

**ACAR FORMASYONUNUN (ALAPLI-ZONGULDAK) TÜNEL AÇILABİLME
ÖZELLİĞİ**

Gülşah AKKAYA

**Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

ZONGULDAK

Ocak 2012

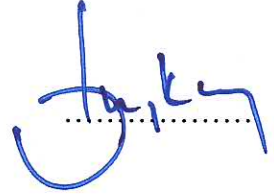
KABUL:

Gülşah AKKAYA tarafından hazırlanan “ACAR FORMASYONUNUN (ALAPLI-ZONGULDAK) TÜNEL AÇILABİLME ÖZELLİĞİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.
27/01/2012

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇİTİROĞLU (ZKÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Gürkan BACAK (ZKÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZARSLAN (ZKÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. .../.../2012



Prof. Dr. Özden ÖZEL GÜVEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Gülşah AKKAYA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ACAR FORMASYONUNUN (ALAPLI-ZONGULDAK) TÜNEL AÇILABİLME ÖZELLİĞİ

Gülşah AKKAYA

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇİTİROĞLU

Ocak 2012, 129 sayfa

Bu çalışmada Alaplı (Zonguldak) yöresinde Acar Formasyonu (49+946- 50+808) km'leri arasında kalan jeolojik birimlerin tünel açılabilme özellikleri irdelenmiştir.

Acar formasyonu birimlerinin Q, RMR ve NATM sistemlerine göre sınıflandırmaları yapılmıştır. Acar formasyonu (Ka), RMR, Q, GSI kaya sınıflamalarına tabi tutularak Ka₁, Ka₂ ve Ka₃ birimlerinin zayıf, orta sağlam kaya sınıfına girdiği belirlenmiştir. Bu sınıflamalar neticesinde formasyon içerisinde Alman Yöntemi ve Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi ile tünel açılmasının uygun olduğu görülmüştür. Acar formasyonu Ka₁, Ka₂ ve Ka₃ birimlerinde uygulanabilecek tünel açma yönteminin Karayolları Teknik Şartnamesine göre NATM olduğu ve B3 ve C2 destek sistemlerinin uygulanması öngörülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Tünel, RMR, Q sınıflaması, Yeni Avusturya tünel açma yöntemi

Bilim Kodu: 606.04.01

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE TUNNEL OPENING FEATURE OF ACAR FORMATION (ALAPLI-ZONGULDAK)

Gülşah AKKAYA

**Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering**

**Thesis Advisor: Asst. Prof. Hülya KESKİN ÇİTİROĞLU
January 2012, 129 pages**

In this study; has been investigated tunnel opening properties of the geological units which the Acar formation is between (49+946- 50+808) kms in Alaplı (Zonguldak) region.

Units of Acar Formation classified according to Q, RMR and NATM systems. Ka1, Ka2 and Ka3 units are determined as weak medium strongly rock category by using (Ka), RMR, Q, GSI rock classifications. In consequence of this classification; tunnel opening is convenient with German Technique and New Avustria Technique inside of the formation. As stipulated in; the tunnel opening technique which is used for the Ka1, Ka2, Ka3 units of Acar formation according to Highway Technical Spesification, is NATM and B3 and C2 abutment systems should be applied.

Key Words: Tunnel, RMR, Q Classification, New Austrian Tunnel Method

Science Code : 606.04.01

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmasında bilgi ve birikimi ile bana yol gösteren, bu tezin oluşmasında benden hiçbir yardımını esirgemeyen tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇİTİROĞLU'na (ZKÜ) teşekkür ederim. Görüşleriyle katkıda bulunan Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZARSLAN (ZKÜ) ve Yrd. Doç. Dr. Gürkan BACAK'a (ZKÜ) içten teşekkür ederim.

Tez çalışmasına ait belge ve bulguların tedarik edilmesinde benden hiçbir yardımını esirgemeyen Limak Holding çalışanlarına teşekkür ederim.

Bu çalışmada benden yardımlarını esirgemeyen Öğrt. Gör.Barış GÜRSOY'a (Ekonomi Üniversitesi) teşekkür ederim.

Tez çalışması sırasında benden hiçbir desteğini esirgemeyen nişanlım Cihangir KOZAN'a teşekkür ederim.

Bugüne kadar benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
 BÖLÜM 1 GİRİŞ	 1
 BÖLÜM 2 TÜNELLER	 3
 2.1 TÜNELCİLİKTE KULLANILAN TERİMLER	 3
2.2 TÜNEL AÇMA YÖNTEMLERİ	5
2.2.1 Parçalı Kesit Yöntemleri	5
2.2.1.1 Alman Yöntemi.....	5
2.2.1.2 Belçika Yöntemi	6
2.2.1.3 Eski Avusturya Yöntemi	7
2.2.1.4 İngiliz Yöntemi	9
2.2.1.5 İsviçre Yöntemi.....	9
2.2.1.6 İtalyan Yöntemi	10
2.2.2 Tam Kesit Yöntemi.....	10
2.2.2.1 Tam Mekanizma Yöntemleri.....	11
2.2.2.2 Ön Sağlamlaştırma Yöntemi.....	11
2.2.2.3 Kalkan Yöntemi	11
2.2.2.4 Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi.....	12

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

BÖLÜM 3 YENİ AVUSTURYA TÜNEL AÇMA YÖNTEMİ (NATM).....	13
3.1 YENİ AVUSTURYA TÜNEL AÇMA YÖNTEMİNİN ANA İLKELERİ	18
BÖLÜM 4 TÜNEL DESTEKLEME TASARIMI İÇİN KAYA KÜTLELERİNİN MÜHENDİSLİK SINIFLAMALARI	23
4.1 KAYA MALZEMESİNİN DAYANIM ÖZELLİKLERİ.....	24
4.1.1 Tek Eksenli Basınç Dayanımı	24
4.1.2 Nokta Yüğü Dayanımı	26
4.2 KAYA YÜKÜ (TERZAGHİ) SINIFLAMASI.....	28
4.3 RMR SINIFLAMA SİSTEMİ.....	28
4.4 Q SINIFLAMASI	34
4.4.1 Asgari Bulon Boyları	42
4.4.2 En Büyük Desteksiz Açıklık.....	43
4.4.3 Desteksiz Kalma Süresi.....	43
4.5 JEOLJİK DAYANIM İNDEKSİ	45
BÖLÜM 5 İNCELEME ALANININ TANITILMASI VE JEOLJİSİ	51
5.1 ULAŞIM VE YERLEŞİM DURUMU	51
5.2 İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ	52
5.3 STRATİGRAFİ	52
5.3.1 Bellibaşı Formasyonu.....	54
5.3.2 Kuşça Formasyonu.....	54
5.3.3 Kirencikbaşı Formasyonu (Dki)	54
5.3.4 Doruktepe Formasyonu (Trd).....	56
5.3.5 Acar Formasyonu (Ka).....	56
5.3.6 Dadalı Formasyonu (Kd).....	57
5.3.7 Çakbelit Formasyonu (Tç).....	57
5.3.8 Göktepe Formasyonu (Tg)	57

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

5.3.9 Töngelli Formasyonu (Nt).....	59
5.3.10 Magmatizma	59
5.3.11 Kuvaterner Çökelleri	59
5.3.11.1 Yamaç Molozu (Yd).....	59
5.3.11.2 Güncel Alüvyon (Qal)	60
5.3.11.3 Plaj Kumları (Qk).....	60
5.4 JEOMORFOLOJİ	60
5.5 YAPISAL JEOLJİ VE TEKTONİZMA	60
5.6 JEOLJİK TARİHÇE	61
5.7 DEPREMSELLİK	62
 BÖLÜM 6 MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ	 65
6.1 ÇOK-TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ ACAR FORMASYONU	66
6.2 ACAR FORMASYONU (Ka2- Ka3)	67
6.3 JEOLJİK YAPININ TÜNEL GEÇKİLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ.....	71
6.3.1 Eklemler	78
6.3.2 Faylar ve Gelişmiş Eklemler	78
6.4 ACAR FORMASYONUNUN MÜHENDİSLİK SINIFLANDIRMALARI	79
 BÖLÜM 7 TARTIŞMA	 85
 BÖLÜM 8 SONUÇLAR VE ÖNERİLER	 89
 KAYNAKLAR	 93
EK AÇIKLAMALAR A SONDAJ LOGLARI	97
ÖZGEÇMİŞ	129

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Tünelde kullanılan terimler	4
2.2 Tünel açımında Alman yönteminin uygulanışı	6
2.3 Belçika yöntemi	7
2.4 Eski Avusturya yöntemi	8
2.5 İngiliz yöntemi	9
2.6 İsviçre yöntemi	10
3.1 Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu tahkimat elemanları	15
3.2 Püskürtme beton uygulamasını gösteren bir fotoğraf	15
3.3 Püskürtme beton uygulamasını gösteren bir fotoğraf	16
3.4 Tel kafesi (Çelik hasır) gösteren bir fotoğraf	16
3.5 Kaya saplamasını (Kaya bulonu) gösteren bir fotoğraf	17
3.6 Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu	17
3.7 Yer altı yapısının taşıyıcı kısmı	19
3.8 Kayaç gevşemelerinin tünellere etkisi	19
3.9 Koruyucu bölge halkası	20
3.10 Sağlamlaştırma kaplamaları	21
3.11 Sağlamlaştırma için yapılan ölçümler	21
3.12 Sağlamlaştırmada kullanılan ekipmanlar	22
3.13 İç ve dış kabuk	22
4.1 RMR değerlerine bağlı olarak tünel kazılarının ayakta kalma zamanı	33
4.2 Eş değer boyut-kaya kütlesi kalitesi	45
5.1 İnceleme alanı ve çevresine ait yer bulduru haritası	53
5.2 İnceleme alanı ve yakın çevresinin stratigrafik dikme kesiti	55
5.3 49+946- 50+808 km'leri arasında inceleme alanının jeolojik kesiti	58
5.4 Alaplı İlçesi'nin depremselliği	63
6.1 Ka1 ve Ka2 birimlerini gösteren bir fotoğraf	68
6.2 Ka2 birimine ait fotoğraf	69
6.3 Km: 49+960'sinde yapılan SK1 sondajına ait jeolojik kesit	72

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Sayfa

6.4 Km: 50+055'sinde yapılan SK2 sondajına ait jeolojik kesit	73
6.5 Km: 50+210'sinde yapılan SK3 sondajına ait jeolojik kesit	74
6.6 Km:50+330'sinde yapılan SK4 sondajına ait jeolojik kesit	75
6.7 Km: 50+960'sında yapılan SK6 sondajına ait jeolojik kesit	76
6.8 Km: 50+780'ninde yapılan SK7 sondajına ait jeolojik kesit	77
7.1 Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasında jeolojik yapıya ait tünel destekleri	88
A1 SK1 sondaj logu	99
A2 SK2 sondaj logu	101
A3 SK3 sondaj logu	103
A4 SK4 sondaj logu	108
A5 SK5 sondaj logu	115
A6 SK6 sondaj logu	120
A7 SK7 sondaj logu	126

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 Q ve RMR değerlerine göre kaya sınıflaması	24
4.2 Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli basınç dayanımına ve arazi tanımlamalarına göre sınıflandırılması.....	25
4.3 Tek eksenli basınç direncine göre kayaçların sınıflandırılması	25
4.4 Kayaçların nokta yük direncine göre sınıflandırılması.....	27
4.5 Tünel kazısı ve desteklenmesi için kayaçların sınıflandırılması	29
4.6 Kaya kütlesi puanlama sistemi	31
4.7 Kaya tünellerinde RMR'ye dayalı destek rehberi	34
4.8 Q sistemi parametreleri	38
4.9 ESR.....	41
4.10 Q değerlerine bağlı kaya kütlesi sınıfları	42
4.11 Kaya sınıflama sistemlerinin karşılaştırılması	44
4.12 Destek sınıfı.....	46
4.13 Jeolojik Dayanım İndeksi.....	49
6.1 Acar Formasyonu (49+946- 50+808) km'leri arasındaki temel sondajları	66
6.2 Tek eksenli basınç dayanımı sonuçları	80
6.3 Nokta yükü dayanım indeksi sonuçları.....	81
6.4 Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasındaki RMR kaya sınıflaması	82
6.5 Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasındaki Q kaya sınıflaması	83
6.6 Kaya sınıflaması (NATM)	83
7.1 B3 Destek sistemi	87
7.2 C2 Destekleme sistemi.....	87

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Alan, m ²
B _{max}	: Kazı açıklığı, m (Q sistemi)
D _e	: Eş değer boyut, (Q sistemi)
E	: Elastik modül, MPa
ESR	: Kazı destek oranı (Q sistemi)
F	: Kuvvet, kg
GSİ	: Jeolojik Dayanım İndeksi, MPa
I _s	: Nokta yük indeksi, MPa (Nokta yük direnci)
J _n	: Eklem takım numarası
J _r	: Eklem pürüzlülük numarası
J _a	: Eklem ayrışma numarası
J _w	: Eklem suyu azaltma faktörü
L	: Bulon uzunluğu, m
NATM	: Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu
P	: Yenilme yük değeri, kg
RQD	: Kaya kalite sınıfı
SRF	: Gerilme azalım faktörü
TCR	: Toplam karot yüzdesi
YASS	: Yer altı su seviyesi
Φ	: Bulon çapı, mm
γ	: Birim hacim ağırlık, kN/m ³
ν	: Poisson oranı
σ _c	: Örselenmemiş kaya kütlesi için tek eksenli basma dayanımı, MPa
σ ₁	: Büyük asal gerilme, MPa
σ ₃	: Küçük asal gerilme, MPa
σ _t	: Kaya malzemesinin çekilme dayanımı, MPa

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Yeryüzü şekillerinin ortaya çıkardığı zorlukları aşmak amacıyla bir takım araç ve yöntemler kullanılarak inşa edilen iki ucu açık tüneller önemli mühendislik yeraltı yapılarındandır. Böylelikle yeryüzünde var olan dağ, deniz, nehir gibi doğal engellerin geçilmesini sağlamaktadır. Güvenirlik ve verimlilik çerçevesinde kesintisiz, uygun koşullarda ulaşım imkanı sunmaktadır.

Dünya nüfusunun gün geçtikçe artmasına paralel olarak farklı ulaşım ve taşıma araç ve yolları geliştirilse de, 3. Dünya ve gelişmekte olan ülkelerde karayolu ulaşım ve taşımacılığı sıralamada her zaman üst seviyelerde kendine yer bulmuştur. Bu gelişimin ışığında şehirlerarası ulaşımı daha da hızlandırmak ve mevcut karayolları ağını daha da genişletebilmek için tüneller inşa edilmiştir.

İnsan yaşamında gittikçe önem kazanan tüneller yaygın olarak M.Ö. II. Yüzyıldan itibaren günümüze kadar gelen süreçte büyük aşamalar kaydetmiştir. Farklı toplumlar ve farklı kültürlerin, teknik ve ekonomik gelişim izlerini taşıyarak çalışmalara ilham kaynağı olmuştur. Şüphesiz ki tüneller birçok bakımından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Kentselleşme ve endüstri kuruluşlarının toplu bölgelere taşınması gibi başlıklar yüzünden coğrafik şartlar da zorlanmaktadır. Tüneller bu noktada önemli bir işlev üstlenmektedir ve yadsınamaz bir ayrıcalık doğurmuştur.

Karayolu tünellerinin amacı; daha hızlı ve güvenli bir şekilde ulaşımı sağlamaktır. Yeryüzü şekillerinden kaynaklanan bir takım engellerin aşılmasında tüneller ile geliştirilen yollar günümüzde önem kazanmaktadır.

Bu tezin amacı; tünellerde uygulanan tünel açma yöntemlerini inceleyip, Acar formasyonunda kullanılan yöntemin nasıl uygulandığı hakkında bilgi vermek; formasyonda uygulanan

yöntemde kazı işleminin nasıl yapıldığı ve kullanılan destek elemanlarının neler olduğu ile kullanılan destek elemanları miktarları hakkında bilgi vermektedir.

BÖLÜM 2

TÜNELLER

Ulaşım, baraj ve maden arama-işletme amaçlı yeraltında kazılan ve yatay veya yataya yakın olarak inşa edilen girişi ve çıkışı olan geçitlere tünel denir.

Tünel inşaatını gerektiren nedenler:

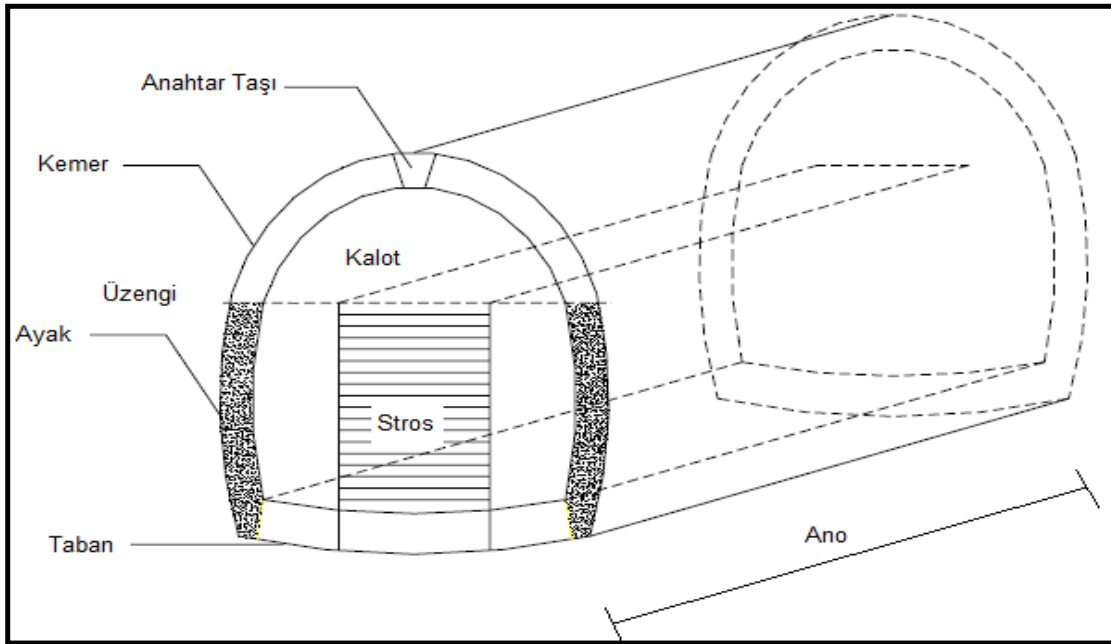
- Eğimi sınırlı olan güzergahlarda, dağlık arazide, yeryüzünden aşılamayan sırt ve tepelerin geçilmesi amacı ile,
- Güzergahın bir kısmının önemli toprak kaymaları, kaya yuvarlanmaları veya çığdan korunması durumunda,
- Demiryollarında, dağlık bir arazide yükseklik kazanmak amacı ile,
- İnşaatı ve bakımı fazla masraflı olan, kendini tutamayan zeminlerdeki büyük yarmalardan kurtulmak için,
- İrtibat ve derivasyon galerileri gibi su getirme yapılarının bir kısmı olarak, pis ve temiz suların izolesi, gaz boruları elektrik ve telefon kabloları vb. gibi muhtelif tesislerin içinde toplandığı galeriler olarak şehir hizmetleri için,
- Yer üstü yapılarının çok pahalı olduğu yerlerdeki yolların genişletilmesi ve yeni yolların açılmasının imkansız olduğu durumlarda veya kitle halinde çok sayıda insanın taşınması gerektiği metro inşaatları için,
- Trafiği yoğun olan yolların veya bir yol ile demir yolunun aynı düzende birbirini kesmesi istenildiği zaman,
- Birbirlerinden tepe, sırt, akarsu, boğaz vb. gibi doğal engellerle ayrılmış şehir semtlerinin birleştirilmesi amacı ile tüneller açılmaktadır (Aklan 2002).

2.1 TÜNELCİLİKTE KULLANILAN TERİMLER

Tünellerde yatay düzlemle olan ilişkilerine, derinliklerine ve en kesitlerine bağlı olarak, duruş ve çeşitli kısımları değişik terimlerle ifade edilir. Bu terimler önce madenciler ve demir

yolcular tarafından kullanılmış ve daha sonra diğer mühendisler tarafından da benimsenmiştir. Teknolojinin gelişmesine paralel olarak gelişen tünelticilik yöntemleri, her geçen gün yeni terimlerle tanışmaktadır.

Tünellerin eni ve yüksekliği, amaca göre değişik boyutlarda olur. Tüneller yatay veya açılı olarak açılabilir. Bu tipler ister eğimli ister düşey olsun ‘şaft’, aşağıya eğimli olanlar ‘baş aşağı’, yukarıya doğru olanlar ‘baş yukarı’, geniş daire ya da buna yakın şekillerde olanlara ‘oda’ adı verilir. Yeryüzünden, farklı amaçlar için yeraltının istenilen yerine ulaşmak için açılan açıklıklar ‘galeri’ olarak isimlendirilir. Madencilikte mineral zonlarına sürülen açıklıklar yine ‘galeri’ adını alır. Tünelin üstünde bulun zemine ‘örtü’ ve bunun kalınlığına da ‘örtü kalınlığı’ adı verilir. Kazı esnasında tünelde çıkarılan kayalara ‘pasa’ denir. Tünel kesitinin kazıldığı kaya yüzeyine ‘ayna’ adı verilir. Tünelin ilerlediği boşluğun alt kısmına ‘taban/radye’, yan kısımlarına ‘yan/ayak/duvar’ , üst kısmına ‘tavan/kemer’ denir. Tavanın duvarlarla birleştiği noktaya ‘üzengi/üzengi düzeyi’ denir. Dairesel tünel kesitlerinde üzengi düzeyi yatay çaptır. Üzengi düzeyinin altında kalan kısma ‘kalot/takke’ ,üzengi düzeyinin altında kalan kısma da ‘stros/orta kısım’ adı verilir (Özer vd. 2003) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Tünelde kullanılan terimler (Aklan 2002).

2.2 TÜNEL AÇMA YÖNTEMLERİ

Tünel açma yöntemleri parçalı kesit ve tam kesit yöntemleri olarak iki bölümde incelenmektedir. Yalnız Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi, tünel açma çalışmalarında büyük bir gelişmeye yol açtığından ayrı bir bölüm olarak incelenmektedir.

Hem tünel açma yönteminin belirlenmesinde hem de destekleme türünün seçiminde kaya malzemesinin ve kütlelerinin özelliklerinin büyük önemi vardır. Kayaçların ayrışma derecesi ve çatlak sıklığına, vb. gibi özelliklerine bağlı olarak gereken tünel açma yöntemleri ve sağlamlaştırma tipleri doğru seçilmelidir.

2.2.1 Parçalı Kesit Yöntemleri

Parçalı kesit yöntemlerinde ilk önce nakliye amacıyla tavan ve taban galerileri sürülmekte, daha sonra diğer parçalar pano halinde alınmaktadır. Bu yöntemlerde önemsiz deformasyonlar dikkate alınmamaktadır. Bu bölüme giren başlıca yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

2.2.1.1 Alman Yöntemi

Bu yöntem çekirdek yöntemi olarak da bilinir. Önemi kaybetmiş olmasına rağmen son yıllarda büyük kesitli yeraltı yapılarının kalot kazılarında kullanılmaktadır. Bu yöntemde göre; önce iki adet yan ayak galerisi ve tavan galerisi sürülür, bu çalışmayı izleyen zaman içinde duvarlar örülür. Daha sonra yan ayak galerilerinden tavan galerisine doğru bunları birleştirecek şekilde tünel boyunca galeriler açılır. Bu işlemlerden sonra, çekirdek bölümüne oturtulan kısa boylu destekler yardımıyla büyük deformasyonların önüne geçilir. Daha sonra tavanın örülmesi gerçekleştirilir ve tavan kaplaması tamamlanır. Son olarak ortadaki çekirdek bölümü alınarak taban kaplaması işlemine geçilerek tünel bitirilmiş olur (Şekil 2.2) (Köse vd. 1992).

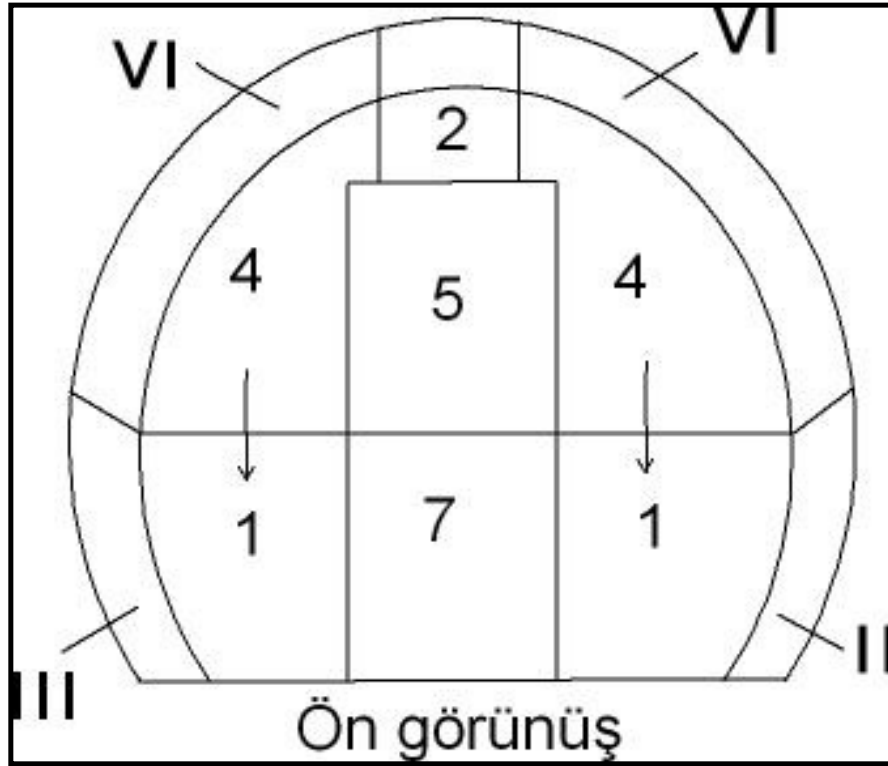
Yöntemin avantajları:

- Açılan galerilerden sonra özellikleri bilinen bir formasyonda çalışması,
- Tavan kemerinin sağlam destekler üzerinde bulunması ve masrafsız olmasıdır.

Yöntemin dezavantajları:

- Çalışma alanının çok dar olması,

- Zaman kaybının fazla olması,
- Galerilerin gerilmelerinin değişik yön ve şiddette ortaya çıkması olarak sıralanabilir.



Şekil 2.2 Tünel açımında Alman yönteminin uygulaması (Köse vd. 1992).

2.2.1.2 Belçika Yöntemi

Bu yöntemin ana ilkesi tavan kayacının dengesini korumaktır. Bunun için tavan galerisi sürülmekte ve kalot kazısı bitiminden sonra derhal kaplanmalıdır. Tavan kaplandıktan sonra diğer parçalar anolar halinde alınmaktadır.

Belçika yönteminde; bir tünele değişik çalışma alanları oluşturulduğu gibi, her şantiyenin birbirini izleyen anolarında da birer ekibin çalışma olanağı olduğundan ilerleme hızını arttırmak mümkündür. Bu yöntem; zeminin kendini tutma derecesi ve tünel kesitinin büyüklüğü gibi bazı özel durumlar karşısında değişikliklere uğrayarak uygulanabilmektedir (Şekil 2.3). Büyük basınçlara maruz kalındığında gövdenin yanlarında bacalar oluşturulur ve bunlara beton ayaklar dökülür. Bu durum maliyetin yükselmesine yol açar. Tavan ve taban galerileri ortadan bir bacayla birleştirilerek nakliyat galerisiyle sürekli irtibat sağlanır. Plastik

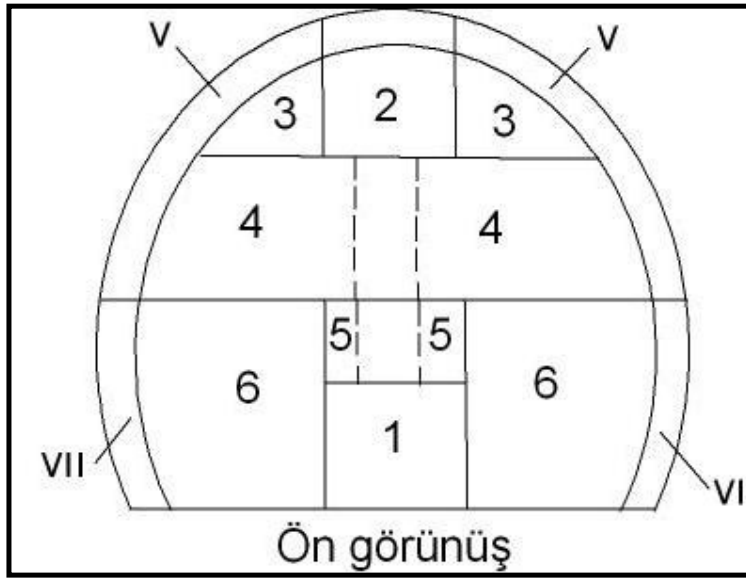
deformasyonlara yatkın, orta ve az sağlam kayalarda başarı ile uygulanmaktadır (Köse vd. 1992).

Yöntemin avantajları:

- Tavanın kısa sürede sağlamlaştırılabilmesi,
- Ağaç tüketimi çok az olması,
- Kaya duyarlılığının sağlanması,
- Sürekli kazıya uygun olmasıdır.

Yöntemin dezavantajları:

- Tavan ve taban kaplamalarının çabuk yapılmasının gerekmesi,
- Çalışma alanının dar olması şeklinde sıralanabilir.



Şekil 2.3 Belçika yöntemi (Köse vd. 1992).

2.2.1.3 Eski Avusturya Yöntemi

Uzunluğu az, kesiti geniş olan tünellerde uygulanan bir yöntemdir. Önce tavan ve tabanda nakliye galerileri açılır, kazı yukarıdan aşağıya doğru yapılır. Kaplama ise aşağıdan yukarıya bütün parçalar alındıktan sonra yapılır (Şekil 2.4). Bu yöntem fazla ağaç tüketimi ve taş duvar kaplamasından dolayı yüksek maliyetlere ulaşır. Son zamanlarda çelik ya da çelik-ağaç kombinasyonları ve sağlamlaştırma amacıyla püskürtme beton uygulaması yaygınlaşmaktadır.

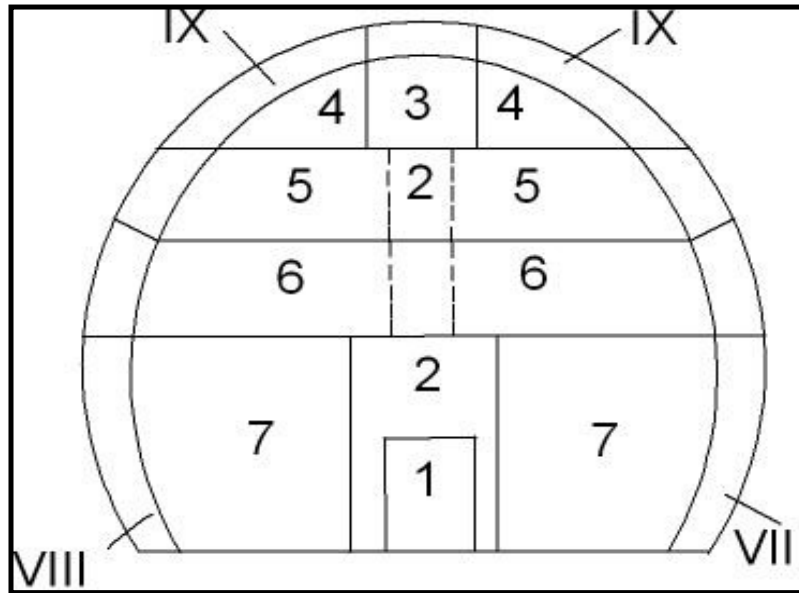
Tavan ve taban galerisi her 50-60 metrede bir bacalarla birleştirilerek, taban galerisi nakliyat amacıyla kullanılır(Köse vd. 1992).

Yöntemin avantajları:

- Çalışma alanı fazla olduğundan ekonomik ve hızlı bir yöntemdir,
- Her çeşit jeolojik yapıya ve değişken koşullara uyum sağlayabilir,
- Her galeri açıklığında destekler tabana yerleştirildiğinden yüksek basınçlı ortamlarda çalışmak emniyetlidir.

Yöntemin dezavantajları:

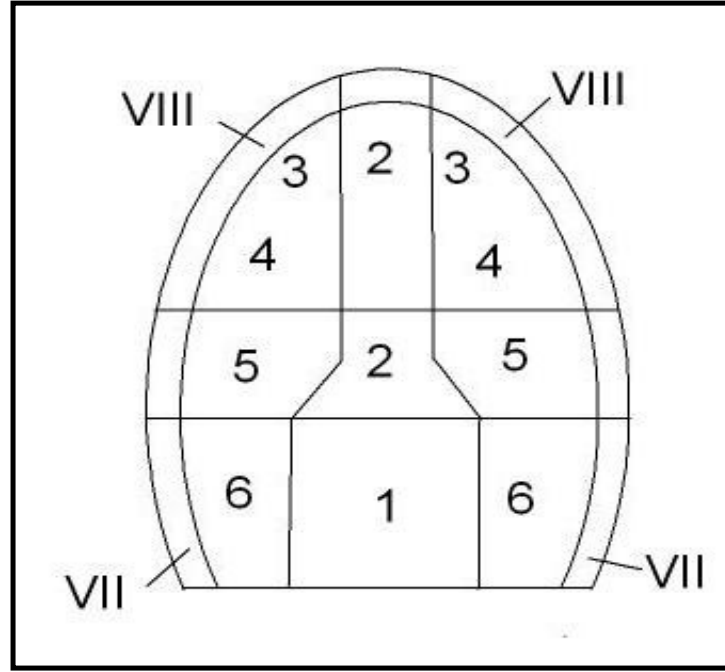
- Ağaç tüketimi fazladır,
- Çalışma alanı dardır,
- Taban kaplamasındaki gecikme olumsuz sonuçlar yaratabilir. Kalıcı kaplamanın gecikmesi, geçici desteklemenin pahalı olmasına ve kaya sağlamlığının azalmasına neden olur. Bu yöntem kum, çakıl gibi akıcı ve kil gibi plastik davranışlı kayalar dışındaki kayalarda başarı ile uygulanır.



Şekil 2.4 Eski Avusturya yöntemi (Köse vd. 1992).

2.2.1.4 İngiliz Yöntemi

Bu yöntem tüm özellikleri ile Eski Avusturya Yöntemi'ne benzer. Ancak Eski Avusturya Yöntemin'den daha az parçalı olduğundan daha sağlam ve az baskılı kayalarda uygulanır. Ayrıca tünel ve enkesitin küçük olduğu durumlarda daha başarılı olarak çalışır (Şekil 2.5) (Köse vd. 1992).



Şekil 2.5 İngiliz Yöntemi (Köse vd. 1992).

2.2.1.5 İsviçre Yöntemi

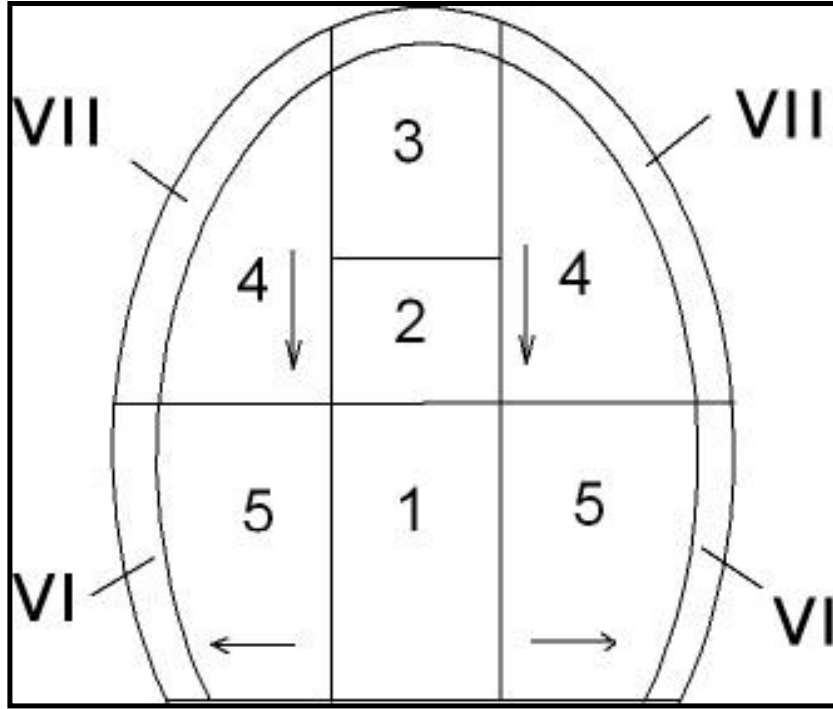
Bu yöntemde önce taban galerisi açılır. Bu galeriler araştırma galerileri gibi önde ilerler ve nakliyat amacıyla kullanılırlar. Sonra bu taban galerisi tavana kadar genişletilir. Tavana ulaşıldıktan sonra yan parçalar aşağı doğru alınır. Kaplama aşağıdan yukarıya doğru yapılır (Şekil 2.6) (Köse vd. 1992).

Yöntemin avantajları:

- Sağlam kayalarda kazı kolaylığı sağlar,
- Çalışma sahası geniştir.

Yöntemin dezavantajları:

- Yoğun bir şekilde geçici ağaç tahkimat kullanılır,
- Ağaç tüketiminin yüksek olmasıdır.



Şekil 2.6 İsviçre yöntemi (Köse vd. 1992).

2.2.1.6 İtalyan Yöntemi

Çok plastik ve akışkan kayalarda uygulanan, ender bir yöntemdir. Yöntemin temel prensibi, kazı öncesinde arın ve tünel cidarının rijit plakalarla kaplanmasıdır. İlerleme sırasında rijit plakalar kaldırılır, kazılan kısımlar rijit plakalarla hemen yeniden desteklenir. İlerleme oldukça yavaştır. Kalıcı rijit tabakalar ayrıca bir iç kaplamayla sağlamlaştırılır. Bu yöntem küçük kesitli tünellerde tam kesit şeklinde de uygulanabilir (Köse vd. 1992).

2.2.2 Tam Kesit Yöntemi

Bu tip yöntemlerde öngörülen tünel profili bir defada alınır. Metro tünelleri gibi deformasyonlara izin verilmeyen ortamlarda kullanılan yöntemlerin en önemlileri aşağıda verilmiştir.

2.2.2.1 Tam Mekanizma Yöntemleri

Kazı ve nakliye mekanize olarak yapılır. Destekleme, kazıyı takiben gerçekleştirilir. Bu yöntem en hızlı tünel açma yöntemidir. Özel araç-gereçlere gereksinim göstermesi ve ilk yatırım maliyetinin yüksek olması nedeniyle ancak uzun ve dairesel kesitli tünellerin açımında ekonomik olmaktadır.

Yöntem, elastik davranışlı olan, akma göstermeyen, kolay kazılabilen, yumuşak veya yarı sert kayalarda uygulanma alanı bulur. Son zamanlarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha sert kayalar kazabilen makineler kullanılmaya başlanmıştır.

2.2.2.2 Ön Sağlamlaştırma Yöntemi

Pahalı ve çok zaman alan bir yöntemdir. Bu yöntem; akıcı, duray olmayan ve fazla su içeren kayalarla, kaya patlamalarının olduğu yüksek dağ tünellerinin açılmasında kullanılır. Kazıdan önce dondurma ve enjeksiyon yöntemleri tek tek ya da beraberce kullanılarak kayanın mekanik sağlamlığı artırılır. Kaya içindeki suyun yaratacağı tehlike böylece ortadan kaldırıldıktan sonra kazıya başlanır.

2.2.2.3 Kalkan Yöntemi

Çok plastik ve akıcı kayalarda kullanılır. Yeryüzünde olabilecek deformasyonları önlediğinden, yerleşim merkezlerinin altından geçen tünel ve metrolarda kullanılabilen bir yöntemdir. Ancak ekonomik bir yöntem olmadığından diğer yöntemlerin uygulanamadığı durumlarda son çare olarak başvurulur.

Yöntemde kazı sürekli olarak yapılır. Kullanılan kalkan, kazı arını ve tünel duvarını desteklemektedir. Kalkanın gövdesi, hidrolik baskı pabuçları ile desteklenirken, ileriye itilen kesici uçlar arasına saplanır. Böylece güvenli bir çalışma ortamı sağlanır. Destekleme; tünel boyunca, tünel kesiti genişliğinde olan tüp ile sağlanır. Sağlamlaştırma, diğer yöntemlerdeki gibi yapılır.

2.2.2.4 Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi

Tünel Açma Yöntemlerinden en yaygın olarak uygulanan (NATM) “Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi”, klasik metotla tünel açma tekniklerinin en deneysel ve esnek olanı, en optimum destek ve kazı yöntemlerinin uygulanabildiği tünelcilik anlayışıdır. Tünelcilikte, yeni bir anlayışın ortaya çıkmasına yol açan yöntem; tünelin içinde açıldığı kaya ortamına kendi kendini taşıtma ilkesine dayanır. Yöntemin prensibi, en uygun kazı ve sağlamlaştırma yöntemleri kullanılarak kazı sonrasında oluşacak ikincil gerilme ve deformasyonların, kaya yapısının stabilizesini bozmayacak şekilde denetlenmesi, yönlendirilmesi ve kayaçların ilk sağlamlığını olabildiğince koruyarak boşluğu çevreleyen bölgenin kendi kendini tutan ve taşıyan bir statik sistem oluşturulmasıdır.

Tünelciliğin çok karışık işlemlerinin olmasından dolayı her jeolojik formasyona uyum sağlayabilen yöntem en iyi yöntem olacaktır. En uygun yöntem başlangıçta tünele etki eden bütün çevresel koşullar ve tünelin çevreye olan etkilerinin mutlaka hesaba katılarak seçilmesi gerekmektedir.

Avantajları:

- Çok değişik zemin şartlarına uyumludur,
- Farklı en ve kesitlere kolaylıkla ve esnek olarak uygulanabilir,
- Gerekli tahkimat boyutlandırmasında ekonomik olarak optimizasyon sağlanabilir,
- Kısa ve küçülmüş bölümlere ekonomik uygulamalar yapılabilir,
- Tam kesit galeri açma makineleri ile kombinasyonları kolaydır.

Dezavantajları:

- Yeraltı suyunun altında uygulanması ek ölçümlerle olabilir,
- İlerleme oranı nispeten küçük olduğu için önemli artışlar sağlanmaz,
- Personel eğitilmesi, pratik kazandırılması kolay değildir,
- Projeyi yaptıran ve yapan açısından anlaşma ve risk dağılımı zordur,
- Otomasyon olanağı sınırlıdır,
- Yöntemin materyallerinin kalitesi yüksek olmalıdır.

BÖLÜM 3

YENİ AVUSTURYA TÜNEL AÇMA YÖNTEMİ (NATM)

Tünelcilikte yeni bir anlayışın ortaya çıkmasına yol açan ‘Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi’(NATM) özellikle çürük taş ve zeminlerde diğer yöntemlere göre büyük başarı göstermiştir. Bu yöntem, tünelin kendini, açıldığı kaya ortamına taşıtma ilkesine dayanmaktadır. Açılan bu boşlukta, boşluğu çevreleyen yan taşlarda ortaya çıkan yeni kuvvetlerin kontrolü ile seçilen tahkimatın uygulanması bu yöntemin ana unsurlarındandır. Koruyucu tahkimat olarak adlandırılan destek, zeminin dengelenmesini sağlar. Zemini taşımak için kaya bulonları, püskürtme beton ya da beton kaplama ve invert betonu ile tahkimatın diğer bölümleri oluşturulur (Şekil 3.1).

Tahkimatın ikinci bölümünde, beton içi kemer oluşturmada önce, dış kemerin dengeye ulaşmasına özen gösterilir. Bu yöntem diğer tünel açma yöntemleriyle birlikte de uygulanabilir. NATM kaya stabilizasyonunu masif kayada kubbeli bir kemer meydana getirerek ve kayanın tabii mukavemetinin koruyarak sağlar. Bu amaçla, kazıdan hemen sonra kaya yüzeyine örgü-tel donatımının üzerine basınçlı hava ile çabuk donan püskürtme beton tatbik edilir, çevreleyen kayaya, kaya bulonları ve ankrajlar yerleştirilerek zamana bağlı deformasyonlar kaydedilir.

Püskürtme beton tatbikatının zamanlaması önemlidir. İlk tabakanın kazıdan hemen sonra tatbik edilmesi gerekmesine rağmen, püskürtme beton mukavemeti artarken zemindeki deformasyonun azalan bir hızda oluşmasına izin vermek için günlük veya haftalık aralıklarla ilave tabakalar tatbik edilebilir.

Püskürtme betona gömülen çelik hasırın asıl fonksiyonu gevşek malzemenin tutulması ve sıva çitası işlevi görmesi değil püskürtme beton kaplamanın kesme mukavemetini arttırmasıdır. Klasik tünelcilikte, kaya saplamaları gevşek haldeki dilim veya blokları durdurma için kullanılır. NATM'a göre ise, kaya saplamaları, hareketleri durdurma için

kullanılır. Bu nedenle, kaya saplamalarının sadece uçlarından ankrajlanıp bırakılmamalı, saplama plakalarının tüm yüzeyi ile zemine aderansı sağlanmalıdır.

Yeni Avusturya Tünel Açma Metodunda kazı delme patlatma veya mekanize olarak yapılabilir. Masif yapılı çatlak ve eklem sistemler az gelişmiş bir kayada kullanılan destek elemanları aşağıda özetlenmiştir.

1-Birinci kat püskürtme beton: Eklem çatlaklarını kapamak, hava ile teması kesmek, duyarlılığı arttırmak amacıyla yapılır (5 cm) (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3).

2-Tel kafes (Çelik hasır): Kemerlenmeyi sağlamak ve tabana iletmek, tavan kayasının bir bütün halinde deformasyonunu sağlamak amacıyla kullanılır (Şekil 3.4).

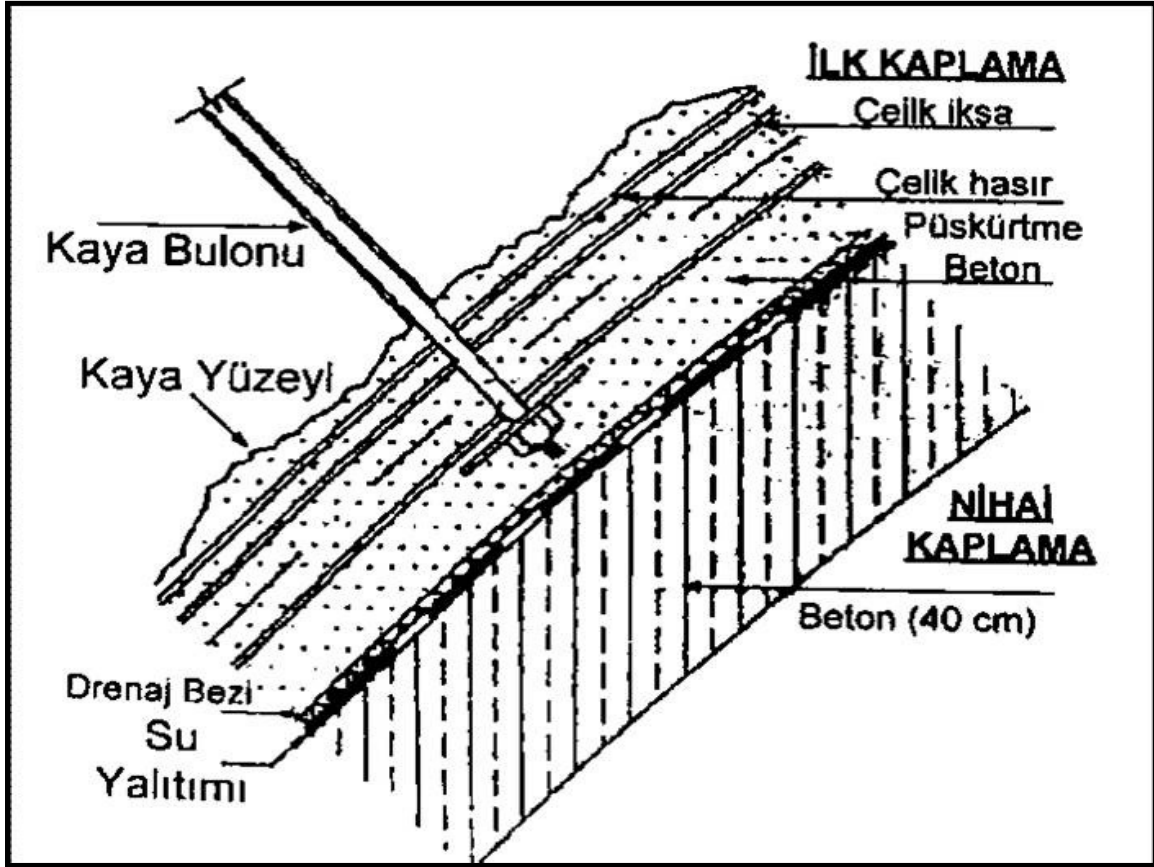
3-Kaya Saplama (Kaya Bulonu): Plastik deformasyon bölgesini, elastik deformasyon bölgesine yaklaştırmak, doğal dengesi bozulan kayaçları sağlamlaştırmak, ankraj görevini sağlamak amacıyla uygulanır (Şekil 3.5).

4-İkinci kat püskürtme beton (8-25 cm): Tel hasırın ve diğer çelik donatıların korozyonunu önler ve betonlama için düzgün bir tünel yüzeyi sağlar.

Bu dört elemanla, geçici destek oluşturulur. Kaya saplama yardımıyla da kayacı kayaca taşıma olayı gerçekleştirilir (Şekil 3.6).

Son tünel kaplaması, genellikle ilk püskürtme kaplamadan su geçirmez bir membran ile korunan donatısız betondan oluşur. Drenaj doku örtüsü bu membranı korur ve drenaj için bir geçiş sağlar. Membranın alt ucunda da drenaj kanalları suyu toplar.

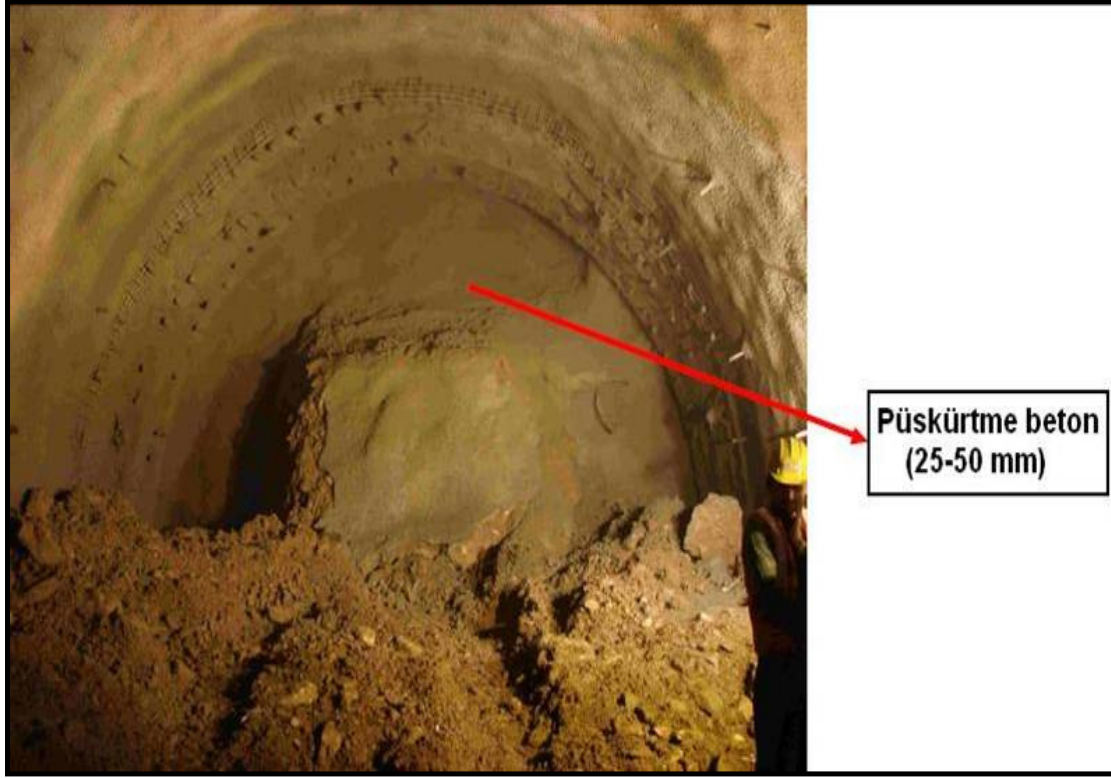
NATM, esasen bir kaya sınıflama sistemi olmayıp, tünel inşası sırasında yeraltı yapılarının deformasyonlarını gözleyen ve yük altındaki kaya kütlelerinin prensiplerini içeren bir yaklaşım ya da felsefedir. Bu nedenle NATM kesin olarak belirlenmiş kazı ve tahkimat sistemlerini içermemektedir. En duyarlı ve ekonomik tahkimat elde edilmesi için tahkimatın sürekli gözden geçirilmesi ve kaya hareketlerinin gözlenmesi esas olmak kaydıyla tünelcilik ve kazı yöntemlerinin hepsi kullanılabilir. Bu özellik NATM'ı bir yöntemden çok bir felsefe yapan



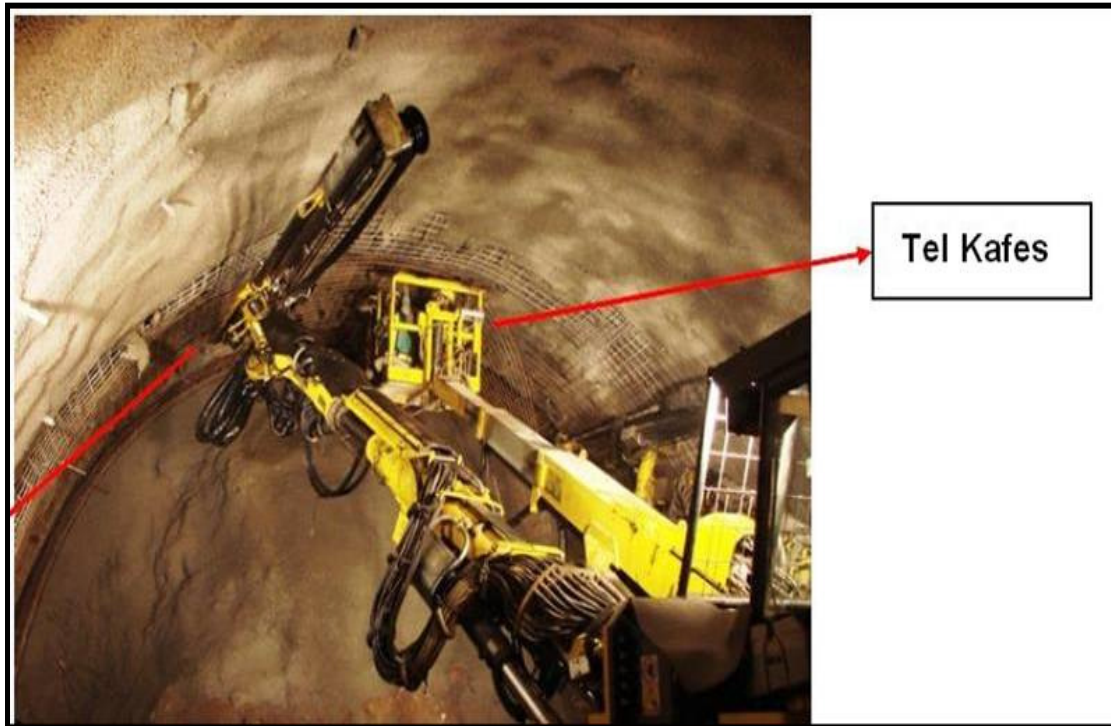
Şekil 3.1 Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu tahkimat elemanları (Köse vd. 2007).



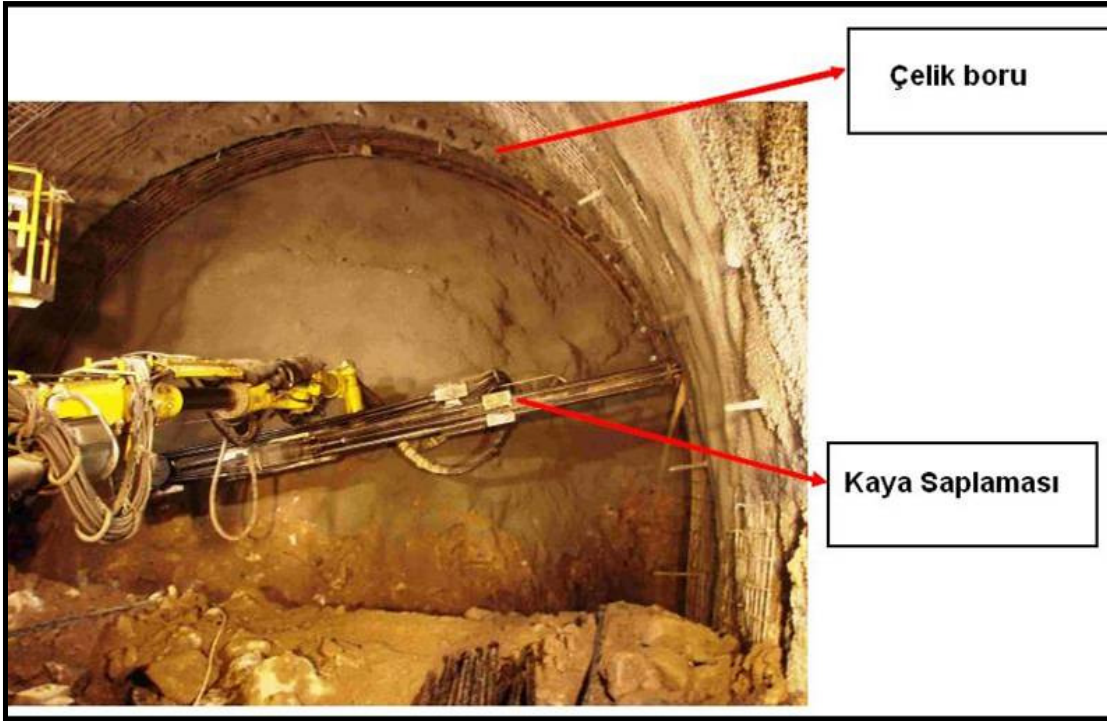
Şekil 3.2 Püskürtme beton uygulamasını gösteren bir fotoğraf.



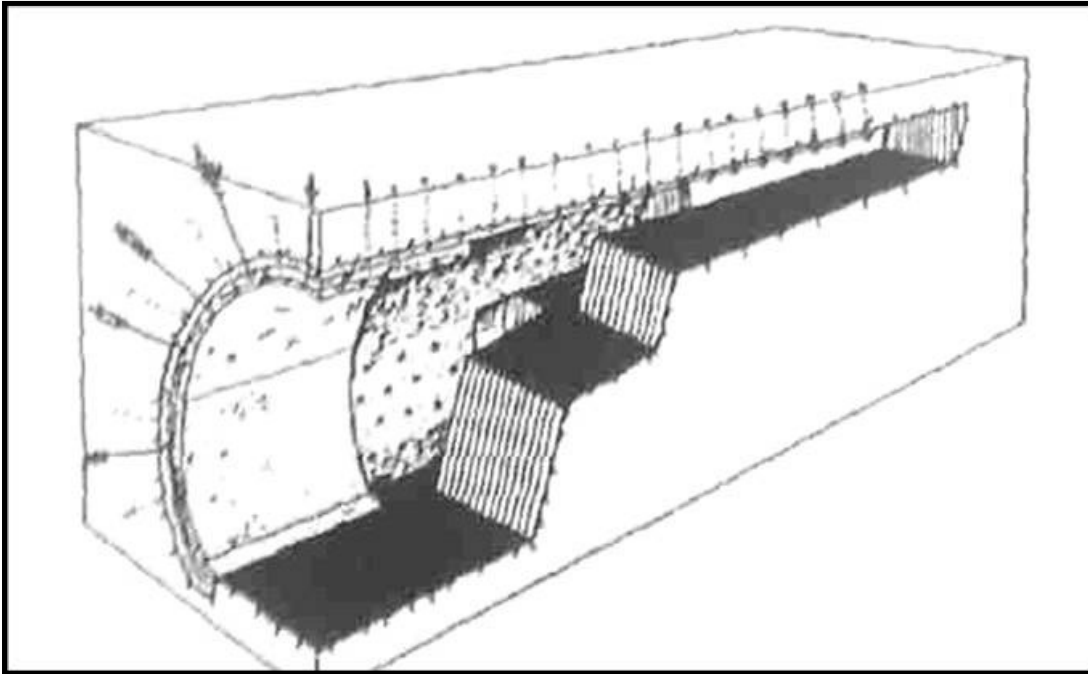
Şekil 3.3 Püskürtme beton uygulamasını gösteren bir fotoğraf.



Şekil 3.4 Tel kafesi (Çelik hasır) gösteren bir fotoğraf.



Şekil 3.5 Kaya sıplamasını (Kaya bulonu) gösteren bir fotoğraf.



Şekil 3.6 Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu (Jodl 1995).

özelliktir. Yöntem; özellikle zayıf zeminlere adapte edilen, ince bir püskürtme beton tabakasıyla yüzey sağlamlaştırması yapılan, kaya bulonları yardımıyla sağlamlaştırılan ve mümkün olduğu kadar kısa bir süre içinde ters kemer betonu ile kaplanan yeni bir tünelcilik yöntemidir.

3.1 YENİ AVUSTURYA TÜNEL AÇMA YÖNTEMİNİN ANA İLKELERİ

Tünelcilikte devrim yaratan bu yöntemin en önemli ilkesi, kayanın duyarlılığının kaplamanın kalınlığına bağlı olmayıp, çeşitli faktörlere bağlı olduğudur. Bu faktörler kayanın ilk sağlamlığının korunması, kayanın kendini tutma süresinin tespiti, desteklemenin zamanında ve kazıyı takip edecek şekilde yapılması gibi faktörlerdir.

NATM'ı karakterize eden prensipler belirlenmiştir. Bu prensiplerin herhangi birini terk edilmesi durumunda yöntem özelliğini kaybetmektedir.

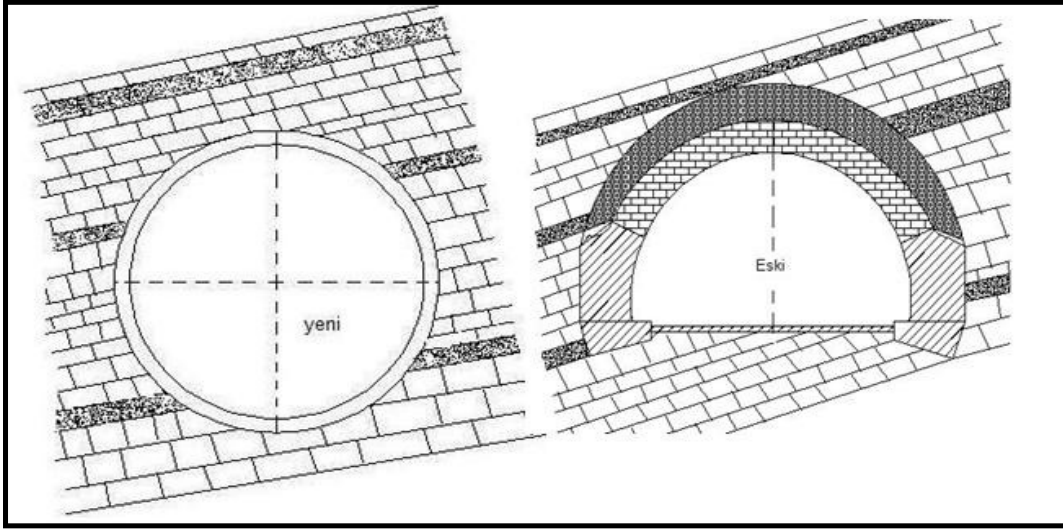
Bu ana prensipler sırasıyla aşağıda verilmiştir.

1. Kaya Kütlesinin Doğal Dayanımı: Yönteme göre; tünelin dayanıklılığını sağlayan ve taşıyıcı konumunda olan birim ana kayadır (Şekil 3.7). Birincil tahkimat sistemi başlangıç olarak kayacın kendi kendini tutmasını sağlamasıdır. Bu sebepten dolayı ana prensip kayacın ilk dayanımlılığını korumaya çalışmaktır. Gevşemelerin ortaya çıkabileceği bu durumlarda ise kayacın taşıma direncini arttıracak tahkimatların doğru yerde ve zamanda uygulanması gerekmektedir (Şekil 3.8). Koruyucu zon, kayacın taşıma direncini azaltmaksızın oluşturulmalıdır. Kazı sonrasında oluşan deformasyonlar, koruyucu zonun oluşmasına yeterli olacak fakat kayacı aşırı gevşeyerek taşıma direncinin düşmesine neden olmayacak şekilde denetlenmeli ve yönlendirilmelidir. Bu alanda başarılı olunduğu ölçüde güvenlik artar ve daha ekonomik olur (Şekil 3.9).

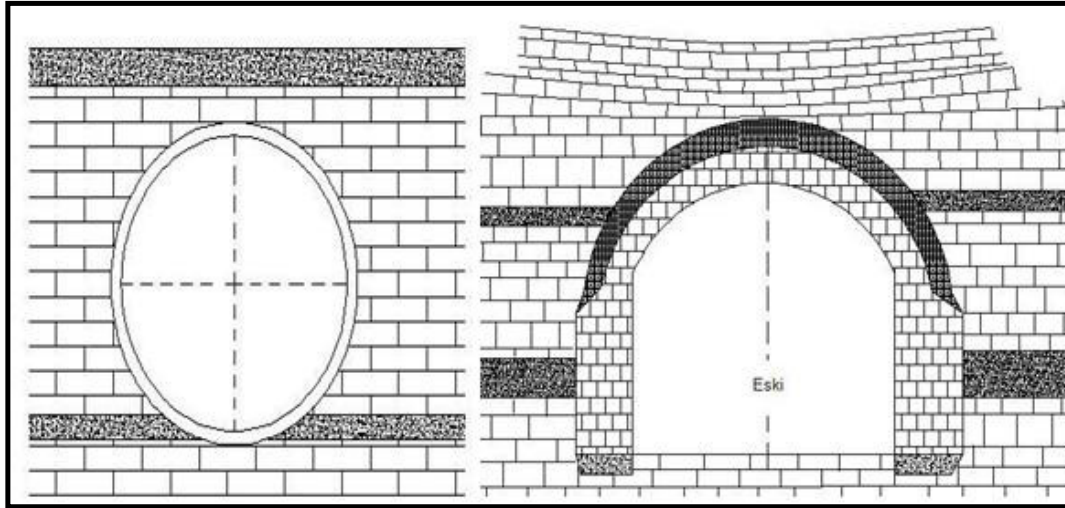
2. Püskürtme Beton: Kazı sonrasında takiben kayacın kendisini taşıma süresini destekleyecek sağlamlaştırma kuvvetleri aynı zamanda bağlayıcı türde olmalıdır.

Sağlamlaştırma direnci yaylı yükler şeklinde ve önemli boşluk yüzeyini bağlayacak biçimde olmalıdır. Bu direnci kısa sürede ve kuvvet içinde sağlayan en başarılı yöntem püskürtme beton yöntemidir. Bu kuvvetlendirme kaplaması ince kabuk şeklinde ve bükülebilir esneklikte

olmalıdır. Yöntemin temeli kabukta gerçekleşebilecek eğilme momentlerinin oluşması ve buna bağlı çekme ve kesme kırıkları önlenebilecektir (Şekil 3.10).



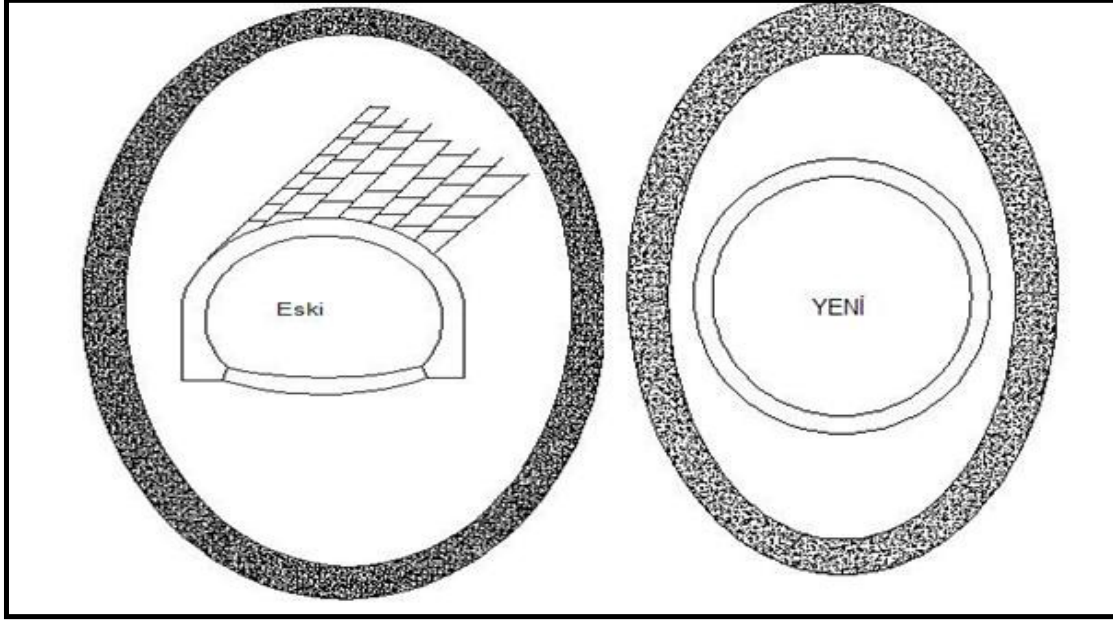
Şekil 3.7 Yer altı yapısının taşıyıcı kısmı (Vardar 1979).



Şekil 3.8 Kayaç gevşemelerinin tünellere etkisi (Vardar 1979).

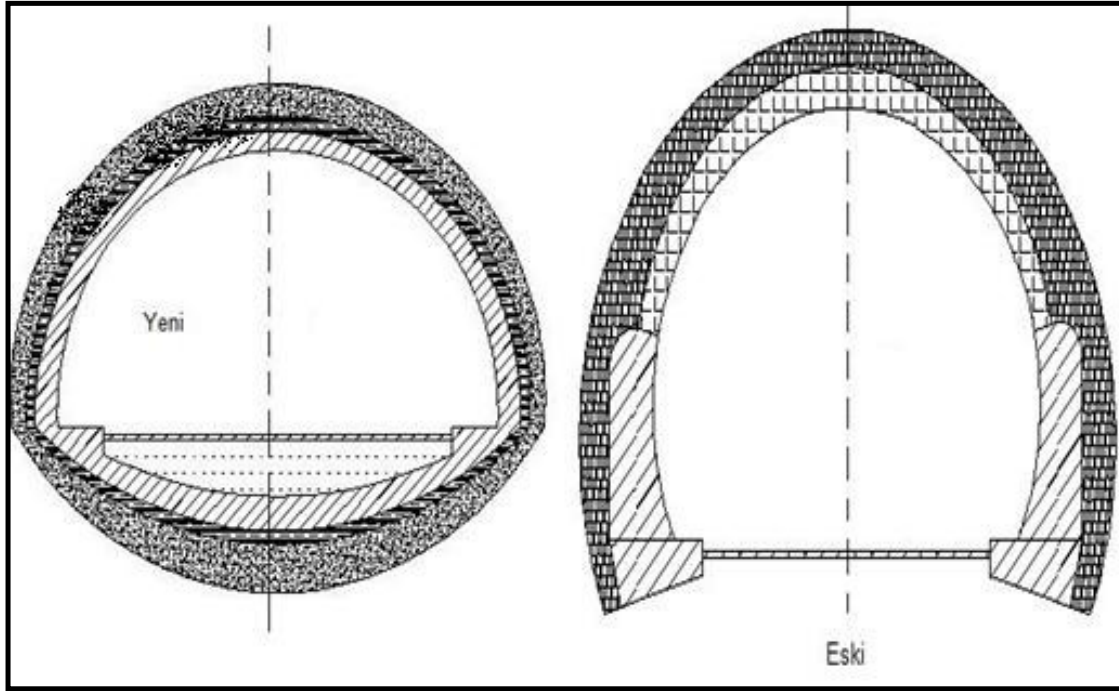
3. Ölçümler: Kayacın zamanda ve kazı sonrasındaki deformasyonunun belirlenmesi için laboratuarda ve arazide deneylerin yapılması, deneme galerisinde de konverjans ve deformasyonların ölçülmesi gerekmektedir. Bununla birlikte boşluğun kendini tutma süresi, deformasyon hızı ve kaya kalitesi yer altı kaya mekaniğinde de projelendirme için gerekli olan en önemli etmenler arasındadır. Sağlamlaştırma zamanı ve araçları ölçümlerle saptanmalıdır (Şekil 3.11).

4. Esnek Tahkimat: Yöntemin savunduğu, yük altında rijit tahkimatı sağlamak üzere çok yönlü ve yüke uygun bir tahkimat sistemi oluşturmaktır. Böylece pasif tahkimata göre aktif tahkimat savunulmuştur. Bununla birlikte püskürtme betonunun yanında sağlamlaştırma, çelik hasır, ankraj ve çelik bağlarla yapılmalıdır. Sağlamlaştırma, kabuğun kalınlaştırılması ile değil, kabuğa gerekli esnekliği verecek olan çelik hasır ve bağlarla sağlanmalı, kayayı kendine taşıtmak için etkin gerilmeler ankrajlarla dağın içine aktarılmalıdır (Şekil 3.12).

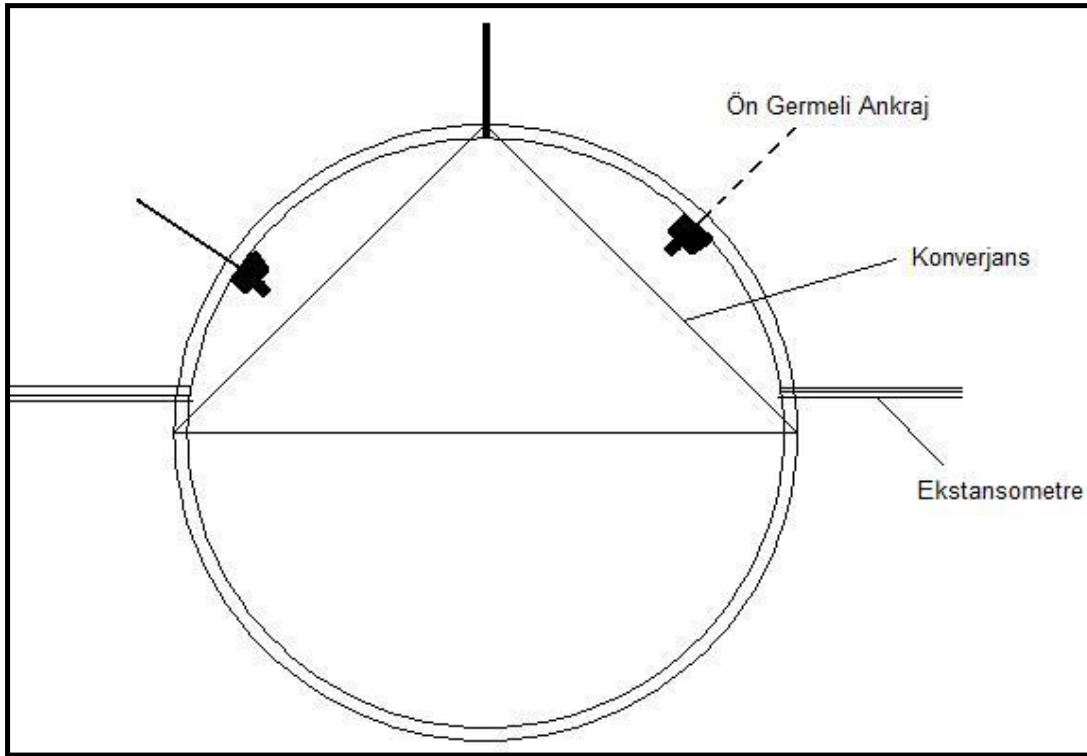


Şekil 3.9 Koruyucu bölge halkası (Vardar 1979).

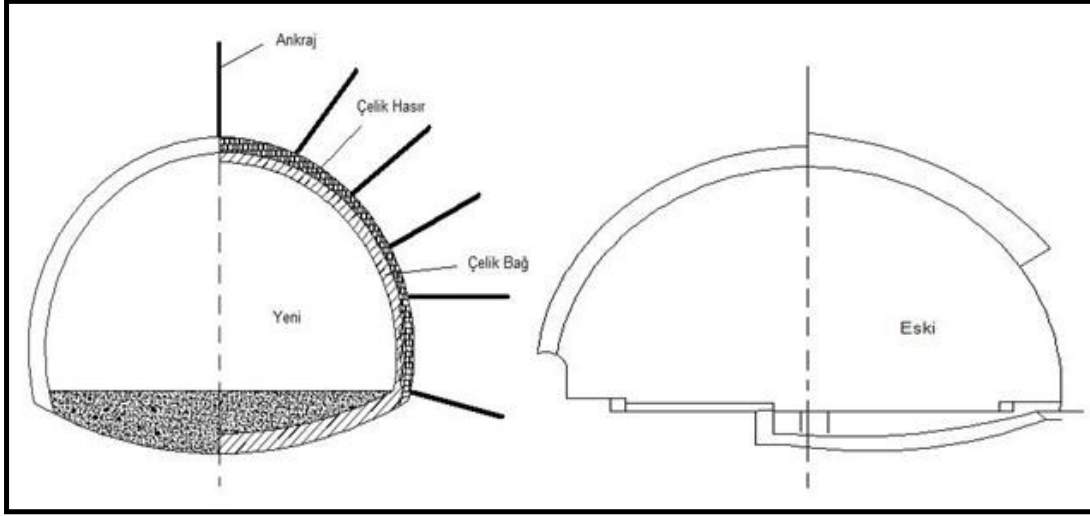
5. Omurga Kaplama: İç kabuk ince olmalı ve dış kabuk ile sürtünmesiz fakat sıkı bağlı olmalıdır. İki kabuklu sağlamlaştırmalarda, iç kabukta istenmeyen eğilme momentlerinin oluşmaması için kaplama ince olmalıdır. Ancak dış kabuktan gelebilecek olan yüklerin kesilmeye çalışmaması için dış kabuğun sürtünmesiz bir şekilde ve tam yüzeyi ile sıkıca oturması sağlanmalıdır (Şekil 3.13). Tüneller kalın duvarlı bir tüp olduğundan beri, invert kaplama kaya kütesinin yük taşıma halkasının temelini oluşturur. Bu sert olmayan yumuşak formasyonlarda bir dönüm noktasıdır. İnvert kaplama kısa sürede yapılmalı ve kazılmış tünel yüzeyinde geçici tahkimatla bırakılmış kısım olmamalıdır. Tünel kemerlenme halkası bir an önce tamamlanmalıdır. Her ne kadar, kayada sürülen tünellerde destek, kayanın yük taşıma kapasitesinden önce kurulmasa da bu tamamen mobilize edilmeyebilir.



Şekil 3.10 Sağlama kaplamaları (Vardar 1979).



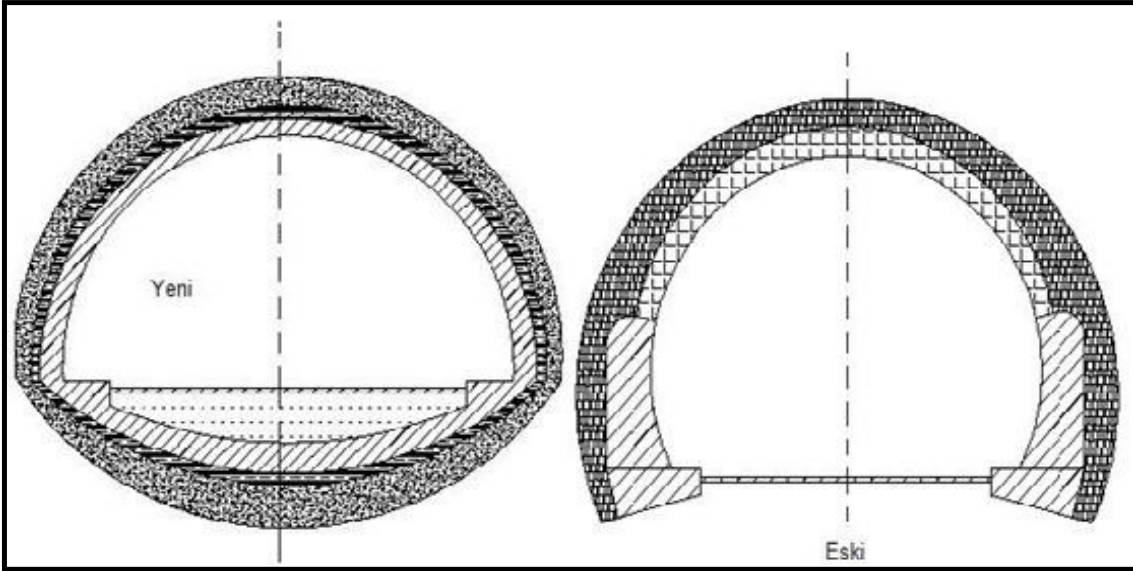
Şekil 3.11 Sağlama için yapılan ölçümler (Vardar 1979).



Şekil 3.12 Sağlamlaştırmada kullanılan ekipmanlar (Vardar 1979).

6. Sözleşme Antlaşmaları: NATM'ın yukarıda sayılan ana prensipleri sadece, özel antlaşmalar (yüklenici ile mühendis arasında) yapılırsa başarıya ulaşılabilmektedir. NATM, izleme ölçümlerine göre uygulandığından beri, desteklemedeki değişikliklere ve yapım yöntemi değişiklikleri mümkün olabilmektedir. Bu tür değişikliklere yapım sırasında aktif olarak da izin verilebilmelidir.

7. Kaya Sınıfının Tahkimat Ölçülerini Belirlemesi: Destekleme karşılığı yapılan ödeme, her delme-patlatmadan sonra ortaya çıkan kaya sınıfına göre belirlenmelidir. Bazı ülkelerde bu, sözleşmece kabul edilebilir olmamaktadır.



Şekil 3.13 İç ve dış kabuk(Vardar 1979).

BÖLÜM 4

TÜNEL DESTEKLEME TASARIMI İÇİN KAYA KÜTLELERİNİN MÜHENDİSLİK SINIFLAMALARI

Yer altı kazılarının güvenli ve ekonomik olarak gerçekleştirilmesi, öngörülen kaya sınıflaması ve buna bağlı tünel destek tasarımı ile doğru orantılıdır. Günümüz modern tünelcilikinde projelendirmeye esas teşkil eden kaya sınıflamalarında kayanın kütle özelliği dikkate alınmaktadır. Bu bağlamda geliştirilen ve birçok değişik ülkedeki yer altı kazılarında yaygın olarak kullanılan iki önemli kaya sınıflaması vardır. Bunlar;

- NGI Tünel Destekleme Tasarımı İçin Kaya Kütleleri Müh. Sınıflaması (Q)
- CSIR Eklemlı Kaya Kütlelerinin Jeomekanik Sınıflaması (RMR)

Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) ile bütünsellik sergileyen bu yöntemlerde kayanın kütle özelliği (Q ve RMR) sayısal olarak ifade edilmektedir. NGI yönteminde Q değeri 0.001 ile 1000 arasında değişmekte olup, en kötü kaya koşulu ile mükemmel kaya arasını kapsamaktadır. Aynı şekilde 0–100 aralığında RMR değerleri 5 kaya sınıfı temsil etmektedir. İzleyen bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanan bu kaya sınıflamaları arasındaki teokratik bağıntı ise şöyledir (Bieniawski 1974, Hoek et al. 1995);

$$RMR = 9 \log_e Q + 44 \quad (4.1)$$

Ancak pratikte her iki yöntem tarafından önerilen kaya sınıflarının sınırları yukarıdaki bağıntı ile tam uyumlu değildir (Çizelge 4.1). Öte yandan, Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM) ilkeleri ışığında genellikle Avusturya’ da ve yaygın olarak da Avrupa’da kullanılan kaya sınıflandırma sistemleri arasında Avusturya Standardı ÖNORM- 2203 önemli yer tutar. Bu kaya sınıflaması; tünel profili boyunca izlenen kayaların jeolojik- jeoteknik özellikleri, tünel kesiti, örtü yükü dikkate alınarak kaya ortamının zamana bağlı davranış bağlamında yapılmaktadır.

Çizelge 4.1 Q ve RMR değerlerine göre kaya sınıflaması (Barton et al. 1974).

Kaya Sınıfı	Q	RMR
Çok Zayıf	<1	<20
Zayıf	1–4	21–40
Orta	4–10	41–60
İyi	10–40	61–80
Çok İyi	40–100	81–100
Mükemmel	>100	

4.1 KAYA MALZEMESİNİN DAYANIM ÖZELLİKLERİ

4.1.1 Tek Eksenli Basınç Dayanımı

ISRM 1981 ‘e göre 2.5 ile 3 arasında değişen silindirik (karot) örneklere yenilme anında uygulanan gerilme, tek eksenli basınç dayanımı olarak tanımlanır ve eşitlik 4.2’den belirlenir;

$$\sigma_{ci} = \frac{F}{A} \quad (4.2)$$

σ_{ci} = Tek eksenli sıkışma dayanımı

F= Yenilme anında deney örneğine uygulanan kuvvet

A= Yüklemenin yapıldığı örnek yüzeyinin alanıdır.

Bu ifadeye göre çap büyüdükçe yani hacim arttıkça, kaya malzemesinin içerebileceği mikro çatlaklıklar artabilmektedir buda tek eksenli basınç dayanımını azaltmaktadır.

Çizelge 4.2’de ISRM 1981’e göre süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli basınç dayanımına göre sınıflandırılmıştır.

Dere ve Miller (1966), tek eksenli basınç dayanımına göre kayalar şu şekilde sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.2 Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli basınç dayanımına ve arazi tanımlamalarına göre sınıflandırılması (ISRM 1981).

Simge	Tanım	Saha Tanımlaması	Tek eksenli (basınç) dayanımı (MPa) *
R0	Aşırı derecede zayıf kayaç	Kayaçın yüzeyinde tırnak ile çentik oluşturulabilir	0,25-1,0
R1	Çok zayıf kayaç	Jeolog çekiciyle sert bir darbeyle ufalanan kayaç, çakı ile doğranabilir	1,0-5,0
R2	Zayıf kayaç	Kayaç, çakı ile güçlkle doğranır. Jeolog çekiciyle yapılacak sert bir darbe kayaçın yüzeyinde iz bırakır	5,0-25
R3	Orta derecede sağlam kayaç	Kayaç, çakı ile doğranamaz. Kayaç örneği, jeolog çekiciyle yapılacak tek ve sert bir darbe ile kırılabilir	25-50
R4	Sağlam kayaç	Kayaç örneğinin kırılabilmesi için, jeolog çekici ile birden fazla darbenin uygulanması gerekir	50-100
R5	Çok sağlam kayaç	Kayaç örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekici ile çok sayıda darbe gerekir	100-250
R6	Aşırı derecede sağlam kayaç	Kayaç örneği, jeolog çekici ile sadece yontulabilir	>250

*1 MPa= 10,197 kg/cm²

Çizelge 4.3 Tek eksenli basınç direncine göre kayaçların sınıflandırılması (Deere and Miller 1966).

Kayaç Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Direnci(kg/cm2)
Çok yüksek dirençli	> 2000
Yüksek dirençli	2000 – 1000
Orta dirençli	1000 – 500
Düşük dirençli	500 – 250
Çok düşük dirençli	<250

4.1.2 Nokta Yüğü Dayanımı

Nokta yük dayanım deneyi ilk olarak Protodyokonov tarafından muntazam olmayan parçaların mukavemetlerinin tayininde kullanılmıştır (Arıoğlu ve Bilgin 1978). Bu deneyin ucuz ve pratikliği yanında arazide yapılabilir ve şekilsiz numunelere de uygulanabilir olması, deneyi devamlı uygulanabilir bir deney haline getirmiştir. Nokta yük deneyi kayaçların nokta yük indeksine göre sınıflandırılması veya tek eksenli basınç dayanımını tahmin etmek için uygulanır (McFeat and Tarkoy 1979).

Bieniawski (1975), nokta yük direncine göre kayaçları şu şekilde sınıflandırmıştır (Çizelge 4.4).

Kayaçların nokta yükleme kuvvetlerinin indeksleri genellikle 50 mm çapındaki karot numuneleri için standartlaştırılarak I_s 50 ile ifade olunurlar. Bu deneyde karot numuneleri eksenine ve çapına test edildikleri gibi düzensiz ve prizma şeklindeki numunelere de kolayca uygulanır (ISRM 1977). Deney sonucu esas alınarak kayacın “nokta yük dayanım indeksi” ve “dayanım anizotropi indeksi” hesaplanır.

Deneyin yapımında;

- Standart nokta yükleme aleti (yükleme pompası, yük göstergesi, gövdesi, konik başlıkları ve ölçüm cetvelinden oluşur.),
- Kumpas (0.1 mm hassasiyetinde) kullanılmaktadır.

Bu deney için silindirik karot örneklerinin yanısıra, blok ve düzensiz şekilli örnekler de kullanılabilir. Ayrıca, karot örneği konik yükleme başlığı altına, karot eksenine dik ve paralel konumda yerleştirilebilir. Bu nedenle nokta yükleme deneyi;

- Çapsal deney (karotun uzun eksenine dik yönde yapılan yükleme)
- Eksenel deney (karotun uzun eksenine paralel yönde yapılan yükleme)
- Blok ve düzensiz örneklerde yapılan deney olmak üzere üç farklı şekilde yapılabilmektedir.

Çizelge 4.4 Kayaçların nokta yük direncine göre sınıflandırılması (Bieniawski 1975).

Kayaç Sınıfı	Nokta Yük Direnci(kg/cm ²)
Çok yüksek dirençli	> 80
Yüksek dirençli	80 – 40
Orta dirençli	40 – 20
Düşük dirençli	20 – 10
Çok düşük dirençli	<10

Genel amaçlı bir sınıflama için yapılan deneylerde, numuneler ya doğal nem oranını korumalı ya da suya doymun hale getirilerek yapılmalıdır. Kayaç örneği heterojen ve anizotrop ise en az 10 deney yapılmalıdır.

Çapsal deney için karot numunesinin uzunluğunun (L) çapına (D) oranı birden büyük olmak zorundadır. Çapı kumpas ile ölçülen karot numunesi uzun eksenine dik olacak şekilde konik uçlar arasına yerleştirilir.

Numune üzerine devamlı bir yük etkisi verilerek, numunenin 10-60 saniye içinde kırılması sağlanır ve yenilme yük değeri (P) kaydedilir. Eğer yenilme sırasında oluşan kırık karot yüzeyinde tek bir yükleme noktasından geçiyorsa deney iptal edilir. P değeri kullanılarak öncelikle düzeltilmemiş nokta yük indeksi (Is) Eşitlik 4.3'den hesaplanır.

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \quad (4.3)$$

Burada D_e eşdeğer karot çapı olup, çapsal deneyde D'ye eşittir. Is değeri çapsal deneyde D'nin fonksiyonu olarak değişir. Bu nedenle Is değerinin eşdeğer bir karot çapına (D=50 mm) göre düzeltilmesi gerekir. Buna göre düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksi Eşitlik 4.4'den hesaplanır.

$$I_{s50} = F.I_s \quad (4.4)$$

Burada boyut düzeltme faktörü (F) Eşitlik 4.5 den hesaplanır.

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad (4.5)$$

Ortalama $I_s(50)$ değeri, en az 10 veya daha fazla sayıdaki geçerli deney sonucu arasındaki en yüksek ve en düşük ikişer değer iptal edilerek geriye kalan değerlerin ortalamasının alınması ile bulunur.

4.2 KAYA YÜKÜ (TERZAGHİ) SINIFLAMASI

Terzaghi 1946 yılında, çelik destek sistemlerine uygun olarak geliştirilen ilk gerçekçi sınıflama yöntemini ortaya koymuştur. Bu önemli bir gelişmeydi çünkü tünel kazılarında çelik destekler o tarihte 50 yıldır kullanılıyordu. Bu sınıflamadan bahsederken sınıflamanın amacını iyi vurgulamak gerekiyor. Sınıflama çelik desteklerle desteklenen tünellerin üzerindeki kaya yüklerini tahmin etmek için tasarlanmıştır. Püskürtme beton, kaya bulonu gibi yöntemlerin kullanıldığı modern tüneller için uygun değildir (Çizelge 4.5).

- Tünel tavanının su tablası altında bulunduğu varsayılmıştır. Eğer sürekli olarak su tablasının üzerinde ise sınıf no'su 4,5,6 olanlar için verilen kaya yükü değerleri % 50 azaltılabilir.
- Kilden türemiş kayalar (kiltası, siltaşı, şeyl, kayrak, filit, şist,) sıkılaşıma, çimentolama ve metamorfizma derecesine bağlı olarak 2 ile 9 no'lu sınıflar arasında değişimler gösterebilirler.
- Eğer kumtaşı veya kireçtaşı gibi tabakalar kiltası tabakaları ile nöbetleşiyorsa tünelin iki yanındaki ve tavanın aşağı doğru hareketini kapsayan basınçlar tünel kazısını etkiler. Bundan başka kiltası ile kireçtaşı ya da kumtaşı sınırındaki kaymaya karşı daha düşük olan direnç tünel tavanı üzerindeki kemerlenme yapan kaya dayanımını önemli ölçüde azaltır. Bu durumdaki kayalarda tavan basıncı sınıf no 5'teki kadar fazla olabilir.

4.3 RMR SINIFLAMA SİSTEMİ

RMR ilk kez 1973 yılında Bieniawski tarafından geliştirilmiş, zamanla bunlar çeşitli değişikliklere uğramıştır. Bu değişiklikler 1974, 1976, 1979 ve son olarak ta 1989 da yapılmıştır (Bieniawski 1974, 1976, 1979 ve 1989). Bu çalışmada en son hali olan RMR 1989 kullanılmıştır. RMR sisteminde 6 parametre kullanılmaktadır. Bunlar;

- 1- Kayacın tek eksenli basınç dayanımı veya nokta yük indisi
- 2- Kaya kalitesi yüzdesi (RQD)
- 3- Süreksizlik aralığı
- 4- Süreksizlik durumu
- 5- Yer altı suyu durumu
- 6- Süreksizlik yönelimi düzeltmesi

Bu parametreler kullanılarak elde edilen puanlama Çizelge 4.6’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Tünel kazısı ve desteklenmesi için kayaçların sınıflandırılması (Terzaghi sınıflaması) (Terzaghi 1946).

Sınıf No	Fiziksel Özellikler	Açıklama	Düşey Yük H_p	Desteklenme Şekli
1	Sağlam ve çatlaksız	Magmatik kayaçlar, tabaka kalınlığı tünel boyutu yanında önemsiz kalan çökel kayaçlar	0	Kaya bulonu veya geçici destek
2	Sağlam tabakası veya şist	Seyrek eklem ve çatlaklı çökel kayaçlar, çok hafif metamorfizma geçirmiş şistler	0-0,5B	Kaya bulonu veya geçici destek
3	Tabakasız, orta derecede eklemli	Magmatik, metamorfik çökel kayaçlar orta derecede eklemli ve çatlaklı, çatlaklar arasında kuvars ve kalsit gibi bağlayıcılar iyi, kil kötü yönde etkiler	0-0,25B	Kaya bulonu veya geçici destek
4	Parçalı ve çatlaklı	Makaslama ve fay zonları yakınında ortalama 10 cm den büyük aralı, parçalı, çatlaklı kayaçlar	0,25B-0,35(B+H _t)	Sık kaya bulonu(2m aralıklı)veya kalıcı-geçici destek
5	Çok parçalı ve çatlaklı	Makaslama ve fay zonları yakınında ortalama 10 cm den ufak aralı çok parçalı, çatlaklı kayaçlar	0,35-1,10 (B+H _t)	Kalıcı destek ve/veya püskürtme betonu
6	Tamamen parçalanmış (fakat kimyasal yönden ayrılmamış)	Tamamen parçalanmış, sıkışmamış, kohezyonu, çok az, ince daneler haline gelmiş veya kimyasal ve fiziksel etkilerle belirli bir sürede bu hale gelebilen bir kayaç	1,10(B+H _t)	Dairesel kalıcı destek ve püskürtme betonu, prefabrik kaplama
7	Sıkıştırılan (Orta derinlikte)	Killer ve kil mineralleri içeren kayaçlar	(1,10-2,10) (B+H _t)	Dairesel kalıcı destek ve püskürtme betonu, prefabrik kaplama
8	Sıkıştırılan (Çok derinde)	Az şişen killer (Kaolen minerali)	(2,10-4,50) (B+H _t)	Dairesel kalıcı destek ve püskürtme betonu, prefabrik kaplama
9	Şişen	Çok şişen killer (Montmorillonit, bentonit vb.)	4,50(B+H _t)-75m	Dairesel kalıcı destek ve püskürtme betonu, prefabrik kaplama

B: Tünelin tabandaki genişliği

Ht: Tünelin yüksekliği

HP: Kaya yükü

Çizelge 4.6'ün A bölümünde, sınıflama parametrelerinin ilk beşi ve bunlarla ilgili puanlamalar verilmiştir. Buna göre, parametrelerin her biri beş gruba ayrılmış ve parametrelerin değer aralıkları bu gruplarla belirtilmiştir. Bir kaya kütlesi değerlendirilirken, parametrelerin bu gruplardan hangisine denk geldiği bulunur ve sonuçta elde edilen sayısal değerler toplanır.

Çizelge 4.6'ün B bölümünde süreksizlik özellikleri ile ilgili puanlamalar vardır. Süreksizliklerin yönelimleri C ve D bölümlerinde görüldüğü gibi tüneller ve madenlerden temellere, temellerden yamaçlara ilerledikçe daha önemli olmaktadır.

Çizelge 4.6'ün E bölümünde kaya kütlesi sınıfları çok iyi kayadan çok zayıf kayaya doğru değişen şekilde verilmiştir. F bölümünde ise; bir önceki E bölümündeki kaya kütle sınıflarına karşılık gelen kemerlenme süresi ile birlikte kaya kütlelerinin Mohr-Coulomb dayanım parametreleri olan kohezyon ile sürtünme açısı yaklaşık değerleri verilmiştir.

Yaklaşımın karmaşık kaya kütlelerindeki kullanımının basitliği sayesinde, bu sınıflama sisteminin ve düşünce yapısının uygulanması ile önemli mühendislik kazanımları sağlanmıştır. RMR değerlerine bağlı olarak tünel kazılarının ayakta kalma zamanı Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Destek yükü RMR sınıflamasından belirlenebilir:

$$P = \left[\frac{(100 - RMR)}{100 \cdot \gamma \cdot B} \right] \quad (4.6)$$

Burada; P= kaya yükü (kN), B= tünel genişliği(m), γ = kayanın birim hacim ağırlığı (kgk/m³) dür.

Kaya tünellerinde RMR'ye dayalı destek rehberi Çizelge 4.7'de belirtilmiştir.

Bu parametrelerden elde edilen RMR puanına göre, kaya kütlesi içinde açılacak yer altı boşluğunu destek sistemi, maksimum desteksiz açıklık süresi, kaya kütlesinin Elastisite modülü gibi değerler hesaplanabilmektedir.

Çizelge 4.6 Kaya kütlesi puanlama sistemi (Bieniawski 1989).

A. Sınıflama Parametreleri ve Puanları									
No	Parametre		1	2	3	4	5		
			Çok iyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok zayıf		
1	Kayaç malzemesinin dayanımı	Nokta Yüğü Dayanımı	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Düşük aralıklar için tek eksenli sıkışma dayanımı kullanılması		
		Tek eksenli dayanımı	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-15 MPa	<1 MPa
	Puan		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Puan		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik aralığı		>2m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Puan		20	15	10	8	5		
4	Süreksizlik durumu		Çok kaba yüzeyler, sürekli değil, ayrılma yok sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler, ayrılma <1 mm, sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler, ayrılma <1 mm, yumuşak eklem yüzeyleri	Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu <5 mm veya 1-5 mm açıklıkta eklem, sürekli eklem	Yumuşak fay dolgusu, >5mm kalınlıkta veya açık eklem >5mm devamlı süreksizlikler		
	Puan		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı suyu	Tünelin 10 m lik kısmından gelen su	Yok	<10 lt/dk	<25 lt/dk	25-125 lt/dk	>125 lt/dk		
		Eklemdeki su basıncı En büyük asl gerilim	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		Genel koşullar	Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı		
	Puan		15	10	7	4	0		

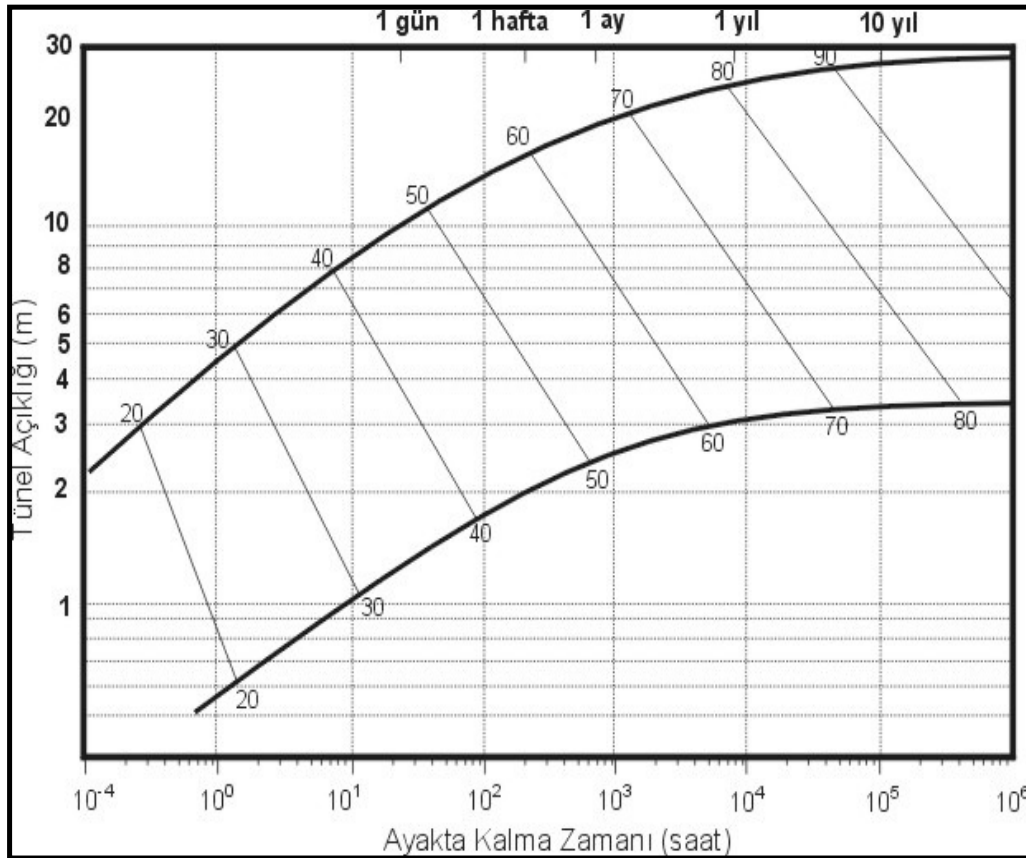
Çizelge 4.6 (devam ediyor)

B. Süreksizlik Şartlarının Sınıflanması İçin Kılavuz Bilgileri						
Parametre	Puanlama					
Süreksizlik Uzunluğu	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m	
	6	4	2	1	0	
Yarık Genişliği	Yok	<0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	>5 mm	
	6	5	4	1	0	
Pürüzlülük	Çok pürüzlü	Pürüzlü	Az pürüzlü	Düz	Çizikli	
	6	5	3	1	0	
Dolgu Malzemesi	Yok	Sert dolgu <5mm	Sert dolgu >5mm	Yumuşak dolgu <5mm	Yumuşak dolgu > 5mm	
	6	4	2	2	0	
Bozuşma	Bozuşmamış	Az bozuşmuş	Orta bozuşmuş	Çok bozuşmuş	Tamamen bozuşmuş	
	6	5	3	1	0	
C. Süreksizlik Doğrultu ve Yönelimlerinin Tünelcilikteki Etkisi						
Doğrultu Tünel Eksenine Dik (>30°)						
Eğimin Ters Yönde Gerileme			Eğimin Ters Yönde İlerleme			
Eğim 45-90		Eğim 20-45		Eğim 45-90	Eğim 20-45	
Çok Uygun		Uygun		Orta	Uygun Değil	
Doğrultu Tünel Eksenine Paralel			Doğrultudan Bağımsız			
Eğim 20-45		Eğim 45-90		Eğim 0-20		
Orta		Hiç Uygun Değil		Orta		
D. Süreksizlik Yönelimleri İçin Puanlama Düzeltmeleri						
Süreksizliklerin Yönelimi		Çok Uygun	Uygun	Orta	Uygun Değil	Hiç Uygun Değil
Puanlama	Tünel ve Madenler	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

Çizelge 4.6 (devam ediyor)

E. Toplam Puanlamaya Göre Belirlenen Kaya Kütlesi Sınıfı					
Puanlama	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Sınıf No	I	II	III	IV	V
Tanım	Çok İyi Kaya	İyi Kaya	Orta Kaliteli Kaya	Kötü Kaya	Çok Kötü Kaya

F. Kaya Kütlesi Sınıflarının Anlamı					
Sınıf No	I	II	III	IV	V
Ortalam Kemerlenme Süresi	15 m açıklık için 20 yıl	10 m açıklık için 1 yıl	5 m açıklık için 1 hafta	2,5 m açıklık için 10 saat	1 m açıklık için 30 dakika
Ortalam Kütlesinin Kohezyonu (Kpa)	>400	400-300	300-200	200-100	< 100
Kaya Kütlesinin Sürtünme Açısı (°)	>45	45-35	35-25	25-15	< 15



Şekil 4.1 RMR değerlerine bağlı olarak tünel kazılarının ayakta kalma zamanı (Bieniawski 1989).

Çizelge 4.7 Kaya tünellerinde RMR'ye dayalı destek rehberi.

RMR Sınıfı	Kazı	Destek		
		Kaya Bulonu	Püskürtme Beton	Çelik Hasır
81-100	Tam Kesit: 3m ilerleme	Destek gerekmez, gereken yerlere lokal bulonlama		
61-80	Tam Kesit: 1-1,5 m ilerlemeli, Desteklerin tamamlanması aynadan 20 m uzakta	3m uzunluğunda, 2,5 m aralıklı lokal bulonlama, çelik ağ genellikle gerkir	Gereken yerlere 50 mm	
41-60	Üst ayna ve tabanda 1,5-3 m ilerleme, her bir patlatmadan sonra ön destekleme aynanın 10 m ilerlemesi ile nihai destek	4 m uzunluğunda, 2,5m aralıklı sistematik bulonlama, tavan ve yanlarda çelik ağ	Tavanda 50-100 mm, Yanlarda 30 mm	
21-40	Üst ayna ve tabanda 1-1,5 m ilerleme, aynanın 10m ilerlemesi ile destekleme hemen yapılmalı	4-5 m uzunluğunda, 1-1,5 m aralıklı sistematik bulonlama, Tavan ve yanlarda çelik ağ	Tavanda 100-150 mm, Yanlarda 100 mm	Gerekli yerlere 1,5 m aralıklı hafif çelik iksa
0-20	Çoklu kazılar üstte 0,5-1,5 m ilerleme kazı ile birlikte destekler hemen yerleştirilmeli, Püskürtme beton patlatmadan sonra mümkün olan en kısa zamanda	5-6 m uzunluğunda, 1-1,5 aralıklı sistematik bulonlama, Tavan ve yanlarda çelik ağ	Tavanda 150-200 mm, Yanlarda 150 mm, 50 mm aynada	0,75 m aralıklı ağır çelik iksa Kesit kapatmalı

4.4 Q SINIFLAMASI

Q kaya kalitesi sınıflama sistemi ilk kez Barton ve diğ. (1974) tarafından ortaya konmuştur. Bu sistem, kaya kütlelerinin jeomekanik özelliklerinin belirlenmesinde ve yer altı kazılarında destek tiplerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Q sisteminde altı parametre kullanılmakta olup bunlar;

1- RQD değeri

2- Süreksizlik seti sayısı(Jn)

- 3- Süreksizlik pürüzlülük sayısı (Jr)
- 4- Süreksizlik alterasyon sayısı (Ja)
- 5- Süreksizlik su azaltma faktörü (Jw)
- 6- Gerilme azaltma faktörü (SRF)

şeklinde sıralanmaktadır. Bu parametrelerden Q değerinin hesaplanması için eşitlik 4.7'den yararlanılmaktadır;

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} \quad (4.7)$$

Q sınıflama sisteminde 1974 de önerilen destek sistemi Grimstad ve Barton (1993) tarafından değiştirilmiştir. Destek sistemi son yıllarda kullanımı yaygınlaşan tünel açma makineleri (TBM) için 2002 yılında tekrar düzenlenmiştir (Barton 2002). Bu çalışmada TBM kullanımı düşünülmemesi sebebi ile 1993 de önerilen destek sistemi kullanılmıştır. En son yapılan değişikliğe göre 9 adet kaya grubu için toplam 38 adet destek sınıfı bulunmaktadır (Grimstad and Barton 1993).

Kaya kütlelerinin değerini belirten 'Q' sayısı (tünellilik niteliği belirteci) eşitlik 4.8 ile tanımlanmıştır:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF} \quad (4.8)$$

olarak tanımlanır. Burada:

RQD= Kaya kalite göstergesi,

J_n= Eklem takım numarası (süreksizlik takım sayısı ile ilgili).

J_r= Eklem pürüzlülük numarası (süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğü ile ilgili).

J_a= Eklem ayrışma numarası (süreksizlik yüzeylerinin ayrışma veya bozuma derecesiyle ilgili).

J_w= Eklem suyu azalım faktörüdür (süreksizlik içine akan su miktarları ve süreksizlikteki basınçlarla ilgilidir).

SRF= Gerilme azalım faktörüdür (makaslama zonlarının varlığı, gerilme konsantrasyonları, sıkışan ve kabaran kayalarla ilgili).

Q değerini bu şekilde sunmanın amacı denklemde verilen üç ana oranın yorumlanmasında bazı yöntemler geliştirmektir. Barton, Lien ve Lunde Q belirteci hakkında aşağıdaki görüşleri ileri sürmektedir:

Bu orandan ilki (RQD/J_n) kaya geometrisiyle ilgilidir. RQD/J_n ; 100/0.5 üst değeri ile 100/20 alt değeri arasında değişmekte olup blok boyutlarının kaba bir ölçüsüdür. RQD'nin artması ve süreksizlik takım sayısının azalmasıyla Q artar. Süreksizlik takım sayısının azalmasıyla RQD artar ve böylece orandaki pay ile payda karşılıklı olarak birbirini destekler. Temel olarak bu oranın değeri ne kadar yüksek olursa, kaya kütlesinin geometrik niteliği de o derece iyidir. RQD'nin belirlenmesinde geleneksel olarak kullanılan 0.1 metrelik eşik değerinin 3 m-ı'den küçük süreksizlik sıklık değerlerinden genellikle etkilenmediği belirtilmiştir. Ayrıca, RQD genel olarak anizotrop bir problem olup anizotropluk henüz dikkate alınmamıştır.

İkinci oran (J_r/J_a) bloklar arası kaya dayanımı ile ilgili olup, bu oranın yüksek değerde olması kaya kütlesinin mekanik niteliğinin iyi olduğunu gösterir. Ayrıca eklem yüzeylerinin ve dolgununun sürtünme özellikleri ile pürüzlülüğünü temsil eder. Süreksizlik pürüzlülüğünün artması ile bu oran büyür süreksizlik yüzeyinin ayrışmasıyla da azalır. Kaya kütlesi içerisindeki farklı süreksizlik takımlarının pürüzlülükleri ve ayrışma dereceleri farklı olabilir. Bu durumda Q sisteminin en kötü durumu kullanılır.

Üçüncü oran (J_w/SRF) çevresel bir faktör olup, su basınçları ve akımları, makaslama zonlarının varlığı, kayadaki sıkışma ile şişme ve analizdeki gerilme durumu ile ilgilidir. Su basıncının veya akım miktarının düşmesi ve ayrıca uygun kaya kütlesi dayanımının arazi gerilmelerine olan oranlarında bu oran artar.

Bunlardan SRF:

- Killi kayalarda ve makaslama zonlarındaki kazılarda gevşeme yükünün,
- Kendi kendini tutabilen kayalarda gerilemenin,
- Kendini tutamayan plastik kayalarda (killerde) ezilme yüklerinin bir göstergesidir.

SRF, toplam gerilme değişkeni olarak da tanımlanabilir. J_w , etken normal gerilmeyi azaltarak eklem makaslama dayanımını azaltan su basıncının bir göstergesidir. Su bununda ötesinde,

kil dolgulu eklemlerde yumuşamaya ve kilin su ile yıkanıp akarak eklemin boşalmasına neden olabilir. J_w/SRF ifadesi karmaşık ampirik bir faktör olup etken gerilme koşullarını tanımlar.

Q sisteminin kullanımı RMR sisteminden daha karmaşıktır. Bu nedenle, Çizelge 4.6'da sistemin içerdiği altı parametreye ait sınıfların tüm aralıkları gösterilmiştir.

RMR sistemi 0 ile 100 arasında ve Q sistemi de 0.001 ile 1000 arasında bir sayı verir. Bu yaklaşımlar kullanılarak, sınıflamada sayılar ile tanımlanan sınıflara göre bir kaya kütle tanımlaması yapılabilir. Örneğin, RMR değeri 62 iyi kayayı; benzer şekilde $Q = 20$ değeri iyi kayayı gösterir. RMR değeri beş kalite sınıfı sunarken, Q sistemi 9 kalite sınıfı ile tanımlanır.

Tanımlanan sınıflamaların ikisi de tünel kazılarında gerekli desteği hesaplamak üzere geliştirilmiştir. Mühendis, bu sınıflama şemalarını başka projelerde kullanılırken dikkatli olmalıdır. Bieniawski (1989) RMR sisteminin tüm tasarım problemlerine cevap olmadığını, geliştirme amacına yönelik olarak kullanılmasının önemli olduğu belirtilmiştir. Çizelge 4.8'de 6 değişkenin sayısal değerleri verilmektedir. Bu çizelge incelendiğinde değişkenlerin anlamı daha kolay anlaşılacaktır.

Aşağıda belirtilen açıklamalar ışığında tünelcilik niteliği belirteci (Q) sayısı aşağıda verilen 3 değişkenin bir fonksiyonu;

- Blok boyutları (RQD/J_n)
- Bloklar arası makas dayanımı (J_r/J_a)
- Etkin gerilme (J_w/SRF)

Tünelcilik niteliği belirtecini (Q) kullanarak kazının mekanik davranışını ve tahkimat gerekip gerekmediğini bulabilmek için Barton, Lien ve Lunde eşdeğer boyut (D_e) olarak adlandırdıkları yeni bir kavram tanımlamışlardır. Eşdeğer boyut, kazı çapının, tavan açıklığının veya kazı yüksekliğinin, kazı tahkimat oranına (ESR) bölümü olarak tanımlanmıştır. ESR değerleri Çizelge 4.9'da gösterilmektedir (Barton et al. 1974).

$$D_e = \frac{\text{Çap}}{ESR} \quad (4.9)$$

Çizelge 4.8 Q sistemi parametreleri (Barton et al. 1974).

Açıklama	Değer	Notlar
Kaya Kalitesi Göstergesi	RQD	RQD'nin 10 olarak ölçüldüğü veya rapor edildiği durumda (sıfır dahil), Q'yu değerlendirmede 1o nominal değeri kullanılır. 5'lik RQD aralıkları (100,95,90 vb.) yeterince hassastır.
a) Çok Kötü	0-25	
b) Kötü	25-50	
c) Orta	50-75	
d) İyi	75-90	
e) Mükemmel	90-100	
Eklem Takım Numarası	J_n	Ara kesitler için (3.0xJ _n) kullanınız. Portallar için (2.0xJ _n) kullanınız.
a) Masif, sınıf veya birkaç çatlak	0.5	
b) Bir eklem takımı	2	
c) Bir eklem takımı ve rastgele	3	
d) İki eklem takımı	4	
e) İki eklem takımı ve rastgele	6	
f) Üç eklem takımı	9	
g) Üç eklem takımı ve rastgele	12	
h) Dört veya daha fazla eklem takımı, rastgele, ileri derecede çatlaklı 'şeker küpü' vs.	15	
j) Topraksı, ezilmiş kaya	20	
Eklem Pürüzsüzlük Numarası	J_r	İlgili eklem takımının ortalama açıklığının 3 m den büyük 1.0 ekle. Lineasyonlar uygun şekilde yönelmiş olmak koşuluyla lineasyonlu, düzlemsel, çizikli eklemelr için J _r =0.5 kullanılabilir. B den g ye kadar olanlar küçük, diğerleri büyük yapılardır.
(i)Kaya duvarı teması	-	
(ii) 10 cm makaslamadan önce kaya duvarı		
a) Süreksiz eklem	4	
b) Pürüzlü, dalgalanmalı	3	
c) Pürüzsüz dalgalanmalı	2.0	
d) Çizikli, dalgalanmalı	1.5	
e) Pürüzlü veya düzensiz, düzlemsel	1.5	
f) Pürüzsüz düzlemsel	1.0	
g) Çizikli, düzlemsel	0.5	
(iii) Makaslandığında kaya duvar teması yok	-	
h) Kaya duvarı temasını önlemeye yeterli kalınlıkta kil minerali içeren zon	1.0	
j) kaya duvarı temasını önleyecek kadar kalın, kumlu, çakıllı veya ezilmiş kaya	1.0	

Çizelge 4.8 (devam ediyor)

Eklem Ayırışma Numarası	J_a	ϕ_r	ϕ_r , değerleri ayırışma ürünlerinin mineralojik özelliklerine yaklaşık bir klavuz bilgi sağlamak amacıyla verilir.
(i) Kaya duvarı teması	-	-	
a) sıkıca kapanmış, sert, yumuşamayan, geçirimsiz dolgu; örnek: kuvars veya epidot	0.75	-	
b) Bozunmamış eklem duvarları; sadece yüzeyde lekeler	1	25-35°	
c) Hafifçe ayrılmış eklem duvarları, yumuşamayan mineral kaplamaları, kumlu partiküller, kil içermeyen parçalanmış kaya	2	25-35°	
d) Siltli veya kumlu kil şeklinde kaplamalar, küçük kil fraksiyonu (yumuşamayan)	3	20-25°	
e) Yumuşamayan veya düşük sürtünmeli kil minerali kaplamaları; örnek: kaolenit, mika. Ayrıca klorit, talk, jips, grafit vb. ile az miktarda şişebilen killeri (süreksiz giysiler; kalınlık 1-2 mm den az)	4	8-16°	
(ii) 10 cm makaslamadan önce kaya duvarı teması	-	-	
f) Kumlu partiküller, kil içermeyen parçalanmış kaya vb.	4	25-30°	
g) Kuvvetlice aşırı konsolide, yumuşamayan kil mineral dolguları (sürekli; kalınlık < 5mm)	6	16-24°	
h) Aşırı konsolidasyon orta veya düşük derece, yumuşamayan, kil mineral dolguları (süreksiz; kalınlık 5mm)	8	12-16°	
j) Şişebilen kil dolgulu; örnek: montmorillonit (süreksiz; kalınlık<5 mm) J _a değeri, kil boyu partiküllerin yüzdesine, suyun girişine bağlıdır.	8.12	6-12°	
(iii) Makaslandığında kaya duvarı teması yok	-	-	
k) Parçalanmış kaya ve kil zonları veya bantları (kil şartlarının tanımı için bkz. h ve j şıkları)	6.8 veya 8.12	6-24°	
l) Siltli kil zonları veya bantları, az kil fraksiyonu (yumuşamayan)	5	-	
m) Kalın, sürekli kil zonları veya bantları (kil şartlarının tanımı için bkz. g,h ve j şıkları)	10.13 veya 13,20	6-24°	

Çizelge 4.8 (devam ediyor)

Gerilme Azalma Faktörü	SRF		
(i) tünel kazısında kaya kütlelerinin gevşemesine neden olabilecek; kazı yüzeyini kesen zayıflık zonları	-	İlgili makaslama zonunun kazı yüzeyini sadece etkidiği fazla kesmediği durumda SRF değerlerini %25-50 oranında azaltınız. Kuvvetli bir anizotrop gerilme alanının bulunduğu durumda (ölçülmüşse): $5 \leq \sigma_1/\sigma_3 \leq 10$ olduğu zaman σ_c ve σ_t 'yi $0.8 \sigma_c$ ve σ_t 'ye düşürülür. $\sigma_1/\sigma_t > 10$ olduğu zaman σ_c ve σ_t 'yi $0.6 \sigma_c$ ve $0.6 \sigma_t$ 'ye düşür.	
a) Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren çok sayıda zayıflık zonu, çok gevşek komşu kaya (herhangi bir derinlikte)	10.0		
b) Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek zayıflık zonu (kazı derinliği <50 m)	5.0		
c) Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek zayıflık zonu (kazı derinliği >50 m)	2.5		
d) Sağlam kayada (kil içermeyen) çoklu makaslama zonları, gevşek komşu kaya (herhangi derinlikte)	7.5		
e) Sağlam kayada (kil içermeyen) tek makaslama zonu, gevşek komşu kaya (kazı derinliği <50 m)	5.0		
f) Sağlam kayada (kil içermeyen) tek makaslama zonu, gevşek komşu kaya (kazı derinliği >50 m)	2.5		
g) Gevşek, açık çatlaklar, aşırı derecede çatlaklı veya şeker küpü vs. (herhangi derinlikte)	5.0		
(ii) Sağlam kaya, kaya gerilme problemleri	-	σ_c/σ_t	σ_t/σ_l
h) Düşük gerilme, yüzeye yakın	2.5	>200	>13
j) Orta düzey gerilme	1	200-10	13-0.66
k) Yüksek gerilme, çok sıkı yapı (genellikle stabilite için uygun, duvar stabilitesi için uygun olmayabilir)	0.5-2.0	10-5	0.66-0.33
l) Vasat düzeyde kaya patlaması (masif kaya)	5-10	5-2.5	0.33-0.16
m) İleri düzeyde kaya patlaması (masif kaya)	10-20	<2.5	<0.16
(iii) Sıkışan kaya; sağlam olmayan kayanın yüksek kaya basıncının etkisi altında plastik akması	-	-	
n) Orta derecede sıkı kaya basıncı	5-10		
p) İleri derecede sıkı kaya basıncı	10-15		

Çizelge 4.8 (devam ediyor)

Eklem Suyu Azalım Faktörü	J_w	Yaklaşık Su Basıncı (kg/cm²)
a)Kuru kazılar veya kazı içine minör akış; yerel olarak 5L/dk	1.0	<1
d)Çok miktarda akış veya yüksek basınç, eklem dolgularının önemli miktarda yıkanması	0.33	2.5-10
e)Patlatma sırasında son derece yüksek içeri akış veya su basıncı; zamanla azalan türde	0.2-0.1	>10
f) Kayda değer bir azalım göstermeksizin, son derece yüksek içeri akış veya su basıncı	1-0.05	>10

Q değerine bağlı kaya kütlesi sınıfı Çizelge 4.10'da gösterildiği gibi belirlenmektedir.

Çizelge 4.9 ESR (Barton et al. 1974).

Kazı Tipi	ESR
A. Geçici maden kazılar	3-5
B. Düşey kuyular:	
• Dairesel kesitler	2.3
• Dikdörtgen/ kare kesitler	2.0
C. Kalıcı maden kazıları, hidrolik santral cebri tünelleri (çok yüksek basınç olanlar hariç), pilot (kılavuz) tüneller, bacalar ve büyük-geniş kazılar için giriş galerileri	1.6
D. Yer altı depoları, su arıtma tesisleri, tali karayolu ve demiryolu tünelleri, giriş(yaklaşım) tünelleri	1.3
E. Yer altı hidrolik santralleri, ana karayolu ve demiryolu tünelleri, sığınaklar, giriş ağızları, kavşaklar.	1.0
F. Yer altı nükleer santralleri, demiryolu ve metro istasyonları, spor ve halka açık tesisler, yer altı fabrikaları.	0.8

Çizelge 4.10 Q değerlerine bağlı kaya kütlesi sınıfları (Barton et al. 1974).

Q değeri	Kaya kütlesi sınıfı
1000-400	Son derece iyi
400-100	Pek çok iyi
100-40	Çok iyi
40-10	İyi
10-4	Orta
4-1	Zayıf
1-0.1	Çok zayıf
0.1-0.01	Çok fazla zayıf
0.01-0.001	Son derece zayıf

Fakat pratikte her yöntem tarafından önerilen kaya sınıflarının sınırları eşitlik 4.1 ile tam uyumlu değildir. Bu nedenle, Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM) ilkeleri ışığında genellikle Avusturya’da ve yaygın olarak da Avrupa’da kullanılan kaya sınıflandırma sistemi arasında Avusturya Standardı ÖNORB-2203 önemli yer tutar (Çizelge 4.11). Bu kaya sınıflaması; tünel profili boyunca izlenen kayaların jeolojik-jeoteknik özellikleri, tünel kesiti, örtü yükü dikkate alınarak kaya ortamının zamana bağlı davranışı bağlamında yapılmaktadır.

Kaya kütlesinin davranışı, su etkisi, kazı ile destekleme ve desteklemenin zamanlaması Çizelge 4.12’de destek sınıflarında verilmiştir (Karayolları Teknik Şartnamesi 2006).

Eş değer boyut ile kaya kütlesi kalitesi arasındaki ilişki Şekil 4.2’de gösterildiği gibidir.

4.4.1 Asgari Bulon Boyları

Bulon uzunlukları kazının boyutlarına (genişlik ve yükseklik) bağlıdır. Tavanda kullanılan bulonların uzunluğu kazı genişliğine (B), duvarlarda kullanılan bulonların boyları ise kazı yüksekliğine (H) bağlıdır. Kaya bulonları için asgari boylar aşağıdaki şekildeki gibi formüle edilebilir (Barton et al. 1974);

$$\text{Tavan için; } L = \frac{2 + 0.15B}{ESR} \quad (4.10)$$

$$\text{Duvarlar için; } L = \frac{2 + 0.15H}{ESR} \quad (4.11)$$

Eş değer boyut ile kaya kütlesi kalitesi arasındaki ilişki Şekil 4.2’de gösterildiği gibidir.

Burada L bulon boyu olup, tüneller için ESR= 1 alınır. Bu bağıntılar kullanılarak tünel tip ve kesitlerine bağlı olarak bulun boyları tespit edilebilir. Burada elde edilecek boylar asgari olup gerekli görülmesi halinde korozyon ve zeminin yerinde özellikleri dikkate alınarak revize edilmelidir.

4.4.2 En Büyük Desteksiz Açıklık

Tünel profilini oluşturan kayaçların desteksiz durma süresi ve buna bağlı olarak destek gerektirip gerektirmeyeceği veya gerektireceği destek türü, tünel kazısını yönlendiren en önemli etkenlerden biridir.

Kaya ortamlarda açılan tünellerde desteksiz kazı açıklığı ($B_{\max}$) ile kaya kütle sınıflaması (Q) arasındaki ilişki eşitlik 4.12 ile ifade edilmektedir (Grimstand and Barton 1993);

$$B_{\max} = 2(ESR)Q^{0.4} \quad (4.12)$$

Çapı bilinen tünel için Q değeri ise eşitlik 4.13 ile ifade edilmektedir (Grimstand and Barton 1993);

$$Q = \left(\frac{KazıAçığı}{ESR} \right)^{2.5} \quad (4.13)$$

ESR, kazı destek oranı olup yeraltında ulaşım amaçlı tüneller için 1 kabul edilir.

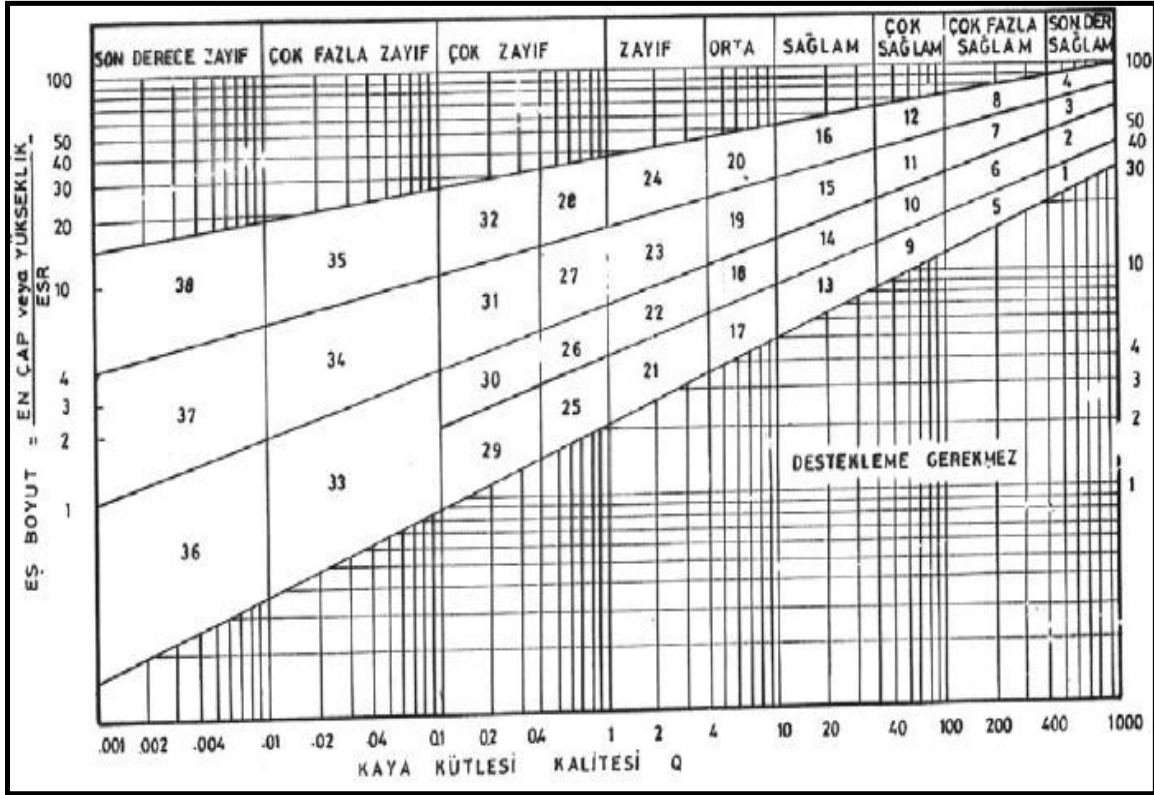
4.4.3 Desteksiz Kalma Süresi

Grovak-şeyl içinde açılacak tünel kısımları için kendi kendini tutma süresi genel olarak, ‘ani çökme’ ile ‘72 saat’ arası kabul edilebilir. Kireçtaşları içinde açılacak tünel kısımlarının kendi kendini tutma süresi ise, 1 hafta ile 1 yıl arasında değişebilir. Q ve ESR değerleri bilindiğinde

tahkimatsız durma açıklığının en yüksek değeri B_{max} 4.12 formülü ile gösterilmiştir (Emiroğlu 2010).

Çizelge 4.11 Kaya sınıflama sistemlerinin karşılaştırılması (Yüksel proje 2010).

	BAKTON KAYA KÜTLESİ NİTELİĞİ (Q)	BIENIAWSKI KAYA KÜTLESİ DEĞERİ (RMR)	ÖNORM B 2203 Ekim 1994 Öncesi	ÖNORM B 2203 Ekim 1994 Sonrası
1000		101		
400	SON DERECE İYİ	94	A 1 STABEL	A 1 SAĞLAM
	TEK ÇOK İYİ	82.7		
100		80		
	ÇOK İYİ	76	A 2 AŞIRI SÖKÜLEN	A 2 SONRADAN AZ SÖKÜLEN
40	İYİ	65		
10		60		B 1 GEVREK
4	ORTA	58	B 1 GEVREK	B 2 ÇOK GEVREK
	ZAYIF	47		
1		40	B 2 ÇOK GEVREK	B 3 TANELİ
	ÇOK ZAYIF	29	C 1 BASKILI	C 1 DAĞ ATMA
0.1		20		C 2 BASKILI
	ÇOK FAZLA ZAYIF	17	C 2 ÇOK BASKILI	C 3 ÇOK BASKILI
0.01		15	L 1 GEVŞEK ZEMİN YÜKSEK KOHEZYON	C 4 AKICI
	SON DERECE ZAYIF	10	L 2 GEVŞEK ZEMİN DÜŞÜK KOHEZYON	C 5 ŞİŞEN
0.001		5		
		2.5		



Şekil 4.2 Eş değer boyut-kaya kütle kalitesi. (Grimstand and Barton 1993).

4.5 JEOLOJİK DAYANIM İNDEKSİ

Hoek ve Barton tarafından 1980'li yıllarda geliştirilen jeolojik dayanım indeksi Sönmez ve Ulusay tarafından daha da geliştirilmiştir (Çizelge 4.13).

GSI değerleri, sondaj delgi uzunluğu boyunca her bir manevraya ait karot örneğinin yüzey durumu, çatlaklık derecesi ve ayrışma seviyesinin sayısal olarak olarak tanımlanması yoluyla belirlenmiştir.

Çizelge 4.12 Destek sınıfı (Karayolları Teknik Şartnamesi 2006).

DESTEK SINIFI : A1	
Kaya Kütlesinin Davranışı	“Stabil” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Kaya kütlesi elastik davranış gösterir. Deformasyonlar küçüktür ve çok hızlı azalır. Serbest kaya parçaları temizlendikten sonra söküme eğilimi yoktur.
Su Etkisi	Yoktur
Kazı	Kazı teorik olarak “tam ayna” olarak yapılabilir. Büyük kazı profili hallerinde, kazı genellikle üstyarı ve altyarı kazısı şeklinde sürdürülür. Delme-patlatma kazı için gerekecektir. İlerleme adımı uzunluğu yumuşak patlatma şartları ve yapım tekniğine bağlı olarak seçilir.
DESTEK SINIFI : A2	
Kaya Kütlesinin Davranışı	“Sonradan Az Sökülen” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Deformasyonlar küçüktür ve çok hızlı azalır. Kaya kütlesi elastik davranış gösterir. Tünel tavanında ve yan duvarların üst kısmında süreksizlikler ve kaya kütlesi zati ağırlığından dolayı sığ sökümlerin olma eğilimi vardır.
Su Etkisi	Önemsizdir.
Kazı	Teorik olarak kazı “tam ayna” olarak yapılabilir. Gerçekte, büyük kazı profili hallerinde kazı, genellikle üstyarı ve altyarı kazısı şeklinde sürdürülür. Delme-patlatma kazı için gerekecektir. İlerleme adımı uzunluğu yumuşak patlatma şartları ve yapım tekniğine bağlı olarak seçilir. Üstyarı kazısında 2.5-3.5 m, altyarıda 4 m ile sınırlanmaktadır.
Destekleme ve Zamanlaması	Bulonlama; sadece bölgesel olarak tünel tavanında/yan duvarlarda yersel blokların stabil hale getirilmesi amacıyla kullanılabilir. Bu durumda kullanılacak kaya bulonları, aynadan itibaren en çok bir ilerleme adımı geriden uygulanacaktır. Kaya bulonlama yönü süreksizliklerin yönelimlerine göre seçilecektir.
DESTEK SINIFI : B2	
Kaya Kütlesinin Davranışı	“Çok gevrek” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Tünel desteklemesinin zamanında yapılması halinde deformasyonlar hızla azalır. Zamanında destekleme yapılmaması veya destekleme elemanlarının yetersiz olması halinde derinlere ulaşan gevşemeler ve buna bağlı olarak kopmalar meydana gelir.
Su Etkisi	Bozuşmuş veya ayrılmış kaya kütlesi içerisinde fazla su akışının kaya kütlesinin mukavemeti üzerinde etkisi bulunmaktadır.
Kazı	Kazı tünel kesitine bağlı olarak bölünür. İlerleme adımı uzunluğu, desteksiz durma süresi ve desteksiz açıklığına bağlı olarak belirlenir. İlerleme adımı üstyarı kazısında 1.5-2.0 m altyarıda ise 3.0- 3.5 m’den fazla olmayacaktır. Kazı genellikle yumuşak patlatma ile yapılır.
Destekleme ve Zamanlaması	Tünel tavanı ve yan duvarlarda sistematik destekleme gereklidir. Gerektiğinde tavanda süren kullanılacaktır. Süren için delme ve benzeri işlemlerin aynadaki veya tavandaki kaya kütlesi üzerindeki olumsuz etkileri önlenecektir.
DESTEK SINIFI : B3	
Kaya Kütlesinin Davranışı	“Taneli” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Bölünmüş kazıda bile kaya kütlesinde dökümler meydana gelir. Kohezyonun az olması ve az çimentolaşma kazının stabilitesinde yetersizliğe neden olur.
Su Etkisi	Bozuşmuş veya ayrılmış kaya kütlesi içerisinde fazla su akışının kaya kütlesinin dayanımı üzerinde etkisi bulunmaktadır.
Kazı	Bölünmüş kazı ile ilerleyebilmek için kaya kütlesini iyileştirici, desteksiz durma süresini artırıcı önlemler alınmalıdır. İlerleme adımı uzunluğu üstyarı kazısında 1.25-1.50 m, altyarıda ise 3 m’den fazla olmayacaktır. Kazı genellikle yumuşak patlatma ile yapılır, titreşime hassas kaya kütlelerinde mekanik kazı metotları kullanılacaktır. Taban kazısı ve bir taban beton kemeri yapılması gerekli olabilir.
Destekleme ve Zamanlaması	Tünel tavanı ve yan duvarlarda, aynada ve aynanın ilerletilmesinden önce monte edilecek sistematik destekleme gerekmektedir. Süren kullanımı yerel olarak gerekebilir. Sistematik çelik iksa kullanılacaktır. Jeolojik şartlara göre, üstyarı aynasından 100-150 m’den daha geride olmamak üzere, yerinde dökme bir taban kemer betonu yapılması gerekebilir.

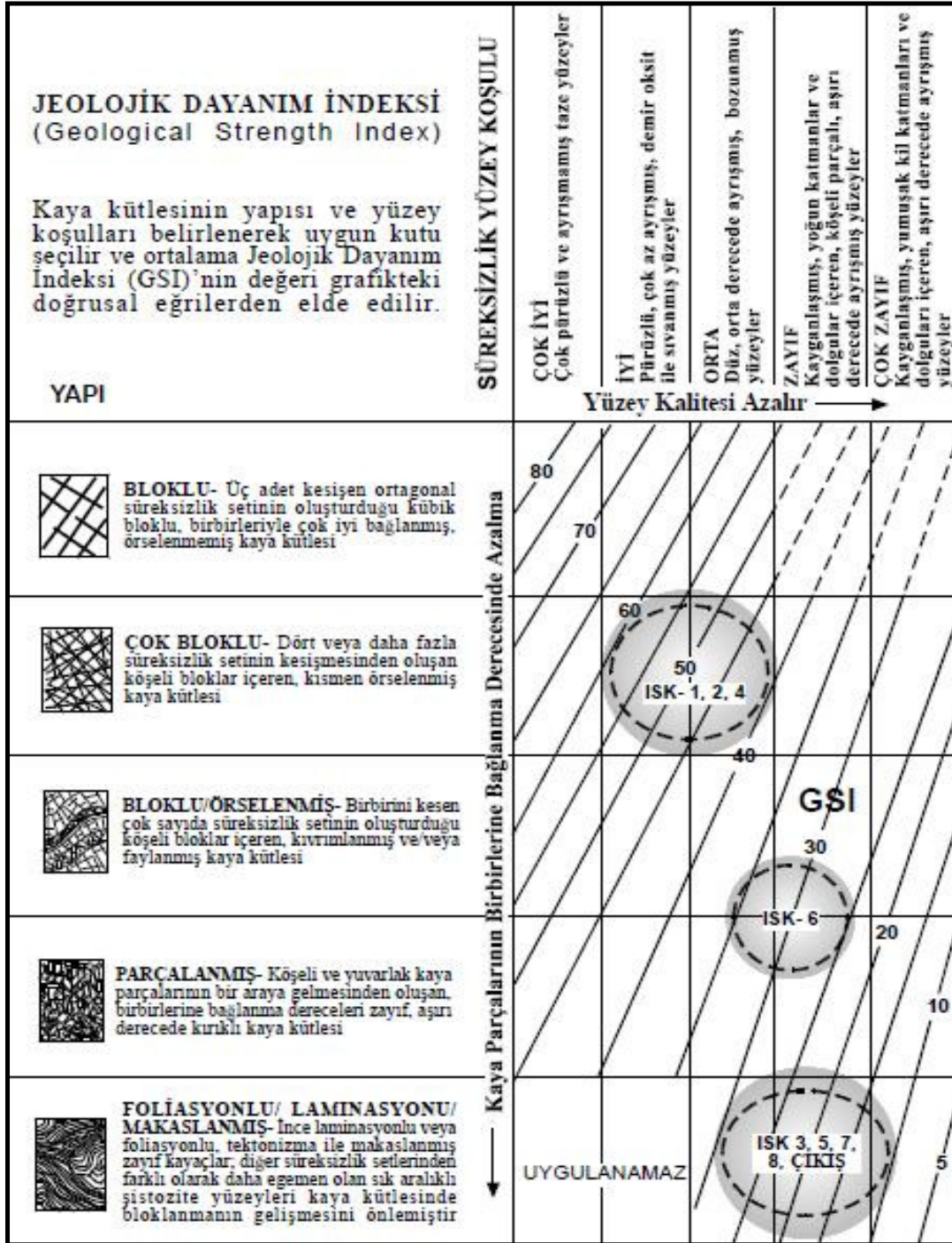
Çizelge 4.12 (devam ediyor).

DESTEK SINIFI : C1	
Kaya Kütlesinin Davranışı	Yüksek örtü kalınlığı altında masif kayada yüksek ön gerilmeler kırılğan kaya kütlelerinde elastik enerji depolanmasına neden olur. Bu enerjinin aniden yer değiştirmesiyle kayada kesme ve kaya yapısının ezilmesi ile birlikte kırılmalar olur. Desteksiz bırakılan kısımlarda fırlayan kayalar parçalanmaya müsaittir. Kaya kütlelerindeki kırılmalar derinlere ulaşır.
Su Etkisi	Bozuşmuş veya ayrılmış kaya kütlesi içerisinde fazla su akışının kaya kütlelerinin dayanımı üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır.
Kazı	Bölünmüş kazı ile ilerlemelidir. Taban kazısı gereklidir. İlerleme adımı uzunluğu üstyarıda 1.5-2.0 m altyarıda 3 m'den fazla olmayacaktır. Kazı düzgün patlatma veya mekanik kazı metotları ile yapılabilir.
Destekleme ve Zamanlaması	Destekleme elemanları olarak kısa ama sık yerleştirilmiş kaya bulonları, çelik hasır gereklidir. Ek tedbir olarak kaya kütlelerindeki basıncı azaltıcı delikler açılabilir. Bu yöntemle dağ atmaları da önenebilir. Jeolojik şartlara göre üstyarı aynasından 100-150 m'den daha geride olmamak üzere yerinde dökme bir taban kemeri betonu yapmak gerekebilir.
DESTEK SINIFI : C2	
Kaya Kütlesinin Davranışı	"Baskılı" kaya kütlesi olarak adlandırılır. C2, çevreleyen kaya kütlesi içerisinde derine uzanan plastik zonlar ve basınç veren davranışı ile karakterize edilir. Bu kaya kütlelerinde orta derecede fakat belirgin olarak uzun süren ve yavaş son bulan deformasyonlar gözlenir. Kazı çevresindeki deformasyonların merteye ve hızları orta derecededir. Plastik davranışlı yüksek kohezyonlu kaya kütlelerinde gerilme gözlenir.
Su Etkisi	Su sızıntıları ve konsantre su akışının kaya kütlesi üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Tünel kazısının, üstyarı, altyarı ve taban kazısı olarak bölünmesi zorunludur. Portal bölgelerindeki özel durumlar hariç, üstyarı kazısı kendi içerisinde bölümlere ayrılacaktır. Üstyarı kazısı aynasında bir destekleme gövdesi gerekecektir. İlerleme adımı uzunluğu üstyarıda 0.75-1.25 m, altyarıda 2 m'den fazla olmayacaktır. Kazı düzgün patlatma ve mekanik kazı metotlarıyla yapılabilir. Traşlamadan hemen sonra püskürtme beton kaplaması gerekmektedir.
Kazı	Genellikle tünel aynası stabildir. Tüm kesit çevresinde sistematik destekleme gereklidir. Her ilerleme adımında destekleme sistemi tamamlandıktan sonra bir sonraki ilerleme adımına geçilecektir. Tünel tavanında süren uygulaması gerekecektir. Süren uygulaması için delgi sırası ve sonrasında imalatın ayna ve tavandaki kaya kütlelerinin olumsuz etkilenmesi önlenmelidir. Destekleme elemanlarının görevi derin plastik kırılmaları sınırlamaktır. Jeolojik şartlara uygun olarak üstyarı aynasından 50-100 m'den daha geride olmamak üzere taban kemeri gereklidir.
Destekleme ve Zamanlaması	
DESTEK SINIFI : C3	
Kaya Kütlesinin Davranışı	"Çok baskılı" kaya kütlesi olarak adlandırılır. C3, derin zayıflık zonlarının oluşması, başlangıçta yüksek ve hızlı deformasyonlar ile karakterize edilir. Deformasyonlar uzun sürer ve yavaş son bulur. Derine inen kırılma ve plastik bölgeler gözlenir.
Su Etkisi	Su sızıntıları ve konsantre su akışının kaya kütlelerinin davranışı üzerinde önemli etkisi olmaktadır.
Kazı	Tünel kazısının üst yarısı kazısı, alt yarısı ve taban kazısı olarak bölünmesi zorunludur. Genellikle üst yarısı kazısı aynasında bir destekleme gövdesi gerekecektir. Aynada sistematik destekleme gerekebilecektir. İlerleme adımı uzunluğu, üst yarısı kazısında 1.2 metreden, alt yarısı ise 2.0 metreden fazla olmayacaktır. Kazı genellikle yumuşak patlatma veya mekanik kazı metotlarıyla yapılacaktır. Traşlamadan hemen sonra püskürtme beton kaplaması gerekmektedir. Yoğun bir destekleme paterni tüm kazı aynalarında gerekecektir. Deformasyon mertebeleri, deformasyon boşlukları ve/veya büyük deformasyonlara cevap verebilecek destek elemanlarının kullanımı gibi özel bir tertibat gerektirecektir. Destekleme elemanları, kaya kütlelerinin üç eksenli gerilme durumunu idame ettireceklerdir.
	İlerleme adımı uzunluğunun kısaltılması, süren boyunun uzatılması ve üstyarı kazısı aynasında büyük bir merkez destekleme gövdesinin bırakılmasının yeterli olmaması halinde ayna kazısının ayrıca alt kısımlara bölünmesi gerekebilir. Muhtemel çözümler, üstyarı kazısının yarı taraf kazılar veya yan galeriler halinde yapılması olabilir. Komple kazı bölümünün aşırı düşey hareketleri olması halinde, kaplama temelini genişletilmesi, püskürtme beton kabuğunun temel bölgesinin bulonlanması ve enjeksiyonlanması veya geçici taban kemerleri gerekli olabilir.

Çizelge 4.12 (devam ediyor).

Destekleme ve Zamanlaması	Tüm tünel desteklemesi sistematik olarak, üst yarı ve alt yarı kazı aynasının daha fazla ilerletilmesinden önce tatbik edilir. Tüm tavan kesimi üzerinde süren boru kullanımı gerekecektir. Süren için delme veya benzeri işlemlerin aynadaki veya tavandaki kaya kütlesi üzerindeki olumsuz etkileri önlenecektir. Üst yarı kazısında alt bölümlere ayrılmış enkesit ve geçici ring yapıları gerekli olabilir. Üst yarı kazısı aynasından 25-50 metre geride taban kemerinin ring kapaması gerekebilecektir. DESTEK SINIFI : C4
Kaya Kütlesinin Davranışı	“Akıcı” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Çok az kohezyon ve sürtünme, kaya kütlesinin az plastik davranışı kısa süre desteksiz bırakılan bölünmüş kazıda bile tünel içine malzeme akışına sebep olur. Düşük kohezyon kazıda birçok alt bölünmeyi gerektirmektedir. Önceden süren montajı yapılmadan veya süren ve kazı ile birlikte püskürtme betonu kaplaması yapılmadan zeminin kendini tutma süresi yoktur.
Su Etkisi	Su sızıntıları ve konsantre su akışlarının açığa çıkan zeminin davranış ve özelliklerinde önemli etkisi olabilecektir. Bu nedenle kayanın ortamının dayanımını iyileştirici önlemlerin alınması düşünülebilir.
Kazı	Aynada stabilite problemlerini önlemek için yan galeriler şeklinde bir alt bölünme gerekecektir. İlâveten üstyarı kazısı aynaları destekleme gövdeleri gereklidir. Önden yapılan desteklemeler veya özel destekleme önlemleri ile tünel aynasının destek etkisi sayesinde sınırlı kazı yapılmasına olanak verilmesi mümkündür. İlerleme adımı uzunluğu üstyarı kazısında 1.5 m altyarıda ise 2.0 m’den fazla olmayacaktır. Kazı tünel ekskavatörü ile yapılacaktır. Kazı ile birlikte püskürtme beton kaplaması gerekmektedir.
Destekleme ve Zamanlaması	Tünel desteklemesi, üstyarıda ve altyarıda her bir ilerleme adımı tamamlanmalıdır. Süren boru veya çelik levha süren tabiki, tavan kesiminin büyük kısmında gerekecektir. Kazı aynasında, püskürtme beton, hasır çelik, kaya bulonu, drenaj elemanlarından oluşan destekleme sisteminin, kazı sırasında veya hemen sonrasında kullanılması gerekebilecektir. Alt bölümlere ayrılmış kesitin kazısı ile birlikte püskürtme beton kaplaması yapılması gerekli olacaktır. Süren uygulanması zorunludur. Üst yarı kazısının alt bölümlere ayrılmış kesimlerinde geçici ring kapama gerekebilir. Taban kemerinde ring kapaması, üstyarı kazı aynası gerisinde 25 ile 50 metre arasındaki kısa mesafelerde gerekli olabilir. DESTEK SINIFI : C5
Kaya Kütlesinin Davranışı	“Çok kohezyonlu, kısa süreli stabil” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Şişme potansiyelli kil minerali, tuz, anhidrit içeren kaya kütlelerinde su alımıyla meydana gelen hacim artışı sebebiyle gevşemeler olur. Kemer ve aynada serbest açıklıkların sınırlandırılmasıyla kaya kütlesi sınırlı bir sürede stabil kalabilir.
Su Etkisi	Sızıntı ve konsantre su akışının, kazılan zeminin davranışı ve özelliklerinde büyük etkisi vardır. Şişme başlatılmış olabilir.
Kazı	Üst yarı, alt yarı ve taban kazısı olarak bölünmesi zorunludur. Pek çok halde üst yarı kazısı aynası için bir destekleme gövdesi gerekecektir. İlerleme adımı uzunlukları üst yarı kazısında 1.5 metreyi, alt yarı kazısında 3.0 metreyi geçmeyecektir. Kazı tünel ekskavatörü ile yapılabilir. Büyük kayaların veya mevzii olarak sert kaya kısımlarının kazısında patlatma gerekebilir.
Destekleme ve Zamanlaması	Tünel desteklemesi, üstyarıda ve altyarıda her ilerleme adımı tamamlanmalıdır. Süren boru veya çelik levha süren uygulaması, tavan kesiminin büyük kısmında gerekecektir. Alt bölümlere ayrılmış kesitin kazısı ile birlikte püskürtme beton kaplaması yapılması gerekli olacaktır. Geoteknik ihtiyaçlara uygun olarak üstyarı aynasından 100-150 metreden daha geride olmamak üzere taban kemeri gereklidir.

Çizelge 4.13 Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) değer aralıkları (Hoek et al. 1998'den Türkçeleştirilmiştir).



BÖLÜM 5

İNCELEME ALANININ TANITILMASI VE JEOLJİSİ

Alaplı İlçesi, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer almakta olup, Zonguldak İli'nin Alaplı Belediyesi idari sınırları içindedir. 41° 10' K enlemi ile 31° 23' D boylamında yer alan Alaplı ilçesi 49 köy ve 8 yerleşim biriminden oluşmaktadır. Genel olarak dağlık ve engebeli olan arazi iç kısımlara doğru yükselirken, sahile yaklaştıkça alçalmaktadır. Ormanlı beldesinin güneyinden 710 m yükseltili At Yaylası Tepesi yakınlarından doğan Alaplı Irmağı ilçeyi iki kısma ayırmaktadır. Irmak geniş bir vadide basamaklar yaparak kimi yerlerde 600–700 m genişliğinde bir vadiden akarak Karadeniz'e ulaşmaktadır. Vadi tabanının alüvyon birimden oluşması ve 1. derece deprem kuşağında yer alması nedeniyle bu bölge yerleşim alanı amaçlı kullanılmamaktadır. Bu sahada daha çok tarımsal faaliyetlere yer verilmektedir. 17984 nüfuslu Alaplı İlçesi Zonguldak ilinin batı istikametindeki son ilçedir. Doğusunda Kdz. Ereğli ilçesi, güneyinde Düzce ili Yığılca ilçesi, batısında Düzce ili Akçakoca ilçesiyle, kuzeyinde Karadeniz ile sınırlı olup, Zonguldak-İstanbul karayolu üzerinde bulunmaktadır.

5.1 ULAŞIM VE YERLEŞİM DURUMU

Bölgenin tek ulaşım güzergahı olan, yapımı tadilat aşamasındaki 10 Nolu Devlet Karayolu ile sağlanmaktadır ve yolun yapımının Devlet Karayolları tarafından 2011 yılında bitirilmesi planlanmıştır.

Batı Karadeniz Dağları'nın batısında bulunan Alaplı İlçesi İstanbul'a 274 km, Bolu'ya 75 km, Kastamonu'ya 270 km, Kocaeli'ye 170 km mesafe uzaklıkta bulunmaktadır. Bu illere olan ulaşım, yapılmakta ve iyileştirilmekte olan bu karayolu bağlantısıyla sağlanmaktadır. Alaplı ve çevresinde bulunan köylere olan ulaşım sadece karayoluyla sağlanmakta olup köyler arasındaki ufak patika yollar ile ulaşım gerçekleşmektedir. 2007 yılında yapılan nüfus sayımı sonuçlarına göre ilçe merkezinde 17984, toplam nüfus 46372'dir. Nüfusun üçte biri ilçe merkezinde toplanmış olup yarı çarpık kentleşmeye sahiptir. İlçenin geçim kaynakları orman ürünleri, fındık ziraatı, sanayi kesiminde çalışan işçiler ve küçük çaplı ticari kaynaklardır.

Buna bağılı olarak kentleşmenin diğerk kısmı köylerdedir. İlçede Zonguldak Karaelmas Üniversitesine bağılı Alaplı Meslek Yüksekokulu bulunmaktadır. İlçenin Devlet Karayolundan başka ulaşım imkanı yoktur. Ereğli İlçesi Güllüç Beldesinden itibaren başlayan karayolu güzergahı önce Alaplı, oradan da Akçakoca sınırına kadar deniz kenarından seyreder (Şekil 5.1).

5.2 İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ

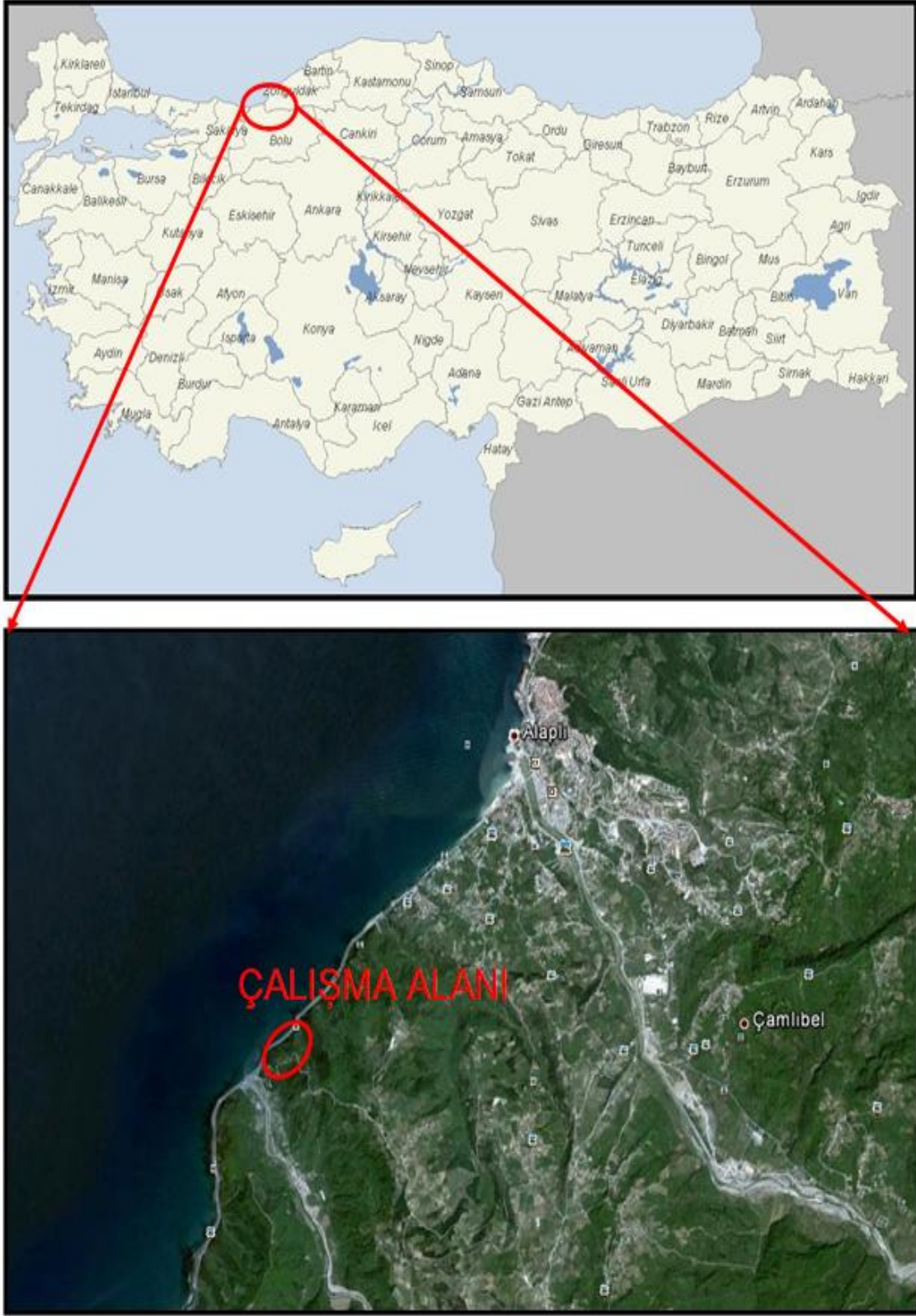
İnceleme alanında tipik Batı Karadeniz İklimi hakimdir. Yazları ılık, kışları serin geçmektedir. Her mevsimde yağış görülen bölgede nem oranı Doğu Karadeniz Bölümü'ne nazaran düşük olsa da diğerk bölgelere oranla yüksektir. Yıllık ortalama nem oranı %75 dolayındadır. Bol yağışın gözlemlendiğı Alaplı ve çevresinde yıllık ortalama yağış miktarı 1163 mm'dir. Ortalama yağışlı gün sayısı ise 157 gündür. Kuzey rüzgarlarının hakim olduğı Ocak, Şubat ve Mart aylarında ortalama rüzgar hızı 8.8 m/sn'dir. En soğuk ayların ortalaması ise 6,0°C ile Ocak ve Şubat aylarıdır. En sıcak ayların ortalaması ise 21 °C ile Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Aynı zamanda bu aylar en kurak aylardır. En çok yağışın düştüğü aylar ise; Ocak, Aralık, Kasım, Ekim'dir. En az yağışın düştüğü aylar ise; Mayıs, Haziran, Nisan'dır (Kdz. Ereğli Kaymakamlığı 2011).

İnceleme alanında, iklimsel özelliklere ve yağışlara bağılı olarak sık ve yaygın orman alanı hâkimdir. Kayın, gürgen, meşe, kestane ve çam ağaçlarının hakim olduğı ormanlar yerleşim, tarım ve mera alanlarının etrafını kuşatmış durumdadır. İnceleme alanının engebeli araziye sahip olmasından dolayı bölgede tarımsal olarak fındık yetiştirmeciliğı gelişmiştir. Buna bağılı olarak hayvancılık faaliyetleri azdır.

İlçenin en önemli akarsuyu olan Alaplı Irmağı, Ormanlı beldesinin güneyinden 710 m yükseltili At Yaylası Tepesi yakınlarından doğar, geniş bir vadide basamaklar yaparak kimi yerlerde 600 m'yi bulan genişlikte, 22 km uzunlukta akar ve ilçeyi ikiye bölerek Karadeniz'e ulaşır (Alaplı Kaymakamlığı 2011).

5.3 STRATİGRAFİ

Düzce-Akçakoca-Kdz. Ereğli ilçelerini birbirine bağılayan Batı Karadeniz sahil yolu projesi Devlet Karayolları ve Limak A.Ş. tarafından mevcut hat üzerindeki ulaşımı kolaylaştırmak ve



Şekil 5.1 İnceleme alanı ve çevresine ait yer bulduru haritası.

aynı zamanda Türkiye'nin önemli sanayi kurum ve kuruluşlarının bölgede daha rahat transportasyonunu gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Düzce-Akçakoca-Kdz. Ereğli ilçeleri boyunca incelenen formasyonlara ait bilgiler, önceki çalışmalar ile jeolojik gözlemlere dayalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında Düzce-Akçakoca-Kdz. Ereğli ilçeleri boyunca gözlenen formasyonların özellikleri yaşıdan gence doğru aşağıda özetlenmekte olup, inceleme alanına ait stratigrafik dikme kesit ise Şekil 5.2'de sunulmaktadır.

5.3.1 Bellibaşı Formasyonu (Sb)

İnceleme alanı ve çevresinin en yaşlı birimi olan Bellibaşı formasyonu, altta arkozik konglomera ile başlar ve üste doğru şeyl arakatlı kuvarsit, arkoz olarak devam eder. Çoğunlukla orta tabakalanma gösteren, çok kırıklı, mikro sedimanter yapılar sunan ve fosilsiz olan bu birim, bölgede genelde dere tabanlarında tipik mostralalar verir. Alt stratigrafik ilişkisi kesin olarak belirlenemeyen Bellibaşı formasyonu üstte Kuşça formasyonu ile uyumludur ve kıyı (plaj) ortamında çökelmiştir. Önceki araştırmacıların yaptığı çalışmalara göre bu birimin yaşı Silüriyen olarak değerlendirilmiştir (Egemen 1947).

5.3.2 Kuşça Formasyonu (Dk)

Kuşça formasyonu adı, ince- orta tabakalı kireçtaşı ve ince- çok ince tabakalı, laminalı şeyller ile ara tabakalı silttaşlarından oluşan litolojik istif için kullanılmıştır. Birim özellikle bölgenin kuzeyinde Karadeniz sahilinde siyah şeyller olarak çoğunlukla KB yönlü şeritler halinde tipik mostra verir. Birimin tip kesitinde 1250 m kalınlık saptanmıştır. Altta Bellibaşı formasyonu ile yanal düşey dereceli geçişli olan, üstte ise Kirencikbaşı formasyonu ile uyumlu olan birim, düşük enerjili, kıyı ve resif ile ilişkili kısımlar çoğunlukla olmak üzere lagüner bir ortamda çökelmiştir. Stratigrafik ilişkisi ve fosil içeriğine göre; Kuşça formasyonu Silüriyen-Alt Devoniyen yaşı olarak değerlendirilmiştir (Egemen 1947, Tokay 1949).

5.3.3 Kirencikbaşı Formasyonu (Dki)

Dolomitize biyosparit ve dolomitlerden oluşan Kirencikbaşı formasyonu; çoğunlukla masif, belirsiz orta- kalın tabakalanma göstermekte olup, kayaları çok sert, bol kırıklı ve stylolitli bir

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGESİ	KALINLIK (m)	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	TERSİYER	KUVA- TERNER	ALÜVYON	Qal	10		Çakıl, kum, kil
		NEOJEN	TÖNGELLİ	Nt	1050		— UYUMSUZLUK Çakıl, kum, kil
			GÖKTEPE	Tg	710		— UYUMSUZLUK Killi kireçtaşı
		PALEOJEN	ÇAKBELİT	Tç	105		Kumlu kireçtaşı Kumtaşı Konglomera — UYUMSUZLUK Mikali kumtaşı Kumlu killi kireçtaşı Killi kireçtaşı globigerina'ca zengin
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	DADALI	Kd	260		Kireçtaşı, mam, açık sarısı-beyaz, ince tabakalı, bol globotruncina fosilli.
			ACAR	Ka	500		Kireçtaşı, mam Bazalt, andezit Kumtaşı Silttaşı-çamurtaşı Derecelenmeli konglomera — UYUMSUZLUK
	TRİAS		DORUKTEPE	Trd	100		Konglomera
PALEOZOYİK	DEVONİYEN	ORTA-ÜST DEVONİYEN	KIRENCIBASI	Dki	470		Dolomit Dolomitik kireçtaşı, siyahimsi masif
			KUSCA	Dk	1250		Kireçtaşı aralıklı ince tabakalı lamineali çeyli. Silttaşı Gahro, diyabaz daykları
	SİLURİYEN	BİLİRİMEN-ALT DEVONİYEN					
	ORDOVİSİYEN		BELLİBASİ	Sb	340		Kırarsit Arkkoz, ince kalın tabakalı Arkkozik konglomera

Şekil 5.2 İnceleme alanı ve yakın çevresinin stratigrafik dikme kesiti (Çoban 1988).

yapıya sahiptir. Birim yoğun bir orman örtüsü ile kaplıdır. Tip kesitinde 470 m kalınlık saptanmıştır. Formasyonun üst seviyelerinde dolomitize biyosparitlerin tümüyle dolomitleştikleri görülür. Önceki araştırmacılarca Kirencikbaşı formasyonun kıyı ortamında çökeldiği belirlenmiş ve Orta- Üst Devoniyen yaşında olduğu benimsenmiştir. Altta Kuşca formasyonu ile uyumlu olan birimin Doruktepe konglomerası ve Acar formasyonu ile olan sınırı uyumsuzdur (Ketin 1955).

5.3.4 Doruktepe Formasyonu (Trd)

Paleozoyik üzerinde uyumsuz olarak gözlenen Doruktepe formasyonu tipik kırmızımsı kahverengi konglomeralar ile temsil edilir. Konglomeralar, masif, kötü boylanmış ve nadiren tabakalanma gösterir. Fosilsiz olan konglomeraların bileşimleri Bellibaşı formasyonuna ait kumtaşı ve Kuşca formasyonuna ait şeyl ile kireçtaşlarından oluşur. Bu bileşimler genellikle çakıl ile blok arasında değişen tane boyuna sahiptir. Birimin tip kesitinde kalınlığı 100 metredir. Birim bu yörede ince- orta tabakalı arenit tipi kumtaşları ve kahverengi- mor, lamine şeyler ile geçişlidir. Alt ve üst stratigrafik ilişkisi tüm bölgede uyumsuz olarak izlenen bu birim, stratigrafik konumu ve çevre bölgedeki benzerleriyle korelasyonu dikkate alınarak Triyas yaşlı olarak değerlendirilmiştir (Ketin 1955).

5.3.5 Acar Formasyonu (Ka)

Geniş bir yayılıma sahip olan Acar formasyonu, kırmızı kahve renkli polijenik konglomera, demir- manganez oksit katkılı kumtaşları, kırmızı kahverengili- grimsi yeşil renkli silttaşı- çamurtaşı arakatkılı volkanikler ve marn-kireçtaşlarından oluşur. Formasyondan derlenen örneklerin mikroskop incelemesinde konglomeraların, orta- kötü boylanmalı, silis çimentolu polijenik konglomera, kumtaşlarının ince kum boyutlu kuvars, feldispat, opak mineral, klorit ve volkanik kayaç parçalarından oluşan litik vake, kireçtaşlarının ise kumlu biyosparit, biyomikrit ve killi biyomikrit oldukları saptanmıştır. Çoğunlukla tatlı yamaçlı bir topografya görüntüsü sunan bu birim, inceleme bölgesinin değişik kesimlerinde, farklı litolojik topluluklar halinde izlenir. Formasyon için volkanik arakatkılar da dikkate alınarak kalınlığın 500 metrenin üzerinde olduğu saptanmıştır. Önceki araştırmacılarca birimin yaşı Üst Kretase olarak değerlendirilmiştir (Tokay 1949). Acar formasyonu alttaki Paleozoyik birimlerini uyumsuz olarak örter. Üstte ise Dadalı Formasyonu ile uyumludur (Tokay 1949). İnceleme alanı tamamen Acar Formasyonu içerisinde yer almaktadır (Şekil 5.3).

5.3.6 Dadalı Formasyonu (Kd)

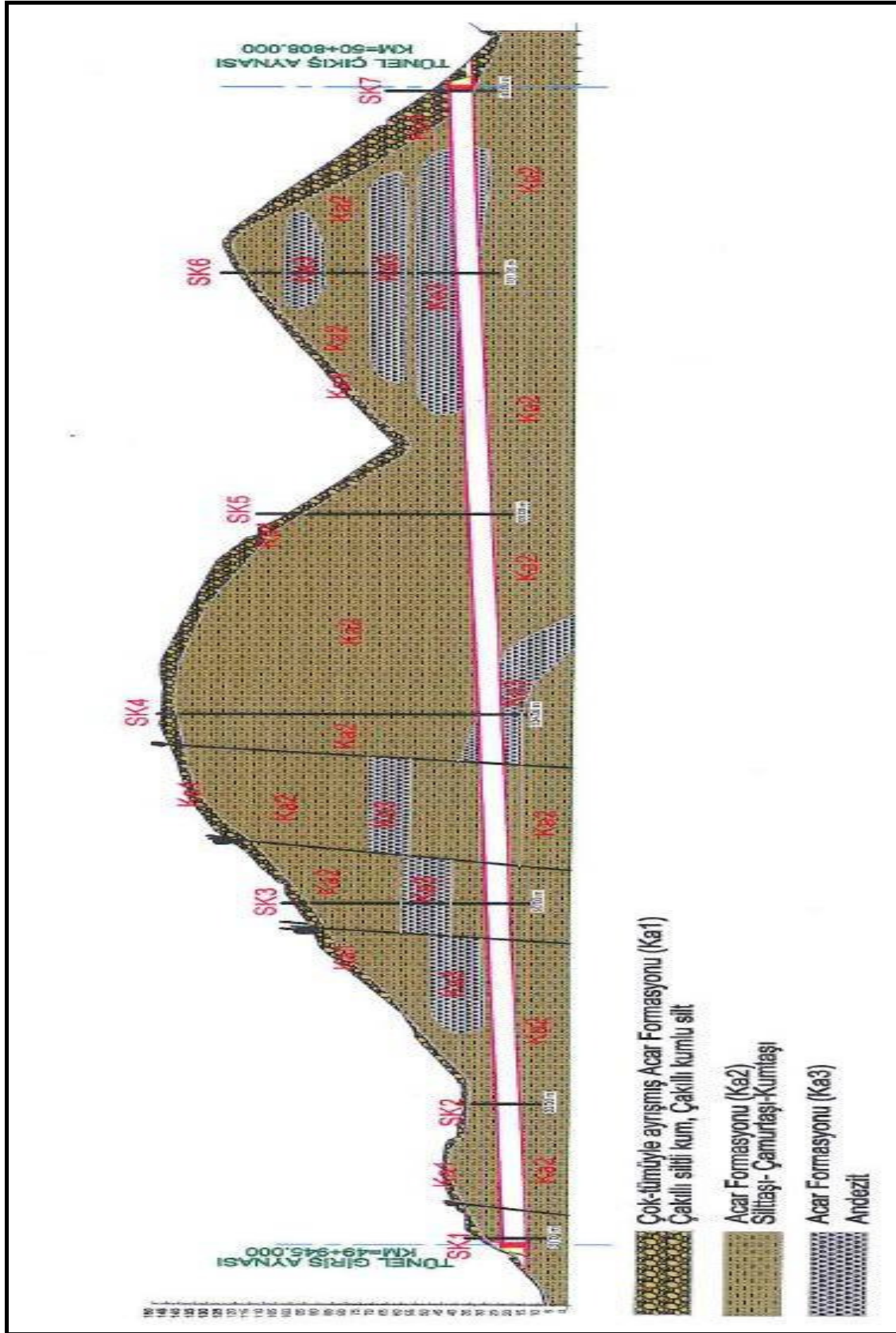
Kil arakatkılı kireçtaşları ile marnlardan oluşan bu birim genel olarak; beyaz- sarımsı- boz renkli, ince- orta tabakalı, bol fosilli özellikler sunar. Formasyondan derlenen örneklerin, ince kesitlerinde mikritik karbonat içinde, bol fosil, maksimum %5 oranında silt boyutlu kuvars taneleri kapsadığı görülmüştür. Bitki örtüsü bakımından fakir olan ve genellikle alçak yükseltili (200–300 metre) tepelerde izlenen birim, 260 metre kalınlıktadır. Altta Acar formasyonu ile konkordan ve dereceli geçişli olan birim, üstteki Çakbelit formasyonu (Paleosen) ile yine konkordan ve dereceli geçişlidir. Dadalı formasyonuna Üst Kretase yaşı verilmiştir (Tokay 1949).

5.3.7 Çakbelit Formasyonu (Tç)

Altta kil arakatkılı kireçtaşları, üstte kumtaşları ile temsil edilen formasyon, inceleme alanı kuzeyinde GB-KD doğrultulu ince şeritler, yer yer 40–50 metrelik dik yarlar halinde, diğer yerlerde ise düşük yükseltili alanlarda mostra verir. Formasyonun kireçtaşı seviyeleri, küçük kıvrımlı ve kırıklı, ince- orta tabakalı ve serttir. Kumtaşları ise ince- çok ince taneli, orta- kalın tabakalı, kırık yüzeyinde mika pullu, sarımsı- boz renklidir. Formasyondan derlenen örneklerin mikroskop incelemesinde, formasyonun alttan üste doğru; killi biyomikrit, biyosparit, karbonatlı vake ve serisitli vakelerden meydana geldiği anlaşılmıştır. Formasyonun kalınlığı 105 metre olarak saptanmıştır. Formasyonun kendinden daha yaşlı birimlerde olan alt sınırı konkordan ve düşey dereceli geçişlidir. Üstte ise Eosen çökelleri ile açılı diskordanslıdır. Çakbelit formasyonu şelfin yüksek enerjili bölümünde çökelmiş olup, birimin yaşı Paleosen'dir (Ketin 1955).

5.3.8 Göktepe Formasyonu (Tg)

Göktepe formasyonu, altta yeşilimsi- gri renkli, ince tabakalı glokonili konglomera, ortada açık sarı renkli, sert, ince- kalın tabakalı, kil arakatkılı kumtaşı ve üstte beyaz- gri renkli ince tabakalı, bol fosilli, glokonili kireçtaşlarından oluşur. Formasyondan alınan örneklerin mikroskobik incelemesinde konglomeraların karbonat çimentolu petromikrit konglomera, kumtaşlarının kötü boyanmalı likit vake, kireçtaşlarının ise kumlu biyomikrit, kumlu biyointramikrit, killi biyomikrit özellikli oldukları saptanmıştır. Alt sınırında kendisinden daha yaşlı birimlerle bölgenin batısında diskordanslı, doğuda ise uyumlu olan formasyonun üst sınırı tüm inceleme alanında uyumsuzdur. Formasyona Eosen yaşı verilmiş olup, farklı kesitlerde kalınlık 710 metre olarak ölçülmüştür (Ketin 1955).



Şekil 5.3 49+946- 50+808 km'leri arasında inceleme alanının jeolojik kesiti.

5.3.9 Töngelli Formasyonu (Nt)

Töngelli formasyonu, sarımsı kahverengi- kırmızımsı renkli, gevşek çimentolu çakıl- kum- kil karışımından oluşmaktadır. Tepe ve sırtlarda genellikle KG doğrultulu küçük örtüler şeklinde mostra veren birimin üst sınırı belirsizdir. Saha gözlemlerine dayanarak 20–50 metre kalınlık önerilmiştir. Formasyon demiroksitler yönünden zengindir. Karasal koşullarda gelişen Töngelli formasyonu, daha yaşlı birimleri uyumsuz olarak üstler (Ketin 1955).

5.3.10 Magmatizma

Volkanik kayalar: İnceleme alanındaki volkanik kayalar sınırlı alanlarda küçük mostralara halindedir. Aftundere volkanitleri ve Sarıahmet volkanitleri olarak ayırt edilen volkanitler, andezit, bazaltik andezit, bazalt ve tuf karakterlidir.

Aftundere volkanitleri; bazalt türü kayalar ile temsil edilmekte olup, tabakalanmalı bir yapı gösterir. Volkanitler, yer yer Acar formasyon'una ait kumtaşı- kireçtaşları ile ardalanmalı olup, Üst Kretase yaşlıdır (Ketin 1955).

Sarıahmet volkanitleri ise; Aftundere volkanitlerine göre çok fazla ayrılmış ve daha az sert olup, yaşı stratigrafik ilişkisine göre Paleosen sonrası (olası Alt Eosen) olarak değerlendirilmiştir (Ketin 1955).

5.3.11 Kuvaterner Çökelleri

İnceleme alanı ve çevresinde, Kuvaterner yaşlı çökeller olarak yamaç molozu (Yd), güncel alüvyon (Qal) ve plaj kumları (Qk) tanımlanmıştır.

5.3.11.1 Yamaç Molozu (Yd)

Bölgenin topoğrafik özelliğinden dolayı yüksek eğimli doğal yamaçlarda ayrışan kayalar yağış, yerçekimi, topoğrafik eğim ve çoğunlukla tektonizmanın etkisiyle yamaç eteklerinde ve düzlüklerde birikmişlerdir. İçerisinde blok boyutuna kadar köşeli volkanik malzeme içeren yamaç molozu içerisindeki kırıntılar ayrışmaya karşı duyarlıdır.

5.3.11.2 Güncel Alüvyon (Qal)

Bölgede akarsu ve vadi tabanında görülen bu birim, kumlu siltli çakıl, çakıllı siltli kum, iri çakıl ve bloklarından oluşur.

5.3.11.3 Plaj Kumları (Qk)

Tüm kıyı çizgisi boyunca bir şerit halinde plaj kumları görülmektedir. Özellikle derelerin Karadeniz'e döküldükleri yerlerde yaygın olarak görülür. Falezlerden koparılan ve derelerin taşıdıkları malzemeler ile oluşan çakıl ve kumlar, arkoz, şeyl, kireçtaşı ve magmatik kayaç parçalarından meydana gelmektedir. Plaj kumları magmatit yönünden zengindir.

5.4 JEOMORFOLOJİ

Karadeniz kıyı şeridinde paralel konumdaki inceleme alanı engebeli bir yapıya sahiptir. Genel olarak dağlık ve engebeli olan arazi iç kısımlara doğru yükselirken sahile yaklaştıkça alçalır. Genelde doğu- batı uzanımlı doruklar akarsu sistemleri tarafından kuzey- güney yönünde bölünmüşlerdir. Güneyde jeolojik yapıya bağlı olarak büyük yükseltiler oluşturan doruklar tekdüze bir yükselti sergiler. En büyük yükseltisi Aladağ, en yüksek tepesi 1637 m ile Bacaklı Yayladır. İlçenin En önemli akarsuyu olan Alaplı Irmağı, Ormanlı Beldesinin güneyinden 710 m yükselti At Yaylası Tepesi yakınlarından doğar ve 22 km uzunluğunda olup, ilçeyi ikiye bölerek Karadeniz'e ulaşır. Tektonizmanın etkin olduğu inceleme alanında; litoloji, iklim, süreksizlik düzlemleri, fay hatları ve gravite gibi etkilerle yer yer kütle hareketleri oluşmuştur.

5.5 YAPISAL JEOLojİ VE TEKTONİZMA

Batı Pontitler Tektonik Birliği (Şengör et al 1980) içinde yer alan inceleme bölgesi, tektonik çatısını Alp orojenezi ile kazanmıştır. Bölgede KD- GD doğrultulu kompresyonel ve KD- GB doğrultulu tansiyon kuvvetler ile oluşmuş yapısal şekiller egemendir.

Kıvrımlar: Değişik yapısal katlardaki kıvrımlanma değişik şekillerdedir. Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı fomasyonlarda çoğunlukla asimetrik kıvrımlanma egemendir. KD-GB gidişli kıvrım eksenlerine sahip kıvrımlar dar amplitüdlüdür. Paleozoyikte ise kıvrım eksenleri değişik doğrultularda izlenir ve küçük asimetrik kıvrımlar halindedir (Yüksel Proje 2010).

Faylar: Çalışma bölgesinde özellikle Paleozoyik birimlerini kesen birçok normal ve düşey fay saptanmıştır (Yüksel Proje 2010).

Etkin Basınç Yönleri: Acar, Dadalı ve Çakbelit formasyonlarında KB-GD olmasına karşın Göktepe formasyonunda bu yön KD-GB' dır. Buna göre Eosen esnasında, bölgede tektonik yönün değiştiği saptanmıştır (Yüksel Proje 2010).

Eklemler: İnceleme alanındaki kıvrımlanmayı oluşturan kuvvetler sonucunda çeşitli eklemler gelişmiştir. Eklemler özellikle Paleozoyik formasyonlarında net olarak izlenmiştir. Yüksel Proje tarafından yapılan kontur diyagramına göre noktaların özellikle, K17°B- 60°GB ve K28°B- 60°GB şeklinde iki noktada yoğunlaştıkları belirlenmiştir. Kıvrım eksenleri durumuna göre eklemlerin, diyagonal ve boyuna eklem oldukları saptanmıştır. Eklemleri oluşturan yan basınçların KD-GB ve KB-GD doğrultulu oldukları belirlenmiş olup, bu belirleme tabaka doğrultu- eğim ölçümlerinden elde edilen sonuçlar ile uyumludur (Yüksel Proje 2010).

5.6 JEOLJİK TARİHÇE

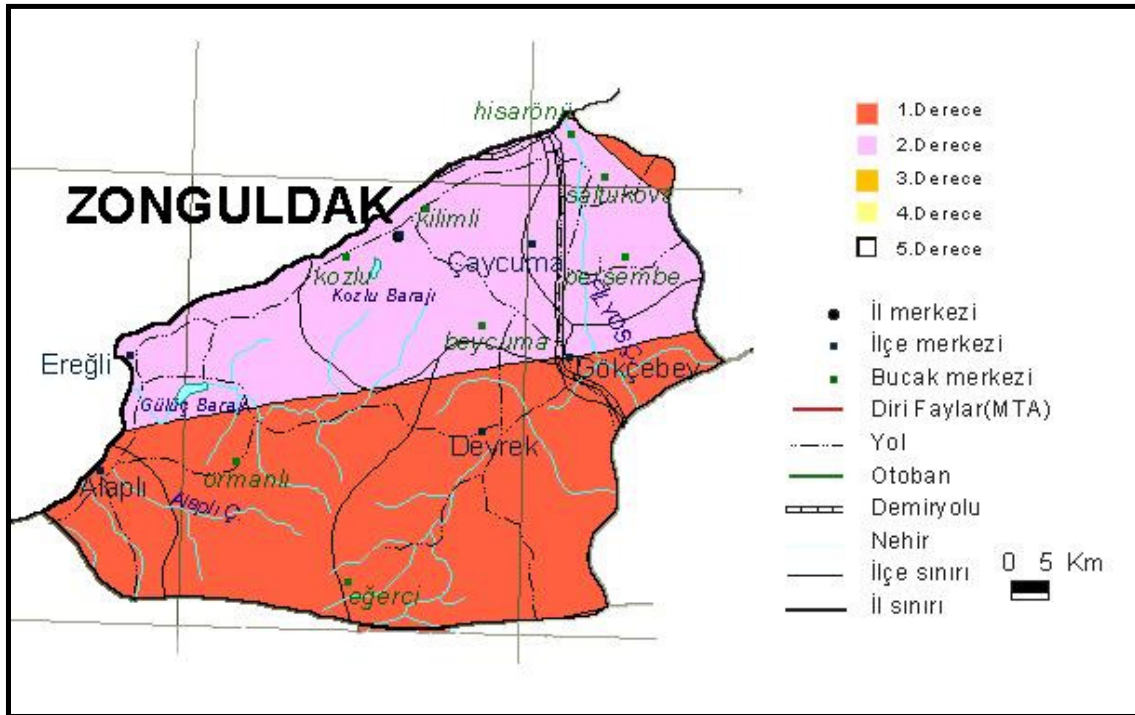
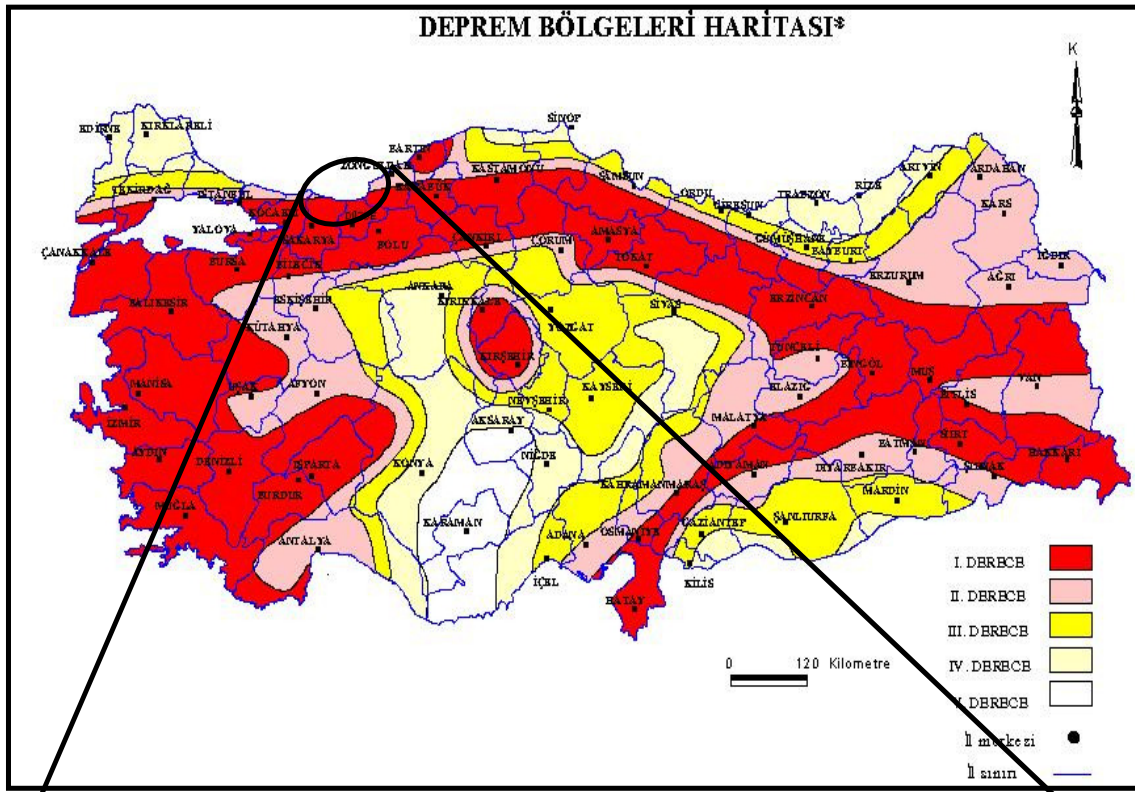
Silüriyen esnasında kırıntılı kayaların çökmesine neden olan sığ denizel rejim hüküm sürmüştür. Ortalama malzeme sağlayan kaynak bölge Silüriyen sırasında tektonik yönde oldukça hareketli olmalıdır. Bu sığ deniz Devoniyen'de de karakterini korumuştur. Alt Devoniyen'de indirgen koşullar egemen olmuş ve organik malzeme yönünden zengin, piritli, spirifelli bir fasiyes gelişmiştir. Orta- Üst Devoniyende deniz hareketlenmiş ve Silüriyen- Üst Devoniyen aralığındaki çökel istif Hersiniyen orojenezi ile kıvrımlanarak bölge kara haline gelmiştir. Bölge Triyas dâhil Üst Kretase'nin başlangıcına kadar kara halinde kalmıştır (Ketin 1955).

Üst Kretase- Paleosen arasındaki litolojik istif, KB' dan gelen bir transgresyon ile paleotopoğrafyaya bağlı olarak çökelmiştir. Üst Kampeniyende deniz iyice derinleşmiş ve mikritik kireçtaşları çökelmiştir. Bu derin denizel ortam Mestrihtiyen'e kadar duyarlılığını korumuştur. Mestrihtiyen sonlarından itibaren denizde ritmik sığlaşma meydana gelmiş olup, bu sığlaşma Paleosen de iyice belirginleşmiştir. Yüksek enerjili şelf ortamında çökelen Paleosen istifi, Üst Kretase ile birlikte Anadolu orojenik fazından etkilenerek kıvrımlanmıştır. Eosen değişik ortam ve fasiyeslerde gelişmiştir. Bölgenin kuzeyinde neritik ortam hüküm sürerken, batıdaki Eosen litolojisi türbiditik ortamı yansıtmaktadır. Alt Eosen'den sonra

bölgede denizel rejim ortadan kalkmış ve bölge Neojen başından itibaren tümüyle kara haline gelmiştir (Ketin 1955).

5.7 DEPREMSELLİK

Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre öngörülen Acar Formasyonu'nu içine alan çalışma alanının bulunduğu kesim 1. derece deprem bölgesinde kalmaktadır. Bu kesime ait 'Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası' Şekil 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.4 Alaplı İlçesi'nin depremselliği (AFAD 2011).

BÖLÜM 6

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Artan nüfus ve gelişen sanayicilikle birlikte ulaşımın yeterli olmadığını ve yeni yolların yapılmasını veya hale hazır yolların iyileştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Ülkemizin önemli sanayi sektörlerinin ve maden kuruluşlarının bulunduğu Zonguldak Kdz. Ereğli ve Düzce illeri arasında topoğrafyaya bağlı yolların düzenlenmesi adına Düzce- Akçakoca- Kdz. Ereğli Yolu (49+946- 50+808) km'leri arasında kalan Acar Formasyonunda yapılan araştırmalar ve bulgular sonucunda tünel açılabilme özelliği irdelenmiştir.

Düzce- Akçakoca- Kdz. Ereğli Yolu (49+946- 50+808) km'leri arasında kalan Acar Formasyonunda açılacak olan tünel çift tüp olup; 2X3.5 m lik şeritler halinde 12 m genişliğinde ve 9 m yüksekliğinde olması planlanmıştır. Mühendislik jeolojisi amaçlı formasyon boyunca ISRM (1981)'e göre süreksizlik ölçümleri yapılmış, sondajlardan elde edilen karotlar üzerinde RQD, TCR ve Jv ölçümleri yapılmıştır. Karotlardan elde edilen örnekler üzerinde laboratuvar çalışmaları yapılarak, kayaç malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri ortaya konulmuştur. Elde edilen veriler ile kaya kütlelerinin RMR, Q ve GSI sınıflama sistemlerine göre kütle özellikleri ve kazı-destek tipi seçimi belirlenmeye çalışılmıştır.

Araştırma çalışmaları kapsamında formasyon boyunca, jeolojik haritalama, temel sondajı çalışmaları ve alınan örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri Yüksel Proje tarafından gerçekleştirilmiştir.

Proje güzergâhı boyunca önceki dönemlerde yapılmış jeolojik haritalar baz alınarak Yüksel Proje tarafınca 1/1000 ölçekli plan- profil ve 1/ 500 ölçekli kesitler üzerinde jeolojik- jeoteknik plan, profil ve enkesit çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar veri tabanını önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Öngörülen tünel bölgesinin jeolojik- jeoteknik açıdan detaylandırılması, bu kesimde yer alan birimlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve

jeoteknik problemlerinin irdelenmesi amacı ile Acar Formasyonu (49+946- 50+808) km'leri arasında 7 lokasyonda toplam 519,00 m temel sondajı yapılmıştır. Temel sondajları ve yerinde (in-situ) deneyler Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan 'Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi (2005) dikkate alınarak Yüksel Proje tarafınca uygulanmış olup, zemin ve kaya (karot) örnekleri alınıp, elde edilen sonuçlar sondaj loglarına işlenmiştir. Temel sondajlarına ait bilgiler Çizelge 6.1'de sondaj logları ise Ek Açıklamalar A'da sunulmuştur.

Temel sondajlarını yürütmek amacı ile Yüksel Proje 1 adet kamyonu yüklü Craelius D- 500 ve Craelius D- 750 temel sondaj makinesi bunun yanında arazi çalışmalarında da 1 adet otomobil, 1 adet kamyonet ve 1 adet su tankı kullanmıştır.

Çizelge 6.1 Acar Formasyonu (49+946- 50+808) km'leri arasındaki temel sondajları (Yüksel Proje 2010).

Sondaj No	Koordinat		Kot(m)	Derinlik	YASS (m)
	N (X)	E(Y)			
SK-1	4558734,52	613701,59	37,37	31,00	28,50
SK-2	4558813,70	613757,09	39,08	30,00	1,60
SK-3	4558945,38	613843,50	102,99	90,00	15,15
SK-4	4559048,34	613901,85	149,60	134,00	48,00
SK-5	4559178,57	613968,12	114,25	93,00	16,20
SK-6	4559367,80	614063,17	127,21	101,00	57,20
SK-7	4559447,13	614111,35	68,09	40,00	9,60

Km:49+946- 50 +808 aralığında öngörülen profil, Kretase yaşlı Acar formasyonuna (Ka) ait silttaşı- çamurtaşı ve silttaşı- kumtaşı ardalanmaları ile andezit seviyeleri ve bu birimlerin çok- tümüyle ayrılmış seviyelerden oluşmaktadır. Bu birimlerin jeomekanik özellikleri aşağıda özetlenmektedir.

6.1 ÇOK-TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ ACAR FORMASYONU (Ka₁)

Acar formasyonunun, tektonizmaya koşturularak gelişmiş çok- tümüyle ayrılmış seviyeleri genel olarak, sarımsı kahve renkli, dağılgan- az sert, ince- iri taneli kilçaklı kum ve killi

kumlu çakıl boyutunda ayrıışmıştır (Şekil 6.1). Ayrıışma zonları içerisinde açılan temel sondajlarda yapılan SPT deneyleri ile elde edilen örnekleri üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri aşağıda verilmiştir (Yüksel Proje 2010).

SPT (N)	$16 \leq \text{SPT (N)} \leq R$
Su içeriği (W _n)	$\%10 \leq W_n \leq \%22$
Likit Limit (LL)	$N_p \leq LL \leq \%39$
Plastisite İndeksi (PI)	$NP \leq PI \leq \%15$
4 nolu elek üstünde kalan	$0 \leq +4 \leq \%63$
200 nolu elekten geçen	$(-200) \%3 \leq -200 \leq \%58$
Zemin sınıfı(USCS)	SC, SM, GW, GM, CL

Acar formasyonu 49+946- 50 +808 aralığında ki SK-1 ve SK-7 sondajlarında yapılan SPT deneylerine göre en düşük N değeri 16'dır ve SK-1 sondajında 16.50 m den sonra, SK-7 sondajında ise 10.60 m den sonra refü vermektedir. SK-1 ve SK-7 sondajlarında yapılan SPT deneylerine göre birim sıkı, çok sıkı sıkılıkta ve çok katı, sert kıvamlılıktadır (Şekil A1 ve Şekil A7).

Yüksel Proje tarafından yapılan elek analizleri sonucuna göre Acar formasyonu Ka₁ birimi USCS zemin sınıflamasında SC(killi kum), SM (siltli kum), GW (iyi derecelenmiş çakıl), GM (siltli çakıl) ve CL(düşük plastisiteli kil) zemin sınıfına girmektedir.

6.2 ACAR FORMASYONU (Ka₂- Ka₃)

Proje güzergâhının bu kesiminde gözlenen Acar formasyonu genel olarak silttaşı- çamurtaşı- ve silttaşı- kumtaşı arıalanmasından (Ka₂) oluşmaktadır. Silttaşı- çamurtaşı arıalanması genel olarak mavimsi- yeşilimsi gri- siyahımsı gri renkli, dağılgan- az sert yer yer orta sert, zayıf- çok zayıf, az- orta derecede ayrıışmış ve yer yer çok- tümüyle ayrıışmıştır. Silttaşı- kumtaşı arıalanması ise sarımsı- yeşilimsi kahve renkli, kahverengimsi yeşil ve gri renkli, orta sert- sert, yer yer dağılgan- az sert, orta dayanımlı, yer yer çok zayıf, orta derecede- çok ayrıışmış ve yer yer ayrıışmıştır. Bu birimlere ait süreksizlikler genel olarak, 0°- 90°, açık, çok sık- orta sık, yer yer parçalı, pürüzlü, yer yer FeO boyalı olup kapalı çatlaklar ise düzensiz ve karbonat- kuvarsit dolguludur (Şekil 6.1 ve 6.2). Acar formasyonuna ait silttaşı- kıltaşı düzeyleri içerisinde yapılan temel sondajlarında elde edilen karot yüzdesi (TCR) ve kaya

kalite değerleri (RQD) ile pressiyometre, kaya mekaniği ve nokta y¼k¼ deney sonuçları aşağıda ¼zetlenmiŐtir (Y¼ksel Proje 2010).

Karot Y¼zdesi (TCR)	$\%0 \leq \text{TCR} \leq \%100$
Kaya Kalitesi (RQD)	$\%0 \leq \text{RQD} \leq \%81$
Pressiyometre limit basıncı (Pln)	$34.77 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{Pln} \leq 38.73 \text{ kg/cm}^2$
Pressiyometre mod¼l¼ (Ep)	$360 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{Ep} \leq 19275 \text{ kg/cm}^2$
Doğal birim hacim ağırlık (γ)	$2.58 \text{ gr/cm}^3 \leq \gamma \leq 2.62 \text{ gr/cm}^3$
Tek eksenli basınç deneyi (q_u)	$3.40 \text{ MPa} \leq q_u \leq 29.00 \text{ MPa}$
Elastisite Mod¼l¼ (E_i)	$2.40 \text{ GPa} \leq E_p \leq 11.40 \text{ GPa}$
Ortalama nokta y¼k¼ indeksi ($Is_{(50)}$)	$0.30 \leq (Is_{(50)}) \leq 3.60 \text{ MPa}$



Şekil 6.1 Ka₁ ve Ka₂ birimlerini g¼steren bir fotoğraf.



Şekil 6.2 Ka₂ birimine ait fotoğraf.

Buna ek olarak Acar formasyonunun içinde yapılan SK-3 temel sondajın 48.20- 61.20 m, SK-4 temel sondajından 115.80- 131.90 m ve SK- 6 temel sondajında 31.80-36.90/ 53.30- 65.50/ 67.80- 92.70 m'leri arasında arasında andezit seviyeleri (Ka₃) belirlenmiştir. Ancak bu seviyenin devamı diğer temel sondajlarında gözlenmemiştir. Andezit seviyeleri genel olarak; gri renkli, ser, orta dayanımlı- dayanımlı, orta derecede ayrılmış ve yer yer az ayrılmıştır. Bu birime ait süreksizlikler, 20°-90°, açık, seyrek- orta sık, pürüzlü olarak gözlenir. Andezit seviyeleri içerisinde yapılan temel sondajlarından elde edilen karot yüzdesi (TCR) ve kaya kalitesi (RQD) ile pressiyometre ve nokta yükü deney sonuçları aşağıda özetlenmiştir (Yüksel Proje 2010).

Karot yüzdesi (TCR)	$\%99 \leq \text{TCR} \leq \%100$
Kaya kalitesi (RQD)	$\%0 \leq \text{RQD} \leq \%100$
Doğal birim hacim ağırlık (γ)	$2.47 \text{ gr/cm}^3 \leq \gamma \leq 2.66 \text{ gr/cm}^3$
Tek eksenli basınç deneyi (q_u)	$35.30 \text{ MPa} \leq q_u \leq 99,5 \text{ MPa}$

Elastisite Modülü (Ei)

7.10 GPa ≤ Ep ≤ 31.50 GPa

Ortalama nokta yükü indeksi (Is₍₅₀₎)

2.59 ≤ (Is₍₅₀₎) ≤ 11.63 MPa

Acar formasyonu içerisinde yapılan basınçlı su deneyleri sonuçlarına göre, tünel profili boyunca izlenen birimlere ait çatlakların nicelik ve niteliğine bağlı olarak, geçirimsiz- az geçirimli özelliklere sahip olduğu gözlenmiştir. Ancak bu birimler, içermiş olduğu çatlak sistemi boyunca yer altı suyu dolaşımına izin verir. Diğer yandan, formasyon içinde ve yakın çevresinde ve / veya belirli dönemlerde akan herhangi bir kısım su kaynağı (pınar, çeşme, vb.) belirlenememiştir.

Formasyon içerisinde 49+946- 50 +808 km'leri aralığında 7 adet sondaj yapılmıştır bu sondajların yerleri ve derinlikleri Çizelge 6.1 de ifade edilmiştir. Yapılan tüm sondajlarda kaya kalitesini gösteren RQD, sondaj makinesinin kalitesini gösteren; TCR, SCR ve kütle hacimsel eklem sayısını gösteren; J_v değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlere göre hazırlanan sondaj logları Ek Açıklamalar A'da sunulmuştur.

SK-1 sondajında ilk olarak altere olmuş Ka₁ biriminde 2.40 m ilerlenmiştir. Bu birimden sonra silttaşı-kumtaşı ardalı malı Ka₂ olarak adlandırılan birim kesilmektedir. Yer yer kaolinleşmenin ve yoğun ayrışmaların gözlemlendiği bu birim içerisinde RQD oldukça düşüktür. Birim içerisinde alınan numunelerde en yüksek RQD değeri 12'dir. Birimin altere olması ve parçalı kırıklı olması RQD değerini düşürmektedir (Şekil 6.3 ve Şekil A1).

SK-2 sondajının tamamı Acar Formasyonu içerisinde ayırdığımız Ka₂ birimini ifade eden silttaşı-çamurtaşı, silttaşı-kumtaşı ardalı malından oluşmaktadır. Yapılan bu sondajda parçalı kırıklı, çok sıkı kırıklı, sık kırıklı olan birimde en düşük RQD değeri 0, en yüksek RQD değeri 36'dır (Şekil 6.4 ve Şekil A2).

SK-3 sondajı Acar formasyonunda birimlere ayırdığımız Ka₂ ve Ka₃ birimleri içerisinde açılmıştır. Yapılan bu sondajda 48.20 m ye kadar silttaşı-kumtaşı ardalı malı, silttaşı-çamurtaşı birimi içerisinde ileren formasyonda bu metrajdan sonra sık-orta kırıklı, az-orta derece ayrışmış andezit birimi kesilmektedir. Silttaşı kumtaşı ardalı malı, silttaşı-çamurtaşı içerisinde bir kütle şeklinde bulunan andezit biriminin RQD değerleri silttaşı-kumtaşı ardalı malı, silttaşı-çamurtaşı biriminden yüksektir. Ka₃ olarak ifade edilen andezit biriminin en yüksek RQD değeri 38'dir. SK-3 sondajında silttaşı-kumtaşı ardalı malı, silttaşı-

çamurtaşı birimine ait en düşük RQD değeri 0, en yüksek RQD değeri 40'dır (Şekil 6.5 ve Şekil A3).

SK-4 sondajında 115,80 m'ye kadar silttaşı, silttaşı-kumtaşı ardalanması, silttaşı-çamurtaşından oluşan Ka₂ birimi ve bu birim içerisinde 115,80 m den sonra andezit birimi kütle şeklindedir, andezit seviyesinden sonra tekrar silttaşı-çamurtaşı ardalanması gelmektedir. Andezit seviyesinin az ayrılmış olması RQD değerinin silttaşı-kumtaşı ardalanması, silttaşı-çamurtaşı biriminden daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Andezit seviyesinin en düşük RQD değeri 39, en yüksek RQD değeri 100'dür. Buna karşın Ka₂ biriminin en düşük RQD değeri 0 iken en yüksek RQD değeri 36'dır (Şekil 6.6 ve Şekil A4).

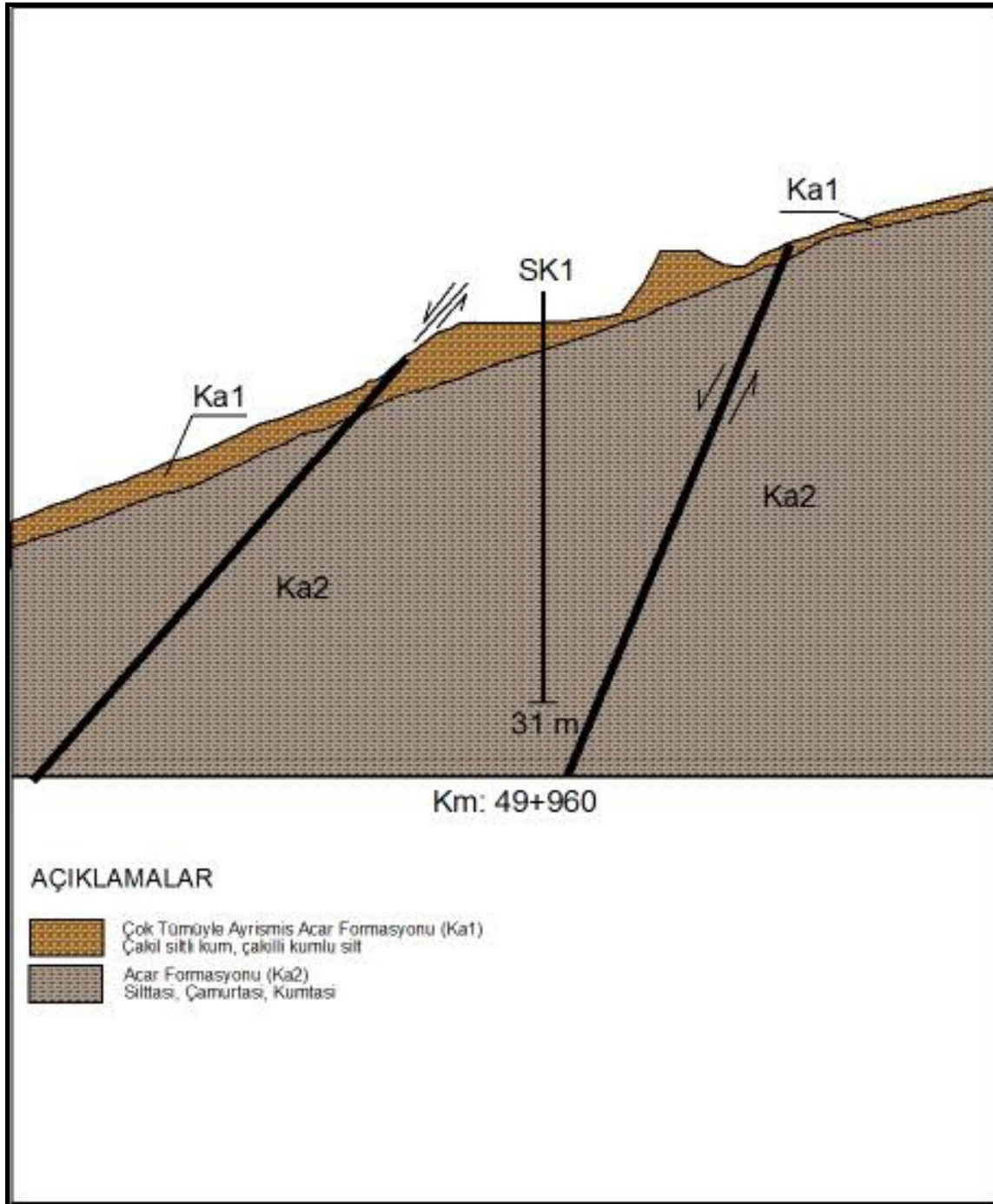
SK-5 sondajı tamamen Acar formasyonunda Ka₂ olarak nitelendirilen birim içerisinde açılmıştır. SK-5 sondajından alınan numunelere göre en yüksek RQD değeri 55, en düşük RQD değeri 0'dır. Bu da birimin orta-sert olduğunu ifade etmektedir (Şekil A5).

SK-6 sondajında ise 1,20 m çakıllı kumlu kil/silt dolgu malzemesi kesilmiştir. Bu seviyeden sonra Acar formasyonunda Ka₂ olarak nitelendirilen silttaşı, silttaşı-çamurtaşı ve bu birim içerisinde yer yer kütle şeklinde Ka₃ olarak nitelendirilen andezit birimi yer almaktadır. SK-6 sondajından alınan numunelere göre Ka₂ biriminde en düşük RQD değeri 0, en yüksek RQD değeri 77'dir buna karşın Ka₃ biriminde en düşük RQD değeri 0, en yüksek RQD değeri 94'dür. Buda Ka₂ biriminin zayıf-orta-iyi kaliteli kaya olduğunu, Ka₃ biriminin orta-iyi-çok iyi kaliteli kaya olduğunu ifade etmektedir (Şekil 6.7 ve Şekil A6).

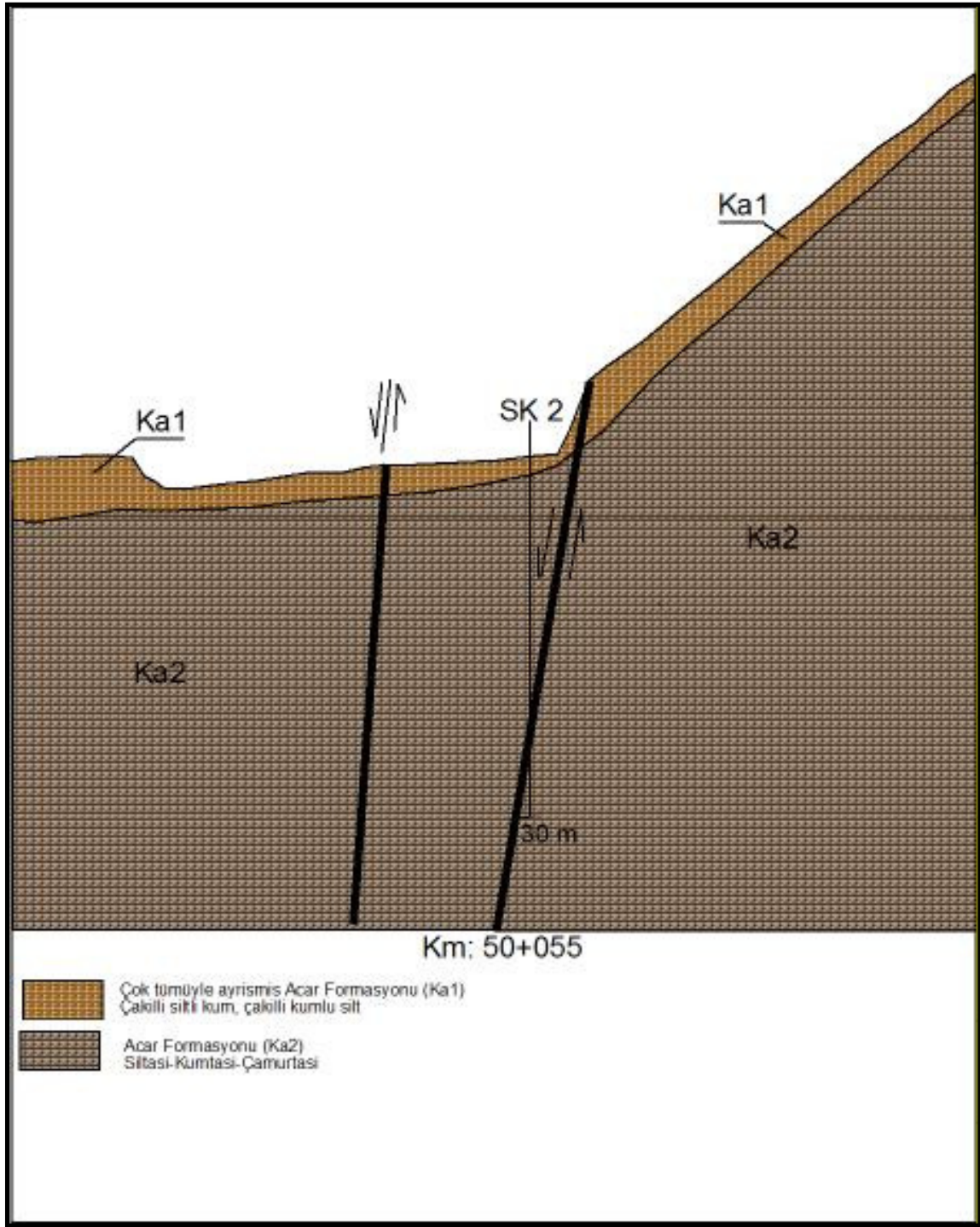
SK-7 sondajında Ka₁ olarak nitelendirilen altere olmuş kaya ve bundan sonra Ka₂ olarak nitelendirilen silttaşı-çamurtaşı gelmektedir. SK-7 sondajında kesilen bu birimin en düşük RQD değeri 0, en yüksek RQD değeri ise 84'dür. Buda Ka₂ biriminin zayıf-orta-iyi kaliteli kaya olduğunu ifade etmektedir (Şekil 6.8 ve Şekil A7).

6.3 JEOLJİK YAPININ TÜNEL GEÇKİLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

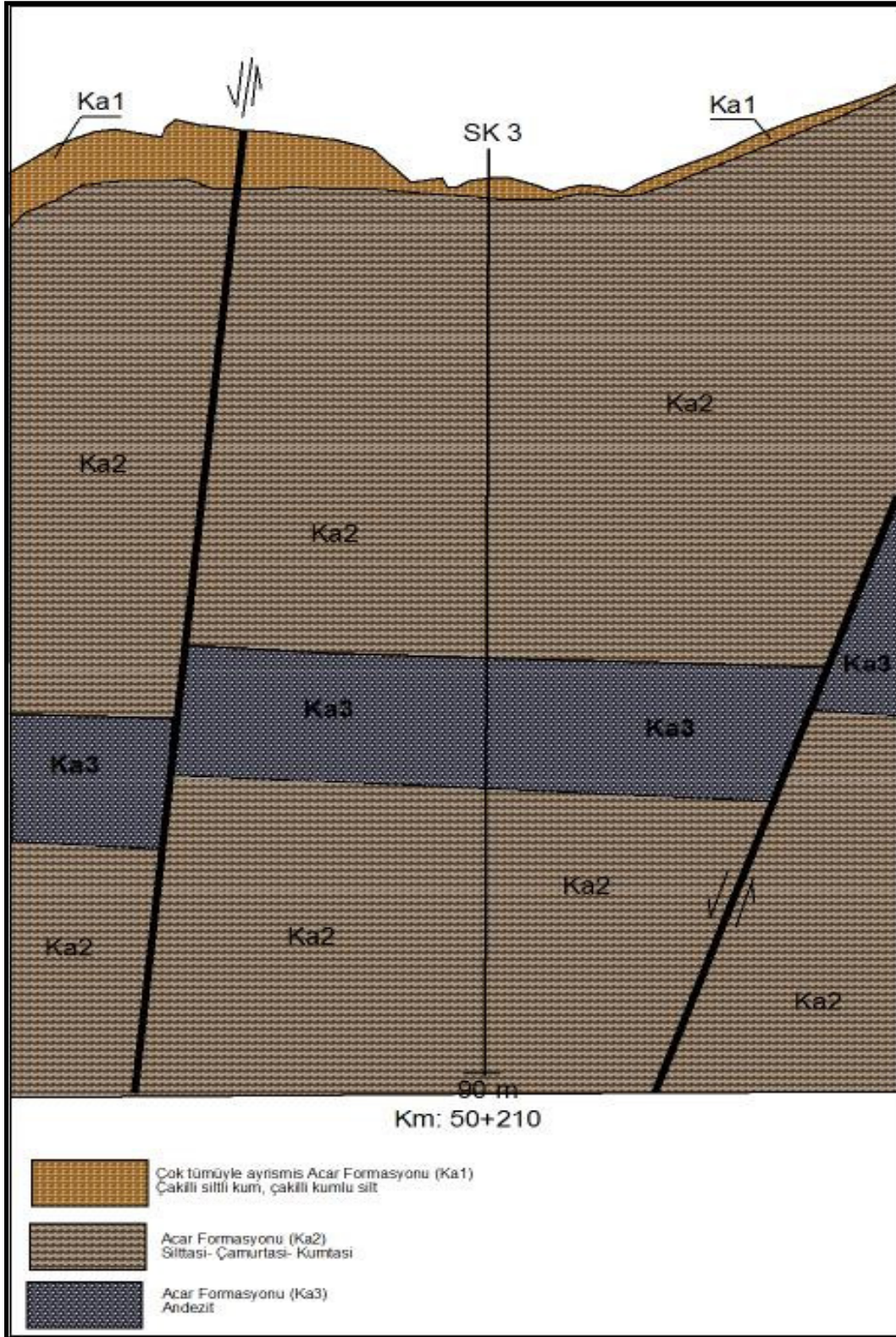
Kazı sırasında kaya birimlerinin davranışını etkileyen en önemli öğelerden birisi jeolojik yapıdır. Jeolojik yapının niceliği, niteliği ve konumu kaya sınıflamasının da ana parametrelerini oluşturur.



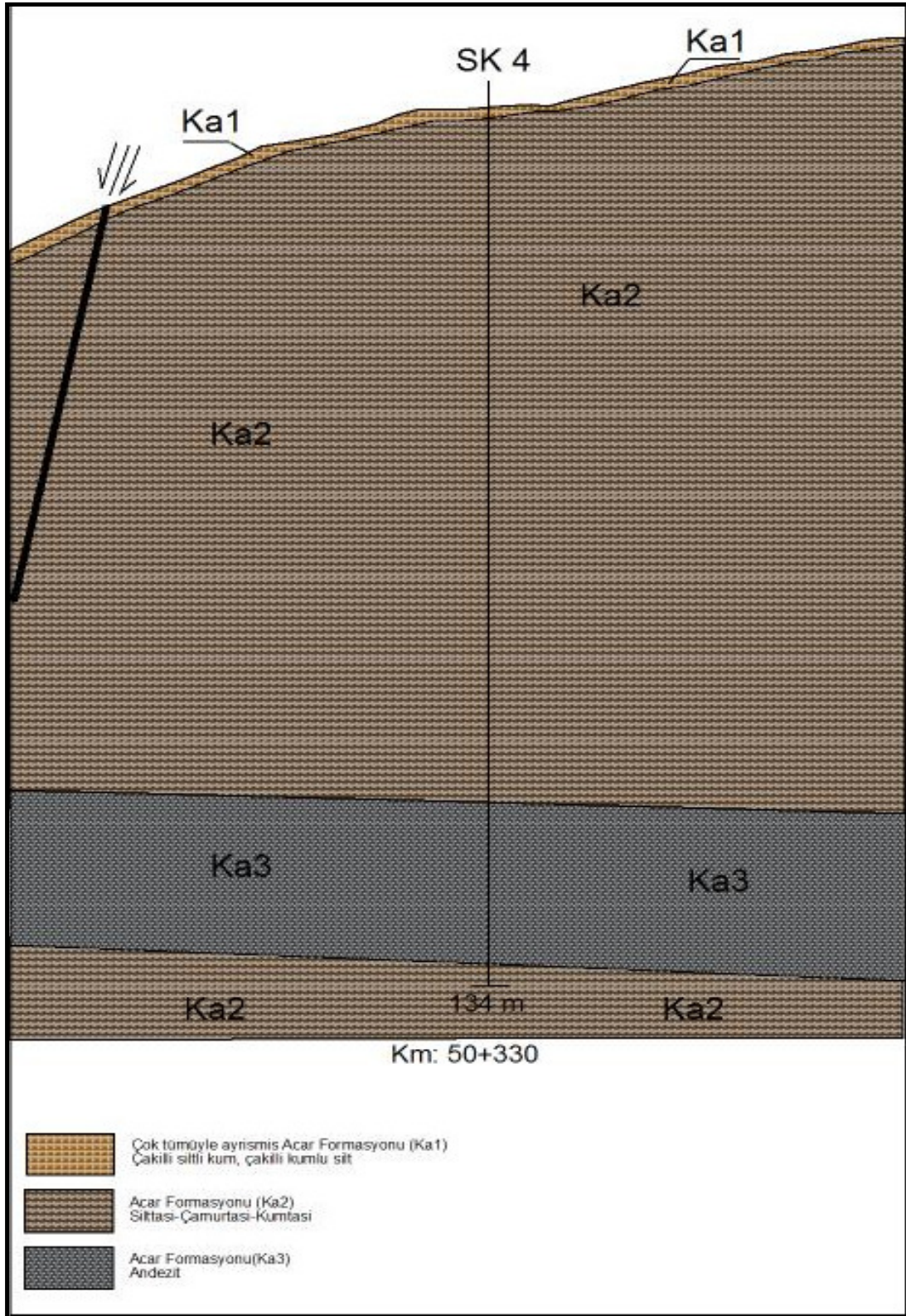
Şekil 6.3 Km: 49+960'inde yapılan SK1 sondajına ait jeolojik kesit.



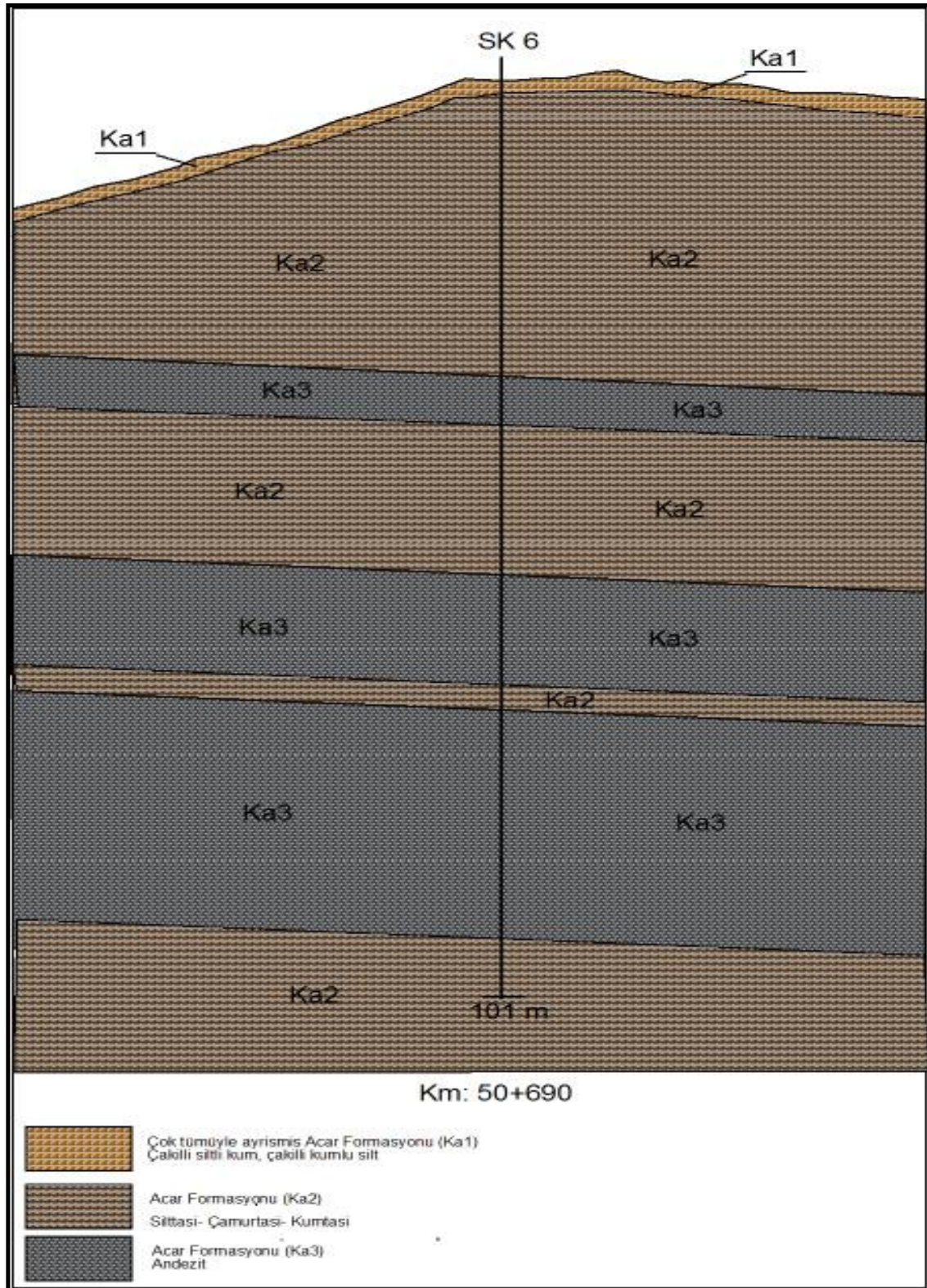
Şekil 6.4 Km: 50+055’inde yapılan SK2 sondajına ait jeolojik kesit



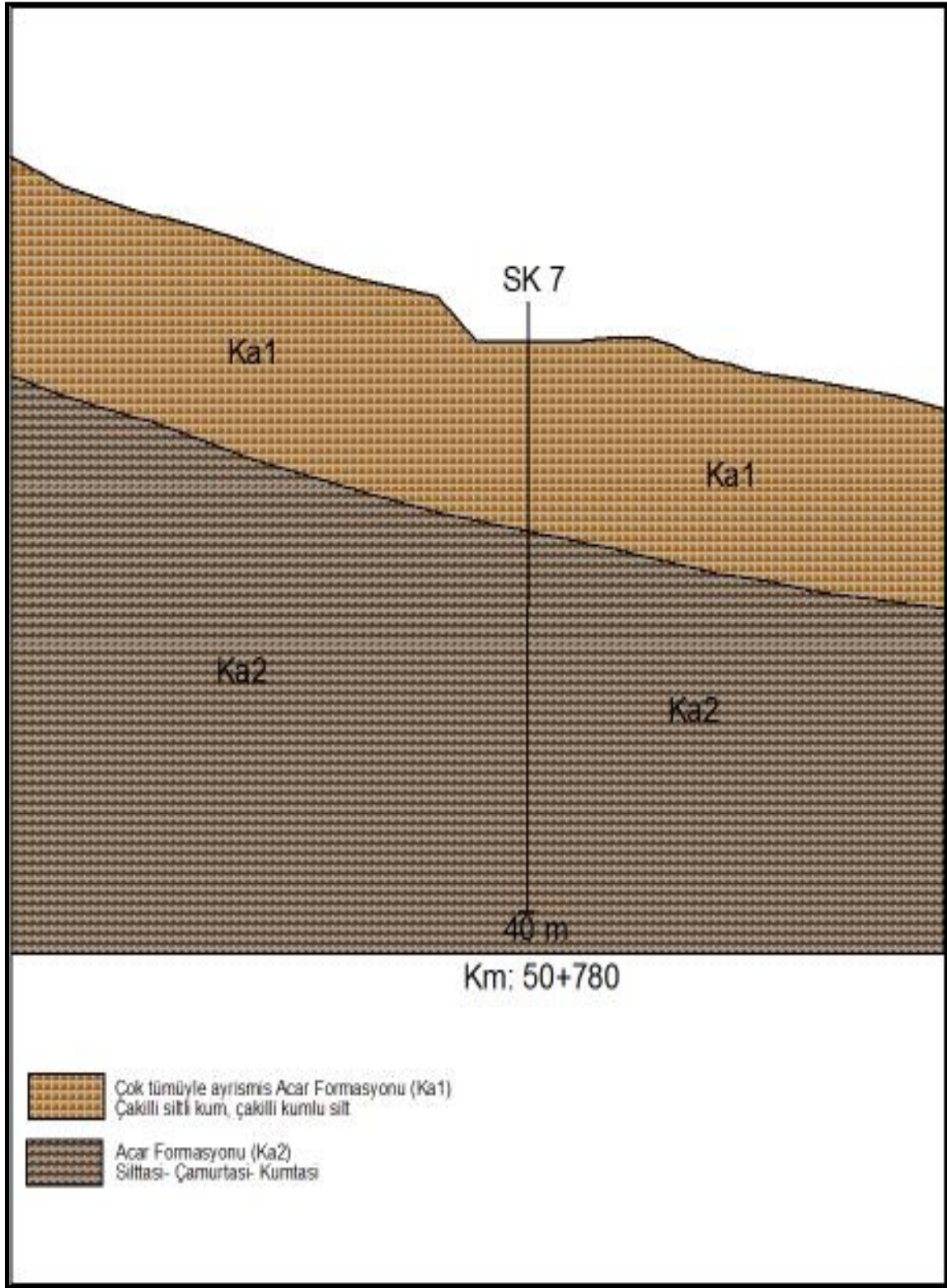
Şekil 6.5 Km: 50+210'side yapılan SK3 sondajına ait jeolojik kesit.



Şekil 6.6 Km:50+330'inde yapılan SK4 sondajına ait jeolojik kesit



Şekil 6.7 Km: 50+960'sında yapılan SK6 sondajına ait jeolojik kesit.



Şekil 6.8 Km: 50+780’inde yapılan SK7 sondajına ait jeolojik kesit

6.3.1 Eklemler

Formasyon (49+946- 50+808) km'leri geçkisi boyunca formasyona ait egemen eklem takımlarının belirlenmiştir. Formasyon (49+946- 50+808) km'leri arasında yüzeylenen kaya birimlerinde izlenen eklem takımlarının yönelimleri; 010/19, 225/50, 287/67, 079/ 81 ve 042/ 87 olarak bulunmuştur. Bu eklemlerin doğrultuları tünel eksenini dik veya verrev kesmekte olup, konumları tünel kazısı açısından 'orta- olumlu' olarak değerlendirilmiştir.

6.3.2 Faylar ve Gelişmiş Eklemler

Acar Formasyonu (49+946- 50+808) km'leri arası ve yakın çevresini kapsayan inceleme alanında tüneli etkilemesi beklenen doğrultuları tünel eksenine çoğun dik ve yer yer verrev olan bir grup normal fay/ gelişmiş eklem zonu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda, bu kesimin bir tektonik açılma- rahatlama bölgesi içerisinde kaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bölgede, bu fay/ gelişmiş eklemler dışında birçok örtülü ve/veya düşük atımlı normal fay ve açık süreksizliğin varlığı olası görülmektedir.

Saha genellikle bitki ve bitkisel toprak örülü olduğundan tektonik hatların devamlı olarak izlemek çoğunlukla mümkün olamamıştır. Gelişmiş süreksizlikler (normal fay/ gelişmiş eklemler, vb.) genel olarak topoğrafik ve morfolojik durumdan yararlanılarak belirlenmiş olup, inceleme alanındaki gelişmiş süreksizlik hatları genellikle bol kollu drenaj sistemine uygundur. Çalışma sahasında farklı tektonik dönemlerde oluşmuş bu normal fay ve/veya gelişmiş eklemler tünele ait jeolojik plan- profiller üzerine işlenmiştir(Bölüm 5 Şekil 5.3). Çalışma sahasında genel olarak KB-GD ve yer yer KD-GB doğrultulu bir grup normal fay/ gelişmiş eklem zonu ayırtlanmış olup, bu zonlara ait atım miktarları belirlenmemiştir. Bu faylar güncel koşullarda pasif olup, fay hatları boyunca güncel tektonizmaya bağlı herhangi bir hareket beklenmemektedir. Açılma tektonizması etkisi ile genellikle normal fay niteliğindeki bu gelişmiş süreksizliklerin eğimleri genel olarak dike yakındır (Acar Formasyonu (49+946- 50+808) km'leri arası~ 65°- 85°). Bu nedenle yapısal olarak tünel kazısının olumsuz etkilenmesi beklenmez. Diğer yandan, arazi çalışmalarında bu düzlemler (normal fay/ gelişmiş eklemler, vb.) boyunca, yer yer ezilmeye bağlı yönelmiş ve parçalı kaya dokusu içeren 1.00- 2.00 metre kalınlığında gözlenen fay zonları tespit edilmiştir. Söz konusu zayıflık düzlemleri boyunca yer altı suyu boşalımları olası görülmektedir. Bu bağlamda, bu kesimlerde yapılacak kazı çalışmaları da daha dikkatli davranılması, yersel stabilitenin

sağlanması için gerekli önlemlerin alınması ve yer altı suyunun etkin yöntemler ile drene edilmesi önerilmektedir.

6.4 ACAR FORMASYONUNUN MÜHENDİSLİK SINIFLANDIRMALARI

Acar formasyonunda (49+946- 50+808) km'leri arasında yapılan 7 sondajdan alınan karot numuneleri üzerinde zemin kaya laboratuvar tarafından yapılan tek eksenli basınç dayanımı sonuçları Çizelge 6.2'de belirtilmiştir. Bu laboratuvar sonuçlarından elde edilen verilere göre ISRM 1981 kaya sınıflamasında Acar Formasyonunda (49+946- 50+808) km'leri arasındaki Ka1, Ka2, Ka3 olarak nitelendirilen birimler zayıf, orta, sağlam ve çok sağlam kaya sınıfına girmektedir (Bölüm 4 Çizelge 4.2).

Deer ve Miller tarafından 1966 yılında öngörülen kaya sınıflamasına göre Acar formasyonu (49+946- 50+808) km'leri arasında bulunan birimler; çok düşük direçli kaya sınıfına girmektedir (Bölüm 4 Çizelge 4.3).

Acar formasyonunda (49+946- 50+808) km'leri arasında yapılan 7 sondajdan, belirtilen derinlik aralıklarından alınan 15 numune üzerinde yapılan nokta yük deneylerinin ortalama $Is_{(50)}$ değerleri Çizelge 6.3 da belirtilmiştir.

Bieniawski tarafından 1975 yılında ön görülen nokta yükü dayanım direncine göre sınıflamada ise Acar formasyonunda (49+946- 50+808) km'leri arasında yapılan nokta yük dayanım indeksi birimleri; çok düşük dirençli kaya sınıfına girmektedir (Bölüm 4 Çizelge 4.4).

Acar Formasyonu (49+946- 50+808) km'leri arasında yapılan incelemelere göre RMR kaya sınıflaması Çizelge 6.4'de ifade edilmiştir.

Çizelge 6.4'deki RMR sınıflamasına göre Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasında kalan kaya birimleri zayıf kaya sınıfına girmektedir. Yüksel Proje tarafından yapılan RMR kaya sınıflaması sonuçlarına göre Acar Formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasında açılması planlanan tünelde üst ayna ve tabanda 1-1,5 m'de ilerlemeyle, 4-5 m uzunluklu 1,5 m aralıklı bulonlama sistemi ve gerekli yerlere ise 1,5 m aralıklı hafif çelik iksa gerilmesi gerektiği Bölüm 4 Çizelge 4.7'de ön görülmüştür.

Çizelge 6.2 Tek eksenli basınç dayanımı sonuçları (Yüksel Proje 2010).

Sondaj No	Derinlik (m)	Çap (cm)	Boy (cm)	Alan (cm ²)	Ağırlık (gr)	γ_n (gr/cm ³)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı	Poisson Oranı	Elastisite Modülü
SK-3	52,50-52,90	4,76	12,88	17,80	580,79	2,53	13,0		6,8
SK-3	56,40-56,65	4,76	12,52	17,80	578,02	2,59	54,1		7,1
SK-3	61,65-61,90	4,76	12,70	17,80	582,36	2,58	3,4		2,4
SK-4	97,50-97,65	4,76	11,43	17,80	528,19	2,59	21,4		11,4
SK-4	116,20-116,40	4,76	12,75	17,80	544,42	2,39	96,2		24,1
SK-4	118,40-118,60	4,76	12,54	17,80	553,36	2,47	99,5		23,6
SK-4	122,50-122,75	4,76	12,64	17,80	572,30	2,54	96,2		31,5
SK-4	127,20-127,50	4,76	12,78	17,80	576,50	2,53	149,7		30,1
SK-4	130,80-131,00	4,76	12,76	17,80	567,55	2,49	167,4		29,4
SK-5	13,25-13,45	4,76	12,66	17,80	589,66	2,62	8,9		4,0
SK-6	32,10-32,30	4,76	11,82	17,80	564,05	2,68	96,1		27
SK-6	33,25-33,50	4,76	11,57	17,80	550,6	2,67	66,3		22,7
SK-6	34,75-35,00	4,76	11,8	17,80	566,64	2,70	62,9		27,4
SK-6	36,40-36,60	4,76	11,74	17,80	541,01	2,59	54,8		14
SK-6	50,75-51,05	4,76	11,6	17,80	527,73	2,56	29,0		10,9
SK-6	53,65-53,90	4,76	11,67	17,80	513,22	2,47	41,9		8,8
SK-6	55,60-55,85	4,76	11,66	17,80	522,49	2,52	35,3		15,5
SK-6	56,00-56,45	4,76	11,9	17,80	545,58	2,58	43,8		38,6
SK-6	60,70-60,90	4,76	11,72	17,80	555,3	2,66	79,7		22,7
SK-6	62,15-62,40	4,76	11,6	17,80	540,77	2,62	59,5		12,8
SK-6	64,15-64,30	4,76	11,7	17,80	548,3	2,63	87,1		23,9
SK-6	91,20-91,60	4,76	11,65	17,80	536,05	2,58	40,5		18,3
SK-7	21,95-22,10	4,76	11,6	17,80	548,59	2,66	119,9		27,8

Çizelge 6.3 Nokta yükü dayanım indeksi sonuçları (Yüksel Proje 2010)

Sondaj No	Örnekleme Derinliği (m)	Ortalama $I_{s(50)}$ Değeri (MPa)
SK-1	0.00-31.00	0.88
SK-2	1.20-3.30	3.60
SK-2	3.30-30.00	0.43
SK-3	1.00-4.60	0.97
SK-3	4.60-19.30	0.30
SK-3	19.30-48.20	0.86
SK-3	48.20-61.20	2.59
SK-3	61.20-90.00	0.75
SK-4	5.60-9.50	1.13
SK-4	9.50-19.50	1.73
SK-4	19.50-44.00	0.71
SK-4	44.00-81.30	0.88
SK-4	81.30-109.50	2.42
SK-4	115-131.90	11.63
SK-5	0.00-12.40	1.45
SK-5	12.40-17.60	1.54
SK-5	17.60-39.60	3.30
SK-5	39.60-74.40	0.75
SK-5	74.40-93.00	2.05
SK-6	1.50-16.20	1.10
SK-6	16.20-31.80	2.02
SK-6	31.80-36.90	7.92
SK-6	36.90-53.30	1.03
SK-6	53.30-65.50	3.73
SK-6	65.50-67.80	1.45
SK-6	67.80-92.70	4.86
SK-6	92.70-101.00	3.30
SK-7	13.50-21.00	1.17
SK7	21.00-29.60	3.66
SK-7	29.60-40.00	0.25

Acar Formasyonu (49+946- 50+808) km'leri arasında yapılan incelemelere göre Q kaya sınıflaması Çizelge 6.5'de ifade edilmiştir.

Çizelge 6.5'deki Q sınıflamasına göre Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasında kalan kaya birimleri çok zayıf kaya ve zayıf kaya sınıfına girmektedir.

ÖNORB-2203 kaya sınıflamasına göre Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasında kalan Ka1, Ka2 ve Ka3 olarak tanımlanan birimler ÖNORB-2203 kaya sınıflamasında B3 ve

C2 kaya sınıfına girmektedir. İnceleme alanındaki birimlerin yaklaşık olarak %81'i B3, %19 C2 kaya sınıfına girmektedir (Çizelge 6.6).

Acar formasyonu (49+946- 50+808) km'leri arasındaki kaya birimleri Q ve RMR kaya sınıflamasına göre değerlendirilmiştir. RMR kaya sınıflamasına göre NATM kaya sınıflamasında 2 sınıfa ayrılmıştır. Belirlenen bu kaya sınıflarına göre Karayolları Şartnamesi gereğince B3 ve C2 kaya sınıfına göre destekleme belirlenmiştir.

Çizelge 6.4 Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasındaki RMR kaya sınıflaması (Yüksel Proje 2010).

Km	Litoloji	Kaya Mukavemeti		RQD		Eklem Sıklığı		Eklem Durumu		YASS Durumu		Düzeltilme Sayısı		RMR	Kaya Sınıfı
		Tanımlama	Puan	Tanımlama	Puan	Tanımlama	Puan	Tanımlama	Puan	Tanımlama	Puan	Tanımlama	Puan		
49+945-50+090	Ka	18 MPa	2	%0-14	3	<60 mm	5	Dalgali, sert dolgulu	11	Nemli	10	Orta	-10	21	Zayıf kaya
50+090-50+790	Ka	18 MPa	2	%19-24	3	60-200 mm	8	Dalgali, sert dolgulu	16	Nemli	10	Orta	-5	34	Zayıf kaya
50+790-50+808	Ka	18 MPa	2	%0	3	<60 mm	5	Dalgali, sert dolgulu	13	Nemli	10	Orta	-5	28	Zayıf kaya

Çizelge 6.5 Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasındaki Q kaya sınıflaması (Yüksel proje 2010).

Km	Litoloji	RQD		J _n		J _r		J _a		J _w		SRF		Q	Kaya Sınıfı
		Tanımlama	Puan	Tanımlama	Puan	Tanımlama	Puan	Tanımlama	Puan	Tanımlama	Puan	Tanımlama	Puan		
49+945-49+960	K _a	%0-14(Ç. Zayıf) (1A)	14	3 Eklem takımı+ gelişigüzel	24	Pürüzlü, düzensel	1,50	Siltli-kumlu kıl kaplamaları	3,00	Orta su geliri	0,66	Kayada tek zayıf zonu (<50m)	5,00	0,039	Çok fazla zayıf
49+960-50+090	K _a	%0-14(Ç. Zayıf) (1A)	14	3 Eklem takımı+ gelişigüzel	12	Pürüzlü, düzensel	1,50	Siltli-kumlu kıl kaplamaları	3,00	Orta su geliri	0,66	Kayada tek zayıf zonu (<50m)	5,00	0,077	Çok fazla zayıf
50+090-50+790	K _a	%19-24(Ç. Zayıf) (1A)	24	3 Eklem takımı+ gelişigüzel	12	Pürüzlü veya düzensiz, dalgalı	3,00	Mineral kaplamaları, kum taneleri	2,00	Orta su geliri	0,66	Kayada tek zayıf zonu (>50m)	2,50	0,792	Çok zayıf
50+790-50+808	K _a	%0 (Zayıf) (1A)	10	3 Eklem takımı+ gelişigüzel	24	Pürüzlü, düzensel	1,50	Siltli-kumlu kıl kaplamaları	3,00	Orta su geliri	0,66	Kayada tek zayıf zonu (<50m)	5,00	0,028	Çok fazla zayıf

Çizelge 6.6 Kaya sınıflaması (NATM) (Yüksel Proje 2010).

KM	Litoloji	ÖNORB-2203
49+945- 50+090	Ka ₂	C2
50+090- 50+790	Ka ₂ +Ka ₃	B3
50+790- 50+808	Ka ₁ +Ka ₂	C2

BÖLÜM 7

TARTIŞMA

Acar Formasyonu (49+946- 50+808) km'leri arasında Yüksel Proje 2010 tarafından yapılan RMR ve Q sınıflamasına göre zayıf, çok zayıf kaliteli kayaç sınıfına girmektedir. Tek eksenli basınç dayanımına göre Deere ve Miller (1966) tarafından ön görülen sınıflamaya göre çok düşük dirençli kaya sınıfına girmektedir. ISRM 1981 kaya sınıflamasına göre ise Ka_1 , Ka_2 , Ka_3 birimleri zayıf, orta sağlam, çok sağlam kaya sınıfına girmektedir. Bieniawski tarafından 1975 yılında ön görülen nokta yükü dayanım direncine göre ise Acar formasyonunda (49+946-50+808) km'leri arasında yapılan nokta yük dayanım indeksi birimleri; çok düşük dirençli kayaç sınıfına girmektedir.

Çekirdek yöntemi olarak da bilinen Alman Yöntemi mevcut formasyonu açılan galerilerle birlikte daha iyi öğrenilmesini sağlayarak tavan ve taban deformasyonu minimum seviyeye indirmektedir ve kontrol altında tutulabilmektedir. Yüksel Proje 2010 tarafından yapılan RMR ve Q sınıflamasına göre formasyon içerisinde bulunan Ka_1 , Ka_2 ve Ka_3 birimleri zayıf, çok zayıf kaya sınıfına girmektedir. Alman yönteminde kayaç birimleri içerisinde yan ayak galeri açılarak tavanla birleştirilip daha sonra tavan bloğuna destekleme yapıp, taban bloğunda ilerleme yapılması ve öne gelebilecek olan birimin görülerek destek sisteminin belirlenmesi amacıyla uygulanmaktadır. Bu sebepten dolayı Alman Yöntemi Acar Formasyonu içerisinde açılacak olan bir tünel için uygulanması öngörülebilecek bir yöntemdir.

Ana ilkesi tavan kayacının dengesini korumak olan Belçika yöntemi plastik deformasyona yatkın, orta ve az sağlam kayaçlarda başarı ile uygulanmaktadır. Fakat tavan ve taban kaplamalarının çabuk yapılmasının gerekmesi ve çalışma alanının dar olmasından dolayı çok fazla ön görülmez. Buna karşın Acar Formasyonunda bulunan birimlerin zayıf kaya sınıfına girmesi nedeniyle uygulanabilir ama maliyeti ve süreyi arttıracığından ön görülmez. Her çeşit jeolojik yapıya ve değişik koşullara uygulanabilen Eski Avusturya Yönteminde kazı

yukarıdan aşağı, kaplama ise aşağıdan yukarı doğru gerçekleşmektedir. Her galeri açıldığında destek tabana yerleştirildiğinden yüksek basınçlı ortamlarda çalışmak emniyetlidir. Fakat taban kaplamasındaki gecikme olumsuz sonuçlara neden olabilir ve kalıcı kaplamanın gecikmesi, geçici desteklemenin pahalı olması, Acar formasyonu içerisinde bulunan Ka_1 , Ka_2 ve Ka_3 birimlerinin bu yöntemle açılması maddi yönden külfete neden olacağından uygun değildir.

İngiliz yöntemi tüm özellikleri ile Eski Avusturya yöntemine benzemesine karşın daha sağlam ve az baskılı kayalara uygulanabilmesinden dolayı Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasında açılacak olan bir tünele uygulanması uygun görülmemiştir.

İsviçre yönteminde önce taban galerisi açılarak araştırma galerisi gibi ilerlenir ve daha sonra taban galerisinden tavana doğru ilerleme yapılır, bunu takiben yan parçalar tavana kadar alınır. Kaplama ise tabandan tavana doğru gerçekleştirilir. Fakat İsviçre yönteminin sağlam kayada kolaylık sağlaması ve Acar formasyonu içerisinde bulunan Ka_1 , Ka_2 ve Ka_3 birimleri zayıf ve orta sağlam kaya birimine girdiğinden bu yöntem kullanılarak bir tünel açılması uygun değildir.

İtalyan yöntemi, çok plastik ve akışkan kayalarda uygulanan ender bir yöntem olmasına karşın Acar formasyonu içerisinde açılacak bir tünel için uygun değildir.

Teknolojik gelişimin getirisi olan tünel açma makineleri fonksiyonuyla uygulanan tam mekanizma yöntemi genellikle yumuşak veya yarı sert kayalarda etkili olmaktadır. İlk yatırım maliyetinin yüksek olması fakat uzun ve dairesel kesitli tüneller açısından ekonomik olması ve hızlı ilerlemenin sağlanması nedeniyle revaçtadır. Acar formasyonunda bulunan birimlerin RMR, Q, GSI ve bunun gibi bir takım kaya sınıflamalarına tabi tutularaktan Ka_1 , Ka_2 ve Ka_3 birimleri zayıf, orta sağlam kaya sınıfına girmekte olup tam mekanizma yöntemiyle tünel açılması uygun görülmüştür.

Ön sağlamlaştırma yöntemi, akıcılığın fazla, duraylılığın olmadığı ve fazla su içeren kayalarda yüksek dağ açılmasında kullanılan bir yöntemdir. Acar Formasyonunun bu özelliklere sahip olmaması, kazıdan önce dondurma ve enjeksiyona ihtiyaç duymamasından dolayı ön sağlamlaştırma yöntemi uygulanarak tünel açılması uygun görülmemiştir.

Kalkan yöntemi genel olarak çok plastik ve akıcı kayalarda kullanılır. Ayrıca yeryüzünde oluşabilecek deformasyonları önlediğinden, yerleşim merkezlerinin altından geçen tünel ve metrolarda kullanılabilen bir yöntemdir. Fakat Acar formasyonu hem plastik değil hem de bir yerleşim yerinin altına açılacak olan bir tünel olmadığından uygulanması uygun değildir.

1948 yılında Rabcewicz tarafından öne sürülen Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin amacı; ince ve geçici bir destek uygulayarak, deformasyonlara izin vererek, tünel içine doğru gelişen kaya basıncını azaltmak ve yükleri kazı çevresindeki kayaya dağıtmaktır. Bu yöntemin son zamanlarda revaçta olmasının nedenleri; çok değişik zemin şartlarında, farklı en ve kesitlere kolay ve esnekçe uygulanabilmesi, maliyetin ileriye dönük hesaplanması açısından ipuçları vermesi ve sınıflanan kaya sistemine göre destekleme sisteminin belirlenmesidir. Acar formasyonunda (49+946-50+808) km'leri arasında yapılan RMR, Q, GSI kaya sınıflamaları sonucunda NATM kaya sınıflamasına göre, kaya birimleri B3 ve C2 kaya sınıfı olarak tanımlanmıştır. Bu kaya sınıflamalarına göre tahkimat sistemleri belirlenmiştir (Çizelge 7.1 ve 7.2)(Yüksel Proje 2010) (Şekil 7.1).

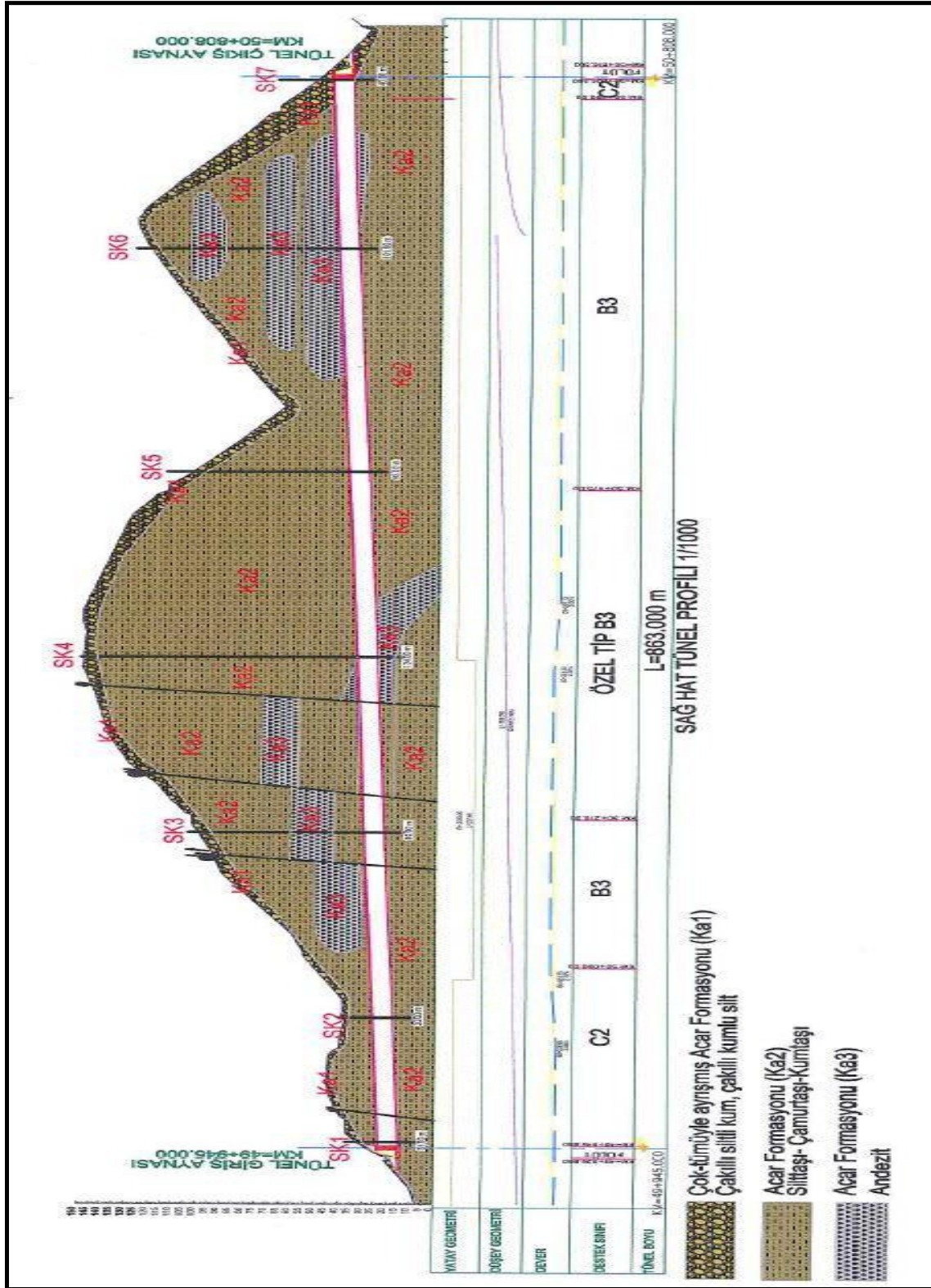
Çizelge 7.1 B3 Destek sistemi (Yüksel Proje 2010).

Püskürtme beton	ds= 200 mm
Hasır çelik	2 kat
Çelik iksa	M/M 1.25-1.50 m
Sistematik bulon	L=4.00-6.00m, 1.50X(1.25-1.50)m aralıklı SN- bulonu
Enjeksiyonlu sistem	L= 4.00 m, 0.30- 0.40 m aralıklı, gerektiğinde her iki iksada bir

Çizelge 7.2 C2 Destekleme sistemi (Yüksel Proje 2010).

Püskürtme beton	ds= 250 mm
Hasır çelik	2 kat
Çelik iksa	M/M 1.00 m
Sistematik bulon	L=4.00-6.00m, 1.00X1.00 m aralıklı SN- bulonu
Enjeksiyonlu sistem	L= 4.00 m, gerektiğinde her iki iksada bir

Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin Karayolları Şartnamesi (2006)'ne göre Acar formasyonunda (49+946-50+808) km'leri arasında uygulanması uygundur.



Şekil 7.1 Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasında jeolojik yapıya ait tünel destekleri.

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Düzce-Akçakoca-Kdz. Ereğli Yolu (49+946- 50+808) km'leri arasında kalan Acar Formasyonunun tünel açılabilme özelliği irdelenmiştir.

Ulaşım, baraj ve maden arama-işletme amaçlı yeraltında kazılan ve yatay veya yataya yakın olarak inşa edilen girişi ve çıkışı olan tünelleri açmak için parçalı kesit ve tam kesit olmak üzere iki yöntemden yararlanılmaktadır. Alman, Belçika, Eski Avusturya, İngiliz, İsviçre ve İtalyan yöntemleri, nakliye amacıyla tavan ve taban galerileri sürülen, daha sonra diğer parçalar pano halinde alınan ve önemsiz deformasyonların dikkate alınmadığı parçalı kesit tünel açma yöntemlerini oluşturmaktadır. Tam kesit yönteminde ise öngörülen tünel profili bir defada alınmaktadır. Metro tünelleri gibi deformasyonlara izin verilmeyen ortamlarda kullanılan tam kesit yöntemlerinin en önemlileri tam mekanizma, ön sağlamlaştırma, kalkan ve yeni Avusturya yöntemleridir.

İncelemeye konu olan Düzce-Akçakoca-Kdz. Ereğli Yolu (49+946- 50+808) km'leri arasında kalan Acar Formasyonu, kırmızı kahverenkli konglomera, demir-manganezoksit katkılı kumtaşları, kırmızı kahverenkli- grimsi yeşil renkli silttaşı- çamurtaşı arakatkılı volkanitler (bazalt ve andezit) ve marn-kireçtaşlarından oluşmaktadır.

İnceleme alanı ve yakın çevresinde yaşlıdan gence doğru; kuvarsit, arkoz ve arkozik konglomeradan oluşan Bellibaşı Formasyonu (Sb), kumtaşı, kireçtaşı, şeyl, silttaşı, gabbro ve diyabaz dayklarından oluşan Kuşça Formasyonu (Dk), dolomit ve dolomitik kireçtaşından oluşan Kirencikbaşı Formasyonu (Dki), konglomeralardan oluşan Doruktepe Formasyonu (Trd), konglomera, demir-manganezoksit katkılı kumtaşları, silttaşı-çamurtaşı arakatkılı volkanitler (bazalt ve andezit), marn ve kireçtaşlarından oluşan Acar Formasyonu (Ka), kireçtaşlarından oluşan Dadalı Formasyonu (Kd), kumtaşı, kumlu killi kireçtaşı ve killi kireçtaşından oluşan Çakbelit Formasyonu (Tç), kumtaşı, kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı ve

konglomera ardalanmalarından oluşan Göktepe Formasyonu (Tg), gevşek çimentolu çakıl, kum ve kil karışımından oluşan Töngelli Formasyonu (Nt), yamaçlarda ve vadi tabanlarında kırıntılı kayaç parçalarından oluşan yamaç molozu (Yd), akarsu yatakları ile ova tabanlarında oldukça geniş alanlar kaplayan, pekişmemiş kum, kil, silt, kumlu siltli çakıl, çakıllı siltli kum, iri çakıl ve bloklarından oluşan Kuvaterner yaşlı güncel alüvyon (Qal) ve arkoz, şeyl, kireçtaşı ve magmatik kayaç parçalarından meydana gelen çakıl ve kumlardan oluşan plaj kumları (Qk) yer almaktadır.

49+946- 50 +808 km aralığında öngörülen profil, Kretase yaşlı Acar formasyonuna (Ka) ait silttaşı- çamurtaşı ve silttaşı- kumtaşı ardalanmaları ile andezit birimlerinin çok-tümüyle ayrılmış dağılğan-az sert, ince- iri taneli killi çakıllı kum ve killi kumlu çakıl boyutunda seviyelerden (Ka₁), genel olarak silttaşı- çamurtaşı- ve silttaşı- kumtaşı ardalanmasından oluşan seviyelerinden (Ka₂) ve andezit seviyelerinden (Ka₃) oluşmaktadır. Acar formasyonu Ka₁ birimi USCS zemin sınıflamasında SC (killi kum), SM (siltli kum), GW (iyi derecelenmiş çakıl), GM (siltli çakıl) ve CL(düşük plastisiteli kil) zemin sınıfına girmektedir.

ISRM 1981 kaya sınıflamasında Acar Formasyonunda (49+946- 50+808) km'leri arasındaki Ka₁, Ka₂, Ka₃ olarak nitelendirilen birimler zayıf, orta, sağlam ve çok sağlam kaya sınıfına girmektedir. Deer ve Miller tarafından 1966 yılında öngörülen kaya sınıflamasına göre ise Acar formasyonu (49+946- 50+808) km'leri arasında bulunan birimler; çok düşük direçli kaya sınıfına girmektedir

Bieniawski tarafından 1975 yılında ön görülen nokta yükü dayanım direncine göre sınıflamada ise Acar formasyonunda (49+946- 50+808) km'leri arasında yapılan nokta yük dayanım indeksi birimleri; çok düşük dirençli kayaç sınıfına girmektedir.

RMR sınıflamasına göre Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasında kalan kaya birimleri zayıf kaya sınıfına, Q sınıflamasına göre ise çok zayıf kaya ve zayıf kaya sınıfına girmektedir. RMR kaya sınıflamasına göre NATM kaya sınıflamasında 2 sınıfa ayrılmıştır. Belirlenen bu kaya sınıflarına göre Karayolları Şartnamesi gereğince B3 ve C2 kaya sınıfına göre destekleme belirlenmiştir. ÖNORB-2203 kaya sınıflamasına göre Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasında kalan Ka₁, Ka₂ ve Ka₃ olarak tanımlanan birimler ÖNORB-2203 kaya sınıflamasında B3 ve C2 kaya sınıfına girmektedir. İnceleme alanının kaya sınıfı yaklaşık olarak %81'i B3, %19 C2 kaya sınıfına girmektedir.

Parçalı kesit tünel açma yöntemlerinden biri olan ve çekirdek yöntemi olarak da bilinen Alman Yöntemi mevcut formasyonu açılan galerilerle birlikte daha iyi öğrenilmesini sağlayarak tavan ve taban deformasyonu minimum seviyeye indirmektedir ve kontrol altında tutulabilmektedir. RMR ve Q sınıflamasına göre formasyon içerisinde bulunan Ka_1 , Ka_2 ve Ka_3 birimleri zayıf, çok zayıf kaya sınıfına girmektedir. Alman yönteminde kayaç birimleri içerisinde yan ayak galeri açılarak tavanla birleştirilip daha sonra tavan bloğuna destekleme yapıp, taban bloğunda ilerleme yapılması ve öne gelebilecek olan birimin görülerek destek sisteminin belirlenmesi amacıyla uygulanmaktadır. Bu sebepten dolayı Alman Yöntemi Acar Formasyonu içerisinde açılacak olan bir tünel için uygulanması öngörülebilecek bir yöntemdir. Diğer parçalı kesit tünel açma yöntemlerinden Belçika ve Eski Avusturya yöntemleri Acar Formasyonunda bulunan birimlerin zayıf kaya sınıfına girmesi nedeniyle uygulanabilir görünmesiyle birlikte maliyeti ve süreyi arttıracığından uygulanması uygun görülmemiştir. İngiliz yönteminin ise daha sağlam ve az baskılı kayaçlara uygulanabilmesinden dolayı Acar formasyonu (49+946-50+808) km'leri arasında açılacak olan bir tünele uygulanması uygun görülmemiştir. İsviçre yönteminin sağlam kayada kolaylık sağlaması ve Acar formasyonu içerisinde bulunan Ka_1 , Ka_2 ve Ka_3 birimleri zayıf ve orta sağlam kaya birimine girdiğinden bu yöntem kullanılarak bir tünel açılması uygun değildir. İtalyan yöntemi, çok plastik ve akışkan kayalarda uygulanan ender bir yöntem olmasına karşın Acar formasyonu içerisinde açılacak bir tünel için uygun değildir.

Teknolojik gelişimin getirisi olan tünel açma makineleri fonksiyonuyla uygulanan tam mekanizma yöntemi genellikle yumuşak veya yarı sert kayaçlarda etkili olmaktadır. İlk yatırım maliyetinin yüksek olması fakat uzun ve dairesel kesitli tüneller açısından ekonomik olması ve hızlı ilerlemenin sağlanması nedeniyle revaçtadır. Acar formasyonunda bulunan birimlerin RMR, Q, GSI ve bunun gibi bir takım kaya sınıflamalarına tabi tutularak Ka_1 , Ka_2 ve Ka_3 birimleri zayıf, orta sağlam kaya sınıfına girmekte olup tam mekanizma yöntemiyle tünel açılması uygun görülmüştür.

Tam mekanizma yöntemlerinden ön sağlamlaştırma yöntemi, akıcılığın fazla, duraylılığın olmadığı ve fazla su içeren kayaçlarda yüksek dağ açılmasında kullanılan bir yöntemdir. Acar Formasyonunun bu özelliklere sahip olmaması, kazıdan önce dondurma ve enjeksiyona ihtiyaç duymamasından dolayı ön sağlamlaştırma yöntemi uygulanarak tünel açılması uygun görülmemiştir. Kalkan yöntemi ise genel olarak çok plastik ve akıcı kayaçlarda kullanılır. Ayrıca yeryüzünde oluşabilecek deformasyonları önlediğinden, yerleşim merkezlerinin

altından geçen tünel ve metrolarda kullanılabilen bir yöntemdir. Fakat Acar formasyonu hem plastik değil hem de bir yerleşim yerinin altına açılacak olan bir tünel olmadığından uygulanması uygun değildir.

1948 yılında Rabcewicz tarafından öne sürülen Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin amacı; ince ve geçici bir destek uygulayarak, deformasyonlara izin vererek, tünel içine doğru gelişen kaya basıncını azaltmak ve yükleri kazı çevresindeki kayaya dağıtmaktır. Bu yöntemin son zamanlarda revaçta olmasının nedenleri; çok değişik zemin şartlarında, farklı en ve kesitlere kolay ve esnekçe uygulanabilmesi, maliyetin ileriye dönük hesaplanması açısından ipuçları vermesi ve sınıflanan kaya sistemine göre destekleme sisteminin belirlenmesidir. Acar formasyonunda (49+946-50+808) km'leri arasında yapılan RMR, Q, GSI kaya sınıflamaları sonucunda NATM kaya sınıflamasına göre, kaya birimleri B3 ve C2 kaya sınıfı olarak tanımlanmıştır. Bu yöntemin Karayolları şartnamesi (2006)'ya göre Acar formasyonunda (49+946-50+808) km'leri arasında uygulanması uygundur.

KAYNAKLAR

- AFAD** (2011) Deprem Daire Başkanlığı Deprem Haritası, Deprem Daire Başkanlığı www.deprem.gov.tr (12.10.2011).
- Alaplı Kaymakamlığı** (2011) İlçemizi Tanıyalım, Alaplı Kaymakamlığı, www.alapli.gov.tr (28.12.2011).
- Aklan S** (2002) Tünel Kazısında Karşılaşılan Problemler, Doğu Holding İnşaat Grubu
- Arıoğlu E ve Bilgin N** (1978) Nokta yük deneyi ve uygulaması. Cilt 36, Sayı 2.
- Barton N, Lien R and Lunde I** (1974) Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support *Rock Mechanics*, 6(4): 189-239.
- Barton N** (2002) Some new Q-value correlations to assist in site characterisation and tunnel design. *International Journal of Rock Mechanics Mining Sciences*. 39: 185-216.
- Bieniawski ZT** (1973) Engineering classification of jointed rock masses *Trans. South African Inst. Civil Engineering*, 15: 335-3454.
- Bieniawski ZT** (1974) Geomechanics classification of rock masses and its application in tunnelling. *Proc. 3 rd. Cong. of Inst. Society for Rock Mechanics*, Denver, 2: 27-32.
- Bieniawski ZT** (1975) The point-load test in geotechnical practice. *Engineering Geology*, 9, 1-11.
- Bieniawski ZT** (1976) Rock mass classification in rock engineering. *In Exploration for rock engineering, proc. of the symp.*, (ed. Z.T. Bieniawski) Cape Town: Balkema, 1, 97-106.
- Bieniawski ZT** (1979) The geomechanics classification in rock engineering applications. *Proc. 4 rd. Cong. of Rock Mechanics*, Montreux, 2: 4-48.
- Bieniawski Z T** (1989) Engineering Rock Mass Classifications, John Wiley and Sons, 237 pp
- Çoban F** (1988) Batı Karadeniz bölgesinde üst Kretase yaşlı Akçakoca volkanitlerinin petrokimyasal özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği*, 5-15: 43-48.
- Deere DU and Miller RP** (1966) Engineering classification and index properties for intact rock. Air Force Weapons Laboratory Technical Report, Volume I-II, Leonard Hill, 270 p.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Emiroğlu A** (2010) İstanbul (4. Levent- Hacıosman arası) Metro Tünelindeki Mühendislik Uygulamaları 47 s, Adana.
- Egemen R M** (1947) Karadeniz Ereğlisi'nde bulunan fosilli Üst Silüriyenli tabakalarına dair not: Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara
- Franklin JA** (1975) Safety and economy of tunneling. *Proceeding of The 10th Canadian Rock Mechanical Symposium*, Kingstone, p. 27-53.
- Grimstad E and Barton N** (1993) Updating the Q-System for NMT, Proceedings of the International Symposium on Sprayed Concrete-Modern Use of Wet Mix Sprayed Concrete for Underground Support, Norwegian Concrete Association, Norway
- Hoek E and Brown ET** (1980a) *Underground Excavations in Rock*. Institution of Mining and Metallurgy Pres, London, England. 527 p.
- Hoek E and Brown ET** (1980b) Empirical strength criterion for rock masses. *Journal of Geotech. Eng. Division, ASCE* 106, 1013-1035.
- Hoek E** (1983) Strength of jointed rock masses: 1983 rankine lecture. *Geotechnique*, 33(3):187-223.
- Hoek E and Brown ET** (1988) The Hoek-Brown failure criterion-a1988 update. Rock engineering for underground excavations. *Proc. Of The 15 th Canadian Rock. Mechanic Symposium*, Toronto, p. 31-38.
- Hoek E, Wood D and Shah S** (1992) A modified Hoek-Brown criterion for jointed rock masses. *ISRM Symposium: Eurock'92-Rock Characterization*, p. 209-213.
- Hoek E, Kaiser PK and Bawden WF** (1995) Support of underground excavations in hard rock. *Balkema*, Rotterdam.
- Hoek E and Brown ET** (1997) Practical estimates of rock mass strength. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abst.*, 34(8),1165-1186.
- Hoek E, Marinos P and Benissi M** (1998) Applicability of the geological strength index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses: the case of Athens schist formation. *Bulleting of Engineering Geology and Environment*, 57, 151-160.
- Hoek E, Carranza-Torres C and Corkum B** (2002) Hoek-Brown failure criterion 2002 Edition. In: Hammah R, Bawden W, Curran J, Telesnicki M (Eds.), *Proceedings of NARMSTAC 2002, Mining Innovation and Technology*. University of Toronto Press, Toronto, p. 267-273.
- ISRM** (1977) Suggested methods for determining sound velocity. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.*, 15 (2): 53-58.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- ISRM** (1981) *ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing And Monitoring*, Brown ET (ed.), Pergamon Pres, London, 211 p.
- Jodl HG** (1995) Construction method NATM. *New Austrian Tunneling Method Summercourse*, July 2-8, IACES, Bureau, Vienna.
- Karayolları Teknik Şartnamesi** (2006) Yol Altyapısı, Sanat Yapıları, Köprü ve Tüneller, Üstyapı ve Çeşitli İşler, Karayolları Genel Müdürlüğü, No:267, 766s.
- Kdz. Ereğli Kaymakamlığı** (2011) İlçemizi Tanıyalım, Karadeniz Ereğli Kaymakamlığı, www.karadenizeregli.gov.tr (28.12.2011).
- Ketin** (1955) Akçakoca-Düzce Bölgesinin Jeolojik Yapısı. MTA Rapor No: 2277
- Köse H, Gürgen S, Onargan T, Yenice H ve Aksoy O** (1992) Tünel ve kuyu açma yöntemleri, DEÜ Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Yayını, İzmir
- McFeat SI and Tarkoy PJ** (1979) Assessment of tunnel boring machine performance. *Tunnels and Tunnelling*, 11(10): 33-37.
- Özer H, Uçar B, Çelimli H, Şanlı R ve Irmak S A** (2003), Tüneller, Tünel Açım Teknikleri, Tünel Açımında Kullanılan Makinalar, Kullanıldığı Yerler, Sanat Yapıları Dönem Ödevi, 2
- Palmström A** (2000) Recent developments in rock support estimates by the RMI. *Journal of Rock Mechanics and Tunnelling Technology*, 6(1): 1-19.
- Şengör AMC, Yılmaz Y and Ketin İ** (1980) Remnants of a pre-late Jurassic ocean in northern Turkey: Fragments of Permian-Triassic Paleo-Tethys: *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 9(1/1), 599-609.
- Terzaghi K** (1946) Rock defects and loads in tunnel supports. *Rocktunneling with steel supports*. R.V. Proctor and T.L.White, eds., The Commercial Shearing and Stamping Co., Youngstown, Ohio, 17-99.
- Tokay M** (1949) Ereğli-Alaplı Kızıltepe-Alacaagzı Dolayının Jeolojisi. M.T.A. Rapor No:1821. Ankara.
- Vardar M** (1979) Yer altı kaya yapıları mekaniğinde Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin ana ilkeleri, ankrajlar ve boyutlandırılması, DSİ yayınları, Ankara, 16 s
- Yüksel Proje** (2010) Düzce – Akçakoca – Kdz. Ereğli Yolu T7 Tüneli (Km: 49+945.00.00 – 50+808.00.00) Kesin Proje Jeoteknik Raporu(Yayımlanmamış), Yüksel Proje Ankara,14-35

EK AÇIKLAMALAR A

SONDAJ LOGLARI

SONDAJ LOGU / BORING LOG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
İŞVEREN Carried Out For		YÜKSEL PROJE		Koordinat Sistemi		ED 50		DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
İDARE / Directorate :				Koordinat - Y		613 701. 59		31		SK1		1 / 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				Koordinat - X		4 558 734. 52		Yer altı Suyu / Ground Water																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
KİLOMETRE		: 49+950		SONDAJ KOTU / Elevation		37.37		DERİNLİK Depth (m)		TARİH DATE		AÇIKLAMA Explanation																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
BAŞ. TARİHİ / Start Date				14.09.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
MAKİNE TİPİ/ Machine Type		Mobile B 53		BİTİŞ TARİHİ/ Finish Date		17.09.2009		28.50		11.10.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
SONDAJ TİPİ/ Boring Type		: Rotary		DEL. ÇAPI/ Hole Diam .		:76 mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Numune Tipi / Sample Type	Manevra Boyu	Örselememiş Numune Derinliği	STANDART PENETRASYON DENEYİ (Standart Penetration Test)												KAYA ÖZELLİKLERİ (Rock Characteristic)					AÇIKLAMALAR (EXPLANATION)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
				DARBE SAYISI (Number of Blows)				Grafik (Graph)								TCR%	SCR%	ROD%	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/weathering		KIRIK/Fracture (30cm)	LİTOLOJİ (LITHOLOGY)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
				YASS / GW	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	0	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1		1,5		17	20	18	38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

Şekil A1 SK1 sondaj logu.

[illegible]

SONDAJ LOGU / BORING LOG																			
İŞVEREN Carried Out For		YÜKSEL PROJE		Koordinat Sistemi		ED 50		DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page							
İDARE / Directorate		:		Koordinat - Y		613 757.09		30		SK2		1 / 2							
				Koordinat - X		4 558 813.70		Yer altı Suyu / Ground Water											
KİLOMETRE		50+050		SONDAJ KOTU / Elevation		39.08		DERİNLİK Depth (m)		TARİH DATE		AÇIKLAMA Explanation							
BAŞ. TARİHİ / Start Date				24.09.2009															
MAKİNE TİPİ / Machine Type		Mobile B 53		BİTİŞ TARİHİ / Finish Date		28.09.2009		1,6		11.10.2009									
SONDAJ TİPİ / Boring Type		: Rotary		DEL. ÇAPI / Hole Diam.		:76 mm													

Şekil A2 SK2 sondaj logu.

SONDAJ LOGU / BORING LOG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
İŞVEREN Carried Out For		YÜKSEL PROJE		Kordinat Sistemi		ED 50		DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
İDARE / Directorate :				Kordinat - Y		613 757.09		30		SK2		2 / 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
				Kordinat - X		4 558 813.70				Yer altı Suyu / Ground Water																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
KİLOMETRE		50+050		SONDAJ KOTU / Elevation		39.08		DERİNLİK Depth (m)		TARİH DATE		AÇIKLAMA Explanation																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
				BAŞ. TARİHİ / Start Date		24.09.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
MAKİNE TİPİ/ Machine Type		Mobile B 53		BİTİŞ TARİHİ / Finish Date		28.09.2009		1,6		11.10.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
SONDAJ TİPİ/ Boring Type		: Rotary		DEL. ÇAPI/ Hole Diam .		:76 mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Numune Tipi / Sample Type	Manevra Boyu	Örselememiş Numune Derinliği	STANDART PENETRASYON DENEYİ (Standart Penetration Test)										KAYA ÖZELLİKLERİ (Rock Characteristic)					LİTOLOJİ (LITHOLOGY)	AÇIKLAMALAR (EXPLANATION)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
				DARBE SAYISI (Number of Blows)			Grafik (Graph)							TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering			KIRIK/Fracture (30cm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
				YASSI / GW	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	0	10	20	30	40									50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
21		1,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Şekil A2 (devam ediyor).

SONDAJ LOGU / BORING LOG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
İŞVEREN Carried Out For		YÜKSEL PROJE			Koordinat Sistemi			ED 50			DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
İDARE / Directorate					Koordinat - Y			613 843.50			90		SK3		1 / 5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
					Koordinat - X			4 558 945.38			Yer altı Suyu / Ground Water																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
KİLOMETRE		50+200			SONDAJ KOTU / Elevation			102.99			DERİNLİK Depth (m)		TARİH DATE		AÇIKLAMA Explanation																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
					BAŞ. TARİHİ / Start Date			05.09.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
MAKİNE TİPİ/ Machine Type		Mobile B 53			BİTİŞ TARİHİ / Finish Date			16.09.2009			15.15		11.10.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
SONDAJ TİPİ/ Boring Type		: Rotary			DEL. ÇAPI / Hole Diam .			:76 mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Numune Tipi / Sample Type	Manevra Boyu	Örselelenmiş Numune Derinliği	STANDART PENETRASYON DENEYİ (Standart Penetration Test)												KAYA ÖZELLİKLERİ (Rock Characteristic)					LİTOLOJİ (LITHOLOGY)	AÇIKLAMALAR (EXPLANATION)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				DARBE SAYISI (Number of Blows)			Grafik (Graph)						TCR%	SCR%	ROD%	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering	KIRIK/Fracture (30cm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
				YASSI / GW	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	0	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
1		1,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									</

Şekil A3 SK3 sondaj logu.

SONDAJ LOGU / BORING LOG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
İŞVEREN Carried Out For			YÜKSEL PROJE			Koordinat Sistemi			ED 50			DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
İDARE / Directorate			:			Koordinat - Y			613 843.50			90		SK3		1 / 5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Koordinat - X						SONDAJ KOTU / Elevation			102.99			Yer altı Suyu / Ground Water																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
KİLOMETRE		50+200		BAŞ. TARİHİ / Start Date			05.09.2009			DERİNLİK Depth (m)		TARİH DATE		AÇIKLAMA Explanation																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
MAKİNE TİPİ/ Machine Type			Mobile B 53			BİTİŞ TARİHİ/ Finish Date			16.09.2009			Oca.60		11.10.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
SONDAJ TİPİ/ Boring Type			: Rotary			DEL. ÇAPI/ Hole Diam .			:76 mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Sonda Derinliği Boring Depth (m)	Numune Tipi / Sample Type	Manevra Boyu	Örselememiş Numune Derinliği	STANDART PENETRASYON DENEYİ (Standart Penetration Test)												KAYA ÖZELLİKLERİ (Rock Characteristic)					LİTOLOJİ (LITHOLOGY)	AÇIKLAMALAR (EXPLANATION)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				DARBE SAYISI (Number of Blows)				Grafik (Graph)								TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering			KIRIK/Fracture (30cm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				YASS / GW	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	0	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
21		1,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Şekil A3 (devam ediyor).

SONDAJ LOGU / BORING LOG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
İŞVEREN Carried Out For			YÜKSEL PROJE			Koordinat Sistemi			ED 50			DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
İDARE / Directorate			:			Koordinat - Y			613 843.50			90		SK3		3 / 5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Koordinat - X						SONDAJ KOTU / Elevation			102.99			Yer altı Suyu / Ground Water																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
KİLOMETRE			50+200			SONDAJ TARİHİ / Start Date			05.09.2009			DERİNLİK Depth (m)		TARİH DATE		AÇIKLAMA Explanation																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
BAŞ. TARİHİ / Start Date						BİTİŞ TARİHİ / Finish Date			16.09.2009			Oca.60		11.10.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
MAKİNE TİPİ / Machine Type			Mobile B 53			DEL. ÇAPI / Hole Diam.			:76 mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
SONDAJ TİPİ / Boring Type			: Rotary																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Numune Tipi / Sample Type	Manevra Boyu	Örselenmemiş Numune Derinliği	STANDART PENETRASYON DENEYİ (Standart Penetration Test)										KAYA ÖZELLİKLERİ (Rock Characteristic)					LİTOLOJİ (LITHOLOGY)	AÇIKLAMALAR (EXPLANATION)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
				DARBE SAYISI (Number of Blows)				Grafik (Graph)						TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering			KIRIK/Fracture (30cm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
				YASS / GW	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	0	10	20	30	40									50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
41		1,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

Şekil A3 (devam ediyor).

[illegible]

SONDAJ LOGU / BORING LOG															
İŞVEREN Carried Out For		YÜKSEL PROJE		Koordinat Sistemi		ED 50		DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page			
İDARE / Directorate		:		Koordinat - Y		613 843.50		90		SK3		5 / 5			
KİLOMETRE		50+200		Koordinat - X		4 558 945.38		Yer altı Suyu / Ground Water							
SONDAJ KOTU / Elevation				SONDAJ TİPİ / Boring Type		: Rotary		DEL. ÇAPI / Hole Diam.		:76 mm					
BAŞ. TARİHİ / Start Date		05.09.2009		BİTİŞ TARİHİ / Finish Date		16.09.2009		Oca.60		11.10.2009					
MAKİNE TİPİ / Machine Type		Mobile B 53													
STANDART PENETRASYON DENEYİ (Standart Penetration Test)				KAYA ÖZELLİKLERİ (Rock Characteristic)											
DARBE SAYISI (Number of Blows)		Grafik (Graph)		TCR%		SCR%		RQD%		DAYANIMLILIK/Strength		AYRIŞMA/Weathering			
YASSI / GW		0-15 cm		15-30 cm		30-45 cm		N		0		10			
		20		30		40		50		60					

Şekil A3 (devam ediyor).

[illegible]

SONDAJ LOGU / BORING LOG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İŞVEREN Carried Out For		YÜKSEL PROJE		Koordinat Sistemi				ED 50				DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İDARE / Directorate :				Koordinat - Y				613 901.85				134		SK4		3 / 7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
KİLOMETRE :50+340				SONDAJ KOTU / Elevation				149,6				DERİNLİK Depth (m)		TARİH DATE		AÇIKLAMA Explanation																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
				BAŞ. TARİHİ / Start Date				20.07.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
MAKİNE TİPİ / Machine Type				Mobile B 53		BİTİŞ TARİHİ / Finish Date				04.08.2009				48.00		01.10.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
SONDAJ TİPİ / Boring Type				: Rotary		DEL. ÇAPI / Hole Diam.				:76 mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Numune Tipi / Sample Type	Manevra Boyu	Örselememiş Numune Derinliği	STANDART PENETRASYON DENEYİ (Standart Penetration Test)												KAYA ÖZELLİKLERİ (Rock Characteristic)					AÇIKLAMALAR (EXPLANATION)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				DARBE SAYISI (Number of Blows)				Grafik (Graph)								TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering			KIRIK/Fracture (30cm)	LİTOLOJİ (LITHOLOGY)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
				YASS / GW	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	0	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
41		1,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

Şekil A4 (devam ediyor).

[illegible]

SONDAJ LOGU / BORING LOG																						
İŞVEREN Carried Out For		YÜKSEL PROJE		Koordinat Sistemi		ED 50		DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page										
İDARE / Directorate		:		Koordinat - Y		613 901.85		134		SK4		5 / 7										
				Koordinat - X		4 559 048.34		Yer altı Suyu / Ground Water														
KİLOMETRE		:50+340		SONDAJ KOTU / Elevation		149,6		DERİNLİK Depth (m)		TARİH DATE		AÇIKLAMA Explanation										
				BAŞ. TARİHİ / Start Date		20.07.2009																
MAKİNE TİPİ/ Machine Type		Mobile B 53		BİTİŞ TARİHİ / Finish Date		04.08.2009		48.00		01.10.2009												
SONDAJ TİPİ/ Boring Type		: Rotary		DEL. ÇAPI / Hole Diam .		:76 mm																
Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Numune Tipi / Sample Type	Manevra Boyu	Örselememiş Numune Derinliği	YASSI / GW	STANDART PENETRASYON DENEYİ (Standart Penetration Test)										KAYA ÖZELLİKLERİ (Rock Characteristic)					LİTOLOJİ (LITHOLOGY)	AÇIKLAMALAR (EXPLANATION)	
					DARBE SAYISI (Number of Blows)			Grafik (Graph)							TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering			KIRIK/Fracture (30cm)
					0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	0	10	20	30	40	50	60							
81		1,5											100	0								
82													100	43								
83		1,5											100	32	II	III	CI					
84													98	0								
85		1,5											100	51								
86													100	18								
87		1,5											100	0								
88													100	28	III	IV	Cr					
89		1,5											100	0								
90													100	15								
91		1,5											100	37	II	III	CI					
92													92	40								
93		1,5											100	11	III	III	M CI					
94													100	0								
95		1,5											78	0								
96													70	0								
97		1,5											100	0	II III	III	I Cr					
98													100	14								
99		1,5											100	0								
100													100	0								
DAYANIKLILIK / Strength				AYRIŞMA / Weathering				İNCE DANELİ/Fine Grained				İRİ DANELİ/Coarse Grained				100						
I	DAYANIMLI	Strong		I	TAZE	Fresh		N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft		N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose								
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong		II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.		N : 3-4	YUMUŞAK	Soft		N : 5-10	GEVŞEK	Loose								
III	ORTA ZAYIF	M.WEAK		III	ORTA DER. YRIŞMIŞ	Mod. W.		N : 5-8	ORTA KATI	M.Soft		N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense								
IV	ZAYIF	Weak		IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Higyl W.		N : 9-15	KATI	Stiff		N : 31-50	SIKI	Dense								
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak		V	TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ	Comp. W.		N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff		N : >51	ÇOK SIKI	Dense								
								N : >30	SERT	Hard												
KAYA KALİTESİ TANIMI- RQD				KIRIKLAR - 30 cm / Fractures				ORANLAR - Proportions														
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor		1	SEYREK	Wide(W)		5%	PEK AZ	Slightly		5%	PEK AZ	Slightly								
%25-50	ZAYIF	Poor		1-2	ORTA D. AYRI.	Moderate(M)		%5-10	AZ	Little		%5-20	AZ	Little								
%50-75	ORTA	Fair		2-10	SIK	Close(CI)		%15-35	ÇOK	Very		%20-50	ÇOK	Very								
%75-90	İYİ	Good		10-20	ÇOK SIK	İnstense(I)		35%	VE	And												
%90-100	ÇOK İYİ	Exccelent		>20	PARÇALI	Crushed(Cr)																

Şekil A4 (devam ediyor).

SONDAJ LOGU / BORING LOG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
İŞVEREN Carried Out For		YÜKSEL PROJE		Koordinat Sistemi				ED 50				DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
İDARE / Directorate :				Koordinat - Y				613 901.85				134		SK4		7 / 7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
KİLOMETRE :50+340				Koordinat - X				4 559 048.34				Yer altı Suyu / Ground Water																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
				SONDAJ KOTU / Elevation				149.6				DERİNLİK Depth (m)		TARİH DATE		AÇIKLAMA Explanation																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
MAKİNE TİPİ / Machine Type		Mobile B 53		BİTİŞ TARİHİ / Finish Date				04.08.2009				48.00		01.10.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
SONDAJ TİPİ / Boring Type		: Rotary		DEL. ÇAPI / Hole Diam.				:76 mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Numune Tipi / Sample Type	Manevra Boyu	Öselenmemiş Numune Derinliği	STANDART PENETRASYON DENEYİ (Standart Penetration Test)												KAYA ÖZELLİKLERİ (Rock Characteristic)					LİTOLOJİ (LITHOLOGY)	AÇIKLAMALAR (EXPLANATION)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				DARBE SAYISI (Number of Blows)				Grafik (Graph)								TCR%	SCR%	ROD%	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering				KIRIK/Fracture (30cm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				YASS / GW	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	0	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
121		1,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

Şekil A4 (devam ediyor).

[illegible]

Şekil A5 (devam ediyor).

SONDAJ LOGU / BORING LOG

İŞVEREN
Carried Out For

YÜKSEL PROJE

Koordinat Sistemi

ED 50

DERİNLİK
Depth (m)

SONDAJ No
Borehole No

SAYFA
Page

3 / 5

İDARE / Directorate

:

Koordinat - Y

613 968.12

Yer altı Suyu / Ground Water

KİLOMETRE

:50+490

SONDAJ KOTU / Elevation

114.25

DERİNLİK
Depth (m)

TARİH
DATE

AÇIKLAMA
Explanation

MAKİNE TİPİ/ Machine Type

Mobile B 53

BİTİŞ TARİHİ / Finish Date

13.09.2009

16.20

11.10.2009

SONDAJ TİPİ/ Boring Type

: Rotary

DEL. ÇAPI / Hole Diam .

:76 mm

Sondaj Derinliği
Boring Depth (m)

Numune Tipi / Sample Type

Manevra Boyu

Öselenmemiş Numune Derinliği

YASS / GW

0-15 cm

15-30 cm

30-45 cm

N

0

10

20

30

40

50

60

TOC%

SCR%

ROD%

DAYANIMLILIK/Strength

AYRIŞMA/Weathering

KIRIK/Fracture (30cm)

LİTOLOJİ (LITHOLOGY)

DARBE SAYISI
(Number of Blows)

Grafik
(Graph)

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

1,5

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

0

III

10

12

20

0

48

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

II

I

II

III

III

III

IV

II

III

III

III

III

III

III

III

III

III

III

III

III

Cr

M

I

Cr

Cr

Cr

Cr

Cr

Cr

Cr

Cr

Cr

Cr

Cr

Cr

Cr

Cr

Cr

DAYANIKLILIK / Strength

AYRIŞMA / Weathering

İNCE DANE / Fine Grained

İRİ DANE / Coarse Grained

I DAYANIMLI Strong

II ORTA DAYANIMLI M.Strong

III ORTA ZAYIF M.WEAK

IV ZAYIF Weak

V ÇOK ZAYIF V.Weak

I TAZE Fresh

II AZ AYRIŞMIŞ SlightlyW.

III ORTA DER. YRIŞMIŞ Mod. W.

IV ÇOK AYRIŞMIŞ Higly W.

V TUMÜYLE AYRIŞMIŞ Comp. W.

N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK V.Soft

N : 3-4 YUMUŞAK Soft

N : 5-8 ORTA KATI M.Soft

N : 9-15 KATI Sift

N : 16-30 ÇOK KATI V.Stiff

N : >30 SERT Hard

N : 0-4 ÇOK GEVŞEK V.Loose

N : 5-10 GEVŞEK Loose

N : 11-30 ORTA SIKI M.Dense

N : 31-50 SIKI Dense

N : >51 ÇOK SIKI Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI- RQD

KIRIKLAR - 30 cm / Fractures

ORANLAR - Proportions

%0-25 ÇOK ZAYIF V.Poor

%25-50 ZAYIF Poor

%50-75 ORTA Fair

%75-90 İYİ Good

%90-100 ÇOK İYİ Very Good

1 SEYREK Wide(W)

1-2 ORTA D. AYRI. Moderate(M)

2-10 SIK Close(CI)

10-20 ÇOK SIK Intense(I)

>20 K PARÇALI Kar. Disintegrated

5% PEK AZ Slightly

%5-10 AZ Little

%15-35 ÇOK Very

35% VE And

5% PEK AZ Slightly

%5-20 AZ Little

%20-50 ÇOK Very

5% PEK AZ Slightly

SPD Kontrol Mühendisi / Checked By

SAHA MÜHENDİSİ / (Site Engineer)

KONTROL MÜHENDİSİ / (Checked By)

[illegible]

[illegible]

[illegible]

SONDAJ LOGU / BORING LOG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
İŞVEREN Carried Out For		YÜKSEL PROJE		Koordinat Sistemi		ED 50		DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İDARE / Directorate				:		Koordinat - Y		614 069.17		101		SK6		2 / 6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
						Koordinat - X		4 559 367.80						Yer altı Suyu / Ground Water																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
KİLOMETRE		:50+670		SONDAJ KOTU / Elevation		127.21				DERİNLİK Depth (m)		TARİH DATE		AÇIKLAMA Explanation																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
BAŞ. TARİHİ / Start Date				BAŞ. TARİHİ / Start Date		24.09.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
MAKİNE TİPİ/ Machine Type		Mobile B 53		BİTİŞ TARİHİ/ Finish Date		04.10.2009				57.20		11.10.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
SONDAJ TİPİ/ Boring Type		: Rotary		DEL. ÇAPI/ Hole Diam .		:76 mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Sondaj Derinliği Boring Depth (m)		Numune Tipi / Sample Type		Manevra Boyu		Örselememiş Numune Derinliği		YASS / GW		STANDART PENETRASYON DENEYİ (Standart Penetration Test)										KAYA ÖZELLİKLERİ (Rock Characteristic)						LİTOLOJİ (LITHOLOGY)		AÇIKLAMALAR (EXPLANATION)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
										DARBE SAYISI (Number of Blows)		Grafik (Graph)						TCR%		SCR%		ROD%		DAYANIMLILIK/Strength						AYRIŞMA/Weathering		KIRIK/Fracture (30cm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
21		1,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				</

Şekil A6 (devam ediyor).

SONDAJ LOGU / BORING LOG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
İŞVEREN Carried Out For		YÜKSEL PROJE		Koordinat Sistemi			ED 50			DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
İDARE / Directorate		:		Koordinat - Y			614 069.17			101		SK6		3 / 6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
				Koordinat - X			4 559 367.80			Yer altı Suyu / Ground Water																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
KİLOMETRE		:50+670		SONDAJ KOTU / Elevation			127.21			DERİNLİK Depth (m)		TARİH DATE		AÇIKLAMA Explanation																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
				BAŞ. TARİHİ / Start Date			24.09.2009			57.20		11.10.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
MAKİNE TİPİ/ Machine Type		Mobile B 53		BİTİŞ TARİHİ / Finish Date			04.10.2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
SONDAJ TİPİ/ Boring Type		: Rotary		DEL. ÇAPI / Hole Diam .			:76 mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Numune Tipi / Sample Type	Manevra Boyu	Örselenmemiş Numune Derinliği	STANDART PENETRASYON DENEYİ (Standart Penetration Test)												KAYA ÖZELLİKLERİ (Rock Characteristic)					AÇIKLAMALAR (EXPLANATION)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				DARBE SAYISI (Number of Blows)				Grafik (Graph)								TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering		KIRIK/Fracture (30cm)	LİTOLOJİ (LITHOLOGY)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				YASS / GW	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	0	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
41		1,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Şekil A6 (devam ediyor).

[illegible]

[illegible]

SONDAJ LOGU / BORING LOG																									
İŞVEREN Carried Out For		YÜKSEL PROJE		Koordinat Sistemi		ED 50		DERİNLİK Depth (m)		SONDAJ No Borehole No		SAYFA Page													
İDARE / Directorate		:		Koordinat - Y		614 111.35		40.00		SK7		1 / 2													
				Koordinat - X		4 559 447.13		Yer altı Suyu / Ground Water																	
KİLOMETRE		:50+805		SONDAJ KOTU / Elevation		68.09		DERİNLİK Depth (m)		TARİH DATE		AÇIKLAMA Explanation													
				BAŞ. TARİHİ / Start Date		04.10.2009																			
MAKİNE TİPİ/ Machine Type		Mobile B 53		BİTİŞ TARİHİ/ Finish Date		08.10.2009		9.6 m		11.10.2009															
SONDAJ TİPİ/ Boring Type		: Rotary		DEL. ÇAPI/ Hole Diam .		:76 mm																			
Sondaj Derinliği Boring Depth (m)	Numune Tipi / Sample Type	Manevra Boyu	Örselelenmiş Numune Derinliği	YASS / GW	STANDART PENETRASYON DENEYİ (Standart Penetration Test)										KAYA ÖZELLİKLERİ (Rock Characteristic)					LİTOLOJİ (LITHOLOGY)	AÇIKLAMALAR (EXPLANATION)				
					DARBE SAYISI (Number of Blows)			Grafik (Graph)							TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering					KIRIK/Fracture (30cm)	
					0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	0	10	20	30	40	50	60										
1		1,5			10	14	10	24																DOLGU Sarı-sarımsı kahverenkli, orta sıkı-sıkı, killi kumlu ÇAKIL, ince- iri taneli, az sert-sert, köşeli (Altare kaya)	
2																									
3		1,5			9	11	13	24																	
4																									
5		1,5			8	16	13	29																	
6		1,5			7	12	21	33																	
7																									
8		1,5			11	15	21	36																	
9		1,5			6	9	7	16																	
10																									
11		1,5	50/10					R																	
12		1,5											0		0										
13		1,5											0		0	IV	III IV								
14		1,5											46		0										
15		1,5											75		0										
16		1,5											97		41										
17		1,5																							
18		1,5														II III	II	M							
19																									
20		1,5											77		0										
DAYANIKLILIK / Strength				AYRIŞMA / Weathering				İNCE DANELİ / Fine Grained				İRİ DANELİ / Coarse Grained													
I	DAYANIMLI	Strong		I	TAZE	Fresh		N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft		N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose											
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong		II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.		N : 3-4	YUMUŞAK	Soft		N : 5-10	GEVŞEK	Loose											
III	ORTA ZAYIF	M.WEAK		III	ORTA DER. AYRIŞMIŞ	Mod. W.		N : 5-8	ORTA KATI	M.Soft		N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense											
IV	ZAYIF	Weak		IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Higly W.		N : 9-15	KATI	Stiff		N : 31-50	SIKI	Dense											
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak		V	TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ	Comp. W.		N : 16-30 N : >30	ÇOK KATI SERT	V.Stiff Hard		N : >51	ÇOK SIKI	Dense											
KAYA KALİTESİ TANIMI- RQD				KIRIKLAR - 30 cm / Fractures				ORANLAR - Proportions																	
%0-25		ÇOK ZAYIF	V.Poor	1		SEYREK	Wide(W)	5%		PEK AZ	Slightly	5%		PEK AZ	Slightly										
%25-50		ZAYIF	Poor	1-2		ORTA D. AYRI.	Moderate(M)	%5-10		AZ	Little	%5-20		AZ	Little										
%50-75		ORTA	Fair	2-10		SIK	Close(CI)	%15-35		ÇOK	Very	%20-50		ÇOK	Very										
%75-90		İYİ	Good	10-20		ÇOK SIK	Intense(I)	35%		VE	And														
%90-100		SAĞLAM	Excellent	>20		PARÇALI	Carved (CA)																		
SPT D				K				SAHA MÜHENDİSİ (Site Engineer)				KONTROL MÜHENDİSİ (Checked By)													

Şekil A7 SK7 sondaj logu.

ÖZGEÇMİŞ

Gülşah AKKAYA 1987’de Kdz Ereğli’de doğdu; ilk ve orta öğrenimini Alaplı’da tamamladı; 2004 yılında KTÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’ne girdi; 2009’da mezun oldu. 2011 yılından itibaren Akoğlu ZMA Mühendislikte görev yapmaktadır. Halen 2010 yılında girdiği ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans programını sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Tepeüstü Mh. Adalar Sk., Cihan Ap. No. 8/10
Ümraniye/İSTANBUL

Tel: (507) 7679118

Faks: (216) 5404256

E-posta: gulsahakkaya@email.com