

52. TÜRKİYE JEOLOJİ KURULTAYI BİLDİRİLER KİTABI

PROCEEDINGS OF THE 52nd GEOLOGICAL CONGRESS OF TURKEY

10 - 12 Mayıs 1999, Ankara



Editörler

Doç. Dr. Reşat ULUSAY
Yrd. Doç. Dr. Tamer TOPAL

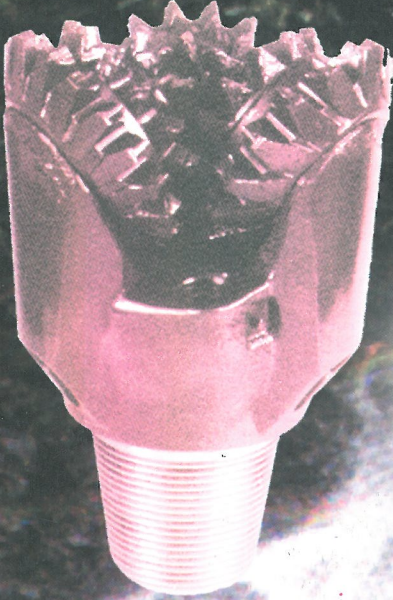


TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

ISBN 975-395-304-6

N M G

SONDAJ MALZEMELERİ SAN. İÇ & DIŞ TİC. LTD. ŞTİ.



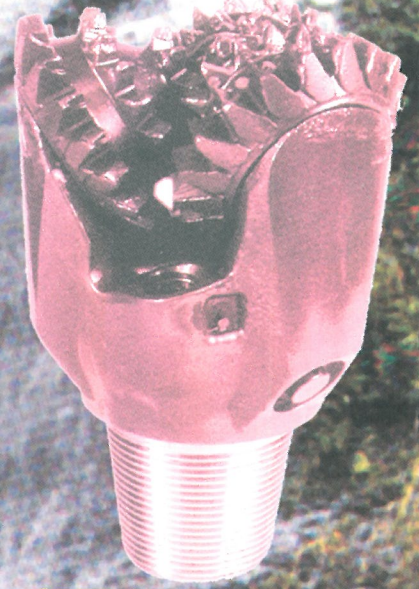
**SİK DİŞ
ROCK BİT
MATKAPLAR**

Sık dişli matkaplar sert olarak tanımladığımız moloz, kalker, volkanik formasyonlar için kullanılır. Rotari hızı dk. 100 devir Ağırlık 1200 kg civarı olmalıdır ve ağır ağır freni salarak ilerleme yapılmalıdır, bu durumda matkap az aşınır ve hızlı ilerlemeye olanak tanır.

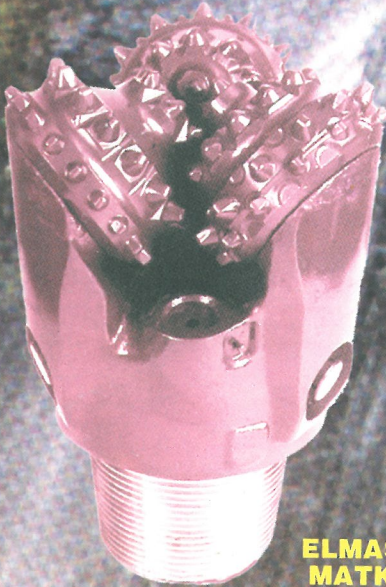
Orta sık dişli matkaplar daha çok neojen formasyonlarda yani kil, kum, çakıl ve kil-kum ve çakılbanlı formasyonlarda 750 kg ağırlık ile rotari hızı dakikada 150 devir ile çalışması uygun olup bu şartlarda matkap az aşınıp hızlı ilerleme yapacaktır.

Kobra matkaplar moloz, kalker, sert kayalar, kireç taşı, andezit, volkanik formasyonlar vs. için kullanılır. 100 Dk. /dk. 1200-1500 kg ağırlık olmak üzere fren yavaş yavaş salınarak (formasyonu), utalatarak, keserek ilerleme yapılır.

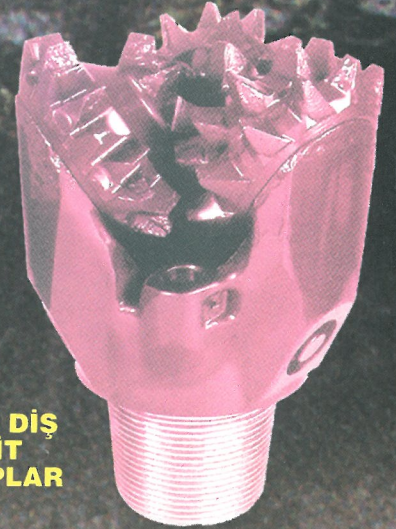
Seyrek dişli matkaplar kum, çakıl formasyonlardaki kil vizkotesi kalın olacak şekilde Rotari hızı dakikada 120 devir ile çalışması uygun olup bu şartlarda matkap az aşınıp hızlı ilerleme kaydeder.



**ORTA SİK
ROCK BİT
MATKAPLAR**



**KOBRA
ELMAS UÇLU
MATKAPLAR**



**SEYREK DİŞ
ROCK BİT
MATKAPLAR**

İTHALATINI YAPTIĞIMIZ ÜRÜNLERİMİZ

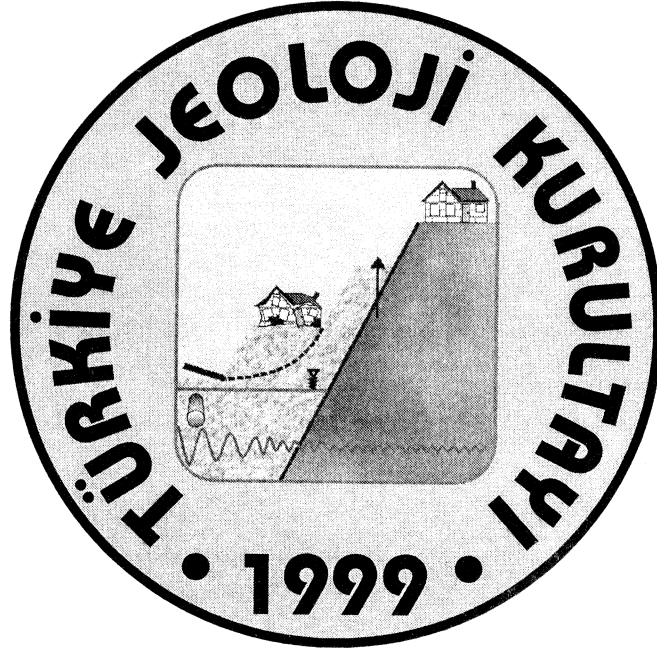
76-3.0	120.6-4 1/2	155.6-6 1/8	158.7-6 1/5	161.0-6 11/32	165.1-6 1/2	190.5-7 1/2
215.9-8 1/2	244.5-9 5/8	269.9-10 5/8	295.3-11 5/8	311.1-12 1/4	320.0-12 1/2	349.2-13 3/4
393.7-15 1/2	444.5-17 1/2	490.0-19 1/4				

Büyük San. 1. Cad. Devrez Sk. Adalı İşhanı 11/21 İskitler / ANKARA
Tel: 0312 341 85 11 • 341 85 12 Fax: 0312 341 43 68

52. TÜRKİYE JEOLojİ KURULTAYI BİLDİRİLER KİTABI

*PROCEEDINGS OF THE 52nd
GEOLOGICAL CONGRESS OF TURKEY*

10 - 12 Mayıs 1999, Ankara



Editörler:

**Doç. Dr. Reşat ULUSAY
Yrd. Doç. Dr. Tamer TOPAL**



**TMMOB JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY**

ISBN 975-395-304-6

Baskı:
ÖZKAN MATBAACILIK LTD. ŞTİ.
Tel: (0.312) 229 59 72 - 74 • Faks: (0.312) 230 88 36

TMMOB
JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

YÖNETİM KURULU/Executive Board

Ayhan KÖSEBALABAN	Başkan (President)
Aydın ÇELEBİ	İkinci Başkan (Vice President)
Mutlu GÜRLER	Yazman (Secretary)
Ali KAYABAŞI	Sayman (Treasurer)
Faruk OCAKOĞLU	Yayın Üyesi (Member of Publication)
Rıza SOYPAK	Mesleki Uygulamalar Üyesi (Member of Professional Activities)
Cumhur GAZİOĞLU	Sosyal İlişkiler Üyesi (Member of Social Affairs)

52. TÜRKİYE JEOLojİ KURULTAYI
DÜZENLEME KURULU (Organizing Committee)

BAŞKAN (Chairman)	Prof. Dr. K. Erçin KASAPOĞLU	Hacettepe Üniversitesi
2. BAŞKAN (Vice Chairman)	Doç. Dr. Reşat ULUSAY	Hacettepe Üniversitesi
YAZMAN (Secretary)	Yrd. Doç. Dr. Tamer TOPAL	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
SAYMAN (Treasurer)	Ali KAYABAŞI	Elektrik İşleri Etüd İdaresi
ÜYE (Member)	Dr. Nusret EMEKLİ	İller Bankası
ÜYE (Member)	Dinçer ÇAĞLAN	M.T.A. Genel Müdürlüğü
ÜYE (Member)	Fehmi ARIKAN	M.T.A. Genel Müdürlüğü
ÜYE (Member)	Refahat OSMANÇELEBİOĞLU	M.T.A. Genel Müdürlüğü
ÜYE (Member)	Ercan KUŞÇU	M.T.A. Genel Müdürlüğü
ÜYE (Member)	Engin Öncü SÜMER	M.T.A. Genel Müdürlüğü
ÜYE (Member)	Faruk İLGÜN	M.T.A. Genel Müdürlüğü

Yazışma Adresi/Correspondence address

T.M.M.O.B. JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
P.K. 464-Yenişehir 06444 ANKARA
Tel: (0-312) 434 36 01 Faks: (0-312) 434 23 88
www.jmo.org.tr
E-mail: tmmobj-o@tr-net.net.tr

BİLİMSEL DANIŞMA KURULU
Scientific Advisory Board

Prof. Dr. Alparslan ARIKAN (H.Ü.)
Prof. Dr. Can AYDAY (Anadolu Ü.)
Prof. Dr. Aykut BARKA (İ.T.Ü.)
Doç. Dr. Serdar BAYARI (H.Ü.)
Prof. Dr. Hasan BAYHAN (H.Ü.)
Prof. Dr. Durmuş BOZTUĞ (C.Ü.)
Yrd. Doç. Dr. Üner ÇAKIR (H.Ü.)
Yrd. Doç. Dr. İ. Hakkı DEMİREL (H.Ü.)
Prof. Dr. Remzi DİLEK (K.T.Ü.)
Prof. Dr. Vedat DOYURAN (O.D.T.Ü.)
Doç. Dr. Mehmet EKMEKÇİ (H.Ü.)
Dr. Tandoğan ENGİN (M.T.A.)
Prof. Dr. Burhan ERDOĞAN (D.E.Ü.)
Doç. Dr. Mustafa ERDOĞAN (İ.T.Ü.)
Prof. Dr. Yavuz ERKAN (H.Ü.)
Prof. Dr. Okay EROSKAY (Kültür Ü.)
Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ (S.D.Ü.)
Prof. Dr. Haluk EYİDOĞAN (İ.T.Ü.)
Yrd. Doç. Dr. Yurdal GENÇ (H.Ü.)
Prof. Dr. Ahmet GÖKÇE (C.U.)
Prof. Dr. M. Cemal GÖNCÜOĞLU (O.D.T.Ü.)
Doç. Dr. Nilgün GÜLEÇ (O.D.T.Ü.)
Prof. Dr. Altan GÜMÜŞ (D.E.Ü.)
Dr. Kadir GÜRGEY (T.P.A.O.)
Dr. H. Yavuz HAKYEMEZ (M.T.A.)
Prof. Dr. Nurdan İNAN (C.Ü.)
Yrd. Doç. Dr. Yusuf Kaan KADIOĞLU (A.Ü.)
Mustafa KARABIYIKOĞLU (M.T.A.)
Doç. Dr. Ali İhsan KARAYİĞİT (H.Ü.)
Prof. Dr. Özer KENAR (Kocaeli Ü.)
Prof. Dr. Erdal KEREY (İ.Ü.)
Prof. Dr. Ali KOÇYİĞİT (O.D.T.Ü.)

Prof. Dr. Engin MERİÇ (İ.Ü.)
Prof. Dr. Fazlı Y. OKTAY (İ.T.Ü.)
Dr. Necdet ÖZGÜL (Geomar)
Dr. Yusuf Ziya ÖZKAN (M.T.A.)
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK (İ.Ü.)
Prof. Dr. Selahattin PELİN (Karaelmas Ü.)
Prof. Dr. Ahmet SAĞIROĞLU (Fırat Ü.)
Doç. Dr. Mehmet SAKINÇ (İ.T.Ü.)
Doç. Dr. Cem SARAÇ (H.Ü.)
Prof. Dr. Yılmaz SAVAŞÇIN (D.E.Ü.)
Yrd. Doç. Dr. İ. Sönmez SAYILI (A.Ü.)
Prof. Dr. İhsan SEYMEN (K.T.Ü.)
Doç. Dr. Abdurrahim ŞAHBAZ (H.Ü.)
Prof. Dr. Ayla TANKUT (O.D.T.Ü.)
Prof. Dr. Fikret TARHAN (K.T.Ü.)
Doç. Dr. Abidin TEMEL (H.Ü.)
Prof. Dr. Selçuk TOKEL (Kocaeli Ü.)
Prof. Dr. Vedia TOKER (A.Ü.)
Doç. Dr. A. Ümit TOLLUOĞLU (H.Ü.)
Dr. Selami TOPRAK (M.T.A.)
Doç. Dr. Vedat TOPRAK (O.D.T.Ü.)
Doç. Dr. Cemal TUNOĞLU (H.Ü.)
Doç. Dr. Asuman TÜRK MENOĞLU (O.D.T.Ü.)
Doç. Dr. Necati TÜYSÜZ (K.T.Ü.)
Prof. Dr. Hüseyin YALÇIN (C.Ü.)
Prof. Dr. Hazan YAZICIGİL (O.D.T.Ü.)
Prof. Dr. Cengiz YETİŞ (Ç.Ü.)
Prof. Dr. Ali YILMAZ (C.Ü.)
Prof. Dr. Erdoğan YÜZER (İ.T.Ü.)
Doç. Dr. Engin ÜNAY (M.T.A.)
Prof. Dr. Taner ÜNLÜ (A.Ü.)
Prof. Dr. Baki VAROL (A.Ü.)

ÖNSÖZ

Jeoloji mühendisleri ağırlıklı olmak üzere Türkiye'deki tüm yerbilimcileri bilimsel bir platformda biraraya getiren, kaynaştıran ve yerbilimlerinin değişik disiplinleri arasında etkin bir bilgi alışverişine olanak sağlayan Türkiye Jeoloji Kurultaylarının 52.si bu yıl 10-12 Mayıs 1999 tarihleri arasında Ankara'da M.T.A. Genel Müdürlüğü Kültür Sitesinde toplanmıştır.

T.M.M.O.B. Jeoloji Mühendisleri Odası'na kayıtlı yaklaşık 6000 delegenin yanısıra yerbilimlerinin değişik disiplinlerinden çok sayıda seçkin araştırmacının da katıldığı bu kurultayda, biri 'Doğal Afetler ve Türkiye' diğeri 'Mühendislik ve Etik' konusunda 2 'Çağrılı Konuşma; 12'si Maden Yatakları ve Jeokimya, 11'i Genel Jeoloji, 9'u Mühendislik Jeolojisi, 9'u Mineraloji-Petrografi, 7'si Hidrojeoloji ve 1'i Çevre Jeolojisi konusunda olmak üzere toplam 49 'Bilimsel Bildiri; ayrıca değişik konularda 3 'Konferans' ve 3 'Slayt Gösterisi' sunulmuştur. Kurultay Bilimsel Danışma Kurulunca titizlikle değerlendirilerek seçilen tüm bu etkinliklerin sunulduğu bu kitabın, yerbilimciler arasında etkin bir bilimsel iletişime olanak sağlayacağına; ayrıca, tüm bilimadamlarına, araştırmacılara, teknokratlara ve ülke ekonomisine sağlayacağı bilimsel ve teknik katkıların yanısıra yeni kurulacak olan hükümetin yerbilimleri alanındaki politikasına da ışık tutacağına inanıyorum.

Türkiye'nin bilimsel etkinlikleri arasında önemli bir yer tutacak olan bu müstesna kurultayın gerçekleşmesinde ve bu kitabın yayına hazırlanmasında çok değerli katkıları bulunan, başta Jeoloji Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu üyeleri olmak üzere, Bilimsel Danışma Kurulu üyelerine, Kurultay Düzenleme Kurulu üyelerine ve tüm katılımcılara en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum.

Prof.Dr.K.Ercin Kasapoğlu
Kurultay Düzenleme Kurulu Başkanı

Mayıs , 1999 - Ankara

İÇİNDEKİLER

Table of Contents

Sayfa
VII

ÖNSÖZ

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Engineering Geology

Köklüce regülatörü-Erbaa HES arasında yapılması planlanan su kanalı güzergahındaki killerde oluşacak şişmenin yapı üzerinde yaratacağı etkiler <i>Effects of the swelling of the clay on the proposed water transport canal between KöklüceREG-Erbaa HES</i> Işık YILMAZ	1
Ayrışmış kayalarda kimyasal ayrışma indeksleri ile mühendislik özellikler arasındaki ilişkiler <i>The relationships between chemical weathering indexes and engineering properties of weathered rock</i> Şener CERYAN	9
Büyükçekmece ile Küçükçekmece (İstanbul) heyelanlarının genel özellikleri ve yarattıkları başlıca sorunlar <i>Landslides of Büyükçekmece and Küçükçekmece regions (İstanbul); their general characteristics and problems that they create</i> Esen ARPAT	17
Yapı taşlarında mühendislik jeolojisi çalışmaları ve bir sınıflama önerisi <i>Engineering geology studies on building stones and a classification scheme</i> Mahmut MUTLUTÜRK	24
Dalgakıran inşaatlarında kullanılan kireçtaşlarının jeoteknik özellikleri <i>Geotechnical properties of limestones used in the breakwater constructions</i> Tevfik HOŞ	32
Muğla yöresi mermerleri <i>The marbles of Muğla region</i> Ferah BACAĞOĞLU TÜRKMEN ve Faruk ÇALAPKULU	39
Katı atık depolama alanlarının oluşturduğu toprak ve yeraltısuyu kirliliğinin hidrojeolojik, toprak kimyası ve özdirenç (jeofizik) yöntemleri ile araştırılması <i>The investigation of soil and groundwater pollution caused by solid waste storage by means of hydrogeological, soilchemical, and geophysical methods</i> M. Ali KAYA, A. A. İŞILDAR ve Remzi KARAGÜZEL	47
Isparta Belediyesi Senirce-II katı atık düzenli depolama sahası jeoteknik değerlendirmesi <i>Geotechnical evaluation of the Isparta Municipality Senirce-II solid waste landfill site</i> Remzi KARAGÜZEL, Mahmut MUTLUTÜRT ve Ali YALÇIN	55

Kayaçlarda sismik hızlar ve kayma direncinin incelenmesi <i>A study of seismic velocity and shear strength in the rocks</i> Osman UYANIK	63
---	----

HİDROJEOLOJİ VE ÇEVRE JEOLJİSİ *Hydrogeology and Environmental Geology*

Ak. aray sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeokimyası <i>Hydrogeochemistry of Aksaray hot and mineral waters</i> Müfit Şefit DOĞDU ve Hakan ÇELİK	71
Pamukkale-Karahayıt jeotermal alanında yer alan kaynaklardan çıkan gazların incelenmesi <i>Investigation of the gas discharges in the Pamukkale-Karahayıt geothermal area</i> Berrin Selçuk AKAN	79
Antalya traverten platosu toprak örtüsünün yeraltısuyu kirliliği açısından değerlendirilmesi <i>Assessment of soil cover properties in relation to groundwater pollution in Antalya travertine plateau</i> Aylin BAŞAL ve Mehmet EKMEKÇİ	87
Gümüşhane yöresi mineralli su kaynaklarının hidrokimyasal, izotopik ve radyoaktivite özellikleri (KD-Türkiye) <i>Hydrochemical, isotopic and radioactivity properties of the mineral springs around Gümüşhane (NE-Turkey)</i> Fatma GÜLTEKİN ve Remzi DİLEK	95
Yağışın yıllık yeraltısuyu bilançolarına etkisi <i>The effect of precipitation on groundwater budget</i> Orhan DÜMLÜ ve Erkan BOZKURTOĞLU	103
Dairesel kesitli kazı çukurlarının drenajı <i>Drainage of circular excavation pits</i> Orhan DÜMLÜ ve Erkan BOZKURTOĞLU	109
CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) kullanılarak dağınık parametrelili hidrolojik model uygulaması: Güvenç havzası (Ankara) <i>Application of distributed hydrologic modelling by using Geographic Information Systems (GIS): Güvenç watershed (Ankara)</i> Armağan KARABULUT, Alparslan ARIKAN ve Levent TEZCAN	114
Şanlıurfa ve çevresinin iklim özellikleri ve Atatürk barajının yöre iklimi üzerine etkileri <i>Climatic characteristics of Şanlıurfa and the surrounding region, and the effects of Atatürk dam lake on regional climate</i> M. İrfan YEŞİLNACAR ve Hakkı GÜLŞEN	122

MADEN YATAKLARI-JEOKİMYA *Mining Geology-Geochemistry*

Simav grabeni boyunca görülen epitermal ve baz metal cevherleşmelerinin karşılaştırılması <i>Comparison of the epithermal and base-metal mineralizations along the Simav graben</i> Vedat OYGÜR ve Ayhan ERLER	129
---	-----

Türkiye altın potansiyelinin tahmini <i>An estimation of gold potential of Turkey</i> Vedat OYGÜR ve Ayhan ERLER	137
Kaletaş (Gümüşhane) epitermal altın zuhurundaki element dağılımları <i>Element distributions in the Kaletaş (Gümüşhane) epithermal gold occurrence</i> Abdullah ÇUBUKÇU ve Necati TÜYSÜZ	143
Bozkır (Konya) güneybatı yöresi Karbonifer-Triyas istifinin hidrokarbon kaynak kaya potansiyeli <i>Source rock potential of the Carboniferous-Triassic units of SW Bozkır (Konya) area</i> Nazan YALÇIN ve Orhan ÖZÇELİK	151
Afşin-Elbistan (K. Maraş) kömürlerinin iz element ve mineral madde içeriklerinin incelenmesi <i>Investigation of trace element and mineral matter content of Afşin-Elbistan coals (K. Maraş)</i> Emine CİCİOĞLU ve Ali İhsan KARAYİĞİT	159
Çayırhan termik santralına beslenen kömür ve yanma sonucu oluşan katı atıkların mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin sistematik incelenmesi <i>Systematic investigation of mineralogy and geochemistry of feed coals and solid waste products from the Çayırhan power plant</i> Türkey ONACAK, Ali İhsan KARAYİĞİT, Rod A. GAYER ve Sarah GOLDSMITH	167
Çarpışma ortamı metalojenisine bir örnek: Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı <i>An example for the metallogeny of a collision related setting: Central Anatolian Crystalline Complex</i> İlkay KUŞÇU ve Ayhan ERLER	175
Orta Anadolu'daki bazı skarn sınıflamasında piroksen bileşimlerinin kullanılması: Akçakışla ve Akdağmadeni yöresi skarnları <i>Use of pyroxene compositions in classification of some skarns in Central Anatolia: Akçakışla and Akdağmadeni regions</i> İlkay KUŞÇU ve Ayhan ERLER	183
Topalkem (Baskil-Elazığ) cevherleşmelerinin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri <i>Mineralogy and geochemistry of Topalkem (Baskil-Elazığ) mineralizations</i> Cemal BÖLÜCEK, Muharrem AKGÜL ve Ahmet SAĞIROĞLU	191
Zeolit içeren Koyunağlı linyitinin jeolojik konumu, kalitesi ve rezervi, Mihaliççik-Eskişehir, Türkiye <i>Geological setting, quality and reserve of the zeolite-bearing Koyunağlı lignite, Mihaliççik-Eskişehir, Türkiye</i> Nehir Özgen VAROL, Ali İhsan KARAYİĞİT, Rod A. GAYER ve T. YÜRÜR	199
Tad deresi ve Bütükçatal tepe (Akdağmadeni-Yozgat) fluorit cevherleşmeleri ve bunların NTE jeokimyası <i>TAD deresi ve Büyükçatal tepe (Akdağmadeni-Yozgat) fluorite mineralizations and their REE geochemistry</i> Ahmet ŞAŞMAZ ve Emrah AYAZ	207
Değirmendere vadisi (Maçka-Trabzon) manganez cevherleşmelerinin jeolojik konumu, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri <i>Geological setting, mineralogical and geochemical characteristics of the Değirmendere valley (Maçka-Trabzon) manganese mineralizations</i> Bülent YALÇINALP ve Emine TAŞHAN	215

MİNERALOJİ-PETROGRAFI
Mineralogy-Petrography

- Doğu Pontid'lerin kuzey ve güney zonlarında yüzeylenen Eosen yaşlı granitik sokulumların karşılaştırmalı jeolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri 223
Comparative geological, petrographical and geochemical features of Eocene aged granitic intrusives in the Northern and Southern zones of the Eastern Pontides
Zafer ASLAN, Mehmet ARSLAN ve Cüneyt ŞEN
- Sarıhan (Bayburt) granitoidinin petrografisi ve mineral kimyası: Doğu Pontid güney zonu, KD Türkiye 231
Petrography and mineral chemistry of the Sarıhan (Bayburt) Granitoid: South zone of Eastern Pontid, NE Turkey
Zafer ASLAN
- Asidik magmalardaki kompleks magma karışım olayına ve K-feldispat megakristal oluşumuna bir örnek: Bahçeçik granitoidi, Trabzon 239
An example of complex magma mixing event in acidic magmas and formation of K-feldspar megacrysts: The Bahçeçik granitoid, Trabzon
Hulusi KARGI
- Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'ndeki Akçakışla graniti (Yozgat) ve Yozgat batoliti granitoidlerinin jeokimyasal ve petrojenetik karşılaştırması 247
Geochemical and petrogenetical comparison of the Akçakışla granite (Yozgat) and the Yozgat batholith granitoids in the Central Anatolian Crystalline Complex
Gonca GENÇALİOĞLU KUŞÇU
- Silisik volkanitlerde devitrifikasyon dokuları: Akdağmadeni (Yozgat) bölgesi silisik volkanitlerden örnekler 255
Devitrification textures in silicic volcanics: Examples from the Akdağmadeni (Yozgat) region silicic volcanics
Gonca GENÇALİOĞLU KUŞÇU ve Peter A. FLOYD
- Orta Kambriyen yaşlı Sandıklı Porfiroiyidi'nin petrografik ve jeokimyasal karakteristikleri 263
The characteristics of petrographical and geochemical features of Middle Cambrian aged Sandıklı Porphiroids
Ali Murat AY, Nurgül AYTAR ve A. Ümit TOLLUOĞLU
- Üst Paleozoik yaşlı çok düşük dereceli Malatya metamorfitlelerinin fillosilikat mineralojisi 271
Phyllosilicate mineralogy of very low-grade Malatya metamorphites of Upper paleozoic age
Hüseyin YALÇIN, Ömer BOZKAYA ve Zeynel BAŞIBÜYÜK
- Koçyaka metamorfik kompleksinin metamorfik evrimi: Batı Orta Anadolu'da 279
YB/DS metamorfizmalı tektonik bir birim
Metamorphic evolution of Koçyaka Metamorphic Complex: A HP/LT tectonometamorphic unit in Western Central Anatolia
Levent ÖZGÜL ve M. Cemal GÖNCÜOĞLU
- Paleosen-Eosen yaşlı resifal karbonat ve kırıntılı kayaç birikimlerine bir örnek (Yavuzlu-Ordu) 287
An example for the reefal carbanate and siliciclastic deposition during Paleocene-Eocene (Yavuzlu-Ordu)
Ali GÜREL

GENEL JEOLOJİ
General Geology

- Mut havzasında Orta Miyosen karbonat yığılımlarının litofasiyes özellikleri ve evrimi, Orta Toroslar
Lithofacies properties and evolution of Middle Miocene carbonate builups in Mut Basin, Middle Taurus
Eşref ATABEY 295
- Mut havzası Orta-Üst Miyosen karbonat istifinin sekans stratigrafik yorumu, Orta Toroslar
Sequence stratigraphic interpretation of the Middle-Upper Miocene carbonate deposit of the Mut Basin, Middle Taurus
Eşref ATABEY 302
- Adana baseni kuzeyi Alt Miyosen yaşlı kırıntılı kayaçların provenansı ve sedimentasyon süreçleri
Provenance and sedimentological processes of Lower Miocene clastics of the Northern Adana basin
İsak YILMAZ ve Kemal GÜRBÜZ 310
- Domaniç Neojen havzası kömür içerikli çökellerinin litofasiyesleri ve depolanma ortamları
Lithofacies and depositional environments of the coal-bearing sediments in the Neogene Domaniç basin
Yakup ÇELİK ve İ. Erdal KEREY 318
- Kasaba ve Uçarsu formasyonlarının mollusk faunası ile stratigrafik ön sonuçları (Batı Toroslar)
Stratigraphic first results of Kasaba and Uçarsu formations based on molluscan fauna (Western Taurids)
Yeşim İSLAMOĞLU ve Güler TANER 326
- Mut havzası (Orta Toroslar) karbonat çökellerinde saptanan mollusk faunasının paleoekolojik ve ortamsal özellikleri
Paleoecological and paleoenvironmental features of molluscan fauna determined in the Mut basin
Yeşim İSLAMOĞLU ve Eşref ATABEY 334
- Türkiye Maastrichtiyen’inde orbitoidal foraminiferlerde gözlenen olağan olmayan verilerin değerlendirilmesi
Unusual data review of orbitoidal foraminifera in the Maastrichtian of Turkey
Muhittin GÖRMÜŞ ve Engin MERİÇ 342
- Seyitömer (Kütahya) bitümlü marnlarının stratigrafik özellikleri ve ekonomik önemi
Stratigraphic features and economic importance of the Seyitömer (Kütahya) bituminous marls
İlker ŞENGÜLER ve Nurettin SONEL 350
- Ege denizi’nin tektonik yapısı
Tectonic structure of the Aegean sea
Mustafa ERYILMAZ ve Fulya YÜCESOY ERYILMAZ 358
- Elazığ yakın kuzeyinin stratigrafisi ve tektoniği
Stratigraphy and tectonics of Northern vicinity of Elazığ
Murat İNCEÖZ 366

KONFERANSLAR
Conferences

İstanbul Boğazı'nın oluşumu hakkında yeni bulgular <i>New findings about the development of the Bosphorus</i> Engin MERİÇ, İ.Erdal KEREY, Niyazi AVŞAR, Cemal TUNOĞLU, Güler TANER, Sevinç KAPAN-YEŞİLYURT, İsmail ÜNSAL ve Antonietta ROSSO	374
Toros kuşağındaki yapısal birimlerin stratigrafik ve yapısal özellikleri, bu birimlerin yeniden tanımlanması <i>Stratigraphic and tectonic features of the tectonostratigraphic units in the Taurus belt, and the redefinition of these units</i> Mustafa ŞENEL	376
Mühendislik projelerinde yerbilimlerinin yeri. Örnek: Karadeniz bölgesinde kuşaklama yolu ile demiryolunu da içeren sahil yolu ikilemi <i>Geosciences in engineering projects. Case study: The alternatives peripheral road and coastal road with railway in Blacksea region</i> İlyas YILMAZER	379
Yazar İndeksi <i>Author Index</i>	382
Yazarların Listesi <i>List of Authors</i>	386

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ
Engineering Geology

KÖKLÜCE REGÜLATÖRÜ-ERBAA HES ARASINDA YAPILMASI PLANLANAN SU KANALI GÜZERGAHINDAKİ KİLLERDE OLUŞACAK ŞİŞMENİN YAPI ÜZERİNDE YARATACAĞI ETKİLER

EFFECTS OF THE SWELLING OF THE CLAY ON THE PROPOSED WATER TRANSPORT CANAL BETWEEN KÖKLÜCE REG-ERBAA HES

Işık YILMAZ, Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

ÖZET

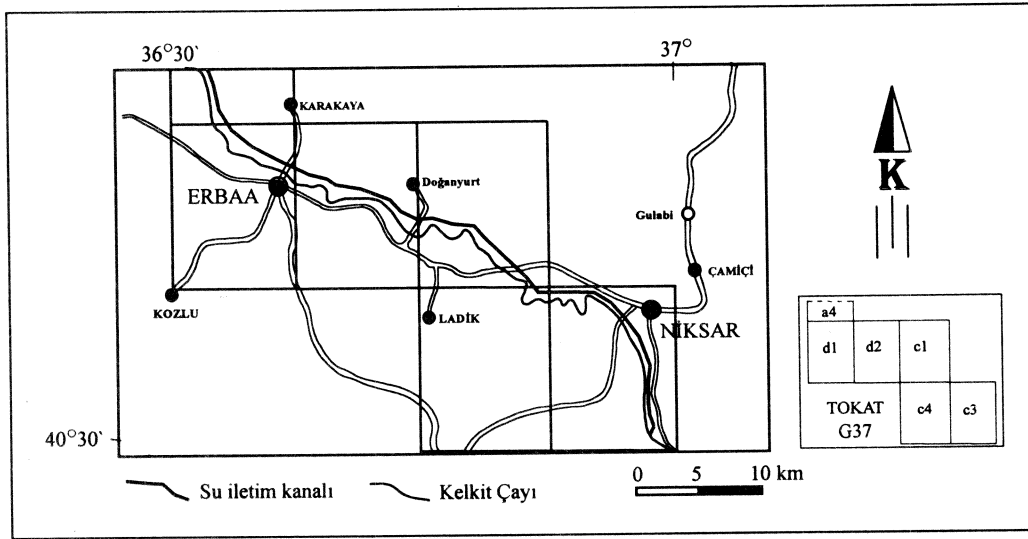
Bu çalışma Köklüce Regülatörü ile Erbaa HES arasında yapılması planlanan su iletim hattında yer alan killi zeminlerin, şişme özelliklerinin belirlenmesi ve kanal yapısı üzerinde yaratabilecekleri sorunların değerlendirilmesine bir yaklaşımda bulunabilmek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Güzergah boyunca, zeminlerin ince taneli düzeylerinden örselenmemiş örnekler alınmış, şişme basınçları ve yüzdelerini belirlemek üzere laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Güzergahdaki killer genelde orta-yüksek şişme potansiyeline sahip olup, şişme basınçları birçok lokasyonda boş ve bazı lokasyonlarda dolu kanal sürşarj basıncını aşmaktadır. Bunun dışında, zeminlerde oluşacak kabarma miktarının, birçok lokasyonlarda farklı miktarlarda oluşması beklenmektedir. Bu farklı kabarma miktarları da yapı üzerinde deformasyonlar oluşturacak önemli faktördür.

ABSTRACT

In this study, determination of the swelling characteristics of the clays and probable problems on the proposed water transport canal between Köklüce Reg.-Erbaa HES is aimed. In order to achieve above mentioned objectives undisturbed samples were taken from the canal route, swelling percent and pressures of the clays were determined by laboratory experiments. The clays on the canal route have medium to high swelling potential, their swelling pressures are grater than surcharge of empty/fill canal in many locations. In addition, surface heavy values show the differences in each locations. These differentiations will cause to the deformation on the canal.

1. GİRİŞ

Çalışma alanı olarak belirlenen su iletim hattının toplam uzunluğu 60350 m olup, 1500 m si tünel, 58850 m lik kısmı ise iletim kanalı şeklindedir. Köklüce HES (Hidroelektrik Santrali) çıkışından başlayan iletim hattı, sırasıyla Tokat G37-c3, Tokat G37-c4, Tokat G37-c1, Tokat G37-d2, Tokat G37-d1 ve Tokat G37-a4 no. lu paftaları içerisinde kalmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Çalışma alanının içerisinde yer aldığı Aşağı Kelkit Projesi, Çamlıgöze barajı ile Hasanoğurlu barajının göl alanı arasında yer alır. Bu iki barajın göl alanı arasındaki yaklaşık kot farkı 535 m dir. Proje alanının toplam yüzölçümü 3500 km² dir. Proje enerji amaçlı olup, yapımı öngörülen birimlerin toplam kurulu güç kapasitesi 227.3 MW dır. Yılda toplam 1835.3x10⁶ kWh enerji üretilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca Kelkit çayının sağ yakasında yer alan Erbaa-Karakaya ovasının sulaması için gerekli sulama suyunun bu iletim hattından alınması düşünülmüştür. İletim hattı 186950 m uzunluğunda olup, üzerinde 4 regülatör ve 5 hidroelektrik santralının kurulması amaçlanmıştır (Şekil 2) (DSİ, 1990).

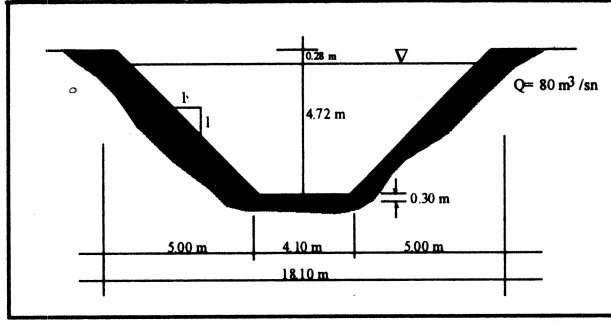
Türkiye için enerji ve sulama açısından çok büyük katkısı olacağı düşünülen Aşağı Kelkit projesinde, Köklüce Regülatörü-Erbaa HES arasında yer alan killi zeminlerin şişme özelliklerine bağlı olarak, kanal yapısı üzerinde muhtemel deformasyonların oluşabileceği düşünülmektedir.

Kelkit Çayının sağ yakasında yer alan Niksar ve Karakaya ovalarının, yamaca yakın kısımlarını keserek, Köklüce Regülatöründen sonra Kelkit çayı ile Yeşilirmak' ın birleştiği Kaleköy' e kadar devam eden su iletim hattında yer alan killi zeminlerin, şişme özelliklerinin belirlenmesi ve kanal yapısı üzerinde yaratabilecekleri sorunların değerlendirilmesine bir yaklaşımda bulunabilmek amacı ile bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Örneklemede, zeminlerin şişme özelliklerini belirlemek amacı ile 34 adet örülenmemiş (undisturbed) örnek alınmıştır. Bu çalışmada örnekleme, yaklaşık olarak 4-6 m derinliklerde gerçekleştirilmiştir. Örülenmemiş toprak örnekleri, 15 cm çaplı örnekleme kalıbı ile, Means ve Parcher (1963) tarafından yüzeyel örnekleme için önerilen yöntem kullanılarak alınmıştır.

2. SU İLETİM KANALININ ÖZELLİKLERİ

Bölgede yapılması planlanan trapez kesitli kanalın boyutları Şekil 2' de verilmiştir. 80 m³/sn 'lik debi ile çalışacak kanal, su ile dolu durumda iken temel zeminine aktaracağı sürşarj basıncı 0.32 kg/cm² (32 kPa), boş durumda ise 0.07 kg/cm² (7 kPa) dir. Bu iki değer göz önüne alındığında sürşarj basıncının 0.25 kg/cm² (25 kPa) gibi büyük bir kısmının, kanalı dolduran sudan kaynaklanacağı görülmektedir.

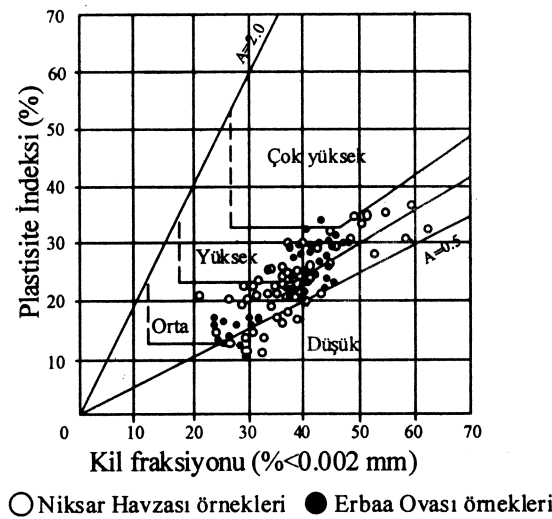


Şekil 2. Yapılması planlanan trapez kanal kesiti ve boyutları (DSİ, 1990).

3. ZEMİNLERİN ŞİŞME ÖZELLİKLERİ

Şişme potansiyeli yüksek zeminler üzerinde inşa edilen mühendislik yapılarında, özellikle de hafif yapılarda, zemin kabarmaları sonucunda deformasyonlar oluşabilir, hatta yapı kullanılmaz hale gelebilir. Zeminlerin şişme özelliklerinin çok iyi belirlenmesi, zemin davranışının açıklanabilmesi açısından oldukça büyük önem taşımaktadır. Birçok plastik killer, su aldıklarında şişerler ve su içerikleri azaldığında da hacim azalmasına (büzülme) maruz kalırlar. Bu killer üzerine inşa edilen mühendislik yapıları, zeminlerin şişme özelliğinden kaynaklanan yukarı doğru kaldırma kuvvetine maruz kalırlar. Bu kuvvetler, temel yapıları ve üyelerini yukarı doğru kaldırır, çatlatır ve kırar. En çok şişebilen zeminler arasında genellikle, aşırı konsolide killer (Dhowian et al. 1985), Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı alüvyal ve kolüvyal çökeller (Donaldson 1969)' in yer aldığı belirtilmektedir.

Çalışma alanındaki ince taneli düzeylerden alınan örneklerin, Van Der Merwe (1964) tarafından geliştirilen ve daha sonra Williams ve Donaldson (1980) tarafından değiştirilerek önerilen şişme potansiyeli abağı üzerindeki dağılımı Şekil 3' de verilmiştir. Bu abağa göre, Niksar havzası zeminlerinin %22' si şişme potansiyeli düşük, %43' ü şişme potansiyeli orta, %35' i ise şişme potansiyeli yüksek olan bölgelere; Erbaa Ovası zeminlerinin ise, %11' i şişme potansiyeli düşük, %43' ü şişme potansiyeli orta, %41' i şişme potansiyeli yüksek ve %5' i ise şişme potansiyeli çok yüksek olan bölgelere düşmektedir. Tüm çalışma alanı için değerlendirilme yapıldığında zeminlerin %17'sinin şişme potansiyeli düşük, %43' ünün şişme potansiyeli orta, %38' inin ise şişme potansiyeli yüksek ve %2' sinin ise şişme potansiyelinin çok yüksek olduğu görülür (Şekil 3).

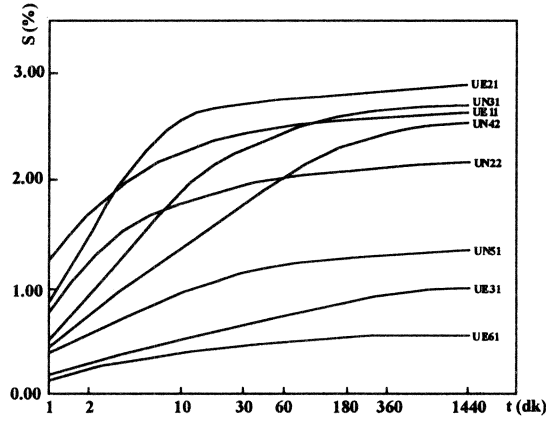


Şekil 3. Çalışma alanı zeminlerinin şişme potansiyeli abağı üzerindeki dağılımı.

Çalışma alanındaki zeminlerin şişme basıncı ve şişme yüzdelere belirlemek amacıyla Niksar ve Erbaa Ovalarında açılan örneklem çukurlarından alınan toplam 32 adet örselenmemiş örnek üzerinde ASTM-D4546 (1994) standardına uygun olarak şişme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Şişme deneyleri; şişme

basıncı ve yüzdesini belirlemek üzere iki aşamada yürütülmüştür. Deneylerde 0.07 kg/cm^2 lik ön yükleme basıncı ve 5.0 cm çaplı örnekler kullanılmıştır. 0.07 kg/cm^2 yük altında suya doyurulan örneğin maksimum hacımsal şişmesi sağlandıktan sonra, deney sonunda elde edilen örnek yüksekliğinin ilksel örnek yüksekliğine oranı ile şişme yüzdesi (%S) elde edilmiştir. Maksimum hacim değişimine ulaşıldıktan sonra, örnek deney başlangıcındaki yüksekliğine ulaşınca dek, yüklemeye küçük artışlar yapılmış ve elde edilen toplam yükün, örneğin kesit alanına bölünmesi ile şişme basıncı (P_{sf})(kg/cm^2) elde edilmiştir. Serbest şişme deneyleri ile elde edilen karakteristik şişme yüzdesi-zaman (%S-t) grafikleri Şekil 4' de verilmiştir.

Çalışma alanındaki killi zeminlerin ortalama şişme basıncı 0.36 kg/cm^2 (36 kPa), şişme yüzdesi ise 1.84 olup, bu değerler Erbaa Ovası zeminlerine oranla Nıksar havzasındaki zeminlerin nispeten yüksek simektit içeriği (Yılmaz, 1998) ve likit limit değerine bağlı olarak daha yüksektir. Çalışma alanındaki zeminlere ait şişme basıncı ve şişme yüzdesi değerlerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 1' de verilmiştir.



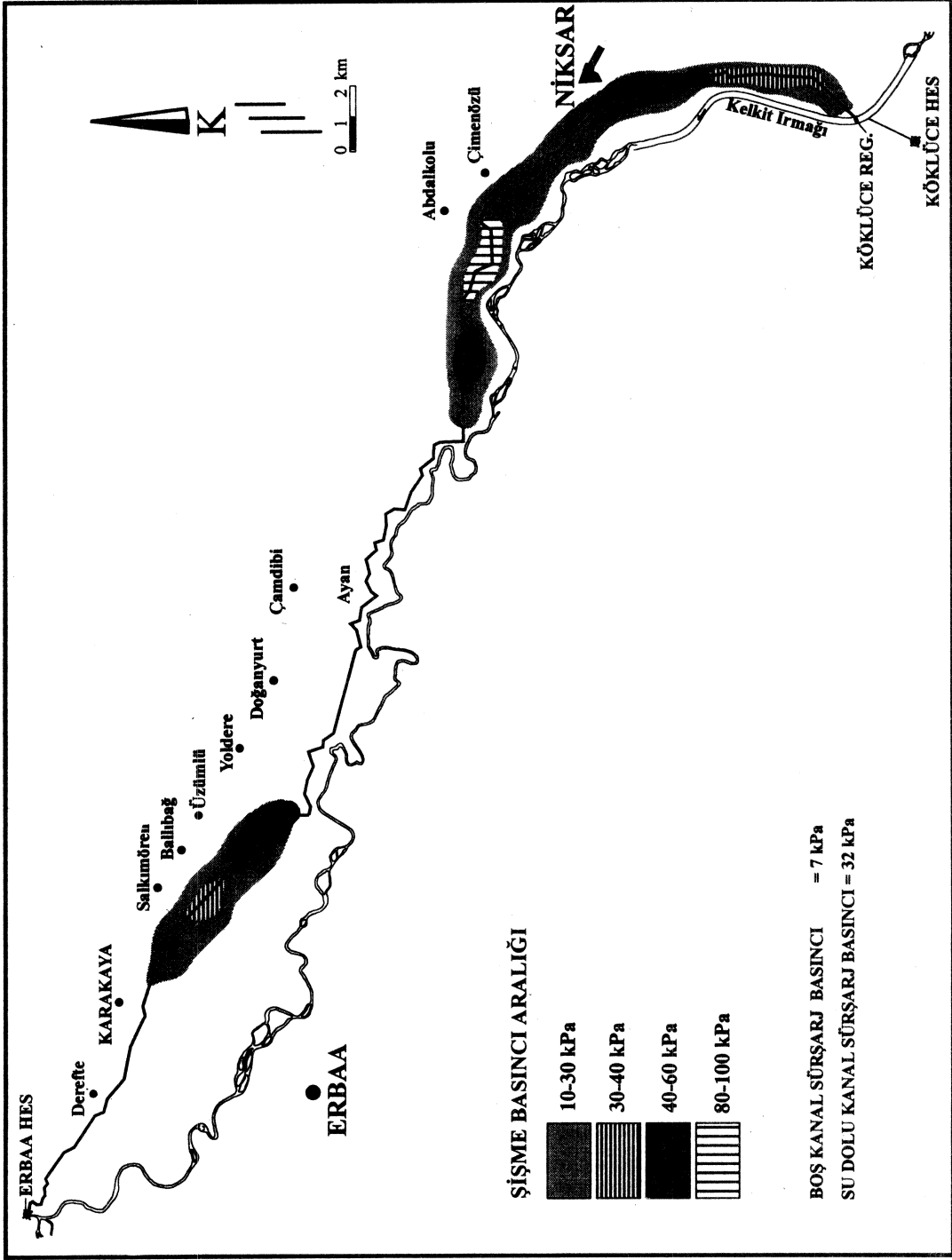
Şekil 4. Çalışma alanındaki bazı zemin örnekleri için karakteristik şişme yüzdesi-zaman grafikleri.

Şişme basıncı değerlerinin arazideki dağılımını göstermesi amacıyla, Köklüce regülatörü-Erbaa HES arasında yer alan zeminlerin şişme basınçları dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 5). Bu haritadan da görülebileceği gibi bir çok lokasyonda şişme basınçları, kanal yapısından kaynaklanacak sürşarj basınçlarını aşmaktadır (Şekil 5, 6).

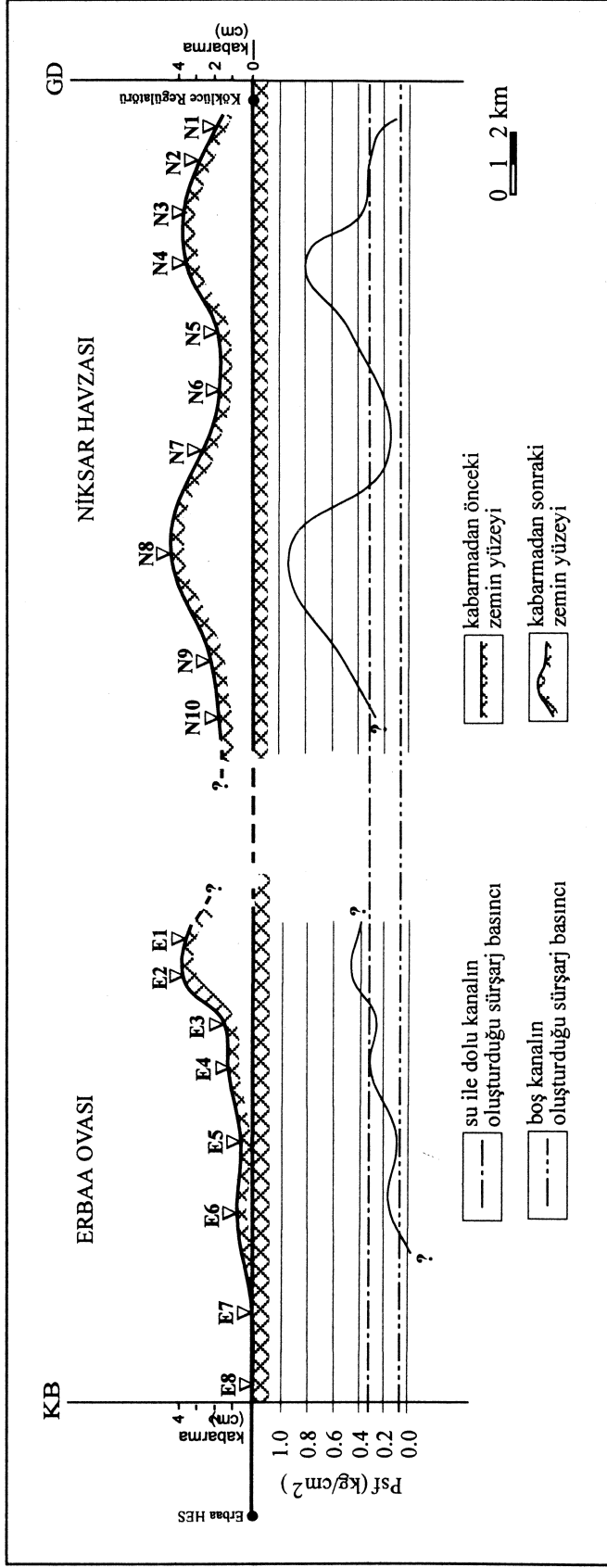
Çizelge 1. Çalışma alanındaki zeminlerin şişme basıncı ve şişme yüzdesi değerlerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

	En az	En çok	X	Sx
NİKSAR HAVZASI				
Şişme basıncı (P_{sf}), kPa	10.0	95.0	41.0	0.232
Şişme yüzdesi (%S)	1.30	3.54	2.02	0.738
ERBAA OVASI				
Şişme basıncı (P_{sf}), kPa	10.0	45.0	30.0	0.128
Şişme yüzdesi (%S)	0.48	2.93	1.62	1.012
TÜM ÇALIŞMA ALANI				
Şişme basıncı (P_{sf}), kPa	10.0	95.0	36.0	0.197
Şişme yüzdesi (%S)	0.48	3.54	1.84	0.877

X= Aritmetik ortalama ve Sx= Standart sapma.



Şekil 5. Köklüce Regülatörü-Erbaa HES arası kanal güzergahı boyunca şişme basınçlarının dağılım haritası.



Şekil 6. Zeminlerin kabarmaları sonunda oluşacak muhtemel yüzey topografyası ve şişme basınçlarının kanal sürşarj basınçları ile mukayesesi.

Civarda daha önce belirlenmiş yeraltı seviyeleri ve alçalıp yükselme miktarı göz önünde bulundurularak aktif zonun derinliği yaklaşık 4 m alınmış ve her örnek çukuru lokasyonunda yüzey kabarma hesapları yapılmıştır. Zeminlerin şişme yüzdesi ve aktif zon derinliğine bağlı olarak, O'Neill ve Poormoayed (1980) tarafından önerilen ve aşağıda verilen eşitlik kullanılarak inceleme alanındaki zeminlerde oluşacak serbest yüzey kabarması en az 0.667 cm, en çok 4.448 cm olarak hesaplanmıştır.

$$\Delta S_F = 0.0033 Z \%S$$

Burada;

ΔS_F ; serbest yüzey şişmesi

Z ; aktif zon derinliği

%S ; yüzde olarak serbest şişmedir.

Hesaplanan en az ve en çok kabarma miktarlarının arasındaki fark yaklaşık 4 cm civarındadır. Bu fark Anonymous (1981)' a (Çizelge 2) göre değerlendirildiğinde; fazla düzeyde farklı zemin hareketi olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 2. Farklı zemin hareketlerinin sınıflaması (Anonymous, 1981).

Farklı Hareket Miktarı (mm)	Sınıflama
0 - 5	çok az
5 - 10	az
10 - 25	orta
25 - 50	fazla
>50	çok fazla

Yukarıda bahsedilen kabarma miktarı farklılıklarına bağlı olarak, zeminlerin şişmesi sonucunda Şekil 6' de görülen yüzey topografyası oluşacaktır.

4. TARTIŞMALAR

Türkiye için enerji ve sulama açısından çok büyük katkısı olacağı düşünülen Aşağı Kelkit projesinde, Köklüce Regülatörü-Erbaa HES arasında yer alan killi zeminlerin şişme özelliklerine bağlı olarak, kanal yapısı üzerinde muhtemel deformasyonların oluşabileceği düşünülmektedir. Gerçekleştirilen tüm bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler ve kanal projesinin karşılaştırılması ile, ortaya çıkması muhtemel önemli şişme sorunları ortaya konulmuştur.

Söz konusu bu güzergahdaki killi zeminler genelde orta-yüksek şişme potansiyeline sahip olup, ince taneli zeminlerin şişme basınçları birçok lokasyonda boş kanal sürşarj basıncını aşmaktadır. Su iletim kanalının su ile dolu iken oluşturduğu sürşarj basınçları, zeminlerin şişme basınçları ile karşılaştırıldığında, bazı lokasyonlarda şişme basınçlarının yapı basınçlarını aştığı belirlenmiştir. Bir çok lokasyonda ise kritik durumdadır. Kanal boş kaldığında sürşarj basıncının büyük bölümünü oluşturan yaklaşık 25 kPa düzeyindeki yük azalması sonucu, zeminlerin ortalama 36 kPa düzeyindeki şişme basıncına karşı koyan kuvvetin sadece 7 kPa olduğu göz önüne alındığında, hemen hemen tüm lokasyonlarda şişme basınçlarının, boş kanalın oluşturduğu sürşarj basıncını aşacağı önemle dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, lokasyonların güvenliği açısından kanal su ile dolu tutulmalı ve uzun süreli olarak boş bırakılmamalıdır. Proje sahası içinde tek sorunsuz bölge olarak Erbaa Ovasındaki E7 ve E8 lokasyonlarıdır. Bunun nedeni ise, bu kesimde kil tabakasının çok derinlerde olmasıdır. Çalışma alanında, yapılan şişme deneyi sonuçları esas alınarak oluşturulan şişme basınçları dağılım haritası, kanal yapısı su ile dolu iken bile oluşacak sürşarj basıncını aşan şişme basınçlarının bölgede egemen olduğunu göstermektedir.

Şişme basınçlarının yapı sürşarj basınçlarını aşması dışında, şişme sonucunda zeminlerde oluşacak kabarma miktarının, birçok lokasyonlarda farklı miktarlarda oluşması beklenmektedir. Oluşacak bu farklı

kabarma miktarları da yapı üzerinde deformasyonlar oluşturacak önemli bir faktör olarak değerlendirilmiştir. Kanal inşaatından sonra, kanal içerisinden killi zeminler içerisine su sızıntısı olması ihtimali, killerin su içeriğini arttırarak değiştirecek ve zeminlerin şişmesine neden olabilecektir. Bu nedenle, kanal projelendirilirken, eğer varsa kanaldan zemine su sızıntısı ihtimali dikkate alınmalı ve gerekli tedbirler düşünülmelidir.

Bu çalışma, şişen killerin özellikle hafif yapılar üzerinde oluşturacakları deformasyonlara bir örnek olarak değerlendirilmiş olup, kanal inşaatı sonrasında meydana çıkacak sorunların önceden haber alınması açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 1981.** Assessment of damage in low-rise buildings, with particular reference to progressive foundation movement. Building Research Establishment, Digest 251, Her Majesty's Stationary Office, London, England, 20 p.
- ASTM, 1994.** Annual Book of ASTM standards (ASTM, D-4546), Soil and Rock (I):D420-D4914, V. 04.08, pp. 693-699.
- Dhowian, A., Ruwiah, I. and Erol, A., 1985.** The distribution and evaluation of expansive soils in Saudi Arabia. Proceedings, 2 nd Saudi Engineering Conference, Vol. 4, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dhahran, pp. 1969-1990.
- Donaldson, G. W., 1969.** The occurrence of problem heave and the factors affecting its nature. Proceedings, 2 nd International Research and Engineering Conference on Expansive Clay Soils, Texas, A & M Press, College Station, TX, 1969.
- DSİ, 1990.** Aşağı Kelkit Projesi master plan raporu. DSİ VII. Bölge Müdürlüğü, Samsun, 93 s.
- Means, W. E. and Parcher, J. V., 1963.** Physical Properties of Soils. Charles E. Merrill Publ. Co., Columbus, Ohio, 476 p.
- O'Neil, M. W. and Poormoayed, N., 1980.** Methodology for foundations on expansive clays. Journal of Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 106, No. GT12, pp. 1345-1367.
- Van Der Merwe, D. H., 1964.** The prediction of heave from the plasticity index and percentage clay fraction of soils. Civil Engineers in South Africa, Vol. 6, No. 6, pp. 103-106.
- Williams A. A. B. and Donaldson, G., 1980.** Building on expansive soils in South Africa. Proc. of the 4th Int. Conf. on Expansive Soils, Denver, 2, pp. 234-238.
- Yılmaz, I., 1998.** Köklüce regülatörü-Erbaa HES iletim hattı güzergahındaki alüvyal zeminlerin şişme ve oturma sorunlarının jeo-mühendislik değerlendirmesi. Doktora Tezi, C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 102 s.

AYRIŞMIŞ KAYAÇLARDA KİMYASAL AYRIŞMA İNDEKSLERİ İLE MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER

THE RELATIONSHIPS BETWEEN CHEMICAL WEATHERING INDEXES and ENGINEERING PROPERTIES of WEATHERED ROCK

Şener CERYAN KTÜ Gümüşhane Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Kimyasal ayrışma indeksleri, ayrışmış kayaçlarda kimyasal değişimi ifade etmek ve ayrışma derecelerini sayısal olarak tanımlamak için kullanılmaktadır. Ayrıca, araştırmacılar, kimyasal ayrışma indeksleri ile kayacın fiziko-mekanik özellikleri arasında sayısal ilişkiler belirlemişlerdir. Kimyasal ayrışma indeksleri, genellikle jeokimyasal açıdan hareketli elementlerin miktarı ve/veya bunların jeokimyasal açıdan hareketsiz elementlere oranı olarak tariflenmektedir. Kimyasal ayrışma indeksleri, çoğu kez kimyasal yıkanmayla ilgilidir ve ancak drenajın iyi geliştiği, kimyasal yıkanmanın olduğu durumlarda anlamlı sonuç vermektedir. Bu nedenle çalışmamızda, ayrışma sonucu serbest kalan elementlerin kimyasal yıkanmaya uğrayan miktarı ile ayrışma ürünlerini oluşturan element miktarları ayrı ayrı değerlendirilmiş ve bunlarla ilgili indeksler oluşturulmuştur. Harşit granitik kayaçlarında (Doğankent-Giresun) gelişen dört ayrışma profilinden alınan örnekler için kimyasal ayrışma indeksleri hesaplanmıştır. Ayrıca kimyasal ayrışma indeksleri ile tek eksenli basınç direnci, çekme direnci, dinamik elastisite modülü ve tanjant elastisite modülleri arasındaki ilişkiler aranmıştır.

ABSTRACT

Chemical weathering for pronounced chemical change of weathered rocks and description of numerically degree of weathering states. In addition, researchers determined a relationship between chemical weathering indexes and physico-mechanical properties of rocks. Chemical weathering indexes are described as geochemically mobile elements to mobile elements ratios. Chemical weathering indexes generally related to leaching and they gives reasonable results for well drained and leaching. Therefore, in this study, amounts of leached elements, which is the a portion of free elements the accrued as results of weathering and amounts of elements that makes weathered products are evaluated in two groups and related indexes are developed. Chemical weathering indexes for four weathering profile samples which collected from Harşit granitic rocks (Doğankent-Giresun, Turkey) calculated. In addition, relationships between chemical weathering indexes and comprehensive strength, tensile strength, dynamic elasticity modulus, tangent elasticity modulus investigated.

1. Giriş

Kayaçların kimyasal bileşiminde ayrışmayla oluşan değişimlerin sayısal olarak ifade etmek için değişik kimyasal indeksler geliştirilmiştir (Jayawardena ve Izawa, 1994; İrfan, 1996). Kimyasal ayrışma indeksleri, çoğunlukla kimyasal yıkanmayla ilgilidir ve ancak drenajın iyi geliştiği, kimyasal yıkanmanın önemli miktarda olduğu durumlarda anlamlı sonuç vermektedir.

Kimyasal yıkanma kayacın boşluk oranının artmasını, birim hacim ağırlığında azalmayı sonuçlamaktadır. Bu nedenle, ayrılmış kayaçların fiziko-mekanik özelliklerdeki değişimi değerlendirebilmek için kimyasal yıkanma miktarının bilinmesi önemlidir. Ayrıca, ayrılmış kayaçlarda ikincil mineral içeriğinin fiziko-mekanik özellikleri üzerinde önemli etkileri olduğu bilinmektedir. Bu nedenle ayrılmış kayaçların fiziko-mekanik özelliklerinin kimyasal ayrışma derecesi ile birlikte değerlendirirken, kimyasal bileşenlerin kimyasal yıkanmaya uğrayan miktarları yanı sıra ayrışma ürünlerini oluşturan miktarlarının da bilinmesi gerekmektedir.

2. Ana Oksitlerin Hacimsel Konsantrasyonunun Ayrışmayla Değişimi

Herhangi bir kimyasal bileşenin (element veya oksidin) tüm kayaçtaki ve sağlam kalmış minerallerdeki toplam hacimsel konsantrasyonu kayacın birim hacim ağırlığına bağlı olarak ifade edildiğinde sözkonusu bileşenin kimyasal yıkanmaya uğrayan kısmı veya ayrışma ürünlerindeki miktarı büyüklük ve oran olarak karşılaştırılabilir (Şekil 1).

İncelenen ayrışma profili için ana oksitlerin hacimsel konsantrasyonlarının ayrışmayla değişimini ifade etmek için aşağıdaki işlem sırası izlenmiştir.

- 1-)Ayrışma profilinden alınan değişik ayrışma derecelerindeki örneklerin tüm kayaç analizi, modal analizi yapılır. Ayrıca her örneğin kuru birim hacim ağırlığı belirlenmiştir.
- 2-)Her örnek için, tüm kayaç analizi ile ağırlık yüzdesi olarak bulunan ana oksit miktarlarının her biri örneğin birim hacim ağırlığıyla ayrı ayrı çarpılır(Çizelge 1). Bu şekilde bulunan ana oksitlerin hacimsel konsantrasyonları birim hacim ağırlığa bağlı olarak çizilerek şekildeki OB doğrusu elde edilmiştir.
- 3-) Sağlam örnekteki, kayacı oluşturan minerallerin mikroprob analizi yapılarak ana oksit içerikleri belirlenmiştir
- 4-)Modal analizi yapılarak, her bir örnekteki sağlam kalmış minerallerin miktarları bulunmuştur.
- 5-) Ayrışma sürecinde davranışı ele alınan oksidin sağlam kalmış minerallerdeki toplam miktarını bulmak için ;

$$\left[\sum_{i=1}^6 Mv(i) \times Ow(i) \right] \times \gamma_k \quad [1]$$

formülü uygulanmıştır. Burada, $i=1,2,\dots,6$ değerleri plajiyoklas, ortoz, horblend, biyotit, piroksen ve opak minerallerini göstermektedir. Ow , ele alınan oksidin mineraldeki ağırlık yüzdesi olarak içeriğidir ve mikroprob analizleri ile bulunmuştur. Mv mineralinin incelenen örnekteki hacimsel oranıdır ve modal analizle ile bulunmuştur. γ_k ise kayacın kuru birim hacim ağırlığıdır.

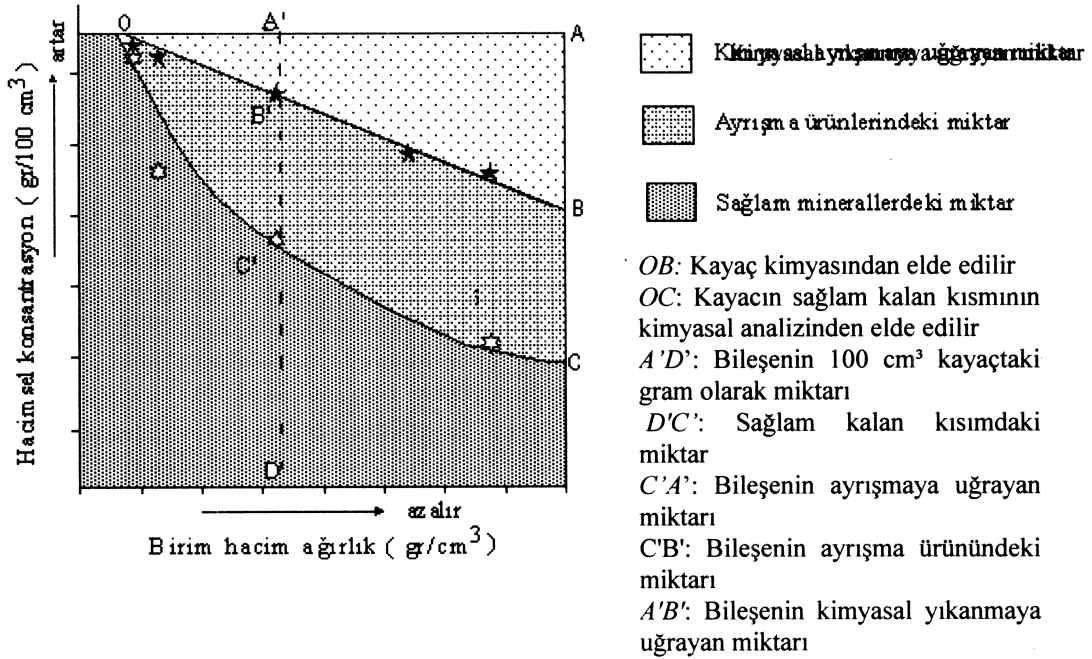
- 6-) Ayrışma profilinden alınan her bir örnek için 5. adım uygulanır. Ayrışmayla hacimsel konsantrasyonu değişimi incelenen ana oksit (veya bileşenin) her bir örneğin sağlam kalmış kısmındaki miktarları birim hacim ağırlığa bağlı olarak çizildiğinde OC eğrisi elde edilmiştir (Çizelge 2).

3. Kimyasal Yıkanma ve Kimyasal Ürün İndeksleri

Ca, Na, Mg ve K jeokimyasal olarak hareketli elementlerdir. Kimyasal yıkanma sonucu bu elementlerin birim hacimdeki kaya malzemesinde miktarı (hacimsel konsantrasyonu) azalmaktadır. Bu nedenle ayrılmış malzemedeki CaO, Na₂O, MgO ve K₂O in hacimsel konsantrasyonlarının toplamının sağlam kayaçtaki toplamına göre değişimi kimyasal yıkanma oranını gösterecektir. Şekil 1'de ele alınan bileşenin CaO+Na₂O+MgO+K₂O toplamı olduğunu varsayarak söz konusu oran aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

Çizelge 1. Tüm kayaçtaki ana oksitlerin hacimsel konsantrasyonu (gr/ 100 cm³)

Örnek	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	toplam
C-1A	185,05	1,28	40,42	5,39	2,92	0,32	5,26	11,76	8,59	9,20	0,56	0,45	271,2
C-2C	180,57	1,22	41,06	5,63	7,80	0,34	4,30	9,12	5,63	8,46	0,42	2,45	267,0
C-3B	167,66	1,13	40,42	4,85	5,31	0,28	3,15	8,14	5,01	7,49	0,50	3,65	247,6
Cİ-4C	139,93	0,88	37,65	3,68	5,28	0,21	3,44	5,96	4,04	4,59	0,28	6,56	212,5
C-5C1	146,76	0,97	40,64	4,43	6,96	0,25	3,20	4,93	4,42	4,91	0,41	8,12	226,0
D-1A	181,62	1,33	43,20	4,69	2,19	0,25	5,39	10,80	8,16	10,57	0,41	1,00	269,6
D-2A	174,65	1,28	42,80	3,60	4,35	0,24	5,04	7,69	5,71	10,09	0,32	4,94	260,7
D-56A	145,24	1,09	39,13	2,72	11,53	0,26	3,73	5,37	4,76	7,99	0,36	5,84	228,0
D-7H	131,10	1,02	37,04	4,28	11,66	0,20	3,84	4,87	3,63	5,50	0,31	7,76	211,2
D-8C	132,78	1,01	38,35	2,57	11,69	0,20	3,29	4,66	4,08	5,39	0,29	8,20	212,5
P-2A	178,79	1,48	37,99	9,31	4,76	0,25	6,60	11,61	8,71	9,75	0,47	1,48	271,2
P-3A	157,40	1,30	39,42	3,62	9,96	0,23	4,79	7,78	5,41	8,23	0,36	7,31	245,8
P-3B	140,75	1,37	37,55	7,45	6,01	0,23	3,66	5,94	4,66	6,49	0,39	7,79	222,3
P-4	134,91	1,20	37,39	6,96	6,05	0,20	4,74	6,84	5,56	7,59	0,34	5,51	217,3
P-8	134,30	1,24	37,61	2,73	8,47	0,20	4,10	6,89	4,63	6,74	0,33	6,67	213,9
P-12	135,09	1,21	38,02	2,75	8,87	0,20	4,44	6,84	5,18	7,28	0,38	6,83	217,1
P-9	129,41	1,26	38,21	2,17	10,84	0,18	3,88	4,70	4,01	5,48	0,38	8,09	208,6
S-1A	175,71	1,64	43,18	7,81	2,87	0,24	6,44	12,64	9,29	8,15	0,49	2,02	270,5
S-3B	172,24	1,59	42,55	7,25	3,51	0,27	7,55	12,70	9,49	8,22	0,46	2,37	268,2
S-4A	169,30	1,45	42,58	6,89	6,43	0,21	6,41	11,09	8,10	6,54	0,46	3,74	263,2
S-2A	162,92	1,42	43,47	8,12	6,51	0,24	5,89	9,31	6,51	6,30	0,43	6,08	257,2
S-3A	155,77	1,51	43,92	9,43	6,19	0,26	5,68	9,87	5,93	6,01	0,37	5,47	250,4
S-3C	156,94	1,52	42,22	9,91	5,94	0,26	5,37	8,96	6,38	7,26	0,44	5,60	250,8
S-5B	149,88	1,34	41,88	6,17	6,69	0,34	5,51	4,41	4,58	6,24	0,49	7,57	235,1
S-7HD	128,15	1,21	39,37	2,10	8,29	0,21	2,89	3,51	3,83	2,81	0,34	10,3	203,0
S-8H3	128,05	1,14	42,79	4,04	9,85	0,18	2,22	3,40	3,82	2,52	0,35	9,24	207,6



Şekil 1. Kayaçlardaki kimyasal bileşenlerin hacimsel konsantrasyonlarının ayrışmayla değişimi

$$Iky = \frac{(A' - B')}{A'} \times 100 \quad [2]$$

A' sağlam kayadaki hacimsel konsantrasyon olarak ($\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO} +\text{K}_2\text{O}$) miktarı, B' ; incelenen örnekte tüm kayac kimyasal bileşiminden bulunan, hacimsel konsantrasyon olarak ($\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO} +\text{K}_2\text{O}$) miktarı, Bu durumda ($A' - B'$) incelenen örnekteki hacimsel konsantrasyon olarak ($\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO} +\text{K}_2\text{O}$) toplamının kimyasal yıkanmaya uğrayan miktarıdır. Bu nedenle söz konusu oran *kimyasal yıkanma indeksi (Iky %)* olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 2. Ayrışma profillerinden alınan örneklerin sağlam kalmış kısmında ana oksit konsantrasyonu ($\text{gr}/100\text{cm}^3$)

Örnek	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺
C-1A	180,16	0,85	41,07	6,34	6,43	0,15	5,77	12,64	7,15	8,76	1,21
C- 2C	140,69	0,44	28,42	4,52	5,94	0,08	3,14	8,15	4,92	6,21	0,74
C-3B	116,55	0,43	20,50	4,40	5,58	0,09	3,14	6,05	3,41	4,99	0,59
C- 4C	80,20	0,34	11,88	3,45	4,39	0,06	2,39	3,89	1,99	2,80	0,41
D -1A	181,26	0,54	40,04	3,44	2,53	0,11	4,12	10,77	6,75	9,49	0,98
D-2A	140,13	0,30	27,99	2,29	2,06	0,07	2,54	7,23	4,68	6,82	0,63
D-56A	93,29	0,22	13,77	1,96	2,20	0,05	1,69	4,21	2,44	2,82	0,37
D-7H	77,80	0,18	10,95	1,51	1,62	0,04	1,32	3,01	1,83	2,65	0,29
D-8C	72,85	0,16	9,92	1,42	1,73	0,03	1,08	2,62	1,65	2,42	0,26
P-2A	161,72	0,83	34,89	5,61	4,62	0,16	5,95	10,97	5,91	8,02	1,09
P-3A	88,29	0,62	13,35	5,98	6,75	0,13	4,83	6,42	2,44	2,32	0,61
P-3B	51,20	0,05	3,82	3,97	8,24	0,01	0,28	1,40	0,80	0,30	0,11
P-4	70,35	0,12	8,96	3,38	6,55	0,01	0,58	2,57	1,65	1,56	0,23
P-8	58,68	0,07	7,52	6,07	12,74	0,01	0,30	2,59	1,58	0,60	0,19
P-12	65,86	0,08	8,53	5,66	11,72	0,01	0,42	3,01	1,80	0,67	0,22
P-9	50,24	0,04	2,42	4,82	10,02	0,01	0,30	0,83	0,46	0,39	0,07
S-1A	174,20	0,29	46,64	1,23	1,24	0,03	1,46	13,75	9,06	6,58	1,05
S-3B	149,32	0,24	41,19	2,55	4,55	0,02	1,02	12,43	8,17	5,18	0,93
S-4A	134,92	0,22	36,17	2,45	4,42	0,02	0,91	10,99	7,20	4,45	0,83
S- 2A	108,51	0,10	26,64	2,30	4,61	0,01	0,53	8,44	5,44	2,79	0,58
S-3A	98,45	0,07	20,41	1,16	2,44	0,00	0,22	6,09	4,08	2,45	0,44
S-3C	104,60	0,08	22,67	2,71	5,56	0,01	0,45	6,99	4,56	2,63	0,49
S-5B	77,41	0,05	15,62	1,59	3,33	0,00	0,21	4,67	3,12	1,92	0,33
S -7HD	65,80	0,04	12,40	1,70	3,56	0,01	0,20	3,73	2,47	1,53	0,26

Harşit Granitoyidi'ndeki minerallerin ayrışması sırasında, Al, Fe, Ti elementlerinin büyük kısmı kimyasal yıkanmaya uğramamakta, ortamda kalmakta ve ayrışma ürünlerinde yer almaktadır. SiO₂ ise drenajın iyi geliştiği durumlarda bir miktar kimyasal yıkanmaya uğramıştır. SiO₂ in büyük kısmı ayrışma ürünlerinde yer almıştır. Minerallerin ayrışmasıyla serbest kalarak, atmosfer kökenli diğer bileşenlerle birleşerek ayrışma ürünlerini oluşturan Al, Fe, Ti ve Si elementlerinin miktarı kayadaki ayrışma ürünlerinin miktarını ve sağlam kalmış minerallere oranını gösterecektir. Bu nedenle, ayrışma ürünlerindeki Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂ ve SiO₂ in hacimsel konsantrasyonlarının toplamının incelenen örnekteki toplamına oranı kimyasal ürün indeksi (Iku %) olarak tanımlanmıştır. Şekil 1 de hacimsel konsantrasyonunun ayrışmayla değişimi incelenen bileşen Al₂O₃+Fe₂O₃+TiO₂ +SiO₂ olduğunu varsayarak kimyasal ürün indeksi (Iku %) aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$Iky = \frac{(B' - C')}{B'} \times 100 \quad [3]$$

B' ; incelenen örnekteki hacimsel konsantrasyon olarak (Al₂O₃+Fe₂O₃+TiO₂ +SiO₂) miktarı, C' ; örneğin sağlam kalan kısmındaki (sağlam minerallerdeki) hacimsel konsantrasyon olarak (Al₂O₃+Fe₂O₃+TiO₂ +SiO₂) miktarıdır. Bu durumda $B' - C'$ değeri ayrışma ürünlerindeki hacimsel konsantrasyon olarak (Al₂O₃+ Fe₂O₃+ TiO₂ + SiO₂) toplamını göstermektedir.

Harşit Granitoyidi'nde gelişen 4 ayrışma profillerinden alınan, değişik ayrışma derecesindeki örnekler için hesaplanan kimyasal ürün indeksi ve kimyasal yıkanma indeksi değerleri Çizelge 3' de verilmiştir.

4. Kimyasal Ayrışabilirlik İndeksi

Hodder (1984), Miura ve Parker indeksleri için Aires-Barros (1978)'un tanımladığı göreceli indeksleri incelemiş ve bu indekslerle kimyasal reaksiyonun Gibbs serbest enerjisi arasında sayısal ilişkilerin kurulabileceğini göstermiştir. Ayrıca, Miura ve Parker indeksine (Miura, 1973; Parker, 1970) bağlı olarak sağlam kayacın ayrışabilirliğini gösteren yeni bir indeks tanımlamıştır. Hodder (1984) tarafından tanımlanan kimyasal ayrışabilirlik indeksi (Ks) aşağıda verilmiştir.

$$K_s = \frac{(Wm^0 - Pr I^0)}{Wm^0 Pr I^0} \quad [4]$$

Eşitlikte Wm^0 ; taze kayaç için hesaplanan Miura indeksi, PrI^0 ; taze kayaç için hesaplanan Parker İndeksi, K_s ; sağlam kayacın ayrışabilirlik indeksidir

Hodder (1984), $\log(K_s)$ ve $\log(Wm^0/PrI^0)$ değerlerinin ayrışmanın aktivasyon enerjisiyle ilişkili olduğu ve söz konusu değerlerin kayacın diğer özellikleriyle korele edilebileceğini göstermiştir. Ayrışmış kayalarda, K_s değeri bazen sıfırdan küçük çıkmaktadır. Bu nedenle, ayrışmış kayaçlar ayrışabilirlik indeksi

$$K_{sw} = \log(Wm/PrI) \quad [7]$$

olarak alınabilir

Harşit Granitoyidi'nde gelişen ayrışma profillerinden alınan örneklerde, ayrışmayla birlikte $\log(Wm/PrI)$ değerlerinin azaldığı görülmüştür.

5. Kimyasal Ayrışma İndeksleriyle Ayrışmış Kayaçların Fiziko-mekanik Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Kimyasal ayrışma süreçleriyle, kaya malzemesindeki taze mineral oranı azalırken, ayrışma ürünlerinin, özellikle kil minerallerinin oranı artmakta, jeokimyasal açıdan hareketli elementler kimyasal yıkanmaya uğramaktadır. Kimyasal yıkanma kaya malzemesinde mikrokırık ve boşluk oranının artmasını, birim hacim ağırlığın azalmasını sonuçlamaktadır. Ayrıca, özellikle çözülme ve hidrasyon gibi kimyasal ayrışma süreçleri kaya malzemesinde var olan kırıkların ve boşlukların genişlemesi, yeni mikrokırık ve boşlukların gelişimini ve taneler arasındaki bağın zayıflamasını sonuçlayabilmektedir. Kimyasal ayrışma süreçlerinin kaya malzemesinde meydana getirdiği bu değişimler kaya malzemesinin direnç ve deformasyon özelliklerine, özellikle indeks özelliklerine yansımaktadır.

Araştırmacılar kimyasal ayrışma indeksleri ile ayrışmış kayaçların fiziko-mekanik özellikleri arasında sayısal ilişkilerin kurulabileceğini göstermişlerdir (Ondera et.all 1974, Aires-Barros, 1978, Hodder 1984, Tuğrul 1995, İrfan, 1996)

Bu çalışmada, Harşit granitik kayaçlarında gelişmiş 4 ayrışma profillerinden alınan, değişik derecede ayrışmış granitik malzemenin indeks, mekanik, mineralojik ve kimyasal analizleri yapılmıştır (Çizelge 3).

İncelenen ayrışma profilleri için, kimyasal yıkanma indeksi (Iky), kimyasal ürün indeksi (Iku), ve ayrışabilirlik indeksi (Kws) ile karot örneklerde üzerinde gerçekleştirilen deneylerle bulunmuş tek eksenli basınç direnci (σ_c), çekme direnci (σ_t), dinamik elastisite modülü (E_d), tanjant elastisite modülü (E_t) ve boyuna dalga hızı (Vp) arasındaki ilişkiler Ek Şekil 1 'de verilmiştir.

Çizelge 3. Harşit Granitoyidi'nde seçilen ayrışma profillerinden alınan, ayrışmış granitik malzeme örneklerinin kuru birim hacim ağırlığı (γ_k), ayrışmış mineral/sağlam mineral oranı (MOas), kimyasal ayrışma indeksleri (Wm: Miura İndeksi, Iky: Kimyasal yıkanma indeksi, Iku: Kimyasal ürün indeksi, Kws: Ayrışabilirlik indeksi), tek eksenli basınç direnci (σ_c), çekme direnci (σ_t), dinamik elastisite modülü (E_d), tanjant elastisite modülü (E_t) ve boyuna dalga hızı (Vp) değerleri

Örnek	γ_k gr/cm ³	MOas (%)	Vp m/sn	σ_c kg/cm ²	σ_t kg/cm ²	E_d x10 ⁵ kg/cm ²	E_t x10 ⁵ kg/cm ²	Wm	Iky	Iku	Kws	Ayrışma Derecesi (I)
C-1A	2,696	12,0	4053	1348	121	4,489	2,217	1,4920	0,00	0,000	0,3021	I
C-2C	2,686	32,2	3504	1047	83	3,358	1,708	0,9066	21,02	23,919	0,1831	II
C-3B	2,599	53,7	2668	365	16	1,917	0,542	0,7200	31,64	33,313	0,1072	III
C-4C	2,109	102,3	464	11	-	0,047	-	0,4693	48,22	47,314	-0,0050	V
C-5C2	2,324	89,9	920	16	-	0,200	-	0,3984	49,85	-	-0,0618	V
D-1A	2,669	3,4	4106	1679	144	4,561	2,925	1,2954	0,00	0,000	0,2264	I
D-1B	2,660	31,7	2891	1442	106	2,257	2,393	-	-	-	-	I
D-2AB	2,624	48,8	3404	772	52	3,096	1,675	0,7138	18,31	23,583	0,0348	II
D-56	2,579	78,4	2188	415	15	1,295	0,726	0,5017	37,42	44,418	-0,0740	III
D-8C	2,295	117,3	945	14	-	0,209	-	0,3606	50,10	53,942	-0,1341	V
D-7H	2,224	141,5	731	18	-	0,121	-	0,4164	48,93	49,923	-0,0690	V
P-1A	2,704	12,9	4285	1645	151	5,036	2,147	1,6027	0,00	-	0,3122	I
P-2A	2,690	19,7	4227	1374	124	4,875	2,220	1,5436	0,69	9,397	0,2978	I
P-2BC	2,615	51,1	2744	460	21	2,054	0,875	-	-	-	-	III
P-3A	2,597	73,0	2014	168	-	1,083	0,379	0,5682	29,02	47,617	-0,0389	IV
P-3B	2,517	94,8	1362	86	-	0,493	-	0,5339	43,79	65,907	-0,0167	IV
P-4	2,569	81,0	1861	159	14	0,926	-	0,7171	33,01	52,118	0,0277	IV
P-12	2,356	121,7	924	42	-	0,207	-	0,5370	35,73	52,953	-0,0770	V-IV
P-8	2,356	140,3	924	42	-	0,207	-	0,5195	39,45	56,496	-0,0640	V-IV
P-9-10	2,221	162,8	596	25	-	0,081	-	0,3762	51,09	65,102	-0,1312	V
P-W2	2,267	191,4	719	20	-	0,119	-	-	-	-	-	VI-V
S-1A	2,678	6,4	4157	1385	122	4,697	2,334	1,3250	3,79	0,000	0,2430	I
S-3B	2,645	14,9	4006	1378	-	4,306	-	1,3288	0,00	11,177	0,2287	I
S-4A	2,647	26,9	3833	1118	96	3,952	1,921	0,9850	15,35	20,033	0,1679	II
S-2A	2,598	52,1	3105	579	37	2,619	0,955	0,7460	26,23	34,741	0,0971	III
S-3C	2,592	57,3	3065	1103	61	2,532	1,362	0,8059	26,35	35,679	0,1069	III
S-3A	2,508	94,1	2625	1070	56	1,838	1,286	0,7905	27,59	41,477	0,1306	III
S-3D	2,575	-	2524	955	51	1,672	-	-	-	-	-	III-IV
S-5B	2,574	106,7	2627	541	42	1,815	0,670	0,5112	45,36	51,740	-0,0053	IV-III
S-8H3	2,259	102,5	717	24	-	0,119	-	0,2556	65,68	53,790	-0,1660	V
S-7HD	2,110	115,8	518	24	-	0,059	-	0,2641	68,50	-	-0,1147	V
S-W1	2,266	123,7	870	33	-	0,174	-	-	-	-	-	V-VI

(Ayrışma dereceleri mikropetrografik indeks değerlerine (Ip) göre tanımlanmıştır I: ayrışmamış (Ip>5.6), II: az ayrışmış (Ip=5.6-2.1), III: orta derecede ayrışmış (Ip=2.4-1.1), IV: yüksek derecede ayrışmış (Ip=1.1-0.84) ve V. Tamamen ayrışmış (Ip<0.84) örnekler)

6. Sonuç

Ayrışmış kayaların fiziko-mekanik özelliklerindeki değişimi değerlendirebilmek için kimyasal yıkanma miktarının bilinmesi önemlidir Ayrışmış malzemedeki CaO, Na₂O, MgO ve K₂O in hacimsel konsantrasyonlarının toplamının sağlam kayadaki toplamına göre değişimi kimyasal yıkanma indeksi (Iky) olarak tanımlanmıştır. Harşit Granitoyidi'nde ayrışmış granitik kayalar için kimyasal yıkanma indeksi (Iky) ile kuru birim hacim ağırlık (γ_k), boyuna dalga hızı (Vp), tek eksenli basınç direnci (σ_c),

çekme direnci (σ_t), dinamik elastisite modülü (E_d) ve tanjant elastisite modülü (E_t) arasında aşağıdaki ilişkiler bulunmuştur.

$$\begin{aligned}\gamma_k &= -0.0071 Iky + 2.70, & V_p &= 4870e^{-0.031 Iky}, & \sigma_c &= -440.3 \ln(Iky) + 1972 \\ \sigma_t &= 139.7e^{-0.046 Iky}, & E_d &= (6.539e^{-0.065 Iky}) 10^5, & E_t &= 2.56e^{-0.037 Iky} 10^5\end{aligned}$$

Minerallerin ayrışmasıyla serbest kalarak, atmosfer kökenli diğer bileşenlerle birleşerek ayrışma ürünlerini oluşturan Al, Fe, Ti ve Si elementlerinin miktarı kayadaki ayrışma ürünlerinin miktarını ve sağlam kalmış minerallere oranını gösterdiğinden, ayrışma ürünlerindeki Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 ve SiO_2 in hacimsel konsantrasyonlarının toplamının incelenen örnekteki toplamına oranı kimyasal ürün indeksi (Iku %) olarak tanımlanmıştır..

Harşit Granitoyidi'n de ayrışmış granitik kayalar için kimyasal ürün indeksi (Iku) ile ayrışmış mineral miktarı (MOa), boyuna dalga hızı (V_p), tek eksenli basınç direnci (σ_c), çekme direnci (σ_t) dinamik elastisite modülü (E_d) ve tanjant elastisite modülü (E_t) arasında aşağıdaki ilişkiler bulunmuştur.

$$\begin{aligned}MOa &= 2.973 Iku^{0.687}, & V_p &= 5366e^{-0.024737 Iku}, & \sigma_c &= -794 \ln(Iku) + 3368 \\ \sigma_t &= 140.6e^{-0.036 Iku}, & E_d &= (-2.67 \ln(Iku) + 11.35) 10^5, & E_t &= 2.753e^{-0.029 Iku}\end{aligned}$$

Hodder (1984) tarafından Miura ve Parker indekslerine bağlı olarak tanımlanan ve sağlam kayacın ayrışabilirliğini gösteren kimyasal ayrışabilirlik indeksi (K_s) ile ayrışmış mineral oranı (MOa), boyuna dalga hızı (V_p), tek eksenli basınç direnci (σ_c), çekme direnci (σ_t) dinamik elastisite modülü (E_d) ve tanjant elastisite modülü (E_t) arasında aşağıdaki ilişkiler bulunmuştur.

$$\begin{aligned}\gamma_k &= 1.919 K_{sw}^2 + 1.25 K_{sw} + 2.486, & V_p &= 8348 K_{sw} + 2135, & \sigma_c &= 172.2e^{10.24 K_{sw}} \\ \sigma_t &= -362.6 K_{sw} + 23.44, & E_d &= (11.43 K_{sw} + 1.64) 10^5, & E_t &= (0.8e^{3.91 K_{sw}}) 10^5\end{aligned}$$

7. KAYNAKLAR

Aires-Barros, L.1978., Comparative Study between Rates of Experimental Laboratory Weathering of Rocks and Their Natural Environmentals Weathering Decay. Bull. Int. Assoc. Eng. Geol., 18, 169-174

Hodder, A.P.W, 1984. Thermodynamic Interpretation of Weathering indices and Its application to Engineering Properties of Rocks, Eng. Geol., 20, 241-251

İrfan T.Y., 1996. Minerology, fabric properties and classification of weathered granites in Hong Kong. Quarterly Journal of engineering Geology, 29,5-35

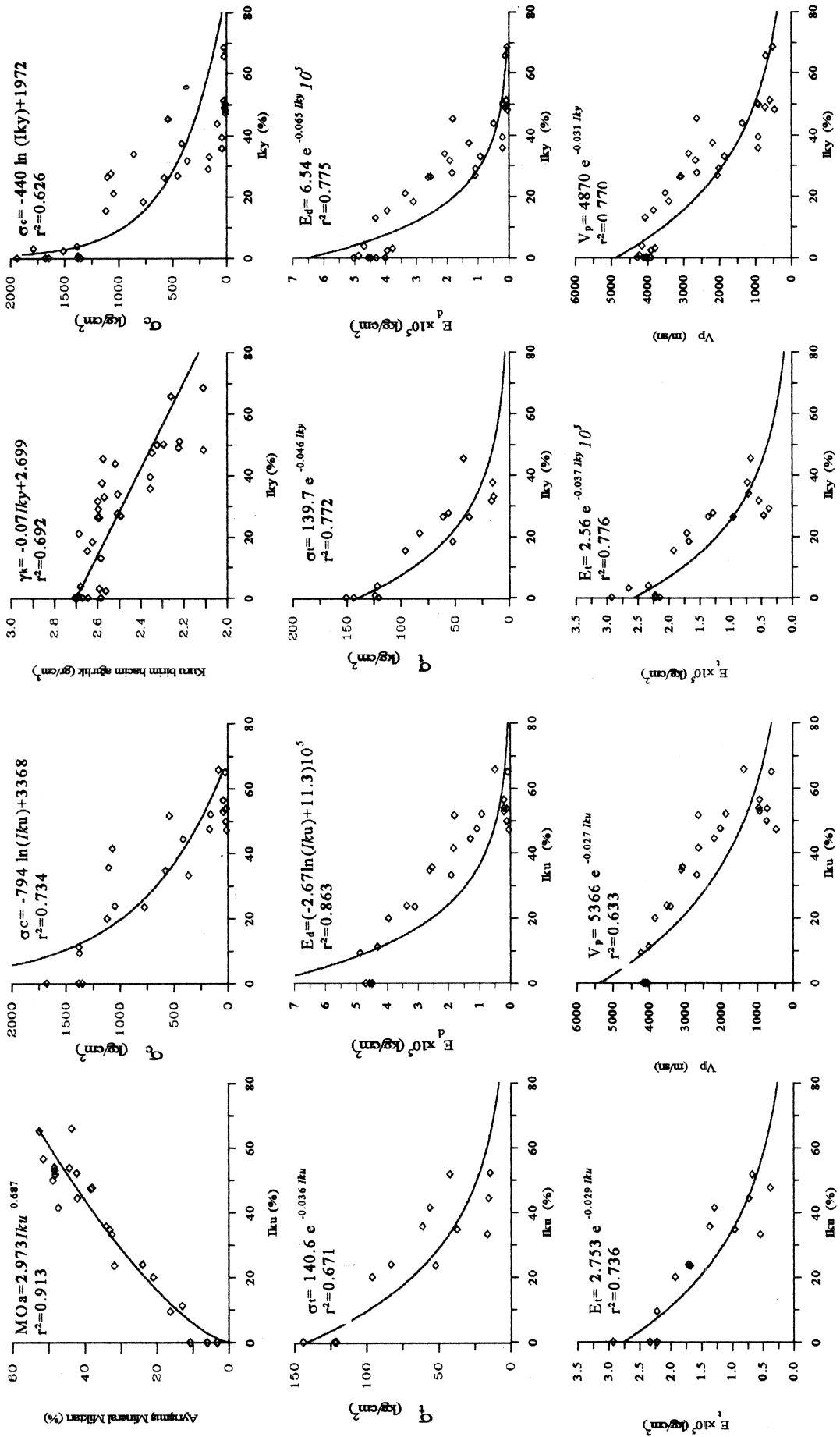
Jayawardena U. de S. and Izawa, E., 1994. Application of Present indices of chemical Waethering for Precambrian Metamorphic Rocks in Sri Lanka. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 49, 55-61

Miura, K.,1973. weatherlng in Plutonic rocks (part I)-Weathering During the Late Pliocene of Götsu Plutonic Rocks. J. Soc. Eng. Geol, Jpn.,14(3).

Ondera, T.F., Yoshinaka, R. And Oda, M. 1974. Weathering and Its Relation to Mechanical Properties of Granite., Proc. 3rd Cong. Int. Soc. Rock Mech. Denver, 2A, 71-78

Parker, A., 1970. An Index of Weathering for Silicate Rocks. Geol. Mag. ,501-504

Tuğrul, A., 1995. Niksar Yöresindeki Bazıtların Mühendislik Özelliklerine Ayrışmanın Etkileri, Doktora Tezi (yayınlanmamış), İstanbul Üniversitesi, Fen Bil. Ens., İstanbul



Ek Şekill. Harşit Granitoidi için bulunan Kimyasal Ürün İndeksi (Iku) ve Kimyasal Yıkama İndeksi ile fiziko-mekanik özellikler arasındaki ilişkiler

BÜYÜKÇEKMECE İLE KÜÇÜKÇEKMECE (İSTANBUL) HEYELANLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ VE YARATTIKLARI BAŞLICA SORUNLAR

LANDSLIDES OF BÜYÜKÇEKMECE AND KÜÇÜKÇEKMECE REGIONS (İSTANBUL); THEIR GENERAL CHARACTERISTICS AND PROBLEMS THAT THEY CREATE

Esen ARPAT, *Geomar Ltd. Ş., Cengizhan sk. 18-3, Göztepe, 81060 İstanbul*

ÖZET

İstanbul'da Büyükçekmece gölü ile Küçükçekmece gölü arasında yer alan heyelanlı araziler son yıllarda yoğun yerleşime sahne olmaktadır. Bu bölgedeki heyelanların tümüne yakını günümüzdekinden çok farklı bir topoğrafyada gelişmiş olan, ancak, günümüzde yeniden etkinlik kazandırılan eski heyelanlardır. Bu heyelanların kayma düzlemlerinde kalıntı kesme açıları çok düşük olup, 12° dolayındadır. Bu nedenle bu düzlemlerin konumlarının belirlenmesi ve etkili ve kalıcı bir şekilde akaçlanmalarının sağlanması özel önem taşımaktadır. Bölgenin deprem kaynaklarına yakınlığı göz önüne alınırsa kayma düzlemlerinde yüksek gözenek basıncı oluşmasını önleyecek akaçlama önlemlerinin alınmasının önemi daha da artmaktadır.

ABSTRACT

Intense construction activities are now going on in the area between Büyükçekmece and Küçükçekmece lakes, to the near west of İstanbul. Numerous landslides are known to occur in this area. These landslides are ancient ones, developed in a landscape quite different than that of today, and reactivated presently by human activities. Residual shear angle of these slides is quite small, being around 12°. It becomes very important to identify these ancient slide surfaces, and to take effective measures to drain them. Taking into account the proximity of the area to the known earthquake sources, prevention of high pore pressure build-up within the slide zones, by effective drainage measures, is indispensable.

1. GİRİŞ

İstanbul'da, Büyükçekmece ile Küçükçekmece gölleri arasında kalan bölge, son yıllarda çok hızlı ve çok yoğun bir yerleşime sahne olmaktadır. Bu yerleşim çok katlı yapılardan oluşan toplu konut bölgelerini, iki, üç katlı yazlık konutlardan oluşan kesimleri, ve fabrika ve organize sanayi bölgelerini içermektedir.

Küçükçekmece gölü Sazlıdere vadisinin, Büyükçekmece gölü ve Büyükçekmece koyu ise Karasu vadisinin uzantısında yer almaktadır (Şekil 1). Kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu olan bu vadilerin arasında, kabaca onlara koşut olan, daha ufak boyutta bir vadi daha vardır. Haramidere vadisi olarak bilinen bu vadinin denize bitişik kesiminde Ambarlı elektrik santrali kuruludur.

Konu edilen bölgede vadilerin yamaçlarında ve denize bakan yüksek eğimli arazide, pek çok yerde, konunun uzmanı olmayan kişilerin de fark edebilecekleri belirginlikte, heyelanlar dikkati çekmektedir. Bu kesimlerdeki incelemeler belirgin olmayan, morfolojik ifadeleri büyük ölçüde kaybolmuş, çok sayıda başka heyelanın da varlığını göstermektedir.

Özellikle denize bakan yamaçlarda, heyelan morfolojisi çok belirgin olduğu, ve de bu kesimlerdeki yapılar geçmişte heyelanlardan etkilenmiş olduğu için, uzun bir süre yoğun yapılaşmaya izin verilmemiş, ancak baskılar karşısında elde edilen tavizler ile bölge, günümüzde, neredeyse tümüyle yerleşime açılmıştır. Bu uygulama çoğu yerde gelecek için yüksek tehlike içeren bir düzeyde gerçekleşmiştir. Buna karşın bazı yerlerde de heyelana karşı önlem olarak düşünülen uygulamalar için gereksiz büyük harcamaların yapılmakta olduğu dikkati çekmektedir. Öte yandan, heyelan tehlikesi altındaki bölgelere komşu olan, ancak kendisi heyelan tehlikesi taşımayan bölgelerde yaşayan kişilerin de, yanlış bilgilendirmelerden kaynaklanan, tedirginlik içinde oldukları gözlenmektedir.

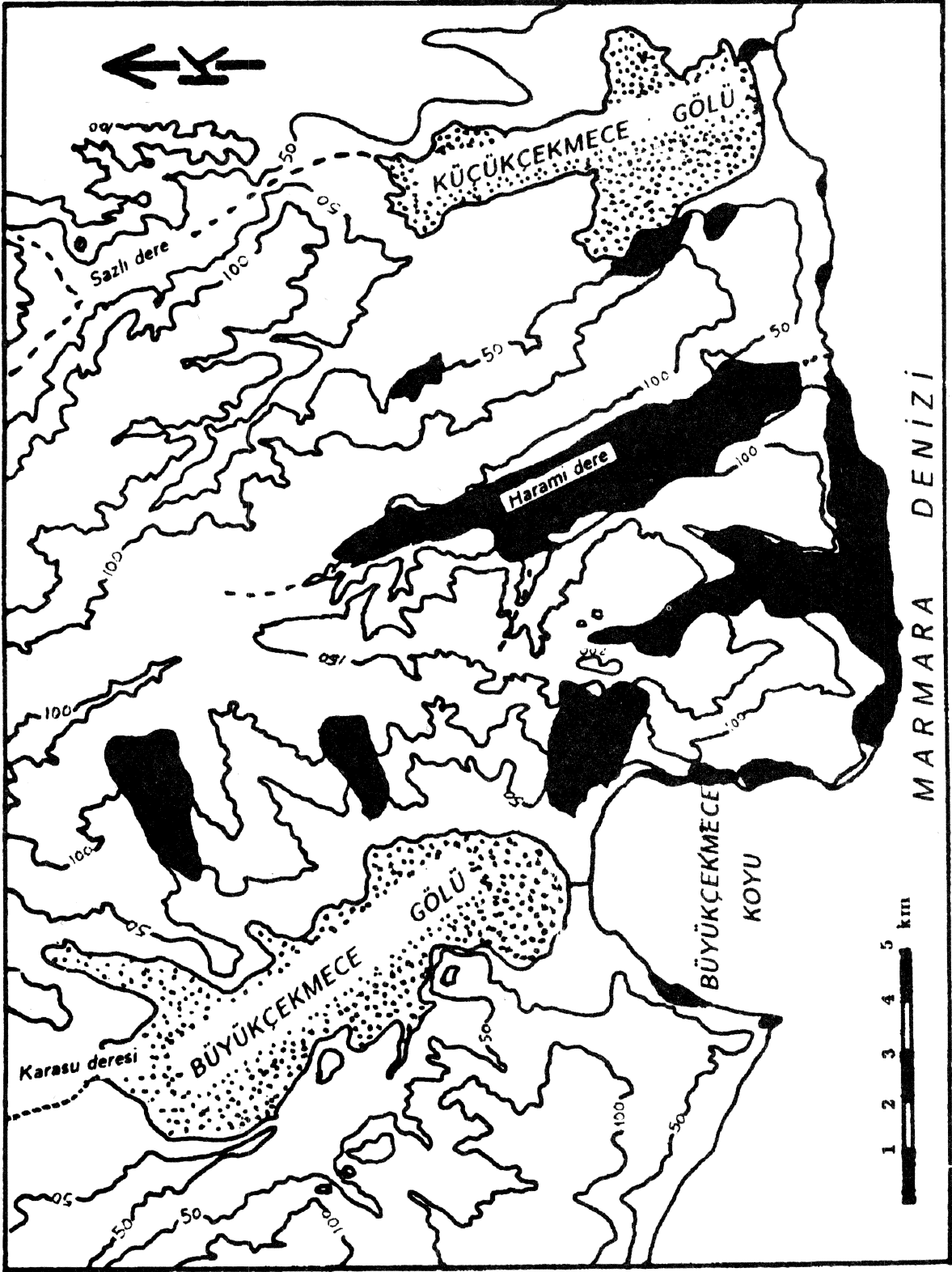
Bu yazıda bölgedeki heyelanların nedenleri ve özellikleri öz olarak incelenmekte, heyelanlı kesimlerin yerleşime elverişlilikleri tartışılmakta, heyelanlı kesimlerin yerleşim amacı ile kullanılmalari durumunda uyulmasında yarar olduğuna inanılan önerilerde bulunmaktadır.

2. BÖLGENİN JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

İstanbul bölgesinin Senozoyik jeolojisi karmaşıktır ve yeterince iyi bilinmemektedir. Karmaşıklık Marmara denizi bölgesinin etkin tektonik evrim süreci içinde olmasından ve de boğazlar aracılığıyla diğer denizler ile kurulan ilişkilerin kısa zaman dilimleri içinde çeşitlilik göstermesinden kaynaklanmaktadır. Karmaşık niteliğinin yanı sıra bölge ile ilgili temel nitelikteki çalışmaların çok az sayıda olması da bu bölgenin Senozoyik jeolojisi hakkındaki bilgilerimizin çok sınırlı olmasına yol açmıştır. Son yıllarda bölgede başlatılmış olan çalışmaların bu eksikliği giderici yönde sonuçları alınmaya başlanmıştır. Ancak veriler henüz pek çok konuda çelişkilidir. Bu nedenle, bölgedeki heyelanların kökenlerini açıklamak için Tersiyer ve Kuvaterner jeolojik tarihesinin kullanılacak olmasına rağmen bu yazıda dönemin jeolojisine ilişkin çelişkili görüşlerin tartışmasına girilmemekte, kullanılacak verilerde genel özellikler, yaşlarda da geniş sınırlar içinde kalmaya özen gösterilmektedir. Sözü edilen bu tartışmaların bir bölümü ve de Neojen ve Kuvaterner dönemlerinin başlıca jeolojik olaylarının yaşları konusundaki tartışmalar için okuyucular Erol ve Çetin (1995) e başvurabilirler.

Ele alınan bölgede heyelanlar açısından özel önem taşıyan Tersiyer çökelleri Oligosen yaşta kilitaşlarının egemen olduğu bir istifdir. Bu istif içinde yer yer sıkca yinelenen siltli katmanlar, çok sayıda felsik tuf düzeyi, ve ince kömür katmanları da yer almaktadır. Gürpınar Formasyonu adı ile bilinen bu istifin alt kesimlerinde bazı bölgelerde varlı yapı gelişmiştir. Bol balık fosili içerdiği için 'Balıklı Seri' veya nemini yitirdiğinde ince levhalar şeklinde ayrılabilirdiği için 'Karton Seri' adları ile anılan bu birim, büyük olasılıkla kırsal donan, durgun tatlısu ortamında çökelmiş yıllık kil ve killi silt lamina çiftlerinin ardalanmalarından oluşmuştur. Bu birimin yanıl ve düşey olarak geçiş gösterdiği geniş yayımlı killi istif ise ince, orta katmanlı olup Gürpınar Formasyonu'nun ana birimidir.

Miyosen döneminde bölgede akarsu çökelleri depolanmıştır. Çakıl, kum ve siltten oluşan bu çökeller mevsimsel, yüksek enerjili akarsulara aittir. Trakya'nın kuzey kesiminde yer almayan ofiyolitik kayalara ait çakılları yer, yer bol olarak biriktirmiş olan, gerek çakıl oturma yönlerine, gerekse çapraz



Şekil 1. Büyükçekmece ile Küçükçekmece gölleri arasındaki bölgenin etkin heyelanlı kesimleri (siyah alanlar)

katmanların geometrilerine göre kuzeye yönelmiş olduğu anlaşılan bu akarsular günümüzde Marmara çukurluğunu oluşturan bölgeden Karadeniz'e doğru akmışlardır. Bu akarsu çökelleri İstanbul çevresinde 'Çukurçeşme Formasyonu' olarak bilinmektedir. Çukurçeşme Formasyonu'nun üzerine, bir plaj kumu düzeyi ile başlayan yeşil kil, beyaz marn, ve killi kum düzeylerinden oluşan acısu-göl ortamına ait bir çökel istifi gelmektedir. İnceleme konusu bölgede bu genç havzanın kuzey kıyısı yer almakta, havza alanı Marmara çukurluğuna doğru genişleyerek devam etmektedir. Bu istifin karada yüzeyleyen en üst kesimlerinde çok yaygın olmak üzere, marn-kil istifi içinde yer yer kireçtaşları gelişmiştir. Mactra fosili bakımından yer yer çok zengin olan bu kireçtaşları 'Bakırköy Kireçtaşı' olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu acısu-göl istifinin Erken Pliyosen dönemine ait olduğu, genellikle, kabul edilmektedir.

Kuvaterner'de bölgede aşınma etkin olmuş, ancak Tirenien katına ait olduğu düşünülen, bol ostrea edulis fosilli denizel bir seki çok ufak bir alanda, 25m dolayındaki yükseltide korunmuştur. Kuvaterner'de buzul dönemlerinde okyanuslardaki deniz düzeyinin -130m dolayına kadar varan alçalmalarına bağlı olarak Marmara denizinde de su düzeyi bazı araştırmacılara göre (Stanley ve Blanpied, 1980; Smith vd, 1995) 100 metre dolayında, yazarın gömülü vadi alüvyonlarında yapılmış çeşitli sondajların verilerinden elde etmiş olduğu akarsu yatak eğimlerine ve gerek İstanbul, gerekse Çanakkale boğazlarındaki derin aşınım çukurlarının konumlarına bakılırsa en az 110m alçalmış ve bu denize akan akarsular bu alçak deniz düzeyi dönemlerinde hızla derine gömülmüşler, derin vadiler oluşturmuşlardır. Deniz düzeyinin yükselmesi ile bu vadiler çökeller ile boğulmuştur. Bu boğulmanın boyutları büyük olmuş; örneğin, Büyükçekmece gölünün kuzey kıyısında 45m, gölün denize yakın kesimlerinde 100 metreden kalın çökel birikmiştir. Vadileri boğan bu çökellerin kalın bir bölümü halic çamurları, üst birkaç metrelik kesimleri ise akarsu çökelleridir.

3. BÖLGENİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ.

Şekil 1 de görüleceği üzere denize bakan yamaçların ve vadi yamaçlarının ortalama 10° dolayındaki eğimlerine karşın vadiler arasındaki yüksek düzlükler çok düşük eğimlidir. Bölgesel eğim güneydoğuya doğrudur ve düşüktür. Aslında, Pliyosen çökellerinin bölgesel eğimleri ile uyumlu gözüktüğü de, bu çökelleri kesmiş olan kabaca kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu eğim atımlı fayların morfolojik ifadelerinin silinmiş olması, söz konusu düzlüğün büyük ölçüde aşınım kökenli olduğunu göstermektedir.

Dikçe eğimli yamaçlarına karşın, gerek Karasu, gerekse Sazlıdere vadilerinin geniş taban düzlükleri vardır. Büyükçekmece ve Küçükçekmece gölleri bu düzlüklerin denize komşu kesimlerinde yer almaktadır. Her iki göl de denizden birer kıyı oku ile ayrılmıştır.

Denize bakan yamaçlarda ve vadi yamaçlarında pek çok yerde belirgin heyelan morfolojisi vardır. Heyelanların topuk bölgeleri sınırlı sayıda yerde korunmuştur; ancak, heyelanların taç bölgelerinin diklikleri çoğunlukla kolaylıkla izlenebilmektedir. Belirgin heyelanların yer aldığı bölgeler Şekil 1 üzerinde işaretlenmiştir. Yamaçlarda, bu bölgelerin dışında kalan bazı kesimlerde de, kayma kökenli yamaç erozyonunu çağrıştıran yayvan tümsekler ve oluklar dikkati çekmektedir. Söz konusu bu yüzey şekillerinin litolojik farklılıkları yansıtma olasılığı, kayaç yüzeylemesinin bulunmadığı yerlerde elenememiştir ve bu durumdaki kesimler heyelanlı bölge olarak gösterilmemiştir.

Deniz kenarında yer alıp günümüzde etkin olan heyelanların topukları deniz tabanında çıkıntılar yapmakta, bunların bazıları su dışına çıkmaktadır. Büyükçekmece koyunun deniz tabanı da, özellikle koyun güneydoğu kesiminde, heyelan kütlesi yüzeyi olarak yorumlanmaya elverişli özellikler göstermektedir.

4. BÖLGEDEKİ HEYELANLARIN NEDENLERİ

Bölgenin heyelanları, Küçükçekmece koyu ile Haramidere arasındaki deniz kıyısındaki, Pliyosen'in killi istifi içinde gelişmiş olan iki ufak heyelan dışında, Gürpınar Formasyonu'nun killi istifi veya varlı birim içinde yer almaktadır.

Ele alınan heyelanlar incelendiğinde bunların yamaç eğimini artırıcı günümüzdeki girişimler sonucu yeniden etkinlik kazanan eski heyelanlar oldukları görülmektedir. İksel heyelanların günümüzdekinden farklı koşullarda gelişmiş oldukları anlaşılmaktadır. Yakın jeolojik geçmişin yeterli sayıda ve güvenilir veri ile belirlenebilmiş olan bazı özellikleri geçmişte bu bölgede büyük heyelanların yaygın olarak gelişmesine yol açan koşulların anlaşılmasına olanak vermektedir. Bölgenin, heyelanları ilgilendiren yönleri ile, yakın jeolojik tarihçesi aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Marmara çöküntüsünün kabaca Pliyosen başlarında hızlı bir şekilde oluşmaya başlaması ile daha önce Karadeniz'e doğru gelişmiş olan akaçlama ağı Marmara'ya yönelmiştir. Kapmalar ile gelişen bu yeni ağ, bölgenin sıkıştırma kuvvetleri altında olduğu önceki tektonik dönemde gelişmiş olan, kabaca kuzeybatı-güneydoğu ve kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu akaçlama ağını izlemiş; ancak, peneplen aşamasına ulaşmak üzere olan eski akaçlama ağının yeni ağ tarafından kullanılan yayvan vadileri gençleşerek derinleşmeye başlamıştır. Pleyistosen'de etkili olmaya başlayan buzul dönemlerinde okyanuslardaki deniz düzeyi alçalmaları sonucunda Çanakkale ve İstanbul boğazlarındaki eşikler nedeniyle Marmara çukurluğu bu denizlerden su alamaz olmuş, yağışların da azalması sonucunda Marmara çukurluğundaki su düzeyi, bazı dönemlerde, günümüdekine göre en az 110m, büyük bir olasılık ile çok daha fazla, alçalmıştır. Bu düşük su düzeyi, bu çukurluğa akan akarsuların yataklarını çok hızlı olarak derine kazmasına, dik yamaçlı, derin, ve yüksek talveg eğimine sahip vadilerin oluşmasına yol açmıştır. Deniz düzeyinin yükselmesi ile bu vadilerin ağıza yakın kesimleri haliç özelliği kazanmış, bu kesimlerde kalın haliç çökelleri birikmiştir. Marmara denizi havzasında günümüzde bu özelliği ile korunmuş tek akarsu vadisi Alibeyköy ve Kağıthane derelerinin ağız kesiminde yer alan Haliç'dir. Daha küçük boyuttaki akarsuların eski vadileri haliç çökelleri ile tümüyle doldurulmuş, haliç çökellerinin üstü birkaç metrelik alüvyon ile örtülmüştür. Büyükçekmece gölünün yer aldığı Karasu vadisi ile Küçükçekmece gölünün yer aldığı Sazlıdere vadisi de yukarıda açıklanan süreci geçirmişler; ancak, bu vadiler, yamaçlarını oluşturan kayalar dik eğimlerde duraylı olmadığı için, çok genişleşmişlerdir. Büyükçekmece koyu söz konusu bu geniş vadinin günümüzde Marmara denizi altında kalmış olan kesimidir. Benzer şekilde, Büyükçekmece ve Küçükçekmece gölleri, yayvan vadilerin önce deniz altında kalarak haliç özelliği kazanmaları, bu haliçlerin hızla dolarak sığlaşmaları, ve bu sığ dolgu üzerinde gelişen kıyı okları ile vadileri dolduran sığ su kütlelerinin denizden ayrılması sonucunda meydana gelmiştir. Vadilerin derine kazma aşamasındaki genişlemeleri, vadiler derinleştikçe dikleşen vadi yamaçlarında meydana gelen kütle kaymalarına bağlıdır. İstanbul'un Paleozoyik arazisi içinde açılmış olan Haliç'de dik vadi yamaçları duraylı olduğu için fazla vadi genişlemesinin meydana gelmemiş olmasına karşın Gürpınar Formasyonu'nun killi dizisinin yer aldığı Büyükçekmece ve Küçükçekmece vadileri büyük genişliklere ulaşmışlardır. Özellikle Büyükçekmece gölünün ve koyunun doğu yamaçlarında, Büyükçekmece koyu ile Haramidere arasındaki kesimin denize bakan yamaçlarında ve Küçükçekmece gölünün batı yamaçlarında Gürpınar killeri ve yer yer de varlı birim yer almakta olduğundan deniz düzeyinin düşük olduğu dönemlerde, sayılan bu yamaçlarda erozyonun büyük ölçüde kütle kayması ile gelişmiş olması gerekir. Deniz düzeyinin yükselme dönemlerinde ve son buzul çağını izleyen süre içinde heyelanlar genel olarak duraylılık kazanmışlar ve bu heyelanların bir bölümünün yamaçlardaki morfolojik ifadesi silinmiştir. Günümüzde belirgin olan heyelanların (Şekil 1) tümünün ortak özelliği taç bölgelerinin Çukurçeşme çakıl-kum dizisinin oluşturduğu düzlemlere dayanmış olmasıdır. İri taneli ve de geçirimli olduğu için erozyona oldukça dayanıklı olan bu birimin altında yer alan, geçirimsiz ve de ince taneli olduğu için hızla aşınan Gürpınar Formasyonu ile kaplı yamaçlarda, yamaç eğiminin giderek dikleşmesi kaçınılmaz olmakta ve bu eğim artışı heyelanları canlı tutmaktadır. Çukurçeşme Formasyonu'nun sutaşır özelliği de bu heyelanların taç bölgelerini su ile besleyerek heyelan oluşmasını körükleyen bir etki yapmaktadır.

5. BÖLGEDEKİ HEYELANLARIN ÖZELLİKLERİ

Bölgede çeşitli yerlerde sondajlar, geniş çaplı kuyular ve uzun, geniş ve derin hendekler aracılığı ile ayrıntılı olarak incelenmiş olan heyelanlarda kayma kütesinin kalınlığının çok ender durumlar dışında 15 metreyi geçmediği, kaymaların ince uzun diller, yaygılar şeklinde olduğu gözlenmiştir. Bu düzlemsel kayma yüzeyinin katman düzlemlerini, olabildiğince uzun mesafeler boyunca, kullanmış olduğu görülmektedir. Bu tür uzun düzlemsel kayma yüzeyleri, katman ve benzeri gibi kayma direnci düşük düzlemlerin yamaç yüzeyine koşut olduğu durumlar dışında, zaman içinde geriye doğru gelişme gösteren heyelanlarda da meydana gelmektedir. İnceleme konumuzu oluşturan heyelanlar da bu guruba dahildir. Söz konusu kayma düzlemleri 7° ile 10° arasında değişen eğimlere sahiptir. Araştırma

hendeklerinde, otoyol ve binalar için yapılmış olan derin kazılarda görüldüğü üzere kayma düzlemleri kil düzeyleri içinde gelişmiş olup, ortalama 40cm kalınlığındaki bir dilimde kil yoğunlaşmış ve çok sık parlak yüzeycikler oluşmuştur. Kayma düzlemlerinin kazılarda yüzeyleyen veya sondajlarda kesilen kesimlerinde, silt, tuf veya Çukurçeşme Formasyonu'nun kaba kırıntılılarından oluşan mercelere rastlanmaktadır. Heyelan riski bakımından özel önem taşıyan bu göreceli geçirimli kütleler ilksel olarak ait oldukları birimlerden ayrılarak kayma düzlemleri boyunca kamalanarak, yer yer bu düzleme bitişik bir konuma gelmişlerdir. Bu mercelerdeki gözenek suyunun yüksek basınç altında olduğu, kazılarda açığa çıktıklarında bu mercelerden kısa süreli güçlü su boşalmalarının meydana gelmekte olmasından anlaşılmaktadır.

Varvli birimin doğal nem içeriği %30-37, Gürpınar Formasyonu'nun aşırı-pekişmiş killerin doğal nem içeriği ise %20-30 dur. Her iki kilin de plastik limitleri ortalama %30, likit limitleri ortalama %70, ve dolayısıyla plastiklik endeksleri %40 kabul edilebilir. Bu killerde yapılan sondajlarda elde edilen standart penetrasyon deneylerinin sonuçları ve örselenmemiş örnekler üzerinde laboratuvarında yapılan deneylerin verileri bu killerin olağan yapılar bakımından yeterli taşıma gücüne sahip olduklarını göstermektedir. Bu killer için, genel bir değer olarak, 3 kg/cm² lik bir güvenli taşıma kapasitesinin varlığının kabul edilebileceği anlaşılmaktadır.

Gürpınar Formasyonu'nun aşırı-pekişmiş killeri için 30° lik, varvli killer için ise 28° lik içsel sürtünme açısı bulguları genel değerler olarak kabul edilebilir. Yeraltı suyunun yüksek olduğu durumlarda killer arasındaki siltli düzeyler birimin denge açısını düşürmekte, ancak, genel bir gözlem olarak, 16° nin altındaki yamaç eğimleri her durumda duraylı kalmaktadır. Fakat bu gözlem bu birimlerin daha önce bir yamaç kütle hareketine maruz kalmamış oldukları durumlar için geçerlidir. Zira eski kayma düzlemleri bulundurmaları durumunda bu birimlerde 8° dolayındaki yamaçların bile güncel heyelanlara katıldıkları gözlenmektedir. Bu özellik, önceden var olan kayma düzlemlerinde kil minerallerinin kayma düzlemine koşturarak yönelmiş olmalarına ve kayma zonunun çok kırıklı bir doku kazanmış olmasına bağlı olarak gelişmektedir. Mekanik özelliklerini büyük ölçüde etkileyen bu 'artık parametreleri', özellikle içsel sürtünme açısının 12° dolayına düşmesi, zeminlerin heyelana yatkınlığı bakımından özel önem taşımaktadır.

6. HEYELANLI KESİMLERDEKİ ARAZİLERİN KULLANIMINA İLİŞKİN ÖNERİLER

Gerek Gürpınar Formasyonu'nun kalın killi dizisinin, gerekse bu formasyonun bir üyesi olarak kabul edilebilecek olan varvli birimin olağan yapılar için yeterli olan taşıma gücüne sahip oldukları, bu yönleri ile yapılaşma açısından sakıncalı bir özellik taşımadıkları, genel olarak söylenebilir. Bu birimlerin daha önce heyelana karışmamış kesimlerinde, uzun süre korumasız bırakmamak ve kazarken fazla örselememek koşulları ile 15° den düşük yamaçların oluşturulabileceği de anlaşılmaktadır. Ancak buradaki 'daha önce heyelanlara karışmamış olma' koşulu özel önem taşımaktadır. Zira bu yazının ön bölümlerinde de belirtilmiş olduğu üzere eski heyelanların önemli bir bölümünün morfolojik ifadeleri silinmiş olduğundan, ayrıntılı bir araştırma yapmadan bir bölgenin eski heyelan düzlemleri bulundurup bulundurmadığı konusunda karar vermemek gerekir. Kullanılması düşünülen arazi kesiminde eski kayma düzlemlerinin var olması durumunda 'artık' mekanik parametreler göz önünde tutulmalı, 7-8° dolayında eğime sahip bir yamacın bile heyelan bakımından duraysız olabileceği kabul edilmelidir. Eski kayma düzlemlerinin varlığı yalnız, bu düzlemler boyunca var olan düşük kayma direncinden doğan sakıncalar ile sınırlı kalmamakta, bu eski kayma düzlemlerinin, içerdikleri çok kırıklı yapı nedeniyle yer yer geçirimli bir kanal oluşturarak yeraltı suyunun sızmasına ve yüksek gözenek basıncının oluşmasına yol açmaları da heyelanları tetikleyen çok önemli bir etken oluşturmaktadır. Söz konusu yüksek gözenek basıncı hidrostatik basıncı aşabilmekte, su-taşır özellikteki birimlerin kayma düzlemine yerleşmiş dilimlerinde, ufak yer değiştirmeler, veya su tablasının yükselmesi, veya araziye yapılan yükleme ile artan düşey yükler nedeniyle litostatik niteliğe ulaşan gözenek basınçları meydana gelebilmektedir. Eski kayma düzlemlerinin bu özellikleri, özellikle de yüksek gözenek basıncı yaratma yönündeki özelliği, bu tür düzlemleri bulunduran arazilerde heyelan tehlikesini, daha doğrusu var olan eski heyelanların yeniden etkinlik kazanma olasılığını, çok artırmaktadır.

İnceleme konumuzu oluşturan bölge gibi eski kayma düzlemlerini bulunduran arazilerde arazi kullanım planlaması yapmak için öncelikle eski kayma düzlemlerinin konumlarını aydınlatmak gerekmektedir.

Bu nitelikteki arazilerin, yerel su tablasını sürekli olarak söz konusu kayma düzlemlerinin altında tutacak akaçlama önlemleri almak koşulu ile, yerleşim için kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Gerekli akaçlama önlemlerini, araziyi örselemeden açılmaları ve yeraltı su düzeyini belirli bir derinlikte tutacak pompalama önlemlerini almak koşulu ile 1.5-2 m çapında kuyular ile sağlamak kuramsal olarak olanaklıdır. Ancak bu sistemin uygulanmış olduğu çok sayıda örnek incelendiğinde, yukarıda belirtilmiş olan koşullar yerine getirilememiş olduğu için, uygulama sonuçlarının istenilen düzeyde olmadığı görülmektedir. Buna karşın harçsız taş dolgulu, dar galerilerden meydana gelen bir akaçlama ağının kesin ve kalıcı sonuç vermesi beklenir. Bu yönde olumlu örnekler vardır. Galerilerin tümünün veya bir bölümünün işlevinin yatay sondajlar ile karşılanması da olanaklıdır. Büyük çaplı deliciler kullanarak, birbiri üzerine önemli ölçüde aşan delikler açarak, onları geçirimli gereç ile doldurmak ve bu şekilde arazide geçirimli duvarlar meydana getirmek de, bu işlemlerin gereken özen ile yapılması koşulu ile, akaçlama sorununa kesin çözüm sağlayabilmektedir. Akaçlama sorununu kesin olarak çözmüş olmak bu nitelikteki arazilerin yapılaşmada kullanılabilmesi için önkoşuldur. Bu önkoşul, Marmara çukurluğunun etkin deprem faylarından birisine, bölgenin 10km gibi çok yakın bir uzaklıkta bulunması ile, daha da önem kazanmaktadır. Çünkü yağışlı dönemde zeminin su ile doygun olması durumunda, yüksek gözenek basıncı altındaki kayma düzlemlerinde, deprem hareketlerinin yol açacağı gözenek basıncını ani olarak daha da artırıcı etki çok düşük yamaç eğimlerini bile duraysız duruma getirebilir. Etkin bir akaçlama sağlamış olma koşulunun yerine getirilmesi durumunda dikkat edilmesi gereken diğer konular arasında öncelik taşıyanlar arazinin bilinçsiz olarak yüklenmemesi ve yapıların temel sistemlerinin tek parça olarak çalışacak şekilde uygulanmış olmasıdır. Yapıların temel sistemlerinde kazık uygulamasının, yukarıda önerilen akaçlama önlemlerinin alınmamış olması durumunda, pahalı ve bilinçsiz, ve de heyelana karşı başarı şansı düşük olan bir uygulama olduğu unutulmamalıdır. Etkili akaçlamanın sağlanmış olması durumunda bile, yapılarda, örselenmiş zeminde meydana gelebilecek ufak boyuttaki hareketler sonucunda yapıların deformasyona uğramadan bir kaç santimetre ötelenebilecekleri bir temel sisteminin yeğlenmesi gerçekçi bir yaklaşım olmaktadır.

Yirmi yıl kadar önce, yapılaşma baskısı altına girmeden önce, yapılacak bir planlama ve tutarlı bir uygulama ile bölge bilinçli ve daha ekonomik bir arazi kullanımına kavuşabilirdi. Ancak gerçekçi olmak gerekirse günümüzde bu şansın tümüyle yitirilmiş olduğunu kabullenmek gerekir. Çözüm, etkin heyelan kesimlerinde bile, örnekleri bölgede çok miktarda bulunduğu için, "yapılaşmaya izin vermek, ancak gerekli önlemlerin alınmış olup olmadığını etkin bir şekilde izlemek" olarak gözükmektedir. Yeniden etkinlik kazanabilecek heyelanlı arazi üzerinde bulunan, ancak günümüzde aldatıcı bir duraylılık sergileyen yapılaşma alanlarında da etkin akaçlama önlemlerinin uygulanması hedeflenmelidir.

Öte yandan, Haramidere ile Büyükçekmece koyu arasında yer alan yüksek düzlüklerin çok büyük bir bölümü hiçbir heyelan tehlikesi taşımamakta, yapılar için elverişli zemin özelliklerine sahip bulunmaktadır. Çok katlı yapıların çoğunlukta olduğu bu kesimlerde yaşayanların heyelan tehlikesi söylentilerinden tedirgin oldukları gözlenmektedir. Halkın bu konuda uzmanlar tarafından bilgilendirilmesi, bölgenin heyelan tehlikesi taşıyan ve taşımayan kesimlerini gösteren büyük ölçekli haritalarının hazırlanarak ilgi duyanların erişimine sunulması önem taşıyan bir konu niteliği kazanmıştır.

7. KAYNAKLAR

Erol, O. ve Çetin, O., 1995. Marmara Denizi'nin Geç Miyosen-Holosen'deki evrimi. İzmit körfezi Kuvaterner istifi, E. Meriç (ed.), Kocaeli Valiliği Çevre Koruma Vakfı, İzmit, 313-341.

Smith, A. D., Taymaz, T., Oktay, F., Yüce, H., Alpar, B., Başaran, H., Jackson, J.A., Kara, S. and Şimşek, M., 1995. High-resolution seismic profiling in the Sea of Marmara (northwest Turkey): Late Quaternary sedimentation and sea-level changes. GSA Bulletin, 107, 923-936.

Stanley, D.J. and Blanpied, C., 1980. Late Quaternary water exchange between the Eastern Mediterranean and the Black Sea. Nature, 285, 537-541.

YAPI TAŞLARINDA MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI ve BİR SINIFLAMA ÖNERİSİ

ENGINEERING GEOLOGY STUDIES OF BUILDING STONES and A CLASSIFICATION SCHEME

Mahmut MUTLUTÜRK *S.D.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü - Isparta*

ÖZET

Yapı taşı, doğal yada boyutlandırılmış şekli ile her türlü mühendislik işinde kullanılan bir doğal yapı malzemesidir. Yapı taşının kullanıldığı mühendislik işine uygun mühendislik özelliklere sahip olması istenir. Ancak uygun mühendislik özelliklerin yanında ekonomik ve teknolojik yönden ocak üretimine de uygun olmalıdır. Buda, mühendislik jeolojisi çalışmalarının sadece taşların mühendislik özelliklerinin belirlendiği çalışmalar olmadığını, ocak üretimine ve verimine ait mühendislik özelliklerinde belirlenmesi gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışmada, yapı taşları uygulamadaki kullanım alanlarına göre değişik bir bakış açısı ile sınıflandırılmış ve yapılan sınıflamaya bağlı olarak ekonomik öneme sahip yapı taşlarında hangi tür mühendislik jeolojisi çalışmalarının yapılması gerektiği uygulamadan örneklerle anlatılmıştır.

ABSTRACT

Buildings stone is a natural building material which can be used in engineering works with its natural or shaped conditions. Building stone should have some engineering properties depending on the place to be used. However, it should not only have proper engineering properties but also be convenient for quarrying in terms of economical and technological aspects. This means that engineering geology studies are not used only in the determination of the engineering properties of a quarry as well as its productivity.

In this study, according to their use, building stones were classified with a different point of view. In the light of this classification, it was illustrated that what kind of engineering geology studies should be carried out in building stones of economical values.

1. GİRİŞ

Yakın bir geçmişe kadar, yapıtaşı denildiğinde, jeolojik anlamda mermerler, baraj-yol dolguları, sanat yapıları ve diğer dolgularda kullanılan kırılmış veya boyutlandırılmış taşlar anlaşılmaktaydı. Daha sonraları, kesilebilen ve parlatılabilen her türlü taşın mermer olarak adlandırılması ile kullanım alanı biraz daha genişlemiştir. Günümüzde ise, yapı taşı, çevre düzenleme amaçlı boyutlandırılmış ve doğal şekli ile her türlü taşın mimaride kullanılabileceğinin anlaşılması ile çok geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

Yapı taşının kullanım alanının genişlemesi ile birlikte, yapı taşlarında yapılması gereken mühendislik jeolojisi çalışmalarının neler olması gerektiği tartışma konusudur. Bunun temel nedeni, kullanım alanına bağlı hangi mühendislik çalışmalarının yapılması gerektiğidir.

Bu çalışmada, yapı taşlarının malzeme bilim dalı içindeki yeri tanımlanmış, yapı taşlarının kullanım alanları anlatılarak yeni bir bakış açısı ile sınıflandırması yapılmış ve bu sınıflandırma doğrultusunda yapı taşlarında hangi mühendislik çalışmalar yapılması gerektiği uygulama örnekleri ile birlikte anlatılmıştır.

2. YAPI TAŞI

Yapı taşı kavramı kullanıldığı yere bağlı olarak değişik sınıflamalarda yer alır. Aslında bütün sınıflamalarda farklı özelliklere sahipmiş gibi görünen yapı taşı bir malzemedir. Malzeme ise , uygulamada kullanılan faydalı her türlü cisme verilen addır. Yapı taşı tanımında malzeme kavramı içerisinde yapmamız gereklidir. Şekil 1’de çok geniş bir kapsama sahip olan, doğal ve yapay her türlü cismi kapsayan malzeme sınıflamasında yapı taşının yerini gösteren bir bölüm verilmiştir.



Şekil 1. Malzeme sınıflaması içerisinde yapı taşının yeri

Bu şekilden yararlanarak yapı taşının tanımını şöyle yapabiliriz: Yapı taşı, doğal yollarla oluşmuş, ekonomik ve teknolojik yönden yapılarda kullanmaya elverişli bir doğal yapı malzemesidir. Bu tanımdaki doğal kelimesi, yapı taşının magmatik, metamorfik yada sedimanter yollarla oluşmuş jeolojik bir birim olduğunu, ekonomik kelimesi, taşın işletilmesinin ekonomik olup olmadığını, teknolojik kelimesi ise, istenilen özellikte taşın ocaktan çıkarılıp çıkarılmayacağını, tesiste işletilip işletilemeyeceğini ve kullanım yerine bağlı istenilen mühendislik özelliklere sahip olup olmadığını belirtir. Bu tanımdan şu sonuçları çıkarabiliriz,

- Jeolojik anlamda taş olarak tanımlanabilen her türlü malzeme yapı taşı olarak kullanılabilir,
- Yapı taşı işletilmesi ekonomik olmalıdır,
- Yapı taşı kullanım yerine bağlı istenilen özelliklere sahip olmalıdır

3. YAPI TAŞLARININ KULLANIM ALANLARI VE SINIFLAMASI

Yapı taşları üç alanda kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi ve miktar olarak en çok kullanıldığı alan dolgulardır. Barajlarda, gövde dolgusu ve rip rap olarak, yollarda, limanlarda, dalgakıranlarda ve her türlü mühendislik yapılarında gerekli durumlarda temel dolgusu olarak kullanılmaktadır. İkinci kullanım alanı ise kırmataştır. Yollarda alt temel, temel ve üst yapılarında, demiryollarında balast, betonda agrega ve her türlü mühendislik işinde zemin özelliklerinin iyileştirilmesi için stabilize malzemesi olarak kullanılır. Üçüncü ve son kullanım alanı miktar olarak az ancak ekonomik değer olarak büyük bölümü oluşturan mimari kullanım alanıdır. Yapı taşları mimaride, iç ve dış mekânlarda, kaplama ve döşemede mermer olarak, bina duvarı, istinat duvarı, yol kapama, şev koruma-düzenlemede ebatlandırılmış taş olarak ve son zamanlarda turistik tesis ve yeşil alanlarda, çevre düzenlemede dekoratif olarak doğal hali ile kullanılmaktadır.

Bu kullanım alanlarını saydığımız yapı taşlarının araştırılması kullanım alanından bağımsız yürütülmektedir. Örneğin, dolguda kullanılabilen bir kireçtaşı, kırmataş olarak betonda ayrıca ebatlandırılarak mimaride kullanılabilir. Bu nedenle yapı taşı yapılan sınıflamalarda farklı konumlarda yer almaktadır. Bu çalışmada, yapı taşlarının kullanım değil ocaktan elde edilmiş şekline göre sınıflandırılması gerektiği vurgulanmış ve çizelge 1.’deki sınıflama oluşturulmuştur. Sınıflama incelendiğinde, yapı taşlarının kullanım yeri değil ocaktan elde edilmiş şeklinin, yapı taşının aranması ve değerlendirilmesindeki mühendislik jeolojisi çalışmalarında bir kolaylık sağlayacağı anlaşılmaktadır.

Çizelge 1. Yapı taşı sınıflaması

YAPI TAŞI GRUP ADI	YAPI TAŞININ OCAKTAN ELDE EDİLME YÖNTEMİ	HAM TAŞ ÜZERİNDE YAPILAN İŞLEM	UYGULAMADA İSTENİLEN TEMEL ÖZELLİKLER	YAPI TAŞI KULLANIM ALANI
BLOK TAŞ	Patlatma	İstenilen Ebatlarda Seçme	Uzun - Yassı Olmayan Her Şekil ve Uygun Fizikomekanik Özellik	Her Türü Mühendislik İşinde Dolgu
KIRMATAŞ	Patlatma	Kırma-Elemente	Uzun - Yassı Olmayan Her Şekil ve Uygun Fizikomekanik Özellik	Stabilize, Balast, Mıcır
MERMER	Uygun Teknolojik Yöntem	Uygun Yöntemle Ebatlandırma	Dikdörtgen Prizmatik Şekil, Renk ve Uygun Fizikomekanik Özellik	Mermer
KESME TAŞ	Uygun Teknolojik Yöntem	El Aletleri İle Ebatlandırma	El Aletleri İle Düzgün Geometrik Şekil Alma ve Renk	Her Türü Duvar Yapımı, Yol ve Dış Cephe Kaplaması
DOĞAL TAŞ	Doğal Süreksizlikleri Boyunca Ayırma, Serbest Halde Bulunanlar ve Dere Çakılları	Seçme	Renk	Yol-Duvar Kaplaması ve Çevre Düzenleme

4. YAPI TAŞLARININ EKONOMİK ÖNEMİ

Yapı taşlarında yapılan mühendislik jeolojisi çalışmalarının ilk aşaması o yapı taşının ekonomik önemini belirlemesidir. Yapı taşını kullanılacağı yer ve türü ne olursa olsun öncelikle ekonomik önemi ortaya konmalıdır. Yapı taşlarının ekonomik önemi çizelge 2'de verilmiştir. Bu çizelge sadece yapı taşlarını değil doğal yapı malzemelerinin de ekonomik önemini belirlemektedir. Çizelgede ekonomik önemi belirleyen dokuz madde verilmiştir. Aslında ekonomik önemi belirleyen ilk sekiz maddedir, dokuzuncu madde ise ilk sekizinin olumlu sonuç vermesinden sonra değerlendirmeye alınmalıdır.

Çizelge 2. Yapı taşlarının ekonomik önemi (Bu çizelge DSİ, Karayolları gibi kuruluşlar tarafından kullanılmaktadır)

1	MESAFE	Taşın kullanılacağı yer ile ocak arasındaki uzaklık
2	YOL	Yolun olup olmadığı, varsa türü
3	MİKTAR	Ekonomik ve teknik olarak ocaktan alınabilecek taş miktarı
4	ŞEKİL	İşletme tesisleri için ocak yerinde yeterli alan olup olmadığı
5	KALINLIK	İşletilebilecek taşın düşünülen ocak yerindeki kalınlığı
6	ÖRTÜ	Bitkisel toprak yada varsa ayrışma kalınlığı
7	SU	Yüzey ve yeraltı suyu durumu
8	KAMULAŞTIRMA	Seçilen ocak yerinin tarım, orman yada yerleşim birimleri ile olan yakınlığı
9	KALİTE	Ocaktaki taşın mühendislik özelliklerinin kullanılacağı yere uygun olup olmadığı (Kalite diğer özelliklerin olumlu çıkmasından sonra değerlendirilmelidir)

5. YAPI TAŞLARINDA YAPILAN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI

Ekonomik yönden uygunluğu belirlenmiş olan bir yapı taşının teknolojik uygunluğunun belirlenmesi aşamasına geçilir. Teknolojik uygunluk yapı taşının kullanılacağı yer ile ilgili istenilen mühendislik özelliklere sahip olup olmadığı ve daha önemlisi istenilen özellikteki taşın istenilen ebatlarda ocaktan çıkarılıp çıkarılmayacağıdır. Kısaca mühendislik jeolojisi çalışmaları, ocaktan çıkarılabilecek yapı taşının boyutları ve yapı taşının kullanıma bağlı mühendislik özelliklerinin belirlenmesi şeklindedir.

5.1 Blok Taş

Bu grupta her türlü mühendislik işinde dolgu olarak kullanılan taşlar vardır. En yaygın kullanım alanı baraj dolguları ve rip rap şeklindedir. Liman ve dalgakıranlarda ve yapı temellerinde dolgu olarak kullanılır. Dolguda kullanılacak malzemenin şekli konusunda bir sınırlama yoktur, ancak uzun ve yassı olmaları istenmez, boyutları ise kullanılacak işin projesinde belirtilir. Bu nedenle blok taşların işletmesinde diğerlerine göre ekonomik bir işletme yöntemi olan patlatma kullanılır. Blok taş çıkarılacak ocaklarda, ortamın masif-kalın tabakalı, jeolojik olarak homojen, az ayrışmış, karstik boşluk ve karstik

dolgular içermeyen bir yapıda olması istenir. Ocak yerindeki tabaka, eklem ve fay gibi yapısal unsurlar haritalanmalıdır. Bunlar işletme projelerine yol gösterebileceği gibi, bazı fay zonları işletmede bazı avantajlar da sağlamaktadır. Blok taşlarda genelde istenilen mühendislik özellikler aşağıdaki gibidir(Dalyan, 1981);

- Birim hacim ağırlık
- Su emme
- Porozite
- Basınç dayanımı
- Don dayanımı
- Don sonu basınç dayanımı
- Los Angeles aşınma kaybı
- Suda aşınma kaybı
- Petrografik analiz

5.2 Kırma Taş

Kırmataş, yollarda alt temel, temel ve üst yapıda, betonda agrega olarak, balast olarak ve her türlü mühendislik işinde temel zemin özelliklerini iyileştirme amaçlı stabilize olarak kullanılır. Kırmataş ile ilgili ocak yerinde yapılan çalışmalar ve taşın üretimi blok taş ile aynıdır. Kırmataşın kullanım yeri ile ilgili istenilen mühendislik özellikleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Kullanım yeri ne olursa olsun istenilen ortak temel özellik taşın kırıldıktan sonra uzun ve yassı şekilli olmamasıdır. Ocaktan üretilen taş uygun bir tesiste kırılır, daha sonra ebatlarına göre ayrılır ve projeye göre seçilen ebat ve miktarlarda kullanılır. Yolda kullanılan kırmataşlarda aranan özellikler aşağıdaki gibidir(Umar, 1991);

- Özgül ağırlık
- Su emme
- Los Angeles aşınma kaybı
- Donma kaybı
- Cilalanma katsayısı
- Soyulma mukavemeti
- Petrografik analiz

Balast, demiryollarında ray altında kullanılan yüzey suyunu drene eden ve yük taşıyan bir malzemedir. Betonda agraga olarak kullanılan kırmataşlarda ve balastta aranan özellikler aşağıdaki gibidir(Dalyan, 1981);

- Birim hacim ağırlık
- Su emme
- Porozite
- Basınç dayanımı
- Don dayanımı
- Don sonu basınç dayanımı
- Los Angeles aşınma kaybı
- Kırılma durumu
- Yabancı maddeler
- Darbe dayanımı
- Petrografik analiz

Zemin özelliklerini iyileştirme amaçlı stabilize olarak kullanılan kırmataşlarda tane boyu dağılımı önem kazanmaktadır. Stabilize amaçlı kullanılan kırmataş bazı hallerde ortamdan suyu drene edebilmek bazı hallerde ise zayıf olan temel zeminin mukavemetini arttırmak için kullanılabilir. Bu nedenle istenilen belirgin mühendislik özellikleri yoktur, ancak açık alanlarda kullanılmayacağı, darbe ve aşınma etkilerine maruz kalmayacağı gözönüne alınırsa aşağıdaki özelliklerin belirlenmesi gereklidir;

- Birim hacim ağırlık
- Su emme
- Porozite
- Basınç dayanımı
- Yabancı maddeler
- Petrografik analiz

5.3 Mermer

Mermer yapı taşları içinde en çok araştırma yapılan bir malzemedir. Özellikle kesilip parlatılabilen her türlü taşın mermer olarak kullanılması ile birlikte önemi dahada artmıştır. Yapı taşı olarak mermerin kullanılabilmesindeki en önemli özellik rengidir. Rengini izleyen özellik ise mermerin işlenebileceği boyutlarıdır. Bu iki özelliği istenilen şekilde yerine getiremeyen bir yapı taşı mermer olarak kullanılamaz. Bu iki özelliğe sahip bir yapı taşında ise kullanım yerine bağlı fizikomekanik özellikler ve keşilme, cilalanma gibi işlenebilme özellikleri aranır. Bu nedenle bir yapı taşının mermer olarak adlandırılabilmesi için iki aşamadan geçmesi gereklidir. İlk aşamada mermer olarak işletilmesi düşünülen sahada renk haritasının yapılmasıdır. Şekil 2’de renk haritasına bir örnek verilmiştir. Renk haritasında istenilen renkteki yapıtaşının ekonomik uygunluğu belirlendikten sonra o alanda ISRM, 1978’in önerileri doğrultusunda süreksizlik analizlerine geçilir ve süreksizliklerin;

- Konum
- Aralık
- Devamlılık
- Pürüzlülük
- Kaya duvarı
- Açıklık
- Dolgu
- Su
- Eklem takımı sayısı
- Blok boyutu

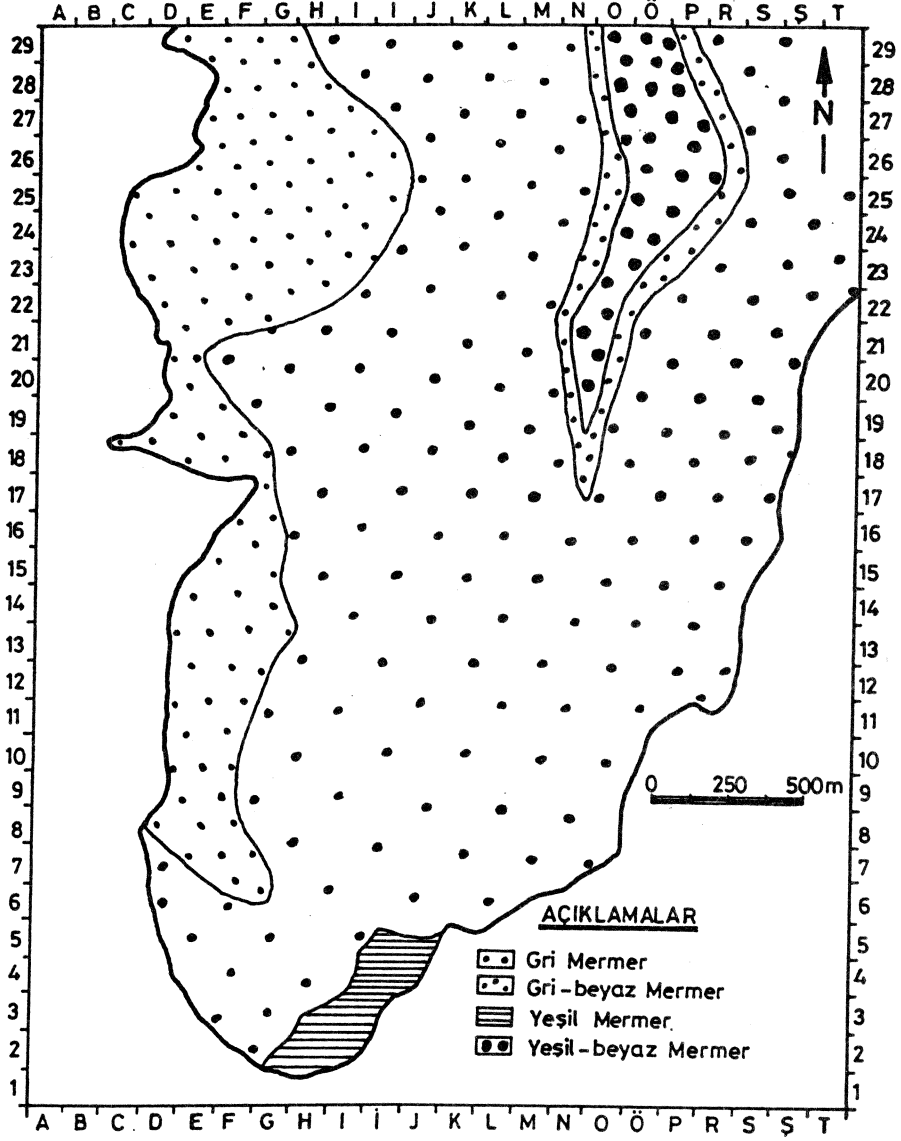
Özellikleri belirlenip bunlar istatistiksel olarak değerlendirilir ve bölgedeki hakim süreksizliklerin ortaya konur. Bu özelliklerden faydalanıp şekil 3’te verilen örnekteki gibi haritalar yapılabilir. Elde edilen verilerden yola çıkarak o bölgedeki yapıtaşının blok verip veremeyeceği, blok boyutlarının neler olabileceği araştırılabilir (Mutlutürk, 1992). İlk aşamayı tamamlayan bir yapı taşında ikinci aşamaya geçilir ve burada, öncelikle taşın kesilebilme, cilalanabilme gibi özelliklerine bakılır. Son olarak, fizikomekanik özellikler incelenir ve istenilen şartları sağlayan yapıtaşı mermer olarak tanımlanır. Mermerlerle ilgili yapılan laboratuvar deneyleri aşağıdaki gibidir (Dalyan, 1981);

- Birim hacim ağırlık
- Su emme
- Porozite
- Los Angeles aşınma
- Yüzeysel aşınma
- Basınç mukavemeti
- Dona dayanım
- Don sonrası basınç. Mukavemeti
- Eğilme dayanımı
- Darbe mukavemeti
- Petrografik analiz

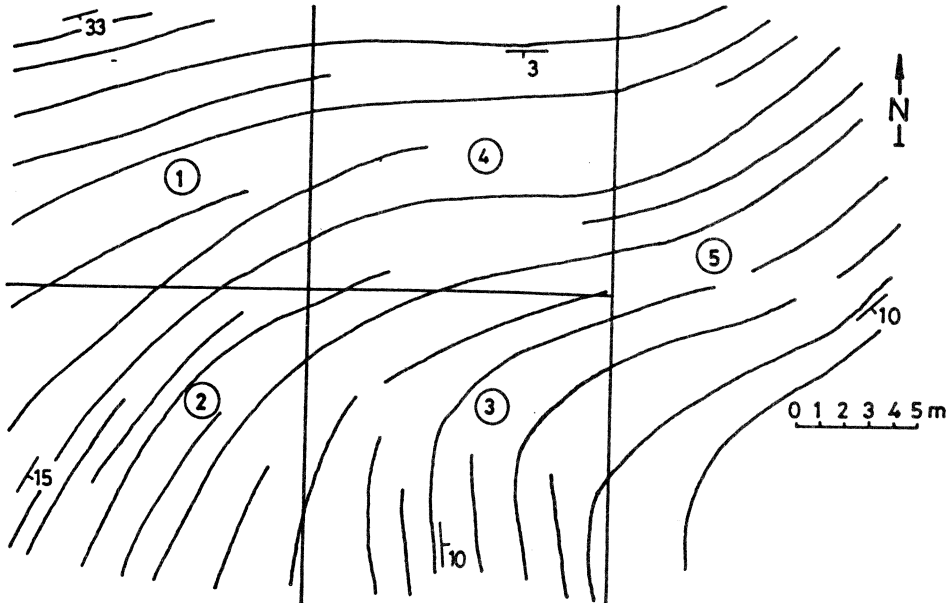
Bu deneylerin sayısını azaltmak, bazı özel deneyler ilave etmek mümkündür, ancak esas olan mermerin kullanılacağı yer ile ilgili özelliklerine bakılmasıdır. Taban döşemesinde kullanılacak bir taşın aşınma dayanımı önem kazanırken, duvar kaplamasındaki taşta önemli olmayabilir. Islak hacimlerde su emmesi yüksek taşlar tercih edilirken, başka alanlarda çok düşük olması istenebilir. Aynı şekilde, don olayının görülmediği sıcak bir iklimde kullanılan mermerde don kaybının ve don sonu basınç dayanımı deneyinin bir anlamı yoktur. Bu örnekleri daha arttırabiliriz, burada temel olan mermerin kullanılacağı yer ile ilgili özelliklerin araştırılması gerekliliğidir.

5.4 Kesme Taş

İnsanlar uzun yıllardır yakın çevrelerinde buldukları, el aletleri ile şekil verebildikleri taşları kullanarak yapılarını yapmışlardır. Bu nedenle kesme taş, yeryüzünde kullanılan en eski yapı malzemelerinden birisidir. Kesme taş, kullanıldığı yere göre bütün yüzeyleri düzgün ve geometrik şekilde el aletleri ile şekillendirilmiş taştır. Uzun yıllar parke ve bordür taşı olarak şehir yollarında kullanılan kesme taş kullanımı, günümüzde yapılaşmanın artması ile birlikte, lüks sayabileceğimiz yapılar ve şehir merkezlerinden uzakta yapılarını kendi imkanları ile yapan insanların kullandığı nostaljik bir malzeme



Şekil 2. Bir mermer sahası renk haritası (Karagüzel vd. 1993)



Şekil 3. Bir mermer sahası tabaka konum haritası(Karagüzel vd.1993)

olmuştur. Bunun yanısıra, istinat duvarı, çevre duvarı, çevre düzenleme amaçlı parke, bordür ve kaplama taşı olarak ve estetik tek katlı binaların yapımında kullanılmaktadır.

Kesme taşın en önemli özelliği rengi ve el aletleri ile düzgün şekil alabilmesidir. Patlatma yada uygun bir yöntemle ocaktan çıkarılıp, keski, çekiç, balyoz yardımı ile şekillendirilen bu taşlar, üretim sırasında testten de geçmiş olurlar, çekiç, balyoz darbelerine dayanamayanlar parçalanır ve kullanılmazlar. Aynı zamanda çok uzun yıllar kullanıldığı için kullanılan taşlar, kullanım yerleri ve kullanım şekilleri doğal olarak ayrılmıştır ve bellidir. Ankara taşı, Nevşehir taşı, Çanakkale taşı gibi bazı kesme taşlar yurt genelinde tanınmakta ve nerede, nasıl kullanılabileceği bilinmektedir.

Kesme taş el aletleri ile şekil alabilen uygun renkli taş olduğundan, diğer özelliklerine bir sınırlandırma getirmek zordur. Ancak kullanım yerine bağlı olarak bazı özelliklerin saptanması gereklidir. Buna parke taşı olarak kullanılacak taşlarda aranan özellikleri örnek olarak verecek olursak(TS 2809, 1996);

- Boyutlar
- Basınç mukavemeti
- Su emme
- Kayma direnci
- Yüzeysel aşınma mukavemeti
- Dayanıklılık
- Petrografik tanımlama

5.5 Doğal Taş

Doğal süreksizlikleri boyunca ayrılabilen, bulunduğu ortamdan herhangi bir nedenle ayrılmış ve serbest halde bulunan ve dere yataklarında bulunan çakıllar doğal taş olarak adlandırılmıştır. Günümüzde özellikle tatil köylerinde, çevre düzenlemede, mimaride kaplama ve döşemede yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Üretildiği yerde taşlar çok basit aletlerle süreksizlikleri boyunca ayrılır, serbest halde olanlar seçilir. Seçme işleminde plaka şeklinde olanlar ve şekilsiz olanlar renklerine göre gruplandırılırlar. Plaka şeklinde olanlar kaplama ve döşemede, şekilsiz olanlar ise doğal görünüm vermek istenen alanlarda kullanılır. Plaka ve şekilsiz taşların yanısıra dere çakılları da renklerine göre seçilerek mimari düzenlemede kullanılmaktadır. Doğal taşın en önemli özelliği bütün yüzeylerinin doğal olması ve kullanım yerinde istenilen renge sahip olmasıdır. Rengin önem kazanmasının nedeni ise, mimari tasarımı yapılan alanlarda renk seçiminin önceden yapılmış olması ve seçilen renkte taş aranmasındandır. Mimari tasarımda doğal taş, yapay şelale-akarsu, kaya bahçesi, yol ve cephe kaplamasında, tekli, ikili bazan boyu birkaç metre olabilen dekoratif parçalar halinde, renklerine göre ayrılan dere çakıllarından büyük alanlarda motifler oluşturulması şeklinde kullanılmaktadır. Kullanımda çok yaygın karşılaşılan Muğla taşı olarak bilinen doğal taş ocaktan tabaka düzlemleri boyunca ayrılarak çıkarılmaktadır. Antalya taşı olarak da bilinen kumtaşları içerdiği kuruma çatlakları boyunca kolayca ayrılmakta ve kullanılmaktadır. Gene Antalya yöresine özgü Falez taşı olarak bilinen serbest halde bulunan ilginç şekillerdeki travertenler dekoratif olarak kullanılmaktadır. Doğal taşlarda sağlamlık ve içinde dağılabilen ayrılmış, killi kısımların olmaması, özellikle rengi ve şekli dışında istenilen bir özellik bulunmamaktadır.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, yapı taşlarının doğadan elde edilmiş şekilleri ve kullanım alanlarına bağlı olarak yeni bir bakış açısı ile sınıflandırılmış ve her grupta yapılması gereken mühendislik jeolojisi çalışmalarına değinilmiştir. Ayrıca, yapı taşlarında yapılan mühendislik jeolojisi çalışmalarının taşın kullanım alanına bağlı yürütülmesi gerektiği vurgulanmıştır.

7. KATKI BELİRTME

Yapı taşları ile ilgili uzun süredir yürüttüğüm çalışmalar sırasında, yapı taşının aranması, ocakta üretilmesi, uygulamada kullanımı ve kullanımda karşılaşılan sorunlarla ilgili değerli görüş ve eleştirilerinden yararlandığım Turizm Yatırım Danışmanı Y.Müh.Hayriddin Gücer'e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

8.KAYNAKLAR

Dalyan, N., 1981. İnşaat malzemeleri, DSİ matbaası, Ankara, 526 s.

ISRM, 1978. Suggest methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. 1. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 15, PP. 319-368, Great Britain.

Karagüzel, R., Mutlutürk, M., Kibici, Y., 1993. Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit des grünen Marmors im Gebiet von Bükrüce(Denizli/Türkiye). Geosound, 22, 111-126.

Mutlutürk, M.,1992. Determination of quarry location and investigation of possible block sizes in marble field. International Ankara Marble Symposium 92, Ankarai.

TSE, 1969. Parke taşları-doğal taştan-dış kaplamalar için- özellikler. TS.2809, ICS 91.100.20, Ankara.

Umar, F., Yayla, N., 1991. Yol üst yapısı. İTÜ kütüphanesi, İstanbul, 339 s.

DALGAKIRAN İNŞAATLARINDA KULLANILAN KİREÇTAŞLARININ JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

GEOTECHNICAL PROPERTIES OF LIMESTONES USED IN THE BREAKWATER CONSTRUCTIONS

Tevfik Hoş, Dar Mühendislik A. Ş & Dar AL Handasah , İstanbul

ÖZET

Akdeniz kıyısındaki ülkelerde inşa edilen liman, dalgakıran, havalanı pist dolguları ve kıyı koruma amaçlı deniz yapısı inşaatlarında önemli kaya kalitesi sorunları sıkça oluşabilmektedir. Bu sorun, kıyı kuşağı boyunca yaygın inşaat malzemesini oluşturan kireçtaşlarının farklı petrografik özellik ve yapısal deformasyonlara sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Dalgakıranlarda karşılaşılan kaya kalitesi sorunlarının çözümü için, kireçtaşlarının jeoteknik özelliklerini belirlemeye yönelik üç aşamadan oluşan bir kalite kontrol programının uygulanması gerekmektedir. Kalite kontrol uygulamaları kapsamında görevlendirilecek jeoloji mühendislerinin taşocağı işletim aşamalarında yapacağı mühendislik jeolojisi değerlendirmeleri, uygun inşaat malzemesi seçimi ve uzun servis süresine sahip stabil dalgakıranların inşasında oldukça gereklidir.

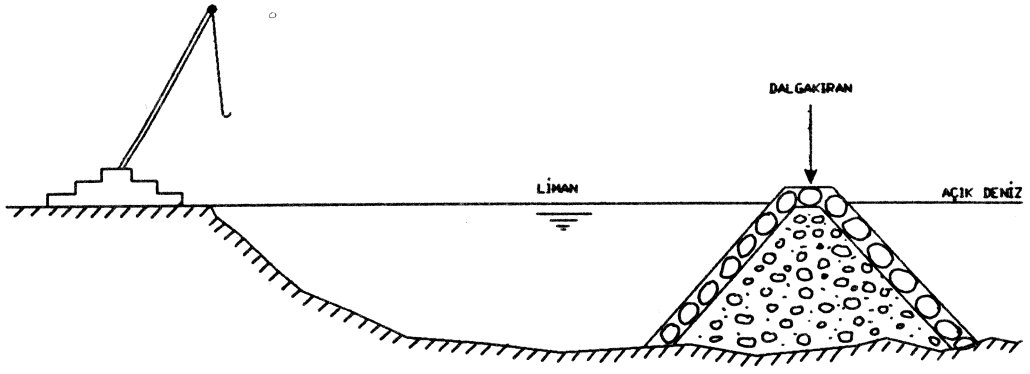
ABSTRACT

The rock quality problems may occur frequently in the marine structures constructed as harbour, breakwater, land reclamation and sea defence structures at the Mediterranean seashore countries. Since the main construction materials are obtained from the limestones along the coastal regions, the quality problems occur as a result of variations in their structural and petrographic properties. To identify the rock quality problems adequately, a method of quality control program consisting of three investigation stages should be implemented to determine the geotechnical properties of limestones that would be used in the breakwater construction. In the context of quality control works to be implemented during the quarry operations, an engineering geological evaluations provided by a geological engineer is required in order to select the suitable construction materials and to construct stable breakwaters with long service life.

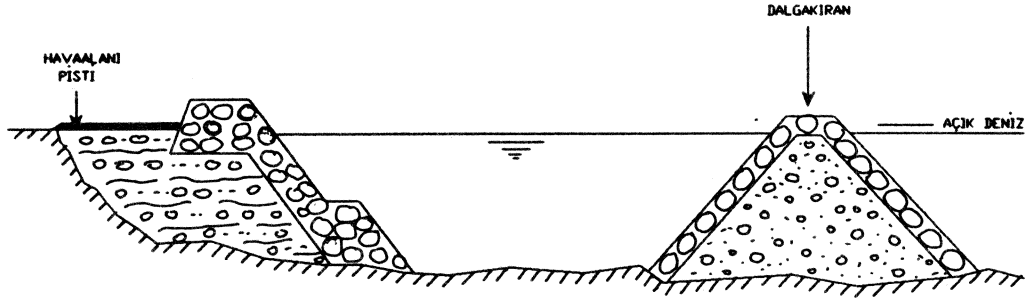
1.GİRİŞ

Jeoteknik mühendisliğin önemli uygulama alanlarından birini oluşturan deniz ve kıyı yapıları, genellikle taşocaklarından sağlanan uygun biçim ve boyutlara sahip sağlam kaya bloklarıyla inşa edilmektedir. İncelemenin konusunu oluşturan dalgakıranlar, dalga hasarlarına karşı ağır bloklarla (3 - 30 ton) inşa edilen dayanımlı deniz yapılarıdır. Yaygın olarak inşa edilen bu yapılar, limanların açık denize doğru devamı şeklinde veya çeşitli deniz ve kıyı yapılarını koruma amacıyla bağımsız olarak inşa edilmektedir. Büyük dalgakıran projelerinde, dalga hasarlarına dayanacak kaya bloğunun ağırlığı dalga özelliklerini dikkate alan hidrolik model deneyleriyle belirlenmektedir. Küçük dalgakıranlarda ise, gereken blok ağırlığı ampirik formüllerle belirlenmektedir.

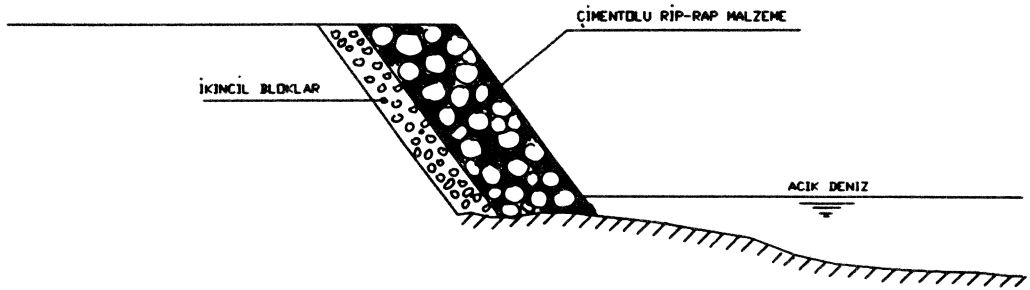
Başlıca iki kısımdan oluşan dalgakıranların çekirdeği küçük boyutlardaki kaya bloklarıyla inşa edilmektedir. Çekirdek kısmını çevreleyen dış kesimler ise ağır ve büyük boyutlardaki koruyucu kaya bloklarıyla (Armourstone) inşa edilmektedir. Yığma kaya dolgu tipindeki dalgakıranların bazı uygulama alanları şekil 1, 2, 3'de, tipik inşaat kesitleri ise şekil 4 ve 5'de verilmiştir.



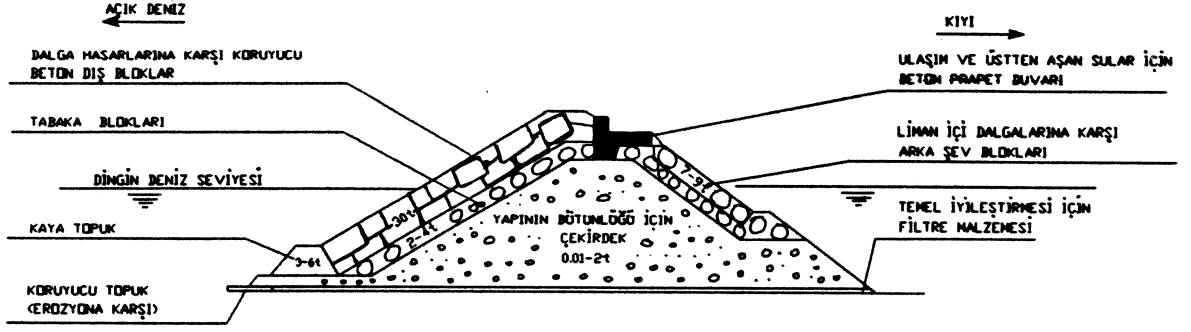
ŞEKİL 1. LİMAN VE MARİNA DALGAKIRANLARI



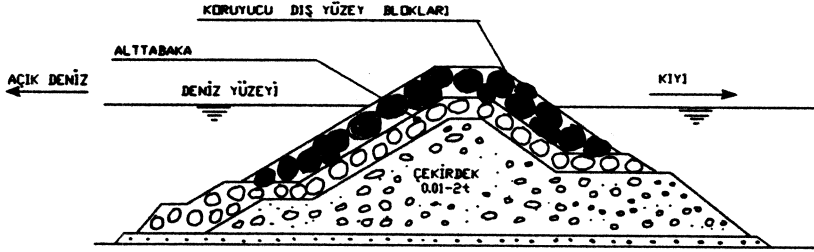
ŞEKİL 2. ÖNEMLİ DENİZ YAPILARINI KORUYAN DALGAKIRANLAR



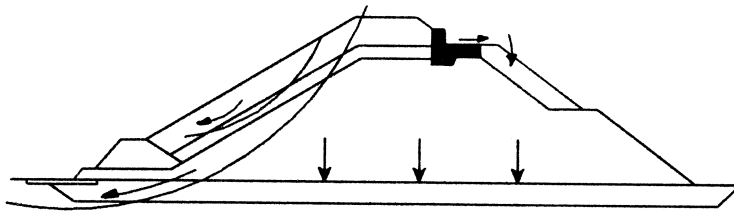
ŞEKİL 3. KIYI KORUMASI İÇİN DENİZ DUVARI ŞEKLİNDE DALGAKIRANLAR



ŞEKİL 4.KORUYUCU BETON BLOKLU YIĞMA DOLGU TİPİNDE DALGAKIRAN



ŞEKİL 5.YÜKSEK OLMAYAN KAYA DOLGU TİPİNDE DALGAKIRAN



ŞEKİL 6.DALGAKIRANLARDAKİ LOKAL VE GENEL STABİLİTE PROBLEMLERİ

- BALGA ETKİSİYLE OLUŞAN BLOK HASARLARI
- ANA BLOKLARIN HAREKETİ
- BETON ELEMANIN HAREKETİ
- ÜSTTEN AŞAN DALGALARIN NEDEN OLDUĞU HASARLAR
- TOPLUK EREZYONU
- TEMELDE OLUŞABİLECEK GENEL KAYMA
- ÇEKİRDEK MALZEMESİNİN AYRIŞARAK OTURMALARA NEDEN OLMASI
- BOŞLUK SUYU BASINCINDAKİ ARTIŞ NEDENİYLE KAYMA
- DENİZ TABANINDAKİ TOPLUK OYULMASI

2. DALGAKIRANLARDA HASAR OLUŞUM MEKANİZMASI

Lokal ve genel stabilite problemleri nedeniyle oluşan dalgakıran hasarları şekil 6'da gösterilmiştir. Dalgakıran inşaatlarındaki kısa ve uzun dönemli hasarlar, proje alanındaki dalga ortamı, deniz tabanının jeolojik yapısı ve inşaat malzemesinin jeoteknik özellikleri tarafından kontrol edilmektedir.

Jeoteknik özellikleri açısından iyi kalitede kayaç olarak sınıflandırılan granit, andezit, diorit, bazalt ve kuvarsit gibi yüksek dayanımlılığa sahip litolojik birimler, dalgakıran dolgularında önemli hasarlara neden olmadan oldukça uzun bir servis süresi sağlamaktadır.

Ancak dalgakıran dolgularında kullanılan kireçtaşı, killi kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit gibi farklı fiziksel ve mekanik özelliklere sahip birimlerde çeşitli dalga hasarları ile sıkça karşılaşmaktadır. Oluşan hasar derecesine göre, özellikle kireçtaşlarıyla inşa edilen dalgakıranlarda çeşitli rehabilitasyon projeleri uygulanmaktadır. Rehabilitasyon projeleri kapsamında, dalgakıranların hasar gören dış blokları daha dayanımlı kaya bloklarıyla değiştirilerek yapının performansı artırılmaktadır.

Dalgakıranlarda hasara neden olan başlıca iki tip stabilite problemiyle karşılaşmaktadır. Bunlardan birincisi zayıf kalitedeki kaya bloklarında oluşan degradasyon (alterasyon - ayrışma, aşınma, kırılma) problemidir. Deniz ortamındaki kireçtaşlarında bu sorunla sıkça karşılaşmaktadır. Degradasyon nedeniyle oluşan hasar problemi, mühendislik jeolojisi uzmanlarının ilgi alanı içinde kalmaktadır. Dalgakıranlardaki **hasar derecesini ve yapının servis süresini** doğrudan etkileyen bu problem, uygun jeoteknik özelliklere sahip kireçtaşı bloklarının seçimiyle minimize edilmektedir. Kireçtaşlarındaki degradasyon problemi aşağıdaki nedenlerden dolayı oluşmaktadır.

- Kaya blokları arasındaki hareketler nedeniyle, kaya yüzeylerinde oluşan aşınmalar.
- Tuz atağı, donma-çözülme, kolayca ayrışabilir mineral ve kil varlığı nedeniyle kaya bloklarının yüzeylerinde oluşan alterasyonlar.
- Kireçtaşlarındaki çatlak, kırık, tabakalanma ve karstik erime boşlukları nedeniyle orjinal blok boyutlarında oluşan küçülme problemidir.

İkinci tipteki dalgakıran hasarları ise, projelendirmede dikkate alınan hatalı mühendislik parametreleri ve uygun olmayan inşaat yöntemlerinden kaynaklanmaktadır.

3. KİREÇTAŞI BLOKLARININ JEOTEKNİK AÇIDAN UYGUNLUĞU

Dalgakıran dolgularında kullanılacak kaya malzemesinin uygunluğu, birkaç uluslararası şartnamede (Ciria – Cur, Corps of engineers, Bureau of reclamation) verilen kriterlere göre belirlenmektedir. Bu şartnameler, yüksek derecede hasar verici dalga kuşağına sahip pasifik kıyıları ile düşük enerjili dalga kuşağına sahip Akdeniz ve Arap körfezinde yerel farklılıklar gösterebilmektedir.

Şartnamelerdeki kriterler genellikle 8-10 adet civarındaki laboratuvar deney sonuçlarını esas almaktadır. Bu yaklaşım, düşey ve yanal farklılıkların yaygın olduğu karbonatlı birimlerde milyonlarca m³ rezerve sahip taşaocaklarının tamamını karakterize etmekten oldukça uzaktır. Ayrıca, test edilen malzemenin sınırlı miktarda olması, sadece laboratuvar testlerine dayanan değerlendirmeleri tam anlamıyla geçerli kılmamaktadır. Özellikle, dalgakıran inşaatlarında kullanılan binlerce sayıdaki kireçtaşı bloğunun petrografik ve yapısal özelliklerinin tamamını test etme imkanı olmadığı için, laboratuvar neticelerinin mühendislik jeolojisi verileriyle birlikte esnek ve daha gerçekçi bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, kaya kalitesi sorunlarının bulunduğu projelerde, 3.1, 3.2 ve 3.3' deki başlıklarda verilen kalite kontrol çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

3.1 Mühendislik jeolojisi kriterleri

Kireçtaşlarındaki yanal ve düşey değişiklikler nedeniyle, istenen kalite ve geometrik boyutlara sahip büyük kaya bloklarının sağlanması sürekli olarak mümkün değildir. Bu ön aşama incelemeleri, petrografik, yapısal ve blok geometrisiyle ilgili değerlendirmelerden oluşmaktadır. Mühendislik jeolojisi kriterlerinin amacı, dalgakıranın servis ömrünü kısaltan veya yüksek derecede hasar görmesine neden olan zayıf kalitedeki kireçtaşlarının dalgakıranında kullanıma müsade edilmemesidir. Bu amaçla, masif yapıda, ayrışmamış, kil içermeyen, eklem kırık gibi süreksizlik düzlemleri minimum seviyede, boşluksuz veya

serbest drenaj sahip bağlantılı boşlukları olan, yuvarlak veya az yassı kaya blokları yerinde incelemelerle seçilmektedir.

Taşocağındaki malzeme üretimini optimize etmede önemli avantajlar sağlayan bu çalışmalar, aşağıdaki inceleme safhalarını kapsamalıdır.

- 3.1.1 Dayanımlı ve duraylı kaya bloklarının elde edilebileceği potansiyel ocak alanları saptanmalı ve malzeme üretimini bu alanlardan başlayacak şekilde yönlendirilmelidir.
- 3.1.2 Ön patlatma tecrübeleriyle, dalgakıran projesinde istenen ağırlığa sahip kaya bloklarının sağlanabilirliği önceden garanti edilmelidir.
- 3.1.3 Malzeme üretimine paralel olarak stok sahasında biriken kaya bloklarının profesyonel jeoloji mühendisi tarafından kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu kontrol aşamasında, uygun kaya bloklarının seçiminde dikkate alınması gereken ön kriterler Çizelge 1’de özetlenmiştir. Çizelgede belirtilen özelliklere sahip olmayan kaya blokları ise, kırılma, boyut küçülmeleri, ayrışma tipindeki denizel ortam problemlerini kaçınılmaz kılmaktadır.

Çizelge 1. Kireçtaşı bloklarının seçiminde mühendislik jeolojisi kriterleri

Değerlendirme Parametreleri		Kaya bloklarında istenen kriterler
Petrografik kriterler	Kaya tekstürü (Fabrik)	Kristalize, iyi çimentolanmış, dayanımlı
	Ayrışma durumu	Taze veya az derecede ayrışmış
	Kil varlığı	Kil içermeyen kaya blokları
	Karstik yapılar	Dış yüzeyde ve yaygın olmayan boşluklar
	Çört varlığı	Çört nodül ve tabakaları minimum düzeyde
Yapısal kriterler (Süreksizlikler)	Kırık ve eklem durumu	Kaya blokunun tamamını kesmeyen kırık
	Tabakalanma	Masif veya kalın tabakalı
	Stiyololit	Minimum düzeyde veya bulunmama
Geometrik kriterler	Blok boyutları ve biçimi	Yuvarlak veya kısmen yassı ($E > L / 2$)
Kazı kriterleri	Patlatma hasarları	Uygun patlatma metodu uygulanması
		Minimum patlatma çatlağı bulunması

3.2 Laboratuvar testlerine dayanan kriterler

Kalite kontrol önlemlerinin ikinci aşamasında, kireçtaşı bloklarının uygunluğunu belirlemek için, başlıca dört grup test yapılmakta olup, bunlar litolojik, fiziksel, mukavemet ve blok duraylılığı testleridirler. Laboratuvar testleri esas alınarak yapılan kaya kalitesi sınıflamaları yaygın olarak uygulanan Ciria / Cur 1991 şartnamesine göre çizelge 2’de verilmiştir.

Laboratuvar testlerinin başlangıcında, kaya bloğunda ayrışma ve kırılmaya neden olan mikro kırık ve boşlukların saptanması için yararlı bir test olan petrografik analizlerin yapılmasını gerekmektedir. Diğer testler ise aşağıda özetlenen gereksinimler nedeniyle yapılmaktadır.

Blok yoğunluğu testi, hidrolik projelendirmede istenen blok ağırlığını sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Donma – çözülme deneyi ise, kaya bloku tarafından absorbe edilen suyun çeşitli donma ve çözülme evrelerinde neden olabileceği potansiyel hasarları anlamada gerekmektedir. Los Angeles deneyi, denizel ortamdaki aşınma hakkında veri sağlamakta olup, bu deneyin en büyük dezavantajı ise sınırlı sayıda blok üzerinde yapılmasıdır. Metelin absorpsiyonu testi, blok yüzeylerindeki ayrışma ve kil miktarı hakkında gerekli bilgileri sağlamaktadır. Sülfata dayanıklılık testi, yoğun tuzluluğun olduğu denizlerde kayaç yüzeyindeki ayrışma durumu anlamada yararlı olmaktadır. Blok bütünlüğü, kırık dayanımı, yaş dinamik ezilme ve nokta yükleme deneylerinin amacı, blok mukavemeti ve oluşabilecek kırılma mekanizması hakkında gerekli verileri sağlamaktadır. Çekme deneyi ise, çekme gerilmeleri ve blok duraylılığı arasındaki potansiyel ilişkiyi incelenmek için yapılmaktadır.

Çizelge 2. Kaya kalite sınıflaması için laboratuvar testleri

Laboratuvar Deneyleri	Kaya Kalitesi sınıfı			
	Mükemmel	İyi	Marjinal	Zayıf
Blok yoğunluğu (t / m ³)	> 2.9	2.6 - 2.9	2.3-2.6	< 2.3
Su emme derecesi (%)	< 0.5	0.5 - 0.2	2-6	> 6
M. Sülfata dayanıklılık (%) BS812-6349	< 2.0	2 - 12	12-30	> 30
Donma - Çözülme (%)	< 0.1	0.1- 0.5	0.5-2.0	> 2.0
Metelin absorpsiyonu (g / 100)	< 0.4	0.4 - 0.7	0.7-1.0	> 1.0
Kırık mukavemeti, Mpa.m ^{1/2} (ISMR 1988)	> 2.2	1.4 - 2.2	0.8-1.4	< 0.8
Nokta yükleme indeksi, MPa (ISMR 1985)	< 8	4 - 8	1.5- 4	< 1.5
Yaş dinamik ezilme değeri (%)	< 12	12 - 20	20-30	>30
Aşınma dayanımı indeksi (1000 dön)	< 0.002	0.002-0.004	0.004-0.015	>0.015
Blok bütünlüğü - düşme deneyi (%)	< 2	2-5	5-15	>15

3.3 Malzeme seçimine yönelik organizasyon ve sevkiyat öncesi kontrol kriterleri

Bu aşama, uygun kaya bloklarının seçimi için üretim ve sevkiyat sırasında yapılması gereken incelemeleri içermektedir. Jeoloji mühendisleri tarafından yapılacak olan son kontroller, kaya bloklarının deniz ortamdaki stabilitesi açısından oldukça gereklidir. Yapılacak sistematik kontrollerdeki asıl amaç, test edilme imkanı olmayan binlerce blok arasından uygun jeoteknik özelliklere sahip kaya bloklarının seçilerek inşaat alanına sevk edilmesini sağlamaktır. Bu uygulama, laboratuvar testleriyle belirlenemeyen önemli kırık sistemleri ve istenmeyen petrografik özelliklerin açığa çıkarılması için gerekli olan son aşamadır.

Çizelge 3 : Uygun kaya bloku seçimine yönelik kontroller

Malzeme üretim öncesi	<ul style="list-style-type: none"> - Uygun ocak alanlarının seçimi - Kaya tiplerinin kodlanarak sınıflandırılması - Ön patlatma tecrübeleri ile uygun blok boyutunun garanti edilmesi 			
Malzeme üretim aşaması	<ul style="list-style-type: none"> - Laboratuvar testlerinin üretime paralel olarak yapılması - Kaya blokları üzerinde ön mühendislik jeolojisi incelemeleri 			
<u>Jeoloji Mühendisinin malzeme kontrolü ve sınıflandırması</u>				
• Uygun Olmayan Malzeme - Dalgakıranda kullanıma müsaade etmemek				
• Uygun Malzeme	<u>Yeterli laboratuvar testleri ve deniz ortamında kullanım tecrübesi var</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Sınırlı ayda laboratuvar testleri yapmak - Malzemenin dalgakıranda kullanımına müsaade etmek 		
	<u>Yeterli laboratuvar testleri ve deniz ortamında kullanım tecrübesi yok</u>	<u>Detaylı Test yapılması</u>	Uygun	- Dalgakıran inşasında kullanıma müsaade etmek
		- Yoğunluk - Blok boyutu - Petrografik - Mukavemet - Durabilite	Uygun olmayan	- Dalgakıran inşasında kullanılmamak - Kritik olmayan dalgakıran kesimlerinde kullanma durumu

4. SONUÇ

Dayanımlı ve uzun servis ömrüne sahip dalgakıranların inşa edilebilmesi için, inşaat malzemesi olarak kullanılacak kireçtaşı bloklarının iyi kalitede ve uygun blok geometrisine sahip olması öncelikli projelendirme konularından birini oluşturmaktadır. Önemli dalgakıran projelerinde, farklı litolojik ve yapısal özelliklere sahip kireçtaşı bloklarının uygunluğunu belirlemede, inşaat şartnamelerine esas teşkil eden laboratuvar testlerinin tek başına kullanılması, eksik ve yetersiz kaya kalitesi değerlendirmelerine neden olmaktadır. Yapılan yetersiz değerlendirmeler ise, deniz yapıları için süreklilik isteyen uygun malzeme temininde önemli problemlere neden olmaktadır.

Yurtdışındaki çeşitli deniz ve kıyı yapısı projelerinde yapılan gözlemler ve karşılaşılan sorunlar dikkate alındığında, özellikle kireçtaşlarının kullanıldığı dalgakıran inşaatlarında ayrıntılı bir kalite kontrol uygulaması gerekmektedir. Üç aşamadan oluşması önerilen bir kalite kontrol programı kapsamında, jeoloji mühendislerinin yapacağı inceleme ve malzeme kontrolleri, kireçtaşlarında karşılaşılan kaya kalitesi sorunlarının çözümü için zorunluluk teşkil etmektedir.

5. KAYNAKLAR

Allosop, N.W.H., Bradbury, A.P., Dibb, T.E., Hughes D.W., 1985. Rock durability in the marine environment, Hydraluc research, report no SR11, 17-19, 30-35.

Ciria / Cur specification., (1991). Manual for the use of rock in coastal and shoreline engineering, codes and specifications in the Netherland.

Maritime Structures, BS 6349., 1991. Guide to design and construction of breakwaters, Part 7, 28-30.

Maritime Structures BS 6349., 1991. Code of practice for dredging and land reclamation, Part 5, 19-20.

Latham, J.P., 1991. In service durability evaluation of armourstone, rubble mound breakwaters, Thomas Telford limited, London, 7-10

Beirut International Airport Project., 1997. Offshore drillings and surveying works, internal report.

Hos, T., 1997. Additional report on the suitability of armourstones in the Sibline quarry, internal report, Beirut / Lebanon

MUĞLA YÖRESİ MERMERLERİ THE MARBLES OF MUĞLA REGION

Ferah BACAĞOĞLU (TÜRKMEN), Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, İzmir
Faruk ÇALAPKULU, Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Müh. Böl., İzmir

ÖZET

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin birinci derece mermer üretim bölgesi olan Muğla yöresi mermer yatakları jeolojik ve ekonomik açıdan değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Bölgede 1998 yılında üretilen 70.000m³ mermerlerin büyük bir kısmı "Başkalaşım Mermerleri", bir kısmı Neojen yaşlı kireçtaşları, bir kısmı da bazik ve ultrabazik kayalardır.

Mermer ekonomisi açısından önem arz eden Mesozoyik yaşlı "Başkalaşım Mermerleri" jeolojik ve ekonomik açıdan değerlendirilerek üç ana tipe ayrılmıştır;

- a.) Kestanecik Tipi
- b.) Kurukümes Tipi
- c.) Kalınağıl Tipi

Mermer jeolojisi açısından farklı özellikler gösteren bu tiplerin tanımları yapılmış ve ekonomik değerlendirilebilirlikleri irdelenmiştir.

ABSTRACT

In this project, the marbles deposits of the Turkey's number one marble production region Muğla, are evaluated with the geological and economical perspective and the consequences below are achieved.

The great portion of the 70.000m³ marble which is produced in this district in 1998 is "Metamorphic Marbles", another portion is "Neogene aged Limestones" and rest is basic and ultrabasic rocks.

In the view of marbel economy, the mesosoic aged Metamorphic Marbles are evaluated in the geological and economic perspective and sïbdivided into three main types;

- a.)Kestanecik Type
- b.)Kurukümes Type
- c.)Kalınağıl Type

According to marbel geology, descriptions of these types have shown different characteristics and, their economical values have been examined.

1. GİRİŞ

Muğla yöresinde bulunan mermer yataklarının antik dönemlerden beri işletildiği bilinmektedir. Özellikle Roma döneminde ocaklardan üretilen blokların bir kısmı Ege Bölgesi'ndeki antik şehirlerde kullanılırken,

(Efes-Selçuk-Aphrodisias-İasos...) bir kısmı da deniz yolu ile Roma ve Bizans kentlerine taşınmıştır. Günümüzde de Muğla Yöresi Mermerleri Türkiye mermer üretimi içerisinde gerek çeşitlilik gerekse üretim miktarı olarak önemli bir yer tutmaktadır.

Çalışmalarımızda mermerin hukuki ve endüstriyel tanımı dikkate alınmış olup; Menderes Masifi'nin güney kanadında Muğla ili sınırları içinde kalan mermer yataklarının, büyük bir kısmının Menderes Masifi Metamorfikleri içinde yer alan "Başkalaşım Mermerleri" olduğu, Neojen yaşlı kireçtaşlarının ise son yıllarda işletilmeye başlandığı saptanmıştır. Bunların dışında bölgede bulunan bazik ve ultrabazik kayalara ait Arama Ruhsatı taleplerinde 1996 yılından itibaren hızlı bir artış belirlenmiştir. Nitekim Muğla ili mermer ruhsatlarında yapılan çalışmalar sonucunda, 724 Arama, 80 Ön İşletme, 102 İşletme olmak üzere toplam 906 Mermer Ruhsatı alındığı saptanmıştır. Yörede, mermer üretilen ocakların yöneticileri ile yapılan görüşmeler sonucunda 1998 yılı itibariyle yıllık mermer üretim miktarlarının toplam olarak 70.000m³ civarında olduğu saptanmıştır.

Muğla'da halen blok üretimi yapılan sahalara ilişkin arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda, mermer yatakları jeolojik yaşlarına göre Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı mermerler olarak üç ana gruba ayrılabilir. Bu jeolojik evrelerde oluşan mermerlerin stratigrafik konumu, mineralojik ve petrografik özellikleri, ticari özellikleri ve ocakların ekonomik niteliklerinin değerlendirilmesi sonucunda mermer yatakları üç ana tipte sınıflandırılmıştır. Bunlar; Mesozoyik yaşlı mermer yatakları içinde yer alan Kestanecik, Kurukümes ve Kalınağıl Tipi mermer ocaklarıdır.

Bu yazıda, üzerinde çalışmalarımızın devam ettiği Paleozoyik ve Senozoyik mermerleri ile "bazik ve ultrabazik mermerler"e özetle değinilmiştir.

2. MUĞLA YÖRESİ MERMER YATAKLARI

2.1. Bölgenin Jeolojisi

Muğla ili, Batı Anadolu'da çok geniş bir alanda yüzeyleyen Menderes Masifi'nin güney kanadında yer alır.

Menderes Masifi'nde uzun yıllardan beri sürdürülen çalışmalar öncelikle Masifi'nin litolojik kaya istifinin ve metamorfik evrelerin yaşının belirlenmesine yöneliktir. Masifte ilk modern çalışmayı gerçekleştiren Schuiling (1962) ile birlikte yerleşen "Çekirdek" ve "Örtü" terimleri, günümüze kadar çalışma yapan araştırmacıların büyük bir çoğunluğu tarafından kabul edilmiştir. Buna göre Prekambriyen-Kambriyen yaşlı olarak kabul edilen çekirdek serisi gnays, metavolkanit ve metagranitlerden oluştuğu, çekirdek serilerinin etrafını çevreleyen örtü serisi kayalarının ise; mermer mercekli çeşitli metamorfikler ile Paleozoyik'ten Paleosen'e kadar devamlılık sunduğu belirtilmektedir (Kun,1976; Dora, 1994; Konak ve diğ., 1994).

Muğla yöresinde işletilen mermer yataklarının önemli bir bölümü, altta kırıntılı üstte karbonatlı kayalarla temsil edilen bu örtü serisinin içinde yer alır. Paleozoyik'ten Alt Triyas'a kadar, mermer mercekli şist-fillit gibi düşük dereceli metamorfiklerle devam eden istifin üzerinde Mesozoyik yaşlı zımparalı ve rudistli mermerlerden yapıları kalın platform tipi karbonatların bulunduğu düşünülmektedir (Başarı,1970; Dürr,1975; Kun, 1976; Çağlayan ve diğ.,1980; Konak ve diğ.,1987). Üst Kretase yaşlı platform tipi karbonatların üst bölümleri zımparalı ve rudistli mermerlerden yapıdadır. Bunların üzerine de çoğunlukla kırmızı yer yer yeşil ile beyaz renkli düzeyler içeren, Paleosen (Çağlayan ve diğ., 1980; Konak ve Diğ.,1987) ile Kampaniyen-Measrihyen (Özer,1992-1998) yaşları verilen ve örtü serisinin en üst düzeyini oluşturduğu kabul edilen pelajik karbonatlar gelir. Olistostromal filiz ve peridotitlerin ise Likya Napları ile Orta Esosen'de Menderes Masifi üzerine yerleştiği düşünülmektedir. Bu serilerin üzerinde aşıl uyumsuzlukla Neojen yaşlı birimler gelmektedir (Dürr,1975; Çağlayan ve diğ.,1980; Konak ve diğ.,1987).

2.2. Mermer Ruhsat ve Ocaklarının Dağılımı

Muğla yöresi mermer ocakları, Milas-Yatağan-Kavaklıdere-Göktepe hattı boyunca doğu batı uzanımlı olarak yer alırlar.

Mermer ocak ruhsatlarında yapılan çalışmalar sonucunda, Muğla ili sınırları içinde 1997 yılı itibarıyla 724 Arama, 80 Ön İşletme, 102 İşletme olmak üzere toplam 906 adet mermer ruhsatı bulunduğu belirlenmiştir. Halen blok üretimi yapılan mermer ocaklarının 1/25.000 ölçekli harita taksimatına paralel olarak dağılımları incelendiğinde; İşletme ve Ön İşletme Ruhsatlarının M20 c3 -.N20 a1,a2,a3,a4 - N19 b1,b2,b3 paftalarında, 1996 yılından itibaren artan Arama Ruhsatı taleplerinin ise daha çok ultrabazik kayaların yüzeylediği O20-O21-O22 paftalarında yoğunlaştığı saptanmıştır.

2.3. Mermer Yataklarının Jeolojik Konumu

Muğla il sınırları içinde kalan mermer yatakları, mermerin hukuki ve endüstriyel tanımı dikkate alınarak incelenmiştir.

Buna göre mermer yataklarının büyük bir kısmının Menderes Masifi Metamorfikleri içinde kalan "Başkalaşım Mermerleri" olduğu saptanmıştır. Ayrıca mermer sektöründe son yıllarda traverten üretimine artan talep doğrultusunda; beyaz-bej renkli, iyi pekleşmiş Neojen yaşlı kireçtaşları da geniş yüzleklerin bulunduğu Göktepe ve çevresinde işletilmeye başlanmıştır. Bunların dışında, bölgede yer alan bazik ve ultrabazik kayaların değerlendirilmesine yönelik çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır.

Muğla yöresinde halen blok üretimi yapılan sahalara ilişkin arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda "Başkalaşım Mermerleri" nin Paleozoyik ve Mesozoyik'te oluştuğu belirlenmiştir. Bu çalışmamız kapsamında; Mesozoyik Mermerlerin stratigrafik konumu, mineralojik-petrografik özellikleri ile mermer ocaklarının ticari özellikleri ve ekonomik nitelikleri değerlendirilmiştir.

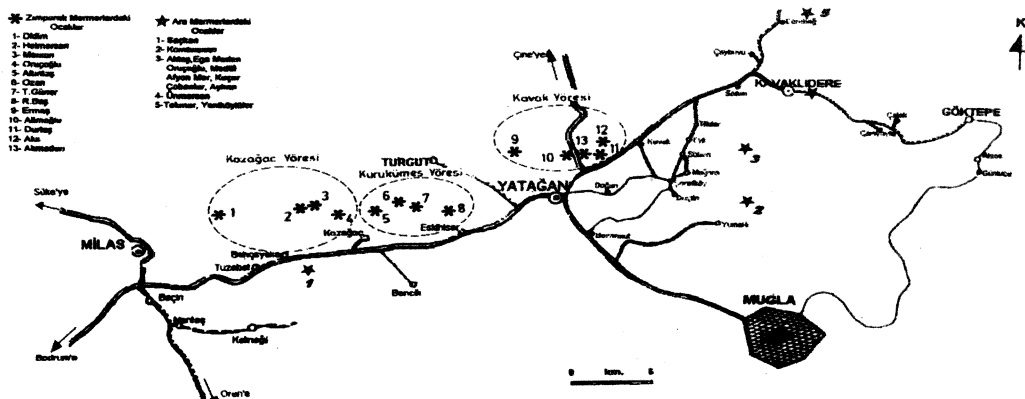
2.3.1. Paleozoyik Mermerleri

Paleozoyik yaşlı mermerler, Göktepe Formasyonu adı verilen (Dürr,1975; Yalçın, 1991) masife ait Permo-Karbonifer yaşlı kayalar içinde gözlenir. Genellikle siyah renkli şist ve fillitlerden oluşan bu birimler sıkça mermer mercikleri içerirler. Çoğu kez siyah ve gri-siyah renkli olan bu mermerler açık ve koyu renk alternansları gösterirler. Yer yer kıvrımlı yapıda olup beyaz renkli kalsit damarları ile kat edilmişlerdir. Bu mermerlerde koyu renk, sabit karbondan kaynaklandığı için kırılıp kesildiğinde koku yaymazlar. Bu özellikleri ile Mesozoyik yaşlı hidrokarbür ihtiva eden mermerlerden kolayca ayırt edilirler.

Paleozoyik yaşlı mermerler içinde pek çok ruhsatlı sahalar bulunmasına rağmen, birkaç ocak denemesi dışında aktif olarak çalışan mermer ocağı bulunmamaktadır. Bu mermerlere yönelik çalışmalar devam etmektedir.

2.3.2. Mesozoyik Mermerleri

Mesozoyik yaşlı mermerler Triyas'tan Üst Kretase'ye kadar devamlılık gösteren ve zımpara yataklarını içeren platform tipi karbonatların alt ve üst düzeylerinde yer alırlar.



Şekil 1: Mesozoyik yaşlı mermerlerin coğrafi dağılımı.

Milas-Yatağan-Kavaklıdere hattında yaklaşık doğu-batı uzanım sunan ve genellikle beyaz renkli olan bu mermerlerde sarımsı, yeşilimsi, leylak, renk tonları yanı sıra siyah damarlı ve gri-siyah renkli çeşitlilikler gözlenebilir. Gri-siyah renkli mermerler kırılıp kesildiklerinde içerdikleri organik maddeler nedeniyle hidrokarbon ve H₂S kokusu çıkarırlar. Mesozoyik yaşlı mermerler üç ayrı tipte incelenebilir. Bunlardan ilki Ara Mermerler (Kun, 1976) içinde yer alan Kestanecik Tipi Mermer Ocakları, diğeri ise zımpara içerikli kalın karbonatlar içindeki Kurukümes Tipi Mermer Ocaklarıdır (Şekil 1). Üçüncüsü ise, Mesozoyik yaşlı örtü birimlerinin en üstünde Paleosen yaşlı birimlerin geçiş sınırında bulunan kırmızı renkli silisifiye pelajik kireçtaşlarının oluşturduğu Kalınagıl Tipi Mermer Ocaklarıdır.

2.3.2.1. Kestanecik Tipi

Kestanecik Tipi Mermer Ocakları genellikle Triyas yaşlı olup, şistler arasında merccek şeklinde yer alırlar. Mermerler, şistlerden ve yeşilimsi-siyahımsı renkli mafik volkanitlerden kaynaklanan renklenmeler gösterirler (Erdoğan, 1992; Konak, 1994 ve Erdoğan, - Kun, 1998 sözlü görüşme).

Yatağan-Kavaklıdere hattı boyunca Yumaklı-Salkım-Derebağ ve çevrelerinde bulunan mermer ocaklarında (Şekil 1) farklı firmalar tarafından üretilen mermerler, Kombassan Yeşil-Milas Leylak-Milas Newyork-Milas, Sedef-Ayhan Köpük-Rosa Bellisima gibi ticari isimler ile tanınırlar. En tipik olarak Yatağan-Kavaklıdere hattındaki Salkım Köyü'nün güneyinde yer alan mermer merceği üzerinde gözlenir (Şekil 2). Bu merccek üzerinde bulunan sekiz adet işletme içinde, tip ocak olarak Kestanecik Mahallesi, Oyuklu Tepe mevkiinde yer alan Ege Maden A.Ş'ne ait ocak tanımlanmıştır.

Dış görünüşleri gri-açık gri renkte olan mermerlerin taze yüzeyleri beyaz renklidir. Ocak kesiti incelendiğinde; batıda şistler arasında yeşilimsi-siyahımsı renkli mafik volkanitler görülmektedir. Klorit, epidot, tremolit-aktinolit gibi kalsiyumlu ve bazik kökenli mineraller içeren bu kayalardan göç eden mangan oksitleri; mermerler içindeki damarlara ve kayacın içine yerleşerek dantritik siyah renkli mangan oksit damarları ile Newyork, pembemsi-mor renk tonları ile Leylak mermerleri oluşturmaktadır. Kesitin doğusunda şist dokanaklarında ise daha açık renkli Milas Sedef, Milas Limon mermerleri bulunmaktadır. Aynı yapı Kozçağaç-Tuzabat arasında Badırğa Mevkiinde antik dönemlerden beri çalıştırılan Saçkan Mermer Ocağı'nda da gözlenmektedir (Şekil 1).

Mermerlerin ince kesitleri incelendiğinde; tipik granoblastik dokulu olup, kalsit kristallerinin yaklaşık eş boyutlu, birbirine girik ve öz şekilsiz olduğu gözlenir. Kalsit kristallerinin ortalama boyu 200-500µ arasındadır.

Mermerlerin üzerinde örtü tabakası bulunmadığından, yüzey ayrışması nedeniyle sık gelişmiş çatlaklar gözlenir. Ayrıca tektonik hareketlere bağlı olarak eklem ve çatlak sistemleri de gelişmiştir. Eklem ve çatlakların yer yer sıklaştığı kısımlardaki toprak dolgusu ile bloklarda gözlenen kılcal çatlaklar, ocak verimini olumsuz yönde etkilemektedir. *Milas Leylak-Newyork-Sedef-Limon* ticari tanımıyla üretim yapılan Ege Maden Mermer Ocağı'nın 1998 yılı üretim miktarı 14.000 m³ dür.

Jeokimyasal analizler incelendiğinde; Karbonat kökenli olması ve SiO₂ oranının (% 0.14) düşük olması nedeniyle mermerlerin sertliği 3 dür. *Milas Sedefte* olduğu gibi dolomit miktarının artmasıyla bazen sertlik yükselebilir. *Milas Leylak-Milas Newyork'ta* MnO oranı (% 0.06), *Milas Limon ve Milas Sedefte* ise FeO oranı (% 0.32) fazladır.

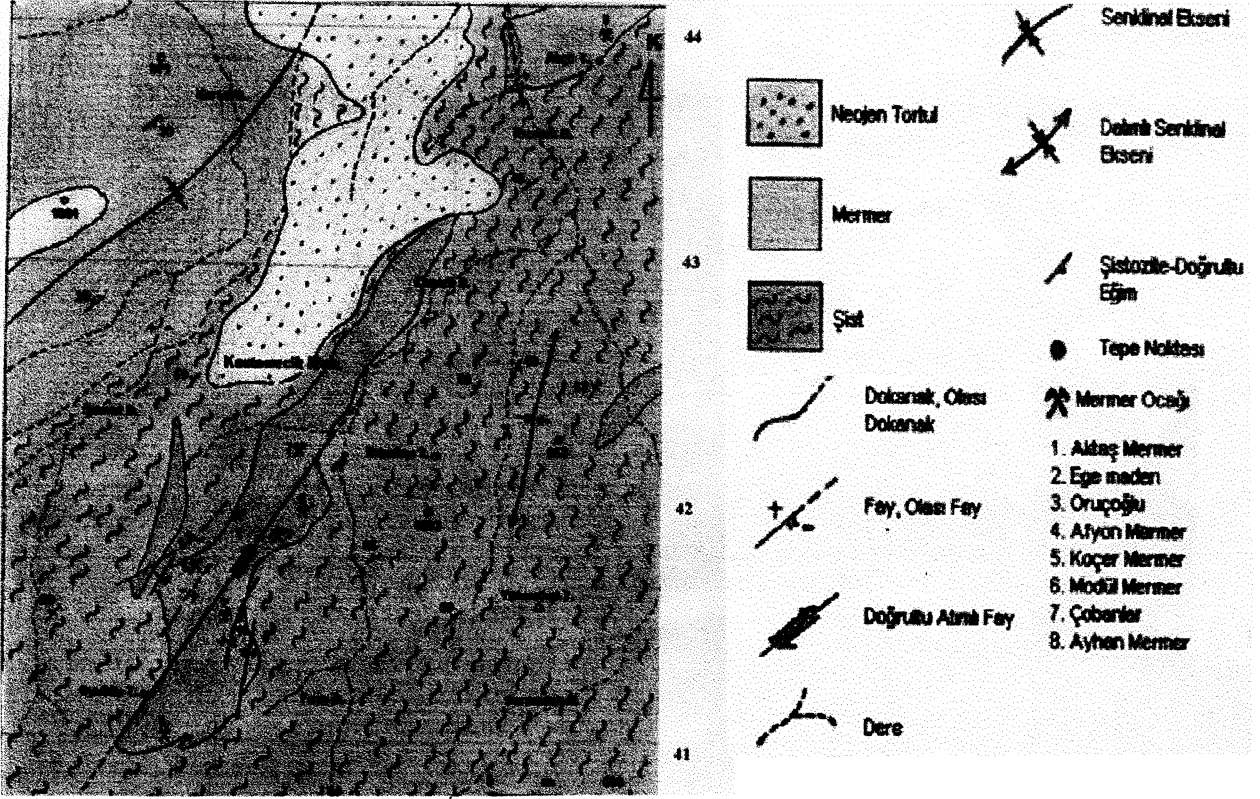
Çizelge 1. Kestanecik Tipi Mermerlerin Fiziko-Mekanik Özellikleri

Kuru Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	2.68
Ağırlıkça Su Emme	%	0.09
Hacimce Su Emme	%	0.15
Porozite	%	0.1
Tek Eksenli Basınç Direnci	Kgf/cm ²	556

Fiziko mekanik analiz sonuçlarına göre T.S.E standartlarına uygun olan mermerlerin paslanma tehlikesi yoktur. Kolay kesilebilen, iyi cila alan Kestanecik Tipi Mermerler iç mekan kaplaması, banko ve taban

döşemesi olarak kullanılabilirler. Ancak karbonat kökenli olduğu için dış cephe kaplamalarında ve yaya trafiğinin yoğun olduğu mekanlarda kullanılması önerilmez.

Kış mevsiminde ekip ve işçi sayısı azaltılarak tüm yıl süresince üretim yapılabilen Kestanecik Tipi Mermer Ocakları tüm dünyaca tanınan mermer cinsleri ile Türk Mermer Sektöründe önemli bir yer tutmaktadır. Kestanecik Tipi Mermer Ocaklarının 1998 yılı üretim miktarı 40.000m³ civarındadır.



Şekil 2: Kestanecik-Kavaklıdere Yöresi Jeolojik Haritası (Yiğit, Ü., 1993'den düzenlenerek alınmıştır)

2.3.2.2. Kurukümes Tipi Mermer Ocakları

Muğla ilinde Mesozoyik yaşlı mermerlerin ikinci tipi; zımpara içerikli platform tipi karbonatların alt düzeylerini oluşturan, beyaz mermerler içindeki Kurukümes Tipi Mermer Ocaklarıdır.

Muğla Bölgesi dışında da geniş yayılımlar gösteren bu tip yataklarda üretim daima zımpara düzeyi altındaki kalın karbonatlı katmana yönelik olup, zımpara kılavuz seviye olarak kullanılmaktadır.

Genel olarak iyi blok verebilen bu mermerler, Milas-Yatağan-Kavaklıdere hattı boyunca uzanan Kozağaç, Tuzabat, Karaltı, Kurukümes, Eskihisar, Kavak ve çevrelerinde bulunan çok sayıda mermer ocağında üretilirler. Bu yörelerde farklı firmalar tarafından üretilen mermerler Muğla Şeker- Muğla Beyazı-Avrupa Beyazı-Avrupa Sarısı-Muğla Kristal gibi ticari isimler ile tanınırlar.

Coğrafi olarak Kozağaç Yöresi, Kurukümes Yöresi, Kavak Yöresi olarak üç grupta toplanabilen mermer ocakları içinde en tipik ocaklar Kurukümes Mevkii'nde gözlenir (Şekil 1). Şekil 3'de gri renkli mermerler içinde yaklaşık 3km² lik bir alanı kaplayan ve zımpara mercikleri içeren beyaz renkli mermerler görülmektedir. Şekil 1'de de görüldüğü gibi bu yörede açılmış 4 adet mermer ocağı içinde, tip ocak olarak Altıntaş Mermer A.Ş.'ne ait ocak incelenmiştir.

Dış görünüşleri gri-açık gri renkte olan mermerlerin taze yüzeyleri beyaz renklidir. Ocak kesiti incelendiğinde; kuzeyde zımpara cepleri içeren bol rudist fosilli mermerler, güneye doğru ise mermer üretimi yapılan kısım ile şist ara seviyeleri içeren mermerler bulunmaktadır.

Mermerlerin petrografik ince kesitlerinde granoblastik dokuda olduğu, kalsit kristallerinin ise yaklaşık eş boyutlu, öz şekilsiz ve orta taneli olduğu gözlenir. Kalsit kristallerinin ortalama tane boyutu 800-2000µ arasındadır.

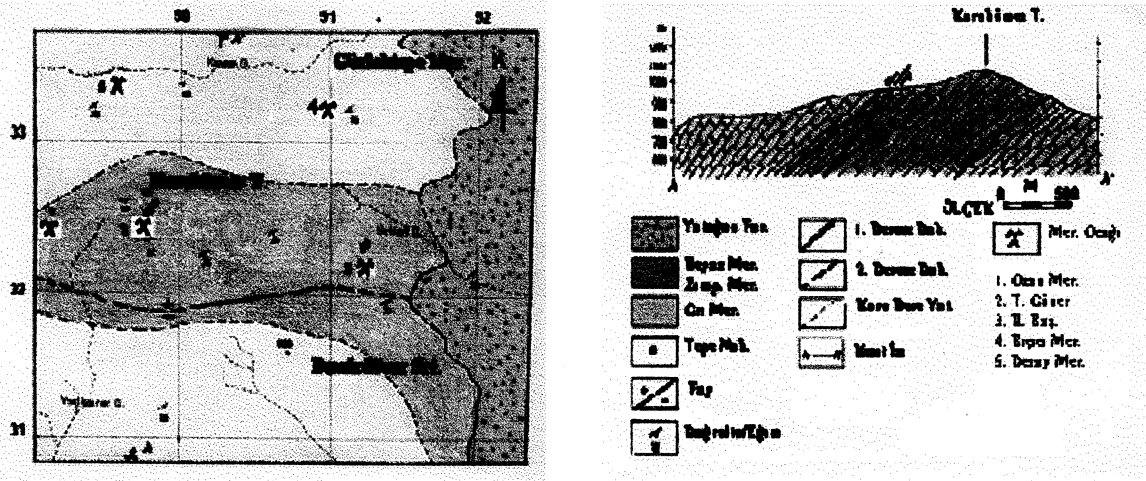
Mermerlerin üzerinde örtü tabakası bulunmadığından, yüzey ayrışması nedeniyle sık gelişmiş çatlaklar gözlenir. Ayrıca tektonik hareketlere bağlı olarak eklem ve çatlak sistemleri de gelişmiştir. Eklem ve çatlakların yer yer sıklaştığı kısımlardaki toprak dolgusu ocak verimini, mermerlerin ilksel yapısından kaynaklanan Mg ve organik maddelerce zengin kısımların mermer üzerinde oluşturduğu gri tonlu gölgeler ise pazar kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Jeokimyasal analizler incelendiğinde; Karbonat kökenli olması ve SiO₂ oranının (% 0.16) düşük olması nedeniyle mermerlerin sertliği 3 dür.

Çizelge 2. Kurukümes Tipi Mermerlerin Fiziko-Mekanik Özellikleri

Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.681
Su Emme	%	0.12
Porozite	%	0.3
Doluluk Oranı	%	99.7
Tek Eksenli Basınç Direnci	Kgf/cm ²	900

Fiziko- mekanik analiz sonuçlarına göre T.S.E standartlarına uygun olan *Muğla Kristal (Altıntaş Golden Kristal)* mermerlerinin paslanma tehlikesi yoktur. Kolay kesilebilen, iyi cila alan Kurukümes Tipi Mermerler iç mekan kaplaması, banko ve taban döşemesi olarak kullanılabilirler. Ancak karbonat kökenli olduğu için dış cephe kaplamalarında, kristal boyutu nedeniyle de ıslak zeminlerde ve yaya trafiğinin yoğun olduğu mekanlarda kullanılması önerilmez.



Şekil 3: Kurukümes Yöresi Jeolojik Haritası. (Yaşat, B., 1994'den düzenlenerek alınmıştır)

Kış mevsiminde ekip ve işçi sayısı azaltılarak tüm yıl süresince üretim yapılabilen Kurukümes Tipi Mermer Ocakları ülkemiz mermer üretiminde önemli bir yer tutmaktadır. Kurukümes Tipi Mermer Ocaklarının 1998 yılı üretim miktarı 30.000m³ civarındadır.

2.3.2.3. Kalınağıl Tipi Mermer Ocakları

Mermer endüstrisinde *Ege Bordo-Milas Bordo* ticari tanımıyla bilinen pelajik mermerler, Çine Asması'nın batısından Akbük civarından başlayarak Milas-Kalinağıl yöresine doğru onlarca kilometrelik bir devamlılık sunarlar (Şekil 4).

Antik dönemlerde işletilen bu mermerler içinde halen 13 Arama, 3 Ön İşletme, 10 İşletme olmak üzere toplam 26 Mermer Ruhsatı bulunmaktadır. Bu ruhsatlardan Kalınağıl ve çevresindeki birkaç mermer ocağı zaman zaman işletilmektedir.

Milas-Kalınağıl'da, *Ege Bordo* mermer üretimi yapılan ocakların en verimli üretim yapısını AKS Mad. A.Ş'ne ait ocaktır. Ocak kesiti incelendiğinde; kuzeyde istifin altında gri renkli masif platform tipi karbonatlar gözlenir. Bunların üzerini intraklastik kireçtaşları ve ince tabakalı kırmızı renkli mermerler üstler. Güneye doğru kırmızı mermerlerin tabaka kalınlıklarının arttığı seviyelerde ocak üretimleri yapılmaktadır.

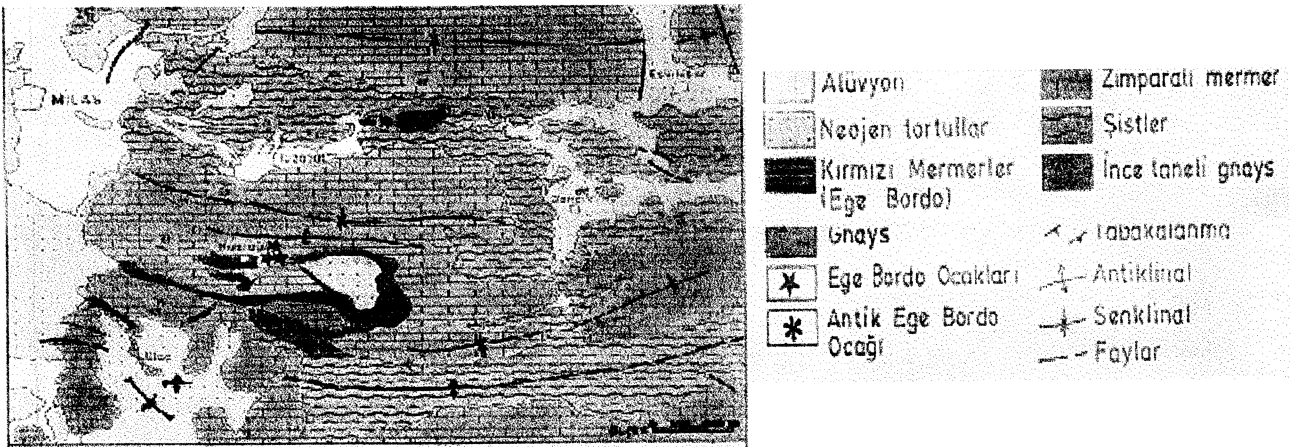
Mermerlerden alınan örneklerin ince kesitleri incelendiğinde mineral bileşiminin oldukça zengin olduğu görülür. Granoblastik doku gösteren yer yer FeO lerle boyanmış, tane boyu değişken düzensiz boylanmalı kalsitler kayacın % 85-90 nını oluştururlar. Bunun yanı sıra % 7-8 kuvars, % 1 tremolit-aktinolit, % 0.5 epidot, % 0.5 opak mineral içerdiği saptanmıştır. Ege Bordo içinde gözlenen kuvars ve silikat minerallerinin oranlarının artışı kayacın sertliğinin artmasına neden olur.

Çizelge 3. Kalınağıl Tipi Mermerlerin Fiziko-Mekanik Özellikleri

Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.84
Porozite	%	0.6
Basınç Direnci	Kgf/cm ²	522
Darbe Direnci	Kgf/cm ²	6
Doluluk Oranı	%	97.5

Mermerlerin; kenar köşe kesilmesi ve şekillendirilebilmesi zordur. Cila işlemi sırasında kılcal damarlarda "atmalar" ve "çıtılmalar" ortaya çıktığı için "Fileleme" yöntemi ile cilalanması önerilir. Rengi ve sertliği nedeniyle dekorasyon ve kaplama malzemesi olarak tercih edilen, ancak işletme zorluğu ve yüksek maliyeti nedeniyle de iç piyasadan çok, özellikle blok olarak başta İtalya olmak üzere Avrupa ülkelerine ihraç edilmektedir.

Üretim ocağın çalıştığı yıllarda 1-3m³ civarında olmaktadır. Kayacın sert ve kırılğan oluşu Kalınağıl Tipi Mermer Ocakları mermer ekonomisi açısından, zor işletilebilen ocakları temsil etmektedir.



Şekil 4: Kalınağıl Tipi Mermerlerin dağılımı

3.SONUÇLAR

Bu çalışmada mermerin hukuki ve endüstriyel tanımı dikkate alınarak; Menderes Masifi'nin güney kanadında Muğla ili sınırları içinde kalan (Şekil 1) mermer yataklarının, büyük bir kısmının Menderes Masifi Metamorfikleri içinde yer alan "Başkalaşım Mermerleri" olduğu saptanmıştır. Ayrıca mermer sektöründe son yıllarda traverten üretimine artan talep doğrultusunda; beyaz-bej renkli, iyi pekleşmiş

Neojen yaşlı kireçtaşları da geniş yüzleklerin bulunduğu Göktepe ve çevresinde işletilmeye başlanmıştır. Bunların dışında, bölgede yer alan bazik ve ultrabazik kayaların değerlendirilmesine yönelik çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır.

Mermer ekonomisi açısından önem arz eden Mesozoyik yaşlı "Başkalaşım Mermerleri" jeolojik ve ekonomik açıdan değerlendirilerek üç ana tipe ayrılmıştır;

- d.) Kestanecik Tipi
- e.) Kurukümes Tipi
- f.) Kalınağıl Tipi

KAYNAKLAR

- Schuling, R.D., 1962. Türkiye'nin güneybatısındaki menderes migmatit kompleksinin petrolojisi, yaşı ve yapısı hakkında. M.T.A. Degisi, 58, 71-84
- Kun, N., 1976. Nebiköy-Kafaca-Kavak Köyleri (Muğla-Yatağan) çevresinin jeoloji ve petrografisi. E.Ü. Fen Fak. Jeoloji Böl. (yayımlanmamış)
- Dora, Ö., 1994. Menderes Masifi'nin metamorfik ve jeotektonik evrimi. Menderes Masifi Maden Arama Projesi Birifing ve Seminerleri Bildiri Özleri Kitabı, İzmir, 18-20
- Konak, N., Çakmaköğlü, A., Elibol, E., Havzaöğlü, T., Karamanderesi, İ.H., Keskin, N., Sarıkaya, H., Sav, H ve Yusuföğlü, H., 1994 Menderes Masifi'nin orta kesimindeki bindirmeli yapıların gelişimi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, Ankara, 34-35
- Başarı, E., 1970. Bafa Gölü doğusunda kalan Menderes Masifi güney kanadının jeolojisi ve petrografisi. E.Ü. Fen Fak. İlmî Raporlar Serisi, 102, 44-54
- Dürr, S., 1975. Über alter und geotektonische stellung des Menderes Kristallins, SW Anatolien und seine Aequivanlanta in der Mitteren Aegaeis. Doç. Tezi, Marburg/Lahn, 107
- Çağlayan, A., Öztürk, E.M., Sav, H. ve Akat, U., 1980. Menderes Masifi Güneyine Ait Bulgular ve Yapısal Yorum. Jeoloji Müh. Dergisi, 10, 9-17.
- Konak, N., Akdeniz, N ve Öztür, E.M., 1987. Geology of the south of Menderes Massif. Guide book, IGCP, Project N, 5. M.T.A.
- Özer, S., 1992. Upper Cretaceous Rudists from the Menderes Massif. 6th. Cong. Of the Geological Society of Greece with Emphasision the Geology of the Aegean p. 82.
- Özer, S., 1998. Rudist-bearing Upper Cretaceous metamorphic sequences of Menderes Massif (Western Turkey). Geobios, Mem. Spec. No 22, (in press).
- Yalçın, L., 1991. Menderes Masifi Göktepe – Kavaklıdere (Muğla) yöresi metamorfiteilerinin litolojisi metamorfizması ve yapısal jeolojisi Doktora tezi. (yayımlanmamış)
- Erdoğan, B., Güngör, T., 1992. Menderes Masifinin Kuzey Kanadının Stratigrafisi ve Tektonik Evrimi TPJD Bülteni C. 4/1, 9-34.
- Erdoğan, B., Kun, N., 1998. Kişisel Görüşme. D.E.Ü. Müh. Fak. Jeo. Müh. Böl. İzmir.
- Yiğit, Ü., 1993. Kavaklıdere-Kestanecik (Muğla) Yöresi mermerlerinin jeolojik ve petrografik incelenmesi. Lisans tezi (yayımlanmamış).
- Yaşat, B., 1004. Eskihisar Köyü (Yatağan Muğla) Kuzeybatısındaki mermerlerin jeolojik ve mühendislik incelenmesi. Lisans tezi (yayımlanmamış).

KATI ATIK DEPOLAMA ALANLARININ OLUŞTURDUĞU TOPRAK VE YERALTISUYU KİRLİLİĞİNİN HİDROJEOLOJİK, TOPRAK KİMYASI VE ÖZDİRENÇ (JEOFİZİK) YÖNTEMLERİ İLE ARAŞTIRILMASI

THE INVESTIGATION OF SOIL AND GROUND WATER POLLUTION CAUSED BY SOLID WASTE STORAGE BY MEANS OF HYDROGEOLOGICAL, SOILCHEMICAL, AND GEOPHYSICAL METHODS.

KAYA M. A., SDÜ Müh.- Mim. Fak. Jeofizik Müh. Böl., 32260, Isparta.

İŞILDAR A. A., SDÜ Ziraat Fak. Toprak Böl., Atabey, Isparta.

KARAGÜZEL R., SDÜ Müh. – Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl., 32260, Isparta.

ÖZET

Bu konunun araştırılması için, oldukça yüksek geçirimsizliğe sahip alüvyonlar üzerinde vahşi depolama uygulanan, Isparta Belediyesi katı atık sahası seçilmiştir. Yapılan hidrojeolojik araştırmalar, depolama sahasında sızıntı suların son derece kirli ve yeraltısuyu akım yönünde, 630 m uzaklıkta, yeraltısuyunun henüz kirlenmediğini göstermiştir. Toprak kimyası analizlerinde bazı bölgelerde artan derinlikle atık kaynaklı kimyasal konsantrasyonların yükseldiği belirlenmiştir. Yapılan jeofizik ölçümlerde düşük öz direnç değerlerinin toprak ve yeraltısuyu kirliliği olan bölgelere rastlaması bu yöntemlerin kirlilik tespitinde uygulanabilirliğine işaret etmektedir.

ABSTRACT

To investigate this subject, the wild landfill of Isparta Municipality, which is on very permeable alluvial deposits, was selected. The hydrogeological studies show that the leakage water in the landfill area has already been contaminated, and that in the flow direction the groundwater, 630 m far from the site, has not been contaminated yet. In soilchemical analyses, it was determined that the chemical concentrations originated from waste increased with depth in some parts. In the geophysical measurements, low resistivity values were in the contaminated area. This result indicates that the geophysical (resistivity) methods can be used in order to determine contamination of ground water and soil.

1. GİRİŞ

Ülkemizde evsel ve endüstriyel nitelikli katı atıklar; doğal çevrede oluşturdukları, yüzeysuyu - yeraltısuyu, toprak ve hava kirliliğinin farkına varılmadan düzensiz olarak depolanmaktadır.

Katı atık depolama sahalarında, acil olarak toprak, su kaynakları ve hava kirlilik analizleri yapılarak, boyutlarının belirlenmesi ve bir an önce rehabilitasyon çalışmalarının başlatılması gerekmektedir. Çünkü genellikle katı atıklarla birlikte uzaklaştırılan evsel ve endüstriyel kaynaklı tehlikeli atıkların içerdikleri ağır metaller, bitki ve hayvanlarda birikim veya doğrudan insanlara geçme sonucu zehirli ve kanserojen etkiler meydana getirmektedir.

Kirlilik analizlerinde bilinen, kapsamlı ve uzun zaman alan jeolojik - hidrojeolojik ve toprak kimyası analizlerine ek olarak jeofizik yöntemlerinin uygulanması, kapsamlı araştırma yapılması gereken sahaların boyutlarının azaltılmasına yardımcı olacaktır. Bu suretle acil çözüm bekleyen kirlilik sınırlarının araştırılmasında hız kazandırılacaktır.

Bu çalışmada, Isparta Belediyesi'nin mevcut katı atık düzensiz depolama sahası pilot bölge olarak seçilmiştir. Depolamadan kaynaklanacağı tahmin edilen, yeraltısuyu ve toprak kirlilikleri hidrojeolojik, toprak kimyası ve jeofizik yöntemlerle araştırılmıştır. Farklı yöntemlerin sonuçları birbirleriyle ilişkilendirilerek, kirlilik analizlerinde jeofizik yöntemlerin uygulanabilirliği tartışılacaktır.

2. JEOLojİ

Bölgede Otokton ve allokton konumlu jeolojik birimler yüzeilenmektedir. Otokton konumlu birimler, Jura-Kretase yaşlı Davraz kireçtaşları, Paleosen yaşlı Kabaktepe Formasyonu, Miyosen yaşlı Ağlasun Formasyonu, Pliyosen yaşlı Gölcük Formasyonu ve Gölcük Volkanitleri (Andezitler) ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır. Bölgeye alloktan konumlu olarak Miyosende Isparta ofiyolit karmaşığı yerleşmiştir (şekil 1).

Katı atık düzensiz depolama sahasında yeraltı jeolojisine açıklık getirmek amacıyla bir jeolojik kesit hazırlanmıştır (şekil 1). Atıkların tabanında kalınlığı 100m'ye ulaşan alüvyonlar yer almaktadır. Alüvyon örtüsünün altında güneyde, Ağlasun Formasyonu (flişleri) yer alırken, orta kesimde andezit daykı ve Gölcük Formasyonuna ait tüfler bulunmaktadır. Kuzey kesimde, ofiyolitler üzerinde yerleşen Davraz Kireçtaşları haritalanmıştır. Kireçtaşları üzerinde 150 m kalınlığında alüvyon ve tüf örtüsü bulunmaktadır. Katı atık depolama sahasının tabanında, alüvyonların bileşenleri, sızıntı suyun düşey yönde hareketi bakımından büyük önem taşımaktadır. Yapılan jeofizik çalışmalarda, yüzeyde kalınlığı 8 m'ye ulaşan çakıl tabakası tespit edilmiştir. Bu katmanın altında, genelde killi kum hakim olurken, yer yer kil ve çakıl mercceklerine rastlanılmıştır.

3. ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

Yapılan yüzeysel gözlemler ve jeolojik araştırmalar kirliliğin katı atık depolama sahasından kuzeye doğru beklenildiğini göstermiştir. Bu nedenle, kirliliğin belirlenebilmesi için seçilen geleneksel hidrojeolojik ve toprak kimyası araştırmalarına ek olarak seçilen jeofizik yöntemler atık sahası kuzeyinde uygulanmıştır. Ölçüm ve örnekleme yöntemleri şekil 2'de gösterilmiştir.

3.1. Hidrojeoloji

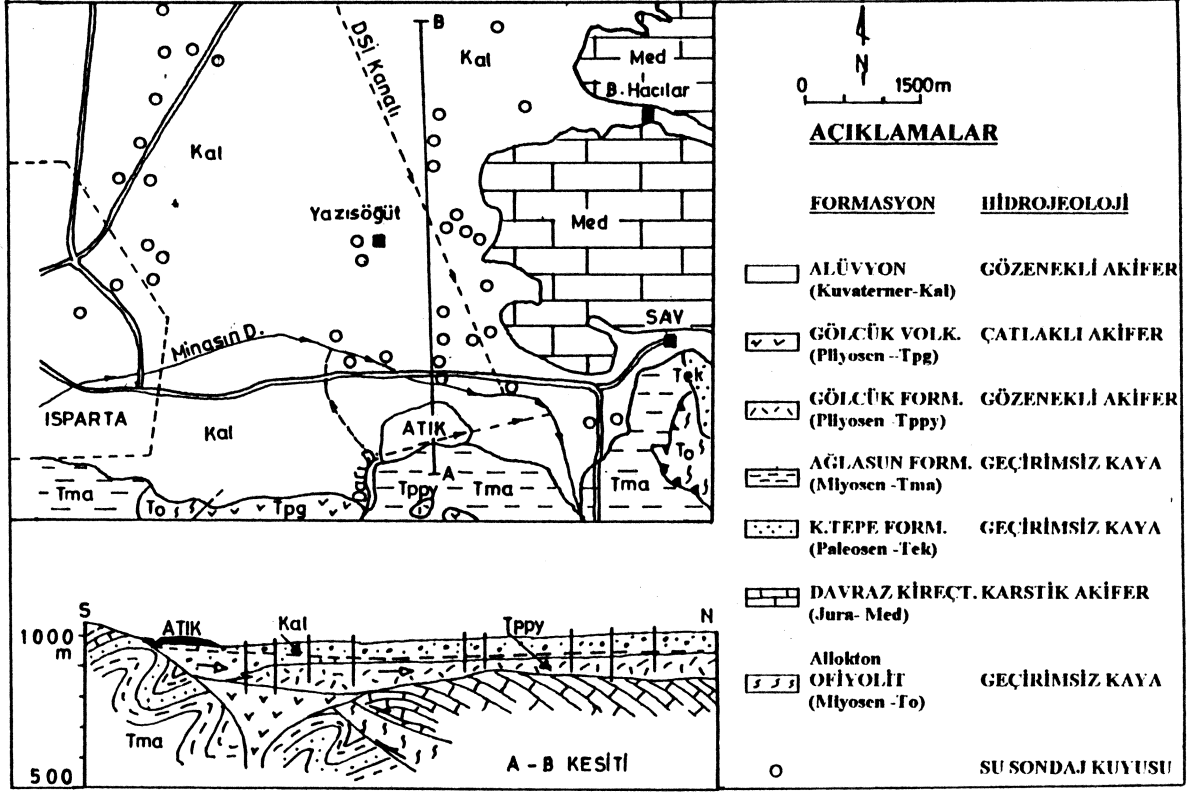
Araştırma konusu katı atık depolama sahasının da içinde bulunduğu Isparta ovasında alüvyonlar geçirimli olup önemli bir akifer oluşturmaktadır. Tabanda bulunan tüfler daha düşük geçirimlilikte olmasına karşın, akifer niteliğindedir. Kireçtaşları, çatlaklı ve karstik yapıları ile bölgenin bir başka önemli akiferidir. Bu akiferlerden içme, kullanma ve sulama amaçlı yeraltısuyu sağlanmaktadır (Irlayıcı, 1993).

Atık depolama sahası güneyinden gelen Darı Deresi, kısmen atıkların içerisinden temas ederek Isparta Çayı'na ulaşmaktadır (şekil 1). Dolayısıyla, yüzey suyunda kirlilik beklenmektedir. Depolama sahasının yaklaşık 400 m kuzeyinden ise, arıtılmamış şehir kanalizasyon suyunun karıştığı Minasın deresi akarak doğuda Isparta Çayı'na ulaşmaktadır.

Atık depolama sahasında ve yakın mesafede sondaj kuyusu bulunmadığından direk olarak statik su seviyesini vermek mümkün değildir. Yaz aylarında Darı Deresi sularının katı atık sahasında taban çakılları içerisinde kaybolmasından dolayı çalışma amacına uygun olarak, bu noktada yeraltısuyu seviyesinin yüzeyde olacağı varsayılmıştır. Sahanın kuzeydoğusunda 630 m uzaklıktaki DSİ (38728 no'lu) kuyusunda statik seviye 29 m olarak ölçülmüştür. Bu verilerden hareketle, sahadaki statik seviyenin 15-20 m derinlikte olduğu söylenebilir. Bölgedeki yeraltısuyu akım yönü ise güneyden kuzey-kuzeydoğuyadır (Karagüzel ve Irlayıcı, 1998). Geçirimli birimler üzerinde depolanan katı atıklardan sızan suların toprak ve yeraltısuyunu kirlilemesi beklenmektedir. Sızıntı suyun, yeraltısuyu kalitesine etkisini tartışabilmek amacıyla,

- Atık sahası içerisinde açılan araştırma çukurlarının birinden sızıntı suyu örneği alınmıştır.
- Depolama sahası içerisinde derin sondaj kuyusu bulunmadığı için, atık deposunun 630 m kuzeydoğusunda yer alan sondaj kuyusundan yeraltısuyu örneği alınmıştır.

Örnek, 42 l/s debi ile 50 dk. akıtıldıktan sonra alınmıştır. Örnek alımı sırasında yerinde ölçümler yapılmış, 50 dk.'lık ölçüm sırasında ortalama sıcaklık 9.8° C, redoks potansiyeli 42 mV, pH = 7.7, elektrik iletkenliği $E_c = 475 \mu\text{mhos/cm}$ ve oksijen $O_2 = 9.33 \text{ mg/l}$ bulunmuştur.



Şekil 1: Katı atık depolama sahası dolayının jeoloji haritası ve kesiti (Karagüzel ve Irlayıcı, 1993).

Alınan sızıntı suyu ve yeraltı suyu örneklerinin Dr. Lörcher Laboratories in Ludwigsburg / Germany'de analizleri yapılmıştır. Sızıntı suyu analiz sonuçları, bu suyun tipik yeni katı atık suyu olup kirlenmiş olduğunu göstermektedir. Yeraltı suyu analiz sonuçları incelendiğinde, sızıntı suyunun olumsuz etkisi görülmemektedir. Yapılan kapsamlı analizler, bölgede yeraltı suyunun hala içme suyu kalitesinde olduğunu göstermektedir (Fichtner / TÇT, 1998).

Çizelge 1: Sızıntı suyu ile yeraltı suyunun analiz sonuçları.

ANALİZ TÜRÜ	SIZINTI SUYU	YERALTI SUYU
Görüntü	Siyah, çarhurlu	Berrak
Koku	Çok güçlü	Yok
Tortu	Çok koyu kahverengi	Yok
PH 20°C'de	7.9	7.8
EC ($\mu\text{s/cm}$)	21000	480
CHC-17 Element ($\mu\text{g/l}$)	-	<10
Aroma-10 Element ($\mu\text{g/l}$)	-	<1
İnsectisit-11 Element ($\mu\text{g/l}$)	-	<0.1
Fenol-Toplam ($\mu\text{g/l}$)	-	<5
AOX (mg/l)	700	<10
TOC (mg/l)	910	-
COD (mg/l)	2.600	<5
BOD ₅ (mg/l)	220	<3
Amonyak NH ₄ (mg/l)	-	<0.01
Nitrit NO ₂ (mg/l)	<0.5	<0.01
Nitrat NO ₃ (mg/l)	-	10
Bakır Cu (mg/l)	-	<0.001
Çinko Zn (mg/l)	-	0.008

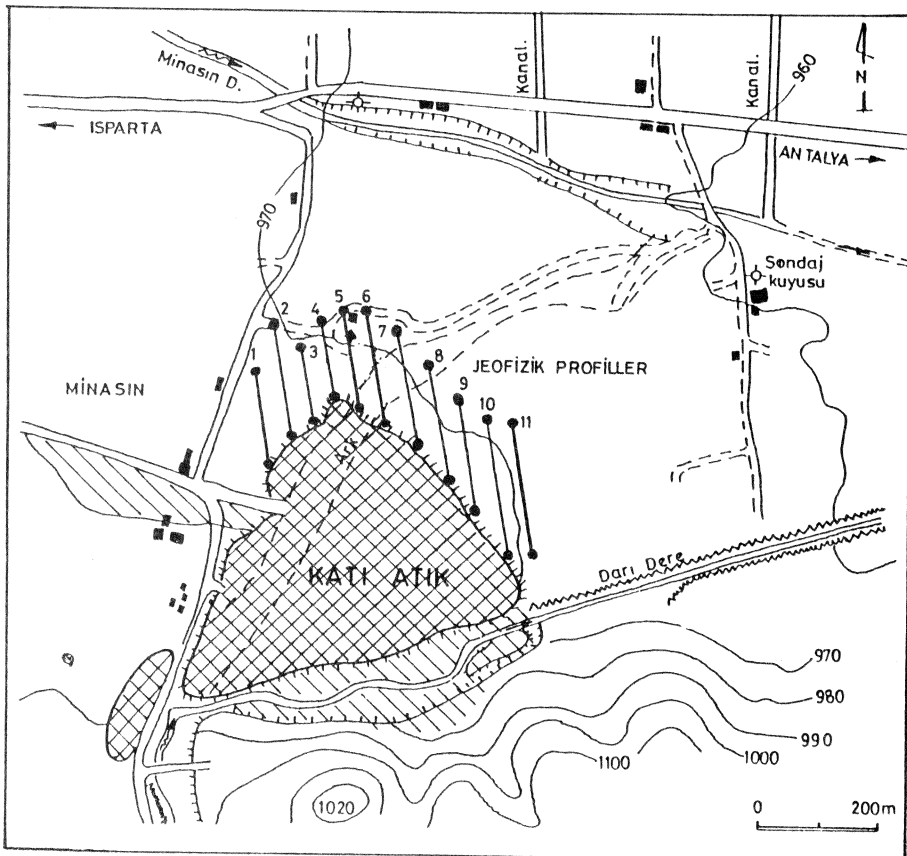
3.2. Toprak Kimyası

Isparta Minasın mevkinde, atık kaynaklı kimyasalların toprakta birikim ve yıkanma durumunu belirlemek üzere katı atık depolama sahasının kuzeybatı ve kuzeydoğu yöneylerinden atık yığınına çevreleyen 11 profil (numune çukuru) açılmıştır (Şekil 2). Profillerin 0-30 cm derinliği için 10 cm ve 30 - 120 cm derinliği için 30 cm ve 20-240 cm derinliği için 60 cm aralıklarla toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örnekleri laboratuvara getirildikten sonra havada kurutulmuş 2 mm gözenek çaplı elekten elenmiştir.

Toprak örneklerinde; reaksiyon (pH) ve elektriki geçirgenlik 1:2.5'lük toprak - su süspansiyonunda; ekstrakte edilebilir K ve Na 1 Normalite amonyum asetat ekstraksiyonunda fleymfotometreyle; elverişli P NaHCO_3 (Olsen) yöntemi, NH_4^+ NaOCl- Indofenol mavi yöntemi ve NO_3^- kromotropik asit yöntemi ile kolorimetrik olarak (Kacar, 1995) ve DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn ve Mn ise atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile (Lindsay ve Norvell, 1978) tayin edilmiştir.

Profillerin farklı derinliklerinden alınan toprak örneklerinin tayin edilen kimyasal özellikleri şekil 3'de verilmiştir. 6,7,7.1,7.2,8,9 ve 10 nolu profillerde yüzeyden itibaren 30 cm ile 120 cm arasında değişen derinliklere kadar atık kaynaklı kimyasalların yüksek konsantrasyonlarda bulunması, araştırma alanında yer yer arazi doldurma şeklindeki kontrolsüz ve tekniğine uygun olmayan atık depolama uygulamalarıyla ilişkilidir. Şekil 3'de de görüleceği gibi bu profillerin söz konusu katmanları ayrışmanın oldukça ileri aşamalarda bulunduğu atık materyallerden oluşmuştur. Diğer taraftan 2 ve 5 no'lu profillerde yüzey katmanlarındaki kimyasal konsantrasyonlarının fazlalığı farklı bir nedenden kaynaklanmaktadır. 5 nolu profil atık yığınının konumuna göre sızıntı sularının kolay etkileyebileceği, 2 nolu profil ise atık yığının hemen kenarında yüzey sızıntı sularının ark etkisinin görüldüğü bir yerde bulunmaktadır. Atık depolama sahasının kuzeybatı yöneyinde ve yüzey sızıntı sularından daha az etkilenebilecek uzaklıkta bulunan 3 ve 2.1 nolu profillerin yüzey katmanlarındaki kimyasal konsantrasyonları diğer tüm profillerden daha düşük bulunmuştur.

Yüzey katmanlarındaki atık materyalin pH üzerindeki etkisi son derece belirgindir (Şekil 3). Yüzey katmanlarında atık materyal bulunan profillerin incelenen 240 cm derinliğe kadar tüm katmanları için elde edilen pH değerleri diğer profillerden düşüktür. Bu durum atık materyallerin FeS_2 (Pirit) içermesi ile ilişkilendirilebilir. Keza pirit içeren çöp, curuf ve moloz yığınları hava ile temas etmesi halinde asitleşirler.



Şekil 2: Jeofizik ölçüm ve toprak örnekleri yerbuldurular haritası.

Ağır metallerden çoğunun toprak profilinde az hareketli olmaları nedeniyle genellikle üst katlarda birikme eğilimi gösterdiği çeşitli araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir (Karakaplan, 1982, Paramasivan ve Gopalswamy, 1994). Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak yüzey tabakalarında atık materyal bulunan profillerdeki pH düşüklüğünün ağır metal çözünürlüğünü ve dolayısıyla yıkanmasını etkilediği açıktır. Bu durum 8 ve 10 nolu profillerle 3 ve 2.1 nolu profiller karşılaştırıldığında Fe, Mn ve Zn için son derece belirgindir. Williams vd (1980), Fe, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, Cd ve Mn içerisinde sadece Zn'nun nispeten toprakta tutulmadığını ve daha fazla hareketlilik gösterdiğini bildirmektedirler. Diğer taraftan Özbek vd (1995), Mn'nin Fe'e oranla daha hareketli olduğunu ve daha kolay yıkandığını belirtmektedirler.

Atık sahasında, incelenen 240 cm derinliğe kadar tüm örnekleme tabakaları itibariyle kum-çakıl oranının yüksekliği ve hızlı geçirgenlik nedeniyle normal koşullar altında yavaş veya son derece sınırlı hareket etme yeteneğine sahip diğer kimyasalların yıkanması da hızlanmıştır.

7, 7.2, 8, 9 ve 10 no'lu profillerin 120-180 ve 180-240 cm'lik katmanlarındaki K konsantrasyonları oldukça yüksektir (Şekil 3). Diğer taraftan 7.1, 7.2, 8, 9 ve 10 no'lu profillerde atık materyalin bulunduğu yüzey tabakalardan alt tabakalara geçişteki konsantrasyon değişimleri karşılaştırıldığında Na'unun K'a göre daha hareketli olduğu görülmektedir. Sykut (1993) tarafından tınlı ve lös topraklarla yapılan lizimetre denemelerinde yıkanan bitki besin elementi miktarlarının $Ca^{++} > Mg^{++} > Na^{+} > K^{+}$ şeklinde sıralandığı bildirilmektedir. Profillerde derinliğe bağlı P konsantrasyonu değişimi incelendiğinde P'un üst katmanlarda daha fazla tutulduğu görülmektedir. Ancak yinede 180-240 cm'lik tabakada, 5 ve 6 nolu profiller dışında diğer tüm profiller için bulunan P konsantrasyonları 3 ve 2.1 profillerine göre daha yüksektir.

Elektiriki geçirgenlik değerleri tuzlu toprakları için sınır kabul edilen 4 μ mhos/cm'nin altındadır. Ancak yüzey katmanlarında atık materyal bulunan profillerde değişen derinlikler itibariyle EC 73-2360 μ mhos/cm arasında bulunurken 3 ve 2.1 nolu profillerde EC 43-74 μ mhos/cm arasındadır (Şekil 3). Bu durum tuzlulaşmanın etkisini açık olarak göstermektedir. Diğer taraftan yüzey katmanlarında atık materyal bulunan profillerde tuz yıkanmasının etkisi de son derece belirgindir. Çalışma sonuçları profillerde genellikle tüm katmanlar itibariyle pH, elektriki geçirgenlik ve kimyasal konsantrasyonları değişiminin birbirleriyle uyumlu olduğunu göstermektedir.

3.3. Özdirenç Çalışmaları

Jeofizik uygulamalar, 1990'lı yıllara kadar farklı jeolojik sorunların çözümü için yürütülmüş olup Ward'ın 1990 yılındaki örnekleri ile geçmişten beri yapılagelen çalışmaların çoğunun aynı zamanda çevre jeolojisi sorunlarının çözümüne yönelik olduğu anlaşılmıştır. Örneğin uzun yıllardır hidrojeoloji uygulaması olarak, tatlı-tuzlu su ayrımı, jeofizik yöntemlerle yapılagelmektedir (Ward,1990; Keçeli vd, 1993; Frohlich vd, 1994 gibi).

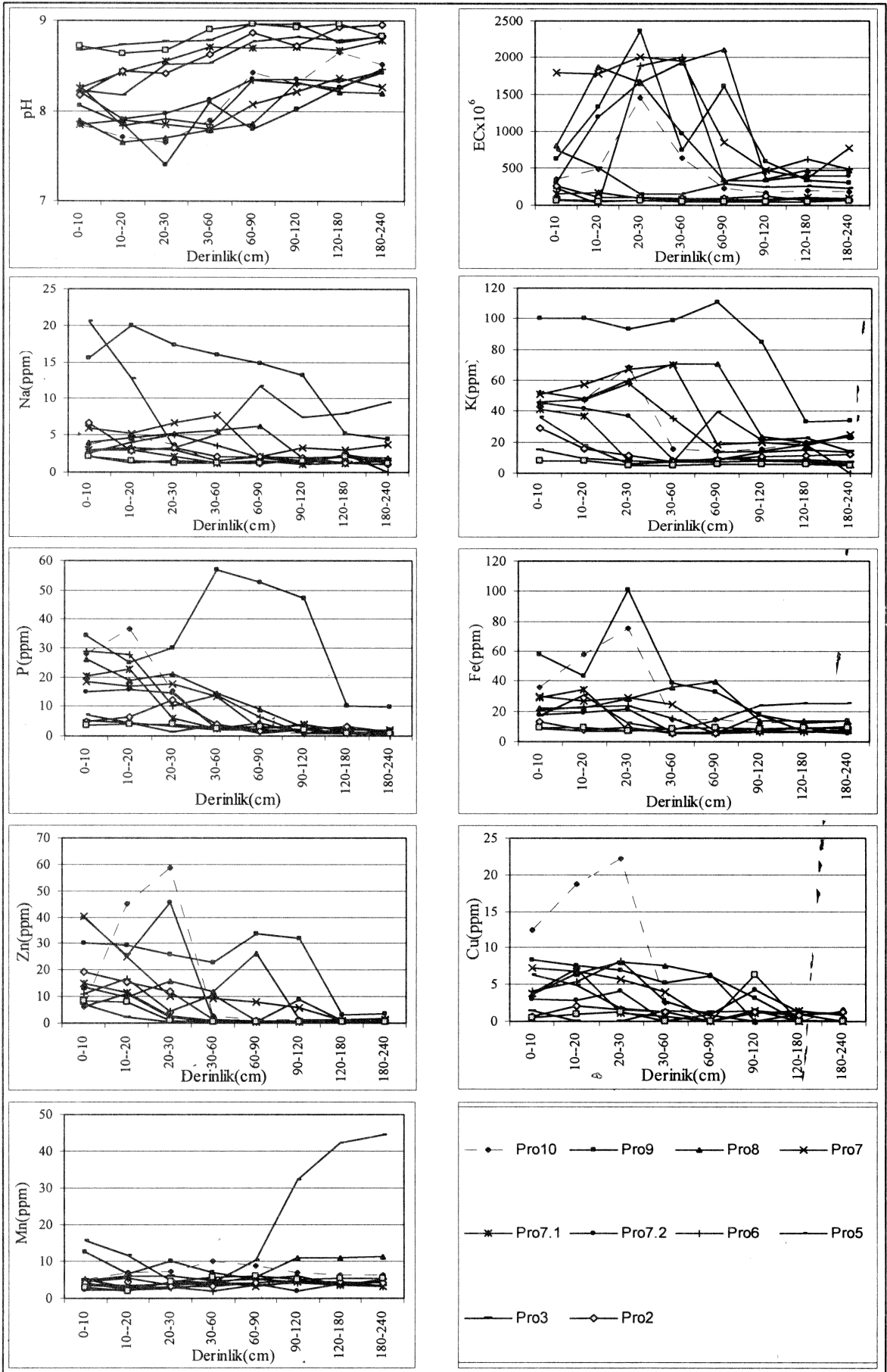
Yeraltısuyu akiferlerinin atık alanlarına civarında olması durumunda, yeraltısuyu kirliliğinin jeofizik özdirenç yöntemi ile belirlenebileceğini de Ross vd (1990), Kobr ve Linhard (1994) ve Matias vd (1994) gibi araştırmalarla gösterilmiştir.

Yeraltısuyunun kirlenmesinin yüzeyden jeofizik yöntemlerle araştırılmasında, özdirenç yönteminin kullanılmasının belirli nedenleri vardır; Öncelikle, ortama giren bir kirleticisi iyon miktarını artırmakta ve elektrik akımının iyonlarla taşınması nedeniyle iletkenlik, ortamın kirleticisinin girmesinden önceki ilk durumuna göre, düşmektedir. İkincil olarak özdirenç etkileyen tuzluluktur. Tuzlanma belirli bir değere kadar, özdirenç oldukça düşüren bir etkidir ve bir çok tuzun eşdeğer cinsinden ifadesi de olabilmektedir.

Bu araştırmada, toprağın ve sığ derinlikte yer alan yeraltısuyunun yüzeyden sızan kirleticilerden etkilenip etkilenmediğini belirlemek amacı ile özdirenç yöntemi uygulanırken, Corwin (1990)'da çevre araştırmaları için önemi vurgulanan doğal gerilim (Self Potential, SP) yöntemi ikinci yöntem olarak seçilmiş ve böylece SP ölçümleri ile yeraltısuyu akış yönüne de açıklık getirilebileceği varsayılmıştır.

Özdirenç yöntemi, yeraltısuyu akışının güneyden kuzeye doğru olması nedeniyle K-G doğrultulu ve 40 m aralıklı ölçü doğrultularında üzerinde çöplükten itibaren ilk 100 m'ye kadar 25 m ve 100 m'den sonra 50 m aralıklarla düşey elektrik sondajı (DES) şeklinde uygulanmıştır (şekil 2). Schlumberger açılımı kullanılarak hidrojeolojik olarak 15 m civarında olduğu varsayılan sığ yeraltısuyu seviyesini belirleyebilmek için elektrod aralığı $AB/2=0.5$ m'den $AB/2=30$ m'ye seçilmiştir.

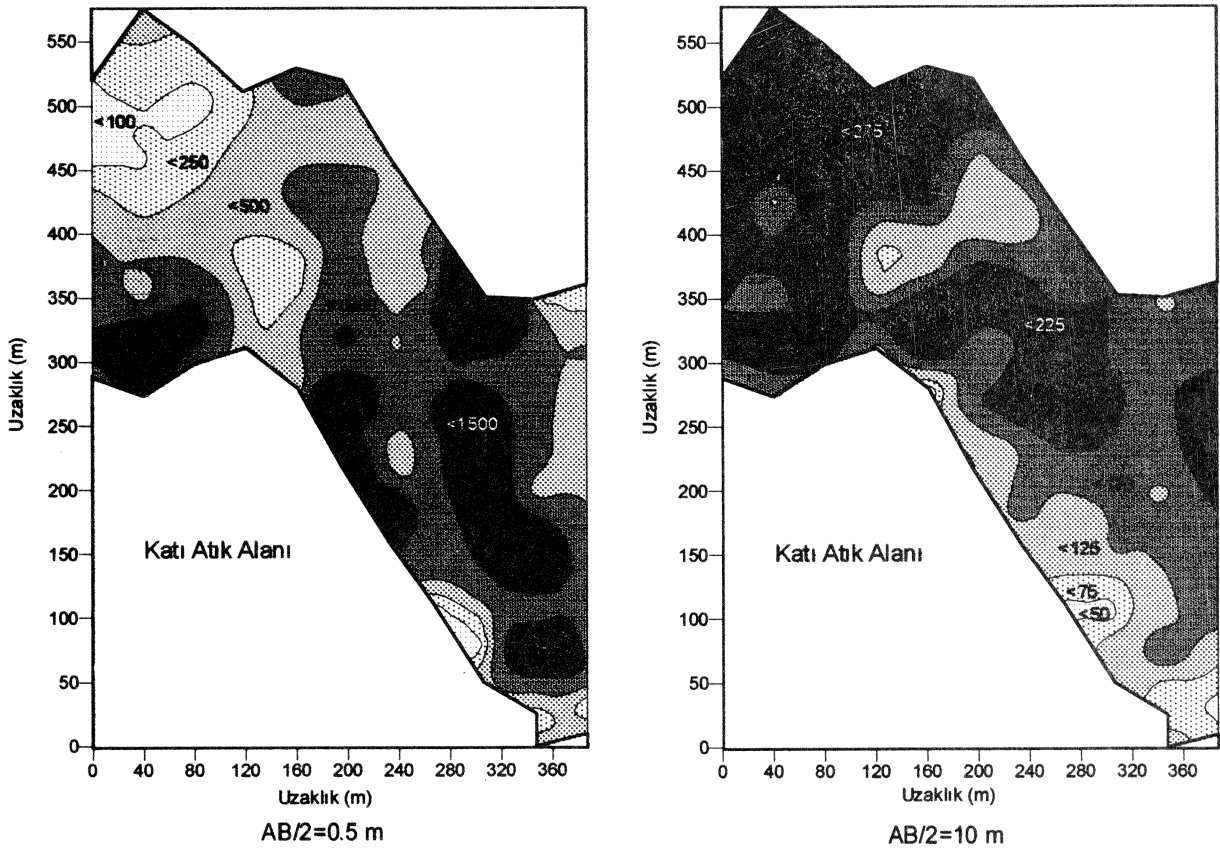
Elde edilen görünür özdirenç verilerinden öncelikle görünür özdirenç kat haritaları çizilmiş ve üzerlerine ohm m biriminde değerler yazılarak belirli derinlik seviyeleri için görünür özdirenç değişiminin izlenmesi



Şekil 3: Toprak kimyası analiz grafikleri

amaçlanmıştır (Şekil 4). $AB/2=0.5$ m, 0.8 m gibi küçük elektrod aralıklarında çöplüğe yakın kısımlarda izlenen yüksek özdirenç yüzeyde yer alan petrol türevi yapay malzemelerden veya iri bloklardan kaynaklanmaktadır. Çöplükten kuzeye doğru uzaklaştıkça özdirençin gittikçe azalması ise sığ derinliklerde çakıl ve killi kumun kuzey kesimlerde daha sığ olması nedeniyledir. $AB/2=10$ m – 15 m aralıklarda özdirençin tüm saha için düşük olduğu gözlenir ki, bu değerler killi kum gibi jeolojik katmanlara karşılık gelebilir. Çöplükten uzaklaştıkça artmaktadır. $AB/2=25$ m – 30 m gibi açılım değerlerinde çöplüğün doğusunda görünür özdirençler kuzey ve kuzeybatı bölümlerine oranla daha düşük (50-150 ohm m) olup çöplükten uzaklaştıkça büyümektedir.

İlk 0.8 m derinliklere kadar yer alan çok yüksek özdirençli kesimlerin toprak numune çukurlarında iri bloklar veya petrol türevleri olduğu görülmüştür. Daha derinlere doğru ise yer yer 8 m'ye ulaşan çakıllar ve daha altta kil ve çakıl mercikleri içeren killi kum seviyeleri yerelektrik kesitlerde görülmüş olup bu killi kum seviyelerinin 15-20 m'ler civarında yeraltısuyu taşıyabileceği hidrojeolojik olarak belirtilmiştir.



Şekil 4. Farklı derinliklerin ($AB/2$) görünür özdirenç kat haritaları.

4. TARTIŞMA

Yeraltısuyunun 630 m uzaklıkta henüz kirlenmemiş olması;

- Sızıntı suyunun killi alüvyon ortamlarda, doğal arıtma proseslerinden geçtiğini
- Yeraltısuyu örnekleme noktasının 630 m uzakta olması dolayısıyla kirliliği henüz bu mesafeye ulaşamamış olması ile açıklanabilmektedir.

Bölgedeki yeraltısuyu kirliliği konusunda, en sağlıklı yaklaşım atık sahası içerisinde açılacak bir sondaj kuyusundan alınacak su örnekleri analizi sonucunda yapılabilecektir.

Katı atık depolama sahasında 6, 7, 7.1, 7.2, 8, 9 ve 10 nolu profillerde 3 ve 2.1 no'lu profillere göre değişen derinlikler itibarıyla atık kaynaklı kimyasal konsantrasyonlarının yüksekliği, kuzeydoğu bölgesinde toprak kirlenmesi varlığının bir göstergesi olarak kabul edilmiştir. Toprak kirliliği analizleriyle belirlenen bu kirlilik, şekil 4'de görüldüğü gibi görünür özdirenç değerlerinin çöplükten uzaklaştıkça artması şeklinde jeofizik araştırma ile gözlenmiştir.

Yüzeiden akan Darı Dere'ye yakın 7, 8, 9 ve 10. ölçü doğrultularının AB/2=5 m'den 30 m'ye kadar elektrod aralıkları için diğer ölçü doğrultularına oranla atık alanına yakın ilk noktalarda düşük özdirençli olması bunun göstergesidir.

Jeolojik olarak yapının çok fazla değişmemesi durumunda özdirençteki bu düşme, ancak ortama kirliticilerin girmesi sonucu ortamda iyon ve tuzluluğun artması ile açıklanabilir. Böylece elde edilen veriler, toprak kimyası sonuçları ile birlikte değerlendirildiği zaman kirliliği tanımlayabilecek niteliktedir. Bu da toprak ve yeraltısuyu kirliliği araştırmaları için özdirenç yönteminin uygulanabilirliğini göstermektedir. Diğer taraftan özdirençle ulaşılan bu sonucun doğruluğu için yeraltısuyu akış yönü için SP değerlendirmesinin sonucunu beklemek gerekmektedir. En önemlisi, ekonomik güçlüklerle açtırılmayan 20 m'lik birkaç mekanik sondajın, jeofizik belirtilere göre, yaptırılması litolojiyi belirlerken sondajdan alınacak örneklerin toprak kimyası analizleri de sonucu doğrulamakta yardımcı olacaktır.

KATKI BELİRTME

Bu araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından 74 no'lu proje olarak desteklenmiştir.

5. KAYNAKLAR

Corwin R. F., 1990, The Self-Potential for Environmental and Engineering Applications, Geotechnical and Environmental Geophysics, (Ed. Ward, S.H.), SEG Pub., U.S.A..

Fichtner/TÇT, 1998, Isparta Belediyesi Katı Atık Yönetimi Projesi, Isparta.

Frohlich R. K., Urich D. W., Fuller J., O'reilly M., 1994, Use of Geoelectrical Methods in Groundwater Pollution Surveys in a Coastal Environment, Journal of Applied Geophysics, 32, 139-154.

Irlayıcı, A., 1993, Isparta Ovası Hidrojeolojisi ve Yeraltısuları ile İlgili Çevre Sorunları, SDÜ Fenbilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yük. Lisans Tezi, Isparta.

Kaçar, B., 1995, Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri. A.Ü. Zir. Fak. Eğt. Arş. ve Gel. Vak. Yay. 3.

Karagüzel, R. ve Irlayıcı, A., 1993, Evsel ve Endüstriyel Katı Atık Depolama ve Kanalizasyon Boşaltım Sahalarının Çevresel Etki Değerlendirilmesi ve Isparta Örneği, II. İzmir ve Çevresinin Jeoteknik Sorunları Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İzmir.

Karagüzel, R., Irlayıcı, A., 1998, Groundwater Pollution in the Isparta Plain, Turkey, Environmental Geology, 34 (4), 303-309.

Karakaplan, S., 1982, Malatya'da Kanalizasyon Suyu ile Sulanan Toprakların Kimyasal Özelliklerindeki Değişmeler, Atatürk Üniversitesi Zir. Fak. Der., 13 (1-2), 69-79.

Keçeli, D.A., Kaya, M.A., Türker, A.E. ve Kamacı, Z., 1992, Yeraltısuyu Kirlenmesi ve Yayılımının Jeofizik Mühendisliği Yöntemleri ile Saptanması, Kuşadası Belediyesi 2. Yeraltı Kaynakları ve Çevre Sorunları Sempozyumu, Kuşadası.

Kobr, M. And Linhart, I., 1994, Geophysical Survey as a Basis for Regeneration of Waste Dump Halde 10 Zwickau Saxony, Journal of Applied Geophysics, 31, 107-119.

Lindsay, W.L. ve Norwell, W.A., 1978, Development of DTPA Soil Test Zn, Fe, Mn and Cu. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 42: 421-428

Matias, M.S., Da Silva, M.M., Ferreira, P. and Ramalho, E., 1994, A Geophysical and Hydrogeological Study of Aquifers Contamination by a Landfill, Journal of Applied Geophysics, 32, 155-162.

Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H., 1995, (Çeviri), Scheffer/Schachtschabel Toprak Bilimi. Ç. Ü. Zir. Fak. 73, 213-216.

Paramisivan, P. Ve Gopalswamy, A., 1994. Distribution of Micronutrients in Lower Bhavani Project Command Area Soil Profiles, Madras Agric. J., 81 (10), 545- 547.

Ross, H.P., Mackelprang, C.E. and Wright, P.M., 1990, Dipole-Dipole Electrical Resistivity Survey at Waste Disposal Study Sites, Geotechnical and Environmental Geophysics, (Ed. Ward, S.H.), SEG Pub., U.S.A..

Sykut, S., 1993, Dynamics of Nutrient Leaching Process From Soil in a Lysmeter Experiment. II. Cations. Parnietnik, Pulawski, 103, 37-56

Ward, S.H., 1990, Geotechnical and Environmental Geophysics, V. I, II, III, (Editor), SEG Pub., U.S.A..

ISPARTA BELEDİYESİ SENİRCE-II KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA SAHASI JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMESİ

GEOTECHNICAL EVALUATION OF THE ISPARTA MUNICIPALITY SENİRCE-II SOLID WASTE LANDFILL SITE

Remzi KARAGÜZEL
Mahmut MUTLUTÜRK
Ali YALÇIN

S.D.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü - Isparta
S.D.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü - Isparta
S.D.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü - Isparta

ÖZET

Katı atık depolamada jeolojik engel oluşturacak yer seçimi önemli bir aşamadır. Ancak, jeolojik ortamlar, sızıntı suyun sızdırmazlığı açısından, istenilen düzeyde geçirimsizliğe sahip değildirler. Bu nedenle, düzenli depolamanın yapay geçirimsiz engelle birlikte jeolojik ortam koşullarına uygun olarak projelendirilmesi gerekir. Bu çalışmada, Isparta Belediyesi katı atık düzenli depolama alanı olarak seçilen Senirce-II sahasının jeoteknik etüdü yapılarak, deponinin projelendirilmesinde baz oluşturacak, temel kayanın mühendislik özellikleri verilmiştir. Seçilen sahanın önlemler alındığı takdirde jeolojik bariyer özelliği taşıdığı, jeoteknik ve hidrojeolojik açıdan depolamaya uygun olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

Selection of an impervious geological site is an important initial step of the waste disposal activities. However, geological units are not completely impervious when leakage of the water is considered. Therefore the waste disposal site should be designed with man-made impermeable basic layer which has to be integrated with geological conditions of the site. In this work, the geotechnical investigation of the Senirce-II landfill site of Isparta Municipality has been studied and the required geotechnical parameters of the soil are given. It is seen that the selected site is suitable geologically geotechnically and hydrogeologically provided that the necessary precautions are taken.

1. GİRİŞ

Çevre bakanlığı yer seçim kriterlerine göre, Isparta Belediyesi'nin 25 yıllık evsel nitelikli katı atığın depolanması için, Senirce-II sahası seçilmiştir (Karagüzel vd., 1998). Senirce II depolama sahası Isparta ilinin kuzey batısında, Yatakdag Tepe (1530m.), Karabacakalanı Tepe, Sütleşen Çukuru arasında yer almaktadır. Sahanın ortalama topoğrafik yüksekliği 1050m olup yerleşim alanına 19 km uzaklıktadır (Şekil 1).

Çalışmalar, arazide mühendislik jeolojisi harita alımı, araştırma çukurları, 1 adet araştırma-gözlem kuyusu, arazi ve laboratuvar deneyleri yapılarak sürdürülmüştür. Deney bulguları değerlendirilerek

Senirce-II sahasının depolama yeri olarak uygunluğu tartışılmış ve depolama tesisi inşasına baz teşkil edecek temel veriler sunulmuştur.

2. BÖLGESEL JEOLOJİ

Senirce II depolama sahası ve yakın çevresinde jeolojik yapıya açıklık getirmek amacı ile jeoloji haritası ve kesidi hazırlanmıştır (Şekil 1). Bölgede ottokton ve paraotokton jeolojik birimler yer alır (Yağmurlu vd., 1994) Bölgedeki kaya birimleri egemen olarak karbonat kayalardan ve kırıntılı tortullardan oluşur. Geç Kretase yaşlı karbonat topluluğu alttan üste doğru Söbüdağ ve Senirce kireçtaşlarından oluşur. Tersiyer yaşlı kırıntılı tortullar karbonat topluluğunu uyumsuzlukla üzerlemektedir. Kırıntılı tortullar alttan üste doğru, Kızılkırmatepe ve Kayıköy Formasyonlarından oluşmaktadır.

Söbüdağ Kireçtaşı (Ks): Çalışma alanının doğusunda K-G yayılım gösteren Söbüdağ kireçtaşları, genellikle gri, orta-kalın katmanlı ve yersel olarak masif yapılıdır. Birimin gözlenebilen kalınlığı 600 m. dolayındadır. Bölgesel tektonizmadan etkilenen kireçtaşlarında yaygın kırık sistemleri gelişmiştir. Karstik bir yapı sunan kireçtaşlarında yer yer irili ufaklı mağaralar ve dolinler gelişmiştir.

Senirce Kireçtaşı (Kse): Senirce kireçtaşı, açık gri, ince-orta düzgün katmanlı, yerel çörtlü ve şeyl ara katmanlarından oluşmaktadır. Birimin gözlenebilen kalınlığı 175 m. dolayındadır. Birimi oluşturan plakette kireçtaşlarında bol çatlaklı yapı ve erime boşlukları karakteristiktir.

Kızılkırmatepe Formasyonu (Tkz): Kızılkırmatepe formasyonu egemen olarak kırmızı çamurtaşları ve kumtaşları araldanmalıdır. Çamurtaşları ince-orta düzenli katmanlı ve zayıf pekleşmiştir. Kumtaşları ise yine kırmızımsı, ince-orta katmanlı, kötü boylanmalı ve yersel çakıltaşı arakatmanlıdır.

Kayıköy Formasyonu (Tka): Senirce II depolama sahası ve çevresinde geniş alanlarda haritalanan birim, kumtaşı, ince taneli çakıltaşı, çamurtaşı ve kıltaşı araldanmalıdır. Kıltaşı yerel kömürleşmiş bitki kalıntılıdır. Formasyon içerisindeki yer yer çörtlü kireçtaşları dm- m kalınlığında arakatmanlar halinde bulunurlar.

Alüvyon (Qa): Çalışma alanında ova düzlükleri ve dere yataklarında Kuvaterner yaşlı alüvyonlar haritalanmıştır. Senirce Ovasında alüvyon istifi daha çok eski göl tortullarını yansıtan, zayıf pekleşmiş çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı bileşenlerinden oluşur.

Senirce II depolama sahası ve Söbüdağ batısında kil, silt, kum, çakıldan oluşan ve önemli kalınlığa ulaşan alüvyal örtü çökelleri haritalanmıştır

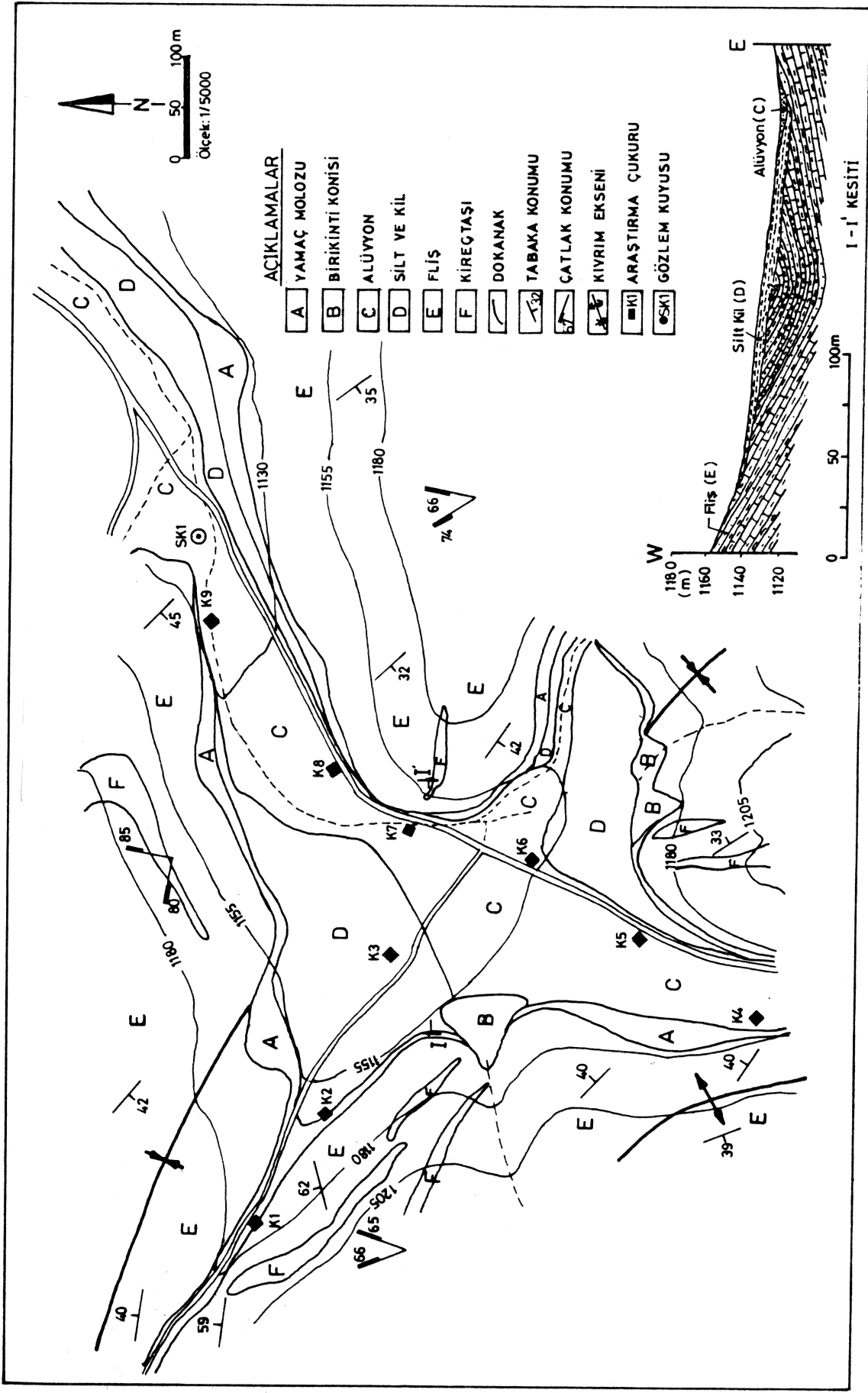
Güneybatı Anadolu' daki Neotektonik bölge blok faylanmaya uğramıştır.. Bu sıkışma ve genişleme etkileri sonucunda birçok horst ve grabenler ve aynı yaşta olmasına karşın birbirini kesen birçok fay takımları oluşmuştur. Bu faylardan bazıları günümüzde de aktivitelelerini sürdürerek depremlere neden olmaktadırlar Alpin orojenezinin etkisinde bölgedeki jeolojik birimler kırıklı-çatlaklı ve faylı bir yapı kazanmışlardır(Koçyiğit,1984)

Senirce II depolama sahası yakın çevresinde yer alan yapısal unsurları faylar ve kıvrımlar şeklinde toplamak mümkündür. Bölgedeki kıvrımlar, daha çok Eosen yaşlı Kayıköy Formasyonu içinde gözlenmesine karşın fayların büyük bölümü kireçtaşları içinde ve çevresinde haritalanmıştır (Şekil 1).

3. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Depolama sahasında, zeminin temel olabilme özelliklerini tartışmak amacıyla 1/ 1000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası ve kesidi hazırlanmıştır (Şekil 2). Depolama alanı ve civarında iki farklı birim gözlenmektedir.

Fliş: Altta ince katmanlı (3-6 cm), gri-bej kıltaşı, killi kireçtaşı düzeyleri ile başlayıp, doğudan batıya doğru gidildikçe üste doğru gri kumtaşları ve gri-bej kireçtaşları ile devam etmektedir. Kumtaşlarının kalınlığı 5-20 cm arasında değişmektedir. Gri-bej mikritik dokulu killi kireçtaşlarının kalınlığı 3-20 cm arasındadır. Gri-bej taneli görünümü kireçtaşları kalın katmanlı (50-150 cm), yer yer masif görünümü, bol kırıklı çatlaklı ve erime boşlukludur. İkincil olarak kalsit ve kil dolgulu olan çatlaklar yer yer boştur. Çatlak açıklıkları 2-15 cm arasında değişmektedir. Fliş içerisinde yer yer 5-20 cm kalınlığında çakıltaşı düzeyleri gözlenmektedir. Fliş içerisinde özellikle kireçtaşı düzeylerinde yumrular ve ince katmanlar (2-10 cm)



Şekil 2: Deponi Alanının Mühendislik Jeolojisi Haritası ve Kesiti

halinde çörtler vardır. Flişi oluşturan tüm birimler kırıklı ve çatlaklı olup, çatlaklar genelde kalsit dolguludur.

Alüvyon: İçerisinde blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutunda değişen çeşitli malzemeler bulunmaktadır. Depolama alanının temelini oluşturan alüvyon dört ayrı birime ayırılarak haritalanmıştır. Bunlar sırasıyla sahada en altta gözlenen kırmızı renkli killer. Killeri içerisinde seyrek olarak çakıllara rastlanmaktadır. Killeri üzerinde dere tarafından getirilen çakıllardan oluşan ve bu killeri ile karışmış durumda blok, çakıl, kum ve silt boyutundaki malzemelerden oluşan dere alüvyonu bulunur. Bu kesimlerde yapılan gözlem çukurlarında 1.5 ile 3.0 m arasında değişen derinliklerde kırmızı killeri rastlanılmıştır. Yamaç eteklerinde ayrışan malzemenin killeri ile karışmış olarak gözlenen blok ve çakıl oranı killeri göre fazla olan yamaç molozu olarak haritalanmıştır. Eğimi fazla olan yan derelerin ani yağışlara bağlı olarak getirmiş olduğu, blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki malzemelerin renkli killeri ile karışması sonucu oluşan yığışım malzemeleri alüvyon yelpazesi olarak haritalanmıştır.

Depolama yapılması düşünülen sahada temel zeminin özelliklerinin belirlenmesi ve yanal-düşey devamlılıklarının gözlenebilmesi için 9 adet araştırma çukuru açılmıştır. Araştırma çukurlarının temel kayanın doğal yapısını bozmaması açısından, depolama alanının sınırlarında kalmasına özen gösterilmiştir. Bu çukurlar daha sonra doldurularak son 1.0 m'lik bölümü kil ile sıkıştırılmıştır. Açılan araştırma çukurlarında farklı görülen tüm seviyelerden 27 adet örselenmiş örnek alınmıştır. Ayrıca iki çukurdan 2 adet örselenmemiş örnek alınmıştır (Şekil 2). Alınan tüm örneklerden yapılan deneysel çalışma sonuçları çizelge 1,2 ve 3'de verilmiştir. Temel sondajından elde edilen kaya örneklerine ait deney sonuçları çizelge 4'de verilmiştir.

Depolama sahasının taşıma gücü yapılan fiziko-mekanik deney sonuçlarından yararlanılarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda depolamadan gelebilecek yüklerin 2x2 m boyutlarındaki tekil bir temel ve 1 m kazı derinliği olabileceği varsayılmıştır. Mayerhof, Hansen vd. göre yapılan hesaplarda temel zeminin izin verilebilir taşıma gücü 47 t/m² dir. Bu tip zeminlerde izin verilebilir taşıma gücü DİN 1054'e göre 20-40 t/m² tavsiye edilmektedir. Taşıma gücünün bu tip zeminler için yüksek çıkması, zeminin katı kıvamda ve içindeki kum miktarının yüksek ve sıkı olmasından kaynaklanmaktadır.

Depolama sahasında temel zeminin özelliklerinin derinlikle değişimini belirleyebilmek amacıyla bir adet 30 m derinliğinde karotlu temel sondaj kuyusu açılmıştır. Temel kayanın permeabilitesini belirlemek amacıyla temel sondaj kuyusu 9 5/8" çapına genişletilmiştir. Kuyu 6" çapında filtrelili boru ile teçhiz edilmiş ve çakılanmıştır. Deney için kuyu ağız kotuna kadar su ile doldurulmuş ve zamana bağlı seviye değişimleri kaydedilmiştir. Hvorslev (1951).göre yapılan hesap sonucunda temel kayanın permeabilitesi 3.45. x 10⁻⁹ m/s bulunmuştur. Bu düşük permeabilite katsayısına göre temel kaya jeolojik bariyer özelliği taşımaktadır.

Senirce II depolama sahası Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 1996 yılında hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre Birinci derecede deprem bölgesinde yer almaktadır. Sahanın yakınında en şiddetli depremler 12 Mayıs 1971 tarihindeki 5.9 magnitüdü Burdur ve 1 Ekim 1995 tarihinde Dinar' da 6.0 magnitüdüde olmuştur. Senirce II depolama tesisinin 4 km Güneydoğusunda Kayıköy civarında 17 Nisan 1998 tarihinde 4.0 ve 4.4 magnitüdüde depremler kaydedilmiştir. Depolama tesisi projelendirilirken deprem ivmesi ile ilgili çalışmalar hassas olarak yapılmalıdır.

5. HİDROJEOLJİ

Isparta Meteoroloji İstasyonunun 1932 - 1998 arasındaki ölçüm değerlerine göre, maksimum günlük yağış 108.9 mm ve yıllık maksimum toplam yağış 968.9 mm ölçülmüştür. Ortalama yağışın ise 579 mm olduğu tesbit edilmiştir. Depolama sahası yüzey drenaj alanında, göl, gölet, kaynak boşalımı ve sürekli akan yüzey suları bulunmamaktadır. Mevsimlik akan Kan ve Kızılçubuk dereleri bulunmaktadır. Kan Deresi 2 281 250 m² ve Kızılçubuk Dere 1 187 500 m² yüzey drenaj alanına sahiptir. Bu iki kuru dere Senirce II depolama sahasında birleşerek çalışma alanının doğusunda Kağrı Dere üzerinden Senirce ovasına boşalmaktadır (Şekil 1). Senirce II Katı Atık Depolama Sahası yüzey drenaj alanı içinde ve mansabında kaynak boşalımı yoktur. Saha içerisinde yeraltısuyu sağlanan adi, keson ve derin sondaj kuyusu bulunmamaktadır. Depolama sahası mansabında yüzeyleyen Söbüdağ kireçtaşları karstik akifer ve Senirce köyü çevresinde

Çizelge 1: Zeminlerin fiziksel özellikleri

Kuyu	Derinlik (m)	Örnek No.	γ_n t/m ³	γ_s t/m ³	W_n %	LL	PL	PI	Çakıl	Kum	Silt/kil	USCS Sembol	USCS Grup Adı
K-I	1.00	1 A	--	2.8	--	38	26	12	43	17	40	GC	Killi kumlu çakıl
K-I	1.00	1 B	--	2.57	--	35	20	15	42	18	40	GC	Killi kumlu çakıl
K-I	1.00	1 C	1.75	--	15	--	--	--	--	--	--	--	--
K-II	1.00	2 A	--	2.37	--	55	24	31	6	10	84	CH	Kumlu yağlı kil
K-II	1.00	2 B	1.65	--	24	--	--	--	--	--	--	--	--
K-III	1.75	3 C	1.78	2.65	--	34	14	20	37	21	42	GC	Killi kumlu çakıl
K-III	3.00	3 A	-	2.71	--	40	36	4	13	12	75	ML	Çakıllı silt
K-III	3.00	3 B	1.83	--	24	--	--	--	--	--	--	--	--
K-IV	1.00	4 A	--	2.35	--	41	34	7	52	13	35	GM	Siltli çakıl
K-IV	1.00	4 B	1.69	--	21	--	--	--	--	--	--	--	--
K-V	1.00	5 A	1.68	2.46	--	30	22	8	80	12	8	GP-GC	Killi kötü derecelenmiş çakıl
K-V	1.75	5 D	1.70	2.71	--	31	16	15	51	25	24	GC	Killi kumlu çakıl
K-V	4.25	5 B	1.86	--	18	--	--	--	--	--	--	--	--
K-V	4.25	5 C	--	2.50	--	28	14	14	10	34	56	CL	Kumlu temiz kil
K-VI	1.50	6 A	1.70	2.61	--	35	24	11	55	19	26	GC	Killi kumlu çakıl
K-VI	4.00	6 B	1.78	--	18	--	--	--	--	--	--	--	--
K-VI	4.00	6 C	--	2.50	--	28	14	14	10	34	56	CL	Kumlu temiz kil
K-VII	1.50	7 A	1.78	2.72	--	32	20	12	52	23	25	GC	Killi kumlu çakıl
K-VII	3.70	7 B	1.74	--	14	--	--	--	--	--	--	--	--
K-VII	3.70	7 C	--	2.83	--	34	16	18	42	28	30	GC	Killi kumlu çakıl
K-VIII	1.00	8 A	--	2.87	--	31	15	16	61	24	15	GC	Killi kumlu çakıl
K-VIII	3.50	8 B	1.73	--	9	30	16	14	52	25	23	GC	Killi kumlu çakıl
K-VIII	4.50	8 C	--	2.66	--	43	19	24	1	17	82	CL	Kumlu temiz kil
K-VIII	4.50	8 D	1.82	--	21	--	--	--	--	--	--	--	--
K-IX	1.00	9 A	--	2.48	--	33	22	11	43	23	34	GC	Killi kumlu çakıl
K-IX	2.50	9 B	1.76	--	18	--	--	--	--	--	--	--	--
K-IX	2.50	9 C	--	2.70	--	30	20	10	24	28	48	CL	Çakıllı kumlu temiz kil

Çizelge 2: Örstenmemiş zeminlerin fiziksel özellikleri

Kuyu No	Örnek	Derinlik m	W _n %	δ(n) t/m ³	G(s) t/m ³	LL	PL	PI	Elek analizi		Grup Sembolu
									+4 %	-200 %	
K-II	UD	1.0-1.5	17.5	1.85	2.68	47	26	21	10	52	CL
K-III	UD	3.0-3.4	21.4	1.83	2.69	45	23	22	1	56	CL

Çizelge 3: Örstenmemiş zeminlerin mekanik özellikleri

Kuyu No	Örnek	Derinlik m	q(u) kg/cm ²	Üç Eksenli basınç deneyi	
				C kg/cm ²	φ°
K-II	UD	1.0-1.5	1.49	-	-
K-III	UD	3.0-3.4	3.38	1.14	14

Çizelge 4: Temel kaya bazı mühendislik özellikleri

Örnek	Tek eksenli basınç dayanımı kg/cm ²		Çözünabilirlik	Ayrışma direnci	Permeabilite K(m/s)
	Taze	Ayrışmış			
Killi kireçtaşı	419.75	325.57	sağlam	temiz	3.45 x 10 ⁻⁹
Marn	208.50	184.03	Orta değişken	az ayrışmış	9.2 x 10 ⁻⁹

yüzeyleyen alüvyonlar ise bölgedeki gözenekli akiferleri oluşturmaktadır. Karstik ve alüvyon akiferlerde yeraltı suyu içme suyu kalitesindedir ve içme-sulama suyu amaçlı çok sayıda derin sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bölgedeki kireçtaşı akiferinde, sondaj kuyularının yetersiz olmasından dolayı, yeraltı suyu hareket yönünü belirlemek mümkün değildir. Alüvyon akifer yeraltı suyu hareketi ise güneybatıdan kuzeydoğuya doğrudur (Irlayıcı, 1998).

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Isparta il merkezine 19 km uzaklıkta yer alan Senirce II katı atık depolama sahası jeolojik olarak geçirimsiz fliş formasyonu üzerinde yer almaktadır. Fliş formasyonu katı atık depolama yeri seçiminde aranan jeolojik bariyer özelliğini taşımaktadır. Ancak, bölge aktif fay zonları bölgesinde yer alıp, birinci derecede deprem tehlikesi taşımaktadır.

Mühendislik jeolojisi araştırmalarında depolama alanındaki alüvyonların tabanda 5 m ve daha kalın bir kil tabakası ile kaplı olması jeolojik bir bariyer teşkil etmektedir. Bu olumlu kil tabakasının sahadaki yanal ve düşey devamlılığının sondaj veya jeofizik yöntemlerle belirlenmesi gerekmektedir.

Depolama alanı tabanında bulunan temel zeminin taşıma gücü 47 t/m^2 ve toplam konsolidasyon oturması ise 3.3 cm dir. Temel zemin varsayımlarla yapılan bu hesaplar sonucu sorunsuz olarak değerlendirilmektedir. Ancak, kesin proje parametreleri yardımı ile sözkonusu hesaplamalar gözden geçirilmelidir.

Depolama sahası çevresinde yer alan doğal yamaçlarda stabilite sorunu gözlenmemektedir. Ancak, tesis inşaa aşamasında oluşturulacak şevlerin stabilitesi araştırılmalıdır.

Sularını depolama sahasına boşaltan Kan Deresi, Kızılcubuk Deresi ve depolama alanına düşen yağış sularının atıklarla temasını kesmek için derivasyon kanalı inşaa edilmek zorundadır.

Senirce-II düzenli depolama sahasının mansabında yer alan kireçtaşı ve alüvyon akiferler, önlemler alınmadığı takdirde, depolama tesisinden olası sızmalar ve yüzeysel akıştan olumsuz etkilenecektir.

7. KAYNAKLAR

- Hvorslev, J., (1951), Time lag and soil permeability in ground water observations. US Waterways Experiment Station Bulletin 36, Vicksburg
- İrleyıcı, A., (1998), Eğirdir - Burdur Gölleri Arasının Hidrojeoloji İncelemesi (Doktora Tezi). SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Isparta, 150p (yayımlanmamış).
- Karagüzel, R., Akyol, E., Mutlutürk, M., (1995), Isparta Belediyesi Alternatif Katı Atık Arıtma ve Depolama Tesisleri Alanlarının Araştırılması - Ön İnceleme Raporu, SDÜ Müh. Mim. Fak. Döner Sermaye Projesi Isparta, (yayımlanmamış).
- Karagüzel, R., Mutlutürk, M., Yalçın, A., Totiç, E., 1998, Senirce II Land-fill site geotechnical investigation. Technical Report, Süleyman Demirel University, Isparta, 29 p. (yayımlanmamış).
- Koçyiğit, A., (1984), Güneybatı Türkiye'de ve Yakın Dolaylarında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim TJK Bül. Cilt 27 Sayı 1, Ankara.
- Yağmurlu, F., Karagüzel, R., Taşdelen, S., (1994), Isparta - Göltaş Çimento Fabrikası ve Yakın Çevresinin Temel Jeolojik Özellikleri, Hidrojeolojik Durumu ve Hammadde Potansiyelinin Değerlendirilmesi. SDÜ Müh. Mim. Fak. Döner Sermayesi Projesi, Isparta, (yayımlanmamış)

KAYAÇLARDA SİSMİK HIZLAR VE KAYMA DİRENCİNİN İNCELENMESİ

A STUDY OF SEISMIC VELOCITY AND SHEAR STRENGTH IN THE ROCKS

Osman UYANIK S.D.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeofizik Müh. Böl. – ISPARTA

ÖZET

Bilindiği üzere, kayaçlarda sismik hızları ve direnci etkileyen bir çok faktörler vardır. Bunlar; kayaçlar içindeki tanelerin büyüklüğü, biçimi, dizilişi, kristallenme ve çimentolanma derecesi, kenetlenme derecesi, porozite, yoğunluk, doygunluk derecesi, homojenlik, ayrışma derecesi ve süreksizliklerdir. Buradan hareketle kireçtaşı ve mermer numuneleri üzerinde laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda statik olarak, tek eksenli basınç ve çekme direnci deneyleri uygulanmış, dinamik yöntem olarak ise enine ve boyuna sismik hızlar ölçülmüştür. Kireçtaşı ve mermer numuneleri üzerinde yapılan bu araştırma sonucunda, sismik dalga hızları ile tek eksenli basınç ve çekme mukavemetleri arasında ilişkiler belirlenmiştir. Bu ilişkiler göz önünde tutularak kayacın kayma direnci, kohezyon, içsel sürtünme açısı ve normal gerilme parametrelerinin sismik hızlarla belirlenmesi için bazı yaklaşımlarda bulunulmuştur.

ABSTRACT

It is known, there are a lot of factors which affect seismic velocities and strength in the rocks. These factors are size of the grain inside of the rocks, shape, arrangement, degree of crystallisation and cementation, degree of fabric, porosity, density, degree of saturation, homogeneous, the degree of weathering and discontinuities. Referring to this information, laboratory studies have been made on limestone and marble samples. In these studies, as a static; uniaxial pressure and tension strength experiments have been applied, as a dynamic method; latitudinal and longitudinal seismic velocities have been measured. The conclusion from this study which applied on limestone and marble samples, relations are determined among seismic wave velocities, uniaxial pressure and tension strength. Considering all these relations, it is made some approaches to find out the shear strength, cohesion, the angle of friction and normal stress parameters of the rock by way of seismic velocity.

1. GİRİŞ

Mühendislik projesi uygulaması düşünülen her hangi bir alandaki kayaçların; yapıların temelinin oluşturulması, yapı malzemesi olarak kullanılması, içinde tünel ya da yer altı santrallerinin yapılması, üzerine baraj, köprü vs. gibi büyük projelerin oturtulması nedeniyle mekanik özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Mekanik özellikler içersinde kohezyon ve içsel sürtünme açısı; baraj gövdesi duraylılık analizlerinde ve gövde şevlerine verilecek eğimlerde, tünellerin ve şevlerin boyutlandırılmasında, köprü ayaklarının taşıma gücü hesabında kullanılmasıyla önem kazanan parametrelerdir. Bu parametrelerin belirlenmesi genellikle numuneler üzerinde laboratuvar deneylerinin yapılması sonucunda elde edilir.

Coulomb-Navier Kırılma Kriterinde kayaçların kohezyon ve içsel sürtünme açısını belirlemek için üç eksenli basınç, kesme, tek eksenli basınç ve çekme deneyleriyle elde edilen verilerden yararlanarak normal ve kayma gerilmeleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu, bilinen coulomb bağıntısıyla ortaya konmuştur (Roberts, 1977).

Bozdağ, 1988' de farklı kayaçlar üzerinde yaptığı laboratuvar çalışmasında tek eksenli basınç dayanımı ile boyuna dalga hızı arasında üssel bir ilişki belirlemiştir (Uyanık 1991). Şişman, 1990' da volkanik ve sedimanter kayaçlar üzerinde yaptıkları tek eksenli basınç dayanımı ve boyuna dalga hızı arasında üssel bir ilişki bulmuşlardır. Türker, 1991' de mermerler üzerinde yaptığı çalışmada tek eksenli basınç ve çekme dayanımları ile sismik hızlar arasında doğrusal ilişkiler belirlemiştir. Bu ilişkilerle birlikte Mohr daireleri ve Coulomb-Navier kırılma kriterinden hareketle mermerlerde sismik dalga hızı ölçümlerinden kohezyon ve içsel sürtünme açısını ampirik olarak saptamıştır.

Kayaçların mekanik özellikleri genellikle formasyonlardan alınan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilir. Bu numunelerin laboratuvara gönderilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi uzun süreler almakta ve bazen de oldukça büyük maddi yükler getirmektedir. Bu nedenle kohezyon ve içsel sürtünme açısının saptanmasında daha hızlı ve daha pratik çözümlere ulaşmak için sismik hızlardan yararlanılmıştır. Aynı kayaç numuneleri üzerinde yapılan basınç deneyleri ve sonik hız ölçümleri arasında üssel ilişkiler belirlenmiştir. Ayrıca istatistikte bilinen T testi ile güvenilirlik aralıkları bulunmuştur. Bu ilişkilerle birlikte Mohr daireleri ile Coulomb-Navier kırılma kriterinden elde edilen bağıntılar kullanılarak sismik hızlarla; kohezyon, içsel sürtünme açısı, normal gerilme ve kayma direnci ampirik olarak saptanmıştır. Elde edilen statik ve dinamik parametreler arasındaki farkların standart hataları irdelenmiştir.

2. KAYAÇLARIN DİRENCİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kayaçların direnci, çeşitli kuvvetlerin etkisi altında kırılmaya, göçmeye ve bozulmaya karşı gösterdikleri dayanıklılık olarak tanımlanır. Bu direnç kayaçları oluşturan tane ve minerallerin iç yapılarına ve bunların dizilişlerine bağlı olduğu kadar kayaçların uğradıkları gerilme koşulları, zaman ve deformasyonla da ilgilidir. Bunların dışında kayaçların direncine etki yapan bir çok faktör vardır;

Doku : Kayaçlar içindeki elemanların ya da kristallerin büyüklüğü, biçimi, dizilişi dirence etki yapar. Örneğin ufak taneli kumtaşlarının, iri tanelilerden daha fazla basınç dirençleri vardır. Kristallerin boyut ve şekil değiştirmelerinde gerilmeler etkilidir. Bir kristalin büyümesi gerilmenin en küçük olduğu yönde daha hızlıdır.

Kristallenme, Çimentolanma Derecesi ve Çimentonun Türü : Çimentonun boşlukları az veya çok doldurması, kompakt ve boşluklu bir kayacın meydana gelmesine neden olur. Taneleri birbirine bağlayan çimentonun türü; silis, kalker gibi olabilir. Bunlarda basınç direncine etki yapar. Çimentonun türü, kil olduğu zaman basınç direnci az, kalker olduğunda orta, silis olduğunda ise fazladır.

Kenetlenme Derecesi : Kristalli kayaçlarda kristallerin birbirine bağlanması basınç direncini etkiler.

Porozite : Tanelerin ya da kristallerin kemerlenmesine ve kırılganlık gibi hareket etmesine bağlı olarak basınç direnci değişir.

Doygunluk Derecesi : Su emme arttıkça basınç direnci azalır.

Homojenite : Kayaçın her yönündeki özellikleri aynı ya da farklı olması basınç direncini etkiler.

Süreksizlik : Kayaçlardaki tabakalaşma, laminasyon, şistiyet, akış hatları, mikrofissür, fissür, çatlak, kırık ve faylar basınç direncine doğrudan etki yapar. Kayaçlar üzerinde süreksizliğe dik ve paralel doğrultuda yapılan tek eksenli basınç direnci deneyleri farklı sonuçlar vermektedir.

2.1. Sismik Hızı Etkileyen Faktörler

Sismik hızlar yoğunluk ve elastik parametrelerin bir fonksiyonudur. Genel olarak elastik parametrelerin özellikleri moleküller arası ilişkilerle açıklanır. Molekül ilişkileri derinliğe, basınca bağlı değildir. Fakat derinlik ve basınca bağlı olarak kayacın iç yapısında öyle değişiklikler olur ki elastik parametreler de değişikliğe uğrar. Bu yoğunluğu etkilediği gibi hız artışına da neden olur. Bununla birlikte sismik hızları etkileyen faktörler; Derinlikle aynı kayaç için artar. Kayaç cinsine bağlı olarak yoğunlukla artar. Basınca duyarlı kayaçlar için artar. Kayaçta porozite arttıkça sismik hız düşer (Kamacı, 1991).

Sedimanter kayaçlarda porozitenin artması ve kristalen kayaçlarda çatlakların artması ile (V_p/V_s) oranı büyür. Enine dalga hızı (V_s) poroziteye, Boyuna dalga hızı (V_p)' den daha çok bağlıdır. Kayacın gözeneklerinde var olan sıvının özellikleri (V_p)'yi (V_s)'e göre daha çok etkiler. (V_s) yoğunluğa, çimentoya, sıkışmaya, kırıklara ve eklemlere (V_p)'den daha hassastır (Uyanık,1991).

Direnci ve sismik hızları etkileyen faktörleri incelediğimizde kayacın direnci ile sismik hızlar arasında bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Bunun üzerine bir çok araştırmacı bu faktörler arasında ampirik bağıntılar geliştirmiştir. Örneğin porozite ile sismik hızlar arasında Wylie denklemi ve Christensen denklemi mevcuttur. Bunun gibi yoğunlukla boyuna dalga hızı arasında Gardner denklemi vardır.

3. KAYAÇLARDA YAPILAN STATİK VE DİNAMİK LABORATUVAR DENEYLERİ

Kayaçların mekanik özelliklerini belirlemek için laboratuvarında ve arazide çeşitli deneyler yapılmaktadır. Laboratuvar deneyleri için hazırlanan numuneler söz edilen etkileyici faktörlerin çoğunu kapsayacak büyüklükte olmadıklarından, ayrıca numune alırken değişikliğe uğrayabileceklerinden deneylerden alınacak sonuçlar esas kayacı temsil etmeyebilir. Bu nedenle yerinde deneylerin yapılması önemlidir. Ancak yerinde deneylerin pahalı ve tam standartize edilmemiş aletlerle yapılması ve sonuçların özel bir yorumlamayı gerektirmesine karşın laboratuvar deneylerinin hemen her yerde kolaylıkla uygulandığı da gerçektir (Jumikis 1979).

3.1. Statik Laboratuvar Deneyleri : Tek ve üç eksenli basınç ve kesme gerilmesi altında bırakılan kayaçların deformasyonu ve kırılması incelenir. Kayaçların basınç ve kayma dirençleri ile elastik özelliklerini karakterize eden değerler bu deneylerle bulunur. Bu çalışmada deneylerden Tek Eksenli Basınç ve Çekme Deneyi uygulanmıştır.

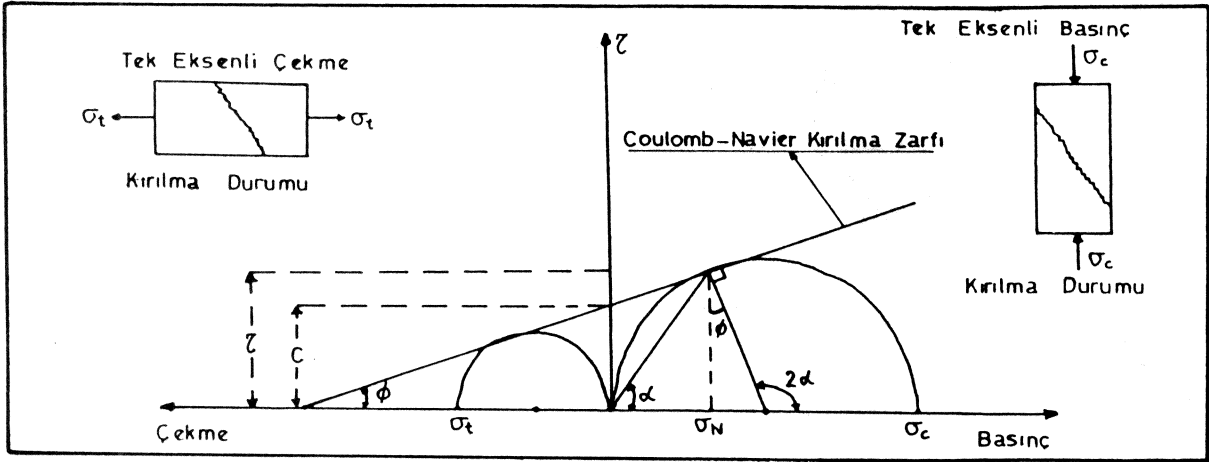
3.2. Dinamik Laboratuvar Deneyi : Kayaçların mekanik özelliklerini laboratuvarında belirlemek için Puls hızı tekniği kullanılmıştır. Bu teknik elastik dalga yayılma teorisine dayanmaktadır. Boyuna ve enine dalgaların numuneyi katettiği süre ölçülür ve numune boyuna oranlanarak hızlar bulunur (Tablo1).

4. KAYACIN KAYMA DİRENCİNİN TEK EKSENLİ BASINÇ VE ÇEKME DİRENCİ İLE HESAPLANMASI

Kayaçların tek eksenli uygulanan basınçla kırılması birçok amaç için yeterli bilgiyi sağladığından en çok başvurulan deneydir. Bununla birlikte Kayacın gerilme direncini etkileyen en önemli özelliği çekme direncidir. Çekme direnci numunenin kırıldığı anda alabileceği maksimum değer olarak tarif edilebilir. Buna göre çekme direncinde sürtünme yerine kohezyon etkili olmaktadır ve çekme dayanımı direkt ya da dolaylı olarak Brazilian deneyi ya da nokta yükleme deneyi ile ölçülmektedir

Tek eksenli basınç (σ_c) ve çekme direncine (σ_t) bağlı olarak; kohezyon (c), içsel sürtünme açısı (ϕ), normal gerilme (σ_N) ve kayma direnci (τ) değerleri Coulomb-Navier kırılma zarfında (Şekil 1) ve bu parametrelerin bağıntıları Tablo 1' de verilmiştir.

Tek eksenli basınç ve çekme direnci değeri düşey eksenin sağında ve solunda çizilir. Kırılma zarfı basınç ve çekme dairesine teğet olur. Basınç zonundaki kırılma zarfı çekme zonundan daha iyidir. Bu Coulomb-Navier kriteri olarak tanımlanır. Normal gerilmenin sıfır olduğu kayma direnci değeri kohezyonu verir. Coulomb-Navier kırılma kriterine göre, kayma mukavemetinin kırılma düzlemindeki sürtünme bileşeni ile arttığı kabul edilirse gevrek kırılma meydana gelir. Kırılma noktasında, makaslama kaymasının başladığı anda sürtünme direnci maksimum değere ulaşır. Buna içsel sürtünme açısı denir (Şekil.1).



Şekil 1. Kayada Coulomb-Navier Kırılma Kriteri (Roberts, 1977).

Coulomb,1776' da kayaların kayma direnci ile normal gerilme arasında ilişki belirlemiştir ve Fairhurst 1962'de bir malzemenin tek eksenli basınç ve çekme dayanımlarını ölçtüktan sonra o malzemenin kayma direncini (τ_F) saptamıştır (Ataman, 1982). Bu bağıntılar Tablo 1' de sunulmuştur.

5. VERİLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Ülkemizin değişik bölgelerinden alınan 31 adet kireçtaşı ve 10 ayrı mermer ocağından alınan 19 adet mermer numuneleri üzerinde hem alışlagelen statik yöntemlerle hem de sismik hızların kullanıldığı dinamik yöntemle numuneye ait kayma direnci ve diğer parametrelerin ampirik bağıntıları Tablo 1' de verilmiştir. Bu bağıntılara bağlı olarak Tablo 2-3 düzenlenmiştir.

Hem kireçtaşı hem de mermer numuneleri üzerinde ölçülen tek eksenli basınç ve çekme mukavemetleri ile sismik hızlar ayrı olarak ilişkilendirilmiştir. 31 adet kireçtaşı üzerinde yapılan tek eksenli basınç mukavemeti ile boyuna dalga hızı arasında ve bu kireçtaşlarının 24 adeti üzerinde tek eksenli çekme mukavemeti ile enine dalga hızı arasında %95' e varan üssel ilişkiler belirlenmiştir. Bu değerler üzerinde yapılan T testi ile %95' lik güvenilirlik aralığı çizilmiştir (Şekil 2-3). Kireçtaşlarındaki bu ilişkiler $2,5 < V_p < 7,1$ km/s, $1,5 < V_s < 3,15$ km/s arasında uygundur. Bununla birlikte 19 adet mermer numuneleri üzerinde yapılan tek eksenli basınç mukavemeti ile boyuna dalga hızı arasında ve tek eksenli çekme mukavemeti ile enine dalga hızı arasında %94' e varan üssel ilişkiler belirlenmiştir. Bu değerler üzerinde yapılan T testi ile %90' lık güvenilirlik aralığı çizilmiştir (Şekil4-5). Mermerlerde belirlenen ilişkiler $4,5 < V_p < 6,6$ km/s, $1,5 < V_s < 3,15$ km/s arasında uygundur.

Kireçtaşı ve mermer numuneleri üzerinde yapılan statik ve dinamik deneylerin ilişkilendirilmesi sonucunda bu numunelere ait dinamik tek eksenli basınç ve çekme mukavemetleri ampirik olarak belirlenmiş ve Coulomb-Navier kırılma kriterinin kullanılmasıyla dinamik olarak kayma direnci, normal gerilme kohezyon ve içsel sürtünme açısı ampirik olarak elde edilmiştir. Elde edilen statik ve dinamik parametreler karşılaştırılarak aralarındaki farkların standart hatası verilmiştir (Tablo 2-3).

Tablo 1 Statik ve Dinamik Deneysel ve Parametrelerine Ait Formüller

Statik Parametrelerin Formülleri		Dinamik Parametrelerin Formülleri	
Kireçtaşı		Mermer	
Boyuna Dalga Hızı	-----	$V_p = \text{Numune Boyu} / \text{Zaman}$	$V_p = \text{Numune Boyu} / \text{Zaman}$
Enine Dalga Hızı	-----	$V_s = \text{Numune Boyu} / \text{Zaman}$	$V_s = \text{Numune Boyu} / \text{Zaman}$
T.E. Basınç Mukavemeti	$\sigma_c = \text{Kırlıdığı andaki yük (P)/Alan (A)}$	$\sigma_c = 24.9 \cdot V_p^{1.784}$	$\sigma_c = 3.358 \cdot V_p^{2.989}$
T.E. Çekme Mukavemeti	$\sigma_t = 2 \cdot P / \pi \cdot D \cdot L$	$D: \text{çap}$ $L: \text{boy}$	$\sigma_t = 7.961 \cdot V_p^{2.128}$
Kohezyon	$c = (\sigma_c \cdot \sigma_t)^{1/2} / 2$	$c = 3.657 \cdot V_p^{0.892} \cdot V_s^{1.832}$	$c = 2.585 \cdot V_p^{1.495} \cdot V_s^{1.064}$
İşsel Sürtünme Açısı	$\phi = \text{Sin}^{-1}[(\sigma_c - \sigma_t) / (\sigma_c + \sigma_t)]$	$\phi = \text{Sin}^{-1}[(11.572 \cdot V_p^{1.784} - V_s^{3.664}) / (11.572 \cdot V_p^{1.784} + V_s^{3.664})]$	$\phi = \text{Sin}^{-1}[(2.371 \cdot V_p^{2.989} - V_s^{2.128}) / (2.371 \cdot V_p^{2.989} + V_s^{2.128})]$
Normal Gerilme	$\sigma_N = (\sigma_c \cdot \sigma_t) / (\sigma_c + \sigma_t)$	$\sigma_N = (24.88 \cdot V_p^{1.784} \cdot V_s^{3.664}) / (11.572 \cdot V_p^{1.784} + V_s^{3.664})$	$\sigma_N = (7.961 \cdot V_p^{2.989} \cdot V_s^{2.128}) / (2.371 \cdot V_p^{2.989} + V_s^{2.128})$
Kayma Gerilmesi	$\tau = c + \sigma_N \cdot \text{tg } \phi$	$\tau = (84.633 \cdot V_p^{2.382} \cdot V_s^{1.914}) / (11.572 \cdot V_p^{1.784} + V_s^{3.664})$	$\tau = (5.170 \cdot V_p^{4.484} \cdot V_s^{1.064}) / (2.371 \cdot V_p^{2.989} + V_s^{2.128})$
Fairhurst'ün Kayma Ger.	$\tau_F = \sigma_t \cdot [1 + (\sigma_c / \sigma_t)^{1/2}] - 1 \cdot [1 + (\sigma_N / \sigma_t)]^{1/2}$	-----	-----

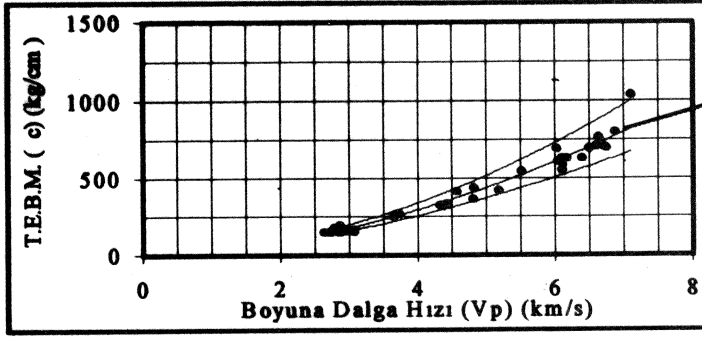
Not: (10 kg/cm²=1MPa) 1km/s = 1000 m/s) ($\sigma_c, \sigma_t, c, \sigma_N, \tau, \tau_F = \text{kg/cm}^2$ $\phi = \text{Derece}$ $V_p, V_s = \text{km/s}$)

Tablo 2 Mermerlerde Statik ve Dinamik Laboratuvar Deneysel Sonuçları

Numune Adı	STATİK LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI					DİNAMİK LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI									
	T.E.Ç.M. (σ_t) (kg/cm ²)	T.E.Ç.M. (σ_c) (kg/cm ²)	İşsel Sırt. Açısı (ϕ) (°)	Kohezyon (c) (kg/cm ²)	Kayma Gerilmesi (τ) (kg/cm ²)	Fairhurst Kayma Gerilmesi (τ_F) (kg/cm ²)	Boyuna Dalga Hızı (V_p) (km/s)	Enine Dalga Hızı (V_s) (km/s)	T.E.B.M. (σ_{cb}) (kg/cm ²)	T.E.Ç.M. (σ_{cb}) (kg/cm ²)	İşsel Sırt. Açısı (ϕ_{cb}) (°)	Kohezyon (c_{cb}) (kg/cm ²)	Normal Gerilme (σ_{cb}) (kg/cm ²)	Kayma Gerilmesi (τ_{cb}) (kg/cm ²)	
Muğla Beyaz	326	60	43,6	70	118	125	4,557	2,529	313	57	43,6	67	48	113	
"	727	90	51,2	128	228	249	5,909	3,160	679	92	49,6	125	81	220	
"	520	63	51,6	91	161	177	5,706	2,594	612	61	96	96	55	175	
"	750	76	54,7	69	217	241	6,033	2,977	723	81	52,9	121	73	218	
"	860	98	52,7	88	261	287	6,208	3,292	787	101	50,7	141	89	250	
"	846	83	55,2	133	241	269	6,113	3,116	752	89	51,9	130	80	232	
"	803	80	55	127	230	257	5,975	2,947	702	79	52,8	118	71	212	
Leylak	713	125	44,6	149	254	270	6,069	3,596	736	121	45,8	149	104	257	
Korkuteli Bej	883	116	50,2	160	283	308	6,365	3,350	848	104	51,3	149	93	265	
Fethiye Bej	855	91	53,9	82	252	279	6,587	3,208	940	95	54,7	150	86	272	
Muğla Beyaz	364	58	46,5	73	125	134	4,641	2,643	330	63	42,8	72	53	121	
Batıkşir Siyah	918	118	50,6	105	292	318	6,687	3,484	983	113	52,5	167	102	299	
Burdur Pembe	300	48	46,4	60	103	111	4,666	2,318	335	48	48,7	63	42	111	
"	415	67	46,2	83	144	154	5,200	2,708	464	66	48,6	88	58	153	
Milas Damarlı	715	75	54,1	116	68	210	5,814	2,873	647	75	52,3	110	67	198	
"	450	76	45,3	92	158	169	5,234	2,921	473	78	45,8	96	67	165	
Elazığ Vişne	350	50	66	66	116	125	4,719	2,337	347	49	49	65	43	114	
"	490	55	53	82	148	163	5,315	2,463	495	54	53,4	82	49	148	
Statik ve Dinamik Değerlerin Farkları		$S(\sigma_t) - (\sigma_{cb})$		$S(\sigma_t) - (\sigma_t)_D$		$S(c) - (c)_D$		$S(\phi) - (\phi)_D$		$S(\tau) - (\tau)_{cb}$		$S(\tau) - (\tau)_F$		$S(\tau_F) - (\tau)_{cb}$	
Arasındaki Standart Hata		19,75		1,37		1,67		0,68		3,57		2,45		4,79	

Tablo 3 Kireçtaşlarında Statik ve Dinamik Laboratuvar Denei Sonuçları

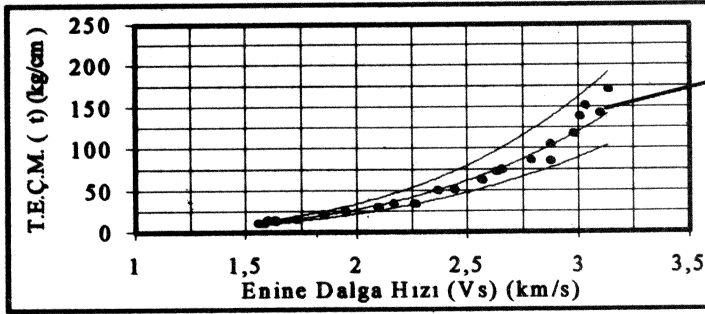
Kireçtaşı Numune No	STATİK LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI										DİNAMİK LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI									
	T.E.B.M. (σ _c) (kg/cm ²)	T.E.Ç.M. (σ _n) (kg/cm ²)	Kohezyon (c) (kg/cm ²)	İşsel Sürt. Açısı (φ) (°)	Normal Gerilme (σ _n) (kg/cm ²)	Kayma Gerilmesi (τ) (kg/cm ²)	Fairhurst Kayma Gerilmesi τ _F (kg/cm ²)	Boyuna Dalga Hızı (V _p) (km/s)	Emine Dalga Hızı (V _s) (km/s)	T.E.B.M. (σ _c) (kg/cm ²)	T.E.Ç.M. (σ _n) (kg/cm ²)	Kohezyon (c) _b (kg/cm ²)	İşsel Sürt. Açısı (φ) _b (°)	Normal Gerilme (σ _n) _b (kg/cm ²)	Kayma Gerilmesi (τ) _b (kg/cm ²)					
1	708	171	174	37,7	138	280	291	6,597	3,136	720	142	160	42,2	118	267					
2	631	142	150	39,2	116	244	255	6,102	3,101	626	136	146	40	112	240					
3	1039	151	198	48,3	132	346	373	7,109	3,034	822	125	161	47,3	109	279					
4	593	139	144	38,3	113	233	424	6,113	3,000	628	122	138	42,5	102	232					
5	146	11,2	20	59	10	38	43	2,857	1,587	162	12	22	59,9	11	41					
6	147	22	28	47,7	19	49	53	2,635	1,851	140	21	27	48,1	18	47					
7	151	15,5	24	54,4	14	44	49	2,726	1,730	149	16	24	53,7	15	44					
8	160	14,8	24	56,2	14	45	50	2,918	1,602	168	12	23	60	11	42					
9	165	13,2	23	58,4	12	43	49	2,976	1,630	174	13	24	59,6	12	44					
10	178	10,3	21	62,9	10	41	47	2,782	1,555	154	11	20	60,3	10	38					
11	156	14,5	24	56,1	13	44	49	3,064	1,635	183	13	24	60,1	12	46					
12	325	62	71	42,8	52	119	126	4,326	2,567	339	68	76	41,8	57	127					
13	338	33,7	53	55	31	97	108	4,419	2,262	352	43	61	51,6	38	109					
14	362	34	56	55,9	31	101	113	4,805	2,170	409	37	61	56,6	34	112					
15	546	50	83	56,3	46	151	170	5,512	2,367	522	51	81	55,5	46	148					
16	415	51	73	51,4	45	130	142	4,560	2,441	373	57	73	47,4	49	126					
17	609	117,6	134	42,6	99	224	237	6,039	2,980	615	117	134	42,8	99	226					
18	629	72	106	52,6	65	190	210	6,172	2,633	639	75	109	52,3	67	196					
19	692	75	114	53,6	68	206	227	6,023	2,657	612	77	109	50,9	69	193					
20	697	105,2	135	47,5	91	235	253	6,487	2,875	699	103	134	48	90	234					
21	700	85,4	122	51,5	76	218	239	6,741	2,875	748	103	139	49,3	91	244					
22	706	86	123	51,5	77	220	241	6,697	2,792	739	92	131	51	82	232					
23	250	25	40	54,9	23	72	80	3,635	1,950	249	25	39	54,9	23	71					
24	270	30	45	53,1	27	81	89	3,726	2,100	260	33	46	51	29	82					
25	193	-	-	-	-	-	-	2,868	-	163	-	-	-	-	-					
26	438	-	-	-	-	-	-	4,815	-	411	-	-	-	-	-					
27	554	-	-	-	-	-	-	6,102	-	627	-	-	-	-	-					
28	632	-	-	-	-	-	-	6,387	-	680	-	-	-	-	-					
29	420	-	-	-	-	-	-	5,179	-	468	-	-	-	-	-					
30	800	-	-	-	-	-	-	6,866	-	774	-	-	-	-	-					
31	767	-	-	-	-	-	-	6,621	-	726	-	-	-	-	-					
Statik Ve Dinamik Değerlerin Farkları		S(σ _n)-(σ _n) _b		S(σ _n)-(σ _n) _b		S(C)-(C) _b		S(φ)-(φ) _b		S(σ _n)-(σ _n) _b		S(τ)-(τ) _b		S(τ) _F -(τ) _F		S(τ) _F -(τ) _F				
Arasındaki Standart Hata		13,03		2,93		2,77		0,68		2,27		4,68		10,71		11,92				



$$\sigma_c = 24,900 V_p^{1,784}$$

$n = 31$ n : Numune Sayısı
 $r = 0,959$ r : İlişki Katsayısı
 $a > 0,05$ a : Güvenlik Katsayısı

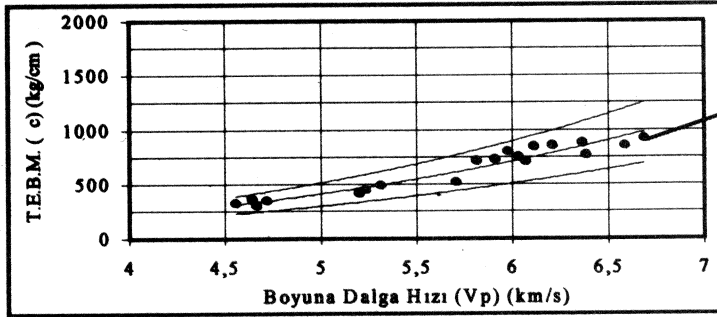
Şekil 2 Kireçtaşlarında Tek Eksenli Basınç Mukavemeti (σ_c) ile Boyuna Dalga Hızı (V_p) Arasındaki İlişki



$$\sigma_t = 2,150 V_s^{3,664}$$

$n = 24$ n : Numune Sayısı
 $r = 0,959$ r : İlişki Katsayısı
 $a > 0,05$ a : Güvenlik Katsayısı

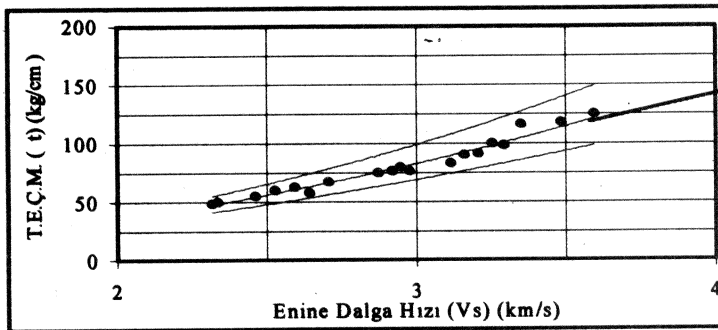
Şekil 3 Kireçtaşlarında Tek Eksenli Çekme Mukavemeti (σ_t) ile Enine Dalga Hızı (V_s) Arasındaki İlişki



$$\sigma_c = 3,358 V_p^{2,989}$$

$n = 19$ n : Numune Sayısı
 $r = 0,942$ r : İlişki Katsayısı
 $a > 0,1$ a : Güvenlik Katsayısı

Şekil 4 Mermerlerde Tek Eksenli Basınç Mukavemeti (σ_c) ile Boyuna Dalga Hızı (V_p) Arasındaki İlişki



$$\sigma_t = 7,961 V_s^{2,128}$$

$n = 19$ n : Numune Sayısı
 $r = 0,947$ r : İlişki Katsayısı
 $a > 0,1$ a : Güvenlik Katsayısı

Şekil 5 Mermerlerde Tek Eksenli Çekme Mukavemeti (σ_t) ile Enine Dalga Hızı (V_s) Arasındaki İlişki

6. SONUÇLAR

Tek eksenli basınç mukavemeti deneyi belirli boyutlardaki kayaçların belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdikleri dayanıklılığın, tek eksenli çekme mukavemeti deneyi ise kayacın çekme gerilmesine karşı gösterdiği direncin belirlenmesi olarak, Sonik hız' da boyuna ve enine dalgalarının numune içinde seyahat ettiği zamanın numune boyuna oranı olarak tanımlanabilir.

Ülkemizin değişik bölgelerinden alınan 31 adet kireçtaşı ve mermer numuneleri kendi içlerinde ilişkilendirilerek kireçtaşları ve mermerlerin sismik hızları ile tek eksenli basınç ve çekme mukavemetleri arasında yakın ilişkiler olduğu (Şekil 2,3,4,5) görüldü. Bununla birlikte kayma direnci, normal gerilme, kohezyon ve içsel sürtünme açısı da sismik hızlarla belirlendi (Tablo2-3). Statik ve dinamik yöntemlerle elde edilen bu parametrelerin birbirine yakınlığı parametreler arasındaki farkların standart hatası olarak Tablo 2-3'de sunuldu. Bu parametrelerin sismik yöntemle de doğru olarak belirlenebileceği ortaya konuldu.

Sismik hızların hem laboratuvarında hem de arazide saptanabilmesi ayrıca kayacın elastik parametrelerinin de belirlenebilmesi ve daha ucuz olması dinamik yöntemin statik yöntemle göre üstünlüğüydü.

TEŞEKKÜR

Sismik hızların ölçümünde aletsel katkılarından dolayı DLH İnş. Gn. Md. Araştırma Daire Başkanlığına ve Mehmet Altıntaş' a, deney sonuçlarını esirgemeyen Dr. Vedat Deniz' e teşekkürü borç bilirim.

REFERANSLAR

Ataman, T., 1982, Kaya Mekaniğine Giriş, O.D.T.Ü. Müh. Fak. Yayın no:69 Ankara.

Jumikis, R.A., 1979 , Rock Mechanics, Trans Tech Publications, p:355, MA 01966, USA.

Kamacı, Z., 1991, Zemin Özelliklerinin Saptanmasında P-SV Dönüşmüş Sismik Dalgaların Elde Edilmesi İçin Yeni Bir Yöntem, (Doktora Tezi), A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Roberts, A., 1977, Geotechnology, Pergamon Press Ltd. p: 355, Newyork, USA.

Şişman, H., 1990, Kaya Mekaniğinde Sismik Dalga Hızları ile Bazı Kayaç Parametreleri Arasındaki İlişkiler, 2. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu S: 221-229, Ankara

Türker, E., 1991, Kayaçların Kohezyon ve İçsel Sürtünme Açılarının Sismik Hızlar Yardımı ile Saptanması, A.Ü., Isparta Müh. Fak. Dergisi Jeoloji Müh. Seksiyonu II Sayı 6, Isparta.

Uyanık, O., 1991, Kaya Mekaniği Ve Jeofizik Laboratuvar Parametrelerinin İlişkilendirme Açısından Önemi, (Lisans Çalışması), D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeofizik Müh. Böl. Bornava-İzmir.

HİDROJEOLOJİ VE ÇEVRE JEOLojİSİ
Hydrogeology and Environmental Geology

AKSARAY SICAK VE MİNERALLİ SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASI

HYDROGEOCHEMISTRY OF AKSARAY HOT AND MINERAL WATERS

Müfit Şefik DOĞDU, Hacettepe Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Müh. Böl., 06532, Beytepe, Ankara
Hakan ÇELİK, T.C. Çevre Bakanlığı., Çev. Kir. Önl. ve Kont. Gen. Müd., Eskişehir Yolu 8.km, Ankara

ÖZET

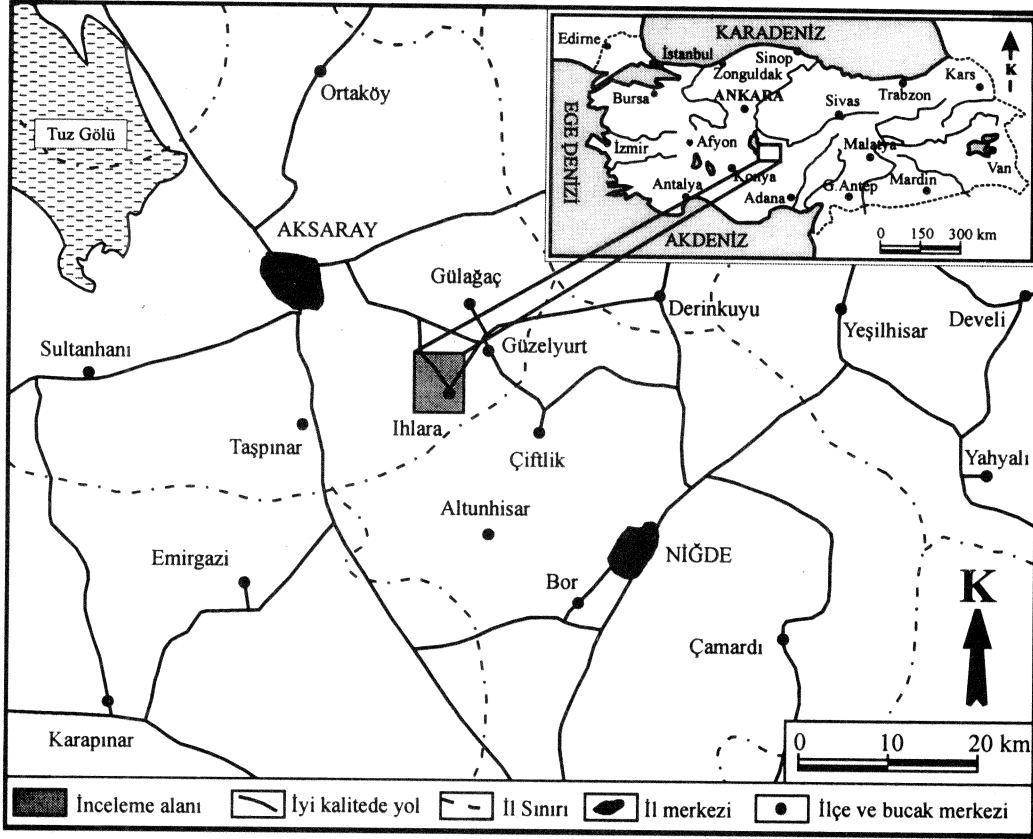
Aksaray ilinde çok sayıda sıcak ve mineralli su kaynağı bulunmaktadır. Çalışmanın amacı bölgede yer alan sıcak ve mineralli suların hidrojeokimyasal incelemesidir. Değerlendirmelere göre bölgedeki sular; sıcak ve soğuk ana grupları ile bunların karışımını içeren üçüncü gruptan oluşmaktadır. İzotop analizleri ile suların kökeni ve yaşları hakkında yorumlamalar yapılmıştır. Suların bazı minerallere göre doygunluk durumları incelenmiş ve sıcak suların su karakterinin NaCl tipinde olmasına rağmen, bu suların halit mineraline göre herhangi bir doygunluğu belirlenememiş, buna karşın kalsit ve dolomit mineraline göre doygun olduğu saptanmıştır. Soğuk sularla karışıma uğradığı düşünülen ılık sularda ise kalsit ve dolomit mineraline göre herhangi bir doygunluk belirlenememiştir.

ABSTRACT

There are a number of the hot and mineral waters in the Aksaray province. The aim of this study is to investigate the hydrogeochemistry of hot and mineral waters in this area. According to the evaluations; waters were found to be of 3rd distinct comprising of cold and hot waters and the mixture of these. Interpretations have also been done about the origin and relative age of waters by using the isotope data. The saturation index values of the waters have been evaluated and hot waters were found to be saturated with respect to the calcite and dolomite minerals but undersaturated with respect to the halite mineral although they are NaCl type. Saturation according to the calcite and dolomite minerals have not been determined for warm waters which are formed by mixing of hot and cold waters.

1. GİRİŞ

Aksaray'ın yaklaşık 20 km güneydoğusunda yer alan Ihlara Vadisi yakın çevresinde sıcaklıkları 30-51 °C arasında değişen çok sayıda sıcak ve mineralli su kaynağı bulunmaktadır (Şekil 1). Karasal iklimin hakim olduğu çalışma alanı ve yakın çevresinde bulunan Aksaray, Niğde ve Derinkuyu meteoroloji istasyonlarının 35 yıllık verilerine göre ortalama hava sıcaklığı 10.6 °C'dir. Çalışma alanındaki yağış orografik karakterde olup, eşyağış yöntemine göre yıllık ortalaması 527 mm'dir (Doğdu, 1995).



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.

İnceleme alanı ve yakın çevresinde Erol (1969), Sür (1972), Batum (1978), Ayhan ve Papak (1988) tarafından jeolojik, Göçmez (1994) tarafından da hidrojeolojik amaçlı çalışmalar yapılmıştır.

Çalışma kapsamında, saha ve laboratuvar verileri kullanılarak inceleme alanında yer alan sıcak, ılık ve soğuk suların hidrojeokimyasal özellikleri irdelenmiştir. Arazi çalışmaları sırasında, su örneklerinde zamanla değişebilecek olan sıcaklık (°C), pH, elektriksel iletkenlik (EC) gibi fiziksel parametreler kaynak ve/veya kuyu başında ölçülmüştür. Tüm su noktalarında majör anyon (Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^-) ve katyon (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) analizi, belirlenen bazı kaynaklardan ise izotop analizi için su örneği alınmıştır. Majör anyon-katyon ve izotop analizi yapılacak su örnekleri polietilen şişelere alınmıştır. Katyon analizi için alınan örneklere $\text{pH} \leq 2$ olacak şekilde kimyasal koruyucu olarak nitrik asit (HNO_3) eklenmiştir. Derlenen su örneklerinde katyon analizleri Perkin & Elmer 2280 model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile (hassasiyet ± 0.001 mg/l), SO_4^{2-} analizi Baush & Lomb -UV- tip spektrofotometre ile (hassasiyet ± 0.001 mg/l), Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} analizleri ise titrasyon yöntemi ile (hassasiyet ± 0.01 mg/l) gerçekleştirilmiştir. Su örneklerinin çevresel izotop analizleri ise (Döteryum- ^2H , Oksijen- ^{18}O ve Trityum- ^3H) merkezi Avusturya'da bulunan Uluslararası Atom Enerji Ajansı (IAEA-International Atomic Energy Agency) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. ^2H ve ^{18}O analizlerinde gaz kaynaklı kütle spektrometresi, ^3H analizlerinde ise gaz sayacı kullanılmıştır.

2. JEOLJİ

İnceleme alanı ve yakın çevresinde Paleozoyik-Kuvaterner yaş aralığında sedimanter, metamorfik ve volkanik kayalar yüzeylenmektedir. Bu birimler, yaşlıdan gence doğru aşağıdaki gibidir. Temelde, bölgedeki sıcak suların rezervuarını oluşturan fakat inceleme alanında yüzeylenmeyen, buna karşın MTA

(1991) tarafından Ziga sıcak su kaynakları (ZFK ve ZVK) çevresinde yapılan düşey elektrik sondajı çalışmaları sonucunda yaklaşık 750 m derinlikte olduğu saptanan Paleozoyik yaşlı mermerlerden oluşan Bozçaldağ formasyonu (Pb) yer almaktadır. Mermerlerin üstünde ise çeşitli şistler, granit, granadiyorit, kumtaşı, kireçtaşı ve marn ardalanması yer almaktadır. Bu birimlerin üzerinde, Alt Pliyosen yaşlı Göstük ignimbiriti (Tgü) tuf ve tüflü kireçtaşından oluşan Karakaya volkanitleri (Tka) bulunmaktadır. Kuvaterner'e kadar olan birimler de sırasıyla; Selime tüfleri (Ts), Kızılkaaya ignimbiritleri (Tk), Hasandağ külleri (Qh) ve yer yer bazaltlardır. Bölgede en genç oluşuklar ise vadi içlerinde bulunan Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal) ve özellikle Yaprakhisar ve Ziga sıcak su kaynaklarında gözlenen travertenler (Qtr)'dir (Şekil 2).

ÜSİSTEM	SİSTEM	SERİ	SİMGE	KALINLIK(m)	LİTOLOJİ (Kayaç Çeşidi)	MORFOLOJİK DURUM	HİDROJEOLOJİK ÖZELLİKLER
SENOZOYİK	KUVATERNER	Qal		0-50	Alüvyon, traverten	Alüvyon gevşek	Alüvyon geçirimli
		Qtr		Açısal uyumsuzluk	Traverten dayanımlı	Traverten karstik	
	PLİYOSEN	Qh		0-120	Hasandağ külleri tuf, tüftü ignimbirit	Gevşek, kolay aşınmalı	Geçirimsiz
		Tk		5-100	KIZILKAYA İGNİMBİRİTLERİ	Sert, dayanımlı kırık ve çatlaklı kesimleri kolay kopmalı	Kırıklı, çatlaklı Akifer
		Ts		20-100	SELİME TÜFLERİ (ignimbiritleri)	Gevşek dokulu Dayanimsız Kolay aşınmalı	Geçirimsiz
		Tka		50	Tüf, Tüflü kireçtaşı KARAKAYA VOLKANİTLERİ	Dayanimsız	Geçirimsiz
		Tgü			GÖSTÜK İGNİMBİRİTİ Siyah ignimbirit	Dayanımlı	İgnimbirit kırıklı çatlaklı
OLİGOMİYÖSEN	Pb			Temel			
PALEOZOYİK				1- Kireçtaşı-marn Kumtaşı ardalanması (Oligomiyosen?-Eosen?) 2- Granadiyorit-Granit Ultrabazikler 3- Bozçaldağ Mermerleri 4- Çeşitli şistler	Kireçtaşı, kırıklı çatlaklı akifer Yer yer kırıklı, Geçirimsiz Karstik, kırıklı çatlaklı, geçirimli Geçirimsiz		

Şekil 2. İnceleme alanı ve yakın çevresine ait genelleştirilmiş stratigrafi çizelgesi (Şimşek, 1993) .

3. HİDROJEOKİMYASAL DEĞERLENDİRMELER

İncelemeler sırasında; ölçüm ve örneklemeler Ekim-92, Mart-93, Temmuz-93 ve Ocak-94 tarihlerinde olmak üzere 4 mevsimi kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. İhlara Vadisi yakın çevresinde yer alan Ziga fay (ZFK), Ziga vadi içi (ZVK), Yaprakhisar (YK), İhlara cami (ICK), İhlara kadınlar (IKK) sıcak ve ılık su kaynaklarından, soğuk su kaynak ve kuyularından ölçüm ve örneklemeler yapılmıştır. Su örneklerine ait ölçüm ve analiz sonuçları Çizelge 1'de sunulmuştur.

3.1. Suların Fiziksel Değerlendirmesi

Bölgede yer alan sular; sıcaklık, pH ve elektriksel iletkenlik değerleri bakımından farklılıklar göstermektedirler. Bu sulara ait ölçülmüş fiziksel parametrelerin bazı istatistiksel değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. İnceleme sırasında ölçüm ve örnekleme yapılan Ziga fay kaynağı (ZFK), Ziga vadi içi kaynağı (ZVK), Yaprakhisar kaynağı (YK) bölgedeki sıcak suları (34-51 °C); İhlara cami kaynağı (ICK), İhlara kadınlar kaynağı (IKK) bölgedeki ılık suları (30-35 °C) ve sıcaklıkları 8-20 °C arasında değişen sular ise soğuk suları temsil etmektedir.

Çizelge 1. Su örneklerine ait ölçüm-analiz sonuçları ve Wateqf bilgisayar programı ile hesaplanan doygunluk indeksi (SI) değerleri.

Sıra Örnek	No No	LOKASYON	Örnekleme Tarihi	T		Kimyasal Analiz Sonuçları (meq/l)								Doygunluk İndeksi (SI) Değerleri				
				(°C)	EC (µS/cm)	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Log (pCO ₂)	SI _{Kalsit}	SI _{Dolomit}	SI _{Halit}	
Sıcak Sular (34-51°C)	1	ZFK1 Ziga Fay Kaynağı	Ekim-92	50	7445	5.90	30.99	7.93	30.19	6.58	0.00	22.05	52.44	1.16	0.293	0.30	0.25	-4.65
	2	ZFK2 Ziga Fay Kaynağı	Mart-93	45	4920	6.85	17.84	5.50	42.17	6.17	0.00	23.63	47.13	0.91	-0.678	1.34	2.16	-4.92
	3	ZFK3 Ziga Fay Kaynağı	Temmuz-93	36	5785	6.52	12.62	7.21	17.56	7.08	0.00	12.06	31.32	1.07	-0.662	0.35	0.56	-5.19
	4	ZFK4 Ziga Fay Kaynağı	Ocak-94	45	7381	6.50	14.57	0.77	48.96	14.11	0.00	20.41	54.58	3.39	-0.403	0.97	1.70	-4.96
	5	ZFK5 Ziga Fay Kaynağı	Haziran-94	42	7549	6.50	26.60	2.56	19.42	4.12	2.40	7.20	42.00	1.15	-0.706	0.34	0.28	-4.77
	6	ZFK6 Ziga Fay Kaynağı	Ağustos-88 ⁺	50	4738	6.69	52.87	3.63	8.09	4.17	0.00	18.90	48.41	1.42	-0.538	0.50	1.02	-4.44
	7	ZVK1 Ziga Vadi Kaynağı	Mayıs-93	45	7959	6.87	40.24	7.67	23.70	3.21	0.00	23.13	51.27	0.42	-0.685	1.13	1.71	-4.53
	8	ZVK2 Ziga Vadi Kaynağı	Temmuz-93	51	6014	6.49	12.44	7.57	19.16	7.08	0.00	15.09	30.19	0.93	-0.436	0.62	1.13	-5.25
	9	YK1 Yaprakhisar Kaynağı	Ağustos-93	34	5973	6.50	24.58	5.37	21.71	6.17	0.00	15.19	36.75	5.89	-0.562	0.44	0.56	-4.85
	10	YK2 Yaprakhisar Kaynağı	Ağustos-88 ⁺	38	4126	6.46	36.17	2.54	9.07	3.31	0.00	16.80	32.89	1.37	-0.433	0.17	0.16	-4.72
	11	YK3 Yaprakhisar Kaynağı	Ağustos-89 ⁺	36	5454	6.28	38.09	2.40	22.96	3.43	0.03	29.99	35.38	1.46	-0.034	0.54	0.51	-4.68
Ilık Sular (30-35°C)	12	ICK1 Ihlara Cami Kaynağı	Ekim-92	30	599	6.20	1.72	1.20	3.54	1.73	0.00	5.92	1.84	0.43	-0.635	-0.83	-1.78	-7.19
	13	ICK2 Ihlara Cami Kaynağı	Mart-93	30	525	6.90	1.26	0.49	4.44	1.73	0.00	5.70	1.60	0.63	-1.354	-0.05	-0.33	-7.38
	14	ICK3 Ihlara Cami Kaynağı	Mayıs-93	31	769	6.10	2.52 ^a	0.97	3.19	2.06	0.00	6.47	1.74	0.54	-0.490	-0.93	-1.85	-7.05
	15	ICK4 Ihlara Cami Kaynağı	Temmuz-93	30	554	6.10	1.41	0.72	3.29	1.74	0.00	6.50	0.20	0.46	-0.487	-0.90	-1.89	-8.23
	16	ICK5 Ihlara Cami Kaynağı	Ağustos-88 ⁺	34	452	6.92	1.24	0.34	1.77	1.43	0.00	3.51	0.93	0.33	-1.542	-0.52	-0.91	-7.62
	17	IKK1 Ihlara Kadınlar Kaynağı	Ekim-92	34	645	6.10	2.72	1.15	1.35	1.23	0.00	4.67	1.64	0.14	-0.602	-1.36	-2.53	-7.03
	18	IKK2 Ihlara Kadınlar Kaynağı	Mart-93	34	533	7.13	1.70	0.36	3.84	1.89	0.00	5.56	1.85	0.38	-1.566	0.17	0.26	-7.20
	19	IKK3 Ihlara Kadınlar Kaynağı	Mayıs-93	35	677	6.30	2.65	0.97	2.20	1.48	0.00	5.13	1.75	0.42	-0.759	-0.91	-1.77	-7.03
	20	IKK4 Ihlara Kadınlar Kaynağı	Temmuz-93	35	586	6.34	1.04	0.46	0.79	0.99	0.00	2.80	0.10	0.39	-1.043	-1.50	-2.67	-8.65
	21	IKK5 Ihlara Kadınlar Kaynağı	Ağustos-88 ⁺	34	572	6.83	2.77	0.54	1.83	1.49	0.00	4.51	1.64	0.48	-1.347	-0.51	-0.90	-7.03
	Soğuk Sular (8-20°C)	22	SK1 Selime Kaynağı	Ocak-94	13	415	7.50	0.48	0.23	2.50	0.91	0.00	2.93	0.61	0.56	-2.324	-0.16	-0.81
23		SK2 Selime Kaynağı	Haziran-94	20	370	7.50	0.93	0.40	2.57	0.64	1.40	1.90	0.70	0.53	-2.237	0.00	-0.54	-7.83
24		SW1 Selime Kuyusu	Ağustos-91	16	555	7.43	1.51	0.20	2.41	1.59	0.00	3.80	0.60	1.30	-2.132	-0.13	-0.43	-7.69
25		BW1 Belisirma Kuyusu	Ağustos-91	17	661	6.80	1.00	0.20	2.00	0.99	0.00	3.00	0.40	0.80	-1.591	-0.89	-2.06	-8.03
26		IÇ1 Ihlara Çıkış Kaynağı	Ocak-94	8	222	7.50	0.35	0.23	1.80	0.66	0.00	2.34	0.50	0.19	-2.440	-0.45	-1.47	-8.36
27		IÇ2 Ihlara Çıkış Kaynağı	Haziran-94	18	150	7.50	0.41	0.15	1.35	0.39	0.80	1.05	0.30	0.15	-2.488	-0.50	-1.51	-8.53
28		IK1 Ihlara Kığgöz Kaynağı	Temmuz-93	13	131	7.50	0.63	0.22	1.05	0.41	0.00	1.80	0.22	0.17	-2.527	-0.70	-1.87	-8.46
29		IK2 Ihlara Kığgöz Kaynağı	Haziran-94	13	143	7.50	0.32	0.06	1.65	0.41	0.60	1.20	0.50	0.15	-2.528	-0.51	-1.66	-8.40

ACIKLAMALAR ⁺: Analiz sonuçları Göçmez (1994)'den alınmıştır, pCO₂: CO₂ kısmi basıncı (atm), Dolomit: (CaMg(CO₃)₂), Halit: (NaCl), Kalsit: (CaCO₃)

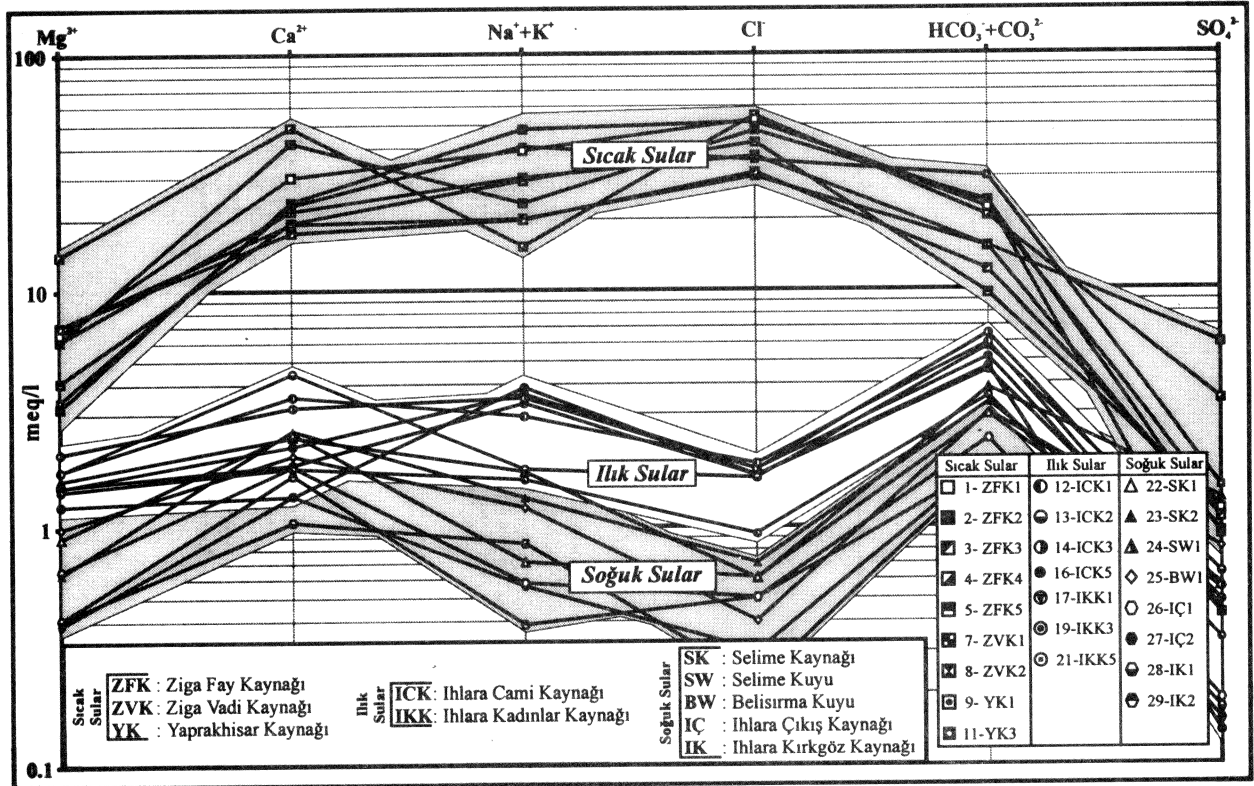
Çizelge 2. Su örneklerinde ölçülen fiziksel parametrelerin bazı istatistiksel değerleri.

Fiziksel Parametreler	İstatistiksel Değerler	Sıcak Sular	Ilık Sular	Soğuk Sular
Sıcaklık (°C)	Maksimum	51	35	8
	Minimum	34	30	20
	Ortalama	43	33	15
	Standart Sapma (±)	6	2	4
EC (µS/cm) (25°C)	Maksimum	7445	769	661
	Minimum	4126	452	131
	Ortalama	6122	591	331
	Standart Sapma (±)	1292	89	203
pH	Maksimum	6.87	7.13	7.50
	Minimum	5.90	6.10	6.80
	Ortalama	6.51	6.49	7.40
	Standart Sapma (±)	0.27	0.41	0.25

3.2. Suların Hidrojeokimyasal Değerlendirmesi

İnceleme kapsamında örnekleme yapılan suların kimyasal analiz sonuçları ve fiziksel özellikleri incelendiğinde bölgedeki sular; sıcak ve soğuk ana grupları ile bunların karışımını içeren 3 ana gruptan oluşmaktadır. Sıcak su kaynaklarının (ZFK, ZVK ve YK) kimyasal karakteri NaCl, ılık su kaynaklarının (ICK ve IKK) genelde Ca-NaCO₃, soğuk su kaynaklarının ise CaCO₃ su tipindedir.

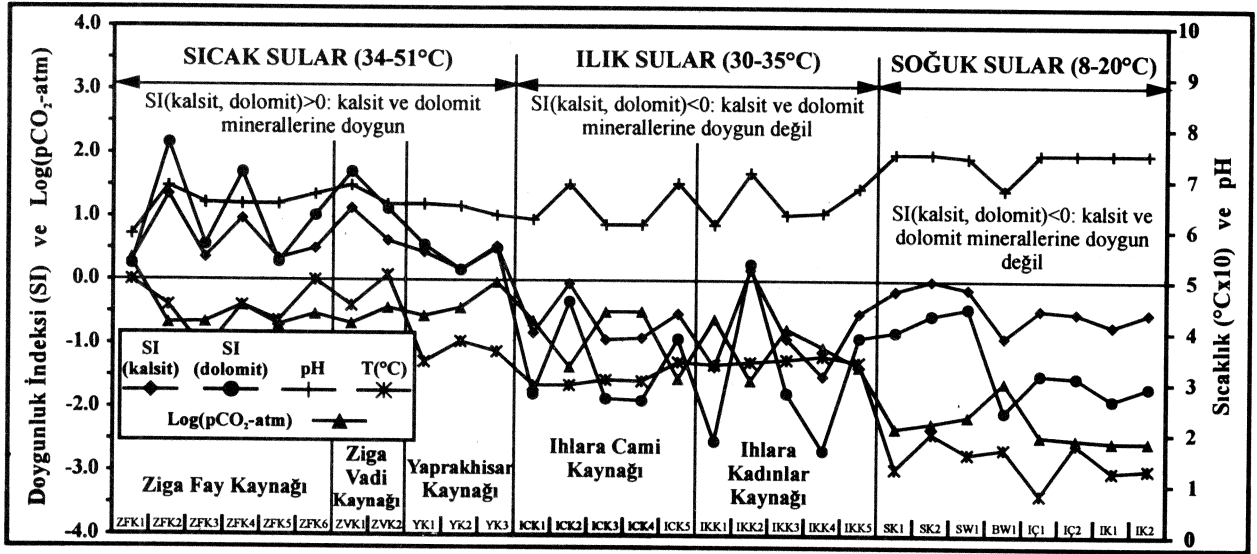
Sıcak, ılık ve soğuk suların kation-anyon büyüklüğü sırasıyla; $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} - \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-}$, $\text{Na}^+ + \text{K}^+, \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} - \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ ve $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} - \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ şeklindedir. Şekil 3'de verilen yarı logaritmik (Schoeller) grafikten de görüleceği gibi; yüksek ve düşük çözülmüş maddeye sahip sıcak ve soğuk suların arasında, soğuk su kimyasal bileşimine daha yakın olan ılık sular yer almaktadır.



Şekil 3. İnceleme alanından derlenen su örneklerine ait Schoeller diyagramı.

3.2.1. Doymunluk İndeksi (Saturation Index: SI) Değerlendirmeleri

Sıcak ve soğuk yeraltı suları yağıştan itibaren yerin derinliklerine süzülmesi sırasında bir çok kimyasal süreçlerden geçerler. Bu kimyasal süreçlerden en etkili olanı ve su tipini belirleyen etken ise su kayac etkileşmesinden kaynaklanan çökelme ve çözünme süreçleridir. Yeraltı suyu derinlerde dolaşımı sırasında dokanak halinde bulunduğu kayac ile iyon alış verişinde bulunarak kimyasal kompozisyonunu kazanmaktadır. Su tarafından kazanılan bu kimyasal içerik suların hangi ortamdan/kayaçtan geldiği hakkında yorum yapabilme olanağı sağlamaktadır. Sular tarafından kazanılan bu kimyasal içeriğin yorumlanması amacıyla; sıcak, soğuk ve ılık suların çeşitli minerallere göre doymunluk durumları Wateqf bilgisayar programı (Plummer ve diğ., 1976) kullanılarak hesaplanmış, sonuçlar Çizelge 1'de verilmiş ve Şekil 4'de gösterilmiştir. Özellikle, sıcak suların rezervuar kayacının mermerler olması ve bunun yanında su karakterinin NaCl olması nedeniyle sadece kalsit, dolomit ve halit minerallerine göre doymunluk indeksi değerleri kullanılmıştır.



Şekil 4. Su örneklerine ait doymunluk indeksi değerlerinin grafiksel gösterimi.

3.2.2. İzotop Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İnceleme alanında yer alan bazı sulardan Mart-1993 tarihinde döteryum (^2H), oksijen-18 (^{18}O) ve trityum (^3H) izotop analizleri için su örneklemeleri yapılmış ve analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Meteorik suları temsil eden izotop örneklerinde, dünya yağışlarını temsil eden ilişki $\delta^2\text{H}=8x\delta^{18}\text{O}+10$ 'dir (Yurtsever ve Gad, 1981). İzotop örnekleme yapılan sıcak, soğuk ve ılık sulara ait ^2H ve ^{18}O değerlerinin yukarıda belirtilen meteorik doğruyla olan ilişkisi Şekil 5'a da verilmiştir.

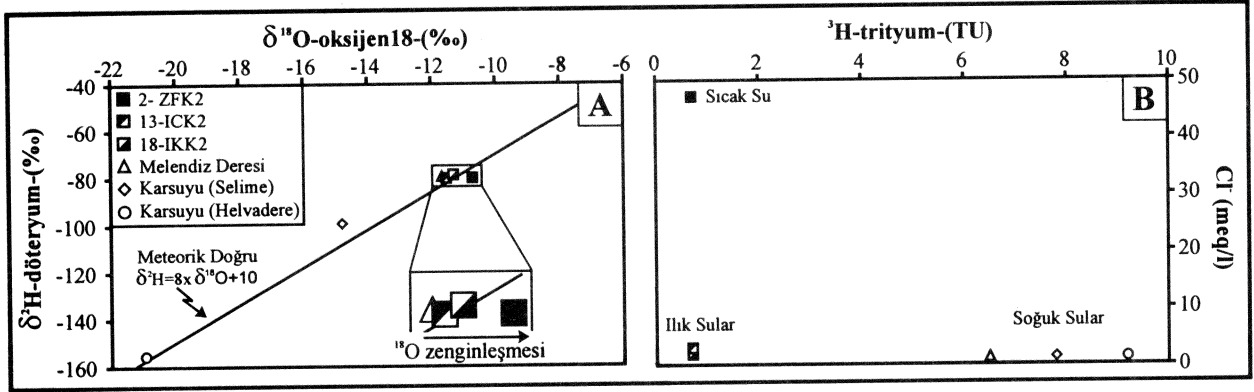
Çizelge 3. İnceleme alanında yer alan bazı su noktalarından derlenen örneklerin izotop analiz sonuçları.

Sıra No	Örnek No	Lokasyon	Örnekleme Tarihi	Oksijen-18 (^{18}O) (‰)	Döteryum (^2H) (‰)	Trityum (^3H) (TU)	Trityum Hatası (TU)	Cl ⁻ (meq/l)
2	ZFK2	Ziga Fay Kaynağı	Mart-93	-10.72	-80.10	0.70	± 0.30	47.13
13	ICK2	Ihlara Cami Kaynağı	Mart-93	-11.52	-80.20	0.70	± 0.30	1.60
18	İKK2	Ihlara Kadınlar Kaynağı	Mart-93	-11.30	-78.80	0.70	± 0.30	1.85
		Melendiz Deresi ^x	Mart-93	-11.67	-79.40	6.50	± 0.40	1.14
		Kar Suyu (Selime) ^x	Mart-93	-20.94	-155.40	9.20	± 0.50	0.57
		Kar Suyu (Helvadere) ^x	Mart-93	-14.79	-99.20	7.80	± 0.40	0.55

^x: Bu su örneklerinde sadece çevresel izotop ve Cl⁻ analizi yapılmıştır.

Suların izotopik değerlendirilmesinde kullanılan ^3H izotopu ise, radyoaktif (duraysız) bir izotop olması nedeniyle yeraltı suyunun rezervuarda kalış veya başka bir deyişle dolaşım süresi ile orantılı olarak radyoaktif bozunmaya uğramakta ve dolayısıyla sisteme giriş konsantrasyonu bu süreye ve yarılanma ömrüne bağlı olarak azalmaktadır. Benzer şekilde örneklere ait Cl⁻ değeri de, yeraltı suyunun rezervuarda

kalış süresine ve sıcaklığa bağlı olarak artış göstermektedir. Sıcak suların $^3\text{H-Cl}^-$ değerleri arasındaki ilişki Şekil 5b'de görülmektedir.



Şekil 5. İzotop örnekleme yapılan sulara ait A) $^{18}\text{O-}^2\text{H}$ ve B) $^3\text{H-Cl}^-$ grafikleri.

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

İnceleme kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda aşağıdaki yorumlamalar ortaya konmuştur. Fiziksel ve hidrojeokimyasal değerlendirmelere göre ve Şekil 3'den de görüleceği üzere bölgede 3 ayrı su tipi bulunmaktadır. Bu sular; sıcak (Ziga fay kaynağı (ZFK), Ziga vadi içi kaynağı (ZVK), Yaprakhisar kaynağı (YK)), soğuk ve sıcak-soğuk suların karışımı ile oluşan ılık (Ihlara cami kaynağı (ICK), Ihlara kadınlar kaynağı (IKK)) sulardır.

Doymuluk indeksi çalışmalarına göre; rezervuar kayacını mermerlerin oluşturduğu sıcak suların örnekleme yapıldığı 4 dönemde de kalsit ve dolomit mineraline doymun olduğu saptanmıştır. Bu durum sıcak suların özellikle yağışlı mevsimlerde herhangi bir soğuk su karışımına uğramadığını göstermektedir. Bunun dışında bu sıcak suların rezervuarda yeterli bir süre kaldıklarını ve rezervuar kayaç-su etkileşmesinden dolayı, doymunluk değerleri açısından rezervuarın kimyasal karakterine benzer bir kimyasal karakter kazandığını göstermektedir. Doymunluk indeksi değerlerinin aksine sıcak sular NaCl tipindedir. Bu durumun nedenleri; 1-sıcak suların rezervuardan yüzeye yükselmesi sırasında dokanak halinde olabilecekleri, çözünürlükleri yüksek ($K_{\text{halit},25^\circ\text{C}}=10^{1.58} \gg K_{\text{kalsit},25^\circ\text{C}}=10^{-8.31} > K_{\text{dolomit},25^\circ\text{C}}=10^{-16.54}$) ve çözünürlükleri sıcaklıkla artan halit gibi evaporitik kayaçlarla etkileşmesinden dolayı NaCl su tipi kazanmış olabilirler fakat kimyasal dengeye ulaşmak için yeterli süre olmamasından dolayı halit mineraline bir doymunluk söz konusu olamamıştır. 2-sıcak suların yüzeye yükselmesi sırasında, derinlerde bir kapanım olarak yer alan bir fosil suyun yıkanması ile sıcak suların NaCl su tipini kazandığı düşünülebilir (bu fosil su, bölgeye yakın olan Tuz Gölü havzasının eski zamanlarda kapanmasında alanda kalmış olabileceği düşünülebilir). Yukarıda belirtilen nedenlerden ikincisinin, izotop verilerine göre, doğru olma olasılığı daha yüksektir. Çünkü, izotop verilerinin sıcak suların meteorik kökenli olduğunu göstermesine karşın, trityum değerleri (0.7 ± 0.3 TU) oldukça yaşlı sular olduğunu göstermektedir (Şekil 5a-b). Bölgede yer alan ılık ve soğuk suların ise herhangi bir minarale göre doymunluğu belirlenememiştir. Bu durumun olası nedeni soğuk sularla olan karışımdır. Soğuk suların herhangi bir minerale göre doymun olmasının nedeni ise, bölgede yer alan jeolojik birimlerin soğuk sulara yeteri kadar yeraltında dolaşım imkanı sağlamaması, soğuk suların dokanak halinde buldukları kayaçlarla kimyasal etkileşmeye girecek yeterli zaman olmaması ve bunun sonucunda da kayaç-su arasında kimyasal bir dengenin oluşmaması şeklinde açıklanabilir.

İzotop analiz sonuçlarına göre; bölgede yer alan sıcak ve ılık sular meteorik kökenlidir. Sıcak sular (ZFK) su-kayaç etkileşmesinden oluşan ¹⁸O zenginleşmesi görülmesine rağmen ılık sulara olan soğuk su karışımı nedeniyle, ılık sularda böyle bir zenginleşme görülmemektedir (Şekil 5a). Trityum izotop analiz sonuçları bölgede en yaşlı suların sıcak sular, bunu yanısıra en genç suların ise soğuk sular olduğunu göstermiştir. Doğal olarak, sıcak ve soğuk suyun karışımından oluşan ılık sular ise yaş olarak bu iki suyun arasında yer almaktadır (Şekil 5b).

5. KATKI BELİRTME

Yazarlar, su örneklerinin kimyasal analizlerini gerçekleştiren Kimya Yük.Müh. Duygu Bektaş ve Kimya Mühendisi Esin Öncel'e (HÜ, UKAM), izotop örneklerinin analizlerini gerçekleştiren Uluslararası Atom Enerji Ajansı'na (IAEA) teşekkür ederler.

6. KAYNAKLAR DİZİNİ

Ayhan, A. ve Papak, İ., 1988. Aksaray-Taşpınar-Altınhisar-Delihebil (Niğde) civarının jeolojisi. M.T.A. Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdları Dairesi Rapor No: 8315, Ankara.

Batum, İ., 1978. Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisi. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi, Cilt 4, No:1-2, sayfa: 50-69, Ankara.

Doğdu, M.Ş., 1995. Melendiz havzası (Aksaray) hidrojeoloji incelemesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hidrojeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Mühendislik Tezi, 112 sayfa (yayımlanmamış), Ankara.

Erol, O., 1969. Tuz Gölü Havzası'nın jeoloji ve jeomorfolojisi. Ankara Üniversitesi Fiziki Coğrafya Bölümü, Rapor No: 4220, Ankara.

Göçmez, G., 1994. Aksaray sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeoloji incelemesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi (yayımlanmamış), Konya.

MTA Genel Müdürlüğü, 1991. Aksaray Sofular-1 (SFG-1) ve Sofular-2 (SFG-2) ile Ziga Belisırma-1 (ZBG-1) Belisırma-2 (ZBG-2) gradyan sondajları kuyu bitirme raporu. Rapor no: 9194, Ankara.

Plummer, L. N., Jones, B.N., and Truesdell, A.H., 1976. Wateqf-A Fortran IV version of Wateq. A computer program for calculating chemical equilibria of natural water. U.S. Geological Survey Water Resources Investigation Report 76-13, 61.

Sür, Ö., 1972. Türkiye'nin, özellikle İç Anadolu'nun genç volkanik alanlarının jeomorfolojisi. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Yayın No: 223, Ankara.

Şimşek, Ş., 1993. Ihlara (Kapadokya) Özel çevre koruma bölgesinin jeolojisi ve bölgede yeralan termal kaynakların hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal araştırması ve korumaya ilişkin öneriler. H.Ü.-T.C. Çevre Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı ortak projesi (yayımlanmamış), Ankara.

Yurtsever, Y. and Gad, J.R., 1981. Atmospheric waters in stable isotope hydrology: deuterium and oxygen-18 in the water cycle. Edited by J.R. Gad and R. Gonfiantini, Technical report series no: 210, IAEA, Vienna, 103-142.

PAMUKKALE-KARAHAYIT JEOTERMAL ALANINDA YER ALAN KAYNAKLARDAN ÇIKAN GAZLARIN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE GAS DISCHARGES IN THE PAMUKKALE- KARAHAYIT GEOTHERMAL AREA

Berrin (SELÇUK) AKAN, H. Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü,
06532, Beytepe, Ankara

ÖZET

Sıcak ve mineralli su kaynakları sıvı fazın yanısıra gaz fazı da içermektedir. Bu kaynaklardan meydana gelen gaz boşalımı genellikle yüksek sıcaklıklı buhar şeklinde görülmektedir. Tüm dünyada yapılan çeşitli araştırmalar sonucunda jeotermal akışkanda bulunan başlıca gazlar CO₂, O₂, H₂S, N₂, H₂, SO₂, NH₃, CH₄ olarak belirlenmiştir. Bu gazların bağıl oranlarının belirlenmesiyle jeotermal sistemde etkin olan fiziksel ve kimyasal süreçlerin tanımlanması mümkündür.

Bu çalışma kapsamında Pamukkale-Karahayit jeotermal alanında gaz kompozisyonlarının belirlenmesi amacıyla 5 adet örnekleme noktası seçilmiştir. Bu alanda yer alan sıcak ve mineralli su kaynaklarından çıkan gazların incelenmesi kapsamında değişik dönemlerde buhar ve su örnekleri toplanarak gaz kromatografi cihazı ile bileşenlerine ayrılmış ve gazların % hacim dağılımları belirlenmiştir. ¹⁸O, D, T ve ¹³C izotopik verileri değerlendirilerek, gazların kökenleri araştırılmıştır. Yapılan kromatografik analizler sonucunda kaynaklardan toplanan örneklerin bileşimlerinin (hacimsel bolluk sırasıyla) karbondioksit (CO₂), oksijen (O₂), azot (N₂) ve hidrojen (H₂) gazlarından oluştuğu saptanmıştır. Pamukkale ve Karahayit jeotermal alanlarına ait jeolojik veriler ve izotop analiz sonuçlarının yorumlanması sonucu, karbondioksit gazının başlıca denizel karbonatlı kayaçların çözünmesinden kaynaklandığı ortaya çıkmıştır.

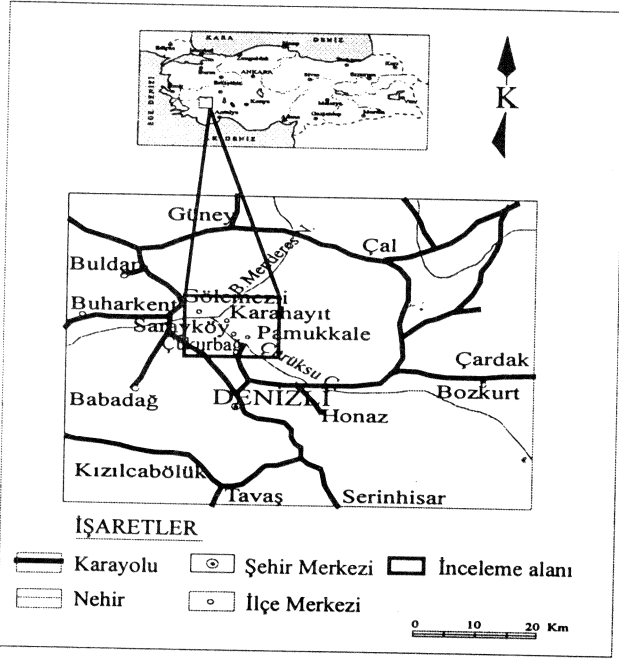
ABSTRACT

Geothermal waters are almost continuously accompanied by a gas phase. The major components of gas phase in geothermal fluids are CO₂, O₂, H₂S, N₂, H₂, SO₂, NH₃, CH₄. Determination of the relative volume of these gases are often helpful in understanding the physical and chemical processes taking place in the aquifer systems. Gas composition of samples collected from 5 locations in Pamukkale-Karahayit geothermal fields in Western Turkey has been determined. Water and steam samples collected in different periods have been analyzed by gas chromatography and gas distribution on volume percent basis has been determined. To identify the gas sources ¹⁸O, D, T and ¹³C isotopic data from Pamukkale-Karahayit geothermal area were also evaluated. General composition was found to be carbon-dioxide (CO₂), oxygen (O₂), nitrogen (N₂) and hydrogen (H₂) in the order of abundance. Combined evaluation of water and gas analyses and hydrogeological data from Pamukkale-Karahayit area revealed that dissolution of marine carbonates composing in the deep aquifer system is the major source of CO₂.

1. GİRİŞ

Günümüzde sıcak ve mineralli su kaynaklarından çıkan gazların içeriği, kökeni ve değerlendirme olanakları tüm dünyada araştırılmaktadır. Özellikle endüstride kullanımı yaygın olan bu gazların miktarının ve kökeninin belirlenmesi, ülkemizdeki sıcak ve mineralli su kaynaklarının etkin ve verimli kullanımı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, ülkemizin önemli jeotermal alanlarından biri olan Pamukkale-Karahayıt alanında yer alan sıcak ve mineralli su kaynaklarından çıkan gazların bileşimi, zaman içindeki değişimi ve kökenlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

İnceleme alanı Ege bölgesinde, Denizli il merkezinin 20 km kadar kuzeyinde, Büyük Menderes Nehri'nin bir kolu olan Çürüksu Çayı'nın kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1). Pamukkale-Karahayıt alanı Ege, İç Anadolu ve Akdeniz iklimlerinin etkisinde olan bir geçiş bölgesidir.



Şekil 1. İnceleme alanına ait yer bulduru haritası

Bu alanda yer alan sıcak ve mineralli su kaynaklarından çıkan gazların incelenmesi kapsamında, üç farklı dönemde Pamukkale Motel, Pamukkale Jandarma, Lafonten Motel, Karahayıt ve Gölemezli kaynaklarından su kimyası ve gaz analizlerine yönelik su ve buhar örnekleri toplanmıştır. Örnekleme noktalarından toplanan buhar ve su örnekleri Varian 3400 Gaz Kromatografi cihazı yardımıyla bileşenlerine ayrılmıştır. Önceki araştırmacılar tarafından yaptırılan izotop analizlerinin sonuçları derlenmiş ve çeşitli grafiklerle değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerle elde edilen sonuçlarla, gazların analizi ile elde edilen sonuçlar deneştirilerek gazların çıkış mekanizması ve kökeni açıklanmaya çalışılmıştır.

İnceleme alanında gazların analizi ve kökenlerinin araştırılmasına yönelik kapsamlı bir çalışma bulunmamakla birlikte, Ercan v.d. (1994) tarafından yapılmış bir araştırma bulunmaktadır. Ercan v.d. (1994), inceleme alanında yer alan kaynaklardan alınan su örneklerinde kabarcıklar şeklinde bulunan gazlarda yaptıkları jeokimyasal ölçümler sonucunda hidrojen (H₂), metan (CH₄) ve karbondioksit (CO₂) gazlarının varlığını saptamışlar ve Pamukkale kaynağında CO₂ gazının %80 oranında olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca yaptıkları izotop çalışmalarında, ¹⁸O ve D izotoplarından elde edilen sonuçlarla Pamukkale sularının meteorik kökenli sular olduğunu bildirmişlerdir. Yine, örneklerdeki karbondioksit gazı karbon izotopik oranlarını (¹³C/¹²C) ölçtürmüş ve bu kaynaktan bulunan CO₂ gazının organik kökenli olmadığını, denizel karbonatlı kayalar ve volkanik aktivitelerden kaynaklanabileceğini ortaya çıkarmışlardır.