

# Jeoloji Mühendisliği

SAYI: 28 TEMMUZ 1986  
NO: JULY.



**tmmob jeoloji mühendisleri odası yayın organı**

*Publication of The Chamber of Geological Engineers of Turkey*

# Jeoloji Mühendisliği

TMMOB JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
Chamber of Geological Engineers of Turkey

Yönetim Kurulu (Executive Board)

Osman TAŞAN	(MTA)	Başkan (President)
Şanver İSMAİLOĞLU	(MTA)	İkinici Başkan (Vice President)
Bayazıt ERDEM	(MTA)	Yazman (Secretary General)
Hayrettin KADIOĞLU	(MTA)	Sayman (Treasurer)
Mehmet BİTEN	(MTA)	Mesleki Uygulamalar Üyesi (Secretary of Professional Activities)
İbrahim KOCABAŞ	(DSİ)	Yayım Üyesi (Secretary of Publications)
Selahattin YILDIRIM	(MTA)	Sosyal İlişkiler Üyesi (Secretary of Social Affairs)

BAŞ EDİTÖR

(Editör in Chief)

K. Erçin KASAPOĞLU (ODTÜ)

EDİTÖRLER (Editors)

Taner ÜNLÜ (MTA) — Gürkan YERSEL (MTA)

TEKNİK YÖNETMEN (Technical Editor)

Yavuz OKAN (AÜFF)

YARDIMCI TEKNİK YÖNETMENLER (Assistant Technical Editors)

Müslüm ÖZDEN (MTA) — Hilmi YAĞCI (MTA)

# Jeoloji

# Mühendisliği

tmmob jeoloji mühendisleri odası yayın organı



SAYI 28

TEMMUZ 1986

SAHİBİ VE YAYIM SORUMLUSU  
Bayazıt ERDEM

YÖNETİM YERİ  
Konur Sokak, No. 4,  
Kat: 3 (06424)  
Kızılay - ANKARA

YAZIŞMA ADRESİ  
P.K. 507 - 06424  
Kızılay - ANKARA

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ, TMMOB**  
Jeoloji Mühendisleri Odası yayınıdır.  
Yılda dört kez yayınlanır. Dergi,  
odanın amaç, ilke ve yayım koşulları-  
na uygun bilimsel ve teknik yazılara  
açıktır. Yayınlanan yazılardaki fikir  
ve teknik sorumluluk yazarlarına ait  
olup, Jeoloji Mühendisleri Odası ve  
Dergi sorumlu değildir.

**ABONE KOŞULLARI (TL.)**  
Dergi Fiyatı : 1000  
Yıllık Abone : 3000  
Öğrencilere : 500  
Üyelere ücretsiz dağıtılır.

**İLAN TARİFESİ (TL.)**  
Arka iç kapak 60000 192000  
İç sayfa (tam) 45000 144000  
İç sayfa (yarım) 30000 96000  
Arka dış kapak 120000 386000

Tescilli Bürolar Jeoloji Mühendisleri  
Odasının yayın organlarına verecekle-  
ri ilan ücretlerinin % 25'inden muaf  
tutulurlar.

## İÇİNDEKİLER

(Contents)

OKURLARIMIZA. .... 3

Divriği Bölgesi Demir Yataklarının Element Korelasyonu  
ve Jeokimyası (Orta Anadolu-Türkiye)

*Geochemistry and Element Correlation of Iron Deposits  
in the Divriği Region, Central Anatolia, Turkey*

TANER ÜNLÜ, HENRİK STENDAL ..... 5

Aliçeyrek (Erzurum - Horasan) Linyit Sahasında  
Jeoteknik Değerlendirme

*A Geotechnical Evaluation in Aliçeyrek  
(Erzurum - Horasan) Lignite Field*

REŞAT ULUSAY, NİHAT APAYDIN ..... 21

Kıbrıs Jeolojisi ve Maden Yatakları Üzerine Bazı  
Jeofizik İrdelemeler

*Some Geophysical Aspects of the Cyprus Geology  
and Ore Deposits*

MUSTAFA ERGÜN. .... 35

Simav-Emet-Tavşanlı Yörelere Hidrotermal  
Alterasyon Zonları

*Hydrothermal Alteration Zones of Simav-  
Emet-Tavşanlı Regions*

MEHMET ŞENER, A. İHSAN GEVREK. .... 43

Ankara - Elmadağ - Kalecik Dolayının Temel  
Jeoloji Özellikleri (TARTIŞMA ve YANIT)

*Basic Geological Features of Ankara*

*Elmadağ - Kalecik Region (DISCUSSION and*

*REPLY) ..... 51*

# Jeolojik Mühür Geolojik donatı

1000

1. Mühürün boyutu ve şekli  
Mühürün boyutu 100 mm x 100 mm  
Mühürün şekli kare  
Mühürün malzemesi çelik  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler

2. Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler

3. Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler

4. Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler

5. Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler  
Mühürün kullanıldığı yerler

KAPAK RESMİ: Bir şevde gerilme konsantrasyonları.

## OKURLARIMIZA

*Bir bakıma hiçbir mühendislik disiplini, jeoloji mühendisliği kadar, bilim ve tekniğin ayrılmaz bütünlüğünü vurgulayan bir isme sahip değildir. Buradaki JEOLojİ, yer kabuğundaki iç ve dış olayları, bağlı oldukları yasalarla ortaya koyan BİLİMİ; MÜHENDİSLİK ise insanların doğa ile mücadelelerinde kullandıkları yöntem ve araçları kapsayan TEKNİĞİ ifade etmektedir.*

*Jeoloji mühendisliği bir doğa bilimi olan JEOLojİ temeli üzerine oturur. Fakat salt bilimden ibaret değildir. Mühendislik hizmetleri için gerekli olan ve onların hesap ve çizimlerine temel olacak jeolojik bilgi ve verileri; şekil, harita, kesit ve sayılarla belirleyen bir meslektir de. Fakat "meslek,, olma özelliğini öne alarak, jeoloji mühendisliğini yalnız "uygulamalı jeoloji,, ile sınırlamak da doğru değildir.*

*Bu konuda kuram ve uygulama (bilim ve teknik) "zorunlu ayrılmazlık" karakterindedir.*

*Ülkemizde jeoloji mühendisliği alanındaki bilimsel-teknik, sosyal-kültürel ve hukuksal tüm faaliyet ve düzenlemelerin tek yetkili ve sorumlusu olan JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASININ, bu tartışılmaz gerçekleri dikkate almaması elbette düşünülemez. Yayın faaliyetleri ve tüm bilimsel-teknik etkinlikler, bilim ve tekniğin "zorunlu ayrılmazlığını" vurgulayıcı ve sergileyici yönde olmalıdır. Jeoloji Mühendisliği Dergisi bu sergilemenin en etkili araçlarından biri olmalıdır.*

*Fakat Dergimizin daha önceki sayılarında "uygulamalı jeoloji" kapsamındaki makalelerin az sayıda yer alması bir eksiklik olarak belirmiş, bu eksikliğin giderilmesi yönünde çaba harcanması gerektiği ortaya çıkmıştır.*

*Dergimizin 27. sayısındaki açıklama bu eksikliğin giderilmesi anlamında doğru; sadece "uygulamalı jeoloji" alanındaki makalelerin yer alacağı anlamında yanlıştır.*

*Bu açıklamalar ışığında Dergimiz, kuramsal ve uygulamalı jeoloji kapsamına giren tüm makalelere açık olarak yayımını sürdürecektir.*

*Saygılarımızla*

**JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ**

**"JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ" DERGİSİNE YAZI GÖNDERECEKLERİN DİKKATİNE**

Yayın kurallarına ilişkin hususlar JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ Dergisinin Eylül 1984 tarihli 21 numaralı ve Nisan 1986 tarihli 27 numaralı sayılarında belirtilmiştir.

## DİVRİĞİ BÖLGESİ DEMİR YATAKLARININ ELEMENT KORELASYONU VE JEOKİMYASI; ORTA ANADOLU, TÜRKİYE

*Geochemistry and Element Correlation of Iron Deposits in the Divriği Region, Central Anatolia, Turkey*

TANER ÜNLÜ  
HENRİK STENDAL

M. T. A. Genel Müdürlüğü, Maden Etüd ve Arama Dairesi, Ankara  
Kopenhag Üniversitesi, Kopenhag

**ÖZ:** Divriği Bölgesi demir yataklarına ait jeokimyasal analizler 160 örnek üzerinde 10 esas ve 31 eser element için gerçekleştirilmiş, ayrıca 24 element arasındaki korelasyon analizleri ve bu sonuçların yorumlanmaları yapılmıştır.

İki tip cevher ortaya çıkmaktadır: Birinci tip cevher, yüksek Cr, Co ve bazı durumlarda Ni ve MgO içerikleri ile ultrabazik kayalara doğru bir jeokimyasal yönelim gösterir. İkinci tip cevher ise farklı jeokimyasal karakteri ile (örneğin yüksek Ba içerikleri) sedimanter özellik taşır. Ultrabazik element yönelimi gösteren tektonik yerleşimli cevherlerin, ofiyolit bazik ve ultrabazik bölümlerinin tektonik etki ile işlenmesi sonucunda oluştuğu düşünülebilir.

**ABSTRACT:** Geochemical analyses of iron deposits in the Divriği region have been performed on 160 samples for 10 major and 31 trace elements, and correlation analyses between 24 elements and the interpretation of these results are given.

Two types of ores were indicated: The first type has a geochemical affinity to ultrabasic rocks with high average element contents of Cr, Co and in some cases Ni and MgO. The second type of ore is a sedimentary type with a different geochemical character, e.g. high Ba content. The tectonically emplaced iron ores showing ultrabasic element affinity are suggested to be tectonically reworked from ophiolite hosted basic to ultrabasic rocks.

### GİRİŞ

İç Anadolu demir yatakları, Türkiye'nin en önemli demir provensini oluşturmaktadır. Divriği bölgesinin aynı provensteki yeri, sahip olduğu cevher potansiyelleriyle büyük önem taşır.

Divriği demir cevheri Osmanlı imparatorluğu zamanından, hatta Selçuklu'lardan beri bilinmekte ve işletilmektedir. Evliya Çelebi Seyahatnamelerinde XIV üncü yüzyılda Timurlenk Ordularının nal ve kılıç hammaddesinin Divriği demir yataklarından sağlandığı belgelenmiştir. Divriği demirlerinin Cumhuriyet devrinde ele alınışı, Doğu Demiryolları'nın Divriği'den geçmesi ile güncellenmiştir. 1935 yılında kurulan M.T.A. Enstitüsü 1937 yılında aynı sahada etüdlere başlamış, böylelikle 1936-1940 yılları arasında yapılan gözlemler ile Divriği demir yataklarına ilişkin günümüze değin ulaşabilen ilk bilimsel düzeydeki çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

1937 yılından 1983 yılına değin aynı bölgede yapılan çalışmalarda tüm araştırmacıların ortak yönleri, Divriği ve yöresi demir yatakları oluşumlarının, aynı yörede yer alan granitik kayalar ile doğrudan ilişkili olduğunda birleşmeleridir. Kovenko (1937), Gysin (1938), Wijkerslooth (1939 - 1941), Klemm (1960), Koşal (1965, 1971, 1973), Bozkurt (1980) ve daha birçokları-

nın yapmış olduğu çalışmalarda, Divriği demir yatakları granitik kayalara bağlı skarn tipi yataklar olarak değerlendirilmiş, ancak her araştırmacının yatağın oluşumunu farklı jenetik adlamalar altında tanımladığı görülmüştür. Bu adlamalar; pirometazomatik, pnömatolitik, metazomatik, hidrotermal v.b. olarak tanımlanmıştır. Araştırmacıların bir bölümü "Fe" elementinin doğrudan granitlere bağlı pnömatolitik, hidrotermal ergiyikler ile geldiği tezini öne sürerlerken (Kovenko; 1937, Gysin; 1938, Wijkerslooth; 1939, 1941, Klemm; 1960 ve Koşal; 1965, 1971, 1973), diğerleri de asit magma içinde asimile olan kireçtaşı-ultrabazit karmaşığında türeyen gaz fazındaki demirce zengin solüsyonların pirometazomatik manyetit yatağını oluşturduğunu, demirin taşınmasının demir klorürler şeklinde olduğunu savunmaktadırlar (Bozkurt; 1980). Yukarıda da belirtildiği gibi tüm araştırmacılar demir elementinin granit ile birlikte geldiği konusunda farklı modellerde bütünleşmişlerdir. Divriği demir yatağı dünya literatürüne de kontak metazomatik kalk skarn (Bottke; 1981) ve kontak metazomatik (Petrascheck ve Pohl; 1982) "Tip Yatak" olarak girmiş ve tanımlanmıştır.

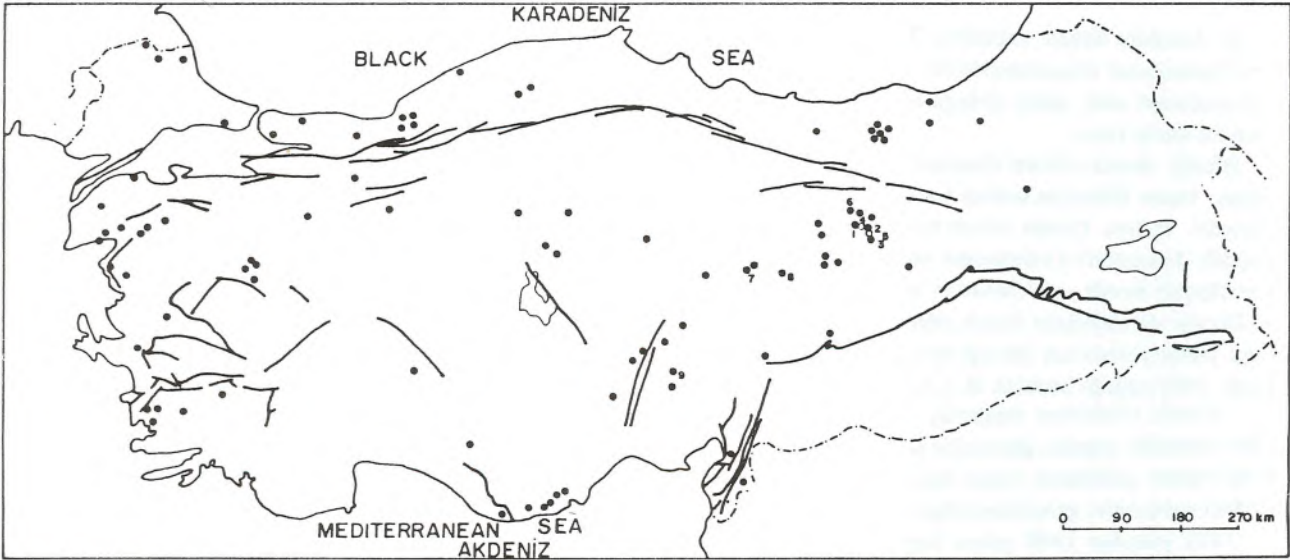
Doğrudan granitlere bağlı oluşum modeline karşı ilk görüş Ünlü (1983 b) ile başlar. Yazar 1983 yılında Sivas-Divriği ve Akdağ, Gürün-Otlukilise, Erzincan-Bizmişen

ve Kurudere, Adıyaman-Bulam demir yataklarında yapmış olduğu saha çalışmalarında, aynı yataklanmaların granitoidlerden çok bazik magma ile olan ilişkilerine saha gözlemleri doğrultusunda değinmiştir. Skarn tip olarak adlanan bu oluşukların bir jenez türünden çok, cevherin bugünkü konumunu almasındaki bir maden jeolojisi syk'linin (devrinin) son yerleşim şekli olduğu tezi ni öne sürmüştür. Cevherleşmelerin okyanus kabuğu ile olan doğrudan ilişkilerine dikkati çekerek "Okyanus Kabuğuna Özgü Demir Yataklanmaları" kavramını ilk kez ifade etmeye çalışmıştır. Ayrıca yazar, şekil 1 ve şekil 2' de görülen "Türkiye demir yatakları coğrafik dağılım haritası" ile "Ultrabazik kayaların Türkiye'deki dağılım haritası" nı aynı çalışmasında karşılaştırmalı sunarak, demir yatakları ile ultrabazitlerin dağılımlarındaki çok yakın ilişkiye kuramsal bir yaklaşımla değinmeye çalışmıştır. Dağılımlardaki bu benzeyiş, araştırmacının bölgedeki çalışmalarına başlamasında en önemli başlıca etkeni oluşturmuştur.

Yazar daha önce yapmış olduğu Deveci demir yataklarına ilişkin çalışmalarında (Ünlü; 1983 a) hazırlamış olduğu yaklaşık 700 km<sup>2</sup>'lik saha jeolojisi haritasında yer alan Hekimhan havzası demir yataklarından Deveci siderit yatağını ayrıntılı olarak incelemiş ve Deveci yatağının sinsedimanter-volkanojen karakteri ile bazik volkanizmayla olan ilişkisini saptamıştır. Aynı havzada yer alan Hasançelebi demir yatağının da gabro türü kayalar içerisindeki konumunu gözlemlemiştir. Ünlü, Divriği ve yöresi yataklarının bazit ve ultrabazitlerle olan doğrudan ilişkisi üzerine saha gözlemlerine dayanan yorumlamalarına geçerken, Deveci siderit yatağı ile ilgili çalışmaların

da toplamış olduğu bilgi birikiminden de yararlanmıştır. Böylece laboratuvar çalışması yapmadan, salt saha gözlemleri ile Divriği ve yöresi yataklanmalarının, Hekimhan havzası yataklanmaları ile olan benzerlik ilişkilerine değinerek, Divriği ve yöresi yataklanmalarının da okyanus kabuğuna özgü yataklanmalar olabileceği ön görüşünü açıklamıştır (Ünlü; 1983 b).

Divriği demir yatağı ile ilgili farklı bir görüş te Tokel ve Köprübaşı (1986) ya aittir. Araştırmacıların Türkiye Jeoloji Kurultayı'nda sunduğu Divriği demir yatağına özgü oluşum modeli şu şekilde özetlenebilir; Eosen sonu-Oligosen başı makro ekaylanmalarla kabuk kalınlaşması ve dolayısıyla "S" tipi granitoidleri oluşmaktadır. Bu olay Anadolu'nun evriminde çok önemli bir orojenik olay olarak benimsenmekte, "Divriği Fazı" olarak jeolojik yayıma sunulması önerilmektedir. "S" tipi granitler alt kabuk ergimesiyle NaCl'ce zenginleşmekte ve bunun demiri ofiyolitler içindeki ultrabazitlerden söküp taşıdığı iddia edilmektedir. Tokel ve Köprübaşı'na göre demir ultrabazitlerden kaynaklanmakta, ancak granitler tarafından ultrabazitlerdeki silikat kompozisyonundan çözülmekte (NaCl'nin hidrolizi sonucu HCl'e dönüşmesi ile) ve FeCl<sub>2</sub> şeklinde hareketlenmektedir. FeCl<sub>2</sub>'ce aşırı doygun çözelti kireçtaşları ile dokanakta tepkimeye girecek manyetit ve hematit olarak çökelmektedir. Tokel ve Köprübaşı'nın çalışmaları ile ilgili tebliğ özetlerinin dışında, çalışmalarındaki bulguları ile ilgili yayımlanmış bir yayınları henüz bulunmadığından, burada çalışmalarına bu şekilde değinilmesi uygun görülmüştür. Ancak ultrabazitlerden silikat kompozisyonundaki demirin granitoidlere bağlı ergiyikler yardımı ile çözülmesi sonucu



Şekil 1 : Türkiye demir yataklarının dağılımı (Gümüş; 1970). Daireler demir yataklarını göstermektedir. Çalışma aşağıdaki sahalardan içerir: 1) Divriği A-Kafa ve B-Kafa, 2) Kurudere, 3) Bizmişen, 4) Akuşağı, 5) Sultanmurat, 6) Akdağ, 7) Karahalka, 8) Otlukilise, 9) Attepe demir yatakları.

Figure 1 : Distribution of iron deposits in Turkey (after Gümüş; 1970). Circles: iron deposits. Framed areas are included in this study: 1) Divriği A-Kafa and B-Kafa, 2) Kurudere, 3) Bizmişen, 4) Akuşağı, 5) Sultanmurat, 6) Akdağ, 7) Karahalka, 8) Otlukilise, 9) Attepe.



oluşan yaklaşık 100 milyon tonluk bir Divriği demir yatağı salt bir başına olsa da bu modelin doğruluk derecesi konusunda şüpheler getirir boyuttur. Kaldı ki modellerine temel oluşturan Divriği granitoidlerinin Eosen sonu-Oligosen başı yaş aralığı sınırı çok kritik bir varsayım görünümündedir.

Bu çalışmanın geneli ile ilgili giriş bölümünde özellikle belirtilmesi istenen bir konu da, maden yataklarımızdaki bugünkü darboğazdır. Bu, belki bu güne değin maden yataklarının enson yerleşim şekilleri ile ilgili ayrıntılı çalışmalarına karşın, jenez kelimesinin ötesinde jenezin anlamının araştırılmamış olmasından kaynaklandığı görülmüştür. Maden yatağının enson yerleşim şekline değin geçirmiş olduğu evrelerin araştırılması, yeni yatakların bulunabilmesindeki prospeksiyon yöntemlerini geliştirebilecek nicelikler olup, prospeksiyon alanının boyutlarının ise, yatağın enson yerleşim şekline ilişkin parametrelerde gizlendiği, basit bir maden jeoloji kuralı olarak unutulmamalıdır. Yatakların tek tek ele alınıp ayrıntılı olarak incelenmeleri kadar, yatakların birbirleriyle olan ilişkilerindeki organik bağlar da çok iyi bir şekilde değerlendirilmelidir. Bunun sonucunda olgunlaşabilecek havza etüdleri ile, bilinen yataklardan gidilerek bilinmeyen yatakların bulunması denenmeli, aynı zamanda bilinen yatakların geliştirilebilmesine de katkısının olabileceği gözardı edilmemelidir. Şimdiye değin Türkiye'de birçok tartışma ortamında ya da yayınlanmış çalışmalarda maden yatakları konusunda havza etüdleri yapılması önerilmiştir. Ancak, bu önerilere karşın, bugüne değin yayımlanmış geniş boyutlu bir demir yatağı havza etüdüne literatürümüzde rastlanılmamaktadır. Dileğimiz bu çalışmada bu eksikliği dolduracak uğraşlara bir başlangıç oluşturur.

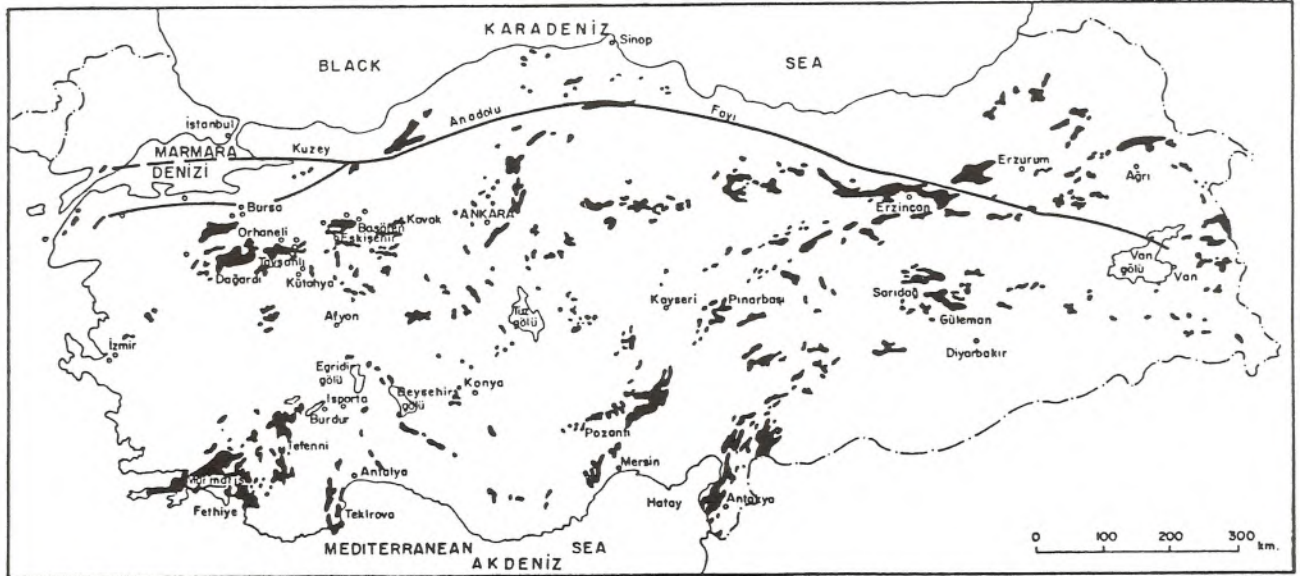
## YÖNTEM

Çalışmalara başlangıç oluşturan en büyük bulgu,

Türkiye demir yatakları ve ultrabazik kayaların dağılımlarındaki yakın ilgidir (Şekil 1, 2). Amaç bu ilginin çözümlenebilmesine katkı koyabilmede bütünleşir. Bu nedenle Erzincan-Ilıç'ta ve Sivas-Divriği bölgelerinde yüzeyleyen, Pınarbaşı ve Pozantı bölgelerinde geniş yayılımlar gösteren ultrabazik kayalar ve bu kayalara çok yakın lokalitelerde yer alan demir yataklarından oluşan Türkiye'nin en önemli demir kuşağına özgü 9 adet demir yatağı ayrıntılı incelemelere konu olmuştur. Bu kuşakta ki tüm demir yataklarının değerlendirilmesi zaman ve olanaklar yönünden ulaşılamaz olduğu için, aynı kuşakta saha gözlemlerine dayanan yorumlar doğrultusunda tüm bölgeyi temsil edebilecek yatakların seçilmesine çalışılmış, örnek alımı işlemlerinde de yatağı tanımlıyabilecek örneklemeye büyük bir titizlik gösterilmiştir. Seçilen ve çalışılan yataklar şu şekilde sıralanabilir:

- 1- Sivas "Divriği A-Kafa ve B-Kafa demir yatakları"
- 2- Sivas, Divriği "Akdağ demir yatağı"
- 3- Sivas, Gürün "Otlukilise demir yatağı"
- 4- Kayseri, Pınarbaşı, Uzunyayla "Karahalka demir yatağı"
- 5- Erzincan, Kemaliye "Bizmişen demir yatağı"
- 6- Erzincan, Kemaliye, Çaltı "Kurdere demir yatağı"
- 7- Erzincan, Kemaliye, Çaltı "Sultanmurat demir yatağı"
- 8- Erzincan, Kemaliye, Çaltı "Akuşağı demir yatağı"
- 9- Adana, Feke, Mansurlu "Attepe demir yatağı".

Yukarıda adı geçen yataklardan, Divriği A ve B Kafa yataklarından 300 adet ve diğer yataklardan 350 adet cevher ve yankayaç örneği derlenmiş olup, örneklerin makro-ve mikro ayrıtılması sonucu 230 örnekte detay çalışmalar sürdürülmüştür.



Şekil 2 : Türkiye'deki ultrabazik kayaların dağılımı (M.T.A. çalışmalarından derlenmiştir.)

Figure 2 : Distribution of ultrabasic rocks in Turkey (Compiled from MTA studies).

Her bir yatağın ayrı kişilerce incelenmesi sonucu ortaya çıkan jenez karmaşasını ve yanlış yönlendirmeleri önlemek amacı ile havzadaki 9 adet demir yatağı ile ilgili çalışmalar tek elden yürütülmeye çalışılmıştır.

## ÖRNEK ALIMI ve ANALİZ YÖNTEMLERİ

Örnekler yatakları temsil edebilecek şekilde sistematik olarak alınmış, yaklaşık 2 kg. ağırlığındaki el örnekleri olup, makro-boyutta fazla bozuşmamış taze örneklerden oluşur. Örneklerin alındığı yer ve noktaları gösteren haritalar yayını uzatmamak için verilmemiştir (Ünlü; 1987).

Divriği A ve B Kafa demir yataklarında; granitoidlerden, gabroyik kayalardan, serpantinitle, A Kafa'da cevher ve yankayaç ("skarn") ile B Kafa'da cevher ve yankayaç ("skarn") dan oluşmak üzere 7 grup örnek toplanmıştır (Tablo 1). Skarn kelimesi daha önce yapılmış çalışmalarda (Koşal; 1971) 1/1000 ölçekli jeoloji haritasında skarn olarak haritalanmış bölgeleri belirtmekte olup, terminolojik karmaşayı önlemek amacıyla örnek alınan yörelere ilişkin adlarda, daha önce verilen birim adlamalarına da yer verilmiştir. Ancak bu çalışmada daha önceden skarn olarak tanımlanan kayaların, yüksek Mg, Cr ve Ni element içeriklerinden dolayı ofiyolit kökenli kayalar olabilecekleri savunulmuş ve yankayaç olarak değerlendirilmiştir. Diğer 8 demir yatağında, herbir yatak için örnekler cevherli kesimlerden seçilmiş olup, ek olarak Attepe yatağında yankayaçtan da örnekler derlenmiştir. Attepe yankayaç olarak isimlendirilen bölüm, hemen cevherin altında yer alan bitümlü seviyeyi karakterize eder. Bu şekilde Divriği demir yatağı dışında 9 grup örnek toplanmıştır (Tablo 2)

Toplanan örnekler mikroskopta incelenmeden, taze olup olmadıklarına göre ayırtılmadan önce, toplam örnekte (herhangi bir hazırlığa tabi tutulmadan, sahadan alındığı şekli ile) XRD (x-Işınları Difraksiyonu Analizleri) yardımı ile mineralojik incelemeleri yapılmıştır. Daha sonra mikroskopta taze olduklarına karar verilen örneklerde kimyasal analizler, XRF (x-Işınları Fluoresans Analizleri), ESA (Emissionsspektral Analizleri) ve AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrometresi) yardımı ile yapılmıştır. Böylece de 160 örnek üzerinde 10 esas ve 31 eser elemente özgü jeokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir (Au yalnızca birkaç örnekte analiz edilmiştir). Tüm analizlerde aynı tip standartların kullanılmasına büyük titizlik ve özen gösterilmiştir.

Sayısal yöntemler olarak univariyal analizlerden; aritmetik ortalama değer, standart sapma, maksimum ve minimum değerler metodu (Tablo 1, 2), multivariyal analizlerden; korelasyon analizlerinin bazı alt tipleri denenmiş (Tablo 3-8) ve verilerin istatistik değerlendirilmesinde Kopenhag Üniversitesi Hesap Merkezi'nden yararlanılmıştır. Kullanılan program klasik program paketlerinde mevcuttur. Özellikle korelasyon analizlerinde kesin yoruma

gidilebilmesi, tüm jeokimyasal analizlerde kullanılan standartların tekdüzeliği ile sağlanılmaya çalışılmıştır.

## YATAKLANMA TİPLERİ

Genelde cevherlerin yataklanma tipleri saha gözlemlerine göre 2 grup altında toplanabilir. Birinci grup, cevherin serpantinitle, kireçtaşlarıyla ve granitoidlerle tektonik kontaklı konumlarıyla karakteristiktir (Divriği A-B Kafa, Akdağ, Karahalka, Bizmişen, Kurudere, Akuşağı, Sultanmurat). İkinci grup ise (konglomeratik) sedimanter yataklanma özelliği taşır (Otlukilise, Akdağ, Attepe).

- I) Cevherin tektonik kontaklı konumu:
- |                   |   |
|-------------------|---|
| Divriği A-Kafa'da | : Serpantinit ve granitoid,                           |
| Divriği B-Kafa'da | : Serpantinit ve kireçtaşları,                        |
| Akdağ'da          | : Kireçtaşları,                                       |
| Karahalka'da      | : Kireçtaşları,                                       |
| Bizmişen'de       | : Granitoid ve/veya kireçtaşları ve/veya serpantinit, |
| Kurudere'de       | : Granitoid,  |
| Akuşağı'nda       | : Serpantinit ve kireçtaşları,                        |
| Sultanmurat'da    | : Granitoid'lerdir.                                   |
- II) Cevherin (konglomeratik) sedimanter yapısı:
- |               |  |
|---------------|--|
| Otlukilise'de | : Kireçtaşları içinde tektonik konumlu,                                    |
| Akdağ'da      | : Kireçtaşları içinde tektonik konumlu,                                    |
| Attepe'de     | : Paleozoyik kayalar içine yerleşmiş (konglomeratik değil) görünümündedir. |

Tektonik konumlu değerlendirilen cevherleşmeler yani Attepe dışındaki tüm yataklar, "Neo-Tethyan Ofiyolit Melanj Zonu" içerisinde yer almaktadırlar.

## DİFRAKTOMETRE İLE SAPTANAN ,YATAKLARA ÖZGÜ MİNERALLER

Yatakların cevher ve yankayaçlarına özgü XRD yardımı ile elde edilebilen mineral beraberlikleri aşağıda tablosal bir anlatım ile sunulmaya çalışılmıştır. Her gruba özgü örneklerde saptanan mineraller grupların karşısına ve kaç örnekte görülebildikleri ise minerallerin altında parantezler içinde sayılarla gösterilmiştir. Örneğin; A Kafa cevherlerinden (d) 5 adet örnek analiz edilmiş olup, difraktogramlarda 5 örnekte manyetit, 3 örnekte glimmer, 2 örnekte pirit piki saptanmıştır. Burada vurgulanması gereken ikinci bir açıklama glimmer piki için yapı-

lacaktır. Difraktogramlardaki glimmer piki; flogopit, biyotit, muskovit, lepidolit veya illit'ten kaynaklanmış olabilir. Daha ayrıntılı ayırtlama difraktogramlarda yapılamamaktadır.

Divriği A ve B Kafa Demir Yatağı:

- a) Siyenitik ve granitik kayalar; feldispat (albit)  
(4) (4)  
+ glimmer + amfibol + kuvars + manyetit,  
(4) (3) (3) (1)
- b) Gabroyik kayalar; glimmer + amfibol (tremolit ?) + piroksen (diopsit) + feldispat,  
(2) (2) (2) (1)
- c) Serpantinit; serpantin + manyetit,  
(3) (3) (3)
- d) A Kafa cevher; manyetit + glimmer + pirit,  
(5) (5) (3) (2)
- e) B Kafa cevher; hematit + manyetit + götit,  
(5) (5) (3) (2)
- f) A Kafa yankayaç ("skarn"); dolomit +glimmer  
(10) (5) (5)
- + kuvars + kalsit + serpantin + feldispat +  
(5) (4) (3) (3)  
amfibol + manyetit + hematit,  
(2) (1) (1)
- g) B Kafa yankayaç ("skarn"); serpantin + manyetit + kalsit + kuvars + talk + dolomit.  
(10) (10) (9)  
(3) (2) (1) (1)

Diğer Demir Yatakları:

- h) Otluklilise; hematit + glimmer + manyetit + ilmenit  
(7) (5) (3) (3) (2)  
+ siderit + götit + kuvars,  
(2) (2) (1)
- i) Akdağ; hematit + götit + kalsit + dolomit + manyetit,  
(7) (6) (3) (2) (2)  
(1)
- j) Karahalka; hematit + kalsit + manyetit + glimmer + götit,  
(4) (4) (3) (2) (1)  
(1)
- k) Kurudere; manyetit + pirit + kuvars + hematit + götit + kalsit + kilminerali,  
(2) (2) (2) (2) (1)  
(1) (1) (1)
- l) Sultanmurat; manyetit + hematit + kuvars,  
(1) (1) (1) (1)
- m) Akuşağı; manyetit + hematit + kuvars,  
(1) (1) (1) (1)

- n) Bizmişen; manyetit + kalsit + kuvars + kilminerali + (..?),  
(2) (2) (1) (1) (1)  
(1)
- o) Attepe cevher; götit + siderit + manyetit,  
(5) (3) (2) (1)
- p) Attepe yankayaç; kuvars + kalsit + glimmer + kilminerali + (dolomit veya grafit ?),  
(2) (2) (1) (1)  
(1) (1)

A ve B Kafa demir yatağına özgü 39 ve diğer demir yataklarına özgü 31 örnekten oluşan toplam 70 cevher ve yankayaç örneğinde analiz yapılmıştır.

Divriği A ve B Kafa demir yatakları 2 yer ve diğer 8 adet demir yatağı 8 yer biçiminde ele alınarak toplam 10 lokalite elde edilmiştir. Bu demir yataklarının mineral beraberlikleri genel olarak değerlendirildiğinde, 10 yatakta manyetit, 7 yatakta hematit, 6 yatakta götit, 2 yatakta siderit ve 2 yatakta pirit oluşumuna rastlanmıştır. Böylece demir minerallerinin genelde manyetit + hematit + götit'den oluştuğu söylenebilir.

B Kafa'da daha önceki çalışmalarda (Koşal; 1971) skarn olarak tanımlanan yörelerden alınan 10 adet örneğin tamamında da serpantin piki saptanmıştır (g). Böylece B Kafa demir yatağının, mineralojik olarak ultrabazik kayalarla olan çok yakın ilişkisi saptanabilmiştir.

## YATAKLARA ÖZGÜ CEVHERLEŞMELERİN JEOKİMYASI

Divriği A ve B Kafa demir yataklarında; granitoidlerde, gabroyik kayalarda, serpantinlerde, cevher ve yan kayalarda toplam 76, diğer 8 yatakta toplam 84 olmak üzere, 160 örnekte kimyasal analiz yapılmıştır.

XRF yardımı ile; SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ΣFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(%), Cu, Zn, Pb, Ni, Co, V, S, Cr, Ba, Sr, Zr, Ga, Rb, Cl, La, Ce, Nd, Y, Th, Nb, Sc, (ppm), ESA yardımı ile; B, Be, Mo ve AAS yardımı ile; Li, Ag, As, Sb, Bi, Sn, Au (ppm) element analizleri yapılmıştır (Σ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, toplam demiri ifade eder).

Analiz sonuçlarının tek tek verilmesi yayın kapsamını uzatmak açısından uygun görülmemiştir (Ünlü; 1987). Tüm sonuçlar tablo 1 ve 2'de öz olarak sunulmuştur. Tablolarda tüm yataklar ve yankayaçlar ayrı ayrı gruplandırılarak, analiz sonuçları 16 grup altında toplanmıştır.

Her gruba özgü örneklerdeki elementlerin minimum ve maksimum değerleri, standart sapmaları ve ortalama değerleri sunulurken, ortalama değerlerin altındaki parantezlerin içinde kaç analiz sonucunda elde edilmiş oldukları gösterilmiştir. Ayrıca her gruba özgü analizi yapılan örnek sayısı gruplarının karşısında belirtilmişlerdir. Tablolarda kullanılan değerler tümüyle analizlerde elde edilen doğrudan değerleri anlatırlar.

Bazı analizlerde maksimum değer, standart sapma ve ortalama değer ile ilgili bölümler boş bırakılmıştır (örneğin tablo 1'de serpantinlerde  $\text{Na}_2\text{O}$  değeri). Burada 5 adet örneğin analiz edildiği parantez içinde belirtilmiştir. Ancak tüm analiz verileri ölçüldükleri aletin dedeksiyon sınırının altında olduğu için, sadece minimum değer verilmesi ile yetinilmiştir. Bu analizlerdeki minimum değerler dedeksiyon limitlerine karşılık gelir.

Demir yatakları örneklerindeki tablo 1'de 2868, tablo 2'de 3036 adet olmak üzere, toplam 5904 adet elementlere özgü analiz sonuçları bu şekli ile 2 tabloda öz bir biçimde sunulabilmiştir.

Tablolar genel olarak değerlendirildiğinde; A ve B Kafa yan kayaçlarında gözlenen yüksek  $\text{MgO}$  ortalama değeri, ultrabazik kayaçlarla benzerlik içerisindedir. A ve B Kafa cevherleri yüksek Cr, Co ve Ni içeriğine de sahiptir. Attepe ve Otluklise'de saptanan yüksek Ba içeriği sedimanter ortamlar için çok normaldir. Ancak Karahalka'da saptanan yüksek Ba içeriğinin hidrotermal damarcıklar ile olan ilişkisi de gözardı edilmemelidir.

### JEOKİMYASAL VERİLERİN KORELASYON ANALİZLERİ YARDIMI İLE YORUMLANMASI

Yaklaşık 6000 adet analiz sonucundan oluşan büyük bir kümenin jeostatistik değerlendirme ve yorumlaması birçok amaç için değişik yöntemler ile yapılabilir. Bu çalışmada yalnızca korelasyon analizleri metodu denenecektir. Korelasyon analizlerinde kullanılan korelasyon katsayıları doğrusal regresyon'dan yararlanılarak hesaplanmıştır. Korelasyon analizi konusunda birçok yayınlanmış çalışma vardır. Yöntemin maden yatakları disiplinine uygulanışı Ünlü (1985) te ayrıntılı verildiğinden burada yönteme ilişkin açıklamaya girilmeyecektir.

Korelasyon analizi için gerekli standart sapmalarla sahip 24 element (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P, Cu, Zn, Pb, Ni, Co, V, S, Cr, Ba, Sr, Zr, Ga, Pb, Cl) seçilmiş ve bu elementlere özgü 3408 kimyasal analiz sonucundan yararlanılmıştır.

Korelasyon analizlerinde esas elementler için doğrudan analiz verileri kullanılmıştır. Eser elementlerde ise analiz verileri, ln tabanına göre dağılımlarıyla istatistik değerlendirmeye sokulmuşlardır. Böylece eser element değerleri arasındaki normal dağılımın sağlanması gerçekleştirilmiştir.

Tüm yataklar ve yankayaçların ayrı ayrı gruplandırılmalarına karşın, Sultanmurat ve Akuşağı yatakları, analizlerde 2 yatağa özgü parametrelerdeki çok yakın benzerliklerden ve analiz edilen örnek sayılarının diğer gruplara göre eksikliğinden dolayı tek grup olarak değerlendirmeye sokulmuş, böylelikle analiz sonuçları 13 grup altında toplanmıştır.

Her bir elementin diğer elementlerle olan korelasyonunun sayısal anlatımı olan korelasyon katsayı değeri 13 ayrı grup için hesaplanmış ve 24 elemente ilişkin toplam 7176 adet korelasyon katsayısı değerinin sentezi ile sonuca gidilmesi denenmiştir.

Korelasyon katsayılarının karşılaştırılmalı yorumlanmasına gidebilmek için, her elementin diğer elementler ile olan korelasyon katsayılarını gösteren 24 ayrı tablo oluşturulmuştur (Ünlü; 1987). Her bir tablo özgün bir elemente ilişkindir. Böylece bir elementin diğer elementlerle 13 ayrı grup için olan ilişkisi tek bir tabloda toplanmıştır. Bu çalışmada amaca uygunluğu nedeni ile tablolardan salt 5 tanesi sunulacak ve yorumlanacaktır. (Tablo 3 - 7).

Örneğin tablo 3 demir elementi için hazırlanmıştır. Demir elementinin diğer elementlerle olan korelasyon katsayısı değeri, istenilen elementin karşısında verilmiştir. Aynı zamanda katsayı değeri 13 grup için ayrı ayrı yanyana sıralanmış ve ayrı yataklar için birbirleriyle karşılaştırılabilmesi kolaylaştırılmıştır. Tablo 3'ün biraz daha açılması, yorumlamaya yazarlar kadar okuyucularında ortak edilmesi amacı ile uygun görülmüştür. Tablo 3'de birinci dikey sütunda element adları verilmektedir. Aynı tablonun demir elementi için hazırlandığı, tablonun üstünde belirtilmiştir. 1. yatay sıra silisyum elementinin, 2. yatay sıra titanyum elementinin, 3. yatay sıra alüminyum elementinin ve diğerlerinin demir elementi ile olan korelasyon katsayı değerleri için hazırlanmıştır. Örneğin demir ile silisyum element çifti arasındaki korelasyon ilişkisi 1. yatay sırada 13 ayrı grup için ayrı ayrı verilmiştir. Bu değerler birbirleri ile karşılaştırılabilir. Ayrıca maden yatakları, tablonun üstündeki yatay sırada 1'den 10'a kadar verilen sayılar ile belirginleştirilmiştir.

Korelasyon katsayı değerlerinin işaretleri bazı çiftlerde pozitif bazı çiftlerde negatif olarak verilmiştir. Pozitif değerler element çiftlerinin birlikte artmakta veya eksilmekte olduklarını yani "birlikte hareketliliklerini", negatif korelasyon ise element çiftlerinden bir elementin artarken diğerinin eksildiğini daha doğrusu "karşıt hareketliliklerini" göstermektedir.

Tüm yataklardaki aynı işaretli korelasyon katsayıları, bu element çiftlerinin yataklardaki davranışlarındaki ortak özelliğini ortaya koyar. Bu özellik birlikte hareketlilik veya karşıt hareketlilik biçiminde özgünleşir. Bu hareketlilik de genetik anlam taşıyabilir.

Element birliklerinin saptanmasında en kolay yöntem, birlikte hareketliliğin matematiksel anlatımı olan tüm yataklarda ortak davranış gösteren (pozitif korelasyon) elementlerin ayırtlanmasıdır. Böylece birçok element içinde birkaç adet "birlikte hareket eden" element ayırtlanabilecektir. Bu nedenle tüm yataklarda pozitif korelasyon gösteren elementler tablolarda ayrıca kare içine alınmış ve birçok korelasyon içinde ayırtlanmaları ve sunulmaları kolaylaştırılmıştır.

Tablolar tektek yorumlandığında;

Tablo 3'de Fe elementinin diğer elementlerle olan ilişkisi verilmiştir. Co, Cr, ve Ga elementlerinin tüm yataklarda Fe elementi ile olan korelasyonları pozitif olup, kare içine alınmışlardır. Böylece de ortak davranış özelliği vurgulanmıştır. Yani tüm yataklarda Fe, Co, Cr ve Ga elementi birliktelik oluşturmaktadır. Ancak Ga

Tablo 3 :  $\Sigma Fe_2O_3$  ve diğer tüm elementler arasındaki korelasyon katsayıları.  
Table 3 : Correlation coefficients between  $\Sigma Fe_2O_3$  and all other elements.

			1	2	3	4	5	6	7	8-9	10		
	Serpentinli Serpentinli	A-Kafa Yan Kayaç "A-Kafa" Host Rock	B-Kafa Yan Kayaç "B-Kafa" Host Rock	A-Kafa Cevher "A-Kafa" Ore	B-Kafa Cevher "B-Kafa" Ore	Otluklisa Otluklisa	Akdağ Akdağ	Karahalka Karahalka	Bizmiş Bizmiş	Kurudere Kurudere	Sultunmural ve Akşoğl Sultunmural and Akşoğl	Attepe Attepe	Attepe Yan Kayaç Attepe Host Rock
SiO <sub>2</sub>	-0.546	-0.459	-0.974	-0.967	-0.601	-0.976	-0.564	-0.289	-0.946	-0.996	-0.900	-0.722	-0.340
TiO <sub>2</sub>	+0.646	+0.127	+0.922	-0.468	+0.240	-0.970	-0.087	+0.163	-0.842	-0.989	-0.629	-0.714	-0.644
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+0.628	+0.220	-0.059	-0.964	+0.064	-0.977	+0.025	+0.206	-0.783	-0.992	-0.687	-0.708	-0.497
MnO	+0.988	+0.038	+0.036	-0.025	+0.410	+0.678	-0.003	-0.587	-0.286	-0.401	-0.316	-0.455	+0.202
MgO	-0.814	-0.180	-0.968	-0.909	+0.429	-0.555	+0.672	+0.380	-0.815	-0.871	-0.167	-0.592	-0.269
CaO	+0.168	+0.098	+0.180	-0.332	-0.601	-0.562	-0.443	-0.747	-0.761	-0.983	-0.401	-0.643	+0.129
Na <sub>2</sub> O	0.000	-0.100	+0.036	-0.336	+0.036	-0.958	+0.193	+0.312	+0.024	-0.709	+0.073	-0.847	-0.540
K <sub>2</sub> O	+0.378	+0.144	+0.746	-0.893	-0.034	-0.972	-0.146	+0.069	-0.241	-0.524	-0.741	-0.713	-0.389
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	+0.711	-0.165	-0.553	-0.332	-0.111	-0.385	-0.138	+0.163	-0.310	-0.783	+0.479	-0.389	-0.342
Cu	-0.556	-0.423	+0.095	+0.104	+0.210	-0.761	0.000	-0.344	-0.082	-0.258	+0.288	-0.410	+0.885
Zn	+0.955	+0.400	+0.725	+0.349	-0.236	+0.834	+0.366	-0.529	+0.515	+0.754	+0.157	-0.643	+0.046
Pb	-0.007	-0.464	-0.516	-0.006	-0.320	-0.940	-0.025	-0.717	+0.364	-0.500	0.000	-0.538	+0.149
Ni	-0.801	+0.099	-0.746	-0.024	+0.181	-0.947	+0.300	-0.737	-0.247	-0.648	+0.432	-0.711	+0.931
Co	-0.410	+0.173	+0.960	+0.744	+0.709	+0.971	+0.608	+0.887	+0.494	+0.563	+0.803	+0.968	+0.687
V	-0.227	+0.541	+0.816	+0.130	+0.374	-0.600	+0.323	+0.016	+0.293	-0.381	-0.082	-0.123	-0.492
S	-0.473	-0.283	+0.435	+0.277	+0.208	-0.876	-0.150	-0.108	-0.283	-0.540	-0.463	-0.012	+0.882
Cr	-0.606	+0.262	-0.110	+0.703	+0.569	+0.975	+0.709	+0.756	+0.620	+0.911	+0.841	+0.971	-0.404
Ba	0.000	+0.125	+0.942	-0.260	+0.022	-0.436	+0.297	-0.046	+0.315	+0.797	-0.119	-0.336	-0.233
Sr	+0.300	+0.093	+0.152	+0.080	-0.509	-0.672	+0.054	-0.267	-0.268	-0.803	-0.305	-0.288	-0.115
Zr	+0.679	+0.090	+0.951	-0.418	+0.211	-0.938	+0.504	+0.256	-0.777	-0.047	-0.546	-0.536	-0.512
Ga	0.000	+0.527	+0.905	+0.364	+0.796	+0.538	+0.475	+0.642	+0.809	+0.964	+0.107	+0.783	-0.357
Rb	+0.696	+0.355	+0.594	-0.610	+0.027	-0.844	+0.183	+0.027	-0.377	-0.864	-0.774	-0.683	-0.398
Cl	-0.827	+0.246	-0.572	+0.257	+0.537	-0.772	-0.496	-0.170	-0.159	-0.472	+0.370	-0.574	+0.371

elementi tablo 1 ve 2'de görülebileceği gibi çok düşük ortalama değerlere sahiptir. Bu nedenle Ga elementinden korelasyon analizleri sonuç yorumlamasında yararlanılamıyacaktır.

Tablo 4'de Sr elementinin diğer elementlerle olan ilişkisi görülmektedir. Bu tabloda salt Na elementi tüm yataklarda pozitif korelasyona sahiptir. Yani Sr elementi ile Na elementi herbir yatakta birlikte artmakta veya birlikte eksilmekte, bir birlik oluşturmaktadır.

Tablo 5, K elementinin diğer elementlerle olan ilişkisini göstermektedir. Tüm yataklardaki ortak pozitif korelasyon ilişkisi K, Ti, Al, Rb birlikteliğini ortaya koyar.

Tablo 6'da Si, tablo 7'de Ca elementlerinin diğer elementlerle olan korelasyon ilişkileri 2 tablo olarak sunulmuştur. Ancak her bir tablonun tektek incelenmesi sonucu görülebileceği gibi, her 2 tabloda elementlerin yatakların tümünde pozitif korelasyon yönünden birliktelik göstermedikleri anlaşılır. Si elementi ile Fe elementi arasında, tüm yankayaç ve cevher örneklerindeki negatif korelasyon ilişkisi açıktır (Tablo 6). Ca elementinin de Fe elementi ile olan tüm yataklardaki negatif korelasyon ilişkisi tablo 7'de görülmektedir.

Böylece tablo 3'den tablo 7'ye değin sayısal yorumlamada, 3 adet element birliği aşağıdaki şekliyle saptan-

mıştır:

I. Birlik : Fe, Co, Cr

II. Birlik : Na, Sr

III. Birlik : K, Ti, Al, Rb.

Diğer 19 elemente ait hazırlanmış olan 19 adet tabloda, yukarıdaki birliklerin dışında yalnızca Ni, V ve Cu, S element birlikleri saptanmıştır. Ancak bu element çiftlerine özgü korelasyon katsayılarındaki düşük pozitif değerlerden dolayı, bu birliklerden sonuç yorumlamasında yararlanılamıyacaktır. Bu nedenle diğer 19 adet tablo yayına koyulmamış ancak Ünlü (1987)'de verilmiştir.

Burada kısaca açıklanması gereken ikinci bir konu negatif korelasyon ilişkisi üzerindedir. Tablo 3'de görülebileceği gibi, Fe elementinin K elementi ile olan korelasyonu negatif karakter taşır. Bu ilişki Fe elementine özgü I. Birlik ile K elementine özgü III. Birlik elementleri arasındaki karşıt ilişki karakterini açıklar (Reziprok davranış).

Element birlikleri parajenezlerin jeokimyasal açımlarıdır. Parajenezler ise jenetik anlamlara işaret edebilir. Korelasyon analizlerinden elde edilen sonuçlara göre demir cevherleşmelerine özgü element birlikleri ve mümkün olabilecek jenetik anlamları aşağıda sunulmuştur:

1) Fe, Cr, Co: Bu element birliği, demirin çok bazik bir ortamda oluşabileceğine işaret eder.

Tablo 4 : Sr ve diğer tüm elementler arasındaki korelasyon katsayıları.  
Table 4 : Correlation coefficients between Sr and all other elements.

			1	2	3	4	5	6	7	8-9	10		
	Serpentinil Serpentinite	A-Kafa Yan Kayaç A-Kafa Host Rock	B-Kafa Yan Kayaç B-Kafa Host Rock	A-Kafa Cevher A-Kafa Ore	B-Kafa Cevher B-Kafa Ore	Otluklisse Otluklisse	Akdağ Akdağ	Karahalka Karahalka	Bizmişen Bizmişen	Kurudere Kurudere	Sultanmurat ve Akuşağı Sultanmurat and Akuşağı	Attepe Attepe	Attepe Yan Kayaç Attepe Host Rock
SiO <sub>2</sub>	-0.099	-0.127	-0.129	-0.247	+0.582	+0.712	-0.156	+0.435	+0.363	+0.829	+0.057	+0.426	-0.823
TiO <sub>2</sub>	+0.246	+0.661	+0.172	-0.223	+0.006	+0.733	+0.109	+0.008	+0.453	+0.811	-0.220	+0.521	-0.368
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+0.849	+0.715	-0.093	-0.241	-0.163	+0.715	+0.627	+0.037	+0.593	+0.788	-0.141	+0.521	-0.312
ΣFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+0.300	+0.093	+0.152	+0.080	-0.509	-0.672	+0.054	-0.267	-0.268	-0.803	-0.305	-0.288	-0.115
MnO	+0.374	+0.207	+0.217	+0.611	-0.295	-0.138	-0.302	+0.248	+0.672	+0.385	+0.738	+0.517	+0.905
MgO	-0.483	-0.442	-0.318	-0.371	-0.427	+0.105	-0.406	-0.014	+0.035	+0.932	+0.587	-0.142	-0.002
CaO	+0.073	+0.341	+0.703	+0.611	+0.482	+0.217	+0.295	-0.090	+0.713	+0.763	+0.739	+0.068	+0.853
Na <sub>2</sub> O	0.000	+0.325	+0.315	+0.581	+0.487	+0.751	+0.466	+0.333	+0.814	+0.881	+0.398	+0.256	-0.288
K <sub>2</sub> O	-0.248	+0.687	+0.204	-0.473	-0.052	+0.695	-0.302	-0.086	-0.182	+0.756	+0.071	+0.515	-0.223
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0.343	+0.592	-0.009	+0.300	+0.539	+0.625	+0.800	+0.022	+0.519	+0.912	-0.495	+0.598	+0.565
Cu	-0.429	+0.223	-0.080	-0.006	+0.003	+0.299	0.000	-0.102	+0.295	+0.139	-0.752	+0.180	-0.094
Zn	+0.556	-0.235	-0.021	-0.021	+0.613	-0.705	+0.424	+0.669	+0.190	-0.464	+0.390	+0.596	-0.159
Pb	-0.880	-0.151	-0.133	+0.203	+0.486	+0.673	+0.475	+0.587	-0.439	+0.741	0.000	+0.264	+0.593
Ni	-0.368	-0.239	-0.335	+0.450	-0.114	+0.594	-0.111	+0.303	-0.675	+0.476	-0.005	+0.520	-0.338
Co	-0.802	-0.235	+0.008	+0.498	-0.482	-0.784	+0.048	-0.458	-0.346	-0.814	-0.477	-0.393	-0.586
V	+0.800	+0.647	+0.242	-0.189	-0.352	+0.596	+0.046	+0.596	-0.400	+0.279	-0.543	+0.618	+0.303
S	-0.745	+0.398	-0.281	+0.480	-0.412	+0.488	-0.081	+0.720	-0.101	+0.147	+0.026	+0.363	-0.033
Cr	+0.239	-0.310	-0.156	+0.375	-0.587	-0.559	+0.300	+0.081	-0.654	-0.789	-0.523	-0.284	-0.515
Ba	0.000	+0.592	+0.091	-0.483	+0.375	+0.749	+0.059	+0.770	-0.094	-0.668	-0.266	+0.590	+0.040
Zr	+0.646	+0.556	+0.254	-0.021	+0.072	+0.632	-0.193	+0.101	+0.103	+0.547	-0.409	+0.532	-0.548
Ga	0.000	+0.405	+0.286	-0.278	-0.594	-0.290	-0.247	-0.216	-0.018	-0.852	-0.012	+0.039	-0.214
Rb	-0.113	+0.579	+0.468	-0.371	-0.205	+0.318	+0.089	-0.062	+0.058	+0.818	+0.063	+0.180	-0.136
Cl	+0.168	+0.029	-0.403	-0.090	-0.568	+0.197	-0.447	-0.368	+0.714	+0.577	+0.622	+0.050	+0.018

Tablo 5 : K<sub>2</sub>O ve diğer tüm elementler arasındaki korelasyon katsayıları.  
Table 5 : Correlation coefficients between K<sub>2</sub>O and all other elements.

			1	2	3	4	5	6	7	8-9	10		
	Serpentinil Serpentinite	A-Kafa Yan Kayaç A-Kafa Host Rock	B-Kafa Yan Kayaç B-Kafa Host Rock	A-Kafa Cevher A-Kafa Ore	B-Kafa Cevher B-Kafa Ore	Otluklisse Otluklisse	Akdağ Akdağ	Karahalka Karahalka	Bizmişen Bizmişen	Kurudere Kurudere	Sultanmurat ve Akuşağı Sultanmurat and Akuşağı	Attepe Attepe	Attepe Yan Kayaç Attepe Host Rock
SiO <sub>2</sub>	-0.778	+0.265	-0.750	+0.956	+0.108	+0.993	-0.032	-0.113	+0.362	+0.536	+0.645	+0.865	+0.338
TiO <sub>2</sub>	+0.134	+0.723	+0.837	+0.473	+0.326	+0.993	+0.836	+0.901	+0.452	+0.488	+0.931	+0.999	+0.858
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.205	+0.920	+0.293	+0.949	+0.752	+0.995	+0.140	+0.570	+0.301	+0.506	+0.953	+0.999	+0.880
ΣFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+0.378	+0.144	+0.746	-0.893	-0.034	-0.972	-0.146	+0.069	-0.241	-0.524	-0.741	-0.713	-0.389
MnO	+0.423	+0.040	+0.198	-0.139	-0.331	-0.651	+0.694	-0.126	-0.076	-0.157	+0.021	+0.428	-0.371
MgO	-0.652	-0.699	-0.756	+0.988	+0.789	+0.587	+0.071	+0.564	+0.360	+0.854	-0.007	+0.060	+0.757
CaO	-0.012	+0.107	+0.256	-0.053	-0.188	+0.490	-0.230	+0.033	-0.014	+0.383	+0.115	+0.116	-0.508
Na <sub>2</sub> O	0.000	+0.421	-0.096	+0.038	+0.005	+0.958	-0.391	+0.450	-0.140	+0.805	-0.109	+0.394	+0.305
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	+0.745	+0.662	-0.301	+0.024	-0.342	+0.464	+0.269	+0.865	-0.140	+0.891	-0.371	+0.761	+0.066
Cu	+0.463	+0.148	+0.020	-0.135	-0.042	+0.770	0.000	-0.659	+0.301	+0.202	+0.081	+0.232	-0.399
Zn	+0.339	-0.410	+0.477	-0.166	-0.046	-0.869	-0.637	-0.430	+0.056	+0.039	-0.611	+0.848	+0.234
Pb	+0.598	-0.227	-0.259	-0.101	-0.260	+0.966	-0.544	-0.405	-0.206	+0.999	0.000	+0.443	-0.579
Ni	-0.293	-0.570	-0.756	-0.081	+0.292	+0.967	+0.608	-0.533	+0.343	+0.431	-0.524	+0.999	-0.447
Co	+0.217	+0.019	+0.600	-0.886	+0.250	-0.956	+0.073	+0.049	-0.129	-0.981	-0.644	-0.853	-0.465
V	-0.175	+0.673	+0.703	-0.059	+0.410	+0.673	+0.609	-0.016	+0.352	+0.078	+0.054	+0.581	+0.767
S	-0.381	+0.438	+0.438	-0.535	-0.089	+0.836	+0.071	-0.616	+0.344	+0.294	+0.500	-0.141	-0.542
Cr	-0.364	-0.499	+0.069	-0.814	+0.057	-0.924	+0.190	-0.092	-0.281	-0.659	-0.507	-0.746	+0.866
Be	0.000	+0.851	+0.601	+0.447	+0.704	+0.390	+0.677	-0.515	-0.022	-0.793	+0.115	+0.637	+0.859
Sr	-0.248	+0.687	+0.204	-0.473	-0.052	+0.695	-0.302	-0.086	-0.182	+0.756	+0.071	+0.515	-0.223
Zr	-0.134	+0.795	+0.772	+0.265	+0.445	+0.964	-0.276	+0.875	+0.127	+0.786	+0.719	+0.939	+0.763
Ga	0.000	+0.769	+0.801	-0.101	+0.044	-0.501	+0.308	-0.301	+0.034	-0.611	+0.162	-0.284	+0.920
Rb	+0.867	+0.853	+0.871	+0.705	+0.807	+0.839	+0.360	+0.815	+0.867	+0.363	+0.699	+0.745	+0.965
Cl	-0.182	+0.160	-0.658	-0.109	+0.072	+0.781	+0.553	+0.708	+0.113	+0.352	-0.558	-0.021	-0.647

Tablo 6 : SiO<sub>2</sub> ve diğer tüm elementler arasındaki korelasyon katsayıları.  
Table 6 : Correlation coefficient between SiO<sub>2</sub> and all other elements.

		1	2	3	4	5	6	7	8-9	10			
	Serpentinit Serpeninite	A-Kafa Yan Kayaç "A-Kafa" Host Rock	B-Kafa Yan Kayaç "B-Kafa" Host Rock	A-Kafa Cevher "A-Kafa" Ore	B-Kafa Cevher "B-Kafa" Ore	Oflukilise Oflukilise	Akdağ Akdağ	Karahalka Karahalka	Büzmiş Büzmiş	Kurudere Kurudere	Sultanmurat ve Akuşoğlu Sultanmurat and Akuşoğlu	Attepe Attepe	Attepe Yan Kayaç Attepe Host Rock
TiO <sub>2</sub>	+0.118	-0.159	-0.899	+0.494	-0.160	+0.996	-0.064	-0.036	+0.911	+0.989	+0.637	+0.866	+0.591
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.008	+0.123	+0.112	+0.988	-0.014	+0.998	-0.304	-0.594	+0.842	+0.987	+0.646	+0.865	+0.527
ΣFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.546	-0.459	-0.974	-0.967	-0.601	-0.976	-0.584	-0.289	-0.946	-0.996	-0.900	-0.722	-0.340
MnO	-0.643	-0.318	-0.105	+0.032	-0.111	-0.684	-0.282	-0.288	+0.338	+0.425	-0.067	+0.208	-0.978
MgO	+0.799	-0.412	+0.928	+0.961	-0.150	+0.541	-0.696	-0.559	+0.700	+0.878	-0.197	-0.016	+0.065
CaO	-0.558	-0.342	-0.208	+0.140	+0.909	+0.471	+0.375	-0.415	+0.816	+0.980	+0.052	+0.126	-0.929
Na <sub>2</sub> O	0.000	+0.184	-0.128	+0.242	+0.038	+0.969	-0.001	-0.106	+0.115	+0.719	-0.362	+0.425	+0.624
K <sub>2</sub> O	-0.778	+0.265	-0.750	+0.956	+0.108	+0.993	-0.032	-0.113	+0.362	+0.536	+0.645	+0.865	+0.338
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0.491	+0.189	+0.545	+0.193	+0.297	+0.425	-0.144	+0.112	+0.425	+0.793	-0.268	+0.634	-0.360
Cu	+0.061	+0.566	+0.050	-0.140	+0.149	+0.773	0.000	-0.099	+0.060	+0.257	0.000	+0.101	-0.164
Zn	-0.564	-0.566	-0.668	-0.207	+0.778	-0.866	-0.285	+0.217	-0.382	-0.767	-0.117	+0.757	+0.179
Pb	-0.118	+0.093	+0.483	+0.040	+0.569	+0.944	-0.095	+0.340	-0.279	+0.512	0.000	+0.294	-0.563
Ni	+0.767	-0.562	+0.766	-0.020	+0.055	+0.959	+0.398	+0.312	+0.095	+0.654	-0.266	+0.866	-0.076
Co	+0.392	+0.241	-0.916	-0.814	-0.667	-0.959	+0.044	-0.100	-0.579	-0.579	-0.589	-0.814	+0.254
V	-0.098	-0.323	-0.720	-0.120	-0.297	+0.646	-0.411	+0.193	-0.257	+0.406	+0.312	+0.497	-0.042
S	+0.723	+0.377	-0.477	-0.450	+0.040	+0.850	+0.536	+0.200	+0.116	+0.499	+0.278	-0.103	-0.385
Cr	-0.013	-0.642	+0.172	-0.753	-0.393	-0.929	-0.231	+0.277	-0.690	-0.919	-0.612	-0.786	+0.719
Ba	0.000	+0.305	-0.878	+0.355	+0.226	+0.437	-0.346	+0.168	-0.263	-0.779	+0.351	+0.483	+0.065
Sr	-0.099	-0.127	-0.129	-0.247	+0.582	+0.713	-0.156	+0.435	+0.363	+0.829	+0.057	+0.426	-0.823
Zr	+0.084	+0.218	-0.911	+0.351	-0.235	+0.974	+0.090	-0.102	+0.722	+0.080	+0.694	+0.720	+0.826
Ga	0.000	+0.111	-0.880	-0.190	-0.721	-0.516	-0.379	+0.082	-0.718	-0.957	-0.033	-0.412	+0.386
Pb	-0.615	+0.160	-0.549	+0.688	-0.114	+0.855	-0.441	-0.310	+0.486	+0.894	+0.844	+0.713	+0.327
Cl	+0.226	-0.340	+0.551	-0.253	-0.484	+0.774	+0.444	-0.376	+0.237	+0.487	-0.609	-0.010	-0.243

Tablo 7 : CaO ve diğer tüm elementler arasındaki korelasyon katsayıları.  
Table 7 : Correlation coefficients between CaO and all other elements.

		1	2	3	4	5	6	7	8-9	10			
	Serpentinit Serpeninite	A-Kafa Yan Kayaç "A-Kafa" Host Rock	B-Kafa Yan Kayaç "B-Kafa" Host Rock	A-Kafa Cevher "A-Kafa" Ore	B-Kafa Cevher "B-Kafa" Ore	Oflukilise Oflukilise	Akdağ Akdağ	Karahalka Karahalka	Büzmiş Büzmiş	Kurudere Kurudere	Sultanmurat ve Akuşoğlu Sultanmurat and Akuşoğlu	Attepe Attepe	Attepe Yan Kayaç Attepe Host Rock
SiO <sub>2</sub>	-0.558	-0.342	-0.208	+0.140	+0.909	+0.471	-0.375	-0.415	+0.816	+0.980	+0.052	+0.126	-0.929
TiO <sub>2</sub>	-0.623	+0.370	+0.111	-0.096	-0.271	+0.453	-0.135	-0.121	+0.817	+0.991	-0.176	+0.112	-0.643
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.140	+0.035	-0.406	+0.127	-0.256	+0.486	+0.303	+0.220	+0.899	+0.975	-0.108	+0.114	-0.658
ΣFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+0.168	+0.099	+0.180	-0.332	-0.601	-0.562	-0.443	-0.747	-0.761	-0.983	-0.401	-0.643	+0.129
MnO	+0.248	+0.617	+0.430	+0.200	+0.132	-0.298	-0.079	+0.740	+0.585	+0.522	+0.928	+0.221	+0.962
MgO	-0.167	-0.481	-0.400	+0.008	-0.329	+0.817	-0.126	+0.018	+0.396	+0.797	+0.759	+0.832	-0.291
Na <sub>2</sub> O	0.000	-0.090	+0.218	+0.369	-0.071	+0.434	-0.038	-0.224	+0.468	+0.633	+0.720	+0.705	-0.591
K <sub>2</sub> O	-0.012	+0.107	+0.256	-0.053	-0.188	+0.490	-0.230	+0.033	-0.014	+0.383	+0.115	+0.116	-0.508
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0.165	+0.397	+0.163	+0.456	+0.183	+0.263	+0.240	-0.155	+0.745	+0.694	-0.587	-0.110	+0.468
Cu	-0.548	-0.500	+0.229	-0.347	+0.067	+0.527	0.000	+0.408	+0.093	+0.176	-0.904	+0.088	-0.026
Zn	+0.162	-0.009	+0.294	-0.324	+0.754	-0.187	+0.094	+0.319	-0.199	-0.826	+0.076	+0.212	-0.357
Pb	-0.294	+0.123	+0.058	-0.025	+0.695	+0.497	+0.460	+0.431	-0.458	+0.357	0.000	+0.102	+0.573
Ni	-0.705	-0.327	-0.251	-0.006	-0.160	+0.642	-0.147	+0.453	-0.332	+0.601	-0.459	+0.105	-0.057
Co	-0.643	-0.701	+0.064	+0.084	-0.746	-0.480	-0.794	-0.758	-0.736	-0.439	-0.681	-0.509	-0.259
V	+0.123	+0.443	+0.077	-0.021	-0.334	+0.432	-0.100	-0.212	-0.243	+0.417	-0.517	-0.143	-0.083
S	-0.368	+0.286	-0.151	+0.217	+0.032	+0.446	-0.420	-0.082	-0.071	+0.472	+0.166	+0.353	+0.284
Cr	+0.555	-0.437	-0.029	-0.109	-0.386	-0.629	-0.585	-0.924	-0.863	-0.849	-0.746	-0.557	-0.836
Ba	0.000	+0.449	+0.115	-0.389	-0.094	-0.030	-0.196	-0.124	-0.429	-0.697	-0.666	+0.054	-0.309
Sr	+0.073	+0.341	+0.703	+0.611	+0.482	+0.217	+0.295	-0.090	+0.713	+0.763	+0.740	+0.068	+0.853
Zr	-0.355	+0.467	+0.386	+0.087	-0.453	+0.509	-0.512	-0.180	+0.429	-0.054	-0.307	+0.072	-0.860
Ga	0.000	+0.074	+0.464	-0.737	-0.774	-0.352	-0.196	-0.665	-0.422	-0.933	-0.448	-0.620	-0.584
Rb	-0.220	+0.313	+0.342	+0.023	-0.271	+0.479	+0.139	+0.217	+0.222	+0.896	+0.034	+0.377	-0.511
Cl	-0.102	-0.472	-0.543	-0.180	-0.298	+0.544	-0.227	+0.459	+0.511	+0.493	+0.627	+0.807	+0.397

Tablo 8 : Bu çalışmada araştırılan farklı cevher yataklarına ait  $\Sigma Fe_2O_3$ , Co ve Cr arasındaki korelasyon katsayıları.

Table 8 : Correlation coefficients between  $\Sigma Fe_2O_3$ , Co, Cr for the different ore deposits examined in this study.

	1	2	3	4	5	6	7	8 - 9	10
	A-Kafa Cevher "A-Kafa" Ore	B Kafa Cevher "B-Kafa" Ore	Otlukilise Otlukilise	Akdağ Akdağ	Karahalka Karahalka	Bizmişen Bizmişen	Kurudere Kurudere	Sultanmurat ve Akuşağı Sultanmurat and Akuşağı	Attepe Attepe
$\Sigma Fe_2O_3 / Cr$	+0.703	+0.569	+0.975	+0.709	+0.756	+0.620	+0.911	+0.841	+0.971
$\Sigma Fe_2O_3 / Co$	+0.744	+0.709	+0.971	+0.608	+0.887	+0.494	+0.563	+0.803	+0.968
Cr / Co	+0.640	+0.274	+0.924	+0.762	+0.693	+0.807	+0.680	+0.778	+0.954

2) K, Ti, Al, Rb ve Na, Sr element birlikleri, bu elementlerin genelde çok kolay mobil elementler olma özelliğinden dolayı, mobilizasyon için birçok olasılığı ortaya koyabilmektedir. Örneğin bu mobilizasyon, ofiyolitlerin serpantinleşmesi sırasında oluşabileceği gibi tektonik olayla da mümkündür.

## SONUÇ

Tablo 3'de ortaya çıkarılan Fe, Co, Cr element birliği; Fe elementinin Co ve Cr ile tüm yataklarda birlikte hareketliliği, Fe element kökeninin ofiyolitler olabileceğinin işaretidir. Bu birlik tüm demir yataklarındaki ortak özelliktir.

Tablo 3'deki sonuçlar, tablo 8'de daha öz bir biçimde sunulmuştur. Burada korelasyon katsayısı oldukça iyi olan değerler (2 değer dışında  $r > +0.500$  olan değerler) ayrıca verilmektedir. Böylelikle Fe, Cr, Co birliği daha belirgin bir şekilde ortaya konulabilmiştir. Tablo 8, Orta Anadolu demir yataklarının jeokimyasal yönden ultrabazitlerle ilişkili olduğunun ifadesidir.

Yukarıda vurgulanan ultrabazitlere doğru olan jeokimyasal yönelim, araştırmaya konu olan demir yataklarına özgü şimdiye değin yayınlanmış olan çalışmalarındaki metazomatik demir oluşumları anlatımı ile tamamen farklı karakter taşımaktadır. Bu yeni model Orta Anadolu Bölgesi demir cevherlerinin gelecekteki arama çalışmaları için oldukça başka bir yönü de beraberinde getirmekte ve böylelikle ofiyolit melanj zonu büyük önem kazanmaktadır. Ancak arama programlarında (konglomeratik) sedimanter oluşumlu demir yatakları da gözardı edilmemelidir (örneğin Otlukilise). Bu tip yataklar tamamen farklı jeolojik geçmişe sahip olabilirler ve bir melanj zonu içerisinde aranmaları her zaman geçerli olmayabilir.

## KATKI BELİRTME

Tüm laboratuvar çalışmaları ve jeostatistik değerlendirmeler Kopenhag Üniversitesi'nde yapılmış olup, laboratuvarlardaki maddi desteği sağlayan Kopenhag Üniversitesi'ne, 1. Yazar'ın 8 ay ve 2.5 aylık 2 devre halinde Danimarka'daki çalışmalara katılmasında maddi desteği

sağlayan sayın B.Küre nezdinde Danimarka Devleti Eğitim Bakanlığı'na, laboratuvar çalışmalarının çeşitli aşamalarında çalışmalara yardımcı olan sayın Dr. J.Bailey, sayın Ib Sörensen (GGU-Grönland Jeoloji Araştırmaları), sayın E.Leonardsen, sayın H. Bollingberg, sayın B. Damgaard ve diğer Kopenhag Üniversitesi Çalışanlarına, ayrıca çalışmalarımızı sürekli destekliyerek güç veren M. T. A. Genel Müdürü sayın M.S.Sancar ve Genel Müdür Yardımcısı sayın Dr. O. Özkoçak'a yazarlar teşekkürlerini sunarlar.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- BOTTKE, H., 1981, Lagerstättenkunde des Eisens. Verlag Glückauf GmbH, 202 S., Essen.
- BOZKURT, M.R., 1980, Divriği demir madenleri cevher minerallerinin incelenişi ve oluşumu. Doçentlik Tezi, 59 S., Eskişehir.
- GÜMÜŞ, A., 1970, Türkiye Metalojeni. 1/2.500.000 ölçekli Türkiye metalojenik haritasının izahı. M.T.A. Yayınları, Yayın No: 114, Ankara.
- GYSİN, M., 1938, L'ère impression sur la géologie de la région de Divrik, sur la structure et sur l'origine du gisement de fer. M.T.A. Rap. No: 700, Ankara.
- KLEMM, D. D., 1960, Die Eisenerzvorkommen von Divrik (Anatolien) als Beispiel tektonisch angelegter pneumatolytisch-metasomatischer Lagerstättenbildung. N. Jahrbuch f. Mineralogie, Abh. 94, (Festband Ramdohr), S. 591-607, Stuttgart.
- KOŞAL, C., 1965, Divriği civarı jeolojisi ve magmatojen cevher yatakları. M.T.A. Rap. No: 3743, Ankara.
- KOŞAL, C., 1971, Divriği A-B kafası demir yataklarının sondajlı aramalar jeolojik raporu. M.T.A. Rap. No: 4304, Ankara.
- KOŞAL, C., 1973, Divriği A-B-C demir yataklarının jeolojisi ve oluşumu üzerinde çalışmalar. M.T.A. Dergisi, Sayı 81, S. 1-22, Ankara.
- KOVENKO, V., 1937, Divriği imtiyaz manyetit yatağı hakkında rapor. M.T.A. Rap. No: 485, Ankara.
- PETRASCHECK, W. ve POHL, W., 1982, Lagerstättenlehre. E.S.V.H., 341 S, Stuttgart.
- TOKEL, S. ve KÖPRÜBAŞI, N., 1986, Doğu Anadolu'da tersiyer yaşlı "S" tifi çarpışma granitoidleri ve üçlü dokanak demir birikimleri. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 1986 Bildiri özlüğü, S.3, Ankara.
- ÜNLÜ, T., 1983 a, Die Genese der Siderit-Lagerstätte Deveci in der Hekimhan-Provinz Malatya/ Türkei und ihre wirtschaftliche Bewertung. Doktorarbeit, 82 S., TU Berlin.
- ÜNLÜ, T., 1983 b, Sivas, Divriği-Akdağ; Gürün Otlukilise; Erzinan, Kemaliye, Bizmişen-Çaltı, Kurudere ve Adıyaman Çelikhan Bulam demir yatakları hakkında görüşler. M.T.A. Rap. No: 1901, Ankara.



ÜNLU, T., 1985, Deveci (Hekimhan-Malatya) siderit örneklerine özgü jeokimyasal verilerde yapılan bir jeostatistiksel değerlendirme. Jeo. Müh. Sayı 25, S. 3-14, Ankara.  
ÜNLU, T., 1987, İç Anadolu demir yataklarının oluşum modeli (hazırlanmakta). M.T.A. Rap. No: ....., Ankara

WIJKERSLOOTH, P.DE, 1939, Demirdağ (Divrik) demir yatakları hakkında jeolojik rapor. M.T.A. Rap. No: 803, Ankara.  
WIJKERSLOOTH, P.DE, 1941, Divrik (Sivas Vilayeti) Demir Cevheri zuhuratının tevvün ve yaşı hakkında bazı malumat. M.T.A. Mecmuası, Sayı 3, S. 24, Ankara.



## ALİ ÇEYREK (ERZURUM-HORASAN) LİNYİT SAHASINDA JEOTEKNİK DEĞERLENDİRME

*A Geotechnical Evaluation in Aliçeyrek (Erzurum-Horasan) Lignite Field*

REŞAT ULUSAY M. T. A. Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etüdleri Dairesi, Ankara  
NİHAT APAYDIN M. T. A. Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etüdleri Dairesi, Ankara

**ÖZ:** Bu çalışmada, Erzurum-Horasan-Aliçeyrek sahasındaki linyitli seriyi oluşturan zemin niteliğindeki birimlerin jeomekanik özellikleri araştırılmış, ayrıca jeoteknik açıdan madencilik kazılarında karşılaşılabilecek zemin davranışları ve bazı maden işletme yöntemlerinin uygulanabilirliği tartışılmıştır.

İnceleme alanındaki killer jeoteknik anlamda, nisbeten dayanıklı, duyarısız, yüksek plastisiteli ve montmorillonitik bir karakter taşımaktadır. Buna karşın kumlar; genel olarak gevşek, üniform ve zayıf zeminler olup, siltler ise orta-zayıf özellik göstermektedir. Kil zeminler üzerindeki çalışmalar, killerin yüksek şişme potansiyeli dışında, sağlamlık, nisbeten uzun süreli tahkimatsız kalabilme gibi olumlu davranışlar gösterebileceğine işaret etmektedir. Gevşek kum seviyelerinde, özellikle yeraltı suyu düzeyinin altında, dökülme, akma ve çok kısa süreli duraylı kalabilme davranışları beklenmelidir. Bundan dolayı, sahada yeraltı işletme yöntemlerinin uygulanabilirliği konusunda bazı kısıtlamaların varlığı dikkate alınmalıdır.

Açık işletme yönteminin uygulanması durumunda, gevşek kum düzeyleri stabiliteyi kontrol eden en önemli faktörlerden biri olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle açık işletme genel şevleri 45 dereceden daha yatık açılarla dizayn edilmelidir. Ayrıca, madencilik işlemlerinin uzun süreli oluşu ve sahadaki kohezyonlu zeminlerin belirlenen jeomekanik özellikleri nedeniyle, en kritik stabilite koşulu uzun süreli stabilitedir ve şev stabilitesi araştırmalarında dikkate alınmalıdır.

**ABSTRACT :** In this study, geomechanical properties of the soil units which forms the lignitic series in Erzurum-Horasan-Aliçeyrek area are investigated, furthermore expected soil behavior during mining excavations and the applicability of some mining methods are discussed from the geotechnical point of view.

From the geotechnical point of view, clays in the area investigated, show relatively durable, highly plastic, nonsensitive and montmorillonitic character. On the other hand, sands generally form loose, uniform and weak soils however show medium to weak properties. Studies carried out on clay soils indicate some positive behaviors such as soundness, relatively long term unsupported stand-up time with the exception of medium-high swelling potential. In loose sand horizons, especially below the groundwater level, ravelling, running and short term unsupported stand-up time behaviors should be expected. Therefore, the occurrence of some limitations ought to be considered for the applicability of underground mining methods, in the area.

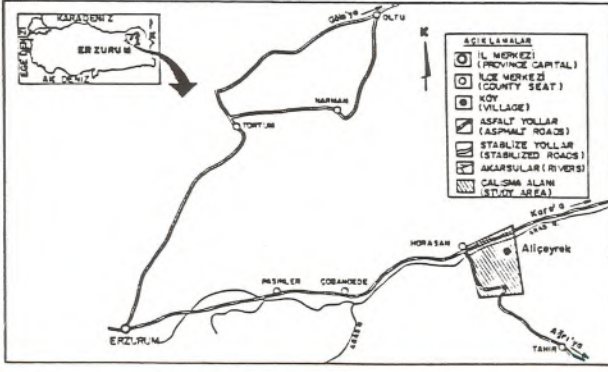
In the case of applying open pit method, loose sand horizons are considered as one of the most important factors controlling the stability. Thus, final pit slopes should be designed with angles flatter than 45 degrees. In addition, because of the long duration of mining operations and determined geomechanical properties of cohesive soils in the area, long term stability would be most critical stability condition and should be included in the investigations of slope stability.

### GİRİŞ

Bir maden yatağına ilişkin işletme yönteminin seçiminde, işletme sırasında karşılaşılabilecek olası sorunların önceden tahmin edilmesinde ve dizayna yönelik çalışmalarda jeoteknik faktörlerin de dikkate alınması, işletme projelerinde güvenlik ve ekonomi arasındaki duyarlı dengenin belirlenebilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu önemli husus dikkate alınarak gerçekleştirilen çalışmada, Erzurum-Horasan-Aliçeyrek sahasındaki (Şekil 1) linyitli seri, ön fizibilite etütlerine yönelik amaçlarla, jeoteknik faktörler esas alınarak incelenmiştir.

Jeoteknik etütler, önceki çalışmalara göre potansiyelin en önemli görüldüğü ve sahanın orta kısmında bulunan Acısu Sektörü'nde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). İnceleme alanı; kum, silt, kil ve linyit birimlerini içeren 'Kömürlü Seri' den meydana gelmektedir. Bu seri genel olarak; konglomera ve marnlar, doğu'da ise tüf, aglomera ve bazalt gibi volkanik kayalar tarafından çevrelenmiştir (Bozkuş, 1978; Kara, 1982).

Acısu Sektörü'nün merkezi kısmında rezerve yönelik sondajların üçünden yararlanılarak; sondaj karotları jeoteknik amaçlarla loglanmış ve laboratuvar testleri



Şekil 1 : İnceleme alanının yer bulduru haritası.  
Figure 1 : Location map of investigated area.

için örnekler alınmış, ayrıca olası yeraltı suyu düzeyinin belirlenmesi amacıyla gözlemler yapılmıştır.

Zemin mekaniği laboratuvarında; kum zeminlerde dane boyu dağılımı analizleri, kil ve siltlerde nem içeriği, doğal kütle yoğunluğu, Atterberg Limitleri tayini, serbest sıkışma ve direkt makaslama testleri yapılmıştır. Ayrıca X-ışınları difraksiyon analizleri yapılarak kil zeminlerin mineralojik bileşimleri belirlenmiştir.

Tüm jeoteknik veriler değerlendirilerek, sektörde gelecekte planlanabilecek yeraltı ve yerüstü işletmecilik çalışmalarında, belirlenen jeomekanik özellikleri açısından, zeminlerin kazı sırasında gösterebilecekleri davranışlar ve çeşitli işletme yöntemlerinin uygulanabilirliği üzerindeki etkileri tartışılmıştır.

## JEOTEKNİK ETÜD

### Jeoteknik Loglama

Jeoteknik etüdün sondajlı çalışmalar bölümünde, A35, A40 ve A50 numaralı üç sondaj kuyusunda (Şekil 2), yüzeyden itibaren sürekli karotlu ilerleme yapılmış ve NX(54 mm.) çapında, toplam 474.3 m. karot jeoteknik faktörler esas alınarak loglanmıştır. Loglama sonucunda kömürlü serinin doğal süreksizliklere sahip olmayan ve zemin mekaniği presiplerine göre değerlendirilmesi gereken kum, silt ve kil birimlerinden meydana geldiği ve linyit damarlarının bu birimler arasında yer aldığı belirlenmiştir.

Üç sondaja ilişkin ortalama karot verimlerinin % 72 ile 74 ve sağlam karot verimlerinin de % 68 ile 72 arasında değiştiği hesaplanmıştır. Karot kayıpları en çok kum düzeylerinde meydana gelmiştir. Bu olumsuzluğun gelişmesinde sahadaki kum zeminlerin oldukça gevşek özelliğe sahip olmaları nedeniyle, sondaj suyunun da etkisiyle kuyuda kalmaları veya baskıdan dolayı karotiyer içerisinde sıkışmaları etkin bir rol oynamıştır.

Sığ derinliklerde limonitleşme nedeniyle sarımsı kahverengi, genel olarak yeşilimsi gri renkli kum zeminler, jeoteknik anlamda orta ve ince daneli, siltli özellikte ve ayrıca gevşek, orta-sıkı ve nisbeten sıkı olmak üzere üç

farklı sıklık derecesine sahiptir. Çok az miktarda ince daneli malzeme içeren gevşek kumlarda daneler arası kenetlenmenin yeterince gelişmemesi nedeniyle, bu zeminlerin kolaylıkla dağıldıkları ve su etkisiyle aktıkları gözlenmiştir. Nisbeten daha fazla silt, kil ve ayrıca yer yer kil bantları içeren orta-sıkı ve sıkı kumlar, biraz daha duraylı ve geçirgenlikleri düşük malzemelerdir.

Sektördeki killer ve bunlara oranla daha az rastlanan siltler; yeşilimsi gri ve koyu gri renkli, sert ve dayanıklı zeminler olup, kavkı ve organik madde içermektedirler. Özellikle kil zeminlerin plastisitesi oldukça yüksektir ve bazı seviyelerde birkaç santimetre kalınlığında kum bantları içermelerine rağmen, dayanımları açısından sağlam zeminler olarak değerlendirilmişlerdir.

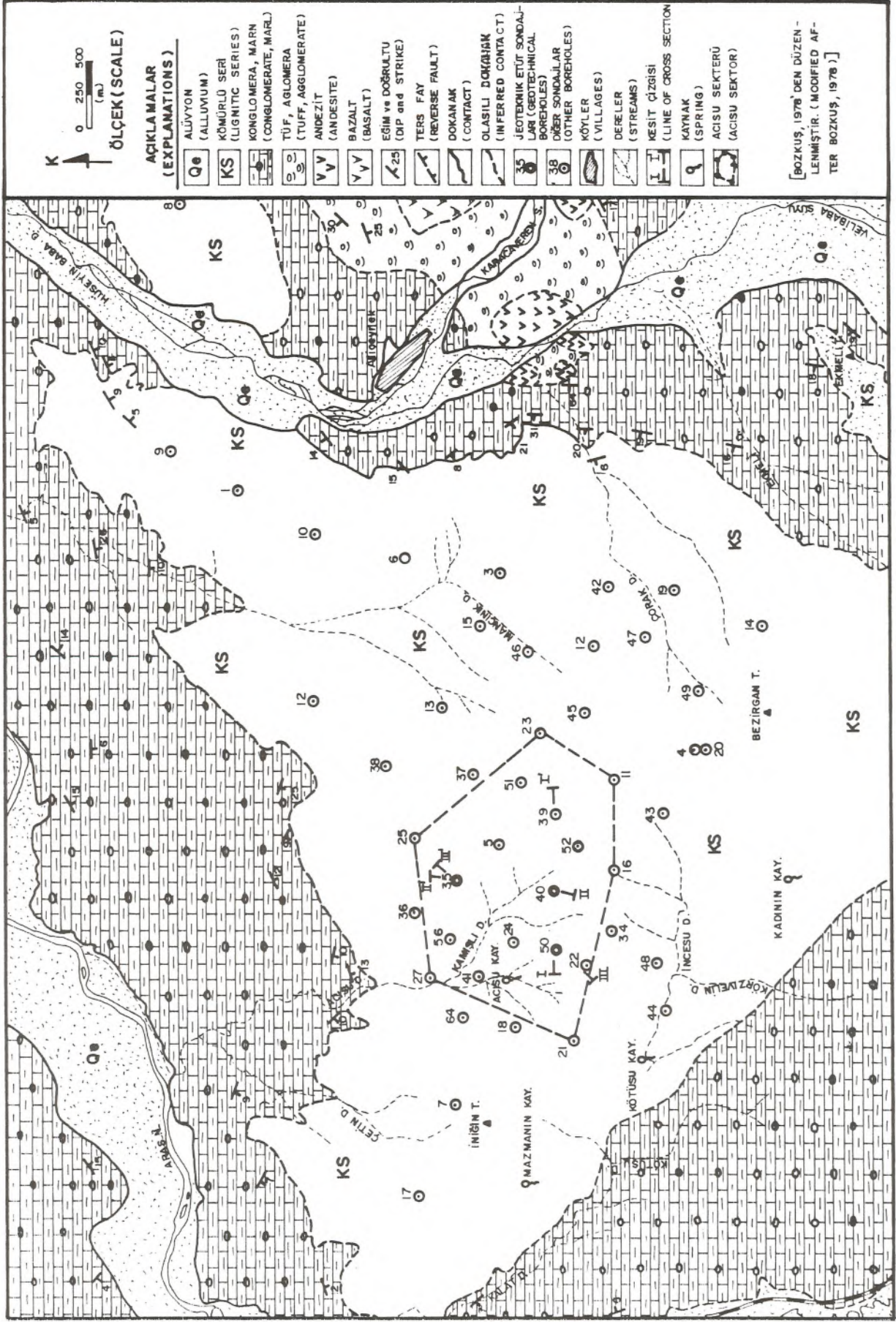
Siyahımsı kahverengi ve kahverengi renkli linyit damarları, yer yer içerdikleri kil miktarının artması nedeniyle bir ölçüde plastik bir karakter taşımaktadırlar. Kurudukları zaman darbe etkisiyle karot eksenine dik yönde disklere ayrılan bu linyitler, sert-sıkı zemin olarak tanımlanmışlardır.

Gerek bu üç sondajdan, gerekse diğer sondajlardan kömürlü seriyi oluşturan birimlerin sürekli ve düzenli bir yayılım göstermedikleri ve bu nedenle işletmeciliğe dönük değerlendirmeler için, sondajlar arasında bu aşamada duyarlı bir korelasyonun gerçekleştirilmesinin güç olduğu anlaşılmaktadır. Bu özellik, linyitin işletilmesi amacıyla yapılacak kazıların farklı mekanik davranış gösteren zeminler içinde gerçekleştirilmesinin zorunlu olacağına işaret etmektedir. Dolayısıyla sürekli ve dikkatli bir stabilite kontrolunun gerekebileceği anlaşılmaktadır.

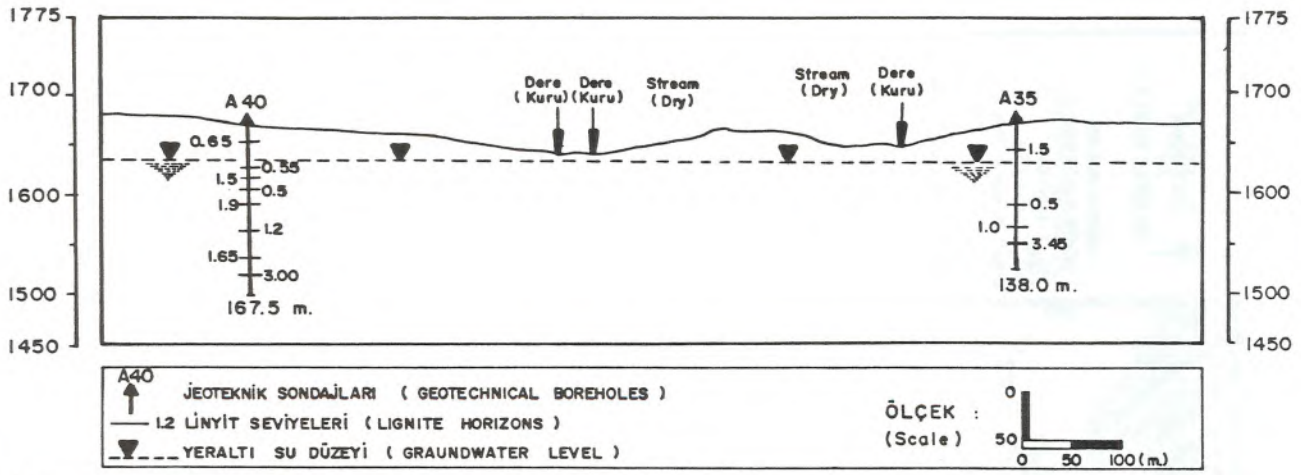
### Mostra Gözlemleri ve Yeraltı Su Düzeyi Ölçümleri

Acısu Sektörü doğusunda, Aliçeyrek Köyü civarında sığ derinlikteki çok killi birkaç linyit damarında yapılmış kazıların tavanında görülen kuru haldeki kil zeminlerin sert ve sağlam bir özelliğe sahip olduğu ve duraylı konumda buldukları saptanmıştır. Buna karşın, söz konusu kazıların bir kısmının tavanlarındaki kumların döküldüğü ve ayrıca bazı pınarların yakın çevresindeki gevşek kumların su etkisiyle kolaylıkla dağılıp akıcı bir özellik kazandıkları gözlenmiştir. Mostralarda gerçekleştirilen sınırlı sayıdaki bu gözlemler, zemin birimlerinin karotlu incelemelere dayandırılan değerlendirmeleriyle uyum göstermektedir.

Sektörde yeraltı suyu düzeyinin konumunu ilişkin bilgi sağlanabilmesi amacıyla bazı sondaj kuyularında gözlemler yapılmıştır. Güvenilir su düzeyi ölçümleri, kuyulardaki yıkılmalar ve sondaj çamurunun olumsuz etkisi gibi nedenlerle, sadece A35 ve A40 numaralı sondajlarda gerçekleştirilebilmiştir. Sondaj verilerine ek olarak yakın civardaki kaynakların konumları da değerlendirilmiştir. Mevcut olanaklarla gerçekleştirilen, sınırlı sayıdaki bu gözlemlerden elde edilen bilgilerin yeraltı suyu hakkında yeterli olamayacağı bilinmekle birlikte, olası yeraltı su düzeyinin çok fazla derinde bulunmadığı tahmin edilmiştir.



Şekil 2 : Aliçeyrek sahasının jeolojî haritası ve jeoteknik etüd sondajları.  
Figure 2 : Geological map of Aliçeyrek area and geotechnical investigation boreholes.



Şekil 3 : İnceleme alanının yaklaşık kuzey-güney doğrultulu enine kesiti.  
Figure 3 : Cross-section of investigated area, approximately in north-south direction.

### ZEMİN ÖRNEKLERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Kömürlü seriyi oluşturan birimlerden alınmış örneklerin, jeomekanik özellikleri esas alınarak sınıflandırılabilmesi ve bazı mühendislik özelliklerinin saptanabilmesi amacıyla aşağıdaki bölümlerde değinilen zemin mekaniği testleri yapılmıştır. Ancak, bu aşamada linyit damarlarının sadece kimyasal analizler için örneklenmesi öngörüldüğünden, linyitten örnek alınamamış ve dolayısıyla test yapılamamıştır.

#### Nem İçeriği ve Doğal Kütle Yoğunluğu Tayini

Kum zeminlerin sondaj suyundan çok fazla derecede etkilenmeleri ve örselenmiş olmaları nedeniyle nem içeriği ve doğal kütle yoğunluğu tayinleri sadece kil ve silt olarak tanımlanan 60 örnek üzerinde yapılmıştır. ASTM D 2166 standardına göre yapılan nem içeriği ve silindirik şeklini koruyan örnekler üzerinde tayin edilen doğal kütle yoğunluğu parametreleri açısından, ortalama olarak, her iki zemin birimi için birbirine oldukça yakın değerler elde edilmiş olup, bu parametrelerin istatistiksel değerlendirmesi Şekil 4'teki histogramlarla ifade edilmiştir.

#### Dane Boyu Dağılımı

Bir bölümü linyit damarlarına yakın seviyelerden örneklenmiş, 18 kum örneğinin dane boyu dağılımları, ASTM D 422 standardına göre,

- Kuru; iri ve ince elek analizi,
- Hidrometre analizi

olmak üzere iki aşamalı birleşik analizler yapılarak çözümlenmiştir.

Elek ve hidrometre analizlerinden elde edilen sonuçlar birleştirilerek, herbir örnek için dane boyu dağılım eğrileri çizilmiş ve bunlardan tipik olan 3 tanesi Şekil 5'te verilmiştir. Tüm eğrilerden, M.I.T. (Massachusetts Insti-

tute of Technology) sınıflamasının öngördüğü dane çapı aralıkları (Kezdi, 1974) esas alınarak, çakıl, kum, silt ve kil yüzdeleri ile ( $C_u$ ) eşşekillilik katsayısı ( $C_g$ ) derecelenme katsayısı ve ( $d_e$ ) efektif çap değerleri hasaplanmıştır.

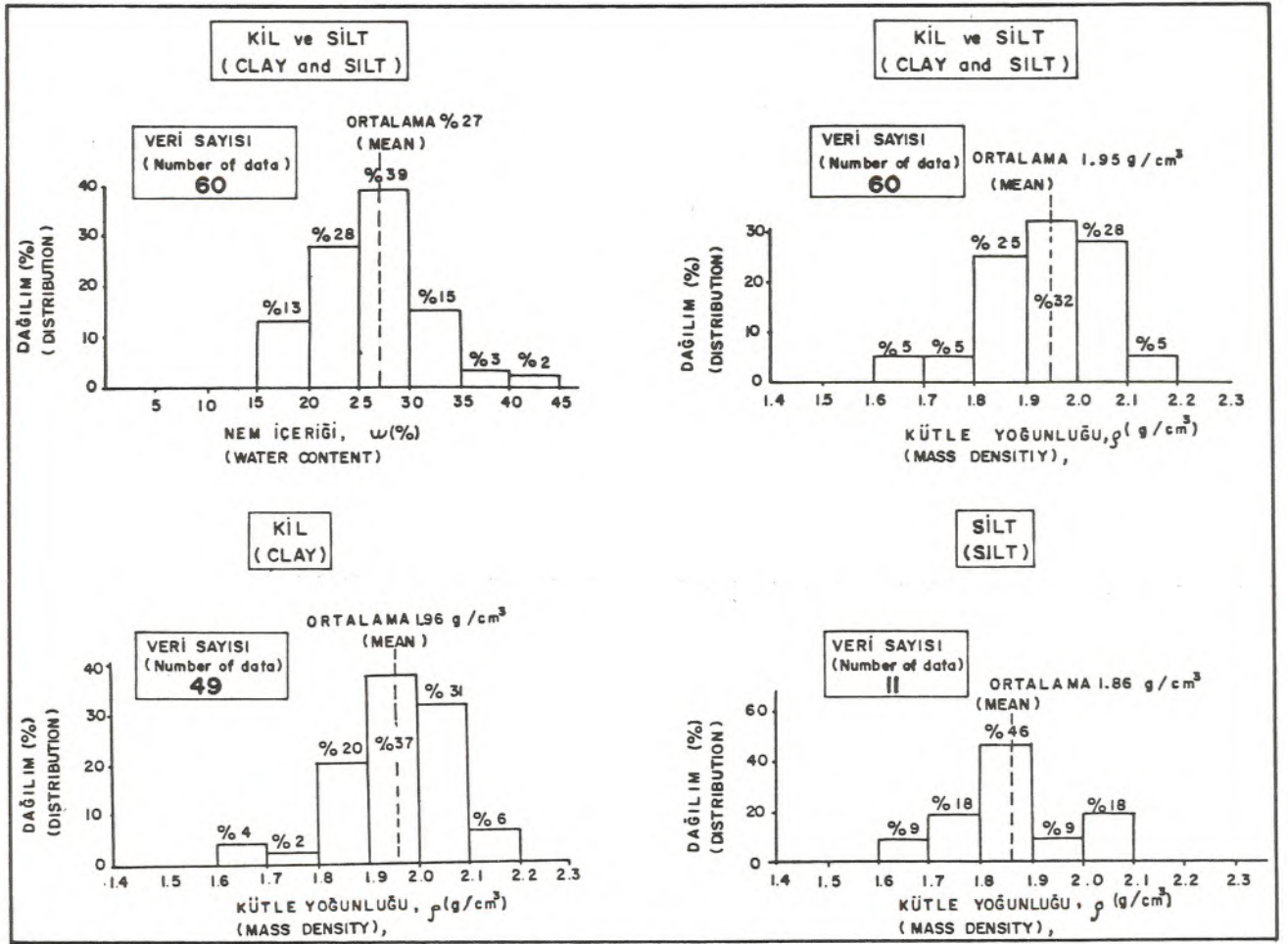
Dane boyu dağılımı analiz sonuçlarına göre çakıl, kum, silt ve kil yüzdelерinin genel istatistiksel değerlendirmesi aşağıdaki çizelgede karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

	Değişim Enaz	Aralığı Ençok	Aritmetik Ortalama (x)	Standart Sapma (S)
Çakıl (%)	0	5	0.5	1.34
Kum (%)	64	96	81.5	9.05
Silt (%)	4	30	14.5	7.47
Kil (%)	0	10	3.5	2.93

Kum örneklerinin,

$$C = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} \times D_{60})}$$

eşitliklerinden hesaplanan "eşşekillilik katsayısı" ve "derecelenme katsayısı" değerleri, bu katsayılar için önerilen sınırlar (Jumikis, 1976) esas alınarak gruplandırılmışlar ve genel olarak üniform ve orta derecede üniform, kötü derecelenmiş kumlar olarak sınıflandırılmışlardır. Buna göre, inceleme alanındaki iri daneli zeminler, genel olarak kötü derecelenmiş, çok az çakıllı, kil içeriği düşük, ince-orta daneli, siltli kumlar olup, mühendislik özellikleri açısından zayıf zeminlerdir. Orta-sıkı kumlar ise, içerdikleri silt ve kil yüzdesinin biraz daha yüksek oluşu nedeniyle, göreceli olarak nisbeten dayanıklı ve duraylı zeminler olarak nitelendirilebilirler.



Şekil 4 : Kil ve silt örnekleri için nem içeriği ve kütle yoğunluğu histogramları.  
Figure 4 : Water content and mass density histograms for clay and silt samples.

#### Atterberg Limitleri ve İndeks Özellikler

İnceleme alanındaki kil ve silt gibi ince daneli zeminlerin mühendislik sınıflaması için gereksinme duyulan Atterberg limitleri (likit limit, LL ve plastik limit, PL), ASTM D 423 ve D 424 test standartlarına uygun olarak, 17 örnek üzerinde belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler kullanılarak, plastisite indeksi, PI ve ayrıca ince daneli zeminlerin bazı mühendislik özelliklerinin göstergesi olarak değerlendirilen likitlik indeksi, LI ve kıvamlilik indeksi,  $I_c$  değerleri hesaplanmıştır.

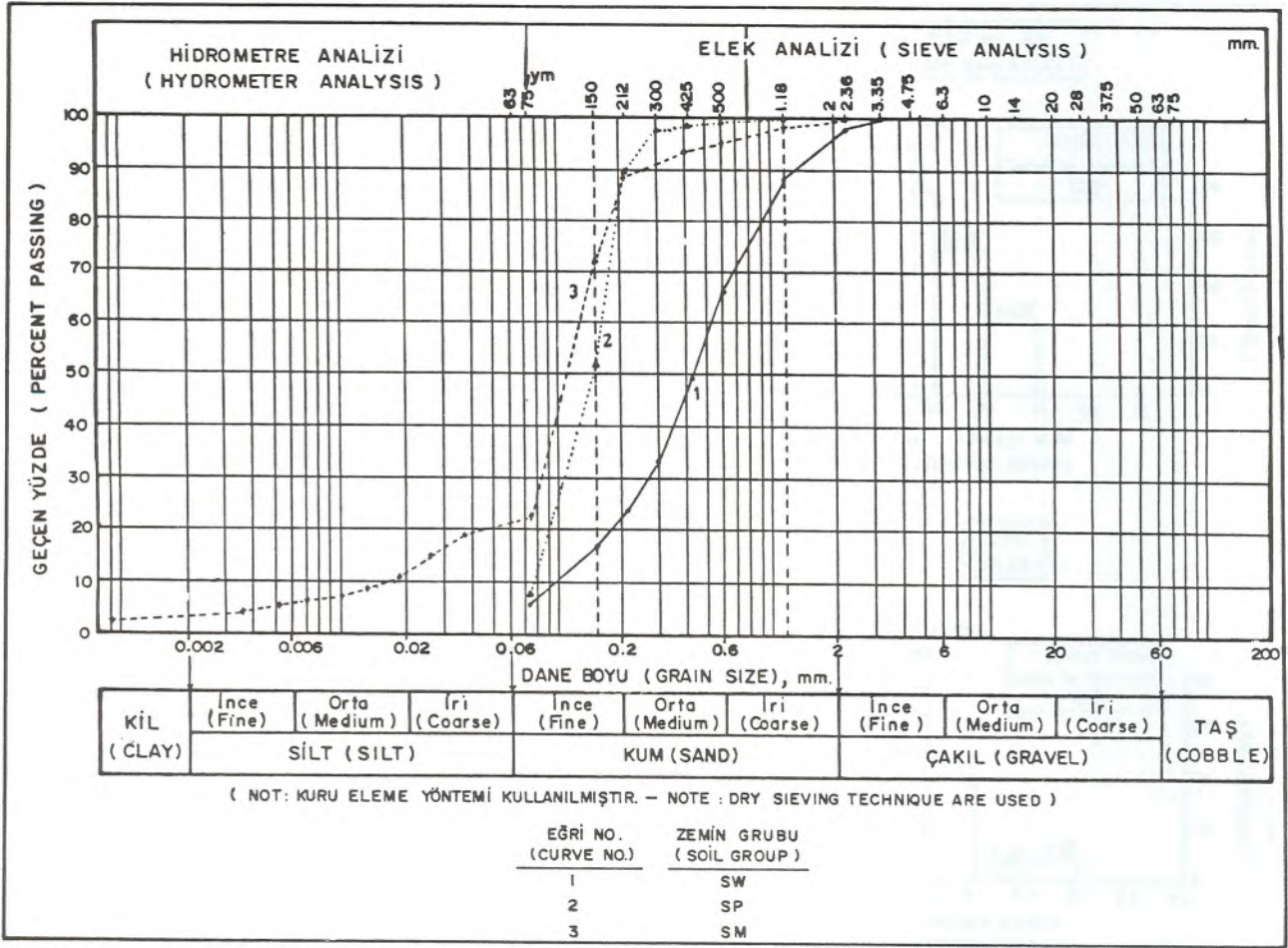
Test sonuçlarına göre, likit limit değerlerinin % 41 ile % 83 arasında değiştiği ve örneklerin % 65'inde LL % 50 olduğu saptanmıştır. Kaolinitin egemen olduğu killerde  $LL < 50$  olmasına karşın, volkanik kökenli ve organik madde içeren killerde  $LL > 100$ 'dür ve likit limitin % 50'yi geçmesi koşulu, kilin montmorillonitik bir karakter taşıdığına işaret etmektedir (Means ve Parcher, 1963). Bu özellik, test edilen kil örneklerinde yüksek şişme potansiyeline sahip montmorillonit mineralinin egemen olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

Kil örneklerinin % 17-49 arasında değişen plastik

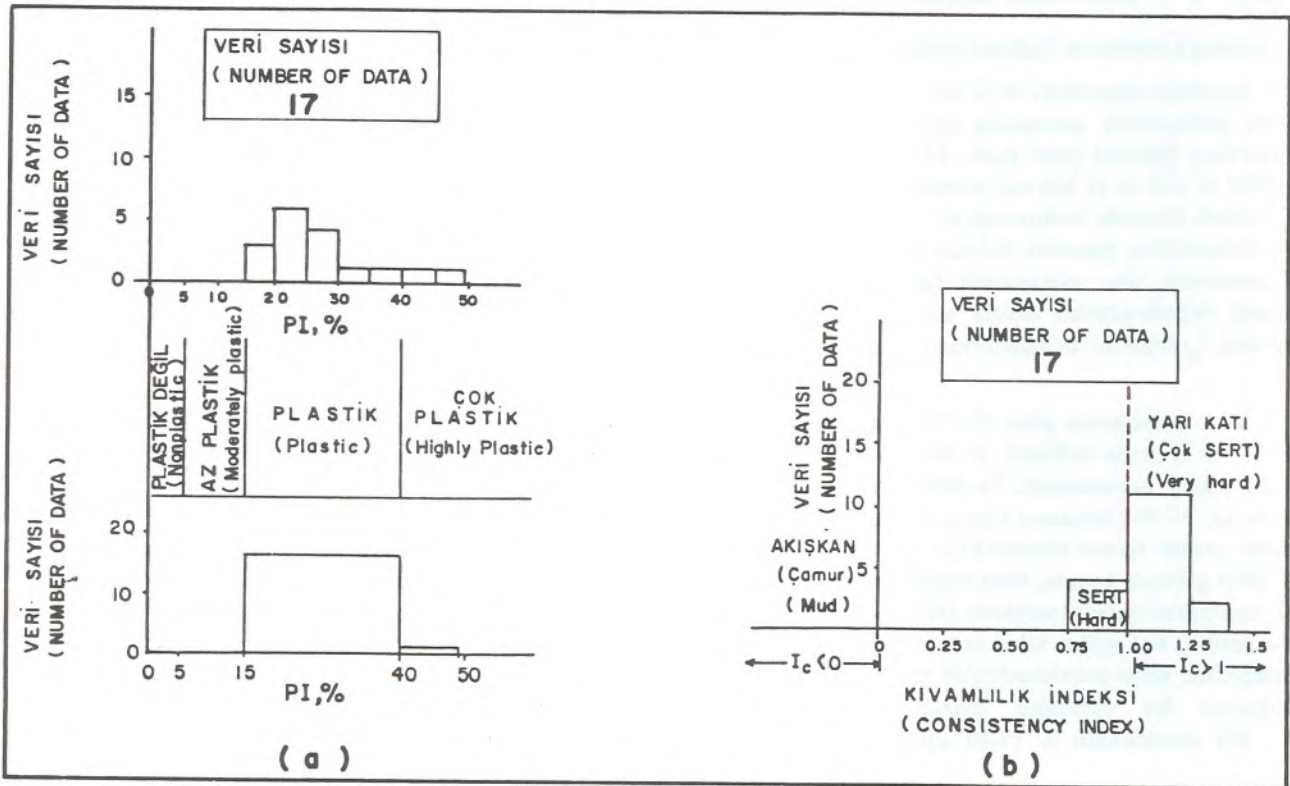
limit değerleri, Leonards (1962) tarafından önerilen sınıflama sistemine göre değerlendirilerek, bu killerin plastik ve çok plastik özelliğe sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 6a).

Negatif kıvamlilik indeksi ( $I_c$ ) değerleri, kohezyonlu zeminlerin örselenmeleri koşulunda akışkan hale geçebileceklerini ifade eder. Test örnekleri için pozitif  $I_c$  değerlerinin hesaplanmış olması, bu zeminlerde böyle bir davranışın büyük bir olasılıkla gelişmeyeceğini, dolayısıyla çok sert zemin özelliği taşıdıklarını göstermektedir (Şekil 6b).

Kohezyonlu zeminlerde zeminin yüklenme tarihçesinin bir göstergesi olarak değerlendirilen likitlik indeksi (LI) değeri, aşırı veya çok aşırı derecede konsolidasyona uğramış killerde sifıra eşit veya sifırdan küçüktür (Wu, 1969). Test örneklerinin hesaplanan LI değerlerinin 0.09 ile -0.4 arasında değişiyor olması ve genel olarak negatif değerler elde edilmesi, bu killerin aşırı konsolide killer olabileceklerinin bir göstergesidir. Örselendikleri zaman dayanımlarında önemli ölçüde azalma görülen duyarlı killerde  $LI > 1$  (Mesri, 1980) olmasına karşın, duyarlı ve aşırı konsolide killerde duyarlılığın ihmal edilebilir boyutta olacağı ifade edilmektedir (Smith, 1974). Sek



Şekil 5 : Kum örnekleri için tipik dane boyu dağılım eğrileri.  
Figure 5 : Typical particle size distribution curves for sand samples.



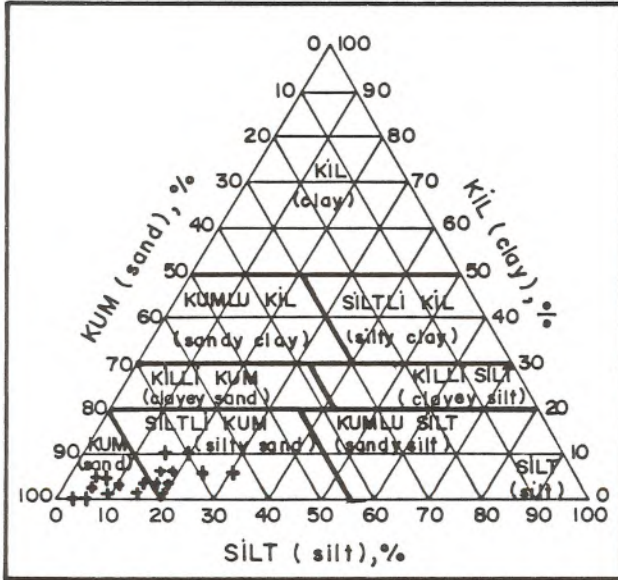
Şekil 6 : Kil örnekleri için: (a) plastisite indeksi histogramı, (b) kıvamlilik indeksi histogramı.  
Figure 6 : (a) Plasticity index histogram, (b) consistency index histogram, for clay samples.



tördeki killeri için  $LI < 1$  hesaplanmış olması, bu killerin duyarlı killeri olmadığına işaret etmektedir.

### Zeminlerin Mühendislik Sınıflaması

**Üçgen Sınıflama:** Dane boyu dağılımı analizi uygulanan 18 örneğin kum, silt ve kil yüzdelere göre, U.S. Engineer Department (1953; Hough, 1957'den) tarafından önerilen üçgen sınıflama abağı üzerindeki dağılımları Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu dağılıma göre, söz konusu örneklerin % 50'si "kum", % 50'si de "siltli kum" olarak sınıflandırılmışlardır.



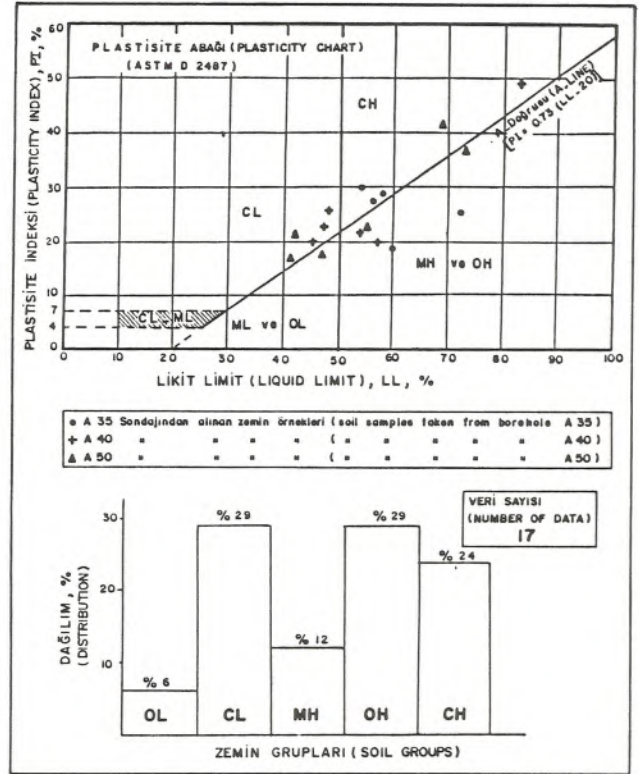
Şekil 7 : Kum örneklerinin üçgen sınıflama abağı üzerindeki dağılımı.

Figure 7 : Distribution of sand samples on triangular classification chart.

**Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması:** Bu sınıflama sisteminde, zemin örnekleri önce, iri daneli (kumlar) ve ince daneli (kil ve siltler) zeminler olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. İri daneli zeminler birleştirilmiş zemin sınıflamasındaki sınıflama ölçütlerine, ince daneli zeminler ise, Şekil 8'de verilen 'Plastisite Abağı' üzerinde, LL ve PI değerlerine göre sınıflandırılmışlardır.

Sınıflandırmaya göre, kum zeminlerin genel olarak SM grubunda yer aldıkları ve çok az miktarda örneğin de SP ve SW grubuna girdikleri belirlenmiştir. Dolayısıyla sınıflanan kum örnekleri, genel olarak, siltli, kötü derecelenmiş özellikler taşıyan nisbeten düşük drenajlı zeminlerdir.

Şekil 8'deki histogramdan görüleceği gibi, sektördeki ince daneli zeminler içerisinde yüksek plastisiteli (CH, MH ve OH) ve kil oranı daha yüksek (CH, CL ve OH) zeminlerin egemen olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 8 : İnce daneli zemin örneklerinin plastisite abağı üzerindeki dağılımı ve zemin gruplarının histogramı.

Figure 8 : Distributions of fine grained soil samples on plasticity chart and histogram of soil groups.

### Zemin Örneklerinin Geçirgenliği

Sondajlarda, jeolojik birimlerin niteliği gereği, kuyuların güvenliği açısından sürekli bentonit çamuru ile çalışılmak zorunda kalmıştır. Bu zorunluluk, zemin birimlerinin kütleli geçirgenlik katsayılarının sondaj kuyularında belirlenmesini kısıtlayıcı bir rol oynamıştır. Bu nedenle, sektördeki birimlerin geçirgenlik katsayıları dane boyu dağılımı analizlerinin sonuçları ve belirlenen zemin grupları esas alınarak tahmin edilmiştir.

Allen Hazen (1982; Hough, 1957'den) tarafından temiz kumlar için önerilen,

$$k = 100d_e^2$$

eşitliği kullanılarak, temiz kum olarak nitelendirilen 4 örneğin geçirgenlik katsayısının  $5.6 \times 10^{-3}$  cm/s ile  $8.1 \times 10^{-3}$  cm/s arasında değişebileceği hesaplanmıştır.

Diğer kum zemin örnekleri ve ince daneli zeminlerin geçirgenlik katsayıları için, Şekil 9'daki çizelgeden (Jumikis, 1967, Gillot, 1968), zemin grupları dikkate alınarak, geçirgenlik katsayısının kumlarda  $10^{-3} - 10^{-6}$ /s, ince daneli zeminlerde ise  $10^{-8} - 10^{-9}$  cm/s arasında değişebileceği tahmin edilmiştir.

k (cm/s)	GEÇİRGENLİK KATSAYISI ( COEFFICIENT OF PERMEABILITY )												
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	1.0	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	
DRENAJ ÖZELLİĞİ (DRAINAGE PROPERTY)	ÇOK İYİ DRENAJ (Very good drainage)		İYİ DRENAJ (GOOD DRAINAGE)				ZAYIF DRENAJ (POOR DRAINAGE)			PRATİK OLARAK GEÇİRİMSİZ (PRACTICALLY IMPERVIOUS)			
ZEMİN TİPİ (SOIL TYPE)	Temiz Çakıl (Clean Gravel)		Temiz kumlar, temiz kum ve çakıl karışımları (Clean sands, clean sand and gravel mixtures)				Çok ince kumlar; organik ve inorganik siltler; kum silt ve kil karışımları; tabakalı killer; buzul sedimanları (Very fine sands; organic and inorganic silts; mixtures of sand, silt and clay; stratified clays; glacial till deposits)			"Geçirimsiz" zeminler bozunma zonu altındaki homojen killer (Impervious soils, e.g. homogenous clays below the weathering zone)			
BİRLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN GRUBU (UNIFIED SOIL GROUP)	GP	GW	SP	SW	GM SM SC			CL CH OH			Bitki ve bozunma etkisiyle değişmiş geçirimsiz zeminler (Impervious soils which are modified by the effects of vegetation and weathering)		

Şekil 9 : Zeminler için geçirgenlik katsayısı çizelgesi.  
Figure 9 : Table of coefficient of permeability for soils.

### Zemin Örneklerinin Dayanımları

$$S = C + \delta \tan \phi$$

Serbest Sıkışma Testleri: İnceleme alanındaki kohezyonlu zeminlerin dayanımlarının tayin edilmesi amacıyla, ASTM D 2166 standardına uygun olarak, örselenmemiş nitelikteki 60 test örneği üzerinde 'serbest sıkışma testleri' yapılmıştır.

Kohezyonlu zeminlerde drenajsız koşullarda gelişen yenilmelere ilişkin pek çok sayıdaki araştırma, laboratuvarında elde edilen değerler ile sahadaki yenilmelerde belirlenen gerçek makaslama dayanımı arasındaki en yakın uyumun, serbest sıkışma dayanımının yarısı alınarak sağlanabildiğini göstermektedir (Tschebotarioff, 1951). Bu husus dikkate alınarak, test sonuçlarının değerlendirilmesinde  $q_u$  serbest sıkışma dayanımının yanısıra,

$$C = S_u = \frac{q_u}{2}$$

eşitliğinden belirlenen drenajsız makaslama dayanımı ( $S_u$ ) değerleri de ayrıca hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçlar, çoğunluğunu killerin oluşturduğu test örneklerinin serbest sıkışma dayanımlarının 202kPa (2kgf/cm<sup>2</sup>) ile 4458kPa(44.6kgf/cm<sup>2</sup>) arasında değiştiğini göstermektedir. Serbest sıkışma dayanımı değerleri iki sisteme (Leonards, 1962; Hoek ve Bray, 1977) göre sınıflandırılmış (Şekil 10) ve bu zeminlerin dayanımları açısından genel olarak katı zemin veya çok zayıf kayac grubunda yer aldıkları belirlenmiştir.

**Makaslama Testleri:** Çeşitli stabilite problemlerinde, özellikle şeylerin stabilitesinde zemin kütlelerinin makaslama dayanımları etkin bir rol oynar ve,

Coulumb eşitliği ile verilen bu dayanım, maden işletmesi gibi uzun sürede gerçekleştirilen kazılarda ve özellikle aşırı konsolide killer içerisinde açılan şevlerde, drenaja bağlı olarak zamanla azalır. Bu koşullarda stabiliteyi yönlendiren en kiritik durum 'uzun süreli stabilite'dir.

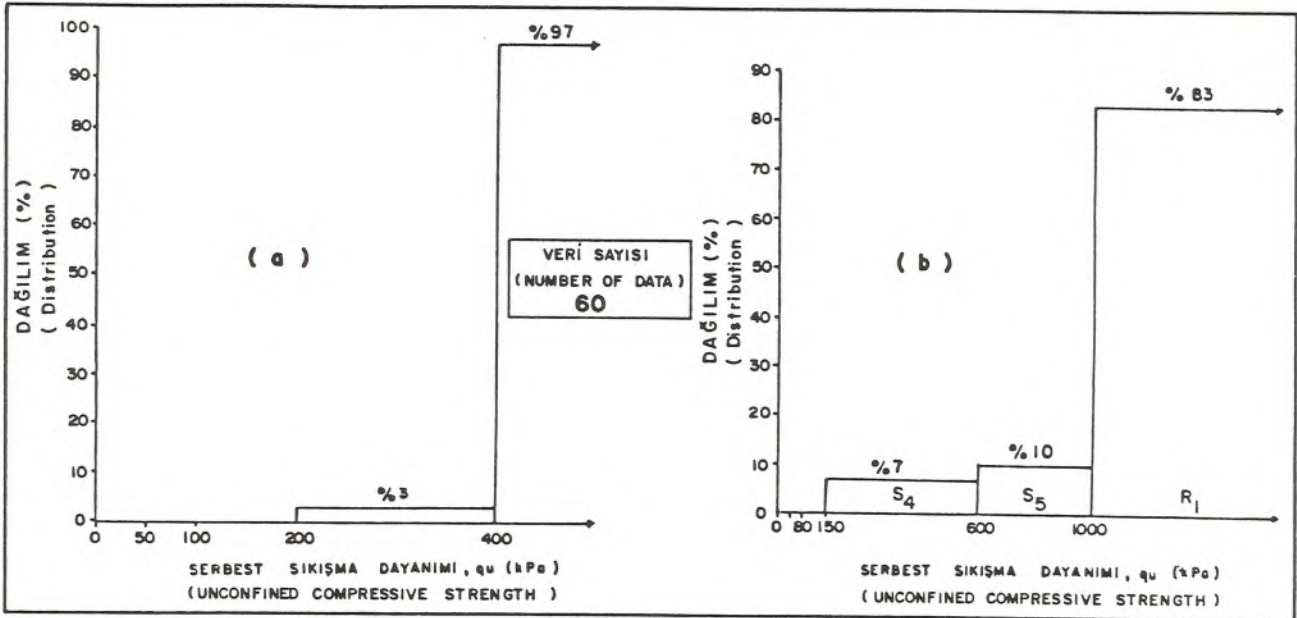
Yukarıda özetle değinilen hususlar dikkate alınarak, sektördeki ince daneli zeminlerin makaslama dayanımı parametrelerinin drenajlı koşullar altında tayin edilmesi öngörülmüştür. Bu amaçla ASTM D 3080 test standardına uygun olarak 12 adet "deformasyon kontrollu-drenajlı makaslama testi" yapılmıştır. Tüm test sonuçları derlenerek " $\tau_{pc}$  doruk makaslama dayanımları", " $\delta_{nc}$  normal gerilmeler'e karşı grafiğe geçirilmiş ve genel yenilme zarfı çizilmiştir (Şekil 11), " $\delta_{nc} - \tau_{pc}$  ilişkisinin güvenilirlik derecesinin araştırılması için yapılan ikili doğrusal regresyon analizine göre,

$$\tau = 52.3 + 0.567 \sigma$$

ilişkisi ve  $c_d = 52.3 \text{ kPa}$  (0.5kgf/cm<sup>2</sup>) ve  $\phi = 29.5^\circ$  değerleri belirlenmiştir.

0.633 gibi nisbeten düşük bir korelasyon katsayımın elde edilmesinde, kil örneklerinin değişik miktarlarda kum ve silt içermeleri etkin bir rol oynamıştır. Nitekim iri dane yüzdesi fazla olan örneklerde daha yüksek  $\phi$ , daha düşük c değerleri elde edilmiştir.

Kum zeminlerde, örnekleme sırasında karşılaşılan güçlükler nedeniyle örselenmemiş örnek alımı mümkün olmamış, ayrıca standart penetrasyon testi (SPT) için gerekli ekipman olmadığı için bu test de yapılamamış ve



Şekil 10 : Kohezyonlu zemin örneklerinin serbest sıkışma dayanımı histogramları: (a) Leonards (1962) sınıflaması, (b) Hoek ve Bray (1977) sınıflaması.

Figure 10 : Histograms of unconfined compression strength of cohesive soil samples: (a) Leonards (1962) classification, (b) Hoek and Bray (1977) classification.

dolayısıyla bu zeminlerin makaslama dayanımı parametreleri belirlenememiştir. Ancak, Acısu Sektöründe olduğu gibi, gevşek ve üniform özellikteki kumlarda  $\phi$  içsel sürtünme açısının, dane şekline de bağlı olmak üzere, 30-35 derece arasında değişebileceği bazı araştırmacılar (Lambe ve Whitman, 1969) tarafından ifade edilmektedir.

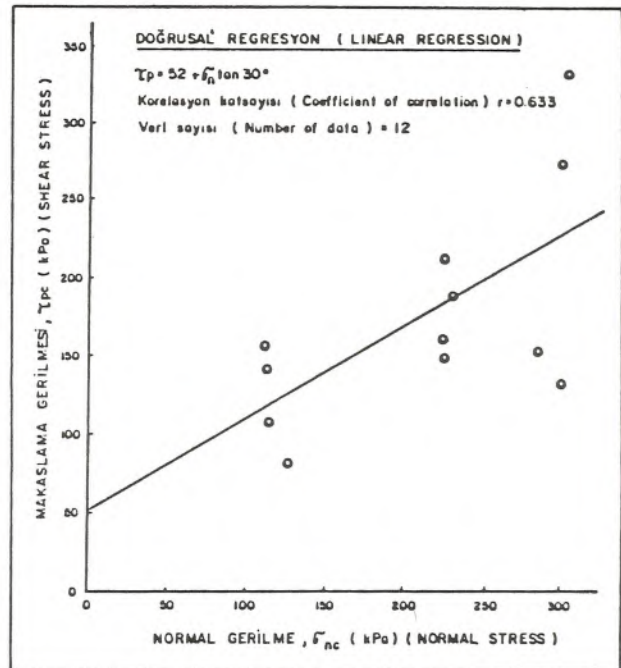
#### X-Işınları Difraksiyonu (XRD) Analizleri

Likit limiti %50'den büyük olan örneklerden 6 tanesi üzerinde X-ışınları difraksiyonu analizleri yapılmıştır. Tüm örnek için yapılan analizlerden elde edilen sonuçlara göre, bu zeminlerde kil minerallerinin yanı sıra, kuvars, feldispat ve kalsit minerallerinin de bulunduğu anlaşılmıştır. Kil fraksiyonu analizleri ise, bu zeminlerdeki egemen kil mineralinin montmorillonit olduğunu göstermiştir. İkinci derecede yaygın kil minerali olarak kaolinit saptanmıştır. Analizler, Ca-montmorillonitin, Na-montmorillonite oranla çok daha fazla bulunduğunu göstermiştir. Ca-montmorillonitin orta-yüksek derecede şişme özelliğine karşın, Na-montmorillonitte serbest şişme büyük boyutlara ulaşabilmekte, kaolinitte ise düşük olmaktadır (Tourtelot, 1974). Buna göre, sektördeki kil zeminler genel olarak orta-yüksek şişme özelliğine sahip, montmorillonitik karakterli killere değerlendirilmiştir.

#### MADEN İŞLETMECİLİĞİNİN JEOTEKNİK FAKTÖRLER AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sektörde bu aşamada bazı belirsizliklerin varlığı, etüdlerin ön fizibilite çalışmalarına hizmet edecek şekilde planlanmış olması ve dolayısıyla bir ön işletme projesinin mevcut olmayışı gibi nedenlerle, bu aşamada ma-

den dizaynında gereken jeoteknik parametrelerin belirlenmesi hususu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Bu nedenle, sektördeki zeminlerin belirlenen jeomekanik özellikleri esas alınarak; jeoteknik faktörler açısından yeraltı ve yerüstü işletmeciliğinde karşılaşılabilecek zemin davranışları ile maden işletme yöntemlerinin sahada uygulanabilirlikleri tartışılmıştır.



Şekil 11 : Kil örneklerinin genelleştirilmiş Mohr yenilme zarfı.

Figure 11, Generalized Mohr failure envelope of clay samples.

## Yeraltı Kazılarında Zeminlerin Davranışı

İnceleme alanında derin kesimlerde bulunan daha kalın linyit damarlarının 'örtü/kömür' oranları dikkate alındığında, bu damarların kapalı işletme yöntemiyle üretilebilecekleri anlaşılmaktadır. Bu damarların tavan ve tabanlarında genel olarak kum ve kil zeminlerin bulunması nedeniyle, zeminlerin davranışı, kohezyonsuz (kum) ve kohezyonlu (kil ve silt) zeminler olarak, iki başlık altında incelenmiştir.

**Kohezyonlu Zeminler:** Çevresindeki gerilme koşulları değişen yeraltı kazı boşluklarında ilerleme hızı ve kazı maliyeti, boşluğun duraylılığıyla ve tahkimatsız olarak duraylı kalabildiği süreyle yakından ilişkilidir. Jeolojik birimlerin serbest sıkışma dayanımların yanıl gerilmelere oranla daha büyük olması koşulunda tahkimatsız kalabilme süresinin artması beklenir. Ayrıca, özellikle yeraltı su düzeyinin altındaki çok yumuşak killerde, siltli ve gevşek kum ve çakıllarda bu süre çok kısa, buna karşın çok sıkı kumlar ile sıkı ve sert killerde daha uzun olabilmektedir (Megaw ve Bartlett, 1981). Acısu Sektörü'nün Neojen yaşlı genç çökellerden oluşması ve büyük tektonik hareketlerin izlerine rastlanılmamış oluşu (Bozkuş, 1978 ve Kara, 1982) nedeniyle, genel olarak yanıl gerilmelerin düşey gerilmelere oranla düşük olacağı tahmin edilmektedir. Ortalama birim ağırlık değeri  $19 \text{ kN/m}^3$  alınarak, örneğin 100 metre derinlikteki örtü basıncı  $1900 \text{ kPa}$  ( $19 \text{ kgf/cm}^2$ ) hesaplanmıştır. Tutucu bir yaklaşımla bu derinlikteki yanıl gerilmelerin düşey örtü basıncına eşit olabileceği varsayılabilir, kil zeminler için bu değerden daha büyük serbest sıkışma dayanımı değerlerinin belirlenmiş olması, bu zeminlerin tahkimatsız duraylı kalabilme sürelerinin çok kısa olmayacağına işaret etmektedir.

Plastisitesi yüksek kil zeminler içerisinde açılan tünel veya galerilerin duraylılığı, kazı boşluğunu çevreleyen zemine etkileyen gerilmelerin büyüklüğüne bağlıdır. Bu konuda yapılan araştırmalar sonucunda, plastik killer için Broms ve Bennemark (1967; Peck, 1969, Heuer, 1974 ve West, 1978'den) tarafından önerilen ' $N_t$ , duraylılık faktörü'nden duraylılığın göstergesi olarak yararlanılmaktadır.  $N_t$ 'nin değeri,

$$N_t = \frac{P_z - P_a}{S_u}$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu eşitlikte,

$P_z$ : z derinliğindeki tünel veya galeride etkileyen örtü basıncı ( $= \gamma \cdot z$ )

$P_a$ : kazı sırasında kullanılan hava basıncı

$S_u$ : kilin drenajsız makaslama dayanımı ( $= q_u/2$ )'ni ifade etmektedir. Basıncılı hava kullanılmıyorsa  $P_a$  terimi ihmal edilir.

Tahkimat sistemlerine etkileyen sıkıştırıcı yüklerden kaynaklanabilecek sorunlarla karşılaşılması için;

$N_t < 2$ , tercihan  $N_t = 1$  olması gerekmektedir birlikte (West, 1978),  $N_t < 4$  koşulu genel olarak kazı sırasında sorun yaratmamaktadır.  $N_t$ 'nin çeşitli sınır değerlerine bağımlı olarak, karşılaşılabilecek olası duraysızlıklar (Heuer, 1974) aşağıda belirtilmiştir:

a.  $N_t > 5$  ise, kil zemin sıkışır

b.  $N_t > 6$  ise, kazı boşluğunda makaslama yenilmesi ve aynaya doğru bir hareket gelişir.

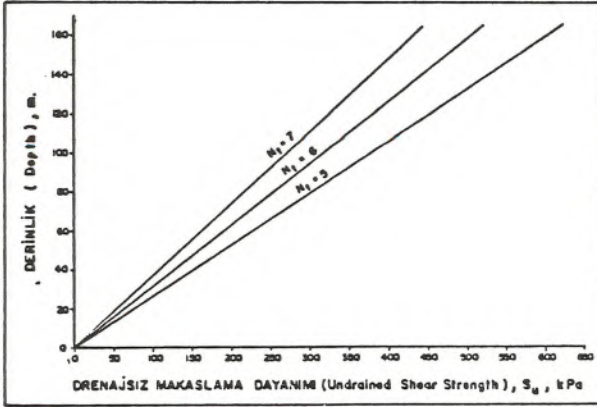
c.  $N_t > 7$  ise, zemin çok büyük bir gerilmeden etkileneneği için, boşluk çevresinde büyük ölçekli bir makaslama yenilmesi ve sıkışma hareketi gelişerek tahkimat kontrolü güçleşebilir.

Sektörde 20 metreden itibaren her 5 metrelik derinlik artışında,  $N_t$  faktörünün yukarıda belirtilen sınır değerleri bilgisayar çözümlemesi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar,  $N_t = 5$ ,  $N_t = 6$  ve  $N_t = 7$  koşulları için " $S_u$  derinlik" grafiğine işlenerek Şekil 12'de verilmiştir.  $N_t$  faktörünün bu 3 sınır değeri için belirlenen kil zeminlerin drenajsız makaslama dayanımlarının, testlerle saptanan drenajsız makaslama dayanımı değerlerinden düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, söz konusu kohezyonlu zeminlerde açılacak yeraltı boşluklarında karşılaşılabilecek olası duraysızlıkların çok kısa süreler içinde gelişmesi zayıf bir olasılık olarak görülmektedir. Bununla birlikte, düşük dayanımlı bazı silt seviyelerinin varlığının bu duruma ters düşecekleri de dikkate alınmalıdır.

$N_t$  duraylılık faktörü, genel anlamda münferit kazılara ilişkin değerlendirmelerde bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Ancak yeraltı işletmeciliği uygulamalarında açılan çok sayıda üretim panolarındaki gerilme dağılımları, münferit kazılardakine oranla daha karışıktır ve bu kazılar daha değişik gerilme konsantrasyonları tarafından etkilenir. Bu nedenle, Şekil 12'de gösterilen ilişkilerin, kil zeminlerde açılacak münferit kazı boşluklarının duraylılığına ilişkin genel bir değerlendirme olacağı gözönünde bulundurulmalıdır.

Montmorillonit mineralinin yapısında suyun absorbe edileceği yüzey alanının geniş olması nedeniyle, kristalin arasındaki su miktarının artmasına bağlı olarak kil şişmekte ve kolaylıkla deforme olabilmektedir. Bunun yanı sıra, aşırı konsolidasyona uğramış killerdeki kazılarda, örtü yükünün kaldırılması sonucunda kilin kabarması oldukça yaygın bir davranıştır. Test sonuçlarına göre montmorillonitik ve aşırı konsolide bir özellik taşıdıkları anlaşılan kil zeminlerde şişme ve kabarma türünde davranışlarla karşılaşılabilir. Bu olumsuzlukların giderilebilmesi veya minimum düzeyde tutulabilmesi için, kil zeminlerin suyla olan temaslarının kısa sürede kesilmesine özen gösterilmelidir.

**Kohezyonsuz Zeminler:** Sektörde yapılabilecek yeraltı kazılarında, kazıtavanını gevşek, kötü derecelenmiş ve siltli özellikteki kumların oluşturacağı ortamlarda, özellikle yeraltı su düzeyi altında, tahkimatsız duraylı kalabilme süresinin çok kısa olması beklenmelidir.



Sekil 12 :  $N_t$  duraylılık faktörünün kritik değerleri için, inceleme alanındaki kohezyonlu zeminlerin dre-najsız makaslama dayanımlarının derinlikle değ-işimi.

Figure 12 : Alteration of undrained shear strengths of cohesive soils in investigated area with depth, for the critical values of stability factor  $N_t$ .

Sektördeki kum zeminlerde karşılaşılabilecek davranışlar, başlıca yeraltı suyu koşullarına ve zemin kütle-sindeki ince daneli malzeme içeriğine bağlı olarak değ-işecektir. Çok düşük miktarda ince dane içeriğine ve genel olarak gevşek özelliğe sahip olmaları nedeniyle, içsel sürtünmeli bir malzeme gibi davranmaları beklenen bu kumların, kazı tavanlarında yer almaları koşulunda boş-luğa dökülmeleri söz konusudur. Özellikle yeraltı su düze-yi altında gerçekleştirilecek kazılarda, suyun da etkisiyle-bu davranışın ilerleyici bir karakter kazanarak hızlanma-sı olasıdır.

Geçirgenlik katsayılarının  $10^{-3}$  cm/s düzeyinde olabi-leceği tahmin edilen ve ince daneli malzeme oranı düşük olan bu kumların, sızıntı basınçlarının gelişmesine paralel olarak, ağır bir sıvı gibi davranıp, kazı boşluğuna ak-maları beklenebilir. Söz konusu olumsuzlukların mini-mum düzeye indirilebilmesi açısından, bu kumların altın-da daha sağlam olan kil veya linyit seviyelerinin tavan olarak bırakılıp çalışılması, dikkate alınması gerekebi-lecek bir husustur.

### Zemin Davranışları Açısından Yeraltı İşletme Yöntem-lerinin Uygulanabilirliği

İnceleme alanında olduğu gibi, ön fizibilite aşamasın-daki çalışmalarının sürdürüldüğü maden yataklarında, işletme yönteminin seçimi ve dizayn parametrelerinin bel-irlenmesi konusunda bazı belirsizlikler söz konusu ola-bilmektedir. Bu nedenle, aşağıdaki bölümlerde, belirlen-en jeoteknik faktörler ve olası zemin davranışları esas alınarak, çeşitli yeraltı işletme yöntemlerinin sahada uy-gulanabilirliği, karşılaşılabilecek sorunlar ve sınırlamalar tartışılmıştır.

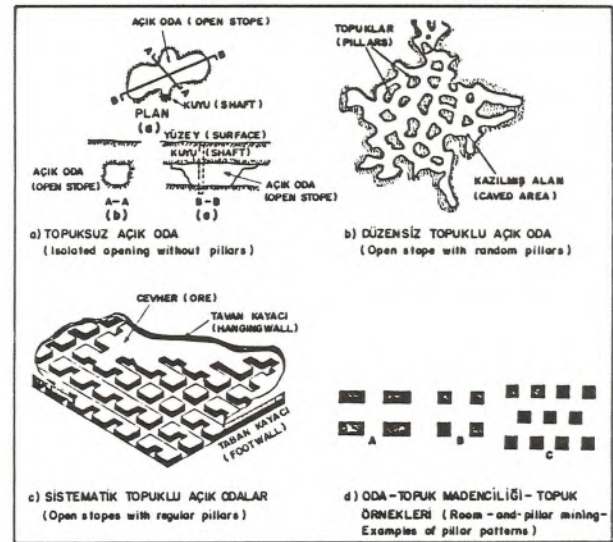
**Yapay Tahkimat Gerektirmeyen İşletme Yöntemleri:** Ka-zı boşluklarının cevher veya yan kayaç tarafından taşın-dığı, yapay tahkimatı gerektirmeyen işletme yöntemleri

- Topuksuz açık odalar,
- Düzensiz topuklu açık odalar,
- Sistemik topuklu açık odalar,
- Oda-topuk madenciligi

olarak gruplandırılabilir (Şekil 13)

Topuksuz açık oda yöntemi, birbirleri ile bağlantı-sı olmayan mercek şeklindeki maden yataklarında; dü-zensiz topuklu açık oda yöntemi birbirlerine oldukça yak-ın ve çok sayıdaki küçük merceklerin üretiminde; üçün-cü yöntem ise cevher kalitesinin üniform olduğu yatak-larda uygulanmaktadır. İlk yöntemin uygulanmasında ta-vanın kendisini taşıyabilecek sağlamlıkta, diğer ikisinde ise tavanın nisbeten dayanıklı ve topukların yükleri taşı-yabilecek nitelikte olması gereklidir. Sektörde, mühendis-lik özellikleri yönünden söz konusu yöntemler için gerek-li koşulları sağlayamayacak nitelikteki kumların varlığı, yöntemlerin uygulanabilirliğini büyük ölçüde kısıtlamak-tadır.

Sağlam tavan ve taban koşullarını gerektiren oda-to-puk yöntemi, sistemik topuklu açık baca yöntemine benzemekle birlikte, az eğimli ve damar kalınlığı üniform olan yataklarda uygulanmaktadır. Sektördeki linyit da-marlarının eğimlerinin düşük olmasına rağmen değışken-lik göstermeleri, ayrıca mühendislik özellikleri oldukça zayıf olan kum zeminlerin varlığı, bu yöntemin uygula-nabilirliğine ilişkin olumsuzluklardır. Tavanında kum ze-minlerin yer alacağı açıklıklarda tavan kontrolünde güç-lüklerle karşılaşılacağı gibi, bırakılacak topukların bu tür zayıf özellikteki tavana gömülmesi de söz konusudur. Montmorillonit karakter taşıyan kil zeminlerin suyla ilişkisi sonucunda gelişebilecek kabarmaların topuk du-raylılığını olumsuz yönde etkileyebileceği de dikkate alınmalıdır.



Sekil 13 : Tahkimat gerektirmeyen yeraltı kazıları (Mor-rison ve Russel, 1973'ten).

Figure 13 : Self supporting underground excavations (Af-ter Morrison and Russel, 1973).

**Uzun ve Kısa Ayak Yöntemleri:** Tavan kontrolunda güçlüklerle karşılaşarak geniş boyutlu topukların bırakılmasının zorunluğu olduğu yataklarda, oda-topuk yöntemi yerine uzun veya kısa ayak yöntemlerinin uygulanması tercih edilmektedir. Düşük dayanımlı, kolaylıkla göçertilebilecek birimler içerisindeki yatay veya az eğimli damarların üretiminde uygulanan bu iki işletme yönteminde; örtü yükleri tavandaki birimlerin oluşturduğu bir köprü aracılığı ile kazılmış kesime doğru transfer edilerek, arınla göçük arasında oluşturulan ve gerilmeler açısından nisbeten hafifletilmiş dar bir alan yapay tahkimatlarla desteklenmektedir. Bu yöntemlerin başlıca avantajları, tavan kontrolunun ve havalandırmanın daha kolay toz kontrolunun basit ve üretimin fazla olmasıdır (Panek, 1974).

Sektördeki kum zeminlerin kolaylıkla, kil ve siltlerin de nisbeten kolay şekilde göçertilebilecek nitelikte oluşları, bu yöntemlerin uygulanabilirliği konusunda önemli bir avantaj olarak değerlendirilebilir. Ancak, killerin suyla temaslarının kesilmesi koşulunda sahip oldukları sağlamlıklarına karşın, kumların zayıf mühendislik özelliklerine sahip olmaları nedeniyle, tahkimatlar kuma gömülebilir ve tavan kontrolü güçleşebilir. Bunun yanı sıra, kil zeminlerde gelişmesi olası şişme davranışı da dikkate alındığı takdirde, yapay tahkimat gerektirmeyen işletme yöntemlerindeki kadar olmamakla birlikte, uzun ve kısa ayak yöntemlerinin uygulanması koşulunda dahi önemli güçlüklerle karşılaşılması olasıdır. Ancak, duraylılığın kontrolü açısından kısa ayak yönteminin, uzun ayak yöntemine oranla daha avantajlı olacağı da dikkate alınmalıdır.

#### **Açık İşletme Uygulamalarını Etkileyebilecek Jeoteknik Faktörler**

Mevcut verilere göre sığ derinliklerde saptanan bazı linyit damarlarının kalınlıkları ince olup, gerek kalınlık, gerekse yayılım açısından değişkenlik göstermektedirler. Gelecekte yapılacak çalışma ve değerlendirmelerin, bu damarların açık işletme yöntemiyle üretilmelerinin uygun olabileceğini göstermesi olasılığı dikkate alınmış ve elde edilen veriler yorumlanarak linyitli seri içerisinde açılacak şevlerin duraylılığına ilişkin bazı ön değerlendirmeler yapılmıştır.

Linyitli seriyi oluşturan zemin niteliğindeki birimlerin aşırı tektonik hareketlere uğramayışı ve genel olarak belirgin bir şekilde görülemeyen tabakalanmanın yatay veya çok az eğimli oluşu, sev duraylılığının süreksizlikler tarafından kontrol edilmeyeceğini göstermektedir. Bu nedenle, linyitli seri içerisinde gerçekleştirilecek şev kazılarının duraylılığının, zeminlerin kütle karakteristiklerine ve yeraltı suyunun özelliklerine bağlı olarak değişmesi ve olası kaymaların dairesel veya birleşik kayma yüzeyleri boyunca gelişmesi beklenmelidir. Dolayısıyla, makaslama testleriyle ilgili bölümde değinilen gerekçeler de dikkate alınarak, şevlerin duraylılığı drenajlı makasla-

ma dayanımı parametreleri  $c_d$  ve  $\Phi_d$  kullanılarak, uzun süreli stabilite koşuluna göre incelenmelidir.

İnceleme alanındaki kum ve kil zeminlerin düşey ve yanal yönlerdeki yayılımlarının sık sık değişkenlik göstermesi, şevlerin homojen olmayan bir ortamda açılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu koşullar altında, duraylılığın genel olarak içsel sürtünmeli bir malzeme gibi davranması beklenen kumlardan etkilenmesi söz konusudur. Daha önceki bölümlerde kum zeminlerin makaslama dayanımları hakkında, belirtilen nedenlerden dolayı, yeterli verinin toplanamadığı vurgulanmıştı. Bununla birlikte, bazı ön bilgilere dayanılarak içsel sürtünme açısının  $30^\circ$  civarında olabileceği tahmin edilen bu kumların, dizayn sırasında alışılmalı  $45^\circ$  lik genel şev açılarından daha yatık açılarının kullanılmasını zorunlu kılacağı dikkate alınmalıdır.

#### **SONUÇ**

Acısu Sektöründeki linyitli seri içerisinde yer alan birimlerin, kum, kil ve silt olarak adlandırılan zemin niteliğindeki malzemelerden meydana geldiği anlaşılmaktadır. Kil zeminler mühendislik özellikleri yönünden sağlam ve montmorillonitik bir karaktere sahip olmalarına karşın, kumlar oldukça zayıf, siltler ise orta-zayıf zeminlerdir.

Yeraltı işletmeciliği açısından killerin, şişme davranışı dışında nisbeten daha olumlu davranışlar göstereceğine ilişkin göstergeler elde edilmesine karşın, özellikle kumlarda duraylılığın çok kısa süreli olacağı, bunun yanı sıra bu zeminlerde dökülmeye ve akma gibi davranışlarla karşılaşılması olasıdır. Zeminlerin belirlenen jeomekanik özellikleri açısından, sektörde yapay tahkimat gerektirmeyen işletme yöntemlerinin uygulanabilirliğinin pek mümkün olamayacağı, buna karşın kısa ve uzun ayak yöntemleri için bazı olumlu özelliklere sahip oldukları anlaşılmaktadır.

Açık işletme uygulamalarında, kumların kütle karakteristikleri ve yeraltı suyunun özellikleri, şevlerin duraylılığını kontrol edecek en önemli faktörler olarak değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra, şevlerin oldukça yatık açılarla dizayn edilmeleri gerekecektir.

Acısu Sektörü'ndeki birimlerin jeomekanik özelliklerinin incelenmesi, Sektörde jeoteknik faktörler açısından bilinmeyenlerin sayısında sistematik bir azalma sağlamıştır. Ancak, bu inceleme ve değerlendirmeler ön fizibilite çalışmalarına yönelik amaçlarla bir pilot bölgede ve sınırlı sayıda veriye dayanılarak gerçekleştirilmiştir. Sahada linyitin işletilebilirliğine dönük amaçlarla öngörülecek ek çalışmalarına yönelik amaçlarla bir pilot bölgede ve sınırlı sayıda veriye dayanılarak gerçekleştirilmiştir. Sahada linyitin işletilebilirliğine dönük amaçlarla öngörülecek ek çalışmaların öncesinde tüm verilerin jeoteknik faktörlerle birlikte değerlendirilmesi gereklidir. Özellikle, işletme kazılarının duraylılığı üzerinde önemli etkisi olacağı anlaşılan kum seviyelerinin yayılımının

duyarlı bir şekilde belirlenmesi ve çeşitli zemin birimleri arasında korelasyonun yapılması zorunludur. Ayrıntılı değerlendirmelerin yapılarak çalışmaların sürdürülmesi ve buna paralel olarak birimlerin hidrojeolojik karakteristiklerinin de belirlenmesi, maden dizaynına dönük amaçlarla işletme öncesinde öngörülebilecek jeoteknik çalışmaların planlanması ve değerlendirilmesinde önemli yararlar sağlayacaktır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- American Society For Testing And Materials, 1980, Natural Buliding Stones: Soil and Rock. Part 19.
- BOZKUŞ: C., 1978, Erzurum-Horasan-Aliçeyrek linyit sahasına ait jeolojik rapor. M.T.A, Enerji Hammaddeleri D., Rapor No. 308 (Yayınlanmamış).
- GİLLOT, E.J., 1968 Clay in Engineering Geology. Elsevier Publishing Comp
- HEUER, R.E., 1974, Important ground parameters in soft ground tunnelling. Proceedings on Subsurface Exploration For Underground Excavation And Heavy Construction. New Hampshire, Aug. 11-16,1974, American Society of Civil Engineers.
- HOEK, E. ve BRAY, J.W., 1977 Rock Slope Engineering. Institution of Mining and Metallurgy, Stephen Austin and Sons Ltd., London.
- HOUGH, B.K., 1957, Basic Soil Engineering. The Ronald Press Comp., New York.
- JUMİKİS, A., 1967, Introduction to Soil Mechanics.
- KARA, H. ve KARA, S., 1982, Erzurum-Horasan-Aliçeyrek linyit havzası jeoloji raporu. M. T. A. Enerji Hammaddeleri D., Rapor No. 395 (yayınlanmamış).
- LAMBE: t. W. ve WHİTMAN, R. V., 2969, Soil Mechanics. John Wiley And Sons Inc., New York,
- LEONARDS, G.A. (ed), 1962, Foundation Engineering. Mc Graw-Hill Book Comp., Inc., Tokyo.
- MEANS, R.E. ve Parcher, J.W., 1963, Physical Properties of Soils. Charles E. Merrill Comp.
- MEGAW, T. W. ve BARTLETT, J.W., 1981, Tunnelling in soft ground' Tunnels-planning. design, construction, Ellis Horward Ltd.
- MESRİ, G., 1980, Soil Mechanics and Behavior. University of Illinois
- MORRİSON, R.G.K. ve RUSSEL, H. L., 1973, Selected a mining method-rock mechanics, other factors. SME Mining Engineering Handbook, Society of Mining Engineers, New York.
- PANEK, L.A., 1974, Longwall problems. Ground control aspects of coal mine design. Proceedings: Bureau of Mines Technology Transfer Seminar, Lexington, March 1976, Bureau of Mines Information Circular IC 8630, 97-100.
- PECK, R.B., 1969, Deep excavation and tunnelling in soft ground. 7<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics, Mechanics, Mexico City 1969, State of-the-art volume, 225-290.
- TOURTELOT, A.H., 1974, Active clays in engineering construction and practice. Bulletin of the Association of Engineering Geologist, V.11, No. 4, 259-275.
- TSCHEBOTARİOFF, G.P., 1951, Soil Mechanics, Foundation And Earth Structures. Mc Graw Hill Book Comp., Inc., Tokyo.
- WEST.G., 1978, Methods of treating the ground. Tunnels and Tunnelling, September 1978, 25-29.
- WU, T.H., 1966, Soil Mechanics. Allyn and Bacon, Inc., Boston.





## KIBRIS JEOLJİSİ ve MADEN YATAKLARI ÜZERİNE BAZI JEOFİZİK İRDELEMELER

*Soma Geophysical Aspects of the Cyprus Geology and Ore Deposits*

MUSTAFA ERGÜN

Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir

**ÖZ:** Kıbrıs'ın sülfürlü cevher yataklarının varlığı eski çağlardan beri bilinmektedir. Bu yataklar, Üst Kretase yaşlı Troodos Masifi'nin en üstünde yer alan yastık lavların içerisinde bulunmaktadır. Maden yataklarını bulma ve bölgenin genel yapısını inceleme amacıyla birçok araştırmacı değişik jeofizik yöntemleri uygulamışlardır. Çevre kayalarından fazla bir fiziksel farklılık göstermemelerinden dolayı, sülfürlü yatakları bulmada, elektrik yöntemi dışındaki ler başarılı olmamıştır.

Toleyitik karakterli bazaltlardan oluşan yastık lavların manyetik özellikleri fazladır. Manyetik anomaliler yastık lavlarla ilişkili olup bu lavların kalınlaştığı yerlerde pozitif değerler verirler. Cevherleşme ile manyetik anomalilerin doğrudan bir ilişkisi yoktur. Fakat cevherli zonlar veya gossanlar (demir şapka) üzerinde negatif manyetik anomaliler yer alır. Ayrıca bu negatif anomalilerin asıl nedeni cevherleşmeyi oluşturan gabro veya benzeri intrüzyonlardır.

**ABSTRACT:** The existence of sulphide ore deposits of Cyprus has been known since the ancient times. These ore deposits are placed within the pillow lavas which make the uppermost sequence of the Upper Cretaceous Troodos Massif. various geophysical methods have been used by many research workers to investigate the general structure of the region and to locate ore bodies. Except the electrical methods, they haven't been successful to locate sulfide ore bodies because the lack of contrast between the ore bodies and the country rocks.

The magnetic properties of the pillow lavas which are made of tholeiitic basalts, are considerable. Magnetic anomalies are associated with the pillow lavas where the positive values are given by the thick piles of these volcanic series. There is no direct relationship between the ore deposits and the magnetic anomalies. But there are negative magnetic anomalies over the mineralized zones and the gossans. Also the reason of these negative anomalies may be due to the gabbros or similar intrusives which can be the cause of mineralization.

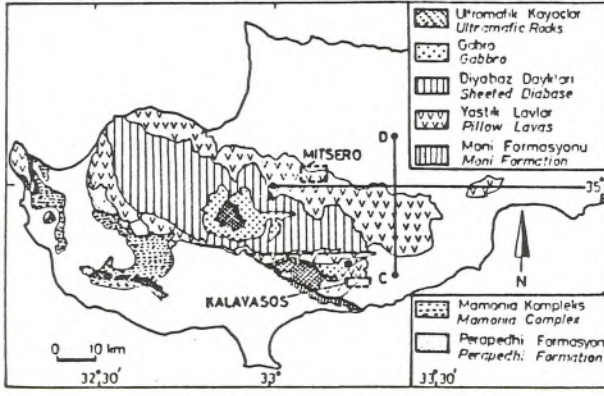
### GİRİŞ

Burada, ofiyolitik Üst Kretase yaşlı Troodos Masifi'ni çevreleyen ve içerisinde sülfürlü zonlar taşıyan volkanitler üzerinde ölçülen havadan manyetik anomalilerin irdelemesi yapılacaktır. Manyetik haritalar veri-işlem yöntemleriyle analiz edilerek bölgenin genel yapısı ve bilinen cevher yataklarıyla olan ilişkileri ele alınmıştır. Kıbrıs ilginç jeolojisi ve varolan çok yüksek gravite Bouguer anomalisi ile yer bilimcilerin ilgisini uzun yıllardan beri çekmektedir (Moores ve Vine, 1971; Greenbaum, 1972; Bear, 1963; Gass ve Masson-Smith, 1963; Robertson, 1975; Robertson ve Woodcock, 1979 v.d.).

Manyetik anomalilerin incelenmesi amacıyla Troodos Masifi kayalarının manyetik özellikleri araştırılmıştır (Vine ve Moores, 1969 ve Ergün, 1977). Ayrıca iki maden yatağı bölgesinde (kuzeyde Mıtsero ve güneyde Kalavassos) yerden manyetik ölçümler yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı ofiyolitik kayaların bulunduğu bölgelerde manyetik anomalilerin nasıl irdelenebileceğini tartışmak ve bölgesel yoruma gidebilmektedir.

### TROODOS MASIFI'NİN JEOLJİSİ

Üst Kretase yaşlı Troodos Masifi bazik ve ultrabazik kayalardan oluşmuş olup Kıbrıs'ın güneyinde yaklaşık 3000 km<sup>2</sup>. alanı kaplamaktadır. (Şekil 1). Troodos Masifi'nin tam bir ofiyolitik yapı gösterdiği ve sıralamanın üstte yastık lavlarla başlayıp, dayk kompleksi, gabro ve peridotitlerden sonra harzburjitlere geçtiği bilinmektedir. (Greenbaum, 1972 ve Gass, 1979). Masifin kuzey ve güneyinde yükselime uyumlu olarak Tersiyer yaşlı kireçtaşı tortulları yer almaktadır. Çok yüksek gravite Bouguer anomalisinden dolayı yoğunluğu fazla ultramafik kayaları 30 km. kalınlıkta olabileceği Gass (1968) tarafından ileri sürülmüştür. Bu nedenden dolayı Troodos Masifi otokton olarak kabul edilmiştir. Başka bir görüş ise diğer Tetis ofiyolitlerinde görüldüğü üzere bir üste atılma ve örtü olayının varolabileceğidir (Rabinowitz ve Ryan, 1970). Levha tektoniği kavramından önce yukarı atılmış bir okyanus kabuğu olarak yorumlanan Troodos Masifi ofiyolitleri en son arazi gözlemleri, jeofizik ve petrolojik veriler ışığında Geç Kretase yaşlı büyüme eksenini



Şekil 1 : Genelleştirilmiş Kıbrıs Jeoloji Haritası.  
Figure 1 : Generalized Geological map of Cyprus.

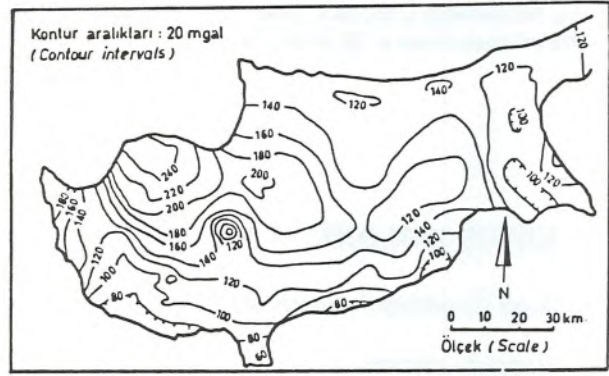
yoluyla oluştuğudur (Robertson ve Woodcock, 1979). Tüm veriler, oluşum sırasında çok kuvvetli bir tansiyonel ortamın varlığını göstermektedir. Vine, Poster ve Gass (1973) konuyla ilgili olarak Doğu Akdeniz'in doğrusal manyetik anomalilerden yoksun olduğunu ve dolayısıyla okyanus tabanı açılmasının söz konusu olmayacağını ileri sürmüşlerdir.

Troodos Masifi en altta ultrabazikler, ortadan yeşil kayaç daykları ve üstte yastık lavlardan oluşan üç birimden meydana geldiği bilinmektedir (Moore ve Vine, 1971; Robertson, 1975 ve Robertson ve Woodcock, 1979). Yeşil kayaç daykları 2 ile 4 km. arasında bir kalınlığa sahip olup bunların üstünde diyabazlar yer almaktadır. Masif'in en üst birimi olan yastık lavlarla aralarında volkanik aktivitenin bulunmadığı uyumsuzluk yüzeyi vardır. Ofiyolitik topluluğun en alt birimi gabro, peridotit ve harzburjitlerden oluşmaktadır.

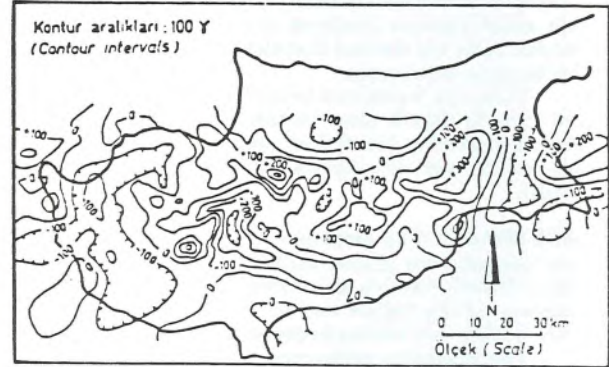
Troodos Masifi, ile ilişkili olarak bir çok sülfürlü cevher yatağı ve oluşumu bulunmaktadır (Searle, 1972 ve Searle ve Panayiotou, 1979). Bazılarının bakır içerdiği masif ve saçılmış sülfür yatakları çoğunlukla yastık lavların içinde yer almaktadır. Bu tür cevher yatakları stratiform özellik göstermelerinden dolayı "Kıbrıs" tipi cevherler olarak bilinirler. Searle (1972), bu cevher yataklarının yastık lavların her tarafında bulunmasından ziyade daha çok yeşil kayaç dayklarının üstü birimini oluşturan diyabazlar ile alt yastık lavlar içerisinde olduğunu ortaya koymuştur.

Doğu Akdeniz'de yapılan gravite ölçümleri (Woodside ve Bowin, 1970; Wong v.b., 1971; Rabinowitz ve Ryan, 1970; Özelçi, 1973 ve Woodside, 1976) ve deprem odakları dağılımı çalışmalarından (McKenzie, 1976) Akdeniz kabuğunun Kıbrıs, Anaximander Dağları (Kıbrıs ile Rodos arasında yer alır) ve Ege Denizi altına daldığı görüşü yaygınlık kazanmıştır.

Kıbrıs'ın bölgesel gravite Bouguer anomali haritası (Şekil 2) ve yorumu Gass ve Masson-Smith (1963) tarafından yapılmıştır. Ada, 100 ile 250 mgal. değerleri arasında değişen çok yüksek anomalilere sahiptir. Bu değerlerin ışığı altında Troodos Masifi'ni bir üst manto şaryajı-



Şekil 2 : Kıbrıs gravite Bouguer Haritası (Gass ve Masson-Smith, 1963).  
Figure 2 : Cyprus gravity Bouguer map (Gass and Masson-Smith, 1963)



Şekil 3 : Kıbrıs bölgesel havadan manyetik haritası (Vine v.d., 1973).  
Figure 3 : Cyprus regional aeromagnetic map (Vine et.al, 1973).

nın merkezine yerleşmiş yapı olarak yorumlamışlardır. Rabinowitz ve Ryan (1970) ise bu durumu bir "üst manto" örtüsü olduğunu vurgulamışlardır. Kıbrıs'ın havadan manyetik edüdü 2.6 km. sabit yükseklikten Vine, Poster ve Gass (1973) tarafından gerçekleştirilmiştir. Manyetik anomaliler Kıbrıs Troodos Masifi'ni çevreleyen dayklar ve yastık lavlarla ilişkilidir (Şekil 3). Yüzlek veren ofiyolitlerden uzaklaştıkça gravite Bouguer ve manyetik anomaliler uyumluluk gösterirler.

Vine ve Moore (1969) yaptıkları, paleomanyetik çalışmalardan ters mıknatıslanmanın bulunmadığını ortaya çıkarmışlar ve Troodos Masifi'nin yapısının okyanusal tabakalarla ilişkisini ortaya koymuşlardır. Khan v.d. (1972), 0.5 km. kalınlığındaki yüzey tabakası altında iki kırılma yüzeyi saptamıştır. İkinci katmanın kalınlığı 1.5 ile 2.0 km. arasında değişmektedir. Katmanların hızları yüzeyden itibaren sırasıyla 3.25 km/sn, 5.1 - 5.28 km/sn ve 6.38 km/sn olarak bulunmuştur.

## TROODOS MASIFI KAYAÇLARININ MANYETİK ÖZELLİKLERİ

Tablo (1)'de Troodos Masifi'nin değişik birimlerin-

Tablo 1. Troodos Masifi kayaçlarının manyetik özellikleri  
 Tablo 1. Magnetic properties of the Troodos Massif rocks

Kayaç Birimi	Örnek Sayı.	N.R.M. $\times 10^{-3}$ e.m.u./cm <sup>3</sup>		Süseptibilite $\times 10^{-3}$ c.g.s.		Koenigsberger oranı (On)	
		Ortalama	S.D.	Ortalama	S.D.	Ortalama	S.D.
Sedimenter	5	0.005	-	0.004	-	0.500	-
Üst Yastık Lavlar	23	7.004	4.808	2.325	1.568	6.678	5.433
Alt Yastık Lavlar	24	7.303	6.346	3.090	1.218	8.994	4.268
Tüm Yastık Lavlar	59	8.550	6.290	2.174	1.621	8.628	5.040
Diyabaz Daykları	13	3.010	2.717	2.720	1.591	2.654	2.809
Gabro	16	1.06	1.209	0.942	1.130	4.270	3.773
Diğer Plütonik kayaçlar	22	3.467	4.880	1.576	1.098	2.930	2.513
Tüm plütonik kayaçlar	38	2.448	3.610	1.329	1.380	3.456	3.077

Tablo 2. Troodos Masifi kayaçlarının toplam manyetik değerleri ve yönleri  
 Tablo 2. Total magnetic values and directions of the Troodos Massif rocks

	N.R.M. Şiddet $\times 10^{-3}$ e.m.u./cm <sup>3</sup>	$O_D$ $O_I$		Süseptibilite $\times 10^{-3}$ c.g.s.	Toplam Şiddet $\times 10^{-3}$ e.m.u./cm <sup>3</sup>	$O_D$ $O_I$	
Yastık Lavlar	8.550	275	38	2.174	9.000	280	42
Diyabazlar	2.010	315	55	2.720	4.100	329	56
Gabro	1.064	270	62	0.942	1.400	300	66
Ultramafikler	2.448	330	65	1.330	2.900	339	63

den alınmış 120 kadar kayaç örneğinin manyetik süseptibilite (NRM) değerlerinin laboratuvar ölçüm sonuçları verilmiştir. (Ergün, 1977). Yastık lavların NRM değerleri  $10^{-2}$  e.m.u./cm<sup>3</sup>  $O_n$  Koenigsberger oranları (kalıcı manyetizma/indükleme manyetizma) yaklaşık 10 civarındadır. Yeşil kayaç daykları daha düşük NRM değerlerine (1.0 ile 10.0  $\times 10^{-3}$  e.m.u./cm<sup>3</sup> arasında değişmekte) sahip olmalarına rağmen yastık lavlara eşdeğerde süseptibilite değerlerine ulaşırlar.

Plütonik kompleks batolitik boyutlarda ultrabazik kütlelerin ayrışması sonucu oluşmuştur. (Greenbaum, 1972) Bu kompleksin üst bölümlerini oluşturan gabro, harzburjit v.b. kayaçların NRM değerleri düşük (yaklaşık  $10^{-3}$  e.m.u./cm<sup>3</sup>) fakat  $O_n$ -oranları 20 civarındadır.  $O_n$ -oranlarının yüksek olmasının nedeni sistematik bir şekilde süseptibilite değerlerinin düşüklüğüdür. Diğer ultramafik kayaçlar (peridotit, dünit v.d.) daha yüksek NRM ve süseptibilite değerlerine sahiptirler.

Vine ve Moores (1969) inceledikleri masifin ofiyolit kayaçlarında manyetik vektörlerinin yönleri  $280^{\circ}/34^{\circ}$  aşağı doğru olarak bulmuşlardır. Tüm kayaçlardan manyetik terslenmeler (reversallar) elde edilmemiştir. Kıbrıs'ın batı yönündeki dönme hareketinin varlığı kesinlik kazanmıştır (Moores ve Vine, 1971 ve Shelton ve Gass,

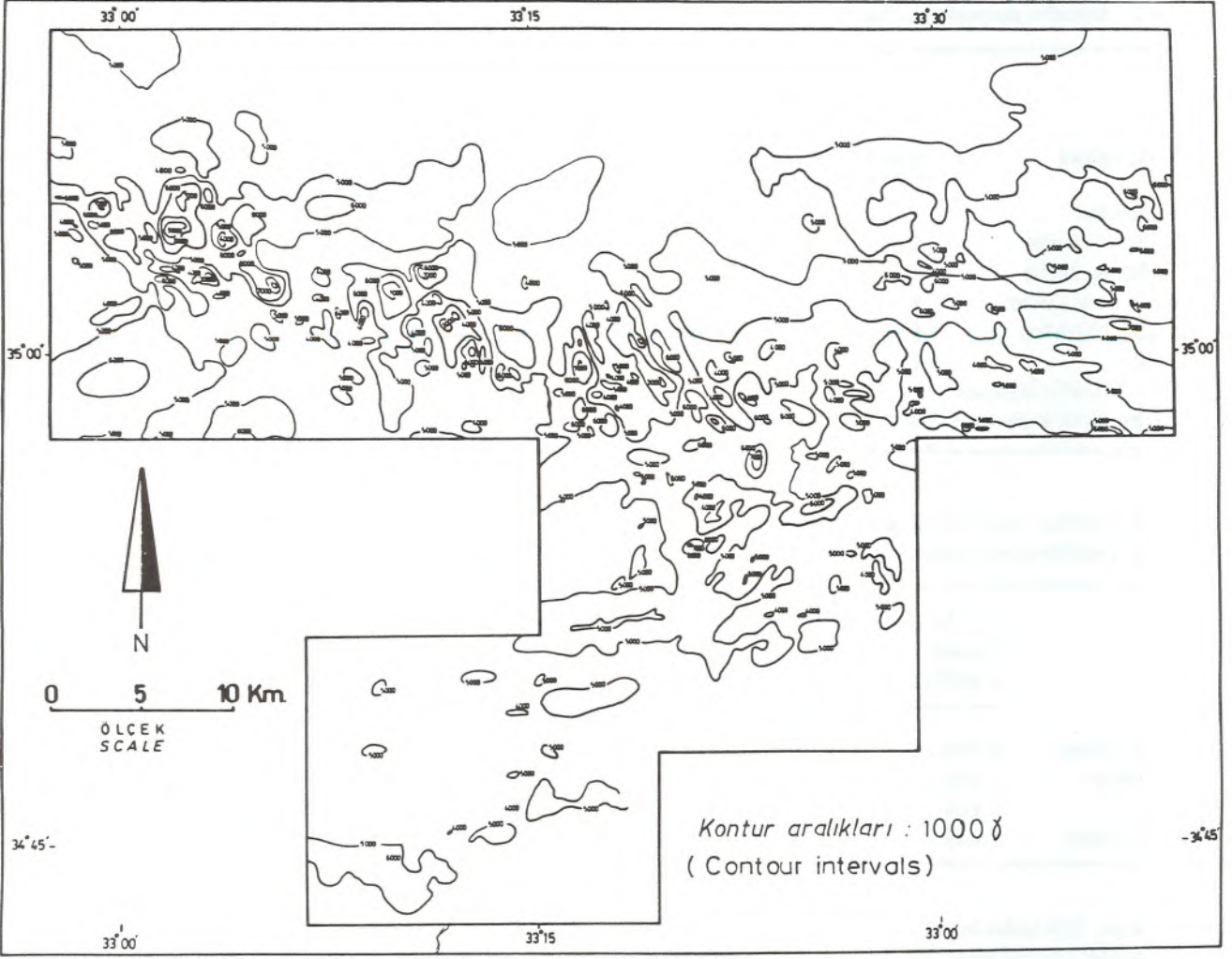
1979). Yastık lavlarda ikincil manyetizasyonların varlığı çok azdır. Buradan da bunların çok az metamorfizmaya uğradığı sonucu çıkarılmıştır.

Ölçüler tüm kayaç birimlerinin ortalama NRM yön ve şiddetleri ile süseptibilite değerleri, ve bunların toplam manyetizasyon değerleri Tablo (2)'de verilmiştir. Bu bulguların ışığında manyetik anomalileri yorumlarken en yüksek toplam manyetizasyon değerlerine sahip yastık lavlar manyetik anomalilerin kaynağı olduğu varsayılmıştır. Negatif anomalilerin ise gabro ve benzeri intrüs onlardan kaynaklandığı kabul edilmiştir.

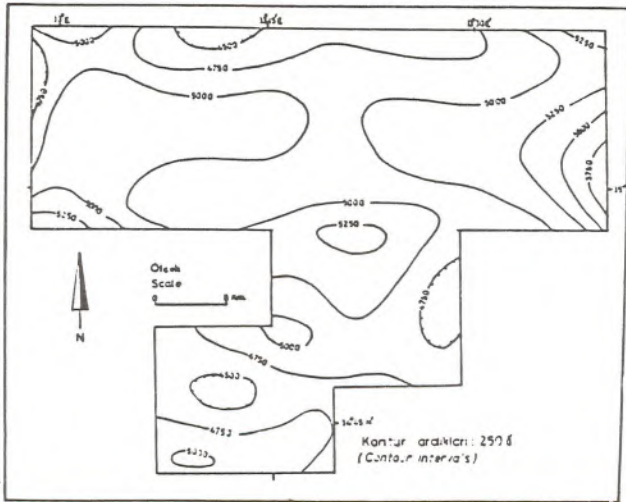
#### HAVADAN MANYETİK ANOMALLERİN YORUMU

Troodos Masifi'nin kuzey ve doğusunu kapsayan 2250 km<sup>2</sup> alanı içine alan alçak seviyeden (150m.) yapılan havadan manyetik etüdler tüm yastık lavları içine almaktadır (Şekil 4). Manyetik ölçümler yanısıra çift uçaklı olarak elektromanyetik etüdler yapılmıştır. Elektromanyetik yöntem istenen amacı gerçekleştirilememiş yalnızca sedimenter kayaçlarla yastık lavların kontaklarında anomaliler vermiştir. Sülfürlü cevherlerin yerlerine tesbit etmeye yaramamıştır.

Havadan manyetik anomaliler üzerine uygulanan is-



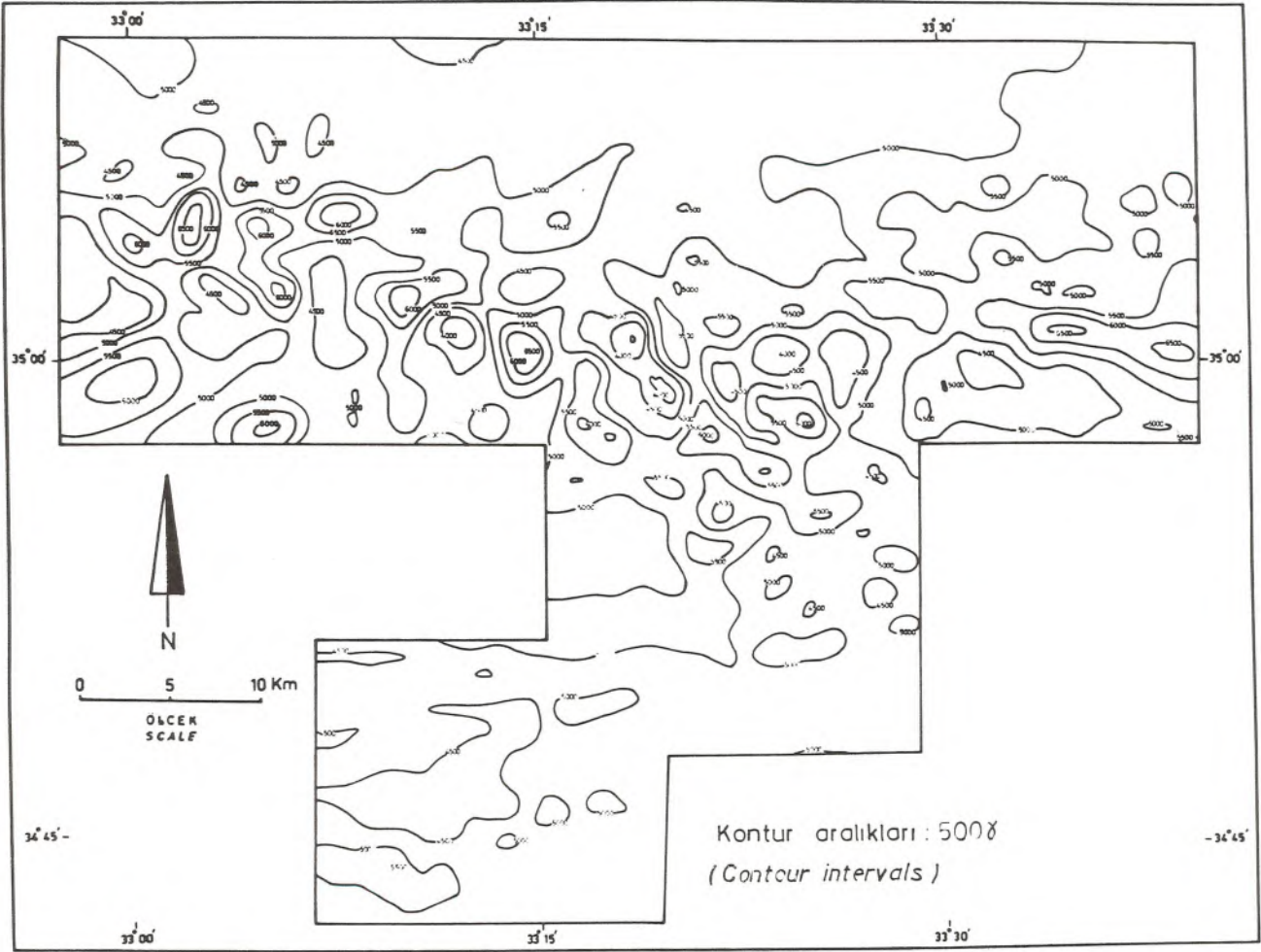
Şekil 4 : Kıbrıs'ın alçak seviyeden yapılan havadan manyetik haritası (Ergün 1977).  
Figure 4 : Low level aeromagnetic map of Cyprus (Ergün, 1977)



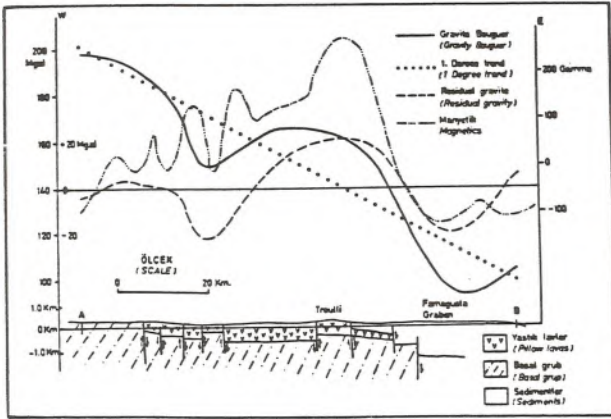
Şekil 5 : Kıbrıs havadan manyetik haritasının 5. derece trendi (Ergün 1977).  
figure 5 : 5 th degree trend aeromagnetic map of Cyprus (Ergün, 1977).

tatistiksel çalışmalar (Vogelsang, 1972) anomalilerin 2 ile 6 km. uzunluğunda, 1.5 ile 2.5 km. genişliğinde ve 500 ile 2500 değerlerine sahip olduklarını ortaya çıkarmıştır (Ergün, 1977). Anomalilerin çok azı 10 km.'den daha uzun ve 4 km.'den daha geniştir. Güç spektrumu sonuçları (Spector ve Grant, 1970) en büyük etkinin yüzey anomalilerinde geldiğini gösterir. Hesaplanan ortalama derinliklerinden bu anomalilerin kaynağının yüzlek veren yastık lavlar olduğu ortaya konmuştur.

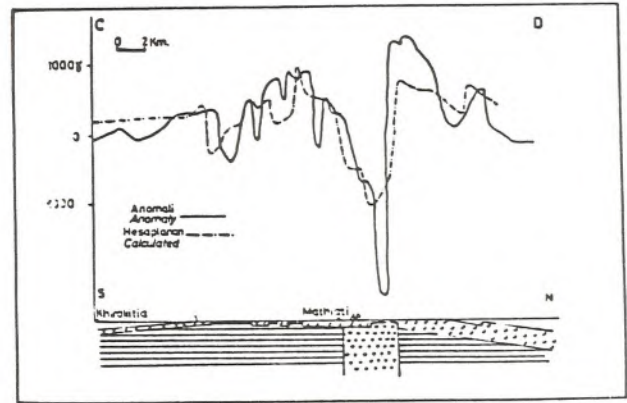
Bölgesel anomalilerin genel gidişlerini görmek için trend analizi (Davis, 1973 ve Grant, 1957) ile ana trendlerin D-B yönlü olduğu bulunmuştur (Şekil 5). Troodos Masifi gerçekte BKB - DGD uzanımlıdır, fakat kalıcı manyetizmanın batı yönlü deklinasyona sahip olması manyetik anomalilerin doğuya doğru yönelmesine neden olmuştur. Alçak geçişli, süzgeç haritasında (Şekil 6) 6 km. ve daha büyük dalga boyları hiçbir etkiye uğramadan geçirilmekte ve 2 km.'den daha küçük dalga boyları ise tamamen süzölmektedir (Fuller, 1967 ve McGrath ve Hall 1969). Süzgeçlenmiş anomali haritasından çıkan sonuç



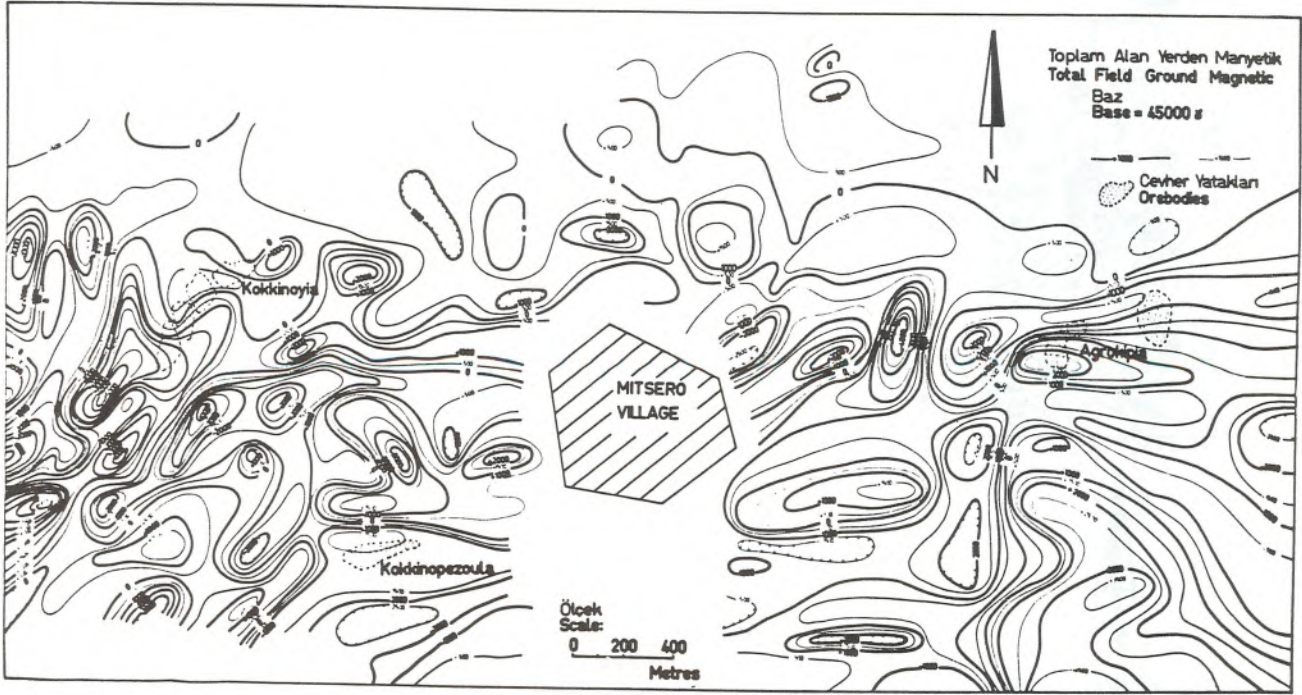
Şekil 6 : Kıbrıs'ın alçak geçişli havadan manyetik haritası (Ergün 1977).  
Figure 6 : Low pass filtered aeromagnetic map of Cyprus (Ergün, 1977).



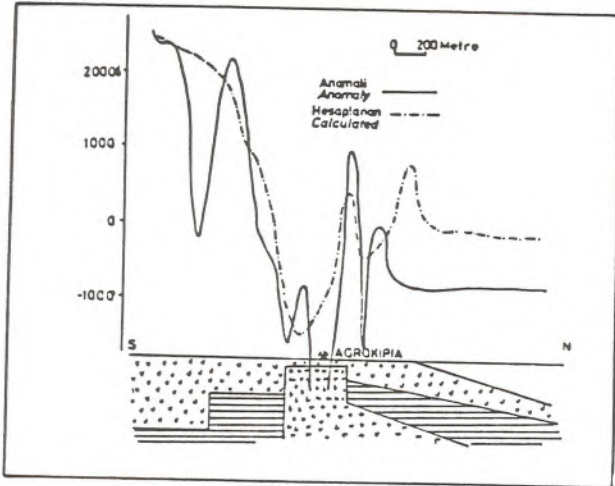
Şekil 7 : Doğu-Batı AB jeofizik kesiti.  
Figure 7 : East-West AB geophysical section



Şekil 8 : Kuzey-Güney CD yorumlanmış manyetik kesiti.  
Figure 8 : North-South CD interpreted magnetic section.



Şekil 9 : Mitsero bölgesinin yerden manyetik haritası (Ergün 1977).  
Figure 9 : Mitsero region ground magnetic map (Ergün, 1977).



Şekil 10 : Yorumlanmış Agropikia magnetik kesiti.  
Figure 10 : İnterpreted Agropikia magnetic section.

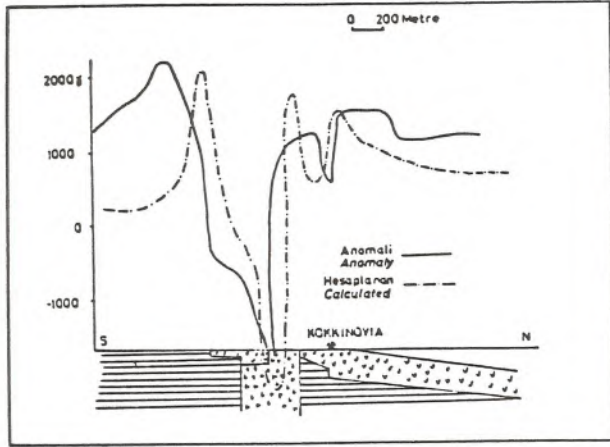
6 km'den daha büyük dalgaboylarının fazla etkin olmadığıdır.

Kesit AB (Şekil 7) doğuda KKB uzanımlı Magosa Grabenini ve ortada Troulli yükseliminden geçmektedir. Gravite Bouguer anomalisi doğudan batıya doğru genel bir artış göstermektedir. Magosa Grabeni negatif anomaliyle, Troulli yükselimi ise pozitif anomaliyle bu genel gidiş üzerinde belli olmaktadır. Birinci derece trendden çıkartılan residüel anomaliler bu durumu daha açık bir

şekilde göstermektedir. Ayrıca Mathiati cevherleşme alanının bulunduğu bölgede negatif residüel gravite Bouguer anomalisi bulunmaktadır. Troodos Masifi KKB-GGD ve K-G yönlü blok faylanmalar sonucu batolitik boyutlarda oluşmuştur (Searle ve Panayiotou, 1979). Orta Miyosen'de meydana gelen tansiyonal ortamdaki yükselim ve faylanmalar, bölgede alçalım ve yükselim alanlarıyla sert bir topografya oluşmuştur. Alçalım bölgelerini dolduran yastık lavların kalınlaştığı yerlerde manyetik anomaliler bulunmaktadır. Manyetik anomalilerin açıklanması yastık lavlarının kalınlıklarıyla ilişkilidir.

Kesit CD (Şekil 8), güneyde Khirkitia'dan başlayıp kuzeyde Lefkoşe'ye kadar uzanır. Güneyde, yastık lavlar üzerinde fazlaca belirgin bir manyetik anomali yoktur. En büyük negatif manyetik anomali Mathiati cevherleşme alanında bulunmaktadır. Bu negatif anomali zonun 200 m. derinlikte ve 1500 m. genişliğinde olduğu hesaplanmıştır (Koulomzine v.d., 1970). Yeşil kayaç daykları üstünde yer alan gossanlar negatif anomali kuşaklarıdır. Bu zonlar kendi içinde geçirdiği metamorfizma sonucu demir oksitlenmeyle sıvanmıştır. Ofiyolitik karmaşığın asidik ayrışma sonucu cevherleşme oluşmuştur. Gabro ile benzeri intrüzyonlar bulunacaktır. İki boyutlu manyetik modelleme (Talwani ve Heirtzler, 1964) için kayaçların toplam manyetik değerleri (Tablo 2) kullanılmıştır. Negatif manyetik anomaliler gabrolarla karşılanamamıştır. Fakat bu yolla negatif anomali tam anlamıyla karşılanamamıştır. Bu zonlarda metamorfizma sonucu çevre kayaçlarının manyetik özelliklerini kaybettikleri açık-

tır. Mıtsero ve Kalavasos bölgelerinde yerden manyetik etüdler yapılmıştır (Ergün, 1977). Mıtsero alanında uç tane maden yatağı bulunmaktadır (şekil 9). Yastık lavlar kuzeye doğru eğimlidir ve yeşil kayaağ daykalarıyla olan sınırlar boyunca pozitif anomaliler bulunmaktadır. Bölgede KB ve DKD yönlerinde uzanan anomaliler vardır. Kokkinopezoula cevher yatağının batısında yer alan havadan manyetikte KB uzanımlı tek anomali olarak gözüken yapının üzerinde yerden manyetikte birkaç anomali bulunmaktadır. Kokkinopezoula cevher yatağının üzerinde negatif anomali vardır. Kesit Agrokipia (şekil 10) aynı adlı cevher yatağının üzerinde K-G yönündedir. Cev-



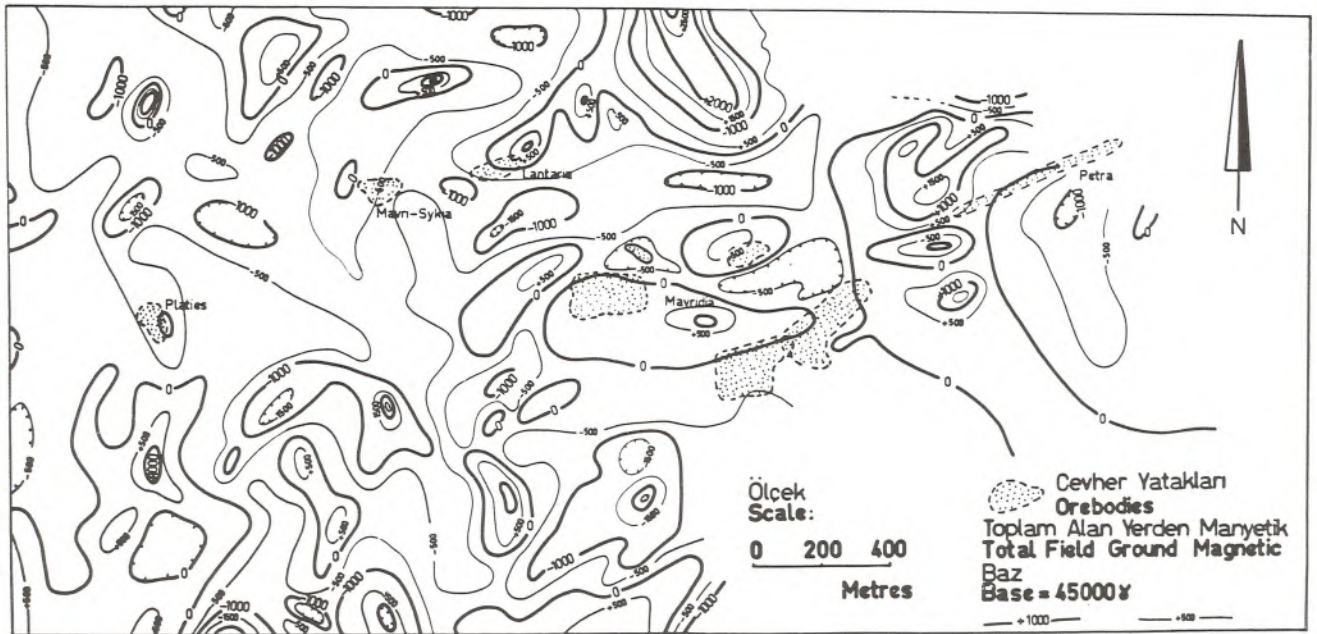
şekil 11 : Yorumlanmış Kokkonıyia manyetik kesiti.  
Figure 11 : Interpreted Kokkonıyia magnetic section.

herleşmenin üzerinde negatif anomali gabro intrüzyonu ile karşılanmıştır. Güneydeki pozitif anomali yastık lavlarla ilişkilidir. Kuzeye doğru ise yastık lavlar kalın bir tortul kütlelerinin altına dalar. Negatif manyetik anomalinin kaynağının 50 m. derinde ve 400 m. kalınlıkta olduğu bulunmuştur. Kesit Kokkonıyia (şekil 11) aynı adlı cevher yatağının üzerinde K-G yönündedir. Manyetik negatif anomali yine gabro intrüzyonu ile açıklanmıştır. Bu kütleinin yüzeye çok yaklaştığı ve 350 m. kalınlıkta olabileceği bulunmuştur. Kokkonıyia cevher yatağı bu kütleinin kuzey kanadındadır. Yastık lavlar kuzeye doğru kalın tortul kütleinin altına dalmaktadır. Güneydeki pozitif anomalinin kaynağının yalnızca yeşil kayaağ daykaları olmayacağı açıktır.

Kalavasos bölgesinde (şekil 12) bir çok cevher yatağı bulunmaktadır ve bunlar negatif anomalilerin çevresinde toplanmıştır. Searle (1972) ve Adamides (1979) Kıbrıs'taki sülfürlü cevherleşmelerin KB ve DKD uzanımlı faylarla kontrol edildiğini belirtmişlerdir. Kalavasos bölgesinin kuzeyinde yer alan pozitif anomali bölgesinde yastık lavlar kalındır. Mavri-Sykra ve Lantaria cevher yatakları bu pozitif anomalinin kuzeybatısında DKD uzanımlı fayın üzerindedirler. Mavridia ve Petra yatakları DKD ve KB fay zonlarının keşişimlerinde yer alırlar.

## SONUÇLAR

Kıbrıs ve çevresi ile ilişkili tüm veriler Troodos Masifi'nin Geç Kretase yaşlı büyüme eksenini ile oluştuğudur. Oluşum zamanında çok kuvvetli tansiyonel bir ortamın



şekil 12 : Kalavasos bölgesinin yerden manyetik haritası (Ergün 1977).  
Figure 12 : Kalavasos region ground magnetic map (Ergün, 1977).

varlığı söz konusudur. Beklenenden fazla gravite Bouguer anomalisinden dolayı Troodos Masifi'nin otokton olduğu görüşü hakimdir. Bunun yanısıra Tetis ofiyolitlerinde görüldüğü gibi bir üste atılma ve örtü olayının varolabileceği görüşü de vardır. Akdeniz levhasının Kıbrıs yükselimi meydana gelmiştir.

Batolitik boyutlarda asidik ayrışmayla oluşan Troodos ofiyolitlerinin en son aşamalarında sülfürlü cevherleşmeler meydana gelmiştir. Tansiyonel ortamda oluşan blok faylanmalarla alçalım ve yükselim bölgelerinin çukurlukları yastık lavlarla doldurulmuştur. Troodos ofiyolitlerinde ölçülen kayaç manyetizması sonuçlardan yastık lavlar en fazla manyetik özellikleri taşımaktadır. Manyetik anomalilerin yorumundan Troodos Masifi'nin kuze yünde daha kalın yastık lav örtüsü vardır. Ayrıca güneydeki yastık lavlar daha fazla tektonizmaya uğramışlardır.

Kıbrıs'ta sülfürlü cevherleşmeler KB ve DKD uzanım- lı faylarla kontrol edilir. Yeşil kayaç dayıkları üzerinde görülen gossanlar ile alt yastık, lavlarının içinde yer alan sülfürlü cevher zonlarının bulunduğu bölgelerde negatif manyetik anomaliler yer alır. Bu anomaliler gabro veya benzeri intüzyonlarla modellenmeye çalışılmış fakat tam olarak sonuçlanamamıştır. Böyle zonlarda metamorfik etkiler sonucunda kayaçların gerçek manyetik özelliklerini kaybettikleri ortaya çıkmaktadır. Bu veriler ışığında negatif anomali kuşakları çevresinde bazı sülfürlü cevher zonları var olabilir. Ayrıca kuzeyde yastık lavlar kalın bir tortul kütlelerinin altına daldığından, bu bölgelerde yeni cevher yatakların bulanabilir. Fakat arama yöntemlerinin kısıtlılığı dolayısıyla bu durumu açıklığa kavuşturmak zordur.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- ADAMİDES, N.G., 1979, The form and environment of the Kalavassos are deposits-Cyprus: in: "Ophiolites" Proceedings of International Ophiolite Symposium, Cyprus, 117-128.
- BEAR, L.M., 1963, The mineral resources and mining industry of Cyprus' Geol. Sur. Cyprus, Bull., No: 1, 184 p.
- DAVIS, J.C., 1973 Statistics and data analysis in geology Wiley, New York, 550 p.
- ERGÜN, M., 1977, Magnetic Studies in Cyprus and the Biga peninsula, Turkey: Ph.D. Thesis, Leicester University, England, 225 p.
- FULLER: B.D., 1967, Two dimensional frequency analysis and gridoperators: Mining Geophysics, vol 2, SEG Publications, 658-708.
- GASS: I.G., 1968, The Troodos Massif of Cyprus a fragment Mesozoic Ocean floor: NATURE, 220, 39-42.
- GASS, I.G., 1979, The TroodMassif: its role in the unravelling of the ophiolite problem and its significance in the understanding of constructive plate margin processes: in "Ophiolites", Proceedings of International Ophiolite Symposium, Cyprus, 23-25.
- GASS: I.G., and Masson-Smith, D., 1963, The geology and gravity anomalies of the Troodos Massif, Cyprus Roy. Soc. London, Philos. Trans., A255, 417-467.
- GRANT: F.S., 1957, A problem in the analysis of geophysical data: GEOPHYSICS, 12, 309-344

- GREENBAUM, D., 1972, Magmatic processes at oceanic ridges: Evidence from the Troodos Massif, Cypru.: Nat. Phys. Sci, 238, 18-21.
- KHAN: M.A., Summers, C., Bamford, S.A.D., Chorston, N., Poster, K. ve Vine, F.J., 1972, A reversad refraction line in the Troodos Massif, Cyprus' Nat. Phys. Seci., 238, 134-136.
- KOULOMZİNE:, TH., LAMONTAGNE: Y. ve NATEAU, A., 1970, New methods for the direct interpretation of magnetic anomalies caused by inclined dikes of infinite length: GEOPHYSICS, 35, 812-830.
- MC GRATH, H. H. ve HALL, O. H., 1959, Crustal structure in northwestern Ontario: Regional magnetic anomalise: Canad, Journ. Earth Sci., 6, 1101-1107.
- MCKENZİL: D.P., 1976, The East Anatolion Fault: A mafor structure in eastern Turkey: Earth, Planet. Sci. Lett., 29, 189-193.
- MOORES, E.M. ve VİNE, F.J., 1971, The Troodos Massif, Cyprus and other ophiolites as oceanic crust, evaluation and implications: Phil. Trans. Roy. Soc., A268, 443-468.
- ÖZELÇİ: F., 1973, Gravity anomalies of the Eastern Mediterranean' Bull. Min. Res. Expl. Ins., Turkey, 80, 54-92.
- RABİNOWİTZ: P.D. ve RYAN: W.B.F., 1970, Gravity anomalies and cristal shartening in the Eastern Mediterranean' TECTONOPHYSICS, 10, 585-608.
- ROBERTSON: A.H.F., 1975, Cyprus umbers: basalt-sediment relationships on a Mesozoic ocean ridge: J. Geol. Soc. Lond., 131, 511-531.
- ROBERTSON: A.H.F., ve WOODCOCK: N. H., 1979, Tectonic settings of the Troodos Massif in the east Mediterranean' in' "Ophiolites", Proceedings of International Ophiolite Symposium, Cyprus, 36-49.
- SEARLE: D.L., 1972, Mode of occurence of the cupriferous pyrite deposits of Cyprus: Trans. Inst. Min. Met., 81 B, 89-97.
- SEARLE: D.L., ve PANAYİOTOU, A., 1979 structural implications in the evolutor of the Troodos Massif, Cyprus' "Ophiolites", Proceedings of International Ophiolite Syposium, Cyprus, 50-60.
- SHELTON, A.W. ve GASS, I.G., 1979, Rotation of the Cyprus microplate' in: "Ophiolites", Proceedings of International Ophiolite Symposium, Cyprus, 61-65.
- SPECTOR, A. ve GRANT, F.S., 1970, Statitcal models for interpreting aeromagnetic data: GEOPHYSICS: 35, 293-302.
- TALWANİ, M. ve HEİRTZLER. J.R., 1964, Computation of magnetic anomalies caused by two dimensional structure of arbitrary shape: in: Computers in the mineral industries, Part I, Geological Sciences, Stanford University Publications, I, 464-480.
- VİNE, F.J. ve MOORES: E.M., 1969, Paleomagnetic results from the Troodos igneous massif, Cypru: Trans Am. Geophys. Union, 50, 131.
- VİNE, F.J. ve POSTER, C.K. ve GASS, I.G., 1973, Aeromagnetic survey of the Troodos igneous massif, Cyprus: Nat. Phys. Sci., 244, 34-38.
- VOGELSANG, D., 1972, Geophysical catagorization of the pre-Cambrian in South India: Geophys. Prosp., 20, 317-329.
- WONG., H.K., ZARUDZKİ, E.F.K., PHİLLİPS, J.D. ve GİERNANNİ, G.f.K., 1971, Some geophysical profiles in the Eastern Mediterranean: Geol. Soc. Amer. Bull., 82, 81-100.
- WOODSİDE, I., 1976, Regional vertical tectonics in the Eastern Mediterranean: Geophys. J.R. Astr. Soc., 47, 493-514.
- WOODSİDE, I. and BOWİN, C.O., 1970, Gravity anomalies and inferred crustal structure in the Eastern Mediterranean Sea; Bull. Geol. Soc. Am., 81, 1107-1127.



## SİMAV-EMET-TAVŞANLI YÖRELERİNİN HİDROTERMAL ALTERASYON ZONLARI

### *Hydrothermal Alteration Zones of Simav-Emet-Tavşanlı Regions*

MEHMET ŞENER  
A.İHSAN GEVREK

M.T.A. Genel Müdürlüğü Enerji Hammaddeleri Etüd ve Arama Dairesi, Ankara  
M.T.A. Genel Müdürlüğü Enerji Hammaddeleri Etüd ve Arama Dairesi, Ankara

**ÖZ:** Bu çalışmada Kütahya il sınırları içerisinde yer alan hidrotermal alterasyon zonları, X-ışınları tekniği ve jeo-kimyasal analiz yöntemleri ile incelenmiştir.

Çalışma sahasında klorit-illit, montmorillonit, kalk aliminyum silikat ve silisifiye zonlar saptanmıştır. Zonların dağılımına göre, çalışma sahasında yer alan Simav yöresinde; Abide jeotermal sahasında 180-230<sup>o</sup> C, Naşa-Eynal jeotermal sahasında 100-160<sup>o</sup> C, Tavşanlı yöresinde 100-160<sup>o</sup> C, Emet yöresinde 150-200<sup>o</sup> C ve Kütahya-Ilıca yöresinde ise 100-160<sup>o</sup> C sıcaklığa sahip jeotermal akışkanın varlığından söz edilebilir.

**ABSTRACT:** Hydrothermal alteration zones have been investigated by X-ray diffraction techniques and geochemical methods in this study at Kütahya region.

There are Chlorite-İllite, Montmorillonite, Calc Aliminium silicate and silisification zones in investigated area. As a result of these studies; Abide geothermal field has 180-230<sup>o</sup> C, Naşa-Eynal geothermal fields have 100-160<sup>o</sup> C in Simav region, Tavşanlı region has 100-160<sup>o</sup> C, Emet region has 150-200<sup>o</sup> C, Kütahya-Ilıca field has 100-160<sup>o</sup> C temperature geothermal fluid has been found.

## GİRİŞ

Jeotermal akışkan aramalarında hidrotermal alterasyon önemli bir yer tutmaktadır.

Bu noktadan hareketle, bu amaçla MTA Genel Müdürlüğü tarafından Kütahya-Simav Jeotermal sahasında yapılmakta olan çalışmalara paralel olarak adı geçen yörelerdeki hidrotermal alterasyon zonlarının dağılımı, oluşumu ve jeotermal akışkanla olan ilişkisinin saptanması amaç edinilmiştir.

Çalışma alanı Ege Bölgesinde, Kütahya il sınırları içerisinde Simav, Emet ve Tavşanlı ilçelerindeki Abide, Eynal, Naşa (Simav), Göbel, Başköy (Tavşanlı), Yonca-ağaç, Dereli (Emet) ve Ilıca (Kütahya) yörelerini kapsamaktadır. (Şekil 1).

Çalışma için gerekli olan mineralojik incelemeler X-ışınları kırınımı yöntemi, hidrotermal alterasyonun kayaç kimyasındaki etkilerini araştırmak için kimyasal analiz yöntemleri kullanılmıştır.

## GENEL JEOLojİ

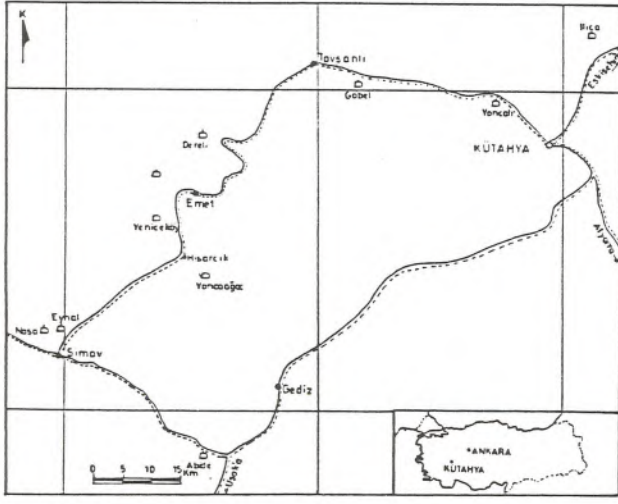
Çalışmanın özelliği nedeni ile, bu bölümde çalışma sahasının stratigrafik ve tektonik özellikleri özet olarak verilmiştir.

Menderes Masif'inin metamorfik kayaçlarından oluşan metamorfik temel çalışma sahasının değişik kesimle-

rinde gözlenmektedir. Antekambriyen yaşlı bu temel üzerinde, Permokarbonifer yaşlı sığ denizel, karbonat fasiyesi ile belirgin Paleozoyik genellikle Alt Triyas yaşlı az metamorfik litoloji içerisinde olistostromlar şeklinde izlenir. Alt Jura epikontinental klasik fasiyestedir. Üst Jura-Alt Kretase genellikle karbonat fasiyesindeki kayaçlarla temsil edilir. Üst Kretase'de bölgeye yerleşen Ofiyolitli Melanj genellikle güneye devriktir. Alt Tersiyer granit-granodiyoritik intrüzyonlarla belirgindir. Bu intrüzyonlar Mesozoyik yaşlı çevre kayaçları kontakt metamorfizmaya uğratmışlardır. Miyosen serileri klastik ve genellikle volkanosedimenter olup, asit ve kalkalkalen bileşimlidir. Kaba klastik ve gölsel kireçtaşları ile belirgin Pliyosen yaşlı çökellerin doğrultuları gelişen graben doğrultularına paraleldir. Kaba klastik, asılı teras ve travertenlerle bazaltik lav akıntılarında oluşan Kuvaterner, Pliyosen havza doğrultularını korumuştur. (Bingöl, 1975).

Bu genel stratigrafik özellikler baz alınarak, çalışma sahasına ait stratigrafik korelasyon çizelgesi Şekil 2'de verilmiştir.

Çalışma sahasının genel tektonik yapısı N-S ve NW ve SE yönlü kuvvetlerle oluşmuştur (Bingil, 1977). Buna göre çalışma sahasındaki hidrotermal alterasyona neden olan jeotermal akışkan genellikle E-W uzanımlı ana tektonik hatlara diyagonal gelişen çatlak ve tali faylardan gelmektedir.



Şekil 1 : Bulduru haritası,  
Figure 1 : Location map.

## HİDROTHERMAL ALTERASYON

Ayrıntıları Gevrek ve Şener (1985) ile Gevrek, Şener ve Ercan (1985) de verilen hidrotermal alterasyon minerallerinden gidilerek ayrırtlanan hidrotermal alterasyon zonları:

1. Montmorillonit-Kaolinit Zonu (100-160°C)
2. Geçiş Zonu (Montmorillonit-İllit Zonu) (160-180°C)
3. Klorit-İllit Zonu (180-230°C) (180-230°C)
4. Kalk Aliminyum Silikat Zonu (230-330°C)
5. Biyotit Zonu (330°C üstü) olarak bilinmektedir.

Çalışma sahasında yer alan hidrotermal alterasyon minerallerinin kararlılığına göre; Montmorillonit-Kaolinit Zonu, Klorit-İllit Zonu, Kalk Aliminyum Silikat ve Silisifiye zonlar saptanmıştır.

Adı geçen bu zonların çalışma sahasındaki dağılımları aşağıda sunulmuştur.

### Simav Yöresi Hidrotermal Alterasyon Zonları

**Abide İlçası ve Yöresinin Hidrotermal Alterasyon Zonları:** Bu yörede aktif hidrotermal alterasyon gözlenmektedir. Şekil 3'de görüldüğü gibi yörede Klorit-İllit ve Silisifiye zonlar saptanmıştır.

**Silisifiye Zon:** Özellikle Abide ilçasının batısında gözlenen bu zon, kayacın bünyesinde bulunan 260/90 konumlu çatlakla gelen hidrotermal solüsyonların kireçtaşı bünyesindeki mikrokonglomeratik seviyeleri ve ofiyolit yerleşimi esnasındaki ezik zonları etkilemesi sonucu oluşmuştur. Bu zondaki örneklerde yapılan jeokimyasal analizlere göre kayalardaki SiO<sub>2</sub> oranı % 1.66 ila % 89.50 arasında bulunmaktadır.

**Klorit-İllit Zonu:** Hidrotermal solüsyonların serpan-tinit ve kireçtaşlarını (Kretase) etkilemesi sonucu oluşan bu zon Ilıca yöresinde gözlenmektedir. Bu zonda yer alan kayalardaki mineral parajenezi Dolomit-Kuvars-Klorit-İllit-Feldispat olarak saptanmıştır.

Ilıca kaynaklarının yüzey çıkışlarında, boru kenarlarındaki kabuklaşma örneklerinde yapılan incelemeye göre: kabuklaşmayı oluşturan mineralin aragonit (CaCO<sub>3</sub>) olduğu saptanmıştır. Oldukça duraysız olan bu mineral, sıcak su kaynakları civarında sabit sıcaklık altında duraylı kalabilmektedir. (Dana, 1956).

Aragonit mineraline ek olarak sıcak su kaynakları civarındaki havuzlarda su yüzeyinde ince jelatin özelliği gösteren mineral ise ternadit (NaSO<sub>4</sub>) olarak saptanmıştır. Ortorombik sistemde piramidal olarak bilinen bu mineral genellikle tuzlu ortamlarda oluşmaktadır.

Bunlara ek olarak Ilıca civarından alınan örneklerde götüt, rozanit gibi demirli mineraller saptanmıştır. Bu minerallerden götüt minerali inorganik veya biyojenik olarak suların direk olarak çökelebilmektedir. Bataklık ve sıcak su kaynakları civarında yaygın olarak depolanabilen bu mineral, demir içerikli kireçtaşları bünyesinde oluşabilmektedir. Kayaç içerisindeki sirkülasyon sularının etkisi ile çözeltiyeye alınan demir iyonları kalsiyumla yer değiştirerek götütü oluşturabilmektedir. Genellikle limonitin alterasyonu sonucu oluşan bu mineralin yanı sıra çözeltideki demir iyonlarının, ortanda bulunan SO<sub>4</sub> iyonları ile birleşmesi sonucu bir hidrotermal sülfat minerali olan rozanit oluşabilmektedir.

Tüm bu minerallere ek olarak ikincil dolmit mineralinin varlığı, yöredeki jeotermal akışkanla çevre kayalar arasında çok geniş bir iyon alışverişi olduğunu göstermektedir.

Saptanan bu mineral parajenezlerine göre bu yörede 180-230°C rezervuar sıcaklığına sahip bir jeotermal akışkandan söz edilebilir.

**Eynal ve Naşa Yöresinin Hidrotermal Alterasyon Zonları:** Aktif hidrotermal alterasyonun gözlendiği bu yörede Silisifiye zon ile Montmorillonit zonu saptanmıştır (Şekil 4.)

**Silisifiye Zon:** Kaplıca kaynaklarının çıkışını sağlayan aktif tektonik yapılardan NW-SE yönlü fay boyunca gelişen silisleşme özellikle Eynal civarında gözlenmektedir.

Yöreden alınan örneklerde yapılan jeokimyasal analizlere göre kayalardaki SiO<sub>2</sub> içerikleri % 45.60 ila % 55 arasında olup Kuvars-Kristobalit mineral parajenezine sahiptir.

**Montmorillonit Zonu:** Yörede egemen litoloji olan Naşa Bazaltının hidrotermal solüsyonlardan etkilenmesi sonucu oluşan bu zon Montmorillonit-Feldispat mineral parajenezine sahiptir.

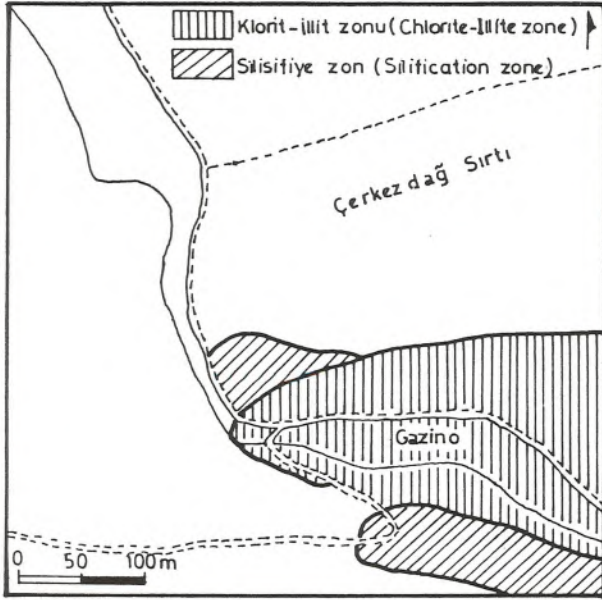
Naşa Bazaltında gözlenen bu zonun karakteristik özelliği, iri boşluklarda ikinci kalsik oluşumlarının göz-

			SİMAV Akdeniz ve Konak 1979	TAVŞANLI Baş, 1983	SİMAV Yücel v.d 1984	
S E N O Z O Y I K ( S E N O Z O I C )	Kuvaterner (Quaternary)		Alüvyon (Alluvium)	Alüvyon (Alluvium)	Alüvyon (Alluvium)	
			Traverten Travertine	Traverten Travertine	Traverten Travertine	
			Toklar gölü For. Toklar gölü Fm.	Kocayatak For. Kocayatak Fm.	Toklar gölü For. Toklar gölü Fm.	
		T E R S İ Y E R ( T e r t i a r y )	P L İ Y O S E N ( P l i o c e n e )	Emet For. Emet Fm.	Emet Fm.	
				Hisarcık For. Hisarcık Fm.	Çokköy Fm. Karaköy Volc.	
				Kuru Üye Sandy Member	Saruhanlar Fm.	
				Akdağ Volk. Akdağ Volc.	Okluk dağı Volk. Okluk dağı Volc.	Akdağ Volk. Akdağ Volc.
				Civanadağ tüfl. Civanadağ Tufts.	Civanadağ tüfleri. Civanadağ Tufts	Civanadağ tüfleri Civanadağ Tufts
			M İ Y O S E N ( M i o c e n e )	Kızılıbük Fm.	Tunçbilek Fm.	Kızılıbük Fm.
				Taşbaşı For. Taşbaşı Fm.	Beke For. Beke Fm.	Taşbaşı For. Taşbaşı Fm.
					Oğulcaktepe For. Oğulcaktepe Fm.	
				Paleosen (Paleocene)		Eğrigöz Graniti Eğrigöz Granite
		M E S O Z O Y I K ( M E S O Z O I C )	K R E T A S E ( C r e t a c e o u s )	ÜST (Upper)	Dağardı Melanjı Dağardı Melange	Dağardı Melanjı Dağardı Melange
ALT Lower	Budağan Kireçtaşı			Budağan Kireçtaşı		
JURA (Jurassic)	Malm Dogger Lias		Budağan Limestone	Budağan Limestone		
T R İ Y A R ( T r i a s s i c )			Kirkbudak For. Kirkbudak Fm.	Kirkbudak For. Kirkbudak Fm.		
P A L E O Z O Y I K ( P A L E O Z O I C )			Arikaya For. Arikaya Fm.	Arikaya Fm.		
			Sarıcasu For. Sarıcasu Fm.	Sarıcasu For. Sarıcasu Fm.		
			Balıkbaşı For. Balıkbaşı Fm.	Balıkbaşı For. Balıkbaşı Fm.		
			Simav Met. Simav Met.	Simav Met. Simav Met.		
			Kalkan For. Kalkan Fm.	Kalkan For. Kalkan Fm.		

Şekil 2 : Stratigrafik korelasyon çizelgesi.  
Figure 2 : The table of Stratigraphic correlation.

lenmesidir. Amigdoloidal boşluklu lavlardaki kireçli silikatların (Lime silicates) bozulması ile boşluklara yerleşmesi sonucu gözlenen kalsit oluşumları özellikle montmorillonit zonunda 5 cm'ye varan irilikte gözlenmektedir.

NE-SW yönlü akıntı izleri gösteren bu birimde akma doğrultusuna dik gelişen soğuma çatlaklarında küllü geliş, NW-SE yönlü tektonik hatta paralel gelişen çatlakların çevresinde ise killeşmeler gözlenmektedir. Eynal Kaplıca'sı civarında gelişen silisleşmeye paralel



Şekil 3 : Abide ılıcası hidrotermal alterasyon zon haritası.  
Figure 3 : Hydrothermal alteration map of Abide ılıcası.

olarak gözlenen korozyona karşın Naşa Kaplıcası civarında tam tersine kabuklaşma yaygın durumda gözlenmektedir.

Saptanan tüm bu verilere göre bu yörede 100-160°C rezervuar sıcaklığına sahip bir jeotermal akışkanın varlığından söz edilebilir.

#### Tavşanlı Yöresinin Hidrotermal Alterasyon Zonları

**Göbel Yöresi Hidrotermal Alterasyon Zonları:** NE-SW yönlü düşey atımlı fay boyunca gelişen bu zon hidrotermal solüsyonların kireçtaşları ile etkileşimi sonucu oluşmuştur. (Şekil 5 a)

**Başköy Yöresi Hidrotermal Alterasyon Zonları:** Güncel tektonizmanın hakim olduğu yörede yer alan Budağan Kireçtaşının altere kesimlerinde gözlenir.

**Montmorillonit-Kaolinit Zonu:** Bu zonun karakteristik mineral parajenezi; Kaolinit-Montmorillonit-az İllit-Kuvars-Kalsit olarak saptanmıştır (Şekil 5 b).

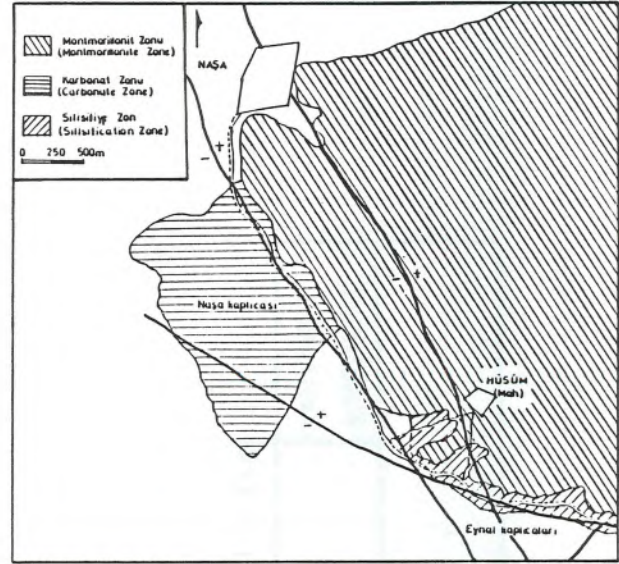
Saptanan bu verilere göre Tavşanlı yöresinde 100-160°C rezervuar sıcaklığına sahip bir jeotermal akışkanın varlığından söz edilebilir.

#### Emet Yöresinin Hidrotermal Alterasyon Zonları

**Dereli Yöresinin Hidrotermal Alterasyon Zonları:** Ofiyolitik melanj ve kireçtaşlarının hakim olduğu bu yörede yapılan incelemelere göre klorit zonu gözlenmiştir.

**Klorit Zonu :** Bu zonun karakteristik mineral parajenezi: Klorit-Kalsit-Dolomit-Kuvars-Rozanit-Götit mineral parajenezi saptanmıştır (Şekil 6 a).

Abide ılıcasına benzer olarak bu yörede de iyon alışverişinin yaygın olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4 : Eynal-Naşa yöresinin hidrotermal alterasyon zon haritası.

Figure 4 : Hydrothermal alteration map of Eynal-Naşa region.

**Aşağı Yonca ağaç Yöresinin Hidrotermal Alterasyon Zonları:** Kireçtaşı blokları ile tüflerin egemen olduğu yörede yapılan incelemelere göre Kalk Aliminyum Silikat zonu hakimdir.

**Kalk Aliminyum Silikat Zonu:** Bu zonun karakteristik mineral parajenezi: Kalsit-Dolomit-Hölandit mineral parajenezleri saptanmıştır (Şekil 6 b)

Kalk aliminyum silikant minerali olan hölandit genellikle diğer zeolit mineralleri ile kalsitin ilişkisi sonucu oluşmaktadır (Dana, 1956).

Saptanan bu verilere göre, Emet yöresinde 150-200°C rezervuar sıcaklığına sahip bir jeotermal akışkanın varlığından söz edilebilir.

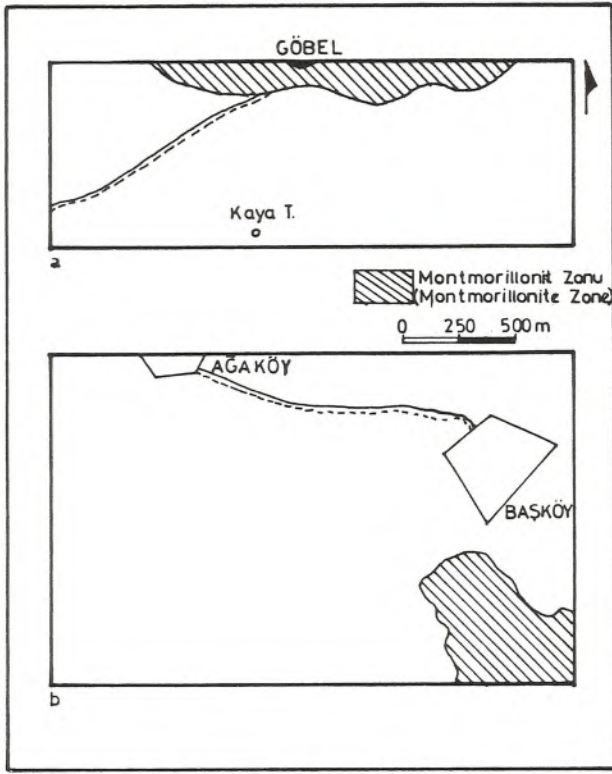
#### Kütahya-Ilıca Yöresinin Hidrotermal Alterasyon Zonları

**Kütahya-Ilıca Yöresinin Hidrotermal Alterasyon Zonları:** Bu yörede, genç epirojenik hareketlerle oluşmuş fay sistemleri etkin durumdadır. Sahada en önemli kırık ve fay doğrultuları NW-SE dur (Erdoğan, 1971). Bu ana doğrultuları paralel konumlu çatlaklarda ilis dolguları dikkati çekmektedir. Neojen yaşlı bazaltlarla Kretase yaşlı kireçtaşlarının gözleendiği yörede Silisifiye ve Montmorillonit zonları saptanmıştır. (Şekil 7)

**Silisifiye Zon:** Kretase yaşlı kireçtaşı ile jeotermal akışkanın etkileşimi sonucu oluşan bu zonda; Kuvars-Kalsit-Dolomit mineral parajenezi saptanmıştır. Yapılan jeokimyasal analizlere göre SiO<sub>2</sub> içeriği % 5.12 - % 94.95 arasında değişmektedir.

**Montmorillonit Zonu:** Yöredeki bazalt ile diğer birimler arasında gözlenen bu zonda Montmorillonit-Dolomit-Feldispat-Kalsit mineral parajenezi saptanmıştır.

Saptanan bu verilere göre Kütahya-Ilıca yöresinde 100-160°C rezervuar sıcaklığına sahip bir jeotermal akış-



Şekil 5 : Göbel ve Başköy yörelerinin hidrotermal alterasyon zon haritası (a. Göbel, b. Başköy)  
 Figure 5 : Hydrothermal alteration map of Göbel and Başköy (a. Göbel, b. Başköy).

kanın varlığından söz edilebilir.

Hidrotermal alterasyon zonlarının dağılımlarına göre Simav yöresinde gözlenen formasyonların durumuna bakacak olursak;

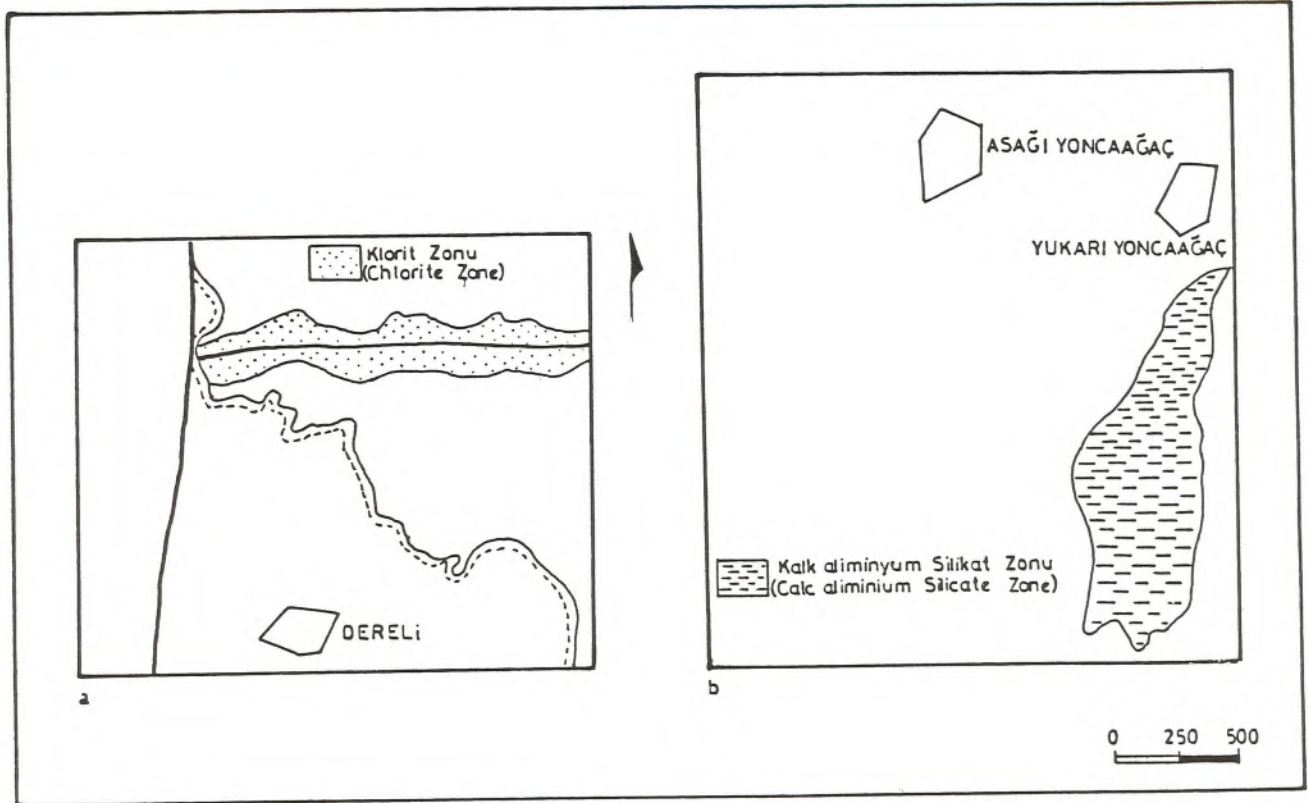
Naşa Bazaltı	Montmorillonit Zonu
Taşbaşı Formasyonu	Montmorillonit Zonu
Eğrigöz Graniti	Montmorillonit-İllit Zonu
Abide Silisifiye K.taşı	Montmorillonit Zonu
Simav Metamorfikleri	Montmorillonit Zonunda

Bunlara ek olarak Emet yöresinde Civanadağ Tüfleri Kalk Aliminyum Silikat zonunda yer almaktadır.

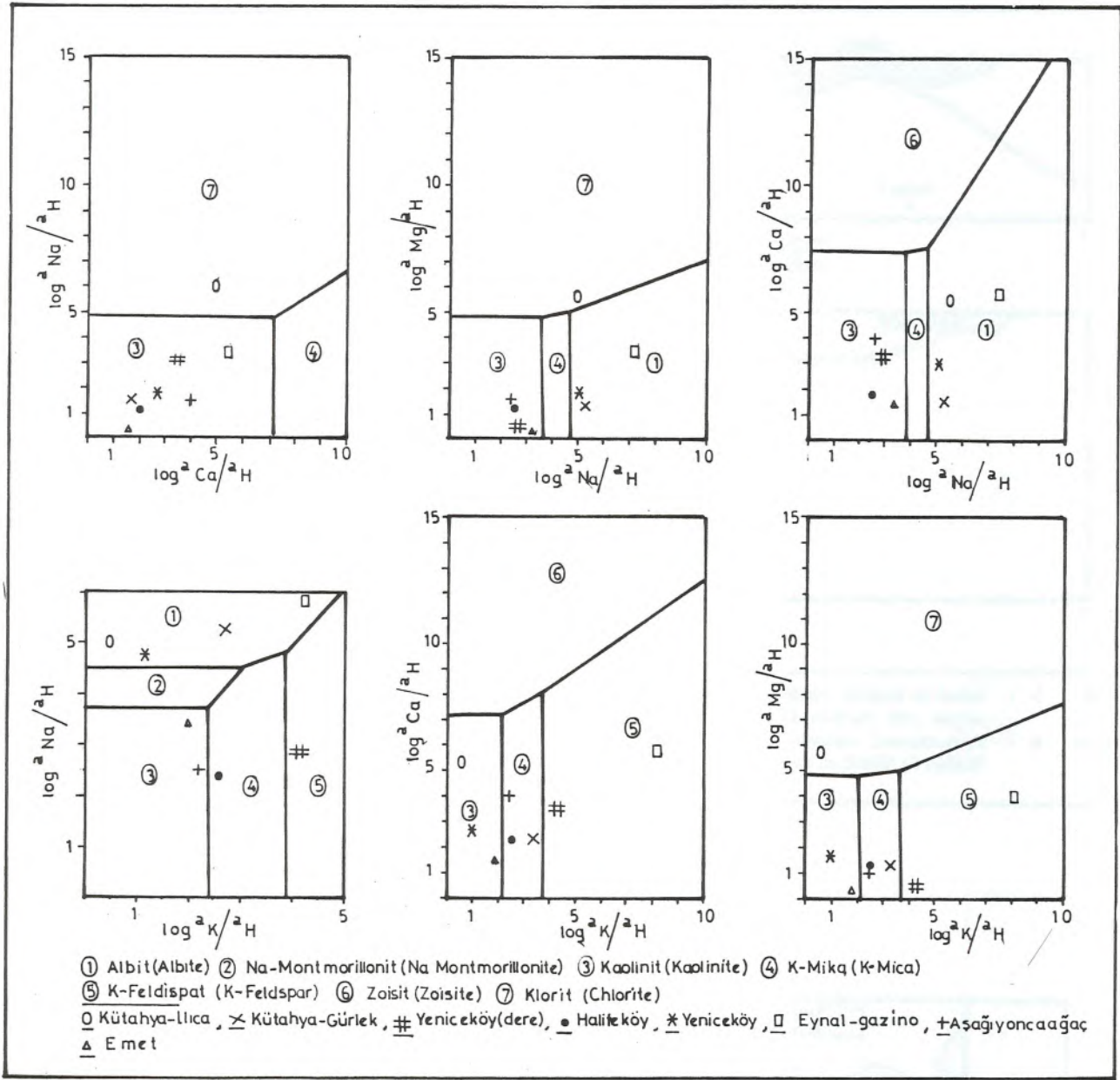
Bu durumda Eğrigöz Graniti ile Akdağ Volkanitlerinin bulunduğu seviyelerde yüksek sıcaklık indikatörü olan mineral parajenezine sahip hidrotermal alterasyon zonları gözlenmektedir.

#### KİMYASAL ANALİZLER

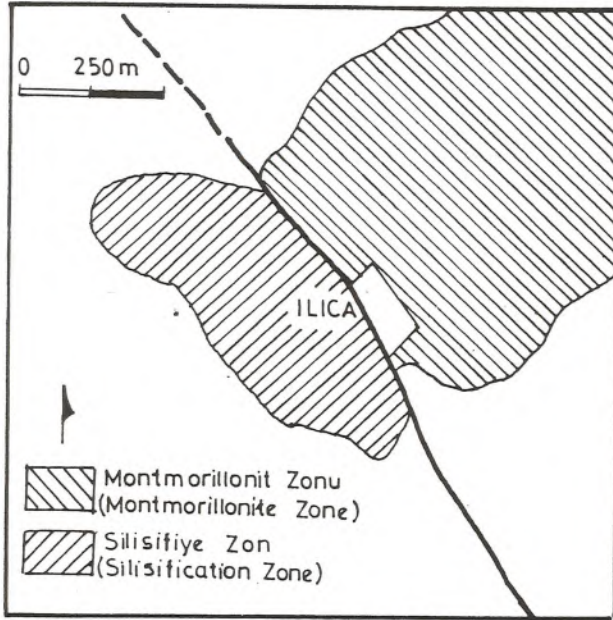
Sahadan 10 adet yüzeyden alınan kayaç örneğinin jeokimyasal analizleri yapılmıştır. Buna ek olarak, çalışma sahası içinde yer alan sıcak su kaynaklarının ve buhar çıkışlarının su kimyası analiz sonuçları kimya mühendisi Nazım Yıldırım'dan alınarak kare diyagramları çizilmiştir.



Şekil 6 : Dereli ve Aşağı Yoncağaç yörelerinin hidrotermal alterasyon zon haritası (a.Dereli, b.A. Yoncağaç).  
 Figure 6 : Hydrothermal alteration map of Dereli and Aşağı Yoncağaç regions (a.Dereli, b.A. Yoncağaç).



Şekil 8 : Hidrojeokimyasal Kare diyagramlar.  
 Figure 8 : Square diagram of hydrogeochemical.



Şekil 7 : Kütahya-Ilıca yöresinin hidrotermal alterasyon zon haritası.

Figure 7 : Hydrothermal alteration map of Kütahya-Ilıca region.

#### Jeokimyasal Analizler

Bu aşamada, örneklerin tam analizi yerine  $\text{SiO}_2$  içeriklerine yönelik analizler yapılmıştır. Bölgesel olarak silisleşmenin egemen olması nedeni ile yapılan bu analizler, de  $\text{SiO}_2$  değerleri % 1.66-% 94.95 arasında değişmektedir. Kütahya-Ilıca % 94.95'lik  $\text{SiO}_2$  içeriği ile en yüksek silisleşmeyi gösterir. Bunu sırası ile, Simav-Abide (% 9.5), Simav-Eynal (% 55.07) ve Emet-Aşağı Yoncağağaç (% 20.95) ile izlemektedir (Şener, 1986).

#### Hidro-Jeokimyasal Analizler

Su kimyası analiz sonuçlarına göre; Na, K, H, Ca ve Mg iyonlarının bağlı değerlerinden gidilerek kare diyagramları çizilmiştir.

Şekil 8'de verilen bu diyagramlar gözönünde tutulduğunda; çalışma sahasında güncel aktivitelerini sürdüren kaynakların, altere kayaç mineral parajenezlerindeki minerallerle uygunluk göstermesi diğer çalışmaları destekler durumdadır.

#### SONUÇLAR

Bu çalışmalarda, Kütahya il sınırları içerisinde yer alan çalışma sahasında; Klorit-İllit-Montmorillonit, Kal-Aliminyum-Silikat ve Silisifiye zonlar saptanmıştır.

Zonların dağılımına göre çalışma sahasında genel olarak 100-230°C rezervuar sıcaklığına sahip bir jeotermal akışkanın varlığından söz edilebilir.

Sahanın tektonik yapısı N-S, NW-SE yönlü kuvvetlerle gelişmiş olup E-W uzanımlı ana hatlara diyagonal gelişen çatlak ve tali faylanmalar hidrotermal alterasyon için gerekli jeotermal akışkanın iletilmesinde önemli rol oynamıştır.

Yapılan çalışmalara göre, Eğrigöz Graniti ile Akdağ Volkanitlerinin bulunduğu seviyelerde yüksek sıcaklık indikatörü olan mineral parajenezlerine sahip hidrotermal alterasyon zonları gözlenmektedir.

#### KATKI BELİRLEME

Yazarlar, çalışma olanaklarını sağlayan Dr. M. Fahri Akkuş başta olmak üzere, gerekli kaynakları temin eden Dr. Şakir Şimşek, Şükrü Hakyemez, Bilge Erişen ve Nazım Yıldırım ile birlikte emeği geçen kişilere teşekkür ederler.

#### DEĞİNİLEN BELGELER:

- AKDENİZ, N. ve KONAK, N., 1979, Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi' MTA Raporu No: 6547.
- BAŞ, H., 1983, Domanıç-Tavşanlı-Gediz-Kütahya yörelerinin Tersiyer jeolojisi ve volkanitlerin petrolojisi: MTA Raporu No: 7293.
- BİNGÖL, E., 1975, Batı Anadolunun jeotektonik evrimi 'MTA Dergisi, No: 86, 14-34.
- BİNGÖL, E., 1977, Muratdağı Jeolojisi ve anakaya birimlerinin petrolojisi : TJK Bül. No: 20 (2), 13-66,
- DANA, EDWARD, J., 1956, Manual of Mineralogy: Hurlbut, Jr. 16 ed. 4 bs. Newyork.
- ERDOĞAN, E., 1971, Ilıca (Kütahya) kaplıca etüdü' MTA Raporu No: 4681.
- GEVREK, A.İ. ve ŞENER, M., 1985, Çanakkale-Tuzla jeotermal sahasının hidrotermal alterasyon zonları : MTA Raporu Baskıda).
- GEVREK, A.İ., ŞENER, M ve ERCAN, T., 1985, Çanakkale Tuzla jeotermal sahasının hidrotermal alterasyon zonları ve volkanik kayaçların petrolojisi. MTA Dergisi (Baskıda).
- YÜCEL, B., DEMİRCİ, S ve ÇOŞKUN, B., 1984, Simav yöresinin jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları : MTA Raporu (Baş-kıda).





## ANKARA-ELMADAĞ-KALECİK DOLAYININ TEMEL JEOLojİ ÖZELLİKLERİ

*Basic Geological Features of Ankara-Elmadağ-Kalecik Region*

### TARTIŞMA (Discussion)

YAVUZ OKAN Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji  
Mühendisliği Bölümü, Ankara

Akyürek ve diğerlerinin (1984) çalıştıkları geniş alanın orta kesimlerindeki 160 km<sup>2</sup>'lik bir alanda 1976-1979 yıllarında yaptığım bir çalışmanın (Okan, 1981 a) bazı sonuçlarını yayınlamıştım (Okan, 1981 b ; Okan, 1982). Akyürek ve diğerlerinin (1982 ve 1984) Elmadağ Formasyonu olarak adladıkları "kireçtaşı bloklu metadetik seriyeye" ilk kez bu adın tarafımdan verildiği açıkça görülmektedir. Şöyle ki; Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmiş olan ilk çalışma (Okan, 1981 a), 1 Haziran 1981 tarihinde TÜBİTAK'a verilmiştir ve Elmadağ Formasyonu adı ilk kez orada tarafımdan önerilmiştir. Çalışmanın bazı sonuçları da Okan (1982)'de yayınlanmıştır. Oysa, gerek Akyürek ve diğerleri (1982) de ve gerekse (1984) de, kendi çalışmalarından 1.5 yıl önce tamamlanmış olan, ilk kez bu adın önerildiği çalışmadan bahsedilmemiş ve kilometrelerce uzaklıktaki eşdeğerleriyle denestirildiği halde, orijinal adının verildiği ve tanımının yapıldığı yerdeki ile denestirmekten kaçınılmıştır.

Ayrıca, Elmadağ ilçesinin hemen kuzeydoğusunda Gensirt Tepe'nin de içinde bulunduğu alan ve yine ilçenin güneybatısındaki Yerliyurt Tepe'nin içinde bulunduğu alanlar Trak simgesi ile Orta Üst Triyas yaşlı yerli kireçtaşları (Keçikaya Formasyonu) olarak gösterilmektedir (Akyürek ve diğerleri, 1984; Şekil 3). Oysa geniş alanlarda görülen bu kireçtaşları, Trael simgesiyle gösterilen Elmadağ Formasyonunun içerisindeki Permiyen kireçtaşı blokları olup, Erkina sp, Neoschwagerina sp, Verbeekina sp, Sumatrina sp, Yangchienia sp, Nankinella sp, Rugososchwagerina sp, gibi fusulinleri çok bol olarak kapsamalarıyla, Orta Permiyen'in üst kesimlerini karakterize eden Neoschwagerina-Verbeekina Zonu fosil fona topluluğunu içermektedirler (Okan, 1981 b ve 1982; şekil 2). Dokanakları açık olarak gösterilen bu kireçtaşlarının hem yerli ve hem de Triyas yaşlı olmaları olanak dışıdır.

### DEĞİNİLEN BELGELER

- AKYÜREK, B., BİLGİNER, E., AKBAŞ, HEPŞEN, N., PEHLİVAN, Ş., SUNU, O., SOYSAL, Y., DAĞER Z., ÇATAL, E., SÖZERİ, B., YILDIRIM, H., HAKYEMEZ, Y., 1982, Ankara-Elmadağ-Kalecik Dolayının jeolojisi: M. T. A., Rapor No: 7298, (Yayımlanmamış).
- OKAN, Y., 1981 a, Elmadağ (Ankara) çevresi oluşuklarının stratigrafi sorunları (lito ve biyofasiyeleri): TÜBİTAK Araştırma Projesi, No: TBAG- 315.
- OKAN, Y., 1981 b. A new fusulinid genus (Erkina) from Elmadağ region, Ankara-Turkey: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 24,67-74.
- OKAN, Y., 1982. Elmadağ Formasyonunun (Ankara) yaşı ve alt bölümleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 25,95-104

### YANIT (Reply).

BEHÇET AKYÜREK	M.T.A Genel Müdürlüğü	Ankara
ERDAL BİLGİNER	M.T.A Genel Müdürlüğü	"
NEDİM HEPŞEN	M.T.A Genel Müdürlüğü	"
ŞÜKRÜ PEHLİVAN	M.T.A Genel Müdürlüğü	"
ORHAN SUNU	M.T.A Genel Müdürlüğü	"
YILMAZ SOYSL	M.T.A Genel Müdürlüğü	"
ZEKİ DAĞER	M.T.A Genel Müdürlüğü	"
EROL ÇATAL	M.T.A Genel Müdürlüğü	"
BİLER SÖZERİ	M.T.A Genel Müdürlüğü	"
HÜSEYİN YILDIRIM	M.T.A Genel Müdürlüğü	"
YAVUZ HAKYEMEZ	M.T.A Genel Müdürlüğü	"

M.T.A. Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesinde 1979-1981 yılları arasında Ankara-Elmadağ-Kalecik dolaylarını içeren çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları Akyürek ve diğ. (1982), Aralık 1982 tarihinde M.T.A. Genel Müdürlüğü arşivine 7298 numara ile verilmiş olup ilk kez Elmadağ Formasyonu ismi bu raporda kullanılmıştır. Sayın Okan'ın T.J.K. Bülteni sayı 25 de yayınlandığını belirttiği yayınının ise yayıma verildiği tarih Aralık 1982 olup bu tarihte verilen yayın tabiidir ki bu ta-

(1) Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağar, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H., ve Hakyemez, Y., 1984, Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının temel jeoloji özellikleri: Jeoloji Mühendisliği, 20, 31-46.

rihten sonra basılıp dağıtılmıştır (1983 Kurultayı sırasında). Görüldüğü üzere yazarlar aynı bölgede hemen hemen aynı zamanda yapmış oldukları çalışmalarla aynı birime birbirlerinden habersiz olarak aynı adı vermişlerdir.

Akyürek ve diğ. (1984) ise, Akyürek ve diğ. (1982) nin sonuçlarının bir bölümünü içerdiği için ona sadık kalınarak yapılmıştır. Okan (1982) den yayında konu edilmemesi öz bölümünde "Ofiyolitli Karmaşık bileşimindeki Irmak Formasyonu, Elmadağ Formasyonu üzerine bindirmelidir...", Irmak Formasyonu bölümünde de "Irmak Formasyonu, Elmadağ Formasyonu üzerinde bindirmelidir." cümlesi şekil 2 deki inceleme alanının jeoloji haritası ve enine kesitleri ile çelişkili olmasındandır.

Sayın Okan'ın Elmadağ ilçesinin hemen kuzeydoğusunda Gensirt Tepe ve ilçenin güneybatısında Yerliyurt Tepe'nin içinde bulunduğu alanda Trak simgesi ile gösterilen Keçikaya Formasyonu içinde *Involutina gaschei*, *Trochammina almtalensis*, *Glomospirella sp.*, *Involutina eomesozoica*, *Ophtalmidium sp.*, *Trocholina sp.* fosil-

leri ile Orta, Orta-Üst Triyas yaşı saptanmış olup yazarın konu ettiği Permiyen fosilleri Trael simgesi ile gösterilen Elmadağ Formasyonu içindeki değişik boyutlardaki Kireçtaşı bloklarından bizim tarafımızdan da bulunmuştur. Bölgede içinde Karbonifer ve Permiyen yaşlı Elmadağ Formasyonu üste doğru yine Triyas yaşlı Keçikaya Formasyonuna geçmektedir.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- AKYÜREK, B., BİLGİNER, E., AKBAŞ, B., HEPŞEN, N., PEHLİVAN, Ş., SUNU, O., SOYSAL, Y., DAĞER, Z., ÇATAL, E., SÖZERİ, B., YILDIRIM, H. ve HAKYEMEZ Y., 1982, Ankara-Elmadağ-Kalecik Dolayının Jeolojisi M.T.A. Rapor No: 7298 (Yayımlanmamış)
- AKYÜREK, B., BİLGİNER, E., AKBAŞ, B., HEPŞEN, N., PEHLİVAN, Ş., SUNU, O., SOYSAL, Y., DAĞER, Z., ÇATAL, E., SÖZERİ, B., YILDIRIM H. ve HAKYEMEZ Y., 1984 Ankara-Elmadağ-Kalecik Dolayının Temel Jeoloji Özellikleri: Jeoloji Mühendisliği, 20, 31-46

**JEOTEKNİKTE UYGULAMA VE DANIŞMANLIK  
ENGINEERING & CONSULTING SERVICES IN GEOTECHNICS**

- MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ
- ZEMİN MEKANİĞİ
- KAYA MEKANİĞİ
- TEMEL MÜHENDİSLİĞİ
- SONDAJ
- ENJEKSİYON
- LABORATUVAR VE ARAZİ DENEYLERİ

- Jeolojik ve jeoteknik harita yapımı
- İmar planlamaları için jeolojik ve jeoteknik etüdüler
- Baraj, gölet, tünel ve yeraltı yapıları için jeoteknik araştırmalar
- Yamaç ve şev stabilite etüdüleri
- Ağır yapılar, yol, demiryolu, havalanı temel zemin araştırmaları
- Yapı ve inşaat malzemeleri araştırmaları
- Yeraltısuyu etüd ve sondajları
- TEMEL SONDAJ/BARAJ VE TÜNELLERDE CUT-OFF PERDE, KONSOLIDASYON, KONTAKT VE DERZ ENJEKSİYONLARI

- ENGINEERING GEOLOGY
- SOIL MECHANICS
- ROCK MECHANICS
- FOUNDATION ENGINEERING
- DRILLING
- GROUTING
- LABORATORY & FIELD TESTS

- Geological and geotechnical mapping
- Subsurface exploration
- Geotechnical investigation for hydrolic structures, tunnel and underground excavation
- Slope stability analysis and investigation for landslides
- Soil investigations for heavy structure, highways and airfields
- Exploration of construction materials
- Groundwater investigation, drilling and construction of wells.
- CORE BORING / CUT-OFF CURTAIN, CONSOLIDATION AND CONTACT GROUTING FOR DAMS AND TUNNELS.

## JMO ARAZİ MALZEMELERİ SATIŞINA DEVAM EDİYOR



### ALTIMETRE:

Thomman marka önceden sipariş verilmek koşuluyla.

### ÇANTA

**BÜYÜK BOY:** 35x27x10 cm boyutlarında fıstıklı yeşil renkli, çadır bezinden, ayarlanabilir askılı ve üç bölmelidir.

Ederi: 7500 TL., üyelerimize ve yayın abone üyesi öğrencilere : 6000 TL.

**KÜÇÜK BOY:** (Jabon) çanta tipi:

28x32x23x13 cm boyutlarında fıstıklı yeşil renkli, parafinli parafinsiz çadır bezinden, ayarlanabilir boyutlarda (28 - 32 cm) iki büyük iki küçük (biri fermuarlı) bir haritalık cebi olmak üzere toplam beş bölmesi bulunan, ayarlanabilir askılı ve kemerde takılarak taşınabilecek özelliklerdedir. Ederi : 7500 TL., üyelerimize ve yayın abone üyesi öğrencilere 6000 TL.

### DEFTER:

17.5x12,5 cm (yan cepte taşınabilir) boyutlarında, 96 sayfa birinci hamur düz beyaz ve kareli kağıttan oluşan defterin başında; ilk yardım bilgileri ve eğitim dönüştürme çizelgesi, sonunda ise zaman çizelgesi ve çeşitli pratik mühendislik bilgilerini içeren 12 sayfalık eki bulunmaktadır. Ederi : 1000 TL., üyelerimize ve yayın abone üyesi öğrencilere : 750 TL.

### ÇEKİÇ:

Tamamen elışı olup 33 cm boyunda 1100 gr ağırlığında, kesme kösele saplıdır. Ederi : 12000 TL. üyelerimize ve yayın abone üyesi öğrencilere: 9000 TL.

### ÇEKİÇ BEL ASKISI:

Kalın deri. Ederi : 750 TL., üyelerimize ve yayın abone üyesi öğrencilere : 500 TL.

### PUSULA:

Hope marka, son model ve ağırlık askılı, önceden sipariş verilmek koşuluyla,

### LUP:

Ruper marka 10 x (Japon) önceden sipariş vermek koşuluyla,

### ROZET:

Çekiç simgeli : Ederi 500 TL.

**TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası**  
**Konur Sokak 4/3 Kızılay/ANKARA**

Adresinden ve diğer il ve işyeri temsilciliklerimizden temin edebilirsiniz.

---

# ELE International Limited

---

• PETROLOGY



• ZEMİN  
MEKANIĞI

• KAYA  
MEKANIĞI

## TEST CİHAZLARI VE KOMPLE LABORATUVAR

---

**NEL** ELEKTRONİK  
NEL ELEKTRONİK CİHAZLAR  
İMALAT ve TİCARET A.Ş.  
Sümer Sok. 42/1 Yenışehir/Ankara  
Tel (41) 30 15 10 (41) 30 12 10 Tlx 42229 Nel tr  
İnönü Cad. Dümen Sokak 1/15  
Taksim-İstanbul (1) 144 06 36 Tlx 24549 Mima tr

