

## TAŞ OCAĞI YER SEÇİMİNDE MÜHENDİSLİK DİSİPLİNİNİN ÖNEMİ: GÖLBAŞI ANDEZİTLERİNDE BİR UYGULAMA

The Importance of Engineering Discipline in The Selection of Proper Place for a Quarry: An Application to Gölbaşı Andesites.

Selma KADIOĞLU<sup>(\*)</sup>  
Gülsev UYAR ALDAŞ<sup>(\*\*)</sup>  
Celal KARPUZ<sup>(\*\*\*)</sup>  
Şebnem BAŞKAN DÜZGÜN<sup>(\*\*\*\*)</sup>  
Yusuf Kağan KADIOĞLU<sup>(\*\*\*\*\*)</sup>

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Ankara ili Gölbaşı ilçesindeki andezitlerde açılmış ocak yerlerinin yerbilimleri açısından uygunluğunu araştırmak, mühendislik disiplini içinde çalışmanın taş ocakçılığı için önemini göstererek büyük maliyetleri ve emek kayıplarını engellemektir. Bu sebeple çalışma yeri olarak, çevresinde rastgele açılmış ve verim alınamadığı için terk edilmiş olduğu düşünülen ocaklar bulunan Hürmat Deresi bölgesi seçilmiştir. Bölgedeki jeolojik yapı ve süreksizlikler yer radarı (GPR) ve sismik kırılma yöntemleri ile incelenmiş, bozunmanın yüksek olduğu yerler ve kırıklar belirlenmiştir. Bulgular, Hürmat deresinin bir fay zonu olduğunu, yüzeyde 10 metreyi bulan bozunmuş ve topraklanmış birim altında yaklaşık 10-11m kırıklı, çatlaklı, verimi düşük olan andezit birimi yer aldığını göstermektedir. Belirlenen en bozunmuş andezit alanında ise bir ocak açıldığı gözlemlenmiştir. Çalışmanın başlangıcında bu ocağın terk edildiği düşünülmüş ancak daha sonraki günlerde ocağın büyütüldüğü görülmüştür. Buradan da Gölbaşı andezit ocakları işletiminin tamamen yerbilimlerinden uzak çalışmalar ile yürütüldüğü, ekonomik kaybın önlenmesi için işletmelerin mühendislik disiplini ile çalışması gerekliliği tekrar vurgulanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Andezit, sismik kırılma, süreksizlik, taş ocağı , yer radarı (GPR).

### ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the suitability of the place of Ankara/ Golbasi andesite quarries as earth science's point of view and to show the importance of engineering discipline which prevents the loss of money and work power in the quarries. For this reason, Hürmat Creek region is selected as the work place as there are quarries which are opened unexceptional and then abandoned because of unproductiveness in the region. The geological structure and the subsurface images of the discontinuities are investigated and the weathered and fractured zones are determined by using the ground penetrating radar (GPR) and seismic refraction method. It is found that, Hürmat creek is a fault zone. There is 6-7 meter weathered and unconsolidated unit. Under this unit, there are fractured, crushed, weathered and uneconomic andesites. It is observed that a quarry was formed at this most weathered part of the region. At first, it was thought that the quarry was abandoned but it was seen later that it was enlarged. This fact highlights that quarrying facilities at the Golbasi andesites are far away from engineering disciplines which are necessary for both quarry owner's and country's economy.

**Keywords:** Andesite, seismic refraction, discontinuity, quarry, ground penetrating radar (GPR).

(\*) Yard. Doç. Dr., Ankara Üniv, Müh. Fak., Jeofizik Müh. Bölümü, Besevler, Ankara, kadioglu@eng.ankara.edu.tr

(\*\*) Dr., Ankara Üniv, Müh. Fak., Jeofizik Müh. Bölümü, Besevler, Ankara

(\*\*\*) Prof. Dr., ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara

(\*\*\*\*) Doç. Dr., ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Tekn. Yüksek Lisans Programı, Ankara

(\*\*\*\*\*) Doç. Dr., Ankara Üniversitesi Müh. Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Besevler, Ankara

## 1. GİRİŞ

Taş ocağı sektöründe ocak jeolojisi ve topoğrafyası göz önüne alınarak yapılacak çalışmaların mühendislik disiplini içerisinde planlanması gerekmektedir. Ülkemizde mermer işletmeciliği bugün 600 milyon dolara ulaşan ihracat kapasitesi ile (yurtiçi kullanımla birlikte bir milyar dolar) tüm maden işletmeciliğinin tek başına ihracatının % 60'ını sağlamaktadır. Mermer işletmeciliğinde %8-10 düzeyinde verimle çalışan ocaklar da bulunmaktadır (DPT web sayfası). Kayaların içerisindeki mevcut süreksizlikler bu düşük verimin önemli nedenlerinden biridir. Tasarım aşamasındaki bir ocağın duraylılık problemlerinin incelenmesi için sahadaki süreksizlik sistemlerinin detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. Aynı şekilde, işletilmekte olan bir ocak için de ileri aşamaların planlanması için jeolojik yapı çok önemlidir. Taş ocaklarında, ürünün birim hacminin veya ağırlığının en düşük maliyetle üretilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma, Ankara'nın Gölbaşı ilçesindeki andezitlerin Hürmat Deresi bölgesinde rastgele açılmış bir ocak çevresinde yakın yüzey yer yapısını ortaya çıkarmak amacıyla uygulanan bir çalışmadır. Bölgenin jeolojisi ve petrografik yapısı ortaya konulduktan sonra, yakın yüzey yer altı çalışmalarında oldukça etkin yüksek frekanslı elektromanyetik bir yöntem olan yer radarı (GPR) yöntemi (Davis and Annan, 1989) ve yakın yüzey yer altı sismik hız değişimini ortaya çıkaran kırılma yöntemi uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE BİRİMLERİN PETROGRAFİSİ

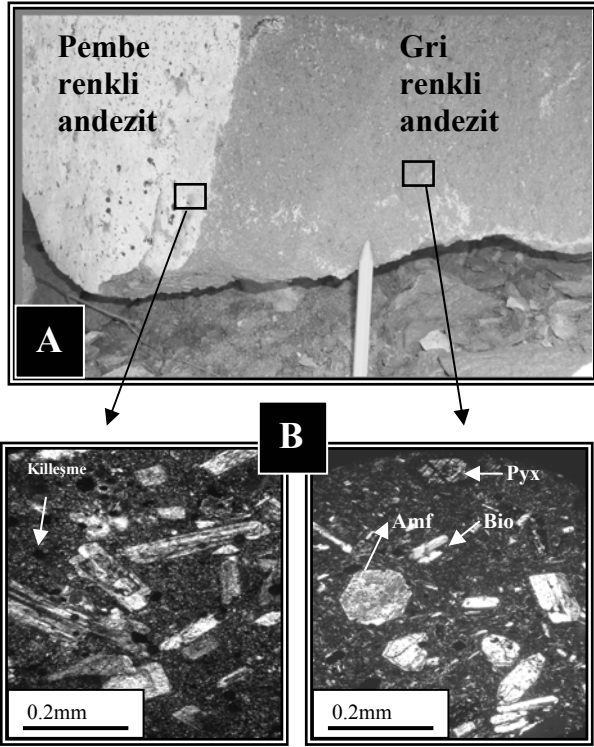
Çalışma alanı; başlıca tüfler ve üzerine gelen gri ve pembe renkli andezitlerden oluşmaktadır. Andezitler ana litolojiyi oluşturmakta olup ve üzerlerine gevşek dokulu genç örtüler ve dere boyu yüzlek veren alüvyonlar gelmektedir (Şekil 1). Bölgenin ana litolojisini oluşturan andezitler; genel olarak porfiro afanitik dokulu olup, topografik olarak yüksek kısımlara doğru traki andezit bileşimine de geçiş göstermektedir. Andezitler, genel olarak, gri ve pembe renklidir. Pembe renkli seviyeler daha çok andezitlerin dokusal bazda uğramış oldukları bozunmadan kaynaklanmakta ve saha gözlemlerinde yüzleklerin üst kısımlarını oluşturmaktadır. Aynı zamanda kırık ve çatlak düzlemlerinin yüzey

kısımlarına yakın zonlarda demiroksitleşme görülmektedir. Hürmat deresi boyunca bölge faylanmış, derenin Bağtepe eteğine doğru kayaçlar hidrotermal alterasyon sonucu fay doğrultusu boyunca önemli derecede killeşmişlerdir.

Andezitler yaklaşık olarak K-G ve kısmen KD-GB doğrultusunda faylanmalara maruz kalmıştır. Bu faylanmalar doğrultusunda andezitlerde dinamik deformasyon izleri belirgin olarak gözlenmektedir. Dinamik deformasyonun etkisiyle gelişen kırılma ve çatlaklanmaların, yüzeylerin çevresinde demiroksitleşme ve silisleşmelerin derine doğru gittikçe arttığı görülmektedir. Bu değişimlerin daha çok derinden gelen hidrotermal çözeltilerin etkisiyle meydana gelen alterasyonların etkisiyle olabileceği düşünülmektedir. Alterasyona uğrayan andezitler kırmızı kahve ve pembe renkli olarak gözlenmektedir. Hidrotermal alterasyonun etkisiyle değişen bu zonlar renk, doku ve mineralojik bileşimi açısından farklılık sergilemektedir. Derinden gelen çözeltilerin etkisiyle kayaç kimyasal bozunmaya bağlı metasomatizmaya uğramıştır (Barnes, 1997; Karpuz and Paşamehmetoğlu, 1997). Metasomatizmanın etkisine bağlı olarak süreksizliklerden uzaklaştıkça kayacın renginin kırmızı kahveden gri ve koyu griye doğru geçiş sergilediği açıkça gözlenmektedir. Gri renkli andezitler pembe renkli andezitlere doğru dereceli geçiş göstermekte ve kayacın daha çok taze kısımlarını göstermektedir (Şekil 1).

Andezitlerin petrografisini ve bozunma türlerini belirlemek için araziden toplanan 100 örnekten, 42 tane ince kesit hazırlanmış ve modal mineralojik bileşimi Polarizan mikroskopta belirlenmiştir. Bozunma oranları ve modal mineralojik bileşimleri hem nokta sayım cihazı hem de Leica görüntü analiz bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmıştır.

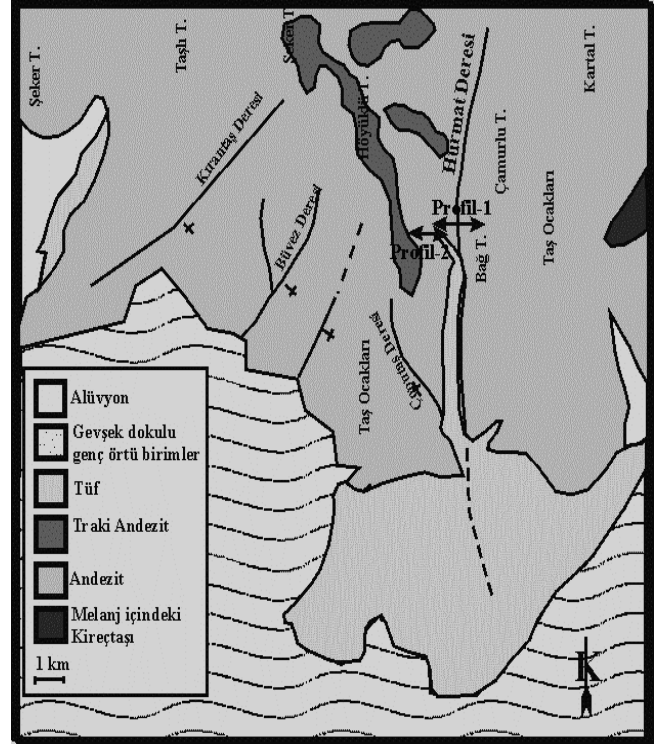
Andezitler; hiyalopilitik dokulu olup, başlıca oligoklaz, andezin, amfibol, biyotit ve ojit içermektedir. Bu kayaçlar ayrıca; ikincil olarak epidot, kalsit ve kil mineralleri içermektedir. Epidot, ve kalsitler daha çok plajiyoklazların ve volkan camlarının kırık ve çatlaklarında gözlenirken killer ise plajiyoklaz ve volkan camının bozunması ile bu ürünlerin yüzeylerinde gözlenebilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Pembe ve gri renkli andezitlerin A) el örneği ve B) Polarizan mikroskopta mikrofotografaları (Plg:plajiyoklaz; Amf: amfibol; Pyx:piroksen, Bio:biyotit).

### 3. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

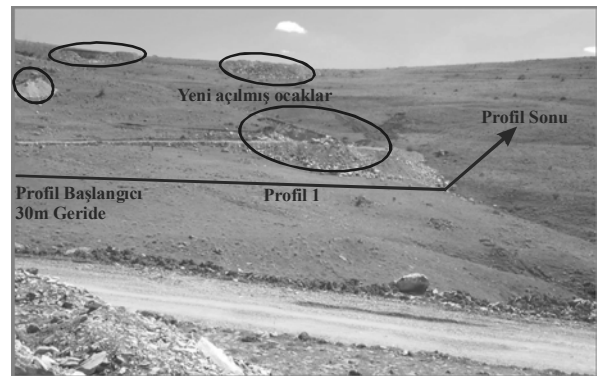
Çalışma sahasındaki yeraltı yapısının, süreksizlik doğrultularının ve uzanımlarının belirlenmesi için yer radarı (GPR) yöntemi ve sismik kırılma yöntemi kullanılmıştır. Hürmat Deresi çevresinde oldukça çok ocak olduğu için bu alanda iki profil yeri belirlenerek üzerinde veriler toplanmış ve yorumlanmıştır (Şekil 2, 3 ve 4).



Şekil 2. Gölbaşı andezit taşocaklarının jeoloji haritası.

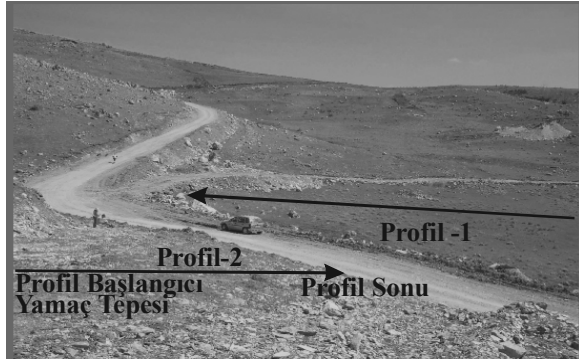
#### 3.1. Profil Yerleri

Profil-1, Hürmat deresi üzerinde açılmış ocakların yoğun olduğu ve yeni açılmış bir ocağın bulunduğu yerde seçilmiştir. Yol altından başlayıp karşıdaki Çamurlu Tepe'nin yarısına kadar uzanmaktadır (Şekil 2 ve 3).



Şekil 3. Hürmat deresi, Profil-1.

Profil-2, Hürmat Deresi üzerinde Profil-1' e göre yolun sol tarafındaki Höyükli Tepeden başlayıp yola kadar devam etmektedir (Şekil 2 ve 4).



Şekil 4. Hürmat deresi, Profil-2.

### 3.2. Yer Radarı (GPR) Yöntemi

Yer radarı (GPR) yöntemi, yakın yüzey araştırmaları için kullanılan yüksek frekanslı elektromanyetik bir jeofizik yöntemdir. GPR yöntemi yapısal araştırmalarda toprak stratigrafisinin ortaya çıkarılmasında (Davis and Annan, 1989; Kadioğlu and Daniels, 2002 ve 2004) ve yüzeye yakın jeolojik birimlerin tespitinde (Kadioğlu, 2003), fay, kırık ve çatlakların haritalanmasında (Grasmueck, 1996; Grandjean and Gourry, 1999; Orlando, 2002; Aldas vd, 2003; Green vd, 2003; Slater and Niemi, 2003; Kadioğlu, 2004; Kadioğlu and Kadioğlu, 2004), maden galerileri içinde duvar cephelerinin sağlamlık tespitinde, galeri içinde bozunmuş zon ve cevher aramada, galeri ilerleme yönü tespitlerinde (Cardelli vd, 2003; Kadioğlu vd, 2003) son yıllarda en çok kullanılan jeofizik yöntemlerden biri olmuştur.

Genel hatları ile bir yer radarı, verici anten, alıcı anten ve kayıtçıdan oluşmaktadır. Radar yönteminde verici anten ile yer içine yüksek frekans elektromanyetik dalga sinyal olarak yollar. Yer içinde ilerleyen dalgalar anomali verecek herhangi bir nesne veya farklı jeolojik birim, fay, kırık gibi yapılar ile karşılaşırlarsa yansıma veya saçılmaya uğrarlar. Tekrar yukarıya çıkan saçılmış dalgalar alıcı antenler tarafından kaydedilirler. Bilindiği gibi, çatlaklar çoğunlukla su, ya da ana kayadan farklı malzeme özelliğine sahip maddelerle dolurlar. GPR bu kompozisyon farklılıklarını tespit eder ve bu yüzden süreksizlik saptaması çalışmalarında verimli bir şekilde kullanılabilir.

Ölçümler genellikle bir profil üzerinde, önceden belirlenmiş ölçüm noktalarında alınırlar. Bir alan üzerinde çalışıldığında, arazide paralel profiller

kullanılarak ölçümler alınır ve sonuçlar üç boyutlu olarak görüntülenebilirler (Kadioğlu, 2003). Yere gönderilen elektromanyetik sinyal harmonik bir yapıya sahip olup, etken bir frekans içermektedir. Bu frekansın değeri; nüfuz derinliğini, soğrulma miktarını ve saçılma derecesini belirler. Söz konusu frekans azaldığında, nüfuz derinliği artarken düşey çözünürlük azalmaktadır. Öte yandan frekans arttıkça, düşey çözünürlükte bir iyileşme olurken bu kez nüfuz derinliği azalmaktadır (Davis and Annan, 1989; Danies, 1989).

#### 3.2.1. Yer Radarı Verilerinin Toplanması İşlenmesi ve Yorumlanması

Bu proje kapsamında, öncelikle Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümüne ait olan ve yaklaşık 30-40 m derinliğe kadar bilgi kaydedebilen PulseEKKO100A sistemi (Algılayıcılar ve Yazılım) ile uyumlu 25MHz açık sistem anten ile profil-1 ve profil-2 üzerinde radar verileri toplanmıştır (Şekil 3 ve 4). Daha sonra, yakın yüzeyi daha açık ayrıntılabilmek amacıyla yaklaşık 15-20 m derinliğe kadar bilgi kaydedebilen RAMAC CU II sistemi ile uyumlu 100 MHz kapalı anten ile yine profil-1 üzerinde ölçümler alınmıştır. Arazi topografyası oldukça engebeli olduğu için 8 kanallı çift frekanslı GPS sistemi ile her ölçüm noktası üzerinde topografya konumları ölçülmüştür.

25 ve 100 MHz antenler için başlıca veri toplama parametreleri çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. 25 MHz ve 100 MHz antenler ile kullanılan başlıca veri toplama parametrelerinin değerleri.

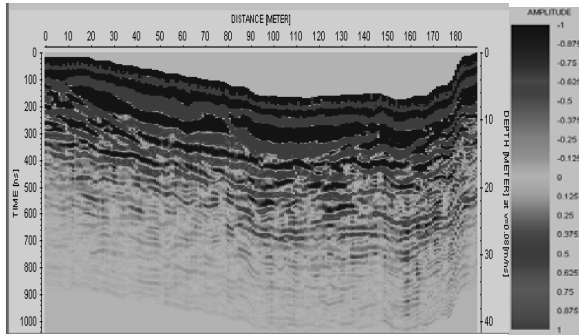
Parametreler	25 MHz	100 MHz
Ölçüm aralığı	1 m	10 cm
Zaman örnekleme aralığı	1.6 ns	0.88 ns
Toplam zaman penceresi	1024 ns	512 ns
Merkez frekansı	25 MHz	100 MHz
Antenler arası uzaklık	4 m	50 cm
Sinyal yığıma sayısı	32	16

Veriler, WinEKKO-Pro (Algılayıcı ve yazılım) ve Reflexw V3.5 (Mala-Geoscience) programları kullanılarak işlenmiştir. Buna göre uygulanan veri-işlem aşamaları sırasıyla aşağıdaki gibidir:

- Öncelikle veri kaybını önlemek amacıyla bir profil üzerinde sıralı dosya adları verilerek kaydedilmiş verilerin veri-işlem aşamasında tek bir dosyada birleştirilmesi,
- Veri-başlangıç zamanı düzenlemesi,

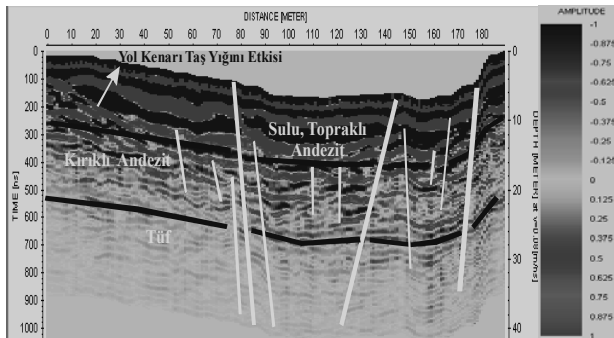
- İstenmeyen düşük ve yüksek frekansları süzgeçlemek amacı ile band geçişli süzgeç uygulanması,
- Hız analizi uygulaması ve andezit birimi olarak tanımlanan tabakanın hızının yaklaşık  $0.08 \text{ m/ns}$  olarak belirlenmesi, (Hız değerine bağlı olarak ortalama derinlik bilgisi 30 m dir).
- Saçılmaların toplanması (diffraction stack) işlemi,
- İşlenen veriye topografya bilgisinin eklenmesi.

Her bir profile ait veri-işlemi tamamlanmış radagramlar ve üzerine kırıkların ve tabaka sınırlarının işlendiği radagramlar Şekil 5, 6, 7, 8 ve 9 da sunulmaktadır. Radagramlar üzerindeki siyah çizgiler tabaka sınırlarını, beyaz çizgiler, kırık yerleri ve doğrultularını, kalın beyaz çizgiler fay doğrultularını göstermektedir.

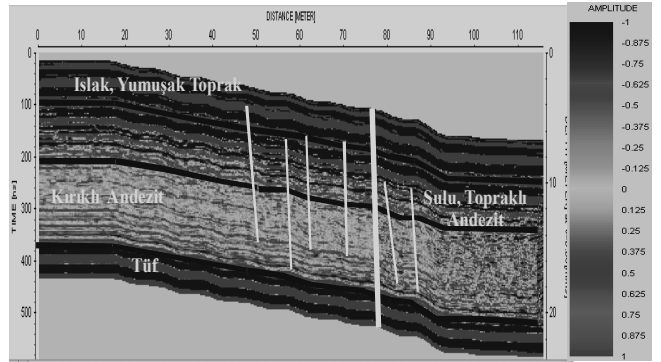


Şekil 5. 25 MHz, işlenmiş Hümat Deresi Profil-1 radagramı.

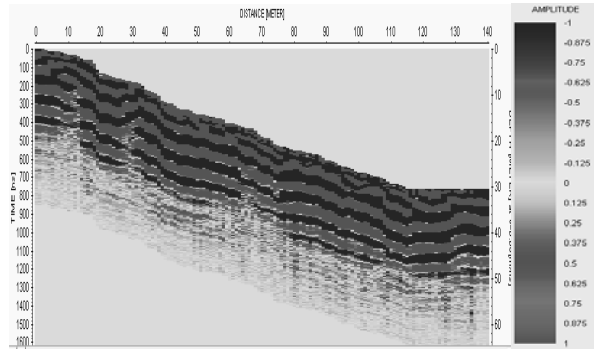
100 MHz ile profil-1' in tamamlanamamasının nedeni, profilin hemen üzerinde açılmış ocağın genişletilmiş olmasıdır.



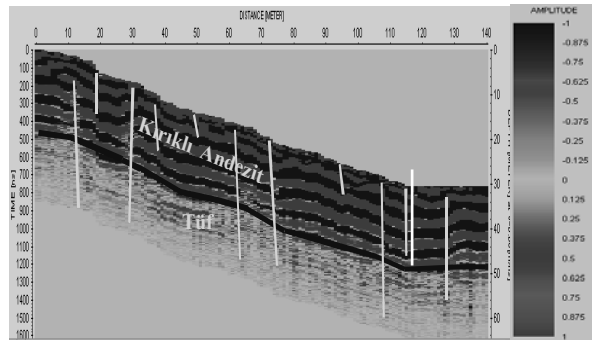
Şekil 6. 25 MHz, tabaka sınırlarının ve belirgin kırıkların işlendiği Hümat Deresi Profil-1 radagramı.



Şekil 7. 100 MHz, tabaka sınırlarının ve belirgin kırıkların işlendiği Hümat Deresi Profil-1'in ilk 110 m sini içeren radagram.



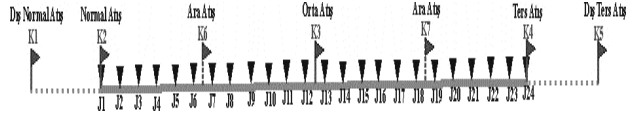
Şekil 8. 25 MHz, işlenmiş Hümat Deresi Profil-2 radagramı.



Şekil 9. 25 MHz, tabaka sınırlarının ve belirgin kırıkların işlendiği Hümat Deresi Profil-2 radagramı.

### 3.3. Sismik Kırılma Yöntemi

Profil-1 ve profil-2 üzerinde, Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünde bulunan 24 kanallı ABEM TERRALOC MK6 kırılma aleti ve ilgili teknik donanımları kullanılarak kırılma verileri toplanmıştır. Sismik kırılma profili veri toplama düzeneği şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Sismik kırılma profili veri toplama düzeneği.

Sismik kırılma yönteminde öncelikle profil boyunca jeofonlar (alıcılar) sabit aralıklarla yer içine gömülerek yerleştirilir. Yakın yüzey P dalgası kırılma verisi toplamak için genellikle yer içine yollanan enerji kaynağı bir beton levha üzerine balyozun birkaç kez düşey vurulması ile sağlanır. Kaynak noktaları (atış noktaları) rastgele olmayıp belirli bir atış düzeni içindedir. Genellikle 5 atışlı düzen içinde ölçümler alınır. Çok geniş profil açılımları için ara atışlar yapılarak veri güçlendirilmesi yapılabilir. Arazi durumu ve amaca göre gerektiğinde atış uzaklıklarındaki dengeyi bozmayacak şekilde ara atışlar yapılabilir (Telford vd, 1978).

Profillere ait parametreler çizelge 2'de verilmektedir.

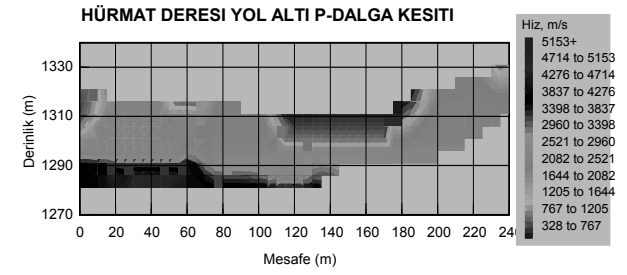
Çizelge 2. Profillere ait parametreler.

Parametreler	Profil 1	Profil 2
Profil boyu	230m	115m
Jeofon aralığı	10m	5m
Zaman	0.100msn	0.100msn
örnekleme aralığı		
Bir sismik izdeki örnekleme sayısı	2048	1024
Atış sayısı	7	5
Dış normal atış ile jeofon uzaklığı	45m	30m
Normal atış ile jeofon uzaklığı	5m	1m

### 3.3.1. Kırılma Verilerinin İşlenmesi ve İki Boyutlu (2B) P Dalgası Hız Kesitleri

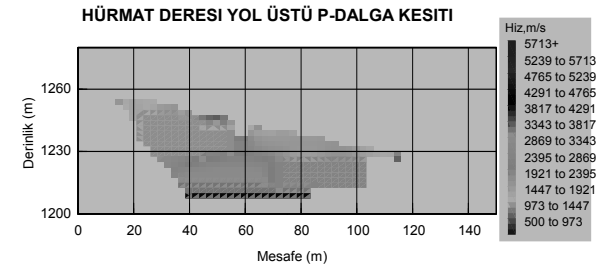
Öncelikle sismik kırılma kayıtları üzerinden ilk varış zamanları okunarak ilgili zaman-uzaklık değerleri elde edilmiştir. Bu değerler 'REF3' programına (Başokur, 2004) aktararak SeisOpt@2D V3.5' programı için gerekli olan giriş dosyaları oluşturulmuş ve son olarak iki boyutlu (2B) ters çözüm işlemi yapan ve 2B sismik hız kesitinin elde edilmesini sağlayan 'SeisOpt@2D V3.5' programı ile 2B P hızı değerleri elde edilmiştir (Şekil 11 ve 12).

### Profil-1:



Şekil 11. Hürmat Deresi Profil-1 kırılma verilerinden elde edilen 2B P dalgası yeraltı hız kesiti.

### Profil-2:



Şekil 12. Hürmat Deresi Profil-2 kırılma verilerinden elde edilen 2B P dalgası yeraltı hız kesiti.

## 4. JEOFİZİK VE PETROGRAFİK VERİLERİN YORUMU ve MADENCİLİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Radar profilleri (Şekil 5-9) üzerinde belirgin kırık hatları beyaz renkli çizgisellikler ile belirtilmiştir. Bunlardan fay hattı olanları kalın olarak belirtilmiştir.

Jeolojik olarak tuf üzerine akmış andezit bileşimindeki volkanik akıntının yaklaşık düzgün olarak yayıldığı, tüm radagramlarda tuf tabaka sınırının topoğrafya ile uyumlu olmasından anlaşılmaktadır. Andezitler hiyaloplitik dokulu olup, demiroksitleşme ve killeşme sonucu yüzey mostralari dokusal ve mineralojik bileşim bazında bozunarak topraklaşmıştır. Aynı zamanda kırık hatları boyunca derinden gelen çözeltilerin etkisiyle metasomatik oluşumlu killeşme gerçekleşmiştir. Dinamik deformasyonla birlikte gelişen bozunmalar kayacın dayanımını önemli ölçüde düşürmektedir. Bu bağlamda taş ocağı için yer belirlemede rastgele seçimlerin yapılmaması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Dinamik deformasyonla gelişen süreksizliklerin kontrolü GPR ile denetlenmiş ve irdelenmiştir. Hürmat Deresi profil- 1 üzerinde iki ana kırık hattı (Şekil 6 ve 7, kalın beyaz çizgiler) fay düşme zonunu ortaya koymaktadır. Bu profil üzerinde 2.5-3m kalınlığında belirgin bir toprak tabakası mevcuttur (Şekil 7) ve su içeriği oldukça yüksek olup yer yer su miktarı artmaktadır. Suyun oldukça yüksek olduğu bölümler, profil-1'e ait 2B P-dalgası hız kesiti (Şekil 11) üzerinde düşük hızın (328-767m/s) hakim olduğu alanlardır. Nemli toprak birimin altında yaklaşık 4 m kadar bozunmuş andezit ve hemen altında yaklaşık 6 m kalınlığında sulu, topraklı andezit onun altında yaklaşık 8-9 m kırıklı andezit birimleri yer almaktadır (Şekil 6, 7). Bu birimler kırılma hız kesiti üzerinde 1205-2521m/s arasındaki hızlar ile temsil edilmektedir (Şekil 11). Profil-2 üzerinde aşırı kırıklı andezit içeren ince bir toprak birimi, daha sonra yine profil-1' e göre nispeten daha sağlam olan yaklaşık 10 m kırıklı andezit yer almaktadır. Ayrıca kırıkların çevrelerinde bozunma miktarı artmaktadır (Şekil 9). Önemli kırık hatları tüm profiller üzerinde beyaz renkli çizgiler ile belirtilmiştir. Profil-2 üzerinde yüzeydeki toprak birimi ve yaklaşık 10 metrelik kırıklı andezit birleştirilmiştir. Ancak birimin alt sınırından itibaren yukarı doğru 6'm lik bölümde kırıkların yerleri net olarak gözlemlenir.

Kırılma kesitleri değerlendirildiğinde, 328-2521 m/s arasındaki hız değişimindeki dağılımlarının genel olarak andeziti temsil ettiği görülür. Ancak bozunma miktarına göre hızlar değişmekte, bozunmanın yüksek olduğu nemli toprak alanlarında hız düşmekte ve 328-1205 m/s arasındaki hızlar hakim olarak gözlenmektedir. 2521-4714 m/s arasındaki hız değişimi ise, daha çok tüfü temsil etmektedir. 2B P-dalgası hız kesitleri ile radar kesitleri karşılaştırıldığında, özellikle düşük hızlı bozunmuş andezitler (328-1205 m/s) ile 1205-2521 m/s arasındaki hızlarla temsil edilen bölge sınırlarının büyük kırık hatlarına karşılık geldiği gözlenmektedir.

Yapısal karakteristiklerin belirlenmesi, andezitlerin morfolojik özelliklerinin belirlenmesine yardımcı olmasının yanında, mekanik davranışlarının belirlenmesinde de etkilidir. Gölbaşı andezitlerindeki çatlak aralıkları Karpuz ve Paşamehmetoğlu'nun (1997) Ankara andezitleri üzerine yaptıkları çalışmada belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Gölbaşı andezitlerindeki çatlak aralıkları (mm) (Karpuz ve Paşamehmetoğlu, 1997).

	Ortalama	Maximum	Minimum
Yatay yönde	562	1441	307
Düşey yönde	2264	2608	2000

Andezitlerin mekanik dayanımı ise yine aynı çalışmada schmidt çekiç değeri (SHV) ve nokta-yüklemeye dayanımı ( $I_s(50)$ ) kullanılarak bulunmuştur. Gölbaşı andezitleri bozunma dereceleri, mekanik dayanımları ve yatay süreksizlik aralıklarına göre çizelge 4'deki gibi sınıflandırılmıştır. (Karpuz ve Paşamehmetoğlu, 1997).

Çizelge 4. Gölbaşı andezitlerinin sınıflandırılması

Mekanik dayanım	Derece 1	Derece 2	Derece 3	Derece 4
SHV	61	50	30	22
$I_s(50)$	65	4.4	1.7	0.7
$I_F(mm)$	927	546	375	307

Derece 1: Taze kaya

Derece 2: Hafif lekeli kaya

Derece 3: Tamamen lekeli kaya \ toprak karışımı

Derece 4: Zayıf

Derece 5: Tamamen ayrılmış

Görüldüğü üzere, andezitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri bozunma derecelerine göre oldukça değişmektedir. Bu çalışmanın konusu olan Hürmat deresi bölgesindeki andezitler 4. derece bozunmuş andezitler sınıfına girmektedir. Jeofizik ve petrografik veriler bunu doğrulamaktadır.

## 5. SONUÇLAR

Jeolojik çalışmalar ile sahanın ayrıntılı haritalanması ve petrografik incelemelerle mikroskop altında ilksel ve ikincil minerallerin konumları, oranları ve bileşimleri belirlenmiştir. Bu mineralleşmeler dinamik deformasyon hatları üzerinde irdelenerek jeofizik veriler ile karşılaştırılmıştır. Jeofizik yöntemlerden yer radarı ve sismik kırılma yöntemi ile araştırma sahasındaki birimler ve süreksizliklerin yerleri ve yeraltındaki uzanımları, bozuşmuş, topraklı ve kırıklı-boşluklu andezit bölgeleri başarı ile belirlenmiştir. Özellikle profil-1 sonuçlarına göre

andezit biriminin fay zonu üzerinde olması ve bu nedenle bozuşmanın ve kırıklı yapının hakim olması, veriminin çok düşük olduğunu ve ocak açımı için uygun bir bölge olmadığını ortaya koymaktadır. Ancak profil-1 'in hemen üzerinde açılmış bir ocağın çalışmaların devam ettiği zaman içerisinde genişletilmesi Gölbaşı andezit ocakları işletiminin tamamen yerbilimlerinden uzak çalışmalar ile yürütüldüğünü ortaya koymaktadır. Yapılan yanlış ve rastgele ocak yeri seçimi büyük ekonomik kayıpların yanında önemli ölçüde çevre kirliliğini orta koymaktadır. Bu çevre kirlilikleri düzeltilmesi zor ve telafisi çok pahalıya mal olan sonuçları beraberinde getirmektedir.

## 6. KATKI BELİRTME ve TEŞEKKÜR

Bu çalışma, YDABCAG-103Y129 nolu TÜBİTAK Proje çalışmasının bir bölümünü oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan Pulse EKKO100A radar sistemi ve 25 MHz yer radarı anteni (GPR) Ankara Üniversitesi Araştırma Fonu 2001-07-05-058 nolu proje kapsamında, RAMAC CU II radar sistemi 2003-K-120-190-4-1 nolu DPT BAP Projesi kapsamında ve bu sisteme uyumlu 100 MHz kapalı anten ise YDABCAG-103Y129 nolu TÜBİTAK Projesi kapsamında desteklenmiştir.

Yazarlar, arazi çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen A.Ü. Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Yard. Doç. Dr. Emin Ulugergerli'ye çok teşekkür eder.

## 7. KAYNAKLAR

Aldaş, G.U., Kadioğlu, S. and Ulugergerli E.U., 2003; "The Effects of Concealed Discontinuities in Blast Design Pattern", 4th Int'l Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Specialists, St. Petersburg-RUSSIA, Abstracts., 6-7.

Barnes, H.L.,1979; "Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits", John Wiley & Sons, 798pages.

Başokur, A.T., 2004; " REF3 - Sismik Kırılma Yazılımı", <http://jeofizik.ankara.edu.tr>

Cardelli, E., Marrone, C. and Orlando, L., 2003; "Evaluation of tunnel stability using integrated geophysical methods", Journal of Applied Geophysics, **52**, 93-102.

Daniels, J.J., 1989;"Fundamentals of ground penetrating radar". Proceedings of SAGEEP, Golden, Colorado.

Davis, J.L. and Annan, A.P., 1989; "Ground-penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy". Geophysical Prospecting, **37**, 531-551.

DPT web sayfası; "<http://www.dpt.gov.tr>".

Grandjean, G. and Gourry, J.C., 1999 ; "GPR data processing for 3D fracture mapping in a marble quarry (Thassos, Greece)". Journal of Applied Geophysics, **36**, 19-30.

Grasmueck, M., 1996; "3-D ground penetrating radar applied to fracture imaging in gneiss", Geophysics, 61, (4), 1050-1064.

Green, A., Gross, R., Holliger, K., Horstmeyer, H. and Baldwin, J., 2003; " Results of 3-D georadar surveying and trenching the San Andreas fault near its northern landward limit". Tectonophysics, **368**, 7-23.

Kadioğlu, S. 2003; "3D Ground Penetrating Radar-Data Acquisition, Processing, and Interpretation, 14<sup>th</sup> International Petroleum Congress and Natural Gas Congress and Exhibition of Turkey, Ankara-TURKEY", Proceedings, 485-486.

Kadioğlu, S., 2004; "Yer radarı yöntemi ile karstik boşlukların belirlenmesi", Konferans, DSİ Genel Müdürlüğü Toplantı Salonu.

Kadioğlu, S., Aldaş, G.U., Candansayar, E. ve Ulugergerli E.U., 2003; "Çayeli Maden Tünellerindeki Stabilizasyon Çalışmalarında Yer Radarı Uygulaması", Rapor, ÇBI-Çayeli-RİZE.

Kadioğlu, S. and Daniels, J. J., 2002; "A Hybrid 2D/3D Ground Penetrating Radar (GPR) Survey of Brownfield Site Along Lake Street in Chicago, Illinois (USA)", International Conference on Earth Sciences and Electronics-2002 (ICESE-2002), **2**, 255-261.

Kadioğlu, S. and Daniels, J. J., 2004; "Integrated 3D visualization of GPR data and EM-61 data", Geochimica et Cosmochimica Acta, Pergamon, Volume **68**, Number 11S, A468.

Kadioğlu Y.K. ve Kadioğlu S., 2004; " Yer radarı yöntemi ile bir mermer sahasındaki kırık ve



boşlukların belirlenmesi ve derinlik dilimleri üzerinde haritalanması". 16. Jeofizik Kongresi ve Sergisi, Extended Abstract Kitapçığı, 359-362, Ankara.

Karpuz C. And Paşamehmetoğlu A.G., 1997;" Field characterisation of weathered Ankara andesites", Engineering Geology, Volume **46**, 1-17.

Orlando L., 2002; "Ground penetrating radar in massive rock: A case history", European Journal of Environmental and Engineering Geophysics, **7**, 265-279.

Slater, L. and Niemi, T.M., 2003; " Ground penetrating radar investigation of active faults along the Dead Sea transform and implications for seismic hazards within the city of Aqaba, Jordan". Tectonophysics, **368**, 33-50.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys, D.A. 1978; "Applied Geophysics". Cambridge University Press, London, 860 pages.