

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA KEÇİÖREN DUTLUK – KUYUBAŞI ARASINDAKİ VOLKANİK  
KAYAÇLARIN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE KÜTLE  
SINIFLANDIRMALARI**

**Serdar YÜCEEL**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2008**

**Her hakkı saklıdır**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ANKARA KEÇİÖREN DUTLUK – KUYUBAŞI ARASINDAKİ VOLKANİK KAYAÇLARIN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE KÜTLE SINIFLANDIRMALARI

Serdar YÜCEEL

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aydın ÖZSAN

Tezin konusu, Ankara Keçiören Dutluk – Kuyubaşı arasındaki volkanik kayaçların Fiziko-mekanik özellikleri ve kütle sınıflandırmalarıdır. İnceleme alanındaki volkanik kayaçlar Tekke volkanik serisi olarak tanımlanan andezit, dasit, tuf ve aglomera kaya birimleridir. Kaya birimlerinin jeolojik, petrografik, mühendislik özellikleri saptanmıştır. Süreksizliklerin nicel tanımlamaları olan aralığı, devamlılığı, açıklığı, pürüzlülüğü ve dolgusu belirlenmiştir. Süreksizlik yönelimlerine göre andezit, dasit ve aglomeraya ait kontur diyagramları Dips 5.0 bilgisayar programı kullanılarak belirlenmiştir. RMR sınıflama sistemine göre andezit ve aglomera “zayıf-orta” kaya, dasit “orta” kaya ve tuf “zayıf” kayadır.

**2008, 54 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Tekke volkanik serisi, Fiziko-mekanik özellikler, Kütle sınıflandırmaları, Süreksizlik, RMR, Keçiören

## ABSTRACT

M.Sc. Thesis

### PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES AND ROCK MASS CLASSIFICATIONS OF THE ROCKS BETWEEN DUTLUK-KUYUBAŞI LOCATION IN KEÇİÖREN ANKARA

Serdar YÜCEEL

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Aydın ÖZSAN

The theme of the thesis is to determine the physico-mechanical properties and rock mass classifications of the rocks between Dutluk and Kuyubaşı location at Keçiören in Ankara. Volcanic rocks, at the investigation area, named Tekke volcanic series consist of andesite, dacite, tuff and agglomerate rock units. Geological, petrographical, engineering properties of rock units were determined. The quantitative properties of discontinuities such as spacing, persistence, aperture, roughness and filling were determined. Contour diagrams for andesite, dacite and agglomerate were defined using Dips 5.0 computer programme according to discontinuity orientation. Andesite and agglomerate are poor to fair rock, dacite is fair rock and tuff is poor rock according to RMR classification system.

**2008, 54 pages**

**Key Words:** Tekke volcanic series, Physico-mechanical properties, Mass classifications, Discontinuity, Keçiören

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında gerek maddi ve gerekse manevi yönden her türlü desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım saygıdeğer hocam ve danışmanım sayın Prof. Dr. Aydın ÖZSAN'a saygı ve şükranlarımı sunarım.

Petrografi incelemeleri sırasında değerli katkı ve görüşleriyle yardımcı olan Doç. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU'na, değerli katkı ve görüşleriyle yardımcı olan Prof. Dr. Hüsnü AKSOY'a gerekli doküman yardımında bulunan EGO Genel Müdürlüğünden İnşaat Yük. Mühendisi Özkan CÜCEN'e ve Jeoloji Yük. Mühendisi Murat ÇİLSAL'a, tez yazımı ve düzenlemesinde yardımcı olan Jeoloji Yük. Mühendisi Mutluhan AKIN'a, tez düzenlemesi ve Dips 5.0 programının kullanımında yardımcı olan Doç. Dr. Hakan BAŞARIR'a, laboratuvar çalışmaları esnasında yardımcı olan Dr. Koray ULAMIŞ'a, bu tezin ortaya çıkarılmasında bana büyük destekleri olan sevgili Reyhan DELEN'e, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve tez çalışmaları sırasında bana yardımları dokunan herkese teşekkür ederim.

Serdar YÜCEEL  
Ankara, Nisan 2008

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	ii
SİMGELER DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
1.1 Araştırmanın Amacı .....	1
1.2 İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşımı .....	1
1.3 Çalışma Yöntemi ve Süresi.....	3
2. BÖLGENİN JEOLJİSİ .....	4
2.1 Önceki çalışmalar .....	4
2.2 Bölgesel Jeoloji .....	6
2.2.1 Dikmen Formasyonu.....	6
2.2.2 Alacaatlı Formasyonu .....	6
2.2.3 Hançili Formasyonu .....	7
2.2.4 Akhöyük Formasyonu .....	7
2.2.5 Etimesgut Formasyonu .....	8
2.3 İnceleme Alanının Jeolojisi .....	8
2.3.1 Tekke volkanik serisi .....	9
2.3.2 Alüvyon .....	9
2.3.3 Yapay dolgu .....	9
2.4 İnceleme Sahasındaki Volkanik Kayaçların Mineralojik ve Petrografik Özellikleri .....	11
3. TANDOĞAN – KEÇİÖREN METRO PROJESİ.....	22
4. TÜNEL GÜZERGÂHINDAKİ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI .....	23
4.1 Sondajlar.....	23
4.2 Kaya Kalite Değerlendirmesi (RQD) .....	24
4.3 Tünel Güzergâhındaki Kayaçların Geçirimliliği .....	25
5. TÜNEL GÜZERGÂHINDAKİ KAYA BİRİMLERİNİN FİZİKO – MEKANİK ÖZELLİKLERİ.....	28
5.1 İnceleme Alanındaki Volkanik Kayaçların Birim Hacim Ağırlık Değerleri.....	28
5.2 İnceleme Alanındaki Volkanik Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımı Değerleri.....	29
5.3 İnceleme Alanındaki Volkanik Kayaçların Nokta Yük Dayanımı Değerleri.....	29
5.4 İnceleme Alanındaki Volkanik Kayaçların Deformasyon Özellikleri.....	29
6. DUTLUK – KUYUBAŞI ARASI METRO TÜNELİNİN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÖZELLİKLERİ .....	31
6.1 Süreksizliklerin Değerlendirilmesi .....	31
6.2 Kaya Kütle Sınıflamaları.....	34

<b>7. SONUÇLAR .....</b>	<b>41</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>43</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>48</b>
<b>EK-1 Sondaj numunelerine ait laboratuvar deney sonuçları .....</b>	<b>49</b>
<b>EK-2 Nokta yük dayanımı deney sonuçları.....</b>	<b>50</b>
<b>EK-3 Andezit için Dips programına girilen eğim ve eğim yönleri.....</b>	<b>51</b>
<b>EK-4 Dasit için Dips programına girilen eğim ve eğim yönleri.....</b>	<b>52</b>
<b>EK-5 Aglomera için Dips programına girilen eğim ve eğim yönleri.....</b>	<b>53</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>54</b>

## SİMGELER DİZİNİ

CSIR	Güney Afrika Bilimsel ve Sanayi Araştırma Merkezi
E	Elastisite modülü
G	Güney
ISRM	International Society for Rock Mechanics
JRC	Eklem pürüzlülük katsayısı
K	Kuzey
RMR	Rock Mass Rating System
RQD	Kaya kalite değerlendirmesi
TCR	Toplam karot yüzdesi
TEB	Tek eksenli basınç dayanımı
$\sigma_v$	Düşey gerilme
$\nu$	Poisson oranı
$\phi^\circ$	İçsel sürtünme açısı
$\gamma$	Birim hacim ağırlık

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İnceleme alanının yerbulduru haritası.....	2
Şekil 2.1 İnceleme alanı jeolojisi haritası .....	10
Şekil 2.2 Keçiören metrosu Kuyubaşı ve Dutluk istasyonları arası jeolojik kesiti.....	11
Şekil 6.1 Andezitler için çıkarılan kontur diyagramı .....	33
Şekil 6.2 Dasitler için çıkarılan kontur diyagramı .....	33
Şekil 6.3 Aglomeralar için çıkarılan kontur diyagramı.....	34

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Tandoğan – Keçiören metrosu güzergâh özellikleri .....	22
Çizelge 3.2 Tandoğan – Keçiören metrosu istasyon özellikleri.....	22
Çizelge 4.1 Kuyubaşı – Dutluk istasyonları arasında açılan temel araştırma sondajları .....	24
Çizelge 4.2 Açılan sondajlardaki ortalama TCR ve RQD değerleri .....	24
Çizelge 4.3 Temel araştırma sondajlarında yapılan geçirimsizlik testi sınıflaması .....	27
Çizelge 6.1 Andezit için en kötü şartlarda hesaplanan temel RMR puanı.....	37
Çizelge 6.2 Andezit için en iyi şartlarda hesaplanan temel RMR puanı.....	37
Çizelge 6.3 Dasit için en kötü şartlarda hesaplanan temel RMR puanı .....	38
Çizelge 6.4 Dasit için en iyi şartlarda hesaplanan temel RMR puanı.....	38
Çizelge 6.5 Aglomera için en kötü şartlarda hesaplanan temel RMR puanı .....	39
Çizelge 6.6 Aglomera için en iyi şartlarda hesaplanan temel RMR puanı .....	39
Çizelge 6.7 Tüf için hesaplanan temel RMR puanı .....	40
Çizelge 6.8 10 m açıklıklı ( $\sigma_v < 25$ MPa) kaya tünelleri için RMR sistemine göre kazı ve kalıcı destek kılavuzu .....	40

## FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Foto 2.1 Hiyalopilitik porfirik dokulu andezit içindeki plajiyoklazların mikrofotografı .....	13
Foto 2.2 Oligoklaz ve andezin bileşimine sahip zonlanma ve ikizlenme gösteren plajiyoklaz içeren andezitin mikrofotografı.....	13
Foto 2.3 Oligoklaz ve andezinden oluşan plajiyoklaz içeren andezitin mikrofotografı .	14
Foto 2.4 Zonlu plajiyoklaz içeren andezitin mikrofotografı .....	14
Foto 2.5 Yer yer opasitleşme gösteren amfibol içeren andezitin mikrofotografı .....	15
Foto 2.6 Yer yer opaklaşmış kırmızı kahve renginde biyotit içeren andezitin mikrofotografı .....	15
Foto 2.7 Genel olarak mikrolit, kristalit ve kısmen volkan camı içeren kayanın hamurunun mikrofotografı.....	16
Foto 2.8 Genel olarak mikrolit, kristalit ve kısmen volkan camı içeren kayanın hamurunun mikrofotografı.....	16
Foto 2.9 Hiyalopilitik dokulu kum plajiyoklazdan oluşan dasitin mikrofotografı .....	17
Foto 2.10 Hiyalopilitik dokulu zonlanma gösteren oligoklaz içeren dasitin mikrofotografı .....	17
Foto 2.11 Hiyalopilitik dokulu, opasitleşmiş amfibol ve körfez dokusu gösteren kuvars içeren dasitin mikrofotografı .....	18
Foto 2.12 Hiyalopilitik dokulu, opasitleşmiş amfibol ve körfez dokusu gösteren kuvars içeren dasitin mikrofotografı .....	18
Foto 2.13 Magma korozyonu neticesinde körfez dokusu gösteren kuvars içeren dasitin mikrofotografı .....	19
Foto 2.14 Genelde oligoklaz bileşiminde olup yer yer dentrik doku gösteren plajiyoklaz içeren dasitin mikrofotografı.....	19
Foto 2.15 Plajiyoklas ve opasitleşmiş, opaklaşmış biyotit içeren dasitin mikrofotografı .....	20
Foto 2.16 Devitrifikasyon sonucu killeşen volkan camının mikrofotografı .....	20
Foto 2.17 İleri derecede killeşmiş ve hidrotermal alterasyona uğramış kristal tuf .....	21
Foto 2.18 İleri derecede killeşmiş ve hidrotermal alterasyona uğramış kristal tuf .....	21

## **1. GİRİŞ**

Bir projenin fizibilite ve ilk tasarım aşamaları sırasında kaya kütlesi, gerilmeler ve hidrolojik karakteristikleri hakkında çok az detaylı bilgi bulunması durumunda kaya kütlesi sınıflama sistemlerinin kullanımı büyük yararlar sağlayabilir. En genel ifadeyle sınıflama sistemleri, ilgili bütün özelliklerin dikkate alındığından emin olmak için kullanılan bir kontrol listesidir. Diğer bir deyişle, kaya kütle sınıflama sistemleri başlangıç tahkimat gereksinimlerinin, kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özelliklerinin kestirilebilmesi amacıyla kaya kütlelerinin karakteristiğini ve bileşimini göstermek için kullanılabilir (Karakuş ve Başarır 2007).

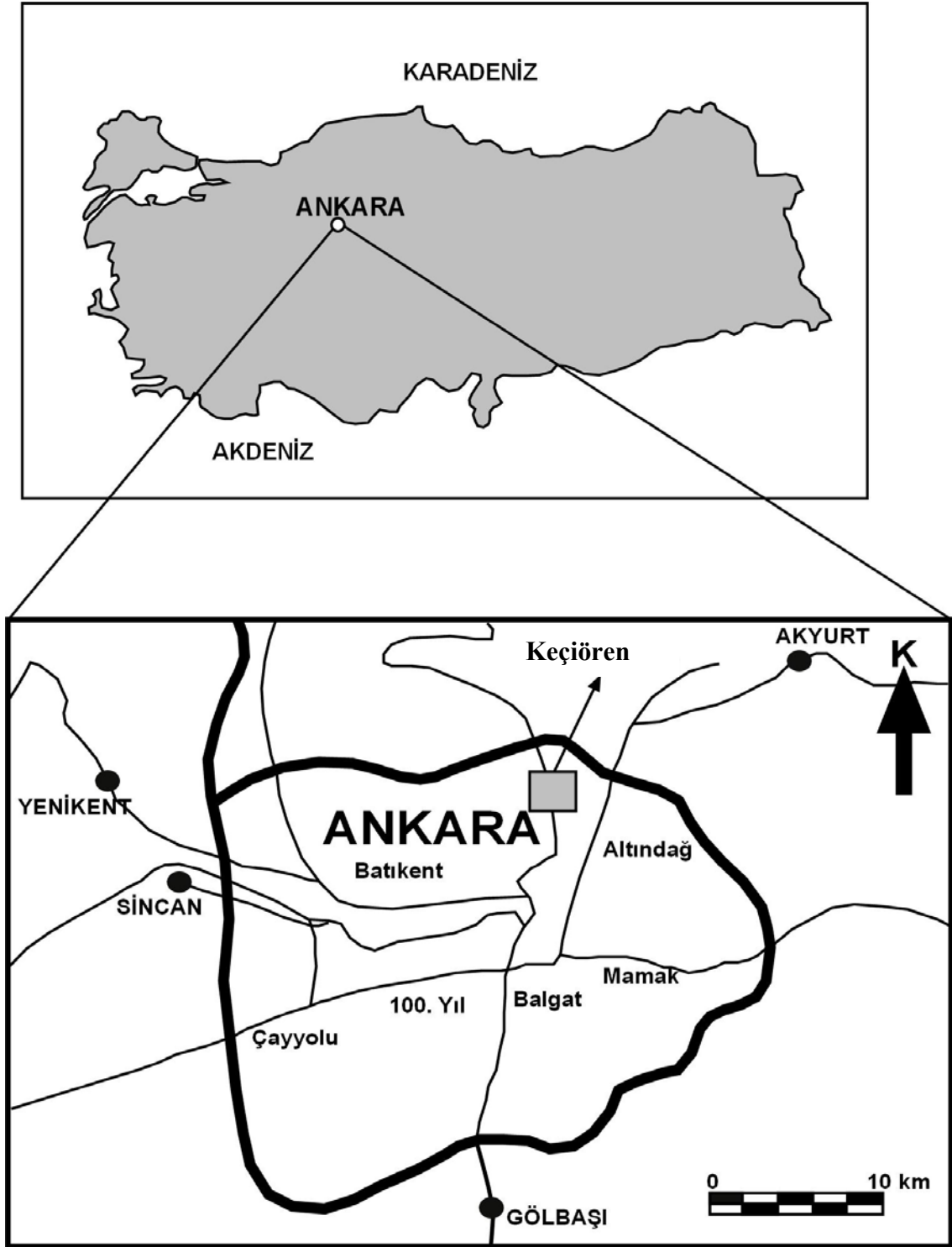
Bu tez çalışmasında, Keçiören Dutluk – Kuyubaşı arasında yer alan volkanik kayaçların jeolojisi, petrografisi, mineralojisi ve mühendislik özellikleri incelenmiştir. Kayaçların süreksizlik özellikleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar kullanılarak kütle sınıflamaları yapılmıştır.

### **1.1 Araştırmanın Amacı**

Bu çalışmanın amacı, Ankara'nın kuzey kesiminde yer alan Keçiören bölgesinde Kuyubaşı ve Dutluk arasındaki aglomera, tüf, andezit ve dasitten oluşan kaya kütlelerinin Fiziko-mekanik özelliklerini incelemek ve süreksizlik özelliklerinin değerlendirilerek kütle sınıflamalarını yapmaktır.

### **1.2 İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşımı**

İnceleme alanı, Ankara'nın kuzeyinde Keçiören ilçesi sınırları içinde yer almaktadır (Şekil 1.1). İnceleme alanı, şehir merkezinin yaklaşık 10 km kuzeyinde olup, ulaşım oldukça kolaydır.



Şekil 1.1 İnceleme alanının yerbulduru haritası

### 1.3 Çalışma Yöntemi ve Süresi

Keçiören-Tandoğan metro tünel projesi kapsamında Dutluk-Kuyubaşı güzergâhında birimlerin düşey ve yanal yöndeki dağılımını belirlemek amacıyla açılmış olan temel sondajlarından alınan kayaç örneklerinin tek eksenli basınç dayanımı, tabii birim hacim ağırlığı, elastisite modülü, poisson oranı gibi fiziko - mekanik özellikleri ilgili standartlara göre Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. tarafından belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, sahadan alınan kayaç örneklerin nokta yük dayanımı ISRM (1985)'e göre Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarında belirlenmiştir. İnceleme alanındaki birimlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi kapsamında süreksizliklere ait ölçümler ISRM (1981) esaslarına göre yapılmış, kayaçların doğrultu ve eğimlerine göre kontur diyagramları çizilmiştir. Kaya kütle puanlama sistemi olan RMR kullanılarak kayaçların kütle sınıflaması yapılmıştır.

Saha çalışmaları sırasında alınan el örneklerinin ince kesitleri Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarında yapılarak kayaçların mineralojik-petrografik özellikleri saptanmış ve kayaçlar adlandırılmıştır.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarına 2005 yılında başlanmış ve bu çalışmalar 2007 yılına kadar sürmüştür.

## 2. BÖLGENİN JEOLJİSİ

### 2.1 Önceki çalışmalar

Çalışma alanı ve civarının genel jeolojisiyle ilgili olarak bugüne kadar çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Ankara ve yakın çevresinin ilk ayrıntılı jeoloji haritası İstanbul Üniversitesi tarafından 1932 yılında basılan “Mineraloji ve Jeoloji” kitabı içinde ek olarak verilmiştir.

1942 yılında 1/800.000 ölçekli Ankara paftası hazırlanmış ve basılmıştır. 1955 yılında değişik araştırmacılar tarafından yapılan 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarından yararlanılarak 1963 yılında 1/500.000 ölçekli Ankara paftası, Türkiye Jeoloji Haritaları kapsamında Cahit Erentöz tarafından hazırlanmış ve basılmıştır. Açıklaması ancak 1975 yılında tamamlanmıştır.

Bölgenin genel jeolojisi ile ilgili ilk ayrıntılı çalışma ise, Erol (1954) tarafından yapılmıştır. Erol (1954)'den önceki çalışmaların büyük bir bölümü, gezgin jeologlar ve coğrafyacılar tarafından yapılmış olup, çoğunlukla yol boyu tanımlamaları şeklinde; diğerleri ise, değişik amaçlı ve dar kapsamlı yerel çalışmalar niteliğindedirler. Bu çalışmaların tümünden, Erol (1954)'de ayrıntılı bir biçimde söz edilmiştir. Erol (1954), Ankara ve yakın çevresinde kendisinden önce yapılmış olan tüm çalışmalarını özetledikten sonra, kendi çalışmalarına dayalı olarak, bölgenin 1:100.000 ölçekli yeni bir jeolojik haritasını yapmış ve bölgenin genel jeolojisiyle ilgili görüşlerini ortaya koymuştur. Bölgenin genel jeolojisi, daha sonra Erol (1956, 1961, 1968), Erk (1977), Dağar vd.(1963), Boccaletti *et al.* (1966), Yüksel (1970), Norman (1972, 1973), Çalgın vd. (1973), Çapan ve Buket (1975), Sirel (1975), Gökçen (1976), Ünalın vd. (1976), Batman (1977) tarafından çalışılmış; bölgenin, değişik ölçekli haritaları yapılmıştır. Erentöz (1975) ise, 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeolojisi Haritası'nın Ankara paftasına ilişkin derlemesinde, bölgenin genel jeolojisini sistematik bir biçimde ortaya koymuştur. Tüm bu çalışmaların ortak sonuçlarına göre, Ankara ve yakın çevresi, Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimlerden oluşmuştur. Bu zamanların bazı alt devirleri arasında uyumsuzluklar vardır. Bölgede, Paleozoyik'te metamorfikler; Mesozoyik ve

Senozoyik'te, farklı özellikteki sedimanter kayaçlar; Tersiyer 'de bir volkanizma; Üst Pliyosen'de akarsu ve göl çökelleri oluşmuştur. Kuvaterner ise, çakıl-kum-silt-kil içeren alüvyonlar ile temsil edilir. Kuvaterner'de etkin bir aşınma söz konusudur. Bölgede, Hersiniyen dağ oluşumu ile Alpin dağ oluşumunun etkileri görülür. Son olarak, Akyürek vd. (1979), Ankara kuzeyindeki Hacılar bölgesinde denizel Alt Triyas'ın varlığına işaret etmiştir.

Ankara ve yakın çevresinin ilk mühendislik jeolojisi çalışmaları daha çok saha gözlemlerine dayanmaktadır. Birand (1963) yaptığı çalışmalarda genellikle, "Ankara kili"nin indeks ve jeomekanik özellikleri üzerinde çalışmış, bu özelliklerin birbirleri ile olan ilişkileri araştırmıştır. Bu çalışmaların ortak sonuçlarına göre de, "Ankara kili" plastisitesi oldukça yüksek, hacimsel değişmelere karşı aktif, şişme özelliği gösteren, dondan genel olarak etkilenmeyen, heyelan olasılığı bulunan bir malzeme olarak tanımlanmaktadır.

Ulusay (1975), Kiper (1983), Karacan (1984), Keskin (1993), Nurlu (1996), Kumtepe (1996), Ertürk (1997), Ercanoğlu (1997) da, Ankara kenti kayaç ve toprak zeminlerinin jeomekanik özellikleri, konsolidasyon özellikleri, kırık ve çatlak sistemleri, bozunma derecesi ve şev duraylılığı gibi mühendislik özellikleri ve davranışlarını araştırmışlardır.

Ayrıca Ankara kilinde şev duyarlılığı etütleri ve potansiyel risk alanlarının görüntü işleme teknikleri ile araştırılması (Aksoy ve Gökçeoğlu 1993); Ankara aglomeralarının petrografik bileşimlerinden tek eksenli sıkışma dayanımlarının öngörülmesi (Gökçeoğlu *et al.* 1998); Altındağ andezitlerinde süreksizlik denetimli olması eğim yenilmesi risk haritaları (Gökçeoğlu *et al.* 2000); Ankara kenti zeminlerinin jeoteknik özellikleri ve depremselliği (Kasapoğlu 2000) gibi çalışmalar, Ankara kenti zeminlerinin jeo-mühendislik özelliklerinin bilinmesine katkılar sağlamıştır.

Son olarak, İç Anadolu'daki (Ankara) dasitlerde yapılan bir çalışmada bu kayaç türünün fiziko - mekanik özellikleri belirlenmiştir (Özsan and Karpuz 2001). Ayrışmış Ankara andezitlerinin arazi karakteristikleri diğer bir çalışmada araştırılmıştır (Karpuz and Paşamehmetoğlu 1997).

## **2.2 Bölgesel Jeoloji**

Ankara kenti ve yakın çevresinde gözlenen başlıca formasyonlar; Dikmen Formasyonu, Alacaatlı Formasyonu, Hançili Formasyonu, Volkanik Seri, Akhöyük Formasyonu, Etimesgut Formasyonu ve Alüvyondur.

### **2.2.1 Dikmen Formasyonu**

Şistler ve grovaklardan oluşan ve genellikle temeli teşkil ettiği söylenebilecek olan bu formasyonun üyeleri, alttan yukarı doğru, şist ve grovaklar olmak üzere önce iki ana gruba, sonra bunlarda kendi aralarında ikişer üyeye ayrılabilir. Genellikle söylenirse, bu üyeler şiddetli tektonik etkilere maruz kalmış veya bloklar ya da matris halinde, daha genç Elmadağ karışığı içine karışmıştır. Bununla birlikte genellikle daha derinlerde yer alan ve nisbi olarak daha fazla metamorfizma arz eden Kepeklidere şist ve Alimpınar kumtaşı şeyl üyelerinin daha az disloke, yukarı seviyelerde yer alan ve daha az metamorfizma gösteren İncesu grovak ve Karadere kumtaşı grovak üyelerinin ise daha çok disloke olduğu ve karıştığı (melanjlaştığı) söylenebilir. Kepeklidere şist ve Alimpınar kumtaşı şeyl üyeleri açık kahve pembe-gri ve yeşilimsi renklerdedir. Tabaka kalınlıkları tane boylarına bağlı olarak 2-15 cm arasında değişmektedir. Çimento maddesi çoğu kez kalsit olup bazen silistir. İstif killi ve kumlu birimlerin aralanması şeklindedir. İncesu grovak ve Karadere kumtaşı grovak üyelerinin renkleri kahverengi-gri, yeşilimsi, mavimsi ve koyu gri arasında değişmektedir. Tabakalanma çoğu kez belirgin değildir. Litolojik olarak kumtaşı, çakıtaşı ve kıltaşlarından oluşmuşlardır. Dikmen Formasyonu Karbonifer-Triyas yaşlı olarak tanımlanmaktadır (Erol vd. 1980).

### **2.2.2 Alacaatlı Formasyonu**

Üst Jura-Orta Kretase yaşlı olarak tanımlanan Alacaatlı Formasyonu Alacaatlı ve Balıkuyumcu köyleri ile güneyindeki Dereköy ve Deveci köyleri civarında geniş olarak yüzeylenirler. Orta-Üst Liyas çökellerinin üzerine açısız uyumsuzlukla gelirler. Litolojik olarak istifin tümüne yakın bölümünü killi kireçtaşları ve marnlar oluştururlar. Arada yer yer çakıllı ve kumlu seviyeleri de görmek olasıdır. Formasyon doğusunda

çakıllı bir seviye ile Liyas çökelleri üzerine aşıl uyumsuzlukla gelir. Çakıltaşları gri renkli olup, orta-kalın tabakalıdır. Alt kısımlarda çakıltaşları hakim kaya türü iken üste doğru kumtaşlarına geçerler. Yaklaşık 80 m kalınlık gösterirler. İstif gri renkli ammonitli killi kireçtaşı, marnlarla devam edip, bej-krem renkli belirgin tabakalı çört yumrulu kireçtaşı ile devam eder. En üstte gri-kahve renkli ince kumlu oolitik kireçtaşları gözlenir (Erol vd. 1980).

### **2.2.3 Hançili Formasyonu**

Birim; killi kireçtaşı, marn, silttaşı, kumtaşı, konglomera ve tüfit arıalanmasından oluşmaktadır ve yer yer jips, bitumlu şeyl içerir. Bu arıalanma da yerel olarak bazı kaya türleri egemen duruma geçmektedir. Ayrıca birim içinde andezit silleri gözlenmiştir. Killi kireçtaşı ve marnlar, beyaz, sarımsı beyaz renklere, ortaç tutturulmuş ince ve orta tabakalı ve silttaşı-kumtaşı ile arıalanmalıdır. Silttaşları gri renkli, az tutturulmuş ince tabakalı ve laminalıdır. Konglomera ve kumtaşları sarımsı, boz renkli, az tutturulmuş ve tabakalanması belirsizdir. Formasyon Serravaliyen-Tortoniyen yaşlı olarak tanımlanmaktadır. Hançili formasyonu, kenarlarında alüvyon yelpazelerinin geliştiği karasal bir havzadaki ırnak ve gölde çökelmiştir. Göl ortamı akarsu ortamına göre daha egemen olmuş ve havza giderek tümüyle göl karakterine geçmiştir. Gölde çökelim devam ederken, bölgede etkinliğini sürdüren volkanizmanın ürünlerinden tüfitler çökelime katılmış, andezitler ise siller halinde çökellerin arasına girmiştir (Akyürek vd. 1980).

### **2.2.4 Akhöyük Formasyonu**

Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı olarak tanımlanan Akhöyük Formasyonu; Ankara batı ve kuzeybatısında Macun-Yuva arasında, Susuz ve batısında, Sincan güneyinde, Peçenek köyü civarında geniş sahada yüzlekler vermektedir. Yeşilimsi beyaz renkli çakıltaşı-kumtaşı arakatkılı yeşil kil marn-göl kireçtaşı tüfitlerinden oluşmuşlardır. İvedik, Çatal Tepe ve Zeyrek Sırtı olmak üzere üç üyeye ayrılmıştır. İvedik üyesi; Akhöyük formasyonunun Çoban tepe formasyonu üzerine belirgin olmayan bir aşıl uyumsuzlukla gelen ilk üyesidir. Kızılımsı kahverengindedir. İvedik yöresinde

akarsularla taşınmış binimli yapı gösteren çakıllı bir üyedir. Çatal Tepe üyesi beyaz-yeşil marnlardan oluşmaktadır. Tüf-tüfit kökenli olan bu üye üst seviyelere doğru gölsel kireçtaşlarına geçmektedir. Arada jips kristallerine de rastlanır. Zeyrek Sırtı üyesi beyaz-yeşil marnların üst seviyelerini oluşturmaktadır. Silisleşmiş kalkerler, marnlardan oluşmaktadır (Erol vd. 1980).

### **2.2.5 Etimesgut Formasyonu**

Pliyosen ortalarındaki tektonik olaylar, bölgedeki göl dönemini sona erdirmiş ve bu göl formasyonları üzerinde diskordansla oturan kil ve kil-kum-çakıllardan oluşan bir akarsu, akarsu-göl formasyonu oluşmuştur. Bölgedeki ovaları hemen hemen tümüyle dolduran kırmızımsı pembe renkli bu formasyonun bir kil üyesi son yıllarda “Ankara Kili” olarak tanınmaktadır. Ancak “Ankara Melanjı” adı ile karışmayı önlemek amacı ile bu formasyona, yine tipik yerlerden biri olduğu için Etimesgut Formasyonu adı verilmiştir. Bu formasyonun, olasılıkla Orta Pliyosen yaşlı sarı renkli alt kil-çakıl üyesine Macun Kili, üstte Ankara civarındaki kırmızımsı kil üyesine (Eski Ankara Kili) Balgat Kili ve Etimesgut güneyindeki killi çakıllara da Elvanköy kum ve çakılları adı verilmiştir. Aslında bu üç üyenin birbirlerine dikey ve yatay geçişleri her yerde kesinlikle gözlenip hazırlanamaz. Ancak aralarındaki sınır her yerde kesinlikle çizilemese de bu üyeleri birbirinden ayırmak mümkündür. Etimesgut Formasyonu, Orta Pliyosen-Villafransıyen yaşlı olarak tanımlanmaktadır(Erol vd. 1980) .

Volkanik seriyi oluşturan “Tekke Volkanik Serisi” ve alüvyondan, Bölüm 2.3 “İnceleme Alanının Jeolojisi” kısmında bahsedildiği için bu bölümde açıklanmamışlardır.

### **2.3 İnceleme Alanının Jeolojisi**

İnceleme alanını oluşturan Dutluk-Kuyubaşı arasındaki litolojik birimler Tekke Volkanik Serisine ait andezit, dasit, aglomera, tüf ve alüvyondan oluşur (Şekil 2.1). Bu birimler yüzeyde yapay dolgu ile örtülüdür.

### **2.3.1 Tekke volkanik serisi**

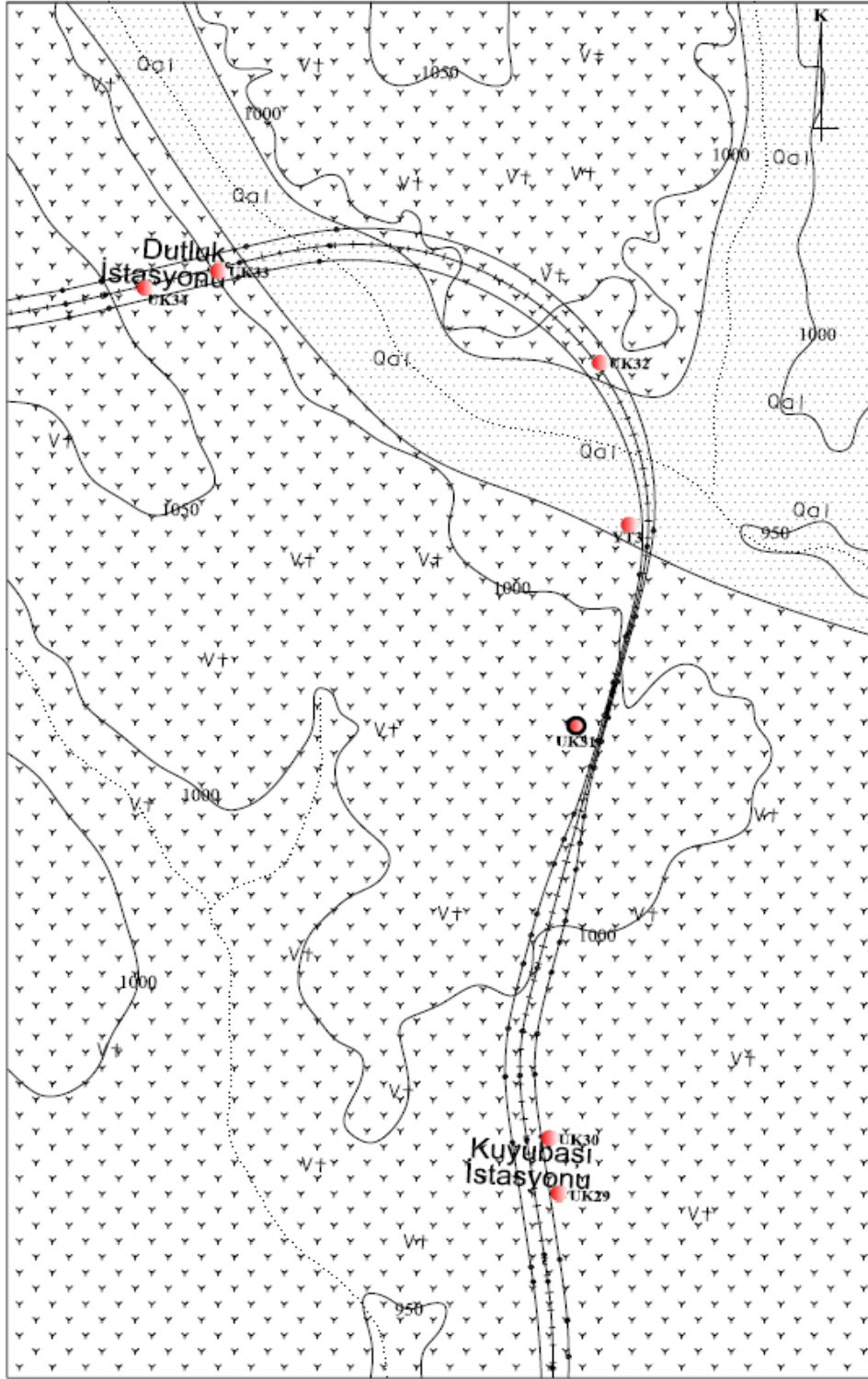
Tekke volkanik serisi andezit, dasit, tuf ve aglomeradan oluşmaktadır. Aglomeralar beyaz, gri, kırmızı renkli, tuf ile tutturulmuş değişik boyutlarda andezit, dasit, bazalt çakıllarından oluşur. Bazı kesimlerde belirgin tabakalanma gözlenir. Aglomera birimi içinde sil şeklinde andezit ve değişik renklerde ince katmanlı tüfler izlenir. Andezit kaya birimi ise genellikle kırmızı, pembe, boz ve siyah renklidir. Andezitlerde akma izleri sıkça gözlenir. Dasit kaya birimi ise grimsi-beyaz renklindedir. Tüfler; gri ve beyaz renklerde olup çoğunlukla andezit ve aglomeralar arasında düzeyler halinde görülür. Tüfler çok ince taneli olup aralarında andezit parçaları içerir. Değişik evrelerde oluşmuş bulunan birim Üst Miyosen yaşlı olarak kabul edilmiştir. Birim, bölgede Miyosen zaman aralığında karasal koşulların sürdüğü sırada oluşan volkanizmanın ürünleridir. Tip yeri Tekke dağıdır (Akyürek vd. 1982).

### **2.3.2 Alüvyon**





Ankara çevresindeki güncel vadi tabanları ve düzlükler Kuvaterner yaşlı alüvyonlarla örtülüdür. İnceleme alanındaki alüvyal çökeller genel olarak yeşilimsi gri – kahverengi, orta – yüksek plastisiteli, orta katı – çok katı kumlu siltli kil, killi kum, killi kumlu çakıl mercek ve seviyelerinin karışımından oluşmaktadır. Yüzeyde yapay dolgu ile birlikte volkanik kayaların üzerinde yer almaktadır (Anonim 2003).

### **2.3.3 Yapay dolgu**

Güzergâhı örten yapay dolgu çevre kazılarından çıkan hafriyat malzemesi ve yol dolgusundan oluşmaktadır.



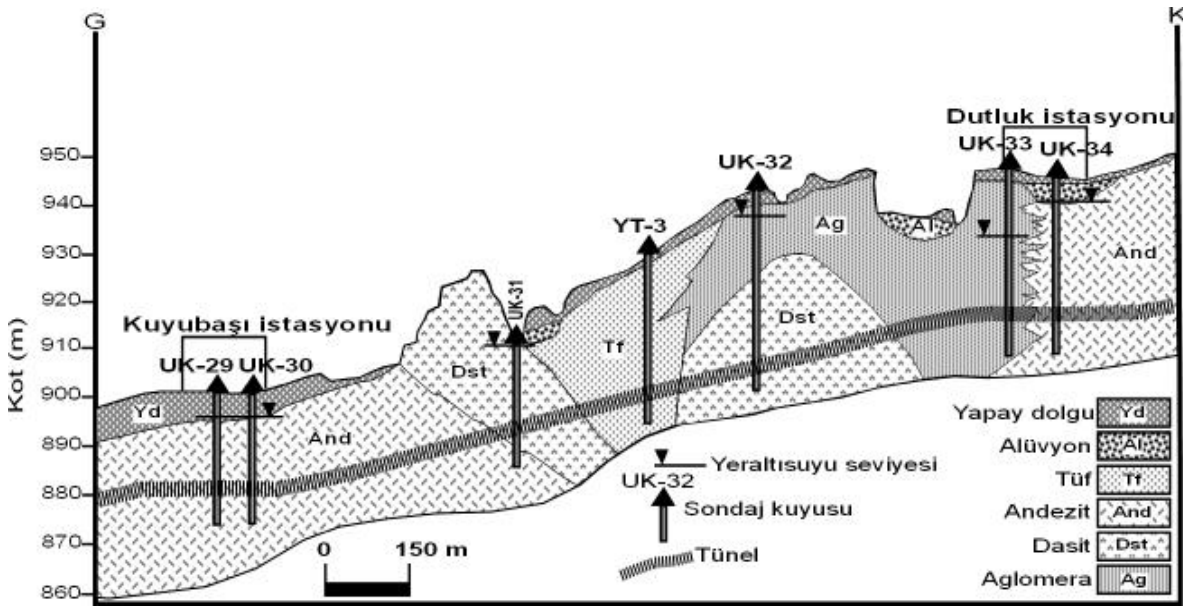
**LEJANT**

-  Alüvyon (Kuvaterner)
-  Volkanik Seri : Andezit , Tüf , Aglomera , Dasit (Miyosen)
-  Güzergah
-  Dere

0 40 80 120m

Şekil 2.1 İnceleme alanının jeolojisi haritası

İnceleme alanında, yapımı Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü tarafından planlanan Tandoğan - Keçiören metro hattının bir bölümünü oluşturan Dutluk-Kuyubaşı arasındaki metro tüneli tuf, andezit, dasit ve aglomeradan oluşan Tekke volkanik kayalar içerisinde açılmaktadır. Bu volkanik kayaların bazıları yapay dolgu ile örtülmüştür. Güzergâhta açılan sondajlardan faydalanılarak Dutluk-Kuyubaşı arasındaki jeolojik kesiti çizilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Keçiören metrosu Kuyubaşı ve Dutluk istasyonları arası jeolojik kesiti (Yüksel Proje 2003 raporundan faydalanılarak çizilmiştir.)

#### 2.4 İnceleme Sahasındaki Volkanik Kayaların Mineralojik ve Petrografik Özellikleri

Arazi çalışmaları esnasında, volkanik kayaların mineralojisi ve petrografisinin belirlenmesi amacıyla inceleme alanından alınan el örneklerinin ince kesitleri Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarında yapılmıştır. İnce kesitlerin petrografik incelemeleri ve kayaç adlandırmaları yapılmıştır. İnce kesit incelemeleri ve fotoğraflandırılmaları Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Petrografi Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında yapılmıştır.

Tünel inşaatı devam ederken inceleme alanından andezit, dasit ve tüf birimlerinden el örnekleri alınabilmiş ve petrografik özelliklerini ortaya koymak amacıyla ince kesitleri yapıp incelenmiştir. Aglomeradan ise örnek alınamamıştır.

Andezitler, hiyalopilitik porfirik dokulu olup plajiyoklaz, amfibol, biyotit ana bileşenini temsil etmektedir. Plajiyoklas genel olarak oligoklaz ve andezin bileşimine sahiptir (Foto 2.1-2.4). Amfiboller yer yer opasitleşme göstermektedir (Foto 2.5). Biyotitler kıvılcık kahve renginde olup önemli ölçüde opaklaşmıştır (Foto 2.6). Kayaçtaki hamur, volkan camı, mikrolit ve kristalitlerden ibarettir (Foto 2.7-2.8).

Dasitler, genel olarak porfiro afanitik dokulu, pembe renkli, yer yer gri bantlar içermektedir. Mikroskop altında hiyalopilitik dokulu olup başlıca oligoklaz, opasitleşmiş amfibol, biyotit ve yer yer kuvars içermektedir (Foto 2.9-2.12). Kuvarsların kristalleşmesi sırasında magma tarafından etkilenecek magma korozyon etkisi göstermektedir. Bu korozyon neticesinde kuvarslar körfez dokusu göstermektedir (Foto 2.13). Plajiyoklazlar genelde oligoklaz bileşiminde olup yer yer dentrik doku göstermektedir (Foto 2.14). Biyotitlerin bir kısmı opasitleşmiş ve opaklaşmış olarak kayaçta yer almaktadır (Foto 2.15). Volkan camının önemli bir bölümü devitrifikasyon sonucu killeşmiştir (Foto 2.16).

Tüflerin ise ileri derecede killeşmiş ve hidrotermal alterasyona uğramış kristal tüf olduğu gözlenmektedir (Foto 2.17-2.18).

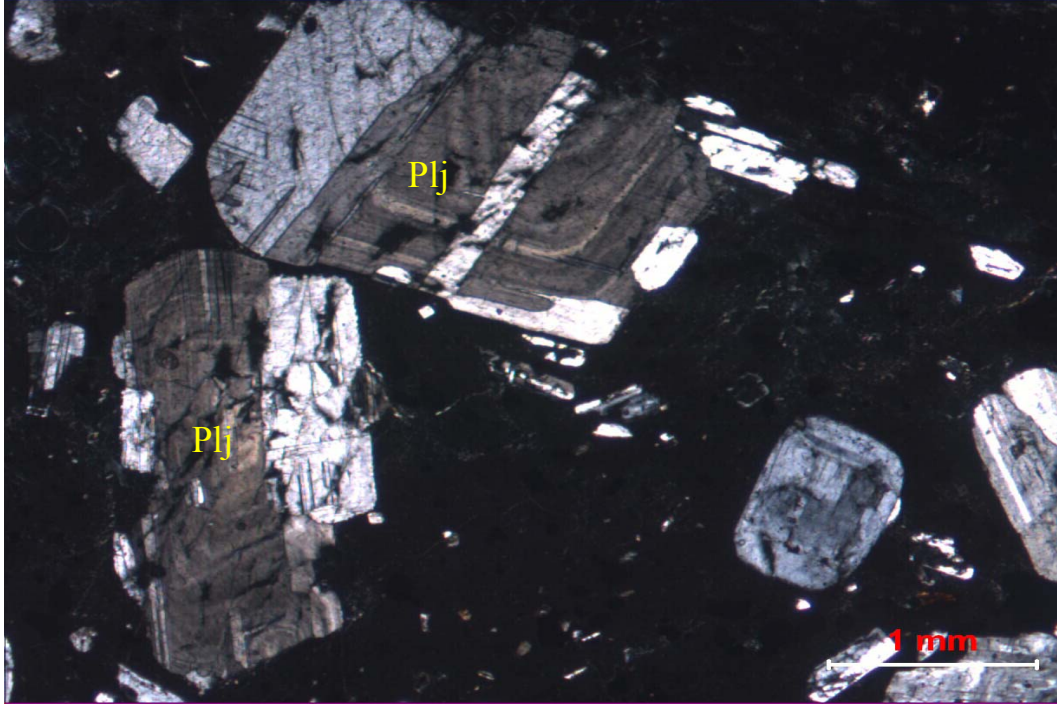


Foto 2.1 Hiyalopilitik porfirik dokulu andezit içindeki plajiyoklazların mikrofotografı (Plj: Plajiyoklas)

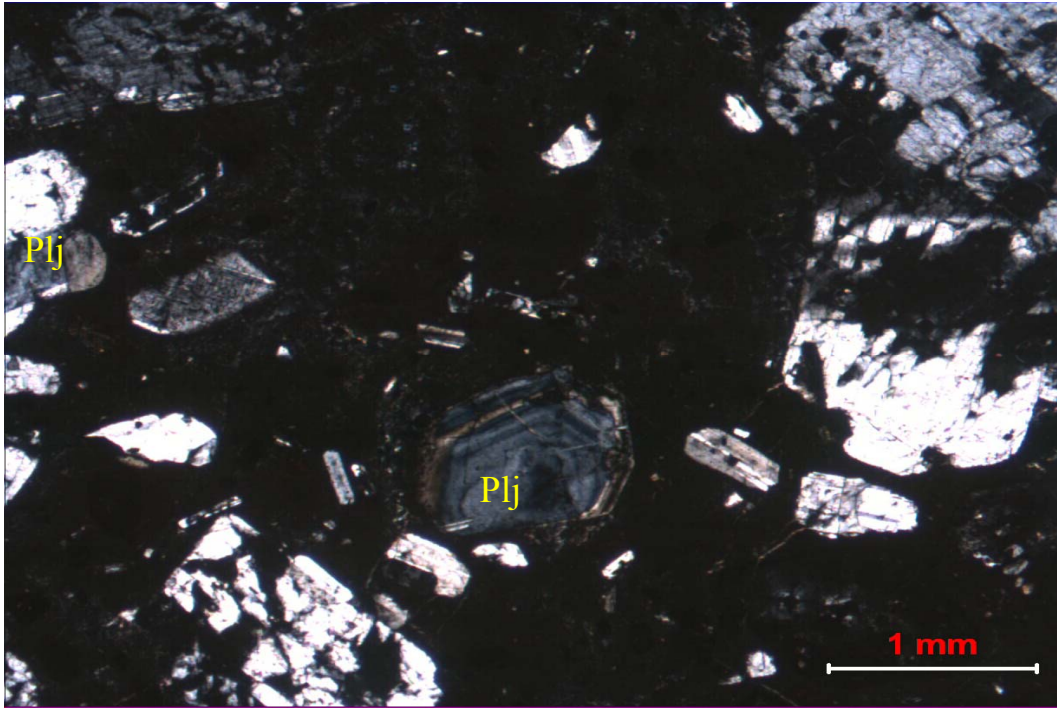


Foto 2.2 Oligoklaz ve andezin bileşimine sahip zonlanma ve ikizlenme gösteren plajiyoklaz içeren andezitin mikrofotografı (Plj: Plajiyoklas)

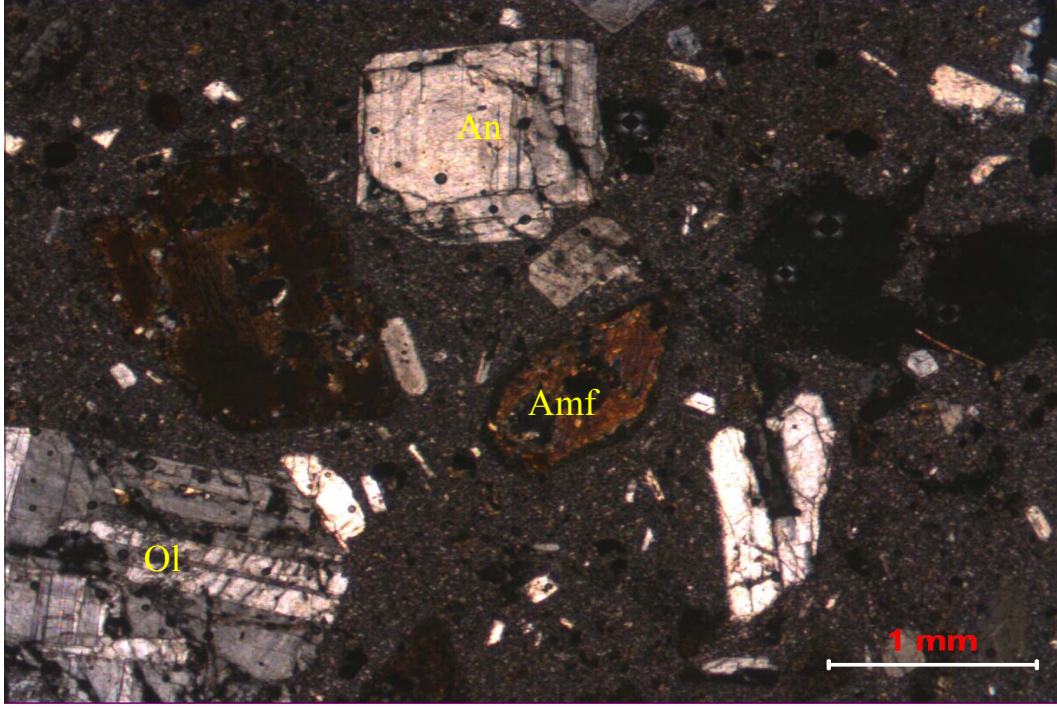


Foto 2.3 Oligoklaz ve andezinden oluşan plajiyoklaz içeren andezitin mikrofotografı  
(Ol: Oligoklaz, An: Andezin, Amf: Amfibol)

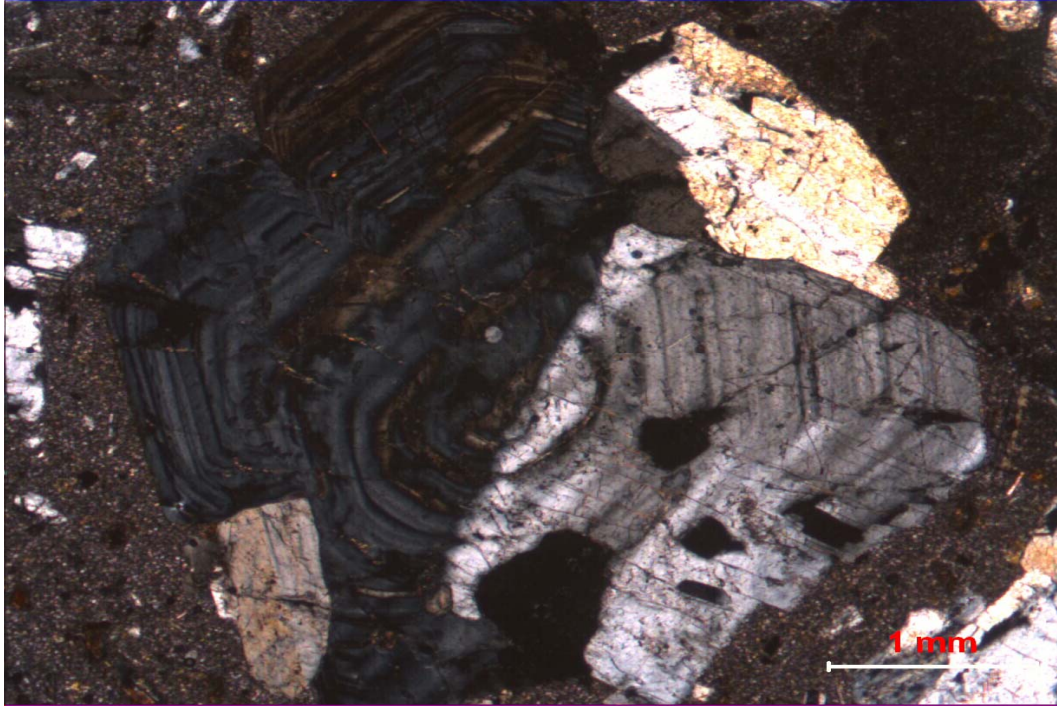


Foto 2.4 Zonlu plajiyoklaz içeren andezitin mikrofotografı

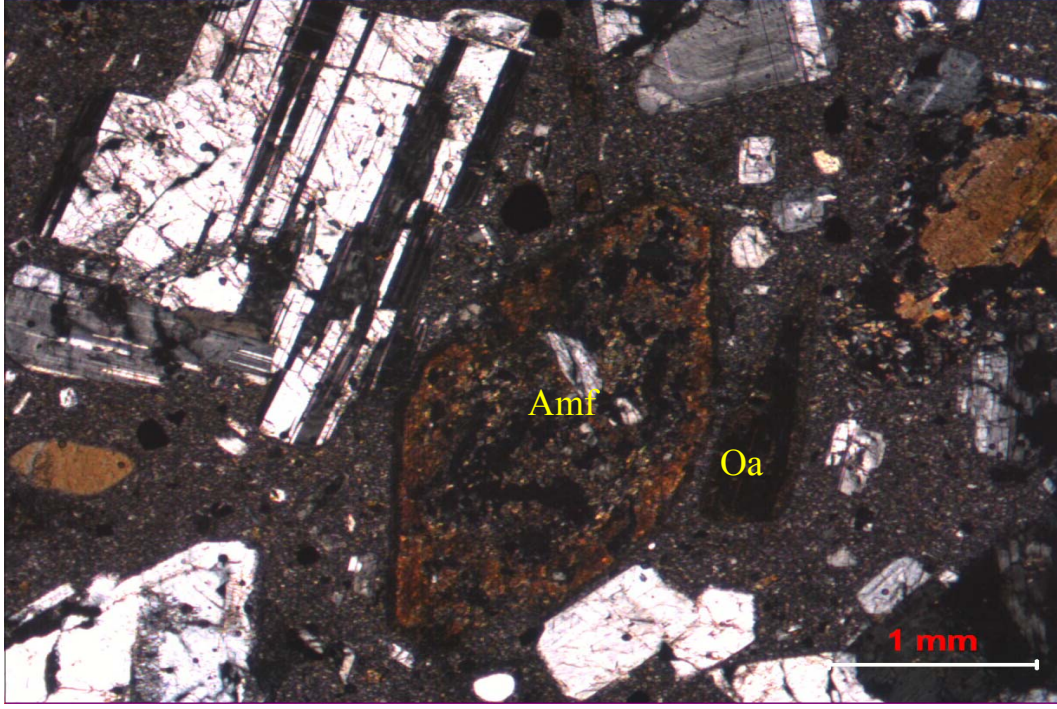


Foto 2.5 Yer yer opasitleşme gösteren amfibol içeren andezitin mikrofotografı  
(Amf: Amfibol, Oa: Opasitleşmiş amfibol)

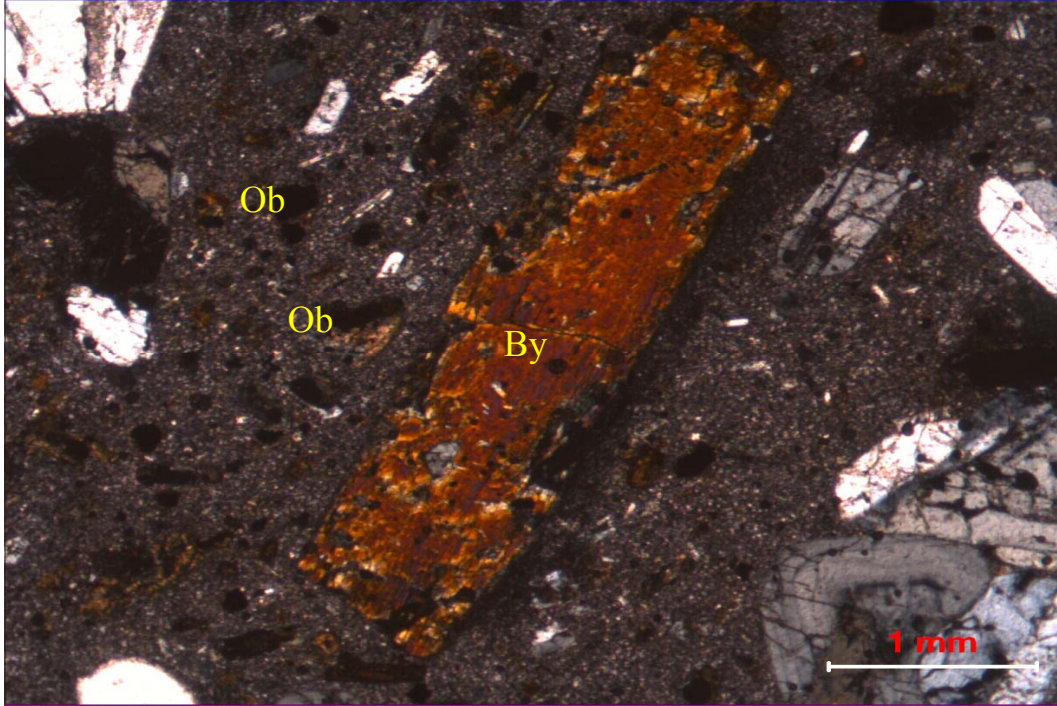


Foto 2.6 Yer yer opaklaşmış kıvıllı kahve renginde biyotit içeren andezitin mikrofotografı  
(By: Biyotit, Ob: Opaklaşmış biyotit)

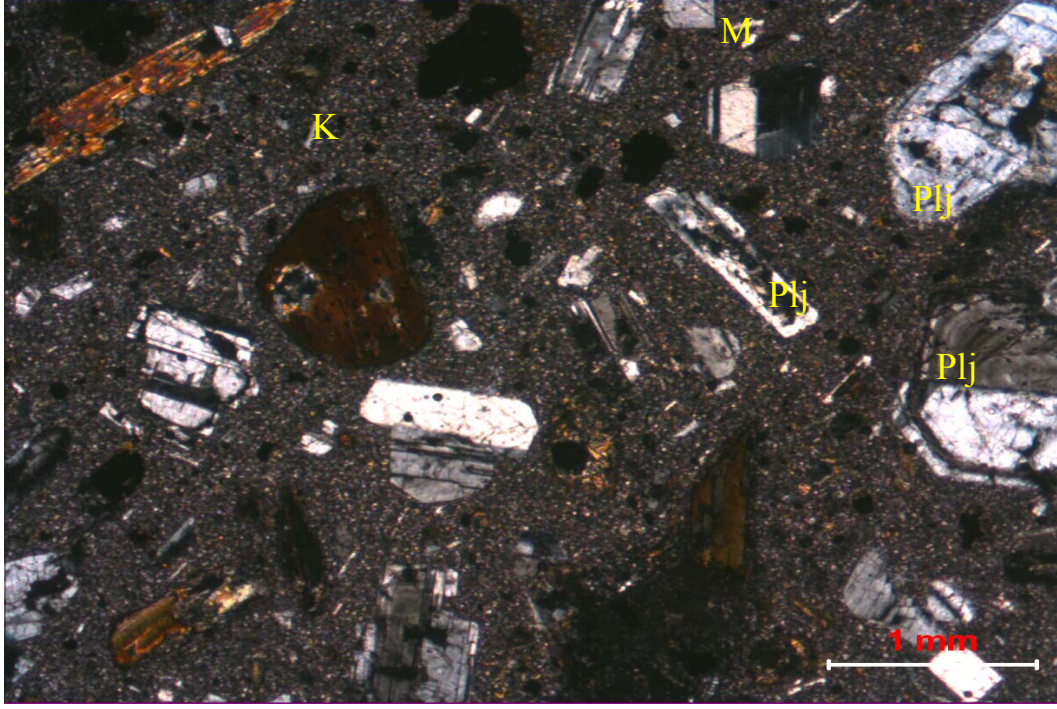


Foto 2.7 Genel olarak mikrolit, kristalit ve kısmen volkan camı içeren kayaç hamurunun mikrofotografı (M: Mikrolit, K: Kristalit, Plj: Plajiyoklas fenokristali)

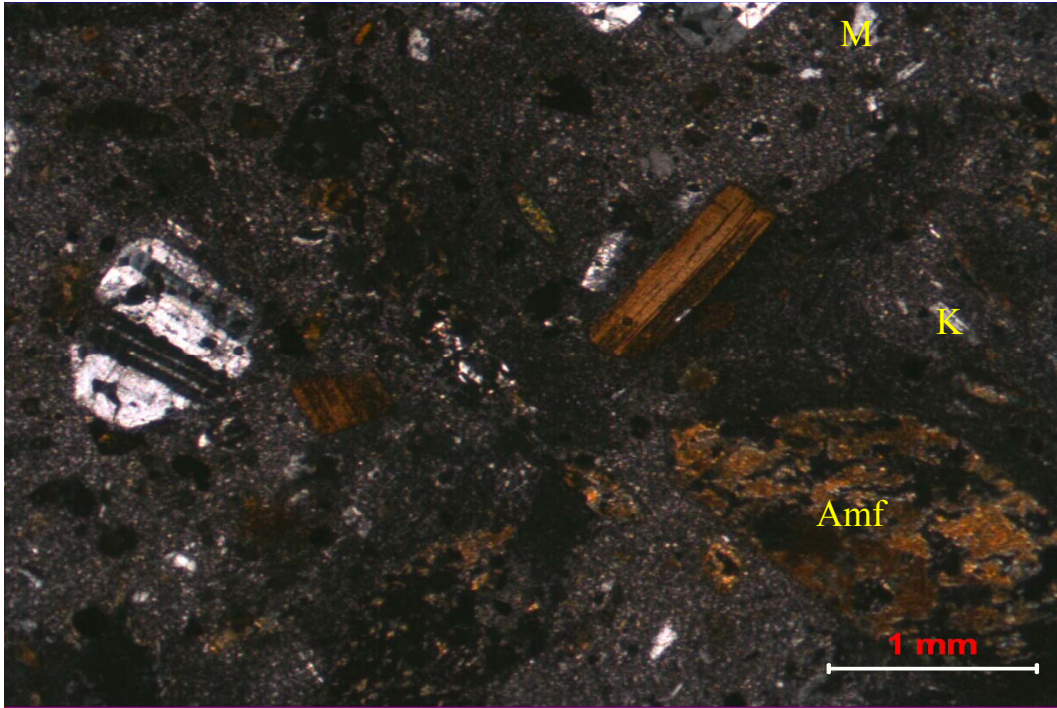


Foto 2.8 Genel olarak mikrolit, kristalit ve kısmen volkan camı içeren kayaç hamurunun mikrofotografı (M: Mikrolit, K: Kristalit, Amf: Amfibol)

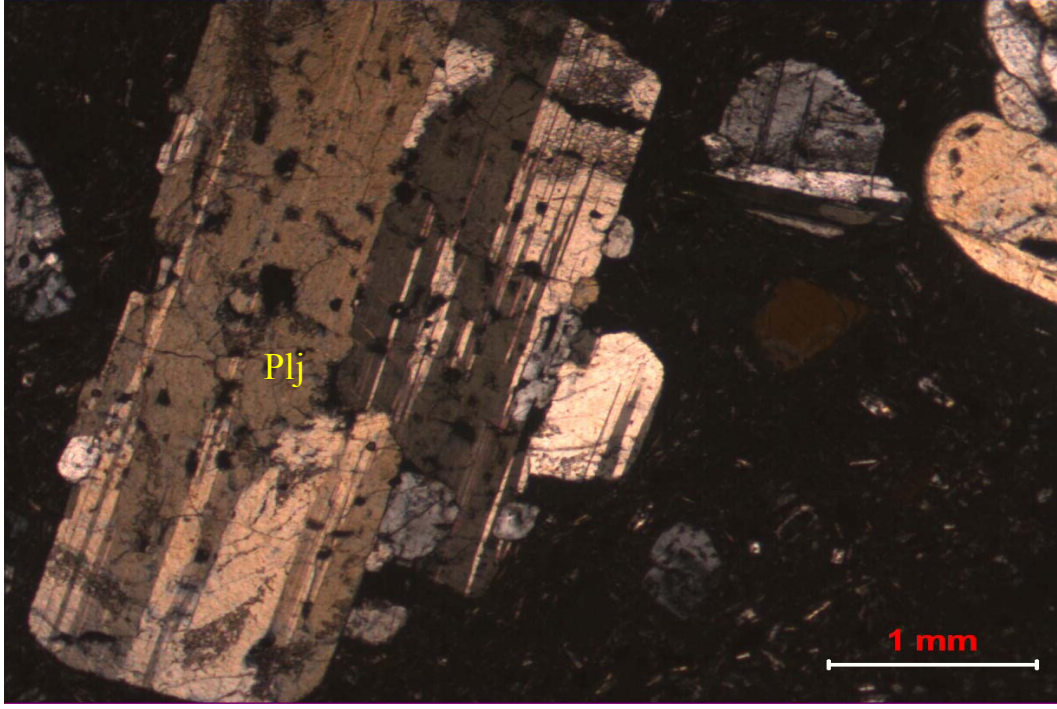


Foto 2.9 Hiyalopilitik dokulu kum plajiyoklazdan oluşan dasitin mikrofotografı (Plj: Plajiyoklas)

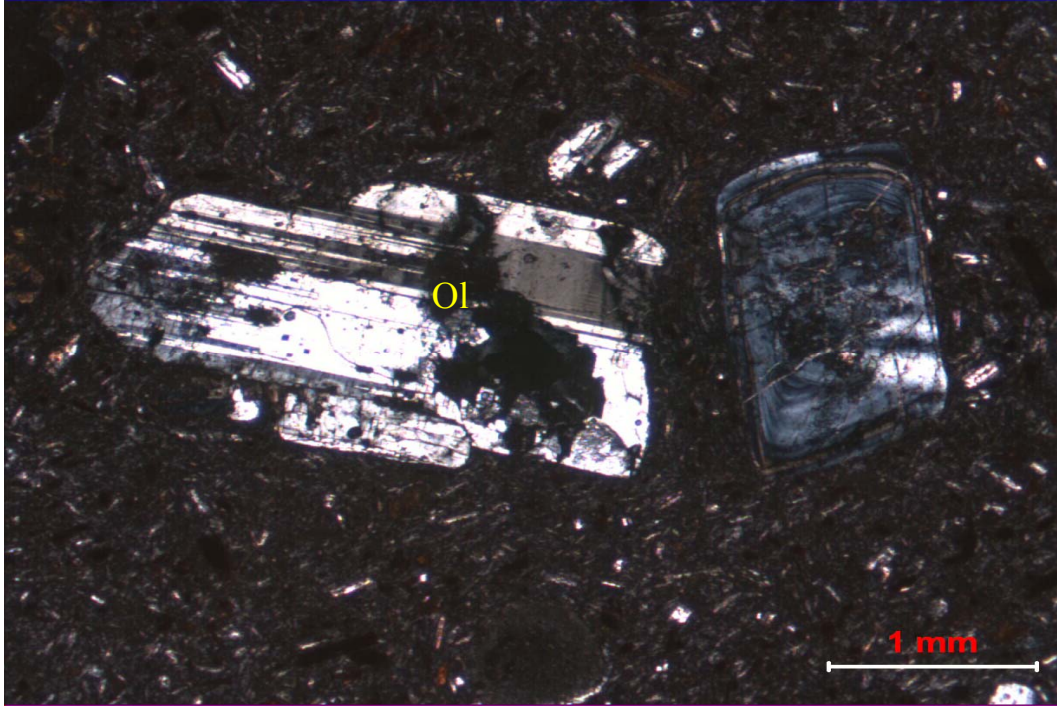


Foto 2.10 Hiyalopilitik dokulu zonlanma gösteren oligoklaz içeren dasitin mikrofotografı (Ol: Oligoklaz)

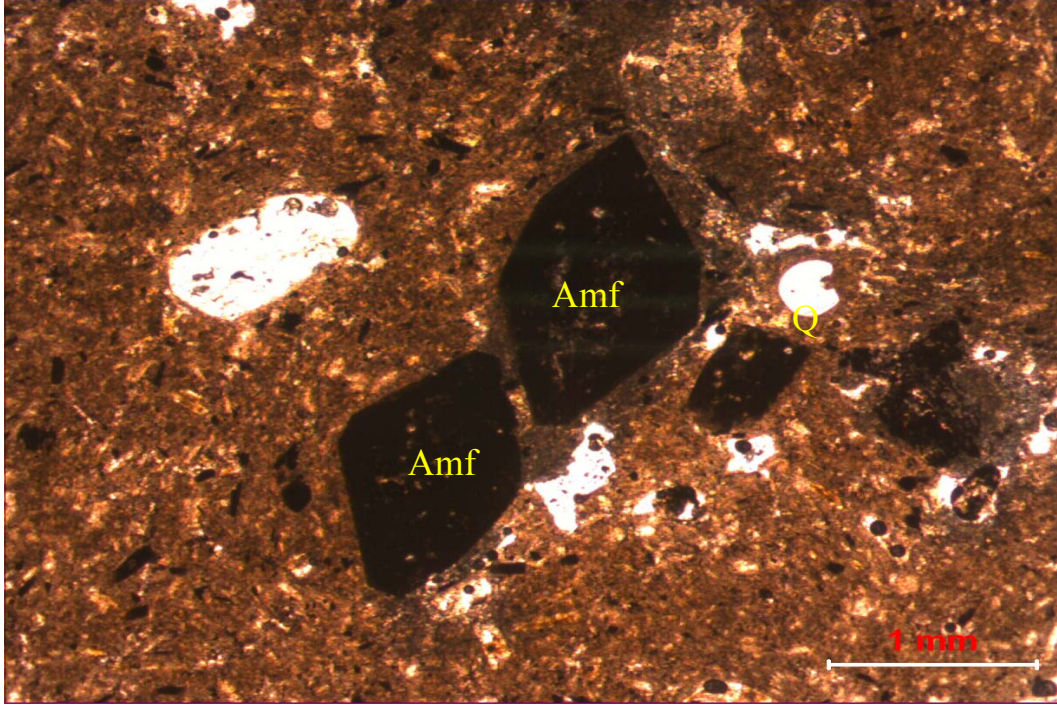


Foto 2.11 Hiyalopilitik dokulu, opasitleşmiş amfibol ve körfez dokusu gösteren kuvars içeren dasitin mikrofotografı (1.nikol) (Amf: Amfibol, Q: Kuvars)

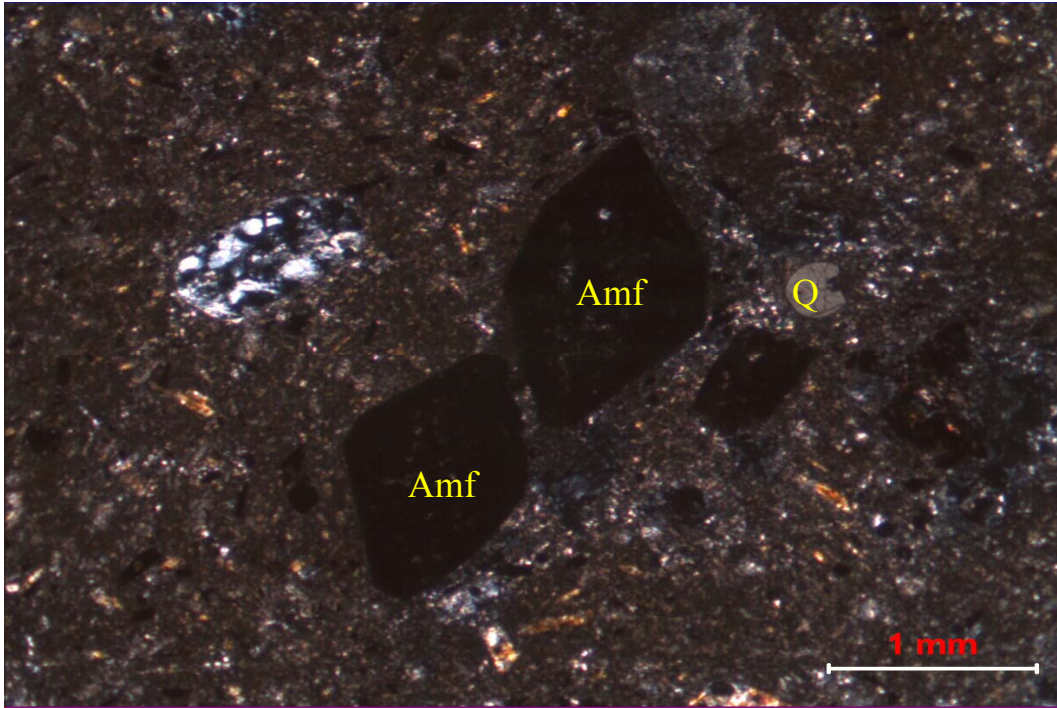


Foto 2.12 Hiyalopilitik dokulu, opasitleşmiş amfibol ve körfez dokusu gösteren kuvars içeren dasitin mikrofotografı (2.nikol) (Amf: Amfibol, Q: Kuvars)



Foto 2.13 Magma korozyonu neticesinde körfez dokusu gösteren kuvars içeren dasitin mikrofotografı (Q: Kuvars)

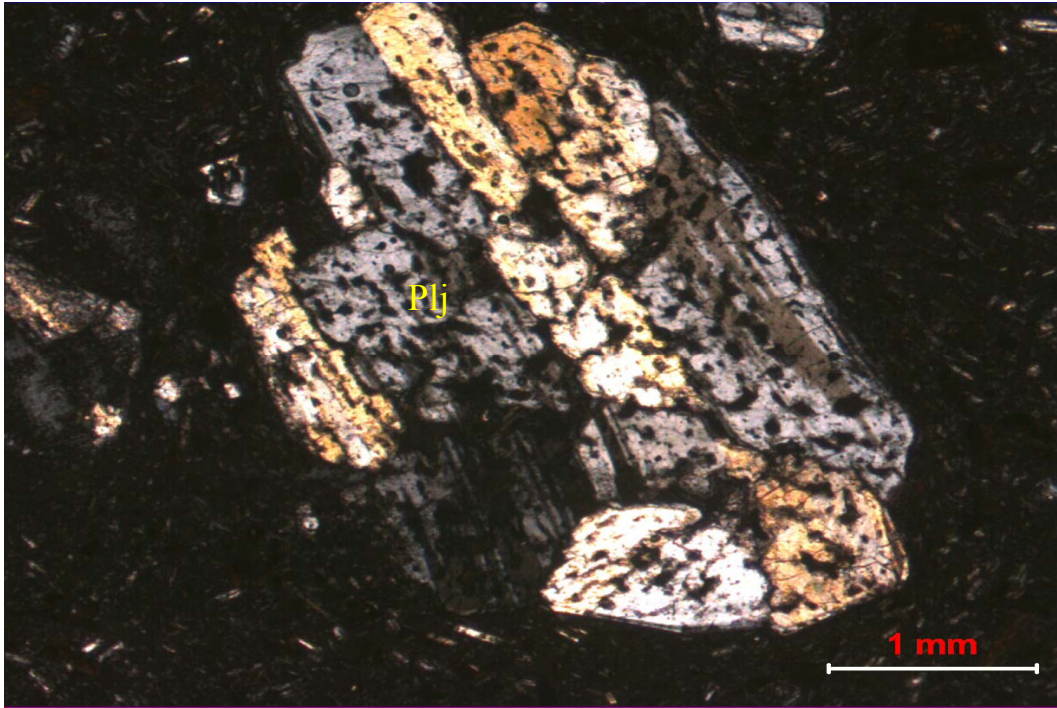


Foto 2.14 Genelde oligoklaz bileşiminde olup yer yer dentrik doku gösteren plajiyoklaz içeren dasitin mikrofotografı (Plj: Plajiyoklas)

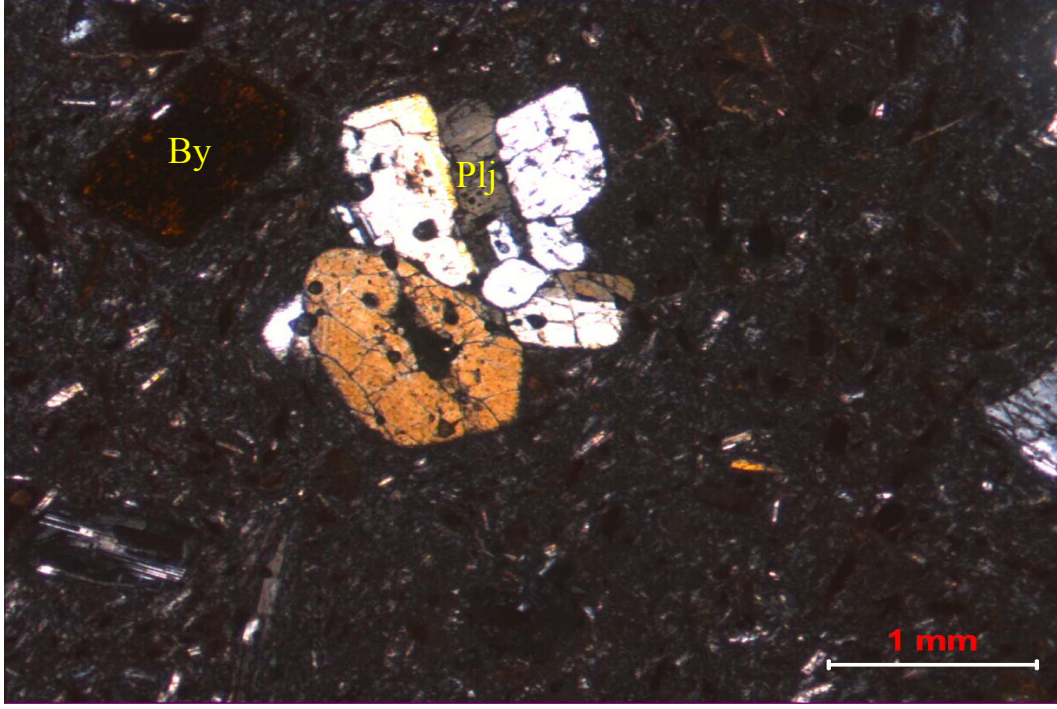


Foto 2.15 Plajiyoklas ve opasitleşmiş, opaklaşmış biyotit içeren dasitin mikrofotografı  
(Plj: Plajiyoklas, By: Biyotit)

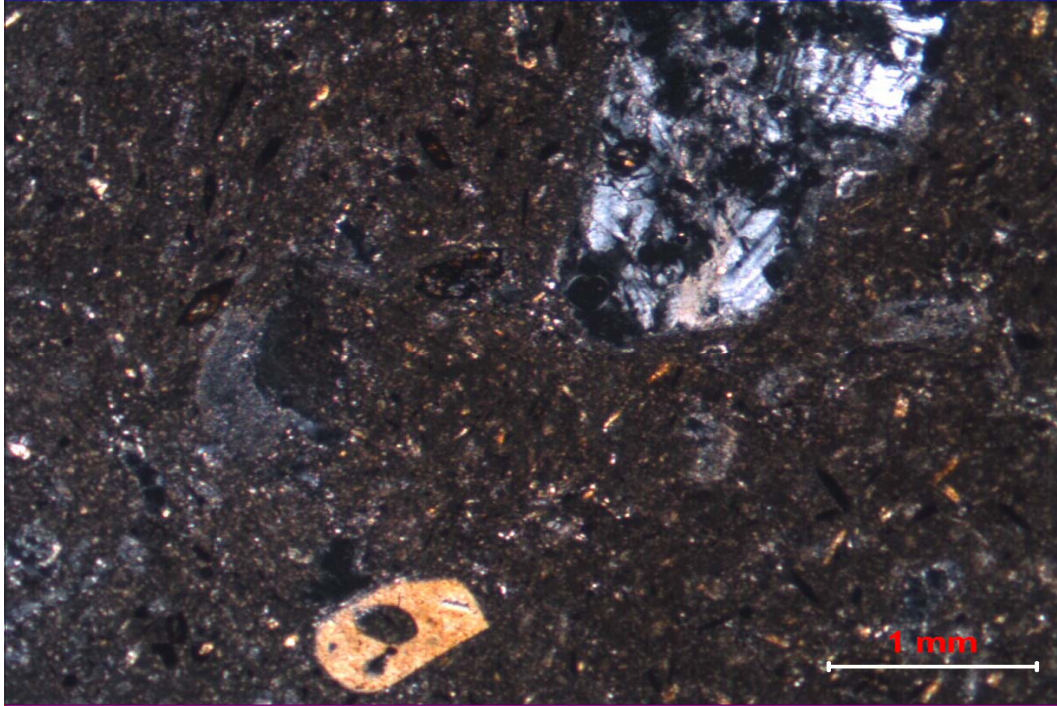


Foto 2.16 Devitrifikasyon sonucu killeşen volkan camının mikrofotografı

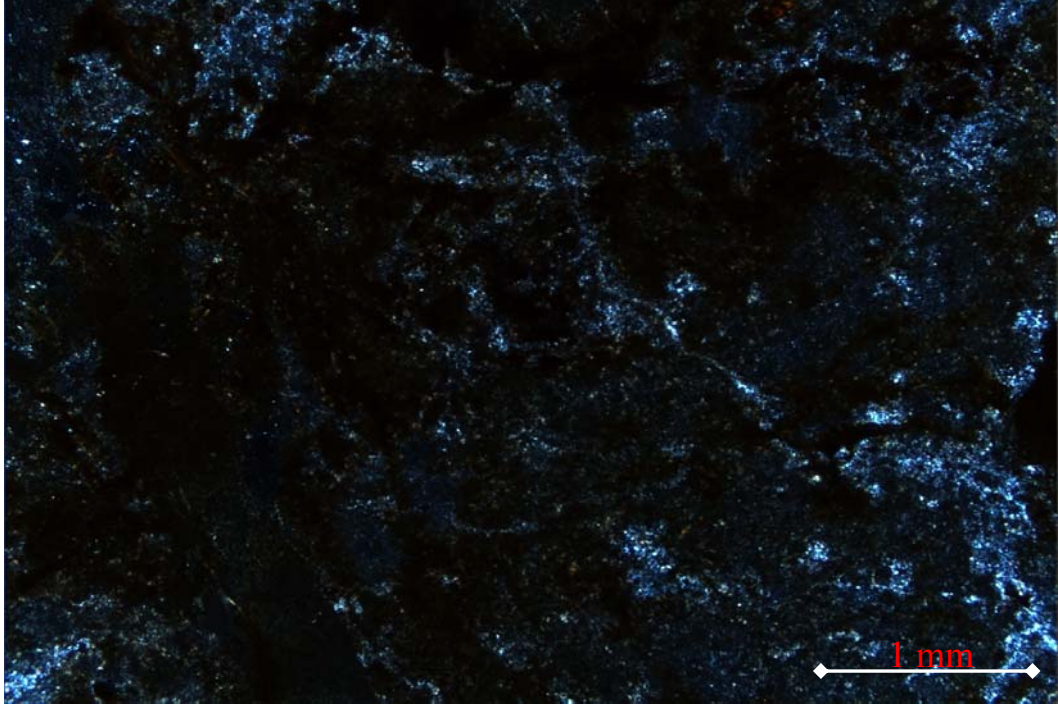


Foto 2.17 İleri derecede killeşmiş ve hidrotermal alterasyona uğramış kristal tuf (Çapraz nikol)

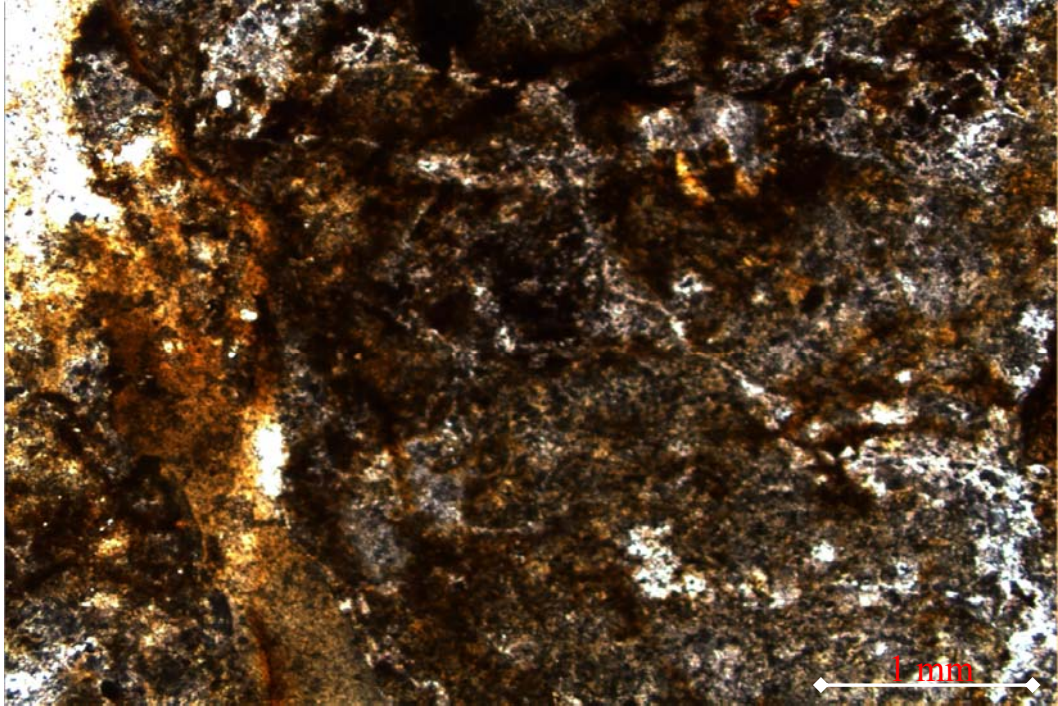


Foto 2.18 İleri derecede killeşmiş ve hidrotermal alterasyona uğramış kristal tuf (Çapraz nikol)

### 3. TANDOĞAN – KEÇİÖREN METRO PROJESİ

Ankara ili merkez sınırları içerisinde yer alan ve yapımı Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü tarafından planlanan Tandoğan - Keçiören metro hattı Ankara yeraltı tünel projesinin bir parçasıdır. İnşaatına 2003 yılında başlanan ve yapım çalışmaları halen devam eden Tandoğan - Keçiören metro tünel hattı delme ve aç – kapa olarak açılmaktadır (EGO 2007). Dutluk-Kuyubaşı arasında açılan 1650 m uzunluğundaki tünel delme olarak açılmaktadır. Tünelin güzergâh ve istasyon özellikleri Çizelge 3.1 ve 3.2 de verilmektedir.

Çizelge 3.1 Tandoğan – Keçiören metrosu güzergâh özellikleri (EGO 2007)

GÜZERGÂH ÖZELLİKLERİ	
<b>GÜZERGÂH</b>	Tandoğan - Keçiören
Delme Tünel	3358 m
Aç-Kapa Tünel	6340 m
İstasyonlar	1540 m
<b>TOPLAM HAT UZUNLUĞU</b>	9698 m

Çizelge 3.2 Tandoğan – Keçiören metrosu istasyon özellikleri (EGO 2007)

İSTASYON ÖZELLİKLERİ		
1.	TANDOĞAN İstasyonu	aç-kapa
	EGO İstasyonu	aç-kapa
	AKM Aktarma İstasyonu	aç-kapa
	ASKİ İstasyonu	aç-kapa
	DIŞKAPI İstasyonu	aç-kapa
	METEOROLOJİ İstasyonu	aç-kapa
	BELEDİYE İstasyonu	aç-kapa
	MECİDİYE İstasyonu	aç-kapa
	KUYUBAŞI İstasyonu	delme
	DUTLUK İstasyonu	delme
	GAZİNO İstasyonu	delme
2.	ORTALAMA İSTASYON ARALIĞI	1075 m.
3.	MİNİMUM İSTASYON ARALIĞI	595 m.
4.	MAKSİMUM İSTASYON ARALIĞI	1537 m.
5.	PERON BOYU	140 m.
6.	PERON ENİ	
	Orta Peron	11.5 m.
		7 m.

## **4. TÜNEL GÜZERGÂHINDAKİ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI**

Tünel gibi mühendislik yapılarının inşaatından önce planlama aşamasında gerekli olan kriterleri belirlemek ve tünelin açılacağı güzergâhın jeoteknik koşullarını incelemek amacıyla yapılan ön jeoteknik etütler, projelerde en önemli safhalardan birini oluşturmaktadır. Bu ön jeoteknik etütler çerçevesinde temel sondajları, yerinde saha deneyleri ve laboratuvar deneyleri yer almaktadır.

Keçiören – Tandoğan metrosu, Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğünce yapımı planlanan bir projedir. Tünel güzergâhında fizibilite çalışmaları yapılmıştır (Anonim 2003). İnceleme alanını oluşturan Dutluk-Kuyubaşı arasında yer alan volkanik kayaların özelliklerini araştırmak amacıyla değişik derinliklerde 7 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Açılan bu sondaj kuyularının toplam derinliği 241 m dir.

Birimlerin yatay ve düşey yöndeki dağılımını belirleyen bu sondajlarda kayaların geçirimsizliğini saptamak için açılan sondaj kuyularında basınçlı su deneyleri (Lugeon) yapılmıştır (Anonim 2003). Yapılan bu deneylerden elde edilen sonuçlara göre inceleme alanındaki kayaların geçirimsizliği tez kapsamında değerlendirilmiştir.

### **4.1 Sondajlar**

Kuyubaşı – Dutluk arasındaki birimlerin düşey ve yanal yönde dağılımını belirlemek amacıyla 7 adet lokasyonda toplam derinliği 241 m olan araştırma sondajları açılmıştır (Şekil 2.2). Sondajlara ait ayrıntılı bilgiler Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kuyubaşı – Dutluk istasyonları arasında açılan temel araştırma sondajları

Sondaj No	Derinlik (m)	Kot (m)	Yeraltı Suyu Derinliği (m)	Litoloji
UK – 29	27.00	901.750	4.20	0-5.50 m: Yapay dolgu 5.50-27 m: Andezit
UK – 30	27.00	901.749	3.95	0-4.10 m: Yapay dolgu 4.10-8.20 m: Alüvyon 8.20-27 m: Andezit
UK – 31	34.00	921.934	8.40	0-4.10 m: Yapay dolgu 4.10-29.60 m: Dasit 29.60-34 m: Andezit
YT – 3	36.00	932.383	-	0-2.20 m: Yapay dolgu 2.20-36 m: Tüf
UK – 32	42.00	945.621	4.85	0-2.70 m: Yapay dolgu 2.70-18.30 m: Aglomera 18.30-42 m: Dasit
UK – 33	38.00	950.293	11.40	0-1.40 m: Yapay dolgu 1.40-38 m: Aglomera
UK – 34	37.00	948.013	4.80	0-1.65 m: Yapay dolgu 1.65-5.60 m: Alüvyon 5.60-37 m: Andezit

#### 4.2 Kaya Kalite Değerlendirmesi (RQD)

Karotlardan, volkanik kayalarındaki kaya kalitesini belirlemek amacıyla hesaplanan karot yüzdesi (TCR) ve kaya kalitesi (RQD) değerleri Çizelge 4.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Açılan sondajlardaki ortalama TCR ve RQD değerleri

LOKASYON	Andezit		Dasit		Aglomera		Tüf		Ortalama	
	TCR	RQD	TCR	RQD	TCR	RQD	TCR	RQD	TCR	RQD
UK – 29	65	23	-	-	-	-	-	-	65	23
UK – 30	87	35	-	-	-	-	-	-	87	35
UK – 31	97	55	63	46	-	-	-	-	80	51
YT – 3	-	-	-	-	-	-	83	36	83	36
UK – 32	-	-	88	55	63	49	-	-	76	52
UK – 33	-	-	-	-	95	87	-	-	95	87
UK – 34	85	56	-	-	-	-	-	-	85	59
<b>Genel Ortalama</b>	84	42	76	51	79	68	83	36	82	49

İnceleme alanını oluşturan volkanik kayalar içerisinde açılan temel araştırma sondajlarından alınan karotlardaki RQD değerleri incelendiğinde kayaç kalitesinin, andezitlerde “çok zayıf-orta”, dasitlerde “zayıf-orta”, aglomeralarda “zayıf-iyi” ve tüflerde “zayıf” kaliteli olduğu görülmektedir.

Farklı lokasyonlarda, farklı birimler içerisinde açılan sondajlarda kayaçların RQD değerlerinin genel ortalamasına bakıldığında ise kayaç kalitesinin andezit ve tüflerde “zayıf”, dasit ve aglomerada “orta” kaliteli olduğu görülmektedir.

### **4.3 Tünel Güzergâhındaki Kayaçların Geçirimsizliği**

Bir kaya örneğinin geçirimsizliğinin ölçülmesi, gözenekli bir formasyondan su, petrol veya gaz çekilmesi veya formasyona enjekte edilmesi; çok tuzlu atıkların gözenekli bir formasyon içinde depolanması; enerji dönüşümü için sıvıların yeraltı boşluklarında depolanması; bir rezervuarın ne ölçüde sızdırmaz olduğunun değerlendirilmesi; derinlikteki bir açıklığın suyunun boşaltılması veya bir tünel içerisine su boşalımının hesaplanması gibi pratikte karşılaşılan problemlerle doğrudan ilişkili olabilir. Kaya kütlesi içinde bulunan süreksizlik sistemleri kayacın geçirimsizliğini önemli ölçüde etkilediklerinden laboratuarda bir karot üzerinde yapılan geçirimsizlik deneyi çoğu zaman arazideki geçirimsizlikten farklı olacaktır. Bunun için, jeolojik formasyonların geçirimsizliklerinin tayininde çoğu zaman pompaj testleri gereklidir. Geçirimsizlik kayanın indeks özelliklerinden biri olarak değerlendirilirken amaç kaya iskeletinin önemli bir bileşeni olan fisür ve gözeneklerin birbiri ile ne ölçüde bağlantılı olduğu hakkında bilgi edinmektir (Goodman 1989).

Geçirimsizliğin belirlenebilmesi için kayalarda en uygun yöntem açılan sondaj kuyularında yapılan “Lugeon basınçlı su deneyi”dir. Basınçlı su deneylerinde geçirimsizlik “Lugeon birimi” cinsinden ifade edilmiştir. Lugeon deneyinde basınç kademeleri artan ve azalan basınçlar (2, 4, 6, 8, 10, 8, 6, 4, 2) Lugeon şeklindedir.

Bu deneylerde bulunan sonuçlara göre UK – 29 nolu sondajda andezit birimi, yapılan basınçlı su deneyleri sonucunda “çok geçirimsiz” olarak belirlenmiştir. UK – 30 nolu

sondajda yapılan basınçlı su deneyleri sonucunda ise andezit birimi “az geçirimli” olarak belirlenmiştir. UK – 31 nolu sondaj kuyusunda yapılan deneylerde dasit birimi “çok geçirimli” olarak belirlenmiştir. UK – 33 nolu sondaj kuyusundaki deneylere göre aglomera “çok geçirimli” olarak belirlenmiştir. UK – 34 nolu sondaj kuyusunda ise andezit birimi, yapılan deneyler sonucunda “çok geçirimli” olarak belirlenmiştir. Yapılan bu deneyler ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3 de verilmiştir.

Andezit, dasit ve aglomera içermiş oldukları çatlakların nicelik ve niteliğine bağlı olarak yeraltı suyu dolaşımına izin verir. Ancak tümüyle ayrılmış aglomera ve tuf birimleri genelde geçirimsizdir. Basınçlı su deneylerinden elde edilen “lugeon” sayıları da kayaçların geçirimliliği ile ilgili değerlendirmeleri teyit etmektedir. Tüneldeki birimler genelde geçirimli olmasına rağmen su boşalımları önemli bir sorun yaratmayacaktır. Çünkü mevcut yeraltı suyu yüksek debili değildir. Kuyubaşı-Dutluk arasında, yaklaşım tüneli güzergâhında açılan YT–2 nolu sondaj kuyusunda yeraltı suyunun artezyen olarak boşaldığı gözlenmiştir. YT–2 nolu sondaj kuyusunda 18 metre derinliğe kadar yeraltı suyu ile karşılaşılmamış ancak bu derinlikten sonra yeraltı suyu artezyen yapmıştır. Bu kuyuda boşalan suyun debisi  $Q=0.30$  lt/sn olarak ölçülmüştür (Anonim 2003). Bu değer oldukça düşük olup etkin drenaj önlemleri alınması halinde yeraltı suyunun tünel kazısını olumsuz etkilemesi beklenmez.

Çizelge 4.3 Temel araştırma sondajlarında yapılan geçirimsizlik testi sınıflaması

<b>Sondaj No</b>	<b>Kuyu Derinliği (m)</b>	<b>Deney Aralığı (m)</b>	<b>Geçilen Litoloji</b>	<b>Lugeon Birimi (Lu)</b>	<b>Açıklamalar</b>
UK – 29	27.00	13.30 – 15.00	Andezit	Lu > 25	Çok Geçirimli
UK – 29	27.00	16.30 – 18.00	Andezit	Lu > 25	Çok Geçirimli
UK – 29	27.00	19.30 – 21.00	Andezit	Lu > 25	Çok Geçirimli
UK – 29	27.00	22.30 – 24.00	Andezit	Lu > 25	Çok Geçirimli
UK – 30	27.00	13.30 – 15.00	Andezit	1.17	Az Geçirimli
UK – 30	27.00	17.80 – 19.50	Andezit	1.35	Az Geçirimli
UK – 31	34.00	10.00 – 12.00	Dasit	Lu > 25	Çok Geçirimli
UK – 31	34.00	19.00 – 21.00	Dasit	Lu > 25	Çok Geçirimli
UK – 31	34.00	23.50 – 25.50	Dasit	Lu > 25	Çok Geçirimli
UK – 31	34.00	28.50 – 30.50	Dasit	Lu > 25	Çok Geçirimli
UK – 33	38.00	23.80 – 25.50	Aglomera	3.83	Az Geçirimli
UK – 33	38.00	28.30 – 30.00	Aglomera	3.78	Az Geçirimli
UK – 34	37.00	14.50 – 16.50	Andezit	Lu > 25	Çok Geçirimli
UK – 34	37.00	25.00 – 27.00	Andezit	Lu > 25	Çok Geçirimli
UK – 34	37.00	33.00 – 35.00	Andezit	5.10	Geçirimli

## **5. İNCELEME ALANINDAKİ KAYA BİRİMLERİNİN FİZİKO - MEKANİK ÖZELLİKLERİ**

Kayaçların mühendislik amaçlarıyla sınıflandırılması ve mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, kaya mekaniğinin ve bununla ilgili tasarım uygulamalarının ayrılmaz ve önemli bir parçasıdır. Mühendislik yapılarının üzerinde veya içinde inşa edileceği kayaçların öncelikle litolojik ve mineralojik – petrografik anlamda tanımlanması ve bunu izleyen aşamada bunların indeks ve dayanım parametrelerinin tayin edilmesi gerekmektedir.

Sondajlardan alınan karotlar üzerinde andezit, dasit, aglomera ve tüfün birim hacim ağırlık, tek eksenli basınç dayanımı elastisite modülü (E) ve poisson oranı ( $\nu$ ) gibi fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek üzere laboratuvar çalışmaları yapılmıştır (Anonim 2003). İnceleme alanından alınan örnekler üzerinde de nokta yük dayanımı deneyi yapılmıştır. Yapılan tüm testlerin sonuçları EK 1 ve EK 2’de sunulmuştur. Nokta yük dayanımı deneyi ISRM (1985)’e göre yapılmıştır. Yapılan diğer laboratuvar testleri ISRM (1981)’e uygun olarak yapılmıştır.

### **5.1 İnceleme Alanındaki Volkanik Kayaçların Birim Hacim Ağırlık Değerleri**

İnceleme alanını oluşturan Dutluk-Kuyubaşı arasındaki volkanik kayaçların birim hacim ağırlık değerlerinin belirlenmesi için sondajlardan alınan karot numuneleri üzerinde deneyler (ISRM 1981) yöntemine göre yapılmıştır. Volkanik kayaçlarda andezitlerin birim hacim ağırlık değeri  $21.80 \text{ kN/m}^3$  ile  $23.59 \text{ kN/m}^3$  arasında ve ortalama  $22.71 \text{ kN/m}^3$ , dasitlerin birim hacim ağırlık değeri  $22.87 \text{ kN/m}^3$  ile  $23.72 \text{ kN/m}^3$  arasında ve ortalama  $23.31 \text{ kN/m}^3$ , aglomeraların birim hacim ağırlık değeri  $22.37 \text{ kN/m}^3$  ile  $23.33 \text{ kN/m}^3$  arasında ve ortalama  $23.00 \text{ kN/m}^3$ , tüflerin birim hacim ağırlık değeri ise  $19.77 \text{ kN/m}^3$  olarak belirlenmiştir (EK 1).

## **5.2 İnceleme Alanındaki Volkanik Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımı Değerleri**

İnceleme alanını oluşturan Dutluk-Kuyubaşı arasındaki volkanik kayaçların dayanım parametrelerinin belirlenmesi için sondajlardan alınan karot numuneleri üzerinde tek eksenli basınç dayanımı deneyleri ISRM (1981) yöntemine göre yapılmıştır.

Yapılan deney sonuçlarına göre andezitlerin tek eksenli basınç dayanımı değeri 8 MPa ile 74 MPa arasında ve ortalama 38.6 MPa, dasitlerin tek eksenli basınç dayanımı değeri 81 MPa ile 100 MPa arasında ve ortalama 88.3 MPa, aglomeraların tek eksenli basınç dayanımı değeri 32 MPa ile 75 MPa arasında ve ortalama 51 MPa, tüflerin tek eksenli basınç dayanımı değeri ise 15 MPa olarak belirlenmiştir (EK 1).

## **5.3 İnceleme Alanındaki Volkanik Kayaçların Nokta Yük Dayanımı Değerleri**

İnceleme alanında açılan sondajlardan alınan karot numuneleri üzerinde deney yapma imkânı olmadığı için volkanik kayaçların dayanım parametreleri hakkında bilgi sahibi olunmasına yönelik olarak inceleme alanından alınan numuneler üzerinde nokta yük dayanımı deneyi yapılmıştır. Bu deneyler ISRM (1985)'e göre Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

13 adet andezit, 8 adet dasit numunesi üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre andezitlerin nokta yükü dayanımı değeri 0.38 MPa ile 4.80 MPa arasında ve ortalama 1.37 MPa, dasitlerin nokta yükü dayanımı değeri 1.76 MPa ile 4.71 MPa arasında ve ortalama 2.94 MPa olarak tespit edilmiştir (EK 2).

## **5.4 İnceleme Alanındaki Volkanik Kayaçların Deformasyon Özellikleri**

Büyük mühendislik yapılarının yapılması, buralardaki kayaların çeşitli şekillerde deformasyona uğramasına neden olur. Temel kayasındaki deformasyon şekil ve miktarlarının bilinmesi kazı aşamasında ve sonrasında gereklidir.

Temel araştırma sondajlarından alınan karotlar üzerinde yapılan deformasyon deneyleri ISRM (1981) yöntemine göre yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda inceleme alanındaki volkanik kayalara ait elastisite modülü ve poisson oranı parametreleri saptanmıştır. Buna göre andezitler üzerinde yapılan deneyler sonucunda elastisite modülü 3.5 GPa ile 5 GPa arasında ve ortalama 4.39 GPa, dasitlerin elastisite modülü 16.6 GPa ile 21.6 GPa arasında ve 19.1 GPa, aglomeraların elastisite modülü 8.4 GPa ile 20 GPa arasında ve 14.2 GPa, tüflerin elastisite modülü ise 1.67 GPa olarak belirlenmiştir (EK 1).

Andezitlerin poisson oranı değerleri 0.05 ile 0.16 arasında ve ortalama 0.09, dasitlerin poisson oranı 0.11 ile 0.19 arasında ve ortalama 0.15, aglomeraların poisson oranı 0.08 ile 0.24 arasında ve ortalama 0.16 ve tüflerin poisson oranı ise 0.16 olarak belirlenmiştir (EK 1).

## **6. DUTLUK – KUYUBAŞI ARASINDAKİ VOLKANİK KAYAÇLARIN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÖZELLİKLERİ**

Tünellerin duraylılığı; kaya kütlelerinin kalitesine, kaya kütlelerine etkiyen gerilmelere, ana süreksizlik takımlarına ve uygulanan kazı tekniğine bağlıdır. Bu tür yeraltı açıklıklarının duraylılığının değerlendirilmesinde mekaniğin temel ilkeleri önemli bir kılavuz olarak kullanılır. Kaya kütlelerinin önemli bir elemanı olan süreksizliklerin tür, konum ve özellikleri, yeraltı açıklıklarının çevresinde değişik boyutlarda blokların oluşmasına ve bunların kazı boşluğuna doğru hareketine neden olabilmektedir. Dolayısıyla bu tür uygulamalarda mekanik biliminden yararlanılırken kaya kütlelerinin özelliklerinin de dikkate alınması gerekmektedir (Ulusay ve Sönmez 2007).

### **6.1 Süreksizliklerin Değerlendirilmesi**

Mühendislik jeolojisi incelemesi, saha gözlemleri, sondajlar ve laboratuvar testlerinden oluşmaktadır. Tünel gibi büyük mühendislik yapılarının inşaatı sırasında süreksizlik incelemelerinin yapılması son derece önemlidir. İnceleme alanında yer alan kaya birimlerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları kapsamında süreksizliklerin özellikleri ISRM (1981) esaslarına göre ölçülmüştür.

Süreksizliklere ait özelliklerin incelenmesi için birçok araştırmacı tarafından sınıflama yapılmış ve bu sınıflamalara göre kayacın yapısal özellikleri belirlenmiştir. ISRM (1981) (International Society of Rock Mechanics) bu sınıflamalar içerisinde en yaygın olarak kullanılanlardan bir tanesidir. Kayaların kütle davranışlarını önemli ölçüde etkilemeleri ve kaya kütle sınıflamalarında kullanılmaları nedeniyle, inceleme alanındaki volkanik kayaların süreksizliklerine ait aralık, devamlılık, açıklık, pürüzlülük ve dolgu gibi nicel tanımlamalar ISRM (1981) metodu ile belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki süreksizliklerin değerlendirilmesi andezit, dasit ve aglomera üzerinde yapılmıştır. Tüf, kahverengiden kahverengimsi sarıya kadar değişen kaya yüzeyi genellikle ileri derecede bozunmuş olduğundan eklem takımları gözlenememiştir.

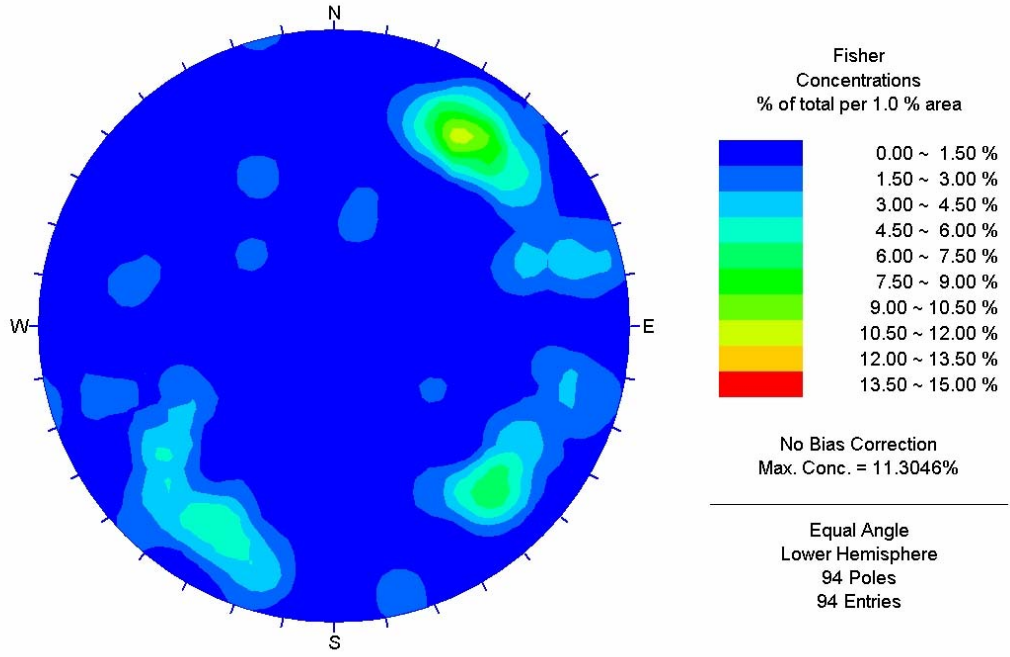
Açık gri-krem-bej renkli, az-orta sert yer yer dağılgan, orta-zayıf-yer yer çok zayıf dayanımlı andezitler genellikle az-orta derecede bozunmuştur. Süreksizlik aralıkları genellikle yakın (20–600 mm) aralıktır. Devamlılık düşük derecede (1–3 m) ve süreksizlik açıklığı ise açıktır (0.5 – 2.5 mm). Pürüzlü ve genellikle kil ve tüfle doludur.

Açık gri-krem-bej-pembemsi renkli, sert-orta sert, dayanımlı-orta dayanımlı olan dasitler genellikle az-orta derecede bozunmuştur. Süreksizlik aralığı çoğunlukla orta derecede (200–600 mm) aralıklı olarak ölçülmüştür. Genellikle düşük derecede (1–3 m) devamlılık gözlenmiştir. Süreksizlik açıklığı ise açıktır (0.5–2.5 mm). Pürüzlü genellikle kil ve tüfle doludur.

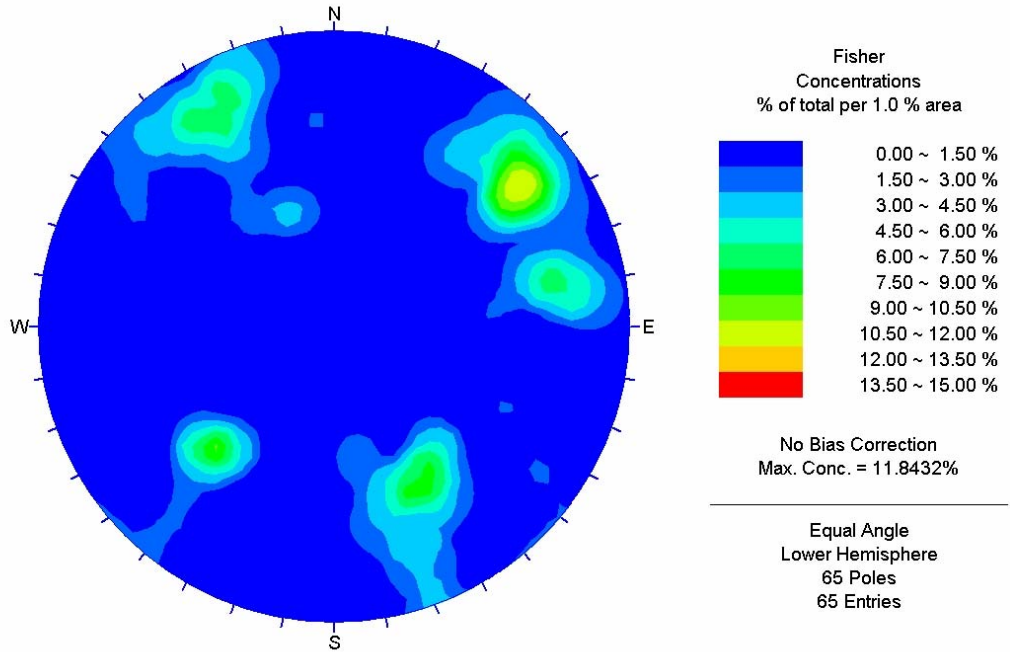
Kırmızımsı kahverenkli-kahverenkli, bordo, yeşilimsi gri, sert-orta sert, dayanımlı-orta dayanımlı aglomeralarda genellikle az-orta derecede bozunma gözlenmiştir. Süreksizlik aralıkları çoğunlukla orta derecede (200–600 mm) aralıklı olarak ölçülmüştür. Genellikle düşük devamlılıktadır (1–3 m) ve süreksizlik açıklığı ise açıktır (0.5–2.5 mm). Az pürüzlü ve dolgu malzemesi çoğunlukla kildir.

İnceleme alanını oluşturan Dutluk – Kuyubaşı arasında ölçüm yapılan bölümlerde bu değerlere ulaşılmış ve inceleme alanı boyunca süreksizlik özelliklerinin sabit olduğu düşünülmüştür. Ancak lokal farklılıklar olabilir.

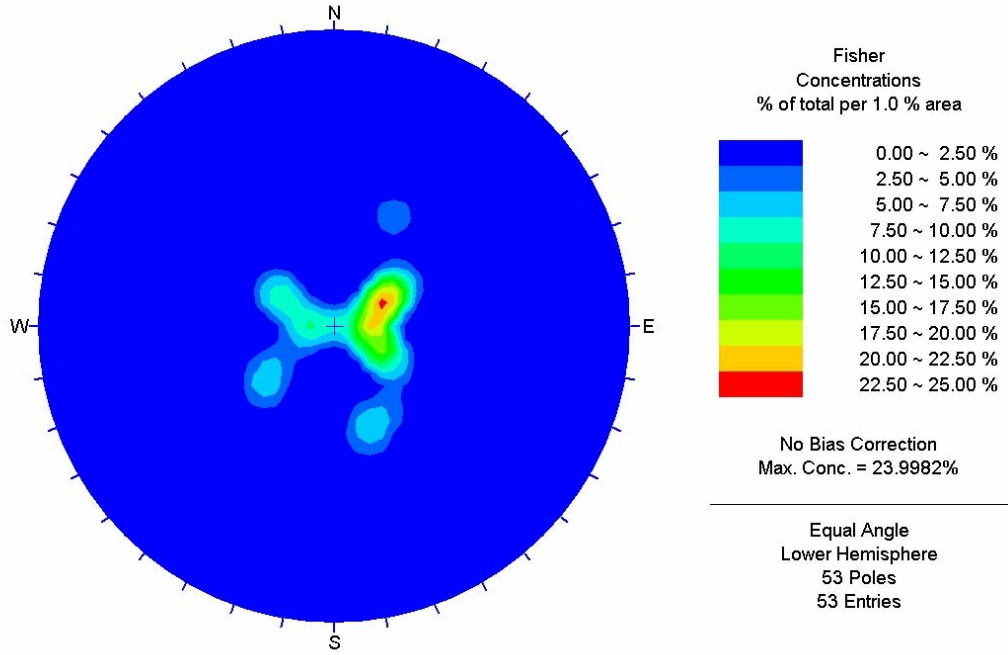
İnceleme alanında andezitlerden 94, dasitlerden 65 ve aglomeralardan 53 adet eklem takımından doğrultu ve eğim ölçümleri alınmıştır. Bu ölçülen eklem takımları, Dips 5.0 bilgisayar programında uygulanmış ve volkanik kayaçların yönelimlerine göre kontur diyagramları çıkarılmıştır (Şekil 6.1-6.3). Elde edilen sonuçlar mühendislik çalışmalarında yapılacak duraylılık analizlerinde kullanılır. Ayrıca, planlanacak yapılar için bir ön bilgi niteliğindedir.



Şekil 6.1 Andezitler için çıkarılan kontur diyagramı



Şekil 6.2 Dasitler için çıkarılan kontur diyagramı



Şekil 6.3 Aglomeralar için çıkarılan kontur diyagramı

## 6.2 Kaya Kütle Sınıflamaları

Kaya kütlelerinde gerçekleştirilen kazılar ve inşa edilen yapılar için gerekli araştırma ve uygulamalarla ilgili olarak günümüzde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Yeraltı maden işletmeciliği amaçlı galeriler ve düşey kuyular, otoyol ve demiryolu ağları, hidroelektrik projeleri ve yeraltı enerji istasyonları için inşa edilen tüneller ve büyük yeraltı açıklıkları, sivil savunma amaçlı sığınaklar, uçakların ve silahların korunduğu özel yeraltı hangarlarının yanı sıra, derin kazı şevlerine ilişkin mühendislik uygulamaları bu kapsamda yer almaktadır. Söz konusu uygulamalarda mühendislik yapılarının güvenli ve ekonomik bir şekilde inşası ve kullanımı açısından en önemli araç mühendislik tasarımıdır. Kaya mühendisliğini de içerecek şekilde ve daha genel anlamda jeoteknik çalışmalarda tasarım yöntemleri; *analitik-sayısal*, *gözleme dayalı* ve *görgül (ampirik)* olmak üzere, üç ana başlık altında toplanır. Genel anlamda analitik ve sayısal yöntemlerden, yapıların ve kazıların duraylılık koşullarının araştırılması ve kazı çevresindeki gerilme-deformasyon ilişkilerinin analizi için yararlanılır. Bu yöntemler; limit denge çözümleri, sayısal yöntemler (sonlu elemanlar, sonlu farklar, sınır elemanları vb.), benzetişim yöntemleri “elektiriksel ve fotoelastik” ve fiziksel

modellerdir. Gözleme dayalı yöntemler; kazı ve yakın çevresinde yapılan incelemeleri, arazide ve laboratuarda gerçekleştirilen deneyler ile deformasyon, gerilme, su basıncı vb. hususlarla ilgili aletsel izleme çalışmalarını kapsar. Görgül yöntemler ise, kazılarda yapılan gözlemler ve elde edilen verilerin genellikle istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi sonucunda mühendislik deneyimi esas alınarak geliştirilmiş yöntemlerdir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Sözcük anlamı olarak sınıflama, nesnelerin ortak özelliklerine göre gruplandırılması şeklinde tanımlanır. Kaya mekaniği alanında da kaya kütlelerinin sınıflandırılmasına gereksinim duyulmuş ve bu amaçla çeşitli sınıflama sistemleri önerilmiştir. Bu sistemler, kaya mühendisliğinde tasarımın ayrılmaz bir parçası olmakla birlikte uzun yıllar süren gözlemlere bağlı deneyimler ve istatistiksel değerlendirmeler esas alınarak önerilmiş görgül yöntemlerdir. Çoğu kez, doğrudan bir tasarım yöntemi oldukları şeklinde yanlış algılanarak kullanılan kaya kütlesi sınıflama sistemleri, kaya mühendisliğinde tasarıma yardımcı olan ve ön tasarım amacıyla kullanılacak birer araç olarak değerlendirilmelidir. Dolayısıyla bu sistemler, analitik-sayısal ve gözleme dayalı yöntemler ile mühendislik sezgilerinin yerini almak üzere geliştirilmemişlerdir. Kaya kütlesi sınıflama sistemlerinin bu çerçevede algılanması ve doğru kullanılması halinde, günümüzde birçok mühendislik projesinin tamamlanmasında başarı ile kullanıldıkları bilinmektedir (Özkan ve Ünal 1996).

Kaya kütle sınıflamaları, kaya kütlelerinin özellik ve beklenen davranışlarının uygun bir biçimde değerlendirilmesinde kullanılırlar. Kaya kütle sınıflamaları kaya malzemesinin dayanımı, RQD, jeolojik parametreler (süreksizliklerin aralığı, yönelimi, yüzey koşulları) ve yeraltı suyu koşulları gibi kaya kütlelerini etkileyen en önemli parametrelere dayanır. Bu kaya kütlelerini içeren birçok görgül tasarım sisteminin geliştirilmesine ön ayak olmuştur. Birçok kaya kütle sınıflama sistemi mevcut olmasına rağmen en yaygın olarak kullanılanlarından birisi RMR'dir. Kaya kütlelerinin bileşiminin ve karakteristiklerinin ortaya konulmasında bir veya birden fazla kaya kütle sınıflama sistemi kullanılması gerektiğine inanılır. Destek gereksinimlerinin ilksel tasarımlarının yapılabilmesi için kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özelliklerinin ölçümüne gerek duyulur (Başarır *et al.* 2005).

RMR kaya kütle sınıflama sistemi, ilk kez 1972–1973 yılları arasında Bieniawski (1973) tarafından geliştirilmiştir. Bieniawski'nin o dönemde Güney Afrika Bilimsel ve Sanayi Araştırma Merkezi (CSIR)'inde çalışıyor olması nedeniyle, adı daha sonra “Kaya Kütleli Puanlama Sistemi (Rock Mass Rating System – RMR)” olarak değiştirilen bu sistem, uygulamacılar tarafından uzun yıllar boyunca “CSIR Jeomekanik Sınıflama Sistemi” olarak anılmıştır. Bu sistem, Bieniawski'nin sedimanter kayalarda açılmış tünellerde yaptığı gözlemler ve bu gözlemlerden kazandığı deneyimlere dayanılarak oluşturulmuştur. Sistem, 1989'a kadar geçen 15 yıllık süre içinde yapılan gözlemler ve yeni veriler esas alınarak, birkaç kez değişikliğe uğramış ve son şeklini almıştır (Bieniawski 1989). Sınıflama parametreleri 1974 yılında sekizden altıya indirilmiştir. Bazı girdi parametrelerinin puanları ile tavsiye edilen destek sistemleri ve değerlerindeki düzeltmeler 1976 yılında ortaya konulmuştur. Sistemdeki süreksizlik aralığı, süreksizlik koşulu ve yeraltı suyu durumu gibi parametrelere ait puanlarda 1979'da değişiklik yapılmış ve ISRM kaya kütle tanımlamaları benimsenmiştir. Sistem son halini 1989'da almıştır. Tek eksenli basınç dayanımı (TEB), kaya kalite değerlendirmesi (RQD), eklem veya süreksizlik aralığı, süreksizlik durumları, yeraltı suyu durumu ve süreksizlik yönelimleri faydalanılan parametrelerdir. RMR'nin uygulanması için her bir kaya kütle tipi, ayrı bir jeoteknik yapısal birim ile temsil edilecek şekilde bölge birçok jeolojik yapı birimine bölünmelidir. Bu tezde andezit, dasit, aglomera ve tuf formasyonları için RMR<sub>89</sub> değerlerinin 1989 versiyonu kullanılmıştır (Bieniawski 1989).

Andezit, dasit ve aglomera için RMR sınıflamaları en iyi-en kötü şartlar için değerlendirilmiş ve Çizelge 6.1-6.6'da gösterilmiştir. Sadece tuf birimi için tek bir RMR puanı hesaplanmış ve Çizelge 6.7'de gösterilmiştir. Çizelge 6.8'de de 10 m açıklıklı ( $\sigma_v < 25$  MPa) kaya tünelleri için RMR sistemine göre kazı ve kalıcı destek kılavuzu verilmiştir (Hoek 2004).

Çizelge 6.1 Andezit için en kötü şartlarda hesaplanan temel RMR puanı

Parametre	Değer	Puan
1. Tek eksenli sıkışma dayanımı	38 MPa	4
2. RQD (%)	35.8	8
3. Süreksizlik aralığı	<60 mm	5
4. Süreksizlik koşulu		
Devamlılık	1-3 m	4
Açıklık	0.1-1 mm	4
Pürüzlülük	Pürüzlü	5
Dolgu	Yumuşak kil dolgu	2
Bozunma	Orta derecede bozunmuş	3
5. Yeraltı suyu	Damlama	4

Temel RMR Puanı: 39

Zayıf Kaya

Çizelge 6.2 Andezit için en iyi şartlarda hesaplanan temel RMR puanı

Parametre	Değer	Puan
1. Tek eksenli sıkışma dayanımı	74 MPa	7
2. RQD (%)	58.9	13
3. Süreksizlik aralığı	200-600 mm	10
4. Süreksizlik koşulu		
Devamlılık	1-3 m	4
Açıklık	0.1-1 mm	4
Pürüzlülük	Pürüzlü	5
Dolgu	Yumuşak kil dolgu	2
Bozunma	Az bozunmuş	5
5. Yeraltı suyu	Islak	7

Temel RMR Puanı: 57

Orta Kaya

Çizelge 6.3 Dasit için en kötü şartlarda hesaplanan temel RMR puanı

Parametre	Değer	Puan
1. Tek eksenli sıkışma dayanımı	81 MPa	7
2. RQD (%)	45.7	8
3. Süreksizlik aralığı	<60 mm	5
4. Süreksizlik koşulu		
Devamlılık	1-3 m	4
Açıklık	0.1-1 mm	4
Pürüzlülük	Pürüzlü	5
Dolgu	Yumuşak kil dolgu	2
Bozunma	Orta derecede bozunmuş	3
5.Yeraltı suyu	Islak	4

Temel RMR Puanı: 42

Orta Kaya

Çizelge 6.4 Dasit için en iyi şartlarda hesaplanan temel RMR puanı

Parametre	Değer	Puan
1. Tek eksenli sıkışma dayanımı	100 MPa	7
2. RQD (%)	62.2	13
3. Süreksizlik aralığı	200-600 mm	10
4. Süreksizlik koşulu		
Devamlılık	1-3 m	4
Açıklık	0.1-1 mm	4
Pürüzlülük	Pürüzlü	5
Dolgu	Yumuşak kil dolgu	2
Bozunma	Az bozunmuş	5
5.Yeraltı suyu	Islak	7

Temel RMR Puanı: 57

Orta Kaya

Çizelge 6.5 Aglomera için en kötü şartlarda hesaplanan temel RMR puanı

Parametre	Değer	Puan
1. Tek eksenli sıkışma dayanımı	32 MPa	4
2. RQD (%)	49	8
3. Süreksizlik aralığı	<60 mm	5
4. Süreksizlik koşulu		
Devamlılık	1-3 m	4
Açıklık	0.1-1 mm	4
Pürüzlülük	Az pürüzlü	3
Dolgu	Yumuşak kil dolgu	2
Bozunma	Orta derecede bozunmuş	3
5. Yeraltı suyu	Damlama	4

Temel RMR Puanı: 37

Zayıf Kaya

Çizelge 6.6 Aglomera için en iyi şartlarda hesaplanan temel RMR puanı

Parametre	Değer	Puan
1. Tek eksenli sıkışma dayanımı	75 MPa	7
2. RQD (%)	65.5	13
3. Süreksizlik aralığı	200-600 mm	10
4. Süreksizlik koşulu		
Devamlılık	1-3 m	4
Açıklık	0.1-1 mm	4
Pürüzlülük	Az pürüzlü	5
Dolgu	Yumuşak kil dolgu	2
Bozunma	Az bozunmuş	5
5. Yeraltı suyu	Islak	7

Temel RMR Puanı: 55

Orta Kaya

Çizelge 6.7 Tüf için hesaplanan temel RMR puanı

Parametre	Değer	Puan
1. Tek eksenli sıkışma dayanımı	15 MPa	2
2. RQD (%)	34	8
3. Süreksizlik aralığı	60-200 mm	8
4. Süreksizliklerin durumu	Az kaba yüzeyler, yumuşak eklem yüzeyleri	16
5. Yeraltı suyu	Damlama	7

Temel RMR Puanı: 33

Zayıf Kaya

Çizelge 6.8 10 m açıklıklı ( $\sigma_v < 25$  MPa) kaya tünelleri için RMR sistemine göre kazı ve kalıcı destek kılavuzu (Hoek 2004)

Kaya kütle sınıfı	Kazı	Kaya Saplamları*	Püskürtme Beton	Çelik Destek
<b>I-Çok iyi kaya, RMR:81-100</b>	Tam kesit, 3 m ilerleme.	Bir miktar kaya saplaması haricinde genellikle destek gerekmez		
<b>II-iyi kaya RMR:61-80</b>	Tam kesit, 1.0-1.5 m ilerleme. Aynaya 20 m mesafede tam destek.	Kemerin her 2-3 m sinde 2-2.5 m aralıklı kaya saplamaları, yer yer çelik hasır.	Gerektiğinde tavan kemerinde 50 mm.	Yok
<b>III-Orta kaya RMR:41-60</b>	Üst yarı alt yarı ilerleme. Üst yarıda 1.5-3.0 m ilerleme. Her patlatmadan sonra ön destekleme. Aynaya 10 m mesafeye kadar tam destek.	Kemerde ve duvarlarda 3-4 m uzunlukta 1.5-2 m aralıklı sistematik kaya saplaması ve tavanda çelik hasır.	Tavan kemerinde 50-100 mm, yan duvarlarda 30 mm.	Yok
<b>IV-Zayıf kaya RMR: 21-40</b>	Alt yarı üst yarı şeklinde ilerleme. Üst yarıda 1.0-1.5 m ilerleme, kazıya uygun şekilde aynaya 10 m mesafeye kadar gerekli destek.	4-5 m uzunluğunda, 1-1.5 m aralıklı sistematik kaya saplaması, tavan ve duvarlarda çelik hasır.	Tavan kemerinde 100-150 mm ve yan duvarlarda 100 mm.	Gereken yerde 1.5 m aralıklı yer yer hafif profiller.
<b>V-Çok zayıf kaya RMR:&lt;20</b>	Üst yarıda 0.5-1.5 m çoklu delgi ilerleme. Kazıyla birlikte destek yerleştirilmeli. Patlatmadan hemen sonra püskürtme beton uygulanmalı.	5-6 m uzunluğunda 1-1.5 m aralıklı sistematik kaya saplaması, tavan ve duvarlarda çelik hasır ile birlikte. Taban kemerinde kaya saplaması.	Tavan kemerinde 150-200 mm, yan duvarlarda 150 mm, aynada 50 mm.	Gerektiğinde, 0.75 m aralıklı profiller, çelik iksa ve sürenlerle beraber. Tam halka taban kemeri.

\* 20 mm çaplı tamamen reçine dolgulu

## 7. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Ankara Keçiören Dutluk – Kuyubaşı arasındaki volkanik kayaçların Fiziko-mekanik özellikleri ve kütle sınıflandırmaları araştırılmıştır.

İnceleme alanındaki volkanik kayaçları Miyosen yaşlı andezit, dasit, aglomera ve tuf birimleri oluşturmaktadır. Sahadan alınan el örneklerinden yapılan ince kesitlerden kayaçların petrografik özellikleri belirlenmiştir. Andezitler, hiyalopilitik porfirik dokulu olup plajiyoklaz, amfibol, biyotit ana bileşenini temsil etmektedir. Dasitler, hiyalopilitik dokulu olup başlıca oligoklaz, opasitleşmiş amfibol, biyotit ve yer yer kuvars içermektedir. Tüflerin ise kristal tuf olduğu gözlenmiştir.

Volkanik kayaçların kaya kalite değerlendirmesine (RQD) göre genellikle orta – zayıf kaliteli kaya grubunda oldukları saptanmıştır. İnceleme alanında açılmış olan temel araştırma sondajlarında yapılmış olan basınçlı su deneylerine ait verilerin değerlendirilmesi ile kayaçların geçirimsizliğinin az geçirimli – çok geçirimli arasında değiştiği ve genelde çok geçirimli olduğu görülmektedir.

ISRM (1981) standardına göre tek eksenli basınç dayanımı değerleri andezitlerde 8 ile 74 MPa, dasitlerde 81 ile 100 MPa, aglomeralarda 32 ile 75 MPa arasında, tüflerde ise 15 MPa'dır.

Nokta yükü deneyi sonucunda ISRM (1985) standartlarına göre andezitlerin ortalama nokta yükü dayanımı 1.37 MPa ve dasitlerin ortalama nokta yükü dayanımı 2.94 MPa olarak tespit edilmiştir.

İnceleme alanında yer alan kaya birimlerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları kapsamında süreksizliklerin özellikleri ISRM (1981) esaslarına göre ölçülmüştür. Andezitler genellikle az-orta derecede bozunmuştur. Süreksizlik aralıkları yakın (20-600 mm) aralıklı, Devamlılık düşük derecede (1-3 m) ve süreksizlik açıklığı ise açık (0.5 – 2.5 mm), pürüzlü ve genellikle kil ve tufle doludur. Dasitler genellikle az-orta derecede bozunmuştur. Süreksizlik aralığı orta derecede (200-600 mm) aralıklı

olarak ölçülmüştür. Düşük derecede (1–3 m) devamlılık gözlenmiştir. Süreksizlik açıklığı ise açık (0.5–2.5 mm), pürüzlü ve genellikle kil ve tüfle doludur. Aglomeralarda az-orta derecede bozunma gözlenmiştir. Süreksizlik aralıkları orta derecede (200–600 mm) aralıklıdır ve düşük devamlılıktadır (1–3 m). Süreksizlik açıklığı ise açıktır (0.5–2.5 mm). Az pürüzlü ve dolgu malzemesi çoğunlukla kildir. Dips 5.0 programı kullanılarak kayaçların süreksizlik yönelimlerine göre kontur diyagramları çıkarılmıştır.

Andezit, dasit, aglomera ve tuf için RMR kaya kütle sınıflamaları yapılmıştır. En iyi ve en kötü şartlar için elde edilen RMR puanlarına göre andezit ve aglomeralar “zayıf-orta” kaya grubuna, dasitler “orta” kaya grubuna ve tüfler ise “zayıf” kaya grubuna girmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aksoy, H. ve Gökçeoğlu, C. 1993. Ankara Kili'nde Şev Duraylılığı Etütleri ve Potansiyel Risk Alanlarının Görüntü İŞleme Teknikleriyle Araştırılması, VI. Ulusal Kil Sempozyumu, 439-450.
- Akyürek, B., Bildiner, E., Dađer, Z. ve Sunu, O. 1979. Hacılar (K Çubuk-Ankara) bölgesinde Alt-Triyasın varlığı: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 22, 2, 169-174.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dađer, Z., Soysal, Y. ve Sunu O. 1980. Eldivan - Őabanözü (Çankırı) Hasayaz – Çandır (Kalecik – Ankara) dolayının jeolojisi., *M.T.A. Rap.* 6741.
- Akyürek, B., Bilginer, E.; AkbaŐ, B., HepŐen, N., Pehlivan, Ő., Sunu, O., Soysal, Y., Dađer, Z., Çatal, E., Sözeri. B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y., 1982. Ankara-Elmadağ. Kalecik dolayının jeolojisi: MTA. Rap. 7298, (yayınlanmamıŐ) Ankara.
- Anonim. 2003. Yüksel Proje Uluslararası A.Ő. Kuyubaşı-Dutluk İstasyonları Arası Tünel Jeoteknik Raporu, Ankara, 36 s.
- Başarır, H., Özsarı, A. and Karakuş, M. 2005. Analysis of support requirements for a shallow diversion tunnel at Guledar Dam Site, Turkey. *Engineering Geology*, v. 81, pp 131-145.
- Batman, B. 1977. Haymana kuzeyinin jeolojik evrimi ve yöredeki melanjin incelenmesi: Doçentlik tezi, H.Ü. Yerbilimleri Enstitüsü, Beytepe, Ankara, 172s.
- Bieniawski, Z.T. 1973. Engineering classification of jointed rock masses. *Transaction of South African Institution of Civil Engineering*, 15, 335-44.
- Bieniawski, Z.T. 1974. Geomechanics classification of rock masses and its application in tunnelling. *Proceedings of the 3rd Congress of International Society for Rock Mechanics*, Denver, Vol. 2, pp, 27-32.
- Bieniawski, Z.T. 1976. Rock mass classification in rock engineering. *Proceeding of the Symposim on Exploration for rock Engineering*, Cape Town, Balkema, pp. 97-106.

- Bieniawski, Z.T. 1979. The Geomechanics Classification in rock engineering applications. Proceedings of the 3rd Congress on Rock Mechanics, ISRM, Montreux, Vol. 2, pp. 4-48.
- Bieniawski, Z.T. 1989, Engineering Rock Mass Clasification, John Willey & Sons Inc.,New York, 237 p.
- Birand, A. 1963. Study of the characteristics of Ankara Clays showing swelling properties: M.S. Thesis, M.E.T.U., Ankara, 39p.
- Boccaletti, M., Bortoloiti, V. and Sagri, M. 1966. Ricerche sulle ofioliti delle Catene Alpine, I-Osservazioni sull'Ankara Melange nella zona di Ankara: Consiglio Nazionale delle Ricerche, Pubblicazioni del Centro di Studi per la Geologia dell'Appennino, Roma, 508p.
- Çalgın, R., Pehlivanoglu, M., Ercan, T. ve Şengün, M. 1973. Ankara civarı jeolojisi: M.T.A. Enst. Jeol. Dairesi, Rapor No: 18, 55s. (yayımlanmamış)
- Çapan, U.Z. ve Buket, E. 1975. Aktepe-Gökdere bölgesinin jeolojisi ve ofiyolitli melanj: Türkiye Jeol. Kur. Bült., C.18, S.1, 11-16.
- Dağar, Z., Öztümer, Sirel, E. ve Yazlak, Ö. 1963. Ankara civarında birkaç stratigrafik kesit: Türkiye Jeol. Kur. Bült., C.8, S.I-2, 84-95.
- EGO, 2007. Web sitesi. <http://web.ego.gov.tr/inc/newsread.asp?id=225>. Erişim Tarihi: 23.10.2007
- Ercanoğlu, M. 1997. Altındağ (Ankara) Yerleşim Bölgesindeki Andezitlerde Olası Şev Duraysızlık Modellerinin İncelenmesi ve Duraysızlık Haritasının Oluşturulması, H.Ü. Fen Bil. Enst., Yüksek Müh. Tezi, 70s (yayımlanmamış).
- Erentöz, C. 1975. 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası derlemesi, Ankara paftası: M.T.A. Enstitüsü Yayını, 111s.
- Erk, A.S. 1977. Ankara civarında Genç Paleozoik'in Kulm Fliş Formasyonu: M.T.A. Enst. Derg., S.88, 73-93.
- Erol, O. 1954. Ankara ve civarının jeolojisi hakkında rapor: M.T.A. Enst. Bilimsel Dökümantasyon Şubesi, Derleme No: 2491, 238s (yayımlanmamış).
- Erol, O. 1956. Ankara güneydoğusundaki Elma Dağı ve çevresinin jeolojisi üzerinde bir araştırma: M.T.A. Enstitüsü Yayınları, Seri D, No: 9, 99s.

- Erol, O. 1961. Ankara bölgesinin tektonik gelişmesi: Türkiye Jeol. Kur. Bült. C.7, S.2, 57-85
- Erol, O. 1968. Ankara çevresinde Paleozoik arazisinin bölümleri ve Paleozoik-Mesozoik sınırı hakkında: Türkiye Jeol. Kur. Bült., C.9, S.I-2, I-20
- Erol, O., Yurdakul, E., Gürel, N., Ünsal, Y., Algan, Ü. ve Yüksel, M. 1980. Ankara Metropolitan Arazi Kullanım Haritası. MTA Derleme, Rapor No: 6875, Ankara.
- Ertürk, E. 1997. Ankara Kenti Kuzeyindeki (Solfasol Mahallesi) Rezidüel Toprakların Mühendislik Özellikleri ve Şev Duraylılığı Sorunları, H.Ü. Fen Bil. Enst., Yüksek Müh. Tezi, 70s (yayımlanmamış).
- Gökçen, S.L. 1976. Haymana güneyinin sedimantolojik incelemesi (SW Ankara): Doçentlik tezi, H.Ü. Yerbilimleri Enstitüsü, Beytepe-Ankara, 192s.
- Gökçeoğlu, C., Kasapoğlu, K. E. and Sönmez, H. 1998. Prediction of Uniaxial Compressive Strength of Ankara Agglomerates from Their Petrographical Composition, Proc. of the 8th Congress of the IAEG, Canada, Moore and Hungr (Eds.), A. A. Balkema, 445-459.
- Gökçeoğlu, C., Sönmez, H. ve Ercanoğlu, M., 2000. Discontinuity Controlled Probabilistic Slope Failure Risk Maps of Altındağ (settlement) region (Turkey), Engineering Geology, 55/4, 277-296.
- Hoek, E. 2004, Rock Engineering Course Notes, Canada p. 313 (<http://www.roscience.com/hoek/PracticalRockEngineering.asp> son erişim 12.03.07)
- ISRM, 1981. Rock characterization, testing and monitoring. In: , E.T. Brown, Editor, ISRM Suggested Methods, Pergamon Press, Oxford, 211 pp.
- ISRM, 1985. Suggested method for determining point load strength. Int. J.Rock Geomech. Abst., 22(2), 51-60.
- Karacan, E. 1984. Ankara Andezitlerindeki Kırık ve Çatlakların Jeomekanik Çözümlemesi, H.Ü. Fen Bil. Enst., Yüksek Müh. Tezi, 123s (yayımlanmamış).
- Karakuş, M. ve Başarır, H. 2006. Kaya Mühendisliği. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayınları, 319 s.
- Karpuz, C. and Paşamehmetoğlu, A.G. 1997. Field characterisation of weathered Ankara Andesites, Engineering Geology, 46, 1, 1-17

- Kasapoğlu, K.E. 2000. Ankara Kenti Zeminlerinin Jeoteknik Özellikleri ve Depremselliği. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 54, 180 s.
- Keskin, B. 1993. Ankara Yöresindeki Grovackların Yamaç Stabilitesi Yönünden İncelenmesi, H.Ü. Fen Bil. Enst., Yüksek Müh. Tezi, 161s (yayımlanmamış).
- Kiper, O.B. 1983. Etimesgut-Batıkent Yöresindeki Üst Pliyosen Çökellerin Jeo-Mühendislik Özellikleri ve Konsolidasyonu, H.Ü. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 160s (yayımlanmamış).
- Kumtepe, P. 1996. Ankara Yöresindeki Grovackların Kütle Dayanımının ve Elastisite Modülünün Ampirik İlişkilerle Belirlenmesi ve Anizotropi Özelliklerinin Araştırılması, H.Ü. Fen Bil. Enst. Yüksek Müh. Tezi, 68s (yayımlanmamış).
- Nurlu, Y.E. 1996. Ankara Grovacklarının Bozunma Derecelerinin Saptanması-Sınıflandırılması ve Haritalanması, H.Ü. Fen Bil. Enst., Yüksek Müh. Tezi, 70s (yayımlanmamış).
- Norman, T. 1972. Ankara Yahşıhan bölgesinde Üst Kretase-Alt Tersiyer istifinin stratigrafisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült. 15, 2, 180-276.
- Norman, T. 1973. Ankara Melanji'nın yapısı hakkında: Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri, M.T.A. Enstitüsü Yayını, 77-94.
- Özkan, İ. ve Ünal, E. 1996. Kaya kütlesi sınıflama sistemleri üzerine kritik bir değerlendirme. 3. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara, 181-193.
- Özsan, A. ve Karpuz, C. 2001. Preliminary support design for Ankara subway extension tunnel, Engineering Geology, 59, 1-2, 161-172.
- Sirel, E. 1975. Polatlı (GB Ankara) güneyinin stratigrafisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 18, (2), 181-192.
- Ulusay, R. 1975. Ankara kenti kuzey-orta bölgesinin jeomühendislik özellikleri, Diploma Tezi, H.Ü. Yerbilimleri Enstitüsü, Beytepe-Ankara, 81s.
- Ulusay, R. ve Sönmez H. 2007. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No. 60, Güncellenmiş ve Genişletilmiş 2. Baskı, Kozan Ofset, Ankara, 292 s.

- Ünalın, G., Yüksel, V., Tekeli, T., Gönenç, O., Seyirt, Z. ve Hüseyin, S. 1976. Haymana-Polatlı yöresinin (GB Ankara) Üst Kretase-Alt Tersiyer stratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 19, 2, 159-179.
- Yüksel, S., 1970. Etude Geologique de la Region d'Haymana (Turquie Centrale): These., Faculte des Sciences de L'Universite de Nancy, France, 179p.

## **EKLER**

- EK 1 Sondaj numunelerine ait laboratuvar deney sonuçları**
- EK 2 Nokta yük dayanımı deney sonuçları**
- EK 3 Andezit için Dips programına girilen eğim ve eğim yönleri**
- EK 4 Dasit için Dips programına girilen eğim ve eğim yönleri**
- EK 5 Aglomera için Dips programına girilen eğim ve eğim yönleri**

**EK 1 Sondaj numunelerine ait laboratuvar deney sonuçları (Yüksel Proje 2003 raporundan alınmıştır)**

Sondaj No	Numune Derinliği (m)	Birim Hacim Ağırlık ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	Tek Eksenli Basınç Dayanımı, ( $\sigma_c$ ) (MPa)	Elastisite Modülü (E) (GPa)	Poisson Oranı ( $\nu$ )	Tanımlama
UK29	7.50 – 9.00	21.80	-	-	-	Andezit
UK29	12.00 – 13.50	22.04	-	-	-	Andezit
UK 30	22.50 – 24.00	22.80	38.00	4.67	0.10	Andezit
UK 30	24.00 – 25.50	23.20	48.00	-	-	Andezit
UK 31	21.00 – 22.50	23.02	81.00	16.60	0.19	Dasit
UK 31	27.00 – 28.50	22.87	81.00	-	-	Dasit
UK 31	30.00 – 31.50	23.59	74.00	-	-	Andezit
YT 3	18.50 – 19.50	19.77	15.00	1.67	0.16	Tüf
UK 32	27.00 – 28.50	23.72	91.00	21.60	0.11	Dasit
UK 32	32.50 – 34.70	23.61	100.00	-	-	Dasit
UK 33	9.00 – 10.50	22.37	46.00	8.40	0.08	Aglomera
UK 33	19.10 – 21.00	23.29	75.00	20.00	0.24	Aglomera
UK 33	28.50 – 30.00	23.33	32.00	-	-	Aglomera
UK 34	13.50 – 15.00	23.15	8.00	3.50	0.05	Andezit
UK 34	24.50 – 26.00	22.45	25.00	5.00	0.16	Andezit

## EK 2 Nokta yük dayanımı deney sonuçları

Numune No	W (mm)	D (mm)	De <sup>2</sup> (W.D) (mm <sup>2</sup> )	P (kN)	Is (P.10 <sup>3</sup> /De <sup>2</sup> ) (MPa)	F (De/50) <sup>0,45</sup>	Is <sub>50</sub> (F.Is) (MPa)	Ortalama
A-1	88	95	8360	5,1	0,61	1,31	0,80	1.37
A-2	99	135	13365	11	0,82	1,46	1,20	
A-3	90	110	9900	9	0,91	1,36	1,24	
A-4	80	130	10400	5	0,48	1,38	0,66	
A-5	87	105	9135	3	0,33	1,34	0,44	
A-6	76	78	5928	5	0,84	1,21	1,02	
A-7	95	115	10925	3	0,27	1,39	0,38	
A-8	85	115	9775	5,1	0,52	1,36	0,71	
A-9	50	50	2500	12	4,80	1	4,80	
A-10	80	90	7200	11,5	1,60	1,27	2,03	
A-11	78	124	9672	10	1,03	1,36	1,41	
A-12	59	67	3953	4	1,01	1,11	1,12	
A-13	67	81	5427	9	1,66	1,19	1,97	
D-1	65	97	6305	15	2,38	1,23	2,93	2.94
D-2	60	90	5400	8	1,48	1,19	1,76	
D-3	60	60	3600	7,5	2,08	1,09	2,27	
D-4	58	63	3654	11	3,01	1,09	3,28	
D-5	85	120	10200	21	2,06	1,37	2,82	
D-6	56	100	5600	22	3,93	1,20	4,71	
D-7	85	180	15300	33	2,16	1,50	3,24	
D-8	86	175	15050	25,5	1,69	1,50	2,54	

\* A: Andezit, D: Dasit.

### EK 3 Andezit için Dips programına girilen eğitim ve eğitim yönleri

#### ANDEZİT

Eğitim	Eğitim yönü	Eğitim	Eğitim yönü	Eğitim	Eğitim yönü
62	114	73	208	77	32
74	320	52	278	83	254
82	20	69	298	71	303
80	215	67	329	68	57
26	258	86	343	72	318
73	284	77	51	79	212
69	99	60	77	65	252
78	15	84	286	75	236
74	206	86	75		
54	56	79	225		
76	248	41	191		
65	26	87	15		
74	218	76	198		
72	318	55	193		
59	153	86	225		
71	254	81	261		
76	68	83	284		
74	217	70	53		
38	130	69	210		
80	320	74	277		
80	295	75	315		
76	229	23	68		
57	65	73	202		
77	32	40	298		
83	254	43	332		
71	303	76	29		
68	57	70	49		
80	157	76	210		
79	212	72	221		
65	252	65	328		
75	236	77	39		
47	222	74	77		
33	191	43	195		
86	349	71	104		
43	132	74	220		
70	33	76	312		
24	20	79	26		
46	306	74	217		
79	306	75	315		
81	44	81	44		
81	212	59	153		
78	133	76	229		
78	18	57	65		

#### EK 4 Dasit için Dips programına girilen eğitim ve eğitim yönleri

##### DASİT

Eğitim yönü	Eğitim	Eğitim yönü	Eğitim
140	53	330	60
130	85	340	60
255	68	350	70
150	65	325	70
175	70	345	65
255	70	335	70
265	56	120	75
295	65	145	75
260	80	150	80
235	64	155	70
320	54	235	80
340	80	235	70
45	65	330	60
320	60	220	80
260	75	305	80
235	75	160	85
215	70	155	80
230	75	140	85
40	55	40	80
50	60	235	74
140	80	220	85
230	85	230	80
150	80		
245	83		
330	66		
160	85		
265	83		
150	45		
165	42		
160	48		
335	60		
350	45		
350	52		
320	54		
340	80		
45	65		
40	60		
260	75		
235	75		
215	70		
230	75		
40	55		
50	60		

## EK 5 Aglomera için Dips programına girilen eğitim ve eğitim yönleri

### AGLOMERA

Eğitim yönü	Eğitim yönü	Eğitim yönü	Eğitim
294	18	242	23
300	23	292	18
279	5	244	20
303	25	259	7
340	39	108	13
333	35		
294	17		
344	43		
341	40		
319	38		
232	31		
287	13		
240	23		
211	43		
238	25		
206	48		
247	18		
63	21		
74	10		
249	15		
302	26		
261	5		
292	17		
74	12		
251	14		
301	25		
243	30		
287	13		
44	38		
56	29		
53	33		
244	20		
52	32		
120	24		
267	19		
267	18		
122	27		
106	11		
119	24		
113	19		
238	26		
242	21		
251	14		
121	25		
237	27		
99	4		
240	24		
101	6		

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Serdar YÜCEEL

Doğum Yeri: Ankara

Doğum Tarihi: 06.01.1982

Medeni Hali: Bekâr

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu

Lise: Ankara Kurtuluş Lisesi/1998

Lisans: Ankara Üniversitesi-Jeoloji Mühendisliği/2004

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl

Em-nur Madencilik San. ve Tic. Ltd. Şti./2007–2008

Jeomekanik Mühendislik Sondajcılık San. ve Tic. Ltd. Şti./2007