



YERBİLİMLERİ

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

A Case Study for Simulation of Shovels-Trucks System At A Small Scale Surface Mine Using The C++ <i>Küçük Çaplı Bir Açık İşletmede Ekskavatörler-Kamyonlar Sisteminin C++ ile Simülasyonu</i>	1
Ayhan KESİMAL.....	
Mechanisms of Gangue Transfer into Flotation Concentrates and their Effects on Flotation Performance <i>Flotasyon Konsantrelerine Gang Transfer Mekanizmaları ve Flotasyon Perfomansına Etkileri</i>	9
Emin Cafer ÇİLEK ve Nuran ÖZVEZİR.....	
Sayısal Yüzey Modelleme (DTM) Tekniği ile Kömür Damalarının Kalite Dağılımlarının Belirlenmesi <i>Determination of Quality Distributions of Coal Seams by Digital Terrain Modelling (DTM)</i>	17
Cengiz KIRMANLI, Hasan ERGİN ve Taner ERDOĞAN.....	
Jeoistatistiksel Kriging Yöntemiyle Sivas-Divriği Demir Yatağı Rezervinin Hesaplanması <i>Reserve Calculation of Sivas-Divriği Iron Deposit by Geostatistical Kriging Method</i>	25
Sabit GÜRGÜN, Ercüment YALÇIN, Serkan SAYDAM ve A.Hamdi DELİORMANLI.....	
Madencilik Paket Programları ve Kullanım Alanları <i>Integrated Mining Software and Applications</i>	33
Hasan ERGİN, Selamet G. ERÇELEBİ.....	
Mekanik Kazıda Son Yıllarda Yaşanan Gelişmeler, Sorunlar ve Gelecek ile İlgili Beklentiler <i>Recent Progress and Problems in Mechanical Excavation and Expectations for the Future</i>	43
Bülent TİRYAKI, Mustafa AYHAN.....	
Kesici Tamburların Yükleme Kapasitesi ve OAL'de Kullanılan Kesici Tamburların Teorik ve Pratik Yükleme Performanslarının Karşılaştırılması <i>Loading Capacities of Shearer Drums and Comparison of Theoretical and Practical Loading Performances of Shearer Drums Used in OAL</i>	57
Mustafa AYHAN, Osman Zeki HEKİMOGLU.....	
Büyük Şehir Belediye Sınırları İçinde Kalan Taşocaklarının Rehabilitasyonu- Bir Örnek Çalışma / <i>Rehabilitation of Quarries Within the Metropol Borders-A Case Study</i>	65
Yalçın ÇEBİ , Gürcan KONAK.....	
Konya-Sille Bölgesi Killerinin Pişme Özellikleri <i>Brick Properties of Konya-Sille Region</i>	73
Mehmet Kemal GÖKAY.....	

Laboratuvar Çaplı Bir Çeneli Kırıcıının Kapasitesine Tesirli Boyut Küçültme Oranının ve Kömür Türünün Etkileri <i>Effects of Coal Type and Effective Reduction Ratio on Capacity in a Laboratory Scale Jaw Crushers</i>	81
Vedat DENİZ, Nilüfer SOYDAN.....	
Konya Formasyonunun Jeoteknik Özellikleri <i>Geotechnical Properties of Konya Formation</i> Adnan ÖZDEMİR, İbrahim AKBULUT.....	89
Başçatak (Akdağmadeni-Yozgat) Zn-Pb Skarnlarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri <i>The Mineralogical and Geochemical Features of Başçatak Pb-Zn Skarns (Akdağmadeni-Yozgat)</i> Ahmet ŞAŞMAZ.....	107
Determination on Chlorinated Aliphatics in Main Discharge Channel of Konya Konya Ana Tahliye Kanalında Klorlu Alifatiklerin Araştırılması Yüksel BURDURLU.....	119
Niğde Yöresi Perlit Yatakları/Perlite Deposits of Niğde Region İbrahim ÇOPUROĞLU, Rasim AĞADAYI.....	129
Ulukişla (Niğde) Volkaniklerinin Mineralojik Özellikleri <i>Mineralogical Characteristics of the Ulukişla (Niğde) Volcanics</i> Halil BAŞ, Kerim KOÇAK, Nejdet POYRAZ.....	137
Menderes Masifi'nde Derbent (Alaşehir) Yöreninin Jeolojisi ve Olasılık Kimmeriyen Metamorfizması <i>Geology and Possible Cimmerian Metamorphism of Derbent (Alaşehir) Region in the Menderes Massif</i> O. Ersin KORALAY, O.Özcan DORA.....	151
Boztepe (Malatya) Baraj Yerindeki Temel Kayanın Geçirimliliği The Permeability of the Foundation Rock at the Boztepe (Malatya) Dam Site Zülfü GÜROCAK, Bahattin ÇETİNDAĞ.....	173
Eskiarapçı-Şıhlar (Malatya-Elazığ) Köyleri Çevresindeki Volkanitlerin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri <i>Petrographic and Geochemical Features of Volcanics at the Area of Eskiarapçı - Şıhlar Villages (Malatya- Elazığ)</i> Sevcan KÜRÜM, Bünyamin AKGÜL ve Emin ERDEM.....	187
Ankara-Temelli Civarındaki Üst Pliyosen ve Alüvyon Birimlerinin Jeoteknik Özellikleri <i>The Geotechnical Properties of Upper Pliocene and Quaternary Alluvium Deposites Around Temelli in Ankara</i> R. Pelin BİLGEHAN ve Recep KILIÇ.....	203
Denizel Biyofasiyeste Bakırın Dağılımı ve Konsantrasyonu Distribution and Concentration of Copper in the Marine Biofacies Saday ALİYEV, Ali SARI.....	213
Stratigraphic and Sedimentologic Approach to the Aptian-Campanian Erosional Unconformity in the Aydıncık (İçel) Area, Central Taurides, S Turkey <i>Aydıncık (İçel)-Yöresindeki Apsiyan- Kampaniyen Aşınma Uyumsuzluğuna Stratigrafik ve Sedimentolojik Yaklaşım</i> Kemal TASLI, Muhsin EREN.....	229
Attepe (Mansurlu-Feke-Adana) Demir Yatağı ile Yakın Çevresindeki Cevher Oluşum Tipleri ve Bazı Jeokimyasal Özellikleri <i>Types of Mineralization in the Attepe (Mansurlu-Feke-Adana) Iron Deposit and its Surrounding Area and their Some Geochemical Features</i> Şuayip KÜPELİ.....	247

ÖNSÖZ

Yerbilimleri/Geosound'un 34. sayısıyla tekrar karşınızdayız. Halen etkileri devam eden derin ekonomik krize rağmen yayın hayatımızı sürdürübildiğimiz için kendimizi mutlu görüyoruz. Bu sayımızla hemen eş zamanlı olarak yayınladığımız 35. sayımız 1999 yılının son dergisi olup, 5-8 Temmuz 1999 tarihleri arasında Adana'da yapılan "4. Uluslararası Ostrakodolojist Sempozyumu" kongresinde sunulan tebliğleri içeren özel bir sayıdır. 36. sayımız 2000 yılının ilk sayısı olarak Haziran ayında baskıya verilecektir. Böylece bir türlü kapayamadığımız açık kapanmış olacak ve yılda 2 sayını oldukça güncel tarihlerle yayinallyabileceğiz.

Bu sayımızda toplam 22 makaleye yer vermek zorunda kaldık. Zira bundan sonraki sayımızın özel sayı olarak yayınlanması sebebiyle uzun bir süredir bekleyen işlemeleri tamamlanmış tüm makalelerin yayınlanması mecburiyeti doğdu. Her sayımızda hatırlattığımız gibi yabancı dildeki makalelere öncelik tanımlayız. Yazarların kısa makalelere özendirilmesi için 2000 yılından itibaren ücretsiz sayfa adetini 6'dan 8'e çıkardığımızı belirtelim. Böylece zaman zaman bize de ifade edilen "ücretli dergi" yaklaşımmasını bir ölçüde gidermek istedik. Dergimizde makale yayımlayan araştırmacıların yakından bildikleri gibi, hakem kontrollerinden önce hiçbir ücret talep edilmemekte ve asla hakem görüşü olumsuz olan makaleler yayınlanmamaktadır. Bilimsel bir makale için 8 sayfa sınırı herhalde yeterlidir. Yurtdışında yayınlanan birçok saygın dergide de benzer uygulamalar vardır. Baskı masraflarını artıran fazla sayfa ve film giderlerinden kaçınılması bizi de rahatlatacaktır. Bir başka sorun da bazı makalelerdeki renkli diyagram ve fotoğraflardır. Yerbilimleri/Geosound ofset metoduyla basıldığından renkli sayfalar 4 katı fazla bir maliyet gerektirmektedir. Bunun ise ancak çok zorunlu hallerde kabul edilebileceği ortadadır. Yazarlarımızın siyah beyaz fotoğraf ve koyu bilgisayar çıktılarını tercih etmeleri tavsiye edilir. Diyagramlarda renk yerine farklı fontlar kullanılarak daha anlaşılır bir çıkış alınması da mümkün olmaktadır.

Yazarlarımızın bize internet aracılığı ile ulaşmasının mümkün olduğunu bir önceki sayımızda belirtmiştık. 36. sayımızdan itibaren makalelerin durumları hakkında ilk bilgileri internet aracılığı ile göndermeyi planlıyoruz. Bu sebeple e-mail numarası olan her yazarın makaleyi gönderdiği ilk yazışmada bizi bilgilendirmesini rica ederiz. Böylece daha çabuk bir haberleşme sağlayacağımız gibi, telefon ve posta masraflarından da kaçınılmış olacaktır.

35 ve 36. sayılarımıza buluşmak umuduyla makale gönderen yazarlara ve reklam vererek bize maddi katkı yapan firmalara ve kuruluşlara şükranlarımızı sunarız.

Saygılarımla,

Yayın Kurulu Adına

Mesut ANIL

Baş Editör

A CASE STUDY FOR SIMULATION OF SHOVELS-TRUCKS SYSTEM
AT A SMALL SCALE SURFACE MINE USING THE C⁺⁺

Ayhan KESİMAL

Department of Mining Engineering, Istanbul University, Istanbul/Türkiye

ABSTRACT: *The use of simulation models is one of the most powerful and versatile method for predicting the performance of mining operations. Its application has become routine since computers have become more powerful and less expensive. Data can be put into the computer model as it is collected. This is important to management because of the need for fast and accurate results. Moreover, a simulation is usually the best method of representing the real system. This paper describes the application of simulation modelling to study the open pit transportation system by shovels-trucks. Therefore, a model has been developed applying the object oriented programming to simulate shovels-trucks system using the C⁺⁺ language. Then it was used for a small scale case study to see how results would be obtained in detail.*

**KÜÇÜK ÇAPLI BİR AÇIK İŞLETMEDE EKSKAVATÖRLER-KAMYONLAR
SİSTEMİNİ C⁺⁺ İLE SİMULE ETMEK İÇİN CASE ÇALIŞMASI**

ÖZET: *Simülasyon modellerinin kullanımı; madencilik faaliyetlerinin performanslarının tahmini için çok yönlü ve güçlü metodlardan birisi olmaktadır. Günüümüzde bilgisayarların çok güclü yapıda ve az masraflı olması simülasyon uygulamalarını rutin bir çalışma haline getirmiştir. Veriler toplandığı gibi bilgisayara beslenmektedir. Bu durum hızlı ve doğru sonuçlara olan ihtiyaçlar dan dolayı idarecilik için önemli olmaktadır. Ayrıca, simülasyon modellemesi genellikle gerçek sistemlerin sunumunda en iyi metodlardan birisi olmaktadır. Bu makale ekskavatör'ler ve kamyonlar vasıtası ile gerçekleştirilen açık işletme taşımacılık sistemini incelemek için simülasyon modelleme uygulamasını izah etmektedir. Böylece, obje'lerin oryantasyonu programı ile C⁺⁺ dilini kullanarak ekskavatör'ler ve kamyonlar sistemini simule etmek için bir model oluşturulmuştur. Daha sonra küçük ölçekli bir case çalışmasında sonuçların detaylı olarak nasıl elde edildiğini görmek için bu modele veriler beslenmiştir.*

1. INTRODUCTION

Benefits from simulation application are potentially greatest when the operation cannot be studied directly as it does not already exist, or it is not available, or to work with it directly is expensive (Kleijnen, J.P.C. et al., 1992; Law, A.M. et al., 1991). Simulation can be applied for testing several alternatives before actual decisions are implemented. It can be stated as the process of designing a model of the real system and conducting experiments with this model for the purpose of either understanding its behaviour or evaluating various strategies for its operation. The key components must be proven and the interactions quantified. The model can be then built in order to make the final recommendations.

2. CLASSIFICATION OF SIMULATION MODELS

* *Static vs. Dynamic Simulation Models* : A static simulation model is used to explain a system in which time plays no role; Monte Carlo models are used as static simulations. On the other hand, a dynamic simulation models a system as it develops over time, such as material transportation with trucks or conveyors in an open-pit mine.

* *Deterministic vs. Stochastic Simulation Models* : Deterministic simulation models do not include any probabilistic (i.e., random) components. Many systems, however, must be modelled as having at least some random input components, and these mean that

stochastic simulation models come to the fore. Most queueing systems are modelled stochastically.

* *Continuous vs. Discrete Simulation Models* : The decision whether to use a discrete or a continuous model for a particular system depends on the specific objectives of the study. For example, a model of traffic flow on a haulage road in open-pit mining would be discrete if the characteristics and movement of individual trucks were important. Alternatively, if the trucks could be treated as a whole, the flow of traffic could be described by differential equations in a continuous model.

3. DISCRETE-EVENT SIMULATION

This concerns the modelling of a system as it develops over time by a representation in which the state variables change instantaneously at separate points in time. These points in time are the ones at which an event occurs, where an event is described as an instantaneous occurrence that may change the state of the system (Banks, J. et al., 1984; Pidd, M., 1989).

For example; consider a loading facility with a single loader-e.g., a shovel with trucks-for which it is estimated the (expected) average delay in a queue (line) of arriving trucks, where the delay in queue of a truck is the length of the time interval from the instant of its arrival at the facility to the instant it begins being loaded. For the objective of estimating the average delay of a truck,

*SIMULATION OF SHOVELS-TRUCKS SYSTEM AT A SMALL SCALE SURFACE MINE
USING THE C⁺⁺*

the state variables for a discrete-event simulation model of the facility would be the status of the shovel, i.e., either idle or busy, the number of trucks waiting in the queue to be loaded (if any), and the time of arrival of each truck waiting in queue. The status of the shovel is needed to determine, upon a truck's arrival, whether the truck can be loaded immediately or must join the end of the queue. When the shovel finishes loading a truck, the number of trucks in the queue is used to determine whether the shovel will become idle or begin loading the first truck in the queue. The time of arrival of a truck is needed to compute its delay in the queue, which is the time it begins being loaded (which will be known) minus its time of arrival. There are two types of events for this system: the arrival of a truck and the completion of service for a truck, which results in the truck's departure. An arrival is an event since it causes the (state variable) shovel status to change from idle to busy or the (state variable) number of trucks in the queue to increase by 1. Correspondingly, a departure is an event because it causes the shovel status to change from busy to idle or the number of trucks in the queue to decrease by 1. The building of a discrete-event simulation model of shovels-trucks queueing system has been shown in detail in the following section.

4. SHOVELS-TRUCKS DISCRETE-EVENT SIMULATION

In this case study, the waiting lines that form in front of shovels in a typical

shovels-trucks haulage system are simulated. The discrete event simulation will give information helpful to time efficiency for both trucks and shovels.

4.1. SPECIFICATIONS FOR SHOVELS-TRUCKS SIMULATION

* The number of working hours that are simulated is a user parameter. The minute is the basic unit of the time in the simulation

* Assume that trucks arrive at the shovel according to a Poisson arrival process with a user-specified average interarrival time. The Poisson arrival process yields an exponential interarrival probability density function.

* Assume that each shovel loads its trucks with an exponential loading time probability density function. Thus the user must specify the average loading time for each shovel, as part of the input data.

* The queueing model assumes that each of the n shovels has a separate queueing line. If one or more shovels is free and their respective line is empty when a truck arrives at the shovel, the choice of shovel is determined randomly, as before, with each shovel having an equal likelihood of being chosen. If all shovels are engaged, the truck joins the shortest queue. In the event that two or more lines have the same number of trucks, the truck joins the lowest-numbered queue. This might seem that the program runs like a shovels-trucks dispatching system at first glance.

However, it is limited in terms of working area in that if shovels are working at the same face or close to each other, then trucks might be sent to one of the other shovels. The program does not therefore run as a real dispatcher.

* Assume that when the simulated clock time is equal to or greater than the user-specified number of minutes that the simulation is to be started, each truck currently in queue is allowed to complete its transaction. Thus the simulation is assumed to begin its loading with each shovel free and is assumed to end its loading with each shovel free. The simulation is required to send its output report to the known text-file upon the completion of the simulation after the last truck just leaves the shovel.

* The user must specify the input parameters: the average interarrival time of trucks from dump to loading point, the number of shovels that are reasonably close to each other, the average loading time for each of the shovels, and the number of minutes for the simulation.

* The output required of the simulation is: the percentage of time that each shovel is busy, the total number of trucks loaded by each shovel, the time-average size of each queue, the maximum size of each queue over the period of the simulation, the average waiting time in queueing for each queue, and finally the average waiting time in the queue over all trucks.

4.2. DESIGN OF THE SIMULATION

First major components of the program

must be identified. They include the following entities:

- * Trucks,
- * Truck queues,
- * Clock time, which advances from one event to another,
- * Shovels,
- * The system that contains several smaller lines.

Each entity will be mapped to a class of abstract objects. The truck class contains the only important feature associated with each truck, its arrival time in the system. This arrival_time datum is part of the private section of the class. Since it is planned to have one or more queues of trucks, the class truck_queue is designed to interact with the class truck so that objects of class truck_queue can access the private data (arrival_time) of class truck:

```
class truck
{
    friend class truck_queue;
    private:
        float arrival_time; //Time
when truck arrives the shovel and joins
line
};
```

The class truck_queue has the following private data and public methods (and their parameters):

```
class truck_queue
{
    private:
        queue q; //A private queue
        float last_event_time; //time of last
truck arrival or departure
```

*SIMULATION OF SHOVELS-TRUCKS SYSTEM AT A SMALL SCALE SURFACE MINE
USING THE C++*

```

int      cum_trucks; //cumulative
number of trucks
int current_queue_size; //current
size of the queue
int peak_queue; //the largest size,
to date, of the queue
float cum_queue_size_time; //the
current sum of products of queue size
multiplied by the time
float cum_wait_time; //the current
sum of all truck waiting times for the
queue
public:
void insert(period t); //insert a
truck into the queue at time t and update
queue statistics
void remove(period t); //remove a
truck from the queue at time t and update
queue statistics
truck_queue( ); //a constructor that
initialises much of the private data joined
the queue
int total_trucks( ) {return
cum_trucks;} //return the private datum
cum_trucks
float average_queue_size(period t)
//return the current clock time and the
ratio of the
{
    //private data
    cum_queue_size_time
    return (cum_queue_size_time /
t.get_time( ));
}
.....
.....
};

The class period contains the private
datum current_time and the following
methods (with their parameters):
class period
{
private:
float current_time;
public:
period()
{
current_time = 0.0;
}
float get_time( ) {return
current_time; } //return the private datum
current_time
void set_time(float t)
{current_time = t; } //assign the private
datum current_time to the value t
};

The class shovel contains the following
private data and the public methods (and
their parameters):
class shovel
{
private:
int available; //1 if shovel free,
otherwise 0
float cum_loading_time; //the
current cumulative time that the shovel is
busy
float next_available; //the time at
which the shovel will be done loading
and will be free
int total_trucks_loaded; //the total
number of trucks loaded by the shovel to
date
float av_loading_time; //the shape
of the exponential loading probability
density function
public:
shovel( ) //a constructor that
initialises some of the private data

```

```

{
    cum_loading_time = 0.0;
    total_trucks_loaded = 0;
    next_available = large;
    available = 1;
}
void add_to_total_loaded( )
{total_trucks_loaded++; } //increment
total_trucks_loaded by 1
void set_shovel_free(
)
{
    //set the private datum
available to 1 and set the private datum
available = 1; ///
next_available to the constant large, a
number chosen to be
next_available = large; //larger
than the clock time to be encountered in
any
} //reasonable simulation
experiment
void set_shovel_busy( ) {available =
0; } //set the private datum available to 0
int busy( ) //return 1 (true) if the
private datum available is 0; otherwise, it
returns 1
.....
.....
};

```

Example: In an open-pit coal mine there are 20 trucks and 3 shovels on the same bench. Each of 3 shovels has a separate queue. Observation shows that trucks arrive at the shovels with an average cycle time (including full and empty travel and dump) of 22 minutes. Each shovel has an average loading time of 3 minutes. Each truck has a capacity of 50 tons.

The system is subject to simulate 1 day (720 minutes, 6 hours per shift) to see how shovel utilisation and queue statistics will be matched with the number of trucks and subject to point that when a truck arrives at the coal face, the choice of is the one that has no queue or has the shortest queue. Note that service time and break down are omitted. Under the given conditions, output results are shown as follows:

From the output, we can say that the shovels are waiting for trucks to load. This is because of the low shovel utilisation result of the simulation. This means a number of trucks should be added to the present fleet to increase the shovel utilisation or instead of three

Table 1. Output results for shovels-trucks queueing system (for only 20 trucks).

	Shovel utilisation	Number of trucks loaded	Total load	Average queue waiting time	Maximum queue size	Average queue size
Shovel #1	47 %	107	5350-ton	0.765-min.	2	0.133
Shovel #2	49 %	135	6750-ton	0.812-min.	2	0.152
Shovel #3	40 %	104	5200-ton	0.123-min.	1	0.018

Note: Average waiting time for shovel is obtained 0.59 minutes for each truck.

SIMULATION OF SHOVELS-TRUCKS SYSTEM AT A SMALL SCALE SURFACE MINE USING THE C++

shovels, two shovels would be enough to match with the trucks.

Figure 1 which resulted from the different situations may help to make this decision. If the number of shovels are kept as they are, the choice will be between 27 and 25 trucks. Because they give maximum shovel utilisation. In this case, we must consider which one of these (27 or 25 trucks fleet) will yield efficient queue statistics. According to the figure, this is of course 25 trucks fleet in terms of maximum queue, average queue and average queue waiting time obtained from the simulation.

5. CONCLUSION

Simulation models for shovels-trucks systems are deterministic or stochastic. Deterministic simulation is employed when the components of the system are represented by a discrete value. Thus, the results given by the model also provide a discrete value as long as the values of components remain the same. Stochastic

simulation must be used when the components of the system can be predicted by the probability of occurrence of each event. Thus, the results obtained from the model must be expressed as a distribution of possible outcomes due to the stochastic nature of each component. It is a technique for selecting discrete values randomly from probability distributions for use in each execution of a simulation program. The objective is to reproduce as realistically as possible the variability of the random variables and the interrelationships between components in the system being studied.

Simulation programs can be employed to produce a great deal of information regarding the expected operation. Simulation results can indicate trends and are useful for predictions to help improve and optimise mining operations.

6. REFERENCES

Banks, J., Carson, J.S., *Discrete-Event*

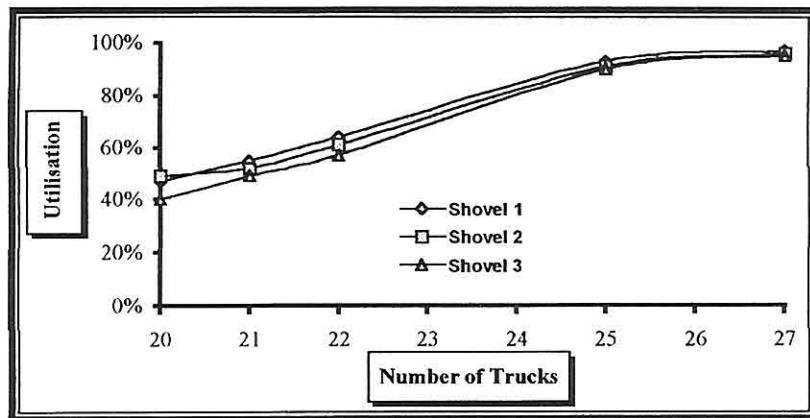


Figure 1. Simulation results of 3 shovels with different number of trucks.

- Simulation, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1984.*
- Kleijnen, J.P.C., van Groenendaal, W., Simulation a Statistical Perspective, John Wiley & Sons, 1992, pp 241.*
- Law, A.M., Kelton, W.D., Simulation Modelling and Analysis, McGraw-Hill, Inc., 1991, pp 759.*
- Pidd, M., Computer Modelling for Discrete Simulation, John Wiley & Sons, 1989, pp 274.*
- Booch, G., Object Oriented Design with Applications, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1991, pp 563.*
- Ranade, J., Zamir, S., C++ Primer for C Programmers, McGraw-Hill, Inc., 1992, pp 392.*
- Smith, J.T., C++ for Scientists and Engineers, McGraw-Hill Book Company, 1991, pp 322.*
- Sturgul, J.R., Using Exact Statistical Distributions for Truck Shovel Simulation Studies, International Journal of Surface Mining and Reclamation, 1992, Vol. 6, pp 137-139.*
- Kesimal A. A Comparative Study of Transportation Systems in Surface Mines, Ph.D. Thesis, The University of Nottingham, England, 1994, 280 p.*

MECHANISMS OF GANGUE TRANSFER INTO FLOTATION
CONCENTRATES AND THEIR EFFECTS ON FLOTATION PERFORMANCE

Emin Cafer ÇİLEK ve Nuran ÖZVEZİR

S.D.Ü. Engineering Faculty, Mining Engineering Dept., Isparta /Turkey

ABSTRACT: In this study, the factors affecting mechanical entrainment which is main mechanism of gangue transfer into the froths and their effects on flotation performance were investigated. A series of flotation tests were carried out by using a sphalerite ore sample and its liberation size was determined to be -0.075 mm. In these tests, the effects of the waterrecovery and mechanical entrainment, which are controlled by some parameters such as slime content of feed, pulp density or viscosity, froth height and aeration rate, on the quality of concentrates were investigated. In addition, amounts of water and gangue recorvered in the concentrate are determined in each test.

Evaluation of the all data obtained from the tests showed that amount of gangue recovered in the concentrate is proportional to water recovered in the concentrate. But, for example, if flotation tests were performed at different pulp densities or aeration rates, the amount of gangue entrained in the concentrate can differ for the same values of the water recovery but also other parameters affecting the water recovery. It was determined that there was good agreement between the observed results and the estimated results from the model.

FLOTASYON KONSANTRELERİNE GANG TRANSFER
MEKANİZMALARI VE FLOTASYON PERFORMANSINA ETKİLERİ

ÖZET : Bu çalışmada, flotasyon köpüklerine gang taşınmasının temel mekanizması olan mekanik taşımanın flotasyon performansı üzerine etkileri ve mekanik taşıma miktarına etkileyen faktörler araştırılmıştır. Serbestleşme boyutu -0.075 mm olan bir sfalerit cevher örneği kullanılarak seri flotasyon deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde mekanik taşıma miktarını etkileyen beslemedeki slam miktarı, palp yoğunluğu veya viskozitesi, köpük yüksekliği ve hava akış hızı gibi parametrelerin konsantre kalitesine etkileri belirlenmiştir. Bu deneylerde ayrıca, konsantreye taşınan su miktarı ve gang miktarı da ölçülmüştür.

Elde edilen bütün deneysel veriler değerlendirildiğinde, gang kazanımının su kazanımı ile orantılı olduğu, literatürde de belirtildiği gibi, belirlenmiştir. Ancak, aynı miktarda su elde edilen bir çok flotasyon deneylerinde, belirlenen mekanik taşıman gang miktarları birbirinden farklı olabilmektedir. Bu, mekanik taşımayı yalnızca su verimi ile ilişkilendirmenin yeterli olmadığını göstermiştir. Bu sebeple, gang ve su kazanımlarını ilişkilendirmek için çok değişkenli empirik bir tahmin modeli oluşturulmuş ve deneysel verilerle modelden hesaplanan veriler arasında iyi bir uyum olduğu belirlenmiştir.

1. INTRODUCTION

In froth flotation, finely ground ore is agitated in water and, various chemical reagents are added to cause the selected (valuable or sometimes gangue) minerals to adhere themselves to the air bubbles. These air bubbles, carrying the hydrophobic mineral particles, rise to surface of the pulp where they are removed in a froth, while hydrophilic mineral particles remain suspended in the pulp. Both water and solids which are mostly hydrophobic mineral particles and these particles leave the cell attached bubbles surfaces, are recovered into the concentrate from a level that equilibrium froth height and, this is called as true flotation. But hydrophilic gangue particles are also recovered into the concentrates.

Mechanisms of transport of hydrophilic (gangue) mineral particles into the froths from a conventional flotation cell can mainly be classified as follows:

- a-mechanical (hydraulic) entrainment in the inter-bubble water and entrapment,
- b-transport of locked particles attached to air bubbles by their hydrophobic parts,
- c-slime coating and hetero-coagulation of slime sized particles with opposite signs.

Entrainment is the primary mechanism for the recovery of fully liberated and dispersed gangue particles (Smith and Warren, 1989) i.e., if the gangue particles can fully be liberated and dispersed in a pulp, mechanisms (a) and (b) are not effective or negligible for transport of

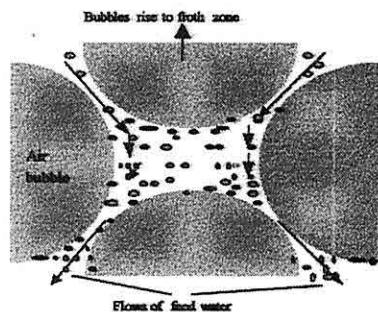


Figure 1. Schematic representation of drainage of inter-bubble water and mechanical entrainment of gangue minerals into flotation froth.

gangue particles into the froths.

As it is seen in Figure 1, hydrophilic mineral particles called as slime are recovered by mechanical entrainment into the froth. Hydrophobic mineral particles can also be entrained. Therefore entrainment is non-selective and, quality of products are damaged by entrainment, while valuable mineral recovery of these products are increased.

1.1. Entrainment Factor

The general conclusion is that there is a relation between mechanical entrained particles and feed water recovery in the froth. Many researchers have reported that a linear relationship between the gangue recovery, R_g , and the water recovery, R_w (Warren,1985; Smith and Warren,1989; Laplante et al,1989; Kirjavainen, 1989; Kirjavainen, 1992). For ultrafine particles, the gangue recovery was directly proportional to the water recovery but for larger particles the

straight lines of the curves do not extrapolate through the origin but intercept the water recovery axis R_{wo} (Figure 2).

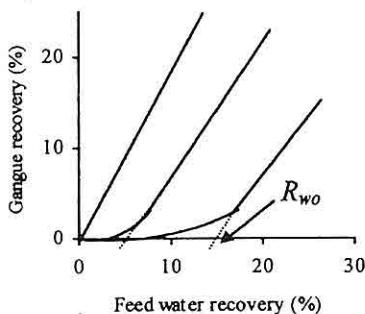


Figure 2. Relationship between the gangue recovery and the water recovery (Reproduced from Smith and Warren, 1989).

Entrainment of the gangue mineral particles can be related to recovery of water and, described as follows:

$$R_g = e_g (R_w - R_{wo}) \quad (1)$$

where e_g is slope of linear portion of curves and called as entrainment factor for gangue. Similar definition can be written for valuable minerals:

$$R_v = F_v - e_v R_w \quad (2)$$

where F_v is the intercept of the extrapolated line on the mineral recovery axis in recovery curve plots valuable mineral recovery versus water recovery as in Figure 2. e_v is slope of linear portion of the curves and called as entrainment factor for valuable mineral. For ultrafine particles, both e_g and e_v are

directly related to water recovery. An entrainment factor of 0.6 means that for unit mass of water recovered into the froth from the feed water, 60 % of the ultrafine particles in the feed will also be recovered ($R_{wo}=0$) (Warren, 1985; Smith and Warren, 1989). Mechanical entrainment can be minimised by using column flotation method (Smith and Warren, 1989; Kaya and Laplante, 1988; Groppo and Parekh, 1990; Hall, 1992). Many researchers have shown that column flotation has effective for recovery of fine coal. Column flotation has an advantage over conventional flotation, because it can be provided higher concentrate grade, higher recovery, lower maintain costs and improved process control (Groppo and Parekh, 1990). In addition, upgrading of a mechanical flotation froth or concentrate is re-floated by means of cleaning stages in the conventional flotation plant.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Material

A sphalerite ore contains 7.21 % Zn was used in flotation tests. Liberation size of the sphalerite from the quartz is 0.075 mm. Size and valuable mineral distributions of the ground ore sample are given in Figure 3.

According to particle size category proposed by Sivamohan, 1990; if the particles finer than 0.02 mm they are called 'very fine' or 'slime'. In addition, particles sized slime (very fine) become source of non-selective

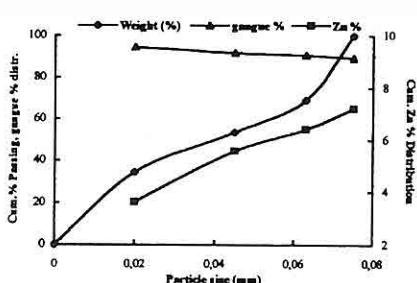


Figure 3. Particle size, Zn and gangue % distributions of ground ore sample.

in flotation. There fore, amount of minus 0.02 mm in the sample were controlled by wet screening.

2.2 Method

Previous studies on mechanical entrainment have been concerned mostly with the gangue particles and gangue transport correlated with the water recovery into the froth and, most of these experiments have been carried out by using sized feed material (Warren,1985; Smith and Warren,1989; Laplante et al, 1989; Kirjavainen ,1989; Nishkov and Mileva,1992; Kirjavainen, 1992). In addition, the water recovery rate was varied by changing the froth height or aeration rate in a certain flotation time. In this study, the aeration rate was changed to determine entrainment factors and, effects of the pulp density and amount of slime in the feed experimentally investigated. Following conditions are kept constant in the tests:

pH	= 11.0
Na ₂ SiO ₃	= 500 g/t
CuSO ₄	= 750 g/t
PAX	= 100 g/t
Pine oil	= 150 g/t
Stirring rate	= 1500 rpm
Aeration rate	= 6 l/min

Water recovery rate, valuable and gangue mineral % distributions and solid percent of products were determined in each flotation test.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Relationship Between Entrainment and Slime Content of Feed

Slime content of feed were ranged from 0 to 30 % i the tests. Results taken from the tests are given in Table 1.

Results obtained from the tests show that recovery of gangue is increased by increasing both slime content of feed and recovery of water from pulp to concentrate and, larger particles (up to 0.05 mm) than 0.02 mm are also entrained by inter-bubble water. Recovery of gangue can be related to both recovery of water and slime content of feed as it is seen in Figure 4.

The results are indicated that recovery of gangue is depended not only on the water recovery but also the slime content of feed. Thus, for given flotation conditions, the gangue recovery becomes a dependent variable and, recovery of water and ratio of slime become

Table 1. Metallurgical performance results of flotation tests were carried out by different slime content of feed, M_{20} .

M_{20} (%)	Concentrate		Recovery		
	Weight (%)	Zn (%)	Zn (%)Rv	Water (%)Rv	Gangue (%)Rg
0	16.30	47.75	95.08	15.55	4.37
4	14.28	44.98	94.50	16.10	5.24
6	14.52	43.79	93.85	16.32	5.62
8	15.14	41.16	92.45	16.77	6.51
10	15.88	38.38	90.45	17.32	7.56
14	16.14	36.49	87.86	17.81	8.19
18	17.53	33.18	87.26	18.61	9.84
20	18.16	31.84	86.98	19.02	10.59
22	18.24	31.46	86.55	19.08	10.76
24	18.69	30.50	86.23	19.35	11.31
30	18.72	31.02	85.99	19.38	11.44

independent variables as it is defined in Figure 5. Therefore, a multivariable estimation method was used to define gangue recovery. Estimated empirical model is :

$$R_g = 2.125088 R_w - 0.043 M_{20} - 28.236 \quad (3)$$

and correlation coefficient is 0.984 for observed and predicted values. Slime content of ground and unclassified ore sample was 34.4 % as it was given Figure 1. This sample was used in flotation test for validity of empirical model and, metallurgical results and, observed and predicted values of R_g are given in Table 2.

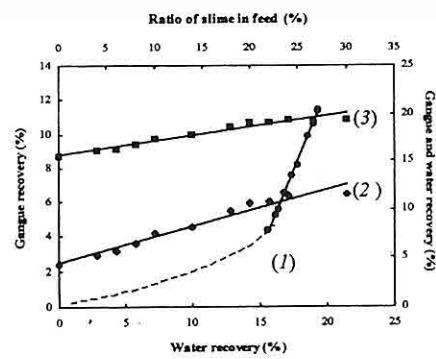


Figure 4. Relation between the gangue recovery and the water recovery (1) and, relation between the gangue recovery R_g (2), and water recovery(3) R_w , slime content of feed M_{20} .

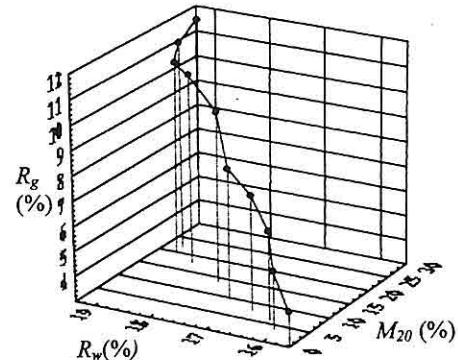


Figure 5. Relationship between dependent variable R_g and independent variables R_w and M_{20} .

Table 2. Results obtained from flotation of unclassified ore sample.

M_{20} (%)	Recovery		
	Zn (%),Rv	Water (%),Rw	Gangue (%),Rg Obs Est. Error
34.4	84.83	20.51	13.62 13.796 1.3

3.2. The Effect of Pulp Density on Entrainment

It was known that entrainment is also affected by pulp density or % solids of pulp. In this study, effects of both slime content of feed and pulp density on entrainment are investigated. Because, in the froth zone of a flotation cell, drainage of inter-bubble water with together gangue particles to remain suspended in the pulp zone is also controlled by pulp viscosity which can be related to percent solids by weight in the pulp and slime content of the feed material.

Table 3. Results obtained from flotation tests were conducted by different solid % of pulp, S_p .

Feed		Concentrate			
M ₂₀	S _p (%)	Zn (%)	R _w (%)	R _v (%)	R _g (%)
0	10	47.75	15.55	95.08	4.37
	15	50.02	16.94	94.77	3.67
	20	53.12	18.69	93.60	2.80
10	10	44.27	17.33	90.45	5.16
	15	40.17	18.76	90.22	6.76
	20	38.38	20.04	89.62	7.56
20	10	36.56	17.9	86.98	7.94
	15	35.23	19.6	86.64	8.63
	20	31.84	21.46	86.40	10.6
34.4	10	28.94	20.51	84.83	13.62
	15	27.88	23.19	85.15	14.37
	20	26.14	25.37	85.91	18.88

The effect of slime content of feed was concluded in previous section. Similar results are taken from these tests. But, the results are indicated that increasing of

solid content of pulp is caused to increase amount of gangue and water recovered into the concentrate while grade of concentrate is decreased.

Examinations of data were given in Table 3 showed that under certain flotation conditions, amount of gangue recovered into the concentrate was more sensitive to amount of slime content of feed than amount of water recovered into the concentrate. For example, the solid content of pulp was increased from 10 % to 20 % by weight, increasing of water recovery rate was 19.81 % while increasing of the gangue recovery rate was 33.5 % for 10 % slime content of feed. Similarly, for 20 % slime content of feed, increasing of recovery rates of water and gangue are 15 % and 46.51 %, respectively. These conclusions are indicated that slime content of feed has important role on entrainment or the gangue recovery as much as both the water recovery and pulp density. Data given in Table 3 were further examined to establish the relation between the gangue recovery and the water recovery, slime content of feed and solid content of pulp and, following multivariable relationship was established :

$$R_g = 0.3835S_p + 0.4077 M_{20} - 0.3359 R_w \quad (4)$$

and, correlation coefficient is 0.9760 for observed and predicted values.

3.3. Determination of Entrainment Factor

As it is mentioned in previous section,

mechanical entrainment factor e_g can be determined by means of water and gangue recovery curve and, gangue recovery can be estimated by using Eq. (1) (Warren, 1985; Smith and Warren, 1989). Data given in Table 4 are obtained from serial tests were performed on unclassified sample and aeration rate was ranged from 3 to 8 l/min in the tests.

In order to generate entrainment factor, plot of the gangue recovery versus the water recovery was given in Figure 6. Slope of the linear portion of the curve is 1.425 and $R_{wo}=11.4\%$. Thus, Eq.(1) becomes:

$$R_g = 1.425(R_w 11.4) \quad (5)$$

Predicted values obtained from Eq.(5) were indicated (as symbol) in Figure 6. Because of the values of e_g is ranged from 0 to 1 (Smith and Warren, 1989), for given flotation conditions, it must apparently be indicated that entrainment factor is not meaningful. Therefore, a new multivariable relationship between the gangue recovery and other variable was established.

$$R_g = 0.4207R_w + 0.073S_p + 0.276IM_20 + 2.606V_a ; r = 0.9705. \quad (6)$$

4. CONCLUSIONS

Mechanical entrainment has a major effect on quality of concentrate and flotation performance, when it is compared with other mechanisms of gangue transfer into the flotation froths. Therefore, mechanism of entrainment

Table 4. Results obtained from flotation tests were conducted by different aeration rate V_a .

Aeration Rate V_a (l/min)	Flowrates into The Froth			
	M_w (g/min)	M_g (g/min)	R_w (%)	R_g (%)
3	87.80	3.36	10.98	3.77
4	124.60	6.07	15.58	6.82
5	134.95	10.80	16.78	12.14
6	202.98	16.73	25.37	18.80
7	211.17	18.16	26.45	20.41
8	238.24	19.66	29.78	22.09

M_w and M_g are rate of water and gangue recovery, respectively.

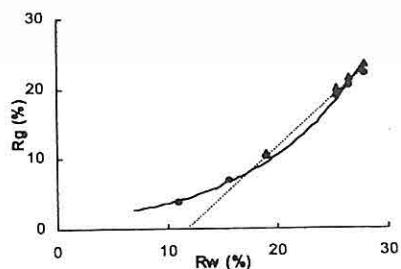


Figure 6. Recovery curve for generation of e_g in Warren's Model

and its relationship between other flotation parameters must well be understood.

It must be indicated that recovery of gangue by means of entrainment can be related to recovery of water. But, experimental results showed that the water recovery is controlled by several flotation parameters such as aeration rate, % solids of pulp, flotation time, froth

height, slime content of feed, frother type and dosage etc. Therefore, especially for developments of control strategies of a plant automation, under certain flotation conditions relationship between the gangue recovery and all parameters affecting the water recovery must be considered. It can easily be achieved by using a computer and data obtained from carefully performed flotation tests. This multivariable relationship is more important and useful than establishment of relation between the gangue recovery and the water recovery.

5. REFERENCES

- Gropp J. G. and Parekh, B.K., 1990, *Continuous Pilot-Scale Testing of Column Flotation For Recovery of Fine Coal, Mining Engineering, Oct, 1189-1192 p.*
- Hall, S.T., 1992, *Columns Come of Age, World Mining Equip., Dec., 13-16 p.*
- Kaya, M., and Laplante, A., 1988, *Evaluation of the Potential of Wash Water Addition and Froth Vibration on Gangue Entrainment in Mechanical Flotation Cells, 2nd International Mineral Processing Symposium, Turkey, 175-184 p.*
- Kirjavainen, V.M., 1989, *Application of a Probability Model for the Entrainment of Hydrophilic Particles in Froth Flotation, IJMP, Vol.27, 63-74 p.*
- Kirjavainen, V.M., 1992, *Mathematical Model for the Entrainment of Hydrophilic Particles in Froth Flotation, IJMP, Vol.35, 1-11 p*
- Laplante, A.R., Kaya, M. and Smith W., 1989, *The Effect of Froth on Flotation Kinetics-A Mass Transfer Approach, Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, Vol.5, 147-168 p.*
- Nishkov, I.M., 1992, *Entrainment of Fine Hydrophilic Particles by Granulometric Separation, IJMP, Vol.36, 125-136 p*
- Sivamohan, R., 1990, *The Problem of Very Fine Particles in Mineral processing, IJMP, Vol.28, 247-288 p*
- Smith P. G. and Warren L.J., 1989, *Entrainment of Particles into Flotation Froths, Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, Vol.5, 123-145 p.*
- Warren, L.J., 1985, *Determination of the Contributions of True Flotation and Entrainment in Batch Flotation Tests, IJMP, Vol.14, 33-44 p.*

SAYISAL YÜZEY MODELLEME (DTM) TEKNİĞİ İLE KÖMÜR
DAMARLARININ KALİTE DAĞILIMLARININ BELİRLENMESİ

Cengiz KIRMANLI, Hasan ERGİN

İTÜ, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

Taner ERDOĞAN

Trakya Üniversitesi, Maden Bölümü, Edirne/Türkiye

ÖZET : Kömür içerisinde bulunan kül, küükürt, uçucu madde, su içeriği gibi zararlı maddelerin miktarları ve ıslı değerinin seviyesi kömürü kullanılmasında konulan çevre kısıtlamalarında ve maliyetlerin minimizasyonunda önemli parametrelerdir. Kaliteleri düşük olmakla birlikte, linyit rezervleri açısından oldukça zengin olan ülkemizde, kömür kullanım oranlarının artırılması ülke ekonomisi açısından önemli olup, bu amaçla kömür sahalarının yeni bilgisayar teknikleri ile detaylı olarak değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, bilgisayar teknolojisinde ve yazılımlarındaki gelişmeler ile madencilikte kullanım imkanı bulan Sayısal Yüzey Modelleme (DTM) tekniği açıklanmış ve Trakya-Edirköy Kömür Sahasına ait 84 adet sondajdan elde edilen veriler değerlendirilerek elde edilen sonuçlar özetle verilmiştir.

DETERMINATION OF QUALITY DISTRIBUTIONS OF COAL SEAMS BY
DIGITAL TERRAIN MODELLING (DTM)

ABSTRACT : The amount of impurities in coal such as ash, sulphur, volatile matter, water contents and the level of calorific value are important parameters in the use of coal owing to environmental restriction and the cost aspects. Turkey has a big low quality lignite reserves, therefore it is an important matter for the economy that the use of the lignite should be enhanced by evaluating the coal field in detail by using sophisticated computer techniques. The development in computer technology and mining software has allowed to use Digital Terrain Modelling (DTM) in mining which is introduced in this paper. The data of 84 drillholes obtained from Trakya-Edirköy Lignite Basin was evaluated and the results are given as a case study.

1. GİRİŞ

Kömür içerisinde bulunan başlıca zararlı maddeler, kül yapıcı mineraller, kürek kaynağını oluşturan organik ve inorganik bileşikler ve su içeriği olarak verilebilir. Kömürün ıslı değerini yükseltmek, çevre kirliliğini önlemek ve nakliye masraflarını azaltmak için bu zararlı maddelerin kömürden uzaklaştırılması veya istenilen kalitedeki en uygun harmanlanmış kömürün eldesi için sahada selektif kazı ile üretim yapılması gerekmektedir.

Kömürün termik santralde, ısınma sektöründe, sanayi sektöründe (demirçelik, çimento, şeker, tuğla, vb.), kimyasal hammadde olarak kullanılması durumunda ise kömürlerin kül, su içeriği, kürek, uçucu madde gibi özelliklerinin belirli sınır değerler arasında ve kalorifik değerin de belirli bir değerin üzerinde bulunması zorunluluk arz etmektedir. Bu nedenle kömür sahalarının değerlendirilmesi ve rezerv tespitinde, kömür kalitesini belirleyen bu özelliklerin sahadaki dağılımlarının da elde edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, DTM modelleme tekniği açıklandıktan sonra Trakya-Edirköy Linyit Sahasından elde edilen veriler modellenerek sahadan istenilen özelliklerde kömür üretiminin yapılabilmesi için kalorifik değer, kürek, kül, su içeriği, sabit karbon, uçucu madde dağılımları ve saha sınırları içerisindeki rezerv belirlenmiştir.

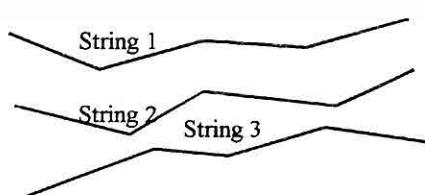
2. SAYISAL YÜZEY MODELLEME (DTM) TEKNİĞİNİN TANIMI VE MADENCİLİKTE KULLANILMASI

Bilgisayar destekli madencilik paket programlarının gelişmesi ile maden yatağı modelleme teknikleri yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

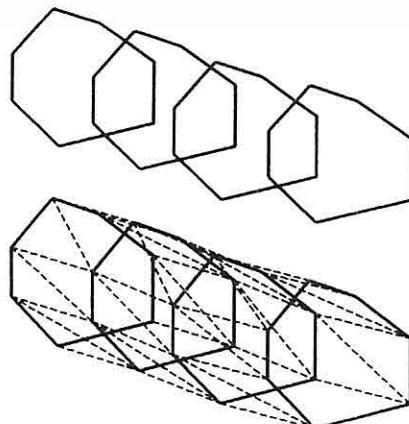
Stringdatalardan elde edilen DTM, bir çok nokta arasındaki üç boyutlu bir yüzeyi meydana getiren, birbirine bitişik fakat üst üste çakışmayan üçgenler takımıdır. DTM, string data noktalarının her biri arasındaki interpolasyonu sağlayarak oluşturduğu üçgenleri kullanarak yaratılmaktadır. Bu noktalar dışındaki noktalar göz önüne alınmamakta ve bu şekilde oluşturulan üçgenler birbirine benzer üçgenler oluşturmaktadırlar. Böylece oluşturulan DTM gerçek veriye bire bir benzer sonuç vermektedir (Ergin vd.,1995).

DTM'in ilk adımı olan ve xyz koordinatları belli olan noktalar grubu ve bunları birleştiren çizginin oluşturduğu stringler Şekil 1'de verilmiştir. String grupları ise, birbirlerine yakın noktaların birleştirilmesiyle bitişik üçgenler oluşturulmakta ve bu işlem kapanmamış üçgen kalmayınca kadar devam etmektedir. Böylece nokta ve stringlerden meydana gelen bir yüzey oluşturulmaktadır (Şekil 2).

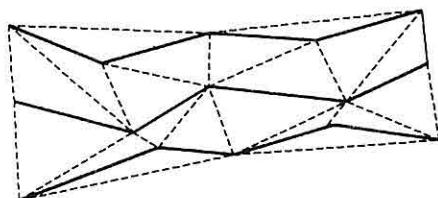
DTM bu durumda iki boyutlu bir yüzeyi tanımlamaktadır. Birbiri ile ilişkili iki boyutlu DTM grupları aynı şekilde birbirleri ile üçgenlerle birleştirilirse, bu DTM gruplarının etrafını saran bir yüzey elde edilir.



Şekil 1. Nokta ve çizgilerden oluşan string takımı



Şekil 3. DTM gruplarının oluşturukları solid model



Şekil 2. Stringleri birleştiren bitişik üçgenlerden oluşan DTM

Böylece iki boyutlu DTM gruplarından üç boyutlu fiziksel solid model elde edilir. DTM grupları ve bunların birleştirilmesi ile oluşturulan solid model Şekil 3'de verilmiştir.

Bilgisayar destekli olarak yapılan yüzey modelleme tekniğinde x, y ve z olmak üzere üç boyut veritabanına yüklenir ve bu veriler DTM'lerin oluşturulmasında kullanılır. Bu veritabanında x ve y incelenen sahanın koordinatları olup z ise incelenecak olan herhangi bir parametredir.

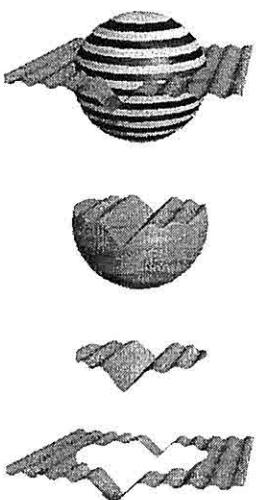
Eğer z değerleri sahaya ait kot değerleri ise oluşturulan DTM ile sahanın gerçek topografyası veya yapılan çalışmalar sonucu oluşan yeni topografyası elde edilir. Oluşturulan herhangi bir basamak veya seviye için z değeri değerlendirilen

sahayı tanımlayan bir özellik, örneğin tenör olarak verilirse, elde edilen şekildeki düşük ve yüksek değerli konturlar ile sahanın incelenen o özelliğinin dağılımı belirlenmektedir. Örneğin z değeri olarak bir kömür damarının kalınlıkları kullanılırsa elde edilen DTM ile sahadaki damar kalınlıklarının dağılımları elde edilir. (SURPAC2000 Users Manuals, 1993)

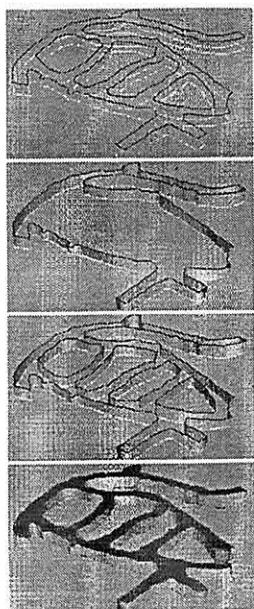
Hacim hesaplamaları, jeolojik kesitlerin alınması ve topografik çizimler DTM tekniğinin en yaygın kullanıldığı alanlardır. Şekil 4'de bir solid yapının DTM ile kesiti ve Şekil 5'de string ve DTM'in grafik ortamda yeraltı yapılarının modellenmesinde kullanımını göstermektedir.

3. TRAKYA - EDİRKÖY LİNYİT SAHASINDA UYGULAMA

Bu çalışmada, Trakya-Edirköy Linyit yatağına ait Şekil 6'da lokasyonları verilmiş olan 84 adet sondajdan elde



Şekil 4. Bir solid model ile DTM'in birleşimleri



Şekil 5. String ve DTM ile yeraltı yapılarının oluşturulması

edilen veriler kullanılarak saha detaylı olarak değerlendirilmiştir (Amcaoğlu ve Kara, 1986; Erdoğan ve Karaca, 1987).

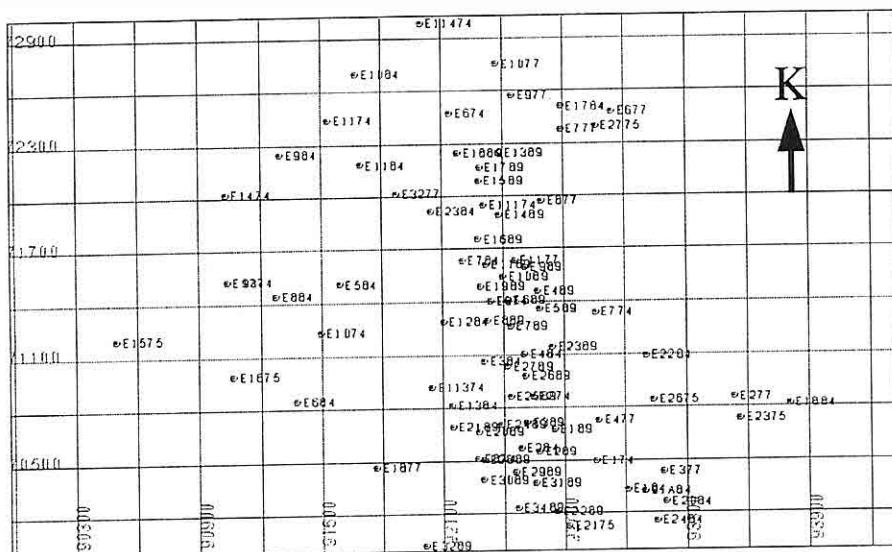
Edirköy linyit sahasında 3 adet kömür damarı bulunmaktadır. Bu damarlar Kömür1, Kömür2 ve Kömür3 olarak kodlanmış ve sondajlardan elde edilen Kalorifik Değer, Kükürt, Kül, Su İçeriği, Uçucu Madde, ve Sabit Karbon verileri veritabanına yüklenmiştir (Erdoğan, 1998).

Sondajların her üç damarı kestiği giriş kotları kullanılarak üst DTM'ler, çıkış kotları kullanılarak da alt DTM'ler oluşturulmuştur. Saha sınırları içerisinde alt ve üst DTM'ler arasındaki fark kömür damarlarının hacimlerini vermektedir ve bu da yoğunlukla çarpıldığında damar rezervleri bulunmaktadır. Daha önce açıklandığı üzere DTM modelinde z değeri yerine kalorifik değer, kükürt, kül, su içeriği, uçucu madde ve sabit karbon değerleri konularak damarlara ait dağılımlar elde edilmiştir.

Dağılım haritaları belirlendikten sonra digitayızır ile ön görülen bölgeler sınırlandırılarak buradaki kömür miktarı ve kalite parametrelerinin dağılımları elde edilebilmektedir.

Trakya-Edirköy Sahasında bulunan üç damara ait rezervler, ortalama kalorifik değer ve kükürt içerikleri Tablo 1'de verilmiştir (Ergin vd., 1999).

Sahaya ait dağılımlar her üç damar içinde ayrı ayrı bulunmuş ve burada örnek teşkil etmesi için Kömür1 damarına ait olan dağılımlar Şekil 7'de toplu olarak verilmiş ve yorumlanmıştır.



Şekil 6. Trakya-Edirköy Linyit sahanının sondaj lokasyon haritası

Tablo 1. Sahanın kömür rezervi

DAMAR ADI	HACIM (m ³)	REZERV (ton)	KALORİ (Kcal/kg) (*)	KÜKÜRT (%) (*)
KÖMÜR1	15 364 301	20 741 806	1509	2.77
KÖMÜR2	3 185 071	4 299 846	842	2.52
KÖMÜR3	342 384	462 218	1940	2.14
TOPLAM	18891756	25503870		

(*) Ağırlıklı ortalama değeridir.

Kalorifik Değer Dağılımı

Kalorifik değer dağılımı, 0-1500, 1500-2000, 2000-2500 ve 2500 Kcal/kg'dan büyük olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. Şekil 7'de görüldüğü gibi Kömür1 damarı için sahanın orta kısımlarında düşük kalorili kömürler bulunmakta ve saha sınırlarının olduğu kesimlerde kömür kalorisi yükselmektedir.

Kükürt Dağılımı

Kükürt dağılımı; % 0-2, %2-3, %3-4 ve

%4'den büyük olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. Şekil 7'de görüldüğü gibi sahanın kuzey batosunda kükürt içeriği yüksektir. Ayrıca sahanın güneyinde ve batosunda iki ayrı bölgede kükürt içeriği oranı yüksek bir kümeleşme izlenmektedir. Kömür1 damarının kükürt içeriği ortalama %2.7'dir.

Kül Dağılımı

Kül dağılımı, % 0-15, %15-30, %30-50 ve %50'den büyük olmak üzere 4 sınıfa

ayırılmıştır. Kömür1 damarının doğu kısmı %0-15 kül içeriğine sahip olup diğer kısımları %15-30 arasında değişmektedir. Kömür1 damarında iki yerde yüksek kül oranlı bölge olmasına karşılık saha genelinde bu kısımlar üretim bazında ihmal edilebilecek büyülüklütedirler.

Su İçeriği Dağılımı

Su içeriği, % 0-40, %40-50, %50-60 ve %60'dan büyük olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. Kömür1 damarının su içeriği yaygın olarak %50-60 arasında değiştiği görülmüştür. Şekil 7'den de izlendiği üzere bazı lokal bölgelerde bu oran %60'ın üzerine çıkmakta, bazı bölgelerde de %40'lar seviyesine inmektedir.

Uçucu Madde Dağılımı

Uçucu madde dağılımı, % 0-10, %10-20, %20-30 ve %30'dan büyük olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. Kömür1 damarının yarısından fazlasının uçucu madde içeriği %10 civarındadır. Diğer kısımlar ise %10-20 arasında değişmekte ve bazı bölgelerde bu oran %30'lara yaklaşmaktadır.

Sabit Karbon Dağılımı

Sabit karbon dağılımı, %0-10, %10-20, %20-30 ve %30'dan büyük olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. Sabit karbon dağılımı uçucu madde içeriğinde olduğu gibi Kömür1 damarının yarısından fazlasında %10 civarındadır. Kalan kısımlar ise %20-30 arasında bir dağılıma sahip olup sahanın merkezinde ve doğu kısmında yoğunlaşmıştır.

Yukarıda, Trakya - Edirköy Linyit Sahasına ait kimyasal ve jeolojik verilere bağlı olarak elde edilen iki boyutlu dağılımlar verilmiştir. DTM'lerin birleştirilmesi ile oluşturulan solid modelleme tekniği ile mevcut diğer tekniklerin imkan vermediği üç boyutlu modellerin oluşturulması mümkün olmaktadır. Ayrıca, DTM tekniğinde sahaya ait topografik ve maden yatağına ait sondaj verileri birlikte kullanılarak işletmenin durumu ve çevresi üç boyutlu olarak birlikte modellenebilmektedir. Bu teknik, belirlenen kıtaslara bağlı olarak oluşturulan yüzeyler arasındaki hacmin hızlı ve güvenilir bir şekilde hesaplanabilmesine imkan vermekte ve bu şekilde çalışan bir işletmede yapılan dekapaj ve üretim miktarlarının belirlenmesine olanak sağlamaktadır.

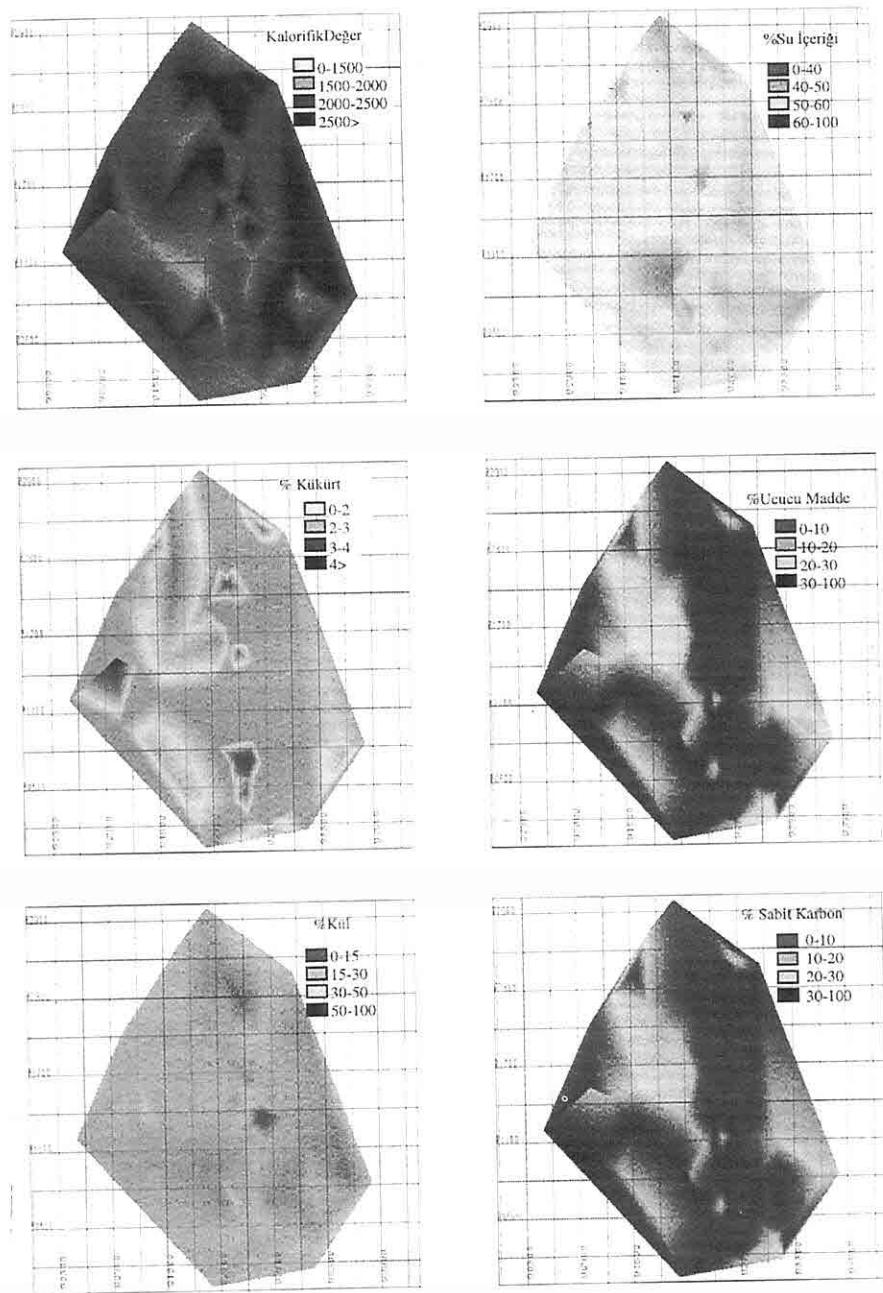
4. SONUÇLAR

DTM tekniği ile kömür sahalarının değerlendirilmesi ve kullanım alanları için istenilen kaliteye uygun üretimin yapılması için verilerin üretilmesi mümkündür.

Trakya-Edirköy Linyit Sahasındaki rezervin %80'ine tekabül eden yaklaşık 20 milyon ton kömürün kalorifik değerinin 2000 Kcal/kg'in altında olduğu ve kükürt içeriğinin %2.5 civarında olduğu belirlenmiştir. Elde edilen dağılım haritaları kullanılarak selektif madencilik yapılması için sahaların kömür kullanım amacına bağlı olarak üretim planlarının yapılması mümkündür.

Bu çalışmalar, sahadaki kömür özelliklerinin önceden belirlenmesi ve

SAYISAL YÜZEY MODELLEME TEKNİĞİ İLE KALİTE DAĞ. BELİRLENMESİ



Şekil 7. DTM tekniği ile hazırlanan Kömür1 damarına ait dağılım haritaları

kullanım alanlarına göre yıkama verimlerinin veya istenilen nitelikte kömür harmanlama olanaklarının araştırılması ile hem linyit rezervlerinin yüksek oranlarda kullanılmasına olanak sağlayacak hem de kömür üretimi sırasında ortaya çıkan belirsizliklerin en aza indirgenmesi ile de işletmecilerin daha az risk altında daha fazla kâr yapmaları mümkün hale gelecektir.

5. KAYNAKLAR

Amcaoğlu, O., Kara, H., 1986, "Tekirdağ-Saray-Edirköy-Küçükyoncalı-Safaalan'ın Kömür Jeolojisi Raporu", Rapor No:8058, MTA, (Yayınlanmamış).
Erdoğan, M., Karaca, K., 1987, "Edirköy, K.Yoncalı, Safaalan (Saray-Tekirdağ) Linyit Yataklarının Değerlendirme Raporu", Rapor No:8616,

MTA, (Yayınlanmamış).

Erdoğan, T., 1998, "Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları ve SURPAC2000 ile Bir Saha Çalışması", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, s.125, İstanbul.

Ergin,H., Kirmanlı, C., Erçelebi, S., Nasuf, E., 1995," Bakırlı Pirit Sahasının SURPAC ile Açık Ocak Planlamasının Yapılması ve Klasik Yöntemle Karşılaştırılması", Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu' 95, Eylül, s .37-44, İzmir.

Ergin, H., Kirmanlı, C., Erdoğan,T ., 1998, " Yeni Bilgisayar Teknikleri ile Kaliteye Bağlı Olarak Sınıflandırılmış Kömür Rezervlerin Belirlenmesi", Madencilik, Aralık, Cilt 37, Sayı 4, s. 13-22.

SURPAC2000 Users Manuals, 1993.

**JEOİSTATİSTİKSEL KRİGİNG YÖNTEMİYLE SİVAS-DİVRİĞİ DEMİR
YATAĞI REZERVİNİN HESAPLANMASI**

**Sabit GÜRGÜN, Ercüment YALÇIN,
Serkan SAYDAM ve Ahmet Hamdi DELİORMANLI
D.E.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye**

ÖZET: Bu çalışmada, Divriği demir yatağının cevher rezervi, jeoistatistiksel yöntemle tespit edilmiştir. Bu amaçla bölgede 1990 yılına kadar yapılmış olan arama ve geliştirme sondajlarından 80 tanesinin X,Y,Z koordinatları, kalınlık ve tenör değerleri bilgisayar ortamına aktarılmış, bu veriler kullanılarak yatağın Kriging Yöntemi'yle blok modeli oluşturulmuş ve rezervi hesaplanmıştır.

**RESERVE CALCULATION OF SİVAS-DİVRİĞİ IRON DEPOSIT BY
GEOSTATISTICAL KRIGING METHOD**

ABSTRACT: In this study, the reserve of Divriği ore body is determined by geostatistical method. For this purpose; X, Y, Z coordinates, thickness and grade values regarding 80 of the exploration and development boreholes drilled up to 1990, have been transferred to the computer medium and a block model has been formed by Kriging Method and the reserve has been calculated.

1. GİRİŞ

Rezerv miktarının doğru hesaplanması, ocak geometrisi için önemli bir faktördür. Çünkü yeraltı kaynağının doğru bir şekilde hesaplanması, işletmenin kuruluşundan sonuna kadar çok büyük önem taşımaktadır. Rezerv hesaplama yöntemlerinde karşılaşılan sorunlar, araştırmacıları rezerv hesaplamlarını daha gerçekçi ve doğru yapabilecek yeni yöntemlerin geliştirilmesine yöneltmiştir. Bu yöntemlerin üstünlüğü, rezerv hesaplamlarını daha doğru yapabilmeleri ve sonuçları belirli güvenirlilik sınırları içinde verebilmeleridir. Günümüz gelişen bilgisayar teknolojisinde, bilgisayar destekli maden tasarım teknikleri, maden mühendisleri tarafından cevher yataklarının optimum cevher üretimini sağlamak amacıyla tasarım model analizlerinin yapılmasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Rezervin miktar, kalite ve mineralleşme özelliklerinin tam olarak saptanması, kömür veya cevher yatağının özelliklerinin değerlendirilmesi ile mümkündür. Rezerv hesabının güvenirliliği, araştırma programının tam olarak yapılması ve rezervin değişkenliği ile saptanır. Bunun dışında nakliyat olanağı, ürünlerin pazarlanacağı piyasa ve çevresel düzenlemeler gibi parametreler de rezervin değerini etkiler. Bilindiği gibi jeoistatistiksel yöntemlerde, bir istatistiksel yaklaşımdır. Temel istatistik kapsamında bulunan ortalama, histogram, standart sapma ve frekans dağılımları ile daha basit ve genel tahminler

yapılabilmektedir. Bir kömür yatağının değerlendirilmesi sırasında üzerinde önemle durulması gereken kalınlık, kalori, kül ve nem yüzdesi gibi değişkenlere sahip bir sondajın etrafında bulunan diğer bir sondajla olan ilişkisinin temel istatistikle irdelenmesi mümkün değildir. Bu aşamada uzaysal istatistik olarak da tanımlanan jeoistatistiksel yöntemler devreye girmektedir. Bu yöntem variogram modellemesi ve kriging yöntemi ile herhangi bir cevher yatağında bulunan komşu iki sondajın birbirlerine olan etki mesafeleri ve yönlerini fonksiyon olarak dikkate almakta ve sondaj değişkenlerini belirlenen fonksiyona göre korele etmektedir (Rendu, 1982). Kriging yöntemi, bir bloğun değişkeninin değerini (kalınlık, kalori, tenör, kül ve nem vb. gibi) bloğun kendi içinde ya da bloğun çevresinde bulunan veriler ile doğrusal kombinasyonunu hesaplayan bir yöntem olup, istatistiğin temel bir öğesidir. Yöntemde sahanın mineralleşme özelliklerini veren variogram sonuçları ve sondaj değerleri kullanılmaktadır.

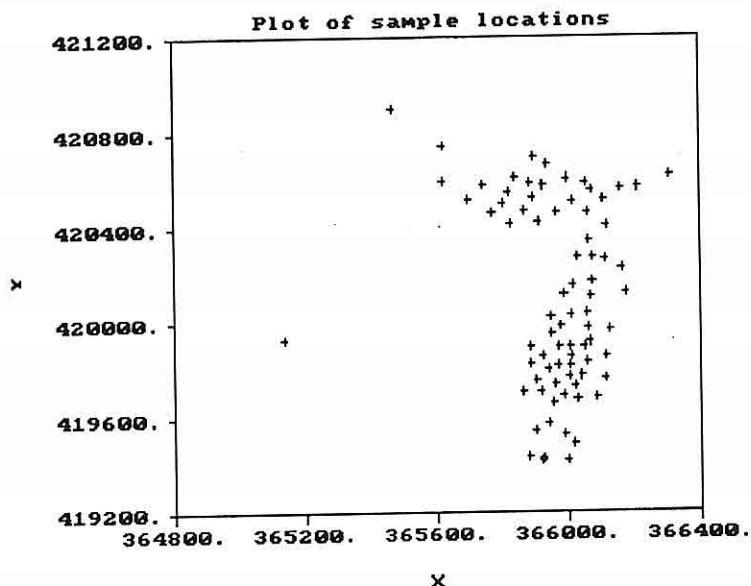
2. DİVRİĞİ DEMİR YATAĞI HAKKINDA GENEL BİLGİ

A ve B kafa olarak adlandırılan, Türkiye'nin bilinen en büyük demir yataklarından biri olan Divriği demir yatağı, Sivas iline bağlı Divriği ilçesi sınırları içerisinde ve ilçe merkezine 15 km uzaklıkta bulunan Sivri Tepe (Rakım: 1650 m)'nın güneyinde yer almaktadır. Cevher yatağı, D-B doğrultusunda

uzanmakta olup, 1500 m uzunluğunda ve 400 m genişliğindedir. Yatak $40-45^{\circ}$ eğimle güneye dalmaktadır (Tutkun, 1988). Şekil 1'de Divriği demir yatağı'nın sondaj noktalarının lokasyonu verilmiştir.

edilmiştir. Yoğunluklar, tenör değerlerine göre hesaplanmıştır. Hesaplanan tenör değerliklerine göre verilen yoğunluklar Tablo 1' de verilmiştir. Cevher ortalama yoğunluğu 4.35 t/m^3 olarak alınmıştır.

Divriği demir yatağı ve civarında 1937



Şekil 1. Divriği demir yatağı sondaj noktalarının lokasyonu

Bu sondajlardan 80 adetinin verisi cevher yatağının modellemesi için kullanılmıştır. Ayrıca belirli derinliklerdeki örneklerin tenörleri hesaplanmış ve tenör değerine göre yoğunlukları belirlenmiştir. Her sondajın ayrı ayrı ortalama tenör, ortalama yoğunluk ve toplam kalınlık değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin hesaplanması sırasında iki ara kesme arasında kalan cevherin kalınlık değeri 2 m.'den az ise bu kalınlıkta üretim yapılmasının mümkün olmaması nedeniyle bu kısımlar pasa olarak kabul

yılından başlayan sondajlı arama çalışmaları MTA tarafından yapılmıştır.

Bu kapsamında günümüze kadar yaklaşık 3000 m'ye varan 100'den fazla sondaj yapılmıştır (Yüksek vd., 1995).

3. JEOİSTATİSTİKSEL KRİGİNG YÖNTEM İLE REZERV HESABI

Kriging yöntemi, bir bloğun değişkeninin değerini (tenör, kalınlık, vb. gibi) bloğun kendi içinde ya da bloğun çevresinde bulunan veriler ile doğrusal kombinasyonunu hesaplayan bir yöntem olup, jeoistatistikin temel bir ögesidir.

Yöntemde sahanın mineralleşme özelliklerini veren variogram sonuçları ve sondaj değerleri kullanılmaktadır (Saydam vd., 1995). Çizelge 2'de kullanılan 80 adet sondaj verisinin istatiksel sonuçları görülmektedir. Bu çalışmada variogram analizinde değişken olarak kalınlık ve tenör değerleri ele alınmıştır.

Tablo 1. Tenör değerlerine göre yoğunluklar (T.D.Ç.Y., 1989).

Tenör (%)	Yoğunluk/ m^3	Tenör (%)	Yoğunluk/ m^3
0-5	3.21	40-45	4.13
5-10	3.27	45-50	4.26
10-15	3.34	50-55	4.38
15-20	3.40	55-60	4.54
20-25	3.46	60-65	4.70
25-30	3.63	65-75	4.75
30-35	3.80	75-85	4.80
35-40	3.97	85<	4.85

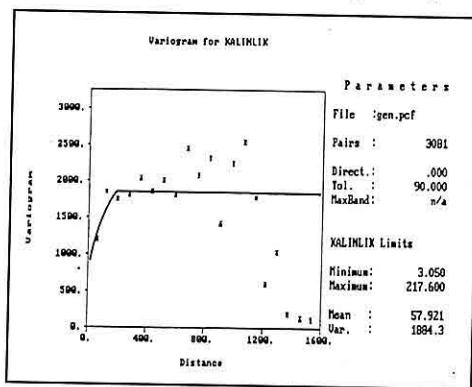
Tablo 2. İstatiksel değerlendirme sonuçları

Değişken	Tüm Sondaj Değerleri	
	Kalınlık	Tenör
Alt Limit	3,05	12,6
Üst Limit	217,6	64,6
Sondaj sayısı	79	79
Ortalama	57,92	50,04
Varians	1908,45	101,89
Std. Sapma	43,686	10,094
Değ. Katsy. %	75,42	20,172
Çarpıklık	1,33	-1,4064
Kurtosis	5,01	5,535

3.1. Cevher Kalınlığı Variogram Analizi ve Kriging Hesaplamaları

3.1.1 Cevher Kalınlığı Variogram Analizi

Cevher kalınlığı variogram analizi, 90°lik tolerans açısıyla yapılmıştır. Sondajların tamamını temsil eden ortalama variogram modeli Şekil 2'de verilmiştir. Burada variograma uyarlanan matematiksel model küreseldir. Variogram parametrelerinin doğruluğu “çapraz doğrulama tekniği” ile kontrol edilmiştir. Bu teknikte, eldeki sondaj verileri sırasıyla yok gibi kabul edilip, her biri variogram parametreleri kullanılarak kriging yöntemi ile tekrar hesaplanmıştır. Farklı sondaj etki mesafeleri için kriging yarıçapları tahmin edilmiş ve en uygun sonuç veren kriging yarıçapları tespit edilmiştir. Buna göre cevher kalınlığı için en uygun kriging yarıçapı 100 m olarak saptanmıştır.



Şekil 2. Cevher kalınlığı variogram modeli $C_0=700$, Sill (C_0+C) =1850, Etki mesafesi (a)=250 m, Küresel model

3.1.2. Kriging Yöntemi ile Cevher Kalınlık Kestirimi

Kriging metoduyla, sahadaki cevher rezervinin hesaplanması sırasında kullanılan kriging yarıçapının, cevher rezerv tahminine etkisini bulmak amacıyla saha sınırları tespit edilmiştir. Seçilen saha dışında kalan sondajlar cevher kesmediği için sınır dışında tutulmuştur. Kriging işlemi sırasında sahada yer alan faylar göz önüne alınmamıştır. Şekil 3'de kalınlık değişkeni kapsamında üç değişik tenör sınıflaması için yapılmış blok modeli görülmektedir. Belirlenen kriging yarıçapı ise 100 m'dir.

3.2 Tenör için Variogram Analizi ve Kriging Hesaplamaları

Cevher kalınlığı için yapılmış olan variogram analizleri ve kriging hesaplamaları tenör değişkeni için de tekrarlanmıştır.

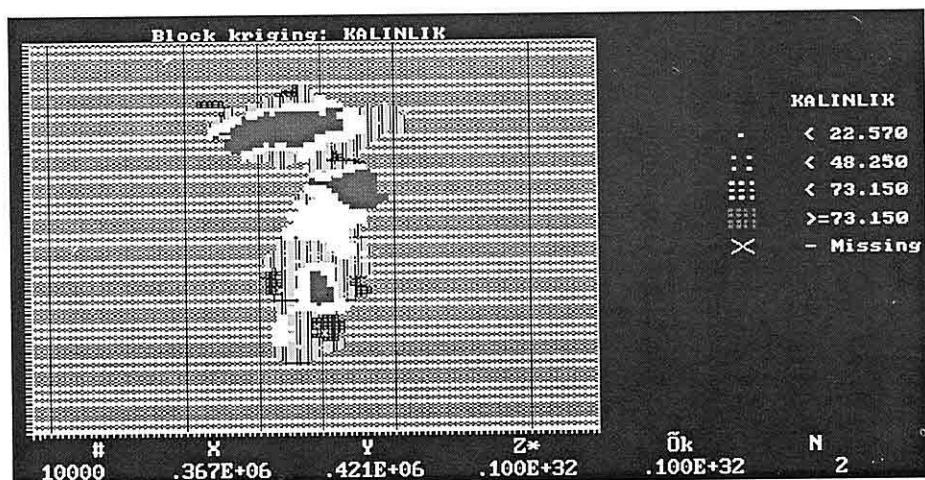
3.2.1 Tenör Variogram Analizi

Sahada yönlere göre yapılan variogram analizi sonucunda elde edilen etki mesafeleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Bu nedenle cevher kalınlığında olduğu gibi 90°lik tolerans açısı ile yapılmış olan variogram analizi sonucunda elde edilen matematiksel model, hem küresel hem de doğrusal modele çok yakındır. Bu çalışmada, doğrusal model seçilmiştir. Şekil 4'de tenör için variogram modeli görülmektedir. Belirlenen kriging yarıçapı ise 100 m'dir.

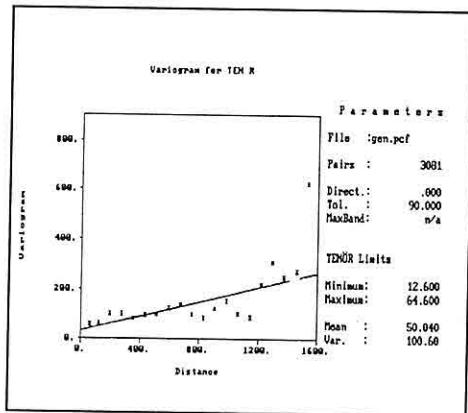
3.2.2 Kriging Yöntemi ile Cevher Tenörünün Kestirimi

Sahada oluşturulan blokların tenör değerleri kriging yöntemiyle kestirilmiş ve elde edilen tenör dağılımı şekil 5'de verilmiştir.

Rezerv hesaplamaları yapılırken kullanılan blok büyüğlüğü 20x20 m.'dir.



Şekil 3. Kalınlık için blok kriging (Sahadaki tüm sondaj değerleri için)



Şekil 4. Tenör variogram modeli
 $C_0=50$, Sill (C_0+C)=230, Etki
mesafesi (a)=1300 m, Doğrusal
model

Sahadaki % 50'den küçük ve % 50'den büyük değere sahip tenördeki sondaj verileri için hesaplanmış olan toplam tonajlar, Tablo 3'de verilmiştir.

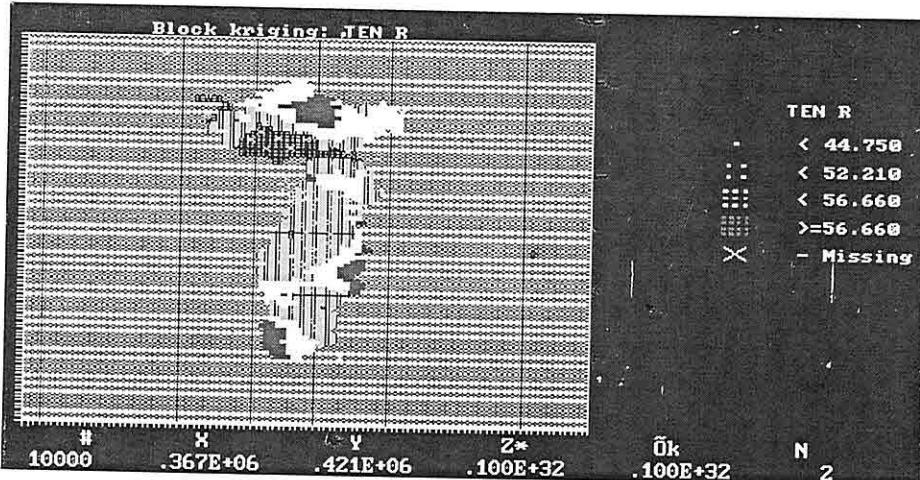
4. SONUÇ

Ülke ekonomisine katkı sağlayabilmek

için yeraltı kaynaklarının en verimli şekilde üretilmesi gereklidir. En az hata ile ve eksiksiz olarak yapılan rezerv hesaplamaları, işletmenin geleceği açısından çok büyük önem taşımaktadır. İşletmenin devamının şartları ve üzerinde durulması gereken diğer bir önemli nokta da kriging yarıçapının doğru seçilmesidir. Farklı tenör grupları arasında yapılmış olan variogram analizleri ve kriging hesaplamaları sonucunda Tablo 3'de sunulan rezerv sonuçları elde edilmiştir.

Daha önce aynı saha için Çebi (1995) tarafından SURPAC adlı paket program kullanılarak yapılan rezerv tahmin ekonomikliği, öncelikli olarak rezerv hesaplarının doğru olarak yapılmasına bağlıdır.

Bu çalışmada, Sivas-Divriği demir madeninde 80 adet sondaj verisi kullanılarak rezerv hesabı yapılmıştır. Sondajların ortalama tenör değerleri, ve toplam cıvher kalınlıkları hesaplanmıştır.



Şekil 5. Tenör için blok kriging (Sahadaki tüm sondaj değerleri için)

Tablo 3. Divriği demir yatağı'nın jeoistatistiksel yöntemle yapılmış olan rezerv sonuçları

	Tenörü %50'den az olan	Tenörü %50'den fazla olan	TOPLAM
Tonaj	41,916,490	17,757,795	59,674,285
Ort. Kriging Std. Sapması	30.239	34.565	32.371
Cevher içeren Blok sayısı	617	600	1217

Tablo 4. Poligon ve Mesafenin Tersi Yöntemi ile Yapılmış Olan Rezerv Sonuçları

	Poligon Yöntemi	Mesafenin Tersi Yöntemi
Toplam Tonaj	152.618.000	1033127.000

Cevher giriş kotu ve x, y koordinatları, Geo-EAS (Englund ve Sparks, 1988) adlı bilgisayar programına uygulanmıştır. Kriging metoduyla cevher rezerv tahmini sırasında, sahada yer alan cevher damarının variogram parametrelerinin hassas bir şekilde bulunmasının yanı sıra, sonucu 70, 109, 992 ton olarak bulunmuştur. Yine aynı saha için yapılan bir çalışmada (Yüksek vd. 1995) toplam rezerv, Mesafenin Tersi Yöntemi ile 103,127,000 ton olarak bulunmuştur. Kriging Yöntemiyle bulunan rezerv değeri, 59,674,285 ton çıkmıştır.

Mesafenin Tersi yöntemi de jeoistatistiksel yöntemde olduğu gibi blok merkezi ile örnek lokasyonu arasındaki uzaklığı dikkate alarak hesaplama yapmaktadır. İki yöntem arasındaki en belirgin fark, mesafenin tersi yönteminde sahanın mineralleşme özelliklerinin dikkate alınmaması ve yapılan tahminlerin hata varyansının hesaplanmamasındandır. Jeoistatistiksel

yöntemin üstünlüğü hata varyansının bilinmesinden kaynaklanmıştır.

5. KAYNAKLAR

Çebi, Y., 1995, "Computer Aided Design of Open-Pits and Middle and Long Term Mine Planning", Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.

Englund, E. ve Sparks, A., 1988, "GEO-EAS Geostatistical Environmental Assessment Software – User's Guide", Environmental Monitoring Systems Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, Nevada.

Rendu, J.M., 1979, "Normal and Lognormal Estimation", Mathematical Geology, V.11, N.4.

Saydam, S., Yalçın, E. ve Köse, H., 1995, "Jeoistatistiksel Kömür Rezerv Tahminine Blok Boyutunun ve Kriging Yarıçapının Etkisi", Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu

1995, İzmir.

T.D.Ç.İ., 1989, "Divriği Madenleri A-B Kafa Yatakları Rezerv Değerlendirme Raporu", T.D.Ç.İ. Genel Müdürlüğü Hammadde Etüd ve Proje Daire Başkanlığı, Ankara.

Tutkun, Z., Özçelik, O., Tunç, M., 1988, "Divriği, Yakuplu, İliç, Hamo (Sivas)

Yöresinin Jeolojisi, Tektonik Özellikleri ve Yeraltı Zenginlikleri, Tübitak, TBAG 673: 90-94. Ankara.

Yüksek, S., Elevli, B. ve Demirci, A., 1995, "Divriği Demir Yatağının Bilgisayar Destekli Modellemesi ve Klasik Modelle Kıyaslaması", Türkiye 14. Madencilik Kongresi, Ankara.

MADENCİLİK PAKET PROGRAMLARI VE KULLANIM ALANLARI

Hasan ERGİN, Selamet G. ERÇELEBİ

İ.T.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

ÖZET : *Madencilikte bilgisayar çeşitli amaçlarla 30 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, madencilikte kullanılan yazılımlar da hızla gelişme göstermiş ve yaygın uygulama alanı bulmuşlardır. Bu çalışmada, yerbilimleri disiplini içerisinde bulunan jeoloji ve maden mühendisliği ile maden planlamacıları tarafından kullanılan paket programlar incelenmiştir. Program seçilirken teknik açıdan kapasitelerin amaca uygun olmasının sağlanması ve kullanımında önemli olan parametreler irdelenerek dikkat edilmesi gereken kritik hususlar izah edilmiştir. Veritabanı oluşturma, topografik haritalama, hamadden sahalarının jeoloji ve kalite özelliklerine göre modellenmesi, maden planlama ve üretim optimizasyonu, çevre modellemesi uygulamalarında elde edilen örnek sonuç ve şekillere yer verilmiştir.*

INTEGRATED MINING SOFTWARE AND APPLICATIONS

ABSTRACT : *Computers are used for various reasons over 30 years in mining. With the technological improvements in computers, mining software have been developing very fast and finding applications widely. In this study, the integrated mining software, which are used by geological and mining engineers and the mine planners within the earth science discipline, are examined. The important criteria which can be used to select the appropriate software according to the needs in terms of technical capabilities and userfriendliness, are outlined. The examples of practical applications on the database creation, surveying, geological and quality models, mine planning and production optimisation and the environmental modelling are illustrated with the relevant results and figures.*

1.GİRİŞ

Cevher üretiminin planlanması ve jeolojik modelleme çalışmaları için bilgisayarlar uzun zamandır kullanılmasına karşılık, son yillardaki bilgisayar teknolojisi ve yazılım alanlarındaki gelişmelere bağlı olarak büyük ilerlemeler sağlanmış ve çok yönlü madencilik paket programları geliştirilmiştir.

CAD ve veri tabanlı yazılım programları 80'li yılların başından beri madencilik sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Jeolojik modelleme, rezerv hesapları ve üretim programlaması gibi çalışmaların verimli ve kısa sürede yapılması, bilgisayar destekli sistemler olmadan çok zor olacaktı. Metal madenciliğinde jeoistatistik tekniklerin kullanılmasındaki gelişmeler modelleme çalışmalarının temelini oluşturmuştur (Griffin, 1997; Dowd, 1992).

Bilgisayar alanındaki son yillardaki gelişmeler;

- a) Birbirile ilişkili sistemlerdeki gelişmeleri,
- b) Bilgisayar donanımlarındaki ucuzlamaları,
- c) Yazılımların kullanılmasının yaygınlaşmasını, sağlamıştır.

a) Birbirile ilişkili sistemlerdeki gelişmeler:

Araştırmacıların ayrı ayrı paket programlarda kullandıkları kelime işlemci, hesap tablosu ve veritabanı gibi uygulamalar son yıllarda birbirleriyle ilişkili olarak tek bir sistem altında kullanılmaktadır. Böylece farklı programlardan veri transferleri sırasında

oluşan hataların yok edilmesine çalışılmıştır. Çoğu sistemlerdeki veri transferlerinde DXF veya ASCII gibi formatlar rahatça kullanılmasına karşılık bu dosyalar farklı paket programlarda açıldıktan sonra tekrar düzenlenmesi gerekmektedir.

Son yillardaki grafik ara işlemcilerin gelişmesi ve programların kullanıcıya yönelik hazırlanması, madencilik programlarının kullanılmasında tecrübe kazanma problemini en azı indirmektedir. Buna karşılık, detaylı olarak programı kullanmak ve proje geliştirmek, kullanıcılar için hala önemli oranda para ve zaman yatırımı gerektirmektedir.

Programların kurulması ve teknik destek sağlanması çalışmaları en azı indirilmiştir. Bununla birlikte bilgisayar donanımlarındaki ve sistemlerindeki hızlı gelişmeler iyi programların yılda en az bir defa güncellendirilerek kullanıcı için daha kullanışlı hale getirilmesini gerektirmektedir. Bütün uygulamaları içeren tek bir sistemle çalışan paket programlarda bu işlemler için harcanan zaman ve paranın minimum olacağı açıktır.

b) Bilgisayar donanımlarındaki ucuzlamalar:

Jeolojik modelleme için 80'li yılların başında VAX tipi bilgisayarlar kullanılmıştır. Daha sonraları ise UNIX işletim sistemini kullanan iş istasyonları ile yüksek kaliteli grafik ortamlar elde edilmiştir. Bu sistemler çok karmaşık yapılı jeolojik modellemelerde ve geniş

çaplı organizasyon gerektiren üretim planlamalarında kullanılmışlardır. Son 5 yıldaki PC teknolojisindeki gelişmeler, hız ve diğer özellikler bakımından iş istasyonları'ndan elde edilen performansa denk PC'lerin ortaya çıkışmasını sağlamıştır. İş istasyonları'da buna paralel olarak hız ve grafik işlemciler açısından önemli gelişmeler göstermiştir. Büyük ölçekli maden işletmelerinde iş istasyonları ve yazılımları kullanılırken; PC ve yazılımlarındaki gelişmeler, daha az alt yapı yatırımı ile küçük ölçekli maden işletmelerinde de bilgisayar teknolojisinden yararlanmayı mümkün kılmıştır. Özellikle, 32-bit işlemci ve yüksek kapasiteli grafik performans gösteren Windows işletim sistemi, madencilik paket programlarının PC'lerde rahatlıkla kullanılmasına imkan vermiştir.

c) Yazılımların kullanılmasının yaygınlaşması:

Bu teknolojik gelişmelere bağlı olarak madencilik şirketleri, madencilik paket programlarını yaygın olarak kullanmaya başlamışlardır. Notebook tipi bilgisayarlar ile veriler daha yerinde bilgisayarlara girilerek modelleme ve diğer işlemler yapılmaktadır. Böylece verilerin toplanarak uzaktaki bir merkezde işlem görmesine gerek kalmamaktadır. Bu şekilde hem zaman kaybı önlenmiş olmakta hem de veriler değerlendirilene kadar geçen sürede ortaya çıkan belirsizlik durumu en aza indirilmektedir.

Böylece madencilik yazılımlarının kullanıcıları ister küçük ölçekli madencilik faaliyetlerinde olsun isterse de büyük ölçekli üretim ve planlamaların gerektirdiği işletmelerde olsun bilgisayar destekli madencilik paket programları ile daha kısa süreli ve maliyeti düşürücü efektif sonuçlara ulaşabilmektedirler.

Bu çalışmada madencilikte kullanılan tasarım programlarından en yaygın olarak kullanılanlar incelenmiş ve maden mühendislerine ve tasarımcılarına rehber olabilmesi için gerekli bilgiler bir tablo olarak özetlenmiştir.

2. MADENCİLİKTE KULLANILAN PAKET PROGRAMLARIN İRDELENMESİ

Bu bölümde madencilik faaliyetlerinin önemli olduğu ülkelerde kullanılan entegre madencilik paket programları incelenmiştir. Bu paket programların üreticileri arasındaki rekabet devam etmektedir. Her şeye rağmen, mevcut sistemlerin hemen hepsi benzer önemli fonksiyonlara sahip olmakla beraber bazı farklılıklar da vardır. Tablo 1'de entegre madencilik paket programları ve özellikleri verilmiştir (Ferguson, 1992; User Manuals, 1998).

Bir paket program seçerken dikkat edilmesi gereken öncelikli husus kullanıcının ihtiyaçlarının belirlenmesi ve programın bu ihtiyaçlara cevap verip veremeyeceğinin araştırılmasıdır. Bu amaçla çizelgede belirtilen özelliklere ait uygulamalara aşağıda yer verilecektir (Teixeira ve Caupers, 1990; Maddocks, 1990; Ergin ve Akbulut, 1997).

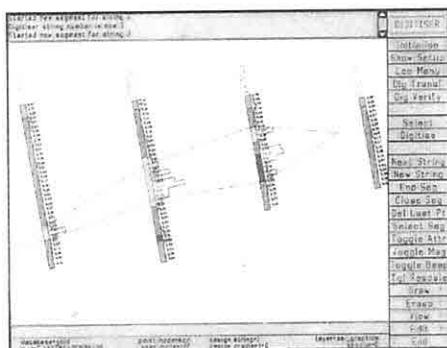
Tablo 1. İncelenen madencilik paket programlarının özellikleri

YAZILIM	UYGULAMALAR										İşletim Sistemi	ÜRETİCİ FIRMA		
	Cevher Yatağı Modellemesi		Rezerv Hesabı		Optimizasyon		PC		TURIX					
	Gejjiik Veri Tabanı	Solid	Geostatistik	Klasik	DTM	Geostatistik	Maliyet	Sonuçları	Ağır İşlemler	Eğitim ve Teknik Destek				
CORALIS	X	-	X	-	X	X	-	-	-	-	X	Coralis Int.		
DATAMINE	X	-	X	X	-	X	X	X	-	X	X	DataMine Int.		
GEOSTAT	X	-	X	-	X	-	X	-	-	-	X	Geostat Sys. Int.		
GEOVARIANCES	X	-	X	-	X	-	X	-	X	X	X	Geovariances Int.		
LYNX	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Lynx Int.		
MEDSYSTEM	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	X	Medsystem		
MICROLYNX	X	-	X	X	-	X	X	-	-	-	X	Microlynx		
MINEX	X	-	X	-	X	-	X	-	-	-	X	Expl Comp. Serv.		
MINTEC	X	-	X	-	X	-	X	X	-	-	X	Minotec Inc.		
PC MINE	X	-	X	-	X	-	X	-	-	-	X	PC Mine		
SURPAC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Surpac Int.		
VULCAN	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	Maptek/KRJA Sys		
WHITTLE	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	Whittle Program Piy.		

X : Var ; - : Yok (Yazılımlar alfabetik sıraya göre verilmiştir. Çizelgede yazılımlara ait verilen bilgiler 1998 yılı itibarıyladır. Yazılımların geliştirilmesi ve yeni özelliklerin eklenmesi çalışmaları hızla devam etmektedir.)

Jeolojik Veri Tabanı:

Arama faaliyetlerinde sahaya ait elde edilen dataların depolanması, sınıflandırılması, değerlendirilmesi, logların oluşturulması, dataların temel istatistik analizlerinin yapılması, her doğrultuda jeolojik kesit alınması ve görüntülenmesi, rapor edilmesi v.b. işlemler "jeolojik veritabanı modülü" ile yapılmaktadır. Şekil 1'de, Madencilik paket programlarının jeolojik veritabanı kullanılarak alınan bir kesit örnek olarak gösterilmiştir. Bu veri tabanının; Microsoft Access, Paradox, Oracle (Unix), Informix (Unix) gibi popüler veri tabanları ile uyumlu olmaları ve direk olarak veri trasferi yapılabilmesi önemli bir parametredir. Veritabanının bu tür yazılımlarda önemli bir yeri olup, yazılımin aşağıda açıklanacak diğer modülleri tarafından da yoğun olarak kullanılmaktadır.



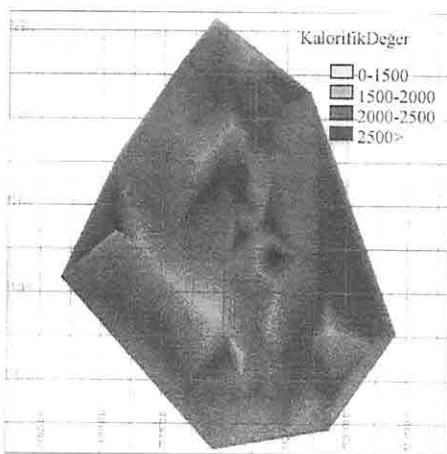
Şekil 1. Jeolojik veritabanı kullanılarak alınan bir kesit

Topografik Harita Alma ve DTM ile Yüzey Modelleme:

Hammadde sahasının mevcut durumu

ve çevresinin topografik durumu, hammadde sahasının planlanması hakkında önemli bir parametredir. Bu bilgiler mevcut haritalardaki konturlar veya 3 boyutlu topografik noktalar sayısızlaştırıcı ile bilgisayara yüklenir. Eğer sayısal datalar mevcutsa, paket programların "surveying modülü" kullanılarak DXF uzantılı olarak direk transfer yapılır ve sahaya ait diğer bütün veriler girilir. İşletme içinde ve çevresindeki bina ve yerleşimler, sondaj noktaları, mevcut işletme basamakları, yollar v.d. veriler "survey database" e yüklenir. Hammadde ocağında yeni aynalar oluşturulması gereğinde teknik ve ekonomik açıdan en uygun yerin belirlenmesinde survey database' e yüklenen veriler kullanılır. Mevcut işletme ve topografik datalar girildikten sonra, "Digital Terrain Modelleme (DTM) modülü" ile üç boyutlu olarak (3D) işletmenin durumu ve çevresi modellenir. DTM modülü, kullanıcı tarafından belirlenen kísticaslara bağlı olarak (kod, jeolojik formasyon, kimyasal analiz değerleri v.b.) belirlenen yüzeyi ileri bir programlama tekniği ile üçgenler oluşturarak 3D olarak modeller.

Bu oluşturulan yüzeylerde kimyasal dağılımlar istenilen aralıklarda değişik renklerde elde edilebileceği gibi iki DTM arasında kalan malzeme miktarı da (örneğin: iki işletme basamağı) çok hassas olarak program tarafından hesaplanabilmektedir. Şekil 2'de bir kömür damarının DTM tekniği ile elde edilen kaloriflik değer dağılımları örnek olarak gösterilmiştir (Baxter ve Hooper, 1992).



Şekil 2. Bir kömür damarının DTM teknigi ile elde edilen kalorifirk değer dağılımları

Maden yatağının modellenmesi :

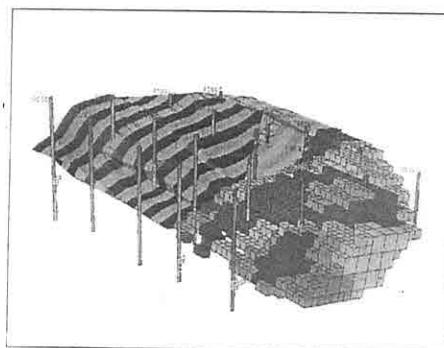
Maden yatağının analizinde arazide elde edilen topografik, jeolojik, sondaj ve diğer kimyasal analiz değerleri bir veri tabanında saklanmaktadır ve bu verilerin istatistik analizleri yapılmış, istenilen formatta rapor edilmeleri sağlanabilmektedir. Ayrıca programların diğer modülleri de bu veri tabanını kullanarak üç boyutlu modelleme, rezerv hesabı, planlama ve diğer işlemleri gerçekleştirmektedirler.

String ve solid modelleme tekniklerinde kesitlere ayrılmış maden yatağında herbir kesitteki sondaj loglarının içerdiği kimyasal analiz ve jeolojik formasyon verileri, stringler kullanılarak kesitler arasında otomatik olarak interpolasyon yapılarak üç boyutlu jeolojik modeller oluşturulmaktadır.

Blok modelleme olarak bilinen yöntemde saha data sıklığına ve sahanın

yapısına bağlı olarak belirlenen sınırlar içerisinde bloklara ayrılmaktadır. Bunlar; düzenli sabit blok model, değişken blok model ve düzensiz blok model olarak üç şekilde yapılmaktadır. Madencilik programlarında sabit blok model en çok kullanılır. Data noktasından uzak blokların değerlerinin atanmasında çok sayıda değişik matematik ve mühendislik yaklaşımları kullanılır. Her bloğa ait değerler (sayısal ve/veya tanımlayıcı) direk, en yakın komşu, n'inci dereceden uzaklığın tersi, kriging, stringlerden atama vb. yöntemlerle yapılmaktadır. Paket program seçiminde bu seçeneklerin kullanım alanına bağlı olarak göz önünde tutulması gereken önemli bir parametre olmaktadır.

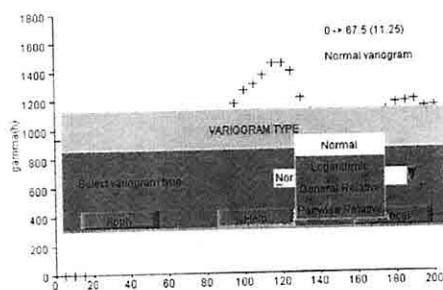
Şekil 3'de bir sahaya ait üç boyutlu solid ve blok model birlikte gösterilmiştir.



Şekil 3. Bir sahaya ait 3D solid model ve blok model

Jeoistatistik modelleme tekniğinde maden yatağı temel istatistik değerlendirmeden sonra, mevcut data seti

icin uygun olan ileri jeoistatistik teknikleri ile iki veya üç boyutlu variogram analizleri yapilmakta ve saha bilgisayar ekraninda interaktif olarak modellenmektedir. Bu modelleme tekniği; variogramların hesaplanması, variogram modellenmesi ve nihai olarakda variogram modelinin geçerliliğinin test edilmesini kapsamaktadir. Şekil 4'de jeoistatistik analiz ve variogram modellemesine örnek teşkil edecek bir program çıktısi verilmiştir.



Şekil 4. Jeoistatistik analiz ve variogram modellemesi

Seçilecek programın, temel ve ileri jeoistatistiksel analizler açısından yeterliliği ve maden yatağının modellenmesi için hangi variogram türlerine uygun olduğu önemle üzerinde durulması gereken bir husus olmaktadır.

Rezerv Hesaplama:

Klasik rezerv hesaplama yöntemlerini kullanan programlar bu işlemi geometrik interpolasyon yöntemi ile yapmakta olup yaygın olarak poligon metodunu kullanmaktadır. Bu metodda

poligonlar bilgisayar yardımıyla çizilir ve poligonların sınırladığı alan içerisinde kalan cevher tenörü sondaj verileri yardımıyla bulunup poligonlara atanır. Poligonlar yerine üçgenler de kullanılmakta olup, üçgenlere köşelerdeki cevher kalınlığı değerleri atanması sonucunda üçgen prizmalar oluşturulur. Bu prizmaların hacimleri bilgisayar tarafından hesaplanıp cevher yoğunluğu ile çarpılarak rezervler hesaplanır.

Jeoistatistik yöntemle rezerv hesabında maden yatağının iki ve üç boyutlu variogram analizleri yapmak suretiyle elde edilen sonuçlara uygun olarak saha bloklara ayrılır ve bu bloklara tenör değerleri atanır. Bu suretle blokların rezervi ve toplam rezerv hesaplanır.

DTM yönteminde, cevher veya kömür damarının alt ve üst yüzey modelleri (DTM) oluşturulmakta ve modellenen iki yüzey arasında kalan hacim bir algoritma ile hesaplanarak rezerv hesabı yapılmaktadır. Bu teknikler kullanılarak dekapaj miktarları da çok hassas ve hızlı olarak hesaplanabilmektedir.

Solid modelleme tekniği de, çok hızlı ve hassas olarak hacim ve rezerv hesaplamalarında kullanılan çağdaş bir tekniktir.

Maden İşletmesinin Planlanması ve Üretimin Optimizasyonu:

Topografik harita alma özellikle açık işletme tasarımda, yolların oluşturulmasında ve yardımcı tesislerin yerleşiminde önemli olmakta ve bu işlem genellikle surveying ve CAD modülü

vasıtısıyla gerçekleştirilmektedir.

Madencilik tasarımlı yapan programlar çoğunlukla açık işletmeler için kullanılmakla birlikte son yıllarda bilgisayarda grafik ortamda yeraltı işletme tasarımının yapılmasında da kullanılmaktadır. Yeraltı işletme tasarımında gerek gözönüne alınması gereken parametrelerin çokluğu, gerekse işletme metodlarının çeşitliliği, tasarımın bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesinde çok önemli avantajlar sağlamaktadır. Ana ve tali hazırlıkların teşkili, üretim ünitelerinin oluşturulması vb. işlemler üç boyutlu olarak grafik ortamda bilgisayarda planlanmaktadır.

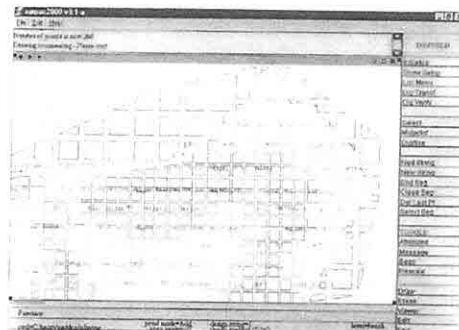
Açık işletme tasarımlı yapan bütün programlar genellikle yol tasarımlı basamakların tasarımını gerçekleştirmekte, zaman içinde ocağın görünümünü grafik olarak iki veya üç boyutlu gösterebilmektedirler.

Üretim planlaması; ekipman seçimi ve maliyet analizi madencilik programlarının çoğunda bulunmayan optimizasyonu gerektiren problemlerdir. Açık işletme nihai sınırının optimum olarak tesbitinde önceden oluşturulan cevher yatağının blok modeli kullanılmaktadır. Nihai açık işletme sınırının belirlenmesinde kullanılan çeşitli algoritmalarдан en yaygın olarak kullanılan Lercsh ve Grossman algoritmasıdır. Bunun yanında Hareketli Koni (Moving Cone), Korobov algoritması ve 3D Dinamik Programlama algoritmaları da uygulama alanı bulmaktadır. Açık işletmelerde bu amaçla

en çok kullanılan Whittle Programming, Lercsh - Grossman algoritmasını kullanmaktadır.

Şekil 5'de, seçimi üretilmiş yapılmıştır ve üretim optimizasyonunda kullanılan blok modelde ait bir program çıktısı örnek olarak verilmiştir.

Bu programlara son yıllarda delik delme ve patlatma işlerinin tasarımlanması ve optimizasyonuna hizmet eden modüllerde eklenmiştir.



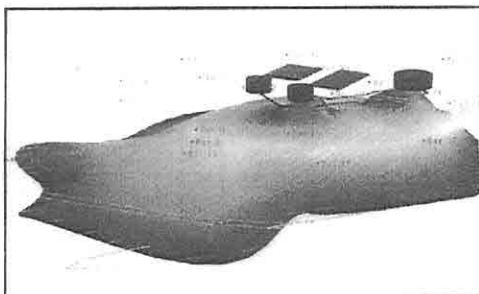
Şekil 5. Seçimi üretilmiş yapılmıştır ve üretim optimizasyonunda kullanılan blok model

Çevre Modelleme:

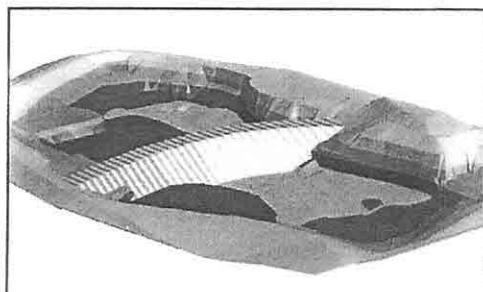
Entegre madencilik paket programlarında, son zamanlarda oldukça önem kazanan bir konu olan çevre modellemesinde de grafik ortamın ve ileri programlama tekniklerinin sağladığı avantajları kullanan Solid modelleme, DTM ve String modelleme modülleri, "Farklı Sonlu Elemanlar" yaklaşımı ile yeraltı suyu, akış karakteristikleri ve pompaj verimleri, toprak kirlenmesi, atmosferik kirlenme modellenmektedir. Ayrıca atıkların depolanması, madencilik faaliyetleri sonucu bozulan yüzeylerin

yeniden düzenlenmesi için planların daha madenciliğin tasarım aşamasında yapılabilme imkanı vermesi ve bütün fiziksel ve jeolojik değişkenlerin çevre parametreleri ile birlikte değerlendirilmesi, çevre projelerinde optimum çözümlere ulaşılmasını sağlamaktadır. Son yıllarda artan çevre baskınlarının madenciliği olumsuz etkilediği ülkelerde bu programlarla çevre projelerinin oluşturulması önemli avantajlar sağlamaktadır.

Şekil 6'da, paket programların çevre modülü ile üretilen kirlenme haritası ve Şekil 7'de çevre düzenlemesi ve baraj tasarımasına ait paket program çıktılarından örnekler verilmiştir.



Şekil 6. Çevre modülünün ürettiği kirlenme haritası



Şekil 7. Çevre düzenlemesi ve baraj tasarımasına ait görüntüler

Kullanım kolaylığı, eğitim ve teknik destek bir paket programda bulunması gereken ve unutulmaması gereken diğer önemli özelliklerdendir.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Madencilik yatırımlarının gerek riskli olması gerekece yatırımın geri dönüş süresinin uzun olması, maden sahalarının detaylı analizlerinin yapılmasını, işletmenin zaman içerisinde alacağı şekil, seçilen metodun zamanla oacak yapısını nasıl değiştireceği ve diğer önemli parametrelerin bilgisayar ortamında önceden belirlenip, tasarılanması için çok sayıda madencilik paket programının üretilmesine neden olmuştur.

Bir paket program seçilirken bu programın ihtiyaçlara ne ölçüde cevap verebileceği, hatta ilerki aşamalarda ortaya çıkabilecek ihtiyaçların neler olabileceği gözönünde bulundurulmalıdır. Programların sahip oldukları modüller detaylı olarak incelenmeli ve ihtiyaçlara cevap verecek en uygun program seçilmelidir. Bununla birlikte, seçilen programın mevcut verileri nasıl kullanacağı, eksik veri durumunda programın ne yapacağı, ne tür sonuçların alınacağı ve bu sonuçların kullanıma ne derecede elverişli olacağı dikkatle analiz edilmelidir.

Bu programların kullanımında tecrübeli mühendislerin değerlendirmelerine her zaman başvurulmalıdır. Bu programlar mühendisin veya tasarımcının yerini alan değil, onlara yardımcı olan araçlardır. Program seçimi kullanıcıların tecrübelerinden faydalananarak ve dikkatli

bir analiz sonucu gerçekleşmelidir. Burada dikkat edilmesi gereken husus bilgisayar programları tasarımcıya veya mühendise yardımcı olabildiği gibi program detayları bilinmediğinde, bir başka deyişle bilinçsizce kullanıldığında beklenilen faydanın sağlanamayacağıdır.

4. KAYNAKLAR

Baxter, A. R., Hooper, G. B., 1992, "Use of Three-dimentional solids modelling system for Baluba Centre South Limb feasibility study at ZCCM, Ltd.", *Trans. Instn. Mim. Metall. Sect. A: 101*, 41-46.

Dowd, P. A., 1992, "Integrated computer package for geostatistical estimation and modelling", *Trans. Instn. Min. Metall. Sect. A: 101*, 95-103.

Ergin, H., Akbulut, C., 1997, "Entegre Hammadde Sahasının Matzeme Oluşum Yapısı ve Rezervinin Belirlenmesi,

Optimum Üretim Stratejilerinin Oluşturulması", *Teknik Rapor, ITÜ*, 87 sayfa.

Ferguson, G. A., 1992, "Mining design software - a critical review", *Trans. Instn. Min. Metall. Sect. A: 101*, 127-134.

Griffin, P., 1997, "Practical Computer Modelling and Planning of Mineral Reserves", *Mine Planning and Equipment Selection*, pp:675-679.

Maddock, C. A., 1990, "Computer use in mine engineering at Boron open-pit operation of U.S. Borax, California, U.S.A.", *Trans. Instn. Min. Metall. Sect. A: 99*, 46-50.

Teixeira, L. A., Caupers, D.J., 1990, "Computerised planning at Nebes-Corvo copper mine, Portugal", *Trans. Instn. Min. Metall. Sect. A: 99*, 60-64.

Software User Manuals (1998) and Personal Contacts with the Software Companies.

**MEKANİK KAZIDA SON YILLARDA YAŞANAN GELİŞMELER,
SORUNLAR VE GELECEK İLE İLGİLİ BEKLENTİLER**

Bülent TİRYAKİ

H.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara/Türkiye

Mustafa AYHAN

D.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır/Türkiye

ÖZET: *Günümüzde kaya kazısında kullanılan yöntemler, mekanik kesicileri ve/veya patlayıcıları içermektedirler. Dolayısıyla, delme-patlatma ile birlikte mekanik kazı alanında da teknolojik gelişmeler yapabilmek için gereken stratejiyi belirlemek amacıyla, mekanik kazı uygulamalarının irdelemesi gerekmektedir.*

Bu makalede, mekanik kazı makinalarının konu oldukları kazı uygulamalarında makina tasarımları, kesici kafa tasarımları, mekanik kesiciler, performans tahmini açılarından son yıllarda yaşanan gelişmeler ve sorunlar dile getirilmiş, mekanik kazının öümüzdeki yillardaki gelişme eğilimi anlatılmıştır. Daha sonra, Türkiye'deki mekanik kazı uygulamaları verilmiş, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri dile getirilmiştir.

**RESENT PROGRESS AND PROBLEMS IN MECHANICAL EXCAVATION
AND EXPECTATIONS FOR THE FUTURE**

ABSTRACT: *Today, methods used in rock excavation are mechanical excavation methods or methods using explosives. So mechanical excavation applications must be examined in order to determine the strategy to follow technological developments in mechanical excavation area and in drilling and blasting.*

In this paper, resent progress from performance prediction point of view in machine desing, cutting head desing and mechanical cutters, have been investigated and future development trend in mechanical excavation has been explained. Furthermore, applications of mechanical excavation in Turkey the problems met and proposals for their solution have been expressed.

1. GİRİŞ

Mekanizasyon, madencilik ve tünelcilik sektörlerinin geleceğine ümitle bakılmasını sağlayan bir unsurdur. Bu ümidiin ve iyimser bekleninin gerçekleşebilmesi ise herhangi bir madencilik veya tünelcilik sürecinin mekanize hale getirilebilmesi için gereken araçların başarılı bir şekilde geliştirilmesine bağlıdır. Mekanik kazı makinaları ile elde edilen yüzyıllık tecrübe sonucu bu makinalar, madencilik endüstrisinin çeşitli alanlarında büyük kârlar getirmeye başlamışlardır. Bu sayede madencilik, makinaların sadece kazıda kullanılması sürecini aşarak, daha geniş anlamda mekanize üretim süreçlerine yönelmiştir. Bu yönelme, sert kaya ve yumuşak kaya madenciliğinde, gerek yerüstü ve gerekse yeraltı maden işletmeciliğinde dengeli bir şekilde gerçekleşmektedir. Mekanik kazının tercih edilen bir yöntem olmasını sağlayan üstünlükleri aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (Gertsch, 1992):

- * Mekanik kazıda, düşük maliyetle yüksek ilerleme hızları sağlanabilmektedir. Bu alanda, delme-patlatmanın yerini alacak şekilde, yeraltında kazılan 1 ton malzemenin maliyetini, aynı açılığı yerüstünde oluşturmak için gerekene oranla düşüren yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Bu teknolojiler mekanize maden üretimine de aktarıldığında sağlanabilecek potansiyel maliyet azalmaları çok yüksek boyutlarda olabilecektir.

- * Mekanik kazı sürekli (continuous) bir süreç olduğu için, delme-patlatma

yöntemindeki tipik süreksiz döngüyü (cycle) ortadan kaldırılmaktadır. Bu durum, mekanik kazıda planlamaların daha kolay olmasını sağlamaktadır.

- * Mekanik kazı, delme-patlatmaya oranla daha küçük kaya parçaları üretirken; oluşan kazı yığını, delme-patlatmaya oranla daha düzenli bir boyut dağılımına sahiptir. Dolayısıyla, mekanik kazı ürünü daha az kırma-ögütmeye gereksinim duymaktadır.

- * Mekanik kazı ürünü içinde bulunan toz fraksiyonundaki malzeme miktarı, delme-patlatma sonucu oluşan yığının içindekinden daha azdır.

- * Mekanik kazının, havalandırma sorunlarını azalttığı bilinmektedir.

- * Mekanik kazı makinaları kullanan mekanize maden üretim yöntemleri, otomasyon için uygundur. Yeni nesil mekanik kazı makinaları, makinanın hareketini kontrol ve optimize etmek için Programlanabilir Bilgi Devreleri (PLC, Programmable Logic Control) kullanmaktadır.

- * Mekanize madencilik sistemleri, delme-patlatma işleminden daha güvenlidirler. Görevli personel, genellikle kazı arısında çalışmamakta ve sürekli olarak tahkim edilmiş alanlarda bulunmaktadır.

- * Mekanik kazı yoluyla oluşturulan açıklıkların duvarlarının düzgün ve zarar görmemiş olması, özellikle daire ve yarımdaire kesitli açıklıklarda açılığın duyarlığını artırmakta ve delme-patlatma yoluyla oluşturulan açıklıklar için gerekene oranla daha düşük tahkimat masrafları gerektirmektedir. Buna ek

*MEKANİK KAZIDA SON YILLARDA YAŞANAN GELİŞMELER, SORUNLAR VE GELECEK
İLE İLGİLİ BEKLENTİLER*

olarak mekanik kazı yoluyla oluşturulan açıklıkların duvarları, havalandırma direncinin düşmesini ve harcanan enerjinin azalmasını sağlamaktadır.

* Mekanik kazı makinalarının daha küçük boyutlu modellerinin ince damar madenciliğinde verimli ve ekonomik olarak kullanılabilmesi, ince damarların işletilmesini kolaylaştırmıştır.

* Verilen bir kaya ortamında çalışan bir mekanik kazı makinasının performansı, uygun yöntemler kullanıldığından, doğru olarak önceden tahmin edilebilir özellikler taşımaktadır.

Mekanize madencilik ve kazı sistemleri, yukarıda belirtilen üstünlüklerin yanında, bazı sakıncalara da sahiptirler. Mekanik kazının sakıncaları, aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (Gertsch, 1994):

* Uzun dönemli üretim tahmini gereksinimi: Mekanize madencilik ve kazı sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri yüksektir. Bu durum, düşük işletim maliyeti ile birlikte gerçekleşiyormasına rağmen, maden işletmeciliği açısından bazı sorunlar yaratmaktadır.

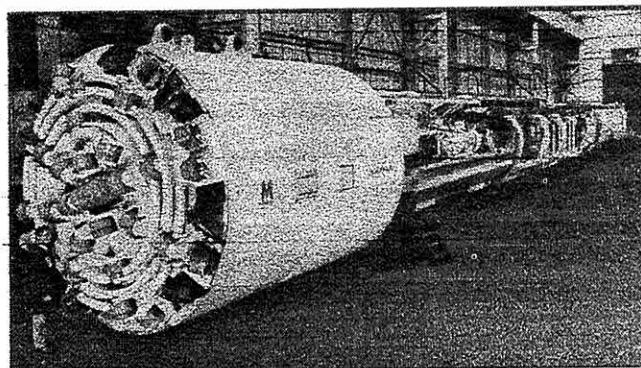
* Sert kaya kazısı: Bilinen ve sıkça

kullanılan kısmi cepheli mekanik kazı makinaları ile, 140 MPa'dan daha yüksek dayanıma sahip kayalar ekonomik olarak kesilememektedir.

* Makina tasarımı: Makinaların çoğu, üzerinde kurulu olan gücü, tümüyle kaya kesme yeteneğine dönüştürmemektedir.

* Mühendislik gereksinimleri: Makinaların yeraltında uygun şekilde çalıştırılmamaları nedeniyle ciddi sorunlar yaşanmaktadır.

Mekanik kazı makinaları, genel olarak, madencilik sektöründe cevher ve kömür üretiminde kullanılırken, inşaat sektöründe çeşitli tünel açma işlerinde kullanılmaktadırlar. Sert kaya madenciliğinde kullanılan mekanik kazı makinaları, tünel, galeri ve kuyu açılmasında kullanılmaktadırlar. Tünelcilik, mekanik kazıcıların çok başarılı oldukları bir sektördür. Yüksek ilk yatırım maliyeti getirmesine rağmen; bir tünel açma makinası (TBM), çok düşük maliyette kilometrelerce tünel açabilmektedir (Şekil 1). Bu makinalar genelde, maden üretim makinası (miner)

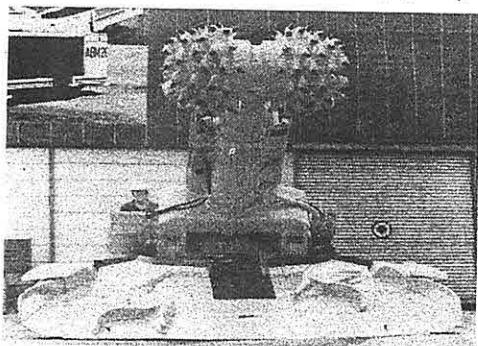


Şekil 1. Tünel açma makinası

olarak değil kazıcı (excavator) olarak kullanılmaktadır.

Çapraz (transverse) ve eksenel (longitudinal) tipli galeri açma makinaları (GAM), inşaat mühendisliğinde, tünelerin; yeraltı madenlerinde, ana nakliye galerileri ile havalandırma bacalarının açılmasında yıllarca başarıyla kullanılmışlardır (Şekil 2).

Mekanik kazı makinaları, metro ve tünelcilik çalışmaları ile yerleşim bölgelerindeki elektrik, telefon, içmesuyu ve atıksu kanallarının açılmasında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür çalışmaların, yerleşim bölgelerinin artan nüfusları ve gereksinimleri nedeniyle sürekli olarak devam ettirilmesi gereği, mekanizasyonun önemini ortaya koymaktadır. Dünyanın çeşitli ülkelerinde yeraltı metro tünelerinin açılmasında delme-patlatma teknolojisinin uygulanması yasaklanmıştır. Döner kepçeli ekskavatörler ile GAM'ların ve tambur tipli kollu kazı makinalarının (continuous miner) yerüstünde kullanılabilen değişik boyut ve yapılardaki modelleri, yüzey

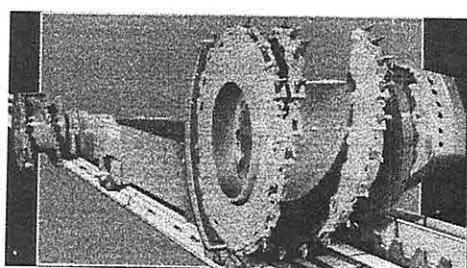


Şekil 2. Çapraz tipli GAM

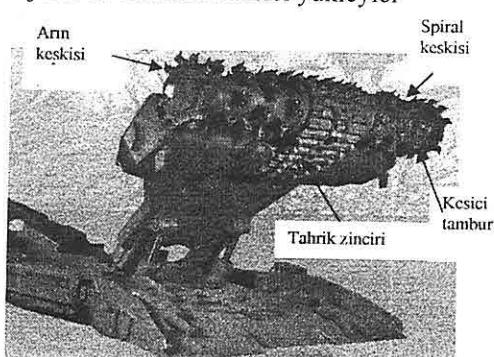
46

kazıcılar (surface miners) olarak bilinirler. Bu kazıcılar da, kullandıkları kesicilerin dayanım sınırları içinde kazı yaparlar ve sert kayalarda kullanılamazlar. İnce damarlarda uygulanan maden işletme yöntemlerinde, verimli ve ekonomik olarak çalışan mekanize kazı makinaları da üretilmiştir.

Kömür ile trona ve potasın yeraltı maden işletme yöntemleri ile üretilmesi süreçlerinde mekanizasyon uygulamaları önemli ölçüde başarılı olmuştur. Tamburlu kesici - yükleyicilerin kullanıldığı yeraltı uzunayak kömür madenciliği ve tambur tipli kollu kazı makinalarının kullanıldığı oda-topuk madenciliği, başarılı mekanizasyon uygulamalarına örnek olarak verilebilir (Şekil 3 ve Şekil 4).



Şekil 3. Tamburlu kesici yükleyici



Şekil 4. Tambur tipli kollu kazı makinası

Özellikle, uzunayak madenciliğinin başarısı bir ölçüye kadar tamburlu kesici-yükleyicinin, performans ve mühendislik açısından güvenilirliğine bağlıdır. Mekanik kömür kazısının, kazı arından kömür yıkama tesisine ve termik santrale kadar madencilik sürecinde yer alan tüm alanların ekonomikliğini ve tasarımını belirleyen en önemli faktörlerden biri olduğu bildirilmiştir (Roepke ve Hanson, 1983; Mackie, 1995).

2. MAKİNA TASARIMI

Mekanik kazı makinalarında yeni makina tasarımları ile ilgili olarak yapılan çalışmalar son yıllarda, GAM'lar ve TBM'ler üzerinde yoğunlaşmıştır. Disklerle donatılan TBM'ler sert ve çok sert kayalarda kazı yapabilirken, bağıl olarak uzun ve doğrusal açıklıkların oluşturulması ile sınırlı olduklarından yeterince esnek değildirler. Keskilerle donatılan GAM'lar ise istenilen şekilde ve doğrultuda kazı yapabilirken, çok sert kayalarda (tek eksenli basma dayanımları 140 MPa'dan daha yüksek olan kayalar) ekonomik olarak kullanılamazlar. Bununla birlikte, mekanik kazı makinalarında sağlanan gelişmeler, birkaç yıl önce kazılması ekonomik ve teknolojik olarak mümkün olmayan kayaların kazılabilmesini olanaklı hale getirmiştir. Bu makinalarda, özellikle makina ağırlığı ve sağlamlığının artırılması, makina verimliliğinin ve keskilerin faydalı çalışma ömrlerinin artmasını sağlamıştır. Mekanik kazı makinası, yeterince ağır ve sağlam olmadığından, keskiler veya diskler, kaya

ile olan temaslarını kolayca yitirirler, verimli olarak kesme yapmaksızın kaya yüzeyine çarparlar ve kaya yüzeyi üzerinde sürekli bir sıçrama hareketi oluştururlar. Bu durum, keski tüketimini aşırı derecede artırmaktadır. Bu kötü etkiye eşdeğer olarak, kesicilerin kaya yüzeyi üzerindeki bu sıçrama hareketleri makina verimliliğini de azaltmakta ve makina üzerindeki kurulu gücün tümüyle kaya kazısına aktarılmasını engellemektedir.

2.1. Galeri Açıma Makinaları

GAM'larda karşılaşılan duraylılık sorunlarından hareketle, son zamanlarda sert kayalarda da kullanılabilecek yeni makina tasarımları üzerinde çalışılmaktadır. Bu makinalara, TM60 galeri açma makinası, hareketli kazıcı (mobile miner) ve sürekli kazı makinası (continuous mining machine) örnek olarak verilebilir.

TM60 galeri açma makinası, paletli yürüyüş sistemi üzerine monte edilen taşıyıcı kola bağlı büyük çaplı eksenel bir kesici kafa üzerindeki keskilerle kazı yapmaktadır. Kesici kafa düşük devir hızında yüksek miktarlarda tork üretir. Kazı süreci; makinanın, açıklığın duvarlarına sabitlenmesi ile başlar. Diğer GAM'larda olduğu gibi kazı sırasında makinaya etkiyen reaksiyon kuvvetlerini sadece makina ağırlığı karşılamaz. Daha sonra tam cepheli kazı makinalarında olduğu gibi teleskopik taşıyıcı kol hidrolik pompa yardımı ile arına gömülü ve arının değişik doğrultularında tarama işlemini gerçekleştirir (Gertsch, 1992;

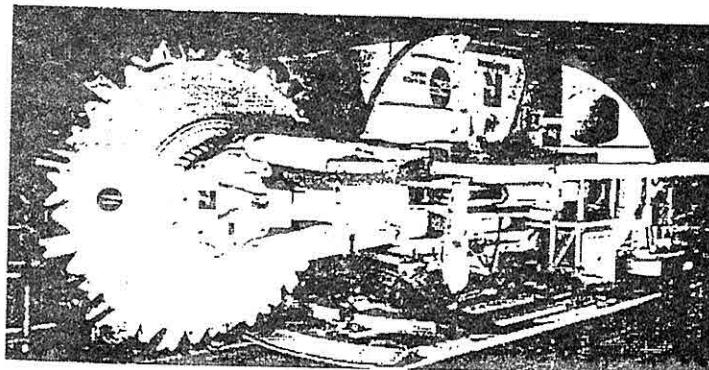
Bullock, 1994; Özdemir, 1995).

Hareketli kazıcılar, tam cepheli mekanik kazı makinalarının uygulamalardaki eksik yönlerinden hareketle geliştirilen kısmî cepheli mekanik kazı makinalarıdır (Şekil 5). Bu makinalar, 430 MP'a kadar sert ve aşındırıcı kayalarda, 4 m yüksekliğinde ve 5.5 m'den 7.9 m'ye kadar olan genişlikteki açıklıkların kazısında kullanılabilmektedirler (Bullock, 1994; Gertsch, 1994; Özdemir, 1995).

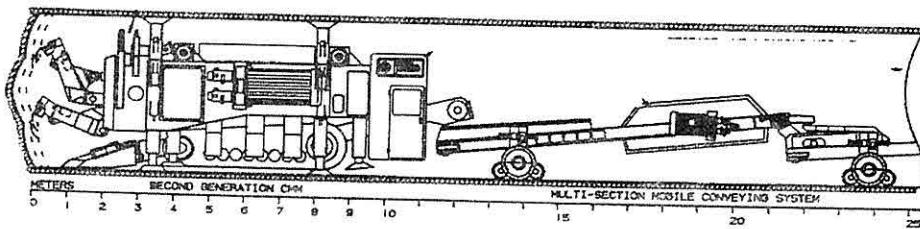
Sürekli kazı makinaları, disk kullanarak kazı yapan, sert ve aşındırıcı kayalarda en çok 5.6 m çapında dairesel, yuvarlak köşeli dikdörtgen ve yarıdairesel kesitli açıklıkların kazısında kullanılmak üzere tasarlanan makinalardır (Şekil 6).

Tek eksenli basma dayanımı, 120 MPa'dan 310 MPa'a kadar olan kayalarda test edilmişlerdir. Madencilikte, tabanyollarının kazısında da kullanılabilecekleri düşünülmektedir. Sürekli kazı makinaları henüz test aşamasındadırlar (Gertsch, 1992; Bullock, 1994).

GAM'larda, makinayı açılığın duvarlarına sabitleyen hidrolik mahmuzların kullanılması, makina sağlamlığını ve dolayısıyla kesici-kaya temasını artırmıştır. Kesici-kaya temasının iyi olması, uygun kesici kafa tasarımlı koşullarında makina titreşimini azaltmakta, makinanın faydalı çalışma ömrünü ve kontrolünü kolaylaştırmaktadır (Gertsch, 1992).



Şekil 5. Hareketli kazıcı



Şekil 6. Sürekli kazı makinası

Ayrıca, yerleşim bölgeleri içinde elektrik, telefon, içmesuyu ve atıksu kanallarının açılmasında kullanılmak üzere yeni mekanik kazi makinaları geliştirilmiştir (Gertsch, 1992; 1994; Bullock, 1994). GAM'ların kesici kafaları, yerleşim bölgelerinde yeraltı boru hatlarının döşenmesi için açılan tünelerin kazısında da (pipe jacking) kullanılmaktadır.

Burada, üzerinde kesici kafa veya kepçe bulunan taşıyıcı kol, bir koruyucu kalkanın içine monte edilmiştir.

GAM'larda taşıyıcı kolun konumunu gözlemek ve doğru kesme profilini sağlamak amacıyla, el kontrollü/hidrolik veya elektronik/hidrolik sistemlerin kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Ayrıca, galeri doğrultu ve yönünü kontrol edip makinayı yönlendiren lazerli yön verme sistemlerinin kullanımı da gelişmektedir. Son zamanlarda, makinada kurulu güç sınırları içinde en yüksek üretim hızına ulaşmak ve elde bulunan makina kapasitesinden en yüksek miktarda yararlanmak için kazi parametrelerini kontrol ederek ve üretim hızını ayarlayarak kesici kafanın dönme hareketini optimize eden PLC sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Arına gömülme sırasında, GAM'ın yürüyüşünü sağlayan paletlerin zeminde kayması sonucu gömülme kuvvetinin düşmesi nedeniyle teleskopik taşıyıcı kollar geliştirilmiştir. Bu tip taşıyıcı kola sahip makinalarda, gömülme sırasında makina sabit kalırken, taşıyıcı kol uzayarak kesici kafanın arına gömülmesini sağlamaktadır (Rostami vd., 1993;

Gertsch, 1994).

2.2. Tünel Açıma Makinaları

TBM'ler, oluşturdukları dairesel açılığın çapına göre üç gruba ayrırlar (Bullock, 1994):

Tünel Açıma Makineleri (TBM): Çapı 3.7 m'den fazla olan tünelerin açılmasında kullanılır.

Mini Tünel Açıma Makineleri (Mini TBM): Çapı 1.5 m ile 3.7 m arasında olan tünelerin açılmasında kullanılır.

Mikro Tünel Açıma Makineleri (MicroTüneller): Çapı 1.5 m'den az olan tünelerin açılmasında kullanılır.

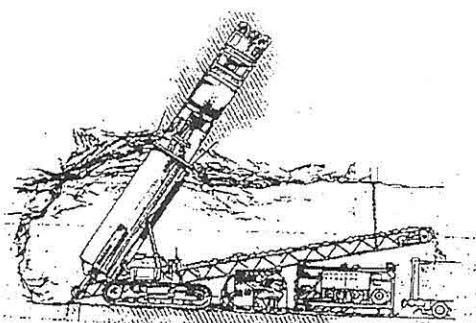
Bu sınıflandırmaya, kuyu açma makineleri da eklenebilir (Hood ve Roxborough, 1992; Özdemir, 1995).

TBM'ler üzerinde lazerli yön verme sistemleri; kazi sırasında birçok makina parametresinin izlenmesine olanak sağlayan izleme ve veri transferi sistemleri ile makina performansını otomatik olarak optimize eden PLC sistemleri kullanılmaya başlamıştır (Özdemir, 1995).

Mini TBM'ler ilk olarak tek eksenli basma dayanımı 117 MPa ile 207 MPa arasında olan bir kayada 2.1 m çapında bir tünelin açılmasında kullanılmışlardır. İkinci kullanımları ise tek eksenli basma dayanımı 170.3 MPa olan kuvarsit resiflerinde 2 m çaplı bir tünelin açılmasında gerçekleşmiştir. Mini TBM'ler, yataydan 30 ile 45 arasındaki açılarda 1.5 m ile 3.7 m çaplı tünelerin açılmasında kullanırlar. Bu tüneller genel olarak, ana tunellere çeşitli açılarda bağlanan yan tunellerdir. Bu makinalar,

yüksek tork ve itme kuvveti sağlayabilecek yapıda, minimum boyutta, keskin dönüşler yapabilecek ve kolay monte-demonte edilebilecek şekilde tasarımlanmışlardır. Gelecekte bu makinaların arama galerileri, kaçış yolları, havalandırma kuyuları, konveyörler için nakliye yolları ve su drenaj galerilerinin açılmasında kullanılması beklenmektedir (Bullock, 1994).

Mikro tünel açma makinaları, yumuşak zeminlerde su, lağım, elektrik ve telefon kanallarının açılması için geliştirilmişlerdir. Bununla birlikte, sert ve orta sert kayalarda gerçekleştirilmesi düşünülen madencilik ve tünelcilik uygulamalarında da kullanılabilen makinalar geliştirilmiştir (Gertsch, 1994). Tam cepheli kazı yapan, çapı 1.5 m'den küçük olan, bir yeraltı açılığını bir diğer yeraltı açılığı ile veya yüzeyle birleştiren kazı makinaları mikro tünel açma makinaları olarak adlandırılmaktadır. Kesici kafanın tahrik ve itme sistemi, başyükarı içinde, birleştirilmek istenen diğer açılığın yüzeyinde veya yeryüzünde bulunabilmektedir (Bullock, 1994). Yeni geliştirilen BorPak sisteminde tahrik ve itme sistemi başyükarı içinde kesici kafa üzerinde bulunmaktadır (Şekil 7). Alt kotta bulunan kesici kafa, üst kota doğru 45°'den büyük açılarda kazı yapar. Makina içinde, kazılan malzemenin alt kota aktarıldığı bir boşluk bulunmaktadır. Lazerli yön verme sistemine sahip olan makina uzaktan kumanda edilebilmektedir (Bullock, 1994;



Şekil 7. Mikro tünel açma makinası

Ozdemir, 1995). Bu makinaların gelecekte, havalandırma başyükarıları, cevher nakliye kuyuları, kaçış yolları ve su drenaj galerilerinin açılmasında kullanılması düşünülmektedir. Masif ve uniform maden yataklarının, bu makinalarla üretilebilmesi de olanaklıdır. Yüksek tenörlü bir uranyum madeni bu şekilde üretilmişdir (Bullock, 1994).

2.3. Tamburlu Kesici-Yükleyiciler ve Sürekli Kazıcılar

Günümüzde, GAM'lar ve TBM'lerde bu gelişmeler ve sorunlar yaşanırken, en popüler yeraltı kömür üretim yöntemi olan uzunayak ve oda-topuk maden işletme yöntemlerinde kullanılan tamburlu kesici-yükleyiciler ve tambur tipli kollu kazı makinalarında da benzer gelişmeler ve sorunlar yaşanmaktadır. Özellikle tam mekanize uzunayak kömür madenciliği, son yıllarda tüm dünyadaki toplam yeraltı kömür rezervlerinin üretilmesinde artan bir yüzde ile kullanılmaktadır. Bu eğilimin görünür gelecekte de devam edeceğini, ancak, pazarda çalışır halde bulunacak olan

MEKANİK KAZIDA SON YILLARDA YAŞANAN GELİŞMELER, SORUNLAR VE GELECEK İLE İLGİLİ BEKLENTİLER

uzunayak sayısının azalacağı tahmin edilmektedir (Mackie, 1995; Fiscor, 1997).

Tambur tipli kollu kazı makinaları üzerine yerleştirilen mikroişlemci destekli izleme ve veri iletim sistemleri (Monitoring and Data Transmission Systems) aracılığı ile motor, yağlama ve dişli sistemleri, titreşim ve ortamın metan düzeyi sürekli olarak kontrol edilebilmektedir (Fitzgerald, 1982; Chadwick, 1983; Pearse, 1987; Thalimer vd., 1992). Sürekli kazıcıların uzaktan kumandasına yönelik sistemler ve lazerli yön verme sistemleri de geliştirilmektedir (Chadwick, 1983; Anderson ve Gbruoski, 1991; Sammarco, 1993).

Dünyada üretilen toplam kömür miktarı içinde, tam mekanize uzunayak yöntemi ile üretilen kömür oranının artmasına rağmen, dünyada çalışan toplam tam mekanize uzunayak sayısının azalması, tam mekanize uzunayak sistemindeki ekipmanlarda sağlanan çok önemli gelişmeleri yansımaktadır. Üretimi ve verimliliği artıran bu gelişmeler, yüksek kapasiteli yürüyen tahkimat birimlerinin geliştirilmesi, elektro-hidrolik kontrol sistemlerinin kullanımı ve yüksek kapasiteli ayak içi çift zincirli arın konveyörlerinin üretilmesi sonucunda sağlanmıştır. Bununla birlikte, üretim ve verimlilikteki artışları sağlayan asıl gelişmeler, tamburlu kesici-yükleyicide ve tamburlu kesici-yükleyicinin performans potansiyelinde sağlanan gelişmelerdir (Mackie, 1995).

Son on yıl içinde, yürüyen tahkimat birimleri, kontrol sistemleri ve ayak içi

çift zincirli konveyörleri ile birlikte tamburlu kesici-yükleyiciler de çok önemli değişimlere uğramışlardır. Hidrolik yürütüş sistemine dayanan geleneksel motor yapısı, yerini hızla ve tümyle elektrik tahraklı çok motorlu yapılarla terkettirmektedir (Reid; 1991; Timmermans, 1993; Mackie, 1993; 1995). Bu değişimle birlikte, makinalar üzerinde kurulu güç iki kattan fazla artmış, bazı makinalarda 1.5 MW'a kadar çıkmıştır.

Tamburlu kesici-yükleyicinin kazı sırasında çalışması ile ilgili verileri mikroişlemci destekli olarak toplayan izleme ve veri iletim sistemleri hızla gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır (Reid, 1991; Mackie, 1992; 1993; 1995; Timmermans, 1993; Fiscor, 1997). Tamburlu kesici-yükleyici üzerine monte edilen bir bilgisayarın, yürüyen tahkimat birimlerini ve dolayısıyla zincirli arın konveyörünü kontrol ettiği, makinanın kazdığı kömür miktarını ölçüdüğü sistemler üzerinde çalışılmaktadır (Reid, 1991). Operatörün solunabilir tozdan korunmasını sağlamak amacıyla, tamburlu kesici-yükleyicinin uzaktan kumanda edilmesine (remote control) olanak sağlayan sistemler geliştirilmiştir (Reid, 1991; Mackie, 1992; 1995). Kömür kazısı sırasında, kesici tamburların tavan veya tabantaşını kesmesini önlemek amacıyla, taşıyıcı kolun konumunu otomatik olarak ayarlayan sistemler (steering systems) geliştirilmekte ve yaygınlaşmaktadır. Bu sistemlerin bazıları, kömürle diğer birçok kaya türü arasındaki doğal gama

radyasyonu farklılığına dayanırken, bazıları ise kesici tambur üzerindeki birkaç keskiyi, kesme kuvvetlerine karşı duyarlı hale getirmeye dayanmaktadır (Hood ve Roxborough, 1992; Mackie, 1992; 1995).

Tamburlu kesici-yükleyicilerde sağlanan bu gelişmeler sonucunda, tamburlu kesici-yükleyicilerin kesme hızları, 1980'li yılların başında 6-8 m/dak iken, 1990'lı yılların başında 12-14 m/dak'ya, 1995 yılı itibariyle de 40 ton/dak kesme performansı verecek şekilde 25 m/dak'ya çıkmıştır (Reid, 1991; Mackie, 1995). Tamburlu kesici-yükleyicilerin kesme hızlarının, yürüyüş sisteminde sağlanan güç artışları sayesinde ve tek yönlü kazı sisteminin yaygınlaşması ile birlikte kısa zamanda 30 m/dak'ya çıkması beklenmektedir (Mackie, 1995). Son yıllarda tam mekanize uzunayak kömür madenciliğinde en önemli gelişmelere sahne olan ABD'de, bir uzunayakta yılda 4 milyon ton kömür üretilebilmektedir (Mackie, 1995). Cyprus Amax Coal Co. (ABD)'nin Twentymile ocağında, 1996 yılının ağustos ayında, tek bir uzunayakta 810 049 ton kömür üretilerek dünya rekoru kırılmıştır. Dünya uzunayak kömür üretim rekorları, Cyprus Amax Coal Co. (ABD)'nin Twentymile ve Cumberland ocakları ile Mountain Coal (ABD)'un West Elk ocağı arasında el değiştirmektedir (Fiscor, 1997).

2.4. Kuyu Açıma Makineleri (Shaft Borers)

Madencilik ve inşaat mühendisliği

sektöründe kuyuların hızlı ve güvenli olarak açılabilmesi için mekanik kazıcıların kullanımı hızla gelişmektedir. Bu amaçla, çeşitli model ve boyutlarda Kuyu Sondaj Makineleri (shaft drilling machine) ve Kuyu Kazı Makineleri (shaft boring machines) geliştirilmiştir (Özdemir, 1995). Kuyu Sondaj Makineleri; klasik sondaj dizisinden, elmas uç yerine kaya dayanımına göre çeşitli kesiciler kullanabilen ve 1.6 m'den 3 m'ye kadar çaplara sahip kesici kafalar kullanmaları ile ayrırlar. Kesici kafa için gereken itme kuvveti, kesici kafa üzerine monte edilen ağırlıklarla sağlanır. Bu makinalarda, kazılan malzemenin kuyu dışına çıkarılması en önemli sorundur. Kuyunun doğrultu ve yönünün istenilen kesinlikte olabilmesi için, yön verilebilir kesici kafalar ile kılavuz sondaj kuyusu açılır. Bu makinalarla, 3 m çapında 667 m uzunluğunda kuyu açılabilmiştir. Kuyu Kazı Makineleri, tek eksenli basma dayanımı 28 MPa'dan 170 MPa'a kadar olan kayalarda kullanılabilirler (Hood ve Roxborough, 1992).

3. KESİCİ KAFA TASARIMI

Kesici kafa tasarım süreci, makina boyutu, kesici kafa tipi, makina kurulu gücü, kaya kesilebilirliği ve mekanik davranışını belirleyen optimum kesme geometrisini içermektedir. Kaya tipi ve kesilebilirlik analizi, tasarım sürecinin ilk adimini oluşturmaktadır. Bu parametreler, kesme geometrisi (kesme aralığı ve kesme derinliği) ile birlikte keski tipini tayin etmektedir (Rostami vd.

1993). Mini-disk kesici kullanan GAM kesici kafaları ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir (Bullock, 1994; Rönnkvist vd., 1995).

4. KESKİLER VE DİSKLER

Son yıllarda, keskiler ve diskler üzerinde de birçok yenilikler gerçekleştirilmiştir. Kaya kesiciler, genel olarak çabuk aşınırlar ve çok kırılgandırlar. Bu durum, özellikle konik ucu keskiler için geçerlidir. Genel bir keski ucu malzemesi olan tungsten karbür, aşınmaya direnç açısından yeterince sert iken, çok kırılgandır ve çabuk parçalanır. Bu nedenle, son yıllarda keskiler için yeni malzemeler (polikristalin elmas, seramik vb. gibi), yeni tasarımlar ve yeni üretim teknikleri geliştirilmiştir. Ancak, keskiler halen çok sert kayaları kesmede verimli ve ekonomik bir kullanım sağlayamamaktadır. Diskler üzerinde de önemli gelişmeler sağlanmıştır. V-şekilli kesit alanına sahip diskler yerine, aşınma bakımından daha üstün olan sabit kesit alanı (CCS, Constant Cross Section) diskler kullanılmaya başlanmıştır. Bu diskler, aşınmalarına rağmen ilk profil şekillerini az veya çok koruyabilmektedirler. Dolayısıyla TBM'lerin genel üretim performanslarında aşınma nedeniyle ani düşüşler gözlenmemektedir (Hood ve Roxborough, 1992; Özdemir, 1992; Gertsch, 1992; Gertsch, 1994).

5. PERFORMANS TAHMİNİ

Verilen bir kaya ortamında çalışan bir

mekanik kazı makinasının performansının önceden tahmin edilebilmesi (performance prediction) için henüz; gelişmiş, doğru ve güvenilir bir tahmin yöntemi geliştirilememiştir. Aynı zamanda, mekanik kazı makinasının kazı sırasında kaya ile arasındaki en önemli arayüzeyi olan kesici kafa üzerindeki keskilerin, kesici kafa üzerine doğru bir biçimde yerleştirilmesinde de bazı sorunlar yaşanmaktadır. Bu durum, mekanik kazı makinası üzerinde kurulu bulunan gücün, tümüyle kaya kazısı için tüketilmesini engelleyen, makina ve keskilerin yararlı çalışma ömrlerini azaltan ve dolayısıyla mekanik kazının ekonomiklige geçişini zorlaştıran en önemli nedenlerden biridir. Kesici kafa üzerindeki keskiler ile disklerin, kesici kafa üzerindeki konumları ile ilgili olarak günüşigina çıkarılamamış değişkenlerin incelenmesi için gerekli olan yeraltı ve laboratuvar çalışmalarının zaman alıcı, zor ve pahalı olması, bu parametrelerle ilgili olarak günümüzde kadar yeterli teorik ve pratik bilginin sağlanması geciktirmiştir.

6. YERALTI SERT KAYA MADENCİLİĞİ

Cok sert madenlerin yeraltı maden işletme yöntemleri kullanılarak üretilmesi süreçlerinde mekanizasyon uygulamaları halen geliştirilme aşamasındadır. Kismî ve tam cepheli mekanik kazı makinalarının uygulamadaki eksik yönlerinden hareketle, çok sert madenlerde kullanılmak üzere yeni nesil mekanik kazı makinaları

geliştirilmektedir (Gertsch, 1994). Sert kaya madenciliğinde kullanılan TBM'lerin başarılı iki uygulaması Stilwater ve Magma Copper's San Manuel madenleri verilebilir. Cevher yatağında 4.62 m çapılı bir TBM'le 10 km'nin üstünde tünel açılmıştır. Daha sonra yeni makina tasarımları neticesinde TBM'lerle günde 22 m ilerleme sağlanabilmiştir (Özdemir, 1998).

7. TÜRKİYE'DEKİ MEKANİK KAZI UYGULAMALARI

Mekanik kazı alanında, dünyada çok hızlı gelişmeler yaşanırken, Türkiye'de kömür üretimine yönelik hızlı ve güvenli yeraltı mekanizasyonu çalışmaları son zamanlarda hızlanmaya başlamıştır. Ülkemizde tam mekanize uzunayak kömür işletmeciliği ilk olarak 1986 yılında Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ)'ne bağlı Orta Anadolu Linyitleri (OAL) İşletmesi Müessesesi'nde uygulanmaya başlamıştır. OAL'ye ek olarak, yine TKİ'ye bağlı Ege Linyitleri İşletmesi (ELİ) ve Garp Linyitler İşletmesi (GLY)'nde de mekanizasyona gidilmiştir.

Ülkemizde mekanize galeri açma uygulamaları ise 1970'li yılların sonlarına doğru etkin ve verimli bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Urfa tünellerinde, Eyüp tünelinde, İstanbul metrosu tünellerinde, TKİ'ye bağlı OAL İşletmesi yeraltı hazırlık işlerinde GAM'lar etkin olarak kullanılmıştır.

OAL'de hazırlık işlerinde kullanılan GAM'ların net kazı hızlarının $26.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ve makinadan faydalananma oranının % 50

seviyelerine çıktıgı gözlenmiştir (Bilgin, 1989). Urfa tünellerinde kullanılan GAM'larla günde 5 - 20 m ilerleme sağlanabilmiştir (Tatar, 1992). İstanbul'da Haliç bölgesinin kanalizasyon sorunun çözümü için uygulamaya konulan Güney Haliç Projesinin bir bölümünü oluşturan toplam 13 km'lik Eyüp Tunelinin 6.6 km'lik kısmı GAM'lar ile açılmıştır. Bu tünelde kullanılan GAM'ların net kazı hızları $3.5 \text{ m}^3/\text{h}$, makinadan faydalananma oranı ortalama % 54 civarında gerçekleşmiştir (Tatar, 1992). İstanbul metrosu Taksim-Levent 1 hattı üzerinde bulunan Taksim Peron 1 ve Peron 2 tünellerinin açılmasında kullanılan GAM'larla günde 1.92 -2.1 m ilerleme sağlanmıştır (Birel, 1995).

Türkiye, gerek kara ve demiryolu tünelleri ile metrolar gerekse kömür rezervleri açısından mekanik kazı çalışmaları için önemli bir potansiyeli temsil etmektedir. Ancak, mekanik kazının önemi madencilik ve inşaat çevrelerince henüz yeterince algılanmamıştır.

8. SONUÇ

Kaya kazısında teknik olarak başarılı olan birçok yeni yöntem geliştirilmesine rağmen, bu yöntemler, aşırı derecede enerji tüketikleri ve/veya maliyetleri çok yüksek olduğu için, pratikte ekonomik olarak uygulanma olanağı bulamamaktadırlar. Bu nedenle, kaya kazısı için geliştirilen alternatif yöntemlerin (lazer, plazma jetleri, kivircim erozyonu, termal kazı ve yüksek

hızlı su jetleri), en azından kısa ve orta vadede mekanik kesicilerin kaya kazısındaki yerini alamayacağı düşünülmektedir (Hood ve Roxborough, 1992). Ancak bu durum, alternatif yöntemlerin, bu zaman aralığı içinde kaya kazısında uygulanma olanağı bulamayacakları anlamına gelmemektedir. Yeni nesil kaya kazı sistemleri, alternatif kazı yöntemlerinin bir veya birkaçının mekanik kesicilere yardımcı oldukları "hibrid kesme prensibini" kullanacaklardır (Hood ve Roxborough, 1992). Bu noktadan hareketle, gelecekteki kaya kazı sistemlerinin de mekanik kesicileri içermeye devam edecekleri, dolayısıyla, mekanik kesiciler kullanılarak oluşturulan kazı sürecinin iyi anlaşılması gereği söylenebilir.

9. KAYNAKLAR

Anderson, D.L., ve Gbruoski, J.S., 1991, *A Laser-Based Continuous Miner Guidance System*, Bureau of Mines Information Circular No.9288, United States Department of the Interior, 14p.

Bilgin, N., 1989, *İnşaat ve Maden Mühendisleri İçin Uygulamalı Kazı Mekaniği*, Birsen Yayın Evi, İstanbul

Birel, F., 1995, *İstanbul Metrosu I. Aşama II. Kısım İnşaatı Taksim Tünellerinde Kazı Etüdü*, İTÜ Maden Fakültesi Bitirme Ödevi

Bullock, R.L., 1994, *Underground Hard Rock Mechanical Mining*, Mining Engineering, November, 1254-1258.

Chadwick, J.R., 1983, *Continuous Miners Mine More Than Coal*, World

Mining, September, 41-49.

Fiscor, S., 1997, *The 1997 U.S. Longwall Census, Coal Age*, February, 26-33.

Fitzgerald, C.W., 1982, *Continious Mining Machines, Underground Mining Methods Handbook*, SME-AIME, New York, W.A. Hustrulid, Editor, 1128-1145.

Gertsch, R.E., 1992, *Mechanical Mining and the Future of the Industry*, *Mining Engineering*, July, 696-698.

Gertsch, R.E., 1994, *Mechanical Mining: Challenges and Directions*, *Mining Engineering*, November, 1250-1253.

Hood, M.C. ve Roxborough, F.F., 1992, *Rock Breakage: Mechanical, Mining Engineering Handbook*, Second Edition, SME, Howard L. Hartman, Senior Editor, 1, 680-721.

Mackie, K., 1992, *Anderson's First 5 kV Shearer*, *The Mining Engineer*, October, 101-106.

Mackie, K., 1993, *The Electra-A World Series Shearer*, *Mining Technology*, November-December, 75, 870, 293, 297.

Mackie, K., 1995, *The Role of the Shearer in High Productivity Mining*, *Mining Technology*, January, 5-8.

Özdemir, L., 1995, *Mechanical Excavation-Today and Tomorrow, Mechanical Mining for Hard Rock*, Short Course Notebook, June 11, Colorado School of Mines.

Özdemir, L., 1998, *Mechanical hard rock mining present and future*, *Mining Engineering*, March, 36-37.

Pearse, G., 1987, *Machines for Mining Headings*, *Mining Magazine*, 157, 1-3,

July, 33-49.

Reid, W.J., 1991, American Longwall Mining, *The Mining Engineer*, May, 361-369.

Reopke, W.W. ve Hanson, B.D., 1983, *Effect of Asymmetric Wear of Point Attact Bits on Coal-Cutting Prameters and Primary Dust Generation*, Bureau of Mines Report of Investigations No:8761, United States Department of the Interior, 9 p.

Rönnkvist, E., Asbury, B., Özdemir, L., Friant, J.E., 1995, *Development of a Drum Cutting Concept for a Mobile Hard Rock Excavator*, Proceedings of Third International Symposium on Mine Mechanization and Automation, Golden, Colorado, June 12-14.

Rostami, J., Neil, D.M., Özdemir, L., 1993, *Roadheader Application for the Yucca Mountain Experimental Study Facility*, Final Report for Raytheon

Services, Nevada U.S.A. Earth Meckanics Institute, Colorado School of Mines, 122 p.

Sammarco, J.J., 1993, *Field Evaluation of the Modular Azimuth and Positioning System (MAPS) for a Continuous Mining Machine*, Bureau of Mines Information Circular No.9354, United States Department of the Interior, 12 p.

Tatar, Ç., 1992, *Maden Makinaları-I*, Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Yayınları, No: 227, İzmir

Thalimer, J.R., McClelland, J.J., Homce, G.T., 1992, *Motor Monitoring System for a Continuous Miner*, Bureau of Mines Information Circular No.9306, United States Department of the Interior, 12 p.

Timmermans, J., 1993, *Shearing Coal Now and in the Future*, *Mining Technology*, 75, 870, November/December, 298-302.

**KESİCİ TAMBURLARIN YÜKLEME KAPASİTESİ VE OAL'DE
KULLANILAN KESİCİ TAMBURLARIN TEORİK VE PRATİK YÜKLEME
PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Mustafa AYHAN

D.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır/Türkiye

Osman Zeki HEKİMOĞLU

H.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara/Türkiye

ÖZET: Bu makalede, kesici tamburların teorik ve pratik yükleme kapasitelerinin hesaplanması konusu ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır. OAL'de kullanılan kesici tamburların teorik yükleme kapasiteleri ve çift yönlü kesimde pratikte gerçekleşen yükleme performansları, yerinde yapılan deneylerle ölçülmüş ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, OAL'de kullanılan kesici tamburların yükleme performanslarının iyileştirilmesi için bazı öneriler getirilmiştir.

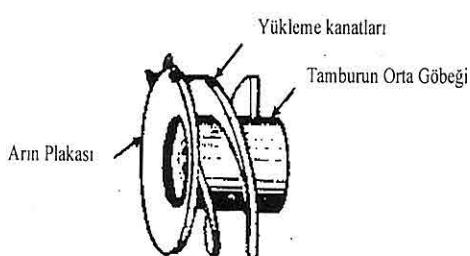
**LOADING CAPACITIES OF SHEARER DRUMS AND COMPARISON
OF THEORETICAL AND PRACTICAL LOADING PERFORMANCES OF
SHEARER DRUMS USED IN OAL**

ABSTRACT: This paper sets out, in detail, the theoretical and practical aspects of loading capacity of shearer drums. The loading performance of coal shearers operating in OAL mine was investigated for various cutting direction, through in-situ studies. The result were compared and suggestions for improved loading performance were then presented.

1. GİRİŞ

Kesici-tamburlar tam mekanize kömür üretim sisteminde, kömürün kazısı ve ayak içi zincirli konveyöre yüklenmesinde kullanılmaktadır. Mineral (kömür) kazısı arın plakası ve yükleme kanatları üzerine yerleştirilen keskiler tarafından yapılmakta, kazılan kömürün yüklenmesi ise spiral kanatlar vasıtasyyla gerçekleşmektedir. Kesici tamburların tasarımını, kesme ve yükleme işleminin optimizasyonundan oluşturmaktadır. Dolayısıyla kesici tamburların tasarım sürecinde kesme ve yükleme işlevi iki temel faktör olarak göz önünde bulundurulmaktadır.

Kesici tamburlar yapısal olarak, büyük çaplı bir orta göbek etrafında küçük spiral derinliğine sahip bir helezonik (screw) konveyör şeklindedirler. Tamburlar keskiler dışında genel olarak; orta göbek, arın plakası ve yükleme kanatlarından (spiral) meydana gelmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Kesici tambur bileşenleri
(Ludlow and Jankowski, 1984).

Tamburlar genelde iki-üç yükleme kanadından oluşmakta ve bu kanatlar orta göbek çevresinde bir tam dönütü (360°)

58

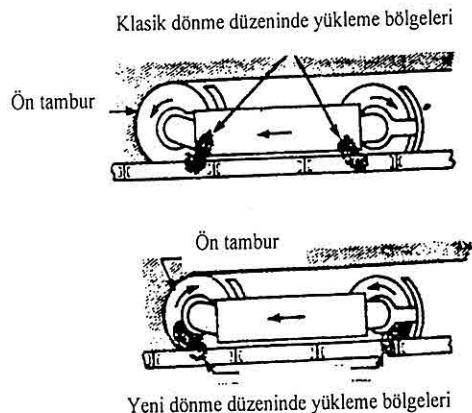
geçmeyecek şekilde sarılmaktadırlar (Ludlow and Jankowski, 1984). Kanatların arın plakası ile yaptıkları açıya kanat açısı, orta göbek etrafında sarılma derecesi ise sarım açısı olarak tanımlanmaktadır. Kesilen kömürün tambur içerisinde makine tarafına doğru hareketinin sağlanması için kanat keskileri, kanatların ilerleme yönlerinin tersine doğru kesim yapacak şekilde (counter-laced) yerleştirilir (Barker at all, 1966; Brooker, 1979). Bir kesici tamburun ürettiği kömürün yaklaşık % 12-25'lik gibi önemli bir miktarı arın plakası tarafından üretilmekte ve bunun tambur içerisinde verimli bir şekilde taşınması için, arın plakasına 30°'lik bir koniklik verilmektedir (Horst, 1985).

Kesici tamburların yükleme performansında etkili olan parametreler; kanat açısı, kanat sayısı, kanat derinliği, tambur çapı, tambur hızı, ilerleme hızı, tamburun dönme yönü, ayak eğimi, tambur ile konveyör arasındaki mesafe ve yardımcı yükleme elemanlarıdır (Brooker, 1979; Peng and Chiang, 1984; Hurt and McStravick, 1988; Horst, 1985; Kundel, 1985). Ancak bazı araştırmacılar sarım açısını, kanat açısına alternatif olarak kullanmasını önermekte ve sarım açılarının 20° üst üste kesiştirilmesinin yükleme açısından avantaj sağladığını belirtmektedirler (Ludlow and Jankowski, 1984). Kanat sayısının artması, sarım açısını azaltmakta ve tamburdan geçen malzemenin akış hızını artırmaktadır. Ancak yüksek kesme hızlarında kömür parçalarının tambur dışına fırlatılması bir dezavantaj

KESİCİ TAMBURLARIN YÜKLEME KAPASİTESİ, TEORİK VE PRATİK YÜKLEME PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

oluşturmaktadır (Hurt and McStravick, 1988).

Küçük çaplı tamburlarda tabanda kalan kömürün daha verimli bir şekilde yüklenmesi için tamburların dönüş yönleri değiştirilmektedir (Şekil 2). Dönüş yönlerinin değiştirilmesi ile tambur çıkışında (makina tarafında) kömürün akış hızı artmaktadır ve dolayısıyla yükleme performansı yükselmektedir (Hurt and McStravick, 1988). Ancak dönüş yönlerinin değişmesiyle arka tambur 90° den küçük kesme sektöründe aşağı kesme (down-cut milling) hareketi yapmakta ve keskiler en yüksek kesme derinliğinde kazıya bağladılarından keski kuvvetleri en yüksek değerini almaktadır.



Şekil 2. Klasik ve yeni dönme düzeninde yükleme bölgelerinin konumu (Hurt and McStravick, 1988).

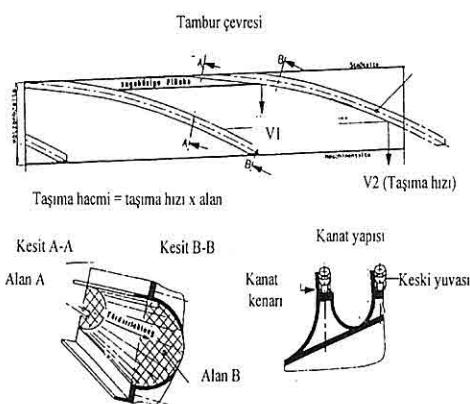
Kesici tamburların yükleme performansında etkili olan tambur tasarım parametrelerinin belirlenmesi için farklı çalışma koşullarında çalışan farklı

tamburlardan elde edilen veriler ışığında MRDE (Mining Research and Development Establishment)'de 1980 yılında ayrıntılı bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Söz konusu programda, yükleme performansında etkili olan parametreler eşitlik setleri şeklinde ifade edilmiş ve tamburun yükleme kapasitesi matematiksel olarak tanımlanmıştır (Morris, 1980).

Son yıllarda, kesici tamburların yükleme kapasitelerinin artırılması için yapısal olarak silindirik tamburlar yerine konik gövdeli ve göçük tarafına doğru eğimlendirilmiş kanatlara sahip tamburlar üretilmektedir. Kanatların göçüğe doğru eğimlendirilmesi ile malzemenin tambur içerisinde taşınması için gerekli olan kaldırma gücü azaltılmaktadır. Kanatların eğim açıları ise çalışma koşullarına göre seçilmektedir (Plum, 1987; Horst, 1985). Benzer koşullarda konik tamburlar ve silindirik tamburların karşılaştırması yapılmış ve konik tamburların yükleme performanslarının silindirik tamburlardan %17 - %37.5 daha yüksek ve güç tüketimlerinin % 50 daha düşük olduğu gözlenmiştir (Zibelius at all, 1983).

Krummenauer firması yükleme verimini artırmak amacıyla son yıllarda Globoid diye adlandırılan tamburlar üretmektedir. Bu tamburların en önemli özelliklerinden biri kanatlar arası mesafenin göçük (makine) tarafına doğru arttırılmasıdır. Kanatlar arasındaki mesafeye paralel olarak kanatlar arasındaki boşluk hacmi de göçüğe doğru artış göstermekte ve kazılan

malzemenin tambur içerisinde taşınması kolaylaşmaktadır. Bu şekilde arından makina tarafına doğru malzemenin taşınma hızı arttırmaktadır. Globoid tamburların diğer önemli özelliği ise tambur içerisinde malzeme akışını kolaylaştırmak için kanatların bir yay çizecek şekilde (kavisli) orta göbeğe sarılmalarıdır (Şekil 3).



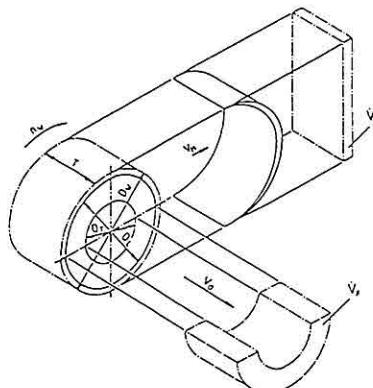
Şekil 3. Globoid tamburların yapısal özellikleri (Krummmenauer, 1998)

2. KESİCİ TAMBURLARIN KAZI VE YÜKLEME KAPASİTELERİNİN TEORİK OLARAK HESAPLANMASI

Kesici tamburlar, arında kömürün kesilmesi ve yüklenmesi gibi iki önemli görevi yerine getirmektedirler. Bir kesici tamburun kesme ve yükleme performansı üzerinde etkili olan tambur tasarım parametreleri Şekil 4'de görülmektedir. Belirli bir ilerleme hızında kesme kapasitesi (V_G), yükleme kapasitesi (V_F) ve tambur içerisinde malzemenin taşınma hızı aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla

60

hesaplanmaktadır (Horst, 1985).



Şekil 4. Kesici tamburların kazı ve yükleme kapasitesi (Horst, 1985)

$$V_G = D_W \cdot T \cdot V_M \cdot S_L, \text{ m}^3/\text{dak} \quad (1)$$

$$V_F = \frac{\pi}{4} (D_L^2 - D_T^2) \Psi \cdot V_Q, \text{ m}^3/\text{dak} \quad (2)$$

$$I_F = V_F / V_G > 1 \text{ (yükleme oranı)} \quad (3)$$

$$V_Q = S \cdot n_w, \text{ m/sn (taşıma hızı)} \quad (4)$$

Burada; S : Kanat uzunluğu, m

S_L : Kabarma faktörü

Ψ : Dolum faktörü

D_W : Tambur çapı, m (keskili)

D_L : Tambur çapı, m (keskisiz)

$.V_M$: İlerleme hızı, m/dak

T : Tambur genişliği, m

n_w : Dönüş hızı, dev/dak

Günümüzde yaygın olarak kullanılan tamburların toplam çapı (D_W) ve orta göbek çapı (D_T) arasında $D_T = (0.4 - 0.6) D_W$ bağıntısı bulunmaktadır (Peng and Chiang, 1984). Sabit tambur hızında tamburun tikanmaması için yükleme kapasitesi kesme kapasitesinden daha

KESİCİ TAMBURLARIN YÜKLEME KAPASİTESİ , TEORİK VE PRATİK YÜKLEME PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

büyük olmalıdır ($\dot{I}_F = V_F/V_G > 1$).

Pratikte yükleme kapasitesini etkileyen en önemli parametrelerden biri olan dolum faktörü, tambur içinden geçen kömür hacminin yüklenen kömür hacmine veya bir dakikalık süre zarfında yüklenen kömür hacminin, kanatlar tarafından süpürulen kömür hacmine oranı olarak tanımlanmaktadır. Çok yüksek veya çok düşük tambur hızlarında dolum faktörü, kömür için optimum değer olan % 30 değerinin üstüne çıkmakta ve tambur tikanmaktadır (Ludlow and Jankowski, 1984). Dolum faktörünü düşük tutmak ve üretimi artırmak için tambur tasarımda aşağıda belirtilen üç değişiklik önerilmektedir.

Bunlar;

- Tambur hızının artırılması
- Tambur çapının artırılması veya orta göbek çapı küçültülmesi ile kanat derinliğinin artırılması
- Kanat açısının artırılması'dır.

Birinci alternatif, çeşitli dezavantajlardan (kıvılcım, toz gibi) dolayı genelde tercih edilmemektedir. İkinci alternatifte, orta göbek çapının çok fazla küçültülemesinin yanında tambur çapının artırılması, dolum faktörünü azaltmadı etkili bir faktördür. Çünkü kanatlar tarafından süpürulen hacim tambur çapının üçüncü kuvveti, yükleme hacmi ise çapın birinci kuvveti oranında artmaktadır. Üçüncü alternatifte ise kanat açısının artırılması ile düşük tambur hızlarında yükleme veriminin azalması önlenebilmektedir (Ludlow and Jankowski, 1984).

Tamburun gömülme derinliğinin

arttırılması durumunda, tamburun kömürle sürtünən yüzey alanı arttığinden taşıma hızı azalmaktır ve bu nedenle yükleme kapasitesi düşmektedir. Bunun yanında tambur üzerine yerleştirilen su spreyleri kömürü ıslatarak sürtünmeyi azaltmakta ve yüklemeyi kolaylaştırmaktadır (Horst, 1985).

3. OAL'DE KULLANILAN TAMBURLU KESİCİLERİN TEORİK YÜKLEME KAPASİTESİ VE PRATİKTE GERÇEKLEŞEN YÜKLEME PERFORMANSLARI

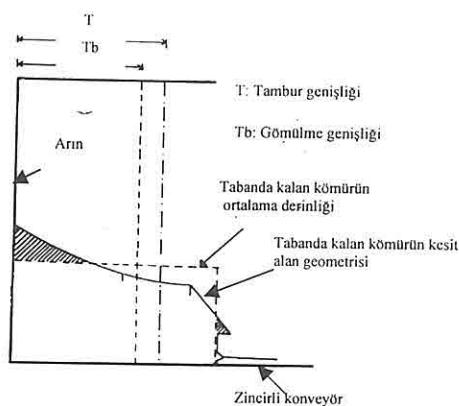
Ülkemizde ilk olarak TKİ Kurumuna bağlı OAL Müessesesinde kullanılan Eickhoff EDW200/230-L tipli çift tamburlu kesicilerin kesici tamburlarına ait bazı yapısal özellikler Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. OAL ' de kullanılan kesici tamburların bazı yapısal özellikleri

Tamburun keskili çapı (D_W)	1300 mm
Tambur genişliği (T)	850 mm
Tamburun keskisiz çapı (D_L)	1206 mm
Orta göbek çapı (D_T)	988 mm
Kanat derinliği	218 mm
Kanat sayısı	3
Kanat açısı	22°
Kanat sarım açısı	220°
Kanat uzunluğu (S)	2500 mm
Tambur Hızı (n_W)	36 dev/dak

Tamburlu kesici makinaların pratikte gerçekleşen yükleme performanslarının ölümü, kesim sonrası makina gerisinde kalan kömürün ortalama derinliği veya

tabanda yüklenemeden kalan kömürü kesit alanına bağlı olarak hesaplanmaktadır (Brooker, 1979). Yeraltı deneyleri, OAL'deki A-06 panosu tavan ayağında gerçekleştirilmiştir (Ayhan, 1994). Ölçüm yapılan ayağın uzunluğu 170 m, eğimi 8.5°, damar kalınlığı 1.7 m olup çift yönlü kesim yapılmaktadır. Söz konusu ayakta tamamen aynı koşullarda eğim aşağı ve eğim yukarı yaklaşık aynı gömülme derinliklerinde ve ilerleme hızlarında yapılan kesimlerde, tüm ayağı temsil edecek şekilde ayak boyunca 5 ayrı noktadan tabanda yüklenemeden kalan kömürün ortalama derinliği ve kesit alanına bağlı olarak yükleme performans hesaplanmıştır (Şekil 5). Ayak başından-ayak kuyruğuna 4 m/dak ilerleme hızında ve 0.72 m gömülme derinliğinde yapılan kesimde, kazı kapasitesi $5.61 \text{ m}^3/\text{dak}$ ve yükleme performansı % 59.53 olarak ölçülmüştür. Ayak kuyruğundan-ayak başına 2 m/dak ilerleme hızında ve 0.70 m gömülme derinliğinde yapılan



Şekil 5. Tamburlu kesici makinanın arkasında kalan kömürün kesiti (Ayhan, 1994)

kesimde ise kazı kapasitesi $2.73 \text{ m}^3/\text{dak}$ ve yükleme performansı % 52.41 olarak ölçülmüştür.

Pratikte elde edilen performans verileri ve söz konusu tamburların eşitlikler (Eşitlik 1, 2, 3 ve 4) yardımıyla hesaplanan teorik yükleme kapasitesi Tablo 2'de verilmektedir.

Teorik yükleme kapasitesi

Tablo 2. OAL'de kullanılan kesici tamburların teorik ve pratikte gerçekleşen yükleme kapasitelerinin karşılaştırılması

	Ayak başından-Ayak kuyruğuna kesim (eğim yukarı)	Ayak kuyruğundan-Ayak başına kesim (eğim aşağı)
Gömülme derinliği (T_b)	0.72 m	0.70 m
İlerleme hızı (V_M)	2 m/dak	4 m/dak
Kazı kapasitesi (V_G)	$2.73 \text{ m}^3/\text{dak}$	$5.61 \text{ m}^3/\text{dak}$
Teorik yükleme kapasitesi (V_F)	$10.13 \text{ m}^3/\text{dak}$	$10.13 \text{ m}^3/\text{dak}$
Yükleme oranı $IF = (V_F)/(V_G)$	3.71	1.8
Pratikteki yükleme performansı	% 52.41	% 59.53

hesaplamalarında, kabarma faktörü 1.5, dolum faktörü ise 0.3 olarak alınmıştır. Tablo 2'den görüldüğü gibi yaklaşık aynı gömülme derinliğinde yüksek ilerleme hızından dolayı eğim aşağı kesimde kazı kapasitesi daha yüksektir. Bununla birlikte yerinde ölçülen yükleme performansı da eğim aşağı kesimde daha yüksek gerçekleşmiştir.

4. SONUÇ

OAL'de kullanılan tamburlu kesicilerin kazı kapasiteleri yükleme kapasitelerinin çok altında kalmaktadır. Uygun keski dizilimi ile ilerleme hızı, yükleme kapasitesi aşılmayacak şekilde arttırılarak kazı kapasitesi ve yüklenen malzeme miktarı artırabilir. Özellikle eğim yukarı kesimde kazı kapasitesi düşüğü halde yükleme performansı azalmaktadır. Bu eğim yukarı kesimde oluşan yükleme zorluğu ve tamburla konveyör arasındaki yetersiz boğaz açıklığından kaynaklanmaktadır. Ayrıca tamburlarda yükleme kalkanlarının kullanılmaması yükleme performansını düşüren bir diğer faktör olmaktadır.

Tamburlu kesicilerle çift yönlü kesimde yüksek üretim kapasitelerine ulaşmak, kazılan kömürün etkin bir biçimde yüklenmesi ile sağlanabilir. Yükleme performansının doğrudan tamburun yapısal özelliklerine bağlı olması nedeniyle, tambur tasarımları sürecinde yükleme işlevi ile ilgili parametrelerin çalışma koşullarına göre doğru bir biçimde seçilmesinin gereği ortaya çıkmaktadır.

5. TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki katkılarından ötürü TKİ Kurumu'na bağlı OAL Müessesesi Müdürlüğü'ne teşekkür ederler.

6. KAYNAKLAR

Ayhan, M., 1994, *OAL Müessesesindeki Tamburlu Kesicilerin Kesme ve Yükleme Performanslarının İncelenmesi*, Master Tezi, H.Ü., Ankara.

Barker, J.S., Pomeroy, C.D., Whittaker, D., 1966, *The M.R.E. Large Picks, Shearer Drum, The Mining Engineer*, 125, 65, 323, 333.

Brooker, C.M., 1979, *Theoretical and Pratical Aspects of Cutting and Loading by Shearer Drums*, *Colliery Guardian Coal International*. April, 41-50.

Horst, H.D., 1985, *Optimum Desing of Shearer Drums Paper read at Miscolc 85*

Hurt, K.G. and McStravick, F.G., 1988, *High Performance Shearer Drum Desing*, *Colliary Guardian*, December Vol. 236, pp. 425-429

Jonathan, L. and Robert, A.J., *Use Lower Shearer Drum Speeds to Deeper Coal Cutting*, *Mining Engineering*, Vol., March, pp. 251-255.

Krummmenauer Katalogu, 1998

Kundel, H., 1985, *Theoretical Considerations Involved in the Cutting the Loading of Coal by Shearer*, *German Longwall Mining, Gluckauf Mining Handbooks*, Vol.32, p.32.

Morris, C.J., 1980, *The Desing of Shearer Drums with the Aid of a*

Computer, The Mining Engineer, pp. November, 289-295.

Peng, S.S., and Chiang, H.S., 1983, Longwall Mining, John Wiley and Sons, pp. 385-394.

Plum, D., 1987, Developments on Drums and Shearers, Glückauf

+Translation, 123, 17, 472-477.

Zibelius, G., Schubert, W. and Nowacki, G., 1983, Loading Performance of different Shearer Drums working to the dip, Glückauf

+Translation, 119, No. 1.

**BÜYÜK ŞEHİR BELEDİYE SINIRLARI İÇİNDE KALAN
TAŞOCAKLARININ REHABİLTASYONU-BİR ÖRNEK ÇALIŞMA**

Yalçın ÇEBİ

D.E.Ü., Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

Gürcan KONAK

D.E.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

ÖZET : *Gelişen şehirleşmeye paralel olarak belediye imar planı sınırlarının gelişigüzel genişlemesi ve imar planında önceden yerleşim yeri olarak planlanmayan yerlerin de imar planı sınırları içine alınması, mevcut taşocakları ve kalker ocaklarının özellikle büyük şehirlerde yerleşim alanları içinde kalmasına neden olmuştur. Bu ocaklarda yapılan üretim faaliyetleri sırasında yerleşim yerleri toz, gürültü ve sarsıntı gibi çeşitli etkilere maruz kalmış, ayrıca mevcut taşocakları genel görünüm açısından da şehir görüntüleri ile tezat oluşturmaya başlamıştır.*

Bu çalışmada, İzmir ili, Bornova ilçesi, Işıkkent mevkiiinde bulunan ve çeşitli firmalar tarafından birbirlerine komşu olarak işletilen kalker ocaklarının işletme sonrası nihai durumlarının en uygun nasıl olabileceği araştırılmış ve bir rehabilitasyon planı hazırlanmıştır.

**REHABILITATION OF QUARRIES WITHIN THE METROPOL BORDERS-
A CASE STUDY**

ABSTRACT : *With the developing civilization, unplanned expansion of municipality boundaries, and inclusion of areas, which were not been previously planned as settlement areas, into the city plans, caused current quarries and limestone quarries to be surrounded by settlements. Settlements are exposed to some effects such as dust, noise and ground vibrations during production workings of these quarries. Besides, general view of current quarries contrasts with the settlements' views.*

In this study, optimal situations at the end of the mine life of bystander limestone quarries, which are located at Bornova/İZMİR Işıkkent place and worked by different companies, were examined and a rehabilitation plan was prepared.

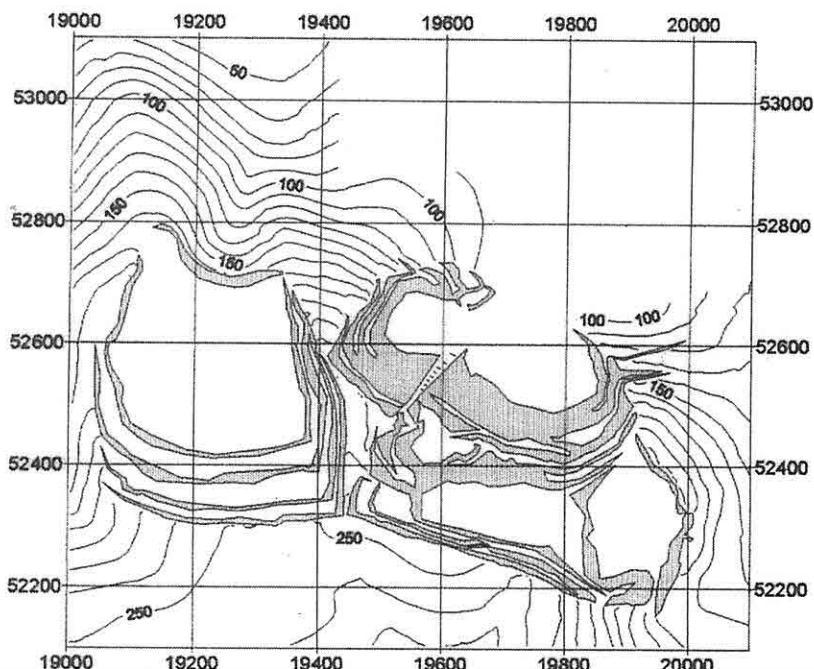
1.GİRİŞ

Izmir İli, Bornova İlçesi, Işıkkent bölgesinde ÇİMENTAŞ TÜRK A.Ş., BEMAŞ A.Ş., BENTAŞ A.Ş. ve ERSOYLAR A.Ş. birbirlerine komşu olan sahalarda kalker üretim faaliyetlerini sürdürmektedirler. Anılan kalker ocaklarının kuzeyinde METAŞ' a ait demir-çelik fabrikası, kuzeybatısında ise ÇİMENTAŞ'a ait Çimento fabrikası bulunmaktadır. Ayrıca, bölgede irili ufaklı değişik sanayi tesisleri çalışmalarını sürdürmektedirler.

Geçmiş yıllarda bölgedeki üretim faaliyetleri kısmen basamaklar oluşturularak, kısmen de gelişigüzel çalışılarak sürdürülmüştür.

Bunun sonucunda yer yer 90 metreye varan ayna yüksekliklerinden oluşan ve gerek görsel açıdan düzensizlik yaratan, gerekse de Maden Kanunu'na göre zorunlu olan üretim sonrası düzenlemelerin yapılmasını zorlaştıran ocaklar ortaya çıkmıştır. Halen Doğu 19,400-20,100, Kuzey 52,100 - 53, 100 koordinatları içinde kalan bölgede, +90 ile +190 kotları arasında dik şevlerden oluşan ve bu hali ile düzenlenmesi mümkün olmayan bir arazi ile, +190 ile +250 kotları arasında düzenli olarak oluşturulan basamaklar bulunmaktadır (Konak vd., 1998, Konak vd, 1998).

Bu çalışmada, yukarıda belirtilen koordinatlar içinde kalan bölgenin, +190



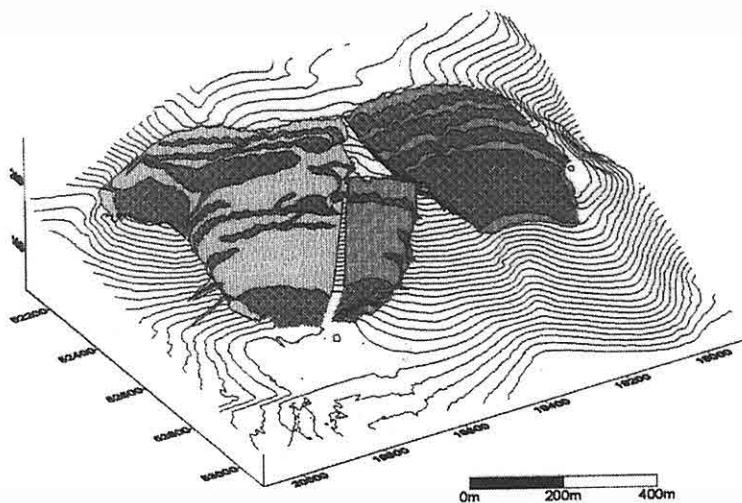
Şekil 1. Bölgede işletilen ocaklar ve bugünkü durum (Plan Görünüm).

B. ŞEHİR BEL. SINIRLARI İÇİNDE KALAN TAŞOCAKLARININ REHABİLTASYONU

ile +250 kotları arasında kalan basamakların yeni bir kazı yapılmadan olduğu gibi korunması, +90 ile +190 kotları arasındaki düzenli basamaklar oluşturularak düzenlenmesi, Oluşturulacak olan basamakların ağaçlandırılması işlemleriyle rehabilitasyonun yapılması öngörmektedir.

2. İŞLETME PLANLAMASI VE REHABİLTASYON ÇALIŞMALARI

Rehabilitasyon çalışmaları iki ana başlık altında ele alınmıştır. Birinci bölümde, çalışılan saha, koordinatları ile tam olarak tanımlanmış ve yapılacak olan madencilik faaliyetlerinde uygulanacak şev açıları ve basamak boyutları, ikinci bölümde ise oluşturulan nihai maden



Şekil 2. Bölgede işletilen ocaklar ve bugünkü durum (3 Boyutlu Görünüm).

ocağında yapılacak olan rekültivasyon çalışmaları verilmiştir.

2.1. İşletme Planlaması

Rehabilitasyon çalışmaları Bornova-Işıkkent mevkiinde işletilen dört adet kalker ocağının İzmir L18A2-1/25000'lik paftada Doğu 19,200-20,100; Kuzey 52,100-53,100 koordinatları içinde kalan alanlarını kapsamaktadır. Bu koordinatlar içinde bulunan, önceden çalışılmış ve halen çalışılmakta olan sahalar ele alınmış, işletmenin üst kotlarında yeni

kazı işlemi yapılmadan mevcut topografya korunmuştur.

Adı geçen ocaklar birbirine sınır olduğu için, hem teknik hem de görüntü olarak daha uygun bir işletme planlanması amacıyla ocakların tek bir plan içinde birleştirilmesi yoluna gidilmiştir.

Oluşturulacak olan basamakların uzun vadede duraylılığını muhafaza etmesi gerekliliği dikkate alınarak, kaya mekaniği açısından herhangi bir risk

taşımayacak şev açıları; Basamak Şev Açıları 65-70°, Genel (İşletme) Şev Açısı 45° şeklinde belirlenmiştir.

Rehabilitasyon çalışması yapılrken, mevcut kazılı sahaların daha önce kazılmamış olan kısımlara dokunulmadan düzenlenmesi özellikle hedeflenmiş olup, işletmelerde daha önce oluşturulan düzenli basamaklar olduğu gibi korunmuştur.

İşletmenin +190 ile +250 kotları arasında daha önce oluşturulan farklı yüksekliklerdeki basamakların ilk aşamada herhangi bir zaman kaybı söz konusu olmadan ağaçlandırılabilmesi için, ara geçişlerle birbirlerine bağlanması planlanmıştır.

Ayrıca, +190 ile +90 kotları arasında planlanan basamak yükseklikleri 10 m, nihai basamak genişlikleri ise, kabul edilen genel şev açısını sağlayacak şekilde, 7 m olarak belirlenmiştir. Basamak şevleri de dikkate alındığında iki basamağın şev üstleri arasındaki yatay mesafe 10 m olmaktadır. Basamak yüksekliklerinin küçük tutulmasının işletme maliyetlerini artırıcı etkisi olmasına rağmen, işletme sonrası görüntünün daha da iyileştirilmesi amaçlanarak yüksek basamaklardan kaçınılmıştır.

Basamakların planlanması sırasında, çevresel etkileri azaltacak ve basamak aynalarına minimum etki edecek delik dizaynı oluşturulmuş, patlatma sonucunda basamak şevlerinde oluşabilecek çatlamalar önlenerek şevlerin durayılılığı artırılmıştır.

2.2. Rekültivasyon Çalışmaları

Önceden orman sahası olan bu bölgede

yapılacak madencilik çalışmaları sonucunda oluşanocak sahasının tekrar orman sahası olarak terkedilmesi ile doal dengenin korunması, yeni yeşil alanların oluşmasına imkan sağlanması, ayrıca ocakların güney kısmında bulunan bölgede İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından sürdürülen ağaçlandırma çalışmaları ile de bütünlük sağlanması amacıyla, ocak sahası içinde bulunan basamakların ağaçlandırılması, şevlerin ise nemli toprak gerektirmeyen bitkilerle örtülmesi öngörlülmüştür.

Düzenleme öncesinde olmuş ve düzenleme sırasında oluşturulacak basamaklara, hem suya karşı olan dirençleri hem de çatlaklı ve kırıklı yapıya sahip zeminlerde kolayca kök sağlamları nedeniyle önemli bir avantaja sahip olan Çam Ağacı dikilmesi, basamak tabanlarının ve şev aynalarının yeşil bir dokuya sahip olması amacıyla, kurak ve kırış yerlerde çok rahat bir şekilde yetişebilen ve hızla etrafa yayılabilen bir bitki olan "Katır Tırnağı" kullanılması öngörlülmüştür (Köse vd., 1993).

Ağaçlandırma çalışmalarının basamaklar üzerinde 3 metre aralıklarla yapılması planlanmaktadır. Ağaçların dikilecegi yerlerde açılacak olan çukurlara bitki toprağı doldurulacak, dikilen fidanlar sürekli kontrol edilerek tutmayanlar değiştirilecektir. Fidan dikme işlemi için işletmenin sona ermesi beklenmeyecek, düzenleme işlemi tamamlanan basamaklar hızlı bir şekilde ağaçlandırılacaktır. Basamakların düzenlenmesine yönelik çalışmalar sona erdiğinde bütün bölge ağaçlandırılmış

olacaktır.

2.3. Emniyet Tedbirleri

Düzenlemenin en son aşaması olarak terkedilecek sahanın çevresinde alınması gereklili emniyet tedbirleri çerçevesinde; sahanın etrafına dikenli teller çekilerek düzenleme sonrası oluşan sahaya insan ve hayvanların girmesi önlenecek, uyarıcı levhalar konularak saha içine girişin tehlikeli ve yasak olduğu vurgulanacaktır.

2.4. Hazırlanan Planlar

Yukarıda belirtilen kriterlere göre ve bakır araziye dokunulmadan ve optimum şekilde basamaklar oluşturulularak gerçekleştirilmesine yönelik çalışmalar sonucunda elde edilen nihai işletme planı, aaclandırılacak alanlar da belirtilek Şekil 3'te, düzenleme sonrası oluşacak 3 boyutlu görüntü ise Şekil 4'te verilmektedir. İşletmenin en alt kotunda oluşan büyük boyuttaki düz alanın da ağaçlandırma alanı olarak değerlendirilmesi öngörmektedir.

3. SONUÇ

İzmir İli, Bornova İlçesi, Işıkkent bölgesinde birbirlerine komşu olan sahalarda kalker üretim faaliyetleri sürdürülmemektedir. Bu ocaklarda geçmiş yıllarda yapılan üretim çalışmaları sonucu oluşan bozuk topografik yapının düzenlenememesi için bireleştirilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada bölge ocakları tek bir işletme olarak planlanmış ve bu plana göre gerekli rehabilitasyon çalışmaları yapılmıştır.

İşletmenin üst sınırında (+190 kotu)

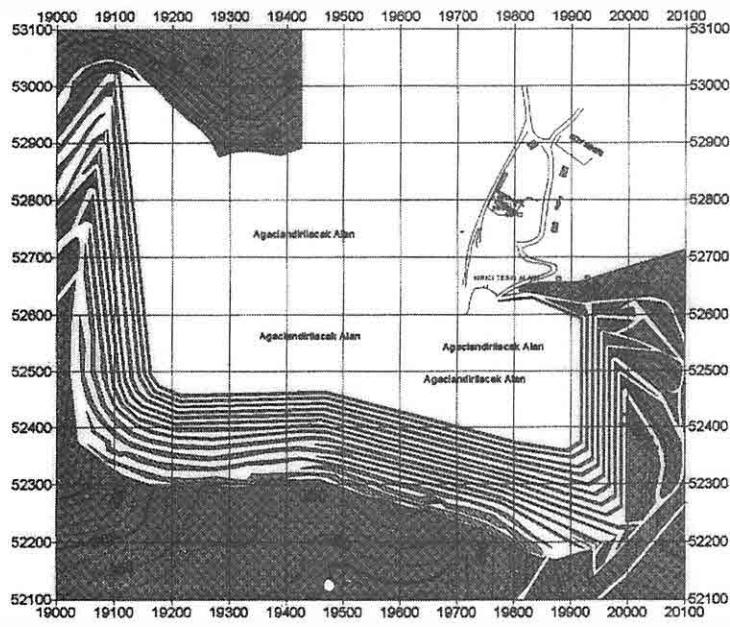
daha önce oluşturulan düzenli basamaklar muhafaza edilirken, bozulmamış topografyanın korunması da sağlanmıştır.

Yeni oluşturulacak basamakların şev açısı $65-70^\circ$, genel şev açısı 45° , basamak yükseklikleri 10 m, nihai basamak genişlikleri 7 m olarak kabul edilmiştir. Bu değerler, rekültivasyon çalışmaları için uygun geometri sağlayacak, kaya mekanığı kriterlerine ve madencilik teknigine uygun olacak şekilde belirlenmiştir.

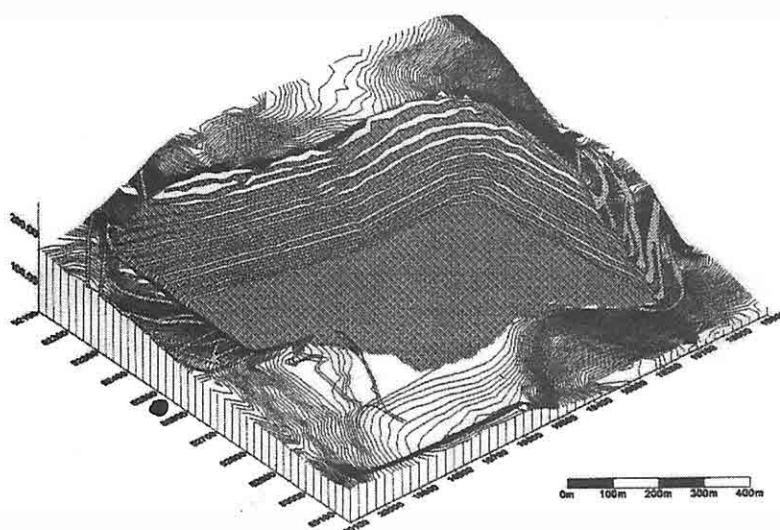
Reabilitasyon çalışmalarına ilk aşamada işletmenin üst kotlarındaki mevcut düzenli basamaklardan başlanması, daha sonra, projeye göre oluşturulacak basamakların sırası ile değerlendirilmeleri öngörlülmüştür. Uygulanacak olan proje sona erdiğinde işletmenin rehabilitasyon çalışmaları da sona ermiş olacaktır.

İşletmenin rehabilitasyonuna yönelik olarak, basamakların aaclandırılması öngörmektedir. Böylece, ocakların güney kısmında bulunan bölgede İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından sürdürülen ağaçlandırma çalışmaları ile de bütünlük salanacaktır. Ağaçlandırma çalışmalarında, bölge iklimine ve ağaçlandırılacak olan araziye en uygun ağaç türü olan "Çam AĞacı", basamak tabanlarının ve şev aynalarının yeşillendirilmesinde ise, kurak ve kırıç yerlerde rahat bir şekilde yetişebilen ve hızla etrafa yayılabilen bir bitki olan "Katır Tırnağı" kullanılacaktır.

Büyükşehir Belediye sınırları içinde kalan taşocaklarının çalışmalarının zaman içinde çevreye olumsuz etkileri



Şekil 3. Bölgenin düzenleme sonrası plan görünümü.



Şekil 4. Bölgenin düzenleme sonrası 3-boyutlu görünümü.

olacağı şüphesizdir. Bu nedenle, orta vadede sözkonusu işletmelerin Büyükkent Belediye sınırları dışına taşınmaları gereklidir. Ocakların mevcut durumları ile terkedilmeleri durumunda, gerek güvenlik gerekse de görsel açıdan olumsuzluklar oluşacak ve gelecekte daha büyük sorunlar ortaya çıkacaktır.

Yerleşim yerleri içerisinde kalan veya yakınında bulunan ocak sahalarının, hazırlanacak olan rehabilitasyon projeleri çerçevesinde, görüntü ve emniyet açısından oluşturdukları olumsuzluklar giderildikten ve bu sahaların yeniden ve farklı amaçlarla kullanımına imkan sağlanmasıından sonra faaliyetlerine son verilmeleri uygun olacaktır.

4. KAYNAKLAR

Konak, G., ve diğerleri, 1998. Çimentaş Türk A.Ş. tarafından Işıkkent Mevkiinde İşletilen Kalker Ocaklarında Yapılan Madencilik Faaliyetleri ve Bunların Çevresel Etkilerinin İncelenmesi, DEÜ Müh. Fak. Araştırma Projesi, İZMİR.

Konak, G., ve diğerleri, 1998. BEMAŞ A.Ş. tarafından Işıkkent Mevkiinde İşletilen Kalker Ocaklarında Yapılan Madencilik Faaliyetleri ve Bunların Çevresel Etkilerinin İncelenmesi, DEÜ Müh. Fak. Araştırma Projesi, İZMİR.

Köse, H., Şimşir, F., Güney, A., 1993. Açık Maden İşletmelerinde Rekültivasyon ve Rekreasyon, DEÜ Müh. Fak. Yayınları No:236, s: 51, İZMİR.

KONYA-SİLLE BÖLGESİ KİLLERİNİN PİŞME ÖZELLİKLERİ

Mehmet Kemal GÖKAY

S. Ü., Maden Müh. Bölümü, Konya/ Türkiye

ÖZET: Killerin mineralojik bileşimleri nedeniyle belirli bir derecede sinterleşmesi, bunların tuğla haline gelmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada Konya-Sille bölgesinden seçilen killerin pişme özelliklerini ve pişme sonucu oluşan tuğlaların su emme özellikleri ve basma dayanımları belirlenmeye çalışılmıştır.

BRICK PROPERTIES OF KONYA-SİLLE REGION

ABSTRACT: Clay minerals due to their mineralogic structure change their crystal structure at certain temperatures and become as a brick. In this study clays extracted from Konya-Sille region were tested for brick manufacturing. The resultant bricks were tested for their compressive strength and water content after keeping them in water for certain period of time.

1. GİRİŞ

Killerin pişme özellikleri uzun yillardır bilinen bir konudur. Yüzyıllardır ayakta duran birçok yapı o yıllarda yapılan tuğlalardan yapılmıştır. Uygun özellikteki killerden yapılan tuğlaların normal iklim şartlarında şekillerini ve özelliklerini bozmaması, dayanımlarını azaltmaması tuğlaların önemli yapı elemanı olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Bunun ekonomik katkısı düşünüldüğünde tuğla yapımına uygun hammaddenin varlığı bir bölge için çok önem taşımaktadır. Bu nedenlerden dolayı Konya-Sille bölgesinde rastlanılan kil türevleri üzerinde yapılan deneylerle bu malzemelerin pişme özelliklerini,

üretilen örnek tuğlaların yoğunlukları, dayanımları ve standartlara uygunlukları incelenmiştir.

Killerin genel özellikleri incelendiğinde, kimyasal içeriklerine ve diğer mineralojik özelliklerine göre bunların kullanıldığı yerlerin değiştiği görülmektedir. Tablo 1 incelendiğinde bu farklılıklar daha da açık bir şekilde görülmektedir. Burada killer; kaba seramik killer, ince seramik killer, refrakter kil, bağlayıcı kil, şiferton kil gibi gruplara ayrılmıştır, (Önem, 1997). Bu çizelgeden de anlaşılacağı gibi killerin en önemli içeriği Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO bileşenleridir. Bu bileşikler pişme sonucu ortaya çıkan tuğlaların

Tablo 1. Killerin kimyasal içerikleri (Önem, 1997) den düzenlenerek.

	Ortalama değer	Kaba seramik killeri	Ince seramik killeri	Refrakter kil	Bağlayıcı kil	Şiferton kil
Al_2O_3 (%)	25.0-32.0	25.0-32.0	25.0-26.0	29.0-70.0	28.0-35.0	30.0- 40.0
SiO_2 (%)	50.0-55.0	-	57.0-60.0	20.0-64.0	70.0	40.0-50.0
Fe_2O_3 (%)	0.5-1.5	1.0	1.8-2.2	0.7-3.0	1.0-5.0	<3.0
CaO (%)	0.5-1.0	-	0.3	0.06-0.96	-	0.5-1.0
MgO (%)	0.5-1.0	-	0.2	0.07-0.43	-	0.5-1.0
K_2O (%)	0.5-1.0	-	2.2	0.04-2.34	-	-
Ateş Kaybı (%)		10.0-13.0	10.0	<15.0	-	-
Plastisite suyu (%)	25.0-35.0	30.0-40.0	20.0-30.0	35.0-40.0	35.0-45.0	-
Pişme rengi 1300 °C < için beyaz, bej		-	beyaz	-	tarçın	-
Pişme küçülmesi (1350°C'de) (%)	-	5.0-6.0	3.0-4.0	-	<12.0	-
110 °C'de kur. küçülmesi (%)	5.0-9.0	6.0	5.0-6.0	-	-	-

kalitesini etkilemektedir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Araştırma bölgesi olan Sille, Konya'nın 7 km batısında yer almaktadır. Sille köyünde uzun zamandan beri faaliyet gösteren küçük çaplı çömlek atölyeleri bulunmaktadır. Bu atölyelerde üretilen el yapımı saksıların bir bölümü 1996 yılında İngiltere'ye ihraç edilmiştir. Kendisine özgü bir üne sahip olan bu atölyelerde kullanılan yerel killerden örnekler alınarak bunların tuğla üretiminde kullanılmıştır. Kullanılabilirliğinin araştırılması bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Atölye hammaddelerinden alınan örnekler ilave olarak bölgede bulunan farklı renk ve özellikteki kil ve testi topraklarından da örnekler alınmıştır.

Örnekleme yerleri Konya merkez olmak üzere Sille ve çevresinden, özellikle Sille'nin kuzey ve kuzey batı civarından seçilmiştir. Örneklerin alınmasında rastgelelik şartı gözetilmiş ve örnekler deneyler için dörtleme işlemi ile azaltılarak hazırlanmıştır. Deneyler için hazırlanan farklı 7 lokasyona ait örneklerin kimyasal içeriği Konya Krom-

Manyezit Tuğla A.Ş. Laboratuvarlarında belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tuğla hazırlama işlemleri için örnekler araziden laboratuvara getirildikten sonra oda sıcaklığında kurumaya bırakılmış, daha sonra elle hissedilebilen iri tanelerin ayıklanması için elenmiştir (-300 m). Örnekler çamurlaştırıldıktan sonra (plastiklik özelliği kazanana kadar su eklendikten sonra), 5x7x15 cm boyutunda hazırlanan kalıplara (preslemeden) dökülmüş, burada kendini tutabilecek seviyeye gelinceye kadar kurutulduktan sonra kalıplardan çıkarılarak 15 gün oda sıcaklığında gölgede kurumaya bırakılmıştır. Örnekler kuruduktan sonra 24 saatlik bir süre için sıcaklığı 110°C de sabit tutulan bir etüv içinde tutulmuştur. Etüvdən çıkarılan örneklerin ağırlığı (W1) ölçülmüş, gözle algılanabilen renk ve yüzey özellikleri kayıt edilmiştir. Örnekler daha sonra yüksek sıcaklık derecelerine kadar (maksimum 1250°C) çıkabilen laboratuvar fırınında 1050°C'de 500-900°C arasında renk değişimi vermişler, 900°C'den sonra kor halinde

Tablo 2. Farklı lokasyonlardan alınan numunelerin kimyasal içeriği.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Al ₂ O ₃ (%)	19.26	9.46	13.49	13.30	6.36	13.53	6.50
SiO ₂ (%)	54.27	51.45	45.16	56.82	31.57	59.27	30.20
Fe ₂ O ₃ (%)	2.83	3.57	4.75	2.90	4.60	3.55	1.46
CaO (%)	0.00	7.88	8.04	2.14	19.79	2.27	25.27
MgO (%)	12.26	12.90	11.04	18.30	6.45	15.69	7.34
Alkaliler (%)	4.65	5.07	3.06	0.88	4.66	0.82	4.60
AteşKaybı (%)	6.73	9.67	14.46	5.66	26.57	4.87	24.63
Renk	A.Mavi	A.Sarı	A.Kahve	K.Kahve	Kırmızı	Sarı	Beyaz

pişirilmiştir. Örnekler pişme sırasında gelmişlerdir. Pişirme işlemi başında örnekler laboratuvar fırınına, fırın içi sıcaklığı oda sıcaklığına eşitken konulmuş, sonra fırın içi sıcaklığı artırılmıştır. Fırın sıcaklığı 900°C ' ye 2 saat içinde kademeli olarak çıkarılmıştır. Fırın sıcaklığı daha sonra 900°C ' den 1050°C ye yarım saat içinde çıkarılmış, tuğlalar 1050°C fırın sıcaklığında bir saat bekletilmiş ve pişirilme işlemi tamamlanmıştır.

Pişirilen tuğlalar daha sonra fırın içinde fırınla birlikte soğumaya bırakılmıştır. Bu süre içinde fırın kapağı kapalı tutularak fırının hızlı soğuması ve tuğlalarda hızlı soğumaya bali çatlamalarının oluşması (termo - dinamik etkileşmeler) engellenmek istenmiştir. Soğumaya terk edilen örnek tuğlalar pişirme işleminden 24 saat sonra fırından çıkarılmış, yine gözle algılanabilen renk ve yüzey özellikleri kayıt edildikten sonra ağırlıkları (W_2) tartılmıştır. Pişirme işlemine giren 7. lokasyona ait örneklerin pişirmeden sonra tuğla özelliğine sahip olamadıkları ve hemen dağıldıkları gözlemiştir. Benzer şekilde 3. lokasyona ait örnek tuğlaların dayanıksız oldukları belirlenmiş daha sonra bunların soğuma sırasında kırılarak dağıldıkları görülmüştür. Tuğla örneklerinin pişme sonrası ve öncesi ağırlıkları arasındaki fark (W_2-W_1) tuğla örneklerinin pişme ağırlık kaybı veya ateş zayıflığı olarak bilinmektedir. Bu ağırlık kaybı yüksek sıcaklıkta kaybedilen kil kristal suyu ve ışıyla uzaklaşan CO_2 , SO_2 ve başka gazlardan oluşmaktadır ve deney numuneleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Bu işlemlerden sonra, elde edilen tuğla örneklerinin su emme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Örnekler 1, 12 ve 90 gün süreyle normal atmosfer basıncı altında su içine tamamen batırılmış olarak bekletilmiştir. Suya batırılmadan önceki ağırlığı ile suda bekledikten sonraki ağırlıklar arasında yapılan karşılaştırma örneklerin su emme özelliklerini vermiştir.

Elde edilen deney sonuçlarının incelenmesi

Bu araştırma sırasında yapılan laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar Tablo 3 ve 4' de verilmiştir. Bu sonuçlara göre yoğunluğu en az olan tuğla 3. lokasyonun 2.rneğidir. Lokasyonlara göre elde edilen tuğla yoğunlukları sırasıyla; 1.736, 1.736, 1.636, 1.692, 1.603, 1.816, 1.746 gr/cm^3 olarak bulunmuştur. Bu değerler arasında fazla bir fark olmamasına rağmen sınır değerler; minimum 1.603 gr/cm^3 ve maksimum 1.816 gr/cm^3 dir.

Türk Standardları Enstitüsünün verdiği TS 704, TS 705, TS 4377 sayılı standartlarda verilen tuğlaların yoğunluk değerleri, tuğlaların hacimsel yoğunlukları olup, her tuğlanın değişmez kütleye kadar kurutulduktan sonra bunların delikleri ile birlikte birim hacminin ağırlığıdır. Bu değer harman tuğlasında $1.40 \text{ gr}/\text{cm}^3$, fabrika tuğlalarında $1.00-2.00 \text{ gr}/\text{cm}^3$, döşeme tuğlalarında $1.00-1.30 \text{ gr}/\text{cm}^3$ arasında değişmektedir. Deneyler sonucu elde edilen minimum tuğla yoğunluğunun $1.603 \text{ gr}/\text{cm}^3$ olduğu düşünüldüğünde bu

KONYA-SİLLE BÖLGESİ KİLLERİNİN PİŞME ÖZELLİKLERİ

Tablo 3. Tuğla pişirme deney sonuçları.

Örnek #	Hacim (cm ³)	Kil rengi	W11 Ağ. (gr)	W12 A.(gr)	Ateş kayıbı (%)	Tuğla yoğ. (gr/cm ³)	Shore sertlik indisi	Pişme rengi	Nokta Yük. İn. Is (50) (Mpa)	σc(50) (Mpa)
1 ₁	65	A. mavi	118.342	111.414	5.85	1.71	45-55	krem	1.650	39.106
1 ₂	66	"	128.606	120.882	6.00	1.83	50-60	"	-	-
1 ₃	65	"	115.705	108.984	5.81	1.67	50-60	"	1.128	26.673
2 ₁	58	A. Sarı	115.339	98.299	14.77	1.69	40-55	A.sarı	3.562	85.249
2 ₂	56	"	122.922	104.712	14.81	1.86	45-50	"	1.687	39.739
2 ₃	69	"	134.974	114.928	14.85	1.66	30-40	"	3.752	85.978
3 ₁	81	A. kah.	148.329	132.858	10.43	1.64	-	A. kır.	Dağıldı	-
3 ₂	64	"	109.890	98.300	10.54	1.53	-	"	"	-
3 ₃	70	"	135.343	121.151	10.48	1.73	-	"	"	-
3 ₄	85	"	154.692	138.734	10.32	1.63	-	"	"	-
3 ₅	91	"	167.762	150.531	10.27	1.65	-	"	"	-
4 ₁	68	K. kahve	122.460	114.831	6.23	1.68	55-65	A.Sarı	3.594	85.701
4 ₂	70	"	121.092	113.735	6.07	1.62	55-65	"	2.647	63.436
4 ₃	82	"	148.257	139.277	6.06	1.69	45-55	"	2.472	59.011
4 ₄	67	"	127.654	119.767	6.18	1.78	55-65	"	2.807	66.544
5 ₁	60	Kırmızı	121.870	94.024	22.84	1.56	18-20	A.kırm.	2.617	62.877
5 ₂	60	"	126.702	98.119	22.56	1.63	12-20	"	4.177	100.582
5 ₃	52	"	110.160	84.951	22.88	1.62	25-35	"	2.469	58.769
6 ₁	55	Sarı	106.952	101.814	4.80	1.85	35-45	Kırmızı	-	-
6 ₂	55	"	105.626	100.575	4.78	1.82	30-45	"	0.481	11.535
6 ₃	52	"	97.492	92.747	4.86	1.78	35-45	"	0.321	7.696
7 ₁	57	Beyaz	125.256	102.268	18.35	1.79	-	Kirli bey.	Dağıldı	-
7 ₂	52	"	112.866	95.521	15.36	1.83	-	"	"	-
7 ₃	68	"	133.439	110.268	17.36	1.62	-	"	"	-

değerin harman tuğlaları ve döşeme tuğlaları standardından yüksek olduğu görülmektedir. Bu karşılaştırmanın fabrika tuğası olarak tanımlanan ve içinde delikleri bulunan tuğlalarla karşılaşılmamasının nedeni deneyde kullanılan örneklerin harman tuğası gibi masif deliksiz olarak kalıplanmış olmasındandır. Bu nedenle elde edilen

tuğlaların hafifletilmesi amacıyla ek çalışmalar gereksinme duyulmaktadır. Bu deneyler sonucu elde edilen ateş zayıflığı değerleri laboratuvar ateş zayıflığı değerleriyle benzerlik göstermektedir. Her ikisinde de ateş zayıflığı en fazla olan kil örneklerinin 5. lokasyondan alınanlar olduğu, en az ateş zayıflığını da 1. ve 4. lokasyon örneklerinin verdiği

gözlenmiştir.

Pişmiş tuğla örnekleri üzerinde yapılan Shore Scelorescope yüzey sertlik deneylerinde tuğlaların hepsinin 30-65 indis değerine eşit sertlik verdikleri görülmüş, fakat indis değerlerinin örnekler arasında ayırm yapacak kadar bir farklılaşma göstermediği gözlenmiştir.

Aynı örnekler üzerinde yapılan nokta yükleme deneylerinde, dağılan 3. ve 7. lokasyon örneklerinin dışında minimum

ortalama tek eksenli basma dayanım değerleri ise 9.615-74.076 MPa olarak belirlenmiştir, (Tablo 3). Basma dayanımlarına göre tuğla örnekleri zayıftan sağlamaya doğru sıralandığında 6. lokasyon (9.615 MPa), 1. lokasyon (32.889 MPa), 4. lokasyon (68.673 MPa) 2. lokasyon (70.322 MPa) ve 5. lokasyon (74.076 MPa) sıralaması elde edilmiştir.

TSE' nin TS 704 standardında harman tuğlaları için verilen ortalama basma dayanımı, orta dayanımlı DOHT/50

Tablo 4. Tuğla su emdirme deney sonuçları.

Örnek #	W13 24 saat su em. Ağırlık (gr)	24 saatte su emme Oranı (%)	W14 12 gün su em. Ağırlığı (gr)	12 gün su emme oranı (%)	W15 90 gün su em. Ağırlığı (gr)	90 gün su emme oranı(%)
1 ₁	132.516	18.94	134.438	20.66	-	-
1 ₂	139.858	15.69	141.276	16.87	-	-
1 ₃	131.945	21.07	133.740	22.71	136.454	25.20
2 ₁	118.374	20.42	119.743	21.81	121.666	23.77
2 ₂	125.252	19.61	127.667	21.92	-	-
2 ₃	137.002	19.20	138.787	20.75	-	-
4 ₁	131.821	14.79	133.862	16.57	136.175	18.58
4 ₂	129.437	13.80	131.296	15.44	-	-
4 ₃	158.022	13.45	160.514	15.24	-	-
4 ₄	137.254	14.60	139.755	16.68	-	-
5 ₁	125.139	33.09	126.377	34.40	-	-
5 ₂	129.581	32.06	130.796	33.30	-	-
5 ₃	113.916	34.09	114.780	35.11	115.508	35.97
6 ₁	127.084	24.82	129.821	27.51	-	-
6 ₂	125.315	24.59	128.550	27.81	-	-
6 ₃	115.585	24.62	118.856	28.15	122.181	31.73

nokta yükleme indis değeri 6. lokasyonda 0.3 ve 0.4 MPa olarak, maksimum nokta yükleme indis değerleri de 2. lokasyonda 3.5-3.7 MPa olarak bulunmuştur.

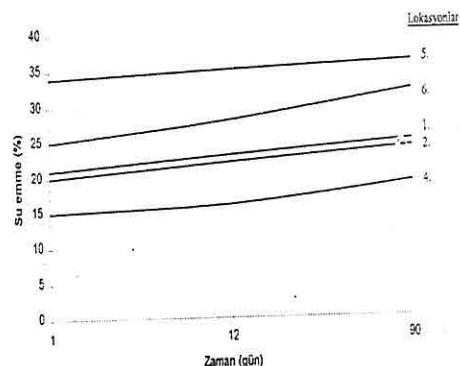
Bu değerlere bağlı olarak hesaplanan

sembollü tuğlalar için 5.00 MPa, Az dayanımlı DOHT/30 sembollü tuğlalar için 3.00 MPa olarak verilirken bu tuğlaların minimum basma dayanım sınırları sırasıyla 4.00 MPa ve 2.50 MPa

olarak belirtilmektedir. TS 4377 de fabrika tuğlalarının sınıflarına göre olmaları gereken minimum basma dayanımı 2.35 MPa (0.7 sınıfı, I tip tuğlalar) ile 6.28 MPa (1.0 sınıf, II tip tuğlalar) arasında değişmektedir. TS 705 de ise minimum basma dayanım değerleri 4.40 MPa (1.2/60 sembolü tuğlalar) ile 18.60 MPa (2.0/240 sembolü tuğlalar) arasında değişmektedir. Bu tuğlalar için olmaları gereken maksimum basma dayanımı sınırlaması bulunmamaktadır. Çalışmalar sırasında elde edilen tuğla örneklerinin basma dayanımlarının, bu sınır değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Yalnızca 6. lokasyon ortalama değeri (9.61 MPa) verilen minimum değerlerin bir kısmıyla uyum sağlamamakta dır.

Su emme deney sonuçları incelendiğinde ağırlıkça en çok su emme oranı 5. lokasyonda görülmüştür (ortalama % 28.46). En az su emen örnekler ise 4. lokasyon örnekleridir (ortalama % 14.01). Örneklerin su içinde bekletilme süreleri artırıldıkça su emme oranı artmaktadır. Fakat bu artış oranı zaman içinde yavaşlayarak sonsuzda (∞) belirli bir orana yaklaşmaktadır (Şekil 1). Bu şeviden de anlaşıldığı gibi su emme oranı limitleri 1 gün için %13.45-34.09, 12 gün için %15.24-35.11 ve 90 gün için %18.58-35.97 arasında değişmektedir. TS 704 de harman tuğlaları için ağırlıkça su emme oranının sınırı maksimum %18.00 olarak verilmektedir. Sille killerinde ağırlıkça su emme oranları; (minimum orandan başlayarak) 4. lokasyon için % 14.30, 1. lokasyon için % 18.81, 2. lokasyon için

% 20.03, 6. lokasyon için % 25.19 ve 5. lokasyon için % 28.69' dır. Bu sonuçlara göre 1. ve 4. lokasyon dışındaki lokasyonlardan alınan örneklerden elde edilen tuğlaların su emme oranları standartlardan yüksek çıkmış ve kullanıma uygun görülmemiştir.



Şekil 1. Numunelerin su emme oranlarının zamana göre değişimi.

4. SONUÇ

Konya-Sille civarındaki 7 farklı lokasyondan alınan killer pişirilerek tuğla örnekleri hazırlanmıştır. Bu örnekler üzerinde yapılan deneylerle, bunların standartlara uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre, bu tuğlaların standartlara göre biraz ağır olduğu ve su emme miktarlarının da 1. ve 4. lokasyonlar dışında fazla olduğu görülmüştür. Aynı tuğla numunelerinin basma dayanımlarının ortalama 9.61-74.07 MPa arasında değiştiği bulunmuştur. Bu değerler standartlarda istenen minimum basma dayanımı limitlerinden yüksek olduğundan basma dayanımında tuğla numunelerinde bir problemin görülmeyeceği

mektedir. Sonuçta bu killerden elde edilen tuğlaların hafifletilmesi ve su emme değerlerinin düşürülmesi için killerin birbirleriyle karıştırılarak kullanılması dahil bazı ek çalışmaların yapılması gerektiği görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

Önem, Y. 1997. Sanayi madenleri, Kozan Ofset, Ankara.

TS 704, 1979. Duvarlar için harman tuğları standardı, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

TS 705, 1985. Duvarlar için dolu ve düşey delikli fabrika tuğları standardı, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

TS 4377, 1985. Duvarlar için düşey delikli hafif fabrika tuğları standardı, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

**LABORATUVAR ÇAPLI BİR ÇENELİ KIRICININ KAPASİTESİNÉ
TESİRLİ BOYUT KÜÇÜLTME ORANININ VE KÖMÜR TÜRÜNÜN
ETKİLERİ**

Vedat DENİZ ve Nilüfer SOYDAN

S.D.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta/Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, beş farklı özellikteki kömür örneklerinin laboratuvar tip çeneli kırıcıda (10×12 cm), dört farklı tesirli boyut küçültme oranlarında (2.5, 5, 10 ve 20), üç farklı boyut fraksiyonunda, kırıcı kapasitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Testlerden, tek kademe yerine 3 kademe uyalamayla kapasitenin, kömür türüne göre % 38 ile % 82 oranında artma eğiliminde olduğu ve elde edilen ürün açısından ise kademeli olarak kırma işleminde daha homojen bir ürün elde edildiği ortaya çıkmıştır.

Sonuçta, kırıcı seçiminde kömür türünün, boyuta bağlı olarak boyut küçültme oranının önemli olduğu, deneysel sonuçlardan ortaya çıkmıştır. Kırıcı tipinin belirlenmesinde gelenekler ve alışkanlıklar yerine, gerekli testlerin yapılmasının önemi vurgulanmıştır.

**EFFECTS OF COAL TYPE AND EFFECTIVE REDUCTION RATIO ON
CAPACITY IN A LABORATORY SCALE JAW CRUSHERS**

ABSTRACT: In this study, the effect at the three different particle sizes and four different effective reduction ratio are investigated on the five different characteristic coal samples depend on the capacity of crusher in the laboratory type Jaw crusher (10×12 cm).

In these tests, the capacity with three stage reduction instead of the one stage reduction has been made to increased in 38% with 82% ratio according to coal type. Additionally, distributions obtained products are more homogeneity.

As a result of study, selection of crusher type can be obtained more important of coal type and reduction ratio depend on coal sizes. Determination of crusher type can be emphasized more important from made of necessary tests instead of habits and traditions.

1.GİRİŞ

Günümüz Türkiye'sinde kömür, temel enerji kaynağı olması ve yüksek rezerve sahip olması nedeniyle önemli bir yere sahiptir.

Kömür, çıkartılmasından tüketiciye ulaşıcaya kadar bir çok aşamada ufalama işlemine maruz kalmaktadır. Ev yakıtı olarak kullanımda Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığının genelgesi doğrultusunda, 200 mm'nin altında olması şartı, zenginleştirme işlemlerinde serbestleşme boyutuna indirilme ihtiyacı ve piyasanın (Biriket, Tuğla, Tekstil gibi) arzu ettiği değişik boyut fraksiyonlarının sağlanması gibi durumlar için kömürün kırılması gerekmektedir.

Kırma ve öğütme işlemlerinde enerji gereksinimi oldukça yüksektir. Enerjinin, işletmeler açısından önemli bir sorun olduğu gerçeği göz ardı edilemez. Cevher hazırlama işlemlerinde kullanılan bir çok boyut küçültme ekipmanları bulunmakla birlikte, uygun ekipmanın seçimi ve kırcı özelliğlerinin optimisasyonu, boyut küçültme işlemleri açısından önemlidir.

Çeneli kırcıların ilk yatırım ve bakım masrafları diğer kırcılaraya nazaran daha düşüktür. Ayrıca, boyut küçültme oranının değiştirilme kolaylı, taşınması sırasında sökülüp parçalarının ayrılabilmesi ve bakım açısından diğer kırcılarla oranla daha kolaydır (İpekoğlu, 1987; Özdağ, 1992).

Günümüzde yerli imali söz konusu olması ve ucuz olusuya, devlete ait bir çok büyük kömür işletmelerinde (G.L.İ. ve E.L.İ gibi) kömürün ufanmasına

Çeneli kırcılar kullanılmaktadır. Bu gerekçelerden ötürü, küçük ve orta ölçekli özel kömür işletmelerinde de çeneli kırcıların kullanıldığı görülmektedir. Bu tür küçük ve orta ölçekli işletmelerde kırcı seçiminde gelenek ve alışkanlıklar ön planda olup kömür özelliği ve çalışma özelliklerinin etkisi hesaba genelde katılmamaktadır.

Kömürün öğütülmesi ile ilgili olarak; McIntry & Plitt (1980), Doğan v.d. (1984), Deniz v.d. (1996) ve Deniz (1998) gibi bir çok araştırmacı çalışmalarında bulunmuş, fakat özellikle Çeneli kırcılarla kömürün kırılması ile ilgili çalışmaya pek rastlanmamaktadır.

Günümüzde, işletme giderlerinden olan ufalama masrafı, önemli bir paya sahip olması nedeniyle seçilecek olan cihaz tipi ve çalışma şartları önemle durulması gereken unsurlardan olmaktadır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Farklı özelliklere sahip beş tür kömür örneği (Tablo1), öncelikle -90+50, 50+25 ve -25+12.5 mm boyut fraksiyonlarına gruplanmış ve yaklaşık 250 kg'lık numuneler her bir test işlemi için hazırlanmıştır.

Deneyclerde, 10x12 cm'lik ağız açıklığında ve 31.5 cm'lik çene uzunluğuna sahip Retsch marka laboratuvar tip tek istinat kollu çeneli kırcı kullanılmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Deneysel İşleyiş

Kırma işlemleri sırasında, üç farklı boyut fraksiyonuna (-90+50, -50+25 ve

-25+12.5 mm) hazırlanan beş farklı kömür örneği, 4 farklı tesirli boyut küçültme oranında (2.5, 5, 10 ve 20), zamana bağlı olarak kapasite değişimleri ölçülmüştür.

Tablo 1. Kömür örneklerinin nem, kül ve alt ısı değerleri

Adı	% Nem	% Kül	A.I.D. kcal/kg
Soma	12.60	9.52	5000
Tunçbilek	10.80	14.10	4880
Aydın	17.91	15.55	4150
Kale	21.15	14.04	3650
Yukarı Kaşıkara	26.39	16.64	3200

3.2. Deney Sonuçları ve İlişkilendirmeler

Soma kömürünün üç boyut fraksiyonunda 4 farklı tesirli boyut küçültme oranında ki kapasite değişimi Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü üzere, tesirli boyut küçültme oranının kapasiteyi oldukça fazla etkilediği ve boyut fraksiyonun küçülmesi'de kapasiteye belirgin bir oranda düşürügü gözükmemektedir.

Tunçbilek kömürünün, 3 boyut fraksiyonundaki farklı tesirli boyut küçültme oranında yapılan testler sonucu kapasiteye bağlı olarak ilişkilendirmeler Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü üzere Soma kömür örneğindeki benzer sonuçlar Tunçbilek örneğinde de boyut küçültme oranının artmasıyla kapasite'de büyük ölçüde düşüş gözlenmiştir. Boyut fraksiyonu küçüldükçe kapasitedeki hızlı düşüşün

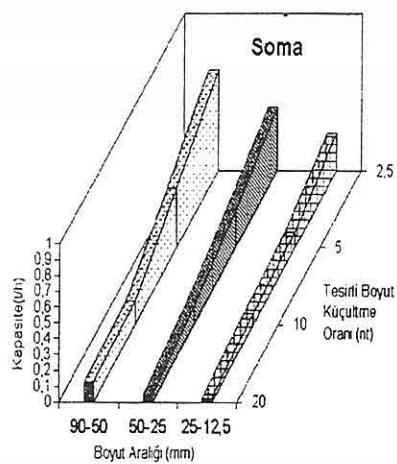
Tunçbilek kömürünün iri boytlarda zayıflık noktalarının bulunusu ve ince boytlarda bu zayıflığın azalmasına dayandırılabilir.

Aydın kömür örneğinin üç farklı boyut fraksiyonunda yapılan testlerde, boyut küçültme oranının kapasiteyle olan ilişkisi Şekil 3.'de verilmiştir. Buna göre, özellikle Aydın kömürünün, iri boyut fraksiyonunda kırma oranın etkisi belirgin bir şekilde gözükmektedir.

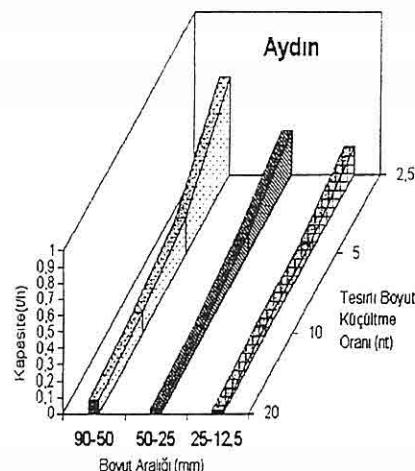
Kale kömür örneği üzerinde kapasiteye bağlı olarak yapılan test sonuçlarından (Şekil 4), genel özellik diğer üç kömürün gösterdiği kırılma davranışını sergilemekle birlikte, özellikle tesirli boyut küçültme oranının artmasıyla kapasite değişim aralığı azalmaktadır.

Yukarıkaşıkara kömür örneğinin, üç farklı boyut fraksiyonundaki, tesirli boyut küçültme oranının, kapasite üzerindeki etkisi Şekil 5'de verilmiştir. Şekil 5'de de görüldüğü üzere, tesirli boyut küçültme oranının artması ve boyutun küçülmesiyle bir kapasite düşüklüğünün genel bekłentisi içinde kalmakla birlikte, özellikle Soma ve Tunçbilek kömür örneklerinde gözlenen kapasite değişimindeki etkisi bu kömür örneğinde fazla olmamıştır.

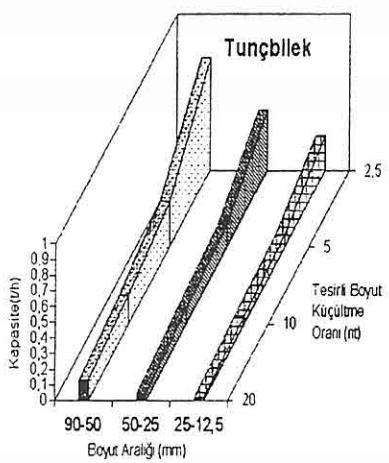
Kömür türüne göre ayrı ayrı yapılan değerlendirme dışında boyut fraksiyonuna göre (-90+50 mm, -50+25 mm, -25+12.5 mm) kömür cinslerinin etkisini ortaya net olarak koymak için bir inceleme yapılmış ve sonuçları Şekil 6, 7 ve 8'de verilmiştir. Şekillerden görüldüğü üzere kömür kalitesi düştükçe kapasitenin düşme eğilimi özellikle boyut



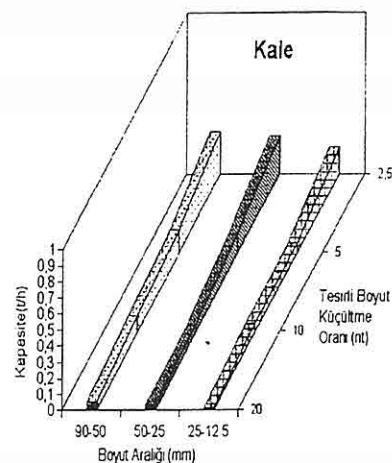
Şekil 1. Soma kömür örneğinin tesirli boyut küçültme oranı ve boyut fraksiyonundaki kapasite değişimi



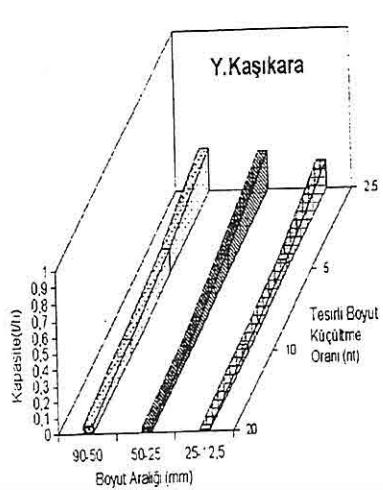
Şekil 3. Aydin kömür örneğinin tesirli boyut küçültme oranı ve boyut fraksiyonundaki kapasite değişimi



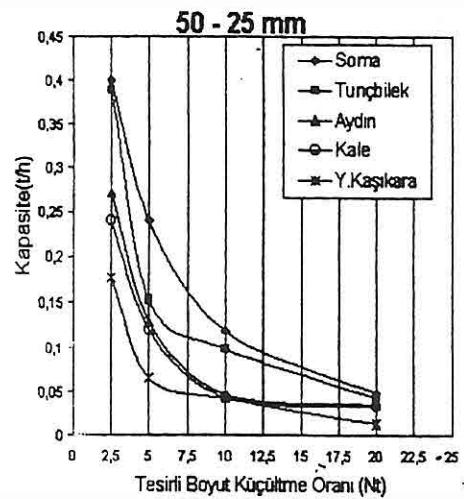
Şekil 2. Tunçbilek kömür örneğinin tesirli boyut küçültme oranı ve boyut fraksiyonundaki kapasite değişimi



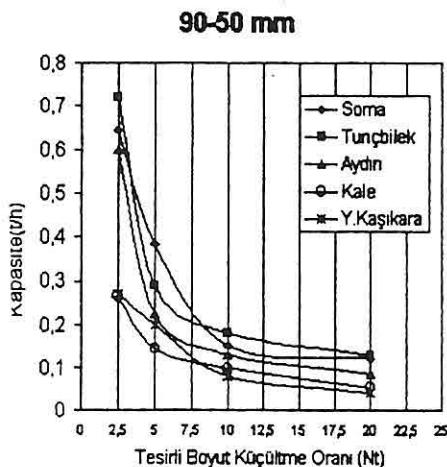
Şekil 4. Kale kömür örneğinin tesirli boyut küçültme oranı ve boyut fraksiyonundaki kapasite değişimi



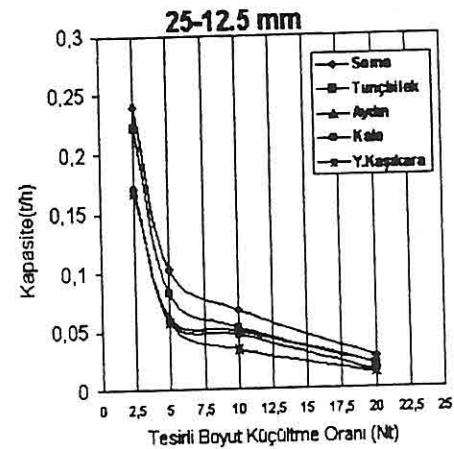
Şekil 5. Yukarıkaşıkara kömür örneğinin tesirli boyut küçültme oranı ve boyut fraksiyonundaki kapasite değişimi



Şekil 7. -50 +25 mm boyut fraksiyonunda kömür cinslerine göre tesirli boyut küçültme oranıyla kapasite değişimi



Şekil 6. -90 +50 mm boyut fraksiyonunda kömür cinslerine göre tesirli boyut küçültme oranıyla kapasite değişimi



Şekil 8. -25 +12,5 mm boyut fraksiyonunda kömür cinslerine göre tesirli boyut küçültme oranıyla kapasite değişimi

küçültme oranı 2.5 olduğu durumda çok daha belirgin olarak gözlenmektedir.

3.3. Kapasite Hesaplamaları

Kapasite ölçümlerinin; kömür türü ve tesirli boyut küçültme oranının etkisi $-90+50$ mm'lik boyutun 12.5 mm'nin altına tek kademe ve üç kademede kırılmasının bir karşılaştırılması yapılmıştır.

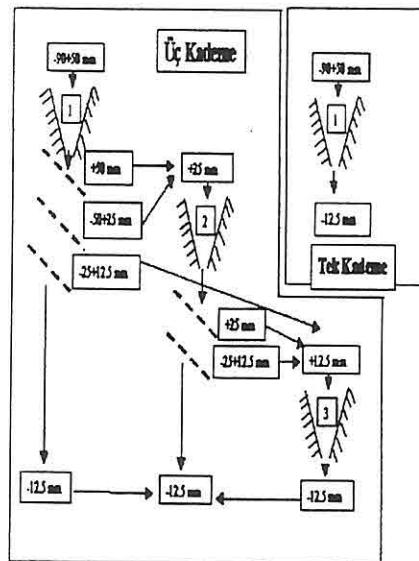
Kömür türlerine göre tek ve üç kademe ile kırma işlemi sonucu kapasite ölçümleri Tablo 2'de verilmiştir.

Üç kademeli ve tek kademeli kırma işleminde uygulanan işlemin akım şeması Şekil 9'da verilmiştir.

Tablo 2. 12.5 mm'nin altına Tek ve Üç kademe ile yapılan Kırma işlemindeki Kapasite ölçümleri

Adı	Tek Kademe kg/h	Üç Kademe kg/h	Artış %'si
Soma	180	327	82
Tunçbilek	178	287	61
Aydın	121	190	57
Kale	99	137	38
Y. Kaşikara	90	128	42

Kapasitenin, kömür türüne göre kademesiz kırma işleminde 90 kg/h'den 180 kg/h'e kadar, kademelide ise 128 kg/h'den 327 kg/h'e çıkabilmekte, ayrıca kömür kalitesine göre tek kademelide %100 üç kademe %155 oranında kapasitede de artma göstermektedir.



Şekil 9. Tek ve üç kademeli kırma işleminin işleyişi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan tüm testler sonucunda; tesirli boyut küçültme oranının etkisi oldukça önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Hemen hemen tüm kömür örnekleri için tesirli boyut küçültme oranının 2.5 olduğu durumda, en yüksek kapasitenin elde edileceği belirlenmiştir. Daha yüksek boyut küçültme oranlarında, kapasitenin exponansiyel olarak hızla düşüğü tespit edilmiştir.

Üç farklı boyut fraksiyonundaki testlerde; kapasitenin özellikle kömür türünün iyi olduğu Tunçbilek ve Soma kömür örneklerinde, kapasite değişimi daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle kömür kalitesinin (düşük nem ve kül oranında) artmasıyla çeneli

kırıcılarda daha yüksek kapasitenin elde edileceği belirlenmiştir.

Iri boyutlar ile ince boyutlar arasındaki kapasite farklılığının, boyutun küçüldükçe Griffith türü çatlakların kaybolmasıyla açıklanabilir.

Kömür özelliği içerisindeki nem ve kül değerlerinin etkisi tüm grafiklerde ortaya çıkmıştır. Buna göre, özellikle nemin kırma işleminde kömür dayanımını artırdığı net olarak ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlardan çeneli kırcı seçiminde kömür özelliklerinin bilinmesi şarttır.

Kırma oranlarındaki artışın kapasitedeki önemli oranda düşme eğiliminde olması nedeniyle bir kademe boyut küçültme işlemi yerine aynı boyuta birden fazla kademedede boyut küçültme işleminin yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada göstermiştirki, kırcı seçiminde gelenekler ve alışkanlıklar yerine, kömür türünün özellikleri ve çalışma şartlarının dikkate alınması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

Deniz, V., Balta, G. and Yamik A., 1996, *The Interrelationships between Bond Grindability of Coals and Impact Strength Index (ISI), Point Load Index (Is) and Friability Index (FD), Changing Scopes in Mineral Processing*, A.A. Balkema/Rotterdam, 15-20 pp.

Deniz, V., 1998, *The Effect of Moisture Content on Grindability of Coal and Coal Mixtures, GEOSOUND Science and Technology Bulletin on Earth Science, No=32 , 11-18 pp.*

Doğan, Z.M., Hoşten, Ç. ve Başol, A., 1984, *Kömür Rutubetinin Türkiyedeki Bazi Linyitlerin Öğütülebilirliğine Etkisi, 4. Kömür Kongresi, 251-259 s.*

McIntyre, A. and Plitt, L.R., 1980, *The Interrelationship between Bond and Hardgrove Grindabilities, CIM Bullentin, June, 149-155 pp.*

İpekoğlu, Ü., 1987, *Cevher Hazırlama, DEÜ., Müh.-Mim. Fak., MMF/MAT-89, EY-179, İzmir.*

Özdağ, H., 1992, *Cevher Hazırlama-I, A.Ü., Müh.-Mim. Fakültesi yayınları, Yayın No=107, Eskişehir.*

KONYA FORMASYONUNUN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ**Adnan ÖZDEMİR***S. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye***İbrahim AKBULUT***MTA, Orta Anadolu II. Bölge Müdürlüğü, Konya/Türkiye*

ÖZET: Bu çalışmada, Pliyo-Kuvaterner yaşı gevşek çökellerden oluşan Konya formasyonunun jeoteknik özellikleri incelenmiş ve bunların değişim aralıkları ile ortalama değerleri belirlenmiştir. İnceleme alanında Loras kireçtaşı (Triyas - Jura) tabanda yer alır. Apa ve Dilekçi formasyonları (kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn, konglomera, dasit, andezit, tuf, aglomera - Üst Miyosen-Pliyosen), Loras kireçtaşını uyumsuz olarak örter. Birbiriyle yanal-düsey geçişli çakıl, kum, silt ve kil gibi gevşek çökellerden oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşı Konya formasyonu da Üst Miyosen-Pliyosen yaşı birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Konya formasyonu üzerine de güncel oluşumlu yamaç molozları (Beşyüzevler formasyonu) ve alüvyonlar (Karahöyük formasyonu) yine uyumsuz olarak gelişimini sürdürmektedir. Yukarıda sözü edilen gevşek çökeller göl ortamında, göle dökülen akarsuyun ağız kesiminde veya nehir ortamında çökelmişlerdir. Konya şehir yerleşimi bu son üç formasyon üzerindedir. Konya çevresinde yeraltısı su seviyesi derinliği 3 - 20 m arasında olup, yeraltısı su akım yönü kuzyede doğuya, güneyde ise kuzyedoguyadır.

Sondaj loglarının incelenmesiyle Konya formasyonunda altı seviye ayırtlanmıştır. Her bir seviyeye ilişkin birim hacim ağırlığı, su içeriği, likit limit, plastik limit, tek eksenli sıkışma dayanımı, kohezyon, içsel sürtünme açısı ve standart penetrasyon değerlerinin ($SPT N_{30}$) değişim sınırları ile ortalama değerleri ve standart sapmaları belirlenmiştir. Bu verilere göre, yöre çakıl zemininde ortalama içsel sürtünme açısının 28° ile 40° arasında, $SPT N_{30}$ değerinin ise 28-50 arasında değiştiği belirlenmiştir. Kumda standart penetrasyon değerinin (N_{30}) 18 ile 50 arasında değiştiği ancak genelde 25 civarında olduğu, buna göre içsel sürtünme açısının da 30° - 45° arasında olabileceği tespit edilmiştir. Düşük plastisiteli inorganik kilde kohezyon 47 kN/m^2 , içsel sürtünme açısı 17° , $SPT N_{30}$ değeri 24, az kum içeren düşük plastisiteli inorganik kilde ise bu değerler sırasıyla 21 kN/m^2 , 43° ve 27 olarak belirlenmiştir. Yüksek plastisiteli inorganik kilde de kohezyon 110 kN/m^2 , içsel sürtünme açısı 10° , $SPT N_{30}$ değeri de 16 olarak tespit edilmiştir.

GEOTHECNICAL PROPERTIES OF KONYA FORMATION

ABSTRACT: In this study, the geotechnical properties of Konya formation formed loose deposits are investigated and ranges of soil parameters and their average values are determined. In the vicinity of Konya, Loras limestone (Trias - Jurassic) is lies at the

base. Apa and Dilekçi formations (limestone, clayey limestone, marl, conglomerate, dasite, andesite, agglomerate, tuff - Upper Miocene-Pliocene) lies unconformably overlay the Loras limestone. The Konya formation (gravel, sand, silt and clay-Pleistocene) unconformably overlies Loras limestone, Apa and Dilekçi formations. Sediments of The Konya formation are deposited in the lagoon, delta or river environments. Beşyüzevler formation (talus-Holocene) and Karahüyük formation (alluvium-Holocene) covers all the above mentioned deposits. The city of Konya has been founded on the above mentioned formations. The depth of groundwater level generally is around 3 - 20 m below the surface . In the study area, direction of the groundwater flow is towards to East in the North, and to Northeast in the South.

In the study area, six different soil zones have been determined as a result of bore hole investigation. Ranges limits, average values and standard deviation of unit weight, water content, liquid limit, plastic limit, uniaxial compression strength, cohesion, internal friction angle and standard penetration numbers have been determined for each soil zone.

Based on these data, for the gravel soil , ranges limits are determined between 28°-40° for internal friction angle and 28-50 for standard penetration tests. Standard penetration test values ranges between 28-50 for sandy soil, but their average values are generally around 25. Based on this value, internal friction angle for sand soil is estimated between 30°-45° . The average values of cohesion and internal friction angle and SPT values have been determined respectively as 47 kN/m².170, 24 for low plasticity inorganic clay and as 21 kN/m²,43°, 27 for slightly sandy low plasticity inorganic clay. On the other hand cohesion, internal friction angle and SPT values of high plasticity inorganic clay have been determined respectively as 110 kN/m².. 10°, 16.

1. GİRİŞ

Geniş alan üzerine inşa edilecek olan mühendislik yapılarının zemini hakkında jeomekanik bilgi temin etmede, detay çalışmalarına girişilmeden önce, ilgili yörede yapılmış olan daha küçük ölçekli temel jeoloji ve varsa mühendislik jeolojisi haritaları incelenmekte ve o yöreyle ilgili jeoloji-jeomekanik bilgiler toplanmaktadır. Gerçekleştirilen bu genel inceleme daha sonra yapılacak olan detay araştırmaların planlanıp programlanması sırasında kullanılmakta, bu

çalışmaların daha çabuk ve ekonomik yapılmasına yardımcı olmaktadır. Kisacası bu anlamda yapılan genel çalışmalar, geniş alanı ilgilendiren mühendislik projelerinin tasarımda, onlara ön veri temin etme bakımından oldukça faydalı olmaktadır.

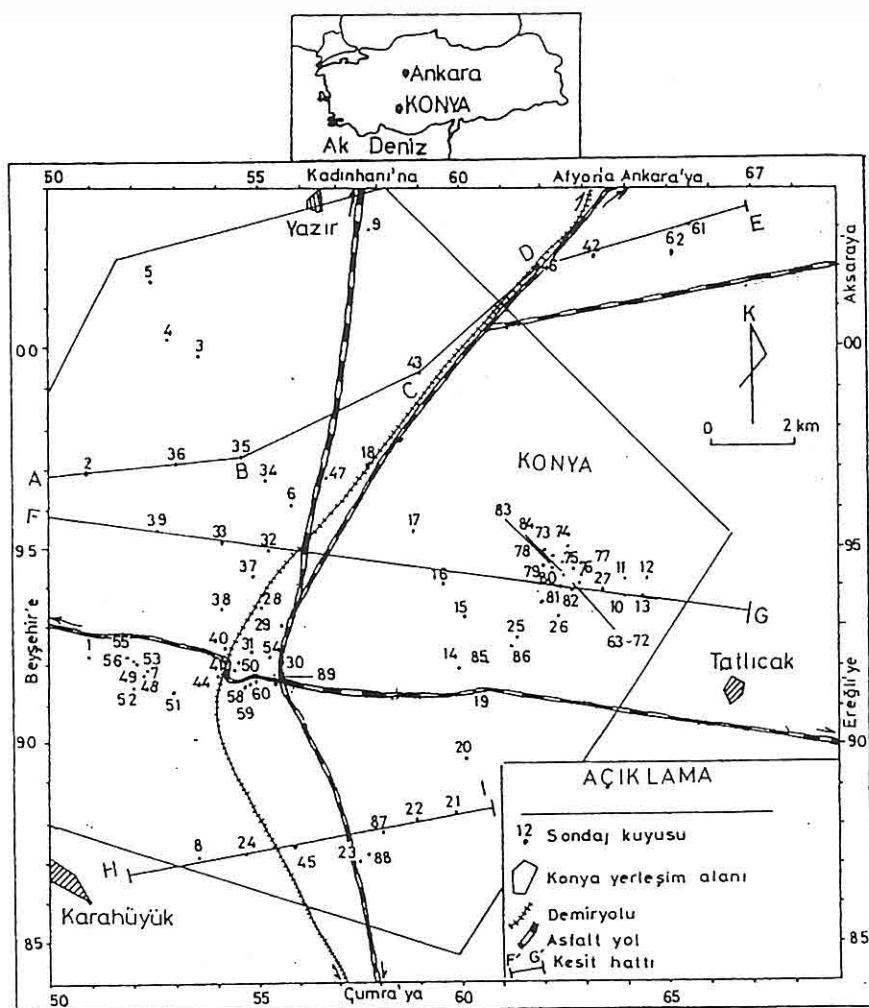
Bu çalışmada Konya şehri yerleşim alanında bugüne kadar muhtelif kişi ve kurumlar ile bu incelemenin yazarları tarafından yapılmış jeoloji ve jeoteknik çalışmalar birlikte değerlendirilerek, Konya Kenti yerleşim sahasındaki Konya

formasyonuna ilişkin jeoloji -jeomekanik parametrelerinin değişim sınırları belirlenmiş ve ön bilgi edinme noktasında bölge zemini hakkında değerlendirmelerde bulunulmuştur.

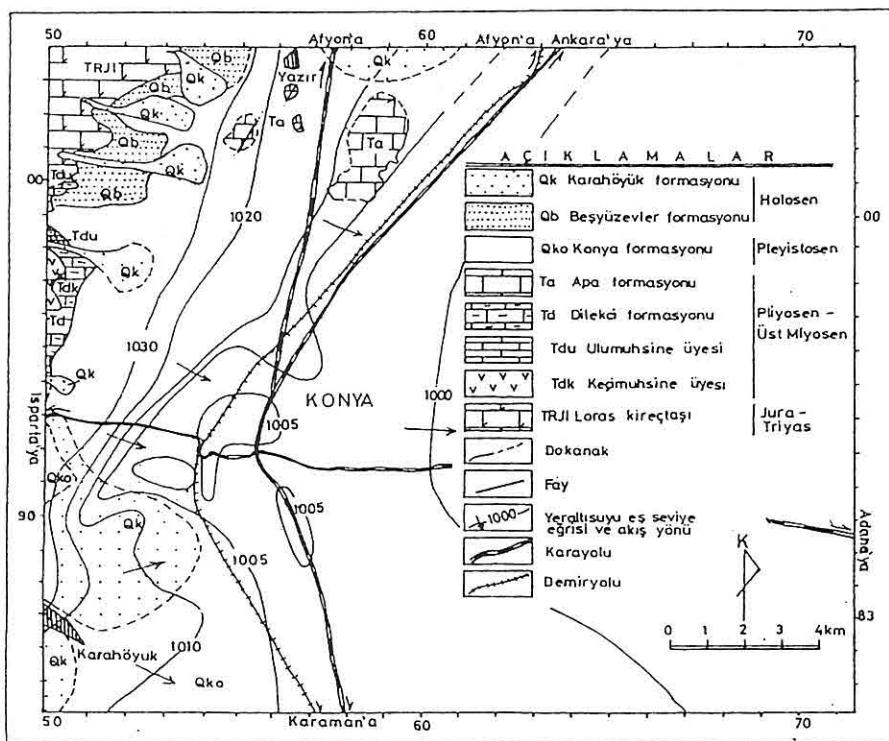
2. İNCELEME ALANI

İnceleme alanı, Konya kapalı havzasını

güneyden sınırlayan Toros Dağ Silsilesi' nin kuzyedogusunda yer alan Konya şehri yerleşim alanı ve civarını kapsamaktadır. Çalışma alanının hemen dışında ve kuzeybatısında Sille, kuzyede Yazır köyü, doğuda Tatlıcak köyü, güneybatıda Karahöyük köyü yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanını ve sondaj kuyu yerlerini gösterir harita.



Şekil 2. Konya çevresinin jeoloji ve yeraltısu eş potansiyel haritası (Jeoloji haritası Hakyemez ve diğ., 1992' den basitleştirilerek ve sadeleştirilerek alınmıştır).

3. JEOLJİ

Çalışma alanında yaşlıdan gence doğru yüzeylenen birimler (Hakyemez ve diğ., 1992) aşağıda verilmiştir (Şekil 2). İncelenen sahanın kuzeybatısında yüzeyleyen ve en alt birimi oluşturan Orta Triyas - Jura yaşılı Loras kireçtaşı (TrJI) egemen olarak açık gri, bej, beyazimsi renkli, yer yer oolitik ve algilı orta-kalın katmanlı kireçtaşlarından oluşur ve içinde yer yer koyu gri renkli dolotaşları bulunur. Loras Kireçtaşı inceleme alanında gözlenemeyen Ardıçlı formasyonu üzerinde düşey geçişli olarak görülürken, yine inceleme alanında

görünmeyen Midostepe formasyonu ile de uyumlu olarak örtülmektedir (Hakyemez ve diğ., 1992). Loras kireçtaşı, Midostepe formasyonu üzerine; inceleme alanının batı tarafında, ancak dışında kalan Hatip ofiyolitli karmaşığı ile Çayırbağı ofiyoliti tektonik dokanaklı olarak gelmektedir. Bu birimlerin üzerinde de uyumsuz olarak Dilekçi formasyonu (Td) yer almaktadır. İnceleme alanının batısında küçük bir alanda yüzeyleyen Dilekçi formasyonu sarımsı kahve, kırmızı-yeşil-gri ve beyaz alacalı renklerde, orta - kalın tabakalanmalı çakıltaşı, kumtaşı, kiltaşı,

çamurtaşı, killi kireçtaşı, kireçtaşı, tuf, aglomera, dasit-andezitlerden oluşur. Üst Miyosen - Pliyosen yaşlı bu birimler, akarsu - göl ortamında çökelmişlerdir. Dilekçi formasyonu içinde gözlenen Keçimuhsine üyesi (Tdk) andezitik-riyolitik tuf, aglomera, çört, çamurtaşılıktaşı ardalanmasından oluşmakla birlikte, egemen kaya türü tüftür. Çalışma sahasının kuzeyinde yüzeyleyen Ulumuhsine üyesi (Tdu) ise beyaz gri, orta-kalın tabakalı, yer yer sert kireçtaşı, killi kumlu kireçtaşı ile kumtaşından oluşur. Bu üyede kireçtaşı egemen kaya türü olup, bu birimler karbonatlı göl çökeliidirler. Andezitik - dasitik volkanizmanın ilk ürünlerini olan Keçimuhsine üyesi litolojileri ile Ulumuhsine üyesi litolojileri Alt Valensiyen - Üst Pliyosen yaşındadırlar (Rögl ve Steininger, 1983). Dilekçi formasyonunun üzerine uyumlu olarak gelen, sarımsı beyaz gri, orta-kalın tabakalı kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve travertenlerden oluşan Apa formasyonu (Ta) inceleme alanının kuzey orta bölümünde yüzeylenir. Üst Miyosen-Pliyosen yaşında olan bu birim (Rögl ve Steininger, 1983), karbonatlı göl ortamında oluşmuştur. Üst Miyosen - Pliyosen yaşlı yukarıda sayılan bu çökeller üzerine Pleyistosen yaşlı, Konya (Qko), Beşyüzevler (Qb) formasyonları uyumsuz olarak gelmektedir (Hakyemez ve diğ.1992). Konya formasyonunun üzerine, Beşyüzevler formasyonu ile günümüzde oluşumunu sürdürmekte olan Karahöyük formasyonu aşındırmalı bir dokanakla gelmektedir (Hakyemez ve

diğ. 1992). Bu formasyonun kalınlığı yaklaşık 25 m kadardır. Yaygı akması kökenli kum ve çakıl katmanları yüksek enerjili örgülü akarsu ortamında çökelmiş kum - çakıl katmanları ile çakılı çamurtaşlarını içermesi, bu istifin alüvyon yelpazesı olarak çökeldiğini göstermektedir. Bu birim Pleyistosen'in ilk evresinde çökelmiştir. İnceleme alanın doğusunda yüzeylenen, yer yer jips ara katmanlı beyaz - gri marnlar ve killerin içinde, organik gereç içeriği yer yer artmaktadır. Ankara yolu boyunca düşük açılı düzlemsel, düzlemsel çapraz ve paralel tabakalı, yer yer teknesel çapraz katmanlı, ince çakılı, iyi boylanmalı kum seviyeleri bulunmaktadır. Bu birimler göle eğimli, düşük açılı, çapraz ve teknesel çapraz tabakalanmalı, gastrapot kavkıları içermekte ve çakılı göl kumsalını temsil etmektedir (Hakyemez ve diğ., 1992). İncelenen alanın kuzey orta bölümünde yüzeyleyen gri-kahve, çok az tutturulmuş, yer yer tuz ve jips içeren zeminler, tuzlu bataklık çökeli özelliklerini göstermektedir. Loras kireçtaşı ile Dilekçi formasyonu gölsel kireçtaşından türemiş köşeli çakılı, kötü boylanmalı, tane destekli, tipik bir yamaç molozu olan Beşyüzevler formasyonu (Qb) Pleyistosen' in üçüncü evresi olan Holosen'de oluşmuştur. Bu formasyonun üzerine aşındırmalı olarak gelen Karahöyük formasyonu (Qk); çamur destekli, kumlu, kötü boylanmış köşeli çakıl ve bloklardan oluşur. Alüvyon yelpazesı çökellerinden meydana gelen bu birimde Holosen yaşlıdır.

4. HİDROJEOLÖJİ

İnceleme alanının jeolojisi incelendiğinde, bölgede göl ortamında, göle dökülen akarsuların ağız ve yukarı kesimleri ile akarsu taşıma ovasında oluşan birbirleri ile yanal-düşey geçişli çökellerin bulunduğu görülür. Bu çökeller, gözenek poroziteli akiferi oluşturur. Kil seviyeleri altında bulunan kumlu çakılı seviyeler, yarı basınçlı akifer oluşturmakla beraber, incelenen alanda sıç derinlikte (<20 m) genelde serbest akifer bulunmaktadır. Yeraltısu batıda bulunan Loras kireçtaşı ve volkanik kayaçlarla yamaç molozlarından beslenmektedir. Yeraltısu akış yönü kuzeyde güneydoğuya, orta kesimde doğuya, güneyde ise kuzeydoğuya doğrudur doğru olup hidrolik eğim ortalama % 0.1'dir. İncelenen sahada yeraltısu tablası batıda daha derinde (120 m), doğuya gidildikçe bu derinlik azalmaktadır. Su temini amacı ile açılmış adı kuyular ile zemin incelemesi amacıyla açılmış sondaj kuyularında gözlenen su seviyelerine göre hazırlanan yeraltısu seviyesi konturları Şekil 2'de verilmiştir. Ovada gözlenen bu gevşek çökellerin kalınlığı çok değişmekte beraber 200 m'yi bulan kesimler de mevcuttur (DSİ, 1975).

5. KONYA FORMASYONUNUN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanında zemin profinin belirlenmesi için değişik kurum, kuruluş ve kişilerce (Boğaziçi Üniversitesi 1991, Çelik 1987; Gökşahin 1978, Güz 1987,

İTÜ. 1989, 1990, Özay 1974, 1984, Özdemir 1984, Su Yapı Mühendisliği 1984, TEKAR 1974, 1978, 1980, 1986a, 1986b, 1987; Toker Sondaj ve İnşaat 1979, Üksel Proje 1994) açılmış 19 adet muayene çukuru ve 65 adet sondaj kuyusu kayıtları ile deney sonuçları incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda Konya formasyonunda altı farklı zemin seviyesi belirlenmiştir. Bu farklı zemin seviyelerinin indeks değerleri ile mekanik özelliklerini ayrı ayrı incelenmiştir. Makalenin bundan sonraki bölümlerinde ele alınıp incelenen zemin zonu isminin yanında parantez içinde verilen rakam, söz konusu zemin zonunun Şekil 3a ve 3b'de verilen muayene çukuru veya sondaj kuyusu kesitlerindeki yerini belirtmektedir. Bazı zemin zonları için doğal birim hacim ağırlığı (γ_n), doğal su içeriği (wn), likit limit (LL), plastik limit (PL), plastisite indeksi (PI), ağırlıkça 4 numaralı elek üstünde kalan zeminin % miktarı (+4), ağırlıkça 200 numaralı elek altına geçen zeminin % miktarı (-200), içsel sürtünme açısı (ϕ), kohezyon (c) ve standart penetrasyon darbe sayısı (N_{30})'nin maksimum minimum değişim sınırları ile ortalama değerleri belirlenmiştir. Farklı zemin seviyelerine ilişkin belirlenen bu indeks değerleri ile mekanik özelliklerinin değişim sınırları, ortalama ve standart sapma değerleri belirlenmiştir. Diğer taraftan zeminlerin likit limite göre (Soweres, 1979; Chen, 1975), sıkışabilirlik-hacim değişimi ve

plastisite indeksi, kuru dayanım ile şişme potansiyeline göre (Holtz ve Gibbs, 1956; Chen, 1975; Soweres, 1979; Seed, v.d., 1984; Wayne, v.d., 1984) ve tek eksenli sıkışma dayanımına göre (Terzaghi ve Peck, 1967; Sangleret, 1972) sınıflamaları yapılmıştır. Yazının bundan sonraki bölümlerinde her bir zemin zonu için yapılan bu sınıflamalara yer verilmiştir.

5.1 Toprak ve Yapay Dolgu Zonu (1)

İnceleme alanında en üst seviyede kalınlığı yaklaşık 0-0.5 m arasında değişen ancak genelde 0.30 m kalınlığında olan siltli, killi, çakılı seviye olan toprak zon, yer almaktadır (Şekil 3a ve 3b). Genelde siyah, gri ve boz renkli olan bu toprak zon organik malzemeye zengindir. İncelenen alanın eski yerleşim bölgelerinde ve özellikle yollarda kalınlığı 2 - 3.5 m' ye kadar varan çakıl ve kumdan oluşan yapay dolgunun yer aldığı zeminler de gözlenmiştir.

5.2 Killi Çakıl, Siltli Çakıl, Çakıl (2)

Boz renkli, yer yer önemli oranlarda kil ve siltin nadiren kumun bulunduğu fakat çakıl boyutu tanelerin egemen olduğu bu birim daha ziyade incelenen alanın batısında, dağ silsilesinin doğu yamaçlarında gözlenmektedir. Bu birim incelenen alanda 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 19, 22, 43, 46, 58, 60, 62 numaralı sondaj kuyu ve muayene çukurlarında kesilmiştir (Şekil 3a ve 3b). 43 ve 62 numaralı kuyularda genelde kum boyutu malzemenin artış gösterdiği gözlenen

çakıl içinde, 7-9, 44 ve 45 numaralı sondaj kuyularında ise silt ve kil boyutlu malzemenin çakıldan sonra fazlaca bulunduğu belirlenmiştir. Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemindeki yeri killi çakıl (GC), siltli çakıl (GM) ile iyi ve yer yer kötü derecelenmiş çakıldan (GW, GP) oluşan birimin 2, 3, 4 numaralı kuyularda 15 m' yi aşan kalınlıkta olduğu belirlenmiştir. Bu birimin doğal su içeriği % 7 (% 19 ile % 1 arasında değişmekte), standart boyutta ucuna çarık takılmış örnek alıcının zemine 30 cm batması için gerekli düşüm sayısı [SPT (N₃₀)] ise 28 (150 ile 18 arasında değişir) civarındadır. Ancak kum oranının arttığı kesimlerde su muhtevası % 15 (%23 ile 7 arasında değişir) SPT (N₃₀) değeri ise 35 (değişim aralığı 50 ile 20 arasındadır) ve içsel sürtünme açısının da (ϕ) 40°' ye kadar çıkabileceği belirlenmiştir. Çakıl içinde silt ve kilin fazlaca gözlendiği yerlerde ise doğal birim hacim ağırlık 19 kN/m³, doğal su muhtevası %19 (değişim aralığı 40-8), kohezyon 23 kN/m², içsel sürtünme açısı 28°, ve SPT darbe sayısının (N₃₀) ise 34 (değişim aralığı 50 ile 19 arasındadır) civarında olduğu tespit edilmiştir.

5.3. Kum, Killi Kum ve Az Çakıl, Siltli Kum (3)

İncelenen alanda 20, 21, 22, 26, 28, 29, 31, 32, 44 numaralı sondaj kuyularında ince kum (SW, SP), 21, 26, 45 numaralı sondaj kuyularında siltli kum (SM), 22, 28 numaralı sondaj kuyularında ise killi kum ve az çakıl (SC ve az çakıl) içeren

Tablo 1. Kum, killi kum ve az çakıl, siltli kum (SW, SP, SM, SC ve az çakıl) (3) zemin seviyesinin jeomekanik değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi

Kum, Killi kum ve az çakıl, Siltli kum (SW,SP, SC ve az çakıl, SM) (3)				
	Max.-Min.	Ortalama	Standart sapma	Numune adedi
γ_n (kN/m ³)	18.8-18.2	18.5	0.51	20
wn (%)	25 - 5	12	6.4	16
LL (%)	67 - 30	43	15.1	16
PL (%)	NP-22	18.8	2.3	5
+4 (%)	20 - 14	16.2	5.1	12
-200 (%)	30 - 10	13	4.8	12
N30	50 - 8	25	16.3	15

birimin varlığı belirlenmiştir (Şekil 3a ve 3b). Bu birime ait belirlenebilen jeomekanik parametrelerin değişim sınırları ile ortalama değerleri Tablo1'de verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde zeminin doğal birim hacim ağırlığının genelde 18,5 kN/m³, doal su içeriğinin %12, içerisinde bulunan ince elemanların likit limitinin %43, plastik limitinin yaklaşık %19 olduğu görülmektedir. Kumda standart penetrasyon darbe değeri (N₃₀) 50 ile 8 arasında değişmekte olup ortalama 25' dir (standart sapması 16,3). Bu SPT değeri kumuda ki rölatif sıkılığın 0,4 ile 0,8 arasında (ortalama 0,5) gevşek ile sıkı ve yine içsel sürtünme açısının da 35°-45° arasında olabileceğiğini göstermektedir.

5.4 Düşük Plastositeli İnorganik Kil (4)

Düşük plastositeli inorganik kil (CL) 8, 10-16, 18, 19-26, 29-32, 42-56, 58,59,89 numaralı sondaj kuyularında 0.5 m ile 9

m gibi değişen kalınlıklarda kesilmiştir (Şekil 3a ve 3b). Bu zemin seviyesine ilişkin belirlenebilen jeomekanik parametrelerin değişim sınırları ile ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 2 de verilmiştir. Bu tabloda düşük plastositeli inorganik kil zeminin ortalama doğal birim hacim ağırlığının 18,2 kN/m³, likit limiti ve plastik limitinin ise sırayla %42, ve %22 olduğu görülmektedir. Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemindeki sınıfı CL olan bu zemin seviyesinin sıkışabilirliği; yüksek ile düşük sıkışabilirlik arasında değişken olup, ortalama değerlere göre zemin genelde orta sıkışabilirlikte, orta plastiklikte ve orta kuru dayanımdadır. Bu zemin seviyesinin şişme potansiyeli düşük ile yüksek şişme potansiyeli arasında değişmekte olmakla beraber, zemin genelde yüksek şişme potansiyelindedir. Düşük plastositeli kil zeminde, muhtemel şişme miktarı

Tablo 2. Düşük plastisiteli kil (CL) (4), Düşük plastisiteli kil ve az kum-çakıl (CL ve az kum-çakıl) (5), Yüksek plastisiteli kil (CH) (6) seviyelerinin bazı jeoteknik değerlerinin istatistikî değerlendirilmesi

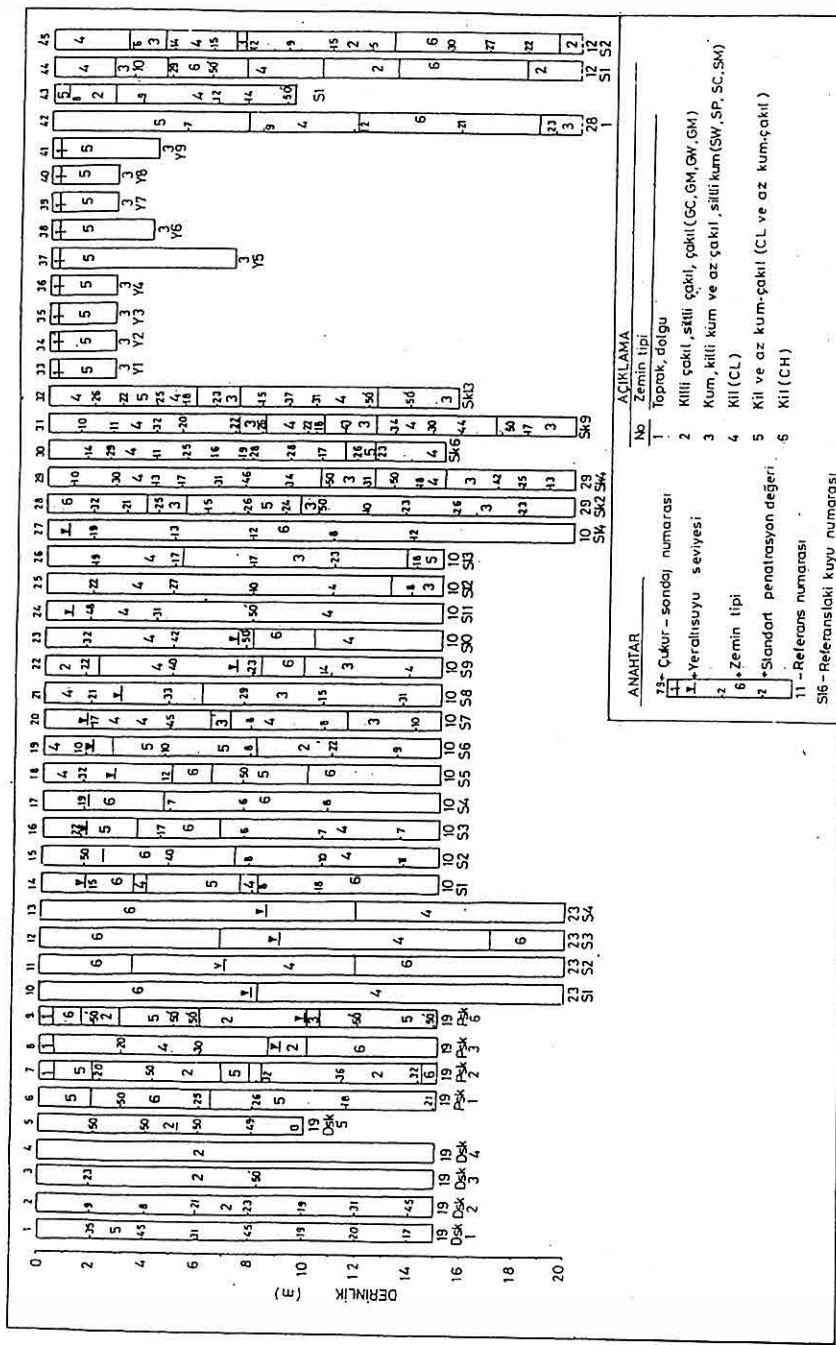
Düşük plastisiteli inorganik kil (CL)(4)					Düşük plastisiteli inorganik kil ve az kum-çakıl (CL ve az kum - çakıl) (5)					Yüksek plastisiteli inorganik kil (CH) (6)				
	Max-Min	Ort.	S.S.	Adet		Max-Min	Ort.	S.S.	Adet		Max-Min	Ort.	S.S.	Adet
$\gamma_n, \text{kN/m}^3$	20.-15	18.2	1.3	38	20.4-16	18.4	1.2	26	20-17	18.4	0.9	39		
wn(%)	42-3	23.4	8.12	68	38-5	22	11.4	90	44-5	32	10	63		
LL(%)	56-20	41.5	9.7	68	72-25	38.3	10.4	79	62-27	52	7.9	75		
PI(%)	29-0	21.8	3.3	68	33-11	22.2	5.2	79	29 - 18	21	3	61		
+4(%)	25-0	2	3.6	22	50-0	7.19	11.2	43	9 -0	1.5	4	11		
-200(%)	98-61	85	20.7	22	97-52	74	12.7	43	100 -70	95	2	11		
$q_u, \text{kN/m}^2$	343-5096	180	70.6	26	412-10	160	94	31	452-15	178	114	20		
$C, \text{kN/m}^3$	98-9	47	25	22	78-10	43	21.2	23	235-15	110	71	23		
Θ°	44-2	17.2	13	15	40-0	20.9	15.3	20	33-0	9.9	7.5	23		
N_{30}	50-8	24	11	72	50-8	26.8	17.7	52	50-2	15.5	15.5	102		

yaklaşık %3-%10 arasındadır. Zeminin tek eksenli sıkışma dayanımı 343 kN/m^2 ile 50 kN/m^2 arasında değişmekte, ortalama tek eksenli sıkışma dayanımı ise 180 kN/m^2 civarındadır. CL zeminine ilişkin verilen bu tek eksenli dayanım değerleri zemin kıvamının çok katı ile yumuşak arasında değiştigini, ancak genelde orta kıvamda olduğunu göstermektedir. Zeminde ortalama kohezyonun 47 kN/m^2 , içsel sürtünme açısının ise 17° civarında olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan bu zeminde

SPT (N_{30}) değeri 50-8 arasında değişirken ortalama değerin de 24 olduğu tespit edilmiştir.

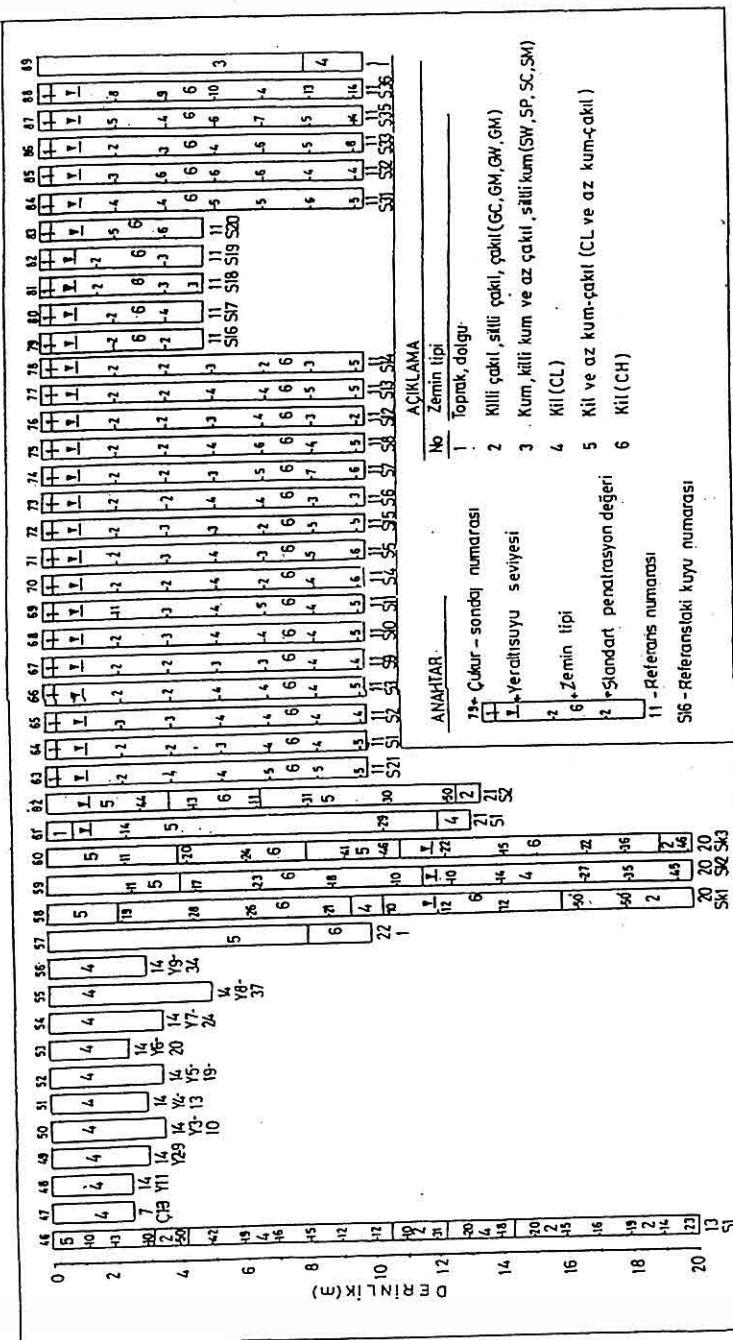
5.5. Düşük Plastisiteli İnorganik Kil ve Az Kum-Çakıl (5)

Genelde kahverengimsi kırmızı renkte olan az kum-çakıl içeren düşük plastisiteli inorganik kil ve az miktarda kum çakıl içeren zemin seviyeleri 1, 6, 7-9, 14-16, 18, 19, 28, 30, 32-41, 46, 58-62 numaralı kuyularda, oldukça fazla kalınlıklarda kesilmiştir (Şekil 3a ve 3b). Mercek şeklinde gözlenen seviyelerde



Şekil 3a. İncelemeden alanın sondaj kuyusu kesitleri

KONYA FORMASYONUNUN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ



kalınlık 4.5 m ile 1 m arasında değişmekte, hatta bazen 0.05 m' ye kadar da düşmektedir. İncelenen alanın doğu bölümünde gözlenen bu birimin belirlenebilen jeomekanik parametrelerinin değişim sınırları ile ortalama değerleri Tablo 2' de verilmiştir. Bu tabloda zeminin doğal birim hacim ağırlığının 18.4 kN/m^3 , doğal su muhtevası değişiminin ise %38 ile %5 arasında (ortalama % 22 civarında) olduğu görülmektedir. Birimde likit limit değerinin %72 ile %25 gibi oldukça geniş aralıktaki değişim göstermesi zemin zonunun sıkışma indisinin de düşük ile yüksek arasında değiştiğini göstermektedir. Ortalama likit limit değeri (%38) göz önüne alındığında, zemin sıkışma indisinin (0.2 - 0.4 arasında) orta derecede olduğu söylenebilir. Zeminde muhtemel şişme derecesi % 110- < 1 arasında ancak ortalama değere göre şişmenin %1-%5 arasında olabileceği tespit edilmiştir. Şişme derecesi düşük ile çok yüksek arasında değişen zeminde düşük - yüksek plastiklik ve kuru dayanım söz konusudur. Tek eksenli sıkışma mukavemeti yönünden değerlendirildiğinde zeminin çok yumuşak-sert ancak genelde çok sert sınıfında olduğu söylenebilir. İçsel sürtünme açısı $40-0^\circ$ arasında değişen birimde tespit edilen ortalama SPT N₃₀ değerleri 27 dir. Bu zemin seviyesinde SPT N₃₀ değerinin değişim aralığı ise 50 ile 8 arasındadır. Kilde kohezyon ve içsel sürtünme açılarındaki standart sapma değerlerinin yüksek olması zemin ve

100

ortam özelliklerinin fazlaca değiştiğini göstermektedir.

5.6 Yüksek Plastisiteli İnorganik Kil (6)

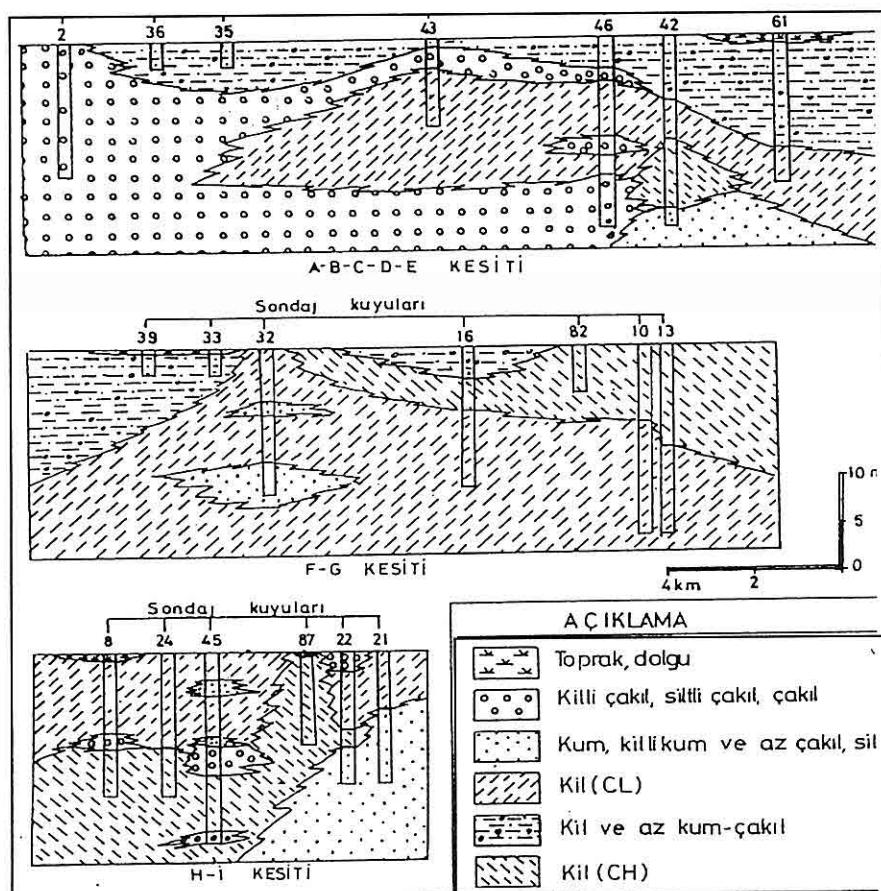
İncelenen sahanın doğu kesiminde 6-15, 17, 18, 22, 23, 27, 28, 42, 44, 45, 57-60, 62-88 numaralı sondaj kuyularında kesilen (Şekil 3a ve 3b) yüksek plastisiteli inorganik kil (CH), yer yer 8 m' den daha kalındır. Kil zemin zonunun jeoteknik değerleri tablo 2' de verilmiştir. Doğal birim hacim ağırlığı ortalama 18.4 kN/m^3 olan kilde, likit limit %62 ile %27 arasında değişmekle beraber genelde %52 civarında olduğu belirlenmiştir. Plastisite indisi % 21 olan kil yüksek sıkışabilirlikte (sıkışma indisi 10.4) muhtemel şişme % 1-10, şişme basıncı $50-1000 \text{ kN/m}^2$, şişme derecesi düşük-yüksek arasında ancak genelde yüksek sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Tek eksenli sıkışma dayanımı 425 kN/m^2 ile 15 kN/m^2 arasında olan yüksek plastisiteli kil zeminin ortalama kohezyon değeri 110 kN/m^2 , içsel sürtünme açısı 10° ve SPT (N₃₀) değerinin ise 150 ile 2 arasında değiştiği, ancak genelde 16 civarında olduğu belirlenmiştir.

6. GENEL DEĞERLENDİRME

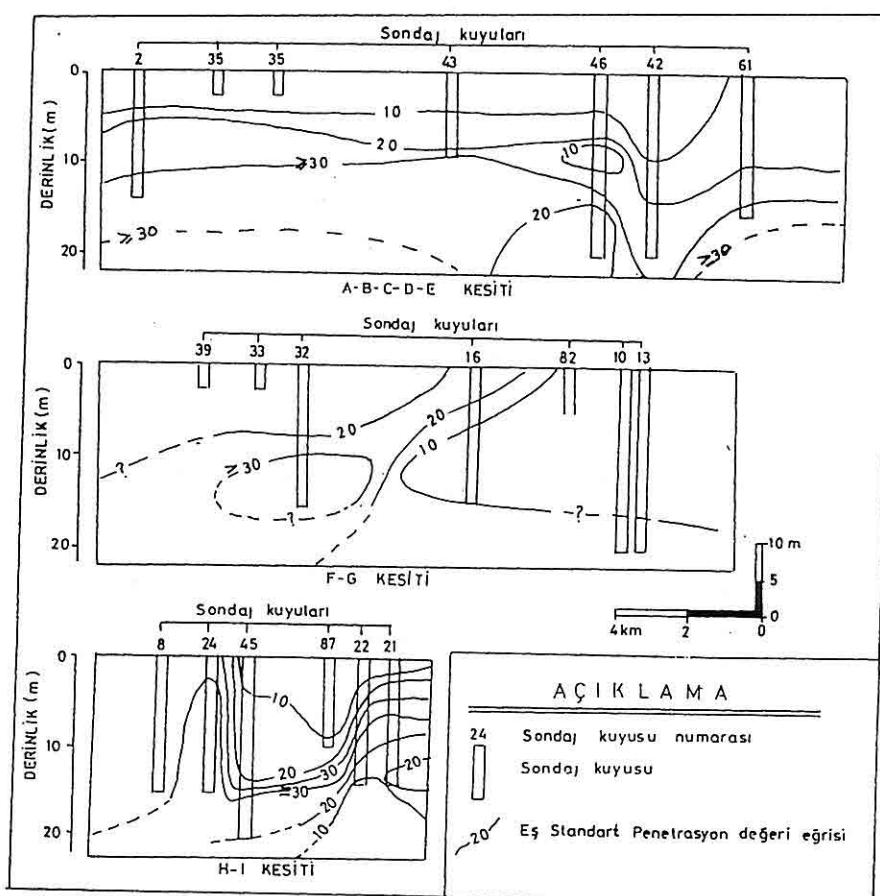
Jekoloji haritası ve verilen diğer bilgilerin incelenmesinden de anlaşılabileceği üzere, incelenen alandaki zeminler yamaç birikintisi, akarsu ve göl çökellerinden oluşmuştur. Toros dağ silsilesinin kuzeyini teşkil eden dağlardan beslenen akarsular Konya kaplı havzası

içinde bulunan göle sedimanları taşımaktadır. Akarsular tarafından taşınan sedimanlar ya akarsuyun yukarı kesimlerinde veya alt seviyelerdeki gölde biriktirilmesiyle incelenen alandaki zeminler oluşmuştur. Eğimin (enerjinin) yüksek olduğu kesimlerde örgülü akarsu çökellerinin oluştugu bölgeler bulunduğu gibi, eğimin düşük olduğu ova kesiminde ise menderesli akarsu çökelleri yer almaktadır. Diğer yandan ova ile yamaçların birleştiği kesimlerde, taşın

düzlüklerinde taşıma ovası çökellerinin de varlığı bölge zemininde yapılan sondajlarda kesilen birimlerin düşey-yatay yönde kısa mesafelerde farklılıklar (Şekil 4) göstermesinin başlıca nedenidir. Kil boyutu taneler içermeyen örgülü akarsu çökellerinde standart penetrasyon değerleri geniş bir aralıktta değişim göstermektedir (Das, 1984). Diğer yandan incelenen alanın orta-doğu ve kuzeydoğu kesimlerinde genelde, menderesli akarsu ve deltada çökelmanış



Şekil 4. Konya formasyonunun jeoloji kesitleri



Şekil 5. Derinlik- eş penetrasyon değeri eğrileri

sedimanlar yer almaktadır. Kum-silt boyu malzemece zengin kum bantları ile silt ve kil boyutu malzemece zengin taşın ovası çökelleri ve gölün derin kısımlarında çökelen ince taneli zeminler incelenen alanın doğusunda yer almaktadır. İncelenen alanın dağ silsileleri ile bağlantılı olduğu batı kesiminde, ova içine diller şeklinde uzanan yamaç döküntüleri bulunmaktadır.

Yamaç molozlarının yamaç stabilitesi yönünden problem çıkarabilecekleri göz

önünde bulundurulmalıdır. İncelenen alanın ortasında yaklaşık doğu-batı doğrultusunda yer alan Beyşehir-Ereğli yoluna göre kuzeyde kalan bölgenin, Konya-Kadınhanı yolu batısında kalan kesiminin taşıma gücü, bu yolu doğusunda kalan bölgelere göre daha yüksektir. Beyşehir Ereğli yolunun güneyinde kalan bölgede ise Konya-Çumra yolunun geçtiği kesimlerde zemin taşıma gücünün daha düşük olduğu eş standart penetrasyon eğrilerinden

anlaşılmaktadır (Şekil 5).

Yeraltısuyu seviyesi batıda daha derinde ve buradaki zeminlerin daha çok çakılı seviyelerden oluşmuş olması nedeniyle bu bölgedeki zeminin su muhtevası düşük ve taşıma gücü de daha yüksektir. İnceLENEN alanın doğusunda ise yeraltısuyu seviyesi yüzeyde veya yüzeyden 1 - 2 m derinliktedir. İnce taneli elemanlarca zengin bu kesimde, zeminin taşıma gücüde oldukça düşüktür. Ayrıca, bu kesimde kil altında balçık zemin seviyeleri de bulunmaktadır. Özellikle bu balçık zeminin taşıma gücünün oldukça düşük olacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Diğer yandan, yine incelenen alanın doğu kesiminde yapılan zemin sondajlarında, zemin içinde ara seviyeler halinde jipslerin yer aldığı belirlenmiştir. Jipsler bölgedeki çökellerin göl kenarında olduğunu göstermektedir. Jipsler hem zeminin hem de, yeraltısuyunun sülfat içeriğini artırmaktadır. Buralarda yapılacak inşaatlarda kullanılacak beton ve diğer yapı malzemesinin üzerine sülfatin olumsuz etkisinin bulunabileceği göz önüne alınmalıdır. 25 ve 27 nolu sondaj kuyularındaki yeraltısuyu içinde belirlenen 1400 - 1485 mg/l sülfat iyonu konsantrasyonu (Tekar, 1990) betona önemli derecede etki yapacağını (TSE, 3440) göstermektedir. Ortalama değerlere göre su muhtevası, zemin tane çapı küçüldükçe artmaktadır. Likit limit değerleri %38-52 arasında, plastisite indisi ise %22-24 arasında değişmektedir. Yine bekleniği gibi ince taneli zeminlerde tane çapı küçüldükçe

kohezyonda artış, su içeriğinin artışına bali olarak içsel sürtünme açısından azalma görülmektedir. Su içeriği değişimlerine bağlı olarak ince elemanlı zeminlerde içsel sürtünme açısından farklılıklar oluşabilmektedir. Dikkati çeken diğer bir nokta da standart penetrasyon N₃₀ değerinin hemen her zeminde 50 vuruşa kadar çıktıığı kesimlerin bulunmasıdır. SPT N₃₀ değeri kil zeminde 2'ye, çakıldı ise en fazla 18'e kadar düşmektedir. Yine kil oranının artmasıyla içsel sürtünme açısı ve SPT N₃₀ değerinde belirgin bir düşme görülmektedir. Ayrıca, kil oranının artmasıyla SPT N₃₀ değerinde de standart sapma artmaktadır.

Konya yerleşim alanında zemin özellikleri yatay ve düşey kısa mesafelerde fazlaca değişim göstermektedir. Lokal zemin incelemesi yapılmadan, zeminin özellikleri belirlenmeden genellemelere dayanılarak inşaat projesi yapan, uygulayan ve bunları denetleyen yerel yöneticilerle bu zincirde görev yapan tüm teknik personelin olabilecek can ve mal kayıplarından sorumlu olacağı unutulmamalıdır. Özellikleri böylesine değişen zemin ortamında mutlaka lokal zemin incelemesinden sonra gerekli inşaat müsaadesi verilmelidir. Bir mühendislik projesinde, boyutlandırmalarda kullanılacak olan zemin parametrelerinin seçimi bir yandan mühendislik yapısının sağlamlığı - güvenilirliliği ile diğer yandan ekonomi ile yakından ilgilidir. Mühendislik projelerinde zeminin gerçek taşıma

gücünden daha büyük bir taşıma gücünü sadece kabule (tahmine) dayanarak projede kullanmak yapının zayıflığına neden olurken, yine kabule (tahmine) dayanılarak zeminin gerçek taşıma gücünden daha düşük bir taşıma gücü değerinin alınması da yeraltına servetin gömülmesine yol açacağı unutulmamalıdır.

7. SONUÇLAR

Konya formasyonunun oluşum ortamı koşulları ile sondajlarda geçen seviyelerin jeoteknik özellikleri arasındaki ilişkinin araştırılması üzerine yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir: 1- Konya ve çevresindeki zeminler yamaç birikintisi, akarsu ve göl çökellerinden oluşmuştur. 2- Konya formasyonunda yapılan arazi gözlem ve deneyleri ile laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlara göre, bölgede genel olarak toprak ve yapay dolgu seviyesi üstte olmak üzere birbirleriyle yanal ve düşey geçişli, çakıl, kum, düşük plastisiteli kil, düşük plastisiteli kil ve az kum-çakıl ile yüksek plastisiteli kil seviyeleri olmak üzere farklı altı zemin seviyesi belirlenmiştir. 3- İncelenen alanın batı kesiminde ovaya doğru diller şeklinde uzanan stabilité problemlerinin gözlenebileceği yamaç molozları, doğu kesiminde ise genelde düşük ve yüksek plastisiteli killer bulunmaktadır. 4- Yöre zeminlerinde ortalama likit limitin %28-%32, plastisite indisinin ise %22-%24 arasında değiştiği ortaya konulmuştur. 5- Standart penetrasyon değeri çakılda 50-

18, kumda ve düşük plastisiteli kilde 50-8, yüksek plastisiteli kilde ise 50-2 arasında olduğu tespit edilmiştir. 6- Bölge zemininin taşıma gücünde kısa mesafelerde oldukça farklılıkların olabileceği belirlenmiştir. 7- İncelenen alanın doğusunda inşaa edilecek yapılarda sulfata dayanıklı yapı malzemelerinin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. 8- Bölge zemininin özellikleri yatay ve düşey yönde kısa mesafelerde fazlaca değişken yapısı ortaya konulmuş, lokal zemin incelemesi yapılmadan inşaat alanını seçiminin yanında temel tipi ile boyutlandırmamasının da yapılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

8. KAYNAKLAR

- Boğaziçi Üniversitesi, 1991, Konya Alaaddin Camii temel ve zemin iyileştirmesi uygulamaları raporu, İstanbul, (yayınlanmamış), 179 s.
Chen F.H., 1975, Foundations on Expansive Soils, Elsevier Scientific Publishing Company.
Çelik, M., 1987, Malas - Sille (Konya sahası jeoloji ve zemin incelemesi. S.U. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya (yayınlanmamış).
Das, B. M., 1984, Principles of Foundation Engineering. Brooks / Cole Engineering Division 595s.
DSİ (Devlet Su İşleri), 1975, Konya - Çumra - Karapınar ovası hidrojeolojik etüd raporu. Rapor no: 1853.
Gökşahin, Ö., 1978, Karayolları 3. Bölge Müdürlüğü Konya-Hatip Çavuş yolu DDY üst geçit köprüsü temel sondaj

- raporu (yayınlanmamış).
- Güz, H., 1987, Konya Belediyesi hafif raylı sistem atelye, tamirhane ve idari binası inşaatı zemin ve temel etüdü, 4 s (yayınlanmamış)
- Hakyemez, Y., Elibol, E., Umut, M., Bakırhan, B., Kara, İ., Dağıstan, H., Metin, T., ve Erdoğan, N., 1992, Konya - Çumra - Akören dolayının jeolojisi. Maden Tetkik Arama Gen. Müd. rapor, no 9449 (yayınlanmamış).
- Holtz, W. G. and Gibbs, H. J., 1956, Engineering properties of expansive clays. ASCE 121, 641 - 663 s.
- İTÜ (İstanbul Teknik Üniversitesi), 1989, İller Bankası 6. Bölge Müdürlüğü Konya kanalizasyonu I. kısım inşaatı hakkında geoteknik rapor. 185 s (yayınlanmamış).
- İTÜ (İstanbul Teknik Üniversitesi), 1990, İller Bankası 6. Bölge Müdürlüğü Konya (merkez) kanalizasyon arıtma tesisleri inşaat sahası hakkında geoteknik rapor, 215 s (yayınlanmamış).
- Özay, Ö., 1974, Meram DDY üst geçit köprüsü temel sondaj raporu (yayınlanmamış).
- Özay, Ö., 1984, Karayolları 3. Bölge Müdürlüğü Konya Hatip Çavuşyolu DDY üst geçit köprüsü temel sondaj raporu (yayınlanmamış).
- Özdemir, A. 1984, Sille - Meram (Konya) sahası jeoloji ve zemin incelemesi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Konya, 152 s (yayınlanmamış).
- Rögl, V.F. and Steininger, F.F., 1983, vom Zerfall ter Tethys zu Meditterran und Paratethys Die Neogene Palaogeographie und Palinspastik des Zirkummediterranen Raumes. Ann. Natur hist. Mus. Wien, 85/A, 135 - 163.
- Sangleret, G., 1972, The Penetrometer and soil exploration., Elsevier, Amsterdam.
- Seed, H. B., Woodward, R. J. and Lundgren, R., 1964, Fundamental aspects of the Atterberg Limits. Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, vol. 90, No SM6, s 75 - 105.
- Soweres, G. F., 1979, Introductory Soil Mechanics and Foundations., Collier Macmillan Canada Ltd.
- Su Yapı Mühendislik, 1984, Konya kenti içme-kullanma ve endüstriyel suyu temini ve dağıtım şebekesi katı projesi raporu., DSİ Ölçme ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara. (yayınlanmamış).
- Tekar (Teknik Araştırma Ticaret Limited Şirketi), 1974, Sosyal Sigortalar Kurumu Konya şube ve rant tesisleri zemin etüdü ve sondajları., Ankara 3 s (yayınlanmamış).

**BAŞÇATAK (AKDAĞMADENİ-YOZGAT) Zn-Pb SKARNLARININ
MİNERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Ahmet ŞAŞMAZ

F. Ü. , Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Türkiye

ÖZET: Başçatak cevherleşmeleri Akdağmadeni (Yozgat) ilçesinin 15 km güneydoğusunda yer almaktadır. Yörede Akdağ metamorfitlerine ait kayaçlar ile Akdağmadeni magmatitlerinin küçük apofizleri yüzeylemektedir. Cevherleşmeler genellikle mikaşistlerin foliasyon düzlemleri ve zayıf zonlarında skarn kayaçları ile beraber oluşmuştur. Cevher yaklaşık 30 m, genişlikteki bir zonda genellikle cep ve kafalar şeklinde gözlenmekte olup, buralarda bazen skarn mineralleri, bazen de cevher mineralleri baskın durumdadır. Burada gözlenen başlıca cevher mineralleri; sfalerit, galen, pirit, kalkopirit, pirotin, idait, burnonit, tetraedrit, frayberjıt, markazit, kovellin-kalkozin ve spekülarit, skarn mineralleri ise; granat, ortoklaz, kuvars, turmalin, flogopit, skapolit, piroksen, klorit, kalsit ve epidottur. Akdağmadeni Pb-Zn yataklarında ekzo ve endoskarn zonunda yer alan piroksenlerin bileşimleri dünyadaki bazı skarn yatakları kıyaslanmıştır. Yöredeki skarnlar, çoğu Pb-Zn skarn yataklarının hedenberjıt ve yohansenit bileşimdeki piroksenlerin tersine, diyopsit ve salit bileşimli olup, Darwin ve Capote skarnlarındaki piroksenlerle benzer özellikler taşımaktadır. Başçatak cevherleşmelerine ait kimyasal analizler, bölgenin Zn, Pb, Ag ve Cd açısından önemli olabileceğini göstermiştir. Cevherleşmelerde Pb-Ag, Pb-Sb, Mn-Rb, Cu-Ag, Cd-Zn, Mn-Zn, Sb-Au, Sb-Ag, Au-Ag elementleri arasında artan, Ag-Mn, Ba-Fe, Mn-Pb arasında ise azalan bir ilişki görülmektedir. Bu da sülfürlü fazların genelde tek bir evrede, ancak silikat ve nadir toprak elementli fazlardan farklı dönemlerde geliştiğini göstermektedir.

**THE MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF
BAŞÇATAK Pb-Zn SKARNS (AKDAĞMADENİ -YOZGAT)**

ABSTRACT: Başçatak mineralizations are located at 15 km southeast of Akdağmadeni (Yozgat). In mineralized area and its surroundings lithologies of Akdağ Metamorphites and apophysis of Akdağmadeni Magmatics outcrop. Mineralizations are placed in foliation planes and weak zones and are generally associated with skarn formations. The main mineralizations occur as pockets and pods within a 30 m wide zone. In places of this zone skarn formations are dominant. Fundamental are minerals of the zone are sphalerite, galena, pyrite, chalcopyrite, phyllorhörite, idaite, bournonite, tetrahedrite, freibergite, marcasite, covellite-chalcocite and specularite. The skarn minerals are garnet, orthoclase, quartz, tourmaline, phlogopite, scapolite, pyroxene, chlorite, calcite and epidote. Mineral compositions of pyroxenes from endo and exo-

skarns of Akdağmaden Pb-Zn mineralizations, are compared with pyroxenes of skarn deposits of different countries. Despite most of the pyroxenes of Pb-Zn skarn deposits are hedenbergite and johansonite, those of Akdağmadeni are diopside and salite and are similar to the pyroxenes of Darwin and Capote skarn deposits. Geochemical analysis indicate that mineralizations may have economical potentials for Zn, Pb, Ag and Cd. Correlation analysis show positive relations between Pb-Ag, Pb-Sb, Mn-Rb, Cu-Ag, Cd-Zn, Mn-Zn, Sb-Au, Sb-Ag, Au-Ag and negative relations between Ag-Mn, Ba-Fe, Mn-Pb. These can be interpreted as all the sulphide phases formed in a single period which is different from REE enrichment stage.

1. GİRİŞ

Akdağmadeni çevresinde hem magmatitlerle hem metamorfiterin kontağında, hem de metamorfiterin iç kısımlarına kadar sokulum yapan magmatitlerin apofizleri içerisinde ve çevresinde çeşitli cevherleşmeler gözlenmektedir. Bunlardan Karapır, Bayramalı, Aşağı Çulhali ve Akçaklı şektörleri uzun yillardan beri bilinmekte ve bunların bir kısmı halen işletilmektedir.

Başçatak Pb-Zn cevherleşmeleri Akdağmadeni' nin yaklaşık 15 km. güney-doğusunda (Şekil 1), Başçatak köyünün ise 1.5-2 km. güneyinde, Sırıklı dere içerisinde yer almaktadır (Şekil 2). Yörede madencilik çalışmaları yeni başlamış olup, açılan bir galeri yardımıyla bir miktar cevher de çıkarılmış durumdadır. Başçatak cevherleşmeleri yeni bulunan bir sektör olması nedeniyle, bugüne kadar sözkonusu cevherleşmelerle ilgili Genç (1998)'in yapmış olduğu çalışmanın dışında yayınlanmış bir makale bulunmamaktadır. Ancak bölgenin jeolojisi, petrolojisi ve metalojenezi ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır



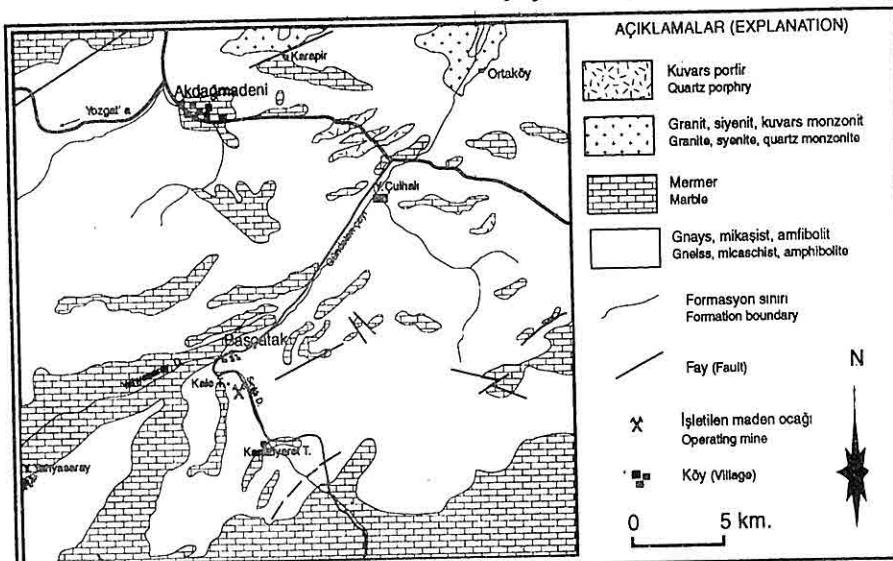
Şekil 1. Çalışma alanı yerbelduru haritası

(Vache, 1962; Erkan, 1980; Tülümen, 1980; Dökmevi vd., 1980; Özcan vd., 1980; Sağıroğlu, 1982, 1984a,b; Göncüoğlu, 1986; Şahin ve Erkan, 1994; Kadıoğlu ve Yıldız, 1996; Şaşmaz, 1996). Bu çalışmada bölgedeki cevherleşmelerin yapısal özellikleri, yan kayaçlarla olan ilişkileri, beraberinde gelişen skarnlaşmalar, cevher mineral topluluğu, cevherleşmelerdeki çeşitli element zenginleşmeleri, bunların birbirleriyle olan korelasyon ilişkileri ile cevherleşmelerin oluşumu ve kökeni saptanmaya çalışılmıştır.

2. JEOLOJİ

Akdağmadeni ve çevresinde farklı litolojik topluluklar yer almaktadır.

Bunlar Paleozoyik yaşı Akdağ metamorfitleri, Senomaniyen yaşı (Göncioğlu, 1986) granitoidler, bu iki birimin kontağında yer alan skarn kayaçlarıdır (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanı jeoloji haritası (M.T.A 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasından basitleştirilerek).

2.1. Akdağ Metamorfitleri

Çalışma alanında geniş alanlar kaplayan metamorfitler, Kırşehir Masifi'nin bir parçası olarak kabul edilmektedir (Seymen, 1984; Tülümen, 1980) ve gnays, amfibolit, çeşitli şistler, kuvarsit ve mermerlerden oluşmaktadır (Şekil 2). Bölgede şistozite düzlemleri çok iyi gelişmiş olup, doğu-batı doğrultulu ve yaklaşık $30-35^{\circ}$ kuzeye doğru eğimlidir. Akdağmadeni yöresindeki metamorfitler amfibolit fasyesinde metamorfizmaya uğradığı belirtilmiştir (Özcan vd., 1980; Sağiroğlu, 1982).

2.2. Granitoidler

Akdağmadeni çevresinde

metamorfitleri keserek mostra veren granitoidler, Ortaköy ve Karapir olmak üzere iki ana pluton ile bunların çeşitli bölgelerde yüzeyleyen küçük apofizlerinden meydana gelmektedir (Şekil 2). Bu granitoidler alkali granit, kuvars monzonit, kuvars siyenit, siyenit ve çeşitli porfirler ile bunları kesen damar kayaçlarından oluşmaktadır. Damar kayaçları ise ortoklaz, kuvars ve muskovitten oluşan pegmatitler ile aplit ve lamprofir bileşimli kayaçlardır. Bu damarlarda hem kayaç içerisinde, hem de çatlaklarında sıkça fluorite rastlanmaktadır. Granitoidler çevrelerle yakın çevresinde haritalanabilecek ölçekte bir yüzlek vermemekte olup, olasılıkla

metamorfitlerin tabanında yer almaktadır. Granitoyidlerin yaşı Tülbümen (1980) ve Sağıroğlu (1982)'e göre Eosen öncesi veya Üst Kretase-Paleosen, Göncüoğlu (1986)'na göre ise, Senomaniyen' dir.

2.3. Skarn Kayaçları

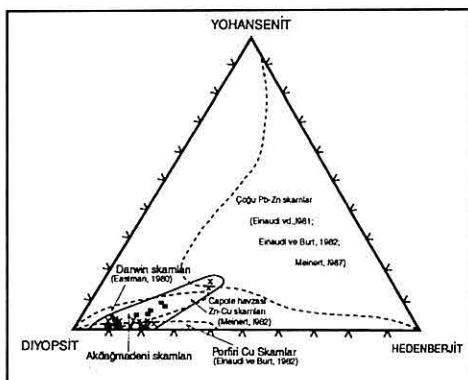
Bu kayaçlar Akdağmadeni çevresinde granitoyidler ile metamorfitlerin kontağında hemen hemen her yerde gözlenmektedir. Skarn zonunun kalınlığı bir kaç metre ile 100-200 m. arasında değişmektedir. Başçatak civarında ise, metamorfitlerin içerisinde bir kaç cm. ile 1 m.'ye ulaşan kalınlıklarda gözlenmektedir. Skarnlar başlıca granat, ortoklaz, kuvars, turmalin, flogopit, skapolit, piroksen, klorit, kalsit ve epidottan oluşmaktadır.

Granatlar özçekilli (1.5- 2 cm), yer yer masif ve açık kahverengimsi renklerde gözlenmektedir. Granatlar hem izotrop, hem de anizotropik özellik göstermektedir. İlk oluşan granatlar merkezde ve izotrop iken, kenarlara doğru zonlu ve bantlı yapıdaki anizotropik granatlara geçmektedir. Bu yapıdaki granatlar hem Akdağmadeni bölgesinde (Tülbümen, 1980; Sağıroğlu, 1982; Şaşmaz, 1996), hem de dünyadaki diğer skarn tipi Pb-Zn yataklarında (Meinert, 1982; Newberry vd., 1991) sıkça gözlenmektedir. Akdağmadeni bölgesindeki granatlar üzerinde yapılan XRD ve mikropop çalışmalarları bunların andradit ve grossüler bileşimine sahip olduğunu göstermiştir (Tülbümen, 1980; Sağıroğlu, 1984a). Pb-Zn cevherleşmeleri ile ilişkili skarnlardaki piroksenler

genellikle dar bir bileşim farklılığı göstermektedir ve demir, mangan ve magnezyum oranları değişik oranlarda zenginleşebilmektedir. Akdağmadeni bölgесine ait 25 adet piroksen örneğinin Sağıroğlu (1982) tarafından mikropop analizleri yapılmıştır. Bu analizler Diyopsit-Hedenberjite-Yohansenit üçgen diyagramına yerleştirilerek (Şekil 3), piroksenlerin konumu ve dünyadaki diğer Pb-Zn skarn yataklarındaki benzerleriyle kıyaslanmıştır. Akdağmadeni skarnlarındaki piroksenlerin büyük bir kısmı diyopsit çok azı da salit+fassayit bileşimlidir. Bu hali ile Darwin ve Capote basenindeki piroksenlerle benzerlik gösterirken (Meinert, 1982; Newberry vd., 1991), pek çok Pb-Zn skarn yataklarındaki piroksenlerle farklılıklar göstermektedir (Şekil 3).

Ortoklaz, genellikle kuvars ve flogopitle iç içe ve iri kristaller halinde yer almaktadır. Bunların arasında yer yer 0.5-1.5 cm. kalınlıkta, 5-6 cm. uzunlukta turmalin kristalleri gözlenmektedir. Akdağmadeni çevresinde Başçatak dışında hiç gözlenmeyen turmalinler koyu yeşil-siyah renklerde, mikroskopta mavimsi-yeşilimsi bir pleokrizmaya sahiptir. Bu olasılıkla da FeO 'ce zengin şörlü bileşimli bir turmalindir ve bu da pegmatitik ve pnömatolitik evre ürünü magmatik kayaçlar içerisinde görülmektedir. Granitik kayaçlarla ilişkili felsik damarlarda veya metamorfik masifler içerisindeki kuvarslı turmalin damarlarındaki turmalinlerin yüksek demir, daha düşük ise Mg içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Raith, 1988; Akçay

vd., 1995). Mineral oluşumlarının silikatlardan oksit ve sülfitlere doğru bir dizilim gösterir. Damarlardaki turmalinler sülfit ve oksitlerden önce yaklaşık 200 ile 600° C arasında bir aralıktı oluşurlar (Kotzer vd., 1993). Epidot, kalsit, skapolit ve klorit çalışma alanındaki skarnlarda çok az oranda görülmektedir.



Şekil 3. Akdağmadeni Ca (x) ve Mg (■) lu skarnlardaki piroksenlerin mikroprop analizlerine ait değişim diyagramı ve dünyadaki diğer yataklarla olan ilişkisi (25 adet örneğin mikroprop analizi Sağiroğlu, 1982'den alınmıştır).

3. Cevherleşmeler

Akdağmadeni çevresinde granitoidler ile metamorfiterin kontağında çeşitli skarn mineralleriyle birlikte, pirometazomatik tipte gelişmiş cevherleşmeler gözlenmektedir. Bu cevherleşmeler çalışma alanın güney ve batısında Karapır, Bayramali, Aşağı Culhali ve Akçaklıla çevresinde gözlenmektedir. Bölgedeki cevherleşmelerden bugüne kadar yüz binlerce ton cevher çıkarılmış ve

çıkarılmaya da devam edilmektedir. Bu çalışmanın konusunu oluşturan Başçatak cevherleşmeleri bugüne kadar bilinmeyen ve madencilik çalışmaları yeni başlayan bir bölgedir. Bölgedeki cevherleşmeler kalın metamorfik serilerin bulunduğu Akdağmadeni metal provensinin güney kesiminde yer almaktadır. Cevherleşmeler magmatik apofizlerin yerleşmesi sırasında beraberindeki hidrotermal çözeltilerin neden olduğu sanılmaktadır. Bu sırada hem ana kayaç içerisinde hem de yan kayaçla olan dokanağında bir takım metasomatik reaksiyonlar sonucu çeşitli skarn mineralleri de gelişmiştir.

Cevherleşmeler Başçatak köyünün 2 km. kadar güneyinde Sırıklı dereden batıya Kale tepeye doğru uzanmaktadır (Şekil 2). Zonun kalınlığı 30 m. kadar olup, uzanımı açılan bir galeri yardımıyla izlenmeye çalışılmaktadır. Cevherleşmeler bazen biyotit sistlerin foliasyon düzlemlerini keserek, bazen de sistozite düzlemlerine parel olarak yerleşmiş şekilde bulunmaktadır. Cevher minerallerine her koşulda skarn mineralleri eşlik etmektedir ve bunlar genellikle iç içe yer almaktadır. Cevherleşmelerde genelde yoğun skarnlaşmanın yanında az cevherleşme gözlenirken, bazı yerlerde de cevherleşmeler geniş cep ve kafalar oluşturabilmektedir. Bu kesimlerde cevher genellikle masif yapılı olup, boyutları çok değişken olarak izlenmektedir.

Yöredeki cevherleşmeler Akdağmadeni bölgesindeki diğer sektörlerle benzer

mineralojik ve dokusal özelliklere sahiptir. Cevherleşmelerde sfalerit, galen, pirit, kalkopirit, pirotin, idait, burnonit, tetraedrit, frayberjit, markazit, kovellin-kalkozin ve spekularit gibi cevher mineralleri gözlenmektedir.

Cevherleşmelerde en baskın olarak bulunan sfalerit iri ve özçekilli taneler halinde gözlenmektedir. Çinko kimyasal analizlerde ortalama % 10.3 iken, en fazla % 23.63 değerine sahiptir (Tablo 1). İnce kesitlerde sfalerit tanelerinin iç kısımlarının demir içeriği düşük, kenarlarda ise yüksektir. Sfaleritler içerisinde yer yer kalkopirit ayrılmaları gözlenmektedir. Bu ayrılmaların oluşumunun 350° C'de başladığı ve 245° C sıcaklığı kadar sürdüğü (Mizuta ve Scott, 1997) belirtilmiştir. Ayrıca bunların Fe'ce zengin sfalerit ile bakırca zengin sıvıların reaksiyonu sonucu oluşmuştur (Barton ve Bethke, 1987). Kimyasal analizlerdeki çinko kadmiyum ile kuvvetli pozitif bir korelasyon sunmaktadır (Şekil 4) ve Zn/Cd oranları 150-210 arasında değişmektedir. Bu oran diğer yataklarda genellikle 300 civarında (Williams ve Heineman, 1993) olmasına karşın, yöredeki sfaleritlerin Cd içeriği oldukça yüksektir. Galen, sfaleritten sonra en baskın bulunan sülür mineralidir. Genellikle pirit, kalkopirit, sfalerit ve fahlers tarafından çevrelenmektedir. Galen taneleri içinde frayberjit, tetraedrit, burnonit, sfalerit ve kalkopirit inklüzyonları gözlenmektedir. Bunlardan frayberjit, burnonit ve tetraedrit ayrılmış şeklinde, sfalerit ve kalkopirit ise kapantı şeklinde

gözlenmektedir. Galenlerin gümüş içerikleri ortalama 295 ppm iken, en yüksek ise 590 ppm civarında olup (Tablo 1), bölgede Pb/Ag oranı 110 ile 160 arasında değişmektedir. Ag, Pb'a göre Pb+Cu' a göre daha iyi bir ilişki sunmaktadır (Şekil 4). Bu da Ag'ün kurşun ile birlikte, bakırbağlı fazlarla da beraber gelişebileceğini göstermektedir. Bu durum Endonazya'daki Cu-Fe'li skarnlarda da gözlenmektedir (Rubin ve Kyle, 1997). Kalkopiritler Başçatak cevherleşmelerinde önemli bir zenginleşme sunmamakla birlikte, % 0.2-4.4 arasında bakır içeriğine sahiptir. Bakır kalkopiritin yanında, tetraedrit ve kalkopirit içerisinde tırnak ve kurtçuklar şeklinde gözlenen idaite bağlı olarak bulunmaktadır.

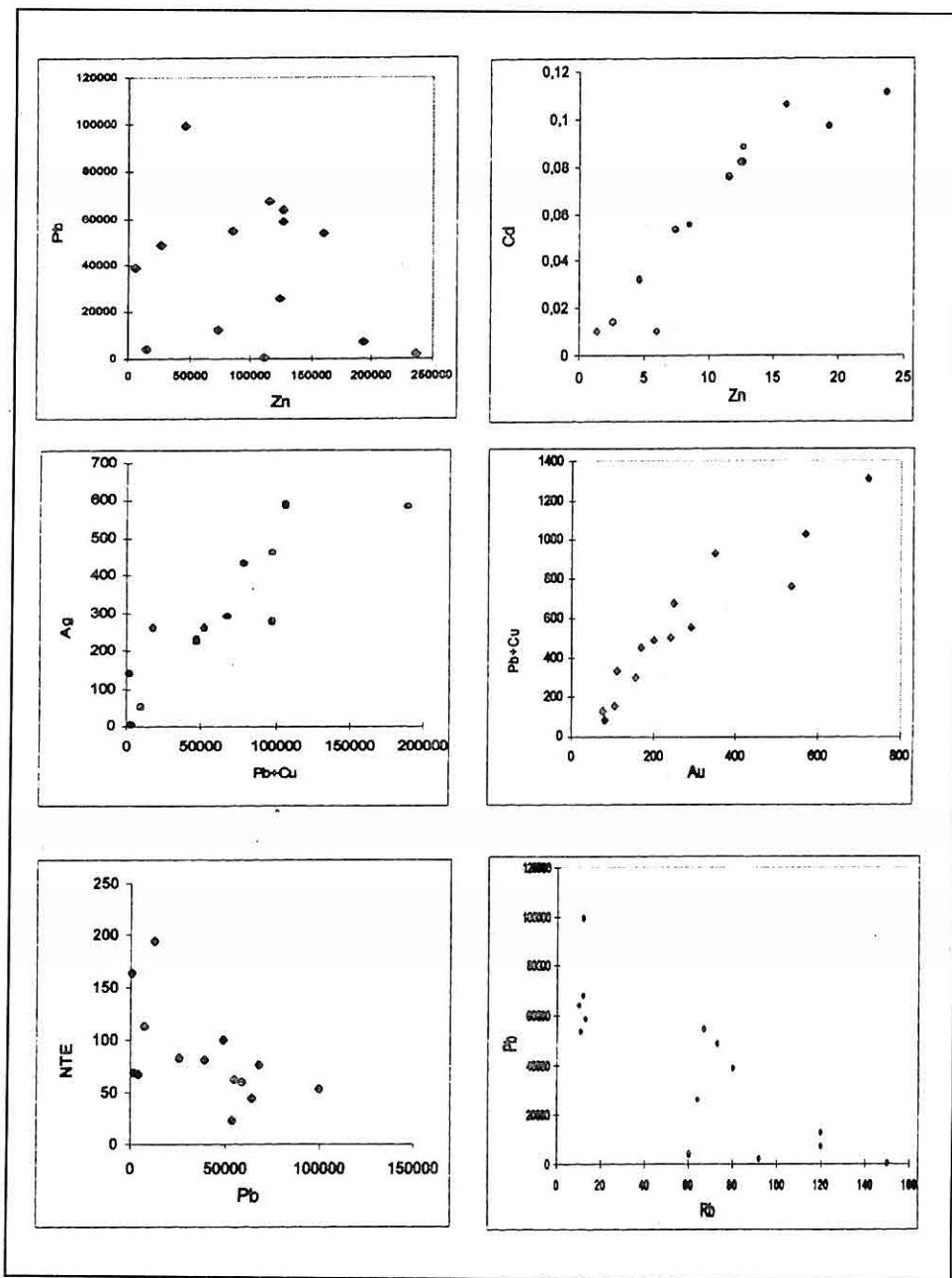
Başçatak cevherleşmelerinde altın ortalama 290 ppb, en fazla ise 720 ppb olarak bulunmuştur (Tablo 1). Altın kurşun+bakır (Şekil 4), gümüş ve antimuan ile doğrusal bir ilişki sunmaktadır. Bu da inceleme alanında gözlenen altının serbest taneler halinde olmayacağı, genellikle frayberjit ve tetraedrit gibi gümüş ve antimuanlı fazlara bağlı olarak geliştiğini göstermektedir. Benzer yataklarda Au konsantrasyonun genellikle yüksek Ag ve Se zenginleşmesinin yanında aksesuar olarak oluşabileceği (Williams ve Heinemann, 1993) belirtilmektedir.

Sb yöredeki cevherleşmelerde tetraedrit ve burnonite bağlı olarak gözlenmektedir ve bazı örneklerde 4100 ppm'e kadar çıkmaktadır (Tablo 1). Tetraedrit galen

BAŞÇATAK Zn-Pb SKARNLARININ MİNERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZ.

Tablo 1. Başçatak cevherleşmelerine ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları (Au ppb olarak verilmiştir).

	BC-5	BC-6	BC-7	BC-8	BC-9	BC10	BC-11	BC-12	BC-13	BC-14	BC-15	BC-16	BC-17	BC-18
Mn%	0,28	0,34	0,09	0,11	0,09	0,13	0,19	0,13	0,08	0,26	0,08	0,13	0,1	0,09
Fe%	6,52	4,84	2,89	10,5	9,77	9,09	4,28	2,36	1,76	4,41	8,55	7,67	9,09	1,86
Zn%	11,2	23,6	4,6	12,6	15,9	12,6	7,39	0,6	1,47	19,3	8,47	11,5	12,4	0,26
Cu%	0,22	0,04	0,068	3,38	4,43	1,98	0,06	0,08	0,05	0,02	1,2	12,2	2,14	0,36
Pb%	0,01	0,18	9,95	6,39	5,36	5,86	1,24	3,88	0,41	0,73	5,46	6,76	2,57	4,87
Cd%	0,05	0,11	0,03	0,08	0,11	0,88	0,05	0,01	0,01	0,1	0,06	0,076	0,08	0,014
Au	81	157	720	170	570	250	240	535	78	106	200	350	110	292
Ag	2	140	590	280	460	430	260	230	49	50	290	580	220	260
Ba	730	650	1100	25	20	600	770	980	400	1300	780	690	25	760
U	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	4,4	3,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Th	16	6,6	10	4,1	6	5,8	16	10	6,3	12	10	7	6,4	10
Mo	54	57	24	30	40	30	26	1	13	90	29	134	48	15
Sb	78	210	4100	82	150	450	76	900	94	80	620	760	50	410
As	16	7	3	9	3	1	3	14	6	1	11	1	10	15
Rb	150	92	12	10	11	13	120	80	60	120	67	12	64	73
La	42	23	21	12	6,3	16	57	22	18	31	22	20	20	27
Ce	79	31	27	27	11	22	91	37	30	44	31	34	34	43
Nd	31	10	2	2	3	19	35	14	14	29	2	17	23	23
Sm	6,3	2,1	2	1,3	0,4	1	6,3	2,9	2,3	4,7	3,2	2,3	2,6	3
Eu	1,2	0,6	0,2	0,2	0,3	0,2	1,4	1,1	0,6	1,3	0,9	1	0,7	1,2
Tb	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3
Yb	3,7	1,7	0,2	1,1	1,3	1,4	3,1	2,8	1,9	2,4	2,5	1,2	2	2,4
Lu	0,71	0,67	0,05	0,27	0,14	0,22	0,59	0,52	0,3	0,51	0,6	0,36	0,29	0,5
Σ NTE	164	69,3	52,6	44,1	22,7	60,2	194,9	80,6	67,2	113,1	62,4	76,2	82,7	100,4



Şekil 4. Başçatak cevherleşmelerine ait bazı elemetlerin korelasyon ilişkileri

îçerinde ayrılmalar şeklinde gözlenmektedir. Burnonit mikroskopta iri taneli, yer yer ikitelli, yüksek rölyefli ve dairesel taneler halinde görülmektedir. Özellikle yansima rengi ile galene çok benzeyen burnonit, sertliği ve kuvvetli anizotropisi ile galenden kolaylıkla ayrılmaktadır. Burnonit genellikle kenar ve çatlakları boyunca yer yer kovellin kalkozine dönüşmüştür.

As, Co ve Se cevherleşmelerde çok az oranda ve genellikle de dedeksyon limitinin altında değerler vermiştir. Molibdenit incelenen parlak kesitlerde hiç gözlenmemektedir. Ancak skarn ve feldispatlı kayaçlar içerisinde saçılımlı olarak izlenmektedir. Molibden kimyasal analizlerde ise 13 ile 134 ppm arasında değişen oranlarda yer almaktadır. Ba konsantrasyonu cevherleşmelerde ortalama 600-700 ppm, en yüksek ise 1300 ppm civarında bulunmaktadır (Tablo 1). Barit mikroskopta hiç gözlenmemiştir.

U,Th, Rb ve NTE zenginleşmeleri yöredeki Akdağmadeni plutonunun farklılaşması sonucunda oluşmuştur. Uranyum sadece iki örnekte dedeksyon limitinin üzerinde değerler vermiştir. Th ise örneklerde 4-16 ppm arasında yer almaktadır. Skarn ve potassik kayaçlarda K, Rb ve Ba ile U, Th ve NTE arasında genellikle pozitif korelasyon bulunduğu bilinmektedir (Nisbet vd., 1983; Wyborn vd., 1988). Başçatak cevherleşmelerinde de NTE, Rb ve Th ile pozitif, Pb ve Ag ile negatif bir ilişki sunmaktadır (Şekil 4). Benzer negatif ilişkiler tabakaya bağlı şeelite yataklarında

(Lottermoser, 1989), Gümüşler (Niğde) Sb yatağında (Akçay, 1995) ve Elazığ yöresindeki Pb-Zn damarlarında (Sağıroğlu ve Şaşmaz, 1999) gözlenmektedir. Bu da yöredeki cevherleşme sürecinde nadir toprak element zenginleşmelerinin, sülfürlü fazlarla beraber zenginleşmediği ve dolayısıyla da Rb, Th ve K' ca zengin fazlarla bölgeye taşınmış olabileceğini kanıtlamaktadır. NTE' ce zengin fazlar, hareketlilikleri nedeniyle sülfürlü fazların oluşumu sırasında ya başka ortamlara taşınmışlar, ya da sfen, biyotit, şeelite, ve zirkon gibi mineralerin yapısına girmiş olmalıdır. Yöredeki cevherleşmelerde NTE' nin daha çok La, Ce, Nd ve Sm gibi hafif elementleri zenginleşirken, ağır nadir toprak elementlerce fakirleşmişlerdir. NTE yöredeki cevherleşmelerde ortalama 85 ppm, en yüksek ise 195 ppm'e kadar çıkmaktadır (Tablo 1). Aynı şekilde Ortaköy plutonu içerisindeki florit ve pegmatitik damarlarda NTE bakımından önemli zonlar bulunmaktadır (Şaşmaz, 1996).

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Başçatak cevherleşmeleri Akdağmadeni metalojenik provensinin bir parçası olup, bölgenin güney kesiminde yer almaktadır. Dokusal ve geometrik özellikleri, yerleşme şekli, ana ve yan kayaç özellikleri, cevher ve skarn mineralojisi, jeokimyası Başçatak cevherleşmelerinin Akdağmadeni bölgesindeki diğer yataklar gibi piremetazomatik tipte gelişmiş bir skarn yatağı olduğunu kanıtlamaktadır

(Tülümen, 1980; Sağıroğlu, 1982; Şaşmaz, 1996). Cevherleşmeler genellikle mikaşistlerin foliasyon düzlemleri ve zayıf zonlarda oluşan skarn kayaçları ve beraberinde gelişen mineralizasyonlarla ilişkilidir. Bu özellikleri nedeniyle Genç (1998) bölgedeki cevherleşmelerin metamorfizma geçirmiş sülfit yataklarına örnek olarak göstermiştir. Halbuki bu durum metamorfizmayla ilgili olmayıp, hidrotermal çözeltilerin yüksek ısı ve basınç nedeniyle foliasyon düzlemlerine enjeksiyonu sonucudur. Cevherli zonun kalınlığı 30 m. civarında olup, genellikle cep ve kafalar şeklinde izlenmektedir. Yörede başlıca granat, ortoklaz, kuvars, flogopit, turmalin, skapolit, piroksen, klorit, kalsit, ve epidot gibi skarn mineralleri bulunmaktadır. Bu skarnlardaki granatlar andradit ve grossüler, mikalar flogopit, piroksenlerin ise genellikle diyopsit ve çok az da hedenberjit bileşimine sahip olduğu gözlenmiştir (Tülümen, 1980, Sağıroğlu, 1982). Özellikle piroksenlerin mineralojik bileşimi dünyadaki diğer skarnlarla kıyaslanmış ve Akdağmadeni skarnlarındaki piroksenlerin, Darwin ve Capote bölgesi skarnları ile benzerlikler gösterdiği saptanmıştır. Ancak çoğu Pb-Zn skarnlardaki piroksenler genellikle yüksek Fe-Mn içerikleri ile karakteristikdir (Meinert, 1982). Halbuki Akdağmadeni skarnları tipki Darwin ve Capote bölgesi skarnları (Newberry vd., 1991) gibi yüksek Fe-Mn içerikli skarnlara benzememektedir. Pb-Zn skarnlardaki piroksenlerin yüksek Mg içeriğine sahip olması, granit porfir

kütlesi ile yakın ilişkisi olan sıvıların kaynağının yakınığını işaret etmektedir (Meinert, 1987). Aynı bölgede porfiri bakır skarnlarının (Einaudi ve Burt, 1982) da bulunması bu düşünceyi desteklemektedir. Böyle skarnlarda piroksenlerin Fe-Mn içeriğinin azlığı, alimünyumlu ortamlardaki piroksenlerin duraysızlığı veya derinlerdeki gerçek erozyonla ilişkili olabileceği vurgulanmıştır (Newberry vd. 1991). Cevherleşmelerde sfalerit, galen, pirit, kalkopirit, pirotin, idait, burnonit, tetaedrit, frayberjt, markazit, kovellin-kalkozin ve spekülarit gibi cevher mineralleri gözlenmektedir. Bu örneklerden yapılan kimyasal analizler yörenin Zn, Pb, Ag ve Cd açısından önemli olabileceğini göstermiştir. Başçatak cevherleşmelerine ait elementler arasında çeşitli korelasyonlar gelişmiştir. Burada Pb-Ag, Pb-Sb, Rb-NTE, Th-NTE, Mn-Rb, Cu-Ag, Cd-Zn, Mn-Zn, Sb-Au, Sb-Ag, Au-Ag elementleri arasında artan, Ag-Mn, Ba-Fe, Pb-Rb, Mn-Pb arasında ise azalan bir ilişki görülmektedir. Bu da sülfürlü fazların genelde tek bir evrede, ancak silikat ve nadir toprak elementli fazlardan farklı dönemlerde geliştiğini göstermektedir.

5. KAYNAKLAR

Akçay, M., 1995, *Cevher taşıyıcı sıvıların cevherli kayaçların nadir toprak elementi içerikleri üzerindeki etkileri: Gümüşler (Niğde) Sb-Hg-W-Ba cevherleşmelerinden bir örnek*, T.J.K. Bült., s.10, 96-103.

- Akçay, M., Moon, J. L. ve Scoot, B. C., 1995, Fluid inclusion and chemistry of turmalines from the Gümüşler Sb-Ag-W deposits of the Niğde Massif, *Chem. Erde*, 55, pp. 225-236.
- Barton, P.B. and Bethke, P.M., 1987, Chalcopyrite disease in sphalerite: Pathology and epidemiology: *American Mineralogist*, v. 72, p. 451-467.
- Dökmeci, Y., 1980, Akdağ yöresinin jeolojisi, MTA Ens. Rap. No. 160, 37s., Ankara.
- Erkan, Y., 1980, Orta Anadolu Masifi' nin kuzeydoğusunda (Akdağmadeni - Yozgat) etkili olan bölgesel metamorfizmanın incelenmesi, T.J.K. Bült., 23, s. 213-218.
- Eastman, H.S., 1980, Skarn genesis and sphalerite-pyrhotite-pyrite relationships at the Darwin mine, Inyo County, California: Unpub. Ph.D. thesis, Stanford Univ. 279 p.
- Einaudi, M.T. and Meinert, L.D. and Newberry, R.J., 1981, Skarn deposits: *Econ. Geol.* 75 th. Anniv. Vol., p.317-391.
- Einaudi, M.T. and Burt, D.M., 1982, Introduction-terminology classification and composition of skarn deposits: *Econ. Geol.*, v.77, p.745-754.
- Genç, Y., 1998, Başçatak - Akdağmadeni (Yozgat) Zn-Pb-Cu sulfid deposit: an example of metamorphosed sulfid deposit in the Akdağmadeni Massif, M.E.T.Ü., Third Int. Turkish Geology Symp. Abstracts, p.126, Ankara
- Göncüoğlu, M.C., 1986, Orta Anadolu masifinin güney ucundan jeokronolojik yaş bulguları, M.T.A. Dergisi 105-106, 111-124 s.
- Kadioğlu, Y.K. ve Yıldız, M., 1996, Akdağmadeni (Yozgat) metamorfitlerinde yer alan Ortaköy granitoidindeki ksenolitlerin mineralojik ve petrografik özellikleri, 30.Yıl Semp. Bild. Kitabı, s.195-207, Trabzon.
- Kotzer, T.G., Kiser, T.K., King, R.W. and Kerrich, R., 1993, An empirical oxygen and hydrogen-isotope geothermometer for quartz-turmaline and turmaline water. *Geochimica et Cosmochim. Acta.*, 57, 3421-3426.
- Lottermoser, B.G., 1989, Rare-earth element behaviour associated with strato-bound scheelite mineralisation (Broken Hill- Australia), *Chemical Geology*, 78, p.19-134.
- Meinert, L.D., 1982, Skarn, manto and breccia pipe formation in sedimentary rocks of the Cananea mining district, Sonora, Mexico: *Economic Geology*, v.83, p.1856-1885.
- Meinert, L.D., 1987, Skarn zonation and fluid evolution in the Groundhog mine, Central mining district, New Mexico: *Econ. Geol.*, v. 82, p. 523-545.
- Myzuta, T. and Scott, S.D., 1997, Kinetics of iron depletion near pyrrhotite and chalcopyrite inclusions in sphalerite: The sphalerite speedometer, *Econ. Geol.*, v. 92, p. 772-783.
- Newberry, R.J., Einaudi, M.T. and Eastman, H.S., 1991, Zoning and genesis of the Darwin Pb-Zn-Ag skarn deposit, California: A reinterpretation based on new data: *Econ. Geol.*, v.86, 960-982.
- Nisbet, B.W., Devlin, S.P., and Joyce, P.J., 1983, Geology and suggested genesis

of cobalt-tungsten mineralization at Mount Cobalt, northwestern Queensland: australian Inst. Minning Metallurgy Proc., v., 287, p.9-17.

Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., E., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M., Tekeli, O., 1980, Kuzey Anadolu Fay-Kırşehir masifi arasındaki temel jeolojisi: M.T.A. Ens. Der. Rap. No: 6722, 139 s. (yayınlanmamış).

Raith, J. G., 1988, Turmaline rocks associated with stratabound scheelite mineralization in the Austroalpine crystalline complex, Austria. Min. and petrology, 39/3-4, 265-268.

Rubin, J.N. ve Kyle, R., 1997, Precious metal mineralogy in porphyry, skarn and replacement type ore deposits of the Ertsberg district, Irian Jaya, Indonesia, Econ. Geol., Vol. 92, pp. 535-550.

Sağiroğlu, A., 1982, Contact metasomatism and ore deposits of Pb-Zn deposits of Akdağmadeni, Yozgat, Turkey: Londra Univ.(yayınlanmamış), doktora tezi, 324 s.

Sağiroğlu, A., 1984a, Akdağmadeni-Yozgat cevherleşmelerinde görülen skarn oluşuklarının özellikleri ve irdelenmesi, T.J.K. Bült., 27, 69-80.

Sağiroğlu, A., 1984b, Akdağmadeni-Yozgat kurşun-çinko yataklarında cevherleşme, Jeoloji Müh. Odası Bült., C.27, 15-29.

Sağiroğlu, A. ve Şaşmaz, A., 1999, Ore mineralogy and geochemistry of the argentiferous lead and copper veins of Çolaklı (Harput-Elazığ), Beihefte zum European Journal of Mineralogy Vol. 11, 1999 p.196.

Seymen, Y., 1984, Kırşehir metamorfitlerinin jeolojik evrimi, Ketiń semp., Türkiye Jeol. Kurumu yayını, 133-148, Ankara.

Şahin, B. ve Erkan, Y., 1994, Akdağmadeni Masifi metamorfitleri, Yukarı Çulhali-Başçatak kesiminin petrolojik özellikleri, M.T.A. Derg. No:116, s.21-28.

Şaşmaz, A., 1996, Ortaköy ve Aşağı Çulhali (Akdağmadeni-Yozgat) köyleri arasındaki cevherleşmelerin incelenmesi, 30.Yıl. Semp. Bild. Kitabı, s. 55-66, Trabzon

Tülbüt, E., 1980, Akdağmadeni yöresindeki petrografik ve metalojenik incelemeler, K.T.Ü. Doktora Tezi, Yerbilimleri Fakültesi yayını, Trabzon.

Vache, R., 1962, Akdağmadeni kontakt yatakları ve bunların Orta Anadolu kristaline karşı olan jeolojik çevreleri, M.T.A. Derg. 60, 22-35.

Williams, P.J. and Heinemann, M., 1993, Marumungee: A Proterozoic Zn Skarn in the Cloncurry District, Mount Isa Inlier, Queensland, Australia, Economic Geol., Vol. 88, pp. 1114-1134.

Wyborn, L.A.I., Page, R.W. and McCulloch, M.T., 1988, Petrology, geochronology and isotope geochemistry of the post-1820 Ma granites of the Mount Isa inlier: Mechanisms for the generation of Proterozoic anorogenic granites: Precambrian Research, v. 40/41, p. 509-541.

Yılmaz, A., Uysal, Ş., Bedi, Y., Yusufoğlu, H., Havzoğlu, T., Ağan, A., Göç, D., ve Aydin, N., 1995, Akdağ masifi ve dolayının jeolojisi, M.T.A. Dergisi, 117, s. 115-124.

**DETERMINATION ON CHLORINATED ALIPHATICS IN MAIN
DISCHARGE CHANNEL OF KONYA**

Yüksel BURDURLU

S.Ü., Çevre Mühendislik Bölümü, Konya/Türkiye

ABSTRACT: *Konya main discharge of channel wastewater which were analysed in this research is important because it is discharged to Tuz Gölü (Salt Lake) in certain periods of a year. In addition, it is used for irrigation purpose along the channel route. In order to investigate, if the wastewater contains chlorinated aliphatics or not, the channel water sampled along one year period. The samples were collected one hour every for two days (2x24). Then the channel were sampled for three weeks (3x7) daily. Then the sampling were distributed to one year period with nine samples (ones a month). In this research it is determined also if the chlor type and its level in drinking water in Konya effects concentration of chlorinated aliphatics compounds in Konya wastewater.*

**KONYA ANA TAHLİYE KANALINDA KLORLU ALİFATİKLERİN
ARAŞTIRILMASI**

ÖZET: *Konya Ana Tahliye Kanal'ı atık suyu yılın belirli dönemlerinde Tuz Gölü'ne ulaştığı için oldukça önemlidir. Ayrıca kanal çevresindeki çiftçiler, tarım arazileri için, kanal suyunu sulama amaçlı kullanmaktadır. Bu çalışmada, Konya Ana Tahliye Kanalı Terfi Merkezinden, iki gün boyunca birer saat arayla 48 (2x24) adet, üç hafta boyunca alınan günlük 21(3x7) adet ve haftalık numunelerden sonra yıl boyunca her ay alınan dokuz adet numune incelenmiştir. Çalışmada bu numunelerin klorlu alifatik bileşik içeriği, içmesuyu temininde kullanılan klor tipinin ve dozlamalarının bu bileşiklerin konsantrasyonlarına olan etkisi araştırılmıştır.*

1.GİRİŞ

Suların dezenfeksiyonunda ve evlerde dezenfeksiyon amacıyla kullanılan klor kuvvetli bir oksitleyicidir. Bunun yanında klor ve kloraminler önemli ölçüde sübstansiyon (başka bir bileşigin yerini alma) reaksiyonları tepkimesi verirler. Sübstansiyon tepkimesi veren bir dezenfektan, daha büyük miktarda klorlu bileşik konsantrasyonu oluşturur (Johnson ve Jensen, 1986). Dezenfeksiyon işleminde dozaj kontrolü yapılmadan hipoklorit uygulaması sonucunda şebekenin bazı noktalarında, özellikle hipokloritin uygulandığı depo yakınlarında yüksek kalıntı klor konsantrasyonları bulunmaktadır (Toprak, 1996). Klorlama proseslerinde oluşan (THM) ve klorlu bileşiklerin önemli bir kısmının kaynağı hümik maddelerdir ki bunlar Trihalometan (THM) ve klorlu bileşiklerin oluşumuna yol açan öncü maddelerdir (Tinkilç, 1987). Bu bileşiklerin oluşumunda pH, klor dozu ve temas süresi de etkili parametrelerdir. THM seviyeleri pH azalırken düşmektedir. Yüksek klor dozlarında yükseltgenme ve parçalanma ürünleri (özellikle THM'lar) artmaktadır (Miller ve Uden, 1983). Pek çok araştırmacıya göre temas süresi, kloroformun artışına pozitif etkimektedir. İçme sularının klorlanması sırasında ve sonrasında, klorun sudaki organik maddelerle girdiği reaksiyonlar sonucu oluşan klorlu alifatik bileşikler, deşarj noktalarına kadar taşınabilmektedir (Rook, 1974; Vogel, Cridle & Mc Carty, 1987). Arıtma tesislerinde en

yaygın bulunan organikler, 1,4-diklorbenzen, diklorometan, kloroform ve tetrakloretilendir. Bunların yanında başka organik bileşiklere de rastlamak mümkündür. Yapılan bir araştırmada, arıtma tesislerinde 32 organik bileşike rastlanmıştır (Suschka ve ark., 1996). Atık su ile arıtma tesisine gelen bu bileşikler, anerobik çamur çürütme ünitesinde performans düşüklüğüne veya yüksek derecede inhibisyon ve nihayet ünitenin faaliyetinin durmasına yol açmaktadır (Swanwick ve ark., 1971). Başka bir araştırmacı grubuna göre ise; uçucu klorlu alifatikler atıksu arıtma tesislerinde biyolojik proseslerde bozunmaya uğrarlar (Bell ve ark., 1993).

Bu çalışmada, adı geçen bileşikler 24 saatlik iki set, günlük üç hafta ve 12 ay boyunca alınan numuneler ile izlenmiş ve kullanılan dezenfektan tipi ve dozlama şekline göre klorlu bileşiklerin oluşumunda ortaya çıkacak farklılıklar araştırılmıştır.

İlk 24 saatlik izlemede, içme suyu arıtma tesisi bakımda olduğundan su ihtiyacı kuyulardan sağlanmış ve klorlamada gelişigüzel bir dozlama ile sodyumhipoklorit kullanılmıştır. İkinci 24 saatlik, günlük ve aylık numuneler, arıtma tesisi devreye girdikten on iki gün sonra alınarak, kuyulardan kullanılan suyun şebekeden tamamen çekilmesi beklenmiş ve daha sonra alınmıştır. Arıtma tesisi devredeyken içme suyunun %80'i arıtma tesisinden (klor gazı ile 2 mg/l dozda, pH=6.5-8.0 ve otokontrollü dozlama), geri kalan ise kuyulardan (kontrolsüz sodyum hipoklorit

dozlanmakta) temin edilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Toplam katı madde, uçucu katı madde, toplam çökelebilen katı madde ve toplam askıda katı madde tayinleri kurutma ve tartım yapılarak, volumetrik metodlarla yapılmıştır. Analizi yapılan numunenin pH ve sıcaklık değerleri seyyar pH metre ile numunenin alındığı yerde yapılmıştır. Nitrit ön işlemleri yapıldıktan sonra spektro fotometre ile analiz edilmiştir. Yağ-gres tayini, triklorfloretan ile ekstrakte edildikten sonra kurutma ve tartım işlemleri esas alınarak yapılmıştır. Ağır metal analizleri ise Belediye tarafından yaptırılmıştır.

Ayrıca her ayın 15'inde alınan numuneler de +4 °C'de inkübatörde saklanarak analizleri aralık ayında yapılmıştır. Numunelerin alındığı kanal, hemen başlangıçta numunelerin alındığı bir Terfi merkezi ve üç adet pompa istasyonu ile Tuz Gölü'ne 120 km mesafe ile ulaşan ve çoğunuğu evsel, bir miktarı da endüstriyel atıksuyu taşıyan bir kanaldır. Numuneler, renkli ve hava ile teması olmayan, 1000 ml'lik cam şişelerde muhafaza edilmiştir.

Numunelerin ekstraksiyonu petrol eteri ile yapılmıştır. 100 ml numune balon içine koyulduktan sonra üzerine 2 ml petrol eteri ilave edilip düzenli bir şekilde 4 dk karıştırılarak ekstrakte edilmiş ve enjeksiyonla alınmıştır (eğer ekstraksiyon, bu işlemlerle sağlanamamış ise balona 2 ml daha petrol eteri ilave ederek tekrar 4 dk daha karıştırılmıştır). Klorlu alifatik bileşikler analizinde Hewlett Packard

(5890 Series II) gaz kromotografi cihazı kullanılmıştır. Cihaz kapiler kolon (HP-624, i.ç. 0.25 mm, 30 m, film kalınlığı 1.4 m) ve ECD (electron capture detector) ile donatılmıştır. Sıvı örnekler hipodermik şiringalarla, silikon kauçugundan yapılmış bir "septum"dan örnek odasına (kolon) enjekte edilmiştir. Enjeksiyon miktarı 0.1-0.5L arasında değişebilmektedir (Hışıl, 1994). Solvent ekstraksiyon ile hazırlanan numunelerden, 1 L cihaza enjekte edilerek, analitik sonuçlar HP 3399 integratör ile elde edilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak azot gazi kullanılmıştır.

Cihaz numunelerin verilmesinden önce kalibre edilmiştir. Cihazın akım ayarları sabun köpüklü hacim ölçerle düzenlenmiştir. Analiz için uygulanan gaz kromatografik şartlar aşağıda verilmiştir.

Taşıyıcı gaz = Azot, Taşıyıcı gaz basıncı = 5 kg/cm², Gaz akış hızı = 1.4 ml/dk, Kolon = 0.25 mm i.d., 30 m uzunlukta, Fırın sıcaklığı = 240 °C, Enjektör sıcaklığı = 250 °C, Detektör sıcaklığı = 300 °C, Cihazın ölçüm hassasiyeti=0.001g/L'dir.

Ekstraksiyon işlemi ile ön hazırlıkları yapılan numunelerin klorlu alifatik tayinleri, gaz kromatografi cihazında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar integratörde okunmuştur. Değerlendirme, integratörden alınan pik boyaları kullanılarak aşağıdaki formül ile yapılmıştır.

Kons., g/L = Pik alanı/stand.alan x 200
Diklorometana sadece ikinci sette rastlanmıştır. Konsantrasyon değeri, değişimi ve aralığı en yüksek ve geniş

olarak gözlenmiş, standart sapması da en yüksek olan bileşik olarak en büyük farklılığı göstermiştir (Tablo 1).

1,2 dikloretan ve trikloretilen de sadece ikinci sette bulunan bileşikler olmuştur. Özellikle trikloretilen sadece sekiz numunede ve düşük seviyede bulunmuştur.

Trans-1,2 dikloretan, ilk sette sadece iki kere gözlenmiş ve ikinci sette de oldukça yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur (84.6 g/L). Ayrıca konsantrasyon değişimi de kararlı özellik göstermiştir. Trans-1,2 dikloretanın konsantrasyon değişimleri Şekil 1'de görülmektedir.

Diger bileşikler arasında en toksik etkiye sahip olan kloroform, iki sette de

numunelerin büyük çoğunuğunda bulunmuştur. Birinci sette içmesuyu dezenfeksiyonu elle kontrol edilen sodyumhipoklorit dozlaması yapılmıştır. Bu da konsantrasyonların önemli derecede yüksekmasına neden olmuştur. İkinci sette ise, uygun şartlarda otomasyona dayalı gaz klor dozlaması yapıldığından konsantrasyon oranları ve farklılığı daha düşük seviyelerde çıkmıştır (0.31-1.5 g/L, Şekil 2).

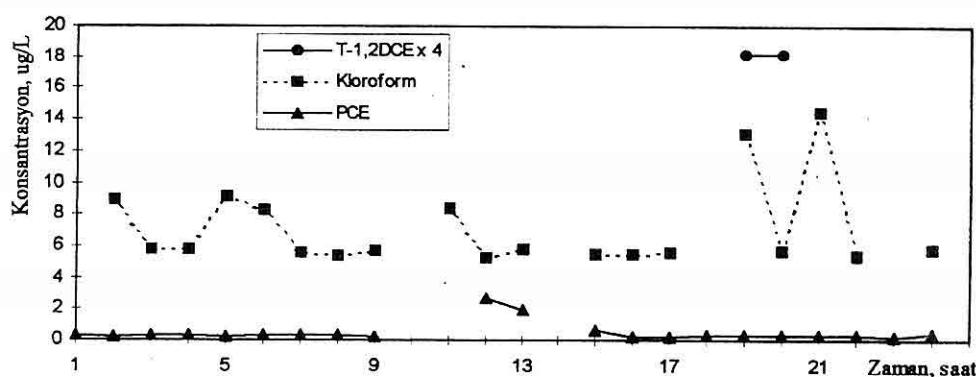
Tetrakloretilen ise düşük seviyelerde olsa da, her iki sette de bulunmuştur. Birinci sette 1200-1500 saatleri arasında daha yüksek çıkmıştır (0.69-2.67 g/L, Şekil 1). İkinci sette ise 0.04-1.96 g/L olarak bulunmuştur (Şekil 3).

Günlük numunelerde bulunan bileşik

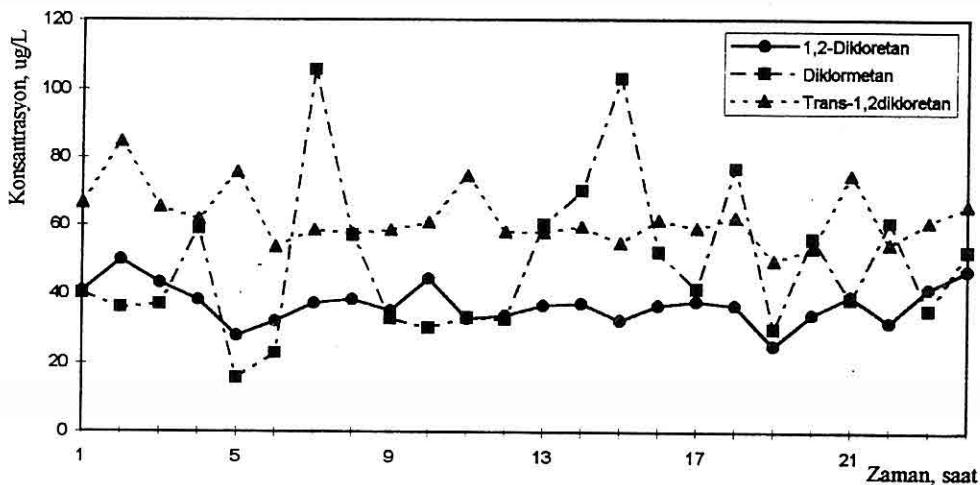
Tablo 1. Bulunan klorlu alifatik bileşiklerin ortalama değerleri, standart sapması ve konsantrasyon aralıkları

Bileşik	Ortalama Konsantrasyon (g/l)	Standart Sapma	Konsantrasyon Aralığı
Diklormetan	* 49.13	* 20.628	* 15.8 - 105.6
Trans-1,2 Dikloretan	* 72.75 ** 62.05	* 19.79 ** 0.4123	* 49.8 - 84.6 ** 72.6 - 72.9
Kloroform	* 7.08 ** 0.785	* 2.67 ** 0.411	* 5.2 - 14.4 ** 0.25 - 1.5
1,2 Dikloretan	* 37.10	* 17.3	* 25.2 - 47.0
Trikloretilen	* 0.301	* 0.15	* 0.09 - 0.46
Tetrakloretilen	* 0.489 ** 0.59	* 0.6183 ** 0.0932	* 0.19 - 2.67 ** 0.04 - 1.96

*Arıtma tesisi devrede değil, ** Arıtma tesisi devrede



Şekil 1. Konya kanalizasyon sistemi çıkışında 1. Set saatlik numunelerdeki klorlu bileşik konsantrasyonları



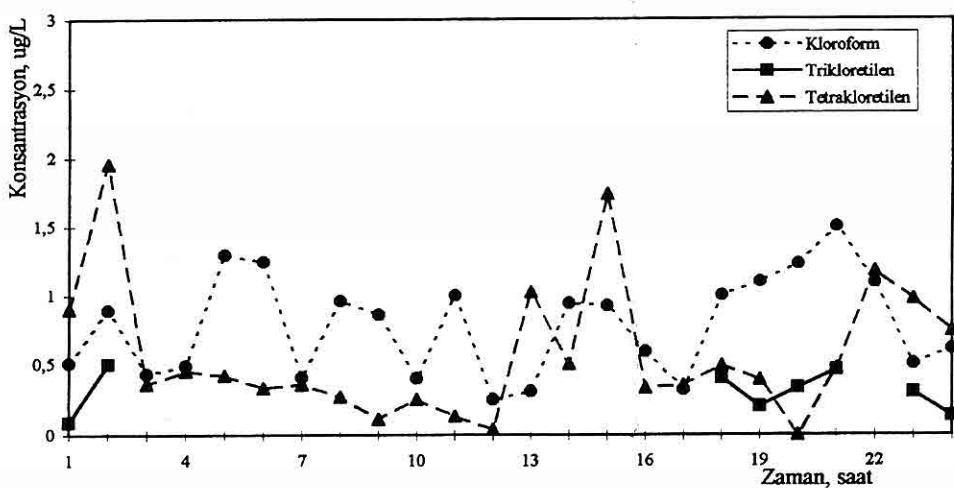
Şekil 2. Konya kanalizasyon sistemi çıkışında 2. Set saatlik numunelerdeki klorlu bileşik konsantrasyonları

sayısı saatlik numunelerde bulunan bileşik sayılarından daha fazla çıkmıştır. Bileşikler, bulunma sıklıklarına göre iki grupta incelenmiştir. Birinci grup bileşikler daha sık bulunanlardır (Kloroform, trikloretilen, tetrakloretilen ve 1,4-diklorbenzen). İkinci grup ise, daha az bulunanlardır (Tetraklormetan,

dibromklormetan ve 1, 1, 2, 2-tetrakloretan).

Bileşiklerin konsantrasyonları limitlerle karşılaştırıldığında kabul edilebilir düzeylerde çıkmıştır (1,4-diklorbenzen bir defa 200 g/L çıkararak bu yargının dışında kalmıştır, Tablo 5).

Her ay alınan numuneler dikkate



Şekil 3. Konya kanalizasyon sistemi çıkışında 2. Set saatlik numunelerdeki klorlu bileşik konsantrasyonları

alındığında, diklormetan (şubat), Trans1,2-dikloretan (şubat), 1,2-dikloretan (şubat) ve dibromklormetan (mart) on ay içerisinde sadece bir kere bulunmuştur. Tetrakloretilen, trikloretilen ve kloroforma ise günlük ve saatlik numunelerde olduğu gibi aylık numunelerde de bulunmuştur.

Elde edilen analiz sonuçlarına göre; BOY, KOY, T. Katı madde, organik madde, TAKM ve yağ-gres değerleri standartların üzerinde, ağır metal, pH, sıcaklık ve nitrat ise kabul edilebilir düzeyde çıkmıştır (Tablo 8).

3. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Klorlu bileşiklere kaynak olarak, içme suyu klorlamasının yanında, evlerde temizlik amacı ile kullanılan dezenfektanlar da katkıda bulunmaktadır. Bu noktada, gece ve gündüz saatleri

arasında konsantrasyon farkı önemli derecede olmamıştır. Ayrıca ilk sette sadece üç bileşiğe rastlanmıştır. Dolayısıyla bu durum, klorlu alifatiklerin klorlama ünitesinde, sonrasında ve evsel atık sulardan olduğunu, endüstriyel atık sulardan önemli bir girişim olmadığını göstermiştir. Ayrıca iki günde de aynı sayıda bileşigin elde edilmemesi, klorlamada kullanılan madde cinsinin (gaz klor, hipoklorit, vs.), bu bileşiklerin oluşma mekanizmasına farklı etki ettiğini göstermiştir.

Konya Ana Tahliye Kanalı'ndaki mevcut kirlilik yükünü oluşturan kaynaklar, evsel, endüstriyel ve yağmur sularıdır. Ancak klorlu alifatikler açısından incelendiğinde, kırleticili kaynakları daha da özelleştirmek gereklidir. Çalışmanın ilk aşamasında elde edilen sonuçlara göre klorlu alifatiklerin en

Tablo 2. Günlük numunelerdeki klorlu bileşiklerin konsantrasyon oranları ve bulundukları numune adedi (Konsantrasyon; g/L)

Bileşikler	1. hafta		2. hafta		3. hafta	
	Konsant. aralığı	Bulunan num.ad.	Konsant. aralığı	Bulunan num.ad.	Konsant. aralığı	Bulunan num. ad.
Diklormetan	-	-	-	-	-	-
Kloroform	7-31	tamamı	1.0-3.4	tamamı	4-6	tamamı
Tetraklormetan	5-7	2	-	-	-	-
Dibromklormetan	0.3	1	0.05-0.13	2	0.2	1
Bromoform	-	-	-	-	-	-
1,1 Dikloretilen	-	-	-	-	-	-
Trans-1,2-Dikloretilen	-	-	-	-	-	-
Trikloretilen	1.7-26	tamamı	0.2-1.3	5	0.5-4	tamamı
Tetrakloretilen	1.2-19	tamamı	0.2-5	tamamı	2.3-16	tamamı
1,1 Dikloretan	-	-	-	-	-	-
1,2 Dikloretan	-	-	-	-	-	-
1,1,1 Trikloretan	-	-	-	-	-	-
1,1,2 Trikloretan	-	-	-	-	-	-
1,1,2,2 Tetrakloretan	42-45	2	-	-	-	-
1,2 Dibrommetan	-	-	-	-	-	-
1,2 Diklorpropan	-	-	-	-	-	-
1,4 Diklorbenzen	9-24	6	13-279	5	6-96	tamamı

önemli kaynağı, içme suyu arıtma tesisi uygulanan klorlama ünitesidir. Arıtma tesisi dışında, evlerde kullanılan klorlu temizleyiciler ve endüstriyel atıksular da kaynak teşkil etmektedir. İncelenen klorlu alifatikler, daha çok dezenfektan veya temizlik amaçlı kullanılan klorlu alifatikler içeren evsel atıksulardan kaynaklanmaktadır (Özdemir ve Dorum, 1997).

En sık bulunan bileşikler karşılaştırıldığında kloroformun

konsantrasyonları, dezenfektanın etkisini en iyi yansitan bileşik olup, elle kontrol edilen sodyumhipoklorit dozlamasında (1. Set), tutarsız ve yüksek seviyelerde çıkmıştır. Genel olarak uçucu organiklerin konsantrasyonlarının tatarlı ve düşük çıkması, dezenfeksiyon işleminin otomasyona dayalı gaz klor dozlaması yapıldığındandır.

Türkiye'de ozon ve UV (ultraviyole) işinlar gibi dezenfektan verimi oldukça iyi olan fakat bakiye dezenfektan

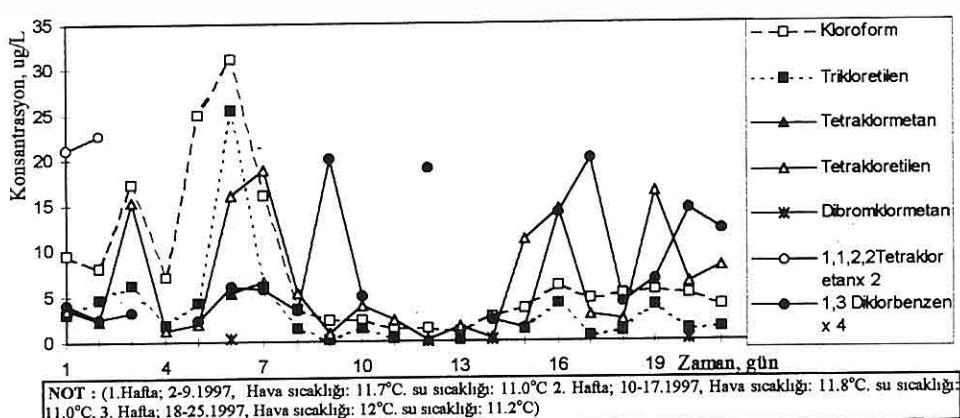
Tablo 3. Konya Ana Tahliye Kanalı atıksuyunun 1997 yılı Ocak-Haziran ayları arasında yapılan analiz sonuçları

Parametreler	Analiz Sonuçları						Deş. Stan
Numune Alma Tarihi, 1997	1.01	20.02	11.03	10.04	10.05	11.06	
BOY5 (mg/L)	-	-	672	442	487	365	-
KOY (mg/L)	-	-	1020	854	970	750	4000
T. Katı Madde (mg/L)	1710	540	648	937	570	475	-
Uçucu Katı Madde (mg/L)	480	128	156	248	195	220	-
T. Çökelebilen Madde (ml/l)	18	20	9	4.5	18	21.5	-
T. Askıda Katı Madde mg/L	348	106	421	246	124	127	500
pH	7.5	7.8	7.6	7.8	8.3	8.2	6-10
Nitrat (mg/L)	-	-	0.25	0.32	0.45	0.7	20
Sıcaklık (°C)	10.8	10.8	11.2	13	13.8	15.1	40
Yağ-Gres (mg/L)	-	-	194	167	188	153	250
Çinko (g/L)	87	130	93	-	-	-	10.000
Bakır (g/L)	2	17	10	-	-	-	2.000
Kadmiyum (g/L)	<1	<1	<1	-	-	-	2.000
T. Krom (g/L)	20	69	10	-	-	-	5.000
Civa (g/L)	1	2.4	0.5	-	-	-	200

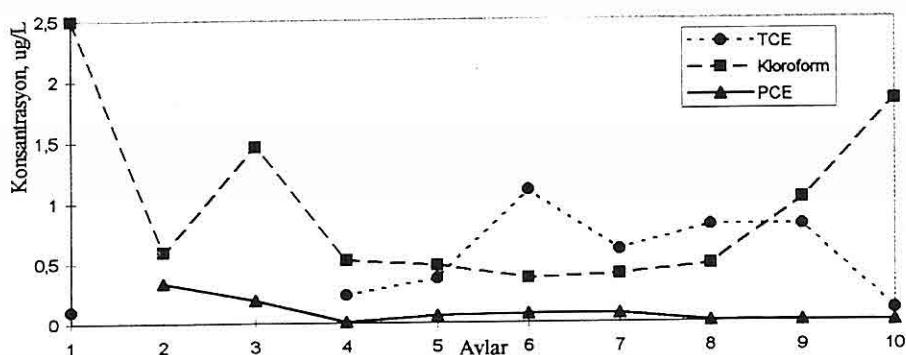
bırakılması söz konusu olmayan dezenfeksiyon metodlarının kullanılmasının en önemli nedeni, sağlıklı döşenmemiş şebekelere dışarıdan herhangi bir patojen mikroorganizma gireceği endişesidir. Bu metodların kullanılmasıyla sağlıklı olarak döşenmiş şebekelere bırakılacak bakiye dezenfektan oranı %65 civarında azalacaktır, dolayısı ile oluşacak klorlu alifatiklerin ve kloraminlerin konsantrasyonu minimuma indirilmiş olacaktır. Klorlu alifatiklerin giderilmesi konusunda arıtma tesislerinde herhangi bir proses kullanılmamaktadır, ancak Özdemir'in klorlu bileşiklerin giderimi ile ilgili çalışmasında demir metali yardımı

ile klorlu bileşiklerin giderilmesi konusunda olumlu sonuçlar alındığı görülmüştür. Ayrıca bu bileşiklerin, havalandırma ile giderilmesi de söz konusudur. Çoğunlukla açık kanalda deşarj edilen Konya atıksularındaki klorlu bileşik miktarı mesafe ile azalıp yok olmaktadır. Ancak yakın mesafelerde atıksuların sulama amaçlı kullanımı neticesinde toprak ve tarım ürünlerinde ne gibi sonuçların ortaya çıkacağı ayrı bir çalışma konusudur.

24 saat'lik iki set halinde analiz edilen numunelerde bulunan bileşiklerin ortalama, standart sapma ve konsantrasyon aralıkları ise Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre, toplam altı bileşik



Şekil 4. Konya kanalizasyon sistemi çıkışında günlük numunelerdeki klorlu bileşik konsantrasyonları



Şekil 5. Konya kanalizasyon sistemi çıkışında 10 aylık numunelerde bulunan klorlu bileşiklerin konsantrasyonları

bulunmuş, ilk 24 saatlik sette ise sadece üç bileşik bulunmuştur.

Atık sulardaki klorlu alifatiklerin gözlenmemesi için öncelikle THM (trihalometan) olarak bilinen kanserojen olan bu bileşiklerin oluşumunda önemli bir rol alan organik maddenin giderilmesi ve dolayısı ile bakiye klor miktarının azaltılması gerekmektedir.

Klorlu alifatiklerin dışında analizi

yapılan parametrelerden BOY, KOY, T, Katı madde, organik madde, TAKM ve yağ-gres 3. Sınıf su standartlarının üzerinde çıkmıştır. Nitrat, pH, sıcaklık ve ağır metaller ise bu standartlara göre kabul edilebilir düzeyde çıkmıştır. Konya kanalizasyonu suyunun büyük kısmının evsel kaynaklı olduğu dikkate alınırsa, ağır metallerin düşük çıkışının nedeni anlaşılmaktadır.

4. KAYNAKLAR

- Bell, J., Melcer, H., Monteith, H., Osinga, I. & Steel, P., 1993; "Stripping of Volatile Organic Compounds at Full-Scale Municipal Wastewater Treatment Plants", *Water Environmental Research*.
- Hışıl, Y., 1994; "Enstrümantal Gıda Analizleri-II", Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Johnson, J.D. & Jensen, N.J., 1986; *Journal AWWA*, 70.
- Miller, J.W. & Uden, P.C., 1983; *Environmental Science Technologies*, 17.
- Rook, J. J., 1974; *Journal Water Treatment Exam*, U.S.A., 23, 234-243.
- Özdemir, M., 1989; "Demir Metali Yardımı ile Sulardaki Klor Artıklarının Giderilmesi", Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Özdemir, C. & Dorum, A., 1997; "Konya Kanalizasyonunda Klorlu Alifatikler Üzerine Bir Çalışma", S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 12, 9-15, Konya.
- Suschka, J., Mrowiec, B. & Kuszmider, G., 1996; "Volatile Organic Compounds (VOC) at Some Sewage Treatment Plants in Poland", *Water Science Technology*, 33, 12, UK.
- Swanwick, J. D. & Foulkes, M., 1971; "Inhibition of Aneorobic Digestion of Sewage Sludge by Chlorinated Compounds", *Wat Poll Control*, 58-70, U.S.A.
- Toprak, H., 1996; "İzmir Kenti İçme Suyu şebekesinde Uygulanan Klor İle Dezenfeksiyon İşleminin İncelenmesi", 1. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, 21-30, Bursa.
- Vogel, T.M., Criddle, C.S. & McCarty, P.L., 1987; *Env. Sci. Techn*, 21, 722-736.

NİĞDE YÖRESİ PERLİT YATAKLARI

İbrahim ÇOPUROĞLU

Niğde Univ., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde/Türkiye

Rasim AĞADAYI

Köy Hiz. İl Müdürlüğü, Niğde/Türkiye

ÖZET: *Niğde yöresinde bulunan hafif yapı malzemelerinden perlitler, Hasandağ-Melendizdağ volkanizmasına bağlı olarak Kuvaterner'de aktivite kazanan Büyük Göllüdağ ve Bozdağ volkanizmasının bir ürünüdür. Perlitterle birlikte bulunan diğer ürünler ise, riyolitik, bazaltik, andezitik lavlar ile piroklastik malzemeler ve bunların üzerinde, ince taneli, kül boyutlarındaki çapraz tabaklı malzemelerden oluşmaktadır. Perlit, Kömürcü köyü civarında geniş bir alanda yayılım göstermekte olup, 350 milyon ton rezerve sahiptir. Perlitterin mikroskop altında incelenmeleri sonucu, bunların vitrofırıksız dokulu oldukları, camlı hamurun çoğulukla sferülitik büzülme çatlakları içerdikleri, bunların içerisinde oldukça yaygın olarak, kuvars, biyotit, plajiolkas (oligoklas-andesin), ojit ve opak minerallerin oluşturdukları fenokristallerin yer aldığı belirlenmiştir. Perlitter, içerisindeki fenokristal oranının fazla olması "vitrofir perlit", genleşme ısısının yüksek ve genleşme hacim oranının düşük olması sebebiyle de "pasif perlit" özelliği taşımaktadır. Bu özelliklerile perlit genel olarak inşaat sektöründe yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir. Ancak, Kayıkırantepesi civarında, hafif yalıtım beton agregası, filtre yardımcı maddesi ve sanayi yalıtımı sektörlerinde kullanılabilecek özelliklere sahip kaliteli olanları bulunmaktadır.*

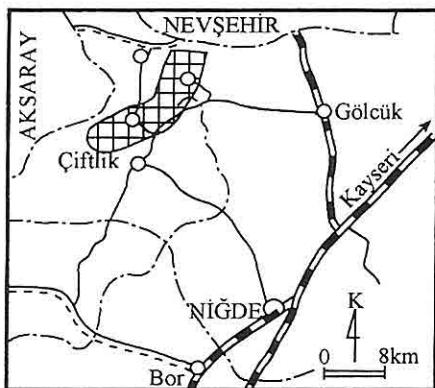
PERLITE DEPOSITS OF NİĞDE REGION

ABSTRACT: *Perlite which is light-weight construction materials in the Nigde region is a product of volcanism of Büyük Göllüdağ and Bozdağ activated in Quaternary according to the volcanism of Hasandağ-Melendizdağ. Other products beside the perlite are pyroclastic materials with rhyolitic, basaltic, and andesitic lava and on these, materials consist of thin pieced, ash sized cross plates. Perlite which lies in the broad area of Kömrcü village, has 350 millions tones reserve. Under microscope investigation, it is found that perlite has vitrophyric texture, that glassy matrix contains mostly spherulitic shrink cracks and in these content, phenocristals which are most commonly formed from quartz, biotite, plagioclase (oligoclase-andesine) augite, and opaque minerals, was determined to be existed. Perlite, has properties known as "vitrophyre perlite" owing to excessive amount of phenocristal in its content and*

"passive perlite" owing to high expansion temperature and high expansion volume ratio. Because of these properties, perlite can be used as insulation materials in construction area, as well as light insulation cement aggregate around the Kayışkırantepesi, and auxiliary filter material and there are some quality ones which have properties that can be used in industry.

1. GİRİŞ

İnceleme alanı, İç Anadolu Bölgesi'nde, Niğde İli'ne bağlı Kömürcü Köyü civarında, yaklaşık 35 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Yer bulduru haritası

İnşaat sektöründe geleneksel ağır inşaat malzemelerinin kullanımı giderek azalmakta, buna karşın hafif yapı malzemelere olan talep artmaktadır. Hasandağ-Melendizdağ volkanitlerine bağlı olarak oluşmuş perlit, pomza, diyatomit ve kaolen gibi endüstriyel hammaddeler oldukça büyük rezervlere sahiptir. Bunların günümüz imkanlarına göre yeniden değerlendirilmesi ve böylece ülke ekonomisine katma değer sağlaması amaçlanmıştır.

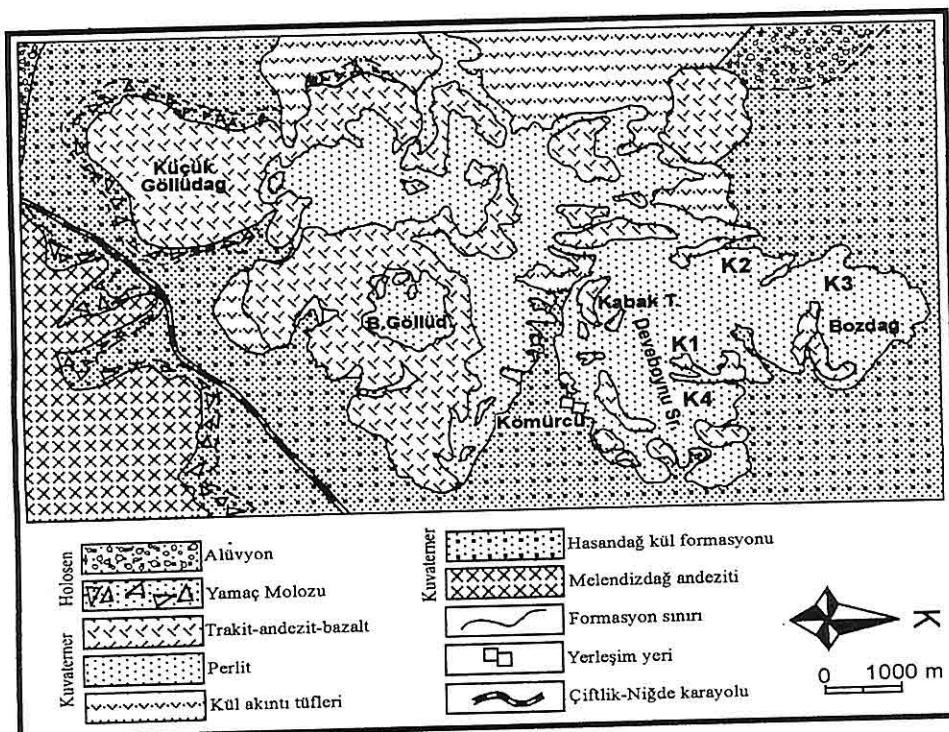
Bu bölgede, geçmiş yıllar içerisinde çok sayıda yerbilimci tarafından volkan

jeolojisi, ekonomik jeoloji, jeokimya ve tektonizma üzerine birçok çalışmalar yürütülmüştür (Beekman, 1966; Batum, 1978a; Günalay, 1975; Ercan ve dig., 1990, 1991; Toprak ve Göncüoğlu, 1992; Taşkın, 1972; Ujhelyi, 1970 v.d.).

Niğde Üniversitesi bünyesinde yüksek lisans tezi olarak tamamlanan bu çalışma ile, perlitin yayılım alanını belirlemek ve sistematik olarak numuneler derlemek amacıyla bölgein 1/25.000 ölçekli haritası hazırlanmış (Şekil 2) ve Büyük Göllüdağ'ın kuzey yamacından jeolojik sütun kesit alınmıştır. Derlenen perlit numunelerinden öncelikle incekesitler hazırlanarak polarizan mikroskop altında incelenmiş ve aynı numunelerin kimyasal analizleri M.T.A Laboratuarı'nda yapılmıştır. Derlenen perlit numuneleri önce çeneli kırıcıda kırdırıldıktan sonra eleklerden geçirilerek boyutlandırılmış ve daha sonra 0.8-2 mm. boyutlarda olan taneler genleşme testine tabi tutulmuştur.

2. GENEL JEOLOJİ

Orta Anadolu'da, Konya ile Kayseri arasındaki geniş bir bölgede oluşan, Genç Tersiyer-Kuvaterner yaşı volkanizmanın varlığı bilinmektedir. Bölgenin jeolojik yapısını inceleyenlerden Ketin (1983), Bu volkanizma ürünlerinin GB-KD doğrultusunda uzanan bir kuşak oluşturduğunu, Şengör ve Yılmaz (1983),



Şekil 2. İnceleme alanının sadeleştirilmiş jeolojik haritası

Ercan (1987), volkanizmanın Arap-Afrika Levhaları ile Anadolu Levhası arasındaki kita-kita çarpışması sonucu meydana gelen tansiyon çatlakları sonucu oluştuğunu açıklamışlardır.

Çalışma alanının jeolojik yapısı, Okay (1964), Beekmann (1966), Günala (1975), Batum (1978), Görür (1984) ile Ercan ve Akbaşlı (1991) tarafından ayrıntılı olarak incelenmiştir.

İnceleme alanındaki en yaşlı birimler tuf, tuf breşleri ve aglomeralardan meydana gelmiştir. Sür (1976), Melendizdağ tüftlerinin yaşını Genç Miyosen olarak vermiştir. Bunun üzerine Melendizdağ andezitleri yer almaktadır. Stratigrafik istif, "Selime Tüfti" olarak

adlandırılan pembemsi-beyaz renk tonlarındaki peribacalarla devam etmekte olup, bunlar içerisinde Batum (1978) ve Ercan (1987) bazalt, obsidiyen ve andezit parçalar belirlemiştir. Gelveri Köyü yakınlarında "Gelveri İgnimbiritleri" ile devam eden seri, yaklaşık 50 m kalınlığındaki dasık bileşimlidir. Bölgenin topografik yapısı içerisinde karakteristik masalar oluşturan "Kızılkaya İgnimbiritleri" genel olarak açık renkli ve riyodazit-andezitik bileşimlidir. Bunların yaşını Sür (1976) Alt Pliosen olarak vermiştir.

Piroklastik kayaçlara ait olan "ignimbirit", günümüzde de tartışılan bir jeoloji problemidir. Gevrek ve Kazancı

(1991)'ya göre İgnimbirit, bol pomza içeren, sıcak bir yerleşimle ve laminalı olarak akan piroklastik akma ürünleridir. Sparks (1976), ignimbirit teriminin bir petrografi ve litolojik bir terim olmayıp, bolca pomza, volkanik cam ve az miktarda litik parça içeren, yüksek sıcaklıkta, laminalı akış sisteminde ve gravite kontrolünde akan piroklastik akma birimi olduğunu açıklamıştır. "Kızılıkaya İgnimbiritleri" üzerine uyumlu olarak yerleşmiş olan ve yaklaşık 40 m kalınlığındaki birim, aglomera, kumtaşı, kilitaşı ve tüfitlerden oluşmaktadır. Beekmann (1966), göl ortamında oluşan birimler ile volkanizma ürünleri olan tuf, tüfit ve pomza parçalarından meydana gelen ardalanmalı istifi "Hasandağ Kül Forması yolu" olarak adlandırmıştır. Bu birimlerin üzerine yerleşen asitik karekterli, tuf, tüfit, perlit ve traktandezitden oluşan volkanizma ürünlerine, Okay (1964), "Göllüdağ Kül Akıntı Tüfleri" adını vermiştir. İnceleme alanında meydana gelen son volkanizma ürünlerini ise, çok ince taneli andezit ve bazaltlardan oluşmaktadır.

3. EKONOMİK JEOLOJİ

3.1. Perlitin Tanımı, Oluşum Ortamı ve Kökeni

Perlit kelimesi, Almanca inci anlamına gelmekte olup, petrografik olarak, çabuk soğumaya bağlı olarak oluşan, yuvarlak veya kavisli büzülmeler ile soğuma çatıklärının bulunduğu, ayrıca bünyesinde yaklaşık % 3.85 su bulunduran, asidik bileşimli "riyolitik

cam" olarak da adlandırılan kayaçlardır (Klinofelter, 1960 Taşkın, 1972 ve Pfeiffer, 1989).

Volkanik püskürme esnasında ilk önce gazlar, tuf ve küçük partiküler açığa çıkar. Daha sonra lav akmeye başlar, bunların ani soğuması sonucu camsı hamur oluşturmaktadır. Asit karekterli lavların soğuması perlit oluşumlarına neden olmaktadır (Özkuzey ve Önemli 1977 ve Pfeiffer 1989). Ujhelyi (1970)'e göre, obsidiyen gibi volkanik camlar, ana magmadan oluşmasına karşılık perlit sekonder olarak yüzeyde teşekkül etmektedir. Ayrıca, geniş küteler halinde oluşu, nispeten yüksek kombin su içermesi perlite özgü karakteristik özelliklerdir.

Allen (1946) göre perlit, şayet atmosfer basıncı altında süratli soğuma ile oluşmuş olsaydı, pomza veya tuf şeklinde olması gereklidir. Muhtemelen ince bir örtü tabakası magmanın pomza şeklinde köpüklenmesini önlemiştir. Aynı Yazar, Oregon'daki bir perlit yatağında, perlitin göl suları altında dışa doğru çıktıığına dair delliler bulduğunu belirtmiştir. Buradaki göl suları muhtemelen pomza oluşumunun engellenmesi için şart olan sınırlayıcı basıncı sağlamaktadır.

İnceleme alanındaki perlitlerin oluşumu Allen (1946)'nın bu görüşüne benzerlik göstermektedir. Hasandağ kül formasyonunu oluşturan klastik ve piroklastik çökellerdeki normal derecelenme ve formasyonun üst seviyelerinde bulunan kireçtaşları tabakaları çökelme ortamının gölsel nitelikte

olduğunu belgelemektedir. Göllüdağ kül ve tuf akıntılarından sonra muhtemelen asitik karekterli vizkozitesi yüksek lav akıntılarının göl suları altında yayılarak yöredeki perlit yataklarını oluşturmuştur. Perlit bünyesindeki serbest sular, çatlaklara nufuz eden göl sularıdır.

3.2. Perlitin Mineralojik-Petrografik Özellikleri

Çalışma alanında yer alan perlitler yaklaşık 30 km²'lik bir alanda yayılım göstermektedir. Yer yer tuf, andezit ve bazaltlarla örtülü olan perlitlerin en yaygın olduğu ve mostra verdiği yerler, güneyde Büyük ve Küçük Göllüdağ'dan başlar, kuzeye doğru Kabaktepe, Kayışkiran tepe ve Bozdağ civarına kadar yayılmaktadır (şekil 2). Perlitlerin rezerv hesapları Günalay (1975) tarafından yapılarak, 350 milyon ton jeolojik rezerv tesbit edilmiştir.

Perlitler, makroskopik olarak gri, sarımsı ve sarımsı pembe renk tonlarında olup, inci parlaklığında, genel olarak kırılgan, kırılma yüzeyleri tozlu, oldukça ince taneli ve çakı ile kazındığında inci taneleri şeklinde ufanmaktadır.

Polarizan mikroskop altında yapılan incelemelerde genellikle volkanik camsı hamur içerisinde ufak taneli mikrolitler ve fenokristallerin oluşturduğu vitrofirk doku hakimdir. Perlitler genel olarak polarizan ışıkda izotropdur. Bazen hafif bir çift kırılma özelliği gösteren perlitlere de rastlanmaktadır. Kırılma idisleri kanadabalzamdan düşük olup, kayaçın asitik bileşimi azaldıkça, genellikle kırılma idislerinde de bir yükselme

gözlenmektedir. İnce kesitlerde yaygın olarak gözlenen perlitik ve sferülitik dokular volkanik camın ani soğuması sonucu olarak kılcal, konkoidal, yuvarlak ve işinsal soğuma çatlakları şeklinde ortaya çıkmışlardır. Camsı hamur içerisinde az miktarlarda akma dokusu gösteren zeolit, feldspat mikrolitleri, biyotit ve opak mineral tanecikleri de gözlenmektedir. Feldspat fenokristalleri kenar ve çatlakları boyunca, yer yer ileri derecede killeşmişlerdir. Fenokristal oranı % 30-50 arasında değişen perlitler Ujhelyi (1970) tarafından "vitrofir perlit" olarak adlandırılmıştır.

Yer yer fenokristallerin artması, feldspatların ileri derecede killeşmiş olması ve opak minerallerin artış göstermesi gibi özelliklere sıkça rastlanmaktadır.

Aynı numuneler önce kırma-ögütme işlemine tabii tutulduktan sonra eleklerden geçirilerek, bunlardan 0.8-1.2 mm boyutlarında olanlar genleşme testine alınmıştır. Bunların genleşme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Perlitlerin genleşme karakterleri Taşkin (1972)'ye göre kimyasal bileşimlerine değil, kristal yapıları içerisindeki su miktarlarına bağlıdır. Aynı yazara göre, aktif bir perlitin genleşme sıcaklığı 900 °C'nin altında olup, hacmi 4-20 katı oranı genleşme özelliğini gösterebilmektedir. Oysa, çalışma alanımızdaki perlitlerin 1200 °C'de genleştiği ve genleşme oranının ancak 2.6-5.7 arasında kaldığı belirlenmiştir (Tablo 2). Bu özelliklerinden dolayı söz konusu perlitleri "pasif perlit" olarak adlandırmak mümkündür.

Tablo 1. İnceleme alanına ait numunelerin kimyasal analiz değerleri

Num. No. Ve Yeri	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	K ₂ O %	TiO ₂ %	MgO %	Na ₂ O %	SO ₃ %	A.Za 1100°C	A.Za 1100°C
K-1 Kirankaya S.	72.5	13.0	1.75	0.65	4.30	0.06	Eser	3.54	0.46	2.71	3.39
K-2 Kayışkıran T.	71.7	13.40	1.20	0.60	4.30	0.05	Eser	3.68	0.20	2.72	3.47
K-3 Kayışkıran T.	72.6	13.15	1.20	0.65	4.40	0.05	Eser	3.52	-	2.90	3.47
K-4 Bozdağ	71.0	12.85	1.00	1.00	4.45	0.02	0.25	4.16	0.48	2.10	2.92

perlitin kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

3.3. Perlitlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

İnceleme alanından derlenen numuneler üzerinde yapılan kimyasal analizlere ait oksit değerleri Tablo 1'de sunulmuştur. Buna göre, silis oranının % 72 civarında olduğu, Feldspat ve kil

miktardarından kaynaklanan Al-oksit oranının ortalama % 13, ortalama % 1 civarında bulunan Fe-oksitin ise, opak minerallerden kaynaklandığı ve Na ile K oranlarının yaklaşık % 4 civarında birbirlerine eşit oldukları ve bunlarında alkali feldspatların varlığından kaynaklandıkları görülmektedir.

Bir perlitin pasif olması, onun düşük kaliteli olduğu anlamına gelmez uygun

Tablo 2. Perlitin genleşme deney sonuçları

Numune No. ve yeri	Ham Peritin Görünümü	Ham Perlitin Tane iriliği	Ham Perlitin Gevşek hac. Ağ.(gr/cm ³)	Genl. Perlitin Gevşek hac. Ağ.(gr/cm ³)	Genleşme Oranı	Genleşmiş Perlitin Görünümü
K-1 Kirkanya Sr.	Gri- Pembemsi -sarı İnci parlaklılığında	0.8-1.2	0.96	0.17	5.7	Beyaz ve Sarımtırak
K-2 Kayışkıran T.		"	1.08	0.24	4.5	
K-3 Kayışkıran T.		"	1.08	0.30	3.2	
K-4 Bozdağ		"	0.92	0.36	2.6	
K-5 Kayışkıran T.		"	0.905	0.207	4.46	

bir teknolojik işlemle her türde perlitten belirli özelliklere sahip numuneler elde edilebilmektedir.

Bütün bu incelemeler sonucunda en kaliteli perlitlerin Kayışkiran Tepesi mevkiinde yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 2).

Bu özelliklerdeki perlitler genel olarak hafif yalıtm beton agregası, filtre yardımcı maddesi ve sanayi yalıtımı olarak kullanılabilecek özelliklerde olduğu görülmektedir.

4. SONUÇLAR

a) Bölgede yer alan perlitler, Kuvaterner'de aktivite kazanan asitik karakterli volkanizmanın bir ürünü olup, bünyesinde % 3.85 oranında su bulunduran riyolit camıdır.

b) Perlitler, klastik ve piroklastik malzemelerle ardalanmalı bir yapı ve tane boyalarında bir derecelenme göstergeleri ile, bunların üst seviyelerinde kalker oluşumlarına rastlanması, perlitlerin gölsel ortamda oluştuklarına işaret etmektedir.

c) Camsı hamur içerisinde bulunan fenokristallerin ve opak minerallerin yer yer artış göstergesi, perlitin kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

d) Perlitlerin genleşme ısısı 1200°C, genleşme oranı da 2.6-5.7 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre bunlar "pasif perlit" olarak sınıflandırılmaktadır.

e) Kayışkiran mevkiinde daha kaliteli olan perlitler mevcut olup, buradaki perlitler hafif yalıtm beton agregası, filtre yardımcı maddesi, sanayi yalıtım malzemesi olarak kullanılabileceği tesbit edilmiştir. Diğer düşük kaliteli olanlar

ise, uygun bir teknoloji ile ısı yalitimda kullanılabilecektir.

5. KAYNAKLAR

Allen, J.E., 1946. Perlite Deposite Near the Deschutes River. Southern Wasco Conty, Oregon Ore Dept., Geo. And Mineral. Ind. G.M.L. short paper 16.

Batum, Y., 1978. Göllüdağ ve Acıgöl Yöresi Volkanitlerinin Jeolojisi ve Petrografisi. Yerbilimleri 4/1-2, 70-80.

Beckmann, P.H., 1966. Hasandağ ve Melendiz Dağını Oluşturan Başlıca Volkanitlerinin İncelenmesi. M.T.A. Derg., Sayı 66.

Ercan, T., 1987. Orta Anadolu'daki Senazonik Volkanizması. M.T.A. Derg., 107.

Ercan, T.; Fujutoni, T.; Maksuda, J.I.; Natsu, K.U.T.; Can B.; Selvi, Y., Yıldırım T.; Fişekçi, A.; Ölmez, M. ve Akbağlı, A., 1990. Hasandağ-Karacadağ Orta Anadolu Dolaylarındaki Senozoik Volkanizmasının Kökeni ve Evrimi, Jeomorfoloji Derg., 18, 39-54.

Ercan, T. ve Akbaşlı, A., 1991. Acıgöl Nevşehir Yöresindeki Senozoyik Volkanizması. M.T.A. Bül. 113, s. 31-44.

Gevrek, A.Y. ve Kazancı, N., 1991. Ignimbrit Oluşumu ve Özellikleri. Jeoloji Müh. Derg., 38, 39-42.

Görür, N., 1984. Paleotektonik Evolution of the Tuzgölü Basin Complex, Central Turkey, Sedimentary Record of a Neo-Tethyan Closure, Geol. Soc. London Spect Pub., 14, 467-482.

Günalay, M.E., 1975. Niğde Merkez-Kömürçü Bölgesi Perlit Yatakları İşletme Projesi. M.T.A. Rap. No. 4764.

- Ketin, Y., 1983. *Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış*. İ.T.Ü. s. 424-463.
- Klinefelter, T.D., 1960. *Perlit Hakkında Bazi Teknik Bilgiler*. M.T.A., Rap. No. 687.
- Okay, A.C., 1964. *Hasandağ Bölgesi Raporu*. M.T.A. Rapor No. 3317.
- Özkuzey, S. ve Önemli, Ö.F., 1977. 1. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri. M.T.A. ve T.J.K., Ankara.
- Pfeiffer, L., 1981. *Einführung in die Petrographie*. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 606 s.
- Sengör, Y. ve Yılmaz, Y., 1983. *Türkiye'de Tetis Evrimi. Levha Tektoniği Açısından Bir Yaklaşım*. T.J.K. Yerbl. Özel Dizisi No. 1.
- Sparks, R.S.J., 1976. *Grain Size Variation In Ignimbrites For The Transport Of Pyroclastic Flows*. Sedimentology, 23, 147-148.
- Sür, Ö., 1972. *Türkiye'nin Özellikle Orta Anadolu'nun Genç Volkanik Alanlarının Jeomorfolojisi*. A.Ü. Yayın No 223.
- Taşkin, C., 1972. *Perlitin Özellikleri, Endüstri ve Ekonomik Durumu ile Türkiye Perlit Yatakları*. M.T.A. Rap. No. 687.
- Toprak, V. ve Göncüoğlu, M.C., 1993. *Tectonic Control on the Development of Neogene-Quaternary Central Anatolian Volcanic Province*. Geological Journal, vol. 28. 357-365.
- Ujhelyi, J., 1970. *İnşaat Sanayinde Perlit*. M.T.A. Rap. No. 1227.

ULUKIŞLA (NİĞDE) VOLCANİKLERİNİN MİNERALOJİK ÖZELLİKLERİ**Halil BAŞ ve Kerim KOÇAK***S.Ü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye***Nejdet POYRAZ***MTA Genel Müdürlüğü, Ankara/Türkiye*

ÖZET: Ulukişla (Niğde) yöresinde yüzeyleyen Üst Senonyen-Paleosen yaşı volkaniklerin (Çiftehan karmaşığı) mineralojik özelliklerinin tespiti ve değerlendirilmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Volkaniklerdeki feldispatlar albitten (An_{01}) bitovnite (An_{76}) kadar değişen normal zonlu plajiyoklas ile sanidin ve anortoklaz şeklindedir. Piroksenler, Ca-Mg-Fe piroksen özelliğinde olup başlıca diyopsit, az ojit ve enstatitten oluşmaktadır. Bunlar önemli miktarda Fe^{3+} (0.15 mol) içermektedirler. Piroksenlerde magma karışımını işaret eden çekirdekten kenara doğru Si ve Mg' da bir artış ve Ti, Al ile Fe^{2+} 'da ise bir azalma belirlenmiştir. Ayrıca magmanın fraksiyonel kristalleşmesi ile uyumlu olarak normal bir kimyasal zonlanma (Si ve Mg azalması ve Ti, Al ve Fetot artışı) da belirlenmiştir. Piroksenlerde "diğerleri" ne ait en önemli yer değiştirmeye çifti (substitutional couples) $VITi - IVAl$ ve $Na-VIFe^{3+}$ olup bunlar piroksenlere $MgTiAl_2O_6$ ve $Fe^{2+}Fe^{3+}SiAlO_6$ bileşenleri şeklinde girmektedirler. Amfiboller ise teşermakit ve mağnezyohornblend bileşimindedirler. Teşermakit yer değiştirmesi biyotitlerde flogopitten estonite doğru bir dönüşüme neden olmaktadır. Olivinler Mg' ca oldukça zengin olup krizolit bileşimindedirler.

Termometre çalışmaları ile trakiandezitlerde $\sim 800^{\circ}C$ ' lik bir minimum kristalleşme sıcaklığı belirlenmiş olup, bu kayaçlardaki piroksenlerin, hornblend ve plajiyoklas ile dengede olduğu düşünülmektedir.

MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF THE ULUKIŞLA (NİĞDE) VOLCANICS

ABSTRACT: It was aimed to determine and asses of mineralogical characteristics of Upper Cenonian-Paleocene aged volcanics (Çiftehan complex), cropping out around Ulukişla(Niğde) area.

Feldspars in the volcanics contain normally zoned plagioclase ranging in composition from oligoclase (An01) to bytownite (An 76), sanidin and anorthoclase. Ca-Mg-Fe pyroxenes include mainly diopsite, lesser augite and enstatite with substantial Fe³⁺ (up to 0.15 %mole). It was determined an increase in Si and Mg, and a decrease in Ti, Ca, Al Fetot from core to rim in pyroxene phenocrysts, which indicates magma mixing. Besides, it was also determined a normal chemical zoning (decrease in Si, Mg and increase in Ti, Al, Fetot), consistent with fractional crystallisation of magma. The most important "others" substitutional couple for the Ulukışla pyroxenes are VITi - IVAl and Na-VIFe³⁺, entering pyroxenes as the components MgTiAl₂O₆ and Fe²⁺Fe³⁺SiAlO₆. Amphiboles are tschermakite and magnesio-hornblende in composition. Tschermakite exchange in biotites causes changing in composition, from phlogopite towards eastonite. Olivines are quite rich in Mg, chrysolite in composition.

By thermometer studies, a minimum crystallisation temperature of 800°C was determined in trachyandesites. It is considered that pyroxenes may be in equilibrium with hornblende and plagioclase in the trachyandesites.

1. GİRİŞ

Yörede çeşitli yer ve zamanlarda genel jeoloji, stratiğrafi, petrografi ve jeokimya ağırlıklı çalışmalar farklı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir (örn. Blumenthal, 1956; Oktay, 1982; Yetiş, 1978, 1983; Baş ve dig., 1986; İşler, 1988). Bölgede Üst Kretase yaşı ofiyolitik kayaçların (Alihoca ofiyoliti) üzerine, uyumsuzlukla dört ayrı üyeden (Elmalı volkaniti, Koçak şeyl-kumtaşı, Aktaştepe kireçtaşısı ve Üçtepe monzonit-diyoriti) oluşan Üst Senonyen-Paleosen yaşı Çiftehan Karmaşığı gelmektedir (Şekil 1).

Karmaşık Alt Eosen yaşı Horozlu granadioriti ile kesilmekte olup Orta Eosen yaşı fliş fasyesinde gelişmiş Delimahmutlu formasyonu tarafından açılı bir uyumsuzlukla örtülmektedir.

Magmatik kayaçların Üst Kretase' de oluşan bir dalma-batma zonu ve buna

bağlı olarak okyanusal kabuk üzerinde gelişen bir magmatik bir yay ile ilişkili olduğu ileri sürülmektedir (Baş ve dig. 1992). Dalma-batma ürünü bu volkanik kayaçların mineralojik özelliklerinin tespiti ve değerlendirilmesi mevcut çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır.

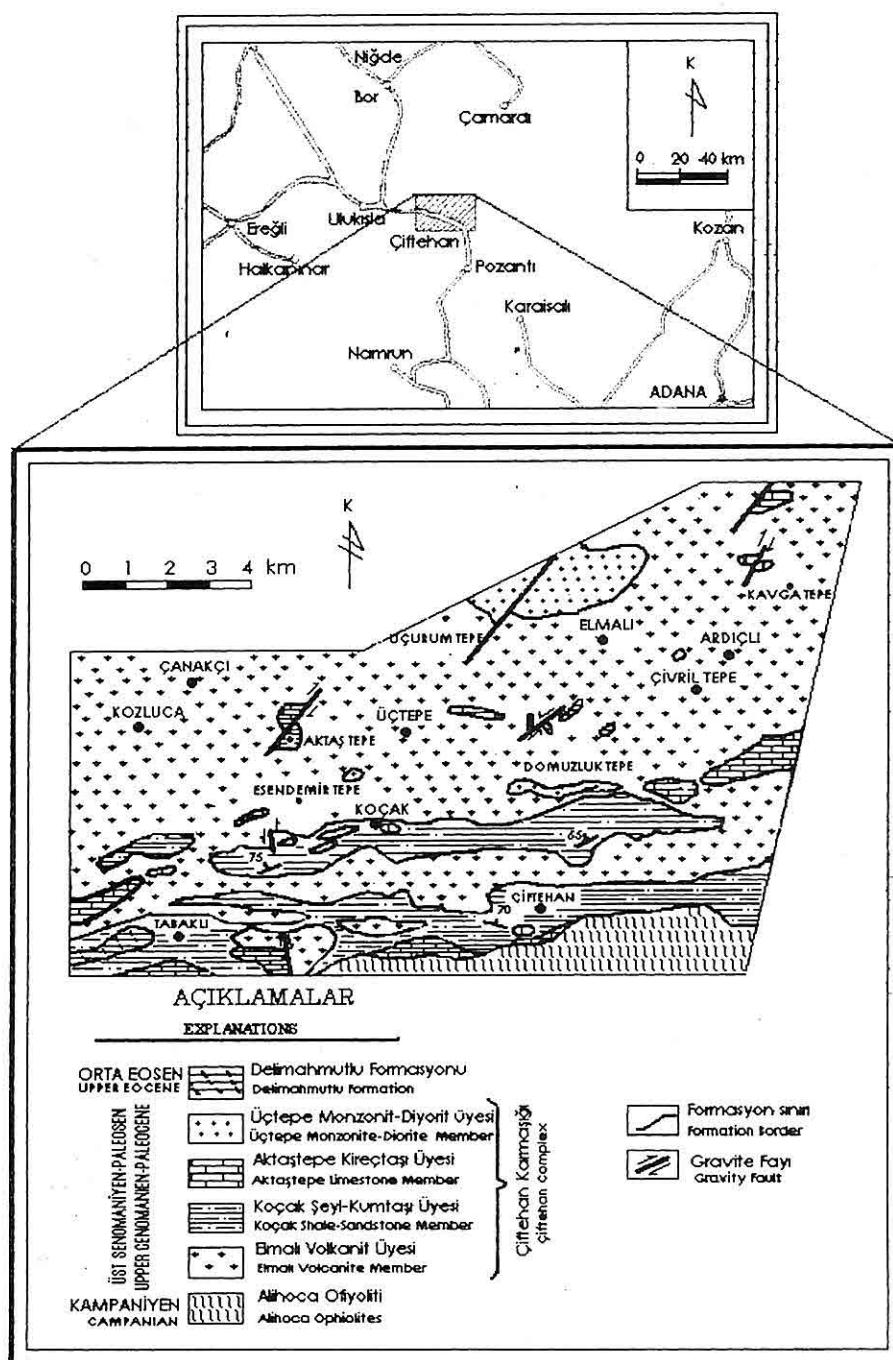
Bu amaçla önceden mikroskopta belirlenmiş minerallerin mikroprob analizleri Hamburg Üniversitesinde gerçekleştirilmiştir.

Özet ve metinde geçen "diğerleri" piroksen içerisindeki Na, Al, Cr, Ti ve Fe³⁺'yi ifade etmektedir.

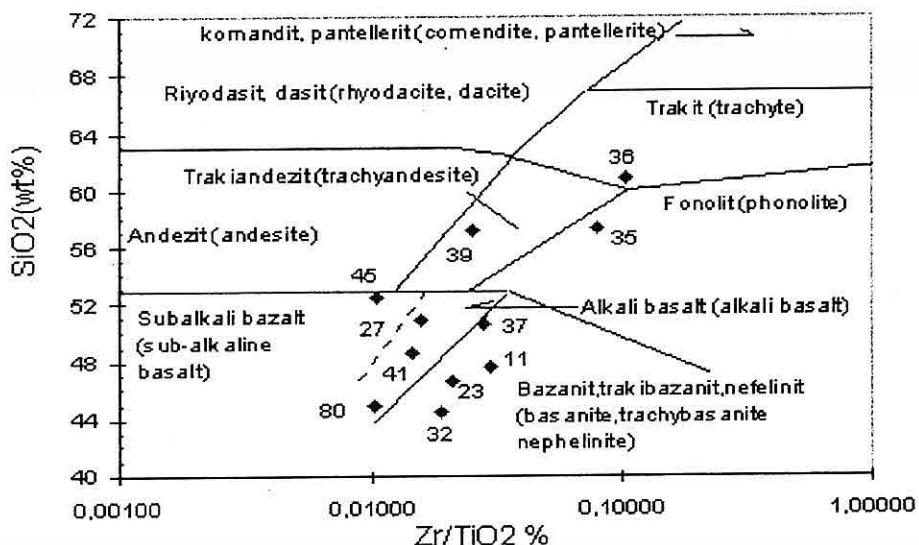
2. MİNERAL KİMYASI

Feldspat, piroksen, mika, amfibol ve olivin minerallerinin kimyasal bileşimleri Tablo 1-4' te ve bunların içerisinde yer aldığı kayaçların terminolojisi ise Şekil2'de verilmiştir. Trakitten subalkali

ULUKIŞLA (NİĞDE) VOLKANİKLERİNİN MİNERALOJİK ÖZELLİKLERİ



Şekil 1. Ulukışla yörensinin jeoloji haritası (Baş ve Temur, 1991).



Şekil 2. Volkanik kayaçların terminolojisi (Winchester & Floyd, 1977).

bazalta kadar değişen bir kimyasal bileşime sahip olan volkaniklerde feldispatların bileşimi albitten (An_{01}) bitovnite (An_{76}) kadar değişmekte ve ayrıca sanidin ve anortoklaz da yer almaktadır (Şekil 3). Plajiyoklazlar, genellikle kenar kısmı Ab, merkezi ise An'ce zengin olan normal bir zonlanma göstermektedirler. Şekil 4'de gösterildiği gibi 14 noluörnekte merkezi kısımda %62 olan An, kenar kısımda % 42'ye kadar inebilmektedir. Plajiyoklaz fenokristalleri hamur fazındakiilere göre biraz daha bazik bir bileşime sahiptir. K-feldispatlarda katı çözeltideki Ca-feldispat oranı 0-3 (mol) arasında değişmektedir. Fakat Na'ca zengin üyeler bu bileşimce (Ca-feldispat) zengin olabilmektedirler. Piroksenler esas olarak Ca-Mg-Fe piroksen özelliği göstermekte olup (Şekil 5a) hakim

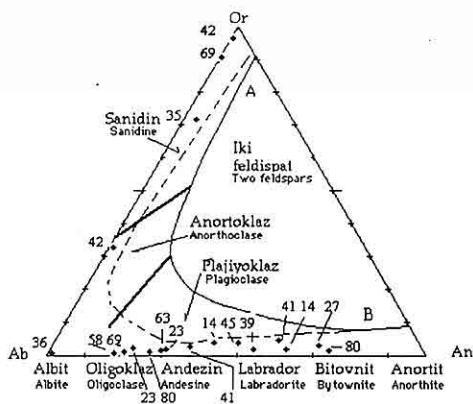
bileşen ferromağnezyen bileşenlerinin artışıyla ojite geçiş göstermekte olan diyopsittir (Şekil 5b).

Piroksenlerin genel formülü:

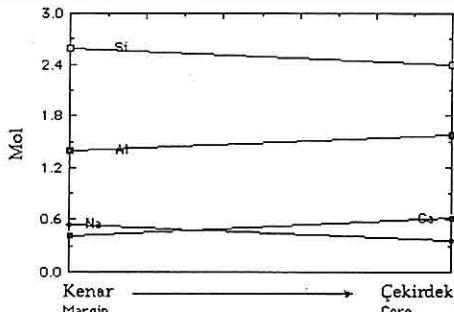
{ $Na(0.00-0.04)$ $Ca(0.05-0.96)$ $Mn(0.00-0.02)$ $Fe^{2+}(0.03-0.51)$ $Mg(1.37-0.66)$ $Ti(0.01-0.05)$ $Fe^{3+}(0.00-0.15)$ $VIAl(0.00-0.06)$ } { $Si(1.73-1.95)$ $IVAl(0.02-0.26)$ } O_6

şeklindedir. Şekil 6, piroksen minerallerinde önemli miktardaki Fe^{3+} varlığına işaret etmektedir. Nitekim stökiyometrik hesaplamalar da Fe^{3+} 'nin piroksenlerde 0.15 mol'e kadar ulaştığını göstermektedir (Tablo 2). Bu diyagram piroksenlerdeki $CaSiO_3$ - $MgSiO_3$ - $Fe^{2+}SiO_3$, den başka yer alan diğer bileşenlerin nispi miktarını da vermektedir. Bunlar "diğerleri" olarak adlandırılıp Na, Al, Cr, Ti ve Fe^{3+} içerirler. Al^{IV} miktarı bu "diğerleri" "nin

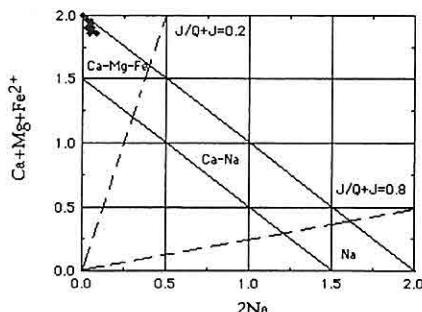
ULUKIŞLA (NİĞDE) VOLKANİKLERİNİN MİNERALOJİK ÖZELLİKLERİ



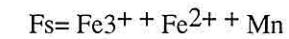
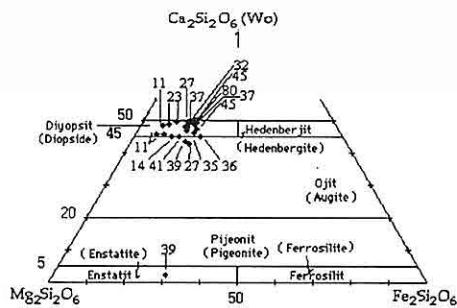
Şekil 3. Feldispatlardaki adlaması, AB eğrisi üçlü katı çözeltinin sınırını göstermektedir.



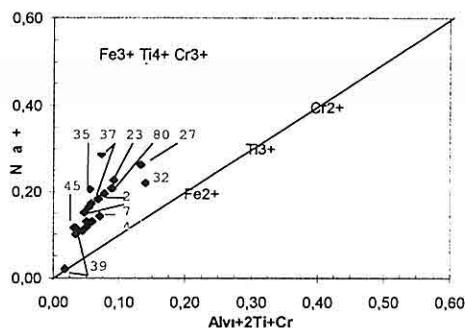
Şekil 4. Plajiyoklaslarda gözlenen normal zonlanma (örnek no 14).



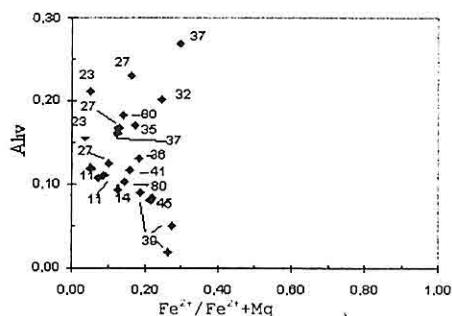
Şekil 5a. Piroksenlerin Ca+Mg+Fe2+/Na diyagramındaki dağılımı.



Şekil 5b. Piroksenlerin üç üçlü bileşene göre adlaması (diyagram Morimoto, 1988'en alınmıştır).



Şekil 6. Piroksenlerdeki Ti, Cr ve Fe'ın oksidasyon durumunu gösteren diağram



Şekil 7. Piroksenlerin saf piroksen yarı üçgeninden bileşimsel olarak gösterdiği sapma

Tablo1. Feldispatların kimyasal analizi (m: kenar, c: merkez; f:fenokristal,h:hamur). Mineral formülü 8 O üzerinden hesaplanmıştır.

Örnek no	27	14(m)	14(c)	23(f)	23(h)	58	39	63	80(f)	80(h)
SiO ₂	50,70	57,71	53,25	51,34	47,96	64,46	54,51	60,82	49,71	50,04
TiO ₂	0,08	0,05	0,08	0,03	0,08	0,00	0,11	0,00	0,00	0,04
Al ₂ O ₃	30,68	26,39	29,58	30,32	32,01	22,67	28,03	24,62	31,96	31,89
Fe ₂ O ₃ "	0,72	0,46	0,43	0,57	0,69	0,08	0,49	0,18	0,42	0,54
MgO	0,07	0,03	0,04	0,04	0,09	0,00	0,04	0,01	0,12	0,08
CaO	14,37	8,70	12,70	13,45	15,61	3,55	11,04	5,97	15,44	15,27
Na ₂ O	3,03	6,16	4,14	3,56	2,34	9,60	5,14	7,89	2,92	3,04
K ₂ O	0,52	0,71	0,40	0,42	0,55	0,18	0,39	0,27	0,16	0,18
Toplam	100,17	100,21	100,62	99,73	99,33	100,53	99,75	99,76	100,78	101,08
Si	2,32	2,59	2,40	2,34	2,22	2,83	2,47	2,71	2,26	2,27
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,65	1,39	1,58	1,63	1,75	1,17	1,50	1,29	1,71	1,70
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Fe ³⁺	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02
Na	0,27	0,54	0,36	0,31	0,21	0,82	0,46	0,68	0,25	0,27
Ca	0,70	0,42	0,62	0,66	0,77	0,17	0,54	0,29	0,75	0,74
K	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
Mol Ab	27	54	36	32	21	82	45	69	25	26
% An	70	42	62	66	76	17	53	29	75	73
% Or	3	4	2	2	3	1	2	2	0	1
Örnek no	41(f)	41(h)	42	35	69	69	36	45	42	
SiO ₂	53,33	54,21	65,09	64,20	64,73	63,44	68,20	55,32	67,20	
TiO ₂	0,08	0,09	0,00	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	
Al ₂ O ₃	29,56	29,09	18,77	19,36	18,65	22,90	19,99	27,56	20,00	
Fe ₂ O ₃ "	0,61	0,69	0,09	0,17	0,01	0,03	0,00	0,38	0,63	
MgO	0,10	0,09	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,09	
CaO	12,66	12,13	0,01	0,55	0,02	4,10	0,23	9,78	0,17	
Na ₂ O	3,95	4,25	0,36	2,68	1,00	8,97	10,89	5,43	7,71	
K ₂ O	0,72	0,84	16,32	11,99	14,97	0,25	0,03	0,56	4,80	
Toplam	101,01	101,39	100,64	99,02	99,39	99,71	99,36	99,03	100,62	
Si	2,40	2,43	2,99	2,95	2,99	2,81	2,99	2,52	3,01	
Al	1,57	1,54	1,01	1,05	1,01	1,19	1,03	1,48	0,96	
Mg	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fe ³⁺	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	
Na	0,34	0,37	0,03	0,24	0,09	0,77	0,92	0,48	0,67	
Ca	0,61	0,58	0,00	0,03	0,00	0,20	0,01	0,48	0,00	
K	0,04	0,05	0,96	0,70	0,88	0,01	0,00	0,04	0,33	
Mol % Ab	35	37	3	25	9	79	99	48	67	
% An	61	58	0	3	0	20	1	48	0	
% Or	4	5	97	72	91	1	0	4	33	

Tablo 2. Piroksenlerin kimyasal analizi (d:diyopsit, o:ojit ve e:ensatit, m:kenar, c: merkez). Mineral formülü 6 O üzerinden hesaplanmıştır.

Örnek no	11(d)m	11(d)c	37(d)m	37(c)	80(m)	80(c)	27(m)	27(c)	23(d)m	23(d)c	
SiO ₂	51,70	50,65	49,61	46,90	51,97	49,40	49,67	47,48	48,44	50,10	
TiO ₂	0,40	0,39	1,05	1,35	0,87	1,61	1,16	1,83	1,14	0,76	
Al ₂ O ₃	3,25	3,32	3,88	5,92	2,03	4,20	4,11	5,89	5,49	3,93	
Cr ₂ O ₃	0,43	0,56	0,01	0,00	0,13	0,21	0,07	0,04	0,21	0,23	
Fe ₂ O ₃ *	2,19	2,00	4,06	0,00	3,11	4,10	4,15	4,59	4,67	3,87	
FeO	2,32	2,75	3,56	8,97	4,71	4,11	3,75	4,53	1,35	1,05	
MgO	16,72	16,18	14,13	11,96	15,65	14,00	14,32	13,12	14,30	15,42	
MnO	0,14	0,17	0,21	0,32	0,20	0,20	0,15	0,15	0,10	0,10	
CaO	22,23	21,68	23,35	23,40	22,49	23,05	22,73	21,99	24,14	24,11	
Na ₂ O	0,31	0,29	0,30	0,37	0,28	0,37	0,40	0,47	0,23	0,23	
K ₂ O	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	
Toplam	99,68	98,00	100,16	99,19	101,44	100,63	100,53	100,09	100,07	99,80	
Si	1,89	1,89	1,84	1,73	1,90	1,82	1,83	1,77	1,79	1,84	
Al	0,14	0,15	0,17	0,26	0,09	0,18	0,18	0,26	0,24	0,17	
Ti	0,01	0,01	0,03	0,04	0,02	0,04	0,03	0,05	0,03	0,02	
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fe ³⁺	0,06	0,06	0,11	0,00	0,09	0,11	0,12	0,13	0,13	0,11	
Fe ²⁺	0,07	0,09	0,11	0,28	0,14	0,13	0,12	0,14	0,04	0,03	
Mg	0,91	0,90	0,78	0,66	0,85	0,77	0,79	0,73	0,79	0,85	
Mn	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ca	0,87	0,87	0,93	0,93	0,88	0,91	0,90	0,88	0,96	0,95	
Na	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
mg [^]	87,06	85,93	77,24	69,64	78,34	75,71	76,96	72,63	81,85	85,58	
Örnek no	45(d)m	45(d)c	27(o)	11	14(d)	35(o)	39(o)	39(e)	36(d)	41(d)	32
SiO ₂	51,64	51,52	51,58	51,49	52,24	48,24	51,20	53,16	49,82	51,57	47,60
TiO ₂	0,40	0,42	0,56	0,54	0,79	0,97	0,55	0,27	0,63	1,02	1,50
Al ₂ O ₃	2,07	2,13	3,28	3,22	2,33	3,80	1,90 ^c	0,53	3,40	3,02	5,79
Cr ₂ O ₃	0,02	0,01	0,06	0,62	0,23	0,03	0,03	0,03	0,02	0,12	0,00
Fe ₂ O ₃ *	2,95	2,93	3,73	2,22	2,22	5,25	3,00	2,26	3,86	2,53	0,00
FeO	6,39	6,59	3,07	1,58	4,12	4,38	6,14	16,73	5,31	5,04	7,54
MgO	13,09	13,04	15,86	16,29	15,95	11,90	14,99	25,00	13,27	15,19	13,17
MnO	0,46	0,41	0,14	0,07	0,16	0,58	0,34	0,72	0,42	0,19	0,10
CaO	23,18	23,14	22,66	23,90	22,55	23,46	21,35	1,32	22,41	22,25	23,26
Na ₂ O	0,48	0,45	0,36	0,16	0,34	0,50	0,29	0,02	0,44	0,38	0,28
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Toplam	100,68	100,34	101,29	99,25	100,93	99,11	99,92	100,05	99,58	101,31	99,25
Si	1,92	1,92	1,88	1,88	1,91	1,83	1,91	1,95	1,87	1,88	1,80
Al	0,09	0,09	0,14	0,14	0,10	0,17	0,08	0,02	0,15	0,13	0,26
Ti	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,04
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,08	0,08	0,10	0,06	0,06	0,15	0,08	0,06	0,11	0,07	0,00
Fe ²⁺	0,20	0,21	0,09	0,05	0,13	0,14	0,19	0,51	0,17	0,15	0,24
Mg	0,73	0,72	0,86	0,89	0,87	0,67	0,83	1,37	0,74	0,83	0,74
Mn	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00
Ca	0,92	0,92	0,88	0,94	0,88	0,95	0,85	0,05	0,90	0,87	0,94
Na	0,03	0,03	0,03	0,01	0,02	0,04	0,02	0,00	0,03	0,03	0,02
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
mg [^]	71,05	70,67	81,16	88,82	81,93	68,65	74,43	69,57	71,98	7828	75,51

*Fe₂O₃ Drop (1987)'e göre belirlenmiştir

^a: mg=100 Mg/(Mg+Fe²⁺+Fe³⁺+Mn)

Tablo 3. Mikaların kimyasal analizi. Mineral formülü 22 O üzerinden hesaplanmıştır.

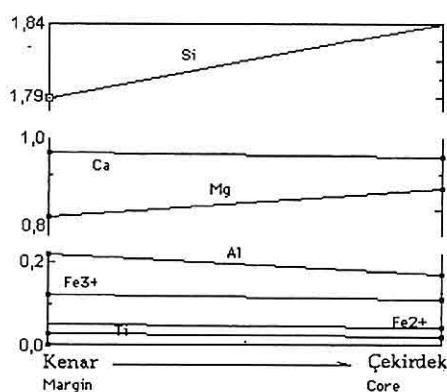
Örnek no	36-1	36-2	36-5	45	37	2	58	69	63	35	14	32
SiO ₂	35,47	36,99	34,93	35,15	34,23	36,56	35,42	35,36	35,76	35,71	37,37	34,50
TiO ₂	4,40	4,85	4,78	5,51	6,66	2,45	2,92	2,54	3,57	5,81	6,24	5,93
Al ₂ O ₃	11,82	12,99	12,92	14,14	14,98	14,10	16,31	16,12	13,44	14,27	13,27	15,23
FeO	16,86	23,78	14,92	18,09	11,27	16,97	22,16	22,17	20,30	13,55	13,88	11,20
MgO	12,91	14,01	13,88	12,13	15,29	14,69	8,66	7,86	11,66	15,42	15,34	15,72
MnO	0,23	0,24	0,25	0,36,	0,06	0,45	0,37	0,40	0,50	0,35	0,16	0,08
CaO	0,59	0,34	0,72	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Na ₂ O	0,18	0,19	0,36	0,30	0,51	0,62	0,09	0,05	0,07	0,46	0,64	0,43
K ₂ O	4,86	7,25	5,37	9,22	8,36	9,11	9,46	9,56	9,45	9,46	8,89	8,56
Toplam	87,32	90,64	88,13	94,90	91,41	94,95	95,40	94,06	94,75	95,06	95,79	91,69
Si	5,74	5,73	5,57	5,39	5,45	5,56	5,48	5,56	5,54	5,36	5,54	5,11
Al ^I V	2,26	2,27	2,43	2,56	2,55	2,44	2,52	2,44	2,46	2,52	2,32	2,66
Ti ^{IV}	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,14	0,23
Ti ^V	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Al ^{VI}	0,00	0,09	0,00	0,00	0,26	0,08	0,58	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti ^{VI}	0,54	0,57	0,57	0,59	0,79	0,28	0,70	0,30	0,44	0,54	0,55	0,43
Fe	2,29	1,79	1,99	2,32	1,50	2,16	2,88	2,92	2,64	1,62	1,72	1,39
Mg	3,11	3,24	3,30	2,77	3,62	3,34	2,00	1,84	2,70	3,46	3,39	3,47
Mn	0,03	0,03	0,04	0,05	0,01	0,06	0,04	0,06	0,06	0,04	0,02	0,01
T ^{VII}	5,97	5,63	5,90	5,14	6,18	5,92	6,2	5,66	5,84	5,66	5,13	5,3
Ca	0,11	0,06	0,12	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na	0,06	0,06	0,11	0,09	0,15	0,18	0,02	0,00	0,02	0,14	0,18	0,12
K	1,01	1,43	1,09	1,81	1,17	1,78	1,86	1,92	1,88	1,82	1,68	1,62
T ^{XII}	1,18	1,55	1,32	1,90	1,33	1,96	1,88	1,92	1,90	1,96	1,86	1,75
mg*	57,3	64	61,9	53,9	70,6	60,1	40,7	38,2	50,0	67,6	66,1	71,3

* mg=100 Mg/(Mg+Fe²⁺+Fe³⁺+Mn)

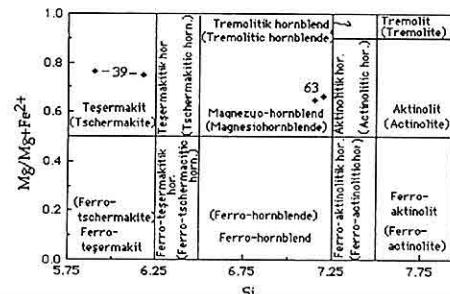
yaklaşık yüzdesini yani saf piroksen yarı üçgeninden bileşimsel sapmayı vermektedir (Papike, 1980). Dolayısıyla $\text{Al}^{\text{IV}} - \text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{2+}+\text{Mg}$ diyagramı saf piroksen yarı üçgeninden olan bileşimsel sapmayı göstermektedir (Şekil 7).

Ulukişla volkaniklerine ait piroksenler fazla miktarda (~0-26 %) “diğerleri” ni içermektedir.

Piroksenlerde çekirdekten kenara doğru iki tip zonlanma gözlenmektedir: Si ve Mg artmasına karşılık Ti' da ve genelde Al ve Fe^{2+} 'da bir azalma, ki bu hakim olan (11,37, 27 nolu örnekler) bir zonlanmadır. İkinci tip zonlanma ise sadece tek birörnekte (23) belirlenmiştir. Bunda Si ve Mg birlikte azalırken $\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al}^{\text{IV}}, \text{Al}^{\text{VI}}$, Ca ve Ti birlikte bir artış göstermektedir. İkinci tip zonlanma normal bir magmanın fraksiyonel kristalleşmesi ile uyumlu iken (Şekil 8) birinci tip kimyasal zonlanmanın magma karışımı (mixing), hornblendin gelişisi, mağnetitin kristalleşmesi ve Fe_2 artışı



Şekil 8. Piroksenlere gözlenen normal zonlanma (örnek no 23)



Şekil 9. Amfibol adlanması (Leake, 1978).

(örn.püskürme öncesi ortama su gelmesinden) gibi nedenlerden (Gill, 1981) olduğu ileri sürülebilir. Hem piroksenin ve hem de plajiyoklazın zonlanma gösterdiği bir örneğe rastlanılmamıştır.

Piroksenerdeki yer değiştirmeye çiftlerinin (substitutional couples) belirlenmesi amacıyla “diğerleri”-“diğerleri” ne karşı grafik çizilerek bunların korelasyon katsayıları belirlenmiştir (Tablo 5a). En önemli “diğer” katyon çiftleri sırasıyla VIT_I-Al_{IV} ve Na-VI Fe^{3+} dir. Tablo 5b' de “diğerleri” Ca,Mg,Fe korelasyonları verilmektedir. Bu korelasyon katsayıları “diğerleri” nin Ca, Mg, Fe'den biri ile tercihli bir bağının olup olmadığı konusunda yardımcı olabilmektedir. En önemli “diğer” katyon çiftlerinin (VIT_I-IVAl ve Na-VI Fe^{3+}) Ca,Mg,Fe ile olan korelasyonlarına bakarak $\text{MgTiAl}_2\text{O}_6$ ve $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}\text{SiAlO}_6$ piroksen bileşenlerinin önemli olduğu söylenebilir. Dolayısıyla VI Ti^- IVAl yer değiştirmesinin kayaçların erken kristalleşmesi sürecinde (Mg'la korelasyon), Na-VI Fe^{3+} yer

Tablo 4. Amfibol ve olivin (80, 23) minerallerinin kimyasal analizi.

Örnek no	39	39	63	63	80	23
SiO ₂	40,34	40,19	47,68	48,40	38,88	38,78
TiO ₂	2,49	2,66	0,92	0,58	-	-
Al ₂ O ₃	11,53	14,04	5,54	4,99	-	-
FeO	9,04	7,98	13,36	13,03	17,10	13,43
Fe ₂ O ₃ *	1,72	3,29	0,53	0,54	0,00	1,60
MnO	0,12	0,16	0,78	1,14	0,25	0,23
MgO	14,46	14,36	13,61	14,31	44,37	45,87
CaO	11,04	11,88	11,81	11,57	-	-
Na ₂ O	2,15	2,30	1,23	1,24	-	-
K ₂ O	0,75	0,81	0,57	0,50	-	-
Toplam	93,64	97,67	96,03	96,57	100,60	99,68

23 ve 4 O üzerinde belirlenen amfibol ve olivin minerallerinin formülü						
Si	6,18	5,90	7,15	7,20	0,98	0,98
Al IV	1,82	2,10	0,85	0,80	-	-
Al VI	0,27	0,33	0,13	0,06	-	-
Ti	0,29	0,30	0,10	0,10	-	-
Fe ³⁺	0,19	0,36	0,06	0,06	0,00	0,03
Fe ²⁺	1,11	0,97	1,67	1,61	0,36	0,28
Mn	0,02	0,02	0,10	0,14	0,00	0,00
Mg	3,31	3,14	3,04	3,17	1,66	1,71
Ca	1,81	1,86	1,90	1,85	-	-
Na	0,63	0,65	0,36	0,36	-	-
K	0,14	0,15	0,11	0,10	-	-
Mg/Mg+Fe ²⁺	0,75	0,76	0,65	0,66	4,61	6,11
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,17	0,37	0,04	0,04	-	0,11
Fo					0,83	0,86
Fa					0,18	0,14

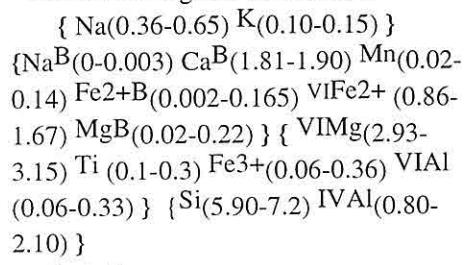
* : Fe²O³ Drop (1987)'e göre belirlenmiştir.

değiştirmesinin ise geç kristalleşme sürecinde gelişirken yer aldığı belirtilebilir. Piroksenlerdeki Mg (mol) değeri ise diyopsitlerde 66-91, ojitlerde 67-86 arasında değişmekte ve enstatitte

(En69 Fs29 Wo 2) ise 70 değerini bulmaktadır. Amfiboller Mg'ca zengin olup Mg / (Mg + Fe 2+) oranları ~0.75 - 0.65 arasında değişirken Si değeri 5.90-7.20 arasında değişmekte ve teşermakit

ve mağnezyo-hornblend olarak iki ayrı grupta toplanmaktadır (Şekil 7).

Amfibollerin genel formülü ise:



şeklindedir.

Bazı biyotitler kloritleşme nedeniyle oldukça düşük analiz toplamı göstermektedir (36-1'deki 87% gibi). Biyotitlerde $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ oranı 0.3-0.6, IVAl ise 2.25-2.6 arasında yer almaktadır (Şekil 8). Tabakalar arası katyonlar (K, Na vb.) ideal değer olan 2'den azdır. Bu ise muhtemelen Teşermakit yer değiştirmesinden kaynaklanmaktadır ve bununla birlikte flogopitten, estonite doğru bir dönüşüm göstermektedir;

Teşermakit yer değiştirmesi: $\text{Mg VI} + \text{Si IV} = 2\text{Al}$ (VIAL, IVAl).

Olivinin Mg (mol) değeri 0.83-0.86 arasında olup krizolit bileşimindedir (Deer ve dig., 1992). Mineral bileşiminde Mg ve Fe'in yerleri kısmen Mn tarafından alınmaktadır.

2. JEOTERMOMETRE

Çeşitli mineral bileşimlerinin önceden deneysel ya da teorik yolla belirlenmiş olan jeotermometreler yardımcı ile değerlendirilmesiyle volkanik kayaçlarda minimum kristalleşme sıcaklığının belirlenmesine çalışılmıştır. Blundy ve Holland (1990)'ın amfibol-plajiyoklas termometresi Ulukışla magmatitleri için kullanılmış ve 39 nolu örnek için 871 ± 75 ve 63 nolu örnek için $680 \pm 75^\circ\text{C}$ lik kristalleşme sıcaklıklar elde edilmiştir. Burada 39 nolu örnekteki plajiyoklas homojen bir bileşim sergilemektedir. Lindsley (1983)'in iki piroksen termometresi 39 nolu örnekte yer alan ensatit-ojıt çifti için uygulanmış ve 1 atm. ve 5 kb basınç için $\sim 800^\circ\text{C}$ lik bir sıcaklık belirlenmiştir. Jeotermometre

Tablo 5. Piroksenlerde “diğerleri”-“diğerleri”(a) ve “diğerleri”-Ca,Mg,Fe (b) katyon korelasyonları

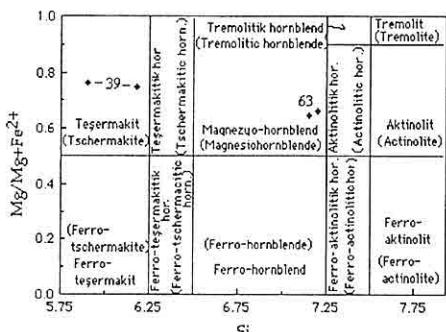
a)

VITi4-IVAl	Na-viFe ³⁺	Na-VIAL	Na-VITi4+	VIAL-IVAl	VIFe ³⁺ -IVAl
0,7089	0,1782	0,1051	0,0947	0,0516	0,0306

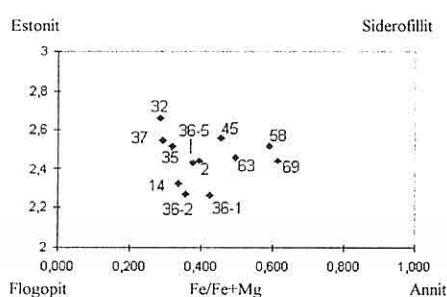
b)

Ti-Ca	Ti-Mg	Ti-Fe ²⁺	IVAl-Ca	IVAl-Mg	IVAl-Fe ²⁺
0,115	0,2515	0,0166	0,2786	0,423	0,0908
Na-Ca	Na-Mg	Na-Fe ²⁺	1VIFe ³⁺ -Ca	1VIFe ³⁺ -Mgvi	Fe ³⁺ -Fe ²⁺
0,3528	0,6297	0,062	0,0948	0,0928	0,2701

$(\text{Na}+\text{K})\text{A} < 0.50$, $\text{Ti} < 0.50$



Şekil 9. Amfibol adlaması (Leake, 1978)



Şekil 10. Biyotit adlaması (Deer ve diğ., 1992)

çalışmasının tek bir örnekte gerçekleştirilmiş olmasına rağmen hornblend-plajiyoklas ve iki piroksen termometrelerinin birbirlerini doğrular nitelikte sonuçlar vermesi sevindiricidir. Trakiandezit bileşimine sahip olan bu örnek (39) için $\sim 800^\circ\text{C}$ lik bir sıcaklık normal gözükmekte, yani bu sıcaklık muhtemelen yarı katı (subsolidus) haldeki yeniden dengelenme (re-equilibration) sıcaklığını yansımaktadır. Aynı zamanda trakiandezit içerisinde yer alan piroksen, plajiyoklas ve hornblend kristallerinin de muhtemelen dengede

olduğu söylemlebilir. $680 \pm 75^\circ\text{C}$ lik bir kristalleşme sıcaklığı belirlenen 63 nolu örneğin toplam kayaç analizi bulunmamakla birlikte oligoklaz (%An29) ve biyotit içerdiginden kabaca bazik olmayan asidik-nötr bir kayaç olarak belirtilebilir.

Haselton ve diğ. (1983) ve Price (1985)'e ait iki feldispat termometrelerinin kullanımı ise gerek bulunan sonuçların termometrenin hata sınırlarının ötesinde kullanımı ise gerek bulunan sonuçların termometrenin hata sınırlarının ötesinde yer olması (375°C gibi) ve gerekse mineral bileşimlerinin termometrenin uygulanabilmesi için olması gereken bileşimsel sınırlar ($0.15 < \text{Mg/(Mg+Fe²⁺)} < 0.50$) içinde yer almaması nedeni ile mümkün olmamıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışma ile aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir;

1. Volkaniklerdeki feldispatlar albitten (An01) bitovnite (An76) kadar değişen plajiyoklas, ile sanidin ve anortoklas şeklinde olur.

2. Piroksenler, Ca-Mg-Fe piroksen özelliği göstermeye olup önemli miktarda Fe^{3+} , (0.15 mol) içerdigi grafiksel ve stökiyometrik hesaplamalarla gösterilmiştir. Piroksenler fazla miktarda (~0-26 %) "diğerleri"ni içermektedir. En önemli "diğerleri"ne ait yer değiştirmeye çifti VITi - IVAl' olup piroksenlere erken kristalleşme sürecinde $\text{MgTiAl}_2\text{O}_6$ bileşeni şeklinde girmektedir. Na-VIFe^{3+} ise ikinci derece önemli yer değiştirme çifti olup bu da

bu da $Fe^{2+}Fe^{3+}SiAlO_6$ şeklinde geç kristalleşme sürecinde piroksenlere girmektedir. Piroksenlerde hakim mineral olan diyopsit 66-89 arasında değişen mg değerine sahip olmakla birlikte piroksen yarı üçgeninde ojit alanına sınırlı bir şekilde geçiş göstermektedir.

3. Amfiboller teşermakit ve mağnezyohornblend bileşimindedirler.

4. Biyotitler teşermakit yer değiştirmesi sonucu flogopitten estonite doğru bir dönüşüm göstermektedirler.

6. Olivinler Fe'ce zengin olup krizolit bileşimindedirler.

7. Çeşitli jeotermometreler yardımcı ile Ulukışla trakiandezitlerinde $\sim 800^{\circ}C$ 'lık bir minimum kristalleşme sıcaklığı elde edilmiştir.

8. Plajiyoklaz ve piroksenlerde kimyasal zonlanma belirlenmiştir:

- Plajiyokzlarda çekirdekten kenara doğru genellikle Ca miktarında bir azalma ve Na miktarında bir artış şeklinde belirginleşen normal bir zonlanma kendini göstermektedir. Plajiyoklas fenokristalleri de hamur fazındaki lere göre Ca' ca daha zengin bir bileşime sahiptir.

Piroksenlerde nadiren çekirdekten kenara doğru magmanın fraksiyonel kristalleşmesi ile uyumlu bir şekilde Si ve Mg' u azalan, Fetot, ve Al'u artan normal bir zonlanma gözlenmekle birlikte kökeni çeşitli sebeplerle (örn. magma karışımı (mixing), hornblendin kristalleşmesi, magnetitin kristalleşmesi ve fO_2 artışı, Gill, 1981) açıklanabilen ters bir zonlanma da yaygın olarak

izlenmektedir. Volkaniklerde subalkali bazalttan trakte kadar değişen kimyasal bileşim ise piroksenlerdeki bu anomal zonlanma için magma karışımı fikrini öne plana çıkarmaktadır.

Plajiyoklaz ve piroksenlerdeki normal zonlanma ise muhtemelen magma karışımından sonra gelişen fraksiyonel kristalleşmeye işaret etmektedir.

4. KAYNAKLAR

Baş, H., Ayhan, A. Ve Atabey, E., 1986, *Ulukışla-Çamardi (Niğde) volkanitlerinin bazı petrolojik ve jeokimyasal özellikleri: Jeoloji Müh. Der.*, 26, 27-34.

Baş, H. Ve Temur, S., 1991, Çiftehan-Koçak-Elmalı (Ulukışla/Niğde) civarının jeolojisi, *Yerbilimleri/Geosound*, 19, 69-86.

Baş,H., Poyraz, N. Ve Jung, D., 1992, *Ulukışla-Çamardi (Niğde) magmatitlerinin petrografisi ve jeokimyası: Türkiye Jeol.Kur.Bült.*,35,71-89.

Blumenthal, M., 1956, *Yüksek Bolkardağının kuzey kenarı bölgesinin ve batı uzantısının jeolojisi: MTA yayını, seri D.7,179s..*

Blundy, J.D. ve Holland, T.J.B., 1990, *Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer: Con.Mineraloji.Pet.*,104,208-224.

Deer W.A., Howie, R.A. ve Zussman, J.A., 1992, *An introduction to the rock forming minerals: Longman Scie.Tech.*,s696.

Drop, G.T.R.,1987, *A general equation for estimating Fe^{3+} concentration in ferromagnesian silicates and oxides from*

- microprobe analyses using stoichiometric criteria: Mineraloji.Mag., 51, 431-450.*
- Haselton, H.T., Hovis, G.L., Hemingway, B.S. ve Robie, R.A., 1983, Calorimetric investigations of the excess entropy of mixing in analbite-sanidin solid solutions: lack of evidence for Na, K short range order and implications for two feldspar thermometry: Am. Mineraloji.,68, 398-413.*
- İşler, F., 1988, Çiftehan (Niğde) volkanitlerinin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal incelemesi: Türkiye Jeol.Kur.Bült., 31,29-36.*
- Leake,B.E., 1978, Nomenclature of Amphiboles: Mineraloji.Mag., 42, 533-563.*
- Lindsay, D.H., 1983, Pyroxene thermometry: Am.. Mineraloji., 68, 477-493.*
- Morimoto, N., 1988, Nomenclature of pyroxenes: Am..Mineraloji., 73, 1123-1133.*
- Oktay, F.Y., 1982, Ulukışla ve çevresinin stratigrafisi ve jeolojik evrimi: Türkiye Jeol.Kur.Bült., 25, 15-24.*
- Papike, J.J., 1980, Pyroxene mineralogy of the moon and meteorites (Pyroxenes, Prewitt, C.T.): Reviews in Mineralogy , 7,495-525.*
- Price, J.G., 1985, Ideal site mixing in solid solutions, with an application to two feldspar geothermometry: Ame.Mineraloji., 70, 696-701.*
- Winchester, J.A. & Floyd, P.A., 1977,Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, Che.Geo., 20, 325-343.*
- Yetiş, C., 1978, Çamardı (Niğde ili) yakın ve uzak dolayının jeoloji incelemesi ve Ecemîş yarılmı kuşağının Maden boğazı-Kâğılı arasındaki özellikler. Doktora tezi: İstanbul Ün., 164s. (yayınlanmamış)*
- Yetiş, C., 1983, New observations, on the age of the Ecemîş fault: Geology of the Taurus Belt, Internat.Symposium, Ankara, 159-164.*

MENDERES MASİFİ'NDE DERBENT (ALAŞEHİR) YÖRESİNİN JEOLOJİSİ VE OLASILI KİMMERİYEN METAMORFİZMASI

O . Ersin KORALAY, O . Özcan DORA

DEÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

ÖZET: *Ödemiş-Kiraz Asmasifi'nin doğusunda, Derbent çevresinde yer alan inceleme alanında, Menderes Masifi'nin temel ve örtü serilerine ait birimler ve bunları tektonik olarak üstleyen İzmir-Ankara Zonu kayaları yer almaktadır. İçerisinde çeşitli boyutlarda gözülü gnays ve lökokratik ortognays küteleri ile fillit, mermer ve amfibolit düzeyleri kapsayan temel sisteleri istifin en alt kesimlerini oluşturmaktadır. Temel sistelerini tektonik dokanaklarla temel serisine ait gözülü gnays, paragnays ve migmatitler üstlemektedir. Örtü serisinin granat-mika şist ve mermerleri tektonik bir sınırla gözülü gnays ve paragnaysların üzerinde yer alır. İstifin en üst birimini oluşturan İzmir-Ankara zonu kayaları serpentinit, kireçtaşı ve lateritten yapılmıştır.*

Menderes Masifi'nin Prekambriyen/Kambriyen sınırında ilk metamorfizmadan etkilendiği ve son ana metamorfizmasını Eosen'de geçirdiği pek çok araştırmacı tarafından kabul görmektedir. Bunun yanı sıra, az sayıda araştırmacı, sınırlı verilerle Masif'te ikinci metamorfizmanın Erken Kimmeriyen'de (veya Hersiniyen) gerçekleştiğine değinir. Elde edilen yeni bulgular, Menderes Masifi'nin Erken Kimmeriyen'de ikinci bir metamorfizmadan etkilendiğini ortaya koymaktadır. Bu metamorfizmayı izleyen evrede, Erken Triyas yaşlı bir magmatizma etkin olmuştur. Bu veriler, Masif'teki tüm gnaysların Kambriyen yaşlı olmayıp, bir kısmının Erken Kimmeriyen metamorfizmasının ürünü magmatitlerden türediğini göstermektedir.

GEOLOGY AND POSSIBLE CIMMERIAN METAMORPHISM OF DERBENT (ALAŞEHİR) REGION IN THE MENDERES MASSIF

ABSTRACT: *The units of the basement and cover series of the Menderes Massif which are tectonically overlain by the İzmir-Ankara Zone rocks, are exposed around Derbent area, Ödemiş-Kiraz Submassif of the Menderes Massif. Basement schists which is dominated by the garnet-mica schists with phyllite and marble intercalations and intruded by the augen gneiss and leucocratic orthogneiss, occur at the lowest level of the rock succession. The schists of the basement are tectonically overlain by a series of basement units composing of augen gneiss, paragneiss and migmatite. The cover units consisting of garnet-mica schist and marble, rest upon the augen gneiss and paragneiss with a tectonic contact. This imbricated metamorphic series of the Menderes Massif is also thrusted by the non-metamorphic İzmir-Ankara Zone rocks which mainly make up of serpentinite, limestone and laterite.*

Two main metamorphic events, Pan-African metamorphism which affected only the basement units at the Precambrian/Cambrian boundary and Alpine metamorphism affected both of the basement and cover series during Late Eocene time, are generally regarded in the Menderes Massif. Furthermore, Early Cimmerian (or Hercinian) event with mostly obscured evidence has been also postulated by some authors for the Massif. The new evidence detected by this study, clearly reveal the presence of an Early Cimmerian metamorphism in the Menderes Massif. This metamorphism is mainly characterised by the post-metamorphic Early Triassic magmatism. This new evidence reveal the presence of two different orthogneisses, Pan-African and Triassic, in the Menderes Massif.

1. GİRİŞ

Batı Anadolu'da çok geniş bir yayılım sunan, kuzeyde İzmir Ankara Zonu ve güneyde Toros Kusağı tarafından sınırlanan (Dora, 1975; Şengör ve Yılmaz, 1981) Menderes Masifi temel ve örtü serileri olmak üzere iki ana grubu ayırmaktadır. Pan-Afrikan yaşı temel kayaları baskın olarak kısmen migmatize olmuş paragnays ve mika şistlerden meydana gelen metasedimentler ve bunlar içerisinde sokulum yapmış, günümüzdeki yapılarını ise geçirdikleri metamorfizma ve deformasyonla kazanmış olan gözlu gnayslardan ve eklojistik gabrolardan meydana gelmektedir (Dora ve dig. 1992; 1994; Dora ve dig. 1995; Şengör ve dig. 1984; Satır ve Friedrischsen, 1986; Loos ve Reischmann, 1999). Temel kayaları Pan-Afrikan orojenezine bağlı olarak Prekambriyen'de granulit, eklojite ve amfibolit fasiyesi koşullarında çoklu metamorfizmaya uğramışlardır (Dora ve dig. 1995; Oberhänsli ve dig. 1997; Candan ve Dora, 1998; Candan ve dig. 1998). Temel kayalarını etkileyen metamorfizmaların yaşları radyometrik

olarak saptanamamıştır. Buna karşın, gözlu/granitik gnaysların ilksel kayalarının sokulum yaşları tek zirkon evaporation yöntemiyle 546 my (Hetzell ve Reischmann, 1996) 540-550 my (Dannat ve Reischmann, 1997), 560-570 my (Koralay ve dig. 1998) ve 530-560 my (Loos ve Reischmann, 1999) olarak saptanmıştır. Temel serileri Paleozoyik ve Mesozoyik ve Erken Tersiyer yaşı örtü serileri tarafından üstlenmektedir (Schulling, 1962; Dora ve dig. 1990; 1992) Paleozoyik yaşı örtü serileri baskın olarak kuvarsit, fillit ve siyah mermerlerden oluşmaktadır. Mesozoyik / Erken Tersiyer yaşı örtü serileri ise metakonglomera, şist, dolomit, zımpara içerikli platform tipi mermerler, pelajik mermer, ve metaolistostromdan yapılmıştır (Dora ve dig. 1995).

Menderes Masifi'nin geneline bakıldığından çözümü hedeflenen ana sorunların i) Masif'in etkilendiği metamorfizma sayısı, ii) Temel kayaları içerisinde yer alan ortognaysların kökeni ve yaşları olduğu görülmektedir.

Bir çok araştıracı Masif'in en az iki metamorfizmadan etkilendiği

konusundaki ortak fikri paylaşmaktadır. Masif'te Kaledonyen yaşlı ilk metamorfizma sonucunda etkin bir magmatizma gerçekleşmiş ve yaklaşık 550 my yaşlı granitler metamorfizmayı izleyen evrede ilksel kayalarını kıritmeli sedimentlerin oluşturduğu paragnayalar içeresine sokulmuşlardır (Dora ve diğ. 1995; Hetzel ve Reischmann, 1996; Koralay ve diğ. 1998). Son yıllarda yapılan çalışmalarla bu ilk metamorfizmanın granulit, eklojite ve amfibolit fasiyesi koşullarında gerçekleşen çoklu bir metamorfizma olduğu ortaya konmuştur (Candan, 1995; Candan ve Dora, 1998; Candan ve diğ. 1998). Barrow türü orta basınç / orta-yüksek sıcaklık metamorfizması ise Eosen'de gerçekleşmiş olup "Menderes Masifi Son Ana Metamorfizması" olarak kabul edilmektedir (Dora ve diğ. 1990; Şengör ve diğ. 1984). Candan (1995) ve Oberhänsli ve diğ. (1996), söz konusu bu son metamorfizmanın iki aşamada gelişliğini belirtirler. Eosen'de epidot - mavi şist/eklojite fasiyesi koşullarında başlayan bu metamorfizma Geç Eosen / Erken Oligosen'de Masif'te retrograd etkiler yaratan Barrow türü "Ana Menderes Masifi Metamorfizması" ile son bulmuştur.

Özellikle metamorfik istifte çekirdek serisi içerisinde yer alan gözlu gnayaların kökeni birçok araştırmacı tarafından tartışılmıştır. Schuiling, (1962); Brinkman, (1966, 1967, 1971); Başarır, (1970); Dora, (1975); Uz, (1982); Satır ve Friedrichsen, (1986) gnayaların ilksel kayalarının sedimenter kökenli olduğunu

ve bugünkü yapılarını yüksek dereceli metamorfizma ile kazandıklarını ileri sürerler. Scotford (1969) ve Başarır (1975) gözlu gnayaların bir kısmının oluşumunu K-metasomatizmasıyla açıklamaya çalışırlar. Graciansky (1965), Erdoğan (1992), Bozkurt ve diğ. (1993) ve Loos ve Reischmann (1995) ise Masif'teki gözlu gnayaların ilksel kayalarının granitik bileşimdeki magmatik kayalar olduğunu kabul etmektedir. Ayrıca Masif'in çeşitli yörelerinde şistler içerisinde gözlu gnayaların farklı özelliklerde lökokratik karakterli ortognayaların varlığı da bilinmektedir (Yılmaz, 1984; Akkök, 1983; Candan, 1992; Koralay, 1993). Lökokratik ortognayalar Paleozoyik yaşlı mika şistler içerisinde intrüzif dokanaklarla yer almaktadır.

Derbent/Alaşehir yörenin ayrıntılı jeolojisi anlatılan bu makalede; i) Temel serisine dahil edilen temele ait şistlerin yaygınlığı, ii) Menderes Masifi'nde Erken Kimmeriyen metamorfizmasının varlığı ve iii) Masif'in temel serisi birimlerinin içerisinde yer alan ortognayaların tamamının Kambriyen yaşlı olmadığı, bunlardan bazılarının Triyas yaşlı olabileceği vurgulanmaya çalışılmıştır.

2. LİTOSTRATİGRAFİ

İnceleme alanında (Şekil 1), Menderes Masifi'nde günümüze degen gerçekleştirilen çalışmalarla temel ve örtü serileri olarak adlandırılan ana birimlerin tamamı gözlenmektedir (Şekil 2). Bölgede metamorfik serinin en alt

düzeylelerini, içerisinde çeşitli boyutlarda gözlü gnays, paragnays ve lökokratik ortognays küteleri içeren granat-mika şist / mika şist bileşimindeki temel şistleri oluşturmaktadır. Olasılı Prekambriyen yaşı, pelitik kökenli bu kayalar içerisinde arakatman ve mercekler şeklinde mermer ve fillitlerin yanı sıra amfibolit küteleri de yer alır. Geçirdikleri Tersiyer yaşı son metamorfizmaya karşı bu şistler içerisindeki gözlü gnaysların ve lökokratik ortognaysların intrüzif karakterleri çoğu yerde korunmuştur. Olasılı Triyas yaşı bu kayalar, çevre kayayı oluşturan şistler içerisinde değişik boyutlarda stok ve sil konumunda bulunurlar.

İnceleme alanının batı kesiminde yaklaşık 550 my yıl yaşı gözlü gnayslar temel serisi şistleri üzerine tektonik bir dokanakla gelmektedir. Gözlü gnayslar içerisinde yaygın olarak nebulitik türde migmatit odakları gözlenmektedir. Paragnays kalıntıları içeren migmatitlerin gözlü gnayslarla olan dokanakları düzensiz ve giriktir. Ayrıca, migmatitler içerisinde küçük boyutlarda migmatizasyon sonucu yerinde olmuş (in situ) granit küteleri yer almaktadır. Sedimanter kökenli paragnaysların gözlü gnayslarla olan ilksel intrüzif karakterdeki dokanakları geçirdikleri deformasyonlar nedeniyle silinmiştir.

Temel serisine ait paragnayslar olasılı tektonik bir dokanakla örtü serisinin şistleri tarafından üstlenmektedir. Metamorfik serinin en üst kesimlerinde yer alan granat-mika şist bileşimindeki

şistler içerisinde değişik boyutlarda staurolit-granat fillit mercekleri ve Geç Kretase yaşı, zimpara içerikli mermerlere karşılık gelen grimsi beyaz renkli mermerler gözlenmektedir.

Metamorfik temel olasılı Mesozoyik yaşı allokon birimler tarafından tektonik dokanaklarla üstlenmektedir. İzmir-Ankara Zonuna ait olduğu varsayılan allokon birimler kireçtaşı, ultrabazik kayalar ve lateritten oluşmaktadır. Kuvvetli deformasyona uğramış dünitharzburjıt bileşimindeki ultrabazikler yaygın olarak serpantinitlere dönüşmüştür. Gerek Menderes Masifi metamorfitleri gerekse allokon birimler Neojen yaşı karasal/gölsel tortullar tarafından açısal uyumsuz bir dokanakla örtülmektedir.

3. JEOLOJİ VE PETROGRAFİ

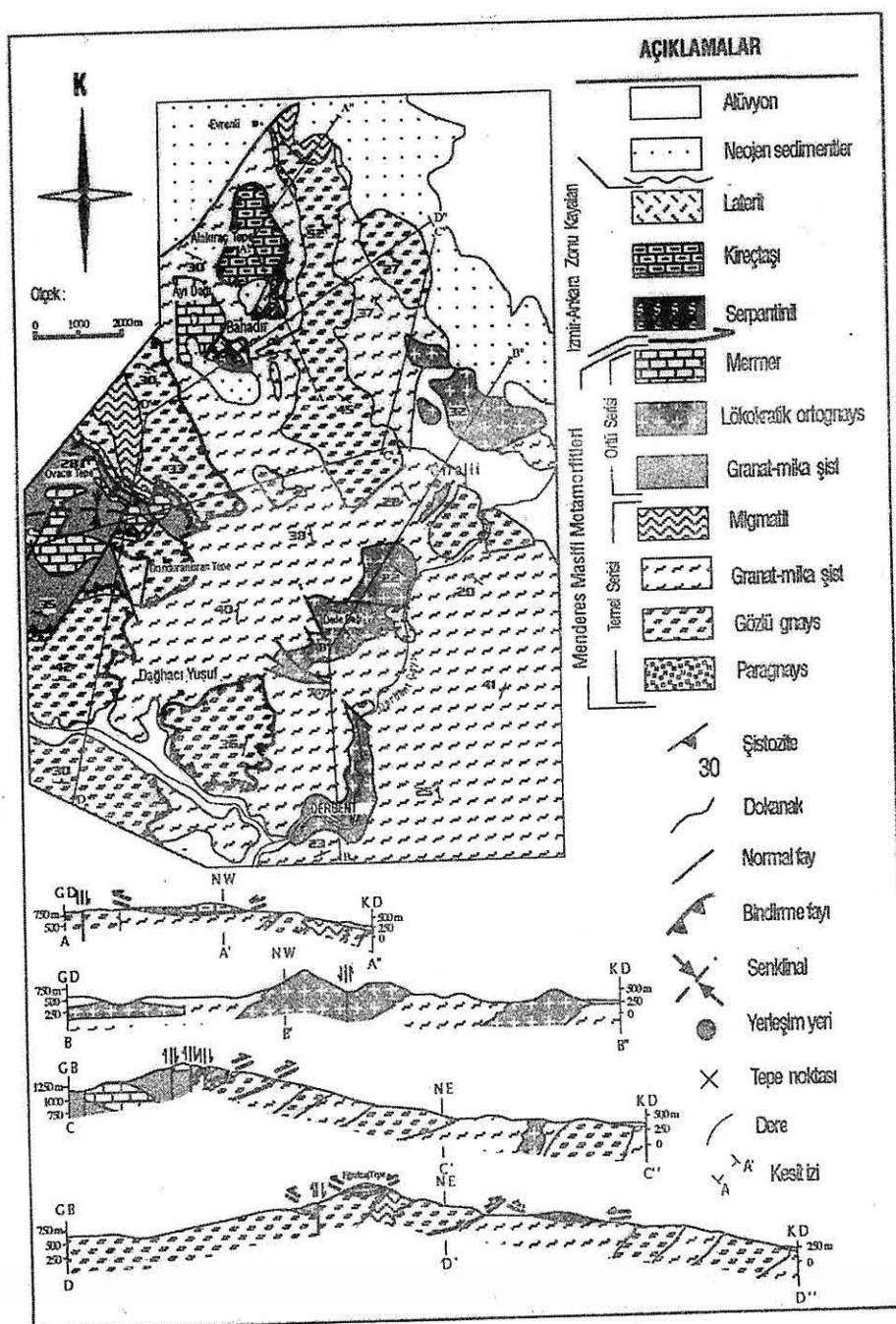
İnceleme alanındaki kaya birimleri iki ana grup altında toplanabilir:

- Menderes Masifi Metamorfitleri
 - Temel serisi
 - Örtü serisi
- Metamorfik Olmayan Kayalar

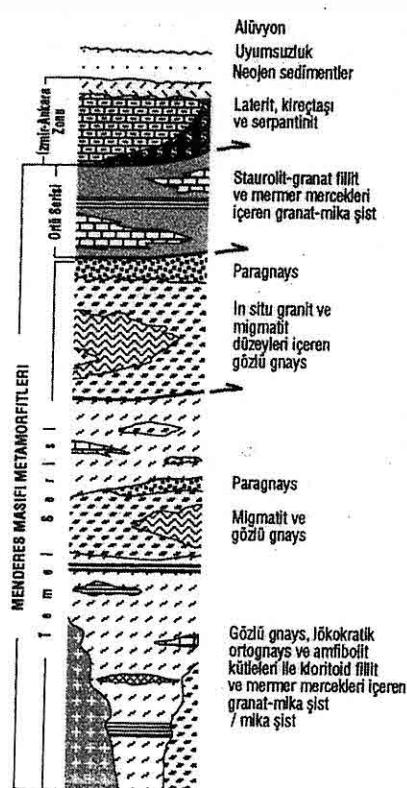
3.1. Menderes Masifi Metamorfitleri

Günümüze kadar gerçekleştirilen çalışmaların büyük bir kısmında Menderes Masifi'nin kaya istifi temel ve örtü serileri olmak üzere iki ana üniteye ayrılmıştır. Buna göre inceleme alanında, Prekambriyen-Kambriyen yaşı temel serisi baskın olarak gözlügnays, paragnays, migmatit ve temel şistlerinden; örtü serisi ise mika şist,

DERBENT YÖRESİNİN JEOL.VE OLASILI KİMMERİYEN METAMORFİZMASI



Şekil 1. Çalışma alanının genelleştirilmiş jeoloji haritası ve kesitleri.



Şekil 2. İnceleme alanının genelleştirilmiş sütun kesiti.

Triyas yaşı lökokratik ortognayalar, fillit ve platform tipi mermerlerden meydana gelmektedir.

3.1.1. Temel Serisi

3.1.1.1. Temel Şisti

Son yıllarda yapılan çalışmalarla, Menderes Masifi'nde yaygın temel şistlerinin yer aldığına işaret edilmiştir (Kun ve dig. 1993; Dora ve dig. 1994). Kambriyen yaşı gözülü/granitik gnays küteleri tarafından intrüzif dokanaklarla kesilmeleri nedeniyle olasılı

Prekambriyen/Kambriyen yaşlı olarak kabul edilen şistler temel serilerine dahil edilmişlerdir. İnceleme alanında da çok geniş bir yayılım sunan temel şistleri, yaygın olarak gözülü gnays ve amfibolit küteleri, seyrek olarak paragnays ve mermer mercekleri içermektedir. Bu özellikler ile örtü şistlerinden ayırtlanan temel şistleri baskın olarak granat-mika şist / mika şist bileşimindedir. Yapılan petrografik çalışmalarla granat-mika şistlerin genel mineral bileşimleri kuvars + plajiolas + granat + biotit + muskovit + klorit ± zirkon ± apatit ± turmalin + opak olarak saptanmıştır.

3.1.1.2. Gözülü Gnays

Çalışma alanındaki gnayaların büyük bir kısmını temel şistlerini tektonik dokanaklarla üstleyen yaklaşık 550 my yaşlı gözülü gnayalar oluşturur. Prekambriyen yaşlı gnayalar kalıntı yüksek sıcaklık metamorfizması parajenezleri ve ileri derecede migmatizasyon odakları içermektedirler. Kalıntı ortopiroksenler Masif'te şu ana kadar sadece temel serisine ait gnays, paragnays, çarnokit ve metatonalitlerde gözlenmiştir (Candan, 1995; Çetinkaplan, 1995; Oberhänsli ve dig. 1996). Ortopiroksenlerden yapılan analizlerde görülen yüksek Al_2O_3 değerleri, (% 3.37-3.75), bunların granulitik kökenli olduğunu göstermektedir (Candan, 1995; Oberhänsli ve dig. 1996). Ayrıca, paragnayslarda sillimanit, kuvars, muskovit ve disten tarafından replase edilmiş eski kordiyerit yuvaları da gözlenmektedir (Dora ve dig. 1995).

Bahadır Köyü'nün kuzeyinde 1x1.5 km boyutlarındaki migmatitik odak içerisindeki şarnokitik kayalarda sillimanit ve ortopiroksence zengin kalıntı granulitik parajenezler saptanmıştır (Koralay, 1993; Candan, 1995). Aynı migmatitin çevre kayasını oluşturan gnayslar Girelli ve Evrenli Köyleri arasında KB-GD şeklinde uzanım sunmaktadır (Şekil 1).

İstifin üst kesimlerinde yer alan gözlü gnayslardan $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ yöntemiyle, ortalama 560-570 my'lık tek kristal zirkon yaşı bulunmuştur (Koralay ve diğ. 1998).

Gözlü gnaysların en iyi görünülerinden birisi Derbent'in 2-4 km kuzeyinde Derbent Çayı içerisinde gözlenmektedir. Yer yer ilksel granitik dokusu korunmuş olan kayaların sistelerle olan dokanakları intrüzif karakterlidir. Granitik gnaysların sistelerin ilksel kayasının içerisine yapmış olduğu sil ve dayk şeklindeki girişler dokanak boyunca izlenebilmektedir. Ayrıca, gnays içerisinde dokanağa yakın kesimlerde mikaca zengin anklavlar gözlenmektedir. Bu veriler gnaysların ilksel kayalarının intrüzif dokanaklar yaptığı göstermektedir.

Petrografik çalışmalar sonucunda gözlü gnaysların genel mineral bileşimleri: kuvars + ortoklas + plajoiklas + mikroklin + biotit + muskovit + klorit + serisit + granat + zirkon + apatit + opak olarak saptanmıştır. Simplektik büyümeye yapıları gösteren biotitlerde tamamen veya kısmen etraflarını sarان granat koronaları gelişmiştir. Gözlü gnayslarda porfiroblastik dokunun yanı sıra yaygın

olarak milonitik doku da gelişmiştir. Plastik deformasyon ürünü bu dokuda makaslama hareketleri sonucunda yaygın olarak etrafları ufak tanelerle çevrelenmiş feldspat porfiroblastları gelişmiştir.

3.1.1.3. Paragnays

Schulling (1962) tarafından "bazik ince taneli gnays" olarak isimlendirilen bu kayalar ilk kez Uz (1975) tarafından "leptinit" olarak isimlendirilmiş daha sonra Kun (1983) bu kayaların volkanik kökenli olduğunu ileri sürmüştür ve "leptit" olarak adlandırmıştır. Bu tarihten günümüze kadar gerçekleştirilen çalışmalarda bu kayaların Menderes Masifi'nde çok geniş bir yayılım sundukları belirlenmiştir (Kun ve Candan, 1987; Dora ve diğ. 1987; 1988; Candan ve Kun, 1991). Bu çalışmalarda bu kayaların gözlü gnayslar üzerinde yer alan değişik kalınlıklarda bir kılavuz düzey olduğu ileri sürülmektedir. Son bir kaç yıldır gerçekleştirilen çalışmalarda ise, içerdikleri detritik kökenli zirkonlara ve arazi verilerine dayanılarak aynı kayaların yer yer volkanik katkalar içeren sedimanter kökenli kayalar (paragnays) oldukları ileri sürülmektedir (Dora ve diğ. 1995, 1999).

Paragnayslar yaygın olarak inceleme alanının batısında Ovacık Tepe çevresinde ve küçük bir yüzlek şeklinde Bahadır Köyü'nün kuzeyinde gözlenmektedir. Ovacık tepe çevresindeki 200-250 m kalınlığındaki paragnayslar granitik ilksel kayaları yaklaşık 550 my yaşlı olan gözlü gnayslarla dokanak yapmaktadır.

(Şekil 3). Dokanaklar boyunca ilksel intrüzif dokanak özelliği sonradan gerçekleşen sönümlü deformasyon nedeniyle silinmiştir. Dokanağa yakın kesimlerde paragnayalar milonitik yapı sunmaktadır.

Bahadır Köyü'nün kuzeyinde yer alan paragnayalar yaklaşık 1.5 km boyunda ve 200 metre eninde bir bant şeklinde yer almaktadır. Gnayslarla olan ilksel intrüzif dokanak ilişkisi burada da silinmiştir. Paragnayalar üzerine tektonik bir dokanakla temel şistleri gelmektedir.

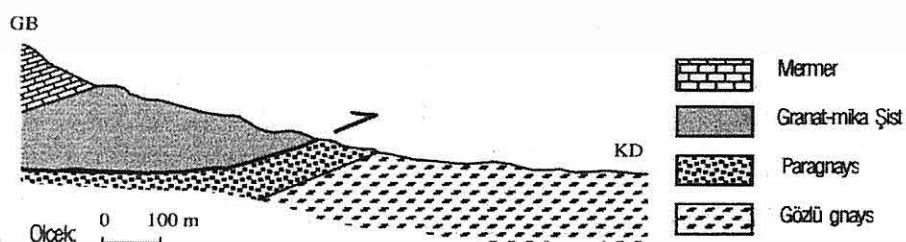
Petrografik incelemelerde paragnayaların genel mineral bileşimi kuvars + ortoklas + plajiolas + biotit + muskovit ± serisit + granat ± disten ± sillimanit + zirkon + apatit ± turmalin + opak olarak saptanmıştır. Kayalarda yönlenmesiz, eş boyutlu poligonal doku gözlenmektedir.

3.1.1.4. Migmatit

Migmatitler inceleme alanının kuzeyinde ve batı kesimlerinde yaygın olarak gözlenmektedir Özellikle Bahadır Köyü'nün kuzeyinde, yol üzerinde en karakteristik migmatit örneklerini

görmek mümkündür. Nebulitik türdeki migmatiler en yaygın migmatit türünü oluştururken yer yer ptigmatik yapıda migmatitler de gözlenmektedir. Migmatitlerin paleosomunu paragnayalar oluşturmaktadır. Migmatitlerin paragnayalarla ve gözlügnayalarla olan dokanakları düzensiz ve giriktir (Şekil 4). Ayrıca migmatitler içerisinde haritaya geçmemeyecek boyutlarda çok sayıda granit kütlesine rastlanmaktadır. Migmatitlemeye bağlı olarak gelişen ve yerinde oluşmuş (*in situ*) bu granitlerin migmatitlerle olan dokanakları düzensiz ve giriktir. Granitlerin migmatitlerle olan girik dokanakları, mineralojik bileşim ve dokusal özellikler yönünden her iki kaya türünün büyük benzerlik göstermesi ve çevre kayada kontak metamorfizma etkisinin gelişmemişi olması bu kayaların çevre kayalarla benzer koşullar altında kristalleşen, yerinde oluşmuş granitler olduğunu göstermektedir.

Migmatitlerin ve *in-situ* granitlerin petrografik incelemeler sonucunda genel mineral bileşimleri kuvars + ortoklas + plajiolas + biotit + muskovit + granat + disten + sillimanit + zirkon ± apatit ±



Şekil 3. Paragnayaların gözlü gnayalar ve örtü serisine ait şist ve mermerlerle olan dokanak ilişkisi, Ovacık Tepe.

turmali + opak olarak belirlenmiştir. İnce kesitlerde migmatitlerin ve in-situ granitlerin son derece benzer petrografik özellikler sundukları görülmüştür. Biotitleri sarar şekilde görülen öz şekilli granat kristalleri, biotit-feldspat dokanaklarındaki tepkime kuşaklarında gelişmiştir. Sillimanitler, feldspat-feldspat ve feldspat - kuvars dokanaklarında fibrolitik kristaller ve eski kordiyerit yuvalarını replase eder şekilde muskovit, kuvars ve distenle birlikte gözlenmektedir. Migmatitlerde genelde eş boyutlu, yönlenmesiz granoblastik doku gözlenmesine karşın, in-situ granitlerde holokristalen doku gözlenir.

3.1.2. Örtü Serisi

3.1.2.1. Örtü şistleri ve mermerler

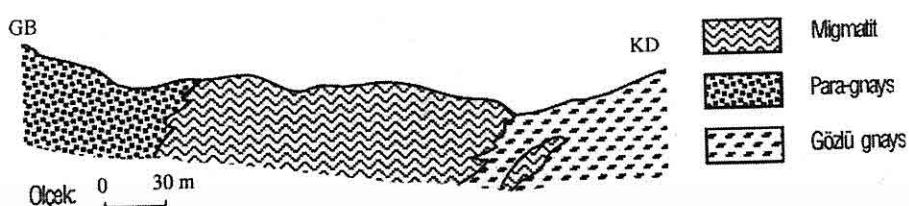
İnceleme alanının batısında örtü serisine ait şistler temel serisine ait yüksek dereceli metamorfitleri tektonik dokanaklarla üstlemektedirler (Şekil 4). Baskın olarak granat-mika şist, mika şist bileşimindeki örtü şistleri içerisinde değişik kalınlıklarda serisit fillit ve staurolit-granat fillit düzeyleri yer almaktadır. Örtü serisi şistlerinin üst

kesimlerinde değişik kalınlıklarda mermer düzeyleri yer alır. Dar bir alanda yüzlek veren mermerler, çalışma alanın dışında batıya doğru daha geniş bir yayılım sunarlar ve üst düzeylerinde zımpara mercekleri kapsarlar (Kun ve Candan, 1987). Bu mermerler, Menderes Masifi'nin genel istifinde yer alan ve Çine Asmasifi'nin güney kesiminde fosillere dayanılarak Üst Kretase yaşı verilen (Dürr, 1975; Çağlayan ve diğ. 1980; Özer, 1992) zımparalı mermerlere karşılık gelmektedir.

Yapılan petrografik çalışmalarında granat-mika şistlerin genel mineral bileşimleri kuvars + plajiolas + muskovit + biotit + klorit + granat + zirkon ± apatit + opak olarak saptanmıştır. Şistlerde granattan başka anahtar mineral gözlenmemesine karşın şistler içerisindeki fillit düzeylerinde staurolit kristalleri bulunmaktadır.

3.1.2.2. Lökokratik ortognays

Lökokratik ortognaysların en karakteristik görünüsü çalışma alanının orta kesiminde Dede Dağı çevresindedir. Ayrıca Derbent ve Girelli Köyü çevresinde diğer büyük yüzlekler yer



Şekil 4. Migmatitlerin, leptit-gnays ve gözülü gnayslarla yapmış olduğu dokanak ilişkisi, Bahadir Köyü kuzeyi.

almaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarla bu kayaların Menderes Dağı'nda geniş yayılım sundukları anlaşılmıştır (Candan, 1996; Korralay ve diğ. 1998). Lökokratik metagranitler birlikte uğradıkları son metamorfizmanın etkisiyle çevre kayayı oluşturan şistlerle uyum gösteren belirgin bir sistozite kazanmışlardır (Şekil 1). Ancak, lökokratik ortognayların şistlerle yapmış oldukları ani ve keskin dokanaklar metamorfizmanın etkisiyle tümüyle silinmemiştir. Bu kayaların şistlerle olan dokanaklarına yakın kesimlerde şistler içerisinde yer yer kalınlıkları 1 cm'den 10-15 cm'ye kadar ulaşan aplitik siller gözlenmektedir. Bu, lökokratik ortognayların şistlerle olan intrüzif dokanak ilişkisini desteklemektedir. Lökokratik ortognayların hemen hemen tamamını kuvars, ortoklas, plajiolas ve muskovit gibi felsik mineraller oluşturmaktadır. Mafik mineral oranı ise % 1'i geçmemektedir. Bu özelliklerinden dolayı bu kayaların "lökokratik ortognay" olarak isimlendirilmeleri uygun görülmüştür. İnceleme alanında lökokratik ortognaylar çevresinde kontak metamorfizma etkileri gözlenmemesine karşın Serinyayla Köyü çevresinde (Alaşehir K'yı) lökokratik ortognay kütlesinin GD kesiminde, fillitlerle olan dokanaklarına yakın kesimlerde granat felsler yer almaktadır. 15-20 cm kalınlığındaki granat felsler 2 m uzunluğa kadar ulaşabilmektedir. Dede Dağı'dan alınan örneklerden $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ yöntemiyle saptanan tek kristal zirkon yaşları

160

241.2 ± 3.5 my olarak saptanmıştır (Korralay ve diğ. 1998). Araştırmacılar bu yaşı lökokratik ortognayların intrüzyon yaşı olarak yorumlamaktadırlar. Aynı araştırmacılar bölgenin güney kesimlerinde de benzer yaşların elde edildiğini belirtmektedirler.

Petrografik çalışmalar sonucunda lökokratik ortognayların genel mineral bileşimleri kuvars + ortoklas ± mikroklin + plajiolas + muskovit ± biotit ± zirkon ± apatit + opak olarak saptanmıştır. Lökokratik ortognayların porfiroblastik, lepidoblastik doku ve kataklastik doku gözlenmektedir.

3.2. Metamorfik Olmayan Kayalar

Metamorfik olmayan kayalar, konumları ve yaşlarına göre iki ana grub altında toplanabilir. Bunlar; daha yaşlı olan ve metamorfik temeli tektonik dokanaklarla üstleyen "İzmir-Ankara Zonu Kayaları" ve tüm birimleri uyumsuz dokanaklarla örten "Neojen Yaşı Sedimentler" dir.

Temeli oluşturan metamorfiter üzerinde yer alan allokon birimler, inceleme alanının kuzeyinde Bahadır Köyü çevresinde gözlenmektedir. Bunlar Masif'in bir çok yerinde rastlanan (Candan, 1988; 1993) İzmir-Ankara Zonu ofiyolit kayalarının kalıntılarına aittir. Serpantinit, kireçtaşı ve lateritten oluşan bu kayalar tektonik dokanaklarla şistleri üstlemektedirler (Şekil 5). Akkök (1985) tarafından şistleri kesen damarlar şeklinde yorumlanan serpantinitler içerisinde korunmuş piroksen kristalleri gözle seçilebilmektedir. Serpantinitlerin

bazı kısımları tümüyle koyu kahverengi-kırmızı renkli lateritlere dönüşmüştür. Lateritlerin içerisinde gri-yeşil renkli kil ve kırmızı-kahverengi silis ve hematitli kesimler gözlenir.

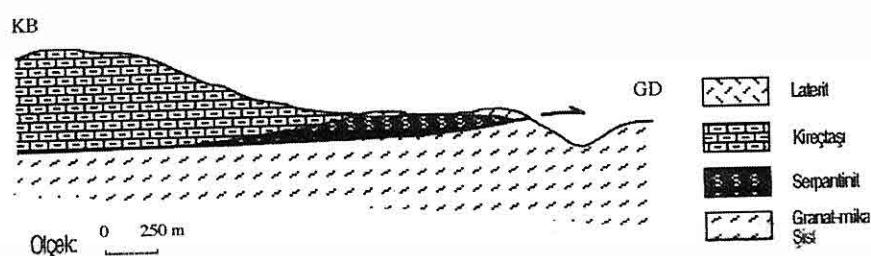
Yapılan petrografik çalışmalarda ultrabazik kayaların % 60-70 oranında serpantinleşmeye uğradıkları gözlenmiştir. Bu kayaların genel mineral bileşimleri olivin + ortopiroksen + klinopiroksen + serpentin (krizotil-bastit) + opak olarak belirlenmiştir. Piroksen ve olivin, serpantinitlerin ilksel ultrabazik kayasına ait kalıntı minerallerdir. Bazı örneklerde % 100 değerine ulaşan serpantinleşme sonucunda olivin kristalleri krizotil türü serpantinlere yaygın dönüşüm gösterirler. İleri derecede serpantinleşmeye uğramış bu kayalarda ilksel piroksenler bastit türü serpentinlere dönüşerek tümüyle ortadan kalkmaktadır. Karakteristik elek dokusu gösteren kayalar baskın olarak dünit bileşimindedir. Bunun yanısıra orto ve klinopiroksenlerin miktarına göre bazı örnekler harzburjıt ve lerzolit bileşimine kayabilmektedir.

Bahadır Köyü'nün kuzeyinde İzmir-

Ankara Zonuna ait kireçtaşları serpantinitlerle bir arada gözlenmektedir. 10-20 cm tabaka kalınlığına sahip kireçtaşları yer yer rekristalizasyon nedeniyle ilksel doku ve özelliklerini kaybetmişlerdir.

4. JEOKİMYA

Bu çalışmada kayaçların jeokimyasal özelliklerini ortaya koymak amacıyla gözlü gnayslardan altı ve lökokratik ortognayslardan yedi örneğin ana ve iz element analizleri yapılmıştır. Bu örneklerde ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Gözlü gnaysların ana elementlere ait ortalama oksit değerleri SiO_2 : 67-74, Al_2O_3 : 14-15, TiO_2 : 0.3-0.8, FeO : 1-5, MgO : 0.3-1.9, CaO : 0.6-1.9, Na_2O : 2.2-4.0 ve K_2O : 1.8-5.2 arasında değişirken, lökokratik ortognaysların oksit değerleri SiO_2 : 75-78, Al_2O_3 : 12-14, TiO_2 : 0.1-0.2, FeO : 0.1-1.2, MgO : 0-0.4, CaO : 0.03-0.3, Na_2O : 0.01-2.4 ve K_2O : 5.1-6.4 oranları arasında değişmektedir. Bu değerlerden lökokratik ortognaysların SiO_2 içeriğinin gözlü gnayslara oranla daha yüksek olduğu buna karşın Al_2O_3 oranının ise



Şekil 5. İzmir-Ankara Zonu kayalarının granat-mika şistlerle olan dokanak ilişkisi, Alakırac Tepe.

daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, lökokratik ortognayslardaki kuvars oranının fazlalığından kaynaklanmaktadır. TiO_2 ve FeO oranları ise lökokratik ortognaysarda daha düşük gözlü gnayslarda ise daha yüksektir. Bunun nedeni gözlü gnayslardaki biotit oranının yüksekliğinden kaynaklanmaktadır, lökokratik ortognaysarda ise biotit oranı % 1'i geçmemektedir.

Winchester ve Floyd (1977), $Na_2O+K_2O - SiO_2$, diyagramında gözlü gnaysların çoğunuğu granodiyorit alanında yer alırken lökokratik ortognaysların tamamı granit alanında yer almaktadır (Şekil 6a). Cox ve dig. (1979), $SiO_2 - Nb/Y$, diyagramında ise gözlü gnaysların büyük kısmı granodiyorit alanında, lökokratik ortognaysların ise yine granit alanında yer aldığı görülmektedir (Şekil 6b). Shand (1943)'ın sınıflamasında kimyasal bileşimleri itibarıyle bu kayaçların peralumino karaktere sahip oldukları anlaşılmaktadır (Maniar ve Piccoli, 1989) (Şekil 6c). Jeokimyasal özellikler her iki kaya türünün ilksel kayalarının kitasal kabuktan türeyen S-tip granitoidler olduğunu göstermektedir (Şekil 6d). Aynı zamanda normatif korundum içerikleri, $A/CNK > 1$ büyük değere sahip olmaları da S-tip magmatik kökene işaret etmektedir (Tablo 1). İz elementlerin birbirleriyle ilişkili değişimleri magmatiklerin tektonik ortamlarının ortaya konmasında önem kazanmaktadır (Pearce ve dig. 1984). Her iki kaya grubuna ait örneklerin (Pearce ve dig.

(1984) diyagramlarında çalışma sonucu oluşan magmatik bölgelerde yoğunlaşlığı görülmektedir (Şekil 6e-f).

5. TARTIŞMA

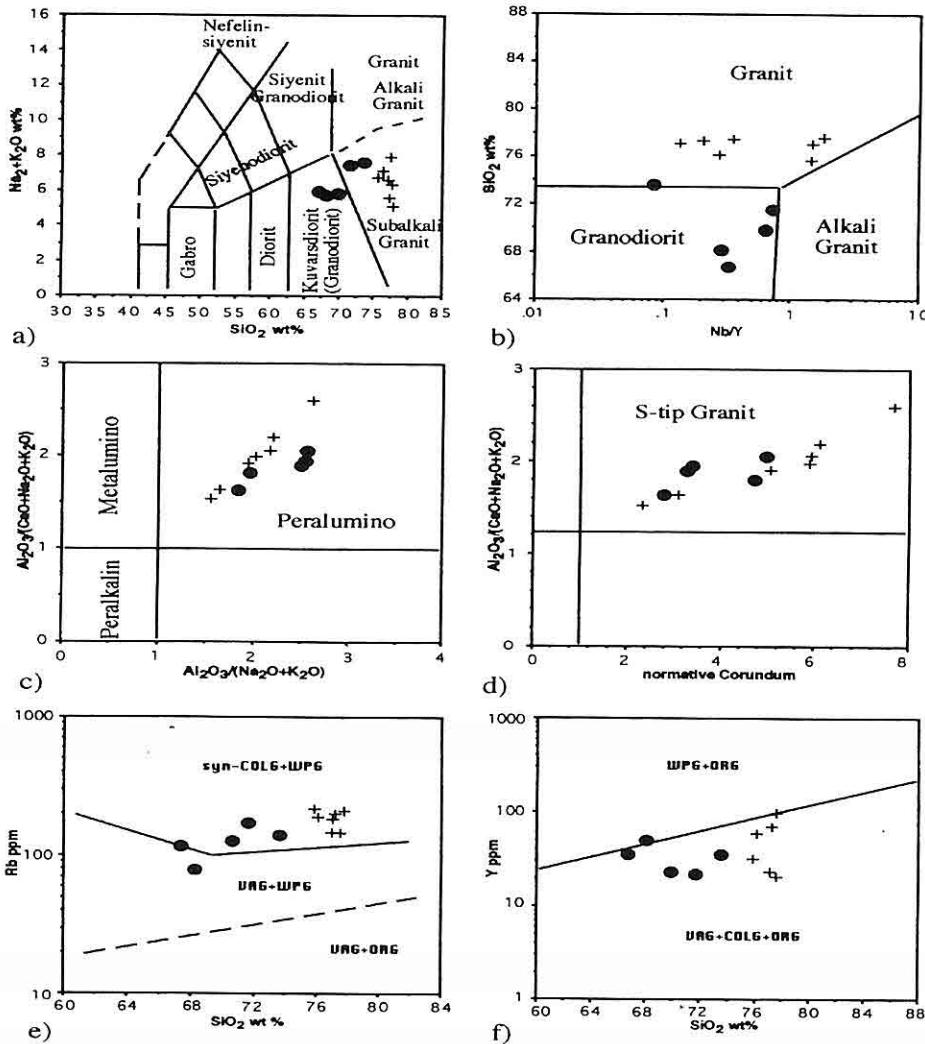
İnceleme alanından elde edilen yeni jeolojik veriler; i) Temel şistlerinin yaygın oluşu, ii) Menderes Masifi'nde Erken Kimmeriyen metamorfizması izleri ve iii) Masifteki farklı yaşlı gnaysların varlığı olarak özetlenebilir.

Dora ve dig. (1994), Kiraz çevresinde alta disten-granat şist, üst düzeylerde ise disten-staurolit fillit arakatmanlı mika şistlerle simgelenen örtü serisine ait şistlerin paragnaysları uyumlu görünen dokanaklarla üstlediklerini belirtirler. İnceleme alanının batısında paragnaysları tektonik dokanaklarla üstleyen örtü serisine ait şist ve mermerler haritalanmıştır. Örtü şistleri içerisinde, temel şistlerinde bulunan gözlü gnays, paragnays ve amfibolitler gözlenmemektedir. Bu veri, temel şistleri ile örtü şistlerini birbirinden ayırmada kullanılan en önemli kriterlerden birisini oluşturmaktadır. Öte yandan, staurolit - granat fillit arakatmanları yönünden zengin olan bu şistlerin üst düzeylerinde sürekli zimpara içerikli grimsi-beyaz mermerlerin bulunması, örtü şistlerini temel şistlerinden ayırmada diğer önemli bir veri olarak değerlendirilmiştir.

İnceleme alanında metamorfik istifin en altında gnays kütelerince zengin, yaygın mika şistler saptanmıştır. Bu şistler çeşitli büyüklükteki gnays kütelerinin yanısıra, yaygın amfibolit mercekleri ve ender olarak kalınlıkları bir kaç metreyi

Tablo 1. Gözülü gnays ve lökokratik ortognayshara ait örneklerin kimyasal ve normatif hesap sonuçları. (97-58, 97-59, 97-61, 97-70, 97-75 gözülü gnays; 3, 23, 56, 178, 179, 415, 97-71: lökokratik ortognays).

ÖRNEK	97-58	97-59	97-61	97-70	97-75	3	23	56	178	179	415	97-71
SiO ₂	66.88	73.59	68.10	69.86	71.59	77.09	77.43	77.09	77.16	76.15	75.76	77.62
TiO ₂	0.71	0.21	0.79	0.71	0.32	0.16	0.18	0.14	0.13	0.11	0.21	0.13
Al ₂ O ₃	15.03	13.63	14.82	14.71	14.67	12.35	13.73	12.35	12.74	11.65	13.29	13.29
Fe ₂ O ₃	4.97	1.33	4.33	3.22	2.28	0.19	1.15	0.13	0.63	0.49	1.30	0.60
MnO	0.06	0.02	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
MgO	1.82	0.33	2.18	1.63	0.44	0.21	0.00	0.28	0.14	0.37	0.04	0.00
CaO	1.51	0.76	1.81	1.86	1.04	0.63	0.31	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
Na ₂ O	2.72	2.52	4.03	3.58	2.23	2.43	0.62	0.28	1.00	1.43	0.30	0.01
K ₂ O	3.15	5.04	1.78	2.31	5.19	5.49	5.74	5.32	5.60	5.67	6.38	5.08
K _K	2.33	0.99	0.99	1.37	2.15	1.44	0.58	2.81	1.86	1.51	1.67	3.04
Toplam	99.18	98.12	98.87	99.28	99.52	99.41	99.75	98.45	99.30	97.43	98.97	99.80
İz Elementler (ppm)												
Ba	586	498	437	407	979	-	-	-	184	-	586	186
Cr	63	30	28	34	-	-	-	-	-	-	-	-
Nb	12	3	14	15	17	10	38	15	34	16	46	37
Ni	26	5	13	5	1	-	-	-	2	-	2	-
Rb	110	138	82	128	170	184	147	146	198	193	217	206
Sr	161	98	144	240	101	-	-	-	59	-	58	36
V	88	6	76	74	23	-	-	-	-	-	-	-
Y	37	36	48	23	22	70	98	70	23	60	32	20
Zn	93	24	25	26	61	-	-	-	22	40	40	12
Zr	22	123	258	270	171	39	147	66	138	60	264	150
A/N+K	2.56	1.80	2.55	2.50	1.98	1.56	2.16	2.21	1.93	1.64	1.99	2.61
A/C+N+K	2.04	1.64	1.95	1.90	1.82	1.55	2.06	2.19	1.92	1.63	1.98	2.60
Nb/Y	0.32	0.08	0.29	0.65	0.77	0.14	0.39	0.21	1.48	0.27	1.44	1.85
Normatif Bileşenler												
Q	40.44	37.75	31.20	34.23	37.26	41.55	51.19	54.60	49.75	45.49	49.63	58.08
C	4.97	2.84	3.38	3.32	4.67	2.34	5.93	6.06	5.05	3.09	5.9	7.73
Or	8.62	29.78	10.52	13.65	30.67	32.44	33.92	31.44	33.08	33.51	37.71	30.00
Ab	23.02	21.32	34.10	30.29	18.87	20.56	5.25	2.37	8.43	12.10	2.50	0.09
An	5.92	3.25	7.87	8.18	1.95	0.20	1.54	0.20	-0.02	0.20	0.07	0.12



Şekil 6. a) Gözlü gnays ve lökokratik ortognays örneklerinin Na₂O+K₂O-SiO₂ diyagramında (Winchester ve Floyd, 1977) yeri, b) SiO₂-Nb/Y diyagramında (Cox ve diğ. 1979) örneklerin yeri, c) Örneklerin Shand (1943) indeksine göre sınıflaması, (Maniar ve Piccoli, 1989), d) Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O)-Normativ korendon diyagramında örneklerin yeri, (Chappel ve White, 1974), e) Örneklerin tektonik yerleşim yerini veren Rb-SiO₂ diyagramında yeri (Pearce ve diğ. 1984), f) Y-SiO₂ diyagramında örneklerin yeri, (Pearce ve diğ. 1984). İçi dolu noktalar gözülü gnays, artılar lökokratik ortognays.

geçmeyen mermer bandları içerirler. Litostratigrafik konum ve diğer benzerliklere dayanılarak, Masifteki temel şistlerine karşılık gelen ve Prekambriyen-Kambriyen yaşı olduğu düşünülen bu birim temel şisti olarak ayırtlanmıştır. Triyas yaşı magmatitlerin kestiği temel şistlerinin Triyas'tan daha yaşlı (Paleozoyik) oldukları kesindir. Bu birimin, içerdiği bazı gözlü gnays kütelerinden, elde edilen ortalama 550 my'lık zirkon yaşlarına dayanarak (Hetzell ve Reischmann, 1996; Dannat ve Reischmann, 1997; Koralay ve diğ. 1998; Loos ve Reischmann, 1999), Kambriyen yaşı olabilecekleri göz önüne alınırsa, temel şistlerinin yaşı büyük olasılıkla Prekambriyendir. Temel şistlerinin kesin yaşı gnayslardan yapılacak çok sayıdaki yaşı tayinleri ile verilecektir. Bu konudaki çalışmalar sürdürmektedir.

Menderes Masifi'nin metamorfik evrimine baktığımızda, şu ana kadar yapılan araştırmalarda iki ana görüş ağırlık kazanmaktadır. Bunlardan birincisi, az sayıda araştırmacı tarafından benimsenen, Masif'in Tersiyer yaşı tek bir ana metamorfizmadan etkilendiği görüşüdür (Asworth ve Evirgen, 1984; Erdoğan, 1992; Bozkurt ve Park, 1994; Bozkurt ve diğ. 1995). Asworth ve Evirgen (1984), mineral analizlerine dayanarak Masifte çoklu metamorfizmayı gösteren mineral bileşimlerinin olmadığını vurgulamaktadırlar. Erdoğan (1992, 1993), gnaysların sanıldığı gibi Prekambriyen yaşı olmadığını, Geç Kretase-Erken Eosen'de gerçekleşen ana

Menderes Metamorfizması ile eş yaşı sintektonik granitler olduğunu belirtir. Bozkurt ve Park (1994) ve Bozkurt ve diğ. (1995), ise aynı gnaysların Geç Oligosen'de kalınlaşan kabuğa sokulan granitlerin genleşmeye bağlı olarak gelişen makaslama tektoniği sonucu gözlü gnayslara dönüştüğünü belirtir.

Buna karşın, çok sayıda araştırmacı Masif'in en az iki metamorfizmadan etkilendiğini kabul etmektedirler (Brinkmann, 1967; Başarır, 1970; Bingöl, 1974; Uz, 1975; Şengör ve diğ, 1984; Satır ve Friedrichsen, 1986; Dora ve diğ. 1990, 1992, 1995; Loos ve Reischmann 1995). Bu gruptaki araştırmacıların genel kanısı, Masif'in ilk metamorfizmasını Kambriyen-Ordovisiyen'de, ikinci ve son metamorfizmasını ise Eosen'de geçirdiği şeklindedir. Çoklu metamorfik evrimi savunan araştırmılardan bir kısmı ise Masif'in bilinen bu iki metamorfizmasının dışında Paleozoyik sonunda da bir metamorfizmadan etkilendiğine dechinmektedirler (Schulling, 1962; Akdeniz ve Konak, 1979; Dora ve diğ. 1995).

Menderes Masifi'nde Erken Kimmeriyen metamorfizmasına ait veriler oldukça sınırlıdır. Bunlar; radyometrik veriler, Paleozoyik serileri üzerine gelen metaçaklıtaş ve Triyas yaşı granitler olarak verilebilir. Masif'te Paleozoyik sonunda gerçekleşen metamorfizmayla ilk kez Schulling (1962) dechinmiştir. Araştırmacı, zımpara içerikli mermerlerin (Menteşe Formasyonu) yaşıını Devoniyen olarak kabul etmiş ve bunların üzerine gelen

Permo-Karbonifer yaşlı serilerle (Göktepe Formasyonu) Masif'teki istifi Mesozoyik öncesinde sona erdirmiştir. Böylece Masif'te domlaşmaya yol açan son metamorfizmanın yaşını da, bu hatalı istife dayanarak Hersiniyen olarak yorumlamıştır. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarla zımpara içerikli mermerlerin rudist fosillerine dayanılarak Erken-Geç Kretase yaşlı oldukları saptanmıştır (Dürr, 1975; Dürr ve diğ. 1978; Konak ve diğ. 1987; Özer, 1998).

Masif'te Erken Kimmeriyen metamorfizmasına yönelik radyometrik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ayan (1979), Alaşehir'in kuzeyinde Karacalar çevresinde yer alan gnaystan K/Ar metoduyla 367 ± 11.8 my biyotit, 121 ± 2.3 my ortoklas ve 217 ± 2.3 my toplam kaya yaşıları elde etmiştir. Araştırcı, Karacalar graniti olarak isimlendirdiği bu kayaların soğuma yaşını Geç Permiyen-Erken Triyas (217 ± 2.3 my) olarak kabul eder ve bunun Hersiniyen orojenezinin Palatiniyen fazına karşılık geldiğini belirtir. Rb/Sr yöntemiyle Satır ve Friedrichsen (1986) 125, 230 my'lık ve Koralay ve diğ. (1998) tarafından 207 my'lık muskovit yaşıları saptanmıştır. 125-230 my arasında saçınan bu yașlar Masif'te Erken Kimmeriyen metamorfizmasının gerçekleşmiş olabileceğini destekleyen radyometrik verileridendir. Son yıllarda ise, çalışma alanındaki Dededağ, Alaşehir'in kuzeyinde Serinyayla Köyü ve Derbent'in güneyinde Sarıpnar Köyü çevresindeki lökokratik metagranitlerden elde edilen 230-242 my'lık tek kristal zirkon yaşıları

da (Dannat ve Reischmann, 1998; Koralay ve diğ. 1998) Erken Kimmeriyen'de bir magmatizmanın varlığını göstermekte ve bunun öncesi evrede bir metamorfizmanın gerçekleşmiş olabileceğini desteklemektedir.

Menderes Masifi'nde Erken Kimmeriyen metamorfizmasının varlığına ilişkin diğer bir jeolojik veri de Paleozoyik yaşlı serilerin üzerine açısal uyumsuzlukla gelen Geç Triyas yaşlı çakıltalarıdır (Konak ve diğ. 1987). Araştırcılar Masif'in güneyinde yapmış oldukları çalışmada buradaki birimleri Çine, Kavaklıdere ve Marçal grubu olarak ayırmışlardır. Bunlardan Marçal grubu, Permo-Karbonifer yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Geç Triyas yaşlı Marçal Grubu tabanda metakonglomeralar ile başlamakta ve üst kesimlere doğru metakumtaşı, metasilttaşı ve dolomitlere geçiş göstermektedir. Bunların üzerine ise uyumlu olarak Liyas yaşlı mermerler gelmektedir. Bu veriden de anlaşıldığı gibi Masif'te Permiyen'den sonra muhtemelen bir metamorfizma gerçekleşmiş ve daha sonraki kesiklik sırasında, Üst Triyas'ta çakıltaları çökelmiştir.

Ayrıca, Akkök (1983), inceleme alanı içerisinde yer alan Derbent çevresinde yapmış olduğu çalışmada, Karakaya okyanusunun kapanması sonucunda Masif'te Geç Triyas'ta düşük dereceli bir metamorfizma ve buna bağlı granitik sokulumların gerçekleştiğini varsayılmaktadır. Şengör ve diğ. (1984) da

aynı varsayıımı kabul etmiş ancak bu olayın Hersiniyen mi yoksa Erken Alpin mi olduğu konusuna bir açıklık getirmemişlerdir.

Türkiye'de, Menderes Masifi'nin dışında Bitlis Masifi'nde Hersiniyen yaşlı bir metamorfizma ve onun ürünü olabilecek asidik granitlerin varlığına bir çok araştırcı degenmektedir. Boray (1976), metamorf olmayan Geç Kretase-Paleosen yaşlı tortulların varlığına dayanarak son metamorfizmanın Permien - Üst Kretase arasında gerçekleştiğini belirtir. Yılmaz (1975), granitlerin Hersiniyen orojenezinin Südet fazında (325 my) yerleşiklerini söylemektedir. Yine Helvacı ve Griffin (1985)'in Yayla granitinden Rb/Sr yöntemiyle saptadıkları 347 ± 52 my'lık toplam kaya yaşı da Hersiniyen metamorfizmasını destekler niteliktir.

Aynı şekilde, Menderes Masifi'nin batısında yer alan Kiklad Kristalin Kompleksinde de Hersiniyen metamorfizmasının varlığı radyometrik yaşlarla kanıtlanmıştır. Ios adasında Pre-Alpidik temelde yer alan magmatitleri ortognaysa dönüştüren amfibolit fasiyesinde gerçekleşmiş Hersiniyen metamorfizması, zirkon yaşlarıyla 300-305 my olarak bulunmuştur (Henjes-Kunst ve Kreuzer, 1982). Rb/Sr yöntemiyle elde edilen 295-298 my'lık muskovit ve toplam kaya yaşları da soğuma yaşıını vermektedir. Sikinos adasında, 275 ± 87 my'lık Rb/Sr yöntemiyle elde edilen toplam kaya yaşı metadiyoritik sokulumların Geç Paleozoyik-Erken Mesozoyik yaşlı

olduğunu göstermektedir (Andriessen ve diğ. 1987). Aynı araştırmalar, Ios'tan elde ettikleri 268 ± 27 my'lık (K/Ar) hornblend yaşını Hersiniyen sonrası soğuma yaşı olarak kabul ederler.

Menderes Masifi'nin doğuya uzantısı olduğu düşünülen Bitlis Masifi'nde ve batıda Ege Denizi'nde yer alan Kikladlarda Hersiniyen metomorfizmasının jeolojik ve radyometrik yöntemlerle kanıtlanmış varlığı, Menderes Masifi'nin de Geç Hersiniyen'de veya Erken Kimmeriyen'de bir metamorfizmadan etkilenme olasılığını kuvvetlendirmektedir.

6. SONUÇLAR

-Jeokimyasal veriler gözlü gnayşların ilksel kayalarının granodiorit, lökokratik ortognayşların ise granit bileşiminde olduğunu göstermektedir. Her iki tip kayaçda peralumino karakterde, kabuksal malzemeden türeyen, çarışma ürünü granitoidlerden türemiştir.

-Erken Triyas yaşlı lökokratik ortognayşlar Menderes Masifi'ndeki Prekambriyen'den sonra gelişen ikinci büyük magmatik aktiviteye işaret etmektedir.

-Jeolojik ve jeokronolojik veriler Menderes Masifi'nde Paleozoyik/Mesozoyik sınırında olasılı bir Erken Kimmeriyen metamorfizmasının varlığını desteklemektedir.

-Lökokratik ortognayşlar muhtemelen Erken Kimmeriyen orojenezini ve buna bağlı metamorfizmayı izleyen evrede sokulum yapmışlardır.

7. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi, Araştırma Fonu desteğiinde (0922.90.05.01 nolu proje) Yüksek Lisans tezi olarak gerçekleştirılmıştır. Çalışma için gerekli desteği sağlayan DEÜ, Araştırma Fonu Başkanlığımıza teşekkür ederiz. Ayrıca her türlü eleştiri ve yardımlarından dolayı Doç. Dr. Osman CANDAN'a içten teşekkürlerimizi sunarız.

8. KAYNAKLAR

- Akdeniz, N. ve Konak, N., 1979, *Menderes Masifi'nin Simav dolayındaki kayabirimleri ve metabazik, metaultrabazik kayaların konumu*. *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 22, 175-183.
- Akkök, R., 1983, *Structural and metamorphic evolution of the northern part of the Menderes Massif: New data from the Derbent area and their implication for the tectonics of the massif*. *Journal of Geol.*, 91, 342-350.
- Akkök, R., 1985, *Ultramafic inclusions in the Menderes Massif, near Alaşehir, Manisa*. *VI. Coll. Geol. of Aegean Region, Turkey*, 17-29.
- Andriessen, P.A.M., Banga, G. and Hebeda, E.H., 1987, *Isotopic age study of pre-Alpine rocks in the basal units on Naxos, Skinos and Ios, Greek Cyclades*. *Geol. en Mijnbouw*, 61/4, 3-14.
- Ashworth J.R. and Evirgen, M.M., 1984, *Garnet and associated minerals in the southern margin of Menderes Massif, Southwest Turkey*. *Geol. Mag.*, 121/4, 323-337.
- Ayan, M., 1979, *The origin of the some granites occuring in the Menderes Massif and their relations with the uranium mineralization*. *Comm. de la Fac. des Scien de l'univ d'Ankara*, 22, 91-128.
- Başarır, E., 1970, *Bafa gölünün doğusunda kalan Menderes Masifi güney kanadının jeolojisi ve petrografisi*. *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi İlmi Raporlar Serisi No:102*, 1-44.
- Başarır, E., 1975, *Menderes Masifi'nin güney kanadındaki metamorfik kayalarda görülen mineral transformasyonları*. *TÜBİTAK V. Bilim Kongresi*, 215-225.
- Bingöl, E., 1974, *Bati Anadolu'nun Jeotektonik evrimi*. *MTA Bült.*, 17, 14-31.
- Boray, A., 1976, *Bitlis Metamorfitleri (Masifi) üzerine. Yeryuvarı ve İnsan*, 1/1, 74-76.
- Bozkurt, E., Park, R.G., and Winchester, J.A., 1993, *Evidence against the core-cover interpretation of the southern sector of the Menderes Massif, west Turkey*. *Terra Nova*, 5, 445-451.
- Bozkurt, E. and Park, R.G., 1994, *Southern Menderes Massif: an incipient metamorphic core complex in western Anatolia, Turkey*. *Jour. of the Geol. Soc*, 151, 213-216.
- Bozkurt, E., Winchester, J.A. and Park, R.G., 1995, *Geochemistry and tectonic significance of augen gneisses from the southern Menderes Massif (West Turkey)*. *Geol. Mag.*, 132 (3), 287-301.
- Brinkmann, R., 1966, *Geotektonische Gliederung von Westanatolien*. *N. Jb. Geol. Paleont., Monatsh.*, 10, 603-618; Stuttgart.
- Brinkmann, R., 1967, *Die Südflanke des Menderes-Massivs bei Milas, Bodrum*.

- und Ören. Scient. Rep. Fac. Sci. Ege Univ., 43, 3-12.*
- Brinkmann, R., 1971, Das kristalline grundgebirge von Anatolien. Rundschau, 60-3, 886-899*
- Candan, O., 1988, Demirci-Borlu arasında kalan yörenin (Menderes Masifi kuzey kanadı) petrografisi, petrolojisi ve mineralojisi. Doktora Tezi, DEÜ, Fen Bil. Enst., 163 s.*
- Candan, O., 1992, Menderes Masifi'nin kuzeyinde Demirci-Borlu arasında kalan bölgenin, petrografisi, petrolojisi ve metamorfizması. Doğa-Türk Yerbil. Dergisi, 2, 69-87.*
- Candan, O., 1995, Menderes Masifi'ndeki kalıntı granulit fasiyesi metamorfizması. Tr. J. of Earth Sciences, 4, 35-55*
- Candan, O. ve Kun, N., 1991, Ödemiş Asmasıfı'ndeki (Menderes Masifi) olasılı Pan-African metavolkanitleri. MTA Bült., 112, 27-40.*
- Candan, O., Dora, O.Ö., 1998, Granulite, eclogite and blueschist relics in the Menderes Massif: An approach to Pan-African and Tertiary metamorphic evolution. Geol. Bull. Turkey, 41/1, 1-36*
- Candan, O., Dora, O.Ö., Oberhänsli, R., Çetinkaplan, M., Partzsch, J., Dürr, St., 1998, Pan-African high pressure metamorphism in the Precambrian basement of the Menderes Massif, western Anatolia-Turkey. 3rd Int Turkish Geol. Symp., Ankara, Abstracts, 275 pp.*
- Chappell, B.W., White, A.J.R., 1974, Two contrasting granite types. Pacific Geology, 8, 173-174.*
- Cox, K.G., Bell, J.D., Punkhurst, R.J., 1979, The interpretation of igneous rocks. Allen and Unwin., pp 1-450.*
- Çağlayan, M.A., Öztürk, E.M., Öztürk, Z., Sav, H. ve Akat, U., 1980, Menderes Masifi güneyine ait bulgular ve yapısal yorum. M.T.A. Bült., 8, 9-17.*
- Çetinkaplan, M., 1995, Geochemical mineralogical and petrographical investigation of the eclogites in southern part of Tire area, Ödemiş - Kiraz Submassif of Menderes Massif. Master thesis, D.E.Ü. Graduate school of nature and applied sciences, 92pp. (yayınlanmadı)*
- Dannat, C., and Reischmann, T., 1997, A geochemical, isotopic and geochronological study of granitoid gneisses of the Menderes Massif, SW Turkey. Terra Abstracts 43/3 P07: 404 pp*
- Dannat, C., and Reischmann, T., 1998, Geochronological, geochemical and isotopic data on granitic gneisses from the Menderes Massif, SW Turkey. 3rd Int Turkish Geol. Symp., Ankara, Abstracts, 275 pp.*
- Dora, O.Ö., 1975, Menderes Masifi'nde alkali feldspatların yapısal durumları ve bunların petrojenetik yorumlarda kullanılması. Türkiye Jeoloji Kur. Bült., 24, 91-94.*
- Dora, O.Ö., Savaşçın, Y., Kun, N. ve Candan, O., 1987, Menderes Masifi'ndeki post metamorfik plütonlar. Hacettepe Üniv. Yerbilimleri Dergisi., 14, 79-89.*
- Dora, O.Ö., Kun, N., and Candan, O., 1988, Metavolcanics (leptites) in the Menderes Massif: a possible paleoarc*

- volcanism. *Metu Jour. of Pure and Appl. Sci.*, 21, 1-2, 413-445.
- Dora, O.Ö., Kun, N. and Candan, O., 1990, Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Massif. *Proc. of International Earth Sciences Congress on Aegean Regions*, 2, İzmir/Turkey, 102-115.
- Dora, O.Ö., Kun, N. ve Candan, O., 1992, Menderes Masifi'nin metamorfik tarihçesi ve jeotektonik konumu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35, 1-14.
- Dora, O.Ö., Candan, O., Kun N., Koralay, E. ve Akal, C., 1994, New geological finds and problems in the Ödemiş - Kiraz Submassif. *Geological congress of Turkey, Abstracts*, 32-33.
- Dora, O.Ö., Candan, O., Dürr, St. and Oberhansli, R., 1995, New evidences about geotectonic evolution of the Menderes Massif International Earth science congress. İzmir, v. 1, 53-72.
- Dora, O.Ö., Candan, O., Kaya, O., Koralay, E., and Dürr, St., 1999, Revision of the so-called "Leptite-Gneisses" in the Menderes Massif: A supracrustal metasedimentary origin. *Geol. Rundsc.*, (baskıda)
- Dürr, St., 1975, Über alter und geotektonische stellung des Menderes Kristallins / SW-Anatolien und seine equivalente in der Mittleren Aegean. *Habilitation thesis*, 107 p. University of Marburg.
- Dürr, S., Altherr, R., Keller, J., Okrusch, M. and Seidel, E., 1978, The median Aegean crystalline belt: Stratigraphy, structure, metamorphism, magmatism. In: Alps, Apennines,
- Hellenides; Closs H. et al., ed., 455-478.
- Erdoğan, B., 1992, Problem of core-mantle boundary of Menderes Massif. *Abstr. int. Symp. east. medit. Geol.*; Oct. 1992; in: *Geosound*, 20, 314-315.
- Graciansky, P., 1965, Menderes Masifi'nin güney kıyısı boyunca (Türkiye'nin GB'si) görülen metamorfizma hakkında açıklamalar. *M.T.A. Bült.*, 64, 8-22.
- Helvaci, C. and Griffin, W.L., 1985, Rb-Sr geochronology of the Bitlis Massif, Avnik (Bingöl) area, S.E. Turkey. The geological evolution of the Eastern Mediterranean, Special publication of the Geological Society No:17, Blackwell Sci. Publ., Oxford, 403-413.
- Henjes-Kunst, F. and Kreuzer, H., 1982, Isotopic dating of Pre- Alpidic rocks from the island of Ios (Cyclades, Greece). *Contrib. Mineral. Petrol.* 80, 245-253.
- Hetzell, R. and Reischmann, T., 1996, Intrusion age of Pan-African augen gneiss in the southern Menderes Massif and the age of cooling after Alpine ductile extensional deformation. *Geol. Mag.*, 133 (5), 565-572.
- Konak, N., Akdeniz, N. and Öztürk, E.M., 1987, Geology of the south of Menderes Massif, I.G.C.P. project no:5, Correlation of Variscan and pre-Variscan events of the alpinemediterranean mountain belt, field meeting, Turkey, 42-53.
- Koralay, O.E., 1993, Geological and petrographical investigation in the northern part of Derbent area, Ödemiş-Kiraz Submassif of the Menderes

- Massif. Master Thesis, Dokuz Eylül Univ., İzmir, 131 p.*
- Koralay O.E., Satır M., and Dora O.Ö., 1998, *Geochronologic evidence of Triassic and Precambrian magmatism in the Menderes Massif, west Turkey. 3rd Int Turkish Geol Symp Ankara Abstracts* 285 pp
- Kun, N., 1983, Çine dolayının petrografisi ve Menderes Masifi'nin güney kesimine ait petrolojik bulgular. Doktora tezi, DEÜ, İzmir, 130 s.
- Kun, N. ve Candan, O., 1987, Menderes Masifi'ndeki erken Paleozoyik yaşılı bazik damar kayaları. *Yerbilimleri*, 14, 121-132.
- Loos, S. and Reischmann, T., 1995, *Geochronological data on the southern Menderes Massif, SW Turkey, obtained by single zircon Pb evaporation. Terra Abstracts*, 5, 353.
- Loos, S. and Reischmann, T., 1999, *the evolution of the southern Menderes Massif in SW Turkey as revealed by zircon dating. Journal of the Geol. Soc.*, 156, 1021-1030.
- Maniar P.D., and Piccoli P.M., (1989) *Tectonic discrimination of granitoids. Geol Soc of Amer Bull* 101: 635-643
- Oberhänsli, R., Candan, O., Dora, O.Ö., and Dürr, St., 1997, *Eclogites within the Menderes Massif / western Turkey. Lithos* 41: 135-150.
- Özer, S., 1992, *Upper Cretaceous rudists from the Menderes Massif. 6 th Cong. of the Geol. Soc. of Greece, Athens*, 82-83.
- Özer, S., 1998, *Rudistbearing Upper Cretaceous metamorphic sequences of the Menderes Massif (Western Turkey) Geobios*, M.S.n.22: 235-249.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and Tindle, A.G., 1984, *Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology*, 25: 956-983.
- Satır, M. and Friedrichsen, H., 1986, *The origin and evolution of the Menderes Massif, W-Turkey: A rubidium / strontium and oxygen isotope study. Geol. Rund.*, 75, 703-714.
- Shand, S.J., 1943, *Eruptive rocks. 3. Ed. New York London*, 44 pp.
- Schulling, R.D., 1962, *Türkiye'nin güneybatısındaki Menderes migmatit kompleksinin petrolojisi, yaşı ve yapısı hakkında. M.T.A. Bült.*, 58, 71-84.
- Scotford, D.M., 1976, *Metasomatic augen gneiss in greenschist facies, Western Turkey. Geol. Soc. of America Bull.*, 80, 1079-1094.
- Sengör, A.M.C., and Yilmaz, Y., 1981, *Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Sengör, A.M.C., Satır, M. and Akkök, R., 1984, *Timing of tectonic events in the Menderes Massif, western Turkey. Implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. Tectonics*, 3, 7, 693-707.
- Winchester, J.A., and Floyd, P.A., 1977, *Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements Chemical Geology* 20: 325-343.
- Uz, B., 1975, Akdağ (Simav)

metamorfik serilerinin jeokimyasal evrimi ve polimetamorfizma. K.B.T.A.K., V. Bilim Kongresi, 291-308.

Uz, B., 1982, *Metamorfik kayaçlarda "Orta ve Para" köken sorununa yeni bir yaklaşım: Gnayslarda uygulamalı bir örnek.* İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, 40/1, 1-9.

Yılmaz, O., 1975, *Cacas bölgesi (Bitlis*

Masifi) kayaçlarının petrografik ve stratigrafik incelemesi. TJK Bült., 18/1, 33-40.

Yılmaz, H., 1984, *Yeşilyurt (Alaşehir-Manisa) uranyum mineralizasyonu gösteren Neojen yaşlı çökellerin petrolojisi- mineralojisi ve jeokimyası.* Tübitak Projesi, Proje No: TBAG-469, 186 s.

BOZTEPE (MALATYA) BARAJ YERİNDEKİ TEMEL KAYANIN GEÇİRİMLİLİĞİ

Zülfü GÜROCAK, Bahattin ÇETİNDAĞ

F.Ü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Türkiye

ÖZET : Boztepe Barajı, Yazihan (Malatya) ilçesinin yaklaşık 10 km kuzeyinde, Yağca Çayı üzerinde inşa edilmektedir. Bu çalışmada, baraj ekseni yerindeki kayaçların geçirimlilikleri ile süreksızlıkların geçirimliliğe olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bölgедe Üst Jura'dan Kuvaterner'e kadar farklı kayaç türlerinden oluşan birimler yüzeylemektedir. Bu birimler yaştan gence doğru; Üst Jura - Alt Kretase yaşı Hekimhan ophiolitleri, Paleosen yaşı Medik Formasyonu, Alt Miyosen yaşı Akyar formasyonu, Orta - Üst Miosen yaşı Yamadağ volkanitleri, Pliyosen yaşı Beylerderesi Formasyonu ve Kuvaterner yaşı taraça, yamaç molozu ve alüvyondur.

Baraj yerinde temel kayayı tüfit ve bazalt oluşturmaktadır. Baraj yerinde yapılan geçirimlilik deneylerine ait sonuçlara göre tüfit az geçirimli - geçirimsiz kaya sınıfındadır. Bazaltlar ise az geçirimli - geçirimli kaya sınıfındadır. Bazaltların içerdüğü (1) ve (4) numaralı eklem takımları ve akma yüzeyleri, ekseni yerinde geçirimlilik açısından sorun oluşturmaktadır. Tüfit ise geçirimsiz olduklarından süreksızlık düzlemlerinin geçirimlilik üzerinde herhangi bir etkisi yoktur.

THE PERMEABILITY OF THE FOUNDATION ROCK AT THE BOZTEPE (MALATYA) DAM SITE

ABSTRACT: The Boztepe Dam has been constructed on the Yağca Stream, in about 10 km north of Yazihan (Malatya) district. In this study, it was aimed to determine the permeabilities and effects of the discontinuities on the permeability of the rocks at the axis of the dam site.

In this area it crop out different types of rock from Upper Jurassic to Quaternary. These units from the oldest to the youngest are; Upper Jurassic - Lower Cretaceous Hekimhan ophiolites, Paleocene Medik Formation, Lower Miocene Akyar formation, Middle - Upper Miocene Yamadağ volcanics, Pliocene Beylerderesi Formation, Quaternary terrace, slope debris and alluvium.

The tuffite and basalt serve as foundation rocks at the dam site. According to the permeability tests at the dam site; tuffite is in classes of impermeable - slightly permeable rocks, basalt is in classes of slightly - high permeable rocks. The joints labeled as (1) and (4) and flow surfaces involved in the basalt at the dam site lead some problems in permeability. Since the tuffite is impermeable, there are not any effect of discontinuity surfaces on permeability.

1. GİRİŞ

Boztepe Baraj yeri, Malatya iline bağlı Yazihan ilçesinin yaklaşık 10 km kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 1). Sulama amaçlı olarak planlanan baraj, zonlu toprak dolgu tipinde inşa edilecektir. Temelden 70 m yüksekliğe ve 901 m kret uzunluğuna sahiptir.

Bu çalışmada baraj yerinde temel kayayı oluşturan tüfit ve bazaltın geçirimlilik özellikleri ve bu kayaçların içerdiği süreksızlık düzlemlerinin geçirimliliğe olan etkisi incelenmiştir. Bu amaca yönelik olarak baraj yerinde DSİ tarafından açılmış olan temel sondajlarında yapılan geçirimlilik deneylerine ait sonuçlar ve arazi çalışmaları ile süreksızlık düzlemlerinden alınan yönetim ölçüleri kullanılmıştır. Bu veriler yardımıyla baraj yerinde geçirimliliğin yatay ve düşey yöndeki değişiminin ortaya çıkarılması amacıyla bölgelendirme yapılmıştır.

2. İNCELEME ALANIN JEOLOJİSİ

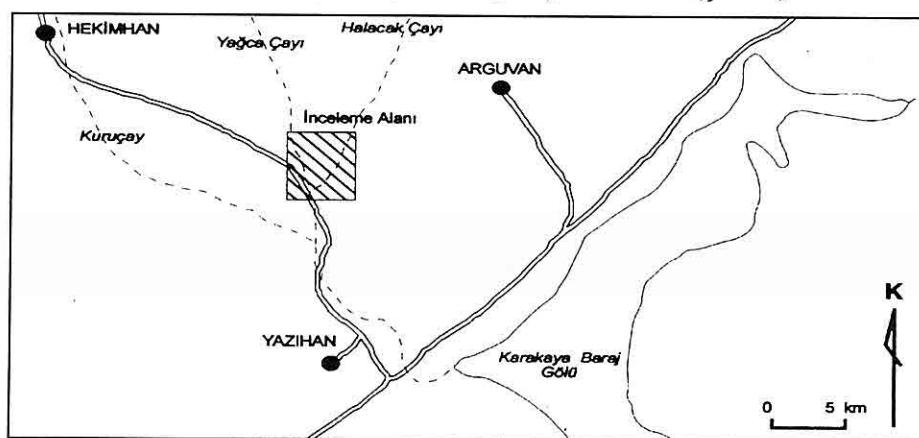
İnceleme alanı ve yakın çevresinde yüzeyleme veren birimler yaşlıdan gence

doğru; Üst Jura - Alt Kretase yaşlı Hekimhan ofiyolitleri, Paleosen yaşlı Medik Formasyonu, Alt Miyosen yaşlı Akyar formasyonu, Orta - Üst Miyosen yaşlı Yamadağ volkanitleri, Pliyosen yaşlı Beylerderesi Formasyonu, Kuvaterner yaşlı taraça, yamaç molozu ve alüvyondur.

2.1. Hekimhan Ofiyolitleri (J - Kh)

İnceleme alanının en yaşlı birimi olan bu ofiyolitik kayaçlar ilk defa Ayan ve Bulut (1964) tarafından serpentinleşmiş ultrabazik kayaçlar olarak tanımlanmıştır. Bölgede yapılan çalışmalarda birim için farklı isimler kullanılmıştır. Bu çalışmada, Yağca Vadisi boyunca Hekimhan ilçesine doğru devam eden yüzeylemeler vermesi nedeniyle Gürocak (1999) tarafından verilen Hekimhan ofiyolitleri isminin kullanılması uygun görülmüştür.

Hekimhan ofiyolitleri inceleme alanının kuzeybatısındaki Katıl Köyü'nün kuzeyinde, Yağca Vadisi'nde yüzeylenmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. İnceleme alanının yer belirleme haritası.

Birim inceleme alanında diyabazlar ile temsil edilmektedir. Koyu yeşil renkli, oldukça altere olmuş bu diyabazlar tekil diyabaz daykları tarafından kesilmektedir. Esas olarak olivin ve klinopiroksen kristallerinden oluşan diyabazlarda kloritleşme türü alterasyon görülmektedir. Paleosen yaşı Medik Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülen Hekimhan ofiyolitleri, bu formasyonla birlikte Alt Miyosen yaşı Akyar formasyonu üzerine tektonik olarak itilmiştir. Bölgede yapılan çalışmalarında (Akkuş, 1971; Michard vd., 1984; İzdar ve Ünlü, 1985; Görmüş, 1992b; Gürer, 1994) birim için Üst Jura - Alt Kretase yaşı verilmiş ve İç Torid Okyanusu'nun ürünü olduğu, olasılıkla kuzeyden güneye doğru Geç Kampaniyen öncesinde bölgeye yerleştiği belirtilmektedir. Bu çalışmada Hekimhan ofiyolitleri için önceki çalışmalara dayanılarak Üst Jura - Alt Kretase yaşı verilmiştir.

2.2. Medik Formasyonu (Tm)

Formasyon ilk defa Hakyemez ve Ören (1983) tarafından adlandırılmıştır. Bölgede yapılan diğer çalışmalarda formasyon için değişik isimler kullanılmıştır. Ancak Türkiye Stratigrafi Komitesi tarafından kabul edilmesi nedeniyle bu çalışmada Medik Formasyonu isminin kullanılması uygun görülmüştür.

Medik Formasyonu inceleme alanının batı kesiminde yüzeylenmektedir (Şekil 2) ve büyük çoğunluğu kireçtaşları ve ofiyolitlerden türemiş, orta-iyi yuvarlaklışmış, kötü boyanmalı, orta-iyi

çimentolanmış, çoğullukla masif, bazen kötü tabakalanma gösteren, tabakalanma görülen kesimlerde kırmızı renkli çamurtaşları ara katmanları içeren, koyu kırmızı - şarabi renkli çakıltaşları ile temsil edilmektedir. Formasyon içerisinde haritalanabilir ölçekte kireçtaşları olistolitleri bulunmaktadır. Gürocak (1999) tarafından yapılan çalışmada, bu olistolitik kireçtaşlarının Üst Kretase yaşı oldukları belirtilmektedir. Hekimhan ofiyolitleri üzerinde uyumsuz olarak yer alan formasyon, Akyar formasyonu ile tektonik dokunaklıdır. İnceleme alanı ve yakın çevresinde yapılan çalışmalar (Ayan ve Bulut, 1964; Hakyemez ve Ören, 1983; Ören, 1986; Karaman vd., 1993; Gürer, 1994) dikkate alınarak, formasyon için Paleosen yaşı verilmiştir. Bu çalışmalarla formasyonun alüyon yelpazesinin ürünü olduğu ifade edilmektedir.

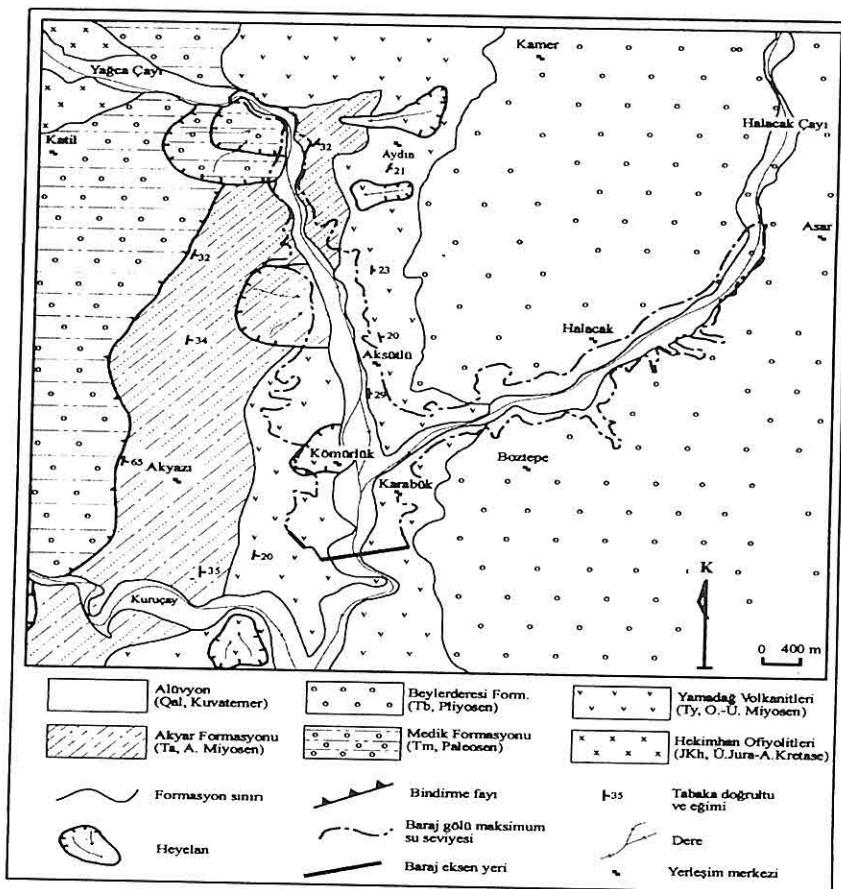
2.3. Akyar Formasyonu (Ta)

İlk defa Ayan (1961) tarafından tanımlanan birim için bölgede yapılan çalışmalarda değişik isimler kullanılmıştır. Bu çalışmada, formasyonun en iyi yüzeylemelerini Yazihan ilçesi kuzeydoğusundaki Akyar Vadisi'nde vermesi nedeniyle Önal (1995) tarafından verilen Akyar formasyonu isminin kullanılması uygun görülmüştür. İnceleme alanının batı kesiminde, Yağca Vadisi'nin sol yamacında yüzeylenen (Şekil 2) Akyar formasyonu, gri - yeşil renkli marn ve çamurtaşları ile başlamaktadır. Bu çamurtaşlarının üst seviyelerinde kahverenkli kumtaşı ara seviyeleri

bulunmaktadır. Sarımsı renkli killi kireçtaşları ile devam eden formasyon resifal kireçtaşları ile son bulmaktadır. İnceleme alanında Medik Formasyonu tarafından tektonik olarak üzerlenen formasyon, Yamadağ volkanitleri tarafından da uyumsuz olarak örtülmektedir. Bu çalışmada formasyon için Gürocak (1999) ve Önal (1995) tarafından paleontolojik verilere dayanılarak verilen Alt Miosen yaşı kabul edilmiştir.

3.4. Yamadağ Volkanitleri (Ty)

Bu volkano-sedimenter kayaçlar Doğu Anadolu'da geniş bir yayılım sunan Miyosen volkanizmasının bir parçasını oluşturmaktadır. Bölgede yapılan çalışmalarda (Akkuş, 1971; Ercan ve Asutay, 1993; Karaman vd., 1993) değişik isimler verilmiştir. İlk defa Bozkaya ve Yalçın (1991) tarafından inceleme alanının kuzeyindeki Yama Dağı'nda en geniş yüzeylemelerini vermesi nedeniyle verilen bu isim kullanılmıştır.



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (Gürocak, 1999'dan).

Bu çalışmada da bu ismin kullanılması uygun görülmüştür.

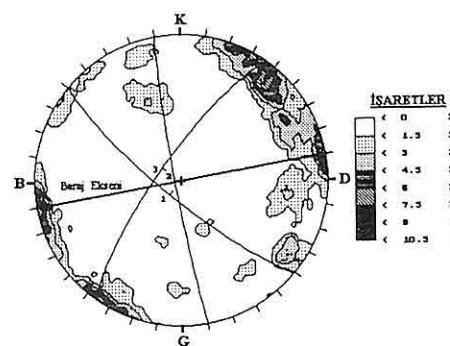
Yamadağ volkanitleri, inceleme alanında Yağca Vadisi boyunca yüzeylenmektedir (Şekil 2). Bu volkanitler, tabanda kırmızı renkli, çakılı kumtaşı ile başlamakta ve dereceli olarak kırmızı renkli, gevşek çimentolu kilaşına ve yine dereceli olarak gri renkli, iyi tabakalanmaya sahip tüfite geçmektedir. İnceleme alanında tüfitin üzerinde yer yer sütun bazalt şeklinde bazaltik kayaçlar ve bunların üzerinde yer alan, kötü boylanmalı, şarabi renkli ve bazalt ara seviyeleri içeren aglomerayla devam eden istif, Aydın Köyü kuzeýinde gri renkli, tuf ara seviyeleri içeren dasit tarafından kesilmektedir.

Baraj yeri sağ ve sol yamaçta bazaltın altında temel kayayı oluþtururan tüfit beyaz-gri renklidir ve iyi tabakalanma sunmaktadır. Birim ara seviyeler halinde gölsel kireçtaşı ve kilaşı seviyeleri içerir. Süreksizlik olarak tabakalanmanın beraberinde bazalta göre daha seyrek olarak gelişmiş eklem takımları da içermektedir. Tabaka ve eklem yöneliklerinden alınan ölçülerin stereografik projeksiyon yöntemiyle değerlendirilerek üst yarımda kontur diyagramları çizilmiş (Şekil 3, 4) ve bu süreksızlık düzlemlerinin ana doğrultu ve eğimleri belirlenmiştir (Tablo 1). Ancak, baraj yeri sol yamaçtaki tüfitin yamaç molozu ile örtülü olması ve çok dar bir alanda yüzeyleme vermesi nedeniyle yeterli sayıda ölçü alınamamış ve bu nedenle değerlendirme yapılmamıştır.

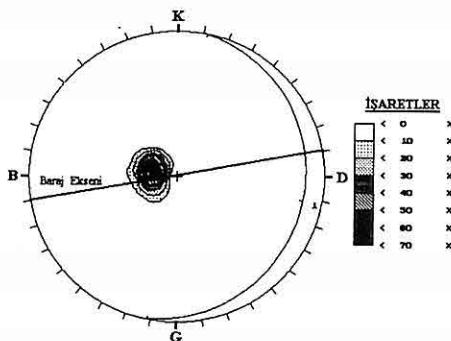
Baraj yeri sol yamaçta tüfitin üzerinde yer alan bazalt ise, yeşilimsi - koyu gri

renkli, alt seviyelerinde yastık lav, üst seviyelerinde ise sütun bazalt özelliği göstermektedir. Birim oldukça sık eklemli bir yapıya sahiptir. Tektonik kökenli eklemelerle beraber soğuma çatlakları da içermektedir. Bazaltın içерdiği diğer bir süreksızlık türü de bazalt akma yüzeyleridir. Bazaltın içерdiği süreksızlık düzlemlerine ait yönelik ölçüler stereografik projeksiyon yöntemi ile değerlendirilerek üst yarımda kontur diyagramları çizilmiş (Şekil 5, 6) ve bu süreksızlık düzlemlerinin ana doğrultu ve eğimleri belirlenmiştir (Tablo 1).

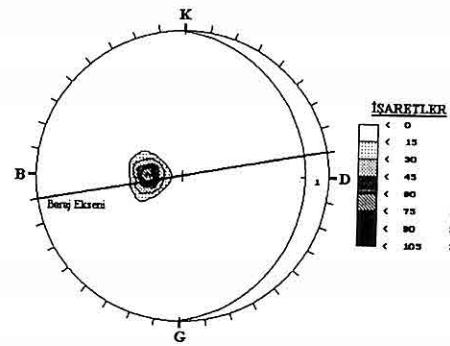
Akyar formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunan ve Beylerderesi Formasyonu ile dere yataklarında alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülen Yamadağ volkanitlerine bölgede daha önce yapılan çalışmalar (Bozkaya ve Yalçın, 1991; Gürer, 1994; Ercan ve Asutay, 1993) esas alınarak Orta - Üst Miyosen yaşı verilmiştir.



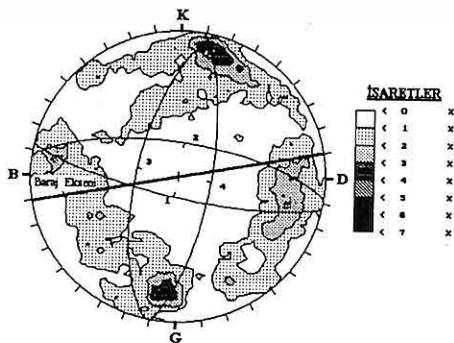
Şekil 3. Baraj yeri sağ yamaçtaki tüfitte ölçülen 165 adet eklem yönelikine ait kontur diyagramı ve belirlenen başlıca eklem takımlarının stereografik izdüşümleri.



Şekil 4. Baraj yeri sağ yamaçtaki tütfitte ölçülen 241 adet tabaka yönelikine ait kontur diyagramı ve tabakaların stereografik izdüşümü.



Şekil 6. Baraj ekseni yeri sol yamaçtaki bazaltlarda ölçülen 55 adet akma yüzeyine ait kontur diyagramı ve akma yüzeylerinin stereografik izdüşümü.



Şekil 5. Baraj yeri sol yamaçtaki bazaltta ölçülen 520 adet eklem yönelikine ait kontur diyagramı ve belirlenen başlıca eklem takımlarının stereografik izdüşümleri.

3.5. Beylerderesi Formasyonu (Tb)

Formasyon ilk defa Gözübol ve Önal (1986) tarafından adlandırılmıştır. Daha sonra yapılan çalışmalarla bu isim benimsenmiş ve kullanılmıştır. Türkiye

Stratigrafi Komitesi tarafından kabul gördüğü için bu çalışmada da Beylerderesi Formasyonu ismi kullanılmıştır. İnceleme alanının doğu kesiminde yüzeylenmektedir (Şekil 2). Formasyon, sarımsı - açık kahverenkli, kötü tabalanma sunan ve genelde masif, tane destekli, elemanlarının çoğunluğu iyi yuvarlaklaşmış, kötü boyanmalı, kireçtaşları ve volkanik kayaçlardan türemiş, merkezsel kilitası seviyeleri içeren çakıltaşlı litolojisindedir. Yamadağ volkanitlerini uyumsuz olarak örten Beylerderesi Formasyonu'na bölgede yapılan çalışmalara (Yoldaş, 1972; Önal ve Gözübol, 1992) dayanılarak Pliyosen yaşıının verilmesi uygun görülmüştür.

2.6. Taraça (Qt)

Çalışma alanında Yağca Vadisi boyunca bu akarsuyun eski birikintileri taraça halinde yüzeylenmektedir (Şekil

3). Birimi oluşturan kırıntılar çoğunlukla volkanik kayaçlardan ve daha az olarak da kireçtaşlarından türemiş ve tane çapları 5 mm - 30 cm arasında değişmekte olup, orta - iyi tutturulmuş ve iyi yuvarlaklaşmıştır. Baraj yeri sol yamaçta da yüzeylenen birim, temel sondajı verilerine göre en fazla 15 m kalınlığa sahiptir.

2.7. Yamaç Molozu (Qy)

Birim, vadi yamaçlarında üst kotlardaki kayaçlardan türemiş, farklı boyutlardaki, köşeli ve tutturulmamış kırıntılarından oluşmuştur. Birimin baraj yeri sol yamaçtaki kalınlığı en fazla 8 m'dir.

2.8. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanında alüvyonu, Yağca ve Halacak çaylarının yatağında biriken gevşek haldeki blok, çakıl, kum ve kil oluşturmaktadır. Birim, inceleme alanı ve civarında yüzeylenen kayaçlardan türemiştir. Baraj yerinde yapılmış olan temel sondajlarında alüvyonun en fazla 10 m'lik kalınlığa sahip olduğu belirlenmiştir.

3. BARAJ YERİNDEKİ TEMEL KAYANIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Boztepe Baraj yerinde temel kayayı sağ yamaçta tüfit, sol yamaçta ise alta tüfit

Tablo 1. Baraj yerindeki bazalt ve tüfitin içерdiği süreksizlik düzlemlerinin ana doğrultu ve eğimleri.

Konum	Birim	Süreksizlik tipi	Süreksizlıkların ana doğrultu ve eğimi		
Baraj yeri	Tüfit	Eklem	K50B / 80GB (Eklem takımı 1)		
			K11B / 87GB (Eklem takımı 2)		
			K35D / 77KB (Eklem takımı 3)		
		Tabakalanma	K11D / 14GD		
Baraj yeri	Bazalt	Eklem	K78B / 78GB (Eklem takımı 1)		
			K83B / 71 KD (Eklem takımı 2)		
sol yamaç			K12D / 67KB (Eklem takımı 3)		
			K9D / 72GD (Eklem takımı 4)		
		Akma yüzeyi	K - G / 17 D		

ve bunun üzerinde yer alan bazalt oluşturmaktadır. Talvegde alüvyon, yamaçlarda ise taraça ve yamaç molozu bulunmaktadır (Şekil 7).

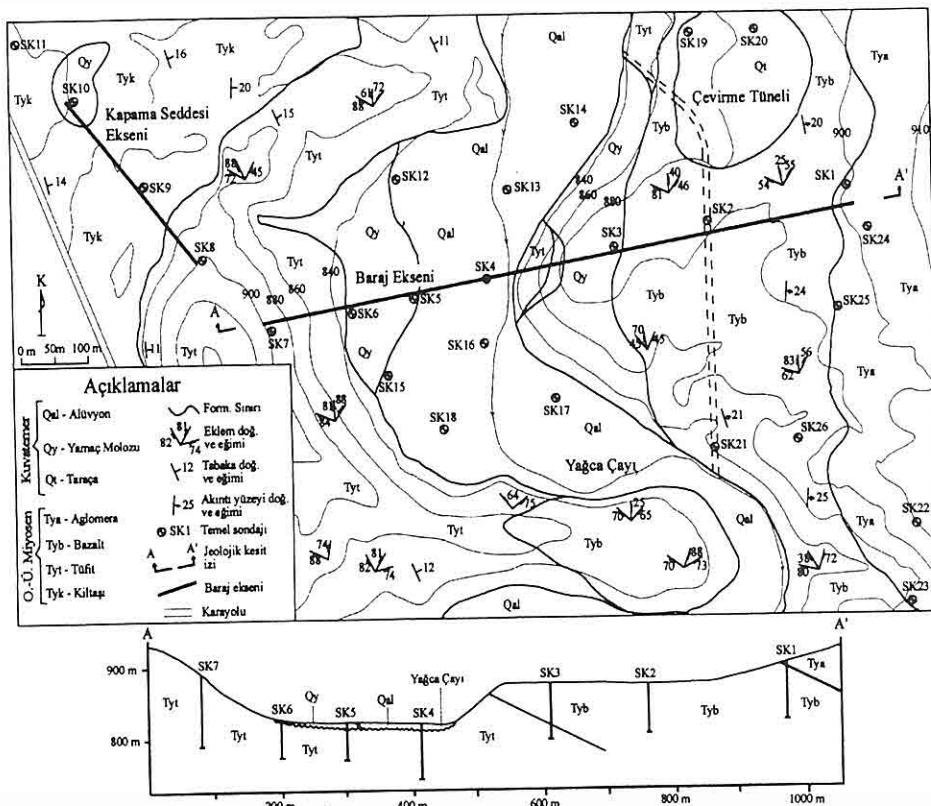
Baraj yerindeki tüfit iyi tabakalanma sunmaktadır. Tabaka kalınlıkları alt seviyelerde 30 - 60 cm arasında, üst seviyelerde ise 5 - 20 cm'dir. Seyrek olarak gelişmiş olan eklem takımları da içeren tüfitte, eklemler oldukça ayrılmış, genelde kil dolgulu, bazen de 4 - 5 cm kalınlığa ulaşabilen kalsit dolguludur. Tüfit RQD'ye göre çok düşük - düşük kaya kalitesinde, eklem sıklığına göre orta - düşük kaya kalitesinde, çok fazla boşluklu ve fazla - orta ayrılmış özelliktedir.

Baraj yeri sol yamaçta, tüfitin üzerinde yer alan bazalt ise süreksizlik düzlemi olarak eklem takımları, bazalt akma yüzeyi ve soğuma çatlakları içermektedir. Eklemler, üst seviyelerde genelde 1 - 2 cm kalınlığında kil dolgulu, daha alt seviyelerde ise 2 - 3 cm kalınlığında kalsit dolguludur. Birimin az ayrılmış seviyelerinde ise eklemler tamamen kapalı ve hafif pürüzlüdür. Akma yüzeyleri genelde çok pürüzlü ve dalgalıdır. Üst seviyelerde ayrışma sonucunda oluşan kil dolgu içermektedir. Soğuma çatlakları gelişigüzel doğrultulara ve dike yakın eğim açılarına sahiptir. Çok dalgalıdır ve yer yer kalsit dolgu içerirler. Bazalt, RQD ve eklem sıklığına göre orta - düşük kaya kalitesinde, oldukça - orta boşluklu ve orta - fazla ayrılmış özelliktedir.

4. BARAJ YERİNDEKİ TEMEL KAYANIN GEÇİRİMLİLİĞİ

Baraj yerindeki birimlerin geçirimlilik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla DSI tarafından derinlikleri 12 m ile 100 m arasında değişen, 26 adet temel sondajı yapılmıştır. Bu temel sondajlarından SK12, 13, 14, 15, 16, 17 ve 18'de, talvegde yer alan alüvyonun geçirimliliğini belirlemek amacıyla sabit seviyeli geçirgenlik deneyleri, diğer temel sondajlarında ise tüfit ve bazaltın geçirimliliklerinin belirlenmesi amacıyla basınçlı su deneyleri yapılmıştır. Bu temel sondajlarından baraj yeri üzerinde yer alan SK1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 numaralı temel sondajlarında yapılan geçirimlik deneylerine ait veriler kullanılarak, tüfit ve bazaltın geçirimliliklerinin yatay ve düşey yönde nasıl değiştiğinin ortaya çıkarılması amacıyla, Lugeon geçirimlilik değerlerine göre bölgelendirme (Şekil 8) ve sınıflama yapılmıştır (Tablo 2).

Lugeon geçirimlilik değerlerine göre baraj yerindeki tüfitin %66'sı geçirimsiz, %20'si az geçirimli ve %14'ü ise geçirimli kaya sınıfındadır. Bazaltın ise %38'i geçirimsiz, %34'ü az geçirimli ve %28'i ise geçirimli kaya sınıfındadır. Yapılan bölgelendirmede, tüfitlerin merkezsel özellikteki görsel kireçtaşlarının bulunduğu seviyeleri az geçirimli - geçirimli, oldukça ayrılmış olan diğer seviyeleri ise geçirimsiz özellikte olduğu görülmektedir. Bazalta ise, ayrışmanın az olduğu seviyelerde geçirimlilik değerleri düşük, ayrışmanın fazla olduğu seviyelerde de geçirimlilik değerleri yüksektir.



Şekil 7. Boztepe Baraj yerinin mühendislik jeolojisi haritası ve enine kesiti
(Gürocak, 1999'dan).

4.2. Baraj Yerinde Geçirimlilikle Süreksizlik Düzlemlerinin İlişkisi

Baraj yerinde temel kayayı oluşturan tufit ve bazaltın içерdiği süreksizlik düzlemlerinin yönelikleri ile baraj ekseninin doğrultusu arasındaki ilişkinin incelenmesi, baraj yerinde bu süreksizlik düzlemlerine bağlı olarak herhangi bir su kaçığının olup olmayacağı belirlemek açısından önem taşımaktadır. Bu amaçla, tufit ve bazaltta sözü edilen süreksizliklere ait yönelik ölçülerinin

değerlendirilmesi ile elde edilen veriler (Tablo 1) ile baraj ekseninin doğrultusu arasındaki ilişki incelenmiştir.

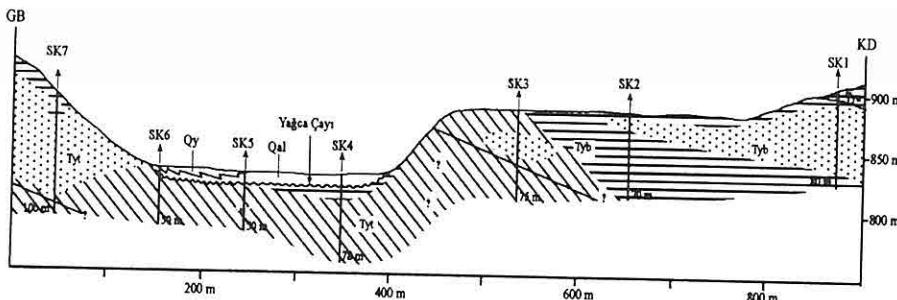
Boztepe Barajı ekseninin K80⁰D doğrultulu olduğu dikkate alınırsa, tufite ait tabaka ve (1) numaralı eklem takımıının mansaba doğru eğimli oldukları görülmektedir (şekil 3, 4). Bu, geçirimlilik açısından olumsuz bir durumdur. Ancak, SK5, 6, 7, 8, 9, 10 ve 11 numaralı temel sondajlarında yapılan basınçlı su deneylerinde, tufitin

Tablo 2. Lugeon (1933)'un geçirimlilik sınıflamasına göre çalışma alanındaki tüfitin dağılımı ve sınıflandırılması.

Lugeon sınır değerleri (l/m/dak)	Kaya sınıfı	Tüfitin geçirimlilik değerlerinin dağılımı (%)
< 1	Geçirimsiz	66
1- 5	Az geçirimli	20
5 - 25	Geçirimli	14
> 25	Çok geçirimli	-

Tablo 3. Lugeon (1933)'un geçirimlilik sınıflamasına göre çalışma alanındaki bazaltın dağılımı ve sınıflandırılması.

Lugeon sınır değerleri (l/m/dak)	Kaya sınıfı	Bazaltın geçirimlilik değerlerinin dağılımı (%)
< 1	Geçirimsiz	66
1- 5	Az geçirimli	20
5 - 25	Geçirimli	14
> 25	Çok geçirimli	-



Şekil 8. Baraj yerinde Lugeon geçirimlilik değerlerine göre yapılan bölgelendirme.

geçirimsiz - az geçirimli özellikte oldukları belirlenmiştir. Bu nedenle tüfit tabaka ve eklem yönelimlerinin geçirimliliğe olumsuz yönde bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni

ise, tüfitin oldukça ayrışmış olması ve süreksizlik düzlemlerinin bu ayrışma ürünleri ile doldurulmuş olmasıdır.

Bazalta ise (1) ve (4) numaralı eklem takımları ile akma yüzeyleri mansaba

doğru eğimlidir ve bu süreksizlik düzlemleri baraj yerinde su kaçağına neden olacaktır. Nitekim, baraj yerindeki SK1, 2 ve 3 numaralı temel sondajlarında yapılan basınçlı su deneylerinde az geçirimli ve geçirimli seviyeler belirlenmiştir. Bazaltın içerdiği diğer bir süreksizlik düzlemi olan soğuma çatlakları ise gelişigüzel doğrultulara sahiptir. Bu nedenle soğuma çatlaklarından alınan yönelik ölçülerinin değerlendirilmesi mümkün olmamıştır. Ancak, soğuma çatlaklarının da geçirimlilik açısından olumsuz bir durum oluşturacağı düşünülmektedir.

Talvegde yer alan alüvyonda DSI tarafından yapılan sabit seviyeli geçirgenlik deneyleri sonucunda; alüvyonları geçirimlilik değerlerinin 10^{-3} - 10^{-5} m/s arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu nedenle geçirimli - yarı geçirimli oldukları belirlenen alüvyon sıyırmaya kazısı ile tamamen kaldırılmalıdır.

5. SONUÇLAR

1. Malatya ili Yazihan ilçesinin yaklaşık 10 km kuzeyinde, Yağca Çayı üzerinde yapımı devam eden Boztepe Baraj yerinde temel kayayı tüfit ve bazalt oluşturmaktadır. Talvegde ise alüvyon bulunmaktadır.

2. Baraj yerindeki tüfit gri - beyaz renkli, ince - orta tabakalanma sunan, merkeşsel kultaşı ve gölgesel kireçtaşır seviyeleri içeren bir özelliğe sahiptir. Tüfit süreksizlik düzlemi olarak tabakalanma ve eklemler içermektedir. Bazalt ise yeşilimsi - koyu gri renkli, alt seviyelerinde yastık lav, üst seviyeleri ise

sütun bazalt özelliğindedir ve süreksizlik düzlemi olarak eklem, akma yüzeyi ve soğuma çatlakları içermektedir.

3. Baraj yerindeki temel sondajlarında yapılmış olan geçirimlilik deneylerine göre, tüfitin %66'sı geçirimsiz, %20'si az geçirimli ve %14'ü ise geçirimli kaya sınıfındadır. Bazaltın ise %38'i geçirimsiz, %34'ü az geçirimli ve %28'i ise geçirimli kaya sınıfındadır.

4. Tüfitte tabakalanma ve eklem takımlarının yönelikimi ile baraj ekseninin doğrultusu arasındaki ilişkinin geçirimlilik açısından incelenmesi sonucunda, tabakalanma ve eklem setlerinin yöneliklerinin geçirimlilik açısından olumsuz olduğu belirlenmiştir. Ancak, tüfitte yapılmış olan geçirimlilik deneyleri sonuçlarına göre, tabakalanma ve eklem takımlarının yöneliklerinin geçirimlilik açısından herhangi bir etkiye sahip olmayacağı görülmektedir.

5. Bazaltta ise mansaba doğru eğimli olan eklem takımları ile akma yüzeyleri geçirimliliği olumsuz yönde etkileyecektir. Bu durumu baraj yerinde bazaltta yapılmış olan geçirimlilik deneylerine ait sonuçlar - da desteklemektedir.

6. Talvegde yer alan alüvyon da geçirimli özellikle olduğundan, baraj yerinde geçirimsizliği sağlamak amacıyla alüvyonun sıyırmaya kazısı ile kaldırılması gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

Akkuş, M.F., (1971). *Darende-Balaban havzasının (Malatya ESE Anadolu) jeolojik ve stratigrafik incelenmesi*. MTA Dergisi, 76, 1-60.

- Ayan, T., (1961). *Malatya kuzeyindeki Hekimhan-Ebreme köyü bölgesinin (K39c3) detay jeoloji ve petrol imkanları*. MTA Derleme no: 4186 (yayınlanmamış).
- Ayan, T. ve Bulut, C., (1964). *Balaban-Yazihan-Kurşunlu ve Levent bucakları (Malatya) arasındaki alanın genel jeolojisi*. MTA Dergisi, 62, 58-71.
- Bozkaya, O., ve Yalçın, H., (1991). *Hekimhan doğu ve güney kesimindeki Kretase-Tersiyer yaşı sedimenter yaşı birimlerin mineralojisi ve jeokimyası*. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 6, 234-252, Ankara.
- Ercan, T. ve Asutay, H.J., (1993). *Malatya - Elazığ - Tunceli - Bingöl Diyarbakır dolaylarındaki Neojen-Kuvaterner yaşı volkanitlerin petrolojisi*. Suat Erk Sempozyumu, 291-303, Ankara.
- Görmüş, M., (1992b). *Hekimhan (KB Malatya, Türkiye) yöresindeki istifilerin biyostatografik incelemesi*. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 7, 179-191, Ankara.
- Gözübülbol, A.M. ve Önal, M., (1986). *Çat Barajı isale tünelinin mühendislik jeolojisi ve kaya mekanığı incelemesi*, Malatya - Çelikhan alanının jeolojisi. TÜBİTAK TBAG-647 projesi.
- Gürer, Ö.F., (1994). *Hekimhan-Hasançelebi yörenesinin Üst Kretase stratigrafisi ve havza evrimi*. Türkiye Jeoloji Bülteni, 37, 135-148.
- Güroçak, Z., (1999). *Boztepe (Malatya) Barajı eksen yerindeki kayaçların jeomekanik özellikleri ve ayırtma derecelerinin incelenmesi*. F.Ü. Fen Bil. Enst., Doktora tezi (yayınlanmamış), 106 s.
- Hakyemez, I. ve Örçen, S., (1983). *Medik-Ebreme dolayındaki (KB Malatya) Senozoyik yaşı çökel kayaçların stratigrafisi ve sedimentolojisi*. MTA Jeol. Dai. Arş., Rapor no: 186.
- İzdar, K.E. ve Ünlü, T., (1985). *Doğu Hekimhan - Hasançelebi - Kuluncak bölgesinin jeolojisi*. Piri Reis International Contribution No:2, Sixth Colloquium Geology of the Area Region. 303-329, Izmir.
- Karaman, T., Poyraz, N., Bakırhan, B., Alan, Y., Kadıkız, G., Yılmaz, H. ve Kılınç, F., (1993). *Malatya-Doğanşehir-Celikhan dolayının jeolojisi*. MTA Derleme no:9587 (yayınlanmamış).
- Lugeon, M., (1933). *Barrages et geologie methods de recherches terrassement et unpermeabilisation*. Litrairedes Universite, Paris.
- Michard, A., Whitechurch, H., Richou, L.E., Montigni, R. ve Yazgan, E., (1984). *Tauric subduction (Malatya-Elazığ provinces) and its bearing on tectonics of the Tethyan realm in Turkey*. Dixon J.E.. and Robertson, A.H.F. (eds.), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, Geol. Soc. Spec. Pub., Oxford.
- Önal, M., (1995). *Malatya graben havzası kuzeyinin stratigrafisi, kömür potansiyeli ve neotektoniği*. S.D.Ü. Müh. Fak. Derg., 332-346.
- Önal, M. ve Gözübülbol, A.M., (1992). *Malatya metamorfitleri üstündeki örtü birimlerinin stratigrafisi, yaşı, sedimenter fasiyesleri, depolanma ortamları ve tektonik evrimi*. TPJD Bülteni, O. Sungurlu Özel Sayısı, 4/1, 119-127.

BOZTEPE (MALATYA) BARAJ YERİNDEKİ TEMEL KAYANIN GEÇİRİMLİLİĞİ

- Örçen, S., (1986). *Medik-Ebreme (KB Malatya) dolayının biyostratigrafisi ve paleontolojisi.* MTA Dergisi no: 105/106, 40-68.
- Yoldaş, R., (1972). *Malatya kuzeyinin jeolojisi ve petrol olanakları.* MTA Derleme No: 4936 (yayınlanmamış).

ESKİARAPGİR-ŞİHLAR (MALATYA-ELAZIĞ) KÖYLERİ ÇEVRESİNDEKİ VOLKANİTLERİN PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Sevcan KÜRÜM, Bünyamin AKGÜL ve Emin ERDEM

Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Türkiye

ÖZET: *Malatya ve Elazığ illeri arasında sınırlı bir alanda yüzeyleyen Malatya volkanitleri; tuf, bazaltik lav akıntıları ve bunlarla ilişkili gölgesel çörtülü kireç taşı şeklinde bir istife sahiptir. Alt Miyosen yaşı Alibonca Formasyonu'nun üst seviyelerinde Malatya volkanitlerine ait tüflerin görülmesi, volkanizmanın Erken Miyosen sonrasında başladığı ve Geç Miyosen-Pliyosen'e kadar devam ettiğini işaret etmektedir. Yapılan jeokimyasal çalışmalarında, tamamen bazaltik bileşimde olduğu belirlenen lav akıntılarının toleyitik karakterdeki kitasal bir volkanizma ürünü olduğu belirlenmiştir. Bu volkanik faaliyetin, Erken Miyosen öncesi dönemde bölgenin jeotektonik gelişimini kontrol eden sıkışma tektoniğine bağlı olarak üst manto peridotitinin bölgümsel ergimesi ile oluşan ana pikritik magmanın alt kabuk-üst manto sınırında alt sil kompleksi içerisinde birikmesi ve alçak basınç fraksiyonel kristalleşmesi ile ayrılmaası sonucuoluğu düşünülmektedir.*

PETROGRAPHIC and GEOCHEMICAL FEATURES of VOLCANICS at the AREA of ESKİARAPGİR - ŞİHLAR VILLAGES (MALATYA- ELAZIĞ)

ABSTRACT: *Malatya volcanics that is represented by tuff, lava flows and lacustrin cherty limestones, outcrop in a small area between Malatya and Elazığ. This unit is a product of a volcanism that had been effected from Early Miocene to Late Miocene-Pliocene. Geochemical investigations of the lava flows indicate that these lavas are completely basaltic composition and esentially belong to tholeiitic series although some belong to weak-middle alkaline series. These are the products of within plate volcanism. Field and laboratory investigations display that, this volcanic activity is related to compressional and tensional tectonics which had controlled the geotectonic evolution of this region in Early Miocene - Pliocene period. It is suggested that the volcanic material was originated from the picritic magma along the lower continental crust and upper mantle boundary. The parental picritic magma must have been derived from partial melting of upper mantle and intruded the base of the crust as a lower sill complex and undergone low pressure fractional crystallization.*

1. GİRİŞ

İnceleme alanı, Eskiarpıgır (Malatya) ve Şıhlar (Elazığ) köyleri arasında 80 km²'lik bir alan kapsamaktadır. Altta üstte doğru, Keban Metamorfitleri, Alibonca Formasyonu ve Malatya volkanitleri, çalışma alanının önemli litostratigrafik unsurlarıdır. İncelemenin amacı, Alt Miyosen yaşlı Alibonca Formasyonu ile Neojen yaşlı Malatya volkanitleri arasındaki stratigrafik ilişkiyi belirlemek ve volkanitlerin petrokimyasal incelemelerini yaparak kökensel yorumu gitmektedir.

İnceleme konusu volkanitler, Ercan ve Asutay (1993) tarafından Malatya volkanitleri adıyla incelenmiştir. Sözkonusu volkanitlerin kuzey doğu bölümünde sınırlı bir alanda gerçekleştirilen bu çalışmada da 'Malatya volkanitleri' adı benimsenmiştir.

2. STRATİGRAFİ:

İnceleme alanında yaşıdan gence doğru; Keban Metamorfitleri (Permo-Triyas), Alibonca Formasyonu (Alt Miyosen) ve Malatya volkanitleri (Orta Miyosen-Pliyosen) gibi değişik birimler yüzeylemektedir (Şekil 1).

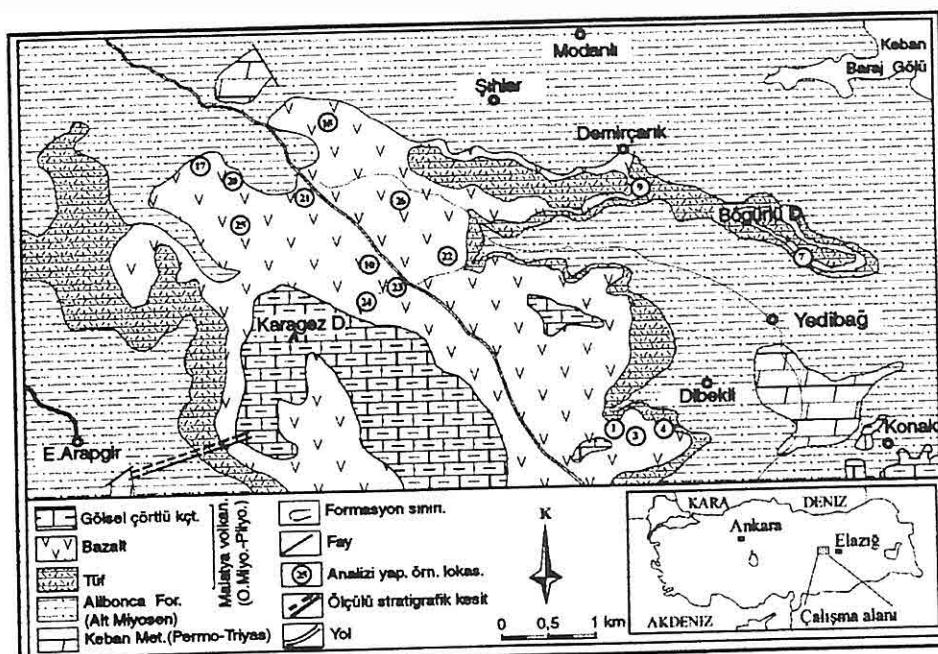
Keban Metamorfitleri

İnceleme alanındaki istifin temelini oluşturan Keban Metamorfitleri, esas olarak Keban ve çevresinde yayılım göstermektedir. Çalışma alanında dolomitik mermer litolojisyle temsil olunan birim, dar bir alanda yüzeylemekte olup, doğu ve batıya doğru genişleyen yüzeylemeler şeklinde devam

eder (Şekil 1). İnceleme alanında Alibonca Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenen birimin yaşlı Kipman (1981) tarafından Permo-Triyas olarak belirlenmiştir.

Alibonca Formasyonu

Çalışma bölgesinde geniş bir yayılım sunan (Şekil 1) Alibonca Formasyonu, açık sarı-bej renkli olup, genelde ayrışma sonucu topraklaşmış, yer yer de tabakalı bir özellik gösterir. Ayrışmanın yoğun olduğu killi-marnlı seviyeler yumuşak, tabakalı kumtaşı-kireçtaşı seviyeleri ise daha sert bir topoğrafya sunar. Birim, Eskiarpıgır köyü doğusunda Malatya volkanitleriyle yanaldüsey geçişlidir (Şekil 2). Bu alanda Keban Metamorfitleri üzerine açılı uyumsuzlukla gelen birim, tabanda yaklaşık 1-1.5 m boyutunda dolomitik mermer blokları içeren breşik düzey ile başlamakta ve bol fosilli masif kireçtaşları ile devam etmektedir. Üste doğru yoğun Lamellibrans fosillerini içeren kumlu kireçtaş seviyelerinden sonra, yaklaşık 5-10 cm kalınlığında tabakalı kumtaşı ve kumlu kireçtaşları ile devam edip, oldukça kalın bir seviye oluşturan masif marnlara geçmektedir. İstifin üst seviyelerinde tuf ağırlıklı litolojilere rastlanır. Masif marnların üzerinde izlenen ilk tüflü seviyeden sonra marnlarla ardalanmalı olarak bulunan tüflü kumtaşı ve yine Lamellibrans ve Ekinid fosilleri içeren tüflü kireçtaşları, masif kireçtaşları, marn, alt ve üstünde kırmızı çamurtaş seviyeleri bulunan tüflü kumtaşları ile devam etmekte ve



Şekil 1. Çalışma alanının jeolojik haritası

yne tüflü kumtaşı ara seviyeleri içeren marnlarla son bulmaktadır.

Alibonca Formasyonu'nun değişik düzeylerinden alınan örneklerin bu çalışmada saptanan fosil içerikleri aşağıdaki gibidir.

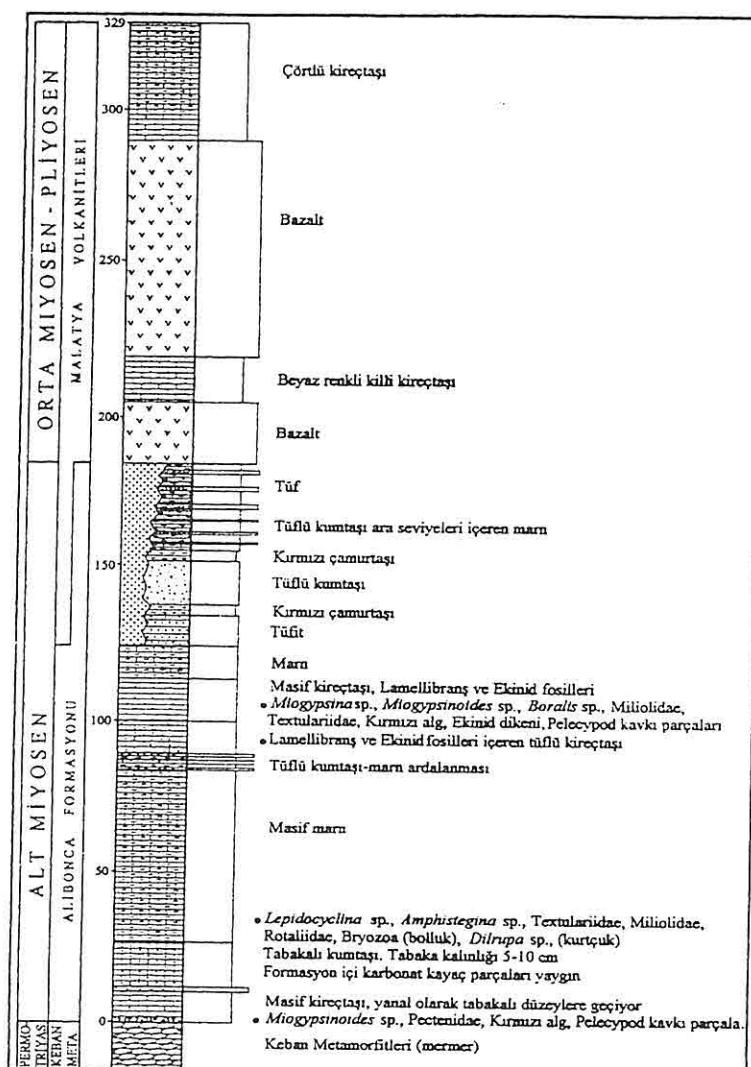
Miogypsinoides sp., Pectenidae, Pelesipod kavkı parçaları, Kırmızı alg, *Lepidocyclina* sp., *Amphistegina* sp., Textulariidae, Miliolidae, Rotaliidae, Bryozoa (bolluk), *Ditrupa* sp. (kurtçuk), *Miogypsinia* spp., *Borelis* sp., Milioidea, Ekinit diken (Det: Doç. Dr. Sefer Örçen).

Perinçek (1979) ve Turan (1984) Alibonca Formasyonu'nun yaşını Alt Miyosen olarak belirlemiştir. Yukarıda belirtilen mikrofosil topluluğuna göre bu çalışmada da birimin

yaşı Alt Miyosen olarak saptanmıştır.

Malatya Volkanitleri

Alibonca Formasyonu ile yanal ilişkili olarak da bulunan Malatya volkanitleri, altta kalın bir tuf seviyesi ile başlayıp, bazaltik bileşimli lav akıntıları ve en üstte de çörtülü gölgel kireçtaşları ile sona ermektedir. Tüfler, açık sarı ve kirli beyaz renkli olup, genellikle ince tabakalı ve yatay duruşludur. Yer yer tüfler içerisinde ince tabakalar halinde bol organik malzemeli çamurtaş seviyeleri bulunur. Tüfler üzerinde bulunan lav akıntıları, koyu siyah renkli, masif, ince kristalli, yer yer akma yapılı, gaz boşluklu ve bol çatlaklıdır. Gaz boşlukları ve çatlaklar boyunca epidot, zeolit ve kalsit gibi alterasyon ürünü



Şekil 2. Eskiarapir ölçülu stratigrafik kesiti.

mineral oluşumlarına rastlanmaktadır. Volkanik istifin üst seviyelerinde, volkanitlerle geçişli olarak bulunan kireçtaşları ise, çalışma alanında Karagez dağı ile Konaklar köyü çevresinde yüzeylemektedir (Şekil 1). Karagez dağı çevresindeki lav akıntıları üzerinde

190

bulunan kireçtaşları yoğun şekilde çörtlü, breşik yapılı, sert, beyaz renkli ve düzgün yatay tabakalı, Konaklar köyü çevresindekiler ise, küçük mostralalar halinde olup, masiftir.

Ercan ve Asutay (1993), bölge volkanitleri üzerine yaptıkları çalışmada

Malatya volkanitlerinin üç farklı evrede oluştuğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, Orta Miyosen yaşlı ilk evrenin bazaltik-andezitik bileşimli lav, tuf ve aglomeralardan, ikinci evrenin dasitik lavlardan, Üst Miyosen yaşlı üçüncü evrenin ise bazaltik lavlardan oluştuğunu belirtmektedirler. Alpaslan ve Terzioglu (1996), Sivas - Malatya arasında volkanitler üzerinde yaptıkları çalışmada volkanitleri bazalt, andezit ve piroksen andezitlerden oluşan Üst Miyosen yaşlı Kuşu volkaniti ve Pliyosen yaşlı Arguvan bazaltı olarak iki birime ayırmışlardır.

İnceleme konusunu oluşturan volkanik istifin yanal devamı Elazığ-Tunceli çevresinde yapılan çalışmalarında Karabakır Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Naz, 1979; Turan vd., 1995; Kürüm ve Bingöl, 1996). Bu çalışmalarında, birimin stratigrafik konumu dikkate alınarak Üst Miyosen-Pliyosen yaşı verilmiştir. Bu yaş aralığı, Ercan ve Asutay (1993)'ın yaptıkları çalışmada belirtilen Malatya volkanitlerinin üçüncü evresine karşılık gelmektedir. Ancak daha önce de belirtildiği gibi Alibonca Formasyonu'nun üst seviyelerinde tüflerin yoğun olarak bulunması, bölgedeki volkanizmanın Alt Miyosen'de başladığının göstergesi olarak kabul edilmiştir. Alibonca Formasyonu'nun üst seviyelerinde bulunan bu tüflü seviyeler olasılıkla Ercan ve Asutay'in (1993) Malatya volkanitleri için önerdikleri ilk evreye karşılık gelmektedir. Malatya volkanitleri için önerilen dasitik bileşimli ikinci evre volkanizma ürünlerine ise, çalışma alanında rastlanmamaktadır.

2. MALATYA VOLKANİTLERİNİN PETROGRAFİSİ

Çalışma alanındaki lav akıntılarından alınan örneklerin petrografik incelemesi sonucunda bunların tamamen bazaltik bileşimde olduğu ve hemen bütün kesitlerde kayacın esas olarak plajiyoklas, klinopiroksen, olivin ve daha az olarak da ortopiroksen minerallerinden olduğu görülmüştür. Ayrıca zeolit, klorit, serpantin ve daha az olarak da karbonatlaşma ve serisitleşme türü alterasyon sonucu olmuş ikincil minerallere de rastlanmaktadır.

Plajiyoklaslar değişik boyutlu, düzgün prizmatik şekilli ve albit ikizli olup, genellikle zonlu yapı sunarlar. Kırık ve çatlakların yoğun olarak geliştiği plajiyoklaslarda bu zonlar boyunca serisitleşme ve karbonatlaşma türü alterasyonlar gözlenmektedir. Optik yöntemle plajiyoklasların andezin-labrador bileşiminde oldukları saptanmıştır.

Piroksenler genellikle yarı özçekilli ve değişik tane boyuna sahip olup, fenokristalleri plajiyoklas lataları ile birlikte subofitik dokuyu oluşturmaktadır. Piroksenlerde kloritleşme ve daha az olarak da serpantinleşme türü alterasyonlar görülmektedir. İyi dilimlenme gösteren kristallerde ölçülen $37\text{--}44^{\circ}$ lik sönme açılarına göre klinopiroksenlerin ojit bileşimli olduğu belirlenmiştir.

Olivin kristalleri değişik boyutlu olup, coğunlukla kırık ve çatlaklıdır. Genellikle minerallerin kenarları boyunca iddingsitleşme, yer yer de kırık ve

çatlaklar boyunca serpantinleşme izlenir. Ayrıca, az olmakla birlikte olivin kristallerinin plajiyoklaslarla dokanak oluşturduğu yerlerde korona dokusu gelişmiştir.

Yapılan mikroskopik incelemeler sonucu esas olarak intersertal, intersertal+subofitik ve daha az olarak da porfirik doku gösteren örneklerin olivinli bazalt olduğu saptanmıştır.

3. MALATYA VOLKANİTLERİNİN PETROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanındaki volkanik kayaçları kimyasal parametrelere göre sınıflandırmak ve oluşukları jeotektonik ortamı belirlemek amacıyla lav akıntılarından derlenen 15 adet örneğin kimyasal analizleri yaptırılmıştır. Kimyasal analizler Cumhuriyet Üniversitesi (Sivas) Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarlarında yapılmış olup, gerek ana elementler, gerekse iz elementler X-Işınları Floresans yöntemi ile analiz edilmiştir. Örneklerin ana oksit değerleri, CIPW normları ve petrojenezde kullanılan bazı parametreler Tablo 1'de, iz element içerikleri ise Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca çalışma konusunu oluşturan volkanitlerin bazı ana oksit değerleri ile iz element içeriklerinin ortalama değerlerinin, farklı ortam kayaçlarının ortalama değerleri ile karşılaştırılması da Tablo 3'de verilmiştir.

Örneklerin SiO₂ içeriği %46.50-51.81 arasında değişmekte olup, ortalama %47.95 dir. Al₂O₃ ise %16.77 ortalama değer ile alt kıtasal kabuk (%16.10), Taos Platosu (%16.27) ve okyanus kabuğu

bileşimi (%16) ile uygunluk sunar. FeO ortalama %8.86, Fe₂O₃ ise ortalama %1.29'dur. MgO %6.78 ortalama değere sahipken, CaO ise %7.17-9.03 değerleri arasında değişmekte olup, %7.97 ortalama değer ile Parana provensleri (%8-8.45) ve alt kıtasal kabuk bileşimine (%8.50) uygunluk gösterir. Na₂O ise %4.12 gibi bir ortalama değerle, Tablo 3'de verilen değişik kıtasal bazalt provens örneklerinden daha yüksek bir değere sahiptir. A-17, A-20, A-21, A-23, A-24 ve A-25 nolu örneklerde nisbeten yüksek olan Na₂O içeriğinin, kırık ve gaz boşluklarını dolduran zeolit minerallerinin varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum, söz konusu örneklerin normatif nefelin içermelerine ve alkali özellik sergilemelerine neden olmuştur. %0.55 ortalama değer sahip K₂O çoğu kıtasal bazalt provens bileşimlerine (Tablo 3'deki 5-9-10-12); TiO₂ ise %1.35 ortalama değer ile okyanusal kabuk (%1.50), Taos Platosu bazalt bileşimi (%1.19) ve Kolombiya Nehri bazalt bileşimine (%1.57) uygunluk gösterir.

Çalışma bölgesindeki volkanitlerin bazı iz element değerleri ile değişik ortam bazaltlarının iz element ortalama değerleri karşılaştırıldığında; Rb, 27 ppm ortalama değer ile üst kıtasal kabuk bileşiminden düşük (112 ppm), Tablodaki bazı kıtasal provenslerdeki ortalama değerlerden (Tablo 3'deki 5-6-9-10-12) yüksektir. Sr, 317 ppm ortalama değer ile üst kıtasal kabuk ortalaması (350 ppm) ve 5-9-10 no'lulu kıtasal provenslere (285 ppm, 274 ppm, 348

Tablo 1. Malatya volkanitlerine ait ana oksit değerleri, CIPW Normları ve bazı parametre değerleri.

Cırek no	A1	A3	A4	A7	A9	A10	A15	A17	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	Ort.
SiO ₂	51,80	47,00	48,40	46,50	47,70	48,40	48,80	47,80	47,10	48,40	48,30	47,50	47,80	46,70	47,20	47,95
Al ₂ O ₃	16,90	15,90	16,50	15,50	15,50	16,80	17,90	18,40	17,60	17,40	17,30	17,50	17,70	16,00	14,70	16,77
Fe ₂ O ₃	0,66	1,38	1,41	1,41	0,67	1,41	1,33	1,24	1,34	1,36	1,30	1,32	1,36	1,40	1,43	1,29
FeO	5,75	9,22	9,44	9,49	9,13	9,39	8,87	8,25	8,96	9,04	8,68	8,78	9,04	9,30	9,57	8,85
MnO	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,16
MgO	4,16	8,17	7,86	8,23	8,59	6,78	5,46	4,82	5,41	6,38	6,41	5,56	5,53	7,71	10,70	6,78
CaO	8,94	7,72	8,34	7,79	7,36	8,30	9,03	7,62	7,69	8,45	7,96	7,83	7,79	7,17	7,59	7,97
Na ₂ O	3,83	2,76	3,46	3,13	3,35	3,83	4,03	5,61	5,82	4,27	4,19	5,49	4,93	4,56	2,49	4,12
K ₂ O	0,61	0,70	0,42	1,16	0,39	0,48	0,69	0,45	0,40	0,64	0,40	0,40	0,47	0,53	0,55	0,55
TiO ₂	1,16	1,28	1,40	1,33	1,24	1,49	1,41	1,26	1,46	1,41	1,30	1,47	1,39	1,37	1,28	1,35
P ₂ O ₅	0,19	0,15	0,20	0,22	0,18	0,17	0,22	0,21	0,18	0,25	0,18	0,18	0,16	0,22	0,22	0,20
A.Kayıp	1,94	3,84	1,40	3,73	3,65	1,30	1,18	3,09	2,82	1,08	2,55	3,05	2,12	3,28	3,36	2,56
Toplam	98,32	98,29	99,05	98,65	98,11	98,51	99,07	98,90	98,93	98,83	98,72	99,23	98,24	98,40	99,24	98,57
CIPW Norm.																
Kuvars	2,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,05
Oriklas	3,60	4,14	2,48	5,86	2,30	2,84	4,08	2,88	2,36	3,78	2,36	2,36	2,78	3,13	3,25	3,27
Abit	32,41	23,36	29,28	25,86	28,35	32,41	30,84	31,5	28,42	30,44	33,94	29,83	30,98	29,48	21,07	29,21
Anortit	27,12	28,93	28,25	24,82	26,11	27,23	28,72	23,7	20,72	26,42	27,22	21,93	24,78	21,62	27,31	25,66
Nefelin	-	-	-	0,34	-	-	1,77	6,65	11,28	3,08	0,82	9,00	5,82	4,93	-	5,08
Enstatit	6,77	8,28	3,28	-	6,20	0,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,94
Ferroslilit	5,40	5,69	2,39	-	4,14	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,98
Diyopspit	7,75	4,29	5,92	6,29	4,77	6,14	6,57	5,57	7,52	6,57	5,33	7,18	5,72	6,27	4,90	6,05
Hedenberjít	5,39	2,57	3,78	3,84	2,77	4,41	5,53	4,98	6,19	4,84	3,79	5,82	4,88	3,97	2,33	4,34
Forstent	-	7,07	9,50	12,32	9,10	9,64	7,40	6,61	7,09	9,00	9,46	7,37	7,79	11,42	9,42	8,80
Fayait	-	5,36	7,63	9,51	6,69	8,75	7,88	7,47	7,66	8,38	8,48	7,56	8,39	9,15	5,67	7,76
Manyetit	1,25	2,00	2,04	1,25	2,04	1,93	1,80	1,94	1,97	1,88	1,91	1,97	2,03	2,07	1,88	
Ilmentit	2,20	2,43	2,66	2,53	2,36	2,83	2,68	2,39	2,77	2,68	2,47	2,79	2,64	2,60	2,43	2,56
Apatit	0,45	-	0,47	0,52	0,43	0,40	0,52	0,50	0,43	0,59	0,43	0,43	0,38	0,52	0,52	0,47
Mg/(Mg+Fe)	0,49	0,60	0,59	0,60	0,62	0,55	0,52	0,50	0,51	0,55	0,56	0,52	0,51	0,59	0,66	0,56
DI	38,06	27,5	31,76	33,06	30,65	35,25	36,69	42,81	42,06	37,3	37,12	41,19	39,58	37,54	24,32	35,66
K ₂ O/Na ₂ O	0,16	0,25	0,12	0,37	0,11	0,12	0,17	0,08	0,07	0,15	0,09	0,07	0,15	0,12	0,22	0,15
K ₂ O/Na ₂ O	4,44	3,46	3,88	4,29	3,74	4,31	4,72	6,06	6,22	4,91	4,59	5,89	5,40	5,09	3,04	4,67

Tablo 2. Malatya volkanitlerine ait iz element ve bazı parametre değerleri.

Orn.no	A-1	A-3	A-4	A-7	A-9	A-10	A-15	A-17	A-20	A-21	A-22	A-23	A-24	A-25	A-26	Ort.
Cr	188	329	289	291	228	337	293	260	325	292	254	256	327	307	300	285
Ni	39	85	66	90	70	88	81	67	88	87	73	81	85	101	110	80,7
Co	30	37	37	36	36	38	35	33	36	35	35	35	37	37	37	35,6
Cu	45	40	36	23	20	43	41	20	41	41	71	21	55	35	28	37,3
Pb	7	1	3	5	2	3	3	3	3	3	3	3	1	5	4	3,27
Zn	78	82	84	85	81	82	83	76	81	82	80	82	82	85	84	81,8
Rb	24	43	22	37	22	23	25	23	24	25	23	27	26	33	24	26,7
Ba	81	25	16	149	46	21	102	34	9	134	29	22	11	132	123	62,3
Sr	263	354	185	438	226	201	261	189	194	280	1015	474	181	265	235	317
Ga	17	15	15	15	14	16	16	17	15	18	18	15	16	16	17	16
Nb	7	4	4	7	5	5	6	4	5	6	4	5	4	6	6	5,2
Zr	114	96	90	109	92	93	103	99	97	102	153	118	88	99	94	103
Y	12	14	13	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	13
Th	3	3	1	1	0,1	n.d.	2	n.d.	n.d.	0,5	7	11	2	4	8	3,55
K/Rb	214	137	158	265	147	173	229	162	138	216	144	123	239	136	190	178
Rb/Sr	0,09	0,12	0,12	0,08	0,1	0,11	0,1	0,12	0,12	0,09	0,02	0,06	0,14	0,12	0,1	0,1
Y/Nb	1,71	3,5	2	2,6	2,17	3,25	2,6	2,17	3,25	2,6	3,25	2,6	3,25	2,17	2	2,61

Tablo 3. Malatya volkanitlerine ait kimyasal analiz değerlerinin, değişik ortam kayaçlarının ortalama değerleri ile karşılaştırılması.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂ (%)	48,21	54,4	66	49,5	46,18	50,56	50,75	51,3	48,35	51,1	50,36	51,31
Al ₂ O ₃	16,77	16,1	15,2	16	14,47	13,83	13,51	13,4	15,49	16,27	13,4	14,26
FeO*	10,2	10,6	4,5	10,5	13,52	13,79	14,24	13,4	11,31	10,93	13,6	13,3
MgO	6,78	6,3	2,2	7,7	9,99	5,12	4,21	5	7,03	7,36	5,52	5,69
CaO	7,97	8,5	4,2	11,3	9,68	9,62	8,45	8	9,92	8,95	9,6	9,92
Na ₂ O	4,12	2,8	3,9	2,8	2,63	2,65	2,8	2,7	2,76	3,22	2,8	2,67
K ₂ O	0,55	0,34	3,4	0,15	0,61	0,93	1,58	1,7	0,51	0,52	0,77	0,6
TiO ₂	1,35	1	0,5	1,5	2,06	2,57	3,95	2,6	1,57	1,19	3,62	1,69
Rb (ppm)	26,73	5,3	112	22	13,7	15	44	54	5,9	9,1	15,4	14
Sr	317,4	230	350	130	285	219	732	429	274	348	395	265
Ba	62,27	50	550	25	298	239	653	535	280	300	191	263
Zr	103,1	70	190	80	167	203	398	254	—	88	227	123
Y	13	19	22	32	31	50	42	—	25	20	42	31
Nb	5,2	6	25	2,2	15,1	15,9	37	—	—	6,5	21,5	7
Pb	3,27	4	20	0,8	5	—	6	—	5	6	78	—
Zn	81,8	83	71	85	97	149	127	149	—	—	119	98
Cu	37,33	90	25	86	59	202	74	149	—	—	98	137

- 1- Malatya volkanitleri ortalaması
- 2- Alt kıtasal kabuk ortalaması (Taylor ve McLennan, 1985).
- 3- Üst kıtasal kabuk ortalaması (Taylor ve McLennan, 1985).
- 4- Okyanusal kabuk ortalaması (Taylor ve McLennan, 1985).
- 5- Snake River Plain bazaltlarının ortalaması (Wilson, 1989).
- 6- Deccan Platosu bazalt ortalaması (Wilson, 1989).
- 7- Parana Provensi ortalama bileşimi (Wilson, 1989).
- 8- Parana Traps'larının ortalama bileşimi (McGetchin et al., 1979).
- 9- Columbia River bazaltlarının bileşimi (McGetchin et al., 1979).
- 10-Taos Platosu volkanik serisindeki bazaltların ortalama bileşimi (McGetchin et al., 1979).
- 11- Okyanus adası toleyitleri (Wilson, 1989).
- 12- İmnaha bazaltlarının (Amerikan Bar alt grubu) ortalama bileşimi (Hooper, 1988).

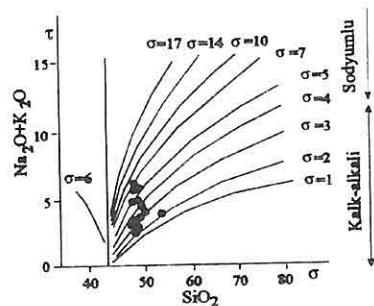
ppm), Zr, 103 ppm ortalama değer ile, 10 ve 12 no'lu kıtasal bazalt provenslerine uygunluk gösterir. Nb ise 5 ppm ortalama değer ile, alt kıtasal kabuk (6 ppm) ve 10-12 no'lu kıtasal bazalt provens ortalama değerlerine uygunluk gösterir. Y, 13 ppm ortalama ile alt ve üst kıtasal kabuk bileşimleri (19 ppm, 22 ppm) ile 10 ve 12 no'lu kıtasal bazalt provens ortalama değerleriyle uyumludur.

Pearce ve Cann (1973), Y/Nb oranlarına göre magmanın kökeni ve

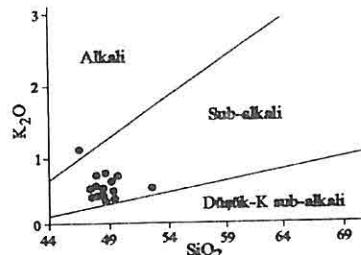
tektonik oluşumu arasında bir ilişkinin olduğunu belirtmişlerdir. Buna göre, bu oran kıta içi alkali bazatlarda 1'den, okyanus sırtı alkali bazatlarda 2'den küçükken; kıtasal toleyitik bazatlarda 2'den, okyanus sırtı toleyitik bazatlarda ise 3'den büyütür. Malatya volkanitlerinin Y/Nb oranı genellikle 2'den büyük olup, A-1 örneği (1.71) dışında diğer örneklerde 2.00-3.50 arasında değişmektedir. Bu oran kıtasal toleyitik kayaçların Y/Nb oranı ile uyumludur.

Malatya volkanitlerinin jeotektonik konumunu ve magmanın karakterini belirlemek amacıyla volkanitlerin ana element ve iz element içerikleri değişik diyagramlarda değerlendirilmiştir. Toplam alkali ve SiO₂ bileşenlerinin kullanıldığı Rittmann (1962) diyagramında (Şekil 3), 5 örneğin orta ve zayıf alkali, diğer örneklerin de orta ve zayıf kalkalkali seride yoğunlaştiği görülür. Bu diyagramda bazı örneklerin alkali alanda yer almaları sözkonusu örneklerin artan Na₂O içeriğinden kaynaklanmaktadır. Örneklerin Na₂O içeriğindeki artışın, zeolit gibi ikincil mineraller ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Halbuki örneklerin K₂O-SiO₂ diyagramındaki (Şekil 4) dağılımına bakıldığında, bir örnek dışında (A-7) tamamının subalkali bölgede bulunduğu görülür. Bu diyagramlara göre daha çok subalkali özellikte olduğu belirlenen volkanitlerin, AFM diyagramında (Şekil 5) normatif nefelinli örnekler de dahil olmak üzere tamamen toleyitik özellikte olduğu saptanmıştır. Normatif nefelinli örneklerin alkali serisi ait oldukları düşünüldüğünde, bu örneklerin AFM diyagramında en azından kalkalkali alanada yer almaları gereklidir. Volkanitlerin toleyitik karakterleri, Ti, Nb ve Y gibi kalıcılığı yüksek elementlerin kullanıldığı Ti/Y-Nb/Y diyagramında da (Şekil 6) yinelenmektedir.

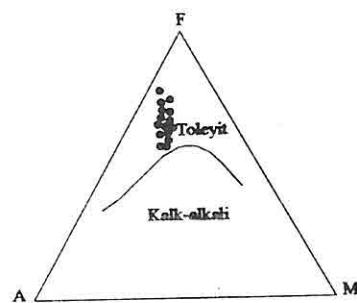
Volkanitleri oluşturan magmanın kökenini belirleyebilmek için, yine değişik diyagramlardan yararlanılmıştır.



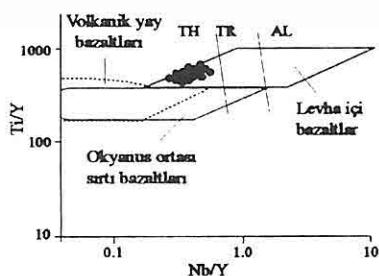
Şekil 3. Örneklerin Rittmann (1962) diyagramında dağılımı.



Şekil 4. Örneklerin Middlemost (1962) diyagramında dağılımı.

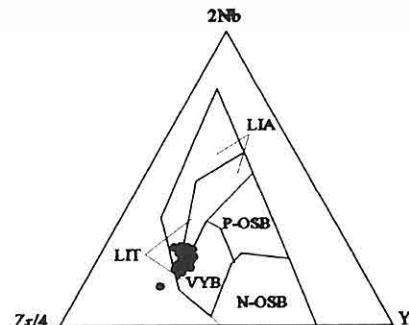


Şekil 5. Örneklerin AFM üçgen diyagramında dağılımı (Irvine ve Bargar, 1971).



Şekil 6. Örneklerin Ti/Y-Nb/Y diyagramında dağılımı (Pearce, 1982). TH: Toleyitik, TR: Geçiş, AL: Alkalın

Bunlardan Ti-Zr-Y diyagramında örneklerin tamamının levha içi bazalt bölgesinde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 7). Bu durum, Nb-Zr-Y diyagramında da gözlenir (Şekil 8). Rittmann ve Villari (1979)'nin tüm dünya volkanitleriyle ilgili olarak yaptıkları çalışmaya göre oluşturdukları diyagramda ise volkanizmanın

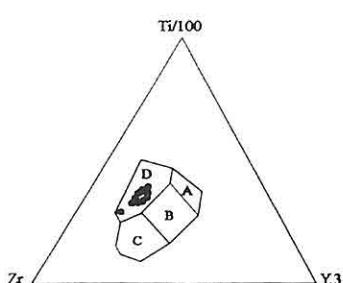


Şekil 8. Örneklerin Nb-Zr-Y diyaramında dağılımı (Meschede, 1986). LIA: Levha içi alkali, LIT: Levha içi toleyitik, P-OSB: Pulum tipi okyanus ortası sırt bazaltları, N-OSB: Normal okyanus ortası sırt bazaltları, VYB: Volkanik yay bazaltları.

kompresyonal tektonik koşullara bağlı olarak geliştiği belirlenmiştir (Şekil 9).

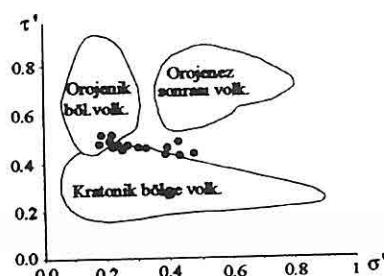
Yukarıdaki tüm verilerin ışığında Malatya volkanitlerinin toleyitik özellikte olduğu ve magmanın yüzeye çıkarken kalın kitasal kabuk materyali ile bir miktar kirletilmiş olduğu söylenebilir.

Petrografik incelemelerle adlandırılan volkanik kayaçların, kimyasal yoldan da adlandırılmalari yapılmış ve bu amaçla değişik diyagramlar kullanılmıştır. Cox vd. (1979) tarafından geliştirilen toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)- SiO_2 diyagramında (Şekil 10), örneklerin tamamına yakınının bazalt alanında yer aldığı görülmektedir. Yine volkanitler iz element içeriklerine göre değerlendirildiğinde de yukarıdaki sonuçlara benzer sonuçlar alınmıştır.

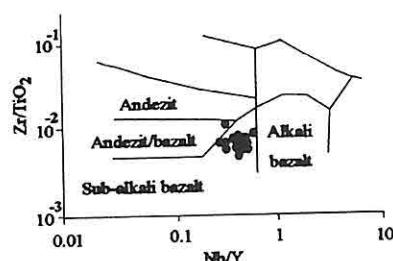


Şekil 7. Örneklerin Ti-Zr-Y diyagramında dağılımı (Pearce ve Cann, 1973). A: Ada yayı toleyitleri, B: Okyanus ortası sırt bazaltları, C: Kalkalkali bazaltlar, D: Levha içi bazaltları

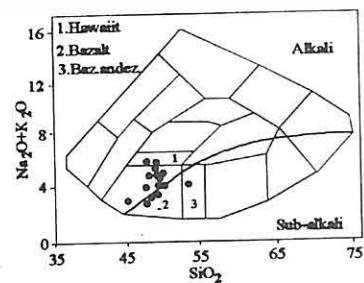
Şekil 11'de örnekler Zr/TiO₂-Nb/Y diyagramında değerlendirilmiş ve örneklerin tamamının subalkali bazalt bölgesinde bulunduğu görülmüştür. Bu durum, Rb-Sr diyagramında da gözlenmektedir (Şekil 12). Diyagramda 3 örnek (A-7, A-22, A-23) alkali bazalt bölgesinde bulunurken, diğer örnekler bazalt bölgesinde yoğunlaşmaktadır. Rb-Sr diyagramında alkali bölgede yer alan örneklerden sadece A-23 nolu örnek belirgin olarak normatif nefelin içermektedir.



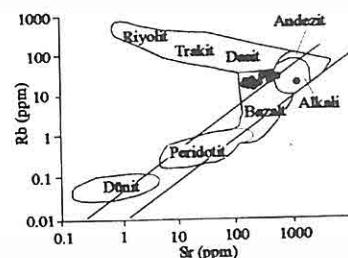
Şekil 9. Örneklerin Rittman ve Villari (1979) diyagramında dağılımı.



Şekil 10. Örneklerin (Na₂O+K₂O)-SiO₂ diyagramında adlandırılmaları (Cox vd., 1979).



Şekil 11. Örneklerin Zr/TiO₂-Nb/Y diyagramında adlandırılmaları (Winchester ve Floyd, 1976).

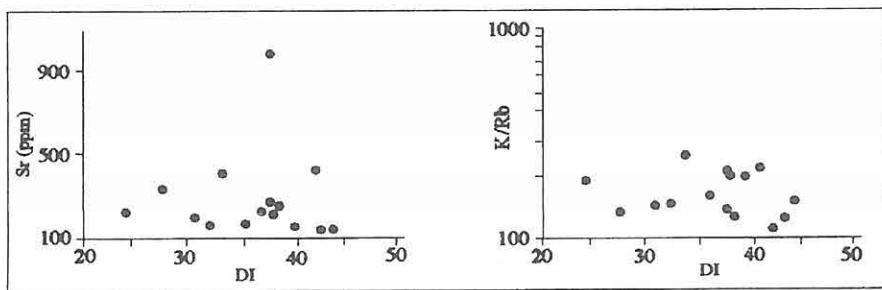


Şekil 12. Örneklerin Rb-Sr diyagramında adlandırılmaları (Kistler vd., 1971).

Gerek petrografik, gerekse kimyasal analiz sonuçlarına göre yapılan sınıflamalar arasında tam bir uyumluluk olduğu ve kayaçların bazaltik bileşimli olduğu saptanmıştır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Gerek petrografik incelemeler, gerekse jeokimyasal parametrelere göre Malatya volkanitlerine ait lav akıntılarının bazaltik bileşimde olduğu saptanmıştır. Jeokimyasal verilerin değişik diyagramlarda değerlendirilmesi sonucu



Şekil 13. Volkanitlerin iz element değişim diyagramları (DI: ayırmalama indeksi).

volkanitlerin toleyitik özellikteki kıtasal levha içi volkanizma ürünü kayaçlar olduğu belirlenmiştir.

Kıtasal levha içi bazaltlar ya primer ya da primer yakını bir magmayı temsil ederler veya magnezyumca çok daha zengin pikritik magmalardan ayırmalama yoluyla türemişlerdir. Çoğu primer bazanitlerin, alkali olivin bazaltların ve olivin toleyitlerin değişik derinliklerde üst mantonun farklı derecede bölümsel ergimesi ile oluşmuş ilksel veya yaklaşık ilksel magmaları temsil ettiği kabul edilir. Manto peridotitlerinin bölümsel ergimesi ile oluşan primer magma içerisinde bol miktarda manto ksenolitlerine rastlanır. Ayrıca, primer magmaların yüksek Ni içeriğine (200 ppm) ve yüksek Mg sayısına ($Mg/Mg+Fe$) sahip olması (Mg sayısı 0.60) beklenir (Fan ve Hooper, 1991).

Halbuki, çoğu akma bazaltlarında Ni gibi uyumlu iz elementlerin düşük konsantrasyonları karakteristiktir. Düşük Ni içeriği kıtasal akma bazalt magmasının ilksel magma olmadığını, magmanın olivin fraksiyonlaşmasına uğradığını işaret eder (Wilson, 1989).

Malatya volkanitlerinde manto ksenolitlerinin bulunmaması ve örneklerin düşük Ni içeriği (39-110 ppm), düşük Mg sayısı (0.49-0.60) ve düşük MgO içeriğine (% 4.16-8.23) sahip olmalarından dolayı volkanitlerin primer magmayı temsil etmedikleri, pikritik magmadan türemiş oldukları düşünülmektedir. A-9 ve A-26 nolu örnekler sırasıyla % 8.59, 10.71 MgO içeriği ve 0.62, 0.66 Mg sayısı ile nisbeten primer magma özelliğindedir. Ancak söz konusu örneklerin düşük Ni içeriğine (70, 110 ppm) sahip olmaları bu örneklerin de bağlı olarak evrimleşiklerini işaret eder (Wilson, 1989). İnceleme alınındaki volkanitler içerisinde gözlenen ol-cpx-plg faz ilişkisi de pikritik magma olasılığını desteklemektedir. Zira, çoğu kıtasal akma bazaltlarında gözlenen plg-ol-cpx fenokristal topluluğunun alçak basınç kristal fraksiyonlaşması ile ilişkili olduğunu belirtmektedir (Cox, 1980).

Yukarıda belirtilen petrografik ve jeokimyasal veriler dikkate alınarak Malatya volkanitlerinin petrojenezi için, üst manto peridotitinin bölümsel ergimesi

ile oluşan pikritik magmanın kabuğun tabanına yakın yerlerde (25-40 km. derinlikte, alt kabuk-üst manto sınırı) derin sil kompleksi içerisinde birikmesi ve alçak basınç fraksiyonel kristalleşmesi ile ayrımlaşması modeli düşünülmüştür. Ayrımlaşma ile altta ultramafik kümülatlar, üstte ise gabroik bileşimli magmalar oluşacaktır. Gabroyik bileşimli magmalar ya kalın kıtasal kabuğu geçerek yüzeye kadar çıkacak veya kabuk içerisinde siḡ derinliklerde üst sil kompleksi şeklinde birikecektir (Cox, 1980). Kabuğun inceldiği bölgelerde ise, pikritik özellikteki magmalar yüzeye kadar çıkabilemektedir.

Terzioğlu (1985), Reşadiye (Tokat) kuzeyinde Eosen yaşlı Hasanşeyh platabazaltlarının petrojenezi için önerdiği sil modelinde sillerin bölgeyi etkileyen kuzey-güney doğrultulu sıkışma tektoniğine bağlı olarak yerleştiğini belirtmektedir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde neotektonik dönemin başlangıcı sayılan Arabistan Levhası ile Anadolu Levhasının Orta Miyosen'deki çarpışması sonucu özellikle Doğu Anadolu'da sıkışmanın etkisiyle bir kabuk kalınlaşmasının olduğu ileri sürülmektedir (Şengör ve Kidd, 1979; Savci, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1983; Yılmaz, 1984; Ercan ve Asutay, 1993). Bu kabuk kalınlaşması ve sıkışma tektoniği Malatya volkanitlerinin oluşumunu sağlayan derin sil kompleksinin yerleşimine neden olmuştur. Volkanitlerde primer özellikte magmaların gözlenmemesi, kabuğun

incelme yerine kalınlaşmış olduğu fikrini desteklemektedir.

Bunlara ilave olarak, Sr içeriğinin nisbeten yüksek olması, Sr-Rb ilişkisinin düzensiz olması, benzer durumun K/Rb oranının DI değeri ile olan ilişkisinde de görülmesi, magmanın kalın kıtasal kabuk içerisinde geçerken kirlenmeye uğradığının göstergesi olarak yorumlanmıştır.

Çalışma alanındaki volkanitlere ait sınırlı sayıdaki analiz verilerine dayalı olarak petrojenetik bir model geliştirilmiş olmakla beraber, bölgesel ölçekte volkanizmanın petrojenezini belirlerken bu volkanitlerin devamı şeklinde düşünülen kalkalkali özellikteki Tunceli volkanitleri (Kürüm ve Bingöl, 1997) ve alkali özellikteki Elazığ volkanitlerinin (Akgül vd., hazırlanmakta) birlikte değerlendirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır.

5. KATKI BELİRTME

Yazarlar, bu çalışmayı maddi olarak destekleyen F.U. Araştırma Fonu Müdürlüğüne, paleontolojik tayinleri yapan Doç. Dr. Sefer Örçen'e (MTA) ve stratigrafi konusundaki yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. İbrahim Türkmen'e (F.U.) teşekkür ederler.

6. KAYNAKLAR

Alpaslan, M. ve Terzioğlu, N., 1996. Arguvan (Malatya kuzeyi) yöresinde Üst Miyosen ve Pliyosen yaşlı volkaniklerin karşılaştırılmalı jeokimyasal özellikleri. *Türkiye jeoloji Bülteni*, 39/2, 75-87.

Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst,

- R.J., 1979. *The interpretation of igneous rocks*. George Allen and Unwin Ltd., London, 450p.
- Cox, K.G., 1980. A model for flood basalt volcanism. *J. Petrol.*, 21, 629 - 650.
- Ercan, T. ve Asutay, H.J., 1993. *Malatya-Elazığ-Tunceli-Bingöl-Diyarbakır dolaylarındaki Neojen-Kuvaterner yaşı volkanitlerin petrolojisi*. A. Suat Erk Jeoloji Simpozyumu bildirileri, 291-302
- Fan, Q. and Hooper, R.P., 1991. The Cenozoic Basaltic Rocks of Eastern China. Petrology and Chemical Composition. *J. Petrology*, 32-4, 765-810.
- Hooper, R.P., 1988. Crystal fractionation and recharge (RFC) in the American Bar Flows of the Imnaha basalts. *J. Petrology*, 1097-1118.
- Irvine, T.N. ve Barager, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. Jour. Earth Scien.* 8, 523-548.
- Kipman, E., 1983. Keban'ın jeolojisi ve Keban şariyajı. *İ. Ü. Yer Bilim. Der.*, 1, 1-2, 75-81.
- Kistler, R.W., Ewerden, J.F. and Shaw, H.R., 1971. Sierra Nevada plutonic cycle. Part 1, Origin of composite granitic batholiths, *B.G.S.A.* 82, 853-68.
- Kürüm, S. ve Bingöl, A.F., 1996. Elazığ yakın kuzeybatisındaki volkanitlerin petrolojik özellikleri. *F.Ü. Fen ve Müh. Bil. Derg.*, 8-2, 83-98.
- McGetchin, T.R., Pepin, R.O., Phillips, R.J. et al., 1979. Basaltic volcanism on the terrestrial planets. *The Lunar and Planetary Inst.*, 1286pp.
- Meschede, M., 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chem. Geol.*, 56, 207-218.
- Middlemost, E.A.K., 1975. The basalt clan. *Earth Sci. Rev.* 11, 337-364.
- Naz, H., 1979. *Elazığ-Palu dolayının jeolojisi*. TPAO Arşivi Rap. No 1360 (yayınlanmamış).
- Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In *Andesites: orogenic andesites and related rocks*, R.S., Thorpe (ed.), 525-548. Chichester: Wiley.
- Pearce, J.A. and Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth Planet sci. Lett.*, 19, 290-300.
- Perinçek, D., 1979. *The Geology of Hazro-Korudağ-Çüngüş-Maden-Ergani-Hazar-Elazığ- Malatya area. Guide Book*, Tür. Jeol. Kur. Yayımları, 33s.
- Rittmann, A., 1962. *Volcanoes and their activity*; John Wiley and sons, 305. Newyork-London.
- Rittmann, A. and Villari, L., 1979. Volcanism as a tracer in geodynamic processes. *Geologie en Mijnbouw*, 58-2, 225-230.
- Savci, G., 1980. Doğu Anadolu volkanizmasının neotektonik önemi. *Yeryuvarı ve İnsan.*, 5/3-4, 46-49.
- Şengör, A.M.C. ve Kidd, W.S.F., 1979. Post-collisional tectonic of the Turkish-

- Iranian plateau and a comparision with Tibet; Tectonophysics.* 55, 361-376.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1983. *Türkiye'de Tetis'in Evrimi: Levha Tektoniği Açısından Bir Yaklaşım.* Türkiye Jeoloji Kurumu, Yerbilimleri Özel Dizisi: 1, 75s.
- Taylor, S.N. and McLennan, S.M., 1985. *The Continental crust: Its composition and evolution,* Oxford Press, 312pp.
- Terzioğlu, M.N., 1985. *Reşadiye (Tokat) kuzeyindeki Eosen yaşı Hasanşeyh platobazaltının mineralojik - petrografik ve jeokimyasal incelenmesi.* C. Ü. Müh. Fak. Der. Seri A, 2-1, 105-135.
- Turan, M., 1984. *Baskıl-Aydınlar (Elazığ) yöreninin stratigrafisi ve tektoniği.* Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst., 180s. (yayınlanmamış).
- Turan, M., Aksoy, E. ve Bingöl, A.F., 1995. *Doğu Torosların jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özelliklerini.* F. Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Der., 7-2, 177-199.
- Wilson, M., 1989. *Igneous petrogenesis.* Unwin Hyman, 466pp.
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1976. *Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements.* Chemical Geology, 20, 325-343.

ANKARA-TEMELLİ CİVARINDAKİ ÜST PLİYOSEN VE ALÜVYON BİRİMLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

R. Pelin BİLGEHAN ve Recep KILIÇ

A. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara/Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, yeni yerleşim alanı olarak düşünülen Ankara ili, Temelli beldesi sınırları içerisinde yüzeyleyen Üst Pliyosen ve Kuvaterner çökellerinin yatay ve düşey dağılımı ile jeoteknik özellikleri incelenmiştir.

İnceleme alanındaki Üst Pliyosen kılının ortalama birim hacim ağırlığı 20 kN/m^3 , özgül ağırlığı 2.70, gözenekliliği % 43, su içeriği % 26, ortalama kohezyonu 68 kN/m^2 ve içsel sürtünme açısı da 14 derecedir. 1.0 kg/cm^2 lik basınç altında hacimsel sıkışma katsayısı 0.0061-0.0088 cm^2/kg arasında serbest şıșme yüzdesi de % 1.83-2.7 arasındaadır. Birleşik zemin sınıflamasına göre çakılıt ve kumlu yüksek plastisiteli inorganik kil (CH) ve silt (MH) dir.

Kuvaterner alüvyonun ortalama birim hacim ağırlığı 19.38 kN/m^3 , özgül ağırlığı 2.69, gözenekliliği % 43, su içeriği % 28, ortalama kohezyonu 41 kN/m^2 ve içsel sürtünme açısı 5 derecedir. 1.0 kg/cm^2 lik basınç altında hacimsel sıkışma katsayısı 0.0102-0.0133 cm^2/kg arasında, serbest şıșme yüzdesi de % 0.5-0.95 arasındaadır. Alüyon birleşik zemin sınıflamasına göre çok az kumlu ve çakılıt düşük plastisiteli inorganik kil (CL) dir. 30 m kalınlığa varan alüyon içerisindeki yeraltı su seviyesi 1.50 m dir. Yeraltı suyu drenajı, zemin iyileştirmeleri ve temel tipi konularında öneriler getirilmiştir.

THE GEOTECHNICAL PROPERTIES OF UPPER PLIOCENE AND QUATERNARY ALLUVIUM DEPOSITES AROUND TEMELLI IN ANKARA

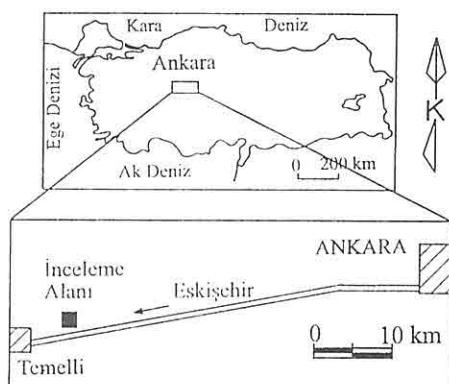
ABSTRACT: In this study, horizontal and vertical varying and geotechnical properties of the Upper Pliocene deposits and Quaternary alluvium located in Temelli, Ankara are investigated.

The mean of the unit weight is 20 kN/m^3 , specific gravity is 2.70, porosity is 43%, water content is 26%, cohesion is 68 kN/m^2 and internal friction angle is 14 degree, compressibility is between 0.0061-0.0088 cm^2/kg for 1.0 kg/cm^2 , swelling potential is between 1.83-2.70 % of Upper Pliocene deposits. The deposits are classified as sandy inorganic clay and silt with high plasticity (CH, MH).

The mean of the unit weight is 19.38 kN/m^3 , specific gravity is 2.69, porosity is 43%, water content 28%, cohesion is 41 kN/m^2 and internal friction angle is 5 degree, compressibility is between 0.0102-0.0133 cm^2/kg , swelling potential is between 0.5-0.95 % of the Quaternary alluvium. The alluvium is classified as gravelly and sandy inorganic clay and silt with low plasticity (CL, ML). The thickness of the alluvium is about 30 m and ground water level is about 1.50 m. The suggestions of dewatering, soil improvement technics and type of foundation are given.

1. GİRİŞ

İnceleme alanı Ankara-Temelli-Maliköy sınırları içerisinde, Ankara-Eskişehir devlet karayolunun 45. km' sinin kuzeyinde yer alır ve yaklaşık 70 km² lik bir alan kaplar (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanının yer belirleme haritası

Bu çalışmanın amacı, inceleme alanındaki birimlerin jeolojik ve jeoteknik özellikleri ile yeraltı suyu durumunu belirlemek, alanın yapılışmaya uygunluğu ve iyileştirme yöntemleri hakkında öneriler getirmektir.

Bu amaçla birimlerin yatay ve düşey yönündeki dağılımını belirlemek üzere temel sondajları yapılmış, gözlem ve numune çukurları açılmıştır. Alınan zemin numunelerinin fiziksel, mekanik ve oturma özellikleri ile belirlenebilen tanımlayıcı özellikler yardımcı ile diğer özelliklerin hesaplanabilmesi için bu özellikler arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile incelenmiştir.

2. JEOLOJİ

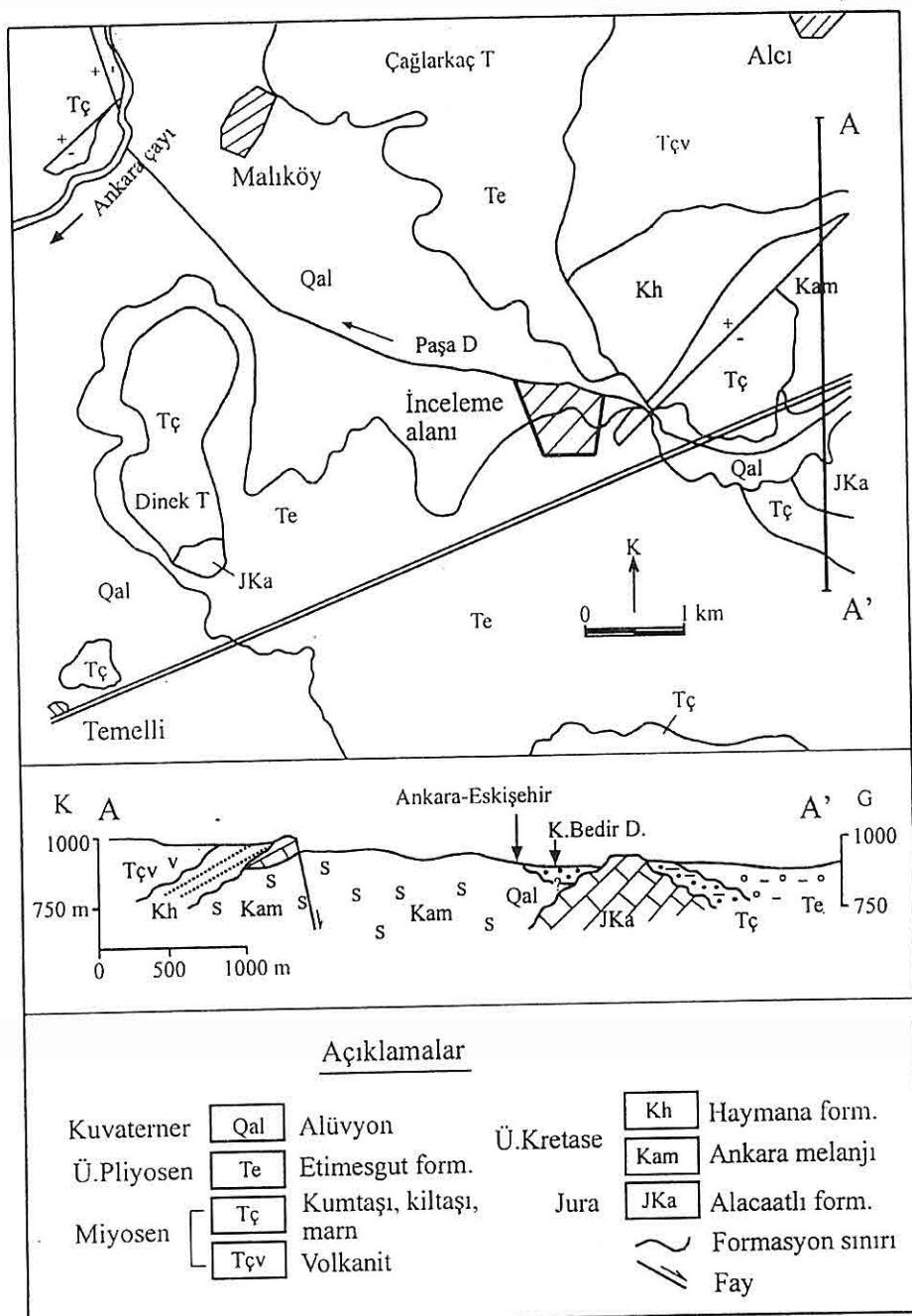
İnceleme alanının yakın çevresinde Üst Pliyosen çökelleri ile alüvyon altında,

yaşlıdan gence doğru, çakıltaşı, kumtaşısı, killi ve kumlu kireçtaşları ile kireçtaşından oluşan Jura yaşı Alacaatlı formasyonu (Batman ve dig., 1978), başlıca pelajik kireçtaşları ve radyolarit blokları, diyabaz, gabro ve tamamen serpentinleşmiş peridotitlerden oluşan Alt Kretase yaşı Ankara melanjı, çakıltaşı, kumtaşısı ve seyllerden oluşan Üst Kretase yaşı Haymana formasyonu (Ünalan ve dig., 1976) andezitik lav, aglomera ve tuf ile başlayıp, üste doğru kireçtaşları, marn, kumtaşısı, çakıltaşı, kiltaşı ve tüflerle devam eden Miyosen yaşı Çobantepe formasyonu bulunur (Erol ve dig., 1980).

Üst Pliyosen yaşı açık kahverengi, beyaz renkli, az kumlu ve çakılı, yer yer ince çakıl ve kum bantları bulunduran kil, Miyosen üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Erol ve dig., 1980). İnceleme alanında Mamak tepe, Kuş tepe, Paşa tepe, Çoban tepe, Kocaarkaç sırtı ve çevresinde geniş bir alanda yüzeyleyen Üst Pliyosen çökelleri gevşek çimentolu kumtaşısı, çakıltaşı, silt ve killerle temsil edilmiştir. Yeraltı suyunun olduğu kesimlerde yumuşak ve sert plastik kıvamda gözlenir. Yeraltı suyunun olmadığı yerlerde sert plastik ve katı kıvamdadır. Kilin üst seviyelerinde yer yer kaliçi oluşumu gözlenir. İnce çakıl ve kum volkanik kökenlidir.

Üst Pliyosen açık kahverengi kili ve kırmızı renkli, çakılı kil üzerinde Kuvaterner yaşı gri, yeşilimsi ve sarı renkli siltli, az kumlu ve çakılı kil gelir. Alüvyon siltli kili yeraltı suyu bulundurur. Alüvyonun kalınlığı sondaj verilerine göre 14 m den fazla olup jeofizik rezistivite değerlerine göre 30 m civarındadır (Şekil 2). İnceleme alanı 4. derece deprem bölgesinde yer almaktadır.

ANK.TEMELLİ CİVARINDAKİ Ü.PLİYOSEN VE ALÜVYON BİRİMLİ JEOTEKNİK ÖZELL.



Şekil 2. İnceleme alanı jeoloji haritası ve kesiti

3. TEMEL SONDAJLARI

İnceleme alanında 10 noktada, derinlikleri 9.00-14.00 m arasında değişen, toplam 100 m temel sondajı açılmıştır (Şekil 3). Açılan sondaj kuyularının numarası, kotu, derinliği ve yeraltı suyu durumu Tablo 1. de verilmiştir.

Tablo 1. Sondaj kuyularının numarası, kotu, derinliği ve yeraltı suyu seviyeleri

Sondaj no	Kotu (m)	Derinlik (m)	YASS (m)
SK1	778.65	14.00	1.50
SK2	774.90	12.00	1.50
SK3	770.50	10.00	1.50
SK4	769.25	9.00	2.20
SK5	773.00	9.00	3.50
SK6	772.90	10.00	-
SK7	771.10	9.00	1.50
SK8	774.00	9.00	-
SK9	791.50	10.00	-
SK10	776.00	9.00	2.50

4. NUMUNE ÇUKURLARI

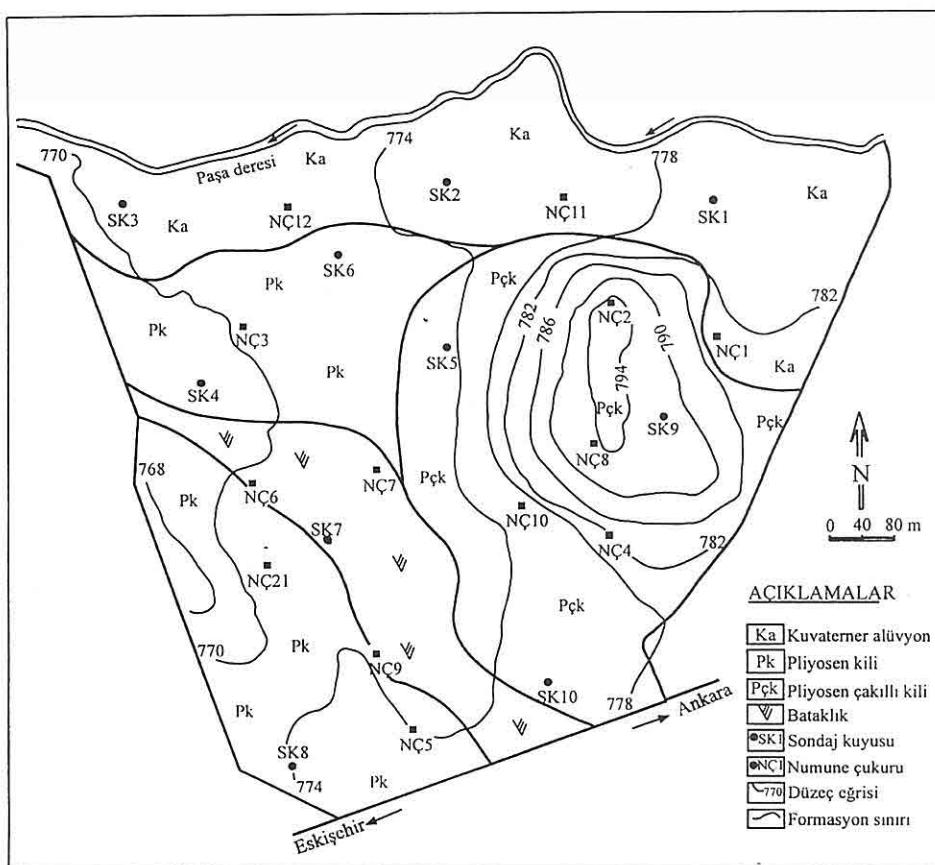
İnceleme alanındaki jeolojik yapıyı belirlemek, birimlerin yatay ve düşey yönde dağılımını tespit etmek, birimleri temsil eden numuneler almak, yeraltı suyu varlığını ve seviyesini belirlemek amacıyla ile derinliği 2.80 m ile 3.00 m arasında değişen 13 noktada gözlem ve numune çukuru açılmıştır. Numune çukurlarının numarası, kotu, derinliği ve yeraltı suyu seviyeleri Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Numune çukurlarının numarası, kotu, derinliği ve yeraltı suyu seviyeleri

Numune Çukuru	Kotu (m)	Derinliği (m)	YASS (m)
NÇ1	783.60	3.00	-
NÇ2	795.00	2.80	-
NÇ3	770.20	3.00	-
NÇ4	782.00	3.00	-
NÇ5	774.00	2.90	-
NÇ6	770.50	3.00	Yüzeyde
NÇ7	771.00	3.00	Yüzeyde
NÇ8	792.75	2.80	-
NÇ9	773.00	3.00	-
NÇ10	776.50	2.90	-
NÇ11	776.50	3.00	1.50
NÇ12	772.55	3.00	1.50
NÇ21	772.25	3.00	1.50

5. LABORATUVAR İNCELEMELERİ

Sondajlardan alınan örselenmemiş (UD) ve örselenmiş (D) numunelerin sınıflama için ıslak elek analizi, likit limit (LL), plastik limit (PL), plastisite indisi (PI), fiziksel özelliklerden tabii su içeriği (ω_n), tabii birim hacim ağırlığı (γ_n), özgül ağırlığı (G_s), Konsistans (K), Aktivite (A) ile mekanik özelliklerinden kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ), konsolidasyon özelliklerinden şışme yüzdesi, hacimsel sıkışma katsayısı (m_v), konsolidasyon katsayısı (c_v) ilgili Türk standartlarına göre belirlenmiştir. Üst Pliyosen kilinden 26 adet, Kuvaterner alüvyondan 16 adet numune üzerinde laboratuvara yapılan incelemelerden elde edilen sonuçlar Tablo 3' de verilmiştir.



Şekil 3. İnceleme alanının mühendislik jeolojisi haritası

6. JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMELER

İnceleme alanında, Üst Pliyosen yaşı birleşik zemin sınıflamasına göre yüksek plastisiteli inorganik kil (CH) ve yüksek plastisiteli inorganik silt (MH) in su içeriği plastik limit değerlerine göre daha düşük olup "plastik" kıvamdadır. Konsansı ortalama 1.30 dur ve buna göre zeminin kıvamı "yarı katı"dır. Kohezyonu ortalama 68 kN/m^2 , içsel sürtünme açısı 14 derecedir. Üst Pliyosen kilinin XRD analiz sonuçlarından

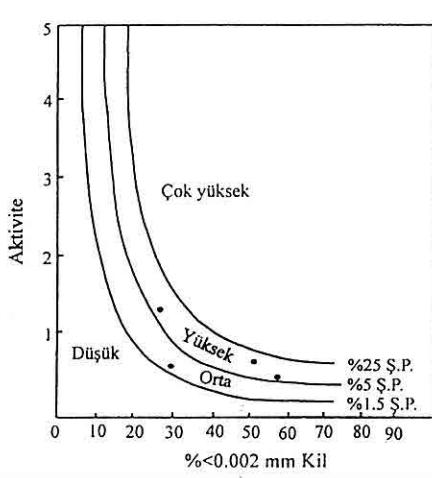
yarı kantitatif olarak hesaplanan mineralojik bileşimi % 35 smektit, % 22 kalsit, % 17 mika, % 14 kuvars ve % 12 feldspattır. Aktiviteye göre birimin %57'si "aktif olmayan kil", % 29'u "aktif kil" ve % 14'ü de "normal kil" grubundadır (Şekil 4). Plastisite indisi-kil miktarı (%<0.002 mm) ilişkisine göre birimin % 57'si orta ve % 43'ü yüksek şisme potansiyeline sahiptir (Şekil 5). Likidite indisi değerlerine göre kil "aşırı konsolidé" ve "yüksek düzeyde aşırı konsolidé"dir.

Tablo 3. Zemin guruplarının jeoteknik özelliklerinin istatistiksel dağılımı

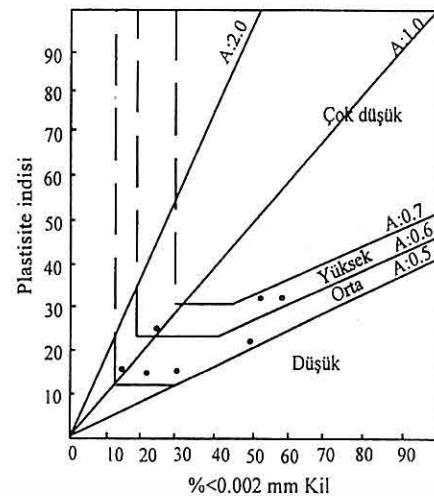
ÖZELLİKLER	Üst Pliyosen Kili			Alüvyon		
	En az	En çok	A. ort.	En az	En çok	A.ort.
Çakıl % si	0	34	8	1	18	3.6
Kil % si	14	57	34	9	55	29
Likit limit (LL) %	43	82	61	36	59	43
Plastik limit (PL) %	22	48	3	21	29	25
Plastisite indisi (PI) %	17	38	27	11	30	19
Likitide indisi LI %	-1.1	0.8	-0.27	-0.23	0.45	0.21
Tabii su içeriği (ω_n) %	8	44	26	16	33	28
Tabii birim hacim ağı. (γ_n) kN/m ³	18.9	21.7	20	18.5	20	19
Özgül ağırlık (Gs)	2.69	2.71	2.70	2.69	2.70	2.70
Boşluk oranı (e) %	57	89	74	53	87	75
Doygunluk derec. (Sr)%	101	106	104	105	105	105
Konsistans (K) %	0.88	2.1	1.30	0.61	1.13	0.82
Aktivite (A) %	0.65	0.71	0.68	0.66	3.25	1.31
Kohezyon (c) kN/m ²	1.35	185	68	20	60	41
İçselsürtünme açısı(ϕ) derece	7	35	14	2	10	5
SPT darbe sayısı (N)	21	54	34	4	24	11
Şişme % si	1.83	2.7	2.3	0.50	0.95	0.73
Hacimsal sıkışma kats. (m_V) cm ² /kg	0.004	0.0105	0.0074	0.0086	0.0162	0.0124
Konsolidasyon katsayısı, (c_v) cm ² /kg	7.65	8.23	7.94	3.31	4.11	3.71

İnceleme alanındaki Kuvaterner yaşılı, birleşik zemin sınıflamasına göre düşük plastisiteli inorganik kil (CL) grubunda olan siltli kil, sarı, gri ve yeşilimsi renklerde görülmektedir. Bu birim yeraltı suyu bulundurmaktadır ve yeraltı suyu seviyesi Şubat 1996' da ortalama 1.50 m dir. Plastisite indisi %11 ile %30 arasında değişen zemin, "plastik pelte" veya "akıcı" kıvamdadır. Konsistansı ortalama 0.82 olup, zeminin kıvamı "yumuşak plastik" veya "sert plastik" arasındadır.

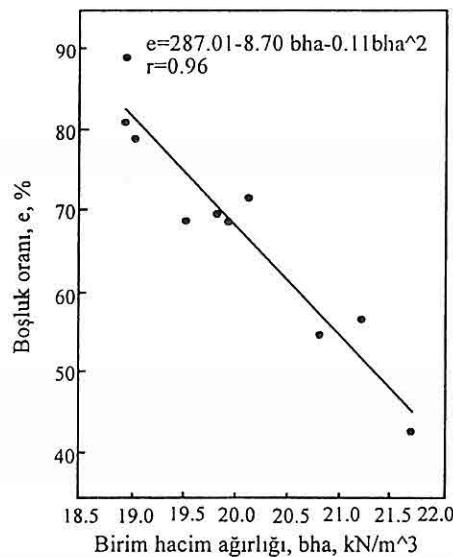
Kohezyonu ortalama 41.00 kPa, içsel sürtünme açısı da 3 derecedir. XRD graflarının yarı kantitatif analiz sonuçlarına göre Kuvaterner alüvyonlarının % 40 smektit, % 17 feldspat, % 12 kuvars, %25 kalsit ve % 6 mika içeriği belirlenmiştir. Aktivite-kil miktarı ilişkisine göre birimin % 70' i orta şişme potansiyeline sahiptir (Şekil 8). Alüvyonun plastisite indisi-kil miktarı ilişkisine göre % 60' i orta şişme potansiyeline sahiptir (Şekil 9). Likidite



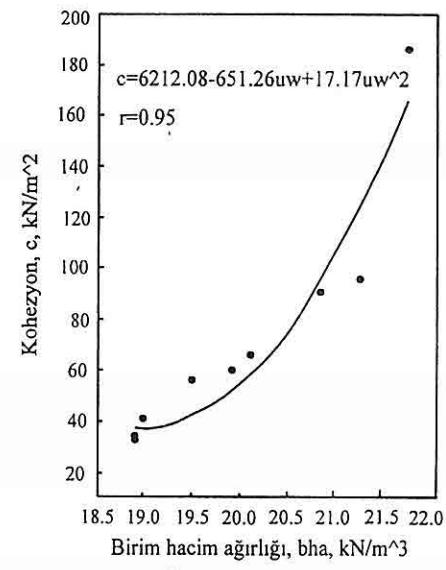
Şekil 4. Üst Pliyosen kilinin şişme potansiyeli



Şekil 5. Üst Pliyosen kilinin plastisite indisi-kil içeriği ilişkisi



Şekil 6. Üst Pliyosen kilinin birim hacim ağırlığı - boşluk oranı ilişkisi



Şekil 7. Üst Pliyosen kilinin kohezyon birim hacim ağırlığı ilişkisi

indisi değerlerine göre birimin tamamı “aşırı konsolidé” dir. Aktiviteye göre Kuvaterner alüvyonunun % 50’si “aktif kil”, % 25’i “normal kil”, % 25’i de “aktif olmayan kil” grubundadır.

7. JEOTEKNİK ÖZELLİKLER ARASI İLİŞKİLER

Üst Pliyosen kılının ve alüvyonun özellikleri arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile incelenerek elde edilen bağıntılar regresyon katsayıları ile birlikte Şekil 6, 7 ve 10’da verilmiştir. Bu bağıntılar yardımcı ile kolayca belirlenebilen birim hacim ağırlığı yardımcı ile boşluk oranı ve kohezyon hesaplanabilmektedir.

8. EMNİYETLİ TAŞIMA GÜCÜ VE OTURMA MİKTARI

İnceleme alanında yer alan her iki birim için taşıma gücü değerleri ve oturma miktarları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplama larda Terzaghi ve Peck (1948) bağıntısı kullanılmıştır.

Alüvyonun taşıma gücü $q_{ult} = 0.88 \text{ kg/cm}^2$ civarındadır. Temel derinliğinin 3 m olduğu kabul edilirse taşıma gücü

$$q_{ult} = 1.03 \text{ kg/cm}^2$$

dir. Güvenlik sayısı 3 olarak alındığında zeminin emniyet gerilmesi

$$q_{emn} = 0.34 \text{ kg/cm}^2 \text{ dir.}$$

Zeminde zamanla beklenebilecek oturma miktarı

$$S = 3.88 \text{ cm}$$

ve $\Delta p = 1 \text{ kg/cm}^2$ ve $m_v = 0.0085 \text{ cm}^2/\text{kg}$ olarak alındığında

$$S = 12.75 \text{ cm olacaktır.}$$

Alüvyondaki temel kazılarında 90 derecelik şev düşünüldüğünde ortalama

kohezyon ($c_{ort} = 14 \text{ kPa}$) için kritik şev yüksekliği

$$H_c = 2.70 \text{ m olarak hesaplanmıştır}$$

Üst Pliyosen kılının taşıma gücü temel derinliği 3 m olarak kabul edilirse

$q_{ult} = 4.17 \text{ kg/cm}^2$ dir. Güvenlik sayısı 3 olarak alındığında zeminin emniyetli taşıma gücü

$q_{emn} = 1.39 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunur. Zeminde zamanla beklenebilecek oturma miktarı

$S = 1.83 \text{ cm}$ dir. Üst Pliyosen kılinde açılacak 90 derecelik bir şevin kritik yüksekliği ortalama 81 kPa kohezyon değeri için,

$$H_c = 15.62 \text{ m dir.}$$

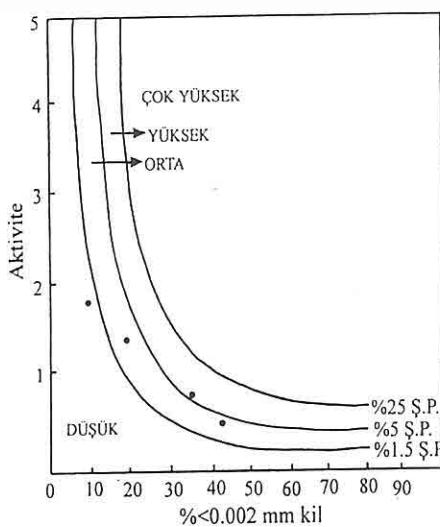
10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ile öneriler aşağıda özetlenmiştir.

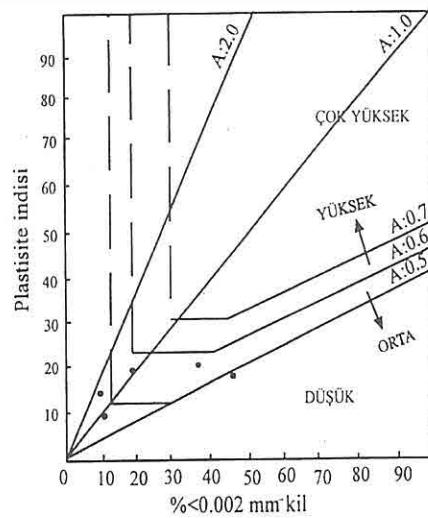
1. İnceleme alanında temeli Üst Pliyosen yaşı kıl oluşturur. Bu birim birleşik zemin sınıflamasına göre “çakılı ve kumlu yüksek plastisiteli inorganik kıl (CH) ve silt (MH)” dir. Üst Pliyosen üzerinde Kuvaterner yaşı “çok az kumlu ve çakılı, düşük plastisiteli inorganik kıl (CL)” mevcuttur. Alüvyonun kalınlığı jeofizik rezistivite verilerine göre 30 m civarındadır.

2. Üst Pliyosen kılının su içeriği % 8 ile % 44 arasında değişmektedir. Kıl “plastik” kıvamdadır. SPT N değeri ortalama 34 dür. Şişme yüzdesi 1.83 ile 2.7 arasında değişmektedir. 1 kg/cm^2 lik basınç altında hacimsel sıkışma katsayıları 0.0061 - 0.0088 cm^2/kg arasında değişmektedir.

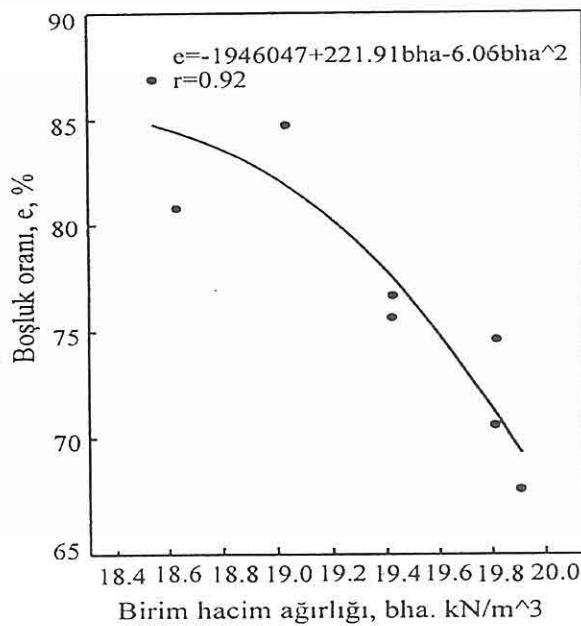
3. Alüvyonun su içeriği %16 ile %33 arasında, plastik limiti (PL) %21 ile %29



Şekil 8. Alüvyon aktivite-kil içeriği ilişkisi



Şekil 9. Alüvyonun plastisite indisi - kil içeriği ilişkisi



Şekil 10. Alüvyonun boşluk oranı-birim hacim ağırlığı ilişkisi

arasında değişmektedir. Alüvyon kılının kıvamı “yumuşak plastik” veya “sert plastik” dir. SPT N değeri ortalama 11’ dir. Yeraltı su seviyesi 1.50 m dir. 1 kg/cm², lik basınç altında hacimsel sıkışma katsayısı 0.0102-0.0133 arasında ve şişme yüzdesi de 8 ile 9.5 arasındadır.

4. Üst Pliyosen kılindeki 90 derece şev için kritik yükseklik 15.62 m, emniyetli taşıma gücü 1.39 kg/cm² ve 1 kg/cm² gerilme altında oturma 1.83 cm dir. Alüvyondaki 90 derece şev için kritik yükseklik 2.70, emniyetli taşıma gücü 0.34 kg/cm² ve 1 kg/cm² gerilme altında oturma miktarı 12.75 cm dir. Alüvyonda yeraltı suyu yüksekliği 1.50 m dir.

5. Üst Pliyosen kili üzerindeki yapılarda çakıl ve kum merceklerinin kalınlığının yatay ve düşey yönde sıkça değiştiği göz önüne alınarak farklı oturmaların önlenmesi için mütemadi temel tipi seçilmelidir. Çok katlı yapılar düşünüldüğünde kazık temel uygun olacaktır.

6. Alüvyonda yeraltı su seviyesi 1.50 m olup mevsim şartlarına göre seviye yükseltebilecektir. Paşa deresinden devamlı yeraltı suyu beslemesi olacaktır. Taşıma gücü, oturma miktarı ve yeraltı suyu durumu göz önüne alındığında alüvyon üzerine bodrumlu yapı yapılmamalı ve yapılar çok katlı seçilmemelidir. Temeldeki sıyırmaya kazısı

yapıldıktan sonra stabilize malzeme ile dolgu yapılması, geogrid ve/veya geotekstil ile desteklenmesi, yapıların yeraltı suyundan korunması için jeomembran veya benzeri malzemelerle yalıtımın yapılması uygun olacaktır. Çok katlı yapılar için kazıklı temel tercih edilmelidir.

10. KAYNAKLAR

Batman, B., Kulaksız, S. ve Görmüş., S., 1978, Alacaatlı Yöresinde (SW Ankara) Jura-Kretase Yaşılı İstifin Deformasyon Özelliklerine İlişkin Bir İnceleme. Yerbilimleri, 4/12, 135-153.

Coduto, D. P., 1999, Geotechnical Engineering, Principles and Practices, pp.670-671, Prendice-Hall Ins. New Jersey.

Erol, O., Yurdakul, E., Algan, Ü., Gürel, N., Herece, E., Tekirli, E., Ünsal, Y. ve Yüksel, M., 1980, Ankara Metropoliten Arazi Kullanım haritası, M.T.A. Enst. Raporu, No:6875. 99 s., Ankara.

Terzaghi, K. and Peck, R., B., 1948, Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons, New York.

Ünalan, G., Yüksel, V., Tekeli, T., Gönenç, O., Seyiri, Z. ve Hüseyin, S., 1976, Haymana-Polatlı Yöresinin (GB Ankara) Evrimi. Türkiye Jeol. Kur. Bült. 19/2, 159-179. Ankara.

DENİZEL BİYOFAŞİYEDE BAKIRIN DAĞILIMI VE KONSANTRASYONU

Saday ALİYEV

*A. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara/Türkiye
Azerbaycan Bilimleri Akademisi, Jeoloji Enstitüsü, Bakü/Azerbaycan*

Ali SARI

A. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara/Türkiye

ÖZET: Bu makaledeki biyojeokimyasal çalışmalar genellikle güncel deniz molluskaları üzerinde yapılmıştır. Gerek farklı cinslere özgü türler ve gerekse aynı cinsi temsil eden türlerin kavşaklarının içerdiği bakır yüzdesleri farklı değerlerdedir. Deniz ekosistemde bu organizmalar ortamın bakır değerleriyle sürekli bir denge halindedirler. Örneğin kum fasiyesinden kil fasiyesine geçişlerde bakırın artışı bu fasiyelerde bulunan molluskların kayıklarında bir denge oluşturur. Organizmaların ontogenetik gelişiminin daha genç çağlarında bakırda daha fazla ihtiyaç duyduğu belirtilmektedir. Mollusklerde bakırın yüzdesinin deniz suyundakine oranı BBO (Biogenik Biriktirme Oranı) çok yüksektir (2000 - 8200). Bakır doğada fevkalade bir biyojen metal olarak organizma - ortam sisteminde büyük bir öneme sahiptir. Sonuç olarak bakır çevre jeokimyası, litofasiyes özellikleri ve ayrıca cevher yataklarının tetkik ve arama çalışmalarında bir kısım olarak kullanılabilir.

DISTRIBUTION AND CONCENTRATION OF COPPER IN THE MARINE BIOFACIES

ABSTRACT: This paper deals with the biogeochemical aspects of modern marine mollusca fauna. Shells of the species belonging to either the same genus or different other genera contain various amounts of copper. These organisms keep a balance with the Cu content of the environment of marine eco-system. For instance, the increase in copper through the transition from the sand facies into the clay facies results in an equilibrium in the shells of mollusca. It is known that the copper consumption is excessive at the younger stages of auto genesis evolution of organisms. The ratio of the copper content of mollusca shells over the copper content of seawater is substantially high (2000 to 8200 %). Copper, as a biogenic metal in the nature, has an extraordinary value in the organism - environment system. Copper can be utilized as a guide element through studies such as environmental geochemistry, lithofacies features as well as the exploration and investigation of ore deposits.

1. GİRİŞ

Yerkabığında ve genellikle biyosferdeki canlıların jeokimyasal faaliyetleri oldukça önemlidir. Örneğin, birçok maden yatakları, tortul kayaçları, biyolitler, fotosentez olayları vb. organizmaların jeokimyasal faaliyetleri olarak ortaya çıkmaktadır. Bu faaliyet denizel çökel oluşumu ortamında daha önemlidir. Denizel ekosistemde organik ve inorganik unsurlar kapalı bir termodinamik ortama sahip olup, kendi aralarında türlü ilişkilerde bulunmaktadır. Ortamdaki bütün fizikokimyasal ve jeokimyasal gelişmelerin izlenmesinde ve açıklanmasında organizmalar daha belirtikendirler. Denizel ortam koşulları organizmaların tüm olarak gelişiminde aşırı rol oynamalarına rağmen onlar kendi verilerini, değerlerini muhafaza etmektedirler. Tabiki ortamda oluşan her türlü fizikokimyasal, jeokimyasal, tektonik vb. gibi etken faktörlerin durumuna yönelik organizmalar da bu koşullardan türlü derecede etkilenmektedirler. Ortamın değişik dış faktörlerinin etkisine karşı organizma tarafından yürütülen mücadelede bir kısım organizmalarda morfo-fanksiyonal yapıları değişimlere uğrarken, bu ortamda yaşamsal faaliyetlerini devam ettiremeyen bazı taksonlar ise ölürlər. Ve böylece türün, cinsin taksonomik yapısında yeni değişiklikler oluşur. Bu açıdan taksonların yalnızca morfo-fanksiyonal yapısında değil, aynı zamanda onların kimyasal ve mineralojik değerlerinde de kesin farklılıklar meydana gelir (Vernadski,1926; Vinogradov,1934).

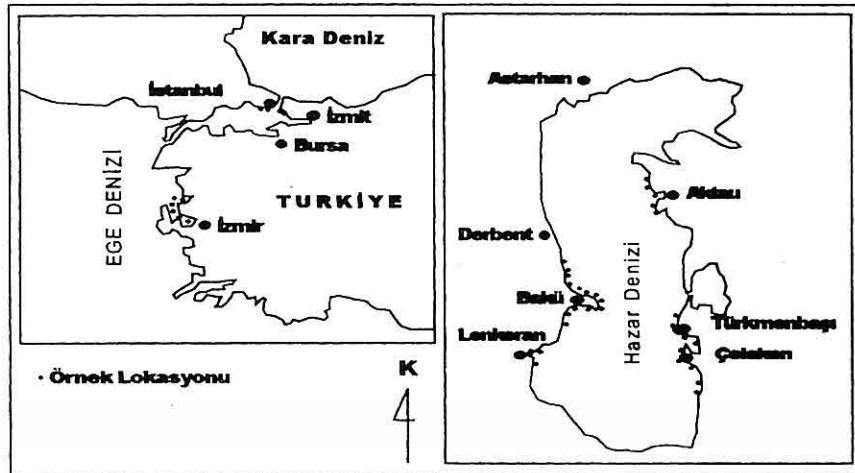
Ortamdaki termodinamik koşulların değişimi sonucunda organizmaların kazandıkları niteliklerin neticesinde havzaların paleofasiyes, biyofasiyes ve de çökellerin biyostratigrafik sorunları çözülmektedir.

Bu açıdan, yani organizma - ortam arasındaki ilişkilerin biyojeokimyasal yöntemlerle incelenmesi istikametinde, iletilen bu materyallerde güncel denizel molluskların kavaklılarında bakırın dağılımına ait yapılmış araştırmaların sonuçları yansıtılmaktadır.

Bakır bir biyoelement olmakla beraber, mineralleşme zonları oluşturan ve çevre vb. bakımından önem taşıyan bir kimyasal element olarak tanımlanlığı için bakırla ilgili türlü alanda çalışmaların yapılması çok önemlidir. Bu açıdan bakırın denizel biyofasiyeste de dağılımı ve konsantre olma özellikleri ve bu hususta biyotik ve abiyotik unsurlarının denetlenmesi gerekmektedir. Canlı alemdə bakırın ortalama yüzdesi $n \times 10^{-3} - 10^{-4}$ arasında değişirken, hidrosferde $\% 3.10^{-7}$, litosferde $\% 1.10^{-2}$ ‘dir. Canlı maddede çok az miktarda bulunmasına ve zehirleyici olmasına rağmen, bakır bir biyoelement olarak insan, hayvan ve bitki organizmalarında çok önemlidir. Şöyledi, kan dolaşımında, hormonların, vitaminlerin, homosianın maddesinde, canlıların gelişiminde, çoğalmasında, yaşam süresinin uzun olmasında yüksek derecede katkıda bulunan çok gereklili bir metaldir (Aliyev,1992). Bakır organizma - ortam sisteminde jeokimyasal dengeyi belirten esas elementlerden de biridir. Bu araştırmada bakırın yüzde miktarlarının

değişiminin açıklamak amacıyla organik ve inorganik (iç ve dış faktörler) etgenler incelenmiştir. Bundan başka, biyojeokimyasal kriterler de dikkate alınmıştır.

Biyojeokimyasal araştırmalar genellikle güncel mollusklerden Cardium, Didacna, Monodacna, Dreissena, Mytilaster v.b gibi birçok örnekte yapılmıştır. Örnekler genellikle Hazar, Ege ve Marmara denizlerinden alınmışlardır (Şekil 1).



Şekil 1. Hazar, Ege ve Marmara denizlerinden derlenen örnek lokasyonu haritası

Yapılan incelemelerde daha detaylı sonuçlara ulaşmak amacıyla Atlantik, Hint ve Büyük okyanuslarda, Japon, Karadeniz ve Akdenizde yaşayan mollusk türleri de kullanılmıştır.

2. BİYOTİK FAKTÖRLER

Bakırın fizyolojik açıdan dağılımını belirtmek için organizmalara özgü olan özellikler tek tek incelemiştir. Aynı biyotopa mahsus olan ve aynı fiziksel kimyasal - ortamda yaşamını sürdürün bir biyosenoz içinde incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla çeşitli bölgelerde yaşayan aynı türlerdeki değişimler de belirlenmiştir. Aynı ve farklı ortamlarda yaşayan değişik ve aynı taksonlar'da bakırın dağılımı Tablo 1, 2, 3 ve Şekil 2' de verilmiştir.

2.1. Tablolardan ve Şekillerden Yorumlanması

Tablo 1, 2 ve 3 ve Şekil 2' den görüldüğü gibi, her türün % Cu değerleri farklıdır. Gerek Hazar, Ege, Marmara ve gerekse diğer havzalarda aynı ve değişik taksonlarda Cu'un konsantrasyonu farklı durumdadır. Örneğin, Japon denizinin Doğu körfezinde bulunan mollusk türlerinde bakırın miktarı (% ile) $1,0 \times 10^{-3}$ ile $2,45 \times 10^{-3}$ arasında, Karadeniz mollusklerinde $0,85 \times 10^{-3}$ ile $1,30 \times 10^{-3}$ arasında, Akdeniz bölgelerinden alınmış örneklerde ise $0,70 \times 10^{-3}$ - $1,95 \times 10^{-3}$ arasında değişmektedir.

Tablo 1. Orta ve Güney Hazar denizinin değişik ortam koşullarında yaşayan molluskların kavkalarında Bakırın ortalama yüzdeleri (%).

Güncel Mollusk Türleri	Bölge	Tuzluluk, %	Sıcaklık, °C	pH	Cu, %, 10-3
Cardium edule	Bilgeh	12.47	13.3	7.86	0.5
Didacna trigonoides	"	12.47	13.3	7.86	0.6
Monodacna edentula	"	12.47	13.3	7.86	1.4
Mytilaster lineatus	"	12.47	13.3	7.86	0.3
Cardium edule	Sumgayıt	12.41	17.8	7.84	2.7
Didacna trigonoides	"	12.41	17.8	7.84	3.0
Monodacna edentula	"	12.41	17.8	7.84	1.2
Mytilaster lineatus	"	12.41	17.8	7.84	2.2
Cardium edule	Nabran	12.34	13.4	7.94	4.2
Didacna trigonoides	"	12.34	13.4	7.94	1.5
Monodacna caspia	"	12.34	13.4	7.94	2.0
Mytilaster lineatus	"	12.34	13.4	7.94	4.0
Cardium edule	Şikov	12.51	12.2	8.04	1.0
Didacna trigonoides	"	12.51	12.2	8.04	0.8
Monodacna edentula	"	12.51	12.2	8.04	0.6
Mytilaster lineatus	"	12.51	12.2	8.04	0.2
Cardium edule	Sangaçal	12.70	16.2	8.00	1.5
Didacna trigonoides	"	12.70	16.2	8.00	0.2
Monodacna edentula	"	12.70	16.2	8.00	3.5
Dreissena caspia	"	12.70	16.2	8.00	3.5
Mytilaster lineatus	"	12.70	16.2	8.00	2.5
Cardium edule	Türkmenistan	12.50	15.2	8.15	0.5
Mytilaster lineatus	"	12.50	15.2	8.15	0.6
Didacna trigonoides	"	12.50	15.2	8.15	1.2
Monodacna edentula	"	12.50	15.2	8.15	1.6

Bakırı bölgесел olarak en çok biriktiren organizmalardan Japon denizinde: *Venerupis japonica* (% $1,97 \times 10^{-3}$), *Acmaea polida* (% $2,20 \times 10^{-3}$), *Swiftopecten swifti* (% $2,45 \times 10^{-3}$); Akdenizde: *Chione* (% $1,91 \times 10^{-3}$), *Cerithium* (% $1,95 \times 10^{-3}$), İzmir Körfezinde: *Gibbula* (% $1,29 \cdot 10^{-3}$) ve

Trochus (% $1,45 \times 10^{-3}$), *Donax variegatus* (Marmara, % $0,95 \times 10^{-3}$); Hazar Denizi bölgelerinde: *Monodacna caspia* (% $2,0 \times 10^{-3}$), *Cardium edule* (% $2,47 \times 10^{-3}$; $4,2 \times 10^{-3}$), *Mytilaster lineatus* (% $2,2 \times 10^{-3}$; $4,0 \times 10^{-3}$) vb. göstermektedir. Bakırın en büyük değişim oranı Hazar Denizi örneklerinde

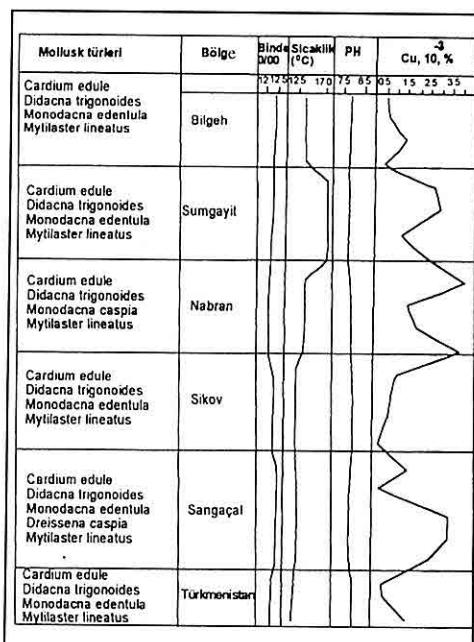
belirlenmiştir (% $0,2\text{--}3,5 \times 10^{-3}$). Böylece, bu incelemeden dolayı bakırın miktarı bakımından aynı ve değişik biyotop mensuplarının taksonomik açıdan çok farklı durumda oldukları görülmektedir. Bir başka deyişle, bir taraftan benzer

ortamlarda bulunan çeşitli türler değişik miktarda bakır sahip iken, farklı fizikokimyasal ortamlarda yaşayan aynı türler de bakırın farklı değerlerine sahip olmaktadır.

Tablo 2. Çeşitli denizlerde yaşayan molluskların kavkalarında Bakırın ortalama dağılımı (%).

Cins ve Türleri	Denizler	Cu, %, 10^{-3}	BBO (Denizsuyundakilere göre $3 \cdot 10^{-3}$)	Denizlerin tuzluluğu, %
Cardium edule	Hazar	1.30	4300	12.0
Mytilaster lineatus	"	0.90	3000	12.0
Cardium edule	Marmara	0.60	2000	28.0
Venus dysepa	(İst.Boğ. Böl.)	0.62	2060	28.0
Mytilus edulis	"	0.75	2500	28.0
Donax variegatus	"	0.95	3160	28.0
Cardium edule	Ege (İzmir)	1.22	4060	32.0
Mytilus galloprovincialis	"	0.75	2500	32.0
Mactra corallina	"	0.62	2060	32.0
Cerithium	"	1.00	3300	32.0
Patella	"	1.22	4060	32.0
Trochus	"	1.25	4230	32.0
Gibbula	"	1.29	4300	32.0
Mytilus edulis	Karadeniz (Odessa böl.)	1.15	4000	20.0
Mytilus galloprovincialis	"	1.30	4300	20.0
Ostrea edulis	"	0.85	2800	20.0
Chione gallina	Akdeniz	1.22	4060	20.0
Mytilus galloprovincialis	(Elcezair havzası)	0.70	2300	38.2
Cerithium	"	1.95	6500	38.0
Gibbula	"	1.15	4000	38.0
Pectunculus	"	1.22	4060	38.0
Chione	"	1.91	6350	38.0
Oliba	"	1.00	3300	38.0

Örneğin, *Cardium edule* mollusklarının kavkalarında Cu'ın dağılımı özellikleri incelendiğinde. *Cardium edule* yaşam tarzına göre kozmopolit bir deniz hayvanı olarak çok değişik koşullara sahip ortamlarda bulunmaktadırlar. Gerek Hazar, Ege ve gerekse Marmara Denizlerinde yaşayan mollusklerde bakırın yüzdesi çok değişkendir (Aliyev ve Sarı, 1998).



Şekil 2. Orta ve Güney Hazar Denizi' nin değişik tuzluluk ortamlarında yaşayan mollusklerin kavkalarında bulunan Cu'ın ortalama yüzdesi (%).

Hazar Denizinin değişik bölgelerine özgü olan *Cardium edule*' de Cu niteliği şöyledir: % 0,0025 (Sumgayıt), % 0,0006

(Aktau), % 0,0007 (Çeleken), % 0,0004 (Lenkeran), % 0,006 (Şikov) vb. dir. Ege Denizi (İzmir bölgesi) örneğinde % 0,0012, Marmara (İstanbul Boğazı bölgesi) örneğinde % 0,00062 Cu saptanmıştır. Görüldüğü gibi, Ege (İzmir Körfezi) ve Hazar Denizi Cu yüzdeleri bakımından benzerlik gösterirken, İstanbul Boğazı sahası çok farklıdır. İstanbul Boğazındaki *Cardium edule* türleri Cu'ı iki kez az biriktirmışlardır. *Cardium edule*'deki Cu'ın yüzdeleri deniz suyundakine oranlandığında Biyolojik Biriktirme Oranı (BBO) değerlerinin Hazar Denizi bölgesi için 4300, Ege Denizi için 4060, Marmara Denizi için 2060 olduğu ortaya çıkmaktadır. Japon Denizi mollusklarında Cu miktarı genellikle $1,0 \times 10^{-3} - 2,5 \times 10^{-3}$ oranında değişirken, onlardaki BBO değerleri de oldukça yüksektir (3300 - 8170). Sonuç olarak molluskların denizel ortamda bakırı en fazla konsantre eden organizmalar oldukları belirlenmiştir.

2. 2. Bileşim Faktörü

Bilindiği gibi, denizel omurgasızlarının iskeletleri genel olarak iki bileşimden veya iki mineral fazdan oluşmuş durumdadırlar: SiO_2 ve CaCO_3 . Mollusklar kalsiyum karbonattan ibaret kavkıya sahiptirler ve kavkalarının % 97 - 99'u CaCO_3 oluşturmaktadır. Ama biyojen kökenli olan kavkı aslında hem

Tablo 3. Günümüzdeki Japon denizi mollusklarındaki bakır miktarları.

Mollusk Türleri	Bölge	Cu, %, 10 ⁻³	BBO, 3x10 ⁻⁷ (Deniz suyundaki %'lerine göre)
<i>Saxidomus purpuratus</i>	Doğu Körfezi	1.80	6000
<i>Acmaea polida</i>	"	2.20	7330
<i>Spisula sachalinensis</i>	"	1.60	5330
<i>Venerupis japonica</i>	"	1.97	6570
<i>Crasostrea gigas</i>	"	1.35	4500
<i>Mercenaria stimpsoni</i>	"	1.35	4500
<i>Arca boucardi</i>	"	1.27	4230
<i>Pecten yessoensis</i>	"	1.50	5000
<i>Crenomytilus colusis</i>	"	1.00	3300
<i>Mactra subcastaria</i>	"	1.75	5830
<i>Clinocardium californiensis</i>	"	1.15	3830
<i>Swiftpecten swifti</i>	"	2.45	8170
<i>Crenomytilus grayanus</i>	Büyük Pyotr Kör.	1.22	4070

bileşim yapısına, hem de oynadıkları role göre bir birinden farklı iki fazın dengesel birleşmesinden yapılmıştır (Minerallleşme ve organik fazları). Görüldüğü gibi, molluskların kavkalarının esas kütlesini CaCO_3 oluştururken, organik maddenin payına yalnız % 0,3 - 0,7 düşer. Canlı varlığın tezahürü olan bu iki unsur organizmanın ortaya koyduğu gerçekdir ve bunlar organizmalar için vazgeçilmez verilerdir. Organik faz mineral faza nazaran çok az olmasına rağmen büyük fizyolojik gereksinime sahiptir. Daha doğrusu, kavkida biyominerallenme sürecinde büyük katkısı olan, diğer taraftan organizmanın gelişiminde önem taşıyan bir sıra elementlerin (Mn, Mg, Fe, Al, Cu, Zn, V, Ba, Ni vb.) biriktirilmesinde önemli rol oynar (Florkin, vd. 1961; Florkin, 1969; Manskaya ve Drozdova, 1964; Drozdova, 1977; Akiyama, 1966; Wada,

1966; Degens, 1971; Xeyr ve diğ. 1974). Bu bakımından Vernadski (1926) ve Vinogradov (1934, 1937, 1944) organizmaların bütün değerlerini gözönüne alarak onları cevher oluşturan bir termodinamik ortama benzetmişlerdir.

Üzerinde araştırmalar yapılan molluskların kavkaları yapısal bakımından aragonit ve kalsit bileşimlidir. Fakat bakırın bu mineralerin kristal kafeslerinde yer alması mümkün değildir. Buna ramen bakır biyofil unsur olarak diğer elementlerle (Mg, Sr, Ba, Mn, Fe) birlikte kavkının oluşumunda önemli bir rol oynar (Barskov, 1974; Wada, 1966).

Organik fazda gelince, onun protein tipinde olup biyopolimerlerden yapıldığı bilinmektedir. Mollusklerde kavkı dokularındaki organik bileşimlerin % 90'dan fazlasını aminoasitler oluşturmaktadır (Degens, 1971; Waskowiak, 1962). Deniz omurgasızları

arasında mollusklar yukarıda açıklandığı gibi, en çok bakır içeren organizmalardır. Bu bakımdan sefalopodlar daha farklıdır. Bakır onların kanının bileşiminde yer alıp onun homosiyanın olarak adlandırılan kan maddesinde daha yüksektir. Diğer bir deyişle, kanın solunum pigmentinde hep yer almaktadır. Bakır sefalopodların yalnızca kanı ile ilgili değil, bütün beden organlarında mevcuttur. Örneğin, onların cinsel organlarında % 0,0006 - 0,0002; derilerinde % 0,010, mürekkep kesesinde (torbasında) % 0,091; böbreklerinde % 0,007 - 0,011 Cu saptanmıştır. Ama onların kanı ve karaciğeri bakır içeren en zengin organlardır.

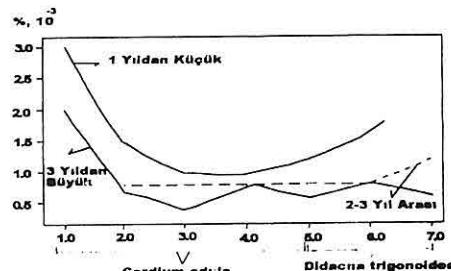
Bazı pelisipodlar da bakır yönünden çok ilginçtirler. İki kenetlilere mensup olan midyeler (*Mytilus edulis*) ve istiridye (*Ostrea edulis*) istisna olarak bakırı konsantre eden en faal mollusklardır. Eti yenilen bu mollusklar çok fazla bakır biriktirdikleri için etleri yeşil renge boyanır. Sefalopoldarda olduğu gibi, bunların da vücutlarında bakır bulunmuştur. Onların vucutlarında bakır en az % 0,00025, en yüksek yüzdesi ise yeşil renkte bulunan istiridyeerde % 0,330'dur. Bütün bu değerlerin sonucu olarak bakır mollusk organizmalarında katı - mineral bileşimiyle değil, muhakkak kavkinin organik fazı ile birlikte bedenin başka kısımları ile de (karaciğer, kan vb.) son derece ilişkilidir.

2. 3. Zaman Faktörü

Belirli bir yaşam ünitesi içinde

görülebilecek değişiklikleri izlemek için benzer ortamda yaşayan genç ve yaşlı mollusk türleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Bu yüzden bireylerin yaşamı boyunca (yani ontojenezde) da bakırın evrimi izlenmiştir (Tablo 4). Tablo 4 ve Şekil 3 de görüldüğü gibi, bir yıldan daha genç mollusklar % 0,001 - 0,003 oranında bakır içermekte iken, bu oran yaşı 2-3 yıl olan bireylerde % 0,0008 - 0,0012, yaşı 3



Şekil 3. Genç ve yaşlı pelesipodlarda Cu'ın dağılımı

yıldan fazla olanlarda ise % 0,0004-0,002 arasında değiştiği belirtilmiştir. Sonuç olarak daha genç mollusk türlerinin bakırı karşı daha hassas oldukları görülmektedir. Diğer bir deyişle, genç mollusklarından yaşlı mollusk türlerine doru bakırın miktarının azaldığı söylenebilir.

2. 4. Organik Karbon Faktörü

Kavkıda organik madde ile bakır arasında bir bağlantının olup olmaması incelenmiştir. Bu amaçla yapılmış analizlerin sonuçları Tablo 5, ve Şekil 4'de verilmiştir. Bakırın genellikle kavkıda birikmesini temin eden unsurlardan başlıcası organik maddelerdir.

Tablo 4. Genç ve yaşlı mollusklerde Bakırın dağılımı.

Pelesipod Türleri	Cu, %,10 ⁻³			Bölgeler
	<1 Yıldan	2-3 Yıl Arası	>3 Yıldan	
<i>Cardium edule</i>	0,0030	-	0,0020	Sumgayit
<i>Cardium edule</i>	0,0015	0,0008	0,0007	Çeleken
<i>Cardium edule</i>	0,0010	-	0,0004	Lenkeran
<i>Cardium edule</i>	0,0010	0,0008	0,0008	Şikov
<i>Cardium edule</i>	0,0012	0,0008	0,0006	Aktau
<i>Didacna trigonoides</i>	0,0018	0,0008	0,0008	Lenkeran
<i>Didacna trigonoides</i>	-	0,0012	0,0006	Şikov

Tablo 5. Kavaklıarda Cu ve Corg. dağılımı özellikleri.

Mollusk Türleri	Analiz Sayısı	Bölge	Cu, %, 10 ⁻³	%,Corg
<i>Venerupis japonica</i>	4	Doğu Kör.	1.97	0.462
<i>Saxidomus purpuratus</i>	4	“	1.80	0.375
<i>Mercenaria stimpsoni</i>	4	Büyük Pyotır Kör.	1.35	0.307
<i>Crenomytilus grayanus</i>	4	“	1.22	0.294

Bu nedenle aynı fizikokimyasal ortamda gelişen mollusk türlerinde bakırla beraber organik karbon da tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar değişik deerlerdedir. Taksonomik bağlantısı olsun yada olmasın, Cu ve Corg birbirlerine paralel olarak artarlar. Yani kavkıda organik karbonun zenginleşmesi kavkıda bakırın da zenginleşmesine yol açar.

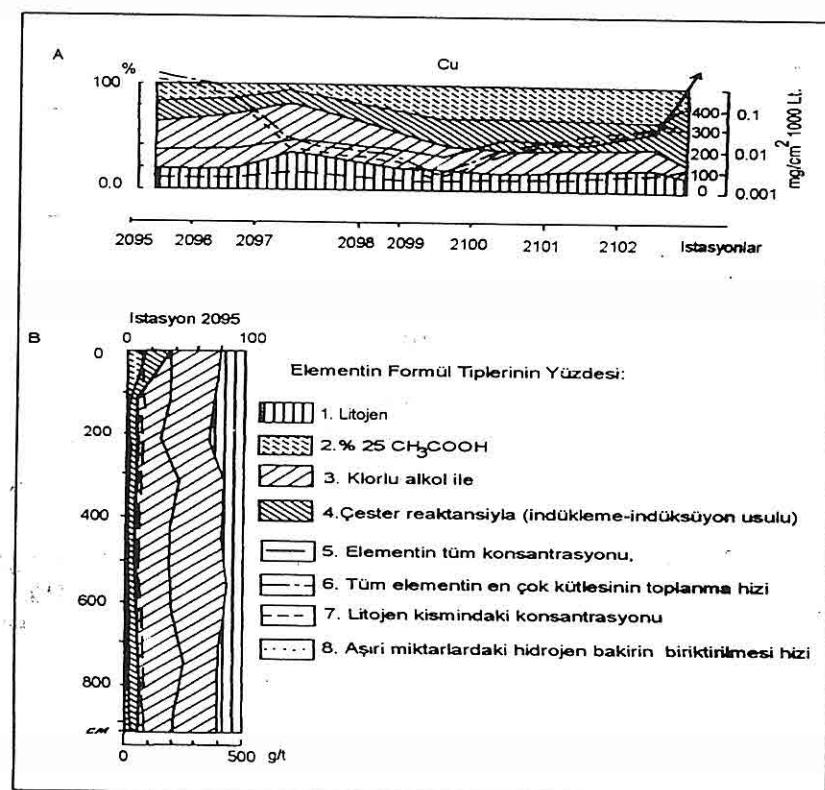
konsantrasyonunu denetleyen etkenlerin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar, Fe, Mn, Mg, Ni, Co, Cr, Al gibi elementler üzerinde yapılan çalışmalara nazaran daha sınırlıdır (Turekian, Imbrie, 1966; Landergen, 1964; Boström, 1971, 1973; Lukaşin, 1981). Yapılan çalışma sonuçlarına göre bakırın denizel ortamda toplanması için elverişli ortamlar silisli - kil fasiyesi ve biyojen silisli çökellerdir.

3. ABİYOTİK FAKTORLER

Denizel ortamlarda bakırın dağılımı ve

3.1. Formül Faktörü

Denizel kökenli çökellerin litofasisiyes



Sekil 4. Hint okyanusuna ait kesitlerde çökeller içerisindeki Cu' in dağılımı:
A: Yüzey tabakalarında B: Karotlarda

yapısında genellikle terrijen, biyojen ve otijen komponentleri fevkalade önem taşımaktadır. Bu çökel tipleri gerek kimyasal, jeokimyasal, mineralojik ve gerekse petrografik alanlarda değişik özelliklere sahiptirler. Bu bakımından kimyasal elementlerin bulundukları formül özellikleri daha önemlidir. Elementler bulundukları çökel komponentleri yönyle genelde iki gruba ayrılırlar: a) litojen formülde elementler terrijen minerallerin kristal kafeslerine dahil olurlar. b) Hidrojen formülde ise elementler çok değişik doğal sorbentler

tarafından sorpsiyon olmaktadır. Yani doğal sorbenterler sayılan organik maddeler, karbonat mineralleri, fosfatlar, amorf özellikte olan SiO₂, kil mineralleri, Fe ve Mn amorf hidroksitleri ve onların bir takım kristalleşmiş kısımları tarafından sorpsiyon olunurken, bazı elementler ise biyojen ve otijen mineraller tarafından absorbe olunur.

Elementlerin sorpsiyon olarak çeşitli sorbenterdeki formül değerlerini belirtmek için değişik kimyasal yöntemler kullanılmaktadır. Örneğin, değişik çökel tiplerinde, karbonat

mineralleriyle ilgili mikroelementlerin alınmasında Hirst ve Nikols (1958) % 25 CH₃COOH asitini kullanmışlardır. Goldberg ve Arreniyus (1958) ise Mn konkresyonlarının, mikrokristallerden yapılmış apatitin erimesinde ve aynı zamanda kil minerallerinin yüzeyinde sorpsion olunan mikroelementler için EDTA- etilendiamintetrasirke asiti kullanılmıştır. % 0,5 HCl asidi ile numunelerin kısa süreli kaynaması sonucu çökellerdeki karbonat oluşumlarında, otijen silikatlarda, HCl asidi ile eriyen sülftülerde Fe'in hidroksit formüllerinin ve öte yandan çökeller içeren yukarıda adları sıralanan komponentlerle ve killerle ilişkide olan mikroelementlerin çıkarılmasında kullanılmıştır (Strahov ve Salmanzon, 1955). Bütün bunlara rağmen Cester (1967) metodu daha sağlıklı olarak kullanılmaktadır. Bu metod karbonatlarla ve fosfatlarla ilişkide ve öte yandan kil minerallerinin yüzeyinde sorpsiyon şeklinde bulunan Fe ve Mn formüllerinin ve bir sira mikroelementlerin ayrılmamasına dayanmaktadır. Bu metodun içeriği % 25 CH₃COOH asitinde 1 mol klorit hidroksilamin sıvı vasıtasiyla kuru çökellerin hazırlanmasından ibarettir. Yani bu metod yalnızca oksitlenmiş çökeller için uygulanmaktadır.

Denizel çökel oluşumu ortamında bakır formüllerinin dağılımı diğer elementlere oranla (Fe, Mn, Ni, Co) bir takım istisnalar oluşturmaktadır. Hint okyanusunun çökelleri kapsamında bakırın litojen formülü ekvatorun diatome-radyolariya çökellerinde maksimum miktara sahip olmak üzere

hemipelajikten pelajike doru çoğaldığı ifade edilmektedir. Lukaşin (1983) tarafından açıklandığı gibi, tamamen sorpsiyon olunan ve Fe'in taze amorf hidroksitleri ve Mn hidroksitleri ile ilişkide bulunan Cu'un hidrojen formül değerleri aşırı rol oynadığı için çökellerde klorlu alkol ile ayrılan Cu formülünün rolü önemli oranda yükselir. Bakırın çökellerdeki dağılımı Şekil 4'de verilmektedir. Şekil 4'de de görüldüğü gibi, klorlu alkol formülü daha yüksek miktara sahip olurken, diğer formülleri belirli oranda düşüktür. Karotlarda görüldüğü gibi, aşağıya doru bütün dip çökellerin yüzey tabakasında sorpsiyon bakır büyük rol oynarken bu durum çökellerin yaşı eskileştikçe azalmağa doğru gider. Bu durumda bakırın Mn hidroksit bileşimiyle ilgili kısmı da azalmaktadır. Fakat bunun tersine Fe' in eski hidroksitlerle ilişkide olduğu kısım ile çökellerin litojen kısmındaki konsantrasyonu artar. Diğer bir deyişle, aşağıya doru bakırın toplam miktari ve çökellerin litojen kısmını içeren konsantrasyonu da fazlalaşır.

Bütün bunların sonucu olarak, çökeller yaş itibarıyle geriye gidildikçe elementin taşınması ve yer değişimi görülür, daha hareketli olan Cu bileşeni tedricen duraylı haline gelmekte ve sonuçta çökellerde yer alan bakır otijen minerallerin kafeslerine dahil olarak dayanıklı duruma gelir. Bu da bakır formüllerinin yeni ajanlara karşı daha dayanıklı, ve daha duraylı olmasını öner.

3.2. Çökel Fasiyesi ve Cu Yüzdesi Faktörü

Bakırın çökellerdeki miktarlarının

farklı değerlerde olmasının çeşitli sebepleri vardır. Örneğin; dip tortullarında bulunan organik maddeler belirli bir oranla Cu'ın artmasına neden olabilir. Organik maddenin zengin olduğu sapropel tabakalarında bakırın artışı kesin şekilde görülmektedir. Bakırın zenginliği yalnızca onun iyi sorpsiyon olmasında değil, onun su kaynaklarından sürekli olarak çökmesi ve daha hızlı harekette bulunan bileşiklerinin varlığıdır (Şekil 4), (Şimkus, 1972 ; Lukaşin, 1981).

Günümüzde Hazar Denizi dip tortullarında ve onlarla temasta olan mollusk türlerinde Cu dağılımı ile ilgili incelemeler yapılmıştır. Mollusk türlerini kapsayan çökeller litofasiyes bakımından kumlardan, killerden, şeyllerden ve bunların kombinasyonlarından oluşmaktadır (Tablo 6, Şekil 5).

Tablo 6. Günümüzdeki molluskların kavkalarında ve dip çökellerinde Bakırın ortalama yüzdeleri (%).

Mollusk Türleri	Analiz Sayısı	%Cu, 10 ⁻³ (Kavkida)	Çökel Tipleri	Dip Çökellerinde Ortalama Cu %,si, 10 ⁻³
Cardium edule	28	1.0	Kum	0.9
Cardium edule	10	1.7	Şeylli kum	1.7
Cardium edule	8	2.0	Şeyl	2.2
Didacna trigonoides	17	1.2	Kum	0.9
Didacna trigonoides	9	1.4	Şeylli kum	1.2
Didacna trigonoides	7	1.8	Kumlu şeyl	1.4
Didacna trigonoides	6	2.3	Şeyl (Miltaşı)	1.65
Monodacna edentula	12	1.3	Kum	0.95
Monodacna edentula	9	1.45	Kumlu kil	1.25
Monodacna edentula	7	1.5	Kil	1.7

Diğer bir açıdan baktığımızda, gerek aynı türlerin, gerekse cins dahili değişik türlerin çeşitli tortullar içerisinde oldukları görülmektedir.

Bu araştırmada da litofasiyes verilerine göre çökellerde bakırın miktarının değişken olduğu gözlenmiştir. Örneğin, kumlarda % 0,9 - $0,95 \times 10^{-3}$; şeylli kumlarda % 1,2 - $1,35 \times 10^{-3}$; kumlu şeyllerde % $1,4 \cdot 10^{-3}$; kumlu killerde % $1,25 \times 10^{-3}$; şeyllerde % $1,65 - 2,2 \times 10^{-3}$; killerde % $1,7 \times 10^{-3}$ (Tablo 6, Şekil 5).

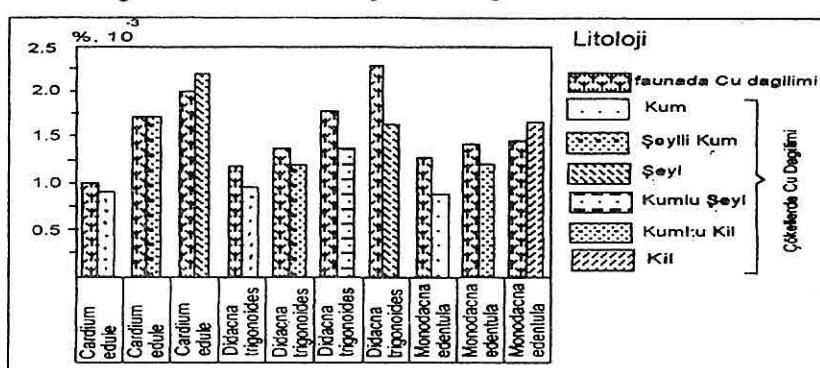
Tortulları bu değerlere göre karşılaştırdığımızda ince taneli malzemelerin birliği ortamlarda bakırın çok daha fazla çöktüğü görülmektedir. Acaba, iz elementlerin büyük yoğunluğunun ince taneli malzemelerde birikmesinin sebebi nedir? Bu sorunun yanıtı eğer Mn ve Zr (montmorillonit

inceindeki Mg' un izomorfi ile), Ba (illit mineralinde K'un), Ga (bütün kil mineralleri içindeki Al'un yerine geçmekle) ve diğer elementler için kolaysa da Cu için daha zordur. İnce taneli tortulların bakırla zenginleşmesini sağlayan işlem sorpsiyon olayıdır.

Kavkida ve onlarla temasta bulunan çökellerdeki bakırın miktarları arasında ilişki Tablo 6 ve Şekil 5'de görülmektedir. Bu alanda benzer veya benzersizliklerin veya hatta da sadece dengenin varlığını anlamak için

tablodaki türlerden birini takip etmemiz yeterlidir.

Örneğin, *Didacna trigonoides* türlerinde ve özgü oldukları tortul tiplerinde Cu içeren değerlerin korelasyon edilmesi bu sorunu çözmüş olur. Kavkida Cu yüzdeleri: $1,2 \times 10^{-3}$; $1,4 \times 10^{-3}$; $1,8 \times 10^{-3}$; $2,3 \times 10^{-3}$. Aynı sıra ile çökellerde: $0,9 \times 10^{-3}$; $1,2 \times 10^{-3}$; $1,4 \times 10^{-3}$; $1,65 \times 10^{-3}$. Şekil 5'den görüldüğü gibi, Cu çökellerde çoğalması onun kavkılarda paralel olarak artışına da sebep olmaktadır.



Şekil 5. Günüümüzdeki molluskların iskeletlerinde ve çökellerde Cu'ın ortalama yüzdeleri .

3.3. Derinlik Faktörü

Derinlikle ilgili bakırın kavkılarda dağılımı özelliklerini incelemek amacıyla farklı yönlerde çözümlemeler yapılmıştır. Bu açıdan havzanın belirli bölgelerinde derinliğin artması istikametinde çeşitli noktalardan örnekler alınmıştır. Aynı bölgede çeşitli derinliklerde yaşayan aynı taksona (örneğin *Mytilaster lineatus*) ait türler çok değişik miktarda Cu içermektedirler (Tablo 7). Örneğin; *lineatus* türünde (Ogurçinsk bölgesi) bakırın 6 m, de % $1,6 \times 10^{-3}$ iken 11-12 m, de % $1,2 \times 10^{-3}$

ve 24 m, de % $1,4 \times 10^{-3}$ tür. Bu karşılaştırmadan Cu dağılımı ile derinlik arasında yakın bir ilişkinin olduğu görülmemektedir.

4. SONUÇLAR

Gerek cins dahili türler ve gerekse çeşitli cinsleri temsil eden türler Cu'ın farklı yüzdelerine sahiptirler. Bu farklılıklar bir taraftan organizmaların yaşam tarzına, diğer taraftan da ortamın jeokimyasal özelliklerine bağlıdır. Bu organizmalar bentonik hayat sürdürdükleri için bazları dip çökelleri

Tablo 7. Derinlikle ilgili Bakırın güncel pelesipodlarda ve çevrelerindeki tortullarda yüzdeleri

Mollusk Türleri ve Litoloji	Derinlik (m.)	Cu, %, 10^{-3}	Bölge
<i>Mytilaster lineatus</i>	6	1,6	Ogurçinsk
Kum	"	1,9	"
<i>Mytilaster lineatus</i>	11 - 12	1,2	"
Kum	"	2,1	"
<i>Mytilaster lineatus</i>	24	1,4	"
Killi kum	"	1,1	"
<i>Mytilaster lineatus</i>	7	0,3	Ulski
Kum	"	0,4	"
<i>Mytilaster lineatus</i>	15	0,4	Türkmenistan
Kum	"	0,7	"
<i>Mytilaster lineatus</i>	25	0,8	"
Şeylli kum	"	1,0	"
<i>Cardium edule</i>	10	0,8	Okarema
<i>Cardium edule</i>	11 - 12	2,4	Ogurçinsk
Kum	"	2,1	"
<i>Cardium edule</i>	15	0,5	Türkmenistan
<i>Cardium edule</i>	16	0,2	Ulski
Kum	"	0,9	"
<i>Cardium edule</i>	25	0,5	Okarema
Şeylli kum	"	1,3	"
<i>Cardium edule</i>	26	1,0	Ulski
Şeylli kum	"	2,0	"
<i>Cardium edule</i>	50	0,9	Ogurçinsk
Şeylli kum	"	1,0	"
<i>Monodacna edentula</i>	15	1,6	Türkmenistan
<i>Monodacna edentula</i>	25	0,4	Okerama
Şeylli kum	25	0,4	Okerama
<i>Monodacna edentula</i>	26	1,3	Ulski
Şeylli kum	"	2,0	"
<i>Monodacna edentula</i>	50	2,0	Ogurçinsk
Killi kum	"	1,0	"
<i>Monodacna edentula</i>	"	0,7	Ulski
Killi kum	"	2,0	"

üzerinde, bazıları çökellere yarı şokulmuş durumda ve bazıları da çökellerin içinde yaşayarak çökel fasiyesinde bakırla birtakım madde alışverişinde bulunmaktadırlar. Diğer bir deyişle, organizma ile ortamın Cu değerleri

arasında kuvvetli bir değişim söz konusudur.

Bakırın mollusklarındaki dağılımında yaş faktörü de önem taşımaktadır. Yaş itibarıyle genç olan organizmalar Cu'ın yüksek değerleri ile karakteristiktedir.

Bunun da nedeni muhtemelen organizmaların bireysel olarak gelişim hızına ve ortamın jeokimyasal durumuna bağlıdır. Mollusklarda Cu'ın birikiminde organik karbonun da rol oynadığı belirlenmiştir. Yüksek organik karbon değerlerine sahip olan organizmalar aynı zamanda yüksek Cu değerlerine sahiptirler.

Bakır fevkalade bir biyojen metal olmak üzere organizma - ortam çapındaki değişimleri yansitan ve kanıtlayan, biyojen kökenli cevher yataklarının oluşumunda verilere sahip olan bir indikatör element sayıldığı bu araştırmada ortaya kondu. Yaşam ortamlarında Cu'ın yüzdesine ilişkin yapılan kiyaslamalarda denizel biyotların bakırca daha zengin durumda oldukları tespit edilmiştir. Böylece, çevre jeokimyası, litofasiyes özellikleri ve ayrıca cevher yataklarının tettik ve arama çalışmalarında deniz biyotlarının belirtgenliinin bir kistas olarak kullanılması öngörülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Akiyama, M. 1966, Conchiolin constituent aminoacids and shell structures in bivalved shells, Proc. Japan Acad, 42, N.7, p.151-163.
- Aliyev, S. A., ve Sarı, A., 1998, Denizel biyofasiyeste Bakır elementinin dağılımı ve konsantrasyonu. Türkiye 51. Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 16-20 Şubat, Ankara.
- Aliyev, S.A, 1992, Bakırın ekolojik tabiatı. Azernesir,Bakü, 92 s.
- Barskov, O.S., 1974, İşkeletlerin mineralojisinde ve iz elementlerin dağılımında onun organik fazının önemi, Moskova Üniversitesi bildirisi No: 5. s.15-28.
- Boström, K., 1970, Deposition of manganese rich sediments during glacial periods - Nature, v.226, No: 6, p. 629 - 630.
- Boström, K., 1973, The origin and fate of ferromanganese active ridge sediments, Stockholm Contribs Geol., v. 27, No.2, p.148 - 243.
- Chester, R., and Hughes, M.J., 1967. A chemical technique for the separation of ferromanganese minerals, carbonate minerals and adsorbed trace elements from pelagic sediments. Chem.Geol., vol 2, p. 249-265.
- Degens, E. T., 1971, Organik maddenin diyajenezi ve katajenezi, M., Mir , 198 s.
- Drozdova, G. V., 1977, Aminoasidlerin jeokimyası, M., İlim ,310 s.
- Florkin M., Gregoire, C., Brudeux - Gregoire, Schoffeniels E., Courrier M.R.1961 Conchiolines de nacres fossiles, C.R. Acad. Sci, 252.
- Florkin, M., 1969, Fossil shell conchiolins and other preserved biopolymers, In Organic Geochemistry Methods and Results. Eglinton G., Murphy Sister Mary T.V. (Eds). N.Y., Springer - Verlag, p.160-171.
- Goldberg, E.D., and Arrhenius, G.O.S., 1958. Chemistry of Pacific pelagic sediments . Geochem. Et Cosmochim. Acta, vol.13, p.153-212.
- Hirst, D., and Nicholls, G.D., 1958. Techniques in sedimentary geochemistry: (1) separation of the detrital and non-detrital fractions of limestones. J. Sediments. Petrol., vol 28, p. 468-481.

- Lukaşin, V. N., 1981, Hint Okyanusunda çökel oluşumu sürecinde mikroelementlerin jeokimyası, Moskova, İlim, 298 s.
- Manskaya, S. M., ve Drozdova, T.V. 1964, "Organik maddenin jeokimyası", Moskova., İlim , 280 s.
- Strahov, N.M., ve Salmanzon, E.S., 1955, Çökel tortullarında demirin otijen-mineralojik formüllerinin dağılımı ve onun litolojik önemi. SSRI Bilimler Akademisi Haberleri. Jeoloji Serisi no 1, s 18-31.
- Şimkus, K.M., 1972, Geç Kuvatnerde Akdeniz havzasında çökel oluşumu, Doktora tezi, 59 s.
- Turekian, K.K., Imbrie J., 1966, The distribution of trace elements in deep-sea sediments of the Atlantic Ocean. Earth and Planet. Sci. Lett, 1, p.161-168.
- Vernadski, V. N., 1926, Biyosfer. M., SSRİ BA dergisi, 235 s.
- Vinogradov, A.P., 1934, 1937, 1944, Denizel organizmaların kimyasal element bileşimi, Biyojeokimya lab. dergileri, t.III, IV, VI.
- Waskowiak, R., 1962, Geochemische Untersuchungen an rezenten Molluskenschalen mariner Herkunft, Freiberg Forschungsh, 136, 155-169.
- Wada, K., 1966., Mineralizations of the calcified tissue in molluscs. XII. Specific patternsof nonmineralized Layer conchiolin in the aminoacid composition. Nipron. Suisan, Cakkaischi, 32, 4-19.
- Xeyr, P.E., 1974, Aminoasidlerin, protein ve peptidlerin jeokimyası, Organik jeokimya, Leningrad., s.12-19.

STRATIGRAPHIC AND SEDIMENTOLOGIC APPROACH TO THE
APTIAN-CAMPANIAN EROSIONAL UNCONFORMITY IN THE AYDINCIK
(İÇEL) AREA, CENTRAL TAURIDES, S TURKEY

Kemal TASLI, Muhsin EREN

M.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin / Türkiye

ABSTRACT: In late Campanian sediments of the Aydincik area (Central Taurides, S Turkey), two lithostratigraphic units have been described considering biostratigraphic and sedimentologic aspects. These units succeed each other in time, but are separated by a synsedimentary block-faulting surface. The first unit unconformably overlies the Jurassic-Early Cretaceous platform carbonates, and consists of fore-reef bioclastic wackestones and carbonate breccias containing angular clasts derived from the underlying platform. In the unit, transported shelf organisms are benthic foraminifers, radiolarid, and echinoderm associated with calcispheres and rare globotruncanids. The presence of *Orbitoides medius* (d'ARCHIAC) and *Pseudosiderolites vidali* (DOUVILLE) indicates a late Campanian age. The second unit is represented by lower slope to basinal pelagic sediments which consist mainly of gray to red marly limestones with abundant planktonic foraminifers and also lenticular conglomerates. The both units characterize an upward deepening sequence, and reflect abrupt drowning of the platform. In the second unit, the presence of *Globotruncanita calcarata* (CUSHMAN) indicates late Campanian age. The Late Cretaceous pelagic carbonate deposition was ceased by influx of siliciclastic material during probable Maastrichtian time.

AYDINCIK (İÇEL) YÖRESİNDEKİ APSİYEN- KAMPANIYEN AŞINMA
UYUMSUZLUĞUNA STRATİGRAFİK VE SEDİMANTOLOJİK YAKLAŞIM

ÖZET: Orta Toroslar'da yer alan Aydincik (İçel) yöreni geç Kampaniyen çökellerinin biyostratigrafik ve sedimentolojik incelemesi sonucu iki birim ayırtlanmıştır. Bu birimler zaman içinde birbirini izlerler, ancak çökelmeye eş yaşı bir blok faylanma ile ayrırlırlar. İlk birim Jura-Erken Kretase platform karbonatlarını açısal bir uyumsuzlukla örter ve resif öünü biyoklastik vaketaşı ve platformdan türemiş köşeli parçalar içeren karbonat breşlerinden oluşur. Bu birim içinde bulunan taşınmış şelf organizmaları bentik foraminifer, radiolarid, ekinoderm parçalarıdır ve bunlar kalsisfer ve ender olarak bulunan globotruncanidlerle birliliktedirler. *Orbitoides medius* (d'ARCHIAC) ve *Pseudosiderolites vidali* (DOUVILLE) türlerinin varlığı geç Kampaniyen yaşı belirtir.

İkinci birim bol planktonik foraminifer içeren, gri-kırmızı marnlı kireçtaşları ve ayrıca merceksi konglomeratlardan oluşan kita yamacı eteği-havza çökelleriyle temsil edilir. Bu birim içerisinde *Globotruncanita calcarata* (CUSHMAN) türünün bulunduğu geç Kampaniyen yaşına işaret eder. Her iki birim de üstte doğru derinleşen bir çökel istifini temsil ederler ve ani gömülü platformu gösterirler. Geç Kretase pelajik karbonat çökelimi olasılıkla Maastrichtiyen'deki silis kirintili malzeme girişile sona ermiştir.

I. INTRODUCTION

The study area is situated in the Central Taurides which is restricted by the Kırkkavak fault (Dumont and Kerey, 1975) in the west and Ecemış fault in the east (Figure 1). Taurus mountains mostly

consist of platform carbonate sediments deposited during the Paleozoic and Mesozoic (Triassic to Early Cretaceous). Biostratigraphy of Mesozoic carbonate sequences within the Taurus belt has been subjected to many studies

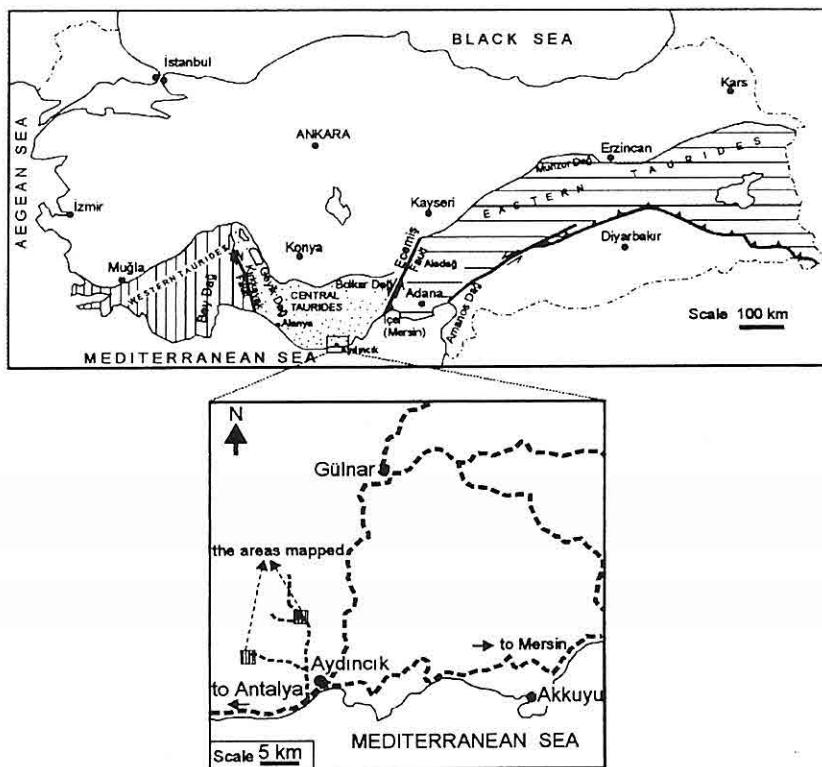


Figure 1. The geographical subdivision of the Taurides (Özgül, 1984) and the map showing the study area.

such as Gutnic and Moullade (1967), Bassoulet and Poisson (1975), Altiner and Septfontaine (1979), Bassoulet and Bergougnan (1981), Altiner and Decrouez (1982), Farinacci and Köylüoğlu (1982), Farinacci and Yeniyay (1986), Özkan and Köylüoğlu (1988), Farinacci and Yeniyay (1994). Most of these studies, using the previously proposed foraminiferal zonations for the

Apennines and Dinarides (e.g. Velic, 1977), deal with the Western Taurides, but there are only few studies related to the Eastern Taurides. Altiner and Decrouez (1982) have established a microbiostratigraphic scheme for the Berriasian-Maastrichtian in the Pınarbaşı area (E Taurides). However, there is no biostratigraphical study in the Central Taurides.

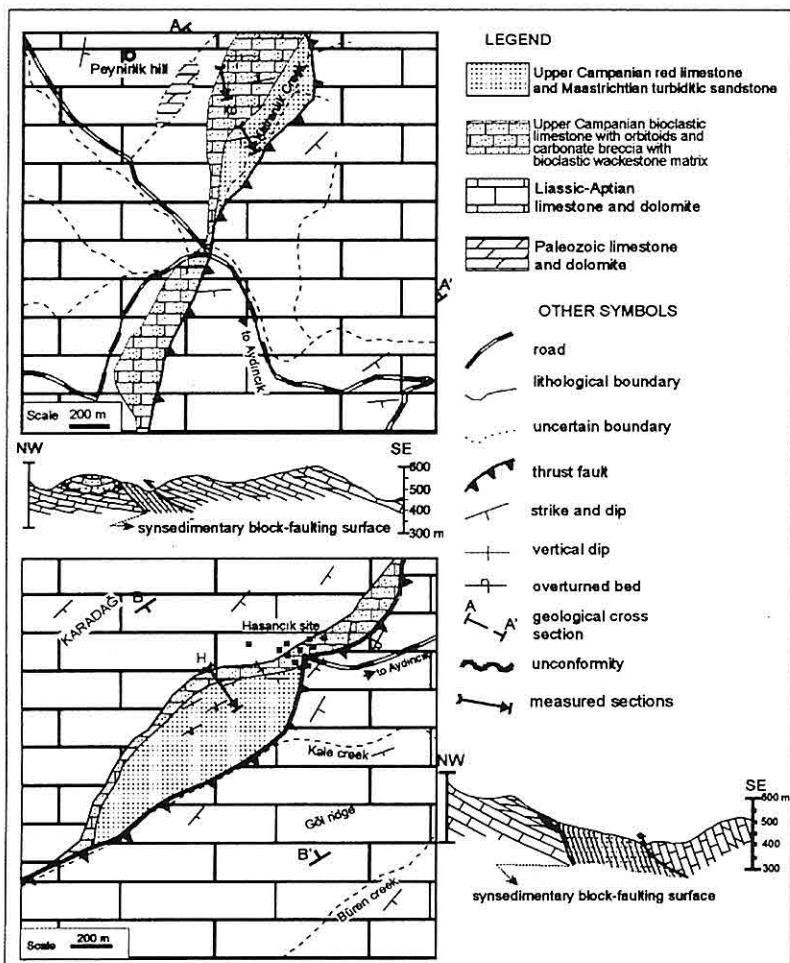


Figure 2. Geological maps of the study areas and the localities of the measured stratigraphic sections.

The present study concerns primarily with stratigraphic and paleoenvironmental analyses of the late Campanian carbonate sequences which unconformably overlie the Jurassic-Lower Cretaceous platform carbonates. Also, chronostratigraphic interpretation of the platform fragments into late Campanian carbonates has been carried out, basing on benthic foraminifera and algae.

2. STRATIGRAPHIC SECTIONS

The areas where the stratigraphic sections were measured are situated NW and N of Aydıncık county (İçel) (Figure 1). In the study area, the Liassic to Lower Cretaceous platform carbonates are widespread whereas the Late Cretaceous sediments crop out in the local areas, due to overthrustings (Figure 2). However, unconformable contact between the Mesozoic platform carbonates and late Campanian carbonates is well exposed in the Kale dere and Katranlık dere valleys.

This investigation is based on micropaleontologic and microfacies analyses of 39 samples collected from the two measured sections and 20 point samples. Benthic and planktonic foraminifers, that their determination is based on thin-sections, allowed age distinctions in keeping with biostratigraphic practice in the Tethian domain elsewhere.

3. STRATIGRAPHY

The lithostratigraphic framework of the Aydıncık (İçel) area is represented in

Figure 3. Significant references to the stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides are provided by İlker (1975), Özgül (1984), Demirtaşlı (1984), Demirtaşlı et al. (1984), and Koç et al. (1997). The Mesozoic platform carbonates and the overlying Late Cretaceous sediments have been studied under the different names in different localities. Thus, we have preferred not to use lithostratigraphic terms, except for those in the generalized columnar section of the Aydıncık area (Koç et al., 1997).

4. BIOSTRATIGRAPHY AND PALEOENVIRONMENTAL SETTINGS OF THE LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS

4.1. Liassic-Aptian Platform Carbonates

The microbiostratigraphy of the Mesozoic platform carbonate sequence in the Aydıncık area is subject to ongoing study. So here, the preliminary results of the research will be given.

The Jurassic-Lower Cretaceous sequence lies conformably over basal conglomerates and sandstones with red mudstone intercalations of the Triassic age (Demirtaşlı, 1984). The Liassic carbonates consist of dolomite, limestone breccia at the base, and gray, thick-bedded limestone containing megalodontids and a benthic foraminiferal assemblage comprising *Orbitopsella precursor* (GUMBEL), *Lituosepta* sp., *Paleomayncina termieri* (HOTTINGER), *Pseudocyclammina liasica* HOTTINGER and

*STRATIGRAPHIC AND SEDIMENTOLOGIC APPROACH TO THE APTIAN-CAMPANIAN
EROSIONAL UNCONFORMITY IN THE AYDINCİK*

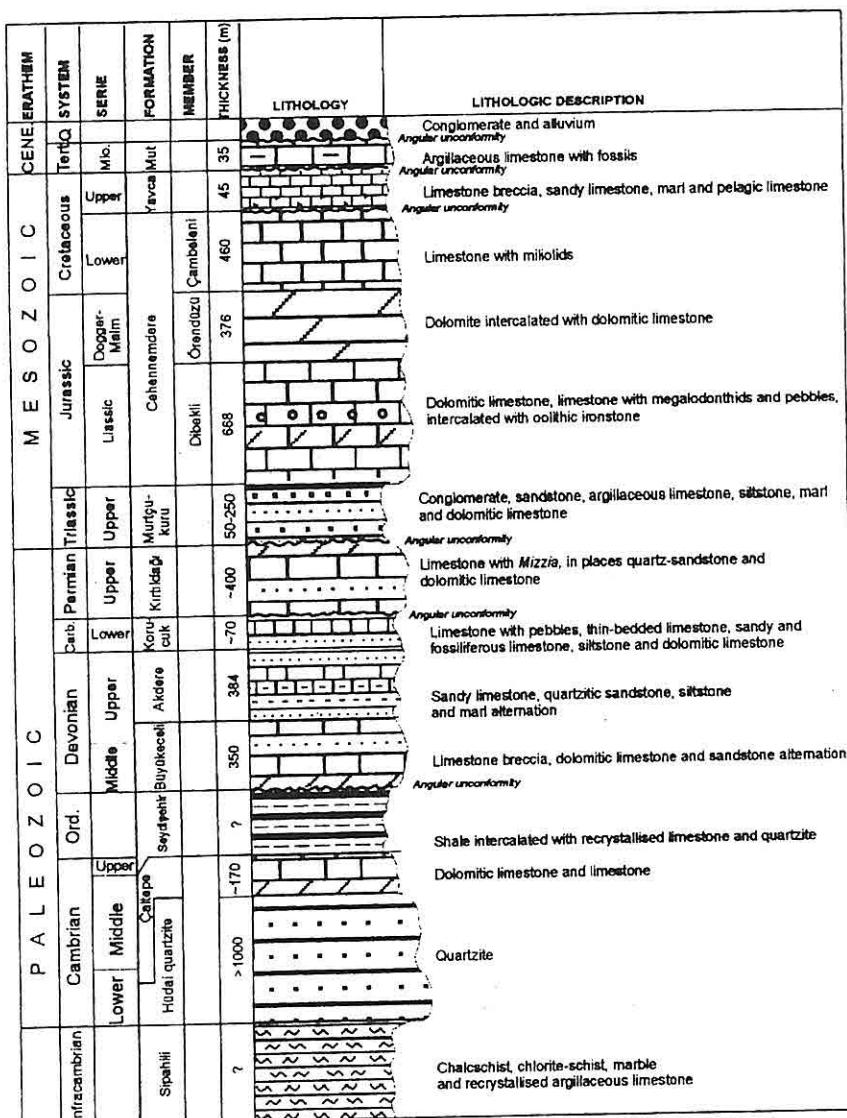


Figure 3. Generalized columnar section of the Aydincık (İçel) area (Koç et al., 1997).

Paleodasyycladus mediterraneus (PIA).

The Dogger consists of massive to very thick-bedded dolomite and limestone alternation. Limestones contain a benthic foraminiferal assemblage comprising *Haurania gr. deserta* HENSON, *Amijiella*

amiji (HENSON), *Valvulina lugeoni* SEPTFONTAINE, *Conicopfenderina* sp., *Satorina apuliensis* FOURCADE and CHOROWICZ, *Pfenderina trochoidea* SMOOT and SUGDEN, *Pfenderina salernitana* SARTONI and CRESCENTI,

Mesoendothyra croatica GUSIC and *Praekurnubia crusei* REDMOND. The Dogger limestone and dolomite alternation passes upward into the Malm limestone containing *Cladocoropsis mirabilis* FELIX and *Kurnubia palasiniensis* HENSON, *Conicokurnubia* sp., *Nautiloculina* spp. Jurassic-Cretaceous transition is represented by dark-gray, thick-bedded to massive dolomites. Barremian-Aptian consists of thick- to very thick-bedded, gray to whitish limestone. It is composed of mainly laminated wacke/packestones containing abundant ostracoda alternated with subordinate grain/packstones containing *Salpingoporella dinarica* (RADOICIC) associated with a benthic foraminiferal assemblage comprising *Praechrysalidina* infracretacea LUPERTO-SINNI, *Pseudolituonella* sp., *Voloshinoides murgensis* LUPERTO-SINNI and MASSE, *Mesoendothyra* sp., *Haplophragmoides* cf. *globosus* LOZO, *Bolivinopsis* sp., *Spiroloculina* sp., *Earlandia* sp., miliolids (*Pyrgo* and *Quinqueloculina*). Upper parts of the sequence is most probably early Aptian in age, basing on the occurrence of the *S. dinarica* Zone (Velic, 1977). *Voloshinoides murgensis* has been already described from the lower Aptian of southern Italy (Luperti-Sinni and Masse, 1993). In the Aydincik area, platform carbonate which is younger than the Aptian has not yet been found.

Environment: During the Jurassic time, carbonate lagoon facies was predominant. The deposition of algal and

benthic foraminiferal micrites ceased after the Late Jurassic. In the latest Jurassic to earliest Cretaceous a major sea level fall is documented by the thick dolomites. In the Barremian-Aptian, the predominance of mud-rich lithologies with oligotypic fauna (ostracoda and miliolids) is indicative of lagoonal shallow-water, low-energy restricted conditions, sometimes in a moderately agitated environment.

4.2. Late Campanian Fore-reef Sediments

The uppermost Jurassic to lowermost Cretaceous dolomites are unconformably overlain, with a distinct angularity, by white to cream-colored, massive carbonate breccias and limestones. In the terrain, this unit can not be apparently differentiated from the Jurassic-Lower Cretaceous platform carbonates. They form a narrow belt located at along the SE edge of the Karadağ-Peynirlik topographic highs where the Jurassic-Lower Cretaceous platform carbonate crops out (Figure 2).

Carbonate breccias are composed of centimeters to decimeters-sized clasts derived entirely from the underlying platform carbonates. Clasts are mostly ostracoda wackestone, dolomite, dolomitic micrite, and algal biomicrite. Matrix is composed of bioclastic wackestone containing abundant fragments of pelecypod, radiolariid shells, subordinate echinoderm, benthic foraminifers (reworked rotalids, *Pseudosiderolites vidali*, *Orbitoides*

medius), locally abundant calcispheres and very rare globotruncanids. Matrix of the carbonate breccias is in a variable amounts and sedimentary textures can be grain- to mud-supported. The carbonate breccias are common in the Hasancık area. In the Katranlık dere area, upward to the sequence the clasts are missing and bioclastic wackestones are predominant.

Environment: The base of upper Campanian sequence is an angular unconformity. Over almost the entire study area, basal sediments contain poorly sorted and angular clasts floating in a bioclastic wackestone matrix. Reworked reef organisms associated with hemipelagic and pelagic organisms (calcispheres and planktonic foraminifers) indicate that depositional environment is fore-reef in low energy conditions. Angular clasts derived from the underlying platform carbonates reflect the tectonically rapid subsided platform.

4.3. Upper Campanian Pelagic Sediments

A distinct synsedimentary block-faulting surface separates the fore-reef sediments from the lower slope to basinal sediments of late Campanian age. Today its dip is approximately 40° and it strikes northeast-southwest with an undulating surface (Figure 2). Lenticular conglomerate bodies and thin-bedded, gray to red marly limestones cover this surface. Dip of the beds coincides with that of the faulting surface.

Poorly sorted monomictic

conglomerates have a variable amounts of micritic matrix with pelagic microfossils. They are sometimes intercalated with thin-bedded gray limestone composed of pelagic wackestone. Clasts derived mostly from the Jurassic-Cretaceous platform carbonates. Boulders of the underlying fore-reef limestone are locally embedded into the pelagic marly limestones. The gray limestone intercalated with conglomerates contains abundant planktonic foraminifers, calcispheres and subordinate bioclasts (echinoderm, rotalids and inoceramids). Toward the upper part of the gray limestone, calcispheres decrease and they are missing in the overlying red limestones.

Thickness of the conglomerates decreases from the Hasancık area to the Katranlık dere area. The shape of the sedimentary body bounded by the faulting surface cannot be reconstructed because the outcrop area is too narrow.

This sedimentary complex is conformably overlain by greenish to yellowish gray, thin-bedded sandstone and sandy marl alternation of probably Maastrichtian age.

Environment: The lenticular conglomerate bodies associated with hemipelagic and pelagic sediments suggest a foreslope environment in which centimeter-to decimeter-sized of allochthonous, gravity-displaced shallow-water limestone were transported. Subrounded clasts might be derived from the subaerially exposed platform parts. At

the top of the sequence, the depositional environment gradually turns to the basinal conditions characterized by pelagic wackestones and siliciclastic turbidites.

Age: Gray, thin-bedded micritic limestone in the base of the sequence contains a rich planktonic foraminifer

association (Figure 4 and 5) characterized by *Globotruncanita* spp. and calcispheres. The presence of *Globotruncanita calcarata* (CUSHMAN), as a part of *G. calcarata* Zone (Robaszynski and Caron, 1995), indicates a late Campanian age for the following pinkish to reddish wackestones.

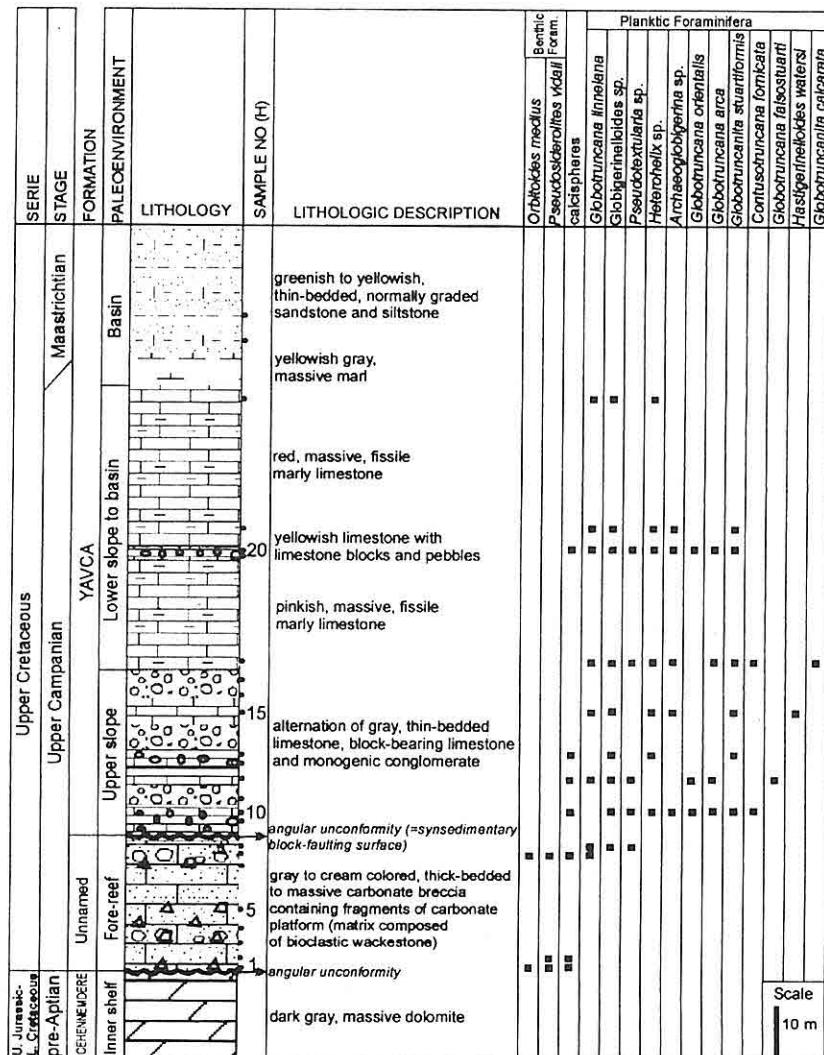


Figure 4. Litostratigraphy, chronostratigraphy and microfossil content of the Hasancık section.

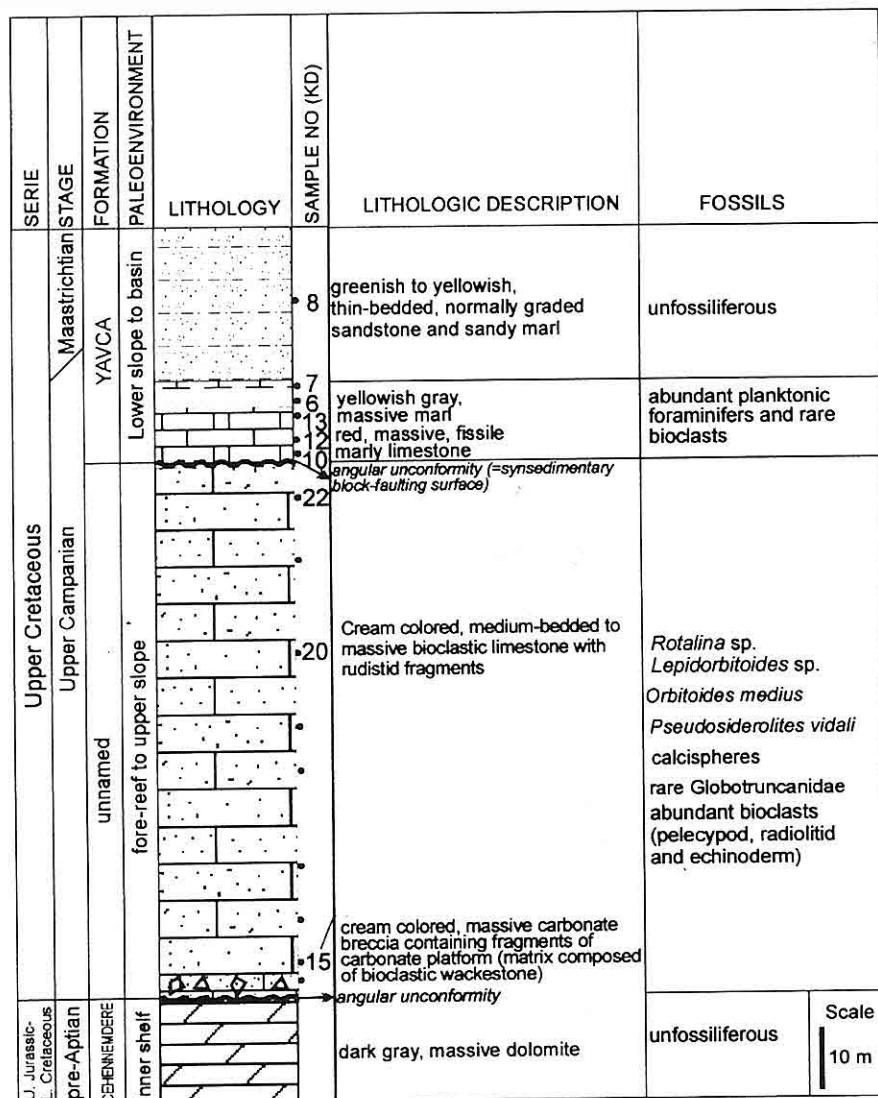


Figure 5. Litostratigraphy, chronostratigraphy and microfossil content of the Katranlikdere section.

5. CONCLUSION AND DISCUSSION

In the Cretaceous section of the Aydincik area, a major erosional unconformity with a distinct angularity, has been recognized by means of

biostratigraphy and sedimentology. A depositional model is given in Figure 6. Platform carbonate deposition during the Liassic to Early Cretaceous ceased following the unconformity after the probable Aptian. It is clear that Albian to

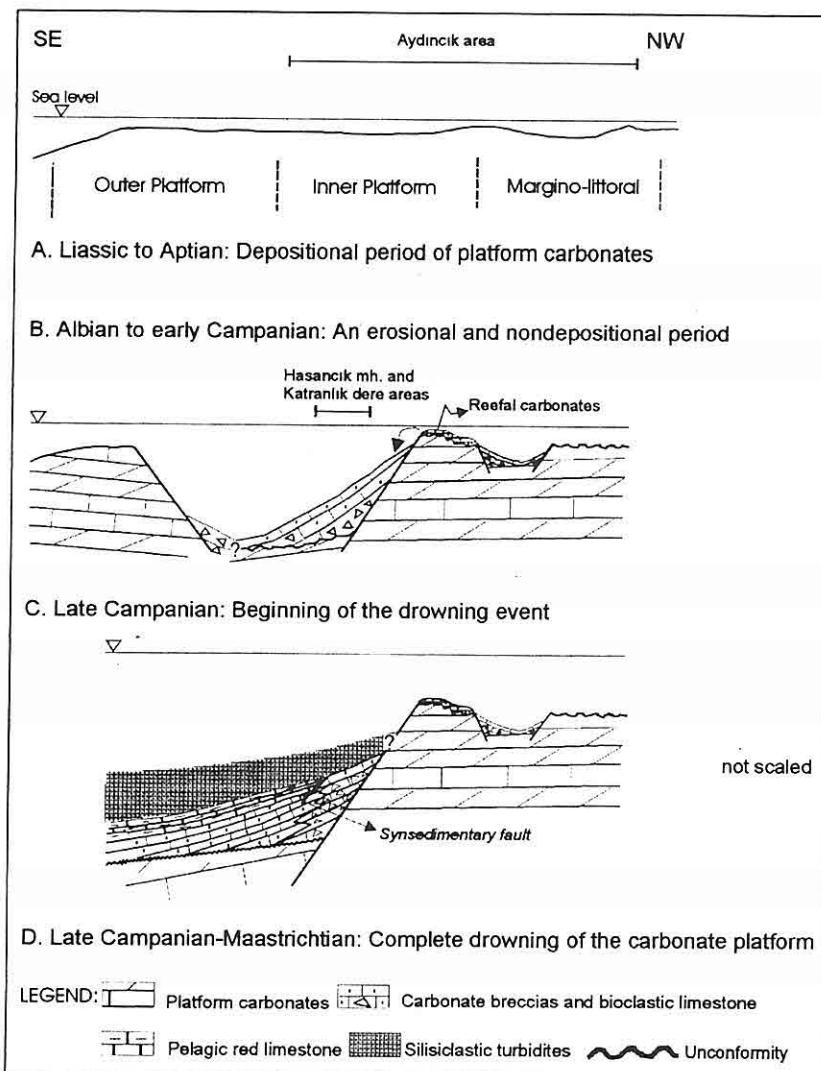


Figure 6. Depositional model of the late Campanian carbonates.

early Campanian time was a nondepositional and erosional period (Figure 6B). The absence of Albian and Coniacian-Santonian sediments, due to subaerial exposure, is a common feature of the Tauride carbonate platform(s) (Farinacci and Köylüoğlu, 1982),

whereas Cenomanian-Turonian are represented in many places. In the studied platform portion, there is no evidence of subaerial exposure, such as paleokarst, oxidization, solution voids filled with vadose silt and bauxites. It is difficult, from our data, to establish if the

Albian-Santonian strata deposited and later eroded, or if the studied platform portion subaerially exposed after the Aptian time. Platform limestone clasts in the overlying sediments are not younger than Aptian, due to their micropaleontological and facies analysis. Early Cretaceous faulting may have created submarine erosional scarps and nondepositional surfaces.

The upper Campanian is represented by two sequences which are separated by a distinct synsedimentary block-faulting surface: fore-reef bioclastic wackestones associated with carbonate breccias, and lenticular monomictic conglomerates associated with pelagic wackestones deposited in lower slope to basin environments. The first unit reflects the drowning event that affected the Jurassic-Early Cretaceous carbonate platform (Figure 6C). By analogy to similar deposits on top of other drowned platforms (Friuli Platform of NE Italy, Sartorio et al., 1992; Adriatic Platform, Fucek et al., 1992) this facies is interpreted as being deposited during rapid deepening of the shallow-water platform environment. Here, we face to the paradox of drowned carbonate platforms (Schlager, 1981). However, considering the coeval facies in the Taurus Mountains, the drowning event in the Tauride Platform might be related to a significant sea-level rise associated with synsedimentary tectonic movements. The late Campanian synsedimentary fault in the Aydincik area is an excellent example showing a

tectonic-effect on the carbonate platform drowning as discussed in Jansa (1993).

6. ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been supported by the DPT Project 97K.121900. We are very greatful to Sevinç Özkan (METU, Ankara) for verifying our determinations of planktonic foraminifers in thin sections, and also to Engin Meriç (İstanbul University) who determined orbitoids. We would like to thank Turgut Kemer who developed all our photographs.

7. REFERENCES

- Altiner, D. and Septfontaine, M., 1979. *Micropaleontologie, stratigraphie et environnement de deposition d'une serie jurassique a facies de plate-forme de la region de Pinarbaşı (Taurus oriental, Turquie)*. Rev. Micropaleont., 22/1, 3-18.
- Altiner, D. and Decrouez, D., 1982. *Etude stratigraphique et micropaleontologique du Cretace de la region au NW de Pinarbaşı (Taurus oriental, Turquie)*. Revue de Paleobiologie, 1/1, 53-92.
- Bassoullet, J.-P. and Poisson, A., 1975. *Microfacies du Jurassique de la region d'Antalya (secteurs N et NW), Taurus Lycien (Turquie)*. Rev. Micropaleont., 18/1, 3-14.
- Bassoullet, J.-P. and Bergougnan, H., 1981. *Faune et facies typiques du domaine sud-tethysien: le lias du Munzur Dağ (Anatolie orientale)*. Bull. Soc. geol. France, 7, XXIII/1, 83-93.
- Demirtaşlı, E., 1984. *Stratigraphy and*

- tectonics of the area between Silifke and Anamur, Central Taurus Mountains. In Tekeli, O. and Göncüoğlu, M. C. (Eds.), *International Symposium on the Geology of the Taurus Belt 1983*, Ankara, Proceedings, MTA Spec. Pub., 101-118.
- Demirtaşlı, E., Turhan, N., Bilgin, A. Z. and Selim, M., 1984. *Geology of the Bolkar Mountains*. In Tekeli, O. and Göncüoğlu, M. C. (Eds.), *International Symposium on the Geology of the Taurus Belt 1983*, Ankara, Proceedings, MTA Spec. Pub., 125-141.
- Dumont, J.F. and Kerey, E., 1975. Kirkkavak Fayı: Batı Toroslar ile Köprüçay basenin sınırlarında kuzey-güney doğrultu atımlı fay. *Bull. of Geol. Soc. Of Turkey*, 18/1, 59-62, Ankara.
- Farinacci, A. and Köylüoğlu, M., 1982. Evolution of the Jurassic-Cretaceous Taurus shelf (southern Turkey). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 21/2-3, 267-276.
- Farinacci, A. and Yeniay, G., 1986. Biostratigraphy and event-analysis of the Cenomanian-Maastrichtian carbonates of the Bey Dağları (Western Taurus, Turkey). *Geologica Rom.*, 25, 257-284.
- Farinacci, A. and Yeniay, G., 1994. *Tekkeina anatoliensis n. gen., n. sp., a new foraminifer from Susuz Dağ, Western Taurus, Turkey*. *Paleopelagos*, 4, 47-59.
- Fucek, L., Jeleska, V., Gusic, I., Prtoljan, B. and Ostric, N., 1992. Turonian slope deposits in the Brbisnica Cove, Dugi Otok Island, Croatia. *Geol. Vjesnici*, 44, 59-67.
- Gutnic, M. and Moullade, M., 1967. Senirkent güneyindeki Barla Dağının jurassik ve Alt Kretasesi ile ilgili yeni veriler. *MTA Bull.*, 69, 58-78.
- İlker, S., 1975. Adana Baseninin kuzeybatısının jeolojisi ve petrol olanakları. *TPAO Arama Grubu Başkanlığı, Arşiv No. 973*, 64 p., Ankara.
- Jansa, L. F., 1993. *Early Cretaceous Carbonate Platforms of the Northeastern North American Margin*, In: Toni Simo, J. A., Scott, R. W. and Masse, J.-P., Eds., *Cretaceous Carbonate Platforms*, AAPG Mem. 56, 111-126.
- Koç, H., Özer, E. and Özsayar, T., 1997. *Geology of the Aydıncık (Yçel) area*. *Geosound*, 30, 417-427, Adana.
- Luperto-Sinni, E. and Masse, J. P., 1993. Specie nuove di foraminiferi bentonici dell'Aptiano inferiore carbonatico delle Murge (Italia meridionale). *Riv. Italiana Pal. Strat.*, 99/2, 213-224.
- Özgül, N., 1984. Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides. In Tekeli, O. and Göncüoğlu, M. C. (Eds.), *International Symposium on the Geology of the Taurus Belt 1983*, Ankara, Proceedings, MTA Spec. Pub., 77-90.
- Özkan, S. and Köylüoğlu, M., 1988. Campanian-Maastrichtian planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Beydağları autochthonous unit, Western Taurides, Turkey. *METU Jour. of Pure and Applied Sciences*, 21/1-3, 377-388.
- Robaszynski, F. and Caron, M., 1995. Cretaceous planktonic foraminifera: comments on the Europe-Mediterranean zonation. *Bull. Soc. geol. France*, 166/6,

STRATIGRAPHIC AND SEDIMENTOLOGIC APPROACH TO THE APTIAN-CAMPANIAN
EROSIONAL UNCONFORMITY IN THE AYDINCIK

- 681-692.
- Sartorio, D., Tunis, G. and Venturini, S., 1992. Open Circulation Facies in the Cenomanian of the Northeastern Margin of the Friuli Platform: the Iudrio Valley Case (NE Italy). *Geol. Croatica*, 45, 87-93.
- Schlager, W., 1981. The paradox of drowned reefs and carbonate platform. *Geol. Soc. Of America Bull.*, 92, 197-211.
- Velic, I., 1977. Jurassic and Lower Cretaceous assemblage-zones in Mt. Velika Kapela, Central Croatia. *Acta Geologica Zagreb*, IX/2 Prirod. Istraz 42, 15-32,

PLATE I. Microfossils within fragments derived from the Aptian carbonate platform (Figures 1-3) and facies types of late Campanian fore-reef carbonates (Figures 4-7).

Figure 1. *Salpingoporella dinarica* (RADOICIC)
oblique transverse section. Sample H 1a, X50

Figure 2. *Praechrysalidina infracretacea* LUPERTO-SINNI
sub-axial section. Sample H 1a, X50

Figure 3. *Voloshinoides murgensis* LUPERTO-SINNI and MASSE
oblique sub-axial section. Sample H 1a, X50

Figure 4. Base of late Campanian fore-reef sequence above the unconformity. Matrix of the carbonate breccia composed of bioclastic packstone with pelecypoda, echinoderm fragments and angular extraclast (e) which is composed of ostracoda wackestone. Sample H 1, X6

Figure 5. Bioclastic packstone/wackestone with fragments of pelecypoda and *Orbitoides medius* (d'ARCHIAC). Sample KD 14, X10

Figure 6. Calcispheres-bearing wackestone. Sample H 10/1, X100

Figure 7. Limestone clast (e) in bioclastic wackestone with *Pseudosiderolites vidali* (DOUVILLE). Sample H4, X6.

PLATE 1

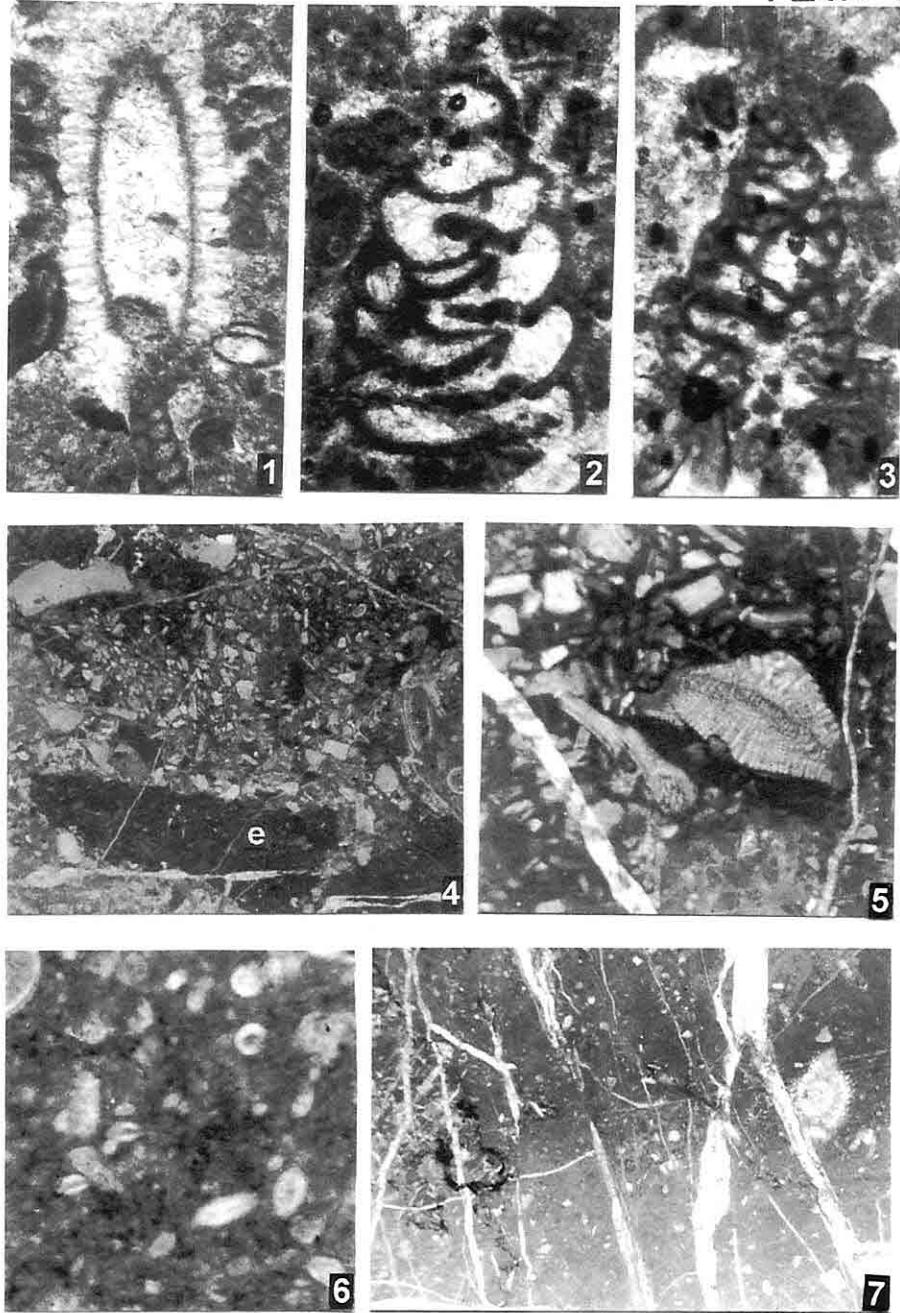


PLATE 2. Planktonic foraminifers of late Campanian gray to red limestones and matrix of monomictic conglomerates above the synsedimentary block-faulting surface.

Figure 1. *Globotruncana orientalis* EL NAGGAR. Sample H 10/2.

Figure 2. *Globotruncana bulloides* VOGLER. Sample H 18/2.

Figure 3. *Archaeoglobigerina* sp. sample H 10/1.

Figures 4 and 5. *Contusotruncana fornicata* (PLUMMER).

(4) Sample H 10/1, (5) Sample H 18/1.

Figures 6 and 7. *Globotruncanita calcarea* (CUSHMAN). Sample H 18/1.

Figure 8. *Globigerinelloides* sp. Sample H 10/2.

Figure 9. *Globotruncana arca* (CUSHMAN). Sample H 11.

Figure 10. *Globotruncana linneiana* (D'ORBIGNY). Sample H 20/1

Figure 11. *Hastigerinelloides watersi* (CUSHMAN). Sample H 15/3.

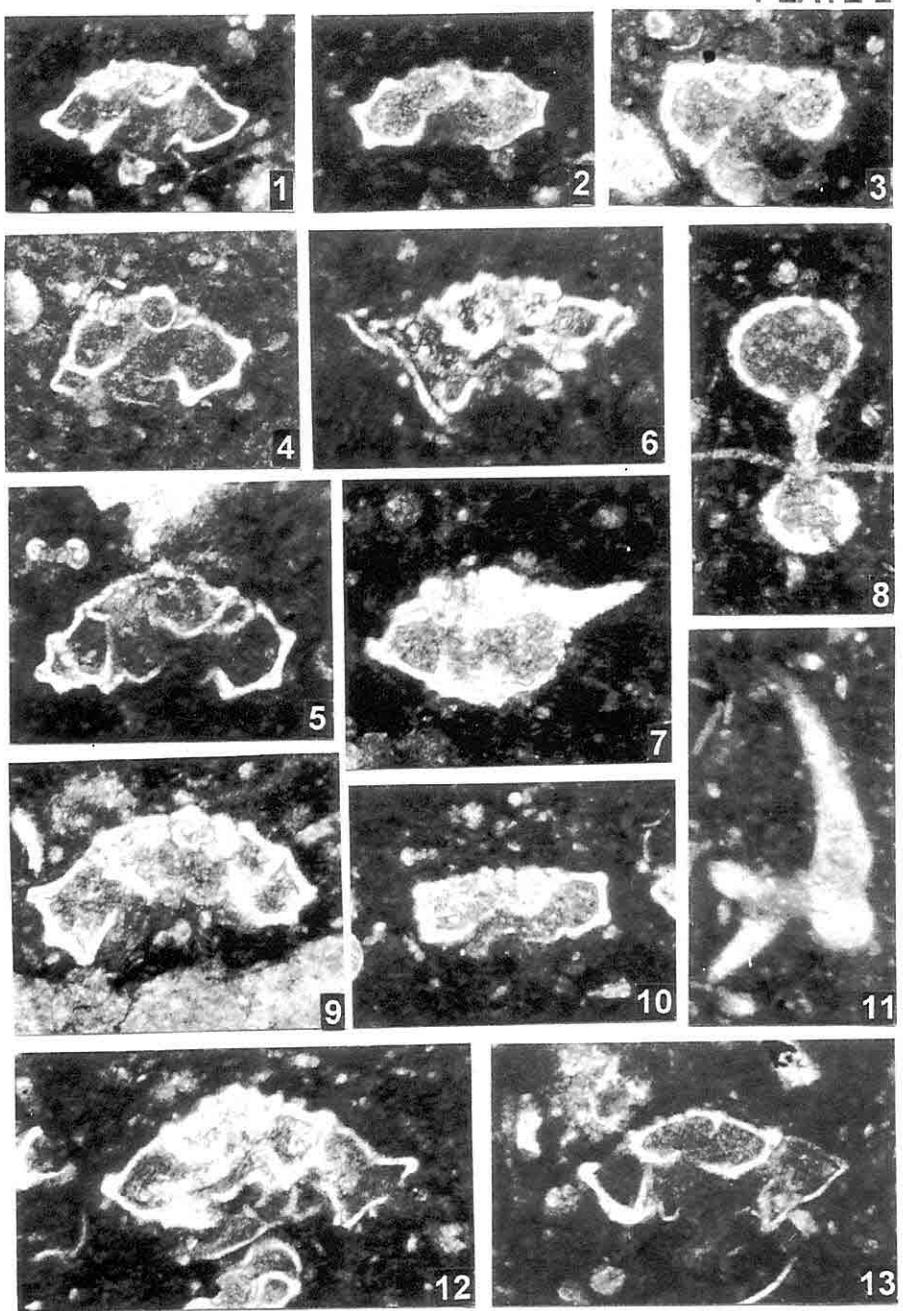
Figure 12. *Contusotruncana* sp. Sample H 15/1.

Figure 13. *Globotruncana falsostuarti* SIGAL. Sample H12/1.

All figures X 80.

*STRATIGRAPHIC AND SEDIMENTOLOGIC APPROACH TO THE APTIAN-CAMPAÑIAN
EROSIONAL UNCONFORMITY IN THE AYDINCIK*

PLATE 2



**ATTEPE (MANSURLU-FEKE-ADANA) DEMİR YATAĞI İLE YAKIN
ÇEVRESİNDEKİ CEVHER OLUŞUM TIPLERİ VE BAZI JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ**

Şuayip KÜPELİ

S.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

ÖZET: Çalışma alanında, Geyikdağı Birliğine ait İnfraCambriyen, Alt Paleozoyik ve Mesozoyik yaşılı metatorul birimler ile Bozkır Birliğine ait Üst Kretase yaşılı ofiyolitik kayaçlar ve bunları açılı bir uyumsuzlukla örten Miyosen yaşılı çökeller yüzeylemektedir.

Yörede, jenetik yönden birbirleriyle ilişkili fakat yataklanma şekli ve zamanı birbirinden farklı olan üç ayrı cephə tipi belirlenmiştir. Bunlar, sedimanter pirit ve hematit oluşukları, hidrotermal siderit ve hematit oluşumları ile karstik demir cephəleridir. Laminalli, bantlı ve tabakalı sedimanter yapılarına sahip olan I. Tip cephəler (piritler ve hematitler) sırasıyla İnfraCambriyen yaşılı bitümlü şeyl-filit ve metakuvarsitler içerisinde çökelmışlardır.

II. Tip cephəler, Miyosen'den daha yaşılı tüm birimler; özellikle de Alt-Orta Cambriyen yaşılı metakarbonatlar içerisinde yer alırlar. Paleosen-Alt Eosen zaman sürecinde oluşan bu cephəler tektonik kontrollü damar, mercek ve düzensiz sınırlı kütelerden oluşurlar. Pirit, tetraedrit, kalkopirit ve markazit gibi sülfürlü mineralleri içeren söz konusu cephəler, hidrotermal prosesler sonucunda muhtemelen İnfraCambriyen yaşılı sedimanter pirit ve hematit oluşuklarından türemiştir. Hidrotermal cephəlerin çok evreli endokarstik süreçlerle ayrılması sonucunda da başlıca limonit, götit ve ikincil hematitlerden oluşan III. Tip karstik demir cephəleri ortaya çıkmıştır.

Hidrotermal siderit cephəleri % 51.45 FeO, % 7.52 CaO, % 5.30 SiO₂, % 0.99 K₂O; karstik cephəler % 58.17 Fe₂O₃, % 3.85 SiO₂, % 0.69 Al₂O₃, % 0.81 CaO, % 0.25 MgO ve % 0.09 K₂O içerirler. Karstik cephəler sideritlere göre Fe bakımından zenginleşirken CaO, SiO₂ ve K₂O bakımından fakirleşmişlerdir. Siderit damarlarındaki hidrotermal piritlerin Ni konsantrasyonları, sedimanter piritlere göre daha düşük; Cu, Se, Hg ve Sb içerikleri ise yüksektir. Siderit cephəlerinin Cr, Co, Ni ve Cu içeriklerinin çok düşük oluşu, II. Tip cephəlerin bazik mağmatik bir kökenle ilişkili olamayacağına işaret etmektedir.

TYPES OF MINERALIZATION IN THE ATTEPE (MANSURLU-FEKE-ADANA) IRON DEPOSIT AND ITS SURROUNDING AREA AND THEIR SOME GEOCHEMICAL FEATURES

ABSTRACT: *In the study area, Infracambrian, Lower Paleozoic and Mesozoic aged metasedimentary rocks of the Geyikdağı Unit; Upper Cretaceous aged ophiolitic rocks of the Bozkır Unit and Miocene aged sediments which overlies the older units with an angular unconformity.*

In this region, three types of mineralizations all being related genetically but differing in depositional forms and time were determined. These are sedimentary pyrite and hematite occurrences, hydrothermal siderite and hematite formations and karstic iron ores. Type I ores (pyrites and hematites) having sedimentary structures such as lamination, banding and layering were precipitated in the Infracambrian aged bituminous shale-phyllite and metaquartzites through sedimentary processes respectively.

Type II ores bearing sulphide minerals such as pyrite, tetrahedrite, chalcopyrite and marcasite, can be found in all units older than Miocene aged units. These ores in the form of tectonically controlled veins, lenses and irregularly shaped masses occur particularly within Lower-Middle Cambrian metacarbonates. Mentioned ores formed during the Paleocene-Lower Eocene period, have probably been derived from Infracambrian sedimentary pyrite and hematite formations as a result of the hydrothermal processes. Type III ores consisting of limonite, goethite and secondary hematites may have been derived from the hydrothermal ores by polyphase endokarstic processes.

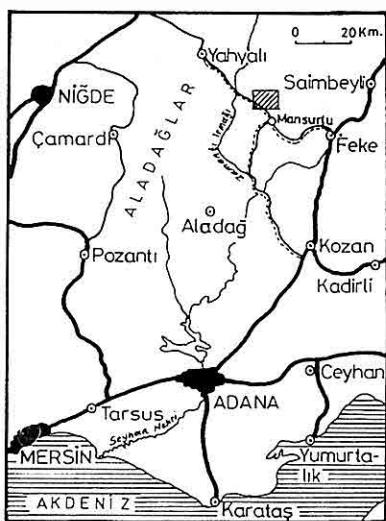
Hydrothermal siderite ores contain 51.45 % FeO, 7.52 % CaO, 5.30 % SiO₂, 0.99 % K₂O; karstic ores contain 58.17 % Fe₂O₃, 3.85 % SiO₂, 0.69 % Al₂O₃, 0.81 % CaO, 0.25 % MgO and 0.093 % K₂O. The karstic ores are richer in Fe, and poorer in CaO, SiO₂ and K₂O than the siderites. Sedimentary pyrites exhibit some distinctive geochemical features compared with the hydrothermal pyrites. Ni contents of the hydrothermal pyrites in the siderite veins are lower; Cu, Se, Hg and Sb contents are higher than those sedimentary pyrites. Having very low content of Cr, Co, Ni and Cu points that siderite ores were not related to a basic magmatic source.

1. GİRİŞ

İnceleme alanı, Doğu Toros kuşağıının batısında Aladağlar'ın doğu kesimindedir (Şekil 1). Yöredeki cevherler Mansurlu kasabasının hemen kuzey kesiminde ~150 km²'lik bir alan içerisindeındirlər.

Ülkemizdeki demir-çelik endüstrisi açısından büyük bir öneme sahip olan bölgede kökenleri, kapsadıkları cevher mineralleri ve geçirdikleri karstik süreçler bakımından birbirlerine benzeyen çok sayıda demir yatak ve

**ATTEPE DEMİR YATAĞI İLE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ CEVHER OLUŞUM TİPLERİ VE
BAZI JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

zuhuru bulunmaktadır.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde bölgесel ölçekli ilk jeolojik çalışmalar Blumenthal (1944) ve Abdüsselamoğlu (1958) tarafından kronostratigrafiyi esas alan 1/100.000 ölçekli harita alımlarıyla başlatılmıştır. Bunları takip eden dönemde, inceleme alanının doğu kesiminde Demirtaşlı (1967), Özgül, vd. (1972, 1973), Metin, vd. (1982), Metin (1984) ve Tutkun (1984) tarafından Geyikdağı otokton-paraotokton (?) istifi; batı kesiminde ise Tekeli (1980), Tekeli ve Erler (1980), Ulakoğlu (1984), Ayhan ve Lengeranlı (1986) tarafından da Bozkır ve Geyikdağı Birliğine ait birimler ile Aladağlar'daki naplı yapı incelenmiştir. Daha sonra bölgede Ayhan (1988), Tekeli, vd. (1988); tarafından lito ve kronostratigrafi ilkelerini esas alan açısından nitelikli 1/100.000 ölçekli

jeolojik harita alımlarının yapıldığı görülmektedir.

Çalışma alanındaki demir yataklarına yönelik prospeksiyon niteliğindeki ilk çalışmalar Lucius (1927) ve Blumenthal (1939) tarafından başlatılmıştır. 1966 yılından itibaren yörede MTA ekiplerinin daha detaylı çalışmalara yöneldiği görülür. Özellikle rezerv tesbitine yönelik sondajlı arama faaliyetlerini ve detay jeolojik harita alımlarını kapsayan bu çalışmalar Arıkan (1968) tarafından rapor edilmiştir. 1980 yılına kadar devam eden MTA ekip çalışmalarının önemli sonuçları ilk olarak Henden ve Önder (1980) tarafından yayına sunulmuştur. Söz konusu çalışmada Attepe demir yatağı ve yakın çevresinin jeolojik haritası, jeolojik kesitleri ve sondajlı aramalara dayalı rezerv hesaplamaları yer almaktadır.

Bu araştırmada yapılan incelemeler sonucunda çalışma alanında yüzeyleyen birimler ilk olarak formasyon ve üye mertebesinde ayırtlanarak stratigrafik çatı ortaya konulmuş, Attepe demir yatağı ve yakınındaki demir cevherlerinin üç ayrı tipte yataklandığı tesbit edilerek oluşum özellikleri ve her bir cevher tipini karakterize eden bazı jeokimyasal veriler sunulmaya çalışılmıştır.

I. Tip cevherleri oluşturan sedimanter pirit ve hematit oluşukları bu yörede ilk olarak Küpeli (1986), III. Tip karstik demir cevherleri ise Küpeli (1991) tarafından tanımlanmıştır. II. Tip cevherlerin oluşumu konusunda, Ünlü ve Stendal (1986) dışında, diğer araştırmacılar, ilk olarak Lucius (1927)

tarafından ortaya atılan hidrotermal görüşü benimsemişlerdir. Ünlü ve Stendal (1986) ise, jeokimyasal verilere dayanarak sedimanter oluşum modelini savunmuşlardır. Bu modele göre, Attepe demir yatağı Paleozoyik yaşılı birimler içerisinde kimyasal sedimentasyon süreçleriyle çökelmıştır.

Jeokimyasal incelemeler sırasında 19 adet siderit cevher numunesi ile 27 adet karstik cevher numunesinin ana ve iz element içerikleri yaş kimyasal analiz yöntemleriyle belirlenmiştir. Analizlerde kolorimetrik spektrofotometre ve atomik absorpsiyon spektrofotometreleri kullanılmıştır. Siderit damarları içerisindeki pirit, tetraedrit ve kalkopirit gibi sülfürlü mineraller ile sedimanter piritlerin ana ve iz element içerikleri ise, Heidelberg (Almanya) Üniversitesinde ARL Seme Semq. Molibden tipi bir mikroprop cihazında yapılmıştır. Mikroskopik gözlemler sonucunda sideritler içerisindeki piritlerden 7, sedimanter piritlerden değişik tipleri karakterize edecek şekilde 32, tetraedritlerden 3, kalkopiritlerden de 2 örnek nokta analiz için seçilmiştir. İnce kesit optik mikroskop ve parlak kesit cevher mikroskop çalışmalarının yanı sıra siderit ve karstik cevher numunelerinin mineralojik bileşimleri X-Işınları difraksiyonu (XRD) ile de kontrol edilmiştir.

Yapılan istatistiksel çalışmalarda kullanılan simgelerin açıklaması şöyledir. N: Örnek sayısı; Min: En küçük değer; Max: En büyük değer; X: Ortalama; S: Standart sapma; $S\bar{x}$: Standart hata; T:

Hesaplanan t değeri; r: Korelasyon katsayısı; P: İstatistiksel kontrolün güvenirlilik derecesi, $P<0.01$ ise %99; $P<0.05$ ise %95 istatistiksel güvenirlilikle geçerli anlamına gelmektedir. Hesaplamlar sırasında gerekli olan birkaç yerde "eser", 0.01 olarak kabul edilmiştir.

2. JEOLOJİ

Yörede, Geyikdağı birligine ait otokton-paraotokton (?) konumlu birimler ile Bozkır birligine ait allokton birimler ve bunları transgresif olarak örten genç çökeller yüzeylemektedir. Geyikdağı birligine ait İnfraCambriyen yaşı (Küpeli, 1986) Sicimindağı formasyonu; bitümlü şist, fillit ve şeyllerin ardalanmasından oluşan Attepe üyesi ile şist, fillit, metakumtaşı ve metakuvarsitlerden ibaret Kandilcikdere üyesini kapsar. Bu formasyonu izleyen Alt-Orta Kambriyen yaşılı Çaltepe Formasyonu (Dean ve Monod, 1970), Menteşdere ve Uyuzpinarı olmak üzere iki üyeye ayrılmış olup, metakarbonatlardan oluşmaktadır. Elmadağı ve Eğrisögündere üyelerini kapsayan Üst Kambriyen-Ordovisiyen yaşı Seydişehir formasyonu (Dean ve Monod, 1970) kalkşist ve yumrulu kireçtaşları ile şist, fillit ve metakumtaşlarından oluşur. Metakarbonatların yer aldığı Üst Permiyen yaşılı Yiğlitepe formasyonu (Demirtaşlı, 1967) ise daha yaşılı birimleri açılı bir uyumsuzlukla örtmektedir. İnfraCambriyen ve Paleozoyik yaşılı birimler üzerine

metakonglomera, fillit, şist, kalkşist ve rekristalize kireçtaşlarından oluşan Mesozoyik yaşı Karakızoluğu formasyonunun açısal bir uyumsuzlukla geldiği görülür. Bölgeye Maestriyen'de yerleşen Bozkır birligine ait Aladağ ofiyolit dizisi (Tekeli ve Erler, 1980), Miyosen öncesi bütün birimler üzerine bindirmektedir. Konglomera - marn ardalanmasından oluşan Alt Miyosen yaşı neotokton Zebil formasyonu ise (Ulakoğlu, 1984) istifin en üst kesiminde açısal bir uyumsuzlukla yer almaktadır (Şekil 2).

3. MADEN YATAKLARI

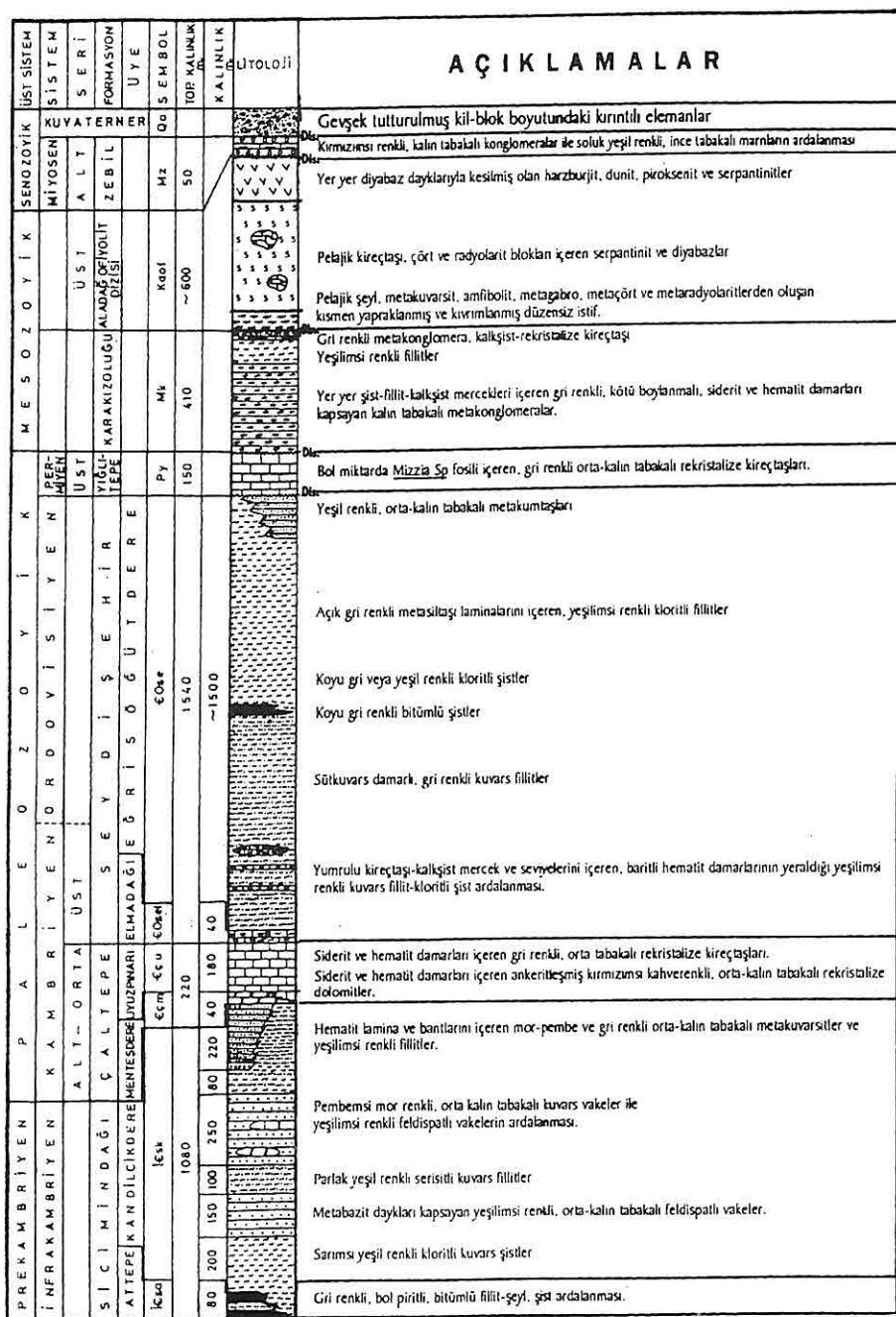
İnceleme alanında yataklanma şekli ve zamanı birbirlerinden farklı, fakat jenetik yönden birbirleriyle ilişkili olan sedimanter pirit ve hematit oluşukları, hidrotermal siderit ve hematit oluşumları ile karstik demiroksi-hidroksit yiğisimleri yer almaktadır.

İnfrakambriyen yaşı Sicimındağı formasyonu içerisinde yer alan sedimanter pirit oluşukları, yörede belirlenen istifin tabanında yer alan bitümlü şeyl ve fillitler içerisinde, sadece Attepe demir yatağının güneydoğu kesiminde yüzeylemektedir. Piritlere göre daha yaygın olan sedimanter hematitler ise, aynı formasyona ait istifin en üst kesimindeki metakuvarsitler içerisinde görülürler (Şekil 2). Mevcut yüzeylemeleriyle ekonomik olmayan sözkonusu oluşuklar belirgin laminalı (paralel, çapraz ve konvülüt), bantlı ve tabaklı sedimanter yapılar sunmaktadır. Ayrıca, piritli seviyelerde

tipik oygu-dolgu, yük kalibi ve sindiyajenitik deformasyon yapıları belirlenmiştir.

Sülfürlü mineraller içeren hidrotermal siderit ve hematit cevherleri, bölgede yüzeyleyen Miyo-sen'den daha yaşı tüm birimler içerisinde tektonik kontrollü damar, mercek ve düzensiz sınırlı kütler oluştururlar. Önemli yataklar karbonat kayaçlarla pelitik kayaçların tektonik dokanaklarında, özellikle de Alt-Orta Kambriyen yaşı Çaltepe Formasyonuna ait rekristalize dolomit ve kireçtaşları içerisinde yer alır (Şekil 3). Epijenitik karakterli bu cevher kütlerinin etrafında yaygın olarak hidrotermal alterasyon ürünü ankeritik kuşaklar ortaya çıkmıştır. Sözkonusu cevherlerle ilişkili olarak karbonatlı ve oksitli mineral fazları ayırt edilir. Karbonatlı mineral fazında pirit, tetraedrit, kalkopirit ve markazit gibi sülfürlü mineralleri içeren yer yer kalsit, kuvars ve dolomitli sideritler; oksitli mineral fazında ise baritli ve/veya kuvarslı hematit ve çok az oranda görülen piritli manyetitler yer alır.

Karstik demiroksi - hidroksitler toprağımsı limonit, kabuğumsu, böbreğimsi, konsantrik bantlı, yer yer sarkıt ve dikit yapılı götit ve ikincil hematitlerden oluşur. Az oranda malakit, azurit oluşumlarına da rastlanılmaktadır. Hirdotermal siderit, ankerit ve hematitlerin özellikle çok fazlı endokaristik süreçler sonucunda ayrışmasıyla ortaya çıkan ayrışma ürünleri, kolloidal ve kırıntılı malzemeler şeklinde yatak içerisinde yanal ve düşey



Şekil 2. İnceleme alanının stratigrafik kesiti.

ATTEPE DEMİR YATAĞI İLE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ CEVHER OLUŞUM TİPLERİ VE BAZI JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

yönlerde taşınarak karstik boşluklar içerisinde yeniden depolanmışlardır. Daima hidrotermal tipteki birincil cevher oluşumları ile iç içe görülürler.

Bölgедe hidrotermal ve bunların süperjen alterasyon ürünü karstik cevherlerin oluşturduğu Attepe, Kızıl, Değirmendere, Mağaradere, Mağarabeli, Kartalkaya, Karakızoluğu, Menteş, Uyuzpınarı ve Mağarabelitepe gibi önemli demir yatakları ve birçok zuhur bulunmaktadır. Bunlardan Attepe ve Değirmendere yataklarında işletme faaliyetleri halen devam etmektedir. Diğer yataklarda ise ekonomik olabilecek cevherlerin hemen hemen tamamı alınmıştır. İşletme faaliyetleri öncesinde Attepe'de 34.000.000 ton, Mağarabeli yatağında 1.406.000 ton, Kızıl ve Menteş yataklarında toplam 3.621.000 ton, Uyuzpınarında 326.000 ton cevher rezervi belirlenmiştir (Şahin ve Bakırdağ, 1978; Henden ve Önder, 1980).

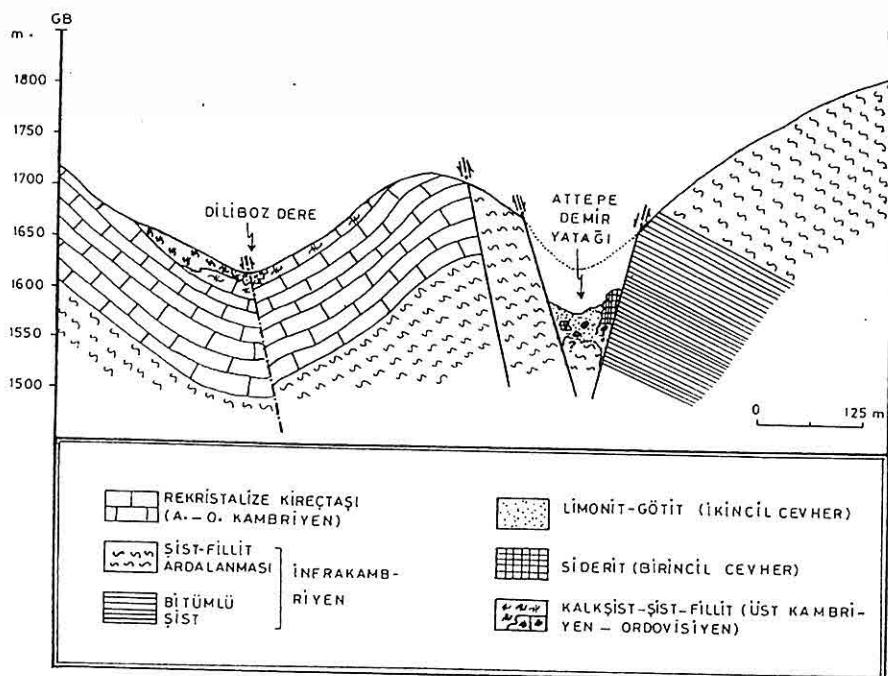
4. JEOKİMYASAL İNCELEMELER

İnceleme alanında yer alan cevher tiplerinin jeokimyasal özelliklerini belirleyebilmek amacıyla, yöredeki diğer yataklara göre daha fazla jeolojik veri sunan Attepe demir yatağı seçilmiştir (Şekil 3). Bu yataktaki sedimanter pirit, hidrotermal siderit ve karstik demir cevherleri bir arada görülmektedir.

4.1. Hidrotermal Siderit Cevherleri

Siderit, Attepe ve yöresinde yer alan demir yataklarındaki en önemli birincil cevher mineralidir. Attepe demir yatağının doğu sınırında İnfraCambriyen

yaşlı şeyl ve fillitler içerisinde yer alan önemli siderit mostralrı karstik etkilerden korunmuş damarlar şeklinde görülür. Bu damarları temsil edecek şekilde rasgele seçilen 19 adet siderit cevher numunesinin analizi yapılarak bazı ana ve iz element konsantrasyonları belirlenmiştir. Sonuçlar Tablo 1'de görülmektedir. Analiz sonuçlarının aritmetik ortalamaları 't' testlerinde anlamlı çıkmaktadır (Tablo 2). X işinleri difraksiyonuna göre sözkonusu örnekler başlıca siderit, kalsit ve kuvars minerallerinden oluşur. Sideritlerin ortalama FeO , SiO_2 , CaO , MgO ve K_2O konsantrasyonları sırasıyla % 51.45; 5.30; 7.52; 0.59 ve 0.99'dur. Tablo 3'de dünyanın önemli bazı siderit yataklarının ana element içerikleri Attepe sideritleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre, Fe içeriklerinin ~ % 30 ile 40 arasında değiştiği ve Attepe sideritlerinin Fe içeriği yönünden diğer yataklara göre daha zengin olduğu görülmür. K içerikleri, Deveci sideritleri (500-2530 ppm, ortalama 1800 ppm; Ünlü, 1985) ile Quenza ve Jerissa sideritlerine (24-938 ppm, ortalama 209.20 ppm; Pohl vd., 1986) göre, Attepe sideritlerinde daha yüksektir (Tablo 1). Muhtemelen Attepe sideritlerinde, yankayacı oluşturan metapelitik kayaçlar içerisindeki smektit, kaolinit ve illit gibi kil mineralleri ile feldispatlardan kaynaklanan bir kirlilik söz konusudur. Attepe yatağında diğer yataklara göre daha yüksek olan Ca içerikleri ise sideritler içerisinde gang minerali olarak izlenen kalsitlerle ilişkili olabilir. Deveci (10-850 ppm; Ünlü,



Şekil 3. Attepe demir yatağının jeolojik konumu.

1985) ile Quenza ve Jerissa sideritlerine (63-107 ppm; Pohl vd., 1986) göre, Attepe sideritlerinin daha düşük oranlarda Zn içeriği görülmektedir. Tablo 3'de bazik mağmatik veya volkanik aktivitelerle ilişkili yataklarda Mn içeriklerinin belirgin bir artış gösterdiği dikkati çekmektedir. Ancak, söz konusu tabloda görüldüğü gibi Attepe sideritleri hem bu tip yataklara, hem de diğer yataklara göre son derece düşük oranda Mn içermektedir. Ayrıca, bazik mağmatik ve volkanik kaynaklarla ilişkili Siegerland (1000-3000 ppm; Botke, 1981) ve Deveci (10-5800 ppm; Ünlü, 1985) siderit yataklarında Cu konsantrasyonlarının Attepe'ye göre oldukça yüksek olduğu görülür. Attepe sideritlerinde Pb, Co ve Cr içerikleri,

atomik absorpsiyon spektrofoto metresinin deteksiyon limitlerinin altındadır. Pb ve Co içerikleri için bu cihazın alt okuma sınırı olan 2 ppm'den daha düşük oldukları söylenebilir. Sadece bir örnekte eser miktarda ölçülen Cr içeriği, diğer örneklerde belirlenmemiştir. Ayrıca Ni içerikleri de Attepe yatağında, Quenza ve Jerissa (4-24 ppm; Pohl, vd., 1986) ile Deveci (9-310 ppm; Ünlü, 1985) sideritlerine göre oldukça düşüktür (Tablo 1).

4.2. İkincil (Karstik) Cevherler

Attepe yatağını uzun eksenin ve derinliği boyunca temsil edecek şekilde işletme basamakları ve bunlara ait şevlerin imkan verdiği ölçüde, sistematik bir şekilde

*ATTEPE DEMİR YATAĞI İLE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ CEVHER OLUŞUM TİPLERİ VE
BAZI JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ*

Tablo 1. Sideritlerin ana ve iz element içerikleri (FeO: Toplam demir içeriğidir)

Örn.	%						ppm						
	FeO	Fe	SiO ₂	K ₂ O	CaO	MgO	Zn	Mn	Cu	Pb	Co	Ni	Cr
U1	59.24	46.09	8.77	0.76	9.50	0.60	-	38.50	3.76	eser	eser	0.28	eser
U2	47.94	37.29	2.89	0.88	9.00	0.66	1.33	41.50	50.00	eser	eser	0.20	-
U3	59.46	46.26	5.51	0.65	9.40	0.50	2.95	63.00	49.50	eser	eser	0.55	-
U4	60.87	47.36	6.01	1.05	8.00	0.60	0.55	48.50	45.00	eser	eser	0.50	-
U5	60.76	47.27	5.73	1.15	8.00	0.77	0.93	45.50	25.00	eser	eser	0.55	-
U6	48.91	38.05	9.28	0.98	10.00	0.72	1.48	44.00	38.00	eser	eser	0.28	-
U7	60.98	47.44	9.20	1.04	6.00	0.50	2.60	36.50	57.00	eser	eser	0.50	-
U8	61.09	47.53	3.62	1.80	9.00	0.55	0.38	50.00	3.25	eser	eser	0.50	-
U9	40.63	31.61	10.00	1.30	6.00	0.45	2.00	33.00	122.00	eser	eser	1.20	-
U10	54.35	42.28	3.19	1.03	2.50	0.68	2.80	47.00	154.00	eser	eser	0.08	-
U11	50.33	39.15	1.01	0.93	5.00	0.70	3.18	45.00	119.00	eser	eser	0.05	-
U12	41.96	32.64	0.73	0.95	7.590	0.65	4.65	44.00	146.00	eser	eser	0.20	-
U13	53.91	41.94	5.87	1.48	7.00	0.74	5.48	40.00	150.00	eser	eser	0.04	-
U14	46.30	36.02	8.81	0.93	8.00	0.38	3.08	51.10	170.00	eser	eser	0.13	-
U15	53.04	41.27	1.15	0.88	9.50	0.63	-	48.00	-	eser	eser	0.15	-
U16	58.80	45.75	4.04	0.80	7.50	0.40	0.78	58.00	33.00	eser	eser	0.10	-
U17	39.46	30.70	1.09	0.88	3.50	0.50	1.28	20.00	171.00	eser	eser	0.28	-
U18	40.54	31.54	13.38	0.73	9.00	0.55	0.55	64.00	8.00	eser	eser	0.10	-
U19	39.02	30.36	0.46	0.73	8.50	0.55	1.23	66.00	18.00	eser	eser	-	-
Ort.	51.45	40.03	5.30	0.99	7.52	0.59	1.85	46.53	71.71	eser	eser	0.30	-

Tablo 2. Siderit cevher örneklerinin bazı element konsantrasyonlarının aritmetik ortalamalarının 't' testi

Element	N	Min	Max	X	S	Sx̄	T	P	Anakitle Aritmetik Ort.
% FeO	19	39.02	61.09	51.45	8.25	1.89	27.18	0.0000	47.48-55.42
% Fe	19	30.36	47.53	40.03	6.42	1.47	27.17	0.0000	36.94-43.12
% SiO ₂	19	0.460	13.380	5.302	3.773	0.865	6.13	0.0000	3.48-7.12
% K ₂ O	19	0.6500	1.8000	0.9974	0.2798	0.0642	15.54	0.0000	0.86-1.13
% CaO	19	2.500	10.000	7.526	2.086	0.479	15.72	0.0000	6.52-8.53
% MgO	19	0.3800	0.7700	0.5858	0.1133	0.0260	22.55	0.0000	0.53-0.64
% Zn	19	0.000	5.480	1.855	1.536	0.352	5.26	0.0001	1.12-2.59
ppm Mn	19	20.00	66.00	46.51	11.21	2.57	18.08	0.0000	41.11-51.91
ppm Cu	19	0.0	171.0	71.7	62.7	14.4	4.98	0.0001	41.45-101.95
ppm Ni	19	0.0000	1.2000	0.2995	0.2864	0.0657	4.56	0.0002	0.16-0.44

Tablo 3. Bazı siderit yataklarının ana element içerikleri (% olarak) ve oluşum modelleri.

Yataklar	Oluşum modeli	Fe	SiO ₂	CaO	MgO	Mn	Yazarlar
Attepe (Türkiye)	Hidrotermal metazomatik	40.03	5.30	7.72	0.59	46.53 ppm	Bu çalışma
Quenza ve Jerissa (Kuzey Afrika)	Hidrotermal metazomatik	41.00	2-7	0.50	-	1.42*	Walther ve Zitzman (1977)
Erzberg (Avusturya)	Hidrotermal metazomatik	33.48	3.89	7.07	4.40	1.94	Holzer ve Pirki(1977)
Bilbao (İspanya)	Hidrotermal metazomatik	30.58	4.72	2.19	12.19	1.05	Botke (1981)
Siegerland (Almanya)	Hidrotermal (Bazik magma.)	29-31	16-20	0.80-1	2-3	5-6	Botke (1981)
Vares-Smreka (Yugoslavya)	Vulkano-sedi. (Bazik kökenli)	37.27	8.36	0.62	0.80	3.50	Botke (1981)
Vares-Drozkovac (Yugoslavya)	Vulkano-sedi. (Bazik kökenli)	38.89	4.10	0.67	1.47	3.80	Botke (1981)
Deveci (Türkiye)	Vulkano-sedi. (Bazik kökenli)	36.65	3.52 (Si)	1.97 (Ca)	2.22 Mg)	4.57	Ünlü (1985)
Alquife ve Las Piletas (İspanya)	Sedimanter ve erken diyajenetik	39.00	4.43	1.35	1.75	1.40	Torres-Ruiz (1983)

* Pohl vd., (1983)

alınan 27 adet ikincil cevher örneğinin ana ve iz element içerikleri Tablo 4'de sunulmuştur. Analiz sonuçlarının aritmetik ortalamaları 't' testlerinde anlamlı çıkmaktadır (Tablo 5). Ayrıca karşılaştırması yapılan hidrotermal siderit ve karstik cevher örnekleri ile Attepe yatağının kuzey ve güney kesimlerine ait cevher örneklerindeki bazı element çiftleri arasındaki değişimlerin de anlamlı oldukları belirlenmiştir (Tablo 6). Analiz edilen örneklerde uygun görülen element

çiftleri arasındaki korelasyon katsayıları (*r*) hesaplanarak istatistiksel güvenirlilik dereceleri 't' testleri ile kontrol edilmiştir. Korelasyon katsayısı 0.700'den büyük olan element çiftleri arasında kuvvetli ilişki bulunduğu kabul edilerek önemli görülenlerinin regresyon denklemleri sunulmuştur (Tablo 7 ve 8). Yapılan 't' testlerinde regresyon analiz sonuçları anlamlı çıkmaktadır. Korelasyon analizlerine göre, Fe-Si, Fe-Zn element çiftleri arasında kuvvetli

**ATTEPE DEMİR YATAĞI İLE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ CEVHER OLUŞUM TİPLERİ VE
BAZI JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Tablo 4. Attepe demir yatağına ait ikincil cevher örneklerinin bazı ana ve iz element içerikleri (A1-20 yatağın kuzey; A21-27 güney kesiminden alınmıştır.
 Fe_2O_3 toplam demir içeriğidir)

Örn.	%							ppm						
	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	MnO	Cu	Pb	Zn	As	S	P	Ti
A 1	60.30	2.94	0.57	0.04	0.42	0.25	1.09	50	10	10	eser	200	eser	-
A 2	61.42	1.48	0.58	0.08	Eser	0.47	0.99	50	10	10	eser	300	eser	-
A 3	60.86	0.78	0.50	0.07	0.42	0.18	0.85	50	10	10	eser	300	eser	-
A 4	61.98	0.66	0.45	0.11	0.28	0.14	1.10	40	eser	10	eser	200	eser	-
A 5	61.98	0.74	0.23	0.05	0.14	0.43	0.72	40	eser	10	eser	400	eser	-
A 6	60.58	1.18	0.62	0.06	0.28	0.29	0.56	50	10	10	eser	500	eser	-
A 7	59.47	2.04	0.45	0.07	0.28	0.25	0.62	50	10	10	eser	300	eser	-
A 8	63.10	1.96	0.85	0.04	0.28	0.25	0.62	40	eser	10	10	300	eser	-
A 9	51.37	2.34	0.36	0.09	8.54	0.50	0.75	40	eser	10	eser	400	eser	-
A 10	60.58	3.18	0.53	0.06	Eser	0.43	0.61	40	eser	10	eser	200	eser	-
A 11	61.14	2.68	0.48	0.07	0.14	0.21	0.62	50	eser	10	10	200	eser	-
A 12	59.47	2.80	0.68	0.09	0.14	0.18	0.75	40	eser	10	eser	400	eser	-
A 13	61.70	2.18	0.69	0.10	0.14	0.14	0.52	50	eser	10	eser	200	eser	-
A 14	57.28	4.24	0.23	0.05	1.04	0.14	0.90	100	eser	100	100	700	eser	eser
A 15	57.77	3.41	0.41	0.08	0.62	0.09	1.03	100	eser	100	100	eser	100	60
A 16	54.84	6.62	1.00	0.18	0.99	0.21	1.34	100	eser	200	200	100	100	180
A 17	55.80	6.13	0.90	0.16	0.99	0.24	1.30	100	eser	200	100	300	200	180
A 18	58.36	2.52	0.31	0.06	1.82	0.14	0.96	200	eser	100	400	300	200	60
A 19	55.87	5.47	0.56	0.17	0.79	0.24	1.41	200	eser	100	400	300	400	180
A 20	58.88	3.65	0.21	0.05	1.30	0.15	0.97	100	eser	100	100	300	100	60
Ort.	59.14	2.85	0.55	0.08	0.93	0.25	0.89	74.50		110		295		
A 21	57.67	3.41	0.41	0.08	0.62	0.09	1.03	100	-	100	100	eser	100	60
A 22	57.93	3.99	0.46	0.08	0.36	0.10	0.94	100	-	100	100	eser	eser	60
A 23	52.06	9.87	1.85	0.04	0.49	0.42	1.29	100	-	100	500	eser	200	360
A 24	53.13	8.84	1.64	0.03	0.44	0.45	1.38	100	-	200	400	300	300	360
A 25	56.29	6.32	1.04	0.20	0.58	0.28	0.86	100	-	100	600	400	200	-
A 26	52.77	9.61	1.62	0.27	0.19	0.38	1.43	200	-	200	500	500	400	120
A 27	57.94	4.84	0.56	0.12	0.65	0.23	0.90	100	-	100	100	300	100	120
Ort.	55.40	6.70	1.08	0.12	0.48	0.28	1.08	114.3		128.6	328.6	214.30	185.7	154.30
Genel														
Ort.	58.17	3.85	0.69	0.09	0.81	0.25	0.94	88.80		114.8		274.07		

Tablo 5. Karstik cevher örneklerinin bazı element konsantrasyonlarının aritmetik ortalamalarının ‘t’ testi. (A, genel ortalamalar; B, yatağın kuzey kesimine ait; C ise güney kesimine ait ortalamalarla ilgilidir)

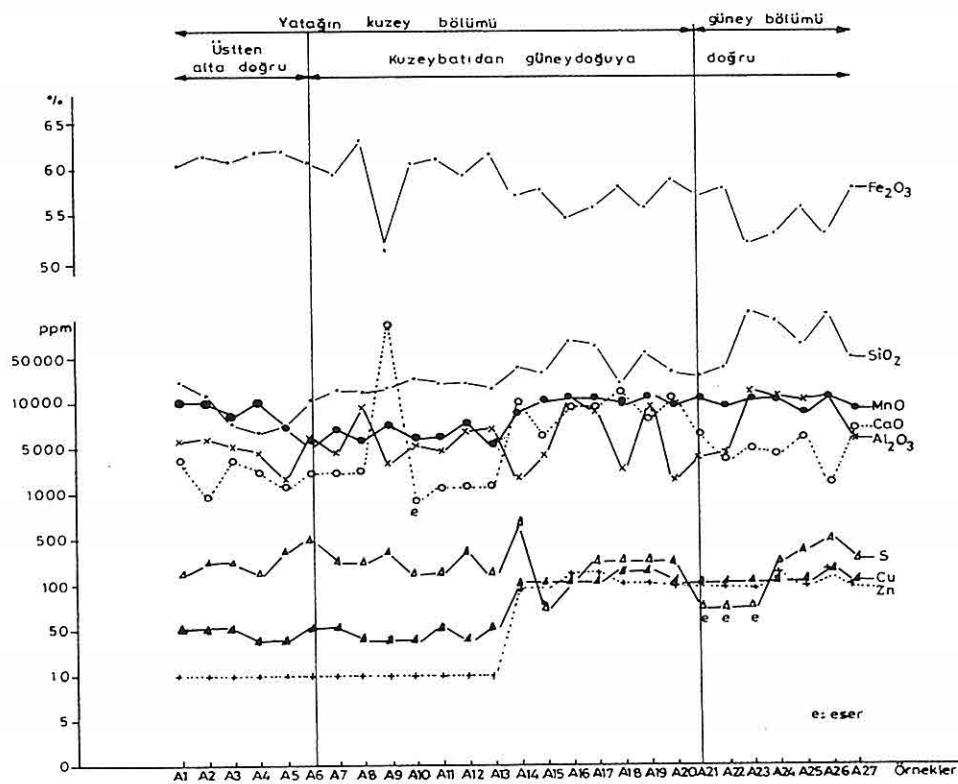
Element	N	A								Anakitle Ort.
		Min	Max	X	S	Sx	T	P		
% Fe ₂ O ₃	27	51.370	63.100	58.17	3.27	0.63	92.52	0.0000	56.87-59.46	
% SiO ₂	27	0.660	9.870	3.85	2.61	0.50	7.66	0.0000	2.81-4.88	
% Al ₂ O ₃	27	0.2100	1.8500	0.67	0.43	0.08	8.15	0.0000	0.50-0.84	
% K ₂ O	27	0.0300	0.2700	0.09	0.06	0.01	8.40	0.0000	0.07-0.12	
% CaO	27	0.010	8.540	0.81	1.60	0.31	2.64	0.014	0.18-1.45	
% MgO	27	0.0900	0.5000	0.25	0.13	0.02	10.56	0.0000	0.21-0.30	
% MnO	27	0.5200	1.4300	0.95	0.28	0.05	17.68	0.0000	0.84-1.06	
ppm Cu	27	40.00	200.00	84.81	49.18	9.46	8.96	0.0000	65.36-104.26	
ppm Zn	27	10.0	200.0	71.48	68.88	13.26	5.39	0.0000	44.15-98.84	
ppm S	27	0.0	700.0	274.08	165.46	31.84	8.61	0.0000	208.72-339.48	
B										
% Fe ₂ O ₃	20	51.370	63.100	59.138	2.929	0.655	90.31	0.0000	57.77-60.51	
% SiO ₂	20	0.660	6.620	2.850	1.707	0.382	7.47	0.0000	2.05-3.65	
% K ₂ O	20	0.0400	0.1800	0.084	0.042	0.009	9.00	0.0000	0.064-0.103	
% CaO	20	0.010	8.540	0.932	1.855	0.415	2.25	0.037	0.063-1.800	
% MgO	20	0.0900	0.5000	0.247	0.120	0.027	9.18	0.0000	0.190-0.303	
ppm Zn	20	10.0	200.0	51.500	64.177	14.350	3.59	0.0020	21.36-81.64	
% MnO	20	0.5200	1.4100	0.886	0.269	0.060	14.70	0.0000	0.760-1.011	
ppm Cu	20	40.0	200.0	74.500	49.255	11.014	6.76	0.0000	51.48-97.52	
C										
% Fe ₂ O ₃	7	52.06	57.94	55.399	2.646	1.000	55.38	0.0000	52.95-57.85	
% SiO ₂	7	3.41	9.87	6.697	2.735	1.034	6.48	0.0006	4.18-9.22	
% K ₂ O	7	0.0300	0.2700	0.117	0.088	0.033	3.52	0.013	0.036-0.199	
% CaO	7	0.1900	0.6500	0.476	0.163	0.061	7.74	0.0002	0.325-0.626	
% MgO	7	0.0900	0.4500	0.279	0.147	0.056	5.02	0.0024	0.143-0.414	
ppm Zn	7	100.0	200.0	128.571	48.795	18.443	6.97	0.0004	83.58-173.63	
% MnO	7	0.8600	1.4300	1.119	0.241	0.091	12.27	0.0000	0.895-1.342	
ppm Cu	7	100.0	200.0	114.286	37.796	14.286	8.00	0.0002	74.31-149.29	

negatif; Si-Al, Si-Mn, Si-Zn, Si-As, Si-P, Mn-Zn, Mg-P, Cu-Zn, Cu-As, Cu-P, Zn-P, As-P arasında kuvvetli pozitif korelasyonlar belirlenmiştir (Tablo 7, Şekil 4). Tablo 7 incelendiğinde Fe'in S hariç, diğer bileşenlerle tamamen negatif ilişkiye sahip olduğu, Si'in de S ve Ca dışında diğer bileşenlerle pozitif ilişkilere sahip olduğu görülür. Fe ile Si arasındaki negatif ilişki bunların ayrı hareket ettilerini değil; cevherin hacim kompozisyonunu oluşturan söz konusu

iki ana elementten birinin artmasının diğerinin azalmasına neden olmasından kaynaklanmaktadır.

X-ışınları difraksiyonunda karstik cevher örneklerinin başlıca götit, hematit ve lepidokrosit bileşiminde olduğu belirlenmiştir. Cevherin Fe₂O₃, SiO₂, Al₂O₃, K₂O, CaO, MgO ve MnO içerikleri sırasıyla (ortalama) % 58.17, 3.85, 0.69, 0.09, 0.81, 0.25 ve 0.94'dür. Yatağın kuzey kesiminde daha yüksek olan Fe içerikleri güney kesime doğru

**ATTEPE DEMİR YATAĞI İLE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ CEVHER OLUŞUM TİPLERİ VE
BAZI JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**



Şekil 4. Attepe demir yatağına ait ikincil cevher örneklerinin bazı ana ve iz element içeriklerini gösteren grafik.

giderek azalma eğilimindedir (Şekil 4). Çeşitli demir yataklarına ait siderit ve ikincil cevher örneklerinin ana element içerikleri ile P ve S konsantrasyonları Tablo 9'da görülmektedir. Attepe ikincil (karstik) cevherlerinde Fe içerikleri sideritlere göre daha yüksek; Si, K, Ca ve Mg içerikleri ise düşüktür (Tablo 1, 4 ve 9). Bütün yataklarda ikincil cevherler Fe içeriği yönünden birincil cevherlere (siderit) göre zenginleşirken Mg bakımından da fakirleşmişlerdir (Tablo 9). Si, Al ve Ca gibi bileşenlerin

davranışları ise farklılıklar göstermektedir. Attepe'de SiO_2 içeriklerinin yankayaç bileşimiyle ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Zira bütünüyle kuvars fillitlerin içerisinde kalan yatağın güney bölümünde SiO_2 içerikleri demirin tersine artmaktadır (Tablo 4, Şekil 4). Söz konusu yankayaçlarda % 46.71 oranında SiO_2 ölçülmüştür (Ünlü ve Stendal, 1986). SiO_2 içerikleri Al_2O_3 , Zn, As, P, Mn ve Cu ile kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir (Tablo 7, Şekil 4). Dolayısıyla bu bileşenlerin de birinci tip

Tablo 6. A, siderit (N: 19) ve karstik cevher (N: 27) örneklerinde; B, Attepe yatağı kuzey (N: 20) ve güney (N: 7) kesimi karstik cevher örneklerinde belirlenen bazı element çiftlerine ait analiz değerlerinin karşılaştırılmasının güvenirliği

Elementler	A					
	N	X	S	Sx̄	T	P
% FeO	19	51.45	8.25	1.9	-3.37	0.0028
% Fe ₂ O ₃	27	58.17	3.27	0.63		
% SiO ₂	19	5.30	3.77	0.87	1.45	0.16
% SiO ₂	27	3.85	2.61	0.50		
% K ₂ O	19	0.997	0.280	0.064	13.89	0.0000
% K ₂ O	27	0.0926	0.0573	0.011		
% CaO	19	7.53	2.09	0.48	11.79	0.0000
% CaO	27	0.81	1.60	0.31		
% MgO	19	0.586	0.113	0.026	9.33	0.0000
% MgO	27	0.255	0.125	0.024		
ppm Zn	19	1.86	1.54	0.35	-5.25	0.0000
ppm Zn	27	71.5	68.9	13		
ppm Mn	19	46.5	11.2	2.6	17.71	0.0000
% MnO	27	0.946	0.278	0.053		
ppm Cu	19	71.7	62.7	14	-0.76	0.45
ppm Cu	27	84.8	49.2	9.5		
B						
% Fe ₂ O ₃	20	59.14	2.93	0.65	3.13	0.0096
% Fe ₂ O ₃	7	55.40	2.65	1.0		
% SiO ₂	20	2.85	1.71	0.38	-3.49	0.010
% SiO ₂	7	6.70	2.73	1.0		
% K ₂ O	20	0.0840	0.0417	0.0093	-0.96	0.37
% K ₂ O	7	0.1171	0.0881	0.033		
% CaO	20	0.93	1.85	0.41	1.09	0.29
% CaO	7	0.476	0.163	0.061		
% MgO	20	0.247	0.120	0.027	-0.52	0.62
% MgO	7	0.279	0.147	0.056		
ppm Zn	20	51.5	64.2	14	-3.30	0.0058
ppm Zn	7	128.6	48.8	18		
% MnO	20	0.886	0.269	0.060	-2.13	0.056
% MnO	7	1.119	0.241	0.091		
ppm Cu	20	74.5	49.3	11	-2.21	0.046
ppm Cu	7	114.3	37.8	14		

sedimanter cevherleri kapsayan İnfraCambriyen yaşlı bitümlü metapelitik kayaçlarla köken açısından ilişkili olabileceğinin ihtimali ortaya çıkmaktadır. Zn ve P ile kuvvetli, Cu ve As ile de zayıf pozitif korelasyonlar gösteren Mn, ikincil cevherlerde ortalama % 0.94 oranında olup, mangan bileşeninin de

birincil cevherlere göre kısmen zenginleştiği anlaşılmaktadır. İkincil cevherlerde 40 ile 200 ppm arasında değişen bakır P, As ve Zn ile kuvvetli pozitif bir korelasyon sunar (Tablo 7, Şekil 4). Esas olarak sideritler içerisindeki kalkopirit ve tetraedrit gibi minerallerin bileşiminde yer alan Cu,

ATTEPE DEMİR YATAĞI İLE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ CEVHER OLUŞUM TİPLERİ VE BAZI JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

ikincil cevherler içerisinde de bu minerallerden türemiş olan malakit ve azurit minerallerine bağlıdır. Pb içerikleri genellikle eser miktardadır. Yankayaç analizlerinde de Pb içeriklerinin düşük 3-21 ppm (ortalama 10 ppm) olduğu görülür (Ünlü ve Stendal, 1986). Maksimum 600 ppm'e ulaşan As konsantrasyonu, Attepe yatağının kuzyey kesiminde eser miktarlarda, güney kesiminde ise ortalama 328.60 ppm civarındadır. Bu da tetraedrit minerallerinin yatağın güney kesiminde yankayaç oluşturan metapelitik kayaçlar içerisindeki sideritlerde daha yaygın olmasıyla ilişkilidir. Arsen P, Si ve Cu ile kuvvetli; Zn, Mn ve Al ile de zayıf pozitif korelasyonludur (Tablo 7). Bu yönelik fahlerz grubu minerallerin ve içerisinde bulunduğu kuvarsça zengin metapelitik kayaçların bileşimle ilişkili olabilir. Hidrotermal metazomatik Quenza ve Jerissa sideritlerinde 80 ile 225 ppm arasında değişen As içerikleri (Pohl vd., 1986), Kanada da yer alan Cuyuna, Marquette, Menominee ve Mesabi yatağı bantlı demir formasyonlarında eser ile 140 ppm arasındadır (Ohle, 1972). Dolayısıyla sedimanter yataklara göre Attepe yatağının As içeriği daha yüksektir. Tablo 4'de Attepe yatağının kuzyey kesimine ait numunelerin ilk 14'ünde eser miktarda ölçülen P, maksimum 400 ppm'e kadar çıkmaktadır. Yatağın güney kesiminde daha düşük olan P, ortalama 185.70 ppm civarındadır. Hidrotermal metazomatik Quenza ve Jerissa yataklarında P oranı Pohl, vd. (1986)'ne göre sedimanter yataklarla karşılaştırılabilen kadar düşüktür. Bu

yatağa göre Attepe'de daha da düşük olan P içeriği, sedimanter yataklara daha yakındır. Sedimanter Alquise ve Las Pletas yatağında ortalama P oranı birincil cevherlerde 80 ppm, ikincil cevherlerde ise 70 ppm'dir (Tablo 9). Bu da Attepe yöresindeki hidrotermal cevherlerin kökeninde İnfraCambriyen yaşlı sedimanter demir oluşuklarının olabileceği ihtimalini desteklemektedir.

4.3. Sülfürlü Mineraller

4.3.1. Piritler

Bu bölümde Attepe demir yatağının doğu sınırında yer alan siderit damarları içerisindeki piritler ile yine yatağın doğu bitişindeki İnfraCambriyen yaşlı bitümlü şeyl ve fillitler içerisinde çökelmiş olan sedimanter piritler özşekilli pirit kristalleri, masif yapılı pirit tabakaları ve diyajenetik pirit kümeleri olmak üzere üç alt gruba ayrılarak her bir gruba ait örneklerin ayrı ayrı analizleri yapılmıştır.

Mevcut araştırmalarda Co, Ni, Ti, V, Se ve As gibi elementlerin birçok yazar tarafından piritlerin kökenini belirlemede karakteristik iz elementler olarak kullanıldığı görülmektedir (Fleischer, 1955; Coleman ve Delevaux, 1957; Hawley ve Nichol, 1959, 1961; Loftus-Hills ve Solomon, 1967; Cambel ve Jarkovsky, 1968; Anderson, 1969; Raiswell ve Plant, 1980).

Pirit örneklerinin tamamı dikkate alındığında düzenli bir dağılım sunan Fe ve S konsantrasyonları, sedimanter piritlerde öteki piritlere göre daha yüksektir. Sedimanter piritler içerisinde de masif yapılı olanların özşekilli ve diyajenetik piritlere göre daha fazla Fe ve

Tablo 7. Attepe demir yatağına ait ikincil cevher örneklerinin bazı ana ve iz element içerikleri arasındaki korelasyon katsayıları (*: %95 istatistiksel güvenirlilikle geçerli; **: %99 istatistiksel güvenirlilikle geçerli)

	Fe2O3	SiO2	Al2O3	MnO	CaO	MgO	Cu	Zn	As	S	P
Fe2O3	1.0000										
SiO2	-0.8066**	1.0000									
Al2O3	-0.5891**	0.8374**	1.0000								
MnO	-0.6477**	0.7233**	0.5838**	1.0000							
CaO	-0.4863**	-0.0584	-0.1853	-0.0462	1.0000						
MgO	-0.3200	0.2471	0.4230*	0.0724	0.2721	1.0000					
Cu	-0.5347**	0.5914**	0.3451	0.6530**	-0.0164	-0.1548	1.0000				
Zn	-0.7029**	0.8211**	0.5387**	0.7848**	-0.0372	-0.0472	0.7064**	1.0000			
As	-0.6643**	0.7988**	0.6994**	0.6138**	-0.0449	0.1658	0.7635**	0.6995**	1.0000		
S	0.0031	-0.0824	-0.0850	-0.1851	0.1591	0.2564	0.0396	0.0674	0.0189	1.0000	
P	-0.6587**	0.7794**	0.6771**	-0.0446	0.1580	0.8533**	0.7521**	0.8572**	0.8572**	0.0413	1.0000

S içerdikleri görülür (Tablo 10). Fe ve S konsantrasyonlarındaki bu farklılık, söz konusu element atomlarının kübik kristal sistemi içerisindeki dizilimlerinin (yüzey veya hacim merkezli) farklılıklar göstermesinden kaynaklanabilir (Deer, vd., 1975).

Siderit damarları içindeki piritlerde As oranının sedimanter kökenli piritlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 10). Raiswell ve Plant (1980)'a göre diyajenetik kökenli piritlerde ortalama As oranı % 0.005'dir. Bu çalışmada ise diyajenetik kökenli 13 numuneden 9'unda eser miktarda ölçülen As konsantrasyonu diğer örneklerde % 0.59-0.12 arasında değişen yüksek değerler vermektedir (Küpeli, 1991).

Co konsantrasyonları sedimanter kökenli pirit örneklerinden 3'ü hariç diğer tüm örneklerde eser miktaradır (Küpeli

1991). Damar tipi pirit örneklerinin sadece 2'sinde 290-380 ppm olmak üzere Ni konsantrasyonu tayin edilmiştir. Buna karşılık sedimanter kökenli piritlerin bir çoğunda okunabilen Ni değerleri, özsekilli piritlerde eser-790 ppm, masif yapılı piritlerde eser-600 ppm, diyajenetik piritlerde ise 220-1210 ppm (ortalama 672.31 ppm) arasında değişmektedir (Tablo 10). Bu verilere göre sedimanter pirit numunelerinin Ni içeriklerinin damar tipi pirit numunelerinin Ni içeriklerinden çok daha yüksek oldukları görülür. Sedimanter süreçlerle oluşan piritlerde Ni konsantrasyonlarının Co konsantrasyonlarına göre daha yüksek olduğu, sıcaklık artışıyla birlikte Ni konsantrasyonunun giderek düştüğü bilinmektedir (Govett ve Pantazis, 1971; Mookherjee ve Philip, 1979; Mercer,

*ATTEPE DEMİR YATAĞI İLE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ CEVHER OLUŞUM TİPLERİ VE
BAZI JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ*

Tablo 8. Karstik cevher örneklerine ait bazı element çiftleri arasındaki regresyon denklemleri ve güvenirlikleri.

Elementler	S	T	P	Regresyon denklemi
Sabit değer	0.6841	90.71	0.000	$Fe_2O_3 = 62.1 - 1.01 SiO_2$
SiO_2	0.1480	-6.82	0.000	
Sabit değer	0.6638	91.22	0.000	$Fe_2O_3 = 60.6 - 0.0333 Zn$
Zn	0.006747	-4.94	0.000	
Sabit değer	0.5517	0.89	0.383	$SiO_2 = 0.490 + 4.98 Al_2O_3$
Al_2O_3	0.6942	7.18	0.000	
Sabit değer	1.277	-2.01	0.055	$SiO_2 = -2.57 + 6.78 MnO$
MnO	1.297	5.23	0.000	
Sabit değer	0.4253	3.82	0.001	$SiO_2 = 1.62 + 0.0311 Zn$
Zn	0.004323	7.19	0.000	
Sabit değer	0.3831	6.10	0.000	$SiO_2 = 2.34 + 0.0110 As$
As	0.001653	6.64	0.000	
Sabit değer	0.3961	6.06	0.000	$SiO_2 = 2.40 + 0.0163 P$
P	0.002614	6.22	0.000	
Sabit değer	0.03001	8.02	0.000	$MgO = 0.241 + 0.000158 P$
P	0.0001981	0.80	0.431	
Sabit değer	9.943	4.90	0.000	$Cu = 48.8 + 0.504 Zn$
Zn	0.1011	4.99	0.000	
Sabit değer	7.751	7.43	0.000	$Cu = 57.6 + 0.198 As$
As	0.03344	5.91	0.000	
Sabit değer	6.214	8.85	0.000	$Cu = 55.0 + 0.336 P$
P	0.04101	8.18	0.000	
Sabit değer	11.00	3.15	0.004	$Zn = 34.7 + 0.414 P$
P	0.07259	5.71	0.000	
Sabit değer	23.70	0.93	0.360	$As = 22.1 + 1.30 P$
P	0.1564	8.32	0.000	

1976; Bralia vd., 1979). Bu çalışmada incelenen sedimanter kökenli pirit numunelerinin birçoğunda Ni içeriklerinin Co'a göre çok daha yüksek olduğu görülür.

Sedimanter piritlerde ortalama 200 ppm civarında olan Ni konsantrasyonu (Raiswell ve Plant, 1980), Pontid tipi masif sülfid yataklarına ait piritlerde 26 ppm, Kıbrıs tipi masif sülfid yataklarına ait piritlerde ise 45 ppm'dir (Güleç ve

Erler, 1983). İnceleme alanında yer alan sedimanter piritlerde ise ortalama Ni içerikleri, masif yapılı piritler dışında diğer özşekilli ve diyajenetik piritlerde Raiswell ve Plant (1980) tarafından verilen 200 ppm'lik ortalama değerin üzerindedir.

Cu, Se, Hg ve Sb içeriklerinin hidrotermal piritlerde sedimanter piritlere göre daha yüksek olduğu görülür (Tablo 10). Coleman ve Delevaux (1957);

Tablo 9. Çeşitli siderit yataklarına ait birincil ve ikincil cevherlerin bazı element içerikleri (% olarak).

Yataklar	Cevher t.	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	S	Yazarlar
Attepe	Siderit	40.03	5.30		7.52	0.59			Bu çalışma
	İkincil	58.17	3.85	0.69	0.81	0.25	e.-0.04	0.03	
Quenza ve Jerissa Quenza Jerissa	Siderit	41.00	2-7	0.80	0.50	-	0.04	0.01	Walther ve Zitzman (1977)
	İkincil	54.20	2-7	0.80	4.00	-	0.04	0.01	
	İkincil	45-63	3.80	0.40	6.20	-	0.002	0.05	
Bilbao	Siderit	30.58	4.72	1.68	2.19	12.19	0.02	0.25	Botke(1981)
	İkincil	47.58	11.46	4.62	0.78	1.25	0.04	0.08	
Alquife ve Las Piletas	Siderit	39.00	4.43	1.55	1.35	1.75	0.008	2.04	Torres Ruiz (1983)
	İkincil	52.78	5.50	1.45	4.09	0.41	0.007	0.02	

Tablo 10. Damar ve sedimanter tipteki piritlerin ana ve bazı iz element içeriklerinin karşılaştırılması.

Cevher tipleri	Değerler	%			ppm					
		Fe	S	As	Co	Ni	Cu	Se	Hg	Sb
Damar tipi piritler	Maksimum	43.47	51.81	2.52	eser	380	6790	1360	2410	4070
	Minimum	24.25	50.02	0.33	eser	eser	eser	eser	eser	eser
	Ortalama	42.84	50.99	1.14						
Sinjenetik özsekilli pirit kristalleri	Maksimum	45.17	53.58	0.94	4650	790	430	360	eser	eser
	Minimum	43.88	51.11	eser	eser	eser	eser	eser	-	eser
	Ortalama	44.46	52.40							
Sinjenetik masif yapılmış pirit tabakaları	Maksimum	46.38	54.05	0.16	eser	600	1230	400	eser	eser
	Minimum	45.54	52.36	eser	eser	eser	eser	eser	-	eser
	Ortalama	45.92	53.30							
Diyajenetik pirit kümeleri	Maksimum	44.30	53.30	0.12	eser	1210	490	430	1380	eser
	Minimum	41.16	51.81	eser	eser	220	eser	eser	eser	eser
	Ortalama	43.20	52.40			672.31				

Hawley ve Nichol (1959, 1961); Wright (1965); Raiswell ve Plant (1980) yüksek Se içeriğinin damar tipi piritleri karakterize ettiğini, ancak düşük Se içeriklerinin de sedimanter piritler için tam bir gösterge söylemeyeceğini ifade etmektedirler. Pontid tipi masif sülhid yataklarına ait piritlerde 15-137 ppm (ortalama 50 ppm) arasında değişen Se içeriği, Kıbrıs tipi masif sülhid yataklarına ait piritlerde 1-251 ppm (ortalama 67 ppm) arasındadır (Güleç ve

etmektedirler. Pontid tipi masif sülhid yataklarına ait piritlerde 15-137 ppm (ortalama 50 ppm) arasında değişen Se içeriği, Kıbrıs tipi masif sülhid yataklarına ait piritlerde 1-251 ppm (ortalama 67 ppm) arasındadır (Güleç ve

ATTEPE DEMİR YATAĞI İLE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ CEVHER OLUŞUM TİPLERİ VE BAZI JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Erler, 1983). Leutwein'e (1972) göre hipojen piritlerde 0-%3 oranında bulunabilen Se, mağmatik ve sıcak hidrotermal şartlar altında özellikle pirit, bornit, pentlandit ve kalkopirit gibi minerallerin kafes yapısına girebilmektedir. Aynı yazar, bu tip yataklara örnek olarak gösterilen Norilsk (Rusya) yatağında piritlerin eser miktarda; Boliden (İsveç) yatağında ise 4-30 ppm arasında Se içerdigini belirtmektedir. Bu çalışmada incelenen damar tipi piritlerin Se içerikleri yukarıda örnek olarak verilen yataklara göre çok daha yüksektir. Damar tipi pirit örneklerinde Hg içerikleri eser-2410 ppm, Sb içerikleri ise eser-4070 ppm arasındadır. Sedimanter piritler için yüksek olan bu değerler hidrotermal oluşum şartlarını yansıtmaktadır. Buna karşılık Sb içerikleri sedimanter kökenli piritlerin tamamında eser miktarda, Hg içerikleri ise özçekilli ve masif yapılı piritlerde eser, diyajenetik piritlerde de eser-1380 ppm arasındadır (Tablo 10). Sideritlerin çökelimi sırasında damar tipi piritlerin bünyesine yüksek oranda giren Cu, Sb ve As elementleri, aynı süreç içerisinde uygun fiziko kimyasal şartlar altında konsantr olarak bu piritlerle birlikte görülen ornatım ve kapanım dokularına sahip tetraedrit ve kalkopirit gibi sülfürlü minerallerin oluşumunu sağlamış olabilirler.

4.3.2. Tetraedritler

Tetraedrit piritlerden sonra sideritler içerisindeki en yaygın sülfürlü mineral durumundadır. Süreksiz damar ve küçük

adacıklar şeklinde izlenen tetraedritler Attepe demir yatağından alınan 3 ayrı siderit numunesi içerisinde belirlenerek ana ve bazı iz element analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 11'de görülmektedir.

Tetraedrit numunelerinde düzenli bir dağılım sunan ana elementlerden S, % 24.21-26.93; Fe, % 6.06-7.21; As, % 8.84-11.53; Cu, % 34.54-38.73; Sb, % 14.62-15.03 arasında değişen değerler sunmaktadır.

$(\text{Cu}_2, \text{Ag}_2, \text{Fe}, \text{Zn}, \text{Hg})_3 (\text{Sb}, \text{As})_2 \text{S}_{13}$ genel formülüne sahip olan fahlerz grubu mineraller içerdikleri Sb ve As miktarlarına göre tetraedrit ve tennantit arasında değişen kompleks bir katı çözelti serisi oluştururlar (Mondadori, 1990). Attepe sideritleri içerisindeki fahlerz grubu minerallerin As'e göre daha yüksek oranda Sb içerdikleri ve dolayısıyla tetraedrit bileşiminde oldukları belirlenmiştir.

Fahlerz grubu minerallerde Cu yerine kısmen Ag, Zn, Fe ve Hg gibi iz elementler geçebildiği gibi, Sb ile As tamamen birbirlerinin yerlerini alabilirler (Ramdohr, 1980). Mikroprop çalışmaları sırasında Ni, Bi, Se, Hg, Co, Ag, Te, Au ve Tl için yapılan iz element analizlerinde son beş elementin deteksiyon limitlerinin altında olduğu görülmüştür.

4.3.3. Kalkopiritler

Sideritler içerisinde pirit ve tetraedritlere göre çok daha az bulunan kalkopiritlerden iki örnek seçilerek analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 11'de

Tablo 11. Tetraedrit (T1-3) ve kalkopiritlerin (K1, K2) ana ve bazı iz element içerikleri.

Örnekler	%					ppm			
	S	Fe	As	Cu	Sb	Ni	Bi	Se	Hg
T 1	24.21	6.06	8.84	34.54	14.62	300	4810	2690	2940
T 2	26.68	6.22	11.58	38.73	15.03	eser	eser	2360	3010
T 3	26.93	7.21	11.53	38.43	14.98	eser	3650	2450	eser
Ortalama	25.94	6.49	10.65	37.23	14.88			2500	
K 1	33.82	27.86		32.46		eser			
K 2	37.01	39.11		12.87		40.80			
Ortalama	35.41	33.49		22.66					

görmektedir. Kalkopiritler ortalama % 22.66 Cu, % 33.49 Fe ve % 35.41 oranında S içermektedirler. Bir örnekte eser miktarda görülen Ni içeriği diğerinde 4080 ppm değerindedir.

5. SONUÇLAR

Demir madenciliği açısından büyük bir öneme sahip olan inceleme alanında, üç ayrı tip cevherleşme belirlenmiştir. İnfraCambriyen yaşlı Sicimindagi formasyonu içerisindeki ekonomik boyutlara ulaşmayan pirit ve hematit konsantrasyonları birinci tip cevherleşmeyi oluşturur. Yankayaçalarla sürekli ardalanınan, yanal ve düşey yönlü fasiyes değişimleri gösteren bu oluşukların laminalı, bantlı ve tabakalı yapılar göstermesi ile oygu-dolgu, yük kalıbı ve diğer jeopedal yapı örneklerini sunmaları dikkate alınarak sedimanter prosesler sonucunda çökeldikleri belirlenmiştir.

Yöredeki ekonomik cevher oluşumları ikinci ve üçüncü tip cevherlerdir.

Miyosen yaşlı birimlerden daha yaşlı diğer tüm birimlerin tektonik hatları boyunca yerleşen ikinci tip cevherlerin kısmen ağısız yapılı damar, mercek ve düzensiz sınırlı kütlelerden oluşması; cevherlerin özellikle karbonat kayaçları ornatarak yerleşmesi; cevher kütlelerinin etrafında hidrotermal alterasyon ürünü ankeritik kuşakların gelişmesi; pirit, tetraedrit, kalkopirit ve markazit gibi sülfürlü mineralleri içeren kalsit, kuvars ve dolomitli siderit ve ankeritler ile kuvarslı ve/veya baritli hematit ve piritli manyetitlerden oluşan cevher parajenezi hidrotermal bir oluşuma işaret etmektedir.

Jeokimyasal analizlerde sideritler içerisinde yer alan fahlerz grubu minerallerin As'e göre daha yüksek oranda Sb içerdikleri ve tetraedrit bileşiminde oldukları belirlenmiştir. Tetraedrit ve tennantit mineralleri, orta veya düşük ısılı hidrotermal oluşumlarda bakır, kurşun, çinko ve gümüş mineralleriyle birlikte bulunurlar. Bu

minerallerde azalan sıcaklıkla birlikte Hg ve Ag içerikleri de artmaktadır (Mondadori, 1990). İncelenen tetraedritlerde 2500 ppm'e ulaşan Hg içeriği düşük bir sıcaklığa işaret etmektedir. Ayrıca, piritler gibi hemen hemen her ortamda oluşabilen markazitler, isının 350°C 'yi geçmesi halinde duraylılıklarını kaybederek pirite dönüşürler (Ramdohr, 1980). Dolayısıyla parajenezde markazitlerin yer alması sıcaklığın yine düşük olduğuna işaret edebilir. Diğer taraftan ikinci tip cevherler içerisinde belirlenen kalsit, barit, kuvars ve dolomitler hidrotermal cevher damarlarında izlenen tipik gang mineraleridir. Bunlardan özellikle barit, hidrotermal metasomatik siderit yataklarında yaygın olup, orta ve düşük ıslı oluşumları karakterize etmektedir (Mondadori, 1990).

İkinci tip cevherlerin Maestrihiyen yerleşim yaşına sahip Aladağ ofiyolit dizisine ait kayaçların kırık hatlarında da yer olması, Miyosen yaşı Zebil formasyonuna ait konglomeralar içerisinde cevher çakıllarına da rastlanılması, ayrıca aynı birim içerisindeki Lütesiyen yaşı (Orta Eosen) karbonat çakıl ve bloklarına hiç cevherleşme izine rastlanılamaması, ikinci tip cevherlerin Paleosen-Alt Eosen zaman sürecinde oluştuğunu göstermektedir.

İnceleme alanında cevherleşme ile doğrudan ilişkili mağmatik bir aktiviteye rastlanılamamıştır. Yörede yapılan incelemeler göz önüne alındığında yüksek ıslı bir oluşumdan daha çok

düşük ıslı hidrotermal oluşumları yansitan verilerin ağırlıkta olduğu görülmektedir. Bölgedeki cevherleşme yaşı ile Yahyalı ve Horoz granotoitlerinin sokulum yaşlarının birbirlerine paralellik göstermesi, aynı dönemde Attepe yöresinde de benzer nitelikteki bir mağmatik sokulumun derinde etkili olabileceği ihtimalini ortaya çıkarmaktadır. Fakat bu mağmatik aktivitenin cevherleşmeyi doğrudan etkileyebilecek konumda olmadığı tahmin edilmektedir. Çünkü granitik sokumlarla yakından ilişkili Aladağ, Bolkardağı ve Horzum yöresi (Temur, 1986) cevherleşmelerinde Pb-Zn yatakları oluşurken mağmatik aktiviteden uzak olduğu tahmin edilen Attepe yöresinde siderit yatakları ortaya çıkmıştır. Ayrıca Attepe yöresinin ana cevher mineralerini oluşturan siderit ve ankeritlere, söz konusu Pb-Zn yataklarında sadece gang minerali olarak rastlanılmaktadır. Buna karşın Attepe yöresi demir yataklarında Pb-Zn mineralerine rastlanılamamış, jeokimyasal analizlerde de çok düşük (3-5 ppm) oranda Pb-Zn ölçülebilmiştir. Botke'ye (1981) göre siderit, hidrotermal safhanın orta ıslı evresinde olmuş PbzN, Cu ve Ag yataklarında oldukça yaygın bir gang minerali olmasına rağmen, cevherli çözeltilerin soğuması sonucu bu metallerin giderek azalması veya gelen çözeltilerin bu metaller bakımından fakir olması halinde siderit hakim duruma geçerek önemli demir yataklarını oluşturabilmektedirler. Bu verilere göre Attepe yöresindeki ikinci tip

cevherlerin oluşumunda komşu bölgelerdeki plütonik faaliyetlere benzer olarak derinlerdeki granitik bir sokulumun özellikle ısı kaynağı şeklinde (dolaylı yönden), çok zayıf bir ihtimalle de hidrotermal kaynağı şeklinde (doğrudan) etkili olabileceği kabul edilmektedir. Buna göre, Attepe yöresi ikinci tip demir cevherlerinin oluşumunu sağlayan çözeltiler, muhtemelen Paleosen-Alt Eosen zaman sürecinde bölgenin derinliklerinde etkili olan granitik bir sokulumun tesiriyle, lokal olarak yükseldiği tahmin edilen jeotermal gradyanı bağlı olarak ıslımı, sıçrık ve derin dolaşılı yeraltı suları ve gözenek suları ile muhtemelen mağmatik suları bünyesinde bulunduran çözelti karışıklarının bölgede bir kısmı yüzeylemiş olan İnfraCambriyen yaşı birinci tip sedimanter pirit ve hematit oluşukları ile reaksiyona girmesi sonucunda demir ve diğer katyonlarca zenginleşmesiyle oluşmuşlardır. Jeokimyasal analizlerde iz element içeriklerinin, gerçek plütonik hidrotermal çözeltilerle ilişkili yataklara göre daha düşük olması da bu görüşü desteklemektedir. Isı kaynağı konusundaki bir diğer alternatif ise, Maestrichtiyen süresince kalın okyanusal ve kıtasal kabuk dilimlerinin bölgeye yerleşerek istif kalınlaşmasına sebep olmasıdır. Böylece gerçekleşen gömülme sonucunda ortaya çıkan derindeki ısı artışı sıcak çözeltilerin oluşumunu sağlamış olabilir. Ancak, bu konuda ayırt edici izotop çalışmalarının da yapılması gerekmektedir. Attepe yöresindeki ikinci

tip cevherlerin kökeni konusunda ayrıntılı çalışmalar Küpelî (1998) tarafından gerçekleştirılmıştır.

Attepe sideritleri, tanınmış bazı siderit yataklarına göre Fe içeriği yönünden daha zengindir. K₂O içeriğindeki fazlalık yankayaçlar içerisindeki kil mineralleri ve feldispatlara; CaO içeriğindeki fazlalık ise sideritler içerisindeki kalsitlerle ilişkili bir kirliliğe işaret etmektedir. Attepe sideritlerinde Pb, Zn içeriklerinin yanı sıra, bazik mağmatik bir kaynağa işaret edebilecek olan Mn, Cu, Co, Cr ve Ni içeriklerinin de düşük olduğu görülür. Buna göre Attepe sideritlerinin bazik mağmatik bir kökenle ilişkili olamayacağı anlaşılmaktadır.

Sedimanter tipteki piritler kendi aralarında ve hidrotermal siderit damarları içerisindeki piritlerle karşılaşıldığında bazı ayırtman jeokimyasal özellikler sunduğu görülmüştür. Hidrotermal piritlerin Ni içerikleri, sedimanter piritlere göre daha düşük; buna karşın sedimanter piritlerdeki Ni konsantrasyonları, kobalt konsantrasyonlarına göre daha yüksektir. Ayrıca hidrotermal piritlerdeki As içeriklerinin de sedimanter piritlere göre daha yüksek olduğu görüldür. Sedimanter piritlere göre hidrotermal piritler daha yüksek oranlarda Cu, Se, Hg ve Sb içermektedirler. Sedimanter piritlerden masif yapılı olanların, özçekilli ve diyajenetik tiptekilere göre daha fazla Fe ve Se içerdikleri belirlenmiştir. Diğer taraftan diyajenetik tipteki piritlerin As içerikleri de öteki sedimanter tipteki piritlere göre daha yüksektir.

ATTEPE DEMİR YATAĞI İLE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ CEVHER OLUŞUM TİPLERİ VE BAZI JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Daima ikinci tip hidrotermal cevher oluşumları ile iç içe görülen, toprağımsı limonit, kabuğumsu, böbreğimsi, konsantrik bantlı, yer yer sarkıt ve dikit yapılı götit ve ikincil hematitleri kapsayan üçüncü tip karstik cevherler, ikinci tip hidrotermal cevherlerin ayrışma ürünleridir.

Bölgede etkili olan epirogenik hareketlerle birlikte Tersiyer başlarından itibaren karasallaşma hareketleri başlamıştır. Buna paralel olarak gelişen karstik süreçler sonucunda siderit ve ankeritlerin oluşturduğu karbonatlı ikinci tip hidrotermal cevherler çok evreli iç karstlaşmalara uğrayarak ikincil demiroksi-hidroksit minerallerine dönüşmüştür. Kolloidal çözeltiler veya kıl-blok boyutunda kırmızılı malzemeler şeklinde yatak içi yanal ve düşey yönlü taşınmalara uğrayan söz konusu demiroksi-hidroksitler endokarstik boşluklarda depolanarak üçüncü tip karstik cevherleri oluşturmuştur (Ayhan ve Küpeli, 1991).

Karstik cevherlerde Fe, Si ve Zn ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir. Bu Fe ile Si'in birlikte hareket etmediklerini değil; cevherin ana bileşenlerini oluşturan iki elementten birinin artusunun diğerinin azalmasına neden olmasından kaynaklanır. Karstik cevherlerde Fe, sideritlere göre zenginleşirken; Si, K, Ca ve Mg içerikleri düşmüştür. Söz konusu cevherlerde Si içeriklerinin yankayaç bileşimiyle ilişkili olarak arttığı belirlenmiştir. Si içeriklerinin özellikle Al ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermesi de bunu doğrulamaktadır.

Çünkü Al içerikleri, kuvars ve kıl mineralleri bakımından zengin olan metapelitik yankayaçlarla ilişkili olarak artmaktadır. İncelenen cevherlerde P içeriklerinin bilinen hidrotermal yataklara göre çok daha düşük olması, hidrotermal cevherlerin kökeninde sedimanter nitelikteki demir formasyonlarının olabileceği ihtimalini destekler niteliktir. Karstik cevherlerde Si, Al, Zn, As, P, Mn ve Cu bileşenleri arasında kuvvetli pozitif korelasyonların bulunması ve bu bileşenlerin Attepe yatağının, demirli formasyonları içeren İnfraCambriyen yaşılı birimler içerisinde kalan güney kesiminde daha yüksek değerler sunması, hidrotermal cevherler ile söz konusu demir formasyonları arasındaki genetik ilişkiyi doğrular niteliktir. Pb-Zn içeriklerinin çok düşük oluşu ve Fe ile Zn arasında kuvvetli negatif korelasyon bulunması ise, yörede Paleosen-Alt Eosen zaman sürecinde oluşmuş hidrotermal tipteki Pb-Zn yataklarını oluşturan çözeltilerle, Attepe yatağını oluşturan çözeltiler arasında doğrudan bir ilişkinin olabileceği ihtimalini son derece zayıflatmaktadır.

6. KAYNAKLAR

Abdüsselemoğlu, ş., 1958, Yukarı Seyhan bölgesinde Doğu Toroslar'ın jeolojik etüdü: MTA Rap. No. 2668, Ankara, 38 s. (yayınlanmamış).

Arıkan, Y., 1968, Mansurlu demir zuhurları (Feke-Yahyalı: Adana-Kayseri): MTA Rap. No. 410, Ankara, (yayınlanmamış).

- Ayhan, A., 1988, 1:100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Kozan-J 21 paftası: MTA yayını, 12 s.
- Ayhan, A. ve Küpeli, §., 1991, Batı Zamanti (Aladağlar) kurşun-çinko yatakları ile Mansurlu (Feke-Adana) demir yataklarının karstlaşmaları: Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu, Adana, bildiri özleri, s.27.
- Ayhan, A., Küpeli, §. ve Amstutz, G.C., 1992, Attepe (Feke-Adana) demir yatağının bitişigindeki pirit oluşumları: MTA Derg., 111, 85-94.
- Blumenthal, M.M., 1939, Karakızoluğu Tepesi'ndeki (Faraş mintikası) cevher zuhuratu: MTA Rap. No. 1064, Ankara, 7 s. (yayınlanmamış).
- Blumenthal, M.M., 1944, Kayseri-Malatya arasındaki Toros'un Permo-Karboniferi: MTA Derg., 31, 1, 105-133.
- Botke, H., 1981, Lagerstättenkunde des Eisens: Glückauf Verl. Essen, 195 s.
- Bralia, A., Sabatini, G. ve Troja, F., 1979, A revaluation of the Co/Ni ratio in pyrites as geochemical tool in ore genesis problems, evidences from southern Tuscany pyritic deposits: Mineral. Deposita (Berl.), 14, 353-374.
- Cambel, B. ve Jarkovsky, J., 1968, Geochemistry of nickel and cobalt in pyrrhotites of different genetic types: 23rd. Int. Geol. Cong., Böl. 6, 169-183.
- Coleman, R.G. ve Delevaux, M., 1957, Occurrence of selenium in sulphides from some sedimentary rocks of the western United States: Econ. Geol., 52, 499-526.
- Dean, W.T. ve Monod, O., 1970, The Lower Paleozoic stratigraphy and faunas of the Taurus Mountains near Beyşehir, Turkey: I. Stratigraphy Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Geol., 19, 8, 411-426.
- Deer, W.A., Howie, R.A. ve Zussman, J., 1975, Rock-forming minerals: Longman, London, 5, 371 s.
- Demirtaşlı, E., 1967, Pınarbaşı-Sarız-Mağara civarının jeoloji raporu: MTA Rap. No. 1935, Ankara, 129 s. (yayınlanmamış).
- Fleischer, M., 1955, Minor elements in some sulphide minerals: Econ. Geol., 50, 970-1024.
- Govett, G. J. S. ve Pantazis, Th. M., 1971, Distribution of Cu, Zn, Ni and Co in the Troodos Pillow Lava Series, Cyprus: Trans Inst. Min. Met., 80, B27-B46.
- Güleç, N. ve Erler, A., 1983, Masif sülfid yataklarındaki piritlerin karakteristik iz element içerikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 26, 2, 145-152.
- Hawley, J. E. ve Nichol, I., 1959, Selenium in some Canadian sulphides: Econ. Geol., 54, 608-628.
- Hawley, J. E. ve Nichol, I., 1961, Trace elements in pyrite, pyrrhotite, and chalcopyrite of different ores: Econ. Geol., 59, 467-487.
- Henden, İ. ve Önder, E., 1980, Attepe (Mansurlu) demir madeninin jeolojisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23, 1, 153-163.
- Hollzer, H. F. ve Pirki, H. R., 1977, The iron ore deposits in the Republic of Austria: Ore deposits of Europe, 1, 91-96.
- Küpeli, §., 1986, Attepe (Mansurlu-Feke) yöreninin demir yatakları: Selçuk Univ. Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi,

**ATTEPE DEMİR YATAĞI İLE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ CEVHER OLUŞUM TİPLERİ VE
BAZI JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

- Konya, 111 s. (yayınlanmamış).
- Küpeli, Ş., 1991, Attepe (Mansurlu-Feke) yöresi demir yataklarının jeolojik petrografik ve jenetik incelemesi: Selçuk Üniv. Fen Bil. Ens., Doktora Tezi, Konya, 227 s. (yayınlanmamış).
- Küpeli, Ş., 1998, Attepe (Mansurlu-Feke-Adana) yöresi demir yataklarının jeolojisi ve kökeni: Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 15, 1, 101-118.
- Leutwein, F., 1972, Selenium, handbook of geochemistry: (Ed., K. H. Wedepohl), Springer-Verlag, Berlin, 34, (B-O).
- Loftus-Hills., G. ve Solomon, M., 1967, Cobalt, nickel and selenium in sulphides as indicators of ore genesis: Mineral. Deposita, 16, 241-257.
- Mercer, W., 1976, Minor elements in metal deposits in sedimentary rocks a review of the recent literature: Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits'de. Wolf, K. H. (ed.): Amsterdam, Oxford, New York, Elsevier, 2, 1-28.
- Metin, S., Papak, İ., Keskin, H., Özsoy, İ., Polat, N., Altun, İ., Hazinedar, H., Karabaklı, N.N. ve Konuk, O., 1982, Tufanbeyli-Sarız-Göksun ve Saimbeyli arasındaki jeolojisi (Doğu Toroslar): MTA Rap. No. 7129, Ankara, 123 s. (yayınlanmamış).
- Metin, S., 1984, Doğu Toroslar'da Derebaşı (Develi), Armutalan ve Gedikli (Saimbeyli) köyleri arasındaki jeolojisi: İ.Ü. Müh.-Mim. Fak. Yerbilimleri Derg., 4, 1-2, 45-66.
- Mondadori, A., 1990, The Macdonald encyclopedia of rocks and minerals: Macdonald and Co (Publishers) Ltd., Spain, 607 s.
- Mookherjee, A. ve Philip, R., 1979, Distribution of copper, cobalt and nickel in ores and host-rocks in gladhal, Karnataka, India: Mineral. Deposita, 14, 33-55.
- Ohle, E. L., 1972, Evaluation of iron ore deposits: Econ. Geol., 67, 953-964.
- Öncel, S., 1989, Sazak-Karaköy-Delialiüşağı (Yahyalı-Kayseri) köyleri arasındaki jeolojisi ve maden yatakları: Selçuk Üniv. Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi, Konya, 89 s. (yayınlanmamış).
- Özgül, N., Metin, S. ve Dean, W.T., 1972, Doğu Toroslar'da Tufanbeyli ilçesi (Adana) dolayının Alt Paleozoyik stratigrafisi ve faunası: MTA Derg., 79, 9-17.
- Özgül, N., Metin, S., Göğer, E., Bingöl, İ., Baydar, O. ve Erdoğan, B., 1973, Tufanbeyli dolayının Kambriyen-Tersiyer kayaları: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 20, 1, 82-100.
- Özgül, N., 1976, Toroslar'in bazı temel jeoloji özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 19, 1, 65-78.
- Pohl, W., Amouri, M., Kollu, O., Scheffer, R. ve Zachmann, D., 1986, A new genetic model for the North African metasomatic siderite deposits: Mineral. Deposita, 21, 228-233.
- Raiswell, R. ve Plant, J., 1980, The incorporation of trace elements into pyrite during diagenesis of black shales, Yorkshire, England: Econ. Geol., 75, 648-699.

- Ramdohr, P., 1980, *The ore minerals and their intergrowths*: Pergamon Press, Oxford, 1200 s.
- Şahin, M. ve Bakırdağ, L., 1986, Adana-Feke-Mansurlu Mağarabeli demir madeni, Kayseri Yahyalı, Delialiüşağı, Karakızoluğu, Ayıdeliği ve batısı demir yataklarının jeolojisi ve rezerv raporu: MTA Rap. No. 7942, Ankara, (yayınlanmamış).
- Tekeli, O., 1980, Toroslar'da Aladağlar'ın yapısal evrimi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23, 11-14.
- Tekeli, O. ve Erler, A., 1980, Aladağ ofiyolit dizisindeki diyabaz dayklarının kökeni: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23, 1, 15-20.
- Tekeli, O., Aksoy, A. ve Ürgün, B. M., 1988, 1:100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Kozan-J 20 paftası: MTA yayımı, 17 s.
- Temur, S., 1986, Horzum (Kozan-Adana) yöreni piritli çinko kurşun yataklarının jeolojik, petrografik ve jenetik incelemesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, 252 s.
- Torres - Ruiz, J., 1983, Genesis and evolution of the Marquesado and adjacent iron ore deposits, Granada, Spain: Econ. Geol., 2, 1657-1673.
- Tutkun, Z., 1984, Saimbeyli (Adana) yöreninin stratigrafisi: C.Ü. Yerbilimleri Derg., 1, 1, 31-41.
- Ulakoğlu, S., 1984, Aladağlarda Yahyalı (Kayseri) bölgesinin jeolojisi: İ.Ü. Müh. Fak., Yerbilimleri Derg., 4, 1-2, 1-44.
- Ünlü, T., 1985, Deveci (Hekimhan-Malatya) siderit örneklerine özgü jeokimyasal verilerde yapılan bir jeostatistiksel değerlendirme: TMMOB Jeoloji Müh. Odası Derg., 25, 3-14.
- Ünlü, T. ve Stendall, H., 1986, Divriği bölgesi demir yataklarının element koreasyonu ve jeokimyası (Orta Anadolu-Türkiye): TMMOB Jeoloji Müh. Odası Derg., 28, 5-19.
- Walther, H.W. ve Zitzmann, A., 1977, The iron ore deposits of Europe and adjacent areas: Schweizerbarth V., Hannover, 2, 300 s.
- Wright, C. M., 1965, Syngenetic pyrite associated with a Precambrian iron ore deposit: Econ. Geol., 60, 998-1019.



The Second International Conference
**"APPLICATION OF MICRO- AND
MEIOORGANISMS TO ENVIRONMENTAL
PROBLEMS"**

Avalon Institute of Applied Science Inc., Canada
BioDigester Technologies Inc., USA
Centre for Marine Geology- Dalhousie University, Canada
Geological Laboratory - University of Angers, France

WINNIPEG, CANADA

August 27-September 1, 2000

SECOND CIRCULAR

Avalon Institute of Applied Science
P.O. Box. 60013 110-2025 Corydon
Winnipeg, MB 23P 2G9
CANADA

GEOSOUND / YERBİLİMLERİ YAZIM KURALLARI

Yerbilimleri / Geosound, yerbilimleri dalında teorik veya araştırma sonuçlarını içeren ve özgün sonuçları olan Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca makaleleri kabul eder. Dergide ayrıca tanınmış bilim adamlarının güncel yenilikleri içeren tercüme yazılarına da yer verilebilir.

Makalelerin Türkçe olanlarına İngilizce, yabancı dillerde olanlarına da Türkçe özetler konulmalıdır. Makaleler şekil, çizelge veya tablo, fotoğraflı levhalar dahil 6 sayfayı geçemez. Ancak yazarları tarafından ısrar edilen ve kısaltılamayacak makaleler her yıl sayfa başına tesbit edilen katkı payı miktarı kadar ödeme yapılarak yayınlanabilir. Yazilar A4 ebadındaki kağıtların bir yüzüne çevresine 2.5 cm boşluk bırakılarak yazılmalı, harita, kesit ve levhalar da aynı boyutta hazırlanmalıdır. Yazilar Macintosh bilgisayarda herhangi bir program dilinde hazırlanarak makale ekinde yazı disketi ile verilmelidir. Macintosh imkani olmayan yazarlar ücret ödeyerek yazılarını yayın sekreterliğine yazardırabilirler.

Makaleler Türkçe başlık; Yazar adı soyadı ve kısa adresi; Özeti; İngilizce başlık; Abstract; Giriş; Bölümler ve alt bölümler; Sonuçlar veya Tartışmalar ve sonuçlar; Teşekkür; Kaynaklar şeklinde olmalı, ayrıca Bölümler ve Alt Bölümler 1., 1.1., 2., 2.1., vs. şeklinde numaralanmalıdır.

Kaynaklara metin içerisinde yazar soyadı ve tarih sırasıyla atıfta bulunulmalı, bunlarla ilgili bilgiler ise Kaynaklar başlığında "Soyadı, Adının ilk harfi veya harfleri, Tarih, Makalenin başlığı, Derginin kısaltılmış adı, Cilt No, Başlangıç ve bitiş sayfası" şeklinde verilmelidir.

Dergide yayınlanmayan yazılar geri gönderilir. Yayınlananlardan yazarlarına 20'şer adet ayrı baskı verilir. Çok yazarlı makalelerde bu sayı yazarlar arasında bölütürülür. Yayınlanan yazılar için telif hakkı ödenmez.

Şekiller, haritalar, grafikler aydinger üzerine çini mürekkep kullanılarak, koyu bir şekilde çizilmeli, fotoğraf ve levhalar 13x19 cm boyutundaki çerçeve dışına çıkarılmadan hazırlanmalıdır. Yerbilimleri / Geosound ofset metoduyla basıldığı için yazıların mizanpağı yazarlar tarafından yapılmalı, şeklär, tablolar, fotoğraflar metin içine yerleştirilmeli ve alt yazılar tek dilde yazılmalıdır.

Makaleler, biri orjinal olmak üzere 3 nüsha halinde aşağıdaki adrese disketiyle birlikte gönderilmelidir.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü
Ç.Ü.Müh.Mim.Fakültesi
Jeoloji ve Maden Mühendisliği Bölümü
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel (Fax) : 338 67 11 veya 338 63 57 (Tel) 338 61 26 (Fax)
e-mail : yerbilimleri@yahoo.com

INSTRUCTION TO CONTRIBUTORS

Yerbilimleri / Geosound accepts theoretical work or results of a research together with original articles written in Turkish, English, French and German. Translated papers of any article written on the latest developments of a specific subject by known authors can also be accepted.

Turkish articles English, English, French and German articles should have a Turkish summary. Papers to be submitted should not exceed 6 pages including figures, tables, plates and photographs. The ones which are insisted by their authors not to be shortened can be published by charging for each additional page on the amount defined by editorial committee. Papers should be written on one side of A4 sheets leaving a blank space of 2.5 cm at each side of the sheet and maps, plates, cross sections must be prepared in the same form. Any wordprocessor compatible with Macintosh computer system should be used to type the papers and diskets including articles should be attached to the papers. It is possible for the editorial committee to get the articles written with an available Macintosh system but this has to be charged.

The papers should be organised as follows: Title in Turkish; Author's name and address; Summary; Title in English; Abstract; Introduction; Sections and Sub-sections; Conclusions or Discussions and Conclusions; Acknowledgement; References; Appendices. Sections and Sub-sections should be enumerated in the form of 1., 1.1., 2., 2.1., etc.

References in the main text should be cited on the basis of Author's name and date. The information related to these should be given in the References section as: "Surname, Initial(s), Date, Title of Article, Abbreviated Name of the Journal, Volume No, First page-Last page".

Articles which are not published in the Journal are returned. 20 copies of the published papers are sent to the authors. In the joint papers this number is divided between the authors. Copy right is not paid for the published papers.

Figures, maps, graphics should be drawn by black Indian ink on transparent drawing paper, photographs and plates should be prepared such that they can be placed in the frame of 13x19 cm. Yerbilimleri / Geosound is printed with offset printing method that's why coordination of the articles should be done by their authors; figures, tables and photographs should be organised in the text and all explanations about these should be written in one language.

Papers should be sent in three copies, one being the original, to the following address together with the disket containing the article.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü
Ç.Ü.Müh.Mim.Fakültesi
Jeoloji ve Maden Mühendisliği Bölümleri
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel (Fax) : 338 67 11 veya 338 63 57 (Tel) 338 61 26 (Fax)
e-mail : yerbilimleri@yahoo.com