



MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

TÜRK MİLLİ KOMİTESİ

BÜLTENİ

10¹⁰
YIL
SAYI

ERGUVANLI ÖZEL SAYISI

İÇİNDEKİLER

- ◆ ONUNCU YIL ÖZEL SAYISI
- ◆ ATATÜRK (Halfeti) BARAJINDA YAPILAN İLK MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI
- ◆ İSTANBUL BOĞAZI ve HALIÇ ÇÖKELLERİNİN EVRİM MODELİ
- ◆ JEOTEKNİKTEKİ GÜVENLİK SAYILARI ÜZERİNE DÜŞÜNCELER
- ◆ FİSKÜRLÜ KİLLERİN KAYMA MUKAVEMETİ ÖLÇÜMLERİNDE NUMUNE BÜYÜKLÜĞÜNÜN ÖNEMİ
- ◆ KAYAÇLARIN NOKTA YÜKLEME DAYANIMINI BULMAK İÇİN YENİ BİR YÖNTEM
- ◆ KAYA ŞEVLERİNDE DEVRİLME DURAYSIZLIĞI ve DEVRİLME ANALİZİ İÇİN BİLGİSAYAR PROGRAMI
- ◆ BÜYÜK MENDERES GRABENİ JEOTERMAL ALANLARI ve YARARLANMA OLANAKLARI
- ◆ POMPALAMA DENEYLERİNDE $U < 0.02$ KOŞULUNUN KONTROLU
- ◆ TRABZON KIRATLI HEYELANI
- ◆ ORD. PROF. İLHAMİ CİVAOĞLU ve TÜRKİYE'DE HİDROJEOLJİ ÖĞRETİMİNİN BAŞLAMASI
- ◆ SEKSENİNCİ DOĞUM YILINDA MÜLLER-SALZBURG
- ◆ 1987 YILINDA MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÖDÜLÜ KAZANAN ÇALIŞMALAR
- ◆ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ TOPLANTILARI

K. ERGUVANLI

**E. MERİÇ
M. SAKINÇ
O. EROSKAY**

M. VARDAR

S. YILDIRIM

N. TÜRK

R. ULUSAY

Ş. ŞİMŞEK

O. DUMLU

F. TARHAN

K. ERGUVANLI

M. VARDAR

İSTANBUL

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ YÖNETİM KURULU

Başkan : Prof. Dr. Kemal ERGUVANLI (İ.T.Ü. MADEN FAKÜLTESİ - İSTANBUL)
Genel Sekreter : Prof. Dr. Okay EROSKAY (İ.Ü. MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ - İSTANBUL)
Sayman : Doç. Dr. Aziz ERTUNÇ (AK.Ü. MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ - ISPARTA)
Üye : Prof. Dr. Remzi DİLEK (K.T.Ü. MÜH. - MİM. FAKÜLTESİ - TRABZON)
Üye : A. Mesut ÇETİNÇELİK (D.S.İ. TED - ANKARA)

YAYIN DANIŞMA KURULU

Prof. Dr. Kemal ERGUVANLI (İ.T.Ü.)
Prof. Vahit KUMBASAR (İ.T.Ü.)
Prof. Dr. Ergün TOĞROL (B.Ü.)
Prof. Dr. Erdoğan YÜZER (İ.T.Ü.)
Prof. Dr. Okay EROSKAY (İ.Ü.)
Prof. Dr. Erol İZDAR (D.E.Ü.)
Prof. Dr. Remzi DİLEK (K.T.Ü.)
Prof. Dr. Vedat DOYURAN (O.D.T.Ü.)
Prof. Dr. Erçin KASAPOĞLU (H.U.)
Doç. Dr. Mahir VARDAR (İ.T.Ü.)
Doç. Dr. Aziz ERTUNÇ (AK.Ü.)
Doç. Dr. Okay GÜRPINAR (İ.Ü.)
Doç. Dr. Gültekin GÜNAY (H.U.)
Doç. Dr. Fikret TARHAN (K.T.Ü.)
Doç. Dr. Esat BAŞKAN (S.Ü.)

YAZIŞMA ADRESİ

Prof. Dr. Okay EROSKAY
İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
VEZNECİLER 34 459 İSTANBUL

Basıldığı Yer

ÇAĞLAYAN BASİMEVİ
Cağaloğlu, Çatalçeşme Sok : No : 26/3 - 4 — İstanbul

ONUNCU YIL ÖZEL SAYISI

Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi (MJTMK), 1750 sayılı Üniversiteler Kanununun 6. Maddesi uyarınca, Yüksek Öğretim Kurulu'nun onayı ile 5 Kasım 1976'da kurulmuş, tüzüğüne göre oluşturulan Genel Kurul, 1977 Şubat ayında ilk yönetim kurulunu seçmiştir. Bu ilk kurul, mühendislik jeolojisinin yurt içinde ve dışında gelişmesini ve duyurulmasını, öğretici ve uygulayıcı kuruluşlar arasında yakın ilişkiler kurulmasını sağlamak amacıyla, paneller, seminerler, kongreler düzenlemiştir. Mühendislik Jeolojisi ve ilgili alanlarda çalışan kuruluşlarla işbirliği yapılmıştır. Seçilen Yönetim Kurulları, bugüne kadar, olanaklarını en iyi şekilde kullanmaya çalışarak, kuruluş amaçları doğrultusunda gayretler göstermiş ve Mühendislik Jeolojisi alanında önemli gelişmeler sağlamıştır.

MJTM Komitesi, kuruluşundan hemen sonra, "Mühendislik Jeolojisi" alanında yeni gelişmeler gösteren konularla ilgili çalışmaları, araştırma ve incelemeleri, yayınları ve toplantıları izleyerek üyelerine duyurmaya çalışmıştır.

Bu amaçla 1978 yılında ilk MÜHENDİSLİK JEOLojisi BÜLTEN'i yayınlamıştır. Elinizdeki bu bülten "ONUNCU YIL ÖZEL SAYISI"dır.

Yayınlanan sayılar incelendiğinde; ilk sayısı 12 sayfa olan bültenin, 10. sayıda 60 sayfaya ulaştığı, hemen hemen aynı tarihlerde düzenli ve kesintisiz yayınlandığı, bülten sayfalarının artmasıyla beraber konu ve yazı içeriklerinin de geliştiği görülmektedir.

Yönetim Kuruluna gelen istekler doğrultusunda, bu sayıdan itibaren, bültende yayınlanan makalelerin öz ve abstract'ının da yer alması kararlaştırılmıştır.

Ayrıca, bir "Yayın Danışma Kurulu" oluşturularak, bültende yayınlanacak yazıların konunun uzmanlarınca incelendikten sonra basılmasına başlanmıştır.

Bu sayımızın bir diğer özelliği de mühendislik jeolojisinin dünyada ve yurdumuzda tanınmasına, gelişmesine ve birliğin kurulmasına 30 yıldan fazla bir zaman, büyük bir heyecan ve zevkle emek veren, 1988'de, eğitim ve öğretimde 46. yılını tamamlayan, Prof. Dr. Kemal ER-GUVANLI'nın adına sunulmasıdır.

MJTMK'nin yurdumuza ve tüm insanlığa yararlı olumasını dileyerek üyelerimize ve meslektaşlarımıza en içten sevgi ve saygılar sunarız.

Yönetim Kurulu

ATATÜRK (HALFETİ) BARAJINDA YAPILAN İLK MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ ÇALIŞMALARI

FIRST ENGINEERING GEOLOGY INVESTIGATIONS AT THE ATATÜRK (HALFETİ) DAM

"Hiçbir Çalışma Boşa Gitmez"

Kemâl ERGUVANLI*

ÖZ — 1960 başında, Keban barajından sonra, Fırat nehri üzerinde, yeni baraj yerlerinin araştırılmasına başlanmıştır. Bu amaçla, İTÜ Maden Fakültesi, Mühendislik Jeolojisi Kürsüsü ve EİE İdaresi elemanlarından oluşan çalışma grubu, 1961-1968 yılları arasında, 5-10 kişiden oluşan bir ekip halinde, bölgede, 8 yaz sürekli bir şekilde çalışmış, Fırat nehri ve yakın çevresinde, ayrıntılı incelemeler yapmış, olası baraj yerlerini saptamış ve buraların 1/25.000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritalarını çıkarmıştır. Fizibilite ve ön projelendirmelere ışık tutan bu çalışma ve incelemeler sonunda, Fırat nehri üzerinde ilk aşamada öngörülen 9-10 baraj yerinden, 4 tanesinin (Karakaya, Atatürk (Halfeti-Karababa), Fındıklı ve Birecik) mühendislik jeolojisi açısından uygun (fizible) olduğu saptanmıştır. Bunlardan ilk ikisi bugün inşa halindedir. 25 yıl önce yapılan bu çalışmaların gerçekleştirildiğini görmek, bu bölgede yıllarca çalışan, göz nuru ve alın teri döken tüm çalışanlar için en büyük sevinç ve sonsuz mutluluk kaynağı olmaktadır.

scale 1/25.000 was prepared. As a result, a feasibility and a pre-design investigations were completed. In the second stage, out of nine possible damsites, only four such as: Karakaya, Atatürk (Halfeti-Karababa) Fındıklı and Birecik were declared to be the most suitable localities to build dams after detailed and careful evaluations. Today the first two of these are under construction. After the lapse of twenty five years, the initial members of the working groups are very pleased with the realisation of the project. The actual construction of the dams on this area will be of great use for the South Eastern Anatolian people.

GİRİŞ

Bu yazı,** 1961-1968 yılları arasında, Devlet Su İşleri (D.S.İ.) ve çoğu Elektrik İşleri Etüd İdaresi (E.İ.E.) adına, güneydoğu Anadolu'da, Urfa dolaylarında, Keban ile Suriye sınırı arasında kalan Fırat nehri üzerinde, Türk mühendis, jeolog ve jeofizikçilerinden oluşan, 6-15 kişilik ekiplerle, Türkiye'de ilk kez yapılan, belli bir biçim ve formda ilgililere sunulan, "Baraj Jeolojisi" ve "Baraj Göl-lerinin Mühendislik Jeolojisi" çalışmalarını, 25 yıl sonra, belge, resim ve orijinal halleriyle gün ışığına çıkarmaktadır.

Yedi yaz devam eden bu araştırmalarda ekip, yaklaşık 450 gün arazide, 60 iş günü büroda çalışmış, toplamı 380 sayfa olan 8 rapor, ilgili kuruluşlara takdim edilmiştir.

Bu çalışmalar sırasında kullandığımız haritalar, derlediğimiz bilgiler, not defterleri, hazırladığımız raporlar, fo-

ABSTRACT — After deciding to have the Keban dam built, investigations to find new damsites in the down-stream valley of the Euphrates river have commenced. For this purpose a working group constituting specialists from the Technical University of Istanbul, Mining Faculty and, from EİEİ (General Directorate of Electrical Power Resources) was formed. These Engineers have worked for eight successive summers on the mapping of engineering geological characteristics of the Euphrates valley. After detailed investigations an engineering geological map with a

* Prof. Dr., İ.T.Ü. Maden Fakültesi.

** 1985 yılında, DSI XVI. Bölge Müdürlüğüne çalışmaları yapılan "Atatürk Barajı Düşünceden-Uygulamaya" adlı özel yayın için, Bölge Müdürü Y. Müh. İsfendiyar Tuncer'in isteği üzerine hazırlanmıştı. Bu isteğinin yerine gelmesi, aziz ve sevgili öğrencim ve dostum, merhum İsfendiyar Tuncer'in ruhunu şad edeceğine inanarak, kendisini bir kere daha hayırla yad ederiz.

toğraf albümleri; Harita ve kesitlerin orijinalleri, D.S.İ. ve E.İ.E. İdaresi arşivlerinde, arazide kullandığımız haritalar ve raporların ikinci kopyaları da, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Mühendislik Jeolojisi Kitaplığında bulunmaktadır.

Çalışmaları tam, gerçek ve odantik olarak ortaya koymak ve yansıtmak amacıyla, ilgililere sunduğumuz raporların önsözlerini, yaptığımız konuşma ve yayınların şekli ve fotoğraflarının bir kısmını, yazımıza aynen koymayı uygun bulduk. Bu suretle olayları, yapılanları ve yapanları belgelemeğe çalıştık (BELGE 1 ve 2).

1960'lı yıllarda, "Halfeti Barajı" diye adlandırılan bugünkü "Atatürk Barajı" yerinde ve göl alanında, 1962'lerde, 380-510, bir iki yıl sonra da 550 ve 700 kotuna kadar çalışılmağa başlanmıştır.

Bu çalışmada, bu gün, üst düzeyde bulunan pek çok İdarecinin ve üniversitelerimizdeki birçok öğretim üyesinin el emeği, alın teri, ve hayat boyu unutulmaz, tatlı-acı anıları bulunmaktadır. Bu gün, 25 yıl sonra, orada çalışan arkadaşlardan, çok zor koşullardaki çalışmalardan alınan zevki, başka bir yerde, en konforlu çalışmalarda bile bulamadıklarını ve hayatları boyu unutamadıklarını duymak, bizlere sonsuz mutluluk vermektedir. Bölgede çalışan tüm arkadaşların, en büyük mutluluğu 1966 yılı Şubatında E.İ.E. İdaresine verdiğimiz raporun önsözünün sonunda (1966, sayfa 4) dile getirdiğimiz ve

"Bu bölgede, 5 yıl eziyet ve tehlikelere göğüs gererek, büyük bir zevkle çalışan insanların yegane dileği, güney doğu Anadolumuzun nurlandığını, suya doyduğunu, gelişip refaha kavuştuğunu görmektir",

şeklinde özetlenen en içten istek ve dualarımızın kabul olduğunu, isteklerinin yerine geldiğini görmeleridir. İnsanları mutlu kılmak, mutlu olmalarına yardım etmek, mutlu görmek bu fani âlemde, fani insanlar için en büyük mutluluktur.

GÜNEY-DOĞU ANADOLU'DA İLK ÇALIŞMALAR

Güney-doğu Anadolu'da yeralan Fırat nehri, yurdumuzun en büyük hidrolik gücüne sahiptir. Bu akarsudan yararlanma, arkalarında milyarlarca metreküp suyu toplayıp, sulama ve enerji üretmede kullanma fikri, bu günkü bilgilerimize göre, Türkiye'nin elektrik işlerini araştırma amacıyla, E.İ.E. İdaresinin 1935'de kurulmasıyla başlamıştır. Bu kuruluş, bir çalışma planı hazırlamış ve bu plana göre de, 1936 yılı Ağustosunda, Fırat üzerinde, Keban kazası civarında, Keban köpründen akarsu ölçümleri (rasatları) yapmağa başlanmıştır. (Foto 1)

1954'de kurulan Devlet Su İşleri de, aynı havzada, değişik yerlerde daha çok sulama amaçlı akarsu ölçüm (rasat) yerleri saptayarak çalışmalara girişmiştir.

Elli yıl önce ileriye gören, sistemli, düzenli ve devamlı çalışmalar yaparak memlekete hizmet veren bu kuruluşların kurucularını ve çalışmalara emeği geçen tüm elemanlarını takdir ve hayırla yad ederiz.

Halfeti Rezervuarının jeolojik etüdü Teknik Üniversite Tatbiki Jeoloji Kürsüsü elemanlarıyla, Elektrik İşleri Etüd İdaresi elemanlarının müşterek çalışması sonucunda meydana gelmiştir. Bize bu çalışma imkânını hazırlayan, lüzumlu vasıta ve malzemeyi temin eden, iyi niyet ve samimi alâka ile her türlü kolaylığı gösteren Sayın Genel Direktör Y. Müh. İbrahim DERİNER'e yardımcısı Sayın Y. Müh. Turgut ÖZAL'a Etüd Kolu Müdürü Sayın Y. Müh. Hikmet KARGI'ya ve muavini Sayın Y. Müh. Sabri YALÇIN'a ve Jeoloji Servisi Şefi Jeolog Sayın Asım ALKUMRU'ya teşekkür etmek benim için bir vazife ve zevktir.

Bu etüdün arazi çalışmaları 10 - Temmuz - 29 - Eylül/1962 tarihleri arasında yapılmıştır. Bu çalışmalara Tatbiki Jeoloji Kürsüsü asistanı Erdoğan YÜZER, E.İ.E. Jeoloji Şubesinden Aydın KIRMACIOĞLU, Saydun ALTUĞ, Naci YILMAZTÜRK ve Teknik Üniversite Maden Fakültesi talebelerinden Mete ARIKAN ve Fikret TARHAN iştirak etmiştir. Bu genç arkadaşlar bölgenin iklim, beslenme v.s. gibi her türlü zorluklarına göğüs gererek büyük bir fedakârlık ve hevesle çalışmış, travayın daha geniş daha detay ve daha sıhhatli olmasına yardım etmiştir. Bundan dolayı bu arkadaşlara ayrıca teşekkür etmek isterim.

Arazi çalışmalarında E.İ.E. nin jeep ve botundan istifade edilmiş Panik'li, Recep EVİŞEN'in keleşinden faydalanılmıştır. Arazi çalışmalarında büyük yardımları dokunan nehir kurdur Recep EVİŞEN'e şoför Bay İsmail'e, Baki BARAN ve Hüseyin DEMİROĞLU'na teşekkür ederim.

Araziden alınan çeşitli taşların litolojik ve paleontolojik etüdüleri Dr. Suat ERK tarafından yapılmıştır.

Fırat nehrinin muhtelif yerlerinden alınan suların kimyasal analizleri de Devlet Su İşleri Kimya Laboratuvarında etüd edilmiştir.

Rezervuar sahasının jeolojik etüdünde yerine göre 1/25 000 ve 1/50 000 ölçekli topoğrafik haritalardan faydalanılmıştır. Bu haritalar çalışmalarımıza büyük yardımcı olmuş detayları göstermenize imkân vermiştir.

1962 Yazının üç ayında Halfeti rezervuar sahasının Samsat Kazası ile Hadra arasında bulunan 256 km² lik kısmının detay jeolojik etüdü ve kesitleri yapılmış, rezervuarın Hadra - Karakaya arasında kalan 40 Km² lik kısmı da istikşafi mahiyette etüd edilmiştir.

Büro çalışmalarında kesitlerin ve fotoğrafların hazırlanmasında Bay Aydın KIRMACI ve Erdoğan YÜZER'in ayrıca yardımları dokunmuştur.

Harita ve kesitler büyük bir emekle ressam Necmi ONAT tarafından çizilmiştir. Kendilerine teşekkür ederim.

Bu etüd 46 sayfa, 13 şekil, 4 tablo, 49 foto, 5 adet harita ve blokdigram ekinde ibarettir.

Belge 1 — 1962 yılında Fırat Nehri üzerinde yapılan çalışmalarla ilgili E.İ.E. İdaresine verilen ilk raporun önsözü.



Foto 1 — İlk akarsu rasatlarının yapıldığı yer. Keban köprüsü ve baraj yeri, köprü baraj gövdesi içinde kalacağından yıkılmıştır. Tarihi Keban köprüsü ve kelek'le Fırat'a çıkış (Eylül, 1964).

Bu ilk hidrolojik çalışmalarla beraber, Fırat üzerinde, ilk aşamada, Keban İlçesi, Keban köprüsü civarıyla, 17 km. güneyde "Deveboynu" ve 29 km. güney'de "Geyiktaş" mevkilerinin baraj yeri olma açısından araştırmalarının yapılmasına başlanmış ve bu çalışmalar sonucu, Fırat üzerinde ilk barajın, Keban ilçesi kuzeyinde, tek açıklıklı, 1930 yılları yapımı, beton Keban köprüsü dolayında inşası kararlaştırılmıştır.



Foto 2 — Geyiktaş baraj yeri metamorfik şistler (a) ve kristalize kalkerler (b) (Eylül, 1964).

Keban barajı yapımına Haziran 1965'de, derivasyon tünelinin açımı ile girişilmiş ve baraj, 8 yıl sonra, 3 Kasım 1973'de Fıratın coşkun sularını tutmaya, gölünü doldurmaya başlamıştır.

E.İ.E. İdaresiyle beraber, benzer kanunla Maden Tetkik Arama Enstitüsü (M.T.A.) kurulmuş ve bu enstitü, ilk

çalışmalarında, özellikle Güneydoğu Anadolu'da petrol araştırmalarına ağırlık vermiştir.

M.T.A. Enstitüsü, 1937'den sonra bu amaçla Fırat Havzasında, Siirt, Urfa, Malatya ve Adıyaman dolaylarında, petrol, kömür ve maden araştırmalarına başlamıştır. Bu ilk genel çalışmalar sonucu, M.T.A. Enstitüsü, 1954'de bölgenin (Bozova-Baziki dolayları, Birecik, Fırat Kuzeyi: Necip Tolun, Güneyi: M. ORTINSKY tarafından) 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları hazırlanmıştır.

Bölge, 1954'de çıkarılan petrol kanunu ile, daha sistemli, düzenli ve bilinçli bir şekilde araştırılmağa başlanmıştır. İşte bu çalışmalar sonucu, hava fotoğraflarından yararlanılarak, Güneydoğu Anadolu bölgesinin, 1956 yılında, ESSO STANDARD (TURKEY) INC. petrol şirketi tarafından, petrol jeolojisi ve petrol bulma amaçlı, 1/50.000 ölçekli jeoloji ve jeolojik yapı haritaları yapılmıştır. Daha sonraları (1960'larda) diğer petrol şirketleri, örneğin American Overseas Petroleum Lt v.b. bölgenin aynı ölçekde, aynı yöntemle, petrol jeolojisi amaçlı, jeoloji ve yapı haritalarını çıkarmışlardır.

Bu suretle yurdumuzun doğal kaynaklarından, maden ve petrolünden yararlanmak için, ekonomik amaçlı ilk çalışmalar başlamıştır.

SU MADENLERİNİN ARAŞTIRILMAĞA BAŞLANMASI VE ÇIKAN PROBLEMLER

Bu tarihlerde, "Su" yun çok kıymetli bir "Maden" olduğu pek iyi bilinmediğinden ve üzerinde düşünülmediğinden, bu konuda pek fazla bir çalışma yapılmamıştır.

1950'lerden sonra, "Tarım" dan "Endüstriye Geçiş" fikrinin gelişmeye başlaması ile, suyun önemi daha da iyi anlaşılmağa başlanmış yurdumuzda, "Su Madenleri" ni arayıp bulmayı, işletip, içme, sulama, suvarma ve enerji üretiminde kullanmayı ön plana çıkarmıştır.

1950'lerde, bütün dünyada olduğu gibi, yurdumuzda da o zamana göre, büyük boyutlu su yapılarının (barajlar) inşasına başlanmıştır. Sarıyar (51-56), Elmalı II. (52-55), Damsa (52-56), Seyhan (53-56), Kemer (54-58), Hirfanlı (54-58), Demirköprü (54-58), May (57-60), Mamasın (61), Apa (62).. v.b. inşa edilmiştir.

Hemen hemen tümü yabancı firmalar tarafından inşa edilen bu barajların yapımı ve işletmeleri sırasında birçok temel, kazı, su tutmama, heyelan v.b. gibi, mühendislik jeolojisi problemleri ortaya çıkması ve ayrıca 1960'lardan sonra, baraj sayı ve yüksekliklerinin artması bütün dünyada ve yurdumuzda, baraj yerlerinin ve baraj göllerinin mühendislik jeolojisi açısından ayrıntılı incelemelerinin yapılmasının gerekliliği ve zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Bu durum yalnız yurdumuzda değil, bütün dünyada da kendini göstermiştir. Özellikle 1959'da Fransada Malpasset barajının, fay ve çatlaklarda oluşan hidrostatik basınçlar sonucu yıkılması, 420 kişinin ölmesi, Yunanistan'da, Perdikas (1961) barajının karstlaşma nedeniyle su top-

layamaması ve 1963'de İtalya'da, 264 m. yükseklikteki dünyanın en ince kemer barajının göl alanında, büyük bir heyelanın meydana gelmesi ve 2400 kişinin ölmesi, baraj inşası plânlamasında "Baraj Yerleri"nde, "Baraj Göllerin" de ve "Yağış ve Beslenme Alanlarında" uzmanlarca ayrıntılı çalışmaların yapılmasını zorunlu kılmıştır. İşte bu sıralarda, yurdumuzda da, gerek D.S.İ.'de ve gerekse E.İ.E. İdaresinde, "Baraj Yeri" ve "Baraj Gölü" "Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları"na başlanmıştır.

URFA DOLAYI HİDROJEOLOJİ ÇALIŞMALARI

1952 yılında İstanbul Teknik Üniversitesinde, UNESCO'nun yardımlarıyla kurulan "Hidrojeoloji Enstitüsü", Bayındırlık Bakanlığı, Su İşleri Reisliği ile işbirliği yapmış ve bu enstitüde görev alan yabancı elemanlar, yurdumuzun kurak ve yarı kurak havzalarındaki, Trakya (Ergene, Bakırköy) Konya, Niğde, Diyarbakır, Urfa, Mardin v.b. ovalarda hidrojeolojik etüdler yapmışlardır bu çalışmaların bazıları yayınlanmıştır.

Bu çalışmalar, o zamanın Su İşleri Reisi, Y. Müh. Sayın Hikmet TURAT'ın büyük yardımlarıyla 1955 yıllarına kadar devam etmiştir. Kendisini takdir ve rahmetle anmak isteriz.

Devlet Su İşleri kurulduktan bir süre sonra oluşturulan "Yeraltı Suları Dairesi Reisliği" yurdumuzun yeraltı kaynaklarını araştırmayı planlamıştır. Hidrojeoloji Enstitüsünde yetişen genç elemanların bilfiil çalışmaya başlamaları ve üniversitelerimizdeki öğretim elemanlarının da bunlara zaman zaman katılmalarıyla, Türkiye'nin yeraltı suları sistemli, düzenli ve bilinçli bir biçimde araştırılmaya başlanmıştır. Burada, bu çalışmaların kendine özgü, sebatlı, kararlı ve planlı bir şekilde yürütülmesini sağlayan o zamanın Daire Başkanı Y. Müh. Cevdet UĞUR'u takdirle yad etmek isterim.

Bu çalışmalara, bu satırların yazarı, 1957'de Kırşehir ve Seyfe ovalarında, 1958'de Himmetdede bölgesinde, 1959'da Lüleburgaz-Edirne-Doryan havzalarında, 1960'da Emirdağ - Yunak bölgesinde, 1961'de de Ufra-Bozova-Kabahaydar ovalarında yaptığı araştırmalarla katılmıştır. İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi Jeoloji Bölümünden de Prof. Dr. Enver ALTINLI, değişik bölgelerde, Suroç - Viranşehir, ovalarında yeraltı suyu araştırmaları yapmıştır. Urfa dolaylarında yapılan bu yeraltı suyu çalışmaları, daha sonra başlatılan, baraj yerleri ve baraj gölleri çalışmalarına çeşitli açılardan yararlı olmuştur.

ATATÜRK (HALFETİ) BARAJ YERLERİNDE VE GÖL ALANINDA YAPILAN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI

Bölgede, Fırat nehri üzerinde, 1961 yılı Temmuzdan 1968 yılına kadar sürekli ve bundan sonra da, zaman zaman yaptığımız inceleme ve araştırmalara, görebildiğimiz kadarı ile rapor ve yayınlara göre, eski "Halfeti" bugünkü Atatürk baraj yeri ve göl alanı çalışmalarına 1959-1960'da, E.İ.E. İdaresi Jeolog ve Mühendisleri tarafından baş-

lanmıştır. Elimizdeki notlara göre, bu tarihlerde E.İ.E. İdaresi Jeoloji Şubesinde, yabancı uzman olarak Dr. H. KLEINSORGE, Jeolog olarak da Asım ALKUMRU, Melih ÇETİN, Münir ÇALIŞAL, Sema GİRAY, Oğuz BEKEM, Saim KALE, 1962'den sonra da Nur Yaşar, Aydın KIRMACIOĞLU, Yalçın GÜNERİ ve Saydun ALTUĞ, Naci YILMAZTÜRK çalışmaya başlamışlardır. Bu arkadaşların pek çoğu, Fırat üzerindeki baraj yerlerinde zaman zaman, ya da devamlı olarak çalışmalarda bulunmuşlar, sondaj yerlerinde ya da göl alanlarında yapılan jeolojik çalışmalara yıllarca katılmışlardır. 1962'lerde ve daha sonraki yıllarda, Kemâl ARKUN, Asım ALKUMRU ve Melih ÇETİN'in çok zor şartlarda, baraj yerlerinde ve göl sahasında kekle ve yaya olarak, günlerce dolaştıkları, tehlikelerle karşılaşmış ve perişan bir halde kampa geldikleri yıllarca dilden dile dolaşmıştır.

1961 yılında, Urfa kuzeyi Bozova-Kabahaydar ovalarında, Jeolog Necdet Özgür, ile incelemeler yapılmış 1962 yazında da Fırat-Halfeti baraj rezervuarında, E. Yüzer, A. Kırmacioğlu, S. Aytuğ, N. Yılmaztürk, M. Arıkan, F. Tarhan, D. Sanlı (kısa bir süre) arazi çalışmaları yapılmıştır. E. Yüzer ile A. Kırmacioğlu ve Ressam N. Onat tüm büro çalışmalarına katılmışlardır. İsmail, Baki ve Hüseyin arabalarıyla gece gündüz çalışarak yorgunluklarımızı azaltmışlardır.

1963'de Fırat, Hadra-Karakaya arasında E. Yüzer, A. Kırmacioğlu, S. Aytuğ, E. Koşar; 1964 yazında, Karakaya baraj yeri ve göl alanında, E. Yüzer, A. Kırmacioğlu, G. Unay, M. Arıkan, F. Tarhan; 1965'de, E. Yüzer, A. Kırmacioğlu, M. Arıkan, F. Tarhan, T. Ercan, A. Kaya (DSİ) İlhami Ergin (DSİ, kısa bir süre); 1966 yılında, Prof. V. Kumbasar, A. Kırmacioğlu, K. Sümerman, A. Altıntaş, B. Uz Karakaya baraj yeri ve heyelan alanlarında, aylarca çalışmışlardır. Büro çalışmalarımızda raporların hazırlanmasında E. Yüzer, A. Kırmacioğlu ve M. Arıkan'ın çok büyük katkıları olmuştur. Tüm çizimler, E.İ.E. İdaresinin ressamlarından L. Dönmez, N.F. Özdemir, Y. Yoler, Şevki Uzer ve bazanda M. Arıkan tarafından yapılmıştır. Kampları-
mızda, İdareci olarak çalışan Enis ve N.F. Özdemir'in çok büyük yardımları olmuştur. Tüm çalışma arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi bir kerre daha yineler, 1966 yılında Karakaya-Tillo-heyelan alanında çalışmalarımız sırasında feci bir kazaya kurban giden genç, cesur, dinamik ve sportmen N. F. Özdemir'i rahmetle anarım.

Baraj yeri çalışmalarına ait elimizdeki 2-3 sayfalık rapor özetlerine göre, 1960 Eylül'ünde Dr. H. Kleinsorge "Halfeti II. Baraj Mevkii" isimli (Rapor tarihi Ekim, 1960); 1961 Eylül-Ekim'inde de, Dr. H. Kleinsorge, Saim Kale, Münir Çalışal, İ. Yolcu, Orhan Günaydın tarafından "Halfeti-Fırat Projesi Hakkında" yazılmış birer rapor bulunmaktadır. E.İ.E. İdaresi Arşivinde, bunların orjinalleri ve diğer çalışma raporları bulunmaktadır.

İLK BARAJ GÖLÜ ÇALIŞMALARINA BAŞLAMA

1959'lardan sonra, dünyada ve yurdumuzda, baraj yerlerinde ve göllerinde meydana gelen büyük olaylar, felaketler; heyelanlar, su tutmamalar bu tarihten sonra, ba-

raj yapımında daha ayrıntılı jeolojik çalışmaların yapımını, bir kez daha hatırlatmış ve dolayısıyla "Baraj Yerleri ile Göl alanları'nın ayrıntılı olarak incelenmeğe tâbi tutulması zorunlu olmuştur.

E.İ.E. İdaresi ve o zamanki Genel Direktör Sayın İbrahim DERİNER bu tür çalışmalara gerek duymuş ve o zaman sayıları çok az olan, E.İ.E. İdaresi elemanlarıyla böylesine ayrıntılı ve sürekli bir çalışmaya girişilmesinin mümkün olamayacağı düşünüldüğünden, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Tatbiki Jeoloji Kürsüsünden, bu satırları yazan, Prof. Dr. K. ERGUVANLI ile bir anlaşma yapmayı uygun görmüşler, bu işin gerçekleşmesi ve çalışma şeklinin saptanması için, o zaman (1962'de) E.İ.E. İdaresinin Genel Direktör Yardımcısı Sayın Y. Müh. Turgut ÖZAL'ın Mayıs 1962'de, İstanbul'a gelişinde, Maçka'da Maden Fakültesi binasında, Prof. Dr. K. ERGUVANLI ile, Fırat Nehri üzerinde yapılması düşünülen çalışmalar, görüşülüp anlaşmaya varılmış ve çalışma protokolünün, Haziran ayı içinde Ankarada hazırlanıp imzalanması kararlaştırılmıştır.

19-21 Haziran 1962'de Çalışma planı ayrıntıları ve protokolü, Ankarada E.İ.E. İdaresi Etüd Kolu Direktörü Y. Müh. Hikmet KARGI, yardımcısı Y. Müh. Sabri YALÇIN ve Jeoloji Servisi Şefi Jeolog Asım ALKUMLU ve K. ERGUVANLI'nın işbirliği ile hazırlanmış ve yetkilerce imzalanıp resmen işe başlanmıştır.

Bu protokolda yer alan çalışma şekli, yapılacak incelemeler, hazırlanacak haritalar, esasta, K. ERGUVANLI'nın 1956'da İngilterede, Imperial College de yapmış olduğu "Geology of Selset Reservoir, Yorkshire, North England" adlı çalışmadan esinlenerek geliştirilmiştir. Bu tarihten sonra, yurdumuzda "Baraj Yeri ve Baraj Gölü Mühendislik Jeolojisi" çalışmaları, bunlara benzer şekil ve formda, her baraj için yapılmaya başlanmıştır.

Fırat-Halfeti-Atatürk barajı çalışmalarına katılan arkadaşlar, bundan sonra bu tür çalışmaları devam ettirmişler, mekanik sondajlarla beraber jeofizik yöntemler ve hava fotoğrafları da kullanarak, modern çalışma metod ve yöntemlerinin kullanılmasını adet haline getirmişler ve çalışma şekillerini geliştirerek normlaştırmışlardır. Bu tür çalışmalar, yurdumuzda "Jeoloji Mühendisliği" mesleğinin gelişmesinde büyük bir aşama olmuştur.

1960'LARDA ATATÜRK (HALFETİ) KAMP YERİ VE ÇALIŞANLAR

1961 yılı yazında, Urfa'nın 70 km. kuzey batısındaki bugünkü Atatürk barajı yerinin, sol sahilinde E.İ.E. İdaresi'nin kamp yerinde, 2 portatif baraka, 3-5 kerpiç bina bulunmakta ve bunlar dinlenme, yatakhane, yemekhane, depo, anbar olarak kullanılmakta idi. Kamp şefi olarak bu işleri iyi bilen, deneyimli, çalışkan, düzenli, Kemal ÖNDÜL bulunuyordu (Foto 3).

Bu portatif barakalardan birinde, içinde lavabosu bulunan, kireç badanalı, temiz ve ufak odada, bu satırların yazarı zaman zaman, günlerce yatmış, diğer büyük bir odada da, çalışan diğer arkadaşlara ayrılmıştı. Yemek-



Foto 3 — Temmuz, 1962'de Halfeti E.İ.E. kampına ve bugünkü Atatürk baraj yerine bakış.

ler kameriya altında, gül ve çiçekler arasında bahçede yenirdi (Şekil 3).

Sonraları, göl alanlarında, değişik kesimlerde, çadır- lı kamp kurularak çalışılmış, geliş ve gidişlerde merkez kampta kalınmıştı (Şekil 4). Kamplarımızda her şey vardı, güneş enerjisinden yararlanılarak ısıtılan bidonlardan plastik borularla getirilen sıcak su, soğuksu ve hatta Muhterem Genel Direktör İbrahim DERİNER'in geniş görüşü ve iyi niyetiyle sağlanan, gazla işleyen buzdolabı bile mevcuttu. Dolap tam işleyip, yiyecekleri tam soğutmasa da, varlığı çok sıcak günlerde, burada çalışan bizlere psikolojik etki yapmakta, arkadaşların gözlerini soğutmakta idi. Gölgede 40°-46°C olan bu ortamda, hasta olmadan, günlerce çalışmanın ne olduğunu, nasıl ve ne zamanlarda çalışılacağını ve nelerin yenilip içileceğini ancak ve ancak orada çalışanlar, deneyimliler anlarlar ve çalışmalarının önemini değerlendirebilirler. Bu, içten yapılan çalışmalar, ortamı çok iyi bilen idarecilerin iyi niyetleri, hüsnü idareleri, geniş düşünceleri ve hoş görüleriyle gerçekleştirilebilmiştir.

Çalışanlara, bu imkanları 8 yıl sağlayan ve her yıl daha iyi olmasını isteyen idarecilere, arazide çalışan teknik elemanlara, bu çalışmalarımızı kolaylaştıran, yıllarca, gece gündüz demeden, hatta yıllarca fazla mesai almadan, arabaları kullanan (Baki, Hüseyin, İsmail, İbrahim, Hoca, v.b. diğerleri) arkadaşlara ve kamp personeline en içten, en samimi teşekkür ve minnetlerimi, 20-25 yıl sonra da olsa, tüm çalışanlar adına sunar, aramızdan ayrılan, Asım ALKUMRU, Metih ÇETİN, ve Hikmet KARGI'ya tanrıdan rahmet diler, bu gün aramızda bulunan ve çalışma-



Foto 4 — Atatürk barajı menbaında, Anbar Köyü, kampı ve yatay Orta ve Üst Eosen kalker ve tebeşirli kalkerleri (Eylül, 1962).

larımıza katkıda bulunanlara da en içten şükranlarımı arz ederim.

20-25 yıl önce bu bölgelerde çalışan bizler için en büyük mutluluk, tünellerin açıldığını, barajların yapıldığını ve burada yaşayan insanların tanrının nimetlerinden, suyundan, enerjisinden yararlandığını, sıhhatli ve mutlu yaşadıklarını görmektir.

ARAZİDE ÇALIŞMA ŞEKLİ VE KULLANILAN ARAÇLAR

Fırat havzasında 1961-67 yılları arasında kesintisiz, ekip halinde, altı yaz çalışılmıştır. Arazi çalışmaları için o zamanlarda E.İ.E. İdaresinde, bulunan jeep, station, pikap ve rover tipi kamyonetlerden yararlanılmıştır. (Foto 5). Küçük tip arazi vasıtaları, çalışmalarımızın verimli ve sevimli olmasına büyük katkısı olmuştur. Büyük arabaların, özellikle roverlerin arızalanması, yolda kalması, parçalarının bulunamaması tüm arkadaşların, kamp şeflerinin iyi niyet ve koşuşmalarına rağmen, sıkıntı ve üzüntü kaynağı olmuştur.



Foto 5 — Fırat Kömürhan köprüsü civarında çalışma hazırlığı ve çalışma araçları; pikap, cip, bot ve kelek. (Eylül, 1964).

Bu arada, arazi çalışmalarımızda, kamp yerlerinin seçilmesinde, kamplarımızın kurulmasında, vasıta ve her

türlü müşgölümüzün halinde, bütün çalışmalarımız sırasında, bizlere, en içten şevk ve istekle yardımcı olan, E.İ.E. İdaresi'nin, kendine özgü kişilikli kamp şeflerinden Ali GÜÇ'e, tüm çalışan arkadaşlarımızın tercümanı olarak, en içten teşekkürlerimizi belirtmek isterim.

Fırat bölgesinde arazi çalışmaları, iklim şartlarına uygun olarak, yaklaşık 15 Haziran 20 Temmuz, 20 Ağustos - 30 Eylül aralarında yapılmakta, çok sıcak olan, 20 Temmuz - 20 Ağustos'ta çalışılmamakta idi. Arazide ancak sabah 7-12⁰⁰, akşam 16-20⁰⁰ arasında çalışılıyor, çok fazla sıcak olan öğle zamanlarında da dere kenarlarında, su başlarında, dinlenip, çay içip, peynir ekmek, karpuz v.b. yiyerek ve yapılan bu çalışmalar haritalara geçirilerek zaman değerlendiriliyordu. Bu tür çalışma, hem zevkli hem de çok verimli oluyordu.



Foto 6 — Fırat-Göksu kavşağında, Miosen kalkerleri üzerinde tarihi Göksu köprüsü (Temmuz, 1965).

KELEKLERLE ÇALIŞMA

Fırat boyu çalışmaların da ise ortama uyarak "Modern ve İlkel" araçlar kullanılıyordu; modern araç, körük ile şişen, Alman malı, sağlam, 4 kişiyi rahatlıkla alan, hafif kürekleri olan, "Lastik Bot" idi; İlkel araç ise 5-6 kamyon lastiğinin şişirilip birbirine, üstlerine konan kavak ağaçlarının iplerle bağlanmasıyla meydana getirilen, (1.80 × 2.5 m. boyutlu) "Kelek", diğer bir adıyla "Sal"

ımız idi. İlkel olmasına karşın, güvenceli, pratik, kolay taşınır ve üzerinde hareket edebilme, yük taşıyabilme imkanı olan bu ilkel araç zamanla geliştirilip, yolculukta gerekli her türlü malzemeyi koyduğumuz, sandıklarımızın alt ve üstünü branda ile örtüp, sıkıca bağlayınca, rahat oturabileceğimiz yer ve her türlü konfor sağlanıyordu. Bottan daha az tehlikeli, devrilmesi ve sönmesi olmayan, ortama uygun, kullanışlı bu ilkel araçla yıllarca yaptığımız nehir boyu incelemelerin tadını unutamamış ve hatta, tüm çalışanlar arar olmuşlardır. Tadı damakta, adı kitaplarda kalan bu gezi türü, en modern gezi araçlarından daha yararlı olmuştur. Fırat'ta yıllarca çalışan, nehir kurdu, Ağının, Panik Köyünden Recep (Evişen) ağa, elindeki basit bahçe küreği ile Keleş'i istendiği yere taşıtırmakta idi. Yalnız, yan derelerden sellerle sürüklenip getirilen büyük blokların üzerinden, Fırat akarken, büyük bir gürültü meydana getiren, yerli halk tarafından "Har Har" denilen bu bölgelerden geçerken, dikkat etmek, telaşlanmamak, korkmamak, keleşin kenarını veya salın üzerinde bırakılan denk ipini sıkıca tutmak ve binilen aracın özellikle, taşlı kısımlardan akarken, takılmamasına, akıntıya paralel bir şekilde olmasına dikkat etmek, eldeki kürek ve sopalarla bunu sağlamak gerekirdi. Aksi halde, keleşe ve bota hakim olunamamakla düşme ve devrilmeler meydana gelmektedir. Yedi yıllık Fırat nehri çalışmalarında, suya düşmeyen, iç çamaşırlarına ve mektuplarına kadar ıslanmayan kimse kalmamış, fakat üzücü küçük bir olay meydana gelmemiştir. Bu bizleri ayrıca mutlu kılmıştır.



Foto 7 — Karakaya güneyi-Bükdüzünde harhar'dan keleş'in geçişi (Eylül, 1965).

Arazide, Fıratın üst kotlarında, jeeple ve yaya olarak çalışılmış, vasıtaların gidemediği kesimlerde de at ve karıtlardan yararlanılarak iş verimi ve çalışma zevki artırılmıştır. Hayatında ilk kez ata binen genç mühendislerin, ata binişleri ve deneyimlilerle yarışmağa kalkışıp attan düşüşleri, bugün unutulmaz meslek anıları olarak anlatılmaktadır.

HELİKOPTERLE ÇALIŞMA

Fırat havzasında, en modern ulaşım ve çalışma aracı olan helikopterden de yararlanılmıştır.

Karakaya baraj yerinin hemen güneyinde, Gölköy baraj yerinin menbaında, Histo çayı ile Fırat kavşağında, yaklaşık 10 km. uzunlukta 5 km. genişlikte, Tillo-Bego-Haburman-Senketo köyleri arasında, 1657 metreye ulaşan Ayıdağının kuzey yamacında, yurdumuzun en büyük heyelan alanlarından biri olan ve ulaşılması çok zaman alan bu bölgeye helikopterle gidilmiş ve incelemeler yapılmıştır.

Bu incelemenin amacı, havzanın ve barajların ön planlama çalışmalarını üstlenecek firmanın, heyelan bölgesini görmek istemesidir.

Kısa zamanda, heyelan alanının tümünü görüp, yayılma alanı, boyutları ve topoğrafyası hakkında fikir edinmek için, özel surette Enerji Bakanlığı tarafından Diyarbakır Hava Üst Komutanlığından izin alınmış, helikopter tahsis edilmiştir. Yapılan plana göre, E.İ.E. İdaresi Mühendislerinden M. TARAKÇI, K. ERGUVANLI ve Amerikanın ünlü baraj Mühendislerinden W. F. SWIGER ile 16-17 Mayıs 1967'de, Karakaya barajı dolayındaki heyelan bölgesine Diyarbakırdan helikopterle gidilmiş ve çevre dolaşılıp heyelanın yayılışı ve boyutları hakkında gerekli incelemeler yapılmış, özellikle Karakaya barajının 30 km. güneyinde bulunan Gölköy barajına heyelanın etkisi araştırılmıştır.

Heyelan alanının ve yayılışının dehşet verici şeklinin görülmesi, aktif hareketlerin yayılışlarının izlenmesi sonucu heyelanın hemen güneyinde bulunan Gölköy barajının yapılmaması ve çalışmaların durdurulması, yetkililere önerilmiştir.

Bindiğimiz ve incelemede kullanacağımız helikopterin çok eski olduğunu ve ABD'de yapılan helikopterin ikincisi bulunduğunu, sabahın yedisinde bizlere açıklayan, Yüzbaşı Pilotumuz, çakı gibi olduğunu, akşam ikide yattığını ve üç yıl önce kullandığı jet uçağının yanmağa başlamasıyla atlayarak kurtulan, dünyada ikinci ve ünlü pilotlar arasında yer aldığını, göğsüne taktığı "Tırtıl Nişanı"nın bu başarısını simgelediğini, tatlı tatlı anlatışını, hayat boyu unutamıyorum. Korktuğumu sanan çakı gibi yiğit pilot, "korkma hoca korkma, sen benim yanıma gel, hem konuşur, hem uçarız" deyip beni yanına almasını, "hoca burası rahat olur, arkası hem gürültülü ve hemde sallantılı" demesini, bugün de ışıltır gibiyim. Ben de ona, en sağlam makinanın ikinci yapılan olduğunu, bir düşenin ikinci kez düşme olasılığının birinciden daha az bulunduğunu, çakı da olsa yaşlı da olsa insanın öleceğini, fakat bu yolda, görev başında, başka bir âleme göçmenin şehit olarak, cenneti alaya gideceğini söylemem üzerine, pilotumuzun yanaklarından öpmesini, hayatım boyunca en tatlı anılardan biri olarak saklamaktayım.

DİCLE ÇALIŞMALARINA GEÇİŞ

Fırat havzası çalışmalarının bitirilmesinden sonra 1968'de Dicle havzasına geçilmiş ve önce "Dermah-Hasankeyf Arası Baraj Yerİ İmkanları ve Rezervuarları'nın Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları" yapılmıştır. Dicle'nin bu kesiminde, ekibimizin vefakâr ve cefakâr elemanı Jeol. Müh. Aydın KIRMACIOĞLU ve Yılmaz URAL katılmıştır. Dicle havzasının, Dermah'ın güneyindeki baraj yerleri,

1970'lerden sonra, Jeol. Müh. A. KIRMACIOĞLU'nun E.İ.E.'de oluşturduğu ekiple devam edilmiş, Dicle baraj yeri ve göl alanları ön fizibilite çalışmaları tamamlanmıştır. Bu ekip, bu tür çalışmaları, 1976'dan sonra, Hakkâri'nin "Zap Suyu Havzası"nda da sürdürülmüş ve bu ayrıntılı ön çalışmalar sonucunda, 1984 yılında, "Zap Suyu Havzası"nın "Master Plân" düzeyinde plânlama çalışmaları ihale edilerek uygulamaya geçilmiştir.

Bu çalışmaların ışığı altında, 8-10 yıl sonra, 1975'de, E.İ.E. İdaresi Dicle-Ilisu barajının fizibilite çalışmalarının mühendislik jeolojisi kısmını, çalışmayı yüklenen STFA-Temel Mühendislik A.Ş. ile beraber çalışarak tamamlamış, hazırlanan raporlar üç cilt halinde 1977'de E.İ.E. İdaresine sunulmuştur.

1978-80 yılları arasında BİMKAL adına İstanbul Üniversitesi ile işbirliği yapan ekibimiz, Yukarı Diclede, Dicle Kazası dolayındaki "Kralkızı ve Kavşana" baraj yerlerinde ayrıntılı olarak çalışarak "Mühendislik Jeolojisi - Ka-

ya Mekaniği ve Jips Problemleri" üzerinde de çalışarak bu baraj yerlerinin kesin projelerinin hazırlanmasında görev almıştır. Bu baraj bu gün inşa halindedir. Bitmesini ve kullanıldığını görmek bizlere sonsuz mutluluk verecektir.

SONUÇ

Ekibimiz, çok iyi bir iş birliği ve ahenkli bir çalışma ile Keban-Suriye sınırı arasında, 506 km. uzunluğundaki Fırat üzerinde, sürekli 7 yıl çalışarak, bu gün inşaatı süren Karakaya ve Atatürk (Halfeti) barajlarının yapılmasına, orada yaşayan yurdaşlarımızın suya ve ışığa kavuşmasına ve mutlu olmalarına, karınca kaderince, katkıda bulunmuştur.

Çok ufak da olsa, içten bir veriş, insanların mutlu olacaklarını ve mutlu oluşlarını düşünüş ve görüş, bu bölgede, yıllarca çalışan bizler için, en büyük mutluluk ve sonsuz iftihar vesilesidir.

ULUSAL 1. HİDROJEOLOJİ SEMPOZYUMU

Baki CANİK*

A.Ü. Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde, 28-29 Eylül 1987 tarihlerinde, Ulusal 1. Hidrojeoloji Sempozyumu düzenlenmiştir.

Sempozyumun amacı, ülkemizde hidrojeoloji konusundaki çalışmaları özendirmek, Üniversiteler, Kamu kuruluşları ve özel teşebbüste çalışan yer bilimcilerin bilimsel ve uygulamaya dönük araştırmalarını değerlendirmek, konu ile ilgili yeni gelişmeleri yakından izleyip, bilgi alış verişini hızlandırmaktır.

Sempozyumun Düzenleme ve Yürütme Kurulu ile Bilimsel Kurul aşağıdaki gibidir: *

DÜZENLEME VE YÜRÜTME KURULU:

Başkan

Prof. Dr. Baki CANİK - A.Ü.

Başkan Yardımcıları

Dr. Mehmet BÜYÜK - M.T.A.

Erdal ŞEKERCİOĞLU - D.S.İ.

Üyeler

Prof. Dr. Yavuz ERKAN - H.Ü.

Doç. Dr. Nurettin SONEL - A.Ü.

Doç. Dr. Vedat TOKER - A.Ü.

Yard. Doç. Dr. Ergun GÖKTEN - A.Ü.

Yard. Doç. Dr. Şükrü KOÇ - A.Ü.

Yard. Doç. Dr. Yavuz OKAN - A.Ü.

Dr. A. Tuğrul BAŞOKUR - A.Ü.

BİLİMSEL KURUL

Prof. Dr. CANİK - A.Ü.

Prof. Dr. Remzi DİLEK - K.Ü.

Prof. Dr. Vedat DOYURAN - H.Ü.

Prof. Dr. Kemal ERGUVANLI - İ.T.Ü.

Prof. Dr. Ali ŞAHİNCİ - Ak. Ü.

Prof. Dr. Erdoğan YÜZER - İ.T.Ü.

Sempozyumda 8 oturumda 32 bildiri tartışılmıştır. Her oturumda tartışılan konular, bildiri sayısı ve oturum başkanları şöyledir:

1. Oturum : Genel Değerlendirme, (3 bildiri), Oturum Başkanı : Prof. Dr. Okay EROSKAY
2. Oturum : Havza İncelemeleri, (4 bildiri), Oturum Başkanı : Prof. Dr. Kemal ERGUVANLI
3. Oturum : Sıcak ve Mineralli Sular, (3 bildiri), Oturum Başkanı : Doç. Dr. Şevki FİLİZ
4. Oturum : Sıcak ve Mineralli Sular, (5 bildiri), Oturum Başkanı : Prof. Dr. Baki CANİK
5. Oturum : Hidrojeolojide Jeofizik İncelemeler, (3 bildiri), Oturum Başkanı : Doç. Dr. Turan KAYIRAN
6. Oturum : Hidrodinamik ve Kuyu Hidroliği, (3 bildiri), Oturum Başkanı : Prof. Dr. Vedat DOYURAN
7. Oturum : Hidrojeolojide Matematik Modelleme, (5 bildiri), Oturum Başkanı : Prof. Dr. Remzi DİLEK
8. Oturum : Yeraltı Suyu Kimyası, (6 bildiri), Oturum Başkanı : Prof. Dr. Ali ŞAHİNCİ
Sunulan bildiriler kitap halinde yakında yayınlanacaktır.

* Prof. Dr. A.Ü. Fen Fakültesi Jeoloji Müh. Böl.

İSTANBUL BOĞAZI ve HALIÇ ÇÖKELLERİNİN EVRİM MODELİ
EVOLUTION MODEL of
BOSPHORUS and GOLDENHORN DEPOSITS (ISTANBUL)

Engin MERİÇ*
 Mehmet SAKINÇ**
 Okay EROSKAY***

ÖZ — İstanbul'da büyük mühendislik projeleri gerçekleştirilmektedir. Bu projelerde elde edilen yeraltı ve denizaltı verileri, bölgenin karmaşık jeolojisini yeniden değerlendirme olanağı sağlamıştır. Boğaz ve Haliç çökellerinin evrim modeli, bölgenin Kuzey Anadolu Fay sistemine çok yakın olması nedeniyle, deprem riski bakımından değerlendirilmiştir. Fayların aktivitesini ve deprem riskini açıklayıcı bazı deliller sağlanmıştır. Bu çökellerin değerlendirilen yaş konağı, Pleyistosen sonu ile Güncel arasındadır. Çevredeki son bulgular ile bu çalışmanın sonuçları denestirilerek; gömülmenin Tirenien'den genç ve çökel kalınlığına göre yaklaşık 100 m olduğu sonucuna varılmıştır. Boğaz ve Haliç'teki ikincil fayların aktif olduğuna dair kesin bulgular saptanamamıştır.

ABSTRACT — In Istanbul, the large engineering projects are under construction. The subsurface and subsea data obtained through these projects have made it possible to reevaluated the complex geological model of the area. Due to the fact that, the area is very close to the North Anatolian Fault System, the evolutionary aspect of the recent deposits at the Bosphorus and the Goldenhorn has been investigated in terms of possible earthquakes. Some evidences concerning the the risks of earthquake and fault activity have been observed. The age span of the deposits are from late Pleistocene to the Recent. When the results of this paper have been correlated to the new findings, the submerge proves to be post Thyrrenian and approximately 100 m according to the thickness of the deposits. No definite observation could be made concerning the activity of the secondary faults which were located at the Bosphorus and the Goldenhorn.

GİRİŞ

Son yıllarda, İstanbul ve dolayında yapılan mühendislik projelerinin sayıları ve boyutları artmıştır. Fatih köprüsü, Adapazarı-Kinalıköprü otoyolu, Güney ve Kuzey Haliç atıksu tünelleri, Boğaz Demiryolu Tüp Geçişi, İstanbul Metrosu, Yeni Galata Köprüsü, Üçüncü Boğaz Geçişi, İsaköy ve Darlık Barajları, Sapanca-İstanbul Su Getirme Projesi, Büyükçekmece Barajı, çok katlı binalar, vb... birçok büyük boyutlu mühendislik projesi gerçekleştirme aşamasındadır.

İstanbul ve çevresinin oldukça karmaşık jeolojisi, bu projelerin gerçekleştirilmesinde mühendislik jeolojisi bakımından ayrıntılı yüzey ve yeraltı incelemeleriyle çeşitli verilerin değerlendirilmesini gerektirmektedir. Aynı zamanda, temel araştırma sondajları ve büyük boyutlardaki temel kazıları, İstanbul'un yeraltı jeolojisinin öğrenilmesine de çok yararlı veriler sağlamaktadır.

Bölgenin, Kuzey Anadolu Fay sistemine yakın olması nedeniyle, projelerin güvenilirliği bakımından, deprem riski olağanüstü önem kazanmaktadır. İstanbul Boğazı Demiryolu Tüp Geçişi, Yeni Galata Köprüsü ve İstanbul Metrosu Haliç Köprüsü için yapılan deniz sondajlarından sağlanan örnekler, paleontolojik ve sedimentolojik yönlerden ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bölgenin çok genç jeolojik evrim modeli için yeni bulgular yorumlanmış ve elde edilen sonuçlar, jeoteknik amaçla değerlendirilmiştir.

İncelenen örneklerin alındığı sondaj lokasyonları Şekil 1 deki haritada gösterilmiştir. Örnelker, Alibeyköy barajı 1, Kağıthane deresi 1, Galata ve Atatürk köprüleri arasında 4 ve Sarayburnu ile Üsküdar arasında yapılan 15 kara ve deniz sondajından derlenmiştir. Söz konusu sondajlardan TB-102, TB-112, TB-113, TB-114 ve TB-117 dışın-

* Prof. Dr. İst. Tek. Üniv. Maden Fak. Genel Jeoloji Anabilim Dalı.

** Dr. İst. Üniv. Müh. Fak. Genel Jeoloji Anabilim Dalı.

*** Prof. Dr. İst. Üniv. Müh. Fak. Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı.

dakiler, bölgede temeli oluşturan Trakya Formasyonuna girmiştir.

BÖLGESEL JEOLJİ

İstanbul ve dolayında temeli, toplam kalınlığı birkaç bin metreye ulaşan Paleozoyik'e ait kayaçlar oluşturur. Daha önceki jeolojik incelemelerde, Paleozoyik çökelleri çeşitli kayastratigrafi birimlerine ayrılmış ve adlanmıştır. Genel olarak temel kayaları kıvrımlı, sık kırıklı, faylı ve farklı jeoteknik niteliklerde görülür. Tümüyle karmaşık bir temel kayacıdır. Paleozoyik birimleri kesen mağmatik sokulumlar vardır. Çeşitli boyutlarda andezit ve diyabaz daykları gözlenir. Bölgenin kuzeyinde temel kayalarının Üst Kretase'ye ait volkanitler ve batıda Tersiyer birimleriyle örtüldüğü belirlenmiştir.

Boğazın güney kesiminde ve Haliç çevresinde Trakya Formasyonu adı verilen Karbonifer yaşındaki çökeller geniş alanlar kaplar. Trakya Formasyonu başlıca kumtaşı (grovak), kiltası, silttaşı ve arada kireçtaşı veya konglomera düzeylerinden oluşmaktadır. Temel kayaları üzerinde, Tersiyer çökelleri kil, kum ve çakıllı düzeylerden oluşur. Pliyosen veya Pleyistosen yaşında oldukları kabul edilen bu örtü çökellerine Belgrat Formasyonu adı verilmiştir. Çoğunlukla bölgedeki tepelerin üst kesimlerinde, bu çökellerin sınırlı alanlar kapladığı görülür.

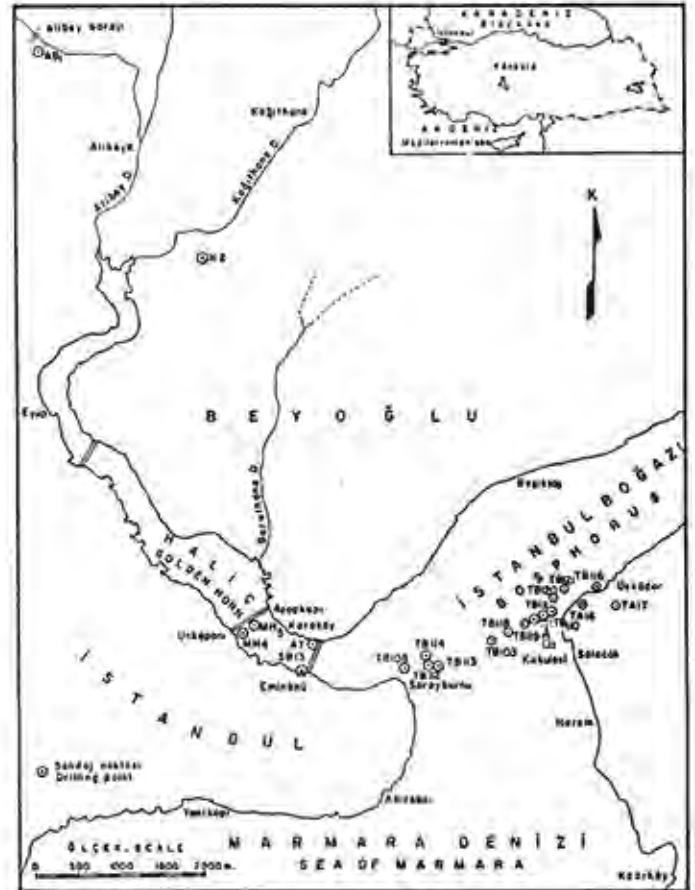
İstanbul Boğazı ve Haliç tabanında yeralan genç alüvyal çökeller ise ince kum, silt ve çamurdan oluşur. Bunların arasında çakıllı ve bol kavrıkli düzeyler de bulunur. Her iki bölgede aynı tip çökellerin görülmesine rağmen; aradaki litolojik farkları belirtmek amacıyla, Boğaziçi ve Haliç çökelleri olarak ayrılmaları tercih edilmiştir.

İstanbul Boğazı ve çevresinde bölgesel ölçekte doğu-batı, kuzeybatı-güneydoğu ve kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu stratigrafik ve yapısal gidişler belirgindir. Morfolojide akarsu ağının yapı etkinliğini yansıttığı görülür. Çok sayıda fay haritalanmıştır. Boğaz ve Haliç'in oluşumu hakkında çeşitli görüşler vardır. Son verilerin ışığında, İstanbul Boğazı ve Haliç'in yapı denetiminde açılmış eski vadiler olduğu, Pleyistosen'de veya Holosen'de gömülerek bir deniz bağlantısı oluşturduğu ileri sürülmektedir. Gömülmeyi izleyen dönemde yüzeysel ve denizel erozyonlar veya çökme ile birbirini izleyen çeşitli değişiklikler oluşmuştur.

HALIÇ ÇÖKELLERİ

Haliç'te yapılan deniz sondajlarının dördünden elde edilen verilere göre, istif alttan üste doğru şu özellikleri gösterir (Şekil 2). Temelin üstünde ortalama kalınlığı 5 m olan siyah killer yer alır. Bunu, alt düzeyleri çakıllı ve bloklu, üste doğru kumlu killer izler. Bu düzeyin kalınlığı SB-13 sondajında 5.50 m, A-7 sondajında 6 m, MH-4 sondajında 5 m ve MH-5 sondajında da 3 m olarak saptanmıştır (Şekil 1 ve 2). Bu çökellerin Haliç'in her iki kıyısında oldukça kalın olduğu ve orta kesimlere doğru gittikçe incelendiği görülür. İçinde hiçbir organizma kalıntısına rastlanılmamıştır. Bunun üzerinde yer-

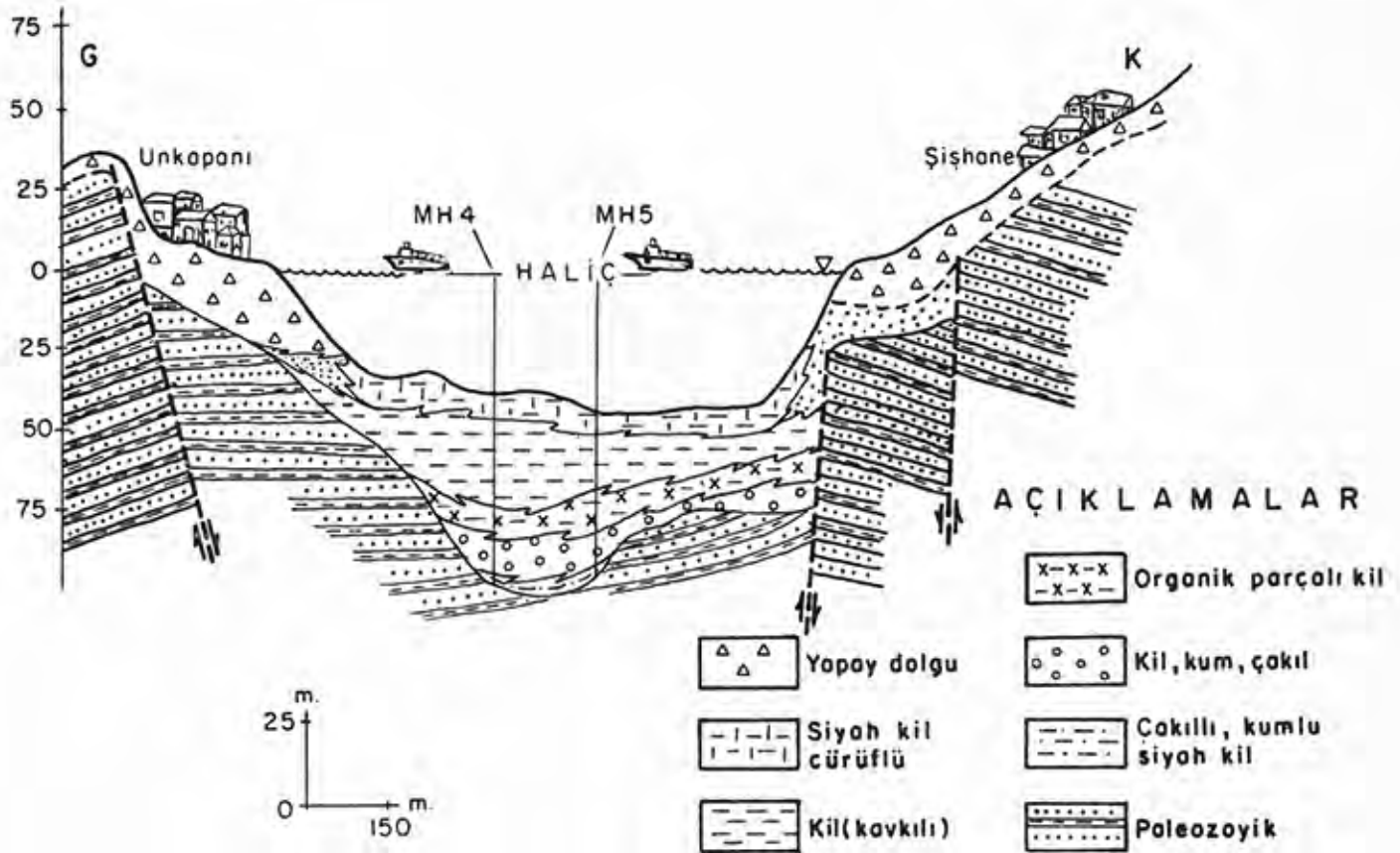
alan ve organik malzeme içeren koyu renkli killerde de organizma kalıntısı bulunamamıştır. Daha üstteki bol kavkılı killeri yoğun foraminifer (*Ammonia beccarii* Linné vb...) ve ostrakod içerirler. En üst seviye, siyah, bol kömür parçalı ve cürufli killerden oluşmuştur. MH-5 sondajında 7 m, MH-4 sondajında 9.50 m, A-7 sondajında 10.00 m ve SB-13 sondajında da 24.00 m olarak saptanmıştır.



Şekil 1 — Sondaj yerlerini gösterir mevki haritası.

Atatürk ve Galata köprüleri arasında yapılan bu dört sondajda, Haliç dibindeki tortul kalınlığının farklı olduğu anlaşılmaktadır. İstif MH-5 de 35.00 m, MH-4 de 47.50 m, SB-13 de 52.55 m ve A-7 sondajında ise 47.50 m olarak ölçülmüştür.

Bu sondajlardan elde edilen verilere göre Haliç'te deniz tabanında 7.00-10.00 m kalınlığında ve bol kömür kırıntılı bir birim bulunmaktadır. Ayrıca, bu birimde çok sayıda memeli dişlerine ve kemik parçalarına da rastlanılmıştır. Üstteki yoğun kömür kırıntılarının 1913 yılında üretime geçen Silahtarağa Elektrik Santralının 70 yıllık faaliyeti sonucunda oluştuğu düşünülmektedir. Bu birim içinde güncel organizma kalıntılarının yok denecek kadar azalması, Haliç'te olağanüstü doğal ve yapay tortullaşma ile kirlenme sonucunda yaşamın büyük ölçüde kesikliğe uğradığını göstermektedir. Örnekler arasında rastlanılan memeli parçalarının ise 1923 yılında faaliyete geçen Süt-lüce Mezbahasının atıkları olabileceği düşünülmektedir.

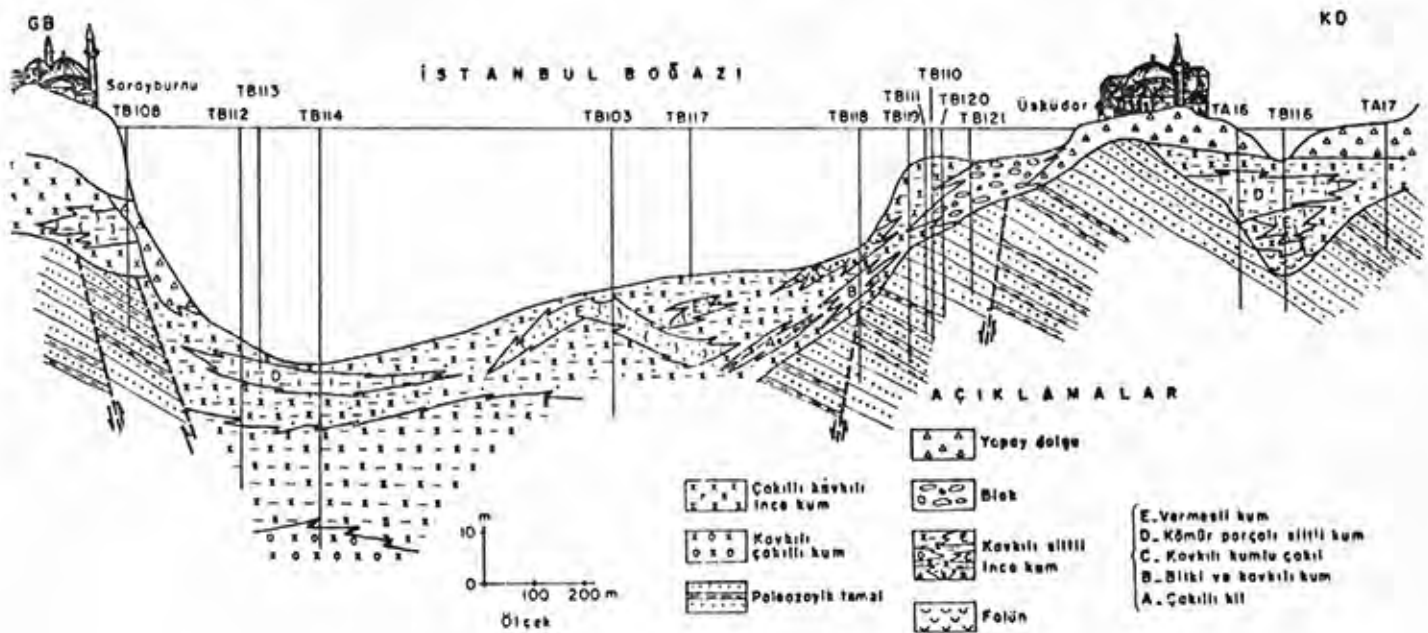


Şekil 2 — Unkapanı - Şişhane arasının jeoloji kesidi.

BOĞAZ ÇÖKELLERİ

İstanbul boğazının Sarayburnu ile Üsküdar arasında yapılan deniz sondajlarından alınan örneklerin incelenmesi sonucunda Boğaz Çökellerinin başlıca şu özellikleri be-

lirlenmiştir. Değinen sondajların bir kısmında temele (Trakya Formasyonu) girilmiştir. Boğazın orta kesimindeki bazı sondajlarda, çökellerin çok kalın olması nedeniyle temele ulaşılammıştır. Temel üzerinde yer alan çökel istifinin Sarayburnu yakınlarında, Haliç Çökellerine ben-



Şekil 3 — Sarayburnu-Üsküdar arasının jeoloji kesidi.

zer olarak çakıllı ve kumlu bir düzey ile başladığı (TB-112, TB-114, TB-119, TB-111, TB-110) saptanmıştır. Bu düzey, ulaşılan sondajlardan elde edilen verilere göre, Salacak sahillerine kadar aynı özellikte devam eder ve kalınlığı sahilden derine doğru hafifçe artar. İçinde herhangi bir organizma kalıntısı gözlenmemiştir. Üzerinde, kalınlığı orta kesimde en yüksek değere ulaşan az çakıllı, kavkılı ince kumlar yer almaktadır. Yaklaşık kalınlığı TB-112 de 10.00 m ve TB-114 de ise 27.50 m dir. Salacak yakınlarında yapılan TB-104 ve TB-108 sondajlarında, bu birime rastlanılmamıştır. Daha üstte yeralan bol kavkılı, siltli, ince kumlar arasında; çakıllı kil, bitki ve kavkı parçalı ince kum, kavkılı ve kumlu çakıl, vermes tüplü kum ve kömür kırıntılı, siltli kum mercekleri görülmüştür (Şekil 3). Sarayburnu açıklarında yapılan TB-101, TB-112, TB-113 ve TB-116 sondajlarında varlığı belirlenen bol kömür parçalı siltli kum, Haliç'teki en üst seviye ile benzer özellikler taşımakta ve kalınlığı sondaj verilerine göre 2.00-7.50 m arasında değişmektedir. Sonuç olarak, bu birimin Haliç'te yeralan ve Silahtarağa Santrali atıklarının oluşturduğu düşünülen kömürlü düzeyin uzantısı olduğu sanılmaktadır. En üstte, Sarayburnu ve Salacak yakınlarında yapay dolgu ile molozlar gözlenmiştir.

ACI SU-DENİZ GEÇİŞİ

Kuvaterner'de gözlemlendiği üzere Geç Pleistosen-Holosen'de de akuatik ortama en fazla etki eden koşulların başında iklim şartlarının değişkenliği gelmektedir. Bu değişkenliğe sebep olan en önemli etmenler, Kuvaterner'de egemen olan buzul faaliyetleridir. Özellikle buzul ve buzularası devrelerde görülen sıcaklık farklılaşmaları, Kuvaterner ikliminde koşulların hızla değişmesine neden olmuştur. Bu değişiklik nedeniyle ortamda, koşullara uyum sağlayabilen bazı organizmalar gelişmiştir.

Haliç çökellerinde saptanan fosil formlar, bu bölgede kuşku olarak Geç Pleistosen-Holosen'de acı su ile deniz geçişinin varlığını göstermektedir. Genç çökellerin taban seviyelerinde gözlenen *Ammonia beccarii* Linné *Elphidium crispum* Linné gibi acı su ortamını karakterize eden formlar, iklim değişkenliğinden kaynaklanan ani tuzluluk değişimlerine uyum sağlayabilen ve ortam denizele dönüştüğünde, bu ortamda da yaşayabilen tiplerdir (BRADSHAW, 1957). Daha üst seviyelerde gözlenen *Planorbolina*, *Bolivina*, *Bulimina* vb... foraminiferler ile gastropod, pelesipod, bryozoon ve alglerin varlığı değinilen topluluğun denizel bir ortamı karakterize ettiğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu veriler, yukarıda belirtilen formların yansıttığı ortam koşullarının başlangıçta akarsular ile beslenen bir acı su ortamını ve daha sonra da denizin bölgede yaygınlaşarak egemen olduğunu açıklamaktadır.

Sarayburnu-Üsküdar arasındaki sondaj verileri, bu yörede de Kuvaterner sonunda muhtemelen Geç Pleistosen-Holosen'de, Haliç'te gözlemlendiği gibi, acı su-deniz geçişinin varlığını açıkça ortaya koymuştur. Özellikle, TB-114 sondajında kavkılı, çakıllı kum birimindeki alt seviyelerde *Ammonia beccarii* Linné'nin aşırı bol sayıda gözlen-

mesi ve bunun ile birlikte karakteristik denizel biyofasiyesi belirleyen cinslerin bulunmayışı, başlangıçta İstanbul Boğazı'nın tabanında acı su fasiyesinin etkin olduğunu belirlemektedir. Aynı sondajdaki daha üst seviyelerde gözlenen pelesipod, gastropod, bryozoon, vermes, ekinid, denizyıldızı parçaları ve algler ile foraminiferlerden *Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Biloculina*, *Cibicides*, *Elphidium*, *Rosalina*, *Nonion* ve diğer tiplerin ortaya çıkması, yine *Ammonia* tiplerindeki büyük azalış, bu düzeyde denizel ortamın egemen olduğunu kesin bir şekilde kanıtlamaktadır.

JEOLOJİK EVRİM MODELİ

Daha önce yapılmış jeolojik incelemeler ile mühendislik projelerinden sağlanan bulgular değerlendirilerek, Haliç ve Boğaz çökellerinin evrim modeli aşağıda tartışılmıştır. Mühendislik projelerinin tasarımında, belirlenen çok sayıda fayın aktivitesini ve deprem riskini açıklamak bakımından bazı deliller ortaya konmuş olacaktır. Çökellerin yaş konağı nedeniyle değerlendirilecek süreç Pleistosen Sonu ile Güncel arasındadır.

İstanbul Boğazı ve Haliç'in oluşumunu denetleyen çeşitli fay sistemleri bilinmektedir. Boğazın her iki yakasında kuzeybatı-güneydoğu ve güneybatı-kuzeydoğu doğrultulu faylar belirgindir.

Bölgenin yaklaşık 15 km güneyinde yer alan KAF sistemi ile kuzeyde, doğu-batı doğrultulu Karadeniz Fayı bölgesel ana faylardır (Şekil 4). Bu fay sistemlerinin bölgesel yapı üzerindeki Miyosen sonrası etkileri belirgindir.



Şekil 4— İstanbul ve dolayının başlıca yapısal gidişleri.

Boğazı oluşturan vadinin yan kollarında 8-15 m kalınlığında alüvyal çökeller vardır. Marmara Denizi çevresinde Yalova, Karamürsel, Yarımca, Hereke, Tuzla, Bakırköy, Florya ve Küçük Çekmece kıyılarında Geç Pleyistosen'e (Tireniyen) ait denizel taraçalar bulunmaktadır (AKARTUNA, 1968, ALTINLI, 1968, ARIÇ-SAYAR, 1955, CHAPUT, 1958, SAKINÇ ve BARGU "Yayında"). Yine, Ali-bey köyü barajı güneyindeki AB-1 sondajında Geç Pliyosen yaşında fosiller gözlenmiştir. Bu örneklerde fosilleşmenin belirgin olmasına karşın, gömülmüş olmalarına rağmen, Haliç ve Boğaz çökellerinde bulunan mikro ve makro organizmalar fosilleşmemiştir.

Sondajlardan elde edilen verilere göre, Haliç ve Boğaz çökellerinin tabanında, Kuzey Marmara kıyılarında görülen Tireniyen fosillerine, incelenen çok sayıda örneklerde rastlanılmamıştır. Bu durum, Haliç ve Boğaz çökellerinin Tireniyenden (≈ 100.000 yıl) genç olduğunu ve gömülmenin Tireniyen sonrasında olduğu düşüncesini güçlendirmektedir. Gömülmeyi izleyen dönemde, 8-40 m dolayındaki su altında, yaklaşık 40-80 m den daha kalın çökellerin birikmesi, Tireniyen'den beri gömülmenin 100 m dolayında olduğunu göstermektedir.

Üsküdar iskelesi yakınında yapılan TB-116 sondajında -23 m de tümüyle mollusk kavkı parçalarından oluşan bir kum düzeyi saptanmıştır. Benzer bir oluşum günümüzde Karadeniz (Kilyos-Karaburun) kıyılarında görülmektedir. Falun olarak adlandırılabilen bu oluşuma yine Üsküdar açıklarında TB-120 sondajında -13 m de, Şemsipaşa açıklarında, TB-118 sondajında da -38 m de rastlanılmıştır. Plaj fasiyesini simgeleyen bu organik kumun, belli bir zaman öncesinde, kıyıda olduğu bilinen bir gerçektir (INDEN ve MOORE, 1983).

SONUÇLAR

İstanbul Boğazı ve Haliç'in yapı denetiminde açılmış vadiler olduğu ve tabanlarında kalın alüvyal ve deltaik çökeller bulunduğu belirlenmiştir. Bölgesel gömülmenin Tireniyen sonrası veya Holosen başında (≈ 10.000 yıl) olduğu anlaşılmaktadır.

Bölgede gerçekleştirilmekte olan mühendislik projeleri bakımından, Haliç ve Boğazda gözlenen ikinci fayların, günümüzde aktif olduğuna dair bulgular saptanamamıştır. Denizaltı verileri, beklenenden çok daha kalın olan bu genç çökellerin evrim modeline bağlı olarak oluşuklarını göstermektedir.

Yazarlar, oldukça sınırlı bir alandaki bu verilerle, sözkonusu fayların aktif olup olmadıkları hakkında, konunun bölgesel niteliği ve çeşitli uzmanlıkları ilgilendirmesi nedeniyle kesin bir değerlendirmeye; ancak gelecekte sağlanacak diğer verilerle ulaşılabileceği kanısındadırlar. Aynı zamanda, bu ön değerlendirmenin, mühendislik projelerinde güvenilirlik, deprem riski ve maliyet bakımından önem taşıyan bölgenin çok genç jeolojik evrim modelinin tartışılmaya açılmasına vesile olmasını ümit ederler.

KATKI BELİRTME

Bu araştırma ve değerlendirmede incelenen örnekler, deniz ve kara sondajlarını yapan SOKULLU-SEZEN, STFA ve KASKTAŞ şirketleri ile DLH Genel Müdürlüğü'nden sağlanmıştır. Makale yayına sunulmadan önce Prof. Dr. Oğuz EROL'un görüşleri alınmıştır. Yazarlar, değerli katkıları için bu kuruluş ve ilgililere içtenlikle teşekkür ederler.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- AKARTUNA, M., (1968), Armutlu yarımadasının jeolojisi. İst. Üniv. Fen Fak. Monografileri, 20, 105 s.
- ARIÇ (SAYAR), C., (1955), Haliç-Küçük Çekmece Gölü bölgesi'nin jeolojisi. Doktora Tezi, İ. T. Ü., Maden Fakültesi Yayınları, 48 s.
- BAYKAL, F. ve KAYA, O., (1963), İstanbul Bölgesinde Bulunan Karboniferin Genel Stratigrafisi. M. T. A. Enst. Der., 61, 1-9.
- BRADSHAW, J. S., (1957), Laboratory studies on the rate of growth of the foraminifer. "Strebus beccarii (Linné) var. tepida (Cushman)". Journ. Paleont., 31, 1138-1147.
- CHAPUT, G., (1958), Etudes sur les terrasses marines du littoral de la mer de Marmara. Travaux du Laboratoire de géologie de la Faculté des Sciences de Dijon, 18, 129-136.
- EROSKAY, O. ve KALE, S., (1986), İstanbul Boğazı tüp geçiş güzergahında jeoteknik bulgular. Mühendislik Jeolojisi Bülteni, 8, 2-7.
- FREEMAN FOX-BOTEX (1985), İstanbul Boğazı İkinci Karayolu Geçişi.
- INDEN, R.F. ve MOORE, C.H., (1983), Beach environment, 211-266 (Ed. SCHOLLE, P.A., BEBOUTH, don G. ve MOORE, C.H., Carbonate depositional environments, 1-706) AAPG, Memoir, 33.
- ISKİ-İ.T.Ü. (1983), Engineering Geology and Rock Mechanics Report for Eyüp Tunnel Route.
- ISKİ-İ.T.Ü. (1983), Engineering Geology and Rock Mechanics Report for Fatih Tunnel Route.
- ISKİ-İ.T.Ü. (1983), Engineering Geology and Rock Mechanics Report for Haliç Tunnel Route.
- SAKINÇ, M. ve BARGU, S., (Yayında), İzmit Körfezi güneyindeki Geç Pleyistosen (Tireniyen) çökel depolarının stratigrafisi ve bölgenin neotektonik özellikleri. T. J. Bült.
- SAYAR, C., (1976), The Geology of the Golden Horn (Haliç) and Surrounding Region: Bosphorus University National Symposium on the Golden Horn.
- SİPAHIOĞLU, S., ADATEPE, F. ve DEMİREL, S., (1986), Fayların aktiflik özellikleri ve tanımlanmalarında fizyografyanın katkısı. İst. Üniv. Deniz Bil. ve Coğ. Enst. Bült., 2, (3).
- TOĞROL, E., (1975), Haliç'in Jeoteknik Sorunları. İ.T.Ü. Haliç Sempozyumu.

JEOTEKNİKTEKİ GÜVENLİK SAYILARI
ÜZERİNE DÜŞÜNCELEREIN BEITRAG ZUR GESICHERTEN
SICHERHEIT IN DER GEOTECHNIK

Mahir VARDAR*

ÖZ — Mühendislik çalışmalarında "Güvenlik Sayısı" kavramı ve bunların uygun seçimi projelerini yapısal emniyetini olduğu kadar, onların ekonomikliğini de doğrudan etkilemektedir.

Güvenlik sayılarının genellikle statik bağıntıların yer aldığı hesaplama aşamasında 1 ila 5 arasında değişen çarpanlar olarak görünüyorsa, jeoteknik projelerdeki güvenlik sayıları üzerinde oldukça yanlışlıklar ve zaman zaman da tehlikeli sonuçlara götürebilecek anlayışların oluşmasına neden olabilmektedir.

Jeoteknik projelerde; doğal yapı gereği (kayaç) tüm bilinmezliği ve karmaşıklığı ile tanıtılmakta, mekanik nitelikleri modellenmekte ve teknik girişim sırasındaki davranışları projenin önemi ve olası riskler dikkate alınarak değerlendirilmektedir. Jeoloji mühendisi ortamı kullanılabilir verilerle tanıtırken, jeomekanikçi ortamın mekanik modelini kurarken, inşaat ve maden mühendisi ise kazı ve inşaa yöntemi ile yapının stabilitesini irdelerken, birbiri üzerine eklenen yeni güvenlik sayılarını kullanmaktadır. Böylece; proje belgeleri içinde çoğu kez doğrudan görülmeyen, fakat her aşamada yeniden çarpılarak, bazan 100 ü bile aşabilen bir "bileşik güvenlik sayısı" oluşmaktadır.

Literatürde; jeolojik durum ve koşulların yeterince kesin, arazinin mekanik özelliklerinin olabildiğince doğru, hesapların uygulanabilir ve kabullenebilir derecede hassas ve güvenilir olması gerektiği şeklindeki genel ifadelerle oldukça sık karşılaşmakta, fakat bunların karşılıklarının gerçekte hangi sayısal yaklaşımlar olduğu veya olması gerektiği konusu üzerinde yeterince açıklık bulunmamaktadır.

Bu makalede, jeoteknik projelerinde görev alan yer bilimcilerin ve mühendislerin dikkatinin, ortak çalışma somucunda ulaşılması gereken en düşük güvenlik sayısına çekilmesi amaçlanmıştır. Bu sayının eşit-

liklerden beklenen "1" olmadığı, büyük olasılıkla "13 - 14" dolayında değişen bir sayı olduğu gösterilmiştir.

ZUSAMMENFASSUNG — Die Definition und die Bestimmung des Sicherheitsfaktors ist u.a. für die gesicherte Stabilität und für das unvermeidbare Kosten eines technischen Eingriffes massgebend. Dieser Faktor kommt fast ausschliesslich, erst bei der Betrachtung der Berechnungen meistens mit einem Wert von 1 bis 5 im Vorschein. Dadurch entsteht leider oft eine zweckentfremdete und gefahrherbergende Meinung über den wahren Betrag dieses Beiwertes.

Die Untersuchung und Auswertung der verschiedenen geotechnischen Projekte im In- und Ausland haben gezeigt, dass man durch die Multiplikation unterschiedlicher Annahmen und Anschätzungen in verschiedenen Arbeitsphasen zu einem viel höheren Sicherheitsbeiwert gelangt. Der Ingenieurgeologe benutzt bei seiner zweckorientierten Darstellung und Wiedergabe der geologischen Verhältnisse für den Ausgleich womöglicher Unbekanntheiten und mitgeschleppter Fehler eine Korrekturzahl bis 1,5.

Der Geomechaniker vermindert danach die Gebirgskennwerte um 2 bis 4-fache, da sehr oft wegen mangelnder Untersuchung die In situ-Verhalten des Gebirges teilweise nur angeschätzt werden kann. Die Geotechniker und Montaningenieure gehen aus diesen Werten heraus und versuchen mit einem neueingesetzten Sicherheitsfaktor die Tücken und Mangel der Aushub- und Ausbauverfahren und sowie der menschlichen und materialien Fehler wegzuräumen. Durch die Mitberücksichtigung der dynamischen und seischen Aktivitaeten des Gebirges waecht dieser Faktor bis zu fünf und sogar mehr daraus.

Letztlich erfahren die Berechnungen wegen der vereinfachten Formulierung der mathematischen Be-

* Doç. Dr., İ.T.Ü. Maden Fak. Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı.

ziehungen einen weiteren Sicherheitsbewert, welchem zuätzlich noch eine risikoabtreibende Konstante (1, 2-2) des Bauherrn während der Bauphase nachfolgt. Damit erhält man bei einem geotechnischen Projekt im wahren Sinne einen multiplikatorischen Sicherheitsfaktor, welcher die Katastrophenzahl 13 nicht unterschreiten darf.

GİRİŞ

Derin-yüksek kazı şevleri, yüzeye yakın-derin yeraltı açıklıkları, tünel, metro kazıları, büyük basınçlara, momentlere ve hatta çekmeye çalıştırılan temel kayaları güncel inşaat mühendisliğinin sıkça karşılaşılan konularındandır. Benzer şekilde hızlı, istikrarlı, bol ve güvenilir üretimlerin öngörüldüğü madencilik sektöründe de, geçici veya kalıcı yüksek şevler, derin kazı çukurları, büyük ve ağır yeraltı yapıları, şaftlar her geçen gün daha da artan bir önemle jeoteknik hizmetlerin beklendiği çalışma alanlarını oluşturmaktadır.

Bunlarla ilgili projelerin hazırlanması sırasında, ilk veri toplama aşamasından başlayarak, boyutlandırma hesaplarına kadar birbirini izleyen ve bütünleyen çalışmalarda ortamın doğal yapısı-nitelikleri "Mühendislik Jeolojisi", zemin veya kayanın farklı çevre etmenleri altındaki davranış ve değişim modelleri "Jeomekanik" (zemin mekaniği ve kaya mekaniği), temel sistemleri, yataklaşma şekilleri, kazı ve imalat yöntemleri, "Jeoteknik" değerlendirmelerle belirlenir.

Değişik çalışmalarla toplanabilen jeolojik verilerin, ortamı bütün özellikleri ile yansıtabilmesi, ancak pek ender durumlarda mümkündür. Genelde belirli ipuçları (yüzeydeki ölçümler, sondaj bilgileri v.b.) yorumlanarak kayaların yeraltındaki yapıları ve durumları ortaya çıkarılır. Böylece gerçeğe en yakın sonuçlar elde edilmeğe çalışılır. Benzer uygulamalar jeomekanik için de geçerlidir. Kayanın veya zeminin en olası mekanik davranış modellerinin kurulması istenir. Bütün bu çalışmalarda; olası yanılğı ve eksikliklerin giderilebilmesi amacıyla, ortamı zorlayabilecek koşul ve etmenlerin en olumsuzları ile ortamın dayanımını yönlendiren fizikomekanik parametre ve katsayıların en düşük olanları biraraya getirilir. Böylece boyutlandırma için gerekli olan girdilerin daha güvenilir olması sağlanır.

Diğer bir düzeltme ise riskleri azaltma amacıyla, konunun önemi dikkate alınarak yapılmakta ve nihayet boyutlandırma kriterleri ve bağıntılarının yetersizliğindeki kuşku da giderebilmek düşüncesiyle, denge denklemlerinde yer alan olumsuz etkenlerin toplamı yeniden bir güvenlik sayısı ile çarpılmaktadır.

Projelerdeki bu görünür veya gizlenmiş güvenlik sayılarının alt ve üst sınırlarının belirlenmesi gerçek güvenliğin bulunmasında olduğu kadar, ekonomik çözümlerin aranmasında da büyük önem taşımaktadır.

Bu makalede, yurtiçinde inceleme olanağı bulabildiğim 213 farklı amaçlı, kaya yapısı projesi ile doğrudan görev aldığım 32 adet baraj, tünel ve kaya şevle-i ile

ilgili projelerdeki farklı güvenlik sayılarına göre bulunan ilginç sonuçlar tanıtılmaktadır.

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİNDE GÜVENLİK SAYILARI

Jeoteknik projelerin başarısı, teknik girişimin yapılacağı (bu çalışmalardan etkilenebilecek veya bu teknik girişimi etkileyebilecek) ortamın türünün fiziksel durumunun ve özelliklerinin yeterince ve ayrıntılı olarak bilinmesine bağlıdır. Kayaların (zemin veya kaya) bu "Sistem Büyüklüğü" içindeki mineralojik, dokusal ve yapısal farklılıkları, homojen bölgelerin yerleri, büyüklükleri ve konumları ile ilgili sınırların çizilebilmesinde yardımcı olmaktadır.

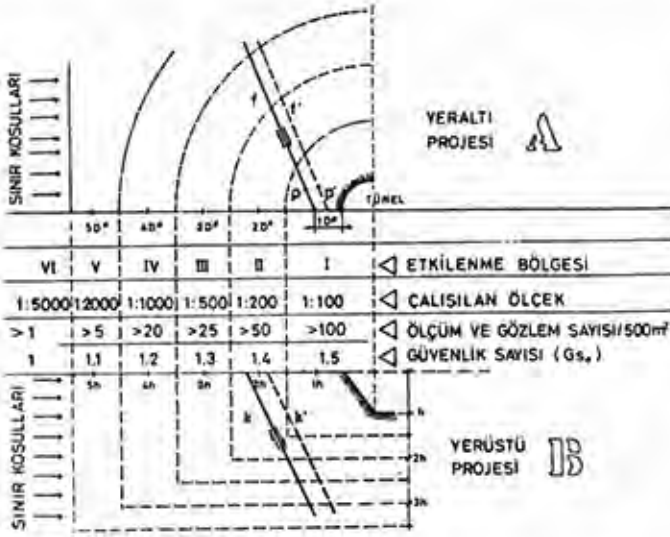
Kayaçalarda kristallerin ve tanelerin boyutları, biçimleri, sertlikleri ile bağlanma türleri, direnç ve dayanım parametrelerine, geçirimsizlik, su tutma, porozite, kompresibilite, gevşeme gibi özelliklerine etki etmektedir. Kimyasal bileşim, yeraltısuyu etkisiyle erime, kabarmışma, ayrışma olaylarına ve korozyon etkisi yapabilecek "agresif (saldırgan) suların" oluşumuna neden olabilmektedir.

Tabakaların gerek iç yapıları ve gerekse tektonik durumları, yeraltındaki stratigrafik sıralanışı, kalınlık, tanelerin dizilişi, tabakalaşma yüzeyleri, çatlak, kırık, fay ve kıvrım şekilleri kayaların kütsel davranışını belirlemektedir. İşte, bu bakımdan ortamın heterojenliği, anizotropisi, ayrışma durumu, ölçüm ve gözlemlerdeki eksiklik, yanılğı ve yetersizliklere rağmen, stabilite hesapları için bir mühendislik jeolojisi modelinin kurulmuş olması şarttır. Jeolojik durumu tüm sınır koşulları ve sayısal parametreleri ile yansıtmaya yönelik bu modelleme, hiç kuşkusuz, yapılan basitleştirmelerle gerçek duruma en yakın, fakat kesinlikle ondan daha farklı sonuçlar içermektedir.

Bu modelleme; projenin amacı olan yapılaşma çevresinde ve birbirini izleyen her yeni etkileme zonu için farklı sayıdaki ölçüm ve ayrıntılandırma ile oluşturulmaktadır (Şekil 1).

Şekil 1'de yeraltı veya yerüstünde yapılacak bir jeoteknik projesi için, beklenen mühendislik jeolojisi hizmetlerini yönlendiren ilişkiler gösterilmiştir. Örneklerle açıklanacak olursa; bir yeraltı (tünel) projesinde mühendislik jeolojisi verileri toplanırken belirlenmiş olan "F" fayının yeri, I. etkilene bölgesinde tünel duvarına 1.5 kat ("Güvenlik Sayısı" kadar) daha yakınlaşmış olarak kabul edilecek ve model buna göre kurulacaktır. Böylece, incelenen P noktasının olumsuz etkileriyle birlikte p'ne kaydırılmasıyla daha güvenilir sonuçlara gidilmesi amaçlanmaktadır. Yerüstü projesinde verilen örnekte ise; II. bölgede gözlenen k kırığını bu kez 1.4 kere kazı şevine yaklaştıran modellemelerin güvenilir olabileceği anlaşılmaktadır.

Bu şekilde yeri ve konumları bilinmezlikler nedeniyle olumsuzlaştırılan jeolojik büyüklükler, mühendislik jeolojisi modellerinde, ortamın fiziksel durumları ve özel-



Şekil 1 — Kesin proje aşamasındaki mühendislik jeolojisi modellerinin kurulmasında, farklı etkilenme bölgeleri için seçilmesi gereken ayrıntılı gözlem ve ölçüm sayıları ile güvenlik sayıları (GS_e).

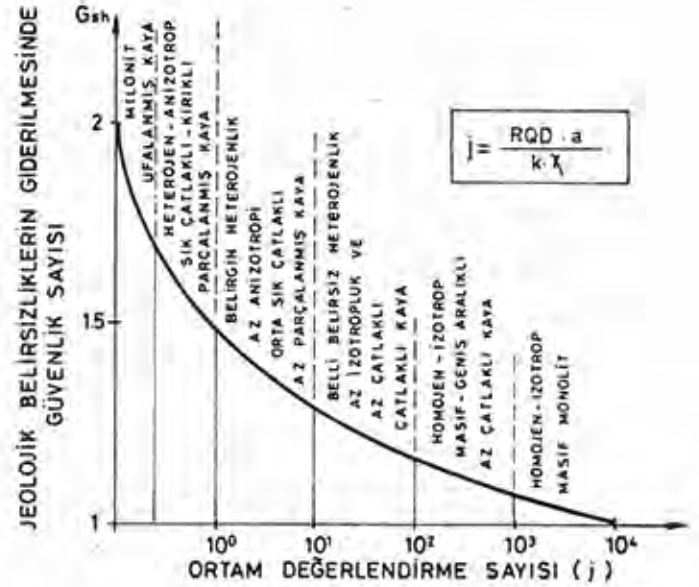
likleri de dikkate alınarak yeniden değerlendirilir. Genelde, incelenen bölgelerin homojenlik ve izotropiye sahip olma olasılıklarıyla, kırık ve çatlak gelişimindeki uyumsuzluk ve düzensizliklerin olumsuz etkilerini gidermeyi öngören bu yorumlarda 1 ilâ 2 arasında değişen güvenlik sayıları kullanılmaktadır. Şekil 2'de bu tür yorumları yönlendirebilmek için sürdürdüğümüz çalışmaların sonuçları görülmektedir.

$$j = \frac{RQD \cdot a}{k \cdot \chi}$$

Bağıntısıyla verilmeye çalışılan ortam değerlendirme katsayısı (j), güvenlik sayısının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Burada RQD (DEER, 1967) kaya niteliği sayısı, a (JOHN, 1968) anizotropi sayısı, k (STINI, 1935) çatlak sıklığı ve χ (MÜLLER, 1963) ayrılma derecesidir. Benzer bir değerlendirme Q (BARTON, 1976) sınıflaması ile de yapılabilir.

Ortamın homojenleştirilmesi ve sanki sürekli ortam (Quasi-kontinuum) da çalışılıyormuşçasına değerlendirilebilmesi için seçilen bu güvenlik sayıları, mühendislik jeolojisi verileri son şeklini alır ve zemin veya kaya mekanikçisine aktarılır. Böylece örneğin; az çatlaklı, belli belirsiz heterojen ve anizotrop olan kayada (Bkz. Şekil 2), Şekil 1A örneğinde f ile f' arasındaki bölgede karşılaşılabilecek beklenen f faylanma zonu 1.2 misli kalınlaştırılarak daha geniş bir zayıflık zonu haline dönüşebilmektedir.

Demek ki, jeolojik verilerin mühendislik jeolojisi açısından yorumlanması sırasında; bir yandan bunların etkilenme bölgesindeki konumları (yerleri ve yönelimleri) diğer yandan da heterojen ve anizotropiye bağlı olarak olası kalınlıkları veya sıklıkları değiştirilmektedir.



Şekil 2 — Ortam değerlendirme katsayısına bağlı olarak jeolojik belirsizlikleri gidermek Quasi-kontinuum yaklaşımı için güvenlik sayısı seçimi.

Şekil 1 ve Şekil 2'de verilen güvenlik sayılarının çarpımı ise mühendislik jeolojisinde kullanılmakta olan gerçek değerleri vermektedir. Buna göre jeolojik belirsizliklerin giderilmesinde kullanılan güvenlik sayısı:

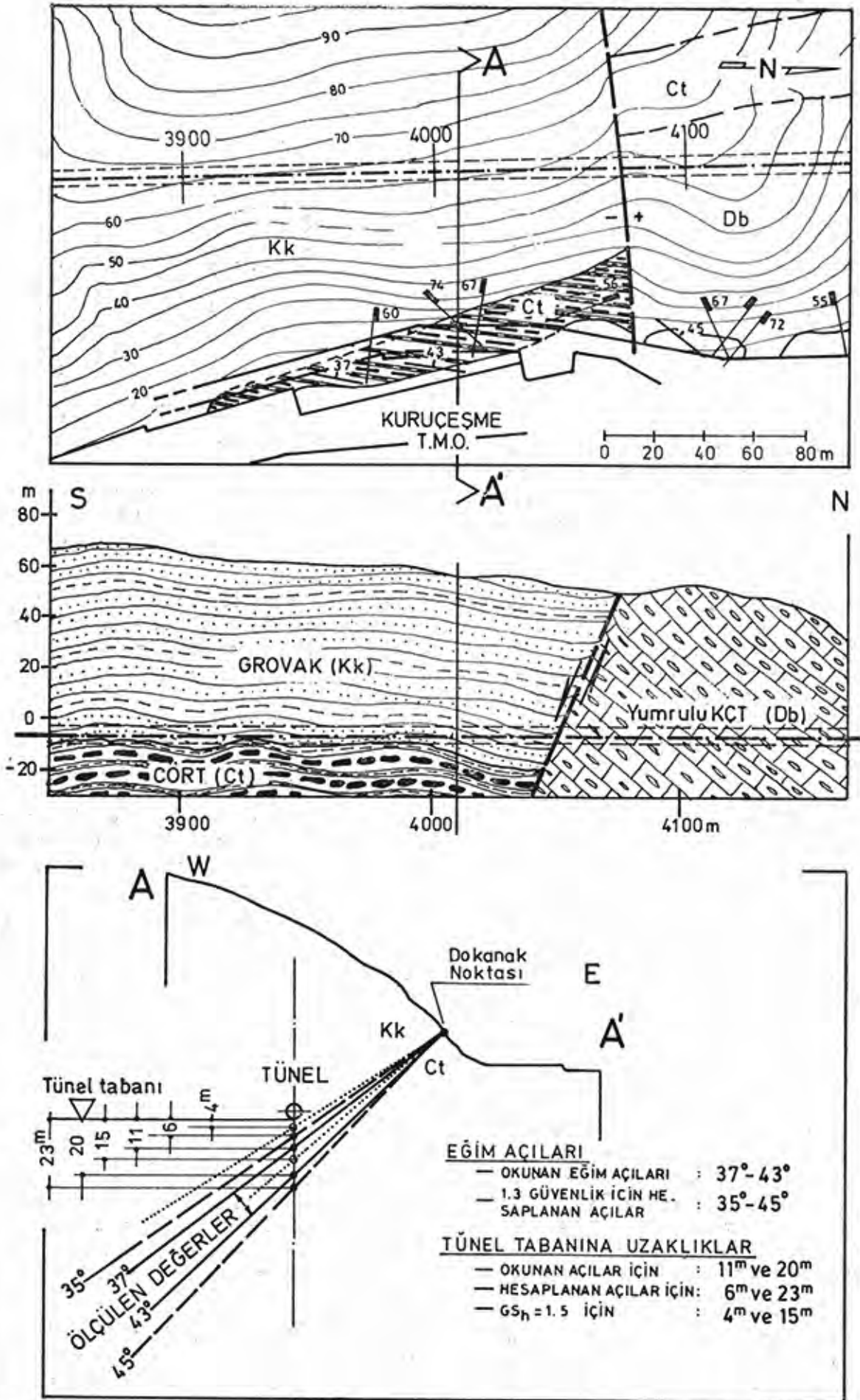
$$GS_j = GS_e \times GS_s$$

olarak 1 ilâ 3 arasında değerler alabilmektedir.

İSKİ Arnavutköy kanalizasyon tünellerinin mühendislik jeolojisi modelleri sırasında III. etkilenme bölgesi içinde kalan çörtlü kireçtaşlarında aşağıdaki güvenlik artırıcı yorumlar uygulanmıştır:

- Arazide ölçülen tabaka eğimleri 37 ilâ 43° arasında değiştiğinden, yeraltındaki tabaka eğim açıları 6°'lik ölçüm farkının 1.3 katı kadar artarak ya 37+6×1.3=45° ya da 43-6×1.3=35° olabilecektir.
- 45° eğimle çizilen grovaklarla kalkerli şeyl-çörtlü kireçtaşı dokanağı açılacak olan tünelin 23 m. kadar altından geçmektedir.
- 35° eğimle çizildiğinde ise bu dokanak tünel merkezinden ancak 6 m. kadar aşağıda kalmaktadır.
- Kayaç belirgin heterojenlik gösteren orta sık çatlaklı az parçalanmış-parçalanmış kaya niteliğinde olduğundan homojenleştirmek için GS_s=1.5 seçilerek (b)'de bulunan mesafe 23 metreden yaklaşık 15 metreye ve (c)'de saptanan mesafe 6 metreden 4 m.'ye düşmektedir.

Sonuçta; bu kesimde tünelin çörtlü birimin 3.3-15 m. kadar üstünde açılacağı, ancak tabanda yer yer çörtlülerle karşılaşılabileceği anlaşılmış ve Şekil 3'teki model, güvenlik sayısı



Şekil 3 — ISKI Arnavutköy kanalizasyon tünelineki çörtli kireçtaşlarının arazi ölçüm, gözlemleriyle 1.95 güvenlikle modellenmesi.

$$GS_1 = 1.3 \times 1.5 = 1.95$$

(2) olacak şekilde belirlenmiştir.

JEOMEKANİK BELİRSİZLİKLERİN GİDERİLMESİNDE GÜVENLİK SAYISI

Zeminin veya kayanın mekanik davranışlarının belirlenmesi sırasında:

- Laboratuvarda, ancak belirli kesimlerden alınabilen örneklerin incelenebilmesi,
- Numunelerin hazırlanması ve denenmesi sırasında taşın veya zeminin örselenmesi,
- Deneme araç ve gereçlerinin yükleme ve ölçme sıradaki hataları,
- Arazi (in-situ) deneylerinde küçük bölgelerde çalışıldığından, kütleli davranış özelliklerinin yeterince saptanamaması,
- Zamana bağlı gerilme, deformasyon ilişkileriyle, ayrışma, erime, şişme, kabarma davranışlarının modellenmesinde gerekli araştırmaların yapılamayışı veya yaptırılmayışı,
- Dinamik etkilerin ve tekrarlı yüklenmenin süresiz ortamların davranışını hangi ölçüde değiştirebileceğinin ayrıntılı olarak araştırılmaması ve benzeri nedenlerle eksik ve yetersiz davranış modelleri kurulmaktadır.

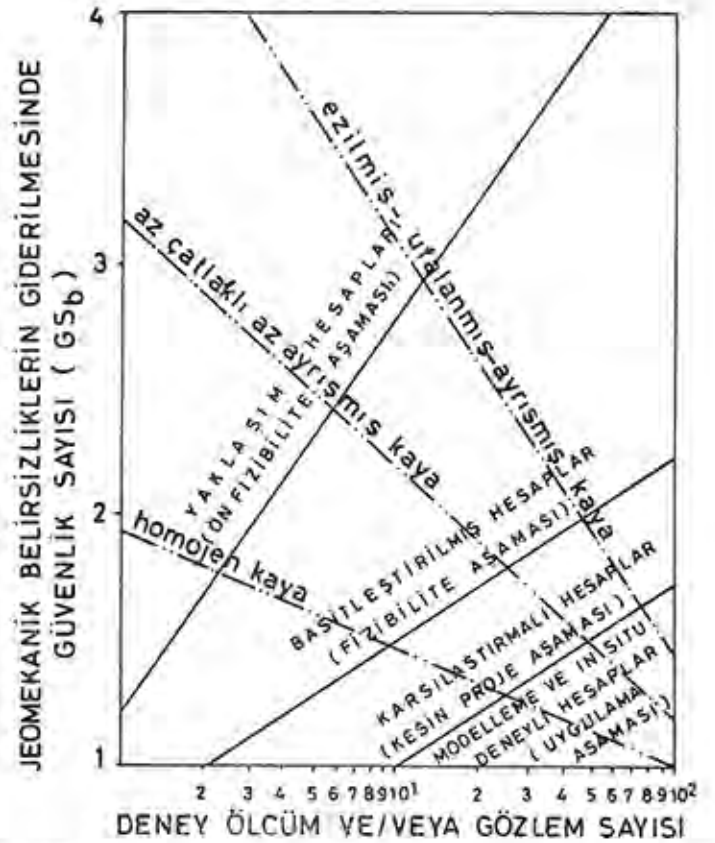
Kaya mekaniği çalışmalarında laboratuvar deneylerinden, arazi davranışlarına geçerken, DEER, BARTON, MÜLLER, BIANIAWSKI, LAUFFER, RABCEWICZ, PACHER, WICKHAM sınıflamalarına göre değerlendirmeler yapmakta taş-kaya ilişkisi kurulmağa çalışılmaktadır. Arazi deneyleri bu alanda varılan sonuçların duyarlılığını artırıcı ve eksiklerini büyük ölçüde giderici çalışmalar olmaktadır. Geomekanik değerlendirmelerde bu bakımdan yapılan deney sayısı, seçilen deney noktaları, öngörülen inceleme ve araştırma programları gerçeğe yakın mekanik modellemelerin ön koşulu olmaktadır (Şekil 4).

BOYUTLANDIRMA HESAPLARINDAKİ GÜVENLİK SAYILARI

Proje hesapları incelendiğinde kırılma-yenilme ve kayma emniyetleri için seçilen güvenlik sayılarının, konunun önemine bağlı olarak 1 ilâ 5 arasında değiştiği görülmektedir. Ayrıca, yapılan hesapların hangi proje aşamasına ait olduğu da belirleyici kıstaslar arasındadır. Depremselliğin de dikkate alındığı hesaplardaki güvenlik sayısı kabullerinde 1.1 ile 2 kez daha yüksek değerler kullanılmaktadır.

Konuları önem derecelerine göre başlıca dört ana başlıkta kümelendirmek mümkündür:

- Az Önemli Projeler:** Yüksekliği 5 m.'yi aşmayan çok alçak şevler, kent dışındaki küçük kesitli (<10 m²) az-orta derin tüneller, ayırık yapı düzeninde imal edi-



Şekil 4 — Jeomekanik modellerin kurulmasında deney, ölçüm ve/veya gözlem sayısına bağlı olarak farklı niteliklerdeki kayalarda ve farklı amaçlı proje aşamalarında güvenlik sayısının seçimi.

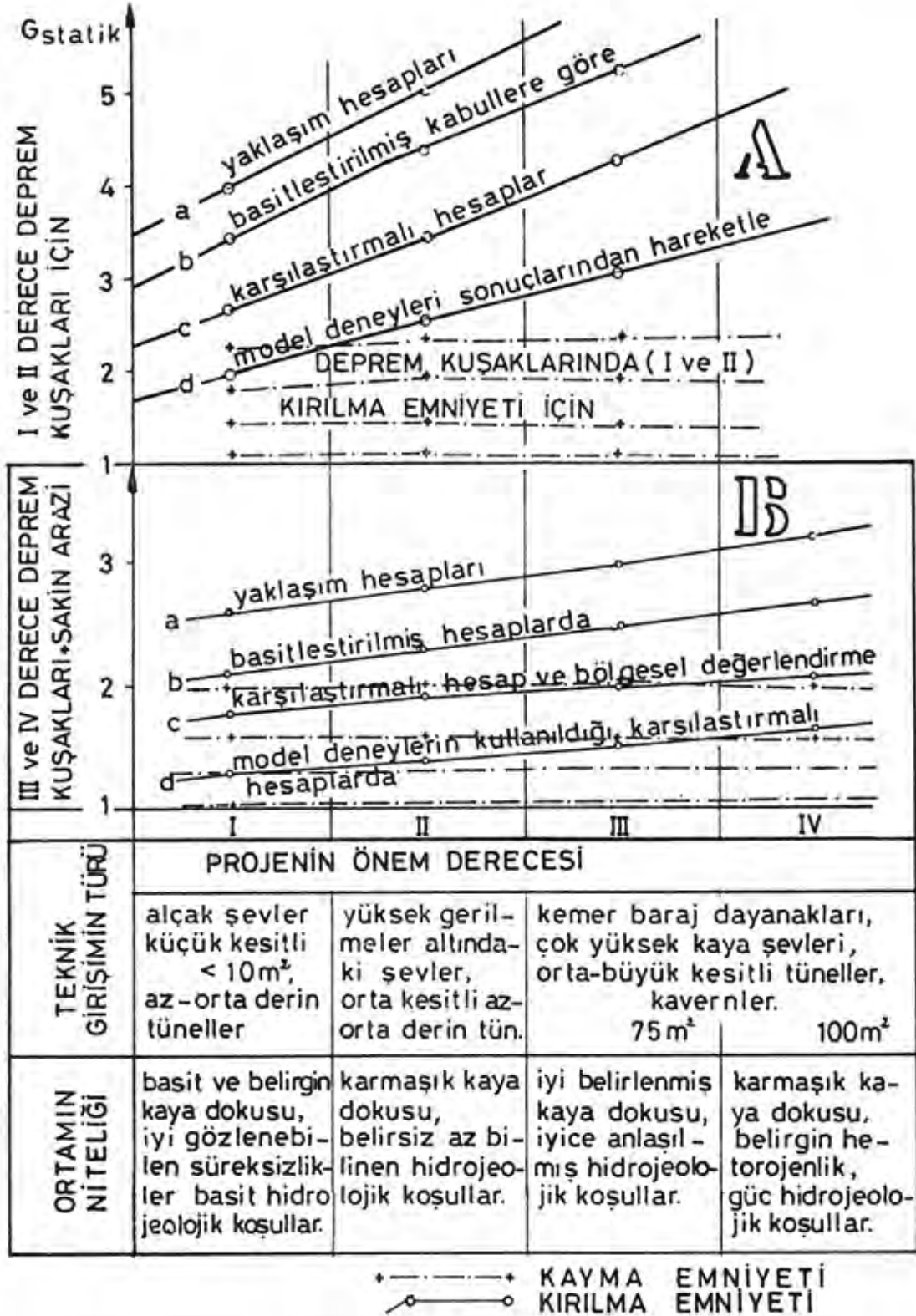
len 6 m.'yi aşmayan temel kazıları bu gruba girmektedir. Basit ve belirgin jeolojik ve hidrojeolojik koşulların iyice ve tümüyle anlaşılmış olduğu projelerdir.

- Önemli Projeler:** Yüksekliği 20 m.'yi aşmayan oldukça büyük gerilmeler altındaki alçak şevler, yerleşim alanları dışında açılan orta kesitli (<60 m²) düşük gerilmeler altındaki kaya tünelleri kent içinde bitişik yapı düzenindeki orta derin (<12 m.) temel kazıları ve küçük kesitli (<10 m²) tüneller bu gruba girerler. Kaya dokusunun daha karmaşık olduğu ve hidrojeolojik koşulların yeterince bilinmediği 1. grup projeler de bu sınıfa alınabilirler.
- Çok Önemli Projeler:** Yüksek kemer baraj temelleri, yüksek kaya şevleri (<80 m), kentindeki derin kazılar, yerleşim alanları dışındaki orta ve büyük kesitli tüneller ve kavernlerle yerleşim alanları altından geçen orta kesitli (<60 m²), yüzeye yakın tüneller ve metro tüpleri bu tür projelerdendir. İyi belirlenmiş jeolojik koşullar ve tümüyle anlaşılmış hidrojeolojik durum gereklidir.
- Çok Önemli ve Kritik Projeler:** Çok yüksek kemer baraj temelleri, çok yüksek kaya şevleri (>80 m), kentçi metro tüpleri, yeraltı metro istasyonları ve kavernleri, nükleer santral temelleri, geniş-çok geniş özel kesitli tüneller ve yeraltı kavşakları, anıtsal ya-

pılar yanında veya altındaki hertürlü orta ve derin kazılar bu kapsamdadır. Karmaşık jeolojik yapı, belirgin heterojenlik ve güç hidrojeolojik koşulların sap-
tandığı yerlerdeki bütün çok önemli projeler de kri-
tik projeler olarak değerlendirilmelidir.

Boyutlandırma:

- Yaklaşım hesapları (genelde ön fizibilite aşaması),
- Basitleştirilmiş kabullere dayalı yönlendirme hesapları fizibilite aşaması),
- Farklı yöntemleri kullanan karşılaştırmalı hesaplar (kesin proje aşaması),



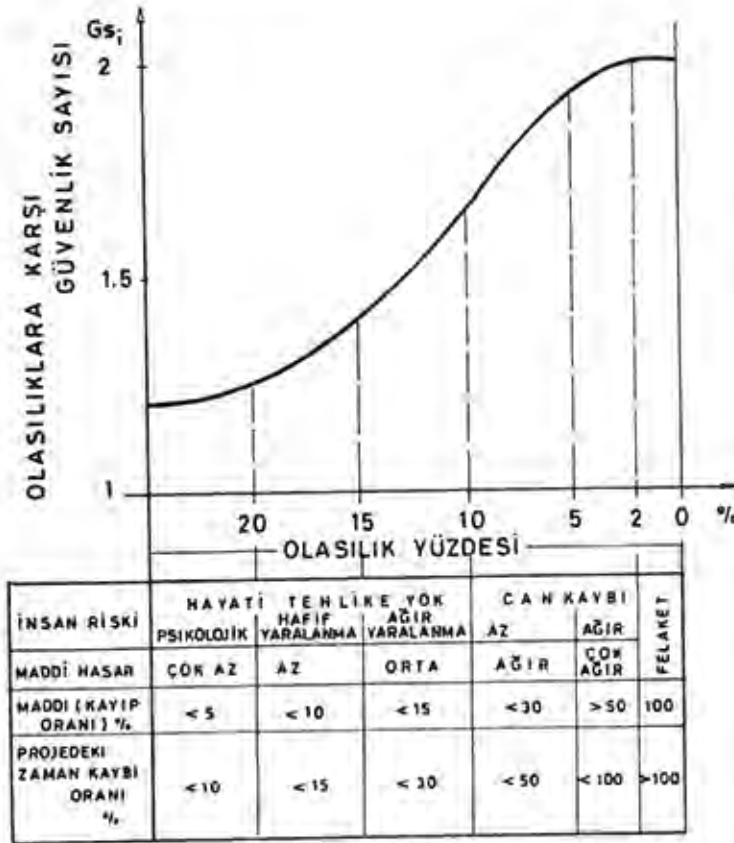
Şekil 5 — Jeostatik hesaplarda kırılma ve kayma emniyeti için güvenlik sayısının seçimi.

d) Fiziksel model ve arazi deneyleri sonuçlarının da kullanıldığı karşılaştırmalı hesaplar (kesin proje/uygulama projesi aşaması)

için seçilen güvenlik sayılarının da değiştiği bilinmektedir. Bilinenler arttıkça ve farklı yöntemlerle kıyaslama olanağı bulunduğunda güvenlik sayısı daha düşük tutulabilmektedir.

Şekil 5'te jeostatik hesaplarda kırılma ve kayma emniyeti için alınması gereken güvenlik sayıları (GS_{statik}) bir araya getirilmiştir.

Geoteknik modellemelerde ayrıca can güvenliği ve maddi riskler gözeticilerle en olumsuz koşullar için 1, 2 ilâ 2.0 arasında değişen bir "Risk Çarpanı" (GS_r) devreye sokulmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6 — Jeoteknik değerlendirmelerde risk çarpanlarının olasılık yüzdesi ve proje tanımlarına göre dağılımı.

SONUÇ

Projelerde kullanılmış olan güvenlik sayıları incelendiğinde; deprem riskinin bulunmadığı veya çok düşük olduğu hallerde projenin önem derecesine göre 1.3 ilâ 3.0 arasında değişen katsayıların kabul edilmekte olduğu görülmektedir. Bu değerler sismik risk arttıkça 2.0'dan 6.0'a

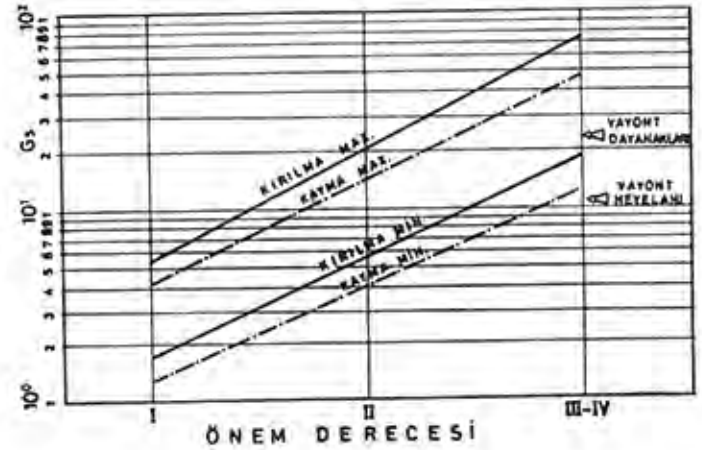
kadar arttırılmaktadır. Fakat konu daha ayrıntıda ele alındığında, projenin gerçekte çok daha farklı sayılarla çalışmakta olduğu görülmekte ve bazen bu değerlerin 70-80'e ulaşacağı anlaşılmaktadır.

Güvenlik düşüncesinin; proje girdilerinin toplanması ve yorumlanmasından başlayarak, modelleme ve nihayet hesaplama aşamalarında da sürdürülmesi sonucunda gerçekte bir "Çarpılan Güvenlikler Bileşkesi" (Şekil 7) oluşmaktadır. Ancak proje hesaplarında, daha yakından tanıdığımız ılımlı ve mütevazı sayılar yer almaktadır. Yeterli titizlik gösterilmeksizin bu katsayıların kullanılması bilinmelidir ki, yerine göre "Felâketin Hazırlayıcısı" olabilecektir. Buna örnek olmak üzere; Vajont heyelanı 11.25 gibi ve bu felâketten hiçbir hasar görmeden kurtulan kemer baraj dayanaklarının ise 24 dolayındaki güvenlik sayıları hatırlanmalıdır.

Projede gerçekte kullanılmakta olan güvenlik sayısı basitleştirilmiş olarak;

$$GS = GS_{statik} \cdot GS_b \cdot GS_s \cdot GS_r$$

bağıntısının sonucudur.



Şekil 7 — Jeoteknik projelerde, teknik gelişimin önem derecesine bağlı olarak bileşik güvenlik sayılarının dağılımı.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- MÜLLER, L., (1963). "Der Felsbau", I. Band, Felsbau über-tage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- VARDAR, M., (1987). "Kaya Şevlerinin Projelendirilme Esasları", Yamaç ve Şevlerin Stabilitesi, Dayanma Yapıları Semineri, DSI - Samsun.
- İ.T.Ü.-MJKM, (1987). İSKİ - Dolmabahçe - Baltalınanı Gü-zergahının "Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Meka-niği Raporu Proje No 86/2 - İstanbul.

FİSSÜRLÜ KİLLERİN KAYMA MUKAVEMETİ ÖLÇÜMLERİNDE NUMUNE BÜYÜKLÜĞÜNÜN ÖNEMİ

THE IMPORTANCE OF SAMPLES SIZE ON THE SHEAR STRENGTH MEASUREMENTS OF FISSURED CLAYS

Sönmez YILDIRIM*

ÖZ — Bu araştırmada İstanbul Yeşil Kilinden Laboratuvar'da hazırlanmış numuneler üzerinde oluşturulmuş yapay süreksizliklerle drenajsız üç eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları, kabul edilebilir bir hata için, gerekli numune boyutunun, süreksizlik aralığına bağlı olarak seçilebileceğini göstermektedir.

ABSTRACT — In this investigation, undrained tri-axial tests were performed on the samples of Istanbul Green Clay which contained artificial discontinuities. The test results show that a minimum sample size may be proposed according to the discontinuity spacing in view of the acceptable degree of error.

GİRİŞ

Yamaçların stabilitesinde aşırı konsolide killeri önemli mühendislik sorunu doğuran zemin türü olarak bilinmektedir. Trakya'da yaygın olarak görülen ve çoğu araştırmacılar tarafından İstanbul Yeşil Kili olarak adlandırılan zemin bu türdendir. Bu çalışmada, bu kil üzerinde laboratuvar'da ölçülecek kayma mukavemeti değerlerinde yapılacak yanlışlığın mertebesi araştırılmakta, fissür aralığına bağlı olarak yanlışlığı belirli bir değerde tutabilmek için en uygun numune boyutunun ne olması gerektiği konusunda önerilerde bulunmaktadır.

Laboratuvar'da yapılan element deneylerinde kullanılan numunenin arazideki zemin kitlesini yeteri kadar incelikte temsil etmesi gerekmektedir. Bozulmamış sert ve yumuşak killerde eğer zemin örselenmeye karşı çok hassas değilse bu özelliği küçük numunelerle sağlamak zor değildir. Fissür gibi süreksizlikler içeren bir yapıda, daha büyük numunenin, daha çok süreksizlik kapsamının gerçeğe daha yakın sonuçlar doğuracağı öteden beri bilinmektedir (Skempton ve Henkel, 1957). Ancak daha büyük numune elde etmek, işin hızını azaltması ve gelişmiş teknikler gerektirmesi nedeniyle işin maliyetini de artırmaktadır. Sonuç olarak doğruya yeterince yakın olan ancak ekonomiyi de gözeten bir çözüm bulmak gerekliliği açıktır. Bu çalışma böyle bir araştırmanın sonuçlarını tartışmaktadır.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bilindiği gibi Zemin Mekaniğinde stabilite problemleri hem toplam hem de efektif gerilmeler cinsinden irdelenebilmektedir. Özellikle yarma ve dolmaların yapımından hemen sonraki analizlerinde boşluk suyu basınçlarının ölçülmesi veya tahmininin zorluğu pratikte çalışan mühendislerin toplam gerilme analizlerini tercih etmesine neden olmaktadır. Bu düşünceyle çalışma drenajsız kayma mukavemeti ölçümleri üzerinde yoğunlaştırılmıştır.

Çalışma arazideki özel bir problemin incelenmesi amacını gütmeyeceğinden araziden alınan örselenmemiş numuneler yerine laboratuvar'da hazırlanan yapay fissürlü numuneler kullanılmıştır. Böylece fissür aralığı ve eğimi dışında diğer bütün değişkenler (konsolidasyon basıncı, fabrik v.s.) soyutlanabilmektedir.

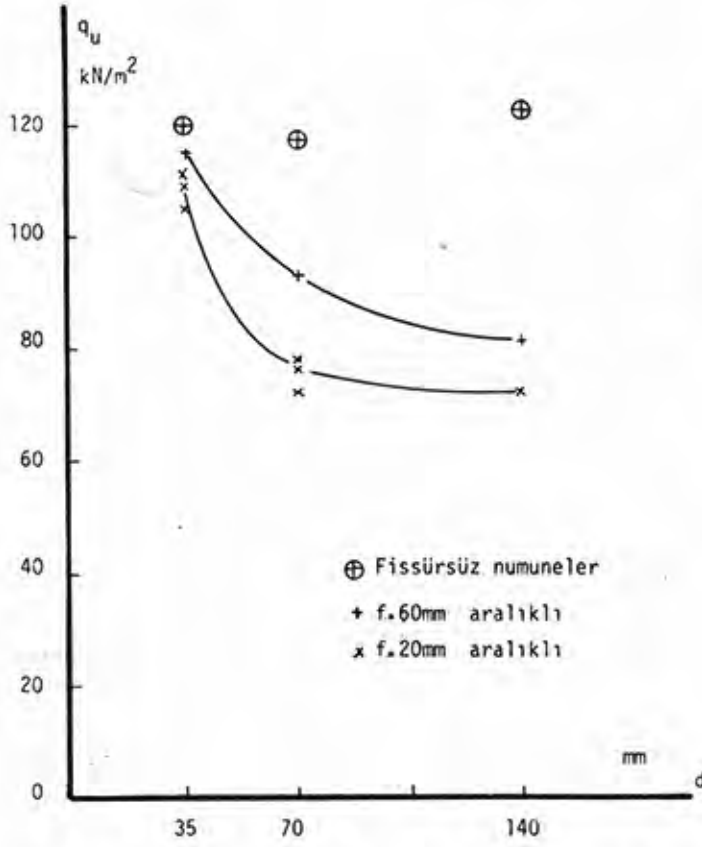
Deneyler için kurutulmuş kil blokları toz haline getirilmiş, likit limitin 1.35, katı-su kapsamında suyla karıştırılıp 24 saat bekletilmiş, bu bulamaç 140 mm çaplı perspex hücreye yerleştirilip konsolide edilerek 230 mm boyunda, aşırı konsolidasyon oranı 3 olan silindirik bir blok elde edilebilmiştir. Numune elde etmeyle ilgili ayrıntılar Yıldırım (1980) da verilmektedir.

Araştırmada yükseklik/çap oranı=1.5 olan, 35, 70 ve 140 mm çaplı numuneler hazırlanmış, büyükler hücreden çıktığı şekliyle, küçükler bloğun tıraşlanmasıyla elde edilmişlerdir. Numunelerde yapay fissür oluşturmak için uygun boyutta hazırlanmış ahşap kutularda önceden kesilmiş yarıklar boyunca çok ince gergin çelik bir telden yararlanılmıştır.

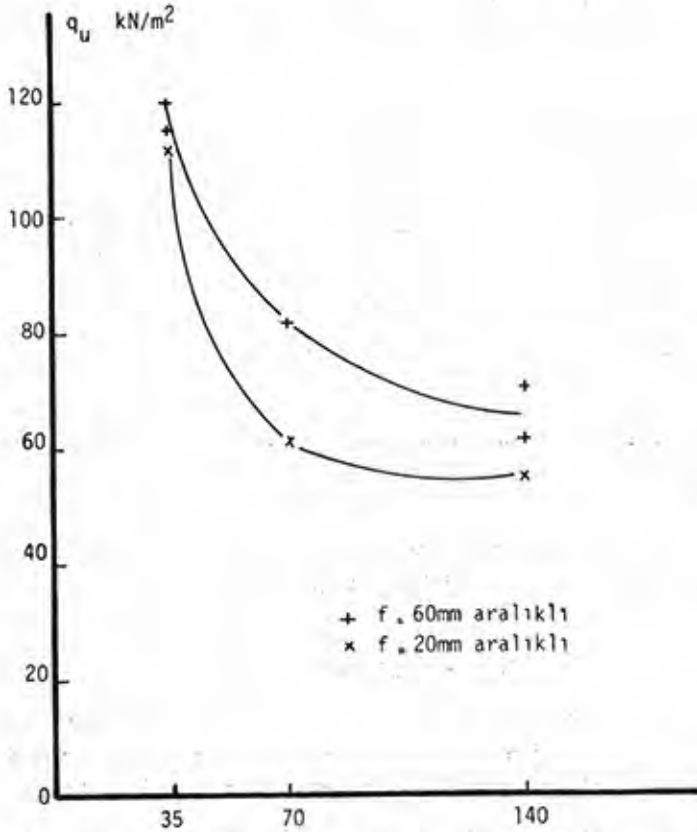
DENEY SONUÇLARI

30, 45 ve 60° eğimde değişik aralıklarla yapay fissürlü hazırlanmış değişik çaptaki numuneler tek ve üç eksenli basınç deneylerinde drenajsız koşullarda kırılmıştır. Elde edilen sonuçlar şekil 1, 2, 3 ve 4'de özetlenmiştir.

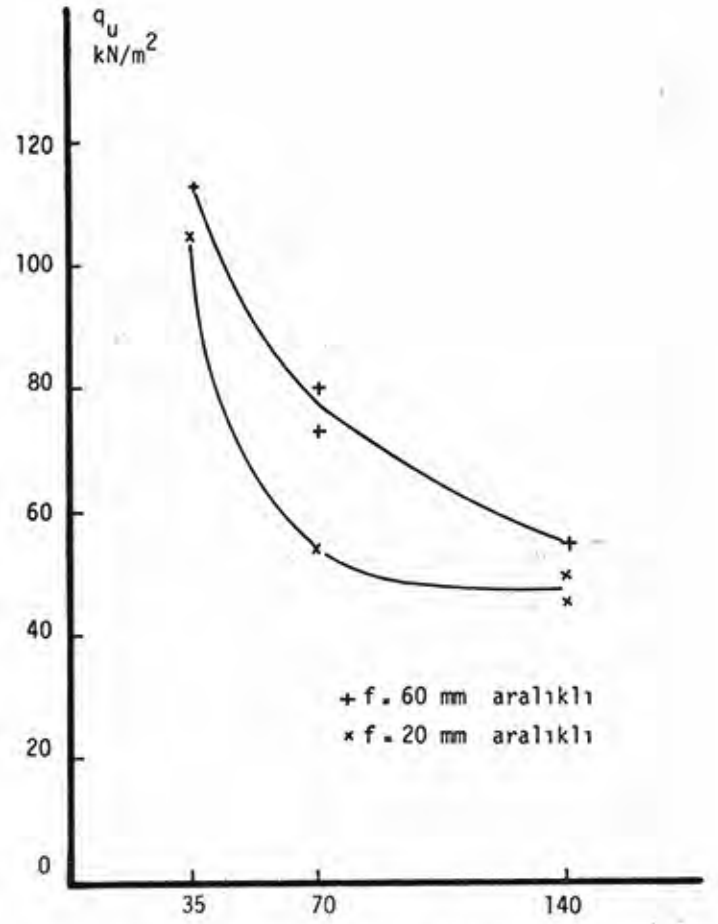
* Doç. Dr., Doğuş İnşaat ve Ticaret A.Ş.



Şekil 1 — 30° eğimli fissürlerle serbest basınç mukavemeti.



Şekil 2 — 45° eğimli fissürlerle serbest basınç mukavemeti.



Şekil 3 — 60° eğimli fissürlerle serbest basınç mukavemeti.

Eğrilerin incelenmesinden şu özellikler özetlenebilir.

1° Serbest basınç mukavemetleri artan numune çapı ile azalmaktadır. Küçük aralıklı fissürleri için olan azalma büyük aralıklı fissürlere göre daha hızlı olmaktadır.

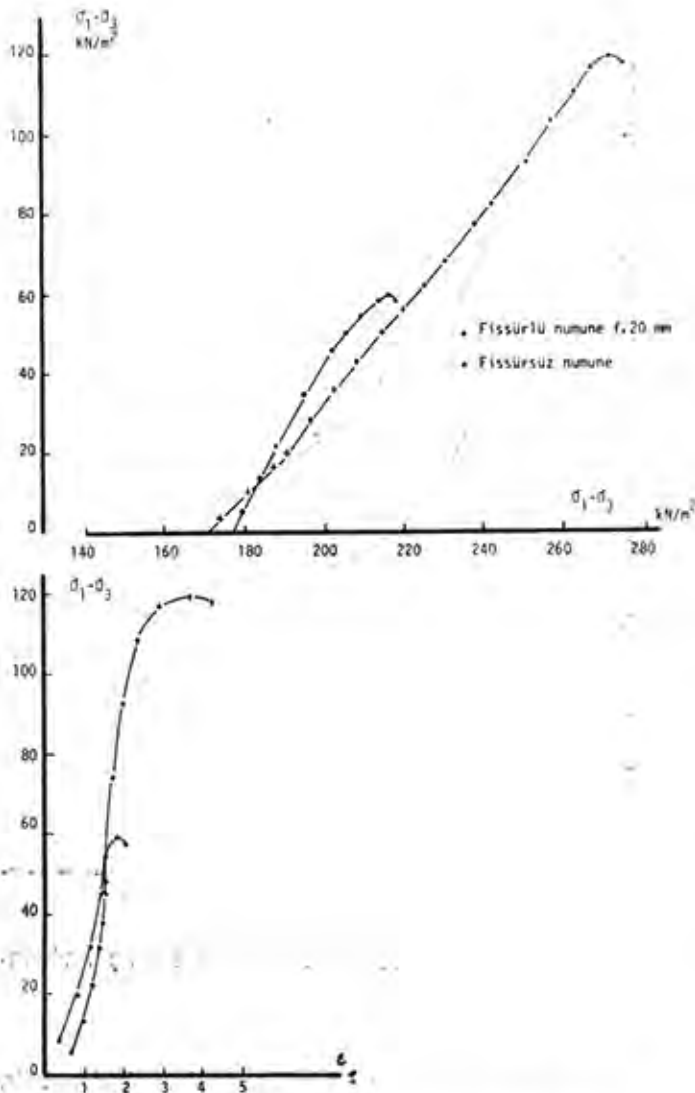
2° Aynı fissür aralığı için 45 ve 60° eğimli fissürler için mukavemet birbirine yakın görünmekte, 30° eğimlerde daha fazla olmaktadır.

3° 35 mm çaplı numunelerde bulunan mukavemet fissürsüz bir numunenin kayma mukavemetine çok yakındır.

4° Üç eksenli basınç deneyi sonuçları hücre basıncının drenajsız kayma mukavemeti üzerine belirgin bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Deneylerde bulunan serbest basınç mukavemetleri numune çapı fissür aralığı "df" değerlerine göre yeniden Şekil 5'de toplu halde gösterilmiştir. Eğriler df'in belirli bir değerinden sonra ölçülen kayma mukavemetindeki azalmanın çok az olacağını açıkça göstermektedir.

df=7 için olan mukavemet değerlerini % 100 kabul edip diğer değerleri buna bölünürse ordinat birimsiz hale gelmektedir (Şekil 6). Yeni ordinat değerleri diğer deyimle mukavemet ölçümlerinde gösterilebilecek toleransın ölçüsüdür. Örneğin: mukavemetin % 20 fazla ölçümü

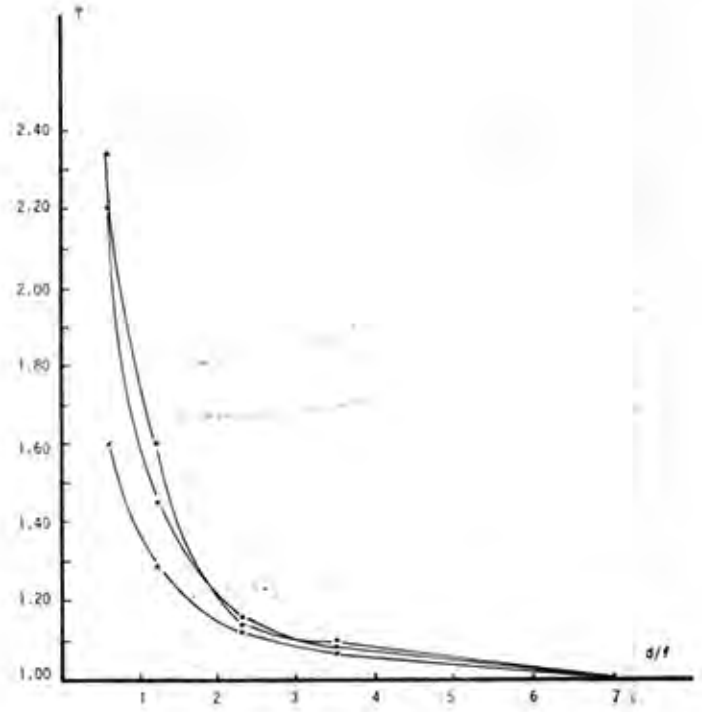


Şekil 4 — Üç eksenli basınç deneyinde (45°) 70 mm lik numunelerde gerilme yolu ve deviator gerilmenin deformasyonla geçişi.

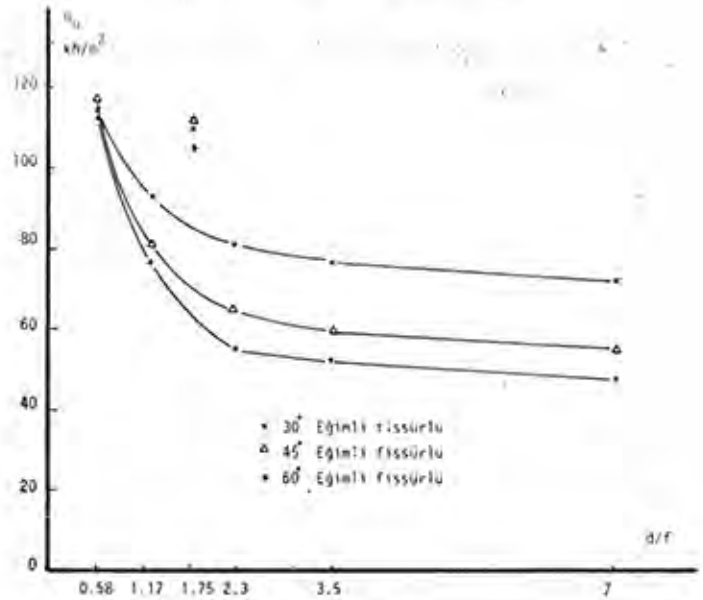
kabul edilebilirse numune çapı fissür aralığının en az 2 katı olmalıdır. Yapılacak yanlışlığı % 10'a düşürmek numune çapının fissür aralığının 3.5 katı olması ile mümkün olabilecektir.

SONUÇ

Arazideki ilk araştırmalar sırasında alınacak ilk numuneler projenin etkili olduğu zemin kitlesinde fissür aralıkları hakkında bilgi verecektir. Böyle bir bilgi ışığında asıl projelendirme için gerekli kayma mukavemeti ölçümlerinde kabul edilecek bir tolerans içerisinde en uygun numune çapını seçmek mümkün olabilecektir. Diğer yandan numune çaplarının fissür aralığına göre küçük olduğu $df=1$ numunelerde kayma mukavemeti gerçek değerinden % 80 daha fazla tahmin edilebilecek dolayısıyla güvensiz projelendirmeye karşılaşılabilecektir.



Şekil 5 — Serbest basınç mukavemetinin numune çapı/fissür aralığı oranı ile değişimi.



Şekil 6 — Numune çapı/fissür aralığı oranı ile tolerans sayısı arasındaki bağıntı.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- SKEMPTON, A.W. and HENKEL, D.J., (1957), Tests on London clay from deep borings at Paddington Victoria and South Bank, Proc., 4th I.C.S.M.F.E.
- YILDIRIM, S., (1980), Fissürlü Killerde Kayma Mukavemeti Doçentlik tezi, Yıldız Üniversitesi.

KAYAÇLARIN NOKTA YÜKLEME DAYANIMINI BULMAK İÇİN YENİ BİR YÖNTEM

A NEW METHOD for DETERMINING THE POINT LOAD STRENGTH of ROCKS

Necdet TÜRK*

ÖZ — Nokta yükleme deneyinde test edilen kayaç numunelerinin, kırılma anındaki yük ile numunelerin kırılma yüzeyleri arasında üstsel bir bağıntı vardır. Kayaçların I_{50} değerleri, nokta yükü-kırılma yüzey alanı grafiğinden veya bağıntısından, 50 mm çaplı karot numunesinin taban alanına eşdeğer alana karşıt gelen yükün $(50 \text{ mm})^2$ ye bölünmesiyle bulunur. I_{50} değerini elde etmek için deney sonuçlarına herhangi bir düzeltme yapmağa gerek yoktur.

Numunelerin kırılma anlarındaki, tek eksenli basınç ve nokta yükleri arasındaki oranlarının, numunelerin karot çapına karşıt çizilen grafiğinden, 63 mm çaplı karot numunesi üzerinde yapılan nokta yükleme deneylerinin, 50 mm çaplı karotlardan daha güvenilir tek eksenli basma kuvveti tahmini verdiği saptanmıştır. Bu çaptaki izotropik ve anizotropi düzlemine dik test edilmiş numunelerin, kuvvetleri arasındaki bağıntı $\sigma_{(3)} = 23.55 \times I_{50}$ olarak bulunmuştur.

ABSTRACT — There is a relation between the failure load and fractured surface area of the rock specimens tested in point load. The I_{50} of rocks is determined from the load versus area plot or relation by dividing the load corresponding to the 50 mm diameter core base area by $(50 \text{ mm})^2$. There is no correction made to the test results to estimate the I_{50} of rocks.

The comparison of the uniaxial compressive and point failure loads ratios with specimen diameter have shown that the point load test carried on 63 mm diameter cores, give more reliable estimates of the uniaxial compressive strengths than 50 mm diameter cores. The relation between the uniaxial compressive strength and the point load strength index of isotropic and anisotropic rocks tested parallel to the anisotropy planes, was found to be $\sigma_{(3)} = 23.55 \times I_{50}$ for 63 mm diameter cores.

GİRİŞ

Nokta yükleme deneyi, son yirmi yılda, teorik ve pratikteki çalışmaların ışığında kayaçların kuvvetlerini bulmak için kullanılan ucuz ve pratik bir deney haline geldi (Broch and Franklin, 1972; Bieniawski, 1975; Brook, 1977 ve 1985; ISRM 1985 ve Türk, 1986). Bu deney, kayaçların nokta yükleme kuvveti indekslerine göre sınıflamasını yapmak veya tek eksenli basınç kuvvetlerini tahmin etmek için kullanılır. Kayaçların nokta yükleme kuvvetlerinin indeksleri, genellikle 50 mm çapındaki karot numuneleri için standardlaştırılarak (I_{50}) ile ifade olunurlar.

Bu deneyde, karot numuneleri çapına ve eksenine test edildikleri gibi prizma şeklindeki ve düzensiz şekilli numunelerde kolayca test edilirler.

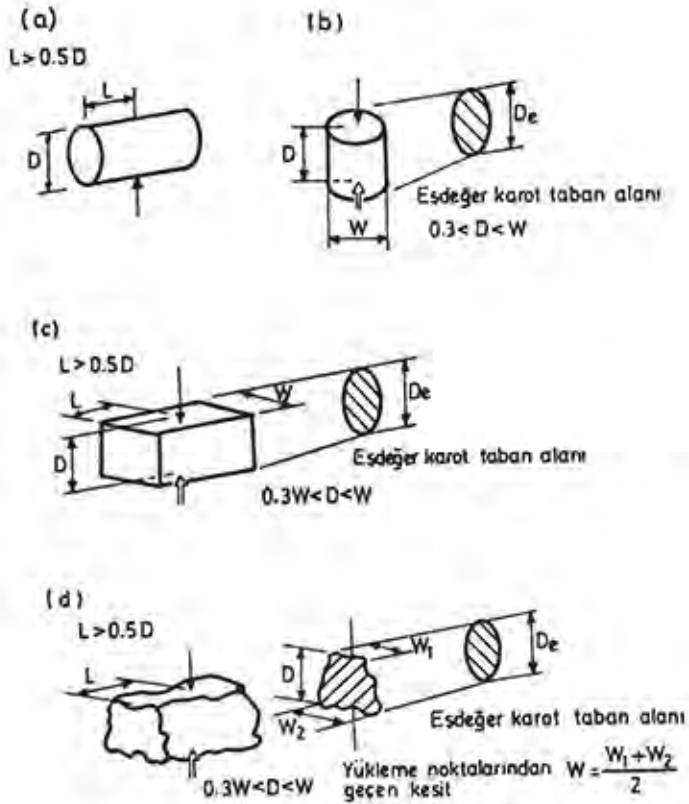
Nokta yükleme deneyi yapımının kolay oluşu ve test edilecek numuneler için herhangi bir hazırlığın gerekli olmayışı, bu deneyi, mühendislik jeolojisi çalışmalarının çoğunda devamlı olarak uygulanan bir deney haline getirmiştir. Ayrıca, nokta yükleme deneyi, çok sayıda araştırmacının çalışma konusu olmuştur. (Broch and Franklin, 1972; Bieniawski, 1975; Brook, 1977 ve Türk, 1986). Brook 1985) nokta yükleme deneyi konusunda yapılmış çalışmaların bir kısmının derlemesini vermektedir. Milletlerarası Kaya Mekaniği Derneği de, bu konuda yapılmış araştırmalardan çıkan sonuçlar ışığında, bu deneyin yapımıyla ilgili önerilerini tekrar düzenlemiş ve bu deneyin sonuçlarını değerlendirmek için yeni bir yöntem önermiştir (ISRM, 1985).

Bu yayında, önce yeni önerilen ISRM (1985) nokta yükleme metodunun kısa bir açıklaması yapılacaktır. Sonra, nokta yükleme deney sonuçlarını değerlendirmek için yeni bir yöntem önerilecek ve uygulaması gösterilecektir. Ayrıca kayaçların nokta yükleme kuvveti indeksleriyle, tek eksenli basınç ve indirek çekme dirençleri arasındaki ilişkiler araştırılacaktır.

* Dr., Dokuz Eylül Üniv. Müh. Mim. Fak. Jeol. Müh. Böl. Bornova - İzmir.

YENİ ISRM NOKTA YÜKLEME YÖNTEMİ

Yeni ISRM (1985) nokta yükleme yöntemi, deney numunelerinin, nokta yükünün uygulandığı yönündeki en küçük kesit alanı boyunca kırıldığı varsaymaktadır. Yeni yöntem, eksenine test edilmiş karot, prizma ve düzensiz şekilli deney numunelerinin kırılma yüzey alanlarının, çapına test edilmiş karot numunelerinin taban alanları gibi düşünülüp, bu kırılma yüzey alanlarına eşdeğer karot çaplarının (D_e) bulunmasını ister (Şekil 1). Ayrıca bu metod,



Şekil 1 — ISRM (1985)'nin nokta yükleme deneyinde test edilecek numuneler için önerdiği numune boyutları:

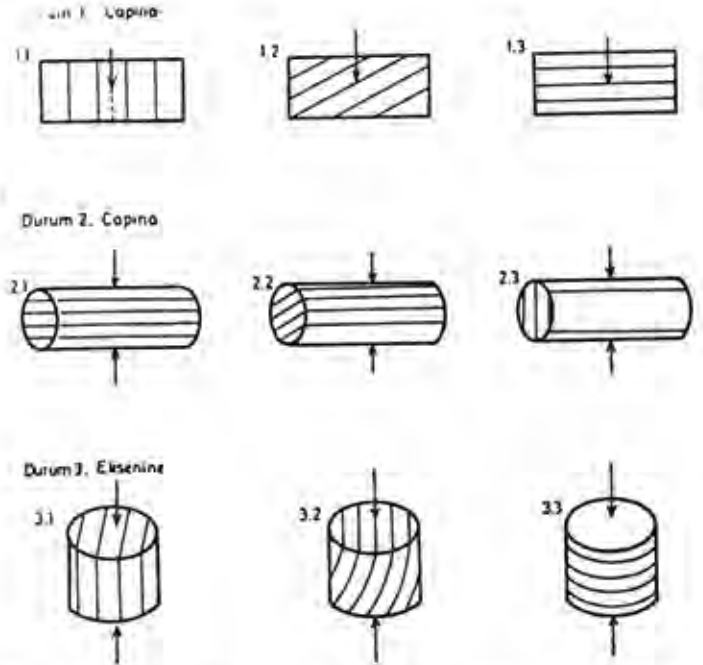
- Çapına test edilecek karot numuneleri için
- Eksenine test edilecek karot numuneleri için
- Prizma şeklindeki numuneler için
- Düzensiz şekilli numuneler için.

kayaçların kırılma anlarındaki nokta yüklerine karşın eşdeğer karot çaplarının, logaritmik ölçekteki grafiğinin doğrusal bir bağıntı verdiğini kabul eder. Bir kayacın I_{50} değerinin, o kayacın nokta yükü-eşdeğer karot çapının karesi grafiğinde, 50 mm'lik eşdeğer karot çapının karesine karşıt gelen nokta yükünün, bu değere bölünmesiyle bulunmasını önerir. Az sayıda ve 50 mm çapından farklı numunelerin nokta yükleme sonuçlarından I_{50} değerini bulmak için ise;

$I_{50} = (D_e/50)^2 \times I$, düzeltme bağıntısı önerilmiştir. Düzeltme yapılarak elde olunan I_{50} değerlerinin en büyük iki ve en küçük iki I_{50} değerleri hesaplamaya katılmıyarak,

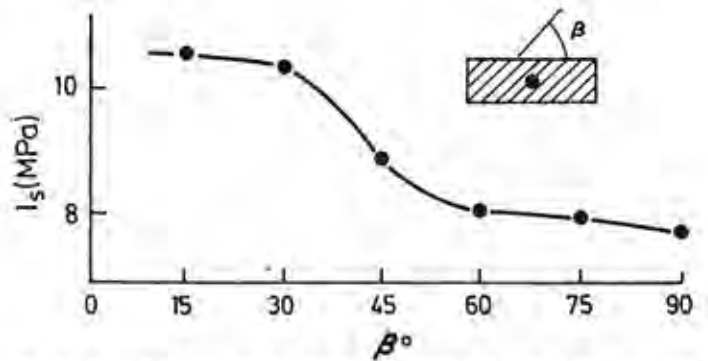
geride kalan I_{50} değerlerinin ortalaması, test edilen kayacın ortalama I_{50} değeri olarak verilmektedir. Şekil 1'de nokta yükleme deneyinde kullanılacak numunelerin boyutlarıyla ilgili ISRM (1985) önerileri verilmiştir.

Yeni ISRM (1985) yöntemi, öncekine oranla daha ayrıntılı olarak hazırlanmış olmasına rağmen, yeni yöntemin bazı yönlerden yetersiz olması, kayaçların nokta kuvveti indekslerinin hesaplanmalarında önemli hatalara sebep olabilir. Yeni ISRM (1985) nokta yükleme metodu, aşağıdaki hususlardan kritize edilebilir:



Şekil 2 — Anizotropik kayaçların karot numunelerinin nokta yükleme deneyinde test edilmeye şekilleri.

- Numunelerin en küçük kesit alanından geçen düzlem boyunca kırılacağı varsayımı, her tür kayaç için geçerli değildir. Örneğin, anizotropik kayaçlarda, kırılma düzlemi, anizotropi açısına bağımlı olarak değişmektedir (Şekil 3).



Şekil 3 — Anizotropi düzlemine paralel olarak test edilmiş mika şist numunelerinin, nokta yükleme kuvveti indekslerinin karot eksen ve foliyasyon düzlemi arasındaki açıyla değişimini gösterir grafik (Broch, 1983).

- 2) Eşdeğer karot çapı yöntemi enteresan bir yaklaşım, fakat anizotropik kayaçların anizotropi düzlemlerine paralel test edilmeleri durumunda, bu varsayım, önemli hatalara sebep olabilir. Bu nedenle yeni method ancak izotropi ve anizotropi düzlemine dik olarak test edilmiş kayaçlar için geçerlidir.
- 3) Az sayıda ve dağınık deney sonuçlarına dayalı olarak, kayaçların nokta yükleme kuvvetini düzeltme yöntemi önerilmiştir.
- 4) Test edilen numunelerin, nokta yükünün uygulandığı noktalarından geçen en küçük kesit alanının eşdeğer karot çapının (D_e) hesaplanması önerilmekte ve $(D_e)^2$ sinin nokta yüküne karşın logaritmik ölçekteki grafiğinin, doğrusal bir bağıntı verdiği varsayılmaktadır. Benzeri ilişki, ortalama veya en büyük kesit alanları için de geçerli olabilir. Bu tamamen, deneme ve yanılma yoluyla bulunmuş bir yöntemdir. Her deney için (D_e) 'nin hesaplanması gereksiz vakit kaybına neden olmaktadır.
- 5) Ortalama I_{ss} değerini hesap etmek için en yüksek iki ve en küçük iki I_{ss} değerlerinin hesaba katılmaması önerilmektedir ki, bu deney sayısının az olduğu hallerde, önemli bir yüzdeyi oluşturur.
- 6) Kayaçların tek eksenli basma kuvvetlerini nokta yükleme sonuçlarından elde etmek için bir katsayı verilmemektedir.
- 7) Deney sonuçlarını değerlendirmek, deneyi yapmaktan daha uzun zaman almaktadır.

ÖNERİLEN METOD

Teorik düşünceler, nokta yükleme deneyinde, kayaç numunelerinin indirek çekme kuvveti altında kırıldığını ve kırılma yüzeyinin de, numunenin nokta yükünün etkisi altındaki en küçük kesit düzlemi boyunca olacağına işaret etmektedir. Pratikte de izotropi ve anizotropi düzlemine dik olarak test edilmiş anizotropik kayaç numunelerinin, numuneye uygulanan nokta yükünün etkime noktasından geçen en küçük kesitin düzlemi boyunca kırıldıkları gözlenmiştir. Bu şekilde test olunan kayaç numunelerinin kırılma düzlemlerinin en küçük kesit alanından farklı oluşu, numunelerdeki mikrofisürlerin varlığını belirtir. Bu durum kayaçların daha az kuvvet altında kırılmalarına da sebep olur. Anizotropi düzlemine paralel test edilen anizotropik kayaçlarda ise, kırılma yüzeyi nokta yükü uygulandığı düzleme paralel olarak gelişir ve kırılma anındaki yükün büyüklüğü de kırılmış anizotropi düzleminin büyüklüğü ile orantılıdır.

Yukarıdaki prensiplerden, arazi ve laboratuvar deneylerinden edinilen tecrübelerin ışığında, kayaçların nokta yükleme kuvvet indekslerini belirlemek için aşağıdaki yöntem önerilmiştir.

- 1) Kayaçları renk ve görünümlerine göre sınıflara ayırınız ve mümkün olduğu kadar yumuşak kayaçları test etmekten kaçınınız.
- 2) Numunelerin Şekil 1 de gösterildiği gibi boyutsal oran-

larının olmasına dikkat ediniz, ve 30 mm'den daha küçük numuneleri test etmekten kaçınınız.

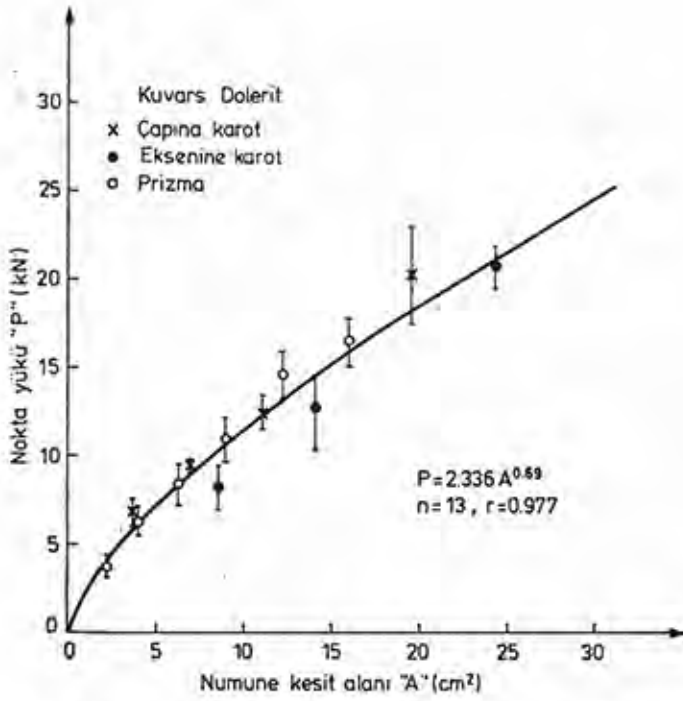
- 3) Anizotropik kayaçları test ederken, Şekil 2'de belirtilen durumlardan birine göre numunelere nokta yükünü uygulayınız.
- 4) İzotropi ve anizotropi düzlemine dik test edilmiş kayaç numunelerinin nokta yükünün, uygulama noktalarından geçen en küçük kesit alanını bulunuz (Şekil 1). Şayet numune anizotropi düzlemine paralel test edilmiş ise kırılma yüzey alanını bulunuz. Şekilsiz numunelerin alan ölçümleri Şekil 1 de gösterildiği gibi ortalama değerler olarak belirlenebilir.
- 5) Numunenin kırılma anındaki nokta yükünü bulunuz. Nokta yükleme aletlerinde, deney esnasında numunelerin nokta yük konisinin pistonuna uygulanan basınç belirtilir. Bu basınç değerini yüke çeviriniz.
- 6) Nokta yükü (P) , numunenin en küçük kesit alanı veya kırılma yüzeyi alanına (A) karşın grafiğini çizin. Bu grafik çoğu kez bir üstsel eğri olup, $P/k.A^n$ şeklinde ifade olunabilir. Fakat, çok az sayıda numune sonuçları için, nokta yük alan bağıntısı bir doğru olabilir. Yük-alan bağıntısı, istatistik yapılabilen hesap makinalarıyla hiçbir grafik çizmeden elde edilebilir.
- 7) 50 mm çaplı karotun taban alanına eşdeğer alana (1963.5 mm^2) karşın gelen yükü, nokta yük-alan grafiğinden veya bağıntısından bulup, bulunan bu nokta yük değerini 2500 mm^2 'ye bölerek, kayacın I_{ss} değerini bulunuz.

Yukarıda önerilen nokta yükleme deneyi sonuçlarını değerlendirme yöntemi, yalnız hesaplamaları basitleştirmekle kalmayıp, aynı zamanda da değişik şekildedeki numunelerin deney sonuçlarının aynı bir grafik veya yük-alan bağıntısıyla ifade edilmesine yardımcı olur. İlave olarak, bu yöntem deney sonuçlarına herhangi bir düzeltmeyi gerektirmemektedir. Kayaçların tek eksenli Basınç ve çekme deney sonuçlarının da benzeri şekilde grafiği çizilerek, nokta yükleme deney sonuçlarıyla mukayese edilip, aralarındaki ilişki kolayca saptanabilir.

UYGULAMA

Yukarıda önerilen metod, laboratuvar da elde edilmiş ve literatürde yayınlanmış değişik tipte kayaçların, nokta yükleme deney sonuçlarına uygulanarak, bu metodun uygulanabilirliği gösterilmiş ve burada sadece önemli hususları vurgulayıcı uygulamalar ele alınmıştır (Türk, 1988 a, b).

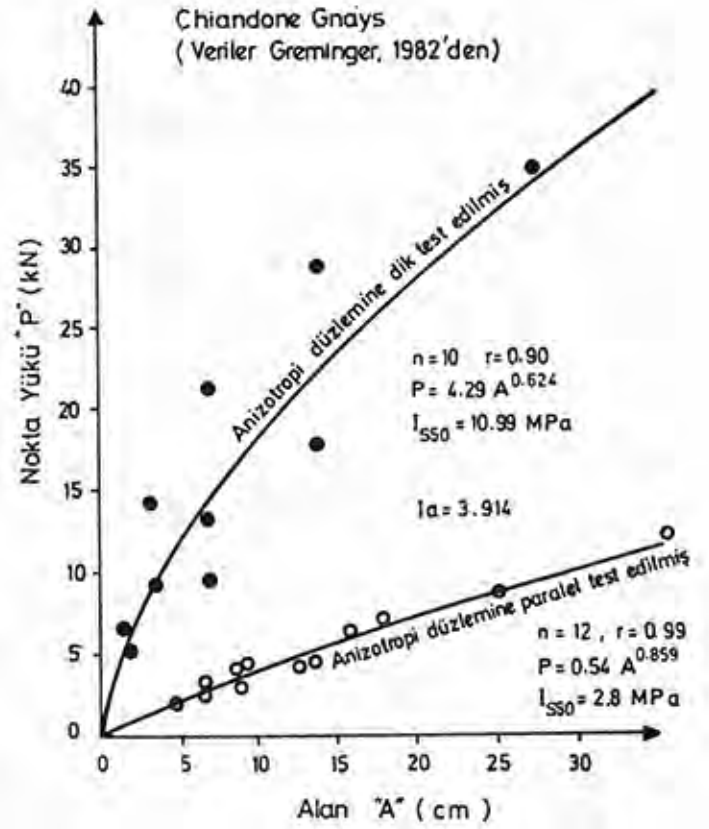
Şekil 4 de, kuzey İngiltere'de yazar tarafından farklı şekildedeki kuvars dolerit numuneleri üzerinde yapılmış olan nokta yük deney sonuçlarının, yük-numune kesit alanı grafiği verilmiştir. Tüm numunelerin deney sonuçları, korelasyon katsayısı yüksek olan bir üstsel bağıntı ile tanımlanmaktadır.



Şekil 4 — Değişik şekillerde test edilmiş kuvars dolerit numunelerinin, nokta yüklerine karşın yük uygulama noktalarından geçen en küçük kesit alanlarının grafiği.

Şekil 5'de Greminger (1982) tarafından Chiandone gnaysı numuneleri üzerinde yapılmış olan nokta yükleme deney sonuçlarının, yük-numune kesit alanı grafiği gösterilmektedir. Bu grafikte, anizotropik kayaların farklı şekilde test edilen her iki durumu için de, nokta yükü-numune kesit alanı ilişkisinin bir üstsel bağıntı şeklinde olduğu açıktır. Fakat, anizotropi düzlemine paralel test edilmiş deney sonuçlarının, anizotropi düzlemine dik test edilmiş olanlardan daha az dağınıklık gösterdiği gözlenmektedir. Benzeri gözlemler, çeşitli anizotropik kayaların deney sonuçlarında da gözlenmiş olup, burada sunulmamışlardır (Türk, 1988 b). İlave olarak, bu grafikten (Şekil 5), gnaysın nokta yükleme anizotropi indeksi, 50 mm çapında bir karot numunesinin alanına eşdeğer alana karşıt gelen yüklerin oranı $I_a : 3.9$ olarak bulunmuştur.

Kayaçların tek eksenli basma ve çekme deneyi sonuçları da, nokta yükleme deneyi sonuçları gibi, yüke karşın numunenin taban alanı, benzeri bir şekilde veya aynı grafik üzerinde gösterilebilir. Şekil 6'da, kuzey İngiltere kuvars doleritlerinin üzerinde yapılmış, tek eksenli basma ve nokta yükleme deneylerinin yük-alan bağıntıları gösterilmiştir. Her iki deney için de, en iyi bağıntının üstsel bir fonksiyon şeklinde olduğu bulunmuştur. Ayrıca Şekil 6 dan, kuvars doleritin herhangi bir alanına karşın, tek eksenli basınç ile nokta yükleme değerleri arasındaki oran da kolayca saptanabilir. Şekil 7 de, beş değişik kayacın deney çapları ile tek eksenli basınç ve nokta yükleri arasındaki oranların grafiği gösterilmiştir. Bu şekilde, altı kayacın grafiğinin, 63 mm çaplı numune-



Şekil 5 — Anizotropi düzlemine paralel ve dik olarak test edilmiş Chiandone gnays numunelerinin, nokta yüklerine karşın kırılma yüzeyi alanlarının grafiği.

ye karşı gelinebilen yerde, ortak bir noktada birbirlerini kesiştiği gözlenmektedir. Bu kesişme noktasına karşıt yüklerin oranı 18.5'dir. Ayrıca, kayaçların tek eksenli basınç kuvveti ile nokta yükleme kuvveti arasındaki

$$\sigma_c : \frac{P_{uc1}}{P_p} \times \frac{4}{\pi} \times I_{a53} \text{ bağıntısından}$$

$$\sigma_c : 23.55 \times I_{a53} \text{ bulunur.}$$

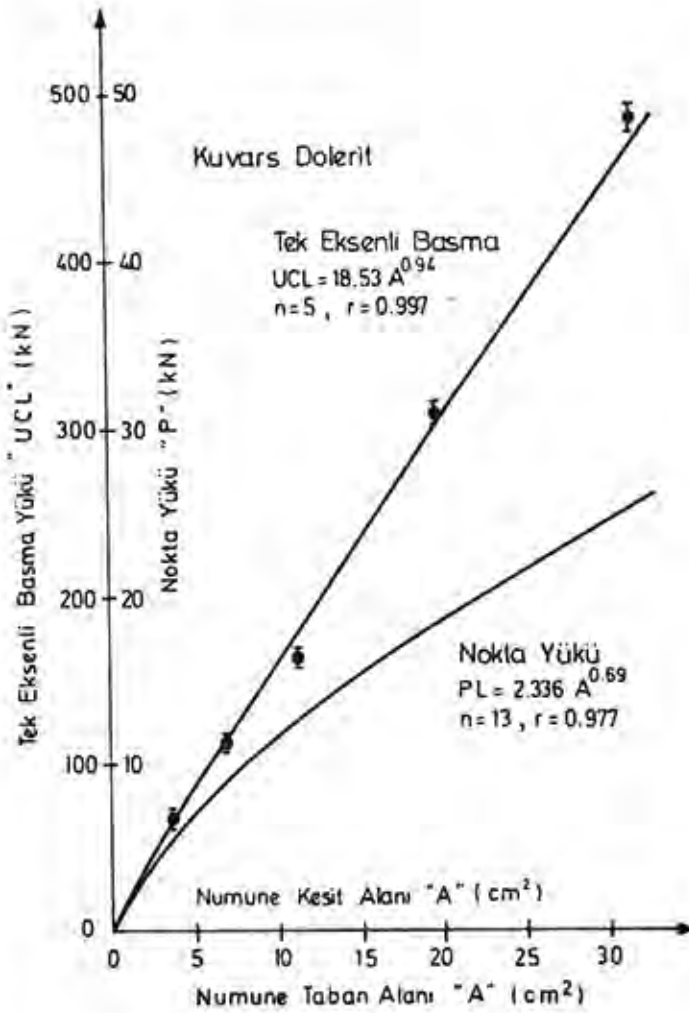
Kuvars doleritlerin indirek çekme (Brazilyan) ve nokta yükleme deney sonuçlarının da yüklere karşıt olan grafiklerinin de üstsel bir fonksiyon verdiği saptanmış ve 63 mm çaplı numuneler için;

$$\sigma_t : \frac{P_t}{P_p} \times \frac{\pi}{4} \times I_{a53} \text{ bağıntısından}$$

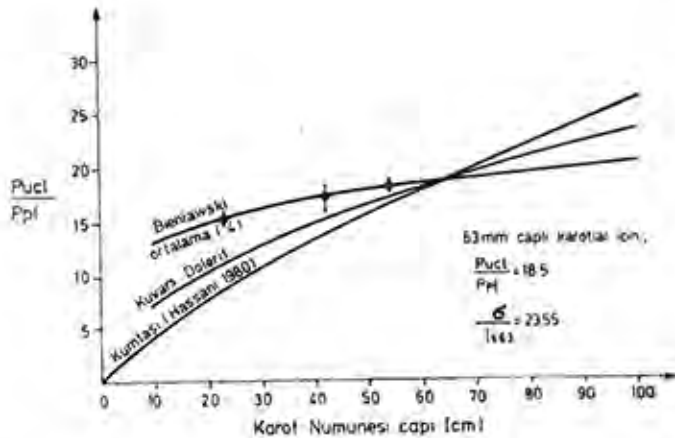
$$\sigma_t : 3.88 \times I_{a53} \text{ elde olunmuştur (Türk, 1988 a).}$$

TARTIŞMA

Bu yayında önerilmiş olan nokta yükleme deneyi sonuçlarını değerlendirme metodu, bu konuda önerilmiş metodlar ve nokta yükleme deneyinde, numunelerin kırıl-



Şekil 6 — Kuvars dolerit numuneleri üzerinde yapılmış tek eksenli basma ve nokta yükleme deneylerinin yüklerine karşın taban ve en küçük kesit alanlarının grafiği.

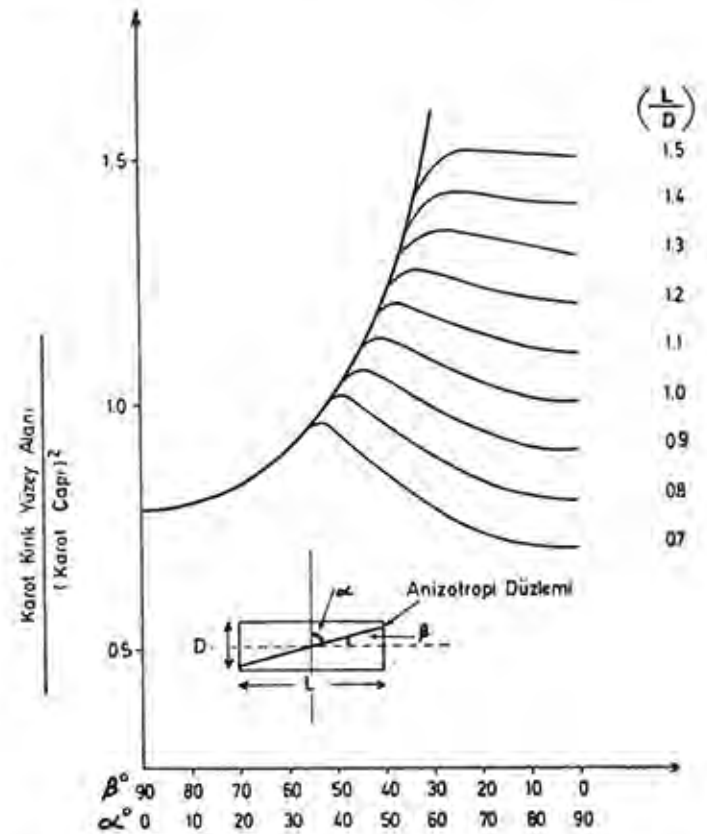


Şekil 7 — Değişik kayaçların, kırılma anlarındaki tek eksenli basma yükü değerlerinin nokta yükleme yüküne olan oranlarının numunelerin çapına karşın grafiği.

malarını kontrol eden faktörler göz önünde bulundurularak ortaya atılmıştır. Literatürde, nokta yükleme deneyi ile ilgili önerilmiş metodlardan, bu yayındakine en yakın olanı Brook (1977)'un metodudur. Bu yayında önerilen metod, Brook'un metodundan aşağıda belirtilen hususlarda farklıdır.

1. Nokta yükü ile numunenin en küçük kesit veya kırılma düzlemi alanları arasında üstsel bir bağıntı vardır ($P : A \cdot \chi^n$). Burada önerilen metodda n değışkendir. Halbuki Brook $n : 0.75$ olarak verir.

2. Standard nokta yükleme kuvveti indeksini (I_{500}) bulmak için, 50 mm çaplı bir karotun taban alanına karşın olan nokta yük değeri kullanılır. Brook ise 500 mm² ilk bir kırılmış numune düzlemini standard alan olarak önermektedir ki, bu da 12.62 mm çaplı bir karotun taban alanına eşdeğerdır.



Şekil 8 — Anizotropi düzlemine paralel test edilmiş anizotropik kayaç numunelerinin, kırılma yüzey alanının, karot numunesinin boyutu ve anizotropi açısıyla değışimini gösterir grafik.

3. Anizotropik kayaç numuneleri, anizotropi düzlemlerine paralel olarak test edildiklerinde, numunelerin kırılma düzlemlerinin nokta yüküne olan etkisi hesaba katılmaktadır. Halbuki Brook ve hatta ISRM (1985) de bunu hesaba katmamaktadır.

Her kayacın, farklı boyuttaki numunelerinin, nokta yükleme değeri için tek bir yük-alan bağıntısının olması

ve bu bağıntının numune şeklinden etkilenmemiş olması, yukarıda önerilen metodun kullanımını artırmaktadır. Böylece, bu yayında önerilen metod, deney numunelerinden maksimum derecede yararlanma imkanını sağlar. Örneğin, karot numuneleri, önce çapına yüklenerek test edilir ve daha sonra, kırılmış karot parçaları da eksenine test edilirler. Ayrıca, kayaçların nokta yükleme kuvveti indekslerini hesaplariken, deney sonuçlarına hiç bir düzeltme uygulamaya da gerek bulunmamaktadır.

Düzensiz şekilli numunelerin alan ölçümleri, Şekil 1'de gösterildiği gibi numunenin boyutlarının ortalama değerleri alınarak yapılması önerilmiştir. Anizotropik kayaç numunelerinin, anizotropi düzlemine paralel olarak test edilmeleri halinde (Şekil 2), numunenin kırılma düzlemi alanı, numunenin boyutlarına ve anizotropi açısına bağımlı olarak değişim gösterecektir. Şekil 8'de, anizotropik kayaç numunelerinin, anizotropik düzlemine paralel olarak test edilmeleri ve kırılma yüzeyinin anizotropi düzlemi boyunca olacağı kabul olunarak, numune kırılma yüzey alanının karot numunesinin boyutları ve anizotropi açısı cinsinden bulmaya yarayan bir grafik sunulmuştur.

Nokta yükleme deneyinde, numuneler endirekt çekme basıncı altında kırılmaktadır. Şayet, bir kayacın çekme kuvveti, numunenin her tarafında yeknesak ise, numunenin kırılma yüzeyinin, nokta yükleme noktalarından geçen en küçük kesit alanından geçiyor olması gerekmektedir. Halbuki, kayaçların içinde bulunan mikrofisürler, kayaçların kırılma anlarındaki nokta yükleme değerlerini azaltıkları gibi, kırılma yüzeylerinin de minimum kesit alanından farklı olmasına sebep olurlar. Şekil 5 mikrofisürlerin kayaçların nokta yükleme deney sonuçlarına olan etkisini çok iyi bir şekilde göstermektedir. Bu şekilde, Chiandone gnays numunelerinin nokta yük değerlerinin,

gnaysın anizotropi düzlemine dik test edildiklerinde, anizotropi düzlemine paralel test edilenden daha fazla dağınıklık göstermeleri, mikrofisürlerin etkilerinden dolayıdır.

Nokta yükleme deneyinin pratikteki bir amacı da, kayaçların tek eksenli basınç kuvvetlerini tahmin etmektir. Bu konuda zamanımıza kadar yapılmış bulunan çalışmalar, pek güvenilir sonuç vermemiştir. ISRM (1985) dahi, her iki deney arasında kesin bir katsayı vermemektedir. Aynı çaplı karot numunelerinin, kırılma anındaki tek eksenli basınç ve nokta yüklerinin oranları ile karot çapı arasındaki bağıntıların, 50 mm yerine 63 mm'nin standard karot çapı olarak kullanılmasının gerektiğine işaret etmektedir (Şekil 7). Şekil 7'den yararlanılarak 63 mm çaplı karot numuneleri için tek eksenli basınç kuvveti ile nokta yükleme kuvveti indeksi arasındaki katsayı 23.35 olarak bulunmuştur. Tablo 1'de de, Greminger (1982) tarafından, bazı anizotropik kayaçlar için yayınlanmış tek eksenli basma ve nokta yükleme deney sonuçları ve bu iki kuvvetin arasındaki oranların ortalama değerleri verilmiştir. Bu tablodan, anizotropi düzlemine dik olarak test edilmiş 62 mm çaplı karot numuneleri için, tek eksenli basınç ve nokta yükleme kuvvetleri arasındaki oran 23.50 olarak bulunmuştur. Bu değer, Şekil 7'de 63 mm çaplı karotlar için, aynı kuvvetler arasındaki orana çok yakındır. Ayrıca, Tablo 1'de anizotropi düzlemine paralel test edilmiş bulunan 62 mm çaplı numunelerin tek eksenli basınç ve nokta yükleme kuvvetleri arasındaki oran ise 49.57 ± 26 olarak bulunmuştur. Bu oran, dört çeşit anizotropik kayacın deney sonuçlarının ortalaması olarak bulunduğu için, anizotropi düzlemine paralel olarak test edilmiş kayaçların tümü için geçerli olup olmadığının, daha detaylı olarak araştırılması gereklidir.

Kayaç	Anizotropi Düzlemine Paralel		Anizotropi Düzlemine Dik	
	I_{a62} MPa	σ_{c62} MPa	I_{a62} MPa	σ_{c62} MPa
Chiandone Gnays	2.64	150	9.35	178
Ruhr Kumtaşı	5.51	153	7.89	177
Gnays	4.21	104	5.64	164
Sleyt	1.17	104	7.24	—
$\frac{\sigma_{c62}}{I_{a62}}$	49.57 ± 26		23.50 ± 4.16	

I_{a62} : Nokta yükleme kuvveti indeksi.

σ_{c62} : Tek eksenlik yükleme kuvveti.

Çizelge 1 — Bazı anizotropik kayaçların 62 mm karot çapına eşdeğer nokta yükleme kuvveti indeksi ve tek eksenli basma kuvvetleri (veriler, Greminger 1982'den).

Aynı kırılma yüzey alanlı, fakat, farklı nokta yükü altında kırılmış olan kayaç numunelerinin deney sonuçları, yazarın daha önceki bir yayınında uygulamasını gösterdiği Weibull teorisi yardımıyla değerlendirilebilir (Türk, 1986).

SONUÇLAR

Kayaçların nokta yükleme deney sonuçlarını değerlendirmek için basit ve pratik bir yöntem önerilmiştir. Nokta yükü deneyinde numunelerin kırılması anındaki

yükleri ile kırılma yüzeyi alanları arasında, üstsel bir bağıntının varlığı deney sonuçlarıyla saptanmıştır. Önerilen metoda göre, kayaçların standard nokta yükleme kuvveti indeksi (I_{sc}) o kayacın nokta yük-alan bağıntısından 50 mm çaplı bir karotun taban alanına eşdeğer alana (1963.5 mm^2) karşıt gelen yükün, $(50 \text{ mm})^2$ 'ye bölünmesiyle bulunmakta ve bu değeri bulmak için de, deney sonuçlarına herhangi bir düzeltme yapmağa gerek yoktur.

Anizotropik kayaçların nokta yükleme deney sonuçları, numunenin anizotropi düzleminin deney esnasındaki durumuna göre, farklı nokta yük-alan bağıntısı vermekte ve kayaçların anizotropi indeksleri, nokta yükü-alan bağıntısında 1963.5 mm^2 'lik alana karşıt gelen nokta yüklerinin oranı olarak bulunmaktadır.

Kayaçların tek eksen basınç ve indirek çekme deneyi sonuçları da nokta yükleme deneyi sonuçları gibi yük-alan bağıntısıyla ifade edilebilirler. Kayaçların tek eksenli basınç ve nokta yükleme yüklerinin oranlarının, deney numunelerinin karot çaplarıyla mukayesesinden, 63 mm karot çapının, 50 mm karot çapından daha güvenilir bir numune boyutu olduğuna işaret etmektedir. İzotropi ve anizotropi düzlemine dik test edilmiş anizotropik kayaçların tek eksenli basınç ve nokta yükleme kuvveti edilmiştir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- BIENIAWSKI, Z.T., (1975), The point load test in geotechnical practice. Engineering Geology, 9, 1-11.
- BROCH, E. and FRANKLIN, J.A., (1972), The point load strength test. Int. J1. Rock Mech. Min. Sci. 9, 669-697.

- BROCH, E., (1983), Estimation of strength anisotropy using the point load test. Int. J1. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr. 20, 4, 181-187.
- BROOK, N., (1977), The use of irregular specimen for rock strength tests. Int. J1. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr. 14, 193-202.
- BROOK, N., (1985), The equivalent core diameter method of size and shape correction in point load testing. Int. J1. Rock Mech. Min. Sci. 8 Geomech. Abstr. 22, 2, 61-70.
- GREMINGER, M., (1982), Experimental studies of the influence of rock anisotropy on size and shape effects in point load strength testing. Technical note, Int. J1. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr. 19, 241-246.
- HASSANI, F.P., (1980), A study of the physical and mechanical properties of rocks and their discontinuities associated with opencast coal mining operations. Ph.D. Thesis. University of Nottingham.
- ISRM (1985), Suggested method for determining point load strength. Int. J1. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr. 22, 2, 53-60.
- TÜRK, N., (1986), Nokta Yükleme deneyi sonuçlarını değerlendirmek için önerilen yeni bir yöntem. Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, 8, 16-22. İstanbul.
- TÜRK, N., (1988 a), A suggested method for evaluating point load test results (Yayına hazırlanmakta).
- TÜRK, N., (1988 b), Point load testing of anisotropic rocks (Yayına hazırlanmakta).

JEOTEKNİK SEMİNER 1987

A. Mesut ÇETİNÇELİK*

14-19 Eylül 1987 tarihleri arasında, İstanbul'da, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün Cevizli Eğitim Merkezi Tesislerinde yapıldı. "Jeoteknik Seminer" her yıl DSİ Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısu-ları Dairesi Başkanlığı tarafından düzenlenmektedir. Bu Seminere DSİ Genel Müdürlüğü Bölge Müdürlükleri ve Daire Başkanlıkları elemanlarından başka çeşitli Üniversitelerin Mühendislik Fakültelerinden Öğretim eleman-ları, Karayolları Genel Müdürlüğü, ELE Genel Müdürlüğü, MTA Genel Müdürlüğü, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü

ile Jeoteknik etüd ve çalışmalar yapan firma temsilcileri de katılmakta bilimsel ve teknik katkılarda bulunmaktadır. Bu seminere yaklaşık 300 Teknik ve Bilim adamı katılmıştır. 26 Bildiri sunulmuş ve tartışılmıştır. Seminer sonrasında, İstanbul'da inşa halindeki "DARLIK BARAJI" na bir teknik gezi düzenlenmiştir. Ayrıca Jeoteknik Se-miner'de sunulan bildiriler ayrı kitap halinde basılarak Seminere katılanlara dağıtılmaktadır. Bu yılki "JEOTEK-NİK SEMİNER 1987" bildirileri de 2 cilt halinde basılarak dağıtılmıştır.

* Jeo. Yük. Müh. DSİ Teknoloji Da. Bşk. Yrd.

KAYA ŞEVLERİNDE DEVRİLME DURAYSIZLIĞI VE DEVRİLME ANALİZİ İÇİN BİLGİSAYAR PROGRAMI

TOPPLING FAILURE IN ROCK SLOPES AND A COMPUTER PROGRAM FOR TOPPLING ANALYSIS

Reşat ULUSAY*

ÖZ — Devrilme, düzenli aralıklarla dizilmiş, eğim yönleri şevin içine doğru ve doğrultuları şev aynasına paralel olan süreksizliklere sahip kaya kütleleri içinde açılan şevlerde karşılaşılan bir duraysızlık türüdür. Bu yazıda, devrilmenin mekaniğine, basamaklı bir taban üzerindeki devrilmenin analizi için Goodman ve Bray tarafından geliştirilen "limit denge yöntemi" ne değinilmiş, ayrıca konuyla ilgili, yazar tarafından hazırlanmış bir bilgisayar programı ile şev stabilizasyon teknikleri sunulmuştur. Kuru kaya şevlerindeki devrilmelerin analizi ile birlikte şev stabilizasyonunu da içeren, Goodman ve Bray'in yöntemi esas alınarak hazırlanmış program ve programın algoritması, girdi ve çıktıları, ayrıca bu programla çözümlenmiş iki örnek verilmiştir.

ABSTRACT — *Toppling is a mode of failure which occurs in rock masses with regularly spaced discontinuities when they are inclined into the slope face and their strike are parallel to the slope. In this paper, mechanism of toppling and "limit equilibrium method" proposed by Goodman and Bray for the analysis of toppling failure on a stepped base are briefly discussed. Furthermore, a computer program written by the author and slope stabilization techniques are presented. The computer program involving toppling failure analysis for dry rock slopes and slope stabilization, based on Goodman and Bray's method, its algorithm, inputs and outputs and two examples solved with the aid of the program are given.*

GİRİŞ

Son yıllarda gerçekleştirilen fiziksel ve sayısal çözümlerle modelleriyle ve saha gözlemleri sonucunda devrilmenin yeni bir yenilme biçimi olduğu sonucuna varılmıştır. Özellikle doğrultuları şev aynasına paralel ve eğim yönleri ayna içine doğru olan, oldukça dik süreksizlik sistemlerine sahip kaya kütleleri içinde açılacak şevlerde, devrilme olasılığının dikkate alınması gerekmektedir. Devrilme, diğer duraysızlık türlerine oranla, oldukça yeni bir araştırma konusudur. Bu konudaki ilk çalışmalar, Müller (1968)'e ait olup, bunu Hormann (1972)'in model çalışmaları izlemiştir (Hoek ve Bray, 1977). Ayrıca, Burman (1971), Cundall (1971, 1978), Ashby (1971), Whyte (1973), Byrne (1974) ve Soto (1974) sayısal çözümlerler, Barton (1971), Wyllie (1979), Munn (1979) (Hoek ve Bray, 1977; Wyllie, 1980), ile Ergüvenli ve Goodman (1972) fiziksel modeller üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarla konunun gelişmesine katkıda bulunmuşlardır.

Bu araştırmaların yanı sıra, "limit denge analizi" adıyla, Goodman ve Bray tarafından sayısal çözümleme yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem, belirli bir devrilme modeline uygulanabilmesine rağmen, pratik amaçlara yönelik olması, devrilmeye etkiyen faktörlerin araştırılmasına ve devrilmenin kayma ile karşılaştırılmasına olanak sağlaması açısından, yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Bu yazıda yöntemin ana ilkelerine sadık kalınarak hazırlanmış bir bilgisayar programı verilmiştir. Program, devrilme olasılığı söz konusu bir şev için kaya bloklarının duraylılığını tek tek inceleyerek, uygulanabilecek stabilizasyon tekniğini araştırarak şekilde düzenlenmiştir. Bir tek ana programdan oluşan bilgisayar programının dili Fortran IV olup, bazı bölümlerinde Fortran 77'den de yararlanılmıştır. Bazı değişiklikler yapılarak, programın diğer tip bilgisayarlarda da kullanımı mümkündür. Program IBM 4331 tipi bilgisayarda kullanılmıştır.

DEVİRİLMENİN MEKANİĞİ

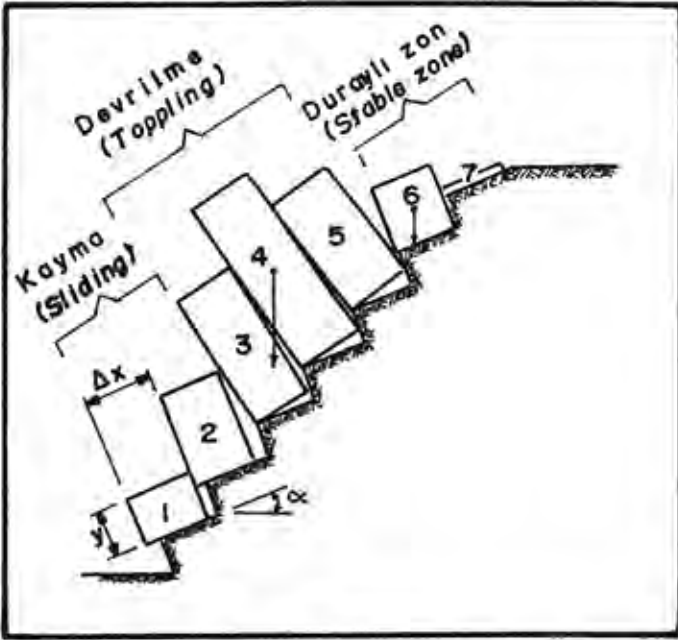
Devrilmenin gelişmesinde etkin rol oynayan jeolojik yapı, uzun ve dar kolonların oluşmasına neden olmaktadır. Duraysızlığın mekaniği, bu kolonların tek tek dikkate alınmasıyla incelenmektedir. Eğimli ve basamaklı bir düzlem üzerindeki kolonun ağırlık vektörünün kolon tabanının di-

* MTA Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etüdları Dairesi, Ankara.

şında etkimesi koşulunda, kolon alt köşesi etrafında dönerek devrilecektir (Şekil 1). Bu basit mekanizmada rol oynayan faktör, kolon boyutları ile düzlemin eğim açısı arasındaki ilişkidir. Buna göre,

$$y/\Delta x > \cot \alpha \text{ veya } \Delta x/y < \tan \alpha$$

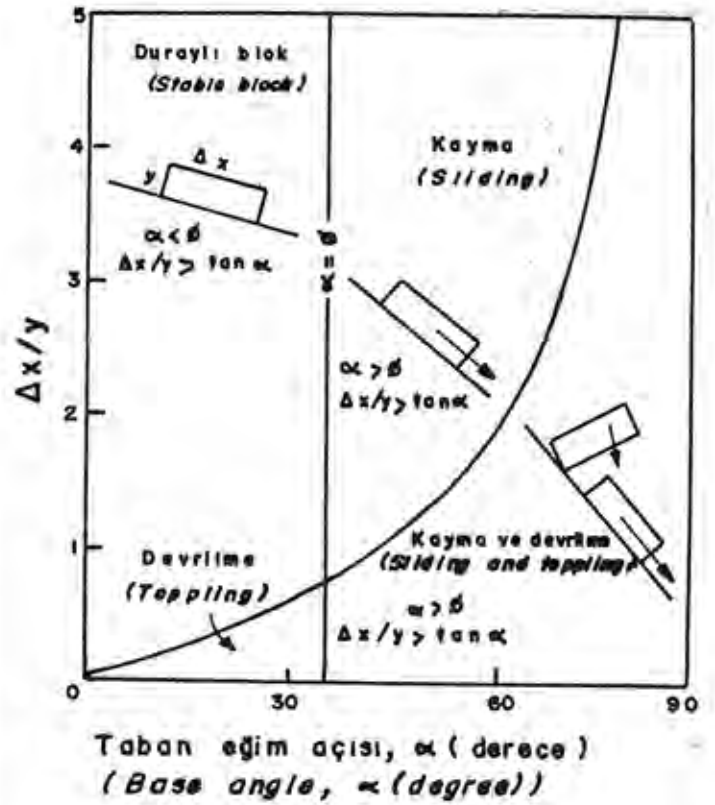
İse, bloğun devrilmesi söz konusudur. Ancak gerçek bir kaya şevindeki blokların mekanik davranışı yukarıda belirtildiği gibi basit değildir. Bloklar arası etkileşimin bir sonucu olarak karışık kayma ve dönme hareketlerinin gelişmesi söz konusudur. Devrilme duraysızlığının gelişmesi olası bir kaya şevinde üç farklı davranış bölgesi ayrılabilir (Şekil 1).



Şekil 1 — Devrilmenin mekaniği için blok model.

- Şev tepesindeki kısa kolonlar (6 ve 7), $\Delta x/y < \tan \alpha$ koşulunu sağlamadığı için kaymazlar ve duraylı bir zon oluştururlar.
- Duraylı zonun hemen altında, daha uzun kolonların (3, 4, 5) yer aldığı devrilme bölgesi: Bu bölgede kolonlar arasında etkiyen kuvvetler ve $\alpha > \phi$ koşulunun sağlanması nedeniyle devrilme gelişmektedir. Burada, ϕ taban düzlemindeki içsel sürtünme açısıdır.
- Topuktaki kolonlar (1, 2) devrilmezler, ancak taban eğim açısının kolonların içsel sürtünme açısını aşması ve üzerlerindeki kolonların etki kuvvetinin yeterince büyük olması nedeniyle kayarlar.

Tek bir blok için devrilme ve/veya kayma koşulları, taban düzlemindeki içsel sürtünme açısı 35° olan bir kolon için Şekil 2'deki grafikte (Freitas ve Watters, 1973) verilmiştir.



Şekil 2 — Tek bir blok için devrilme ve/veya kayma koşulları (Freitas ve Watters, 1973'ten).

BASAMAKLI TABAN ÜZERİNDE LİMİT DENGİ YÖNTEMİYLE DEVRİLMENİN ANALİZİ

Goodman ve Bray (1976) tarafından geliştirilen analiz yöntemi, şevin tepesinden topuğuna doğru düzenli aralıklarla dizilmiş, basamaklı bir taban üzerindeki kolonların limit denge sınırında duraylılıklarının teker teker incelenmesi esasına dayanmaktadır. Bu modelde (Şekil 3), basamaklı tabanın yapısal olarak varlığı veya kolonların bükülmesi ile geliştikleri varsayılır. Bunun yanı sıra blok genişlikleri (Δx) ve süreksizlik eğimlerinin sabit, ayrıca basamak yüksekliklerinin şev boyunca aynı olduğu yaklaşımları geçerlidir.

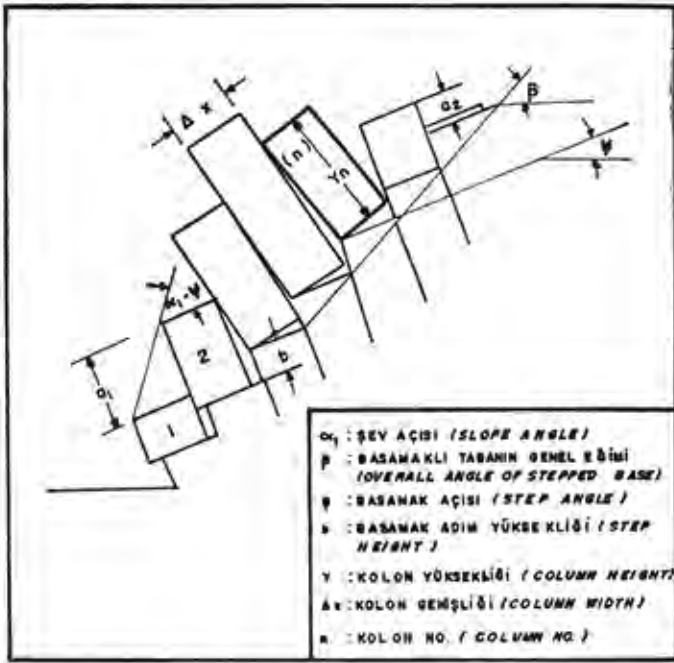
Genel şev açısı β , basamak açısı olan şevde a_1 , a_2 , ve b parametreleri (Şekil 3),

$$a_1 = \Delta x \cdot \tan(\alpha_1 - \psi) ; a_2 = \Delta x \cdot \tan \psi ; b = \Delta x \cdot \tan(\beta - \psi)$$

eşitliklerinden hesaplanır. (n) kolon sayısını ifade etmek üzere, şev tepesi altındaki ve gerisindeki kolonların yüksekliği, sırasıyla;

$$Y_n = n(a_1 - b) ; Y_{n-1} = a_2 - b$$

olup, kolon devrilme konumunda alt köşesi etrafında döneneğinden, devrilmeye karşı koyan kuvvetlerin büyüklüğü, kuvvet vektörünün moment kolu uzunluklarına (M_n ve L_n) bağlıdır (Şekil 4a). Kolonun şev içerisindeki konumuna bağlı olarak, M_n ve L_n uzunlukları aşağıdaki eşitliklerden belirlenir:



Şekil 3 — Basamaklı bir taban üzerindeki kolonların devrilme analizi için model.

Tepe gerisindeki kolonlar : $M_n = Y_n - a_2$; $L_n = Y_n$
 Tepedeki kolon : $M_n = Y_n - a_2$; $L_n = Y_n - a_1$
 Tepe altındaki kolonlar : $M_n = Y_n$; $L_n = Y_n - a_1$

Duraysızlık konumundaki $n+1$ numaralı kolon hemen altındaki n 'inci kolon üzerine P_n gibi bir kuvvetle etkiler. Gerek bu kuvvetin, gerekse gravite kuvvetinin etkisi altında kalan kolonun denge durumu değişir (Şekil 4b ve c). Bu durumda kolonun duraylılığı, devrilme ve kayma koşulları birlikte incelenerek değerlendirilir. Kolonun devrilmeye karşı dengede kalabilmesi için, kolona etkiyen kuvvetlerin devrilme noktasına göre alınan momentleri toplamının sıfıra eşit olması gerekir. Buradan hareket edilerek, devrilmeye karşı kuvvet, P_{n-1} 'd aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$P_{n-1,d} = \frac{P_n(M_n + \Delta x \cdot \tan \phi) + (W_n/2)(\sin \psi Y_n - \cos \psi \Delta x)}{L_n}$$

Blok tabanına dik ve paralel yönde etkiyen kuvvetler (Şekil 4c), sırasıyla,

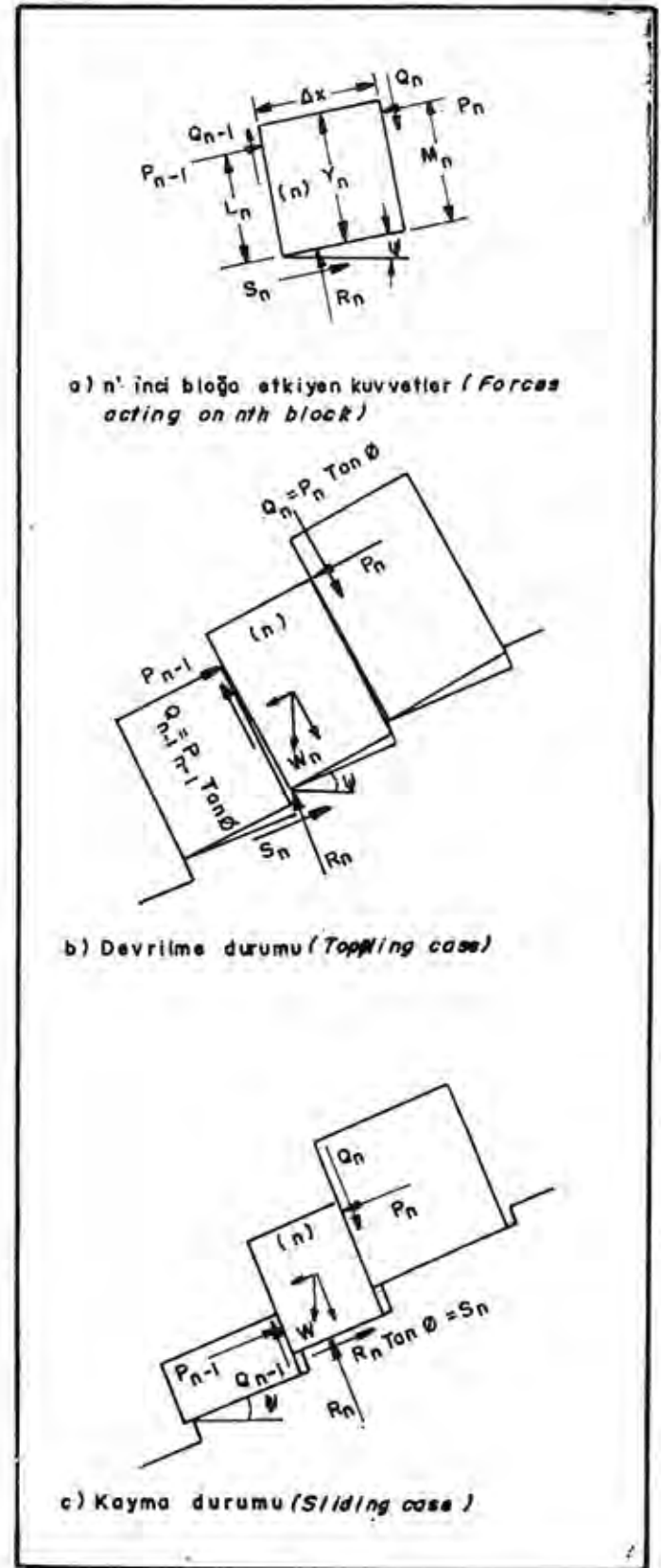
$$\begin{aligned}
 R_n &= W_n \cdot \cos \psi + (P_n - P_{n-1}) \cdot \tan \phi \\
 S_n &= W_n \cdot \sin \psi + (P_n - P_{n-1}) = R_n \cdot \tan \phi
 \end{aligned}$$

olup, kaymaya paralel yöndeki kuvvetlerin dengesi,

$$P_n + W_n \cdot \sin \psi - P_{n-1} R_n \cdot \tan \phi = 0$$

eşitliği ile verilir ve buradan kayma için:

$$P_{n-1,k} = P_n - \frac{W_n(\cos \psi \cdot \tan \phi - \sin \psi)}{1 - \tan^2 \phi}$$



Şekil 4 — Bir kolona etkiyen kuvvetler.

elde edilir. Analize şev tepesi gerisindeki ilk kolondan başlanır. Bu kolona geriden herhangi bir kuvvet etkilemediği için $P_n = 0$ alınarak devrilme ve kayma için kuvvetler

hesaplanır ve her kolon için kendisinden bir önceki P_n değeri kullanılarak şev topuğuna kadar işlemler dizisine devam edilir. Her kolonun denge durumuna ilişkin olarak izlenecek yol Çizelge 1'de özetlenmiştir. Çözümlemeler sonucunda, şevin genel duraylılığı topuktaki ilk blok için hesaplanan kuvvetin (F_1) büyüklüğü ile belirlenmektedir. Buna göre,

- a) $P_1 < 0$ ise şev duraylıdır
- b) $P_1 = 0$ ise şev limit denge durumundadır
- c) $P_1 > 0$ ise şev duraysızdır.

Analizlere, başlangıçta bir içsel sürtünme açısı (ϕ) seçilerek başlanır ve iterasyon yapılarak, bu değer azaltılıp çoğaltılarak limit denge konumuna erişilene değin devam edilir. $P_1 = 0$ koşulunda devrilme için güvenlik katsayısı, F , aşağıdaki eşitlikten belirlenir.

$$F = \frac{\text{testlerle belirlenen } \phi}{\text{limit denge için gerekli } \phi}$$

ŞEV DURAYLILIĞININ ARTTIRILMASI

Devrilmeye karşı duyarlı bir şevin genel güvenliği- nin, ϕ parametresine bağlı olarak hesaplanan güvenlik katsayısı değerine göre değerlendirilmesi tek başına yeterli değildir. Şevin güvenli tarafta kalınacak şekilde tasarımı için, gerektiğinde:

- a) Şevin üzerinden bir miktar yükün kaldırılması, dolayısıyla şev açısının yatıklaştırılması,
- b) Şev topuğundaki ilk kolona bulon çakılması

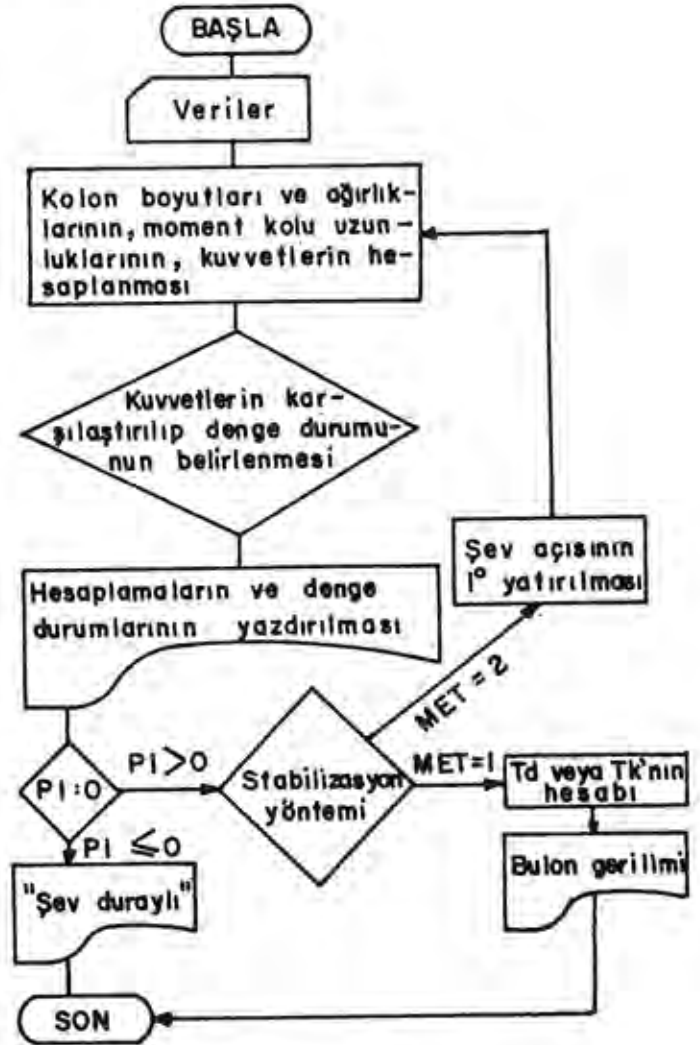
gibi, duraylılığı arttırıcı yöntemler uygulanabilir. Bulon çakılması ile ilgili olarak Şekil 5'te görülen uygulama yapılabilir. Bu uygulamada devrilmeye karşı uygulanacak bulon gerilmesi (T_d),

$$T_d = \frac{P_1(Y_1 - \Delta x \tan \phi) + W_1 \cdot 0.5(\sin \psi \cdot Y_1 - \cos \psi \cdot \Delta x)}{\cos(\psi + \delta) \cdot L_1}$$

kaymaya karşı bulon gerilmesi (T_k) ise,

$$T_k = \frac{P_1(1 - \tan^2 \phi) - W_1(\cos \psi \tan \phi - \sin \phi)}{\tan \phi \cdot \sin(\psi + \delta) + \cos(\psi + \delta)}$$

eşitlikleriyle belirlenir.

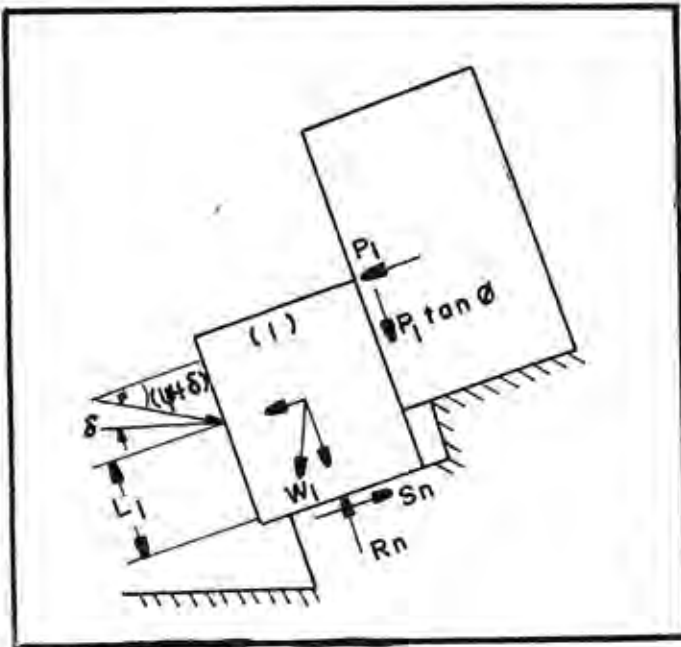


Şekil 6 — Programın akış şeması.

BİLGİSAYAR PROGRAMI

Program yukarıdaki bölümlerde değinilen çözümleme yöntemi ve stabilizasyon teknikleri esas alınarak hazırlanmış ve şevin kuru olacağı varsayılmıştır. Fortran IV ve kısmen Fortran 77 dilinde yazılan programa DEVRİL adı verilmiştir. Akış şeması Şekil 6'da verilen program, aşağıdaki ana bölümden oluşmaktadır:

- 1) Verilen okutulması
- 2) Kolon boyutları ve ağırlıklarının hesaplanması
- 3) Moment kolu uzunluklarının hesaplanması



Şekil 5 — Kaya bulonu uygulaması.

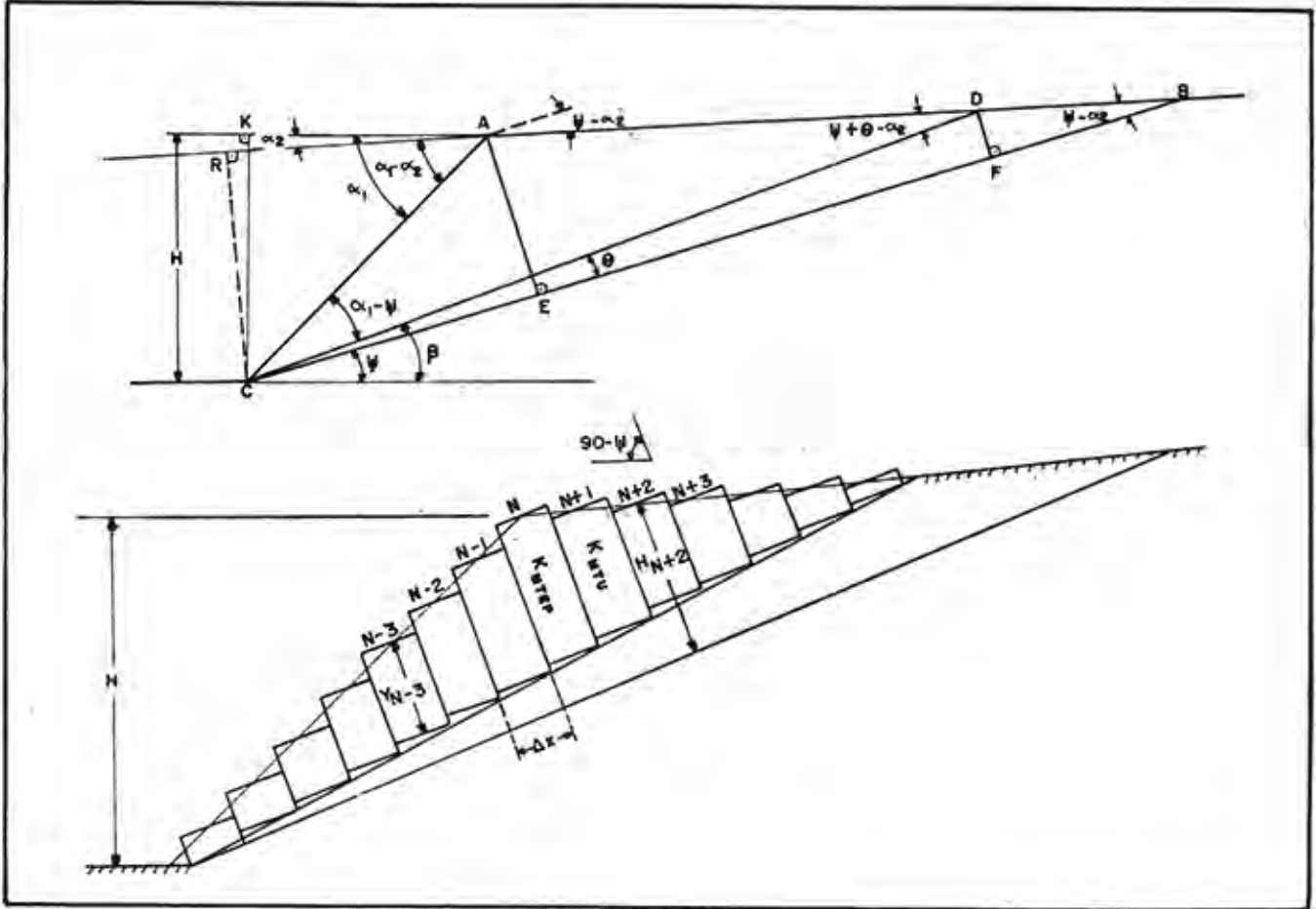
4) Kuvvetlerin hesaplanması

5) Duraylılığın artırılması ve sonuçların yazdırılması.

Programda, kaya kolonlarının içsel sürtünme açısı parametrelerinin testlerle belirleneceği kabul edilerek, güvenlik katsayısı kavramına yer verilmemiştir. Program, şevin yatıklaştırılması veya bulon çakılması yöntemleriyle stabilitenin artırılmasını araştırarak şekilde düzenlenmiştir.

PROGRAMIN ALGORİTMASI

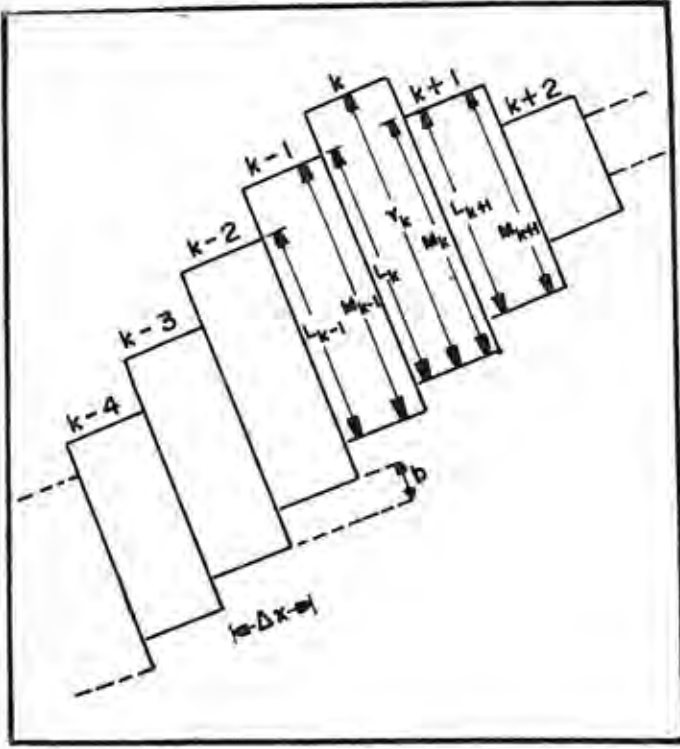
Programın algoritmasına baz olan şev modeli Şekil 7'de, çözümlemelerde kullanılan geometrik ve jeomekanik parametreler ise Program Listesinin başında verilmiştir. Şev yüzeyleri, kolonların tepe orta noktalarını birleştiren doğru parçaları ile tanımlanmıştır (Şekil 7). Basamak yüksekliğinin (b) şev boyunca sabit olacağı yaklaşımdan hareketle, basamakların köşelerini birleştiren doğrunun eğimi basamak açısı (β); topuktaki kolonun ta-



Şekil 7 — Bilgisayar programı için şev modeli.

LİMİT DENGİ DURUMUNDA KUVVETLER (Forces under limit equilibrium case)	KOLONUN DENGESİ (Equilibrium of column)	HESAPLAMA AŞAMALARI (Calculation steps)
$P_{s-1,d} < 0$ ve $P_{s-1,z} < 0$	DURAYLI	BİR SONRAKİ KOLON İÇİN $P_s = 0$ ALINIR.
$P_{s-1,d} = 0$ ve $P_{s-1,z} = 0$	LİMİT DENGEDİ	BİR SONRAKİ KOLON İÇİN $P_s = 0$ ALINIR.
$P_{s-1,d} > P_{s-1,z}$ ve $S_d/R_d \leq \tan \theta$	DEVİRİLMİ	BİR SONRAKİ KOLON İÇİN $P_s = P_{s-1,d}$ ALINIR.
$P_{s-1,d} < P_{s-1,z}$ ve $S_d/R_d \leq \tan \theta$	KAYMA	BİR SONRAKİ KOLON İÇİN $P_s = P_{s-1,z}$ ALINIR.

Çizelge 1 — Devrilme analizi için devrilme ve kaymaya ilişkin ölçütler ve hesaplama aşamaları.



Şekil 8 — Moment kolu uzunlukları.

ban eğimi de blok taban eğimi (Ψ) olarak alınmış ve şev üst yüzeyinin her durumda yatay olmayacağı hususu programa dahil edilmiştir. Kolon yüksekliklerinin bilinmesi koşulunda, şev tepesinden blok taban doğrusuna inilen AE dikmesi ile bunun doğru üzerinde ayırdığı parçalardan yüksekliklerin hesaplanmasında yararlanılmıştır.

Yöntemin tanıtımıyla ilgili bölümde değinilen ve moment kolu uzunluklarının hesaplanmasında kullanılan a_1 ve a_2 parametrelerinin sahada ölçülmesi her zaman kolay bir işlem olmamaktadır. Bunun basitleştirilmesi amacıyla kolon ve basamak yüksekliklerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla Şekil 8'de verilen model 4 bölgeye ayrılmış ve moment kolu uzunlukları bu bölgeler için aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Şev tepesindeki ilk kolon için: $M_a = Y_1$, $L_a = Y_1$

İlk kolon ile şev tepesi arasındaki kolonlar için ($n=k=1, k=2, \dots$): $M_a = Y_n$, $L_a = Y_{n-1} - b$

Şev tepesindeki kolon için ($n=k$): $M_a = Y_{n+1} + b$, $L_a = Y_{n-1} - b$

Şev tepesi gerisindeki kolonlar için ($n=k+1, k+2, \dots$): $M_a = Y_{n+1} + b$, $L_a = Y_n$

Program, her kolon için devrilme ve kayma kuvvetlerini hesapladıktan sonra, Çizelge 1'de verilen karşılaştırmaları yaparak kolonların denge durumlarını ve şevin genel stabilitesini yazmaktadır. Çözümlemeler sonucunda şev duraysız ise, girdi olarak verilen belirtece göre, program stabilizasyon tekniklerinden birine göre çözümlemeye devam eder. Şevin yatıklaştırılması komutu verilmişse, program sürekli olarak başa döner ve şev açısını 1°

azaltarak kolonların geometrisini değiştirir, bu işleme şev duraylı olana değin devam eder. Bulon çakılması koşulunda, bulonun topuktaki kolonun orta yüksekliğine takılacağı varsayılmıştır ($L=0.5.Y_1$).

Veri Kartları

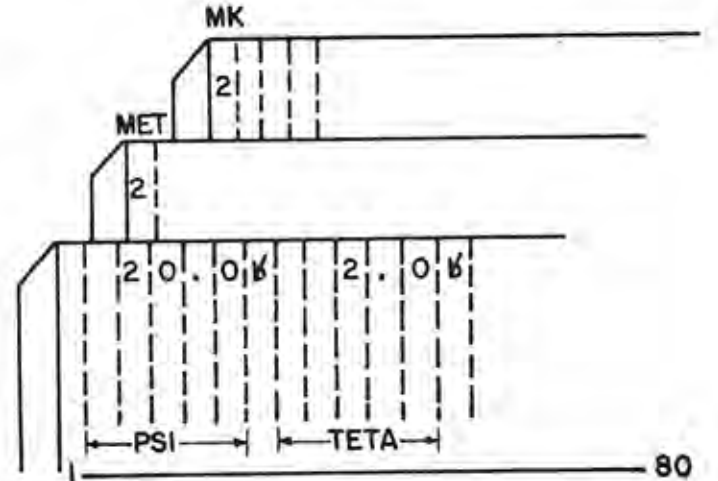
Program, kolon sayısının ve boyutlarının belli olup olmaması durumunu dikkate alarak çalışmaktadır. Bu nedenle ilk kartta:

- a) Kolon sayısı ve boyutları biliniyorsa, 1
- b) Kolon sayısı ve boyutları bilinmiyorsa, 2

yazılır. İkinci kart, duraysızlık durumunda uygulanması öngörülen stabilizasyon tekniğini tanımlamak için kullanılır. Buna göre:

- a) Bulon çakılması için, 1
- b) Şevin yatıklaştırılması için, 2

yazılır. Bu iki karttan sonra, kolon sayısı ve boyutları biliniyorsa, kolon sayısı kadar kart açılarak bunlara yükseklikler yazılır. Bu veriler formatsız okutulmuştur. En son kartta ise, program listesinde açıklanan geometrik ve jeomekanik parametreler (ψ , θ , α_1 , α_2 , γ , β , ρ) F5.1 ve F5.2 formatıyla yer alırlar (Şekil 9).



Şekil 9 — Bilgisayar veri girdi örneği.

Örnek (Çıktı)

Program, iki örnek çalıştırılarak denenmiştir. Birinci örnekte kolon sayısı ve boyutları bilinen bir kaya şevinin denge durumu çözümlenmiş ve duraysızlığın giderilmesi amacıyla bulon kullanılması koşulunda uygulanması gereken bulon gerilmesi hesaplatılmıştır (Çizelge 2).

İkinci örnekte ise kolon sayısı ve boyutları belirlenmemiş bir kaya şevindeki duraysızlık çözümlenmiş ve duraylılığın artırılması için genel şev açısının kaç dereceye kadar düşürülmesi gerekeceği incelenmiştir.

 DEVIRLME ANALIZI-PROJE: DENEYE--RESAT ULUSAT

MK = 1
 MET = 5

SEV YUKSEKLIGI = 92.5 METRE
 KOLON SAYISI = 16
 SEV ACISI(ALF1) = 56.6 DERECE
 SEV UST YUZEYI ACISI(ALF2) = 4.0 DERECE
 TABAN DUZLEMI ACISI(PSI) = 30.0 DERECE
 BASAMAK ACISI(TETA) = 5.0 DERECE
 KOLON GENISLIGI(GEN) = 10.0 METRE
 BASAMAK ADIM YUKSEKLIGI(B) = 1.02 METRE
 ICSEL DURTUNME ACISI(FI) = 38.15 DERECE
 BIRIM AGIRLIK(BIRAG) = 25.0 KN/M**3
 BULON ACISI(RO) = 0.0 DERECE

KOLON NO.	YN	YN/DX	UN	MN	LN	PD	PK	PN	NH	ZN	ZN/RN	DENGE DURUMU
16	4.0	0.400	1000.0	3.6	4.0	0.0	0.0	0.0	866.0	500.0	0.5774	DURAYLI
15	10.0	1.000	2500.0	5.0	10.0	-832.5	470.7	0.0	2169.1	1250.0	0.5774	DURAYLI
14	16.0	1.600	4000.0	11.0	16.0	-457.5	-1176.0	0.0	4464.1	1000.0	0.5774	DURAYLI
13	22.0	2.200	5500.0	17.0	22.0	-82.5	-1882.7	3.0	4531.4	2457.5	0.5421	DEVIRLME
12	28.0	2.800	7000.0	23.0	28.0	292.5	-2598.9	292.5	5613.2	3966.6	0.5217	DEVIRLME
11	34.0	3.400	8500.0	29.0	34.0	825.8	-3002.8	825.8	6707.3	3519.4	0.5135	DEVIRLME
10	40.0	4.000	10000.0	35.0	40.0	1556.4	-3175.3	1556.4	7660.6	3727.4	0.4866	DEVIRLME
9	46.0	4.600	11000.0	41.0	46.0	2829.1	-3150.7	2829.1	6732.4	3402.8	0.4909	DEVIRLME
8	52.0	5.200	12000.0	47.0	52.0	3926.3	-1407.4	3926.3	6398.1	3325.1	0.5197	DEVIRLME
7	58.0	5.800	13000.0	53.0	58.0	4601.2	169.5	4601.2	5069.9	3255.3	0.5546	DEVIRLME
6	64.0	6.400	14000.0	59.0	64.0	4845.7	1306.1	4845.7	5350.9	3197.0	0.5975	DEVIRLME
5	70.0	7.000	15000.0	65.0	70.0	4648.7	2021.6	4648.7	4846.5	3157.4	0.6515	DEVIRLME
4	76.0	7.600	16000.0	71.0	76.0	3991.5	2295.3	3991.5	4369.0	3152.0	0.7214	DEVIRLME
3	82.0	8.200	17000.0	77.0	82.0	2839.5	2108.6	2839.5	3707.3	2912.2	0.7855	KAYMA
2	88.0	8.800	18000.0	83.0	88.0	1113.8	1427.4	1427.4	2471.6	1941.4	0.7855	KAYMA
1	94.0	9.400	19000.0	89.0	94.0	-1492.3	485.9	485.9	1247.7	985.9	0.7902	KAYMA

SEV DURAYSIZ

KAYMAYA KARSI BULON GERILMESI= 4.6KN

Çizelge 2 — Örnek-1. Kolon sayısı ve boyutları bilinen birşeve ilişkin çözümlemelerin çıktısı (bulon çakılması durumu).

SONUÇLAR

Şevlerin duraylı olarak ayakta kalabilmeleri açısından, şevde gelişmesi olası yenilme türünün, önceden tahmin edilmesi önemli bir konudur. Jeoteknik etüdler sırasında gerçekleştirilen yapısal çözümlemelerle yenilmenin türü tayin edilerek, ayrıntılı dizayn çalışmaları için yararlı bilgiler sağlanabilir. Verilerin değerlendirilmesiyle devrilme türü bir duraysızlığın söz konusu olması durumunda, yazıda değinilen limit denge çözümleme yönteminden, büyük ölçüde yararlanılabilir. Bu yöntem esas alınarak hazırlanan DEVRİL adlı bilgisayar programı, çok bloklu devrilmelerin çözümlemesinde zamandan kazanç sağlayabilecektir. Yöntemin kullanımında, özellikle yenilme düzlemi açısının incelenen stabilite koşulunu etkilediği dikkate alınır, şev geometrisine ilişkin verilerin duyarlı şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte programın sadece kuru kaya şevlerine uygulanabileceği ve su basınçlarının hesaba katılmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ERGUVANLI, K.A. ve GOODMAN, R.E., (1972), Application of models to engineering geology for rock excavation. Bull. IAEG, V. 9, No. 2.
- FREITAS, M.H. ve WATTERS, R.J., (1973), Some field examples of toppling failure. Geotechnique, V. 23, No. 4, 495-514.
- GOODMAN, R.E. ve BRAY, J.W., (1976), Toppling of rock slopes. Proc. of Speciality Conf. on Rock Engg. For Foundations and Slopes, Boulder, Co., V. 2, 201-234.
- HOEK, E. ve BRAY, J., W., (1977), Rock Slope Engineering. Institution of Mining and Metallurgy, 402 s.
- WYLLIE, D.C., (1980), Toppling rock slope failures, examples of analysis and stabilization. Rock Mechanics, 13, 89-98.

BÜYÜK MENDERES GRABENİ JEOTERMAL ALANLARI VE YARARLANMA OLANAKLARI

GEOHERMAL FIELDS of THE BÜYÜK MENDERES GRABEN AND UTILIZATION POSSIBILITIES

Şakir ŞİMŞEK*

ÖZ — Büyük Menderes Grabeni, ülkemizde jeotermal enerji araştırmaları yönünden öncelikli bölgelerden biridir. Bölgede temeli, Menderes masifine ait şist, mermer ve gnays türü metamorfik kayalar oluşur. Temeli Neojen çökelleri örtmektedir. Genç tektonik hareketlere bağlı faylar bölgede, jeotermal alanların oluşmasını sağlamıştır. Hazne kayası olarak, örtüdeki kireçtaşları ile temel karmaşığında mermerler bulunmaktadır. Büyük Menderes Grabeni boyunca 3 jeotermal alan belirlenmiştir. Denizli-Kızıldere jeotermal alanında, 20.4 MW 1ık ilk elektrik santrali üretime geçmiştir. Aydın-Germencik-Ömerbeyli ve Aydın-Salavath jeotermal alanlarında araştırmalar sürmektedir. Jeotermal enerjinin kullanımı sırasında oluşacak kabuklaşma ve atıksu sorunları çözülebilecek niteliktedir. Bölgedeki jeotermal enerjinin ısıtma ve endüstride de kullanılması planlanmaktadır.

ABSTRACT — The Büyük Menderes Graben is one of the most developed region for the geothermal energy research in Anatolia. The basement rocks consist of schists, marbles and gneisses of the Menderes massif. The Neogene deposits are overlain by the metamorphic basement with an angular unconformity. The geothermal system has been controlled by the active faults in the region. The reservoir rocks, in the geothermal field are the limestone in Neogene and marbles in the basement complex. Nowadays three main geothermal fields are defined along the Büyük Menderes graben. The first electric power plant in the capacity at 20.4 MW has been producing energy in the Denizli-Kızıldere geothermal field. Geothermal energy investigations have been proceeding in the Aydın-Germencik-Ömerbeyli and Aydın-Salavath areas. The treatment for the crustification and waste water seems feasible. And also, geothermal energy for the heating and industrial purpose in the region has been planned.

GİRİŞ

Günümüzde enerji gereksiniminin yerli kaynaklardan ucuz olarak karşılanabilmesi amacıyla yeni enerji kaynaklarının aranması yoğun olarak sürdürülmektedir. Yurdumuzda MTA Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan jeotermal enerjiye yönelik çalışmalara, öncelikli bölge olarak seçilen ve birçok sıcaksu kaynağının yer aldığı B. Menderes grabeni boyunca hızla devam edilmektedir.

Bir sıcaksu envanterinin tamamlanmasından sonra ilk jeotermal aramalar 1965 yılında Denizli-Kızıldere'de başlatılmıştır. MTA-UNDP projesi olarak gerçekleştirilen jeoloji, jeofizik, jeokimya etüdlerinden sonra 1968 yılında ilk derin arama sondajı açılarak (KD-1) jeotermal akışkan üretimi (198°C) sağlanmıştır. Bu keşif Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyelinin ortaya konulmasında önemli dönüm noktası olmuştur.

Denizli-Kızıldere sahasından sonra 1978 yılında başlatılan ve B. Menderes Grabeninin tümünü kapsayan bölgede yapılan ayrıntılı jeoloji, jeofizik, jeokimya çalışmalarla muhtemel jeotermal sahalar belirlenmiş ve 1982 yılında yeniden başlayan sondajlı çalışmalar sonunda Aydın-Germencik'te elektrik üretimine elverişli ve Türkiye'nin en yüksek rezervuar sıcaklığı ölçülen saha keşfedilmiştir (ÖB-2, 232°C). Bu sahada halen ön fizibilite çalışmaları sürdürülmektedir. Aydın-Salavath sahası 1987 yılında derin arama sondajlarıyla tesbit edilen 3. saha (AS-1, 162°C) olmuştur.

Yapılan etüdler sonunda B. Menderes Grabeninde belirlenen jeotermal alanlardan elde edilen akışkanın (buhar+sıcaksu+gaz) başta elektrik üretimi olmak üzere, birçok entegre kullanım olanağının bulunduğu anlaşılmış ve ilk ticari jeotermal elektrik santrali (JES) 20.4 MWe gücünde. Kızıldere'de TEK tarafından 1984 yılında kurulmuştur. Atık akışkandan sera ısıtılması ve karbondioksit üretiminde yararlanılmakta olup ayrıca, şehir ısıtmacılığı

* Doç. Dr. Jeoloji Y. Müh. MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Dairesi. ANKARA.

konusunda da fizibilite çalışması yapılmaktadır.

Yöredeki jeotermal enerji kaynaklarının ülke ve yöre ekonomisine önemli katkıları beklenmektedir.

Bu araştırmada, B. Menderes Grabeninin jeotermal açıdan önemi, uygulanan arama yöntemleri, sorunlar ve jeotermal kaynaklardan yararlanma olanaklarına yaklaşımlar getirilecektir.

JEOLOJİ

Batı Anadolu'da Doğu-Batı doğrultusunda uzanan grabenlerden B. Menderes Grabeni, Denizli doğusundan Ege Denizine ve deniz altında da devam etmek üzere yaklaşık 200 km. uzunluğundadır. Graben genişliği Söke'de 30 km. Nazilli'de 35 km ve Denizli'de 40 km. buna karşın, Salavatlı'da 10 km. ve Buharkent'te (Çubukdağı) ise 5 km genişliğindedir (Foto 1).



Foto 1 — Uzay fotoğrafında B. Menderes Grabeni ana fayhatları görülmektedir. Jeotermal alanlar işaretlenmiştir. 1 — Kızıldere (D), 2 — Ömerbeyli (A), 3 — Salavatlı (A), 4 — Tekkehamam (D), 5 — Bozköy (A), 6 — Ilıcabaşı (A), 7 — Yenice-Gölemizli (D), 8 — Karahayıt-Pamukkale (D), 9 — Buldan (D), 10 — Karakova (D) (D): Denizli, (A): Aydın.

Yörede temeli Menderes masifine ait metamorfik kayalar oluşmaktadır. Yerel kesitlerde alttan üste doğru başlıca gözlü gnays, gnaysist, gnays-kuvarsit, çeşitli çistler mermer, kuvarsit çistlerden oluşan istifler gözlenmiştir. Bu metamorfik temel üzerine Miyosen ve Pliyosen-Pleyistosen'e ait örtü birimleri gelmektedir. Karasal veya gölssel fasiyesteki Miyosen ve Pliyosen-Pleyistosen çökelleri üzerinde Kuvarterner traça ve alüvyon yer alır.

Metamorfik birimler interferens kıvrımlı, kırıklı ve faylıdır. Miyosen, Pliyosen-Pleyistosen çökelleri ise graben ana fayları yakınında çok eğimli, graben ortasına doğru az eğimli görülmektedir. Yerel olarak devrik ve yatık kıvrımlar tesbit edilmiştir (Şimşek ve Eroskay 1985). Bölge için ayırtman yapı Pliyosen sonu ve Kuvarternerdeki grabenlerin oluşmasıdır. Grabenleşmeyle birlikte yer yer kabuk incilmesi, magma yaklaşımı ve özellikle dislokasyonlar boyunca veya kesişme bölgelerinde jeotermal alanların oluşmasına elverişli kuşaklar gelişmiştir.

B. Menderes Grabeni asimetrik bir graben olup genellikle Kuzeyini oluşturan fay atımları daha büyüktür

(500-3000 m). Bu nedenle büyük atımlı kuzey ana fayı boyunca birçok termal kaynak gelişmiştir.

Bölgede jeotermal alanların oluşmasında en önemli etken genç tektonik etkinlik sonucu gelişen graben ana fayı ve birlikte oluşan sentetik ve antitetik fayların bulunduğu kuşaklardır. Faylarla birlikte sert ve kırılğan litolojiler ikincil geçirimsizlik kazanmışlardır.

Büyük Menderes Grabeni içinde Neojen (Miyosen-Pliyosen) ve Kuvarterner birimlerinin hidrojeolojik özellikleri jeotermal alanların oluşmasında önemli etken olmuştur. Denizli ve Aydın yöresinde rezervuar (akifer) özelliği gösteren seviyelerden, 2. rezervuarı Paleozoyik yaşlı mermerler oluşturmaktadır. 1. rezervuar ise Denizli bölümünde Pliyosen kireçtaşları, Aydın'da ise; Miyosen çakıltaşlarının bulunduğu seviyelerdir.

Derinlerde ısınan jeotermal akışkan (su+buhar+gaz), ana-faylar boyunca yükselerek graben kenarındaki rezervuarlarda toplanmaktadır. Graben ortasına doğru daha çok soğuk su ile karışmaktadır. Bu nedenle jeotermal enerji üretimi, graben kenarlarında graben ortasına nazaran da-

Jeokimyasal değerlendirmelerde suların genel karakterleri belirlenmiştir. Aydın bölgesindeki sıcak suların genellikle sodyumlu-klorürlü-bikarbonatlı, Denizli bölgesi sıcak sularının ise sodyumlu-bikarbonatlı ve sülfatlı olduğu ortaya çıkarılmıştır (Şimşek vd. 1984). Öte yandan, Na-K, Na-K-Ca, SiO_2 ve karışım modeli jetermometrelerine göre rezervuar sıcaklıkları önceden tahmin edilmiştir. Yapılan tahminleri takiben açılan kuyularda çok yakın değerler ölçülmüştür. Örneğin, Denizli-Kızıldere'de 200-250°C tahmin edilmiş 212°C ölçülmüş, ayrıca 250°C ilk değere göre muhtemel 3. rezervuar olasılığı gündeme gelmiştir. Ayrıca karışım modeli Türkiye'de ilk defa Germencik jeotermal alanlarında uygulanmış ve önceden tahmin edilen 220-240°C 1. sıcaklık 232°C olarak ölçülmüştür.

Sığ gradyan sondajları (50-150 m) örtü kayanın olduğu Kızıldere ve Tekkehamam alanlarında yapılmış ve 2-4°C/10 m. olan anomaliler jeotermal açıdan önemli olmuştur. Ancak sığ yeraltı suyunun yaygın olduğu alüvyon sahalarında ise sağlıklı gradyan ölçüsü alınamayacağı için bu tip sahalarda gradyan sondajı yapılmamıştır. 1987 yılı Ekim ayına kadar Grabendeki jeotermal alanlardan Kızıldere'de 20, Germencik'te 9 ve Salavatlı'da 1 olmak üzere toplam 30 adet derin arama kuyusu açılmış olup her 3 sahada keşfedilmiştir.

JEOTERMAL ALANLAR

Büyük Menderes Grabeni boyunca belirlenen jeotermal alanlar aşağıda verilmiştir.

1. Denizli-Kızıldere
2. Aydın-Germencik-Ömerbeyli
3. Aydın-Salavatlı.

Keşfedilen sahalardan dışında ön etüdlere tamamlanmış olup önemli görülen diğer sahalardan ise Denizli'de; Tekkehamam, Yenice-Gölemezli, Buldan, Karakova-Karahayit-Pamukkale Aydın'da; Germencik Çamur-Bozköy ve Ilıcabaşısıdır (Foto 1).

DENİZLİ KIZILDERE JEOTERMAL ALANI

1965 yılında başlayan jeotermal aramalarda jeoloji, jeofizik (gravite, rezistivite, sismik) jeokimya gradyan sondaj çalışmaları tamamlanmış ve 1968 yılında ilk derin sondaj ile 590 m de 198°C sıcaklıklı 1. rezervuar tesbit edilmiştir. Sahada bugüne kadar derinlikleri 370-1241 m. arasında değişen 20 adet derin kuyu açılmış olup Pliyosen yaşlı kireçtaşları (Sazak Formasyonu) 1. rezervuar (170-198°C) ve temele ait Mermer-kuvarsitten oluşan 2. rezervuar (200-212°C) belirlenmiştir.

Sahada TEK tarafından kurulan 20.4 MWe'lik Türkiye'nin ilk jeotermal santrali 1984 yılında üretime geçmiştir. Santralin yıllık üretim kapasitesi 140×10^6 KW'dır. Ancak yeni yedek kuyuların açılmasından sonra tam kapasite ile çalışacaktır. Bu kapasitedeki bir santralin yıllık yakıt tasarrufu 36.000 ton fuel oil karşılığıdır. Santraldan artan akışkanın 150 termal MW gücü vardır. Atık

akışkanın 6 ay ısıtmada kullanılması halinde yaklaşık 36.000 ton fuel oil eşdeğeri ısı tasarrufu sağlanabilecektir.

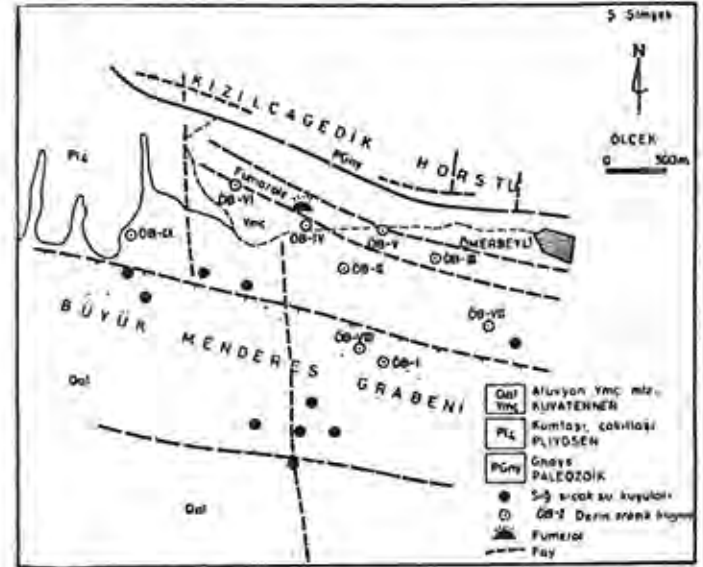
Halen sahada 6000 m² lik sera ısıtmacılığı yapılmaktadır. Ayrıca atık akışkanın değerlendirilerek Denizli şehrinin ısıtılmasına ilişkin bir fizibilite raporu hazırlanmaktadır.

Öte yandan, buhar içinde kullanılmayan ve kondan- se olmayan gazlardan (noncondensable gases) karbondioksit üretmek amacıyla 1985 yılında 40.000 ton/yıl kapasiteli bir tesis kurulmuştur.

Yukarıda belirlenen kullanımlar yanında jeotermal akışkan soğutmacılık, kurutmacılık, dokumacılık, sağlık ve turistik tesislerde kullanılacak niteliktedir.

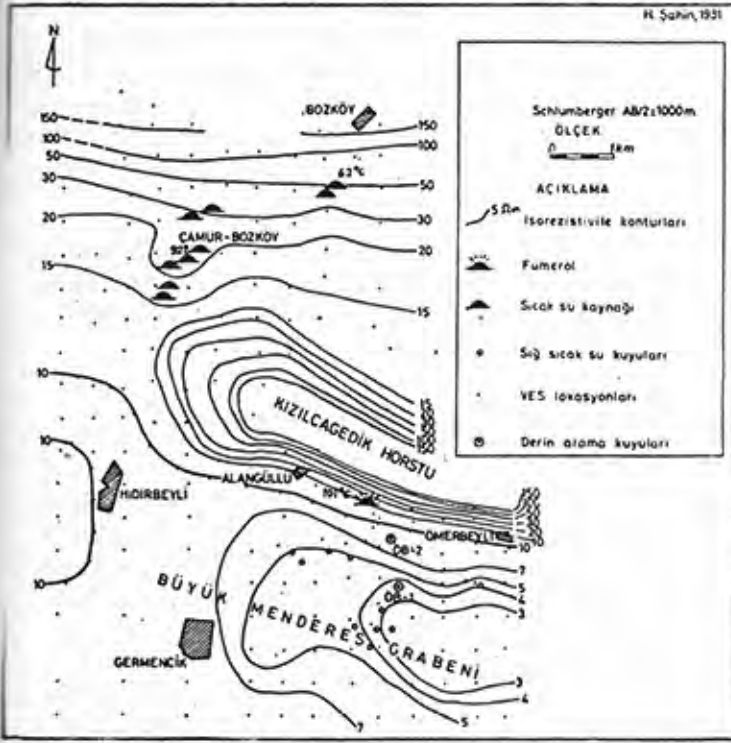
AYDIN-GERMENCİK-ÖMERBEYLİ JEOTERMAL ALANI

Germencik jeotermal sahası MTA Genel Müdürlüğü'nün önceki yıllarda keşfettiği Denizli-Kızıldere'den sonra Türkiye'de elektrik üretimine elverişli ikinci alan olmaktadır. Halen B. Menderes Grabeninin batısında Ege Denizi'ne 40 km. uzaklıkta yeralan sahada 1967 yılında başlayan ilk çalışmalardan sonra sırasıyla genel prospeksiyon ayrıntılı jeoloji, jeokimya, jeomorfoloji, jeofizik (gravite, rezistivite ve sismik) etüdlere yapılmıştır (Şekil 2-3).



Şekil 2 — Germencik-Ömerbeyli Jeotermal Alanı Jeoloji haritası.

Yapılan etüdlere değerlendirilmesine göre Ömerbeyli'de belirlenen jeotermal anomali de ilk derin sondaj (ÖB-1) 1982 yılında gerçekleştirilerek 1002 m de 203°C sıcaklıklı 1. rezervuar belirlenmiştir (Şimşek-1984). Derinlikleri 285-2398 m. arasında değişen 9 arama kuyusu ile 203-214°C sıcaklıklı 1. rezervuar ve 216-232°C sıcaklıklı 2. rezervuar ortaya çıkarılmıştır (Foto 3). Açılan 4. kuyu (ÖB-4) en yüksek sıcaklıklı kuyularından biri olmuştur. Ortaya konan 1. rezervuar Miyosen çakıltaşları, 2. re-



Şekil 3 — Germencik jeotermal sahası rezistivite haritası.

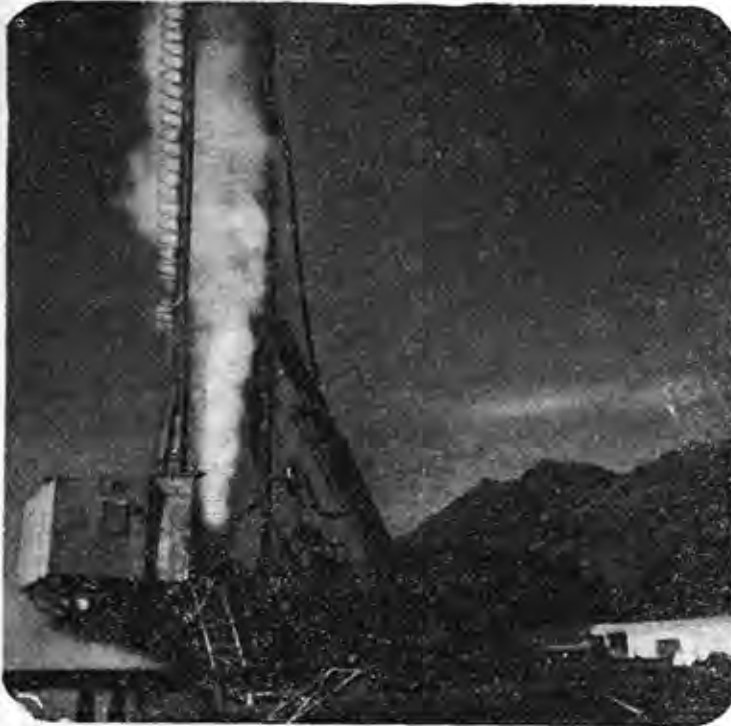
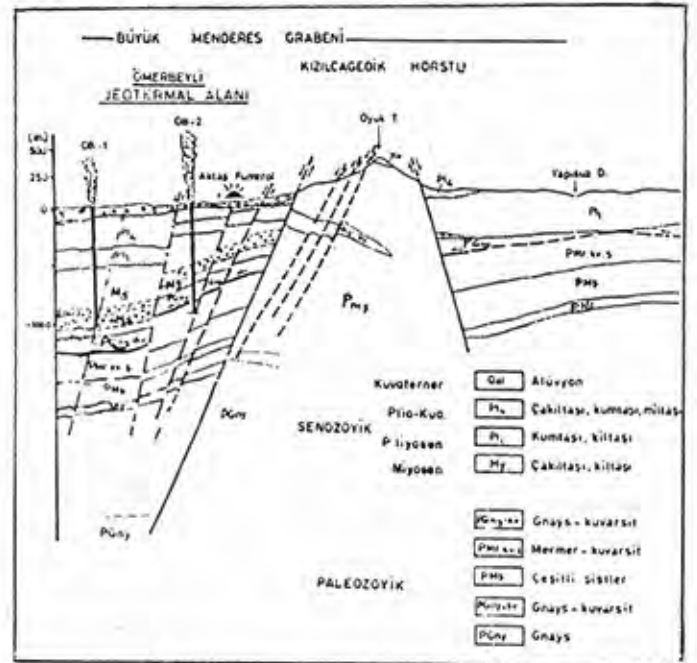


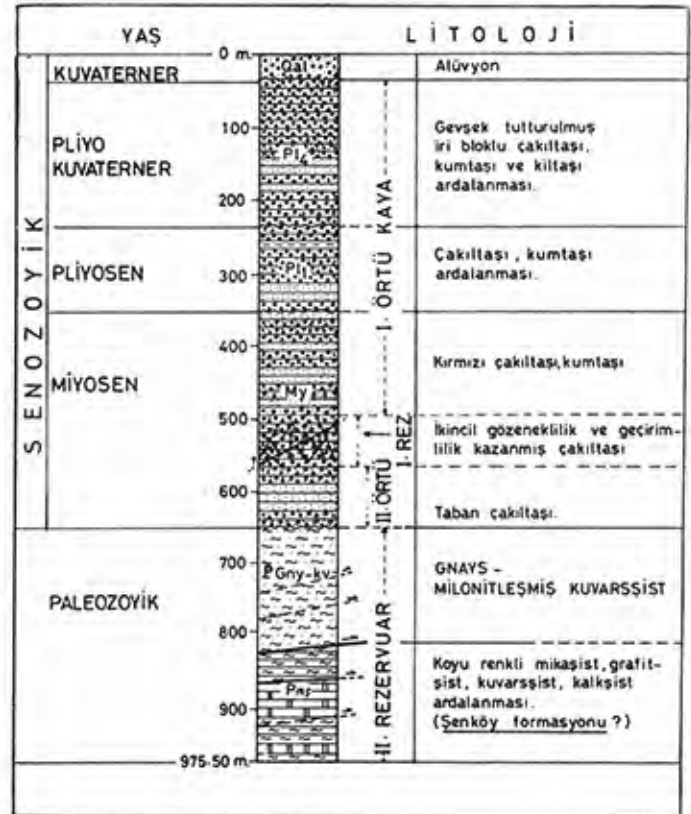
Foto 3 — Germencik-Ömerbeyli ÖB-2 jeotermal enerji arama kuyusu (232°C) test sırasında.

zervuar ise Menderes Metamorfikleri içindeki mermeler içinde gelişmişlerdir (Şekil 4-5). Son derinliği 2398 m. olan (ÖB-7) kuyusu. Yurdumuzda açılan en derin jeotermal kuyu olmuştur (216°C).



Şekil 4 — Germencik-Ömerbeyli jeotermal alanı jeoloji kesiti.

Germencik-Ömerbeyli alanı Kızıldere'den daha geniş ve işletmeye elverişlidir. Alanın Büyük Menderes grabeninin kuzey ana fayı boyunca doğu-batı yönünde uzandığı belirlenmiştir. Açılmış olan kuyularda yapılacak testler-



Şekil 5 — Ömerbeyli - 2 arama kuyusunda kesilen üretim zonları.

den sonra sahanın potansiyeli, kurulacak santralin tipi, kapasitesi ve diğer kullanımlarla ilgili fizibilite çalışmaları gerçekleştirilecektir.

Alandan üretilen jeotermal akışkan yüksek sıcaklıkta ve buhar oranının fazla olması nedeniyle öncelikle elektrik üretiminde kullanılabilir. Ayrıca, sera ve konut ısıtımında, kurutmacılıkta, dokuma endüstrisinde, soğutmacılıkta, konservecilikte, kimyasal madde üretiminde ve turistik ve sağlık amacıyla yararlanılabilecektir.

AYDIN-SALAVATLI JEOTERMAL ALANI

Denizli-Kızıldere ve Aydın-Germencik alanının hemen hemen ortasında kalan Aydın-Salavatlı Alanı da diğerlerine benzer jeolojik ve jeofizik anomaliler göstermiştir. Ancak, yöredeki sıcaksuların ılık ve çok seyreltik olmaları nedeniyle rezervuar sıcaklıkları önceden tahmin edilememiştir. Bu sahada 1987 yılında yapılan 1510 m. derinliğindeki arama kuyusunda Paleozoyik mermerlerde 162°C sıcaklıklı jeotermal rezervuar tesbit edilmiştir. Örtü kayalar Pliyosen ve Miyosen yaşlı kumtaşı, çakıltası ve kilaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Daha yüksek sıcaklık tahmin edilen bu alanda yeni bir arama kuyusunun açılması planlanmıştır.

Sahada elde edilecek akışkandan elektrik üretimi, sera ve konut ısıtılması, kurutmacılık (incir vb.), soğutmacılık, konservecilik, kereste ve zeytin salamuracılığında, ayrıca sağlık ve turistik tesislerde yararlanılması belkenmektedir.

SORUNLAR

Bölgedeki jeotermal enerji kaynaklarının geliştirilmesinde bazı teknik, ekonomik ve yasal sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sorunların çözülmesiyle jeotermal kaynaklardan yeterince yararlanma imkanı doğacak ve Ülkemize ekonomik, sosyal açıdan daha büyük katkı sağlanacaktır.

a — Kabuklaşma sorunu

Jeotermal akışkanın kimyasal özelliği nedeniyle genellikle karbonattan (başlıca CaCO_3) oluşan kabuklaşma yapması üretimi kısıtlamaktadır. Kabuklaşma nedeniyle jeotermal akışkandan maksimum yararlanma mümkün olmamakla beraber alınan bazı önlemler ve mekanik temizleme yönteminin uygulanması ile optimum yararlanma sağlanmaktadır. Kızıldere'de yapılan testler sonucu kuyu başı basınçları (15 kg/cm²) olarak belirlenmiş ve belli sürelerde (4-6 ay) mekanik temizlik uygulaması öngörülmüştür. Kuyularda kabuklaşmanın önlenmesi amacıyla inhibitör testlerine başlanmıştır.

b — Atıksu sorunu

Bölgedeki jeotermal alanlardan üretilen akışkanda kimyasal kirletici olarak başlıca B iyonu mevcuttur (5-60 ppm). Jeotermal akışkanın kullanımından sonra atık akışkanın çevreye atılması sorun doğurmaktadır. Bölge sularını denize ulaştıran tek akarsu B. Menderes Nehri'dir. Halen Denizli-Kızıldere'de kurulu 20.4 MWe gücünde

santraldan çıkan atık suyun içindeki kirleticiler Nehrin yüksek debisi içinde seyrelmekte ve B oranı 1 ppm'in altında kalmaktadır. Yeni keşfedilen sahalarda oluşacak atık suyun deşarjı sorun yaratacağından yeni seçenekler gündeme gelmiştir. Bunlar; atık suyun reenjeksiyon, kimyasal yöntemle arıtılması veya kanalla denize atılması olacaktır.

Yukarıda sayılan sorunların yanında özellikle derin sondajların açılmasında karşılaşılan finans, ekipman sorunlarıyla birlikte jeotermal enerjinin kullanımında görülen yasal sorunlar da önemlidir.

JEOTERMAL ALANLARDAN YARARLANMA OLANAKLARI

Yöresel özellikler gözönüne alınarak yapılan değerlendirmede jeotermal enerjiden yararlanma olanakları oldukça fazladır. Sahaların bazısında başta elektrik üretimi olmak üzere diğer kullanımlarla birlikte entegre kullanımlar söz konusudur (Çzl. 1).

SAHALAR	JEOTERMAL ALANIN YERİ	JEOTERMAL ALANIN YERİ	JEOTERMAL ALANIN YERİ	JEOTERMAL ALANIN YERİ	JEOTERMAL ALANIN YERİ	JEOTERMAL ALANIN YERİ	JEOTERMAL ALANIN YERİ	SORUNLAR
		JEOTERMAL ALANIN YERİ	JEOTERMAL ALANIN YERİ	JEOTERMAL ALANIN YERİ	JEOTERMAL ALANIN YERİ	JEOTERMAL ALANIN YERİ	JEOTERMAL ALANIN YERİ	
KIZILDERE (Denizli)	212	250	⊕	+	+	+	+	+
GERMENCİK (Aydın)	232		+	+	+	+	+	+
SALAVATLI (Denizli)	162	200	?	+	+	+	+	+
TEKKEHAMAM (Denizli)	118	200	?	+	+	+	+	+
ILICIRAZI (Denizli)	38	100-200	?	+	+	+	+	+
YENİCE (Denizli)	65	80-120	—	+	+	+	+	+
KIZILDERE (Denizli)	38	50	—	—	—	—	—	+

Çizelge 1 — B. Menderes Grabenindeki jeotermal alanların mevcut ve muhtemel kullanım olanakları.

a — Elektrik üretimi

Denizli-Kızıldere sahasında 1984 yılında Türkiye'nin ilk jeotermal santrali (20.4 MWe) kurulmuştur. Jeotermal enerjiden ekonomik elektrik üretimi için 180°C den daha yüksek rezervuar sıcaklığı gerekmektedir. Graben boyunca Aydın-Germencik'ten elde edilen veriler bu sahanın da elektrik üretimine uygun olduğunu göstermiştir. Elektrik üretimi beklenen muhtemel sahalara olarak Salavatlı, Aydın ve Tekkehamam sahalari sayılabilir.

b — Isıtmacılık

Yörede jeotermal kaynaklardan hem konut hemde sera ısıtımında yararlanma mümkündür. Isıtmacılıkta kullanılabilir olanlar Germencik ve Bozköy, Aydın, Salavatlı, Kızıldere, Yenice ve Gölemezli, ısıtılabilir yerleşim yerleri ise Aydın, Sultanhisar, Nazilli, Sarayköy ve Denizli'nin bir bölümü olabilir. Halen Kızıldere ve Tekkehamamda toplam 10×10³ m² lik bir alan jeotermal akışkanla ısıtılmaktadır. Kızıldere'de santralin tam kapanite ile

çalışması halinde atılan atık suyun içerdiği 150 termal MW'lık bir enerji ile Denizli şehrinin 80.000 nüfuslu bir bölümünü merkezli sistem ile ısıtılacak büyüklüktedir. Kızıldere ile birlikte diğer yakın jeotermal sahalarından da yararlanılarak Denizli şehrinin ısıtılmasına ilişkin bir önfiizibilite çalışması hazırlanmaktadır.

c—Endüstride çok amaçlı kullanım olanağı bulunmaktadır

— Dokuma sanayii: Dokumacılığın önemli merkezli olan Aydın ve Denizli'de iplik ağartma, yıkama ve sıcaksu sağlama amacıyla jeotermal kaynaklar kullanılabilir. Bu konuda yoğun talep mevcuttur.

— Kurutmacılıkta: Jeotermal enerji yörenin karakteristik ve dış satım potansiyeli olan incir, üzüm, tütün ve kereste gibi ürünlerin kurutulmasında kullanılabilir. Bu ürünlerin jeotermal enerjinin kullanılmasıyla kurulacak tesislerde kurutulması ile milyarlarca liralık ürün kaybı önlenilecektir.

— Soğutmacılıkta: Yaş sebze potansiyeli çok büyük olan bölgede soğutmacılık yapılabilecek 80° den sıcak kaynaklar vardır.

— Konservecilikte yaş sebze ve meyveleri sterilize etmekte, süt endüstrisinde pastörize işleminde yararlanılabilir.

d—Kimyasal Madde Üretimi

Yüksek sıcaklıklı jeotermal alanlarda üretilen akışkandaki buhar içinde kondanse edilemeyen gazlardan olan karbondioksit bulunmaktadır. Karbondioksitin buhardan ayrılarak elde edilmesi önemli katkı sağlamaktadır. Halen Kızıldere'de 40000 ton/yıl kapasiteli bir tesis kurulmuş olup ticari üretime başlamıştır.

e—Soğuk ve Turistik tesislerde

Graben boyunca sıcak suların çıktığı yerlerde eskiden beri önemli sağlık merkezleri olarak bilinen Hierapolis ve Magnesia gibi birçok tarihi şehir vardır (Erguvanli 1984 a). Bu kaynakların bulunduğu sahaların belli bir düzen içerisinde geliştirilerek modern bir şekilde kullanıma sunulması büyük yarar sağlayacaktır (Erguvanli, 1984 b).

SONUÇLAR

B. Menderes Grabeninde jeotermal enerjiye yönelik arama ve uygulamalara göre Denizli'de Kızıldere, Tekkehamam, Yenice, Buldan, Aydın da Germencik-Ömerbeyli, Bozköy, Salavatlı Ilıca başı alanları tesbit edilmiştir. MTA Genel Müdürlüğü tarafından sürdürülen arama çalışmalarından başarılı sonuçlar alınmaktadır.

İlk jeotermal santralin 1984 yılında kurulmuş olduğu Denizli-Kızılderede ticari elektrik (20.4 MWe) ve karbondioksit üretimi başlamıştır. Denizli şehrinin ısıtılmasına ilişkin önfiizibilite çalışmaları da sürdürülmektedir.

Kızıldere'den sonra Aydın-Germencik'te yurdumuzun en yüksek sıcaklıklı rezervuarı (232°C) belirlenmiş ve bu alanda önfiizibilite çalışmaları devam etmektedir.

Aydın-Salavatlı'da ise derin arama sondajları ümit verici olarak devam etmektedir. İlk derin arama kuyusunda 162°C'lik rezervuar sıcaklığı ölçülmüştür.

Büyük Menderes Grabenindeki coğrafi özelliklerine uygun olarak jeotermal enerjinin ısıtmacılık, soğutmacılık, kurutmacılık, endüstride, sağlık ve turistik tesislerde entegre kullanımı, ekonomik ve sosyal açıdan önemli katkılar sağlayacaktır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ERGUVANLI, K., (1984), Türkiye kaplıcalarında yapılan bazı çalışmalar ve eski yazılar, 1. Ulusal Balneoloji Sempozyumu, Cilt 2, sayı 2-3.
- ERGUVANLI, K., (1984), Kaplıca projelerinin hazırlanmasında disiplinler arası çalışmaların önemi, 1. Ulusal Balneoloji Sempozyumu, cilt. 2, sayı 2-3.
- GÜLAY, O. ve GÜRSOY, T., (1984), The interpretation of Gravity Data in the Aydın-Germencik Geothermal Field, Seminar on Utilization of Geothermal Energy, EP/R. 39 Florence-ITALY.
- KARAMANDERESİ, İ.H., (1972), Aydın-Nazilli-Çubukdağ arası jeotermal alan olanakları hk. jeolojik rap., MTA Derleme rap. No. 5224.
- ÖZGÜLER, M.E., TURGAY, M.I. and ŞAHİN, H., (1984), Geophysical investigations in Denizli Geothermal Fields, MTA Bulletin No. 99/100.
- ŞAHİN, H., (1984), Resistivity studies in Aydın-Germencik Geothermal field. Seminar on Utilization of Geothermal Energy. EP/SEM. 9/R. R. 38, Florence-ITALY.
- ŞİMŞEK, Ş. ve YILMAZER, Ş., (1977), Nazilli-Kuyucak-Yenice alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. M.T.A. Rapor No. 6390.
- ŞİMŞEK, Ş., KARAMANDERESİ, İ.H., et. al., (1980), Aydın-Denizli 1/100000'lik jeoloji haritası M.T.A. Arşiv No. 30790.
- ŞİMŞEK, Ş. ve EROSKAY, O., (1983), Denizli-Kızıldere alanının jeotermal Enerji Potansiyeli. Mühendislik Jeolojisi Bülteni. Sayı. 5.
- ŞİMŞEK, Ş., (1984), Aydın-Germencik-Ömerbeyli geothermal field. Seminar on Utilization of Geothermal Energy for Electric Production and Space Heating-United Economic commission for Europa p. 1-30, EP/SEM. 9/R. 37 Florence-ITALY.
- ŞİMŞEK, Ş., vd., (1984), Aydın-Denizli Sıcaksu Kaynakları ve Balneolojik Yararlanma Olanakları 1. Ulusal Balneoloji Sempozyumu, Cilt. 2-3.

POMPALAMA DENEYLERİNDE $U < 0.02$ KOŞULUNUN KONTROLU

CONTROL of the $U < 0.02$ CONDITION at PUMPING TESTS

Orhan DURLU*

ÖZ — Sızıntısız akiferlerde yapılan pompalama deneylerinin değerlendirilmesinde pompalama süresinin yeterince uzun olması koşulu ile, Theis yöntemi yerine, Jacob yöntemi uygulanmaktadır. Çoğu zaman pompalama süresinin yeterince uzun olup olmadığı değerlendirme yapıldıktan sonra kontrol edilmekte ve bazan bu koşulun gerçekleşmediği, dolayısı ile değerlendirmenin başka bir yöntemle ve yeniden yapılmasına gerek duyulmaktadır.

Bu çalışmada anılan koşulun gerçekleşip, gerçekleşmediğini, değerlendirme öncesi saptamaya yarayan kriter önerilmiştir.

ABSTRACT — When the pumping period is long enough Jacob introduced his simple "Straight Line Solution" instead of Theis solution. For this reason, it is necessary to check the pumping period before the evaluation of the pumping tests by the straight line solution. In this study, some criteria are proposed for this purpose.

GİRİŞ

Bilinen varsayımlar ile Theis (1) bir pompalama kuyusu çevresinde meydana gelecek düşümü:

$$D = \frac{Q}{4\pi T} \cdot W(u)$$

formülü ile ifade etmiştir (1935).

Burada:

D : Düşüm

Q : Debi

T : İletkenlik katsayısı

W(u) : Kuyu fonksiyonu

$$U = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

r : Gözlem kuyusunun pompalama kuyusundan uzaklığı

S : Depolama katsayısı

t : Pompalama süresi

Daha sonra Jacob, $U < 0.02$ koşulu ile aynı ifadenin:

$$D = \frac{0.183 Q}{T} \log \frac{2.25 Tt}{r^2 S}$$

şeklinde yazılabileceğini belirtmiş (1946), ayrıca yarı logaritmik düşüm (D) zaman (t) grafiği üzerinde

$$\frac{t_2}{t_1} = 10$$

koşulu ile seçilen D_2 ve D_1 değerlerini kullanarak (T) İletkenlik katsayısının,

$$T = \frac{0.183 Q}{D_2 - D_1}$$

formülü ile bulunabileceğini göstermiştir (2).

Uygulama kolaylığı nedeni ile çok kullanılan bu yöntem için gerekli olan ve değerlendirme sonrasında saptanan T ve S katsayıları ve

$$U = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

formülü ile hesaplanan $U < 0.02$ koşulunun gerçekleşip gerçekleşmediği bulunabilir. Bu koşulun gerçekleşmemesi durumunda değerlendirmenin başka yöntemler ile yeniden yapılması gerekmekte, bu ise zaman kaybını doğurmaktadır.

U < 0.02 KOŞULUNU KONTROL İÇİN ÖNERİLEN YÖNTEMLER

1 — Yarı logaritmik düşüm-zaman grafiğinde

$$\frac{t_2}{t_1} = 10$$

alınarak seçilen iki noktaya ait U değerleri

* Uzman Y. Müh., İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı.

$$U_1 = \frac{r^2 S}{4Tt_1} \quad \text{ve} \quad U_2 = \frac{r^2 S}{4Tt_2}$$

olsun. Bu iki değerin oranlanması ile

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{U_1}{U_2} = 10$$

olarak bulunabilir.

Bu durumda:

$$U_1 = 0.02 \quad \text{ise} \quad U_2 = 0.002$$

olmaktadır.

Literatürdeki, U ; $W(u)$ tablolarından $U_1 = 0.02$ değerine karşılık $W(U_1) = 3.35$ $U_2 = 0.002$ değerine karşılık $W(U_2) = 5.68$ değerleri bulunur.

Ayrıca Theis formülüne göre:

$$D_1 = \frac{Q}{4\pi T} W(U_1)$$

değerlendirmede kullanılan küçük düşüm değeri,

$$D_2 = \frac{Q}{4\pi T} W(U_2)$$

olup,

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{W(U_2)}{W(U_1)}$$

dir.

O halde

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{t_2}{t_1} = 10$$

koşulu ile $U_1 = 0.02$ olabilmesi için:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{W(U_2)}{W(U_1)} = \frac{5.68}{3.35} = 1.68$$

olması gerekir.

Bu durumda, Jacob yöntemini kullanmak amacı ile yarı logaritmik grafik çizilir,

$$\frac{t_2}{t_1} = 10$$

değerlerine karşılık D_2 ve D_1 değerleri bulunduktan sonra, değerlendirmeden önce,

$$\frac{D_2}{D_1} < 1.68$$

olma koşulu aranmalıdır. Bu koşul gerçekleşmiyor ise Jacob yöntemi kullanılmamalıdır.

Aynı koşul,

$$\frac{t_2}{t_1} = 2 \quad \text{olması halinde}$$

$$\frac{D_2}{D_1} < 1.26 \quad \text{koşulu ile kontrol edilebilir.}$$

2—Yarı logaritmik düşüm (D), $D=f(\log t)$ zaman ($\log t$) grafiğinin herhangi bir noktasına çizilen teğetin eğimi (m) ise:

$$\frac{2.3 D}{m} = W(u) \cdot e^u$$

yazılabilir.

D ve m belli ise, literatürdeki tablolardan U ve $W(u)$ değerleri bulunmakta,

$$T = \frac{Q}{4\pi D} \cdot W(u)$$

ve

$$S = \frac{4TUt}{r^2}$$

formülleri ill de T ve S değerleri hesaplanmaktadır (Chow yöntemi).

$U = 0.02$ değeri için $W(u) = 3.35$ ve $e^u = 1.02$ dir.

Buradan:

$$W(u) \times e^u = 3.35 \times 1.02 = 3.417 \approx 3.42$$

olarak hesaplanır.

Başka bir ifade ile $U = 0.02$ ise:

$$\frac{2.3 D}{m} = 3.42 \quad \text{veya} \quad \frac{D}{m} \approx 1.5$$

olarak bulunur.

Buna göre

$$\frac{D}{m} < 1.5$$

ise, $U > 0.02$ olmalıdır. Böylelikle Chow yönteminin kullanılması için

$$\frac{D}{m} < 1.5$$

koşulu aranmalıdır. Aksi halde Jacob yöntemi kullanılabılır.

SONUÇLAR

a) Yarı logaritmik düşüm-zaman grafiğinde, grafik yaklaşık olarak bir doğru şeklinde ise Jacob yöntemi kullanılabilir. Bunun için:

$$\frac{t_2}{t_1} = 10 \text{ ise } \frac{D_2}{D_1} < 1.68$$

koşulu aranmalıdır.

b) Grafik eğri halinde ise veya $D_2/D_1 > 1.68$ ise Chow yöntemi kullanılmalıdır. Bu durumda ayrıca

$$\frac{D}{m} < 1.5$$

koşulunun aranması yerinde olacaktır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- THEIS, C.V., (1935), "The Relation Between the Lowering of the Piezometric Surface and the Rate and Duration of Discharge of a Well Using Ground Water Storage", Trans Amer. Geophys. Union, pp. 519-524, Washington.
- JACOB C.E., (1946), "A Generalized Graphical Method for Evaluation Formation Constant and Summarizing Well Field History", Trans Amer. Geophys. Union, pp. 524-526, Washington.

IV. ULUSLARARASI MERMER VE MERMER MAKİNALARI FUARI VE MERMER SEMPOZYUMU

Erkan AYAN*

İstanbul Maden İhracatçıları Birliği tarafından 21-27 Eylül 1987 tarihleri arasında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Salonlarında IV. Uluslararası Mermer ve Mermer Makinaları Fuarı ile 22-23 Eylül 1987 tarihlerinde IV. Uluslararası Mermer Sempozyumu ve Paneli düzenlenmiştir.

Günümüzde Beyaz Petrol olarak nitelendirilen mermerlerimizin dünya piyasalarında ve iç piyasada tanıtılmasına doğrudan hizmet veren Fuar düzenlemeleri, 1983 yılında Marmara Etap Otelinde 280 m²'lik, 1984 yılında Aya İrini'de 344 m², 1985 yılında Atatürk Kültür Merkezinde 225 m², 1986 yılında İ.T.Ü. Maden Fakültesinde 263 m² ve 1987 yılında gerçekleştirilen Fuar gene İ.T.Ü. Maden Fakültesinde 398 m²'lik net teşhir alanlarını kapsamıştır. Önümüzdeki yıllarda olumlu gelişmeleri belkediğimiz bu faaliyet için, tüm Kurum ve Kuruluşlarımızın ilgi ve desteklerini esirgememeleri gerekmektedir.

IV. Uluslararası Mermer ve Mermer Makinaları Fuarı İstanbul Valisi Sayın Nevzat Ayaz tarafından açılmış ve Açılış Törenine Sayın Afyon Valisi, Etibank Genel Müdürü, Üniversite Öğretim Üyeleri, diğer ilgili Zevat, firma yetkilileri ve Basın Mensubları iştirak etmişlerdir. Bu yılki Fuara 40 firma katılmıştır. Katılan firmalardan 8 tanesi yabancı firma veya temsilcisinin iştiraki şeklinde gerçekleşmiştir.

22 ve 23 Eylül 1987 tarihlerinde yapılan sempozyumda:

22 Eylül 1988 Salı:

- 1 — K. ERGUVANLI: Mermer Üretim Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi,

- 2 — K. ŞAYAKÇI: Mermer Üretim ve İhracatının Arttırılmasına Matuf Tedbirler Neler Olabilir,

- 3 — Y. AYDOĞAN: Mermer Ocaklarında Teknoloji, Üretim ve Üretici,

- 4 — E. BARUH: Mermer Yapıştırıcı ve Parlaticılarının Gelişimi-Uygulama Gösterisi,

23 Eylül 1988 Çarşamba:

- 5 — M. İŞÇAN: Türkiye Mermer İhracatı ve Dış Pazar İmkânları,

- 6 — H. ŞENSOY: Mermerin Genel Tanıtımı ve Değerlendirilmesi,

- 7 — Ö. İŞGÜDEN - C. ÖZDEMİR: Mermer Fayans Üretiminde Abrasivlerin Kullanımı,

- 8 — Ç. SÜRMEN: Mermerciliğin Sorunlarının Teknik Düzeyde Ele Alınması.

bildirileri sunulmuş ve öğleden sonra da "Türkiye'de Mermer Endüstrisinin Gelişimi, Sorunları, Düşünceler ve Öneriler" konulu geniş çaplı bir panel düzenlenmiş, gerek Sempozyumun gerekse Sektörün mevcut sorunları ele alınarak çözümleri hususunda görüşmeler yapılmıştır.

Mermer ihracatımızın, iç piyasadaki kullanımı ile orantılı olarak artması, çeşitlerimizin aranan ve kullanılan mermerler olarak işlem görmeleri en büyük arzumuzdur. Sektörde akılcı yatırımlar giderek çoğalmaktadır. Yatırımların verimli sonuçlarını en kısa sürede görerek memleketimizin bu önemli potansiyelinin döviz girdilerini arttırmak en önemli görevimiz olmalıdır.

* Jeo. Yük. Müh. İstanbul Maden İhracatçıları Birliği Genel Sekreter Yardımcısı.

TRABZON KIRATLI HEYELANI

KIRATLI LANDSLIDE in TRABZON

Fikret TARHAN*

ÖZ — Kıratlı (Trabzon-Yomra) Heyelanı Yomra'dan 15 km güneyde Derecik deresinin sol yamacındadır. Heyelan sahasında altta granit ve üstünde yamaç molozları yer alır. Heyelan yamaç molozunda meydana gelmiştir. Kayan malzeme yamaç aşağı akmış ve Derecik deresini doldurmuştur. Dolgunun menbaında 600 m uzunluk ve 7 m derinlikte bir göl oluşmuştur. Heyelanın oluşmasında, yol kazısı, yağış ve atık sular ayrıca yamaç molozu kohezyonunun, içsel sürtünme açısının ve likit limitinin düşük değerlerde olması önemli derecede rol oynamıştır.

ABSTRACT — Kıratlı (Trabzon-Yomra) landslide is located in an area on the left slope of the Derecik river, 15 kms far from Yomra. In the landslide area, granite is the main observable lithology and is locally overlain by slope debris. The landslide has propagated in the slope debris. The slid material has crept downslope and filled partly the Derecik river valley. In the source of the filling, a lake 600 metres long and 7 metres deep has appeared about. Road diggin, rain and surface waters and decrease in the slope debris cohesion, internal friction angles and liquid are the main reasons of the landslide.

GİRİŞ

Yeryüzünün şeklini ve görünüşünü değiştiren doğal olaylardan heyelanlara Doğu Karadeniz Bölgesinde sıkça rastlanmaktadır. Bölge illerinden Trabzon ve çevresi, heyelanlardan etkilenmiş ve vadiler tıkanmış, heyelan gölleri oluşmuştur. Bazı heyelanlarda vadiyi tıkayan malzeme, göl suyu ve akarsu tarafından taşınmış, oluşan göller boşalmıştır. Göl sularının boşalması mal ve can kaybına neden olmuştur.

Trabzon çevresinde en eski heyelan, Çaykara ilçesinin 20 km. kadar güney doğusunda Uzungöl (Şerah) bucağındadır. Heyelanın oluş tarihi bilinmemekle birlikte yörede yapılan jeolojik çalışmalar, Uzungöl bucağının heyelan malzemesi üzerinde kurulduğunu göstermektedir. Şe-

rah deresi sol yamacından kayan malzeme, Şerah vadisini kapatmış ve ortalama 225 m. genişlik, 800 m. uzunluk ve 10 m. derinlikle bir gölün oluşmasına neden olmuştur. Yeşil ormanları, sarp yamaçları ve alabalığı ile heyelan gölü çevresi, son yılların gözde turistik ve mesire yerlerinden biri olma yolundadır. Ayrıca heyelan gölünün suyundan yararlanmak amacı ile Trabzon DSI, Bölge Müdürlüğüne bir hidro-elektrik santral projesi hazırlanmıştır.

Trabzon il sınırları içinde, heyelan sonucu oluşmuş ve boşalmış heyelan göllerinin en önemlisi ve etkilisi, Of-Sürmene Solaklı vadisinde, 29 Temmuz 1929 yılında, Ulucami ve Bölümlü köylerinde meydana gelen heyelandır. Heyelan sonucunda, kayan yaklaşık 1×10^7 m³ hacmindeki heyelan malzemesi Solaklı vadisini Dernekpazarı yakınlarında doldurmuş bir baraj, ve arkasında bir Heyelan Gölü oluşmuştur. Baraj, üzerinden aşan su kısa zamanda heyelan dolgusunu aşındırmış ve göl suyu vadiyi kaplamıştır. Bunun sonucunda Solaklı vadisinde 18 köprü, 2539 bina yıkılmış, 146 kişi ölmüş ve 8750 hektarlık arazi sular altında kalarak kullanılmaz hale gelmiştir.

Trabzon il sınırları içinde yer alan diğer bir heyelan da Sera heyelanıdır. Trabzon-Akçaabat sahil yolunun 7 km. de Karadenize karışan Sera deresi vadisinde, sahilden 3 km. kadar içeride ve vadinin sol yamacındadır. Heyelan 21 Şubat 1950 tarihinde, sabah saat 8.30 sularında meydana gelmiştir. Heyelanın oluşundan bir hafta kadar önce, heyelanın taç kısmında KD-GB doğrultusunda yarıkların oluştuğu, yarıkların gün geçtikçe genişlediği ve bu esnada yer içinden bir takım seslerin geldiği, yaşı 50 nin üzerinde olan bazı yöre sakinlerince hala heyecanla anlatılmaktadır. Bu belirtiler nedeniyle heyelan sahası ve yakın çevresindeki konutların boşaltılması, can kaybını önlemiştir.

Sera heyelanı, yaklaşık dikdörtgen şekilli olup 450×650 m² lik alan kaplar. Kayan malzeme 5×10^6 m³ kadardır. Esas kayma düzlemsel bir yüzey boyunca olup hareket miktarı 250 m kadardır. Kayan malzeme Sera

* Doç. Dr. K.T.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

deresini kapatmış ve ortalama 250 m genişlik, 1500 m uzunluk, ortalama 25 m derinlikte bir göl oluşmuştur. Heyelan sonucunda 11 konut, 14 tütün damı, 1 köy değirmeni yıkılmış, yamaç ve vadi tabanındaki ziraat alanları kullanılmaz duruma gelmiştir.

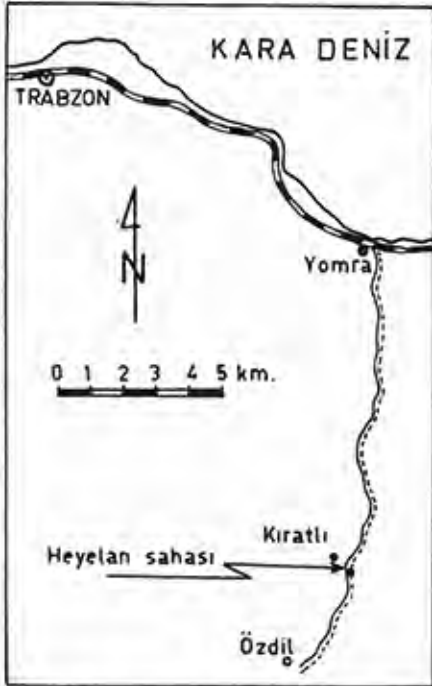
Günümüzde Sera heyelan gölünden, Trabzon Toprak Su XIV. Bölge Müdürlüğüne, 1974-1982 yılları arasında gerçekleştirilen iki ayrı sulama projesi ile Akçaabat ilçesi, Yıldızlı ve Söğütlü köyleri çevresinde toplam 3500 hektarlık arazi sulanmaktadır. Ayrıca Sera gölü balıkçılık açısından ele alınmış ve Su Ürünleri Trabzon Bölge Müdürlüğüne aynalı sazan balığı üretim denemeleri yapılmaktadır. Bu çalışmalara paralel olarak Karadeniz Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü öğretim elemanları Sera gölü planktonları ile aynalı sazanların büyüme ve gelişmesi üzerinde araştırma ve incelemeler yapmaktadırlar.

Yukarıda sözü edilen heyelanlar Pamir (1930), Erguvanlı-Tarhan (1982), Önalp-Tarhan-Sevinç (1987) tarafından incelenmiştir.

Trabzon il sınırları içinde oluşan en yeni heyelan ve heyelan gölü Yomra ilçesi Kıratlı köyünde meydana gelmiştir. Bu heyelanla ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

KIRATLI HEYELANI

Kıratlı heyelanı Trabzon ili, Yomra ilçesi Kıratlı köyü sınırları içinde, Demirciler deresi sağ yamacında, Yomra'nın 15 km. kadar güneyinde yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1 — Yer bulduru haritası.

Heyelan, bölgeye düşen bol yağışlardan hemen sonra 4.11.1987 tarihinde saat 13.30 sularında meydana gelmiştir. Ancak heyelan sahasındaki hareketler, bir yıl kadar önce (Kasım 1986), köy yolu inşaat faaliyetleri ile başlamış ve yol kazısından 20 gün sonra sınırlı bir alan kayarak açılan yolu kapatmıştır. Yolu kapatan heyelan malzemesinin temizlenmesi esnasında, yolun üstünde oluşan yeni çatlaklardan kaymanın tekrarlanacağı anlaşılmış ve temizleme işleminden vaz geçilmiştir. Yolun bu kısmı bırakılarak diğer kısımları açılmıştır.

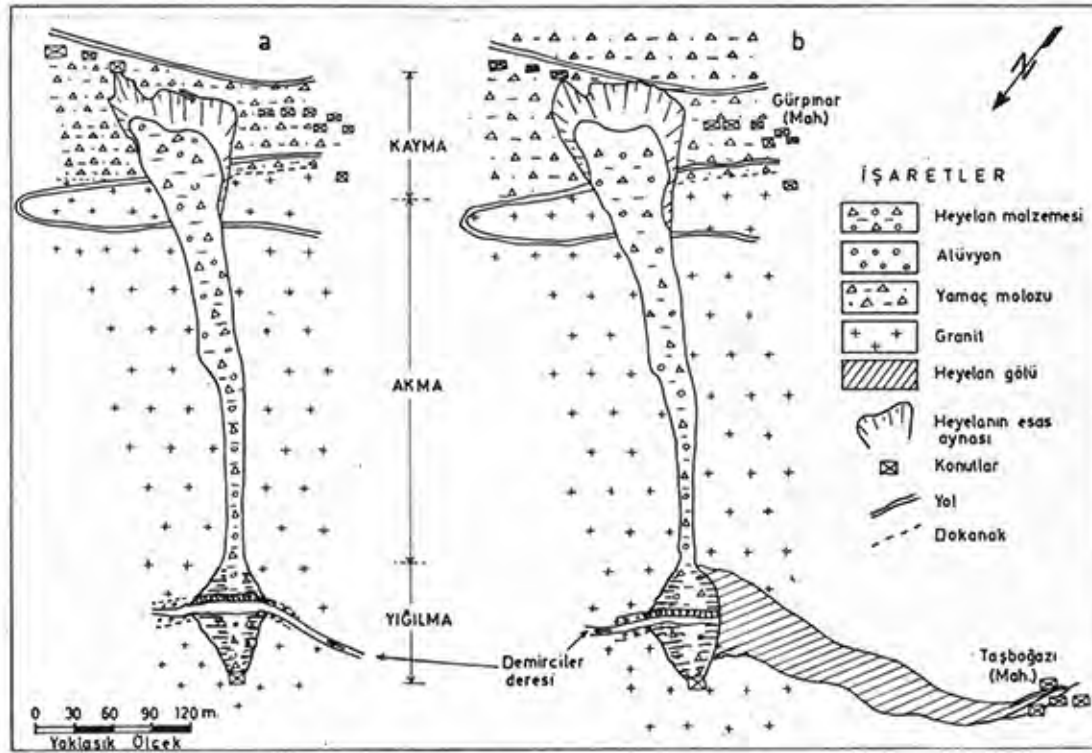
Heyelan alanından ilk büyük kayma 4.11.1987 tarihinde yamacın üst kısımlarında Gürpınar mahallesinde meydana gelmiştir. Kayan malzeme, yamaç boyunca hızla akmış, vadinin karşı yamaç eteğinde inşa edilen üç katlı binaya kadar erişmiştir. Sonuçta bina yıkılmış, ikisi çocuk olmak üzere üç kişi ölmüş ve bir kişi de yaralanmıştır. Akan malzeme Demirciler deresi vadisini tıkamış, 6 m yükseklikte bir sedde oluşturmuştur. Dereden akan su, seddeyi kısa sürede aşındırmış ve ortasında bir kanal açmıştır (Şekil 2, Foto 1).



Foto 1 — Kıratlı heyelanı sonucu Demirciler deresinde yığılan molozlar ve arkasında oluşan göl.

Heyelan alanında inceleme yapmak amacıyla gittiğimiz 13.11.1987 tarihinde saat 15 sularında, ikinci bir kayma ve akma olmuş, dere yatağı ikinci kez kapanmıştır. Kapanma sonucunda, menbada göl oluşmaya başlamıştır. Kapanan kısmın 400 m kadar menbada Taşboğazı mahallesinin su altında kalmasını önlemek amacı ile Trabzon DSI. Bölge Müdürlüğü tarafından, kapanan kısımda bir kanal açılmıştır. Açılan kanala rağmen 7 m derinlik, 300 m uzunlukta bir göl oluşmuştur (Şekil 2 b, Foto 2).

Aynı yerde, 15 Şubat 1988 tarihinde üçüncü bir kayma daha olmuştur. Kayan malzeme yamaç boyunca akmış ve daha önce oluşan sedde üzerinde birikmiştir. Bunun sonucu ikinci kaymada Delvet Su İşleri tarafından açılan kanal kapanmış ve sedde arkasındaki göl büyümüştür. Göl uzunluğu 600 m ye erişmiş, Taşboğazı mahallesinin bir kısmı göl suları içinde kalmıştır (Foto 2).



Şekil 2 — Kıratlı heyelanının a) 4.11.1987, b) 13.11.1987 tarihlerindeki genel durumu.



Foto 2 — Heyelan aynası.



Foto 3 — Heyelan gölü içinde kalan Taşboğazı mahallesi.

HEYELAN SAHASININ JEOLJİSİ

Heyelan alanında yapılan incelemede dere yatağı ile heyelanın taş noktası arasındaki yükseklik farkı 150 m kadardır. Dere yatağından 120 m yüksekliğe kadar olan kısımda granit ve üstünde de yamaç molozları görülmektedir (Şekil 2).

Granitler genelde yeşilimsi gri renkte olup 1 cm boyutunda pembe renkli ortoz kristalleri ile 0,5 cm boyutunda kuvars ve ferromagnezyen mineralleri izlenmektedir. Granitlerde açılan yol yarmalarında, granitin hakim üç yönde çatlak takımı içerdiği, çatlak yüzeylerinde ve granit içinde yer yer yeşil renkli epidot kristalleri görülmektedir. Granitler çatlak yüzeyleri boyunca ileri derecede ayrılmış ve yer yer elle kolayca ufalanır haldedir. Topoğrafya yüzeyinde de yüksek derecede ayrılmış olup pek çok yerde arenitler oluşmuştur. Yüzeydeki ayrılmış kısmın kalınlığının yol yarmalarında, yer yer 5 m. ye eriştiği gözlenmektedir.

Heyelan alanında granitler üzerinde yamaç molozları bulunmasına karşın, heyelan sahası yakın çevresinde, volkano-tortullar yer alır. Bunlar, başlıca Lav-tüf-aglomeralar arasında görülen kireçtaşlarından ibarettir. Lavlar, bazalt ve andezit türündedir. Tüfler de bazaltik ve andezitik karakterdedir.

Granitlerde, kristal boyutları volkano tortulların dokanağına yaklaştıkça küçülmekte ve gözle ancak görülebilmektedir.

Gerek taze granitler gerekse ayrılmış granitler içinde volkano tortulların anklavları görülmektedir. Anklavların



Foto 4 — Heyelan oyması ve yamaç molozunun görünüşü.

boyutları yer yer 1,5 m ye erişmektedir. Granitın ayrışmış kısımlarındaki anklavlar da ayrışmıştır. Ayrıca granit ve volkano-tortulları kesen, 1 m kalınlığında diyabaz damarları da görülmüştür.

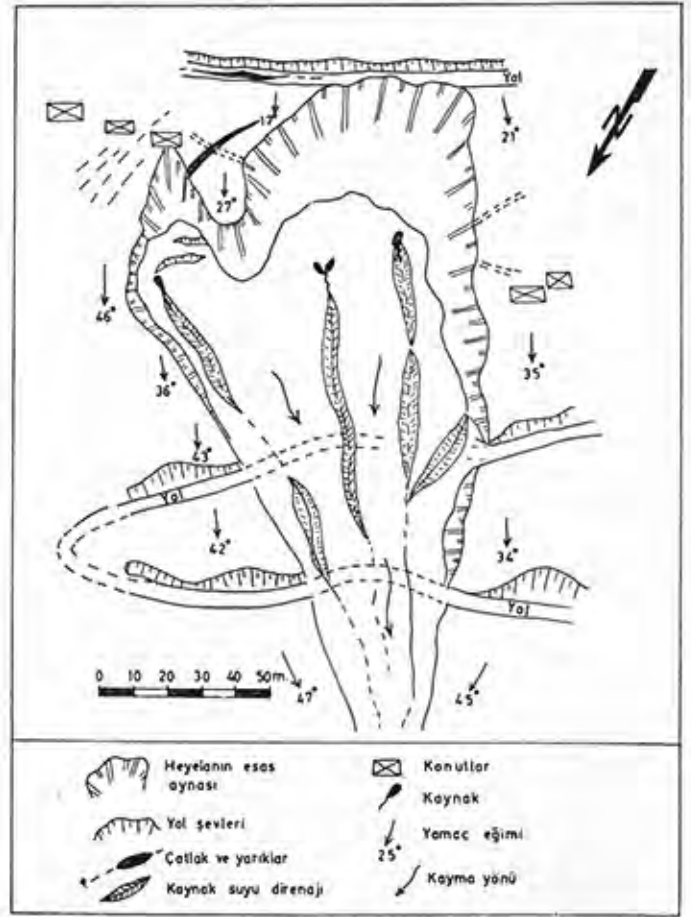
Heyelan sahasında granitler üzerinde görülen yamaç molozları, seyrek olarak, granit, bazalt, andezit blok ve iri çakıllarını içerir. Genelde köşelidir. Yamaç molozunun büyük bir kısmını (% 80) kırmızımsı kahverenkli kumlu siltli killer oluşturur. Bunlar düşük plastisitelidir ve suyla karşılaştığında akıcı bir hal almaktadır. Yamaç molozlarının kalınlığı heyelan alanında 35 m civarındadır.

HEYELAN SAHASINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

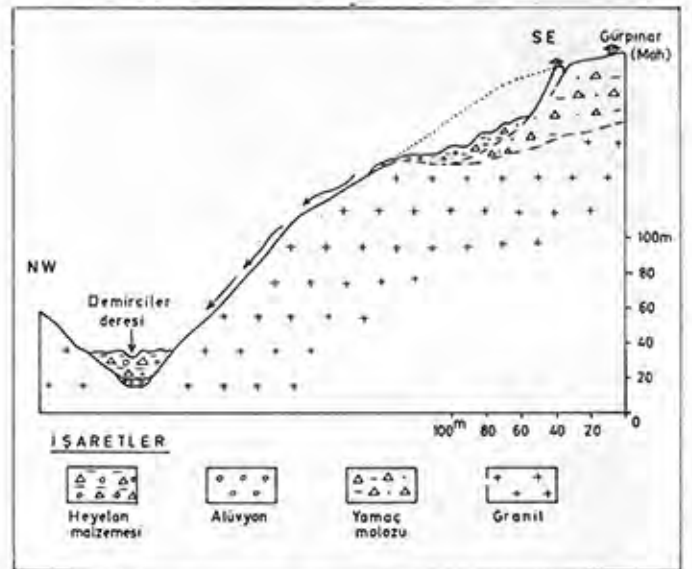
Heyelan tamamen yamaç molozları içinde oluşmuştur. Heyelan sahası çevresinde alınan ölçülerden yamaç molozlarının doğal yamaç eğimleri, 17-30°, granitlerde ise 40-45° arasında değişmektedir. Ayrıca heyelan sahasından başlayıp, Demirciler deresine dik olarak birleşen ufak bir dere görülmektedir.

Kıratlı heyelanı üçgen şekilli bir heyelandır. Üçgen köşelerinden biri, sığ derinlikteki dereyle çakışmaktadır (Şekil 2, 3). Üçgenin bu köşesine karşı gelen kenar ise heyelanın taç kısmını oluşturur. Bu nedenle kayan malzeme üçgenin köşesinde yığılmakta ve belli bir sınırdan sonra dere boyunca, Demirciler deresine akmaktadır (Şekil 4).

Kıratlı heyelanı içinde, kaymadan önce değişik yerlerde birkaç kaynağın olduğu, kaynak sularının bir kısmı, heyelan sahası ortasına inşa edilen su deposunda toplandığı ve buradan yerleşim alanlarına borularla iletildiği yöre sakinlerince ifade edilmiştir. Yerleşim alanla-



Şekil 3 — Kıratlı heyelanının krokisi.



Şekil 4 — Kıratlı Heyelanın boyuna kesiti.

rında atık sular, kanalizasyon yokluğu nedeniyle, özellikle heyelan sahası çevresinde, heyelan sahasına akıtılmıştır.

Kıratlı köyü ve mahalleleri ya da komşu köylere ulaşımı sağlamak amacı ile 1986 yılında, yaklaşık 3 m geniş-

likte, vadi tabanından sırtlara erişen köy yolu açılmıştır. Açılan yol, heyelanın bulunduğu yamaçta, üç ayrı yükseklikten geçmektedir (Şekil 2). Alt seviyedeki yol granitlerde açılmış olup, kaya düşmeleri dışında, duraylılık açısından herhangi bir sorunla karşılaşmamıştır. Orta seviyedeki yol, hemen hemen granit ile yamaç molozu dokağından geçirilmiş ve heyelan sahasında ilk hareketler bundan sonra başlamıştır. Üst seviyedeki yol ise, heyelanın taç kısmından geçmektedir. Tamamen yamaç molozu içinde açılan yolda kazı malzemesi heyelan sahasına atılmıştır. Sahada 13.11.1987 tarihinde meydana gelen ikinci kayma sonucunda açılan yolun bir kısmı, 15 Şubat 1988 tarihindeki üçüncü kaymada ise, yolun tamamı kaymıştır.

Yol kazısında kazı şevlerinin yüksekliği topoğrafyaya bağlı olarak 2 ile 5 m arasında değişmekte ve şev açıları da 80° ve daha büyüktür. Özellikle orta seviyedeki yolun açılması esnasında ve heyelanın meydana gelmesinden sonra heyelanın taç ve yan kısımlarında yeni çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 3). Özellikle taç kısmındaki çatlaklar yarık haline dönüşmüştür. Taç kısmının kuzey doğu kesimindeki binalardan bir tanesi taç çizgisi üzerinde olup, heyelanın esas aynası bina önünden geç-



Foto 5 — Heyelanın taç kısmındaki binada oluşan çatlaklar.

mektedir. Bunun sonucu bina duvarlarında çatlamlar (Foto 5); bina döşemesinde kabarmalar meydana gelmiştir. Bu kısımdaki binaların tümü boşaltılmıştır.

Kaymadan sonra heyelanın tepe çizgisi boyunca üç ayrı yerde, kaynaklar meydana gelmiştir (Şekil 3). Kaynakların toplam debisi 50 l/dak. olarak tahmin edilmiştir. Kaynak suları heyelan malzemesi içinde yayılmakta ve heyelan malzemesini çamur akması haline dönüştürmektedir. Çamur haline gelmiş olan malzeme devamlı hareket halindedir. Hareketler ani olup, hareket miktarı 20-30 cm arasında değişmektedir. Bu nedenle çalışmalarımız esnasında heyelan sahasına girilememiştir.

Geometrik şekli üçgen olan heyelanda, yukarıda işaret edilen hareketlere bağlı olarak, heyelan malzemesi üçgenin sivri köşesine doğru hareket etmekte ve topoğrafik koşullara bağlı olarak da bu kısımda yığılmaktadır. Yığılma sonucu kaynaklardan çıkan su heyelan sahası içinde göllenmektedir. Bu suyun etkisiyle aşırı doygun hale gelen yığılmış malzeme yamaç aşağıya akmaktadır. Nitekim 4.11.1987 tarihindeki kaymadan sonra heyelan sahasında, heyelan içi göl oluşmuş ve 13.11.1987 tarihinde ikinci kez kayma ve akma meydana gelmiştir. Bu kayma sonucunda Demirciler deresi kapanmış ve daha önce boyutlarını verdiğimiz heyelan gölü meydana gelmiştir (Şekil 2 b ve Foto 2, 3).

HEYELAN MALZEMESİNİN ÖZELLİKLERİ

Heyelan malzemesinin özelliklerini saptamak amacı ile 38 mm çaplı örnek tüpleri yardımıyla yamaç molozundan 8 adet örselenmemiş ve kazılarak ta örselenmemiş örnekler alınmıştır. Laboratuvarında üç örnek üzerinde serbest basınç, üç örnek üzerinde de drenajlı üç eksenli basınç, ayrıca kıvam limitleri, birim hacim ağırlık ve su muhtevası değerlerinin saptanması için deneyler yapılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Örnek sayısı	Birim hacim ağırlık gr/cm ³		Serbest basınç dayanımı kg/cm ²	Kıvam Limitleri %			Su içeriği %
	Doğal	Kuru		LL	PL	PI	
3	2,32	1,92	1,82	28,6	20,5	8,1	23,6

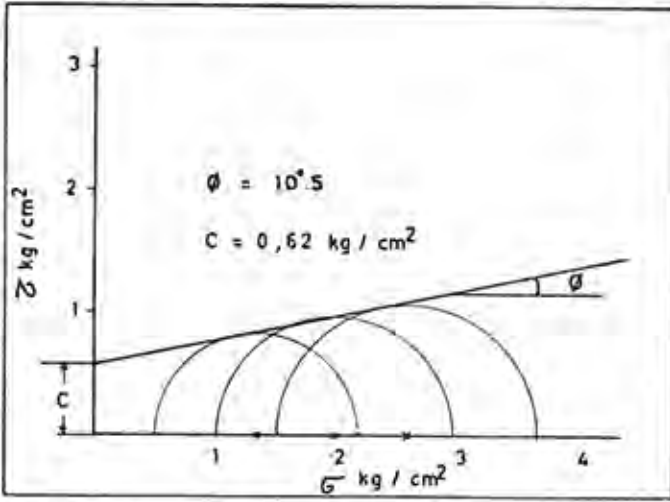
Çizelge 1 — Heyelan alanında yamaç molozundan alınan killerin fiziko-mekanik özellikleri.

Çizelge 1 incelendiğinde yamaç molozunun büyük bir kısmını oluşturan kumlu siltle killerin su içeriği ile likit limit değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Likit limit ve plastisite indisleri göz önüne alındığında, kumlu siltli killerin, Casagrande plastisite kartında düşük plastisiteli, inorganik kil özelliğinde olduğu görülür. Likit limit değerinin düşük olması, yamaç molozlarının su ile kolayca akıcı duruma geleceğini işaret etmektedir.

Bozulmamış örnekler üzerinde yapılan drenajsız üç eksenli basınç deneyi değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çevre gerilmesi (σ_3) kg/cm ²	0.5	1	1.5
Düşey gerilme (σ_1) kg/cm ²	2.18	2.98	3.66

Çizelge 2 — Heyelan malzemesi üzerinde yapılan üç eksenli deney sonuçları.



Şekil 5—Yamaç molozunda yapılan üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen Mohr kırılma zarfı.

Çizelge 2'deki değerlerden yararlanılarak çizilen mohr daireleri (Şekil 5) incelendiğinde, heyelanın oluştuğu yamaç molozunda kumlu-siltli-killi kısımların, içsel sürtünme açısının (ϕ) 10,5 derece, kohezyonunun (C) ise 0,62 kg/cm² olduğu görülmektedir.

KIRATLI HEYELANIN NEDENLERİ

Heyelan alanında yapılan gözlem ve laboratuvar deneyleri göz önüne alındığında, heyelanın oluşmasında etkili faktörler aşağıda verilmiştir.

- 1—Heyelan malzemesinin büyük bir kısmını oluşturan kumlu-siltli-killerin likit limitinin ($LL < 35$) ve içsel sürtünme açısının ($\phi = 10^\circ 5$) çok düşük olması ve bu özelliklerine bağlı olarak su ile karıştığında akıcı bir duruma gelmesi,
- 2—Doğal yamaç eğimlerinin oldukça yüksek açılı olması,
- 3—Bölgede yağışların bol olması ve buna bağlı olarak 1. madde de belirtilen özelliklerin etkinliğinin ve boşluk suyu basıncının artması,
- 4—Heyelan alanının, kökü derinlere erişen genelde çam ağaçlarından oluşan bitki örtüsünün kaldırılıp, sebze bahçelerine dönüştürülmesi,
- 5—Heyelan sahasında, heyelandan önce de var olan kaynakların yapılan su deposu nedeniyle doğal drenaj ağlarının bozulması, buna bağlı olarak depodan sızan ve binalarda kullanılan suların heyelan alanına akıtılması,
- 6—Heyelan alanında duraylılık araştırmaları yapılmadan yol geçirilmesi ve bu esnada sert kısımların kazılmasında patlayıcı madde kullanılması, özellikle üst seviyeden geçirilen yol kazı malzemesinin heyelan alanına atılmasıdır (Ek yük).

Daha önce duraylı olan yamacın duraylılığının bozulmasında en önemli faktörler, 1, 3, 5 ve 6. maddelerdir. Bu faktörler sonucu yamaç molozlarında kayma meydana gel-

miş ve kayan malzeme granitik temel yamaç boyunca Demirciler deresine akmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Trabzon ili, Yomra ilçesi, Kıratlı köyü sınırları içinde meydana gelen heyelan sonucunda üç kişi ölmüş, bir bina yıkılmış ve heyelanın taç bölgesinde bulunan dört bina da tehlikeli duruma gelmiştir. Can kaybının önlenmesi amacıyla taç bölgesindeki evler boşaltılmıştır.

Taç bölgesinde ve heyelanın batı sınırında meydana gelen çatlaklar hareketin bir süre daha devam edeceğinin işaretleridir. Bu durumda heyelan, geriye doğru ilerleme özelliği göstermektedir.

Heyelan alanı içindeki kaynak ve yüzey suları devamlı harekete neden olmaktadır. Şu anda küçük ve yerel olan bu hareketler, ileride daha büyük hareketlerin başlangıcı olabilir. Bu nedenle heyelan alanı içindeki kaynak ve yamaçtan gelecek yüzey suları ile heyelan civarındaki konutların atık suları drene edilerek heyelan alanına yayılmasının önüne geçilmesi gerekmektedir.

Kıratlı köyü ile mahalleleri ve komşu köyler arasında ulaşımı sağlayacak yolun kazılmasının heyelanın oluşmasında büyük etkisi olmuştur. Yamacı üç ayrı seviyede kateden bu yolun, orta ve üst seviyesi kaymıştır. Kayan kısımların temizlenmesi, yeniden kazılması yeni kaymalara neden olacaktır. Bu nedenle yol güzergahı değiştirilmelidir.

Bugün için heyelan alanında, yukarıda belirtilen önlemler dışında, yüksek maliyetli önlem yolları ekonomik açıdan yararlı olmayacaktır. Doğanın kendi kendini tamir etmesi ve bu arada tehlike sınırları belirtilerek, canlıların bu alana girmesi önlenmelidir.

Kıratlı heyelanında kayma ve akma türü kitle hareketleri oluşmuştur. Kayma yamaç molozlarında meydana gelmiş ve daha sonra kayan malzeme, granit yamaç üzerinde akmıştır. Akan malzeme; Demirciler deresinde bir toprak baraj ve menbaında da heyelan gölü oluşturmuştur. Heyelan gölü boyutlarının küçük olması, Uzungöl (Şerah) ve Sera heyelanlar göllerinde olduğu gibi sulama, enerji üretimi, balıkçılık yönünden yeterli olmayacaktır. Bunun yanında bol yağışlar sonucu Demirci deresi debisinin artması, göl kıyısındaki Taşboğazı mahallesi için tehlikeli olacaktır. Bu nedenle Demirciler deresini kapatan heyelan malzemesinin kaldırılması hal ve can güvenliği açısından gereklidir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ERGUVANLI, K. ve TARHAN, F., (1982), Doğu Karadeniz Kıyı Şeridindeki Kitle Hareketlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi. KTÜ. Yer Bilimleri Der. 100. yıl Özel sayısı.
- ÖNALP, A., TARHAN, F., SEVİNÇ, N., (1987), Doğu Karadeniz Heyelanları Analiz-Dengeli Yamaç Tasarımı. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Mühendislik Araştırma Grubu, Proje No. 588.

PAMİR, H.N. (1930), Of-Sürmene Mıntıkasının Jeolojik Bünyesi ve Burada 1929 Yılında Vukua Gelen Heyelan ve Fezeyan. Fen. Fak. Mec. 7, 1-2 İstanbul Darülfünunu.

PRANDINI, L., GUIDICINI, G., et.al., (1977), Behavior of the Vegetation in Slop Stability: A Critical Re-

view. Bull. of the Luter. Assoc. of Eng. Geol. No. 16.

PULINOWA, M.Z., PAWLAK, W., OROPAJEW, E., (1977), A Contribution to the Problem of Morphogenetical Principles of Landslide Mapping. Bull. of the Inter. Assoc. of Eng. Geol., No. 16.

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ TOPLANTILARI

10 - 15 TEMMUZ 1988 Lozan - İSVİÇRE
Vth International Symposium on Landslides.

30 MAYIS - 3 HAZİRAN 1988
V. Mühendislik Haftası Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, ISPARTA.

7 - 10 HAZİRAN 1988 Orleans - FRANSA
Hydrogeology and Safety of Radioactive and Industrial Hazardous Waste Disposal.

19 - 20 EYLÜL 1988
Çevre Mühendisliği Sempozyumu, İTÜ İnşaat Fakültesi, Ayazağa - İSTANBUL.

19 - 23 EYLÜL 1988 Atina - YUNANİSTAN
International Symposium on Engineering Geology as Related to the Study Preservation and Protection of Arcient Works, Monuments and Historical Sites.

29 - 30 EYLÜL 1988
ERGUVANLI MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ SEMPOZYUMU,
İTÜ Maden Fakültesi Maçka - İSTANBUL

26 - 30 EYLÜL 1988 Notttingham - İNGİLTERE
An International Conference on the Aplication of Geology in Developing Countries.

1 - 6 EKİM 1988 Tbilisi - SSCB
On Engineering Geology of the Shelf and Continental Slope of Seas and Oceans.

14 - 19 KASIM 1988 Antalya - TÜRKİYE
International Mediterranean Congress on Solar and Other New - Renewable Energy Resources.

12 - 14 ARALIK 1988 Orchard Plaza - SINGAPORE
Second International Conference on Geomechanics In Tropical Soils.

30 MAYIS - 2 HAZİRAN 1989 Hannover - FEDERAL ALMANYA
International Symposium on Hydrogeological Maps.

2 - 5 EKİM 1989 Benidorm - İSPANYA
International Symposium on Groundwater Management: Quantity and Quality.

1987 YILINDA MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÖDÜLÜ KAZANAN ÇALIŞMALAR
KUZGUN BARAJI (ERZURUM)
AKS YERİ ile GÖL ALANININ JEOLJİSİ



Erhan ÇELİKİĞNE

Lisans Diploma çalışması
Yöneten : Y. Doç. Dr. A. Malik GÖZÜBOL
İ.Ü. Jeo. Müh. Bölümü.

ÖZ — İnceleme alanı; Erzurum ilinin 57 km. kuzeybatısında, yaklaşık kuzeyden güneye doğru akan Serçeme Çayı üzerinde yapılmakta olan Kuzgun Barajı aks yeri ile rezervuar alanını içeren 120 km² lik bölgedir. Baraj aks yeri ile göl alanındaki kaya birimlerinin yayılımı haritalanarak, arazi ve büro çalışmaları ile tanımlanmıştır.

Çalışma bölgesinde; Mesozoyik ile Senozoyik'e ait birimler yüzeylenmiştir. Üst Jura yaşlı Rizekent formasyonu bölgedeki en yaşlı birimdir. Kumtaşı, kireçtaşı ve çakıltası nöbetleşmesinden oluşan bu formasyon sığ denizel özelliktedir.

Baraj aks yerinde gözlenen Alt Kretase yaşlı Kuzgun formasyonu; mikritik kireçtaşı ile grovak ardalanmalıdır. Rizekent formasyonu ile konkordan olarak bulunur. Çok sert ve dayanımlıdır. Kretase sonlarındaki şiddetli orojenik etkilerden dolayı; kıvrımlı, kırıklı ve eklemli bir yapı kazanmıştır. Ancak; eklemelerin kalsit dolgu, tabaka aralarının kil ara katkılı olması nedeniyle duraylı bir yapı sunmaktadır. Baraj aksının kurulacağı Serçeme Vadisinde genel tabaka doğrultusu doğu - batı olarak ölçülmüştür. Eğimler ise kuzey yönlüdür.

Kuzgun formasyonunun üzerine diskordan olarak çökelen Eosen yaşlı sığ denizel Ağcakent kireçtaşı çok dar bir alanda görülür.



KIYI AKİFERLERİNDEKİ TATLI SU VE TUZLU SU GİRİŞİMİNİN SONLU ELEMANLAR İLE İNCELENMESİ

SADEG. Ali SALAH

Yüksek Lisans Tezi
Yöneten : Y. Doç. Dr. Nurkan KARAHANÖĞLU
O.D.T.Ü. Fen Bil. Enst.

ÖZ — Bu çalışmada, basınçlı ve serbest akiferlerdeki tuzlu su girişimini modelleyen iki boyutlu, tam girişimli bir sonlu eleman modeli (FEMDISP) gerçekleştirilmiştir. Akım ve sıvı taşınım denklemlerinin girişimli olarak kullanıldığı bu modele eşzamanlı bir çözüm yöntemi uygulanmış ve su yükleri ile konsantrasyon dağılımları yerel ve zaman koordinatlarına göre bulunmuştur.

Model Küçükçekmece bölgesine uygulanarak göl seviyesindeki değişikliklere karşılık akiferdeki su yük-

Rezervuar alanının tümü Miyosen yaşlı ve gölsel Ovacık formasyonu ile kaplıdır. Kumtaşı, kiltası, kireçtaşı ve çakıltası nöbetleşmesinden oluşan bu formasyon sıkı silis çimentoludur. Karstlaşma ve çok dök yamaçların bulunmaması nedeniyle duraylılık ve su tutma yönünden problemsiz niteliktedir.

Miyosen sonlarında gelişen volkanizmaya bağlı olarak; porfirik dokulu bazalt akıntıları yayılım göstermişlerdir. Çeşitli faylanmalar nedeniyle akma yapıları karmaşıktır.

Pliyosen yaşlı volkanik kökenli sedimenter birimler ise rezervuar alanının yüksek kotlarında görülür. Dağılgan özellikler sunması nedeniyle günümüze kadar büyük bir aşınma geçiren Urfut formasyonu genelde yataya yakındır.

Serçeme Çayı ile yan kollarında oldukça geniş alüvyonlara rastlanır. Baraj aks yerindeki alüvyon kalınlığı yaklaşık 4 m. ölçülmüştür.

Kuzgun Barajı aks yerinde, derivasyon tüneli ile dolusavak güzergahı üzerinde bulunan, yamaç döküntüsü; şev duraylılığı yönünden sorun yaratabilecek niteliktedir.

Özellikle Kuzey Anadolu Fayı'nın etkisiyle Mesozoyik'e ait birimler kıvrımlanarak yükselmişler ve kuzeydoğu yönlü sıkışma rejimi etkisiyle kırıklı bir yapı kazanmışlardır.

leri ile tuzlu su konsantrasyonunun dağılımı bulunmuştur. Diğer taraftan kuramsal bir basınçlı akifer seçilmiş ve bu koşullarda çekilen su miktarının girişime olan etkisi araştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar önerilen modelin, her türlü kıyı akiferine, basınçlı veya serbest, tatlı su-tuzlu su girişiminin zaman ve yerel koordinatlara göre değişimini saptayabilmek amacı ile uygulanabileceğini göstermiştir.

**ORD. PROF. İLHAMİ CİVAOĞLU
VE
TÜRKİYE'DE HİDROJEOLJİ ÖĞRETİMİNİN BAŞLAMASI**

Kemal ERGUVALI*



İTÜ Maden Fakültesinin açılışı (1961): soldan sağa, Başbakan İsmet İNÖNÜ, Dekan Prof. Dr. Ekrem GÖKSU, İTÜ Rektörü Prof. İlhami CİVAOĞLU, İstanbul Valisi Refik TOLGA ve Öğrenci Derneği Başkanı Bekir ÇELİK.

Elli yıldan buyana önce öğrencisi, zaman zaman yardımcısı ve fakülte arkadaşı olarak beraber çalıştığımız ve her zaman bir öğrencisi gibi saygı ve içten sevgi ile andığımız İlhami Cıvaoğlu hocamızı 12 Nisan 1988 de kaybettik.

Onun yurdumuza ve Üniversitemize yaptığı pek çok hizmetten, mesleğimizle ilgili olan birini dile getirmek, benim için bir görev ve aynı zamanda ayrı bir mutluluktur.

M. İlhami Cıvaoğlu, 1898 yılında İstanbul'da doğmuş, İstanbul Darülfünun'un'da kimyagerlik ve genel fizik öğrenimi (1918-21) görmüş, 1923'de radyo aktivite konusunda çalışmak üzere Fransaya yollanmış, 1926'da yurda dönmüş ve Darülfünun'da asistan olarak çalışmaya başlamıştır. M. İlhami Cıvaoğlu 1929'da doçent olmuş ve 1933'de

Darülfünun'un üniversiteye dönüştürülmesinde (1933) buradan ayrılmış, kısa bir süre liselerde hocalık yapmış ve 1934'de de Yüksek Mühendis Mektebinde muallim olmuştur. Bu mektebin, 1945'de İstanbul Teknik Üniversitesine dönüştürülmesinde Profesör ve 1954 yılında da Ord. Profesör olmuş, 1973 yılında da emekliye ayrılmıştır. Çalışmaya alışan hoca, çalışmayı bırakmadığından, Galatasaray Mühendislik Yüksek Okulu, Kimya Bölümü başkanı olarak da yıllarca hizmete devam etmiştir.

Ord. Prof. İ. Cıvaoğlu gençlerin yetişmesine, yeni bilim dallarında uzman olmalarına büyük çaba sarfetmiştir. Bilim adamı yetiştirme gayretleri yanında, yurdumuzda birçok üniversitede bilimsel kurum ve enstitünün kurulmasında bilfiil çalışmıştır. Erzurum Atatürk Üniversitesi'nin, Karadeniz Teknik Üniversitesi'nin, IASTE ve Unesco tarafından desteklenen Hidrojeoloji Enstitüsü'nün, Atom Enerjisi Komisyonu'nun, Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi'nin, Maden ve Kimya Fakülteileri'nin kurulmasına önayak olmuştur.

1944 yılında, Yüksek Mühendis Mektebinin İstanbul Teknik Üniversitesine dönüşmesinde büyük emekleri geçmiş ve İTÜ'nün ilk kuruluş yıllarında Genel Sekreterliğini yürütmüştür. Bundan sonra, Prof. Cıvaoğlu 1948'de Makina Fakültesi Dekanı; 1955'de Maden Fakültesi Kurucusu ve Dekanı, 1956'da İTÜ Rektörü, 1963'de Kimya Fakültesi Dekanı (2 kez) olarak görev yapmıştır.

Prof. Cıvaoğlu, Türk Fizik Cemiyeti ve Türk Kimya Cemiyetlerini kurmuş ve ilk başkanlıklarını yapmıştır. Kuruculuğu, disiplinli çalışması, sonsuz enerjisi ve heyecanı, çok güzel yazısı ve işleri kısa zamanda olumlu bir şekilde sonuçlandırması bakımından, biz daima örnek olmuştur.

Prof. Cıvaoğlu'nun 11 ders kitabı, notu, tercümesi, 15'den fazla ilmi makalesi ve konferansları, felsefe ve içtimiyat dergilerinde enteresan 7-8 yazısı vardır. İTÜ Teknik Üniversite haftalarının, saygın ve aranır konuşma-

* İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

cısı olmuştur. Türk Dil Kurumu ve Maarif Şuralarının başkanı olarak büyük emeği geçmiştir.

İlhami bey hocamızı ilk meslek yıllarında, endüstri işine girerek çimento ve amonyak üretmiş, Fransa'da, Sorbonda Madam Curie ve Jean Peren yanında radyoaktivite üzerinde araştırma yapmış ve yurda dönünce, termal sular üzerinde çalışmaya başlamıştır. Bu sıralarda Yalova (1931), Bursa (1934), Armutlu (1936), Kütahya (1937) ve Taşdelen (1935) termal ve içme sularını incelemiş ve bu incelemeleri Fransa'da, Paris'te Annales de l'Institut d'Hydrologie'de yayınlanmıştır.

Bu ilk zevkli uğraşların heyecanı ile yurdumuzda, İTÜ Rektörlüğüne bağlı Hidrojeoloji Enstitüsünü kurmuş, Enstitü Müdürü ve herşeyi olarak, öğretim planlarını hazırlamış, hocalarını bulmuş ve yurtdışından elemanlar getirterek, Türkiye için bir hayat olan, yeraltısularının önemini, çok büyük çaba sarfederek, günlerce uğraşarak, ilgililere duyurmuş, anlatmış, inandırmış, gerekli parayı bulmuş, aletleri ve kitapları sağlayarak kurulmasını gerçekleştirmiştir.

Mayıs, 1988
Maçka

Bu suretle birçok ülkeden önce yurdumuzda, 1954'de ilk Hidrojeoloji Enstitüsünü kurmuş ve hidrojeoloji öğretimini başlatmıştır. Bu enstitü, bugün, DSI'de ve özel sektörde, yeraltısuları konusunda çalışan deneyimli üst düzeydeki elemanların yetişmesini sağlamıştır.

Hocamız Ord. Prof. İ. Cıvaoğlu'nun yaşamının yarım yüz yıldan fazla bir dilimi, büyük bir heyecan ve enerji ile, yeni üniversiteler, fakülteler, enstitü ve dernekler kurmak, geliştirmek, birçok toplantı ve şuralara başkanlık ederek, herkesin yapamayacağı boyutlarda, yurdumuza ve Türk eğitim ve öğretimine katkılarda bulunmakla geçmiştir.

İTÜ Rektörlüğünün vermiş olduğu takdirdar belgeler, Fransız hükümetinin sunduğu, Légion d'honneur nişanı ve TÜBİTAK'ın 1977'de verdiği hizmet ödülü hocamızın yapmış olduğu hizmetlere karşı ufak birer armağandır.

İşte bu yazımız da, kendisine tanrıdan rahmet dileyen bir öğrencisinin ve çalışma arkadaşının, anıları dile getiren, içten bir hediyesidir.

SEKSENİNCİ DOĞUM YILINDA MÜLLER-SALZBURG

Mahir VARDAR*



1933 yılında ilk kez "Geomekanik" in bilim dalı olarak kurulması ve geliştirilmesi önerisini yapan, 1951'i izleyen yıllarda Salzburg'daki evini bu amaçla geomekanik çalışma grubuna açan, Uluslararası Kaya Mekaniği Cemiyetinin kurucusu ve ilk başkanı, Prof. Dr. Leopold Müller'in 80. doğum yılı münasebetiyle, 15 Şubat 1988 tarihinde, Salzburg-Kleßheim av köşkünde bir kollokyum yapıldı.

Jeoloji ve kaya yapıları, kaya yapıları ve çevre, kaya mekaniğinin ilkeleri, kaya mekaniği ile kaya yapıları ilişkisi konularında bildiriler sunuldu. Yaşları 40-65 arasında değişen Müller-öğrencileri 20'yi aşkın bildiri sundular.

Kapanış konuşması "MÜLLER Hoca"nın ve çok ilginçti: "Bilimsel, teknik açıdan ve Göethe anlayışında kaya". Sanat, felsefe, ama her yönüyle sevgi ve saygınlık dolu bu zevkli dakikaları, Schubert, Mozart ve Beethoven'in seçkin ezgilerinden oluşan yaylı sazlar konseri izledi.

5 yaşında çok başarılı piyano konserinden sonra gazetelerde "Bu MÜLLER'in İsmi Hatırınızda Tutun!" şek-

lindeki olumlu eleştirilerle kendinden söz ettiren Müller'in, ileride "Kaya-Müller" olacağı bilinebilir miydi? 1918-1926 yılları arasında Salzburg Lisesinde okurken de yaşıtı (5 Nisan 1908) Herbert von Karajan ile çok yakın dosttu. Müller, keman ve müzik üslubu ile başarılı olurken H. von Karajan matematik ve fizikteki başarısıyla mühendisliğe hazırlanıyordu. Ve Karajan-Karajan oldu. Geigen (keman) Müller'de-Fels Müller (kaya).

STINI, CLOOS, SANDERS, ROS ve EICHINGER, TERZAGHI, RABCEWICZ, PACHER, CLAR gibi ünlülerin öğrencisi ve yakın dostu olmuş olan ve 20'yi aşkın doktora çalışması yaptırarak, kaya mekaniğinin bilimsel gelişmesine yön vermiş bulunan MÜLLER'i, 1978 yılındaki 70. doğum günü kapanış konuşması sözleri ile bir kez daha anlamak uygun olacaktır:

"Tüm diğer bilgiler ve alışkanlıklar gibi, aptallık da öğretilir ve öğrenilebilir. Bu bilindiğinde; genç insanların düşüncelerini kendi düşüncelerimiz doğrultusunda yönlendirmek yerine, onları harekete geçirecek bilimsel şüphecilik duygusunun verilmesinin önemi daha iyi anlaşılır... Hep buna gayret ettim. Dedim ki; anlattıklarım belki de gerçek değil, fakat kuşkusuz, bildiklerimin en iyisi..."

"Eğer uzun bir yaşamın çabaları, en güzel ödüller olmuşsa; eğer yaptıklarımızın ve düşündüklerimizin meyvaları kabullenilip kullanılabilmişse ve eğer bunların yararlı oldukları da kanıtlanabilmişse-işte bütün bunlar bizi tatmin edebilir. Fakat ulaşılabilecek ve yaşanmak istenen en yüce değer; kendileri böylesini istediğinden, dünya böyle istediğinden, kardeşlik böyle istediğinden ve yaratan böyle istediğinden, varlıklarının odağıyla konuşulabilen ve onlar tarafından da kabul edilebilen insanları bulabilmektir. Çünkü "İnsan Tüm Dünyanın Çocuğudur" (Paracelsus), tüm evren onun içinde toplanmıştır ve onun içinde vardır.

80. doğum günümde, beni derin mutluluk hisleri ile doyuran bu kardeşlik dolu insan yakınlığının kanıtları ile bezenmiş, çok sayıda iyi dilekler aldım. Bunlar için doğrudan teşekkürlerimi ifade etmek, benim için içten gelen bir zorunluluktur.

Sevgili meslekdaşım Vardar,

Sizin, hem de kişiliğinizle katıldığınız bu kollokyum söleni benim için en büyük doğum günü mutluluğu oldu. Bunun için içten teşekkür eder. 1988 için en iyi dileklerimi sunarım.

Allaha ısmarladık
Müller'iniz

* Doç. Dr. İTÜ Maden Fak. Jeo. Müh. Böl.

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ ÜYELERİ

AKIN, Nuran	DOYURAN, Vedat Prof. Dr.	ÖZİŞ, Ünal Prof. Dr.
AKKOÇAK, Hasan	DURGUNOĞLU, Turan Prof. Dr.	ÖZKEN, Ertan
AKLAN, Turhan	EGEL, Rezzan	ÖZTAŞ, Turgut
AKMAN, M. Kemal	EĞİN, Dinçer Dr.	ÖZTÜRK, Kurultay Doç. Dr.
AKYOL, Erdal	ERDOĞAN, Eray Dr.	SAFA, M. Turgut
ALGAN, Melih	ERDOĞAN, Mustafa Y. Doç. Dr.	SAĞLAMER, Ahmet, Doç. Dr.
ALTUĞ, Saydun	ERGUVANLI, A. Kemâl Prof. Dr.	SARISU, Ali
ANIK, Ferruh	ERİŞ, İsmail	SESÖREN, Atilla Doç. Dr.
ARAL, Feda	ERLER, Ayhan Doç. Dr.	SOMEL, K. Namık
ARIKAN, Alparslan Doç. Dr.	EROSKAY, S. Okay, Prof. Dr.	SÜMERMAN, Kaler
AYAN, Tamer	ERTUNÇ, Aziz Doç. Dr.	ŞAMİLGİL, Erman Doç. Dr.
BAYKAL, Hasan	GENÇ, Deniz	ŞEKERCİOĞLU, Erdal
BOYNUKALIN, Suat	GÖKTEN, Y. Ergun Doç. Dr.	ŞENYUVA, Tahsin
BULUT, Fikri	GÖZÜBÖL, A. Malik Y. Doç. Dr.	ŞİMŞEK, Orhan
BULUTLAR, Erdal	GÜNAY, Gültekin Doç. Dr.	TAN, Yüksel
BÜYÜK, Mehmet Dr.	GÜRPINAR, Okay Doç. Dr.	TARHAN, Fikret Doç. Dr.
BÜYÜKKÖSE, Nevzat	KALE, Saim	TAŞLICA, A. Hamdi
CANİK, Baki Prof. Dr.	KARAHANOĞLU, Nurkan Y. Doç. Dr.	TEMİZ, Halit
CORUK, Özkan	KARAOĞULLARINDAN, Talip	TOĞROL, Ergün Prof. Dr.
ÇANLI, Turgut	KASAPOĞLU, Erçin Prof. Dr.	TÜRK, Necdet Dr.
ÇELEBİ, Levent	KAYA, M. Kenan	TÜYSÜZ, Okan Y. Doç. Dr.
ÇETİNÇELİK, A. Mesut	KILINÇ, Mehmet Dr.	ULUSAY, Reşat
ÇETİNER, Levent	KOCA, M. Yalçın	UZ, Özden N.
ÇOĞALAN, Hasan Hüseyin	KORKMAZ, Turgut	ÜÇPİRTİ, Hasan
ÇONCAR, Behiç	KOŞAR, Ercan	ÜSTÜN, Olgun
DADAŞBİLGE, Kırhan	KÖSEOĞLU, Mesut Y. Doç. Dr.	VARDAR, Mahir Doç. Dr.
DALGIÇ, Süleyman	KUMBASAR, Vahit Prof.	YALÇIN, Ali
DEMİREL, Zeynel A. Dr.	MUT, Taner	YEŞİLOĞLU, Kemâl
DEMİRKOL, Cavit Doç. Dr.	MUTLUTÜRK, Mahmut	YÜKLER, M. Arif, Doç. Dr.
DİLEK, Remzi Prof. Dr.	OTKUN, Galip Dr.	YÜZER, Erdoğan Prof. Dr.
	ÖZBEN, Murat	

KURUMSAL ÜYELER

- ◆ AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
LODumlu - ANKARA
- ◆ BOTEK A.Ş.
MASLAK İŞ MERKEZİ - İSTANBUL
- ◆ DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
YÜCETEPE - ANKARA
- ◆ Eİİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
ESKİŞEHİR YOLU 7. KM - ANKARA
- ◆ ENKA İNŞAAT A.Ş.
BALMUMCU - İSTANBUL
- ◆ ESAN A.Ş.
KARTAL - İSTANBUL
- ◆ İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
VEZNECİLER - İSTANBUL
- ◆ İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MADEN FAKÜLTESİ
MAÇKA - İSTANBUL
- ◆ KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ - TRABZON
- ◆ KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
YÜCETEPE - ANKARA
- ◆ KARST ARAŞTIRMA MERKEZİ
H.Ü. BEYTEPE - ANKARA
- ◆ MADEN İHRACATÇILAR BİRLİĞİ
HARBİYE - İSTANBUL
- ◆ MTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
ANKARA
- ◆ TEMEL ARAŞTIRMA A.Ş.
STFA GRUBU ALTUNİZADE - İSTANBUL
- ◆ TÜRK YTONG A.Ş.
PENDİK 26 KM - İSTANBUL
- ◆ TÜRKİYE JEOLojİ KURUMU
KIZILAY - ANKARA