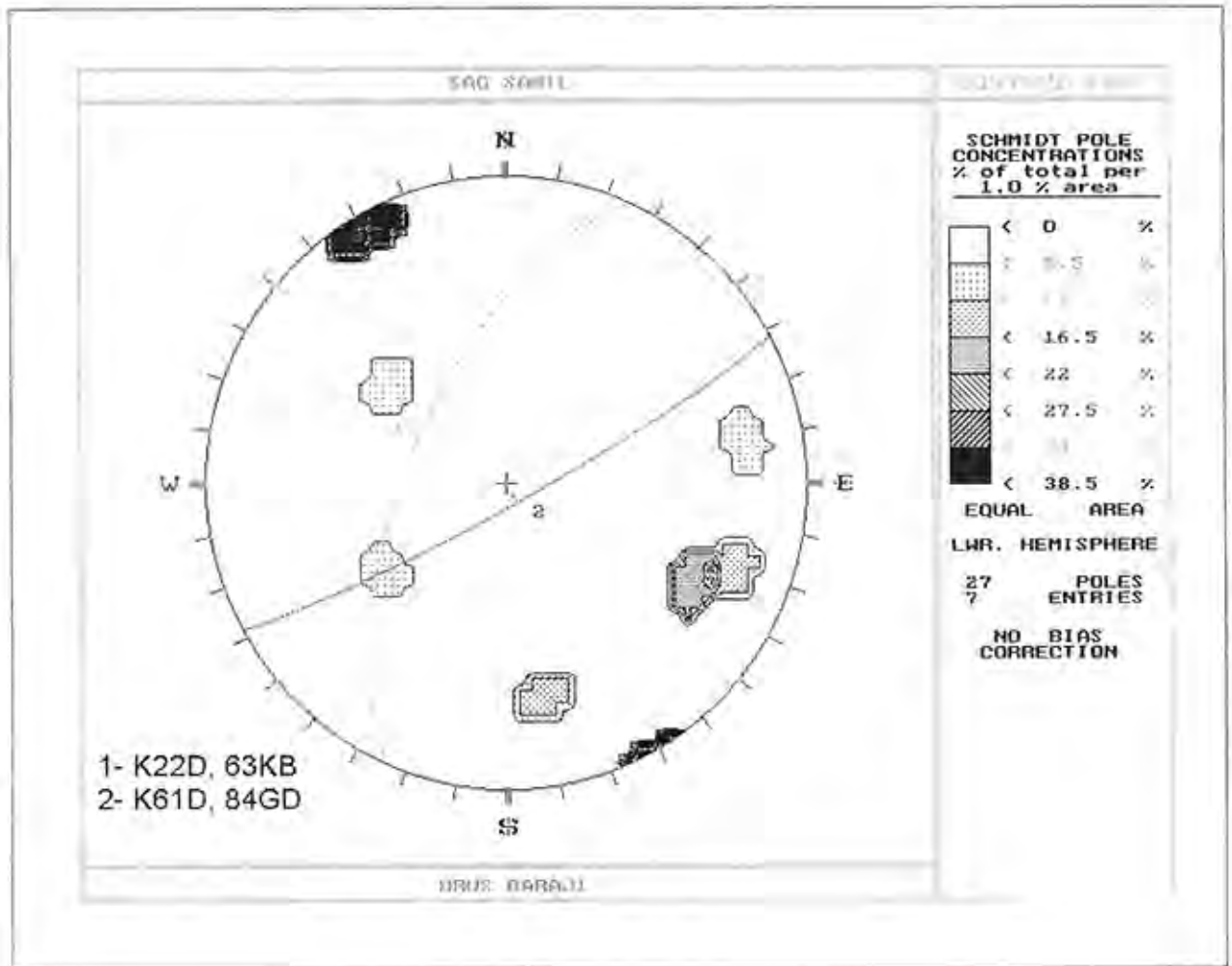
DIPS 2.2 (Diederichs ve Hoek, 1989) bilgisayar programında analiz edilmiş, sağ ve sol sahil için egemen süreksizlik takımları belirlenmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4).

Egemen süreksizlik takımlarının yönelimleri incelendiğinde genel olarak sol ve sağ sahildeki yamaçların düzlemsel ve kama tipi kaymalar açısından güvenli olduğu söylenebilir. Çünkü her iki sahilde de egemen süreksizlik takımlarının eğim yönleri yamaç içerisine doğrudur. Ancak özellikle sol sahildeki volkanik kayalar dik kesen süreksizlikler sebebiyle devrilme türü yenilmeler beklenebilir.

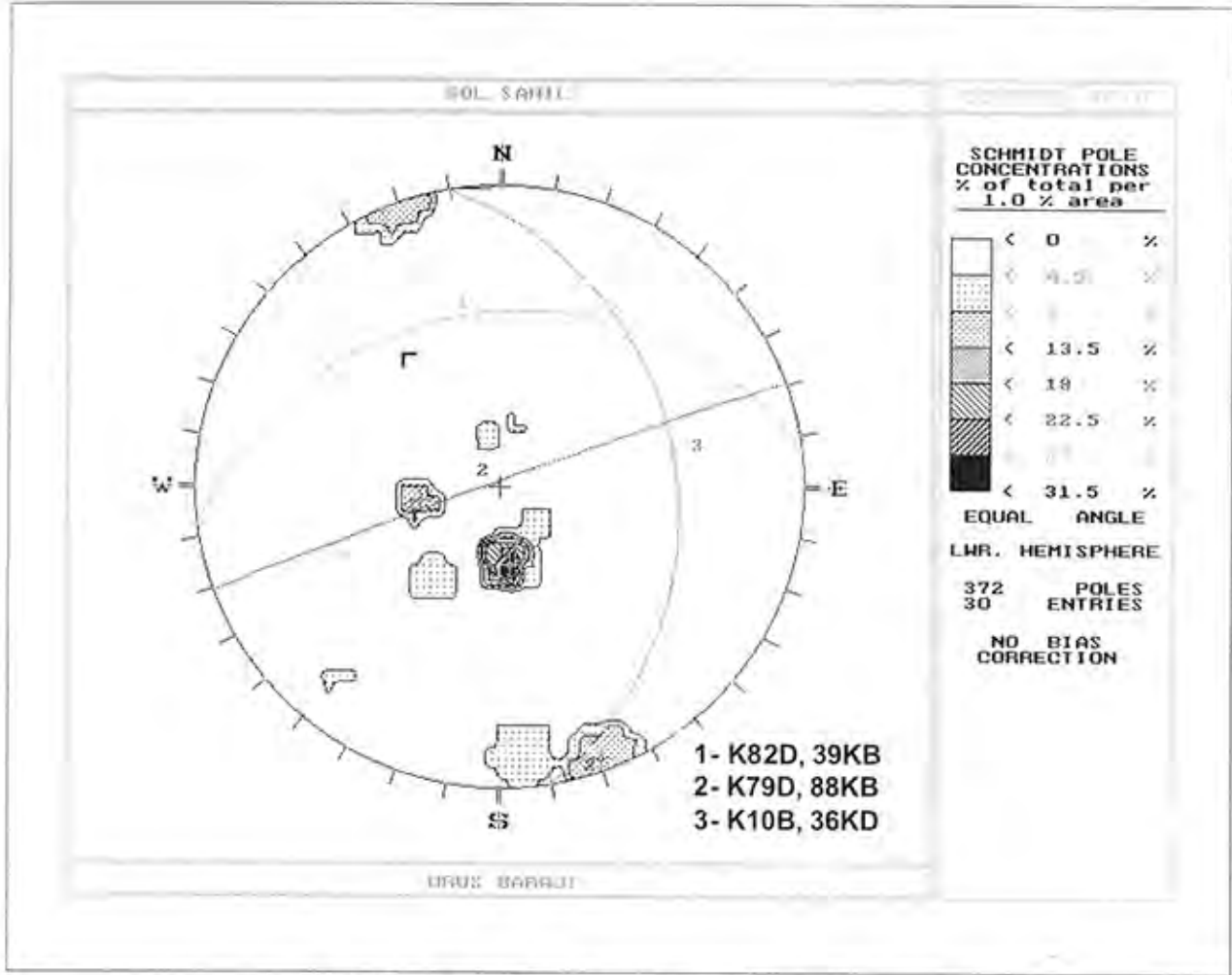
Süreksizliklerin Yapısal Özellikleri

Uruş baraj yerinde yapılan çalışmalar sonucunda bazalt, andezit ve aglomeralarda gelişmiş süreksizliklerin aralığı, sıklığı, açıklığı, devamlılığı, pürüzlülüğü ve dolgu malzemesi gibi yapısal özellikleri ISRM (1978) önerilmiş tanımlama ölçütlerine göre incelenmiş ve her kaya birimindeki süreksizliklerin genel özelliği ortaya konmaya çalışılmıştır.

Uruş baraj yeri ve dolayındaki volkanik kayalardan elde edilen verilere göre bazaltlardaki süreksizlikler "çok yakın aralıklı - yakın aralıklı"; andezitlerdeki süreksizlikler "yakın aralıklı"; aglomeralardaki süreksizlikler ise "orta aralıklı" şeklinde dağılım göstermektedirler (Çizelge 1).



Şekil 3. Sağ sahildeki süreksizliklerin eşit alan izdüşümü.



Şekil 4. Sol sahildeki süreksizliklerin eşit alan izdüşümü.

Çizelge 1. Urus baraj yeri volkanik kayalarında süreksizlik aralığı dağılımı (ISRM,1978).

Tanım	Aralık miktarı (mm)	% Dağılım		
		Bazalt	Andezit	Aglomera
Oldukça yakın aralıklı	<20	4	---	---
Çok yakın aralıklı	20 - 60	47	26	---
Yakın aralıklı	60 - 200	32	51	9
Orta aralıklı	200 - 600	17	23	62
Geniş aralıklı	600 - 2000	---	---	29

Ayrıca 1 metredeki süreksizliklerin sayısı olarak tanımlanan süreksizlik sıklığına göre yapılan sınıflamada bazaltlar "az çatlaklı, kırıklı - kırıklı"; andezitler "az çatlaklı, kırıklı"; aglomeralar ise "masif - az çatlaklı, kırıklı" olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Uruş baraj yeri volkanik kayaçlarında süreksizlik sıklığı dağılımı (ISRM,1978).

1 m'deki ortalama süreksizlik sıklığı	Kaya tanımı	% Dağılım		
		Bazalt	Andezit	Aglomera
<1	Masif	8	17	44
1 - 3	Az çatlaklı, kırıklı	27	55	32
3 - 10	Kırıklı	39	21	20
10 - 50	Çok çatlaklı, kırıklı	26	7	4

Süreksizlik açıklığını belirlemek için yapılan incelemeler sonucunda bazalt ve andezitlerdeki süreksizlikler "açık"; aglomeralardaki süreksizlikler ise "orta geniş" olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Uruş baraj yeri volkanik kayaçlarında süreksizlik açıklığı dağılımı (ISRM,1978).

Süreksizlik açıklığı (mm)	Tanım	% Dağılım		
		Bazalt	Andezit	Aglomera
0.25 - 0.5	Kısmen açık	26	31	---
0.5 - 2.5	Açık	55	54	32
2.5 - 10	Orta geniş	19	15	49
>10	Geniş	---	---	19

Baraj yeri ve göl sahasında bazalt, andezit ve aglomeralardaki süreksizlikler genellikle "orta devamlılık" özelliği sunmaktadırlar (Çizelge 4).

Çizelge 4. Uruş baraj yeri volkanik kayaçlarında süreksizliğin devamlılığı (ISRM,1978).

Tanım	Devamlılık	% Dağılım		
		Bazalt	Andezit	Aglomera
Çok düşük devamlılık	<1	---	---	31
Düşük devamlılık	1 - 3	17	13	24
Orta devamlılık	3 -10	59	47	45
Yüksek devamlılık	10 - 20	24	40	---

Baraj yeri ve göl sahasında yapılan süreksizlik araştırmaları sonucunda bazalt ve andezitlerdeki süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülük dereceleri çoğunlukla 1 ile 3, aglomeralarda ise 4 ile 7 arasında belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 4. Uruş baraj yeri volkanik kayaçlarında süreksizliğin devamlılığı (ISRM,1978).

Pürüzsüzlük Derecesi	JRC (Eklem Pürüzsüzlük Katsayısı)	% Dağılım		
		Bazalt	Andezit	Aglomera
1	0 - 2	25	23	---
2	2 - 4	33	36	---
3	4 - 6	19	25	---
4	6 - 8	13	8	17
5	8 - 10	10	8	28
6	10 - 12	---	---	34
7	12 - 14	---	---	21

Özellikle andezit ve bazalt gibi akma yapısı sunan ve buna ait süreksizliklerin bulunduğu kayaçlarda süreksizlik yüzeyleri düzlemsel veya düzlemsele yakınken, volkanik breş - aglomera gibi piroklastiklerde ise süreksizliklerin yüzey pürüzlülüğü artmakta ve pürüzlü yapı egemen olmaktadır.

Uruş baraj yeri volkanik kayaçlarındaki süreksizliklerde dolgu malzemesi olarak kalınlıkları 1 mm ile 5 mm arasında değişen limonit, hematit ve kil tespit edilmiştir. Tipik olarak andezit ve bazaltlarda dolgu malzemesi hematit ve/veya limonit olarak gözlenmekteyken; aglomera ve volkanik breş gibi piroklastiklerde ise dolgu türü kil olmaktadır.

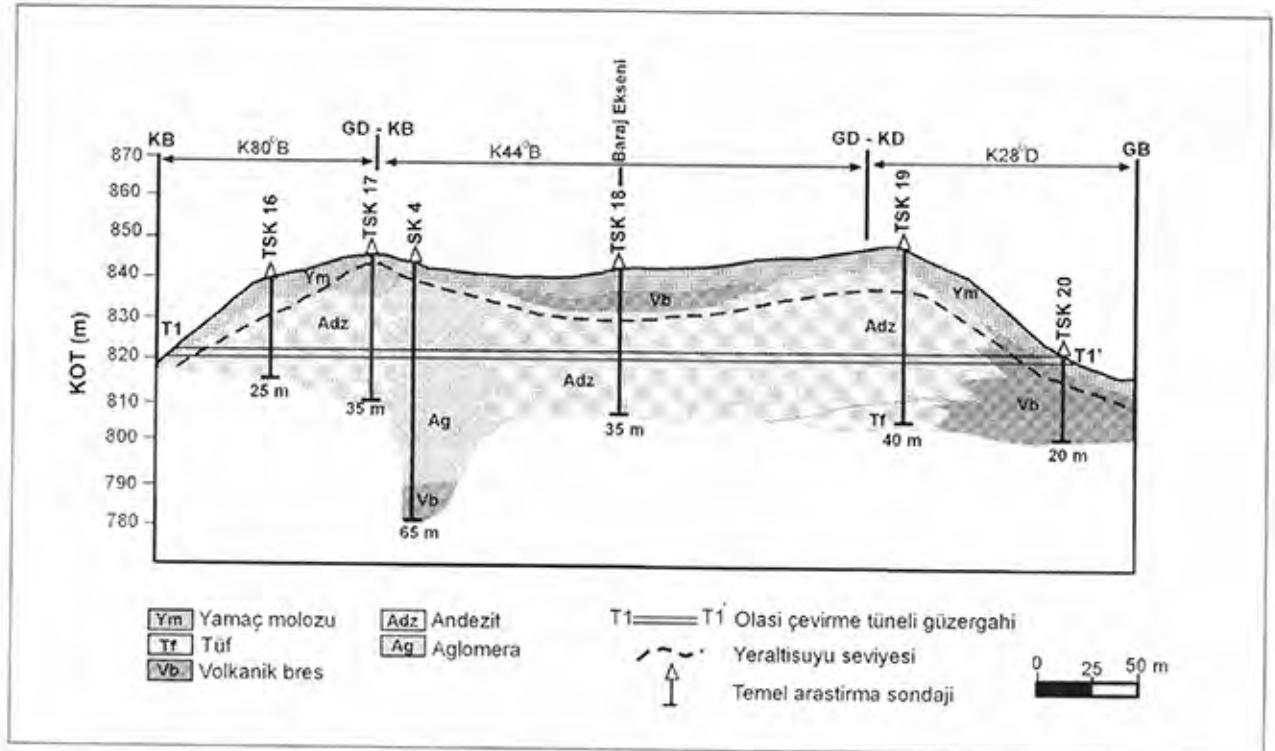
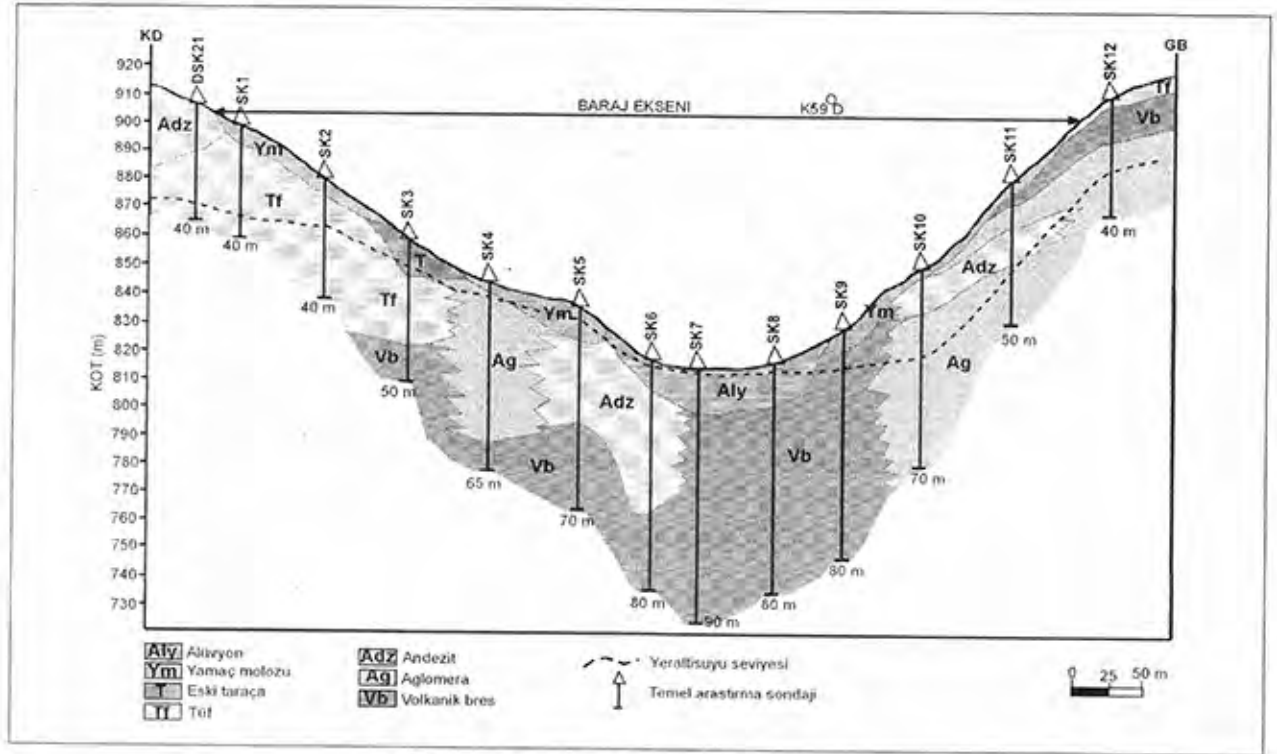
3. TEMEL SONDAJLARI VE VOLKANİK KAYAÇLARIN GEÇİRGENLİĞİ

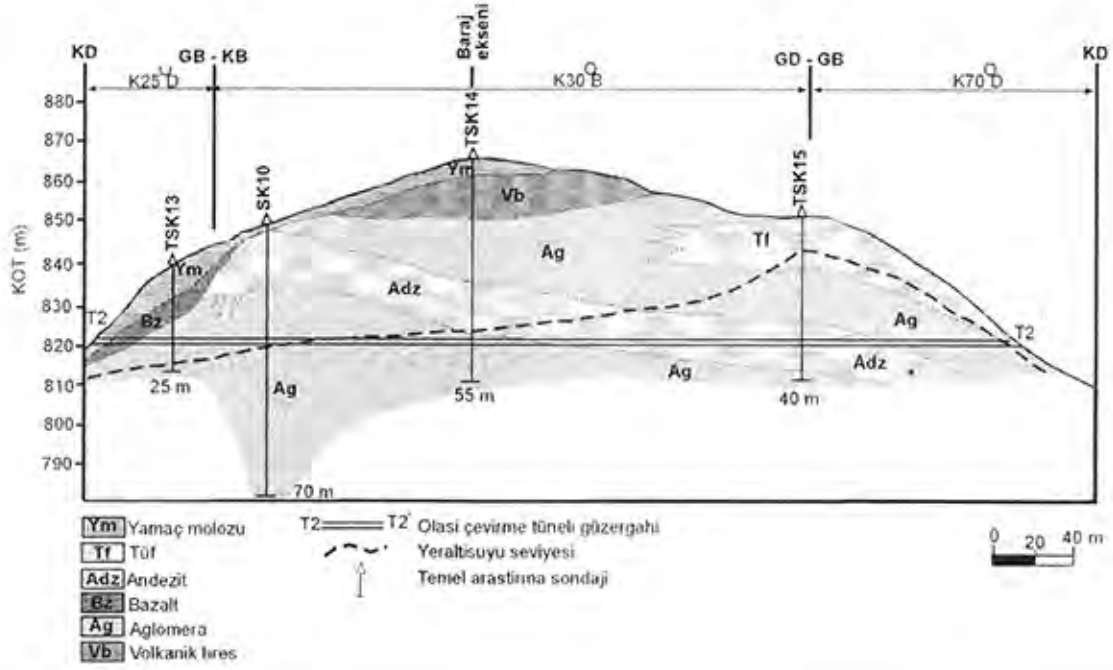
Arazi çalışmaları kapsamında baraj eksenî, dolusavak ve çevirme tüneli gibi yapı yerlerinde 22 adet lokasyonda toplam 1110 m derinliğinde temel araştırma sondajı DSİ tarafından açılmıştır. Barajın planlama aşamasından önce çevirme tünelinin hangi sahilde yapılacağına kesin olarak karar verilmediğinden, her iki sahilde de olası bir tünel için sondajlar yapılmıştır.

Buna göre sondajlardan 12 tanesi baraj ekseninde (Şekil 2 ve 5); 5 tanesi sol sahildeki olası çevirme tüneli üzerinde (Şekil 6), 3 tanesi sağ sahildeki olası çevirme tüneli üzerinde (Şekil 7) ve 2 tanesi dolusavak yerinde açılmıştır. Bu sondajlardan en derin olanı 90 m, en sığ olanı ise 20 m'dir.

DSİ tarafından açılan sondajlarda, baraj yerinin geçirimsizlik koşullarını ortaya koymak üzere alüvyonda düşen seviyeli permeabilite, anakayada ise toplam 330 adet Lugeon basınçlı su deneyi yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda baraj sahasına ait geçirimsizlik dağılımı belirlenmiş ve Lugeon

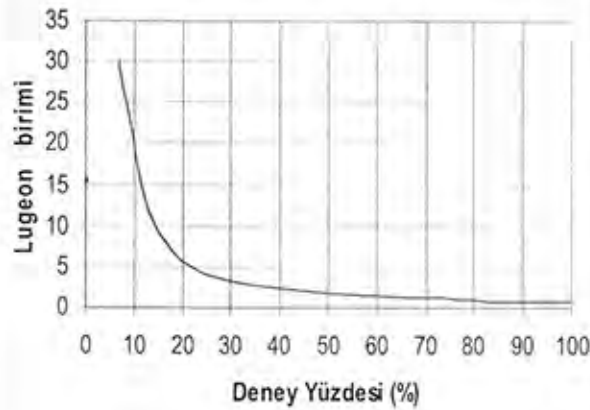
kümülatif eğrisi çizilmiştir (Şekil 8). Buna göre baraj sahasındaki volkanik kayalar genellikle "az geçirimli" olarak sınıflandırılmıştır.





Şekil 7. Sağ sahil olası çevirme tüneli jeolojik enine kesiti.

Lugeon Birimi	Deney Sayısı	Deney Yüzdesi (%)	Tanım
>25	25	8	Çok geçirimli
25 - 5	52	16	Geçirimli
5 - 1	186	56	Az geçirimli
<1	67	20	Geçirimsiz
Toplam	330	100	



Şekil 8. Uruş baraj yeri volkanik kayalarındaki geçirimsizlik dağılımı ve Lugeon kümülatif eğrisi.

Suveri Çayı boyunca yüzeylenen ve kum, çakıl ve iri blok boyutunda malzemeden oluşan alüvyonda yapılan düşen seviyeli permeabilite deneyleri sonucunda geçirimsizlik katsayısı 10-1 olarak belirlenmiştir. Buna göre alüvyon "çok geçirimli"dir. Alüvyonda uygulanan enjeksiyon tekniklerinden "jet-grouting" ve "slurry trench"in, malzemenin çakıl ve blok boyutunda olmasından dolayı olumlu sonuç vermeyeceği düşünülmektedir. Çünkü her iki yöntemin de çok iri taneli malzemeden oluşan alüvyonda uygulanması zordur. Bu nedenle en uygun çözümün, maksimum kalınlığı 16.5 m. olan alüvyonun kaldırılması olduğu düşünülmektedir. Böylece baraj, volkanik kayalar üzerine oturacak, geçirimsizlik ise kayalarda yapılacak enjeksiyon ile sağlanabilecektir.

4. URUŞ BARAJ YERİNDEKİ VOLKANİK KAYAÇLARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Uruş baraj yeri volkanik kayalarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bu çalışma kapsamında karot numuneleri üzerinde laboratuvar deneyleri ISRM (1981) tarafından önerilen yöntemlere göre ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler ile volkanik kaya birimlerinde tek eksenli basınç dayanımı, üç eksenli basınç deneyi sonucunda kayacın kohezyonu ve içsel sürtünme açısı, elastisite modülü, Poisson oranı, indirekt çekme dayanımı, birim ağırlık ve porozite değerleri belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Uruş baraj yeri volkanik kayalarına ait laboratuvar deney sonuçları.

Kayaç adı	Tek eksenli sıkışma day. (MPa)	Elastisite modülü (GPa)	Poisson oranı	Endirekt çekme day. (MPa)	Birim ağırlık (gr/cm ³)	Porozite (%)	Kohezyon (MPa)	İçsel sürtünme açısı (φ)
Volkanik Breş	17 - 33 (24)*	11.6	0.21	0.75-2.94 (1.97)*	1.88-2.15 (1.99)*	12.46-18.64 (16.07)*	9.29	36.77
Bazalt	64 - 249 (142)*	40.0	0.30	6.20-8.30 (7.25)*	2.21-2.57 (2.40)*	3.03-3.54 (3.29)*	---	---
Andezit	40 - 148 (93)*	41.9	0.22	---	2.16-2.55 (2.37)*	---	---	---

* (parantez içerisindeki değerler ortalama değerlerdir)

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonucunda elde edilen değerler ISRM (1979)'a göre değerlendirildiğinde bazaltlar "yüksek dayanımlı", andezitler "orta dayanımlı", volkanik breşler ise "düşük dayanımlı" kaya sınıfına girmektedirler.

5. TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Baraj aksı altındaki kaya kütlelerinin taşıma kapasitesi, Goodman (1989) tarafından önerilen Mohr-Coulomb yenilme kriteri yaklaşımı ile hesaplanabilir. Bu kriter gereğince taşıma kapasitesi;

$$q_a = 2.C_r \cdot \tan(45 + \phi_r / 2) + 2.C_p \cdot \tan(45 + \phi_p / 2) \cdot \tan^2(45 + \phi_r / 2) \text{ şeklindedir.}$$

- q_a = Taşıma kapasitesi (MPa)
 C_r = Rezidüel kohezyon (MPa)
 C_p = Pik kohezyon (MPa)
 ϕ_r = Rezidüel içsel sürtünme açısı
 ϕ_p = Pik içsel sürtünme açısı

Mohr-Coulomb yenilme kriterinde emniyetli durum için analiz yapmak gerektiğinde ϕ_r ve C_r sıfır olarak alınırsa taşıma kapasitesi tek eksenli basınç dayanımının iki katına eşit olur ($q_a = 2 \cdot \sigma_c$).

Taşıma gücünün hesaplanmasında geliştirilen bir başka yaklaşım ise Hoek-Brown (1980) yenilme kriteridir. Buna göre taşıma kapasitesi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

- $q_a = \sigma_c \cdot [(S)^{1/2} + \{Mr \cdot (S)^{1/2} + Sr\}^{1/2}]$
 σ_c = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)
 S = Sağlam (intak) materyal sabiti
 Mr = Kaya kütlesi sabiti
 Sr = Kaya kütlesi sabiti

Bu formülde S , Mr ve Sr değerleri Hoek ve Brown (1980) tarafından hazırlanan çizelge yardımıyla hesaplanabilmektedir.

Mohr-Coulomb yenilme kriterinde güvenli durumu olan ϕ_r ve C_r nin 0 alınması durumunda, $q_a = 2 \cdot \sigma_c$ formülünden, Uruş Barajı temelindeki volkanik kayaların taşıma kapasitesi tüm kayaç birimleri için ayrı ayrı en düşük ve ortalama tek eksenli basınç dayanımı değerlerine göre hesaplanmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Uruş baraj yeri volkanik kayalarının Mohr-Coulomb kriterine göre taşıma kapasiteleri.

Kayaç adı	En az T.E.B* dayanımı (MPa)	En az T.E.B* dayanımına göre taşıma gücü (MPa)	Ortalama T.E.B* dayanımı (MPa)	Ortalama T.E.B* dayanımına göre taşıma gücü (MPa)
Bazalt	64	128	142	284
Andezit	40	80	93	186
Volkanik Breş	17	34	24	48

*T.E.B: Tek eksenli basınç dayanımı

Aynı zamanda Uruş Barajı temelindeki volkanik kayaların taşıma kapasitesi Hoek-Brown (1980) kriterindeki formüle göre tüm birimler için ayrı ayrı, en düşük ve ortalama tek eksenli basınç dayanımı değerlerine bağlı olarak da hesaplanmıştır (Çizelge 8). Hesaplamalarda volkanik kayalara ait S , Sr ve Mr değerlerinin belirlenmesi için Hoek-Brown (1980) tarafından önerilen çizelge kullanılmıştır.

Çizelge 8. Uruş baraj yeri volkanik kayaçlarının Hoek-Brown (1980) kriterine göre taşıma kapasiteleri.

Kayaç adı	En az T.E.B* dayanımı (MPa)	En az T.E.B* dayanımına göre taşıma gücü (MPa)	Ortalama T.E.B* dayanımı (MPa)	Ortalama T.E.B* dayanımına göre taşıma gücü (MPa)
Bazalt	64	110	142	244
Andezit	40	62	93	144
Volkanik Breş	17	23	24	32

*T.E.B: Tek eksenli basınç dayanımı

Her iki yenilme kriterinden hesaplanan değerlere göre, Uruş baraj yeri temel kayası olan tüm volkanik kayaçların taşıma kapasitesi, barajın bu birim üzerine uygulayacağı yükten daha büyüktür. Burada barajın uygulayacağı maksimum gerilme baraj boyutlarına göre 4 MPa olarak hesaplanmıştır. Buna göre baraj yerindeki volkanik kayaçların taşıma gücü emniyetli olarak kabul edilmiştir.

6. ÇEVİRME TÜNELİNDEKİ BİRİMLERİN KAYA KÜTLESİ SINIFLAMALARI

Bu çalışmada Uruş Barajı Projesi kapsamında yapılması planlanan çevirme tüneline geçilecek volkanik kayaçların özelliklerinin ortaya konulması amacıyla kaya kütle sınıflamaları gerçekleştirilmiş ve gerekli olabilecek destek sistemleri de önerilmiştir. Uruş baraj yerindeki volkanik kayaçların kaya kütle değerleri RMR (Bieniawski, 1989) ve Q (Grimstad and Barton, 1993) sistemlerine göre belirlenmiştir.

Olası çevirme tünellerinde geçilecek olan bazalt, andezit ve volkanik breş birimlerine ait hesaplanan RMR ve Q değerleri ile önerilen destek sistemleri Çizelge 9'da sunulmuştur.

Çizelge 9. Uruş baraj yerindeki çevirme tüneline kaya kütle sınıflamaları ve önerilen destek sistemleri.

Kaya birimi	RMR Puanı	Q Puanı	Önerilen destek sistemi
Bazalt	38 - 62	0.27 - 1.9	25-50 mm kalınlığında püskürtme betonu ile gerdirmeli 1 m aralıklı 2.75 uzunluğunda kaya bulonları** tarafından güçlendirilmiş çelik kafes
Andezit	35 - 59	0.17 - 1.8	50-75 mm kalınlığında püskürtme betonu ile gerdirmeli 1 m aralıklı 2.75 uzunluğunda kaya bulonları** tarafından güçlendirilmiş çelik kafes
Volkanik breş	18 - 42	0.06 - 0.8	Çelik tarafından güçlendirilmiş, 1 m aralıklı 2.75 m uzunluğunda kaya bulonları**, 40-150 cm kalınlığında beton

*Destek sistemi Q (Grimstad ve Barton, 1993)'e göre önerilmiştir.

**Bulon uzunluğu için $L=2+0.15 (B/ESR)$ B=5 m, ESR (Kazı destek oranı)=1

Bazalt, andezit ve volkanik breşlerde en iyi ve en kötü şartlar için ayrı ayrı değerlendirmeler yapılarak RMR ve Q puanları bir aralık dahilinde belirlenmiştir. RMR puanlarına göre bazaltlar "kötü - iyi kaliteli", andezitler "zayıf - orta kaliteli", volkanik breşler ise "çok zayıf - orta kaliteli" kaya özelliği göstermektedirler.

7. SONUÇLAR

Uruş baraj yerinde Neojen volkanizmasının ürünü olan aglomera, volkanik breş, andezit, bazalt ve tuf birimleri ile Kuvaterner yaşlı eski taraça, yamaç inolozu ve alüvyon çökelleri bulunmaktadır. Sahada toplam 1110 m derinliğinde 22 adet sondaj açılmıştır. Basınçlı su deneyleri sonucunda, baraj sahasındaki volkanik kayalar az geçirimli; düşen seviyeli permeabilite deneyleri sonucunda ise alüvyon çok geçirimli olarak belirlenmiştir. Kayaç dayanımının belirlenmesi amacıyla yapılan tek eksenli basınç deneyleri sonucuna göre bazaltlar yüksek dayanımlı, andezitler orta dayanımlı, volkanik breşler ise düşük dayanımlı kaya sınıfı içerisinde yer alırlar. Mohr-Coulomb ve Hoek-Brown yenilme kriterlerine göre yapılan taşıma gücü hesabında, Uruş baraj yeri temel kayası olan tüm volkanik kayaların taşıma kapasitesinin barajın bu birim üzerine uygulayacağı gerilmeden (barajın boyutlarına bağlı olarak 4 MPa) daha büyük olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle baraj yerindeki volkanik kayalar taşıma gücü açısından emniyetlidir. Egemen süreksizlik takımlarının yönelimlerinden sağ ve sol sahildeki yamaçların düzlemsel ve kama tipi kaymalar açısından güvenli olduğu, ancak sol sahilde volkanik kayaları dik kesen süreksizlikler nedeniyle devrilme türü yenilmelerin beklenebileceği söylenebilir. Elde edilen jeoteknik değerlendirmeler sonucunda ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu olarak planlanan Uruş barajı yapımı esnasında herhangi bir sorunla karşılaşmayacaktır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classifications. Wiley, New York, 251 pp.
- Diederichs, M.S. and Hoek, E., 1989. DIPS 2.2. Advanced Version Computer Programme, Rock Engineering Group, Department of Civil Engineering, University of Toronto.
- DSİ, 1998. Ankara-Beypazarı Uruş Projesi, Uruş Barajı Planlama Aşaması Jeoteknik Raporu, DSİ 5. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Goodman, R. E., 1989. Introduction to Rock Mechanics. 2nd edition. Wiley, New York, 562 pp.
- Grimstad, E. and Barton, N., 1993. Updating the Q-System for NMT. Proc. int. symp. on sprayed concrete - modern use of wet mix sprayed concrete for underground support, Fagernes. (eds Kompen, Opsahl and Berg), Oslo, Norwegian Concrete Assn.
- Hoek, E. and Brown, E.T., 1980. Underground Excavations in Rock. Inst. Min. Metall., London, 527 pp.
- ISRM, 1978. Suggested methods for quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr., 15: 319-368.
- ISRM, 1979. Commission on laboratory and field tests. Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr., 16: 135-140.
- ISRM, 1981. Commission on classification of rocks and rock masses. Basic geotechnical description of rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr., 18: 85-110.
- Milch, L., 1903. Die ergussgesteine des Galatischen Andesgebietes. N. Jb. Min. B., 16: 110-165.
- Türkecan, A., Hepşen, N., Papak, İ., Akbaş, B., Dinçel, A., Karataş, S., Özgür, İ., Akay, E., Bedi, Y., Sevin, M., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E. ve Saraç, G., 1991. Seben-Gerede (Bolu), Gündül-Beypazarı (Ankara) ve Çerkeş-Orta-Kurşunlu (Çankırı) yörelerinin (Köroğlu Dağları) jeolojisi ve volkanik kayaların petrolojisi. MTA Rapor No: 9193.

İstanbul Tersiyer Çökellerinin Stratigrafisi ve Mühendislik Özellikleri

Stratigraphy and Engineering Properties of the Tertiary Sedimentary Formations in Istanbul

*Prof. Dr. M. YILDIRIM, Jeol. Yük. Müh., Yıldız Teknik Üniv. İnş. Fak., İnş. Müh. Böl. Jeoteknik ABD
E. SAVAŞKAN, Jeol. Yük. Müh. Bilgi 2000 Müh. & İnş. Ltd.*

ÖZET: İstanbul'un batı bölümünde Paleozoyik oluşuklar üzerinde yer alan Tersiyer çökel-
lerinin en yaşlısı, Orta Eosen-Alt Oligosen yaşlı Kırklareli formasyonudur. Transgresif olarak, bir
taban konglomerası, kil ve kömürlü seviyeler içeren litolojilerle başlayan istif, üstte doğru, krem
renkli karbonatlı kilitaşı ve resifal kireçtaşları ile devam etmekte, ve en üstte, killi kireçtaşı, marn ve
karbonatlı kumtaşı birimleri yer almaktadır. Bu istifin üzerinde, Üst Oligosen'de, yine çakilli, kumlu
ve kömürlü seviyelerle başlayan yeni bir çökel dizisi gelişmiştir. Bu çökel dizisinin, literatürde
bugüne kadar genellikle kabul edilenin aksine, Miyosen sonuna kadar kesintisiz devam etmiş olduğu
düşünülmektedir. Shelf ortamında gelişen bu çökel dizisinde, aşırı konsolide yeşil killeri egemen
olmakla birlikte, sık sık kum merceklerine de rastlanmakta, üst seviyelere doğru ise, bunlar, yer yer
gölsel ortamda gelişmiş ve haritalanabilir yoğunlukta marn ve kireçtaşları ile aralanmalı hale
gelmektedir. Birbirleri ile uyumlu geçişli ve alttan üstte doğru Gürpınar-Çukurçeşme - Güngören -
Bakırköy olarak adlandırılan formasyonların oluşturduğu bu istifin üzerine ise, Pliyosen dön-
eminde çökelmiş akarsu tortullarından oluşan Samandıra (Belgrad) formasyonu uyumsuz olarak
gelmektedir.

İstanbul'un depreme en duyarlı alanlarının önemli bir bölümünü kaplayan Tersiyer çökel-
lerinin doğru tanımlanması, sonuçları mühendislik jeolojisi ve jeoteknik incelemeleri ve değer-
lendirmeleri de etkileyen hataların önüne geçebilecektir.

ABSTRACT: Middle Eocene-Lower Oligocene Kırklareli Formation is the oldest Tertiary
sedimentary unit overlying the Paleozoic sequence in the western part of Istanbul. The sequence
starts with lithologies consisting of basal conglomerate, clay and coal, continuing with cream col-
ored calcareous claystone and reef limestone, and ending at the top with argillaceous limestone,
marl and calcareous sandstone. Over the Kırklareli Formation, a sedimentary sequence, again
starting with basal conglomerate, sandstone, and coal, must have been deposited continuously from
Upper Oligocene to the end of Miocene, although it is generally accepted in the literature that the
sequence of Miocene formations named Çukurçeşme, Güngören and Bakırköy rests disconform-
ably over the Upper Oligocene formation named Gürpınar. Although these neritic deposits are domi-
nantly composed of overconsolidated green clays, sand pockets are often encountered. Mappable
lacustrine clay-interbedded limestone and marl deposits form the uppermost Tertiary formation,
named Bakırköy. The Samandıra (or Belgrad) formation of Pliocene age rests disconformably on
this continuous series.

Correct identification of the Tertiary sedimentary formations covering a significant portion of the most earthquake-prone areas of İstanbul, may prevent mapping errors resulting in erroneous engineering geological and geotechnical interpretations and evaluations.

GİRİŞ

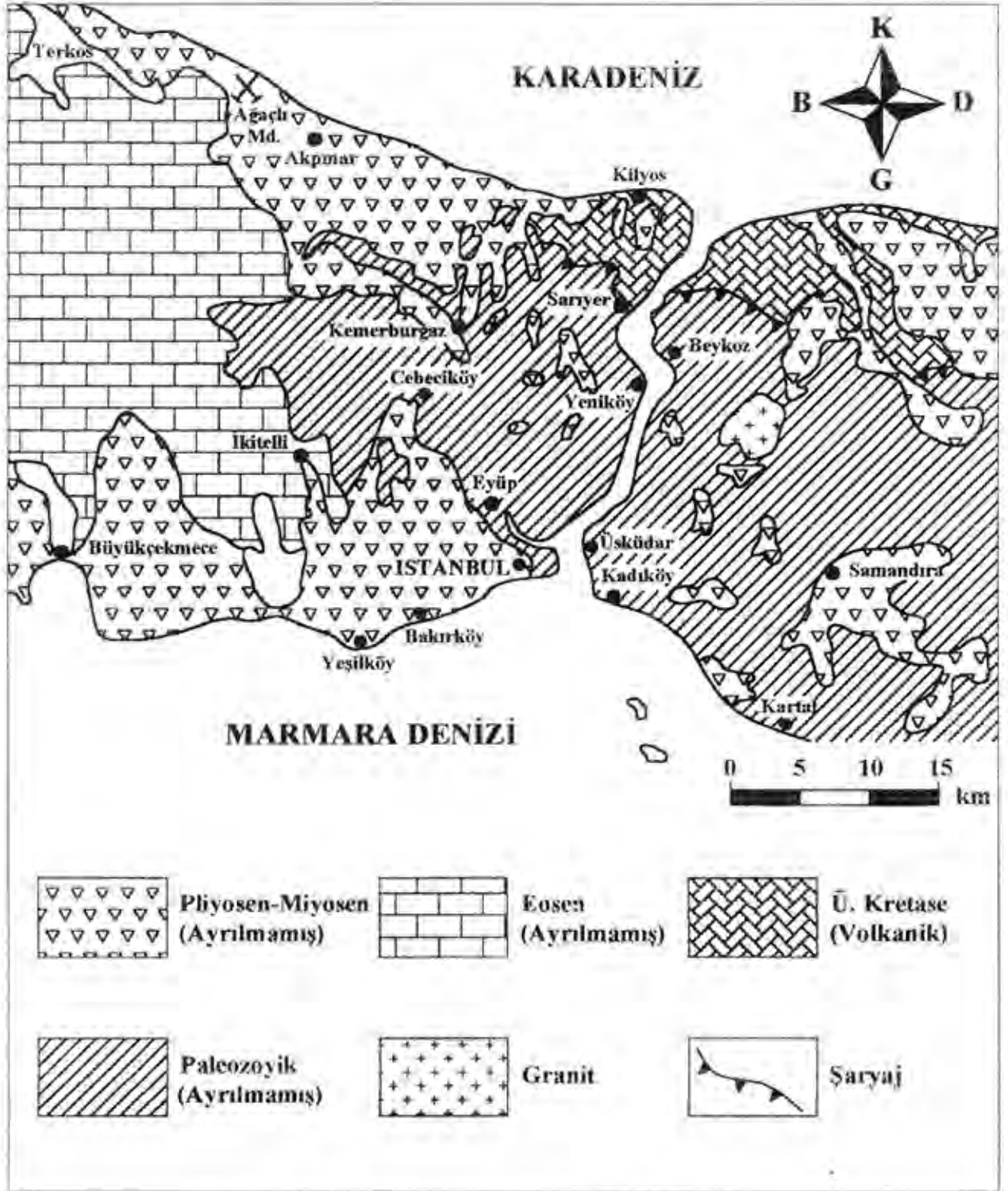
Bilindiği gibi, 17 Ağustos 1999 depremi sonrasında, standart-dışı yapılaşma yanında, zemin koşullarının da deprem hasarları açısından en önemli bir etmen olduğu bir kez daha ortaya çıkmış, İstanbul'un tüm ilçelerinde imar planlarının revizyonuna esas jeolojik ve jeoteknik inceleme çalışmaları başlatılmıştır. Bu arada, 1/5000 ve 1/1000 ölçekli jeoloji ve mühendislik jeolojisi haritaları hazırlanmaktadır. Bu çalışmalar sırasında, literatürde kabul görmüş stratigrafik istife bağlı kalınarak yapılan haritalama çalışmalarında sıkıntılar yaşanmaktadır. Tepe düzlüklerinde sıkça mostra veren ve kil bantlı kireçtaşı-marn niteliğindeki Bakırköy formasyonunun altında yer alan yeşil killer Güngören formasyonu olarak haritalanmakta, ancak bu killerin hem fiziksel, hem de mühendislik özellikleri açısından, başka yerlerdeki Gürpınar killeri ile çok benzer olabildiği görülmektedir. Öte yandan, koyu gri-siyah, çok yüksek plastisiteli killere rastlandığında, bunlar da, Güngören formasyonu içinde farklı özellikte bir üye olarak haritalanmak zorunda kalmaktadır. Aynı şekilde, kireçtaşlarının altındaki yeşil killer Güngören formasyonuna ait olarak tanımlanınca, bu killerin içinde rastlanan bir kum ara tabakasını Çukurçeşme formasyonu, altındaki yeşil killeri ise Gürpınar formasyonu olarak haritalama eğilimi doğmaktadır. Benzeri korelasyon güçlükleri ve tutarsızlıklara, İstanbul'un Tersiyer çökellerinin yaygın olduğu batı ve güneybatı kesiminde sıkça rastlanmaktadır.

Bu çalışmada, uzun süredir İstanbul'un farklı yörelerinde yapılmış yüzeysel ve sondajlı inceleme sonuçları (Özaydın v.d., 2000) ile, Küçükçekmece İlçesi'nin Küçükçekmece, Sefaköy, Halkalı ve İkitelli bölgelerinde yapılmakta olan imar planlarına esas jeolojik ve jeoteknik inceleme sonuçları birleştirilip değerlendirilerek, Tersiyer ve özellikle Oligo-Miyosen çökellerinin stratigrafisine yeni bir yorum getirilmektedir.

Amaç, bölgenin jeolojik yapısının ve buna bağlı olarak mühendislik jeolojisi ve jeoteknik özelliklerinin doğru değerlendirilmesi, literatüre uyma gereksinmesi duyularak ayırtlanan yapay formasyon sınırlarının yarattığı karışıklıklarının giderilmesidir. Zaman içinde, başka araştırmacıların katkılarının da bu değerlendirmeyi geliştireceği umulmaktadır.

GENEL JEOLÖJİ

İstanbul bölgesi ve çevresinde görünür temelde yer alan Paleozoyik yaşlı formasyonlar yakından incelendiklerinde, bunların kumtaşı (grovak), silttaşı ve kilttaşlarından oluştuğu gözlenmektedir. 2000m kalınlığa ulaşabilen bu litolojiler çoğunlukla İstanbul Boğazı'nın doğusunu oluşturan Kocaeli Yarımadası'nın büyük bir kısmında mostra vermektedir (Şekil 1). İstanbul Kocaeli Yarımadası'ndaki Paleozoyik, Ordoviziyen dönemiyle başlamakta ve "Arkoz Serisi" olarak adlandırılan kırıntılı kayaçlardan oluşmaktadır. İstif üstü doğru Silüryen yaşlı alacalı şeyl ve grovaklardan; Devoniyen, Kireçtaşı ve şeyllerden (Önalın, 1989); Karbonifer dönemi ise çörtlerden, grovaklardan ve silttaşlarından (Trakya formasyonu) meydana gelmişlerdir (Kaya, 1971; Ketin, 1983; Vardar, 1988). Arkoz Serisi, İstanbul Boğazı Anadolu Yakası'nda yer yer granit-granodiyoritik kayalar tarafından kesilmektedir.



Şekil 1. İstanbul ve çevresinin genel jeoloji haritası

İstanbul'un doğusunda, İzmit'e doğru, Paleozoyik istifini, kırmızı renkli bir konglomera-kumtaşı serisiyle başlayan Triyas yaşlı formasyonlar diskordan örtmektedir. Triyas üzerine ise Üst Kretase yaşlı açılı uyumsuzlukla transgresif olarak konglomera (Hereke Pudingi) ve kireçtaşları ya da volkanitleri gelmektedir. Bu oluşukların üst seviyeleri fliş, marn ve kireçtaşlarıyla devam etmektedir.

Paleozoyik ve Mesozoyik yaşı formasyonlar, Senozoyik yaşı genç çökeller tarafından diskordan olarak örtülmektedir. Tersiyer yaşı genç çökeller genellikle İstanbul Boğazı batısında Trakya Havzası'nda oluşmuşlar ve bu bölgede geniş mostra yayımlıdır. Edirne-İstanbul arasında yer alan bu sedimentlerin Trakya Orta Bölgesi'nde giderek derinleşen ortamda çökelmiş fliş niteliğindeki eşdeğer litolojilerinin kalınlıkları 4000 metreyi aşmaktadır. Trakya havzasının düzenlenmiş lito-stratigrafik birimleri ve bunların birbirleriyle olan eşdeğerlikleri, değişik yazarlar tarafından incelenmiştir (Doust ve Arıkan, 1974; Keskin, 1974; Ünal, 1967). Trakya Havzası'nın Orta Eosen döneminde çökelmeye başlayan sedimentleri birbirini izleyen dönemlerde transgresyon ile oluşmuş ve regresyonla sonlanarak gelişmişlerdir (Eroskay ve Coruk, 1991). Çökeltme, önce sığ deniz tortu-larıyla başlamış, bunu derinleşen deniz tortuları izlemiş, daha sonra tekrar sığ deniz ve karasal tor-tullarla sonuçlanmıştır. Bunun sonucu, ya kireçtaşı ve sığ deniz kırıntıları, ya da mikali kum ve killerden oluşan tortullar çökelmişlerdir. Oligo-Miyosen dönemi yeni transgresif çökelleri ise, Eosen yaşı formasyonlar üzerinde diskordan olarak gelişen ve üste doğru karasal-gölsel ortamı temsil eden, şelf ortamında çökelmiş oluşuklardır. Pliyosen dönemi ise, daha yaşı çökelleri örten akarsu çökelleriyle temsil edilmektedir. Tüm bu formasyonlar dere yataklarında güncel alüvyal çökeller tarafından diskordan olarak örtülmektedirler.

İSTANBUL'DAKİ TERSİYER FORMASYONLARI VE MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

İstanbul ve yakın civarında Orta Eosen-Alt Oligosen döneminde çökelen Kırklareli formasy-onu (Keskin, 1971) kireçtaşları ya da kimi zaman Paleozoyik oluşuklar üzerine uyumsuz olarak otu-ran Oligo-Miyosen dönemi çökelleri, Üst Miyosen sonuna kadar kesiksiz çökelen ve üste doğru karasal - gölsel ortamı temsil eden çökellerdir. Üst Oligosen'de, bir taban konglomerası ile başlayan çökellerin, literatürde genellikle kabul edilenin aksine, Miyosen sonuna kadar kesintisiz olarak devam etmekte olduğu düşünülmektedir. Diğer bir deyişle, esas olarak sarımsı gri kum mercekli, yeşil killerden oluşan Gürpınar formasyonu, kesintisiz ve uyumlu geçişli olarak Miyosen yaşı Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonundan oluşan kum-kil-kireçtaşı ardalanmalı lito-lojileri ile devam etmektedir. Pliyosen dönemi, bunların üstüne uyumsuzlukla çökelmiş akarsu tortu-ları (Samandıra formasyonu) ile temsil edilmekte, güncel alüvyal çökeller ise, en genç tortul birim-leri oluşturmaktadır.

EOSEN-ALT OLİGOSEN İSTİFİ

Kırklareli Formasyonu

İstanbul ve civarında Orta Eosen dönemi çökeli, kireçtaşı ve sığ deniz kırıntılarından oluşan neritik tortulardan oluşmaktadır (Keskin, 1971). Kırklareli formasyonunun (Soğucak for-masyonu) baskın litolojisi kireçtaşlarıdır (Umut v.d., 1983; Turgut v.d., 1991). Küçükçekmece ve batısında yaygın bir şekilde gözlemlenen kirli beyaz - krem renkli, ince - orta yatay katmanlı bu istifin tabanında yer alan, kalınlığı genellikle 5m - 10m arasında değişen ve karbonatlı bir hamur ile tutturulmuş silttaşı, kumtaşı, kuvars vb. kökenli çakıllar içeren taban konglomerası niteliğindeki seviye (örneğin İkitelli doğusu, Mahmutbey İsfalt Tesisleri dolay) bol Nummulites fosili bulun-durmaktadır (Yıldırım ve Özyayın, 1993). İstifin taban seviyesinin, kimi zaman, 20m kalınlığı aştığı, alt düzeyinin çakıl ve kum ile birlikte siyah, organik içerikli, kömür ara tabakalı killerden

oluştugu anlaşılmaktadır. Bu düzeylere örnek olarak, İkitelli Başak Konutları'nın batısındaki yamaçta, bölgenin yerleşime uygunluk incelemesi kapsamında Ocak 2001 tarihinde yapılan sondaj sonuçları verilebilir.

Aveılar'm Tahtakale Mahallesi, İkitelli, Altınşehir ve başka yerlerdeki mostralarda görüldüğü gibi, istif, üste doğru kirli beyaz - krem renkli, karstik, yatay - yataya yakın ince - orta katmanlı, sert, orta - yüksek dayanımlı karbonatlı kumtaşı, kavrıkli killi kireçtaşı ve resifal kireçtaşı ile devam etmekte, en üst seviyelerde ise oldukça düşük dayanımlı, kil - killi kum ara tabakalı, beyaz - krem killi kireçtaşı ve marn ardalanması ile son bulmaktadır. İstifin kalınlığı Küçükçekmece yöresinde yer yer 50m'yi aşmakta, batıya doğru da giderek artmaktadır. İncelemelere ve fosil bulgularına göre, Kırklareli formasyonu, Orta Eosen'den (Dizer, 1951) başlayıp, en üst seviyelerde marnlı düzeylerde yer yer Congeria ve balıklı seviyeleri içererek (Sönmez, 1964), Alt Oligosen dönemi sonunda da gölsel-karasal ortama geçen, genellikle sığ ortamda çökelmiş bir resif-killi kireçtaşı istifidir.

Kırklareli Formasyonu'nun Jeomekanik Özellikleri

Kırklareli formasyonunu oluşturan kireçtaşlarından değişik derinliklerden alınan (Bahçeşehir) 150 adet karot numunesi üzerinde (YTÜ-Geoteknik ABD Laboratuvarı) yapılan deney sonuçlarına göre taşların tabii birim hacim ağırlığı, ($n = 1.90 - 2.40 \text{ gr/cm}^3$ arasında, dane birim hacim ağırlığı, ($s = 2.45 - 2.75 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişmektedir. La Chatelier Flask ile belirlenen dane birim hacim ağırlığı ortalaması, ($s = 2.50 \text{ gr/cm}^3$ tür (Fevziye v.d., 1994). Bu kayaların porozitesi yaklaşık, $n = \% 20$ dir. Killi numunelerde yapılan aşınma deneyinde (Los Angeles) ise (Çatalca-Sazlıbosna) 100 tur sonraki ağırlık kaybı $\% 16.6$, 500 tur sonraki ağırlık kaybı $\% 57.4$ tür (Erdoğan, 1993). Agregası olarak kullanılan resifal kireçtaşlarında ise 100 tur sonraki ağırlık kaybı $\% 7.36$, 500 tur sonraki ağırlık kaybı $\% 37.95$ tir. Nokta Yükleme Deneyi ile tahmin edilen Serbest Basınç Dirençleri killi numunelerde azalarak 10 kg/cm^2 ye kadar düşerken, kil içermeyen resifal kireçtaşlarında ise (monolit) 600 kg/cm^2 gibi değerler aldığı gözlenmiştir. Genel olarak ortalama değerleri ise, formasyonun üst seviyelerini oluşturan killi kireçtaşı düzeylerinde tek eksenli basınç dirençleri ($B = 25-100 \text{ kg/cm}^2$, alt seviyelerinde kil oranı içermeyen düzeyler, ($B = 100-250 \text{ kg/cm}^2$, resifal kireçtaşı düzeyleri için ($B = 350 \text{ kg/cm}^2$ civarında olup, "düşük-orta dirençli kaya" grubuna girmektedir. Kırklareli formasyonu kireçtaşlarından alınan karotlarda, toplam karot yüzdesinin (TCR) ve kaya kalite oranının (RQD) değişim aralıkları ve ortalama değerlerinin $TCR = \% 17-\% 100$, (TCR) ort. = $\% 58$, $RQD = 0-\% 80$, (RQD) ort. = $\% 24$ olduğu gözlenmektedir. Yapılan suya dayanıklılık deneylerinde (Slake Durability Test) Slake Durabi Index, $Is = \% 48.9$ bulunmuştur. (Yıldırım, 2000)

OLİGO-MİYOSEN - POLİYOSEN ÇÖKELLERİ

Oligo-Miyosen çökelleri. Kırklareli formasyonu litolojileri üzerine Üst Oligosen döneminde bir transgresyonla blok, çakıl-kum, tuf ve linyit seviyeleri ile başlayıp, üste doğru yeşil renkli, aşırı konsolide kilaşı-kil, mikalı kum ardalanması şeklinde devam eden, en üstte de, Miyosen dönemi sonuna kadar giderek sığlaşan ortamda, mikalı kum-organik kil-marn-kireçtaşı ardalanmasıyla kesiksiz devam ederek son bulan bir istiftir. Bu istifin üzerine, Pliyosen yaşlı Samandıra (Belgrad fm.) formasyonu diskordan oturmaktadır (Şekil 2).

Gürpınar Formasyonu

Gürpınar formasyonu, bol fissürlü, aşırı konsolide kil, kilaşları ve kum mereceklerinden oluşmaktadır. İstifin hakim litolojisi yeşil renkli killerdir. Gürpınar formasyonunun mostraları.

S E N O Z O Y İ K					UST SİSTEM
T E R S İ Y E R	ALÜVİYON	PLİYOSEN	OLİGO-MİLYOSEN		SİSTEM
			BAKIRKÖY	GÜNEZİÇİ	SİREL
			GÜNEZİÇİ	ÇİĞİRİNAR	FORMASYON
					KALINLIK (m)
PALEOZOYİK					5 - 10
					10 - 50
					20 - 30
					20 - 30
KARBONİTER					20 - 30
					20 - 30
					20 - 30
					20 - 30
TRAKYA					> 200
					> 250
					> 250
					> 250
TRAKYA					> 1000
					> 1000
					> 1000
					> 1000
LİTOLOJİ					
AÇIKLAMALAR					
ALÜVİYON: Çakıl, kum, silt, kil					
Uyumsuzluk					
SİLTİLİ KİL: Kızıl renkli, kumlu, yuvarlak - yarı yuvarlak kuvarslı çakıllı, çok katı - sert, gevşek tutturulmuş					
Uyumsuzluk					
KİREÇTAŞI - MARN: Beyaz krem renkli, tebeşirimsi, poroz, ince - orta katmanlı, Makrallı, kil / kum arakatmanlı					
KİL: Koyu gri - boz renkli, karbonatsız veya az karbonatlı, siltli, bitki artıklı, yüksek plastisiteli					
KUM: Sarımsı gri, açık kahverengi, çakıllı ve siltli, kil arakatmanlı, tutturulmamış veya çok gevşek tutturulmuş, çapraz katmanlı					
KİL / KİLTAŞI - KUM ARDALANMASI:					
Kil: Grimsi yeşil, aşırı konsolide, tül seviyeli, fissürlü yer yer karbonatlı / kireçtaşı bantlı, kömür katkılı					
Kiltaş: Gri - yeşil, ince - orta katmanlı					
Kum: Açık gri - sarımsı krem renkli, kuvarslı-kireçtaşı çakıl ve bloklu					
ÇAKILTAŞI: Grimsi kahverengi, kumlu, killi, kireçtaşı çakıllı, kömür arakatmanlı					
Uyumsuzluk					
MARN - KİREÇTAŞI: Beyaz - sarımsı bej - gri renkli, orta-kalın katmanlı, karbonatlı kil arakatmanlı, fosilli					
KARBONATLI KUMTAŞI: Krem renkli, ince taneli, sert, som yapılı					
RESİFAL KİREÇTAŞI: Beyaz - bej renkli, sert, som yapılı, karstik, bol fosilli					
ÇAKILTAŞI - MARN: Grimsi bej renkli, bol grovak çakıllı, kum - silt - kil ve kömür arakatmanlı					
Uyumsuzluk					
KUMTAŞI (Grovak) - SİLTİTAŞI - KİLTAŞI:					
Mavimsi gri - kahverengi, kireçtaşı mercekli					
(Ölçeksiz)					

Şekil 2. İstanbul ve yakın çevresi Tersiyer çökellerinin stratigrafik sütun kesiti

İstanbul'un batı kesimlerinde yaygın bir şekilde bulunmaktadır. İstifin taban seviyelerinin en iyi ve yaygınca gözlemlendiği yer, Küçükçekmece İlçesi İkitelli Köyü ve Keresteciler Sitesi'nin batı yamaçları ile tepe düzlükleridir. Bu kesimlerde Eosen yaşlı Kırklareli formasyonunun üzerinde kireçtaşı, grovak, kuvarsit, opal, arkoz blok ve çakılları ile başlayan istifin açık sarımsı, krem, gri renkli mostraları, üst seviyelere doğru muskovitli çakıl cepleri içeren kumlara geçmektedir. Gürpınar formasyonunun taban seviyeleri, Küçükçekmece'de Halkalı İkitelli Caddesi Uzunlar Sokak'ta yapılmış sondajlarla belirlenmiştir. Buralarda yapılan sondajdan anlaşıldığı üzere, Kırklareli formasyonu kireçtaşları üzerinde kireçtaşı blok/çakıllı, kumlu sert kum-kil ile başlayan istif, üste doğru kömür bantları içermekte ve giderek hakim litolojiyi oluşturan yeşil sert kile geçmektedir.

Kemberburgaz ile Karadeniz sahili arasındaki alanda, Belgrad formasyonu olarak haritalanmış ve içinde kömür ocaklarının yer aldığı, bol kömürlü seviyeleri içeren çökeller yakından incelendiğinde, bu birimlerin çoğunlukla Gürpınar formasyonunun açık sarımsı gri renkli kumlar ile ardalanan, yeşil renkli aşırı konsolide killeri olduğu görülmüştür (Yıldırım v.d., 1995). Kemberburgaz-Odayeri Deponi Alanı'nda ve Karadeniz kıyı şeridindeki Kemberburgaz-Ağaçlı Mevkii'de yapılan sondajlarda, kömür mercekli, yeşil renkli, aşırı konsolide kil ve kilaşı kesilmiştir (Özaydın v.d., 1994). Benzer litolojiler, Şile-Kümürçüoda Deponi Alanı ve çevresinde kil ve kömür ocaklarında da gözlemlenmektedir (Yıldırım, 1997).

Gürpınar formasyonu mostraları, İstanbul'un batı kesimlerinde yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Bağcılar, Küçükçekmece, Avcılar, Gürpınar, Kemberburgaz, Akpınar ve hatta Güngören, bu formasyonun geniş mostralarının bulunduğu bölgelerden bazılarıdır. Küçükçekmece civarında 80m kalınlığa ulaşan istif, batıya, Gürpınar'a doğru kalınlaşarak yüzlerce metre kalınlığa ulaşmakta ve Silivri'ye doğru, yanal yönde tabakalanması belirgin kilaşı-kumtaşı ardalanmasına geçmektedir.

1997 yılında, İstanbul Hafif Raylı Taşıma Sistemi Projesi için Otogar (Esenler)-Bağcılar-İkitelli Başak Konutları güzergahı boyunca yapılan sondajlarda, Esenler Otogarı'ndan başlayıp, kuzeybatı yönünde TEM Otoyolu'na kadar, Atışalanı Caddesi, Çiğcin Vadisi ve Mahmutbey boyunca yaklaşık +40m ve +90m kotları arasında değişen vadi ve tepelerde Gürpınar formasyonu litolojileri gözlemlenmiştir (Özaydın ve Yıldırım, 1998). Bir çok defa yüzeyde 5m-10m kalınlıkta marn ve kireçtaşı katmanlarının altında uyumlu geçişli ve kalınlığı yer yer 50m'yi aşan Gürpınar formasyonu, koyu yeşil renkli, çok katı-sert kil, siltli kil tabakalarından oluşmuştur. Sondajlarda, farklı derinliklerde ve bazen yanal sürekliliği izlenebilen, kalınlığı 20m'ye ulaşan kum merceklerine rastlanılmıştır. Bu kum mercekleri, yer yer yamaçlarda yüzeylenmekte ve Gürpınar formasyonuna ait litolojileri oluşturmaktadır (Özaydın v.d. 1997).

Gürpınar formasyonunun üst seviyelerinin iyi gözlemlendiği yerler arasında, Davutpaşa Kışlası, Küçükçekmece ve Avcılar sayılabilir. Bu seviyeler, siltli kil-kum-kireçtaşı ardalanması ile (Gürpınar ve Bakırköy formasyonları) karakterize olmuştur.

Yıldız Teknik Üniversitesi tarafından, Avcılar İlçesinin çeşitli mahallelerinde yer alan 16 İlköğretim Okulu binaları için gerçekleştirilen inceleme ve onarım / güçlendirme projelendirmesi kapsamında yapılan gözlemsel incelemeler ile, her biri 15m derinlikte 32 adet sondaj ve laboratuvar deney sonuçlarına göre, bu yörede de yataya yakın katmanlanma gösteren benzer litolojiler bulunmaktadır (Özaydın v.d. 2000). Özellikle Avcılar'da E5 Karayolu ile Marmara Denizi arasında kalan yoğun yerleşim alanını oluşturan güneye eğimli yamaçta farklı kotlarda yapılmış yüzeyssel gözlem ve sondajlar, yeşil renkli, aşırı konsolide killerin, kalınlıkları yer yer 10m'yi aşan kum ve kireçtaşı

seviyeleri ile bir kaç kez ardalandığını ve üzerinden E5 Karayolu'nun geçtiği tepe düzlüğünde de yatay katmanlı kireçtaşları ile son bulunduğunu göstermektedir. Oligo-Miyosen yaşlı çökellerin bu ardalımalı yapısı anlaşılmadığı takdirde, tekrarlanan kireçtaşı-kil-kum seviyelerinin formasyonu sınırlarının haritalanmasında ciddi zorluklarla karşılaşılması söz konusu olacaktır.

Gürpınar Formasyonu'nun Jeomekanik Özellikleri

İndeks özellikleri (Kil):

Doğal Birim Hacim Ağırlığı	(γ_n)	=	1.95 - 2.05 gr/cm ³
Dane Birim Hacim Ağırlığı	(γ_s)	=	2.62 - 2.72 gr/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlığı	(γ_k)	=	1.50 - 1.70 gr/cm ³
Doğal Su Muhtevası	(w_n)	=	% 15 - 40
Likit Limit	(w_L)	=	% 40 - 100
Plastik Limit	(w_P)	=	% 20 - 40
Plastisite İndeksi	(I_p)	=	% 20 - 60

değerleri arasında değişmektedir.

Casagrande sınıflamasına göre Gürpınar formasyonu çoğunlukla yüksek plastisiteli kil (CH) sınıfına girmektedir. Aşırı konsolide kil özelliği taşıdığı bilinen Gürpınar formasyonu, SPT darbe sayılarına göre "Kati-Çok Kati-Sert" bir zemin niteliğindedir. İçinde kalınlığı yer yer 20m'yi aşan merceler halinde bulunan kum ve çakıl seviyelerinin SPT darbe sayısı $N=45$ civarındadır. 20m derinlikten sonraki killi seviyelerin çok sert kıvamında ve $N>50$ olduğu görülmüştür. Bu değer, yüzeye yakın seviyelerde ise $N=30$ civarındadır. Ödometre deneyi ile elde edilen sıkışma indeksi C_c değerinin $C_c = 0.15$ mertebesinde olduğu görülmüştür. Bu killerde tesbit edilen serbest şişme = %2.83-%5.66, şişme basıncı 2.80 - 4.30 kg/cm² arasındadır. İstif kum merceleri haricinde yeraltı suyu içermeyip, permeabilite katsayısı ortalama $k=1 \times 10^{-7}$ ile $k=1 \times 10^{-8}$ cm/sn arasında değişmektedir. Serbest basınç dayanımı genellikle $q_u=1.7 - 4.00$ kg/cm² değerleri arasındadır. Kil-kum ardalımları, zaman zaman değişik yörelerde kilitaşı-kumtaşı gibi zayıf kaya niteliğine dönüşebilmektedir (Yıldırım, 2000).

Çukurçeşme Formasyonu

Gürpınar formasyonunun üst seviyelerinde, yanal sürekliliği sınırlı, merceler halinde Çukurçeşme formasyonunun kumları yer almaktadır. Miyosen yaşlı formasyon adı Rami kuzeyindeki Çukurçeşme Mevkii'nden dolayı, Arıç (1955) tarafından verilmiştir. Açık sarımsı gri, muskovitli, kuvarsa zengin birim, çimentosuz - gevşek çimentolu olup, kalınlığı 30m'yi aşmamaktadır (Sayar ve Pamir, 1933; Sakıncı v.d. 2001). İstif, yer yer yeşil kil bantlıdır. Karasal nitelikli bu formasyonun kum, çakıllı kum ve serizitli kum seviyelerinde çapraz tabakalanma görülmektedir. İnce-daneli kum seviyelerinde, kuvarsin yanında, tali mineral olarak, çört, demir mineralleri, serizit ve muskovit bulunmaktadır.

Gürpınar formasyonunun taban seviyelerine yakın kesimlerde, bazen yanal devamlılığı görülen sarımsı gri, ince taneli, mikalı kum katmanlarının mercekse nitelikli Çukurçeşme formasyonunun aynı litolojik özellikleri içeren seviyeleri ile karıştırılması mümkündür. Bu durumda yöre ve çevrede mevcut stratigrafik dizilimin iyi incelenmesi yanlış haritalama ve değerlendirmelerden kaçınmak açısından önem kazanmaktadır.

Saha gözlemleri ve derlenmiş sondaj verileri birlikte değerlendirildiğinde, Çukurçeşme ile, Gürpınar formasyonunun üzerinde yer alan ve formasyon düzeyinde haritalanan diğer Oligo-Miyosen birimlerinin de (Güngören ve Bakırköy formasyonları), transgresyonla başlayıp, kesintisiz bir şekilde devam ederek regresyonla sonlandığı dönemde, karasal, gölSEL ortamlarda oluşmuş litolojilerinden ibaret olduğu anlaşılmaktadır. Miyosen yaşlı üç formasyonun hiç birinin yanal sürekliliği olmaması dolayısı ile, Gürpınar formasyonundan her birine geçişlere rastlamak olasıdır. Yanal ve düşey yönde gözlenen uyumlu geçişler nedeniyle, literatürde, Gürpınar-Çukurçeşme formasyonları arasında kabul edilegelen uyumsuzluk hattı mümkün gözükmemektedir.

Çukurçeşme Formasyonu'nun Jeomekanik Özellikleri

İndeks özellikleri (Kum):

Doğal Birim Hacim Ağırlığı	(γ_n)	=	1.90 - 2.00 gr/cm ³
Dane Birim Hacim Ağırlığı	(γ_s)	=	2.63 - 2.65 gr/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlığı	(γ_k)	=	1.50 - 1.75 gr/cm ³
Doğal Su Muhtevası	(w_n)	=	% 15 - 30

değerleri arasında değişmektedir.

Birim "Kötü derecelenmiş, siltli, killi kumlar (SM, SC) ve killi çakıl (GC)" sınıfına girmektedir. Kil-kum-çakıl oranlarına göre SPT değerleri N=20-50 arasında değişmektedir (Eroşkay ve Kale, 1986).

Kum katmanları arasında yer yer bantlar halinde gözlenen 10-30cm arasında değişen killi seviyelerin likit limitleri % 30-80, plastik limitleri % 15-35, kil-kum-çakıl oranına göre SPT değerleri N= 10-40 arasında değişim göstermektedir. Doğal birim hacim ağırlıkları, $\gamma_n = 1.92-1.98$ gr/cm³, kuru birim hacim ağırlıkları ise, $\gamma_k = 1.45-1.62$ gr/cm³ arasında değişmektedir.

Güngören Formasyonu

Ariç, (1955) tarafından Güngören formasyonu olarak adlandırılan Miyosen yaşlı istif, litolojik olarak siyah - koyu gri, organik içerikli, şişme özelliği gösteren, yüksek plastisiteli killerden oluşmaktadır (Zarif v.d.,1998). Seyrek olarak mostra veren bataklık ortamı ürünü bu formasyonun, yanal sürekliliği de sınırlıdır.

Kalınlığı, çeşitli araştırmacılar tarafından da belirtildiği gibi 30m'yi bulabilmekle birlikte, genellikle 10m'den azdır. Mühendislik özellikleri bakımından ayırt edilmesi çok önemlidir. Tipik mostraları arasında, Haramidere'nin batısında Yakuplu'ya kadar uzanan yamaç ile, Küçükçekmece'nin Halkalı - İkitelli Yerleşim Bölgeleri sınırında, İkitelli İ.E.T.T. garajı batısında, TEM Otoyolu'nun güney ve kuzeyindeki alan sayılabilir. Bu formasyon, Yakuplu'daki gibi eğimli alanlarda yer aldığımda, ciddi duraylılık sorunlarına yol açabilmektedir (Yıldırım v.d.,1996; Tezcan v.d., 1977).

İstanbul ve civarının yaklaşık 50 yıldır kabul edilegelmiş stratigrafik kesiti göz önünde tutularak yapılan haritalamalarda, yanal sürekliliği varsayılan bu formasyon aranmış, dolayısıyla da, hemen her zaman, Bakırköy formasyonu kireçtaşları altında gözlemlenen ve Gürpınar formasyonuna ait olan yeşil killer, Güngören formasyonu olarak tanımlanmıştır. Son zamanlarda İstanbul'da yapılan bir çok zemin etüdü raporunda verilen genelleştirilmiş stratigrafik kesitlerde, stratigrafik değiştirilmektense, Güngören formasyonunun kalınlığının 175m'ye kadar artırıldığı dikkat çekilmektedir.

Güngören Formasyonu'nun Jeomekanik Özellikleri ve Diğer Formasyonlar ile Karşılaştırılması

Güngören formasyonu killerin indeks özellikleri

Doğal Birim Hacim Ağırlığı	(γ_n)	=	1.70 - 2.00 gr/cm ³
Dane Birim Hacim Ağırlığı	(γ_s)	=	2.40 - 2.62 gr/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlığı	(γ_k)	=	1.20 - 1.65 gr/cm ³
Doğal Su Muhtevası	(w_n)	=	% 45 - 60
Likit Limit	(w_L)	=	% 102 - 110
Plastik Limit	(w_p)	=	% 39 - 50
Plastisite İndeksi	(I_p)	=	% 60 - 64

değerleri arasında değişmektedir.

SPT darbe sayısı $N = 25-30$ arasında değişen, yüksek plastisiteli ve çoğunlukla organik içerikli bu killer, su ile temasları halinde önemli şişme özelliği göstermektedirler. Ödometre deneyi ile elde edilen sıkışma indeksi $C_c = 0.19$ olarak bulunmuştur. Tipik Güngören formasyonu (Süleymaniye formasyonu) killeri üzerinde Yıldız Teknik Üniversitesi Geoteknik Anabilim Dalı'nda yapılan laboratuvar deneylerinde de bu killerin indeks özellikleri genel olarak, doğal su muhtevası $w_n = \% 45-60$, likit limit $w_L = \% 102-110$, plastik limit $w_p = \% 39-50$ ve plastisite indeksi $I_p = \% 60-64$ civarındadır. Alınan numuneler üzerinde uygulanan Standart Kompaksiyon deneyi ile optimum su muhtevası $\% 21$ civarında tesbit edilmiştir. ASTM (1986)'ye uygun şekilde optimum su muhtevasında Standart Proktor enerjisi ile hazırlanan numunelerde şişme basıncı 0.8 kg/cm^2 , 0.07 kg/cm^2 sürşarj yükü altındaki şişme yüzdeleri ise $\% 6$ mertebelerinde ölçülmüştür. Numunelerin 200 No'lu elekten geçen kısımları (dane çapı 0.075 mm) $\% 90$ olarak belirlenmiştir. Genel olarak şişme özelliği gösteren bataklık ortamı ürünü Güngören formasyonu killerin bu ortalama değerleri, bu tür killerin içerdiği organik katkıların miktarına göre oldukça değişkenlik gösterebilmektedir. Yumuşamış killerde drenajsız kayma mukavemeti 0.4 kg/cm^2 civarındaki bu zemin için zemin emniyet gerilmesi 0.7 kg/cm^2 mertebesinde tahmin edilebilecektir.

Güngören formasyonu ile diğer formasyonların, Esenler-Bağcılar-İkitelli ve civarında yapılan sondajlardan elde edilen deney sonuçlarına göre, arazi zemin profilini oluşturan tabakaların presiyometrik elastisite modülü (E_m), limit basınç değeri (P_L) ve (E_m/P_L) oranlarının ortalama değerleri ve standart sapma aralıkları ise aşağıdaki Tablo 1'de verilmiştir (Özaydın v.d.,1997).

TABLO 1 - Presiyometre Deney Sonuçları

Zemin Tabakası	$E_m(\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2})$	$P_L(\text{kg}/\text{cm}^2)$	(E_m/P_L)
Güngören Fm. (Üst Kil Tabakaları) Çukurçeşme Fm.	149±79	14.2±5.2	10.0±1.9
(Killi Siltli Kum/Kumlu Killi Silt)	278±145	22.6±10.8	12.1±3.5
Gürpınar Fm. (Alt Kil Tabakaları)	275±127	24.6±6.9	11.2±5.0
Gürpınar Fm. (Alt Killi Kum Seviyeleri)	270±111	20.9±4.91	2.4±3.0

Arazide rastlanılan kil tabakalarından alınan örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) ve konsolidasyonlu drenajsız (CU) üç eksenli basınç deneyleri sonucunda aşağıdaki parametreler elde edilmiştir.

Güngören fm. (Üst Kil Tabakaları)

$$c_u = 0.18 \text{ kg/cm}^2 \quad \phi_u = 20^\circ$$

Gürpınar fm. (Alt Kil Tabakaları)

$$c_u = 0.17 \text{ kg/cm}^2 - 0.67 \text{ kg/cm}^2 \quad c' = 0.30 \text{ kg/cm}^2 \quad c_{cu} = 0.60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi_u = 8^\circ \quad \phi' = 24^\circ \quad \phi_{cu} = 15^\circ$$

Bakırköy Formasyonu

Gürpınar, Çukurçeşme veya Güngören formasyonu ile tedrici geçiş gösteren Bakırköy formasyonunun hakim litolojisi gölsel ortamda çökelmiş, kirli beyaz - krem renkli, yatay katmanlı, genellikle yeşil kil aratabakalı, orta - yüksek dayanımlı, Mactra'lı kireçtaşları ile zayıf - orta dayanımlı marnlardır. Üst seviyelerde yer alan ve Üst Miyosen yaşlı bu litolojiler, yukarıda da değinildiği gibi, bazen kalınlıkları 15m-20m arasında değişen kil tabakaları ile bir kaç düzeyde ardalanmalı olabilmektedir. Yine yukarıda verilen Avcılar İlçesi, E5 Karayolu ile Marmara Denizi arasındaki yamaç örneği dikkat çekicidir. Daha ayrıntılı bir anlatımla, örneğin E5 Karayolu'nun katettiği tepe düzlüğünde görülen kireçtaşları, Merkez Mahallesi, Marmara Caddesi altında tekrar gözlemlenmektedir. Adliye Binası'nın kuzeybatısındaki kireçtaşları da yanal olarak killere geçmektedir. Yörede, aşınmaya dayanımı daha fazla olması nedeniyle yayvan tepeler oluşturan Bakırköy formasyonunun yanal ve düşey olarak aşırı konsolide yeşil killere geçtiği, Küçükçekmece, Cennet Mahallesi'nde de gözlemlenmiştir. Burada marn- kireçtaşları, 8m-10m ye varabilen kalınlıkta kil tabakaları ile geçişlidir. Yatay, ya da yataya yakın katmanlı istif, daha güneyde, Atatürk Hava Limanı sahasında, yanal yönde, karbonat içeriği yüksek kil ve marnlara geçmektedir.

Davutpaşa Kışlası'nın batı yamacında, Org. Eşref Bitlis Caddesi'nde yolun batısında yaklaşık +40m kotunda yer alan Gürpınar formasyonu killeri, doğuya doğru, kalınlığı 1m-2m yi geçmeyen ince bir Güngören kili katmanına, yolun kuzey - kuzeydoğusunda ise, kalınlığı 5m-10m'yi bulan Bakırköy kireçtaşlarına geçmekte, kireçtaşlarının üzerinde, 3m-5m kalınlıkta bir kum katmanı geçildikten sonra, en üstte +80m kotundaki tepe düzlüğünü oluşturan ve 20m kalınlığa ulaşan Bakırköy kireçtaşları tekrar görülmektedir (Özaydın v.d., 2001).

Bakırköy Formasyonu'nun Jeomekanik Özellikleri

Beyazımsı krem renkli, boşluklu, kil ara katmanlı, ince-orta tabakalı bol Maktra'lı killi kireçtaşlarından oluşan istifin değişik düzeylerinden alınan kireçtaşı örneklerinde, ortalama doğal birim hacim ağırlığı, $\gamma_n = 2.00-2.40 \text{ gr/cm}^3$; danc birim hacim ağırlığı, $\gamma_s = 2.59 \text{ gr/cm}^3$; porozitesi, $n = \% 5-22$ arasındadır. Doğal su muhtevası $w_n = \% 5-10$, SPT darbe adedi $N > 50$ dir. İstanbul, İncirli Tüneli güzergahında yer alan Bakırköy kireçtaşlarında yapılan deney sonuçlarına göre bu kayalarda, ortalama tek eksenli basınç direnci ($B = 50-500 \text{ kg/cm}^2$, çekme direnci $\sigma_c = 13-40 \text{ kg/cm}^2$, kohezyon değeri ortalama $c = 35 \text{ kg/cm}^2$, kayma mukavemeti açısı $\phi = 35^\circ-50^\circ$, Elastisite Modülü, $E = 9700-58600 \text{ kg/cm}^2$, Poisson oranı, $\mu = 0.17-0.31$ arasında bulunmuştur. Genel olarak Bakırköy kireçtaşları "Kötü-Orta" kaya kalite özelliğinde ve "Yumuşak-Orta" sertliktedir (Yüzer ve Eyüpoğlu, 1998). Zemin araştırma sondaj verilerinin derlenmesi sonucunda, kireçtaşlarında karot

yüzdesinin TCR= % 50-60, RQD= %15-20 arasındaki değerlerde yoğunlaştığı saptanmıştır. Kireçtaşları ile ardalanan ve yer yer görülen fissürlü ve aşırı konsolide kil ara katkılarının doğal birim hacim ağırlıkları ortalama olarak, ($\rho = 1.83 \text{ gr/cm}^3$; dane birim hacim ağırlığı, $\gamma_s = 2.51 \text{ gr/cm}^3$; doğal su muhtevası, $w_n = \% 30$; Likit Limit, $w_L = \% 70$; Plastik Limit, $w_p = \% 25$; Plastisite İndeksi, $I_p = \% 35$; serbest basınç dayanımı, $q_{11} = 1.5-2.5 \text{ kg/cm}^2$; SPT darbe sayısı, $N = 25$; permeabilite katsayısı $1.65 \times 10^{-8} \text{ cm/sn}$ olup, drenajsız kayma dayanımı, $S_u = 30-200 \text{ kPa}$ arasında, sıkışma indeksi ise, $C_c = 0.10-0.80$ gibi geniş bir aralık içinde değişmektedir (Yüzer v.d., 1977; Zarif, 1996; Zarif v.d., 1998).

Samandıra Formasyonu

Samandıra formasyonu, kırmızı renkli, çok sıkı, bol iri çakıl katkıları içeren, siltli, kum ve çakıllardan oluşan, Pliyosen yaşlı karasal ortam ürünü çökellerdir (Yıldırım, 2000). Tipik mostraları, İstanbul Boğazı doğusunda Samandıra Mevkii'nde gözlemlendiğinden, "Samandıra formasyonu" olarak adlandırılmıştır. Samandıra'da (Ortadağ Mevkii), TEM Otoyolu bağlantısının içinden geçtiği alanda yapıyı planlanan yüksek binalar ve alışveriş merkezi için, Nisan 1999'da, yaklaşık +150m ile +175m kotlarından yapılan ve derinlikleri 15m - 60m arasında değişen 19 adet sondajın sonuçlarına göre, Pliyosen yaşlı Samandıra formasyonunun kalınlığı 40m - 50m'ye ulaşmakta ve bu yörede arkoz ve grovaklardan oluşan Paleozoyik yaşlı çökelleri diskordan olarak örtmektedir (Özaydın v.d., 1999). Yayvan tepeleri oluşturan yataya yakın katmanlı akarsu çökellerinden oluşan bu istif, tipik kırmızı rengi ile ayırt edilebilmekte, ayrıca bol iri kuvarsit çakılı içermektedir.

İstanbul'un Avrupa yakasında bu birim Belgrad formasyonu olarak adlandırılmıştır (Eroskay, 1975). Kemerburgaz'ın kuzeyinden Karadeniz sahil şeridine kadar uzanan geniş bir alanda mostra veren ve Belgrad formasyonu olarak tanıtılan kumların bir kısmının Çukurçeşme ve Gürpınar formasyonlarına ait kumlar olduğu saptanmıştır. Belgrad formasyonu olarak adlandırılan bu çökellerin, Bakırköy formasyonunun kireçtaşları üzerine geldiği gözlemlenmemiştir.

Samandıra Formasyonu'nun Jeomekanik Özellikleri

İstanbul-Samandıra'da (Ortadağ Mevkii) yataya yakın katmanlı ve yayvan tepeleri oluşturan bu istifin siltli-çakıllı kil litolojilerinde, yerinde yapılan ve sondajlardan elde edilen numuneler üzerinde YTÜ Geoteknik ABD laboratuvarında yapılan deney sonuçlarına göre,

İndeks özellikleri (Kil):

Doğal Su Muhtevası	(w_n)	=	% 14 - 25
Likit Limit	(w_L)	=	% 24 - 55
Plastik Limit	(w_p)	=	% 13 - 28
Plastisite İndeksi	(I_p)	=	% 9 - 27

değerleri arasında değişmektedir.

Birim siltli, kumlu ve çakıllı kil sınıfına girmektedir. Sondaj sonuçlarından elde edilen verilere göre, SPT darbe sayısının zemin yüzeyinden itibaren ilk birkaç metrede $N = 23-45$, daha derinde ise, çok sert kıvamda ve $N = 40-60$ arasında değiştiği, yer yer de refü değerleri elde edildiği gözlemlenmiştir.

SONUÇLAR

İstanbul ve yakın çevresine ait, literatürde kabul edilegelmiş Tersiyer dönemi stratigrafik istifinin revize edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Paleozoyik çökelleri üzerine uyumsuzlukla gelen Senozoyik evresi çökelleri, Tersiyer döneminde, Orta Eosen yaşlı karbonatlı kayalarla başlamakta, bunların üzerine, belirgin bir uyumsuzlukla, Üst Oligosen yaşlı ve kil ağırlıklı çökeller gelmektedir. Bu neritik çökellerin, üste doğru karasal - göl çökellerine dönüştüğü ve Miyosen sonuna kadar kesintisiz olarak devam ettiği anlaşılmaktadır. Ağırlıkla kum litolojilerini içeren Çukurçeşme formasyonu; siyah, organik killerden oluşan Güngören formasyonu; ve haritalanabilir yoğunlukta marl - kireçtaşı birimlerinden oluşan Bakırköy formasyonu; Oligo-Miyosen yaşlı istifin, üst seviyelerinde yer alan ve akarsu, bataklık ve göl ortamları gibi regresyon döneminde karasal ortamda oluşmuş çökellerdir. Bunlar hem birbirleri ile, hem de Gürpınar formasyonu killeri ile yanar ve düşey geçişli, Bakırköy formasyonu kireçtaşlarında olduğu gibi de ardalanmalı halde bulunabilmektedir.

Bu stratigrafik yapı kabul edildiğinde, bölgenin jeolojik yapısı ve dolayısı ile mühendislik jeolojisi ve jeoteknik özellikleri buna göre değerlendirilecek, literatüre uyma gereksinmesi dâvâ olarak ayrıtılan yapay formasyon sınırlarının yarattığı karışıklıklar giderilecektir.

Tersiyer yaşlı formasyonlarda yapılan mühendislik incelemelerinde laboratuvar çalışmaları sonucunda bulunmuş olan jeomekanik özelliklerden yararlanılarak, her bir formasyon için karakteristik değer aralıkları da belirlenmiştir. Ancak bu tipik jeomekanik özellikler, belirli bölgelerde rastlanılan formasyonları temsil etmektedir. Bu değerlerin parsel bazında etüdlerle belirlenecek özelliklerin yerini tutmayacağı açıktır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ARIC, C., (1955), "Haliç ve Küçükçekmece Gölü Bölgesinin Jeolojisi", D. Tezi, İTÜ Maden Fakültesi Yayını, Sayı: 48, İstanbul.
- DİZER, A. (1951), "Küçükçekmece-Çatalca Arasındaki Nummulitlerin Paleontolojik Etüdü, İst. Üniv. Fen Fak. Monografileri, Sayı: 13, İstanbul.
- DOUST, H., ARIKAN, Y. (1974), "The Geology of the Thrace Basin-(Trakya havzasının jeolojisi), Türkiye 2. Petrol Kongr. Tebliğleri, Ankara.
- ERDOĞAN, M., (1993), "İstanbul ve Dolayının Yapay Agregat Potansiyeli", Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, Sayı: 14., Sayfa: 29-41, İstanbul.
- EROSKAY, O., KALE, S., (1986), "İstanbul Boğazi Tüp Geçiş Güzergahında Jeoteknik Bulgular" Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, Sayı: 8, Sayfa: 2-7, İstanbul.
- EROSKAY, S. O., (1975), "Kocaeli Yarımadasının Güneyindeki Kireçtaşlarının Hidrojeolojisi ve karst parametrelerinin analizi" İ.Ü. Yerbilimleri Fakültesi Yayını, Sayı: 1.
- EROSKAY, S. O., CORUK, Ö., (1991), "Edirne-Kınalı Otoyolunun Mühendislik Jeolojisi", Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, Sayı: 12, Sayfa: 5-10, İstanbul.
- FEVZİYE, A., BİRİCİK, H., YÜZER, N., (1994), "Barışan Mermer Sanayii ve Ocak İşletmeciliğine ait Küfeki Doğal Taşın Yapılan Fiziksel ve Mekanik Deney Sonuçları Raporu", YTÜ, İnş. Fak. İnş. Müh. Bölümü Yapı Malz. ABD, Yıldız-İstanbul.
- KAYA, O. (1971), "İstanbul'un Karbonifer Stratigrafisi, TJK Bül. 14/2, 143-201.
- KETİN, İ., (1983), "Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış", İTÜ Maden Fakültesi Yayını, Sayı: 1259, İstanbul.
- KESKİN, C. (1971), "Pınarhisar Alanının Jeolojisi", TJK Bülteni, Sayı: 1, Cilt: XIV, Ankara.
- KESKİN, C. (1974), "Kütayy Ergene Havzasının Stratigrafisi, 2. Petrol Kongr. Tebliğleri, Ankara.

ÖNALAN, M., (1989), "İstanbul Devoniyen Çökellerinin Sedimenter Özellikleri ve Çökme Ortamları", İst. Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, C. 6, Sayı: 1-2, Sayfa: 92-108.

ÖZAYDIN, K., YILDIRIM, S., YILDIRIM, M., (1994), "Ağaçlı Motor Sporları ve İleri Sürücülük Eğitim Tesisleri Sahası Hakkında Geoteknik Rapor, YTÜ Döner Sermaye İşletmeleri, İnş. Fak., Geoteknik ABD., İstanbul.

ÖZAYDIN, K., YILDIRIM, S., YILDIRIM, M., (1997), "İstanbul III. Aşama Hafif Metro-Metro Projesi Otogar-Bağcılar-İkitelli-Başak Konutları Güzergahı Geoteknik Raporu", İstanbul Büyükşehir Belediyesi Hafif Metro Sistemi/LRTS, Arşiv, YTÜ, İnş. Fak., İnş. Müh. Bölümü, Geoteknik ABD, YTÜ Vakfı Müh. ve Teknik Danışmanlık İktisadi İşletmesi, 3 cilt, Yıldız-İstanbul.

ÖZAYDIN, K., YILDIRIM, M., (1998), "İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul Metrosu Yenikapı-Unkapanı Arası Güzergah Hakkında Geoteknik Rapor", YTÜ, İnş. Fak. İnş. Müh. Bölümü, Geoteknik ABD, YTÜ Vakfı Müh. ve Teknik Danışmanlık İktisadi İşletmesi, Yıldız-İstanbul.

ÖZAYDIN, K.; YILDIRIM, S.; YILDIRIM, M.; (1999) "İstanbul İli, Kartal İlçesi, Samandıra Köyü, İkibinelli Üçüzler Alışveriş Merkezine İlişkin Geoteknik Rapor", YTÜ Vakfı Müh. ve Teknik Danışmanlık İktisadi İşletmesi, Yıldız-İstanbul.

ÖZAYDIN, K.; YILDIRIM, S.; YILDIRIM, M.; (2000), "İstanbul, Küçükçekmece İlçesi, Sefaköy ve Küçükçekmece Bölgelerinin Jeoloji, Mühendislik Jeolojisi Raporu ve Yerleşime Uygunluk Açısından Değerlendirilmesi, YTÜ Vakfı Müh. ve Teknik Danışmanlık İktisadi İşletmesi, Yıldız-İstanbul.

ÖZAYDIN, K.; YILDIRIM, S.; YILDIRIM, M.; (2000), "Avcılar'da Bulunan 16 İlköğretim Okulu Binalarının Taşıyıcı Sistem İncelemesi ve Onarım ve Güçlendirme Projesi", Geoteknik Değerlendirme, Rapor No: AV-01/2 (AV-16/2, Yıldız-İstanbul.

ÖZAYDIN, K.; YILDIRIM, S.; YILDIRIM, M.; (2001), "İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa Yerleşim Birimi Sahası'nın Jeolojik ve Jeoteknik Etüd Raporu ve Yerleşime Uygunluk Açısından Değerlendirilmesi", Yıldız-İstanbul.

SAKINÇ, M., YALTIRAK, C., OKTAY, F.Y. (2001), "Palaeogeographical Evolution of The Thrace Neogene Basin And The Tethys-Paratethys Relations At Northwestern Turkey (Thrace)", Geology of Western Anatolia, Stratigraphy And Tectonics of The Neogene Sequences, İstanbul Technical University, Faculty of Mines Dept. of Geology, University of Texas, Dept. of Anthropology, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 153 (1999) 17/40.

SAYAR, N., PAMİR, H. N., (1933), "Küçükçekmece fosil fıkralı hayvanlar mecmuası, İ.Ü. Fen Fak. Jeoloji Enst. No: 8, s. 119.

SÖNMEZ, G. N., (1964), "Çatalca (Trakya) Civarı Neojeninden Congerialı Serinin Ostracod'larla Bulunan Yeni Yaşı Hakkında Not ", MTA Dergisi, Sayı 63, Sayfa 43-53. Ankara.

TEZCAN, S., DURGUNOĞLU, T., ACAR, Y., AYAN, T., vd. (1977) "İstanbul Yeni İskan Yöreleri Geoteknik ve Geodinamik Etüdü-Göller Arası Yöre", Boğaziçi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü, Araştırma Projesi, Dahili Rapor No: 77-141.

TURGU'T, S., TÜRKASLAN, M., PERİNÇEK, D., (1991), "Evolution of the Thrace Sedimentary Basin and its Hydrocarbon Prospectivity, In: Spencer, A.M. (Ed.), Generation Accumulation, and Production of Europe's Hydrocarbons, Oxford University Press, pp. 415-437.

UMUT, M., KURT, Z., İMİK, M., (1983), "Tekirdağ İli-Silivri (İstanbul)-Pınarhisar (Kırklareli) Alanının Jeolojisi MTA Rap. 7349.

ÜNAL, O. T. (1967), "Trakya Jeolojisi ve Petrol İmkânları: FPAO-Raporu, arşiv No: 391.

VARDAR, M., (1988), "The Effect of Engineering Geological and Rock Mechanical Conditions on Planning and Realisation of İstanbul Sewage Tunnels", Geologie Felsmechanik Felsbau, Festkolloquim L. Müller Salzburg, Univ. Karlsruhe.

YILDIRIM, M.; ÖZAYDIN, K. (1993), "İkitelli Organize Küçük Sanayi Bölgesi ve Civarının Yerleşime Uygunluk Açısından Değerlendirilmesi", Jeoloji Mühendisliği TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın Organı, Sayı: 43, Sayfa No: 108-120, Ankara.

YILDIRIM, M.; ÖZAYDIN, K.; AKGÜNER, C. (1995), "İstanbul İli, Avrupa Yakası Kemerburgaz Katı Atık Depolama Alanının Çevresel Etki Değerlendirmesi Açısından Jeolojik-Hidrojeolojik Koşulları", Jeoloji Mühendisliği TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Sayı: 47, Sayfa: 8-13, Ankara.

YILDIRIM, M., YILDIRIM, S., AKGÜNER, C., (1996), "Haramidere-Yakuplu Yöresi Zemin Davranışının Yapılardaki Temel Sistemine Etkisi", IX. Mühendislik Sempozyumu, İnşaat Mühendisliği Bildirileri Kitabı, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sayfa: 27-35, Isparta.

YILDIRIM, M. (1997), "Engineering Geology Evaluation of Solid Waste Landfill Sites: Two Examples from Istanbul, Turkey", No: 55, pp. 151-158, Bulletin of Engineering Geology The International Association of Engineering Geology, Paris-France.

YILDIRIM, M.: (2000), "İstanbul Bölgesi Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri", YTÜD, Sayı: 2000-3, Sayfa: 9-23, ISSN: 1300-2120, İstanbul.

YÜZER, E., EYÜPOĞLU, R., (1998), "Kentsel Yerleşim Planlamasında Genelleştirilmiş Bir Mühendislik Jeolojisi Yaklaşımı (Avcılar-İstanbul)", Kentleşme ve Jeoloji Sempozyumu, Uluslararası Müh. Jeol. Türk Milli Komitesi, TMMOB Jeoloji Müh. Odası İstanbul Şubesi, Avcılar Belediye Başkanlığı, Sayfa: 233-248, İstanbul.

YÜZER, E., ÖZTAŞ, T., VARDAR, M., (1977), "İstanbul-Avcılar Belediyesi Yoğun Yapılaşma Alanının Yerleşime Uygunluk Amaçlı Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Araştırma Projesi", İTÜ Vakfı AR-GE İşletmesi Rapor No: 96/020, 3 cilt, 141 s., İstanbul.

ZARİF, H. İ., (1996), "Küçükçekmece-Büyükçekmece Gölleri Arasındaki Alanın Yamaç Stabilitesi", İ.Ü. Fen Bilimleri Doktora Tezi, 141 s., İstanbul.

ZARİF, H. İ., TUĞRUL, A., GÜRPINAR, O. (1998), "Avcılar Kampüs Alanının Yerleşime Uygunluğunun Değerlendirilmesi", Kentleşme ve Jeoloji Sempozyumu, Uluslararası Müh. Jeol. Türk Milli Komitesi, TMMOB Jeoloji Müh. Odası İstanbul Şubesi, Avcılar Belediye Başkanlığı, Sayfa: 219-232, İstanbul.

Ege Bordo Mermeri'nin Mühendislik Jeolojisi

A.B.YAVUZ: Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu, Torbalı, İzmir

ÖZET: *Ege Bordo Mermeri, Paleosen yaşlı kırmızı renkli re kristalize kireçtaşı olup, Muğla yöresinde doku, renk ve desen açısından farklılık sunan dört ayrı mermer seviyesinin en üst kısmında yer almaktadır.*

Ege Bordo Mermeri sert, masif ve dayanımlı, ve ayrıca renk ve desen açısından çekici olması nedeniyle, Türkiye doğal yapı taşları içerisinde, özellikle yurtdışından oldukça talep edilen doğal taşlarımız arasındadır. Ege Bordo Mermeri bu özelliklerinin yanı sıra, ocaklarda blok üretimi sırasında, onların kırılmalarına neden olan ve ayrıca kayacın renk ve desen homojenitesini bozan jeolojik parametreler de içermektedirler.

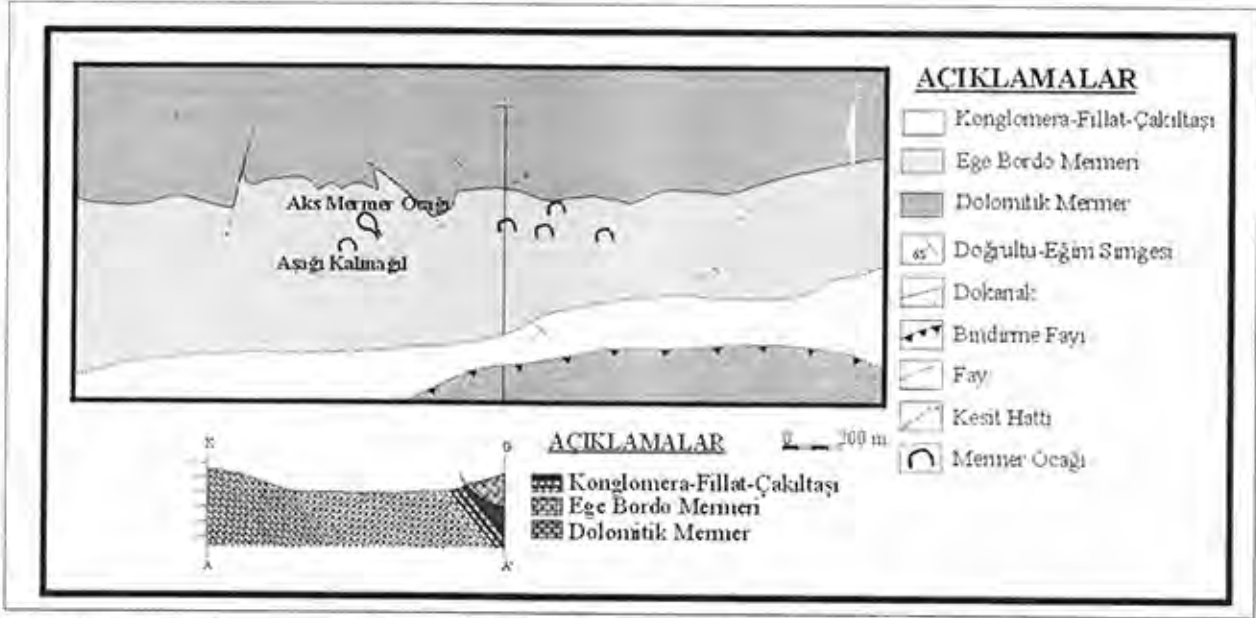
Bu çalışmada, Ege Bordo Mermeri'nin mineralojik, petrografik, kimyasal ve fiziko-mekanik özellikleri ile ocaklarda blok mermer üretimini etkileyen jeolojik parametreler detaylı olarak verilmiştir.

ABSTRACT: *Aegean Bordeaux Marble is Paleocene aged pelagic recrystallized limestone and found at the top of the four stratigraphic marble levels having different texture, colour and pattern in the Muğla region. Aegean Bordeaux Marble is one of the Turkish natural stones having great demand from abroad because of its hardness, massiffeness and strength and its colour and pattern attraction. In addition to these properties, there are primary and secondary geological parameters causing breaking up of the marble blocks during the block production in the quarries and making the colour and pattern of the Aegean Marble blocks unattractive.*

The mineralogical, petrological, chemical and physico-mechanical properties of the Aegean Bordeaux marble are determined and the geological parameters influencing the marble block production are given in detail.

1. GİRİŞ

Ege Bordo Mermeri Paleosen yaşlı kırmızı renkli rekristalize kireçtaşı olup Muğla yöresinde, doku, renk ve desen açısından farklılıklar sunan dört ayrı stratigrafik mermer seviyesinin en üst kısmında yer almaktadır (Kun ve diğ., 1999). Ege Bordo Mermeri içerisinde blok mermer üretimi yapılan veya çeşitli nedenlerle üretime ara verilmiş çok sayıda mermer ocağı yer almakta ve bu mermer ocakları Milas Kalmağıl Köyü civarında yoğunlaşmışlardır (Şekil 1). Milas-Ören yolunun 5. kilometresinden doğuya doğru ayrılan bir yolla ulaşılan yörede, halen blok mermer üretimi yapılan iki adet ve terkedilmiş yada üretimine ara verilmiş çok sayıda mermer ocağı yer almaktadır (Şekil 2).

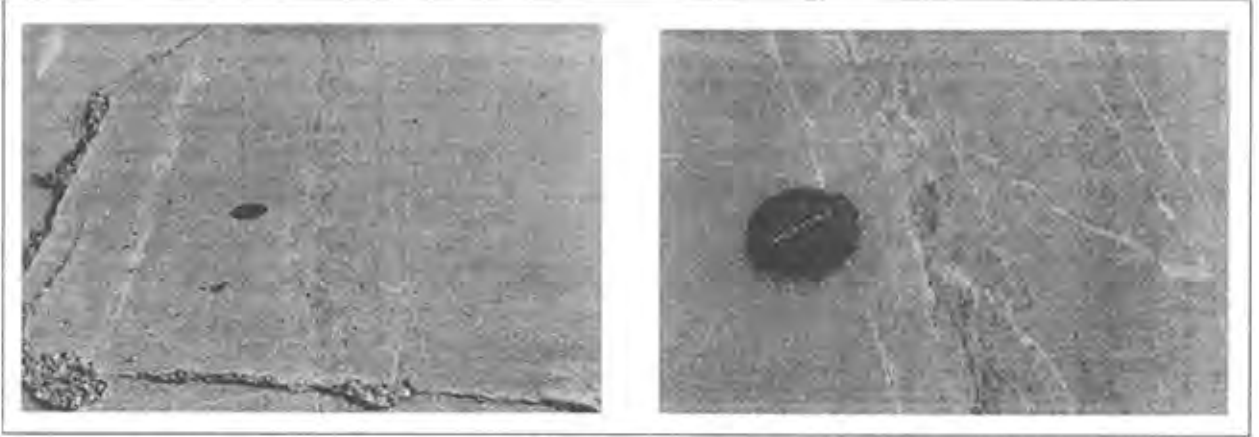


Şekil 1: Muğla İli mermer ocaklarının jeoloji haritası ve stratigrafik kolon kesiti. (Kun diğ., 1999 değiştirilerek).

Ege Bordo Mermeri'nin mühendislik jeolojisi özelliklerinin belirlenmesi için, yörede blok mermer üretimi yapılan Ege Bordo Mermer Ocakları gezilerek mermer ocaklarının yakın çevrelerinin 1/5000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış, bu mermer seviyesinin stratigrafik konumu ile yayılım alanı belirlenmiştir (Şekil 2) ve yörede telkesme yöntemiyle üretim yapan en eski ve en büyük mermer ocağı olan Aks Mermer Ocağı içerisinde detay mühendislik jeolojisi çalışmaları yürütülmüştür (Şekil 2). Bu kapsamda, Aks Mermer Ocağı şev aynalarının 1/ 100 ölçekli süreksizlik haritaları yapılmış ve bu haritalar üzerine blok mermer üretimini doğrudan etkileyen süreksizlik düzlemleri, gerçek konumlarına uygun olarak haritaya aktarılmışlardır (Şekil 6). Bu süreksizlik haritaları üzerine, kayaç kütlesi içerisinde gözlenen kalsit bant ve mercikleri gibi yabancı zonlar ile renk değişim zonları ve ayrışma profilleri de işlenmiştir. Mermer ocağının değişik noktalarından alınan mermer numunelerinin mineralojik, fiziko-mekanik özellikleri ve kimyasal bileşimleri belirlenmiş ve bulunan bu değerler Türk Standartlarında, kayaçların mermer olarak kullanılabilmesi için öngörülen değerlerle mukayesesi yapılmıştır.

2. JEOLojİ

Muğla yöresinde Menderes Masifi'nin güney kanadında yer alan ve Menderes Masifi'nin örtü serileri olarak adlandırılan birimler yer almaktadır. Yörede en altta siyah renkli mermer mercikleri ve çörtler içeren fillitler ile başlayan ve beyaz renkli kuvarsitler ve fosilli siyah renkli mermerler ile devam eden Permokarbonifer yaşı Göktepe formasyonu yer almaktadır (Kun ve diğ., 1999) (Şekil 1). Bu birimin üzerine uyumsuz olarak, kırmızı-mor taban çakıltalarıyla başlayan ve Orta-Üst Triyas'tan Paleosen'e kadar sürekli olan bir platform istif gelmektedir. Platform istifinin alt seviyelerinde, değişik boyutlarda mermer mercikleri ile, mafik metavolkanit mercikleri içeren Geç Ladinien-Karnien yaşı şistler yer almaktadır. Şistlerin üzerine uyumlu olarak Triyas yaşı dolomit ve dolomitik kireçtaşları ile Jura yaşı kalın bir dolomitik mermer seviyesi yer almaktadır. Bu birimin üzerinde, Geç Kretase yaşı, zımpara içerikli mermerler gelir. Geç Kretase yaşı platform karbonatları üzerinde ise Paleosen yaşı kırmızı renkli pelajik kireçtaşları gelir (Kun ve diğ., 1999)



Şekil 3: Ege Bordo Mermeri içerisinde gözlenen değişik renklerdeki kalsit bant ve dolguları.

(Şekil 1). Brinkman (1967) tarafından Kızılağaç Formasyonu olarak adlandırılan bir birim, Geç Kretase yaşlı karbonat kayaları üzerinde uyumlu bir dokanak boyunca yer almaktadır (Kun ve diğ., 1999) (Şekil 1).

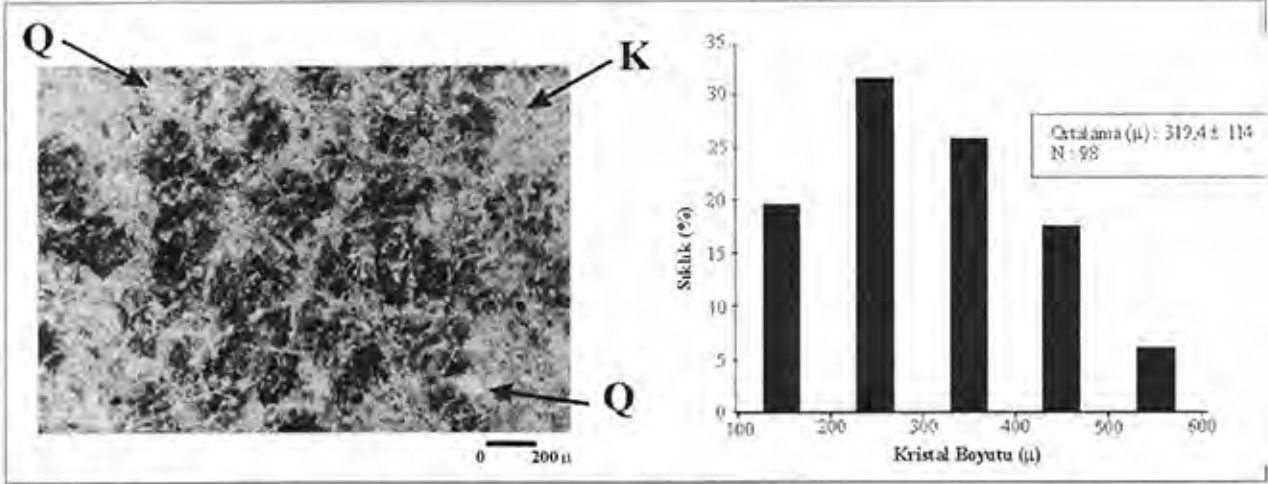
Şekil 2'de Milas Kalınağıl Köyü civarında, Ege Bordo Mermer seviyesinin uzanımı ve bu seviye içerisinde blok mermer üretimi yapılan mermer ocaklarının lokasyonları görülmektedir.

3. MATERYAL ÖZELLİKLER

Koyu kırmızı ayrışma, bordo taze yüzey rengine sahip olan Ege Bordo Mermeri, oldukça masif ve dayanımlı bir görünüm sunmaktadır. Kayaç belirgin bir mineral yönlenmesi gözlenmemekte fakat, ilksel tabakalanma düzlemlerine paralel olarak yerleşmiş, ya da bu düzlemleri değişik açılarda kesen, beyaz renkli kalsit bantları ile kuvars, muskovit ve opak mineral içeren, gri



Şekil 4. Ege Bordo Mermeri ayrışma yüzeyinde gözlenen kuvars içerikli kalsit bantları.



Şekil 5: Homojen Ege Bordo Mermeri'nin polarizan mikroskop altındaki görünümü ve tane boyutu dağılım grafiği.

renkli kalsit bantları içermeleri nedeniyle, heterojen bir görünüme sahiptir (Şekil 3). Kayacın içerdiği kalsit bantları, renkleri ve mineral içeriklerine bağlı olarak iki ana grupta incelenmişlerdir.

a) Beyaz Renkli Kalsit Bantları

Ege Bordo Mermeri içerisinde yer alış şekilleri açısından iki farklı karakter sunan beyaz renkli kalsit bantları içermektedirler. Bunlardan biri ilksel tabakalanma düzlemlerine paralel konumlu ve kalınlıkları 1-30 cm arasında değişen birincil kalsit bantlarıdır (Şekil 3), diğeri ise, kalınlıkları 0,1-1 cm arasında değişen ve birincil kalsit bantlarını değişik açılarda kesen, süreksizlik düzlemlerinde yeralan kalsit dolgusudur (Şekil 3). Bu seviyelerin, her ikisinin de % 100 kalsit kristallerinden oluştuğu mineralojik incelemelerde belirlenmiştir.

b) Gri-grimsi siyah renkli kalsit bantları.

İlksel tabakalanma düzlemlerine paralel olarak yerleşmiş ve 1-10 cm arasında kalınlık sunan bu seviyeler, ilksel kalsit bantlarından farklı olarak, birbirlerine paralel konumlu ve kalınlıkları 1-2 mm arasında değişen, gri renkli seviyeler içermektedir (Şekil 3-4). Uzaktan bakıldığında düzenli bir zon görünümünde olan bu bantlar, yakından incelendiğinde oldukça karmaşık, kıvrımlı bir iç yapı sunmaktadırlar (Şekil 3-4). Bu seviyelerin, mineralojik incelemelerinden, kalsit, epidot, muskovit ve kuvars minerallerinden oluştuğu ve minerallerin belirgin bir yönelme gösterdiği belirlenmiştir. Kuvars içeren ve atmosferik etkilere daha dayanıklı olan bu seviyeler, kayacın ayrışma yüzeyinde daha belirgin olarak gözlenmektedirler (Şekil 4).

Tablo 1.Homojen Ege Bordo Mermeri'nin Mineral Bileşimi.

Mineral Türü	%
Kalsit	88
Kuvars	4
Amfibol	2-3
Muskovit	2-3
Epidot	1-2
Opak	1

3.1 Mineralojik Özellikler

Kayacın beyaz ve gri renkli kalsit bantları içermeyen, bordo renge sahip homojen kısmından yapılan ince kesitlerin, polarizan mikroskop altında incelenmesi sonucunda, ilksel tabakalanmaya dik ve paralel konumlu hazırkanan kesitler üzerinde herhangi bir mineral yönelmesinin gözlenmediği ve granoblastik dokudaki kayacın ortalama $319 \text{ m} \pm 114$ boyutunda kalsit kristallerinden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 5). Az oranda kuvars ve amfibol içeren kayacın mineralojik bileşimi Tablo 1'de verilmiştir.

3.2 Fiziksel Özellikler

Ocaklardan alınan ve düzgün şekillerde kesilen deney numuneleri, homojen iç yapı sunan bordo renkli mermerler (Şekil 6a) ve heterojen iç yapı sunan, gri-beyaz renkli kalsit bantları içeren mermerler olmak üzere, iki gruba ayrılmışlardır (Şekil 6B). Kayacın içerdiği kalsit bantlarının, mermerin fiziko-mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini belirlenmek amacıyla, laboratuvar deneyleri her iki grup mermer numunesi üzerinde de tekrarlanmış ve deney sonuçları Tablo 2 de sunulmuştur. Homojen iç yapı sunan Ege Bordo Mermeri'nin porozite, ağırlıkça su emme ve boşluk oranı değerleri, heterojen iç yapı sunan numunelere oranla, oldukça düşük değerlerdedir (Tablo 2). Her iki grup mermer numunesi de IAEĞ (Anon, 1979a)'nin kayaç sınıflandırma eşeline göre, yüksek birim hacim ağırlığına sahip, düşük poroziteli kayaçlar grubuna girmektedirler.

Tablo 2: Ege Bordo Mermeri'nin Fiziksel Özellikleri.

Deney İsmi	N	Homojen	N	Heterojen
Kuru Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	10	$26,83 \pm 0,029$	9	$26,82 \pm 0,045$
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	10	$26,90 \pm 0,031$	9	$26,87 \pm 0,046$
Porozite (%)	10	$0,184 \pm 0,062$	9	$0,581 \pm 0,088$
Boşluk Oranı (%)	10	$0,185 \pm 0,062$	9	$0,584 \pm 0,089$
Ağırlıkça Su Emme (%)	10	$0,067 \pm 0,022$	9	$0,212 \pm 0,032$

3.3 Mekanik Özellikler

Tablo 2'de Ege Bordo Mermeri'nin TS 699'a göre belirlenen özellikleri verilmiştir. Ege Bordo Mermeri Deere and Miller (1966)'tarafından kayaçların tek eksenli basınç dirençleri için önerilen dayanım sınıflandırmasına göre, "yüksek dirençli kayaçlar" grubuna girmektedirler. Ege Bordo Mermeri'nin dayanım parametreleri, numunelerin homojen ve heterojen iç yapı sunmasına bağlı olarak değişmektedir. Homojen iç yapı sunan Ege Bordo Mermeri'nin tek eksenli basma ve nokta yükleme indis değerleri, heterojen iç yapı sunan Ege Bordo Mermeri'ne oranla daha yüksektir (Tablo 3). Ayrıca, heterojen iç yapı sunan mermer numunelerinin tek eksenli basma dayanımı deneyinde, içerdikleri kalsit bantları boyunca kırıldıkları tespit edilmiştir. Mermer ocağı içerisindeki düzgün şekilli kaya blokları üzerinde yapılan Schmidt çekici ölçümleri, Ege Bordo Mermeri'nin, De Beer 1967 tarafında önerilen sınıflandırmaya göre "aşırı sert kayaçlar" grubuna girdikleri ve kayaca heterojen özellik kazandıran kalsit bantlarının, kırmızı renkli homojen Ege Bordo Mermeri'ne oranla, daha düşük Schmidt çekici sertlik değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 3).

3.4 Kimyasal Bileşim

Ege Bordo Mermeri'nin kimyasal analizleri, homojen özellik sunan bölümlerinden alınan kaya numuneleri üzerinde yapılmış ve kayacın yüksek oranda SiO₂ ile Al₂O₃ ve Fe₂O₃ bileşikleri içerdiği belirlenmiştir (Tablo 4).



Şekil 6: Heterojen (A) ve homojen (B) Ege Bordo Mermeri.

Tablo 3: Ege Bordo Mermeri'nin Mekanik Özellikleri.

Deney İsmi	N	Homojen	N	Heterojen
Tek Eksenli Basınç Direnci (Kuru) (MPa)	9	114,4 ± 11,6	8	84,71 ± 16,47
Tek Eksenli Basınç Direnci (Don sonrası)(MPa)	9	109,22 ± 10,49	8	76,77 ± 10,2
Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (cm ³ /50cm ²)	5	21,09 ± 3,55		-
Egilme Direnci (MPa)	5	23,23 ± 1,42		-
Schmidt Sertlik Değeri	20	56,1 ± 0,87	20	51,8 ± 1,35
Nokta Yükleme İndisi (MPa)	10	4,90 ± 1,43	8	4,37 ± 0,72
Shore Sertlik İndeksi	66	51,60 ± 2,94	61	43,93 ± 4,56

N= Numune sayısı

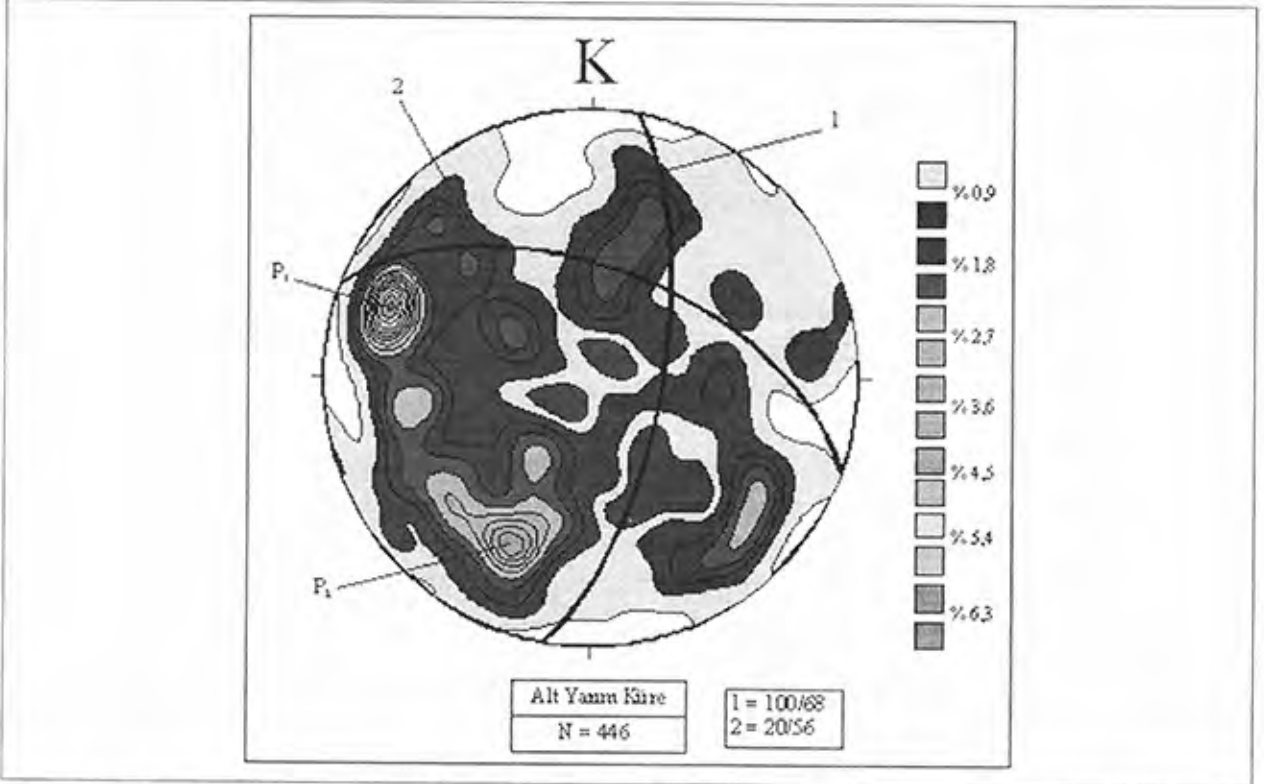
4. KÜTLE ÖZELLİKLERİ

Ege Bordo Mermeri'nin mühendislik jeolojisi özellikleri, bu mermer seviyesi içerisinde açılmış olan Aks Mermer Ocağı'nda yapılan, arazi çalışmalarıyla belirlenmiştir (Şekil 7). Bu kapsamda, Aks Mermer Ocağı şev aynalarının 1/ 100 ölçekli süreksizlik haritaları yapılmış ve bu haritalar üzerine blok mermer üretimini doğrudan etkileyen süreksizlik düzlemleri, gerçek konumlarına uygun olarak aktarılmışlardır (Şekil 10). Ayrıca bu haritalar üzerine, kayaç kütlesi içerisinde gözlenen kalsit bant ve mercekleri gibi yabancı zonlar ile renk değişim zonları ve ayrışma profilleride işlenmiştir.

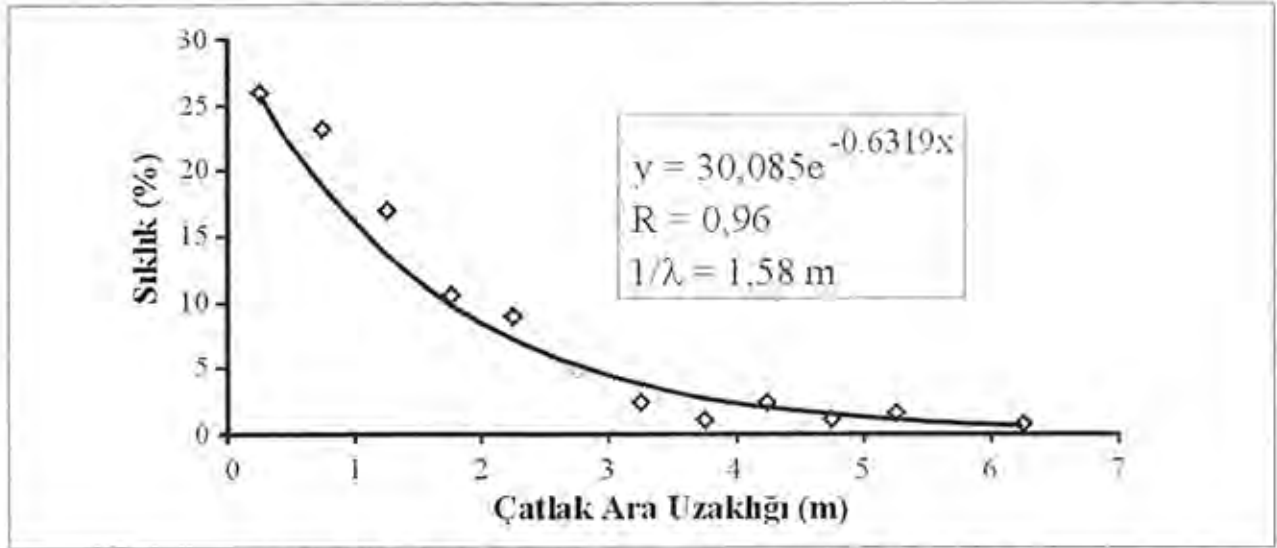


Şekil 7. Aks Mermer Ocağı'nın Uzaktan Görünümü.

Aks mermer ocağı, Kalınağıl Köyü'nün kuzey doğusunda yer almaktadır (Şekil 2). Bir çukur ocak niteliği taşıyan mermer ocağında, yükseklikleri 5-7 m arasında değişen 4 ayrı basamakta blok mermer üretimi yapılmıştır (Şekil 7). Yörede tel kesme yöntemi ile blok mermer üretimi yapılmış en eski ocak olan Aks Mermer Ocağında üretime ara verilmiş olup, halen stok sahasındaki mermer bloklarının satışına devam edilmektedir.



Şekil 8: Aks Mermer Ocağı kaya şevleri üzerinde yer alan süreksizlik düzlemlerinin, stereografik alt yarım küre projeksiyonu üzerindeki görünimleri.



Şekil 9: Ege Bordo Mermeri, çatlak ara uzaklığı-yüzde sıklık dağılım grafiği.

4.1 Süreksizlik Düzlemleri.

Aks Mermer Ocağı içerisinde yapılan detay mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında, kayaç içerisinde ilksel tabakalanma düzlemleri, tektonik kökenli kırık ve çatlak düzlemleri olmak üzere iki ayrı tip açık süreksizlik düzleminin yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 8). Ayrıca kayaç içerisinde, çıplak gözle kolayca seçilemeyen, muskovit minerali ile dolgulu ve düşük kesme gerilmeleri altında kayaçta kırılmalara neden olan kapalı makaslama yüzeylerinin yer aldıkları belirlenmiştir (Şekil 11).

a) Açık Süreksizlik Düzlemleri.

Aks Mermer Ocağı kaya şevleri üzerinde yer alan süreksizlik düzlemlerinin, stereoğrafik projeksiyon üzerine aktarılması sonucunda, kayacın içerdiği ilksel tabakalanma düzlemlerinin 100/68 konumlu, tektonik kırık ve çatlak düzlemlerinin ise 20/56 konumlu oldukları belirlenmiştir (Şekil 8)

Aks Mermer Ocağı şev aynalarına ait 1/100 ölçekli süreksizlik haritaları üzerinde (Şekil 10), şev tabanından 1m yükseklikteki bir yatay hat boyunca ölçülen çatlak ara uzaklığı değerlerinin, çatlak ara uzaklığı-sıklık (X-Y) dağılım grafikleri çizilmiş ve bu grafikleri temsil eden negatif üstel eşitlik kullanılarak, Ege Bordo Mermerleri ortalama çatlak ara uzaklığı değerlerinin 1.58 m olduğu belirlenmiştir (Şekil 9).

b) Mika Dolgulu Kapalı Makaslama Düzlemleri.

Ege Bordo Mermeri içerisinde, çıplak gözle zor gözlenen ve kalınlıkları 1,0-0,1 mm arasında değişen mika dolgulu kapalı makaslama düzlemleri yer almaktadır. Birbirlerine paralel konumlu

Tablo 4: Homojen Ege Bordo Mermeri'nin kimyasal bileşimi.

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	Toplam (%)
8,88	1,76	1,424	0,618	47,80	0,42	0,33	0,11	0,358	38,24	98,94

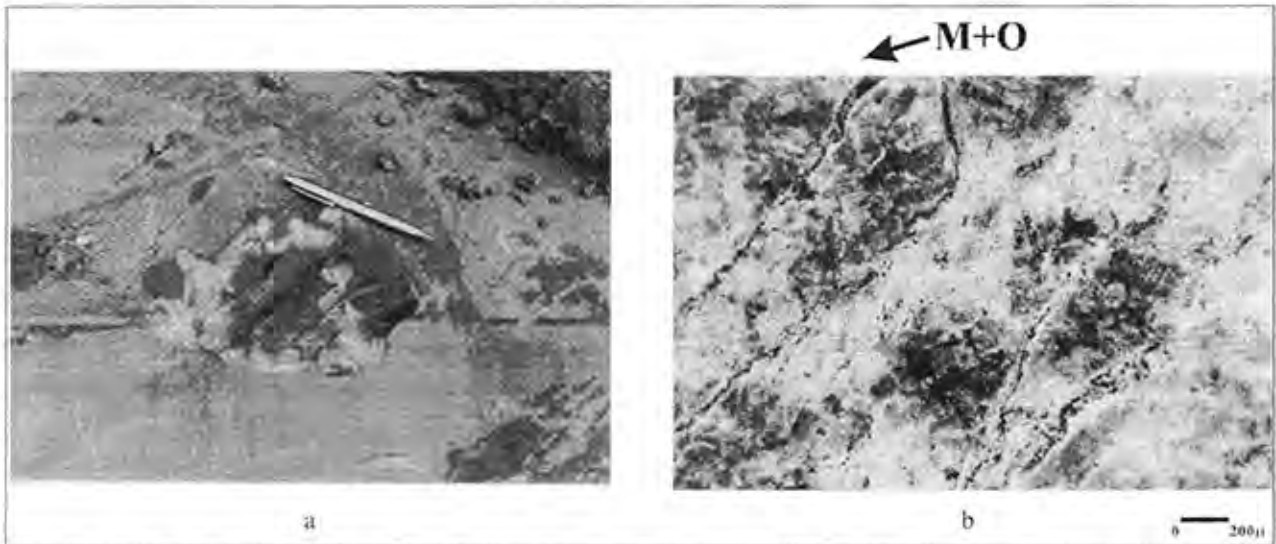
Tablo 5 : Ege Bordo Mermeri'nin fiziko-mekanik özelliklerinin, Türk Standartlarında belirtilen değerlerle karşılaştırılması.

Fiziksel Özellikler	TS 2513	TS 1910	TS 10499	Ege Bordo (Homojen)	Ege Bordo (Heterojen)
Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	>25	*>25	-	26,83 ± 0,029	26,82 ± 0,045
Ağırlıkça Su Emme (%)	<1.80	<0.75	<0.4	0,067 ± 0,02	0,212 ± 0,032
Porozite (%)	-	<2	-	0,184 ± 0,062	0,581 ± 0,088
Tek Eksenli Basınç Direnci (MPa)	>49,0	>49,0	(D) >49,0 (K) >29,41	114,4 ± 11,6	84,71 ± 16,47
Eğilme Direnci (MPa)	>49	>49		23,23 ± 1,42	
Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (cm ³ /50 cm ²)	<15	<15	(D) <15 (K) <25	21,09 ± 3,55	

(D) Döşeme (K) Kaplama



Şekil 10: Aks Mermer Ocağı'nın 170/90 konumlu kaya şevinin 1/100 ölçekli süreksizlik haritası.



Şekil 11: Ege Bordo Mermer'i içerisinde gözlenen mika dolgulu süreksizlik düzlemlerinin ocaktaki (a) ve mikroskop altındaki (b) görüntüleri. M: Muskovit O: Opak

ve kayaç kütlesini değişik açılarda kesen setler şeklinde yer alan bu düzlemler, Aks Mermer Ocağından üretilmiş olan blokların bu düzlemler boyunca kırılmalarına neden olmaktadır (Şekil 11a). Bu zonlardan alınan numuneler üzerinde yapılan mikroskobik incelemelerde, makaslama yüzeylerinin epidot, muskovit ve opak mineralleriyle dolgulu oldukları belirlenmiştir (Şekil 11b).



Şekil 12. Ege Bordo Mermeri'nde gözlenen ayrışma profili (a) ve düşey ayrışma zonu (b).

5. AYRIŞMA

Ayrışmanın Aks Mermer Ocağı içerisinde yüzeyden itibaren yaklaşık 4m'lik derinliğe kadar inen, yatay bir zon boyunca ekili olduğu belirlenmiştir (Şekil 12 a). Ayrıca mermer ocağı içerisinde, yüksek eğim aşısına sahip süreksizlik düzlemleri boyunca gelişmiş ve kalınlıkları yer yer 1.5 m'yi bulan düşey ayrışma zonları da gözlenmektedir (Şekil 12 b).

6. BLOK MERMER ÜRETİMİNİ ETKİLEYEN JEOLÖJİK ÖZELLİKLER

Ege Bordo Mermeri'nin blok mermer üretimini etkileyen jeolojik parametreler, blok mermer üretimi esnasında, onların kırılarak parçalanmalarına neden olan faktörler, birincil jeolojik parametreler; blok üretimi esnasında kırılmalara neden olmayan ancak kayacın renk ve desen homojenitesini bozmaları nedeniyle, kayacın satışına engel olan yabancı madde varlığı ve renk değişim zonları gibi faktörler, ikincil jeolojik parametreler olarak adlandırılmıştır. Ege Bordo Mermeri'nin blok mermer üretimini etkileyen birincil jeolojik parametreler, ilksel tabakalanma düzlemleri, tektonik

süreksizlik düzlemleri ve mika-ayrışmış mika dolgulu makaslama düzlemleri olup (Şekil 11-13) ikincil jeolojik parametreler ise, kayaç içerisinde ilksel tabakalanma düzlemlerine paralel olarak yerleşmiş kalsit bantları ile, mika ve kuvars içerikli gri-grimsi beyaz renkli kalsit bantları olarak belirlenmiştir.



Şekil13: Ege Bordo Mermeri içerisinde gözlenen mika dolgulu makaslama yüzeyleri boyunca kırılmış kaya bloğu.

7. SONUÇLAR

Ege Bordo Mermeri Paleosen yaşlı kırmızı renkli pelajik rekristalize kireçtaşı olup değişik kalsit bantları içermeleri nedeniyle heterojen iç yapı sunmaktadır. Ortalama kristal boyutu 319 ± 114 m olan ve kalsit, kuvars, amfibol, muskovit, epidot ve opak mineraller içeren homojen kayaç, grano blastik doku sunmaktadır. Yüksek oranda SiO_2 içeren kayacın Al_2O_3 ve Fe_2O_3 yüzdelerinde oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir.

Heterojen karakterli Egebordo Mermeri'nin, porozite, ağırlıkça su emme ve boşluk oranı değerleri, homojen karakterli Ege Bordo Mermeri'ne oranla daha düşüktür.

Homojen iç yapı sunan Ege Bordo Mermer numunelerinin tek eksenli basınç ve nokta yükleme dayanım indis değerleri heterojen özellik sunan Ege Bordo Mermerine oranla daha yüksektir.

Ege Bordo Mermeri'nin Fiziko-mekanik özellikleri, doğal yapıtaşı olarak kullanılabilirlikleri açısından, Türk Standartlar'ında öngörülen sınır değerlere uygundur (Tablo 5).

Paleosen yaşlı Ege Bordo Mermeri'nin, blok mermer üretimini etkileyen birincil jeolojik parametreler; ilksel tabakalanma düzlemleri, tektonik süreksizlik düzlemleri ve mika mineralleri ile dolgulu kapalı makaslama düzlemleri, ikincil jeolojik parametreler; kayaç içerisindeki ilksel tabakalanma düzlemlerine paralel olarak yerleşmiş, kalsit bantları, mika ve kuvars içeren gri-grimsi beyaz renkli kalsit bantları ve ayrışmadır.

KAYNAKÇA

Anon (1979a) Classification of rock and soils for engineering geological mapping. Part I-Rock and soil materials; Bull.Int. Ass.Egg Geol., 19, 364-371.

Brinkman (1967), Die Südfanke des Menderes Massivs bei Milas, Bodrum und Ören, Scient Report of Faculty of Science, Ege University., 43p. 12,2 abb., 1 Tab., İzmir-Bornova.

Deere, D.U. & Miller,R.P. (1966). Engineering classification and index properties for intact rock. Report AFWL-TR-65-116. Air Force Weapons Laboratory (WLDC) Kirtland Air Force Base, New Mexico.

De Beer, J.H. (1967) Subjective classifications of the hardness of rock and the Associated shear strength: PWC.4th Regional Counf. Afr. Soil Mes. Found Eng. 395-398.

I.S.R.M. (1978). Suggested Method for Determination of the Schmidt Rebound Hardness. Ed. E.T. Brown. Pergamon Press U.K. 211 pp.

I.S.R.M (1981): I.S.R.M.. Suggested Methods for the Quantitative Description of rock masses and Discontinuities. Int. Soc. Rock. Mec. Comission Standardization Laboratory and Field Tests. Document 2.

Kun, N., Güngör T., Erdoğan, B. (1999). Menderes Masifindeki Mermer Yataklarının Stratigrafik Konumları ve Özellikleri. I. Batı Anadolu Hammade Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı. 46-53.

T.S. 10449/ Ekim 1991 Mermer - kalsiyum karbonat esaslı-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan.

T.S. 1910/ Şubat 1977 U.D.K. 691.215 Kaplama olarak kullanılan doğal taşlar.

T.S. 2513/ Şubat 1975 U.D.K. 691.1 Doğal yapı taşları.

T.S. 699/ Ocak 1987, U.D.K. 691.2 Doğal yapı taşları-muayene ve deney metodları.

Richard-Wolters Ödülünü Kazanan İlk Türk ve İlk Bayan Araştırmacı Doç. Dr. Atiye TUĞRUL

Uluslararası Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Birliği (International Association of Engineering Geology ve Environment - IAEG)'nin iki yılda bir "Hans-Cloos Medar" ve "Richard-Wolters Prize" ödülleri vermektedir. Richard-Wolters Prize 40 yaşından genç başarılı araştırmacılara verilen bir teşvik ödülüdür. "Richard-Wolters Prize" ödülü Türkiye'den ilk kez Doç. Dr. Atiye TUĞRUL'a Güney Afrika-Durban'da 17 Eylül 2002 tarihinde yapılacak olan 9. IAEG Genel Kurul toplantısında verilecektir.

Özgeçmiş:

1966 Diyarbakır doğumludur. 1987 yılında İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden birincilikle mezun olmuştur. 1990 yılında İstanbul Üniversitesi'nde Yüksek Mühendis, 1995 yılında yine aynı üniversitede "Bilim Doktoru" ünvanını almıştır. 1999 yılında Mühendislik Jeolojisi Bilim Dalı'nda Doçent ünvanı almaya hak kazanmıştır.

1988-1989 yıllarında IGL-STFA ve BOTEK firmalarında otoyol projeleriyle ilgili kalite kontrol mühendisi ve 1989-1996 yılları arasında ise İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. Aynı Anabilim dalında 1996 yılında Yardımcı Doçent, 2000 yılında da Doçent olarak atanmıştır. Halen aynı görevine devam etmektedir. International Association of Engineering Geology and the Environment, Association of Engineering Geologists, International Society for Rock Mechanics ve International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi, Türk Ulusal Kaya Mekaniği Derneği ile Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi üyesidir.

1999 yılından beri IAEG Uluslararası Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Birliği'ne bağlı Agregasyon Komisyonu'nda Başkan Yardımcılığı, Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Agregasyon Komisyonu Başkanlığı, 2000 yılından beri de Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Yönetim Kurulu üyeliği ve Genel Sekreter Yardımcılığı görevlerini sürdürmektedir. Ayrıca Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Birliği'ne bağlı Yapı Taşları ve Tarihi Eser ve Alanlarında Mühendislik Jeolojisi Komisyonlarının aktif üyesidir.

Çalışmalarım özellikle doğal yapı malzemeleri ve ayrışma konularında yoğunlaştırmış olan Doç. Dr. Atiye TUĞRUL'un özellikle bu konularda yayınlanmış birçok ulusal ve uluslararası yayını bulunmaktadır. İngilizce bilen Doç. Dr. Atiye TUĞRUL evli ve bir çocuk annesidir.



Uluslararası Mühendislik Jeolojisi

Türk Milli Komitesi

2002 Yılı Aktif Üyeleri

Prof. Dr. Erdoğan YÜZER
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
80626 Maslak İSTANBUL / TURKEY

Prof. Dr. Okay EROSKAY
Kültür Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dekanı
E-5 Karayolu Üzeri
34510 Şirinevler İSTANBUL/TURKEY

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Süleyman Demirel Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Dekanı
ISPARTA/TURKEY

Behiç ÇONGAR
SİAL / Farabi Sok. No. 20/14
06680 Kavaklıdere ANKARA /
TURKEY

Doç. Dr. Ali Malik GÖZÜBOL
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar İSTANBUL / TURKEY

Prof. Dr. Remzi DİLEK
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
61080 TRABZON / TURKEY

Prof. Dr. Vedat DOYURAN
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06531 Eskişehir Yolu
ANKARA/TURKEY

Dr. Erdal ŞEKERCİOĞLU
Akpınar İnşaat
Çiğmeç Sok. No 31
Kavaklıdere ANKARA / TURKEY

Saim KALE
SİAL / Farabi Sok. No. 20/14
06680 Kavaklıdere ANKARA/TURKEY

Prof. Dr. Okay GÜRPINAR
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar / İSTANBUL/TURKEY

Prof. Dr. Needet TÜRK
Dokuz Eylül Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
35100 Bornova İZMİR / TURKEY

Prof. Dr. Mahir VARDAR
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi Dekanı
80626 Maslak İSTANBUL/TURKEY

Prof. Dr. Mustafa ERDOĞAN
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi Dekan Yardımcısı
80626 Maslak İSTANBUL /TURKEY

Erman AŞÇIOĞLU
ERA Geological Geotechnical Services
Abidin Daver Sok. 25/1
06690 Çankaya ANKARA / TURKEY

İller Bankası Genel Müdürlüğü
Araştırma Plan ve Koordinasyon
Dairesi Bşk.
Atatürk Bulvarı No.21
06053 Ulus ANKARA / TURKEY

Jeoloji Mühendisleri Odası
P.K. 464
06444 Kızılay ANKARA / TURKEY

Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL
Süleyman Demirel Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Dekan Yrd.
ISPARTA/TURKEY

Tanju KÖKEN
İnönü Cad. Tataragası Apt. No. 7/10
Sahrayı Cedid İSTANBUL / TURKEY

Diğer KOKSAL
Perçem Sok. Arca Apt. No.23 D. 13
81040 Göztepe İSTANBUL / TURKEY

Saydun ALTUĞ
Müşavir
Berke Barajı PK. 2
Düziçi OSMANİYE/TURKEY

Afet İşleri Genel Müdürlüğü
06520 Lodumlu ANKARA/TURKEY

Doç. Dr. Süleyman DALGIÇ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar İSTANBUL / TURKEY

Doç. Dr. Halil KUMSAR
Pamukkale Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Kınıklı DENİZLİ/TURKEY

Prof. Dr. Akın ÖNALP
Sakarya Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
54040 Esentepe Kampüsü
ADAPAZARI/TURKEY

Araş. Görv. Hidayet TAĞA
Mersin Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
MERSİN/TURKEY

Dr. Hasan BAYKAL
DSİ 2. Bölge Müdürlüğü
Planlama Şube Müd.
35100 Bornova İZMİR/TURKEY

Doç. Dr. Hüseyin GÖKÇEKUŞ
Yakın Doğu Üniversitesi İnşaat
Mühendisliği Bölümü
P.O. Box 670
Lefkoşa KKTÇ

Araş. Görv. Mehmet ÇELİK
Ankara Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06100 Tandoğan ANKARA/TURKEY

Araş. Görv. Turgay BEYAZ
Pamukkale Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Kınıklı DENİZLİ/TURKEY

Prof. Dr. Feyza ÇİNİCİOĞLU
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar İSTANBUL / TURKEY

Yrd. Doç. Dr. Özkan CORUK
Kocaeli Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
KOCAELİ / TURKEY

Araş. Görv. Ayhan KOÇBAY
Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06100 Tandoğan ANKARA/TURKEY

Araş. Görv. Zülfü GÜROCAK
Fırat Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
ELAZIĞ/TURKEY

Öğr. Gör. Burak KILANÇ
İstanbul Kültür Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
34510 Şirinevler İSTANBUL /
TURKEY

Doç. Dr. Hasan TOSUN
Osmangazi Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Batımeşelik ESKİŞEHİR/TURKEY

Doç. Dr. Fikri BULUT
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Jeoloji mühendisliği bölümü
61081 TRABZON / TURKEY

Dr. Orhan ŞİMŞEK
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar İSTANBUL/TURKEY

Yrd. Doç. Dr. Feda ARAL
Trakya Üniversitesi
Çorlu Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
ÇORLU/TURKEY

Aytaç DIĞIŞ
Lafarge Aslan Çimento
Darıca Taş Liman Mevkii
41700 Gebze KOCAELİ/TURKEY

Doç. Dr. Tamer TOPAL
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06531 Eskişehir Yolu
ANKARA/TURKEY

Prof. Dr. Can AYDAY
Anadolu Üniversitesi
Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Ens.
2600 ESKİŞEHİR/TURKEY

Prof. Dr. Ergin ARIÖĞLU
Yapı Merkezi
Hacı Reşit Paşa Sok.
No.7 Blok A
Çamlıca İSTANBUL/TURKEY

Doç. Dr. Mehmet Yalçın KOCA
Dokuz Eylül Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
35100 Bornova İZMİR/TURKEY

Prof. Dr. Reşat ULUSAY
Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe ANKARA/TURKEY

Prof. Dr. Recep KILIÇ
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06100 Tandoğan ANKARA/TURKEY

Doç. Dr. Atiye TUĞRUL
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar İSTANBUL/TURKEY

Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM
Yıldız Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Geoteknik Anabilim Dalı
Beşiktaş İSTANBUL/TURKEY

Prof. Dr. Şakir ŞİMŞEK
Hacettepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Hidrojeoloji Bölümü
06532 Beytepe ANKARA/TURKEY

Yrd. Doç. Dr. i. Halil ZARİF
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar İSTANBUL / TURKEY

Araş. Görv. Mustafa KORKANÇ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar İSTANBUL/TURKEY

Araş. Görv. Ömer ÜNDÜL
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar / İSTANBUL / TURKEY

Yrd. Doç. Dr. Candan GÖKÇEOĞLU
Hacettepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe ANKARA / TURKEY

Araş. Görv. Ahmet ÖZBEK
Mersin Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Çiftlikköy Kampüsü
MERSİN/TURKEY

Yrd. Doç. Dr. Sedat TÜRKMEN
Mersin Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Çiftlikköy Kampüsü
MERSİN/TURKEY

Yrd. Doç. Dr. Nail UNSAL
Gazi Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Maltepe ANKARA/TURKEY

Araş. Görv. İbrahim ÇOBANOĞLU
Çukurova Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Balealı Kampüsü
01330 ADANA/TURKEY

Yrd. Doç. Dr. Ersin AREL
Sakarya Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Esentepe Kampüsü
54040 ADAPAZARI / TURKEY

Haluk ATASOY
Bosna Bul. Çamlıca İlke İki Sitesi
No: 12/14 B.Çamlıca
İSTANBUL/TURKEY

Araş. Görv. Cümhur KARACA
Mersin Üniversitesi, Müh. Fak.
Jeoloji Müh. Bölümü
Çiftlikköy MERSİN / TURKEY

Prof. Dr. Nurkan KARAHANÖĞLU
ODTÜ Mühendislik Fakültesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Eskişehir Yolu ANKARA / TURKEY

Abdullah TAŞDAN
Bakırköy Belediyesi
Çevre Müdürlüğü
Bakırköy İSTANBUL / TURKEY

Mahir YAZGAÇ
Sedat Simavi Sokak
MESA 5. Blok 39/16
Çankaya ANKARA /TURKEY

Ertan MERT
Kocaeli Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Veziroğlu Kampüsü
KOCAELİ / TURKEY

Cihangir ÖZER
MTA Marmara Bölüğü Müdürlüğü
Rahmiye Köyü
Aslanbey KOCAELİ / TURKEY

Yazım Kuralları

- * *Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, Uygulamalı Jeolojinin değişik alanları ile ilgili, özgün sonuçları olan Türkçe makaleleri kabul eder.*
- * *Makaleler; şekil, çizelge, levha ve fotoğraflar dahil olmak üzere en fazla 8 sayfa olacak şekilde, A4 kağıdının bir yüzüne, alt, üst ve yanlarında 2,5 cm boşluk bırakılarak, 1 1/2 aralıklı, Word 6.0, Times New Roman fontunda 12. ölçüsünde yazılmalıdır.*
- * *Makaleler; Türkçe ve ingilizce başlık, Yazar(lar)ın adı soyadı ve adresi, öz, abstract, giriş, bölümler ve alt bölümler, sonuçlar veya tartışmalar ve sonuçlar, teşekkür ve kaynaklar sırasına uygun olarak düzenlenmelidir.*
- * *Öz ve abstract makalenin tümünü yansıtır nitelikte ve kısa olmalıdır.*
- * *Bölümler ve alt bölümler; 1., 1.1.....2., 2.1..... şeklinde numaralandırılmalıdır.*
- * *Kaynaklara metin içerisinde yazarın soyadı ve tarihi belirtilerek atıfta bulunulmalıdır.*
- * *Kaynaklar aşağıdaki sırada verilmelidir:*
- * *Soyadı, A., tarih, makalenin başlığı, derginin kısaltılmış adı, sayı, başlangıç ve bitiş sayfası.*
- * *Şekil, çizelge, levha ve fotoğraflar A4 kağıdında, en büyük boyut 15x20 cm olmalıdır. Şekillerin çizgi ve yazılan net ve okunaklı olmalıdır. Levha sayısı en çok üç, fotoğraflar siyah-beyaz renkte ve parlak kağıda basılmış olmalıdır. Şekil, çizelge, levha ve fotoğraflarla ilgili tüm açıklamalar Türkçe ve ingilizce olarak ayrı ayrı listeler halinde verilmelidir.*
- * *Makaleler, biri orjinal olmak üzere üç nüsha halinde Genel Sekreterlik adresine gönderilmelidir.*

Not: 1996 yılı Genel Kurulunda alınan karar uyarınca, makaleler hakemli dergiler kurallarına göre yayınlanmaktadır.

Kurumsal Üyeler

*Afet İşleri Genel Müdürlüğü - Lodumlu
Ankara*

*Ankara Üniv. Fen Fak. Jeoloji Müh. Bölümü
Ankara*

*BOTEK A.Ş. Maslak İş Merkezi
İstanbul*

*Cumhuriyet Üniv. Jeoloji Müh. Bölümü
Sivas*

*Çukurova Üniv. Jeoloji Müh. Bölümü
Adana*

*Dokuzeylül Üniv. Jeoloji Müh. Bölümü
İzmir*

*DSİ Genel Müdürlüğü Yücetepe
Ankara*

*EİE Genel Müdürlüğü
Ankara*

*Hacettepe Üniv. jeoloji Müh. Bölümü
Ankara*

*İller Bankası Genel Müdürlüğü
Ankara*

*İstanbul Üniv. Jeoloji Müh. Böl. Avcılar
İstanbul*

*İTÜ Maden Fak. Jeoloji Müh. Böl. Maslak
İstanbul*

*Karayolları Genel Müdürlüğü Yücetepe
Ankara*

*KTÜ Jeoloji Müh. Bölümü
Trabzon*

*Jeoloji Mühendisleri Odası Kızılay
Ankara*

*MTA Genel Müdürlüğü
Ankara*