

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİ ZİGANA (TORUL-GÜMÜŞHANE) TÜNELİNDE AÇILAN
2 NOLU HİZMET KUYUSUNUN JEOTEKNİK AÇIDAN
İNCELENMESİ

ÜMİT CİHAT TARAKÇI

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. AYBERK KAYA
TEZ JÜRİLERİ
DOÇ. DR. RAİF KANDEMİR
DOÇ. DR. İLKER USTABAŞ
DR. ÖĞR. ÜYESİ YILMAZ DEMİR
DR. ÖĞR. ÜYESİ KADİR KARAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RİZE-2019

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİ ZİGANA (TORUL-GÜMÜŞHANE) TÜNELİNDE AÇILAN
2 NOLU HİZMET KUYUSUNUN JEOTEKNİK AÇIDAN İNCELENMESİ**

Doç. Dr. Ayberk KAYA danışmanlığında, Ümit Cihat TARAKÇI tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 04/03/2019 tarihinde Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Doç. Dr. Ayberk KAYA
Üye	: Doç. Dr. Raif KANDEMİR
Üye	: Doç. Dr. İlker USTABAŞ
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz DEMİR
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Kadir KARAMAN

İmzası

(Handwritten signatures of the jury members)


Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖNSÖZ

Bu çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanı olarak çalışmanın tüm aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen, çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlayarak karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olan Doç. Dr. Ayberk KAYA'ya şükranlarımı sunarım. Yüksek lisans tez jürisinde yer alarak katkıda bulunan Dr. Öğr. Üyesi Kadir KARAMAN'a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Müh. Mehdi İLHAN'a teşekkür ederim.

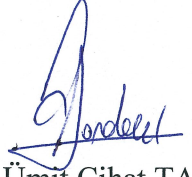
Bu çalışmanın yürütülmesinde desteğini gördüğümüz Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) 10. Bölge Müdürlüğü Bölge Müdür Yardımcısı Jeoloji Müh. Aytuna SAYIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışma sırasında göstermiş olduğu yardımlardan dolayı Cengiz İnşaat San. ve Tic. A.Ş.'ye ve Proje Müdürü Hamdi Tarık EYÜBOĞLU'na şükranlarımı sunarım.

Tez çalışması sırasında her zaman yanımda olan ve desteğini benden esirgemeyen çok kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ümit Cihat TARAKÇI

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Yeni Zigana (Torul-Gümüşhane) Tünelinde Açılan 2 Nolu Hizmet Kuyusunun Jeoteknik Açından İncelenmesi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 04/03/2019



Ümit Cihat TARAKÇI

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

YENİ ZİGANA (TORUL-GÜMÜŞHANE) TÜNELİNDE AÇILAN 2 NOLU HİZMET KUYUSUNUN JEOTEKNİK AÇIDAN İNCELENMESİ

Ümit Cihat TARAKÇI

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Doç. Dr. Ayberk KAYA

Bu çalışmada, Yeni Zigana (Torul-Gümüşhane) Tüneli'nde açılan 2 nolu hizmet kuyusunun duraylılığı ampirik, analitik ve sayısal analiz yöntemleri kullanılarak araştırılmıştır. Kaya kütlelerini tanımlamak için ampirik yöntem olarak RMR, Q ve GSI sistemlerinden yararlanılmıştır. Duraylılığın analitik olarak çözümlenmesinde kaya-destek etkileşimi ve konverjans-sınırlama yöntemleri kullanılmıştır. Desteksiz kuyu duvarlarında gelişen plastik zonun yayılımını belirlemek için sonlu elemanlar (FEM) tabanlı 2D ve 3D sayısal modellerden yararlanılmıştır. Bu analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak birbirleriyle uyumlulukları araştırılmıştır. Ampirik analiz sonuçlarına göre hizmet kuyusunun duraylılığı için desteklemeye ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak, analitik ve sayısal yöntemler daha tutucu davranarak duraylılık için destekleme yapılmasını önermektedir. Kuyu duvarlarındaki plastik zonun konverjans-sınırlama yöntemine göre 105 m. sonra, 2D analizine göre ise 82 m. derinlikten sonra geliştiği belirlenmiştir.

2019, 68 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ampirik Analiz, Duraylılık Analizi, FEM, Kuyu, Numerik Analiz

ABSTRACT

GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF THE SERVICE SHAFT-2 OPENED IN THE NEW ZIGANA (TORUL-GÜMÜŞHANE) TUNNEL

Ümit Cihat TARAKÇI

**Recep Tayyip Erdoğan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering
Master Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ayberk KAYA**

In this study, the stability of service shaft-2 opened in the New Zigana (Torul-Gümüşhane) Tunnel was investigated using empirical, analytical and numerical analysis methods. In order to define rock masses, RMR, Q and GSI systems were used as empirical methods. Rock-Support Interaction and Convergence Confinement Methods were used in the analytical analysis of the shaft stability. In order to determine the plastic zones occurred around the unsupported shaft walls, the finite element (FEM) based 2D and 3D numerical models have been used. The results obtained from these analysis methods were compared and their compatibility was investigated. According to the results of the empirical analysis, there is no need to support for the stability of the shaft. However, analytical and numerical methods are more conservative and suggesting support application for the stability. According to convergence-confinement and 2D analysis, the plastic zone around the shaft walls developed after the depth of 105 m. and 81 m., respectively.

2019, 68 pages

Keywords: Empirical Analysis, Stability Analysis, FEM, Shaft, Numerical Analysis

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	2
1.3. Çalışma Alanının Tanıtılması	4
1.4. Makinalı Yükselen Delgi Yöntemi	6
1.5. İklim ve Bitki Örtüsü	8
1.6. Sosyo-Ekonomik Bilgiler	9
1.7. Jeomorfoloji	9
1.8. Çalışma Alanı ve Çevresinde Yapılan Önceki Uygulamalı Jeoloji Çalışmaları	9
1.9. 2 Nolu Hizmet Kuyusu Alanında Yapılan Önceki Jeoteknik Çalışmalar	11
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	12
3. BULGULAR	14
3.1. Çalışma Alanının Genel Jeolojisi	14
3.1.1. Çatak Formasyonu	14
3.1.2. Kızılkaya Formasyonu	14
3.1.3. Çağlayan Formasyonu	15
3.1.4. Kaçkar Granitoyidi	15
3.2. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları	17
3.2.1. Jeoteknik Araştırma Sondajları	17
3.2.2. Jeoteknik Amaçlı Laboratuvar Çalışmaları	19
3.2.3. Süreksizliklere Ait Özelliklerin Belirlenmesi	20
3.2.4. Kaya Kütlelerinin Sınıflandırılması	22
3.2.4.1. Kaya Kütle Puanlaması (RMR) Sınıflama Sistemi	22

3.2.4.2. Kaya Kütle Kalitesi (Q) Sınıflama Sistemi	28
3.2.4.3. Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) Sınıflama Sistemi	33
3.2.5. Kaya Kütle �zelliklerinin Belirlenmesi	35
3.2.6. Kuyu Duraylılığının Analizi	37
3.2.6.1. Ampirik Analiz	37
3.2.6.2. Analitik Analiz	39
3.2.6.3. Sayısal Analiz	43
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR	47
KAYNAKLAR	50
EKLER	53
�ZGE�MIŐ	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Havalandırma kuyularının (açık mavi dik çizgiler) ve hizmet kuyularının (koyu mavi dik çizgiler) Yeni Zigana Tüneli (kırmızı yatay çizgi) güzergâhındaki konumlarını gösteren topografik kesit (Ölçeksizdir).....	1
Şekil 2.	Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.....	3
Şekil 3.	Tüneller ve 2 nolu hizmet kuyusu arasındaki ilişkiyi gösteren kesit (Ölçeksizdir).....	3
Şekil 4.	2 nolu hizmet kuyusu girişinin havadan fotoğrafı.....	4
Şekil 5.	2 nolu hizmet kuyusunun mevcut karayolu güzergâhındaki konumu.....	5
Şekil 6.	Makinalı yükselen delgi yöntemi ile 2 nolu hizmet kuyusu kazısının (a) yüzeyden ve (b) bağlantı tünelinin içinden görünümü	5
Şekil 7.	Makinalı Yükselen Delgi Yöntemi'nin kesit görünümü (Ferreira, 2005).....	7
Şekil 8.	Tünel güzergâhına ve çevresine ait 1/100000 ölçekli jeoloji haritası (Güven, 1993'ten değiştirilerek)	16
Şekil 9.	Kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklerin özelliklerini tanımlayan parametreleri gösteren blok diyagram (Wyllie ve Mah, 1999)	21
Şekil 10.	Hat etüdü yönteminin arazideki şev aynasında uygulanması.....	21
Şekil 11.	RMR puanını hesaplama aşamalarını gösteren akış şeması (Bieniawski, 1989)	23
Şekil 12.	RMR sisteminin son versiyonundaki tek eksenli basınç dayanımı, süreksizlik aralığı ve RQD parametrelerine ait puanlama grafikleri (Bieniawski, 1989)	24
Şekil 13.	Kaya kütlelerinin Hoek vd. (2013) tarafından önerilen sayısal GSI abağına göre değerlendirilmesi	34
Şekil 14.	2 nolu hizmet kuyusunun Q sistemi destek abağına göre değerlendirilmesi .	38
Şekil 15.	Dairesel kesitli bir açıklık etrafında gelişen plastik zon (Hoek vd., 1995)	40
Şekil 16.	2 nolu hizmet kuyusu kazısı için hazırlanan (a) 2D ve (b) 3D analiz modelleri.....	45
Şekil 17.	2 nolu hizmet kuyusu kazısına ait (a) 2D ve (b) 3D analiz sonuçları	46

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Karot örneklerine ait fiziko-mekanik ve elastik özellikler.....	20
Tablo 2. RMR kaya kütle sınıflama sisteminin son versiyonu (Bieniawski, 1989)	24
Tablo 3. RMR sisteminde süreksizlik eğim ve doğrultusunun etkisi (Bieniawski, 1989)	25
Tablo 4. RMR sisteminde süreksizlik yönelimine göre düzeltme (Bieniawski, 1989)	25
Tablo 5. Patlatma ve başlıca zayıflık düzlemleriyle ilgili düzeltme katsayıları (Kendorski vd., 1983).....	26
Tablo 6. RMR sınıflama sistemine göre kaya sınıfları ve puanları (Bieniawski,1989)	26
Tablo 7. Litolojik birimlerin RMR kaya kütle sınıflama sistemine göre değerlendirilmesi	27
Tablo 8. Kaya kalite göstergesi - % RQD (Deere, 1964)	28
Tablo 9. Süreksizlik takım sayısı - J_n (Barton vd., 1974)	28
Tablo 10. Süreksizlik pürüzlülük sayısı - J_r (Barton vd., 1974).....	29
Tablo 11. Süreksizlik yüzeyi bozunma sayısı - J_a (Barton vd., 1974)	29
Tablo 12. Süreksizlik suyu azaltma faktörü - J_w (Barton vd., 1974).....	30
Tablo 13. Gerilme azaltma faktörü - SRF (Barton ve Grimstad, 1994).....	30
Tablo 14. Q değerlerine göre kaya kütlelerinin sınıflandırılması (Barton vd., 1974)....	31
Tablo 15. Litolojik birimlerin Q kaya kütle sınıflama sistemine göre değerlendirilmesi	32
Tablo 16. Litolojik birimlerin GSI sistemine göre değerlendirilmesi.....	33
Tablo 17. Litolojik birimlere ait kaya kütle parametreleri	37
Tablo 18. Değişik yeraltı kazıları için güncelleştirilmiş ESR değerleri (Barton ve Grimstad, 1994)	38
Tablo 19. Analitik analiz yöntemlerine göre belirlenen plastik zonun yarıçapları	43

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A_B	Patlatma Düzeltmesi
A_S	Gerilme Düzeltmesi
Assoc. Prof. Dr.	Associate Professor Doctor
A_W	Başlıca Zayıflık Düzlemleriyle İlgili Düzeltme
$CaCO_3$	Kalsiyumkarbonat
cm	Santimetre
CO_2	Karbondiyoksit
D	Örselenme Faktörü
D_e	Eş Değer Boyut
Doç. Dr.	Doçent Doktor
ED-50	European Datum 1950
E_i	Elastisite Modülü (GPa)
E_m	Deformasyon Modülü (GPa)
ESR	Kazı Destek Oranı
FEM	Sonlu Elemanlar Yöntemi
G	Jeotermik Gradyan
GSI	Jeolojik Dayanım İndeksi
GSI_r	Artık Jeolojik Dayanım İndeksi
H	Örtü Yüğü Kalınlığı (m)
ISRM	International Society for Rock Mechanics
J_a	Süreksizlik Yüzeyi Bozunma Değeri
$J_{Cond_{89}}$	RMR Sistemi Süreksizlik Koşulu
J_n	Süreksizlik Takımı Sayısı
J_r	Süreksizlik Pürüzlülük Değeri
J_w	Süreksizlik Suyu Azaltma Faktörü
k	Katsayı
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
KM	Kilometre
m	Metre
m_b, s ve a	Hoek-Brown Sabitleri
m_{br}, s_r ve a_r	Artık Hoek-Brown Sabitleri

m_i	Kaya Malzemesi Sabiti
mm	Milimetre
NACS	North American Commission on Stratigraphy
NATM	Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi
p_0	Hidrostatik Arazi Gerilmesi (MPa)
p_{cr}	Kritik Destek Basıncı (MPa)
P_i	Ölçeklendirilmiş İç Destek Basıncı (MPa)
p_i	Uniform İç Destek Basıncı (MPa)
p_i^{cr}	Gerçek Kritik İç Destek Basıncı (MPa)
P_i^{cr}	Kritik Ölçeklendirilmiş İç Destek Basıncı (MPa)
Q	Kaya Kütle Kalitesi
R	Kuyu Yarıçapı (m)
r_0	Kuyu Yarıçapı (m)
RMi	Kaya Kütle İndeksi
RMR	Kaya Kütle Puanlaması
RMR ₈₉	Kaya Kütle Puanlaması 1989 Versiyonu
R_{pl}	Plastik Zonun Yarıçapı (m)
RQD	Kaya Kalite Göstergesi (%)
S_0	Ölçeklendirilmiş Uzak Arazi Gerilmesi (MPa)
SRF	Gerilme Azaltma Faktörü
UTM	Universal Transverse Mercator
σ_1	En Büyük Asal Gerilme (MPa)
σ_3	En Küçük Asal Gerilme (MPa)
σ_{ci}	Kaya Malzemesinin Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)
σ_{cm}	Kaya Kütlelerinin Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)
σ_0	Düşey ve Yatay Gerilmenin Ortalaması (MPa)
σ_θ	En Büyük Teğetsel Gerilme (MPa)
σ_h	Yatay Gerilme (MPa)
σ_v	Düşey Gerilme (MPa)
ν_i	Kaya Malzemesinin Poisson Oranı
ν_m	Kaya Kütlelerinin Poisson Oranı
$\varnothing$	Kuyu Çapı (m)

β	Lineer Isıl Genleşme Katsayısı
ϕ_m	Kaya Kütlesinin İçsel Sürtünme Açısı (°)
γ	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)
°C	Santigrat Derece
°	Derece
2D	İki Boyutlu
3D	Üç Boyutlu



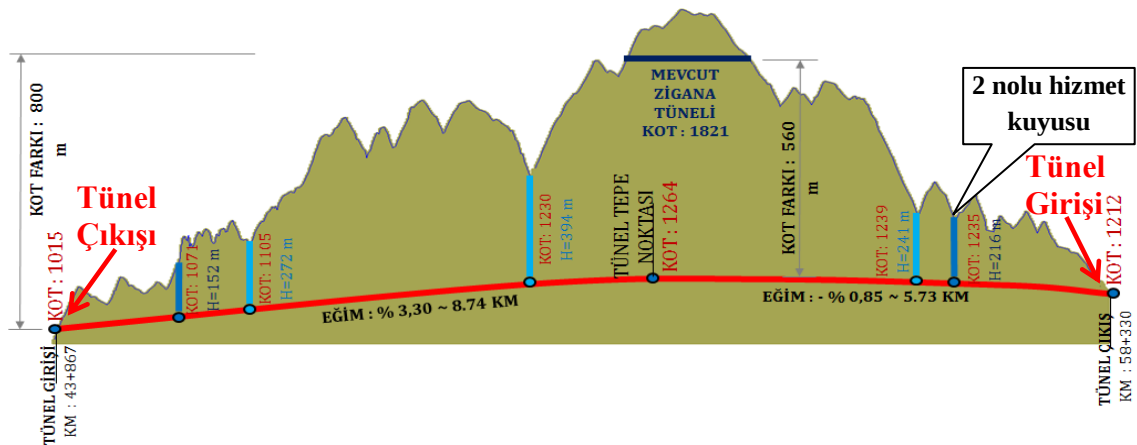
1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Yeni Zigana (Torul-Gümüşhane) Tüneli, Doğu Karadeniz Bölümü'nü Ortadoğu, Kafkaslar ve İran'a bağlayan tarihi İpekyolu'nun geçtiği güzergâhta inşa edilmektedir ve tamamlandığında dünyanın ikinci, Avrupa'nın ise en uzun karayolu tüneli olacaktır.

Eski Zigana Tüneli'nin bulunduğu mevcut karayolu güzergâhındaki yüksek eğimli ve sarp topografik yapı, meteorolojik koşullara bağlı olarak yaşanan olumsuzluklar, yol geometrisinden kaynaklı problemler ve trafik güvenliği gibi nedenler sebebiyle yol güzergâhının yeniden düzenlenmesi ve Yeni Zigana Tüneli'nin (KM: 43+867,000 - 58+330,000) inşa edilmesi kaçınılmaz olmuştur. Yeni Zigana Tüneli'nin ulaşım açılması ile Başarköy (Maçka-Trabzon) vadisinden 1015 m. kotundan girilip 1264 m. kotuna % 3,30 eğimle tırmanılıp % 0,85 eğimle inilerek Köstere (Torul-Gümüşhane) vadisinden 1212 m. kotundan çıkılmak suretiyle Zigana Dağı geçilmiş olunacaktır.

Tamamlandığında 14,465 km. uzunluğu ile ülkemizin en uzun karayolu tüneli olacak olan Yeni Zigana Tüneli'nin uzunluğu dikkate alınarak gidiş-geliş tüplerinde ikişer tane olmak üzere üç lokasyonda ana havalandırma kuyuları ile iki lokasyonda hizmet kuyularının tesis edilmesi planlanmıştır (Şekil 1).



Yeni Zigana Tünel projesinin bulunduğu topografik koşullar göz önüne alındığında uygun kotlarda imal edilebilecek acil kaçış tüneli, yaklaşım tüneli vb. alternatifler bulunmamaktadır. Tünel ile irtibat sadece giriş ve çıkış portallerinden sağlanabilmektedir. Yapım ve işletme aşamasında tünel portallerine yakın bir bölgede gelişebilecek herhangi bir olağanüstü durumda tünel giriş ve çıkışlarından ulaşım imkânının olmaması, havalandırma kuyularının tünele erişim için kullanılamaması ve bu kuyuların olası bir olumsuz senaryoda havalandırma prosedürüne bağlı olarak yüksek hızda temiz ve kirli hava akışı dışında herhangi bir enerji, su vs. temini ve nakil işlemleri için hizmet veremeyecek oluşu dikkate alındığında, tünel giriş ve çıkış portalleri ile ana havalandırma kuyuları arasında birer adet hizmet kuyusunun yapılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Ana havalandırma kuyularından daha küçük çaplı olan hizmet kuyuları sayesinde tünel içerisine ve tünel içerisinden dışarıya erişim imkânı sağlanabilecektir.

1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

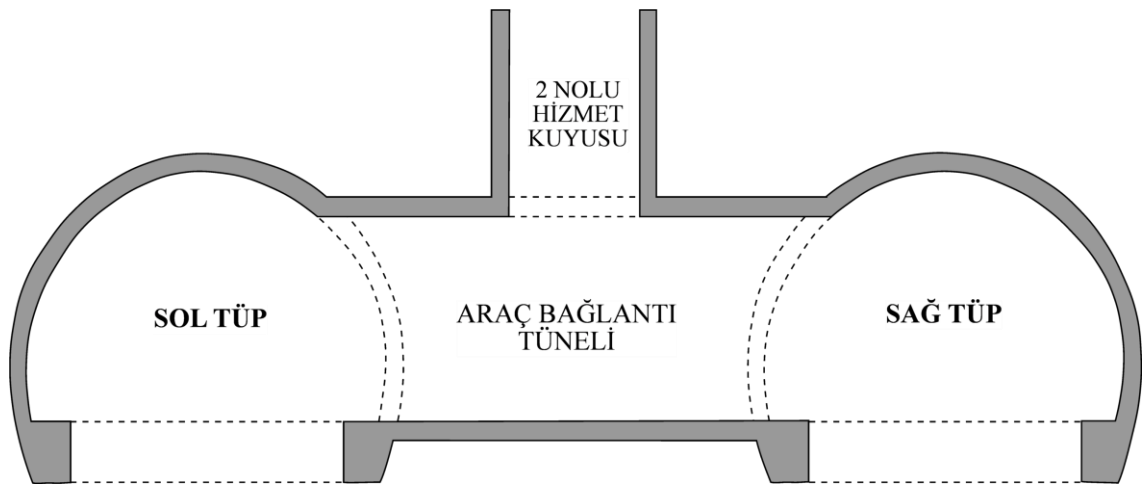
Ulaşım amaçlı olarak uzun süreli hizmet verecek tünel ve kuyu gibi yeraltı açıklıklarının duraylılık performanslarının doğru kestirimi, tasarım başarısının temelini oluşturmaktadır. Kuyu kazılarının emniyeti sağlayacak en uygun destek ve en az maliyetli kazı tasarımına göre projelendirilmesi gerekmektedir. Kuyuların tasarımı değişen jeolojik ve jeoteknik özelliklere bağlı olarak çoğu zaman duraylılık açısından bazı güçlükler getirmektedir. Bu tür ortamlarda açılması planlanan kuyuların duraylılığı, tasarım aşamasında yapılacak ayrıntılı mühendislik jeolojisi çalışmalarıyla incelenmelidir. Yerbilimci mühendisler, tünel ve kuyu kazılarının duraylılığının araştırılmasında ampirik, analitik ve sayısal çözümleme yöntemlerini sıklıkla kullanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, Türkiye’de projelendirilen en uzun çift tüplü tünel olan Yeni Zigana Tüneli’nde (Şekil 2) açılması planlanan ana havalandırma kuyusu ve tünel çıkış portalı arasına konumlanmış 2 nolu hizmet kuyusunun (KM: 46+055,220) kazı sonrasındaki duraylılığı irdelenmiştir. Bu amaçla sondajlı arazi çalışmaları ve laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler yardımıyla kuyunun duraylılığının irdelenmesi için ampirik, analitik ve sayısal analiz yöntemlerinden

yararlanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. 2 nolu hizmet kuyusunun derinliği 220 m olup, kazı çapı ise 2,60 m.'dir. 2 nolu hizmet kuyusu, gidiş-geliş tüpleri arasındaki araç bağlantı tüneline açılmıştır (Şekil 3).



Şekil 2. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası



Şekil 3. Tüneller ve 2 nolu hizmet kuyusu arasındaki ilişkiyi gösteren kesit (Ölçeksizdir)

1.3. Çalışma Alanının Tanıtılması

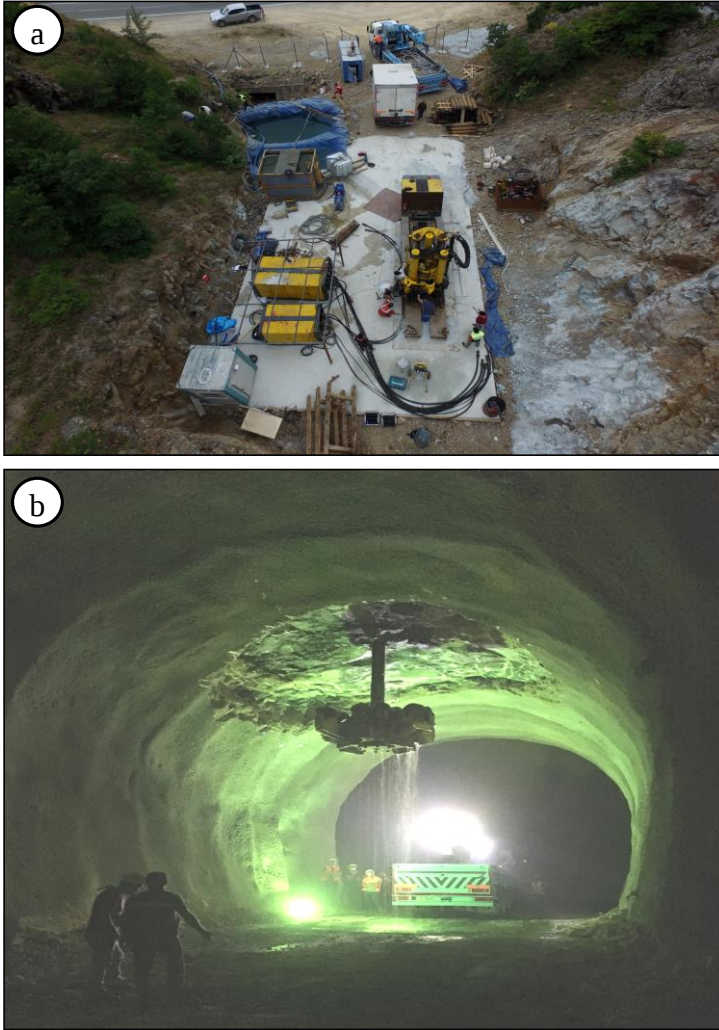
1/25000 ölçekli Trabzon G42-c1 paftası içinde yer alan 2 nolu hizmet kuyusu, Gümüşhane İli, Torul İlçe merkezine yaklaşık 12 km. uzaklıkta ve mevcut Trabzon-Gümüşhane devlet karayolunun hemen kenarında bulunmaktadır. Çalışmanın konusunu oluşturan 2 nolu hizmet kuyusu, Yeni Zigana Tüneli inşaatı bünyesinde tünel giriş tarafından 12463 m. mesafede, çıkış tarafından ise 2004 m. mesafede bulunmaktadır (Şekil 4 ve 5). 2 nolu hizmet kuyusunun kazısı sırasında “Makinalı Yükselen Delgi Yöntemi” kullanılmış ve dairesel kesitli ($\varnothing=2,60$ m.) kuyunun delgisi tamamlanmıştır (Şekil 6).



Şekil 4. 2 nolu hizmet kuyusu girişinin havadan fotoğrafı



Şekil 5. 2 nolu hizmet kuyusunun mevcut karayolu güzergâhındaki konumu

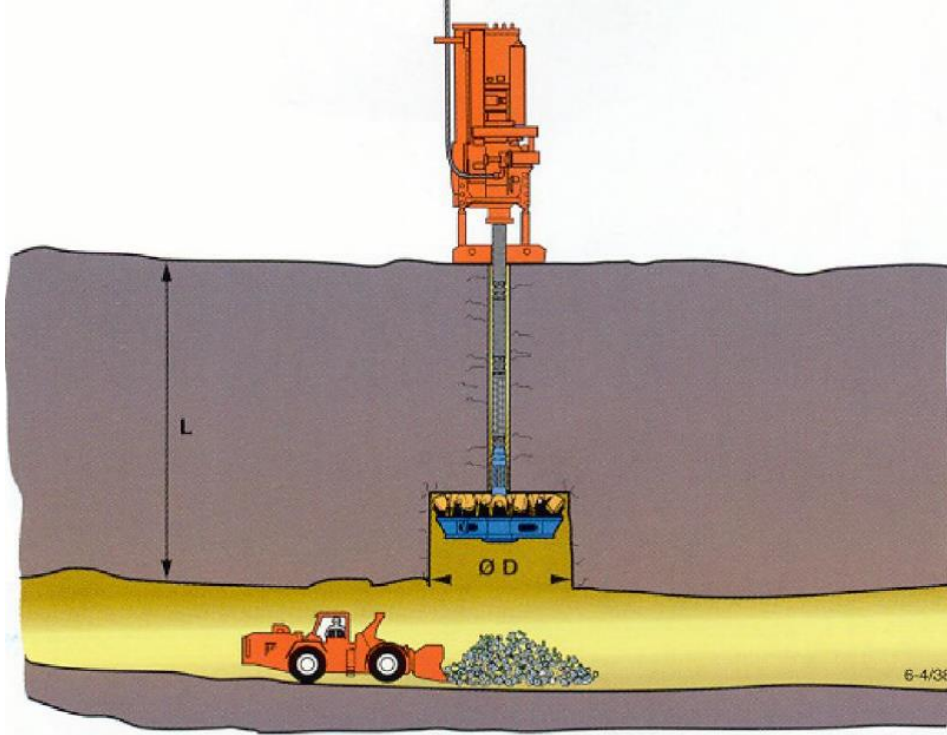


Şekil 6. Makinalı yükselen delgi yöntemi ile 2 nolu hizmet kuyusu kazısının (a) yüzeyden ve (b) bağlantı tünelinin içinden görünümü

1.4. Makinalı Yükselen Delgi Yöntemi

Düşey kuyular, 1950’li yıllara kadar konvansiyonel olarak, delme-patlatma yöntemi ile açılmaktaydı. Bu yöntemde kazı tabanında delgiler yapılarak patlayıcı yerleştirilmekte ve patlatma sonrasında oluşan pasa, kovalar veya diğer mekanik yöntemler ile yukarı taşınmaktaydı. Bu işlem sonrasında açığa çıkan kuyu duvarları hasır çelik, çelik iksa ve kaya bulonları ile desteklenmekteydi. Ancak bu yöntem, oldukça yavaş bir yapım hızına sahip olup, her patlatma öncesinde işçi ve ekipmanların yukarı çıkması anlamına gelmekteydi. Buna rağmen kuyu duvarlarında patlatmaya bağlı olarak yaşanan örselenme nedeniyle zaman zaman blok duraysızlıklarının gelişmesi sonucu duraylılık sorunları ile karşılaşılıyordu. Bu yöntemi hızlandırmak, yapım sürelerini optimize etmek ve yapı-işçi güvenliğini artırmak amacıyla, mekanize yöntemler üzerinde uzun süre çalışılmıştır. Süreç içerisinde yukarıdan aşağıya kuyu delme makineleri uygulamalara dahil edilmiştir. Buna rağmen, yukarıdan aşağıya yapılan mekanize yönteminde kazılan malzemenin açılan boşluğun içerisinde kalması, bu nedenle makinenin tıkanmasına ve kesici kafanın zarar görmesi vb. sorunlar yaşanmaktaydı. Ayrıca, kuyunun düşeyden sapma problemi de yapım sırasında dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur. Bu sorunların aşılabilmesi amacıyla 1960-1970 yılları arasında “Makinalı Yükselen Delgi Yöntemi” geliştirilmiştir (Ferreira, 2005).

Makinalı Yükselen Delgi Yöntemi yaklaşık 20-30 cm. çapında küçük bir delgi tiji kullanarak, gerekli derinliğe kadar ulaşan bir pilot delginin yapılması ile uygulanmaktadır. Bu yöntemde, açılacak olan kuyunun tabanında hali hazır durumda oluşturulmuş bir açıklık (tünel, galeri vb.) bulunması gereklidir. Pilot delgi istenen derinliğe indikten sonra ise, çapı 6 metreye ulaşabilen kazıcı bir kafa, açık durumda bulunan bir tünel veya galeri içerisinde pilot delgi tijine monte edilmektedir. Kazıcı kafa bundan sonra, yüzeye geri çekilerek, dairesel kuyu oluşturmaktadır. Önceden açılan pilot delgi sayesinde, kazılan malzeme yer çekimi ile kuyu tabanına düşerek yer altı açıklığında toplanmakta ve buradan alınarak, dışarı taşınabilmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Makinalı Yükselen Delgi Yöntemi'nin kesit görünümü (Ferreira, 2005)

Bu yöntem ile farklı jeolojik birimler içerisinde güçlü makineler ve kazıcı kafalar yardımıyla hem ekonomik hem de güvenli bir şekilde kuyu imalatı yapılabilmektedir. Patlatma işlemi gerçekleşmediği için örselenme minimuma inmekte, kazıcı kafa yukarıya çıkarken oluşturduğu yoğun kıvamlı çamur ile kuyu cidarını da sıvamaktadır. Ayrıca, makinanın dikkatli bir şekilde yerleştirilmesi durumunda düşeyden sapma miktarı oldukça azalmaktadır.

Öte yandan, Makinalı Yükselen Delgi Yönteminde ilerleme hızları, farklı kaya tipleri ve mukavemet özelliklerine göre değişmekle birlikte, diğer yöntemlere göre çok daha hızlı olarak kabul edilmektedir. Hızlı penetrasyon, uzun ömürlü kesici kafalar ve kazılan malzemenin de yer çekimi ile açılan delikten kolayca düşmesi sayesinde, Makinalı Yükselen Delgi Yöntemi diğer yöntemlere göre çok daha hızlı olup, mekanize bir yöntem olması nedeniyle, çalışma sırasında tüm ilgili personel güvenli bölgelerde kalmakta ve iş güvenliği açısından emniyetli bir çalışma ortamı sunmaktadır.

Bu yöntemin en önemli avantajlarından biri de, konvansiyonel delme-patlatma yönteminde elde edilenin aksine, kazı sonrasında örselenme etkileri asgari seviyelerde

olmakta ve pürüzsüze yakın kuyu duvarları elde edilebilmektedir. Bu şekilde Makinalı Yükselen Delgi yöntemi, hem daha ekonomik hem de daha stabil ve az pürüzlü duvarlara sahip kuyuların açılmasına olanak sağlamaktadır.

Makinalı Yükselen Delgi Yöntemi, tüm dünyada başarılı bir şekilde kullanılmakla birlikte, kazı sırasında, yumuşak ve/veya çok parçalı zeminlerde veya çok bozunmuş kayalarda ve zaman zaman su basıncının da yüksek olduğu çok sık eklemli ya da parçalı kayalarda duvarların çökmesi veya aşırı sökülme vb. problemler yaşanması da olası görülmektedir. Bu tip problemler, konvansiyonel delme-patlatma yönteminde sıkça yaşanmakla birlikte, zayıf zonların niteliği ve dayanımına bağlı olarak, bu yöntemde de yaşanabilmektedir. Ayrıca, kazı sırasında karşılaşılabilecek büyük bloklar kazıcı kafanın sıkışmasına ve ileri seviyede makinenin hasar görerek kuyunun kapanmasına neden olabilmektedir. Bu gibi durumlarla karşılaşılabilmesi için öncelikle temel sondajları ile kuyu alanlarının denetlenmesi, kılavuz delgi sonrası mümkün ise telemetrik yöntemler ile yapılan delgide geçilen seviyelerin değerlendirilerek kuyu açma işlemine (büyük kazıya) başlanması önerilmektedir. Yine bir güvenlik uygulaması olarak gerektiğinde 15-20 seferde alınabilecek bir miktar malzemenin kuyu deliği altında bırakılarak blok düşmesi durumunda koruyucu bir alan oluşturulması da başvurulan yöntemler arasındadır (Ferreira, 2005).

1.5. İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanı ve çevresinin bulunduğu bölge, iklim özellikleri bakımından Karadeniz Bölgesi ile Doğu Anadolu Bölgesi arasında bir geçiş teşkil etmektedir. İnceleme alanında genelde karasal iklim egemen olup yazlar kurak ve yağışsız, kışlar ise soğuk ve serttir. Bu alan iki bölgenin özelliklerinden etkilenen özel bir iklime sahiptir. Gümüşhane İli'nin kuzeydoğusunda bulunan Zigana Dağları, Karadeniz Bölgesi'nin karakteristik nemli havasını, güneybatısında bulunan Kop Dağları ise Doğu Anadolu Bölgesi'nin karakteristik soğuk ve sert rüzgârlarını engellemektedir. Dolayısıyla bölge, iki iklim arasında bir geçiş niteliğe sahip olan mikroklima iklim özelliği göstermektedir. Yağışlar kış aylarında kar, bahar aylarında ise yağmur şeklinde görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 9,6 °C'dir. Yılın en kurak ayı Temmuz ayı olup, en fazla yağış ise Ocak ayında görülmektedir. Çalışma alanı ve çevresi bitki örtüsü

yönünden oldukça fakirdir. Sarp ve engebeli arazi yapısının ve ikliminin de etkisiyle yöredeki ana bitki örtüsünü maki türü çalılıklar oluşturmaktadır.

1.6. Sosyo-Ekonomik Bilgiler

Çalışma alanı ve çevresinde arazinin oldukça engebeli olması nedeniyle tarım faaliyetlerinin yürütüleceği araziler son derece kısıtlıdır. Yer yer ormanlıklara sahip Torul İlçesi'nde ormanların kesilerek geçim kaynağı şeklinde değerlendirildiği görülmektedir. İleri seviyede olmamakla beraber büyük baş hayvancılığı, halkın geçim kaynaklarında önemli yer tutmaktadır. Yöre, endüstri açısından fazla gelişmemiştir. Bölgedeki sanayi faaliyetlerinin ekonomideki payı oldukça düşük düzeydedir. Bölgede yaşayan nüfusun yaklaşık üç katı büyük şehirlere göç etmiştir.

1.7. Jeomorfoloji

Doğu Karadeniz Bölümü'nde başlıca üç ana jeomorfolojik oluşum gözlenmektedir. Bunlar, güneyde su bölüm çizgisi boyunca doğu-batı doğrultusunda uzanan dağlık alanlar, kuzeyde Karadeniz kıyısı boyunca denizel şekillendirme sonucu oluşan Pleistosen-Aktüel kıyı kuşağı ve akarsular tarafından derince yarılmış plato ve tepelik alanlardır.

Birinci jeomorfolojik oluşum sınıfında yer alan 2 nolu hizmet kuyusu, vadiler ve sırtların hâkim olduğu yaklaşık 1060 m. kotunda yer almaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde sarp bir topografya hâkimdir. İnceleme alanı içindeki kuru dere vadileri dar V şekilli vadi özelliğindedir.

1.8. Çalışma Alanı ve Çevresinde Yapılan Önceki Uygulamalı Jeoloji Çalışmaları

Yeni Zigana Tüneli güzergâhının da içinde yer aldığı Maçka-Trabzon ve Torul-Gümüşhane yörelerinde araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen sınırlı sayıdaki uygulamalı jeolojiye yönelik çalışmalardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Koca (1988), Trabzon-Erzurum devlet karayolu güzergâhındaki Eski Zigana Tüneli-Gürgenâğaç arasında yer alan yol şevlerini duraylılık açısından araştırmıştır. Güzergâh boyunca açılacak yol şevlerinin duraylılığını sağlaması için verilecek olan eğim açısının miktarının saptamıştır.

Korkmaz (1988), Trabzon-Gümüşhane arasında açılmış devlet karayolu güzergâhında, Maçka-Gürgenâğaç mahallesi arasında kalan yol şevlerindeki olabilecek kütle hareketlerinin türlerini belirlemiştir. Steorografik izdüşüm yöntemiyle duraylılık analizleri yapılarak, şevlerin güvenlik sayıları bulunmuştur. Yol güzergâhındaki kayaçların mühendislik özelliklerinin saptanması için çalışmalar gerçekleştirmiştir.

Ataoğlu (1993), Trabzon-Gümüşhane devlet karayolu üzerinde Maçka İlçesi'nden itibaren Bağışlı Köyü ve çevresinde yüzeyleyen birimlerin mühendislik jeolojisi özelliklerini belirlemiştir.

Şirin (1995), Kürtün-Torul arasındaki karayolu güzergâhı boyunca mevcut kaya şevlerinin duraylılığını incelenmiştir. Ayrıca, kaya şevini oluşturan kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerini araştırmıştır. Kinematik ve limit denge analizleri yaparak kaya şevlerine ait güvenlik sayısı değerlerini belirlemiştir.

Ersoy (2001), Kalecik Köyü'nde (Torul/Gümüşhane) bulunan karstik yapıları incelenmiş ve kaynakların oluşumu, kökeni ve fiziko-kimyasal özelliklerini belirlenmiştir. Analiz sonuçlarından yararlanarak sulardaki serbest CO₂ miktarı saptanmış ve suların çözündürebildiği CaCO₃ miktarı hesaplanmıştır. Kaynak sularının kimyasal özellikleri açısından içmeye uygun olduğunu belirlemiştir.

Ceryan (2005), Trabzon-Gümüşhane karayolunun Bekçiler Mevkii-Savalı Mahallesi arasında yer alan kazı şevlerinin duraylılığını kaya kütle sınıflandırma sistemleri ve olasılık yöntemlerle değerlendirmiştir. İncelenen kaya şevlerinde yapılan gözlemler ile SMR ve SSPC sistemlerini kullanarak duraylılık tanımlamaları yapmıştır.

Özdoğan (2010), Torul Barajı gölalanı sağ ve sol sahillerindeki yamaçların duraylılığını mühendislik jeolojisi açısından incelemiştir. Yapılan limit denge

analizlerinde basitleştirilmiş Bishop ve basitleştirilmiş Janbu yöntemlerini kullanarak yamaçlara ait güvenlik sayılarını belirlemiştir.

Kanık (2015), Maçka Tüneli güzergâhındaki kayaçların mühendislik özelliklerini ve kazı sırasında kullanılacak optimum destek sistemlerini belirlemiştir. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerini Kaya Kütle Sınıflaması (RMR_{89}), Kaya Kütle İndeksi (RMi), Kaya Kütle Kalitesi (Q), Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) ve Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu (NATM) sistemlerini kullanılarak sınıflandırmıştır. Ön destek sistemlerinin uygulanabilirlikleri, kazıdan sonra tünel etrafında oluşacak plastik zonun kalınlığı ve yer değiştirme miktarlarına etkileri Sonlu Elemanlar Yöntemini (FEM) kullanılarak sayısal olarak analiz etmiştir.

1.9. 2 Nolu Hizmet Kuyusu Alanında Yapılan Önceki Jeoteknik Çalışmalar

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) idaresinde yapım çalışmaları Cengiz İnşaat A.Ş. tarafından yürütülen “Trabzon-Aşkale Yolu, Zigana Tüneli Yapım İşİ” kapsamında Yüksel Proje tarafından arazi ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Eylül 2016 tarihinde Yeni Zigana Tüneli Projesi için Jeolojik-Jeoteknik etütler yapılmıştır

İkinci olarak Temmuz 2017 tarihinde ise Yüksel Proje tarafından Yeni Zigana Tüneli Kesin Projesi için mühendislik jeolojisi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmaların ardından Şubat 2018 tarihinde çalışmanın da konusunu oluşturan 2 nolu hizmet kuyusu için arazi ve laboratuvar çalışmaları yürütülerek Yüksel Proje firması tarafından Yeni Zigana Tüneli 2 Nolu Hizmet Kuyusu Kesin Proje Metodoloji, Jeolojik-Jeoteknik Değerlendirme çalışmaları yürütülmüştür.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, Türkiye'nin projelendirilen en uzun çift tüp tüneli olan Yeni Zigana (Maçka-Torul) tüneline açılan 2 nolu hizmet kuyusunun duraylılığı mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir. Çalışma alanının ve çevresinin jeolojisini tanımlamak amacıyla 1/100000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Hizmet kuyusu güzergâhında bulunan kayaçlar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmıştır. Genel jeoloji çalışmalarıyla elde edilen sonuçlar, inceleme alanı ve çevresinde önceden yapılmış olan araştırmalarla karşılaştırılarak düzenlenmiştir.

Kuyu güzergâhında açılan bir adet temel sondaj kuyusundan ve mostralardan alınan ölçümlerden ve örneklerden yararlanılarak jeoteknik çalışmalar için gerekli her bir litolojik birim için ISRM (2007) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre süreksizliklerin özellikleri tanımlanmıştır. Hat etüdü çalışmaları ve jeoteknik sondaj ile süreksizliklere ait yönelim, ara uzaklık, açıklık, devamlılık, yüzey pürüzlülüğü ve dalgalılığı, bozunma derecesi, dolgu malzemesinin özelliği ve yüzeylerindeki su durumu gibi özellikler tespit edilmiştir. Elde edilen bu veriler yardımıyla her bir litolojik birime ait kaya kalite göstergesi (RQD) değeri belirlenmiştir.

Anadolu Merkez Laboratuvarı'nda her bir litolojik birimden alınan kaya malzemeleri üzerinde çalışmanın amacına uygun fiziko-mekanik ve elastik deneyler yapılmıştır. Bu amaçla birim hacim ağırlık, tek eksenli basınç ve deformasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen veriler yardımıyla 2 nolu hizmet kuyusu güzergâhında yer alan birimler, Kaya kütle puanlaması (RMR), Kaya kütle kalitesi (Q) ve Jeolojik dayanım indeksi (GSI) sınıflama sistemleri kullanılarak sınıflandırılmış ve kaya kütleleri ampirik olarak tanımlanmıştır.

Litolojik birimlere ait deformasyon modülü (E_m), tek eksenli basınç dayanımı (σ_{cm}), Poisson oranı (ν_m), kaya kütle sabitleri (m_b , s , a) ve artık kaya kütle sabitleri (m_{br} , s_r , a_r) ise araştırmacılar tarafından önerilmiş ampirik eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir.

Duraylılığın analitik olarak çözümlenmesinde kaya-destek etkileşimi (rock-support interaction) ve konverjans-sınırlama (convergence-confinement) yöntemleri kullanılmıştır. Desteksiz kuyu duvarlarında gelişen plastik zonun yayılımını belirlemek için sonlu elemanlar (FEM) tabanlı 2D ve 3D sayısal modellerden yararlanılmıştır. Sayısal özmlleme yapılırken 2D analiz yapan sonlu elemanlar tabanlı “RS² v9,0” (Rocscience Inc., 2017) ve 3D analiz yapan “RS³ v1,0” (Rocscience Inc., 2016) bilgisayar programlarından yararlanılmıştır.



3. BULGULAR

3.1. Çalışma Alanının Genel Jeolojisi

2 nolu hizmet kuyusu güzergâhında yer alan birimler litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda yaşlıdan gence doğru Geç Kretase yaşlı Çatak, Kızılkaya ve Çağlayan Formasyonları ile bu birimleri kesen Kaçkar Granitoyidi'ne ait damar kayaçlarının bulunduğu belirlenmiştir. Kuyu güzergâhında yer alan birimlere ait özellikler aşağıda sunulmuştur.

3.1.1. Çatak Formasyonu

İlk defa Güven (1993) tarafından tanımlanan ve neritik kireçtaşları üzerine uyumlu olarak gelen bazik karakterli volkanotortul istif, başlıca bazalt, andezit ve bunların piroklastitleri ile kumtaşı, silttaşı, marn, şeyl ve kırmızı-bordo renkli killi kireçtaşı tabaka ve seviyelerinin ardaalanmasından oluşmaktadır. İçerdiği fosiller nedeniyle Geç Kretase yaşı verilmiştir (Güven, 1993). Birimin tuf ve breşlerden oluşan volkanik seviyeleri koyu gri, yer yer siyah ve ayrıştığı yerlerde ise kahve renklidir. Volkanik kayaçlar genel olarak kırıklı, çatlaklı ve boşluklu olup, yoğun şekilde ayrışmıştır. Gri renkli olan kumtaşı, marn ve şeyller düzenli ince tabakalıdır. İstifin bazı kesimlerinde ise kırmızı-bordo renkli mikritik ve kristalize kireçtaşları yaygındır. Asidik karakterli volkanik kayaçlardan oluşan Kızılkaya Formasyonu ile uyumlu olarak örtülen Çatak Formasyonu, tektonik hareketliliğe bağlı olarak parçalanmış ve aktivite kazanan karbonat platformu üzerine çökelmiştir. 2 nolu hizmet kuyusunun taban seviyesine yakın kotlarda Çatak Formasyonu'na ait birimlerin sadece üst sınırı yer almaktadır.

3.1.2. Kızılkaya Formasyonu

Çatak Formasyonu'nu uyumlu olarak üzerleyen asidik karakterli volkanik kayaçlar ve bunların piroklastitlerinden oluşan Kızılkaya Formasyonu, ilk defa Güven (1993) tarafından tanımlanmıştır. Çoğunlukla riyodasit-dasit ve piroklastitlerinden oluşan formasyon, üst seviyelerinde yer yer düzgün tabakalanma gösteren tuf, aglomera

ve volkanik breş türü oluşukları daha fazla oranda içermektedir. Çatak Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen birim, genellikle ayrıışmış ve prizmatik kolon yapıdırlar. Kızılkaya Formasyonu içinde yaş tayinine yardımcı olacak veriler yoktur. Bu istifin yaşı, stratigrafik konumu dikkate alınarak önceki çalışmalarda Geç Kretase (Türoniyen-Kampaniyen) olarak belirlenmiştir (Güven, 1993). 2 nolu hizmet kuyusunun taban seviyesine yakın kotlarında Kızıl Formasyonu'na ait dasitik karakterli tüfler kesilmiştir.

3.1.3. Çağlayan Formasyonu

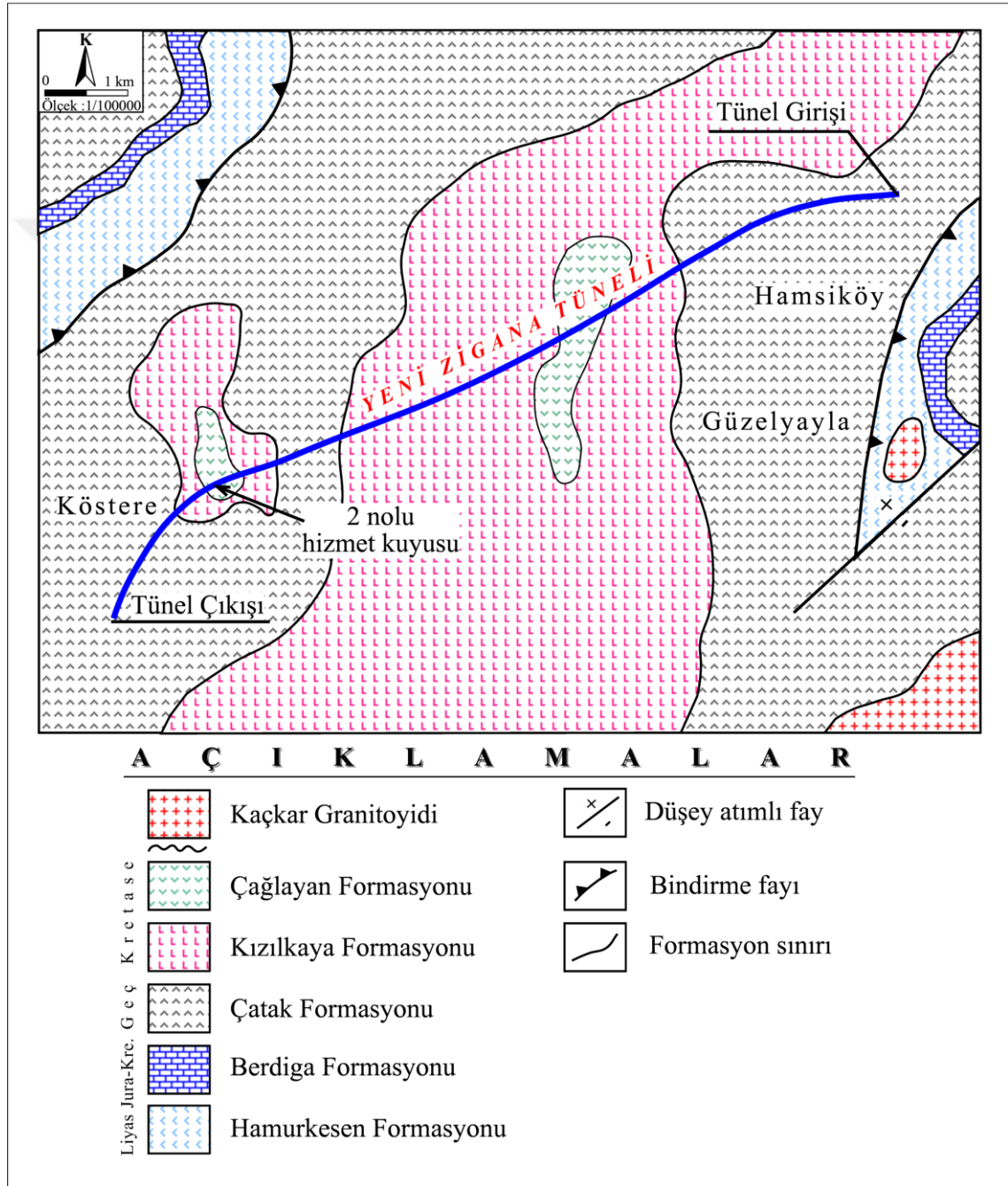
Bu formasyon, volkano-tortul karakterli bir istif olup, ilk defa Güven (1993) tarafından adlandırılmıştır. Çağlayan Formasyonu koyu gri-yeşil renkli andezit-bazalt ve piroklastitlerinden oluşmaktadır. Ara katkılı olarak yer yer kıltaşı, kumtaşı ve tüfit seviyelerine rastlanmaktadır. Doğu Pontidler'in kuzey zonunda Geç Kretase dönemi sonlarına doğru oluşan toleyitik ve kalkalkalen nitelikli volkanitler, derin denizel bir ortamda yayılarak tortullarla birlikte volkano-tortul bir istif meydana getirmişlerdir. Birimin yaşı, yapılan önceki çalışmalarda Geç Kretase (Kampaniyen-Maastrichtiyen) olarak belirlenmiştir (Güven, 1993). Bu birimin üzerine uyumlu olarak Geç Kretase yaşlı Bakırköy Formasyonu'na ait karbonat ve kırıntılı tortul kayaçlar gelmektedir. 2 nolu hizmet kuyusunda bu formasyona ait bazalt ve piroklastik kayaçlar, sığ kotlara kadar kesilmiştir. Formasyonun üst sınırında bulunan kayaçlar kuyu güzergâhında yer almamaktadır.

3.1.4. Kaçkar Granitoyidi

Güven (1993) tarafından Geç Kretase birimlerini kesen ve Eosen yaşlı birimlerce aşınma uyumsuzluğu ile örtülen granitoyidler Kaçkar Granitoidi olarak isimlendirilmiştir. Granitoyidler açık pembe, açık gri yer yer koyu gri renkli olup, genelde granit-granodiyorit, mikro kuvarslı diyorit, mikro granit bileşimlidir. Daneli yapıda kuvars, alkali feldispat, biyotit, yer yer hornblend içeren bu granitoyidlerin eklem düzlemleri iyi gelişmiştir. Genelde Geç Kretase birimlerini kesen ve Eosen yaşlı birimlerce uyumsuzluk ile örtülen bu granitoyidlere Geç Kretase-Paleosen yaşı verilmiştir (Güven, 1993). Bu birime ait kayaçlar damar şeklinde Çağlayan

Formasyonu'na ait kayaçların arasına sokulum yaparak iki ayrı seviyede hizmet kuyusu güzergâhına yerleşmiştir.

Tünel güzergâhı ve çevresine ait 1/100000 ölçekli jeoloji haritası Şekil 8'de sunulmuştur.



Şekil 8. Tünel güzergâhına ve çevresine ait 1/100000 ölçekli jeoloji haritası (Güven, 1993'ten değiştirilerek)

3.2. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

3.2.1. Jeoteknik Araştırma Sondajları

2 nolu hizmet kuyusunun açılacağı güzergâhın jeolojik ve jeoteknik açıdan detaylandırılması, bu kesimde yer alan birimlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, yeraltı suyu seviyesinin tespiti, kazı koşullarının saptanması ve duraylılık problemlerinin irdelenmesi amacı ile çalışma alanında 220,00 m. uzunluğunda bir adet araştırma sondajı yapılmıştır. Ayrıca, laboratuvar deneyleri için örnekleme yapılmış, süreksizliklerin özellikleri ve kaya kalite göstergesi (RQD) belirlenmeye çalışılmıştır.

1458 m. kotunda açılan araştırma sondajının UTM (ED-50) cinsinden 6°'lik koordinatı X: 4502342 ve Y: 529922 olup, yeraltı suyuna yüzeyden 10 m. derinlikte rastlanılmıştır. Sondaj güzergâhı boyunca kesilen litolojik birimlere ait özellikler aşağıda sunulmuştur.

➤ 0,0-51,0 m. arası

Yapılan jeoteknik araştırma sondajının 0,0-4,0 m. arasında kil, silt, çakıl ve blok boyutundaki elemanlardan oluşan açık-koyu kahve renkli yamaç molozu kesilmiştir. Çatak Formasyonu'na ait bazaltlardan oluşan çakılların boyutu 1-3 cm. arasında değişmektedir. İnce daneli malzeme sondaj suyuyla yıkandığından geriye çakıllar kalmıştır. 4,0-51,0 m. arasında ise Kaçkar Granitoyidi'ne ait açık pembe ve açık gri renkli ince-orta daneli granit türü damar şeklinde yerleşmiş derinlik kayaları kesilmiştir. Karot verimi yüksek olan bu zonda belirlenen RQD değeri % 60-100 arasında değişmektedir (EK-1 ve 2).

➤ 51,0-82,0 m. arası

Yapılan jeoteknik araştırma sondajının 51,0-61,0 m. arasında Çağlayan Formasyonu'na ait açık gri-yeşilimsi sıkı çimentolu ve orta derecede bozunmuş andezit çakıllarından oluşan aglomeraların olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcı malzeme miktarı çakıl miktarından düşüktür. Bu zondaki karot verimi oldukça yüksektir

ve RQD değeri % 95-100 arasında değişim göstermektedir. 61,0-82,0 m. arasında ise açık gri-yeşilimsi orta derecede bozunmuş andezitik karekterli ve iri daneli tüfler yer almaktadır. Kloritleşme türü bozunma tipiktir. Andezitik tüflerin dokusu orta-iri daneli arasında değişmektedir. Karot verimi oldukça yüksektir ve RQD değeri % 90-100 arasında değişmektedir (EK-1 ve 2).

➤ **82,0-105,0 m. arası**

Yapılan jeoteknik araştırma sondajının 82,0-105,0 m. arasında üst seviyede kesilen granitlere benzer özellikte olan ve damar şeklinde sokulum yapmış Kaçkar Granitoyidi'ne ait açık pembe ve açık gri renkli ince-orta daneli granit türü derinlik kayaçları kesilmiştir. Karot verimi oldukça yüksek olan bu seviyede belirlenen RQD değeri % 97-100 arasında değişmektedir (EK-1 ve 2).

➤ **105,0-171,0 m. arası**

Yapılan jeoteknik araştırma sondajının 105,0-132,0 m. arasında üst zondaki Çağlayan Formasyonu'na ait andezitik tüflere benzer özellikte açık gri-yeşilimsi orta derecede bozunmuş andezitik tüfler kesilmiştir. Kloritleşme türü bozunma yoğundur. Andezitik tüflerin dokusu orta-iri daneli arasında değişmektedir. Karot verimi oldukça yüksektir ve RQD değeri % 95-100 arasında değişmektedir. 132,0-137,0 m. arasında siyah-koyu gri renkli orta derecede bozunmuş bazaltlar yer almaktadır. Bu zondaki RQD değeri % 83-100 arasındadır. 137,0-141,0 m. arasında siyah-koyu gri renkli orta derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşan aglomeraların olduğu tespit edilmiştir. Aglomeraların bağlayıcı malzeme miktarı çakıl miktarından azdır. Bu seviyedeki karot verimi oldukça yüksektir ve RQD değeri % 95-100 arasında değişim göstermektedir. Bu birimden sonra ise 141,0-171,0 m. arasında üst zonlarda kesilen andezitik tüflerle aynı litolojik özelliklere sahip açık gri-yeşilimsi orta derecede bozunmuş andezitik tüfler kesilmiştir. Bu zondaki RQD değeri % 75-100 arasındadır (EK-1 ve 2).

➤ **171,0-191,0 m. arası**

Yapılan jeoteknik araştırma sondajının 171,0-191,0 m. arasında Kızılkaya Formasyonu'na ait beyazımsı-bej renkli yer yer saçınım halinde pirit mineralleri içeren masif görünümlü orta derecede bozunmuş dasitik tüfler kesilmiştir. Karot verimi oldukça yüksek olan bu sevide belirlenen RQD değeri % 97-100 arasında değişmektedir (EK-1 ve 2).

➤ **191,0-220,0 m. arası**

Yapılan jeoteknik araştırma sondajının 191,0-220,0 m. arasında Çağlayan Formasyonu'ndaki tortul seviyeye ait silttaşı ve kumtaşları kesilmiştir. Silttaşları gri-koyu yeşil renkli olup ince danelidir. Kumtaşları ise açık yeşil-gri renklidir. Kumtaşları ve silttaşları arasındaki tabakalanma düzlemleri belirgin değildir. Karot verimi oldukça yüksek olan bu zondaki RQD değeri % 93-100 arasındadır (EK-1 ve 2).

3.2.2. Jeoteknik Amaçlı Laboratuvar Çalışmaları

Sondajlardan derlenen karot numuneleri üzerinde kuyu güzergâhındaki her bir litolojik birimin fiziko-mekanik ve elastik özelliklerini belirlemek amacıyla çalışmanın amacına uygun kaya mekaniği deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar deneyleri ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemlere göre yapılmıştır. Boyu çapının 2,5-3,0 katı olacak şekilde hazırlanan 15 adet karot örnekleri üzerinde birim hacim ağırlık (γ), tek eksenli basınç dayanımı (σ_{ci}), statik elastisite modülü (E_i) ve statik Poisson oranı (ν_i) değerlerini belirlemeye yönelik deneyler gerçekleştirilmiş ve bu deneylere ait ortalama değerler Tablo 1'de özet olarak verilmiştir.

Tablo 1. Karot örneklerine ait fiziko-mekanik ve elastik özellikler

Litoloji	Derinlik (m)	γ^* (kN/m ³)	σ_{ci}^* (MPa)	E_i^* (GPa)	ν_i^*
Granit	4-51	26,39	105,10	53,12	0,19
Andezitik aglomera	51-61	26,39	166,90	64,29	0,20
Andezitik tüf	61-82	26,49	133,90	57,66	0,12
Granit	82-105	26,09	99,00	77,63	0,17
Andezitik tüf	105-132	26,19	99,30	67,34	0,16
Bazalt	132-137	26,39	82,90	65,92	0,12
Bazaltik aglomera	137-141	26,98	82,80	27,78	0,15
Andezitik tüf	141-171	26,00	178,30	84,62	0,10
Dasitik tüf	171-191	25,90	51,10	27,86	0,20
Silttaşı-kumtaşı	191-220	27,03	108,15	61,47	0,12

*Ortalama değer, σ_{ci} : tek eksenli basınç dayanımı, γ : birim hacim ağırlık, E_i : statik elastisite modülü, ν_i : statik Poisson oranı

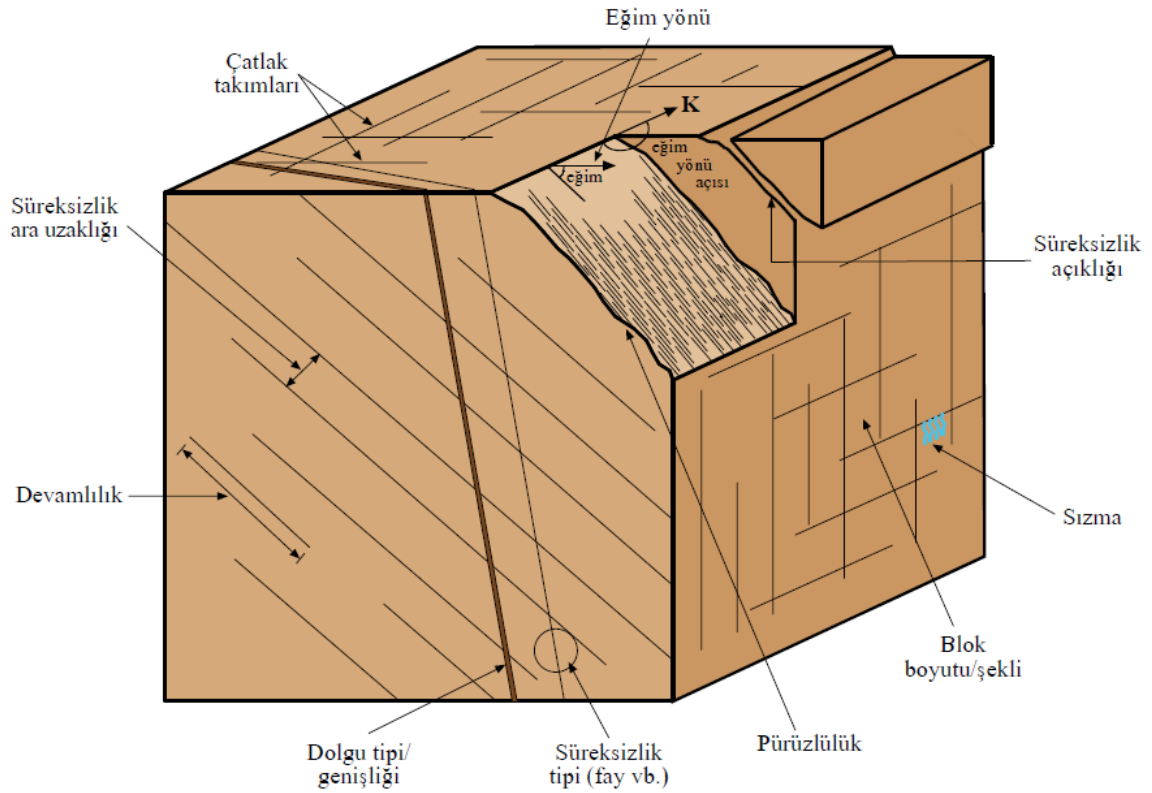
Yapılan fiziko-mekanik ve elastik deneyler sonucunda 2 nolu hizmet kuyusu güzergahındaki kayalarla ait γ değerinin 25,90-27,03 kN/m³, σ_{ci} değerinin 51,10-178,30 MPa, E_i değerinin 27,78-84,62 GPa, ve ν_i değerinin 0,12-0,20 olduğu tespit edilmiştir.

3.2.3. Süreksizliklere Ait Özelliklerin Belirlenmesi

2 nolu hizmet kuyusu güzergâhında yer alan birimlerin içerdiği süreksizliklerin özelliklerini belirlemek için açılan temel sondajından ve mostralarda yapılan hat etüdü çalışmalarından yararlanılmıştır. Hat etüdü yöntemi, geniş bir alanda kaya kütlelerinin incelenmesine ve süreksizliklerden doğrudan ölçüm alınmasına olanak kılan bir yöntemdir. Süreksizliklerin özellikleriyle ilgili veri toplanmasında en doğru sonuçların alındığı hat etüdü yöntemiyle yapılan ölçümler süreksizlik ara uzaklığı ve devamlılığına bağlı olarak mostralarda genellikle tek hat üzerinde yapılmıştır. Süreksizliklere ait yönelim, ara uzaklık, açıklık, devamlılık, yüzey pürüzlülüğü ve dalgalılığı, bozunma derecesi, dolgu malzemesinin özelliği ve yüzeylerindeki su durumu gibi özellikler ISRM (2007) tarafından önerilen ölçütlere göre tanımlanmıştır (Şekil 9). Kaya kalite göstergesinin (RQD) tespitinde ise Deere (1964) tarafından önerilen ve sondaj karotlarının boylarını esas alan yöntemden yararlanılmıştır.

Hat etüdü yöntemi sadece araştırma sondajının yapıldığı lokasyonda yüzeyleme veren Kaçkar Granitoyidi'ne ait damar şeklinde sokulum yapmış granit mostralarında uygulanabilmiştir (Şekil 10). Dolayısıyla, süreksizlik set sayısı, yönelimi, açıklığı,

devamlılığı ve dalgalılığı gibi yüzeyden belirlenebilen özellikler sondajda kesilen Çağlayan, Kızılkaya ve Çatak Formasyonlarına ait volkanik kayalar için de uyarlanmıştır. Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü, bozunma derecesi, dolgu malzemesinin özelliği, ara uzaklığı ve su durumu gibi özellikler ise sondaj verilerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Her bir litolojik birime ait süreksizliklerin özellikleri aşağıdaki kaya kütlelerinin sınıflandırılması bölümünde sunulmuştur.



Şekil 9. Kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklerin özelliklerini tanımlayan parametreleri gösteren blok diyagramı (Wyllie ve Mah, 1999)



Şekil 10. Hat etüdü yönteminin arazideki şev aynasında uygulanması

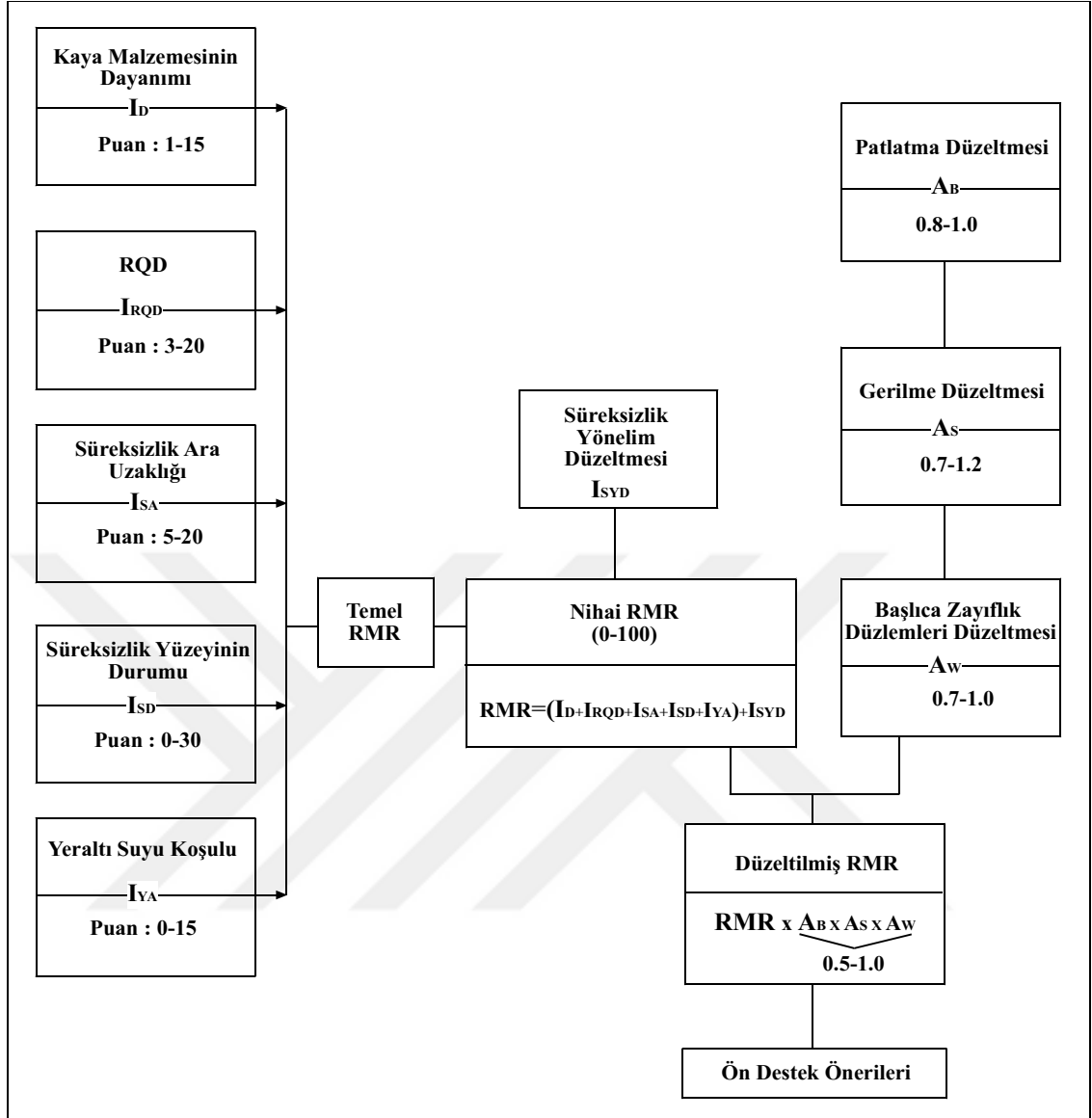
3.2.4. Kaya Kütlelerinin Sınıflandırılması

3.2.4.1. Kaya Kütle Puanlaması (RMR) Sınıflama Sistemi

RMR sınıflama sistemi, Bieniawski (1973) tarafından geliştirilmiş bir kaya kütle sınıflama sistemi olup, son halini 1989 yılında yapılan değişiklikle almıştır (Bieniawski, 1989). RMR sistemine göre kaya kütlelerinin sınıflandırılmasında aşağıdaki parametreler kullanılmaktadır.

- Kaya malzemesinin nokta yük dayanım indeksi veya tek eksenli basınç dayanımı
- Kaya kalitesi göstergesi (RQD)
- Süreksizlik ara uzaklığı
- Süreksizliklerin durumu (Devamlılık, açıklılık, pürüzlülük, dolgu ve bozunma)
- Süreksizliklerin yönelimi
- Yeraltı suyu koşulları

Hat etüdlerinden ve bir dizi laboratuvar deneyinden elde edilen sonuçlara göre parametrelere verilen puanların toplamı kullanılarak kaya kütleleri RMR sistemine göre sınıflandırılmaktadır. Çalışmada, RMR sistemi kullanılarak düzeltilmiş RMR sınıf puanının tayin edilmesinde izlenmiş olan akış şeması Şekil 11’de verilmiştir.

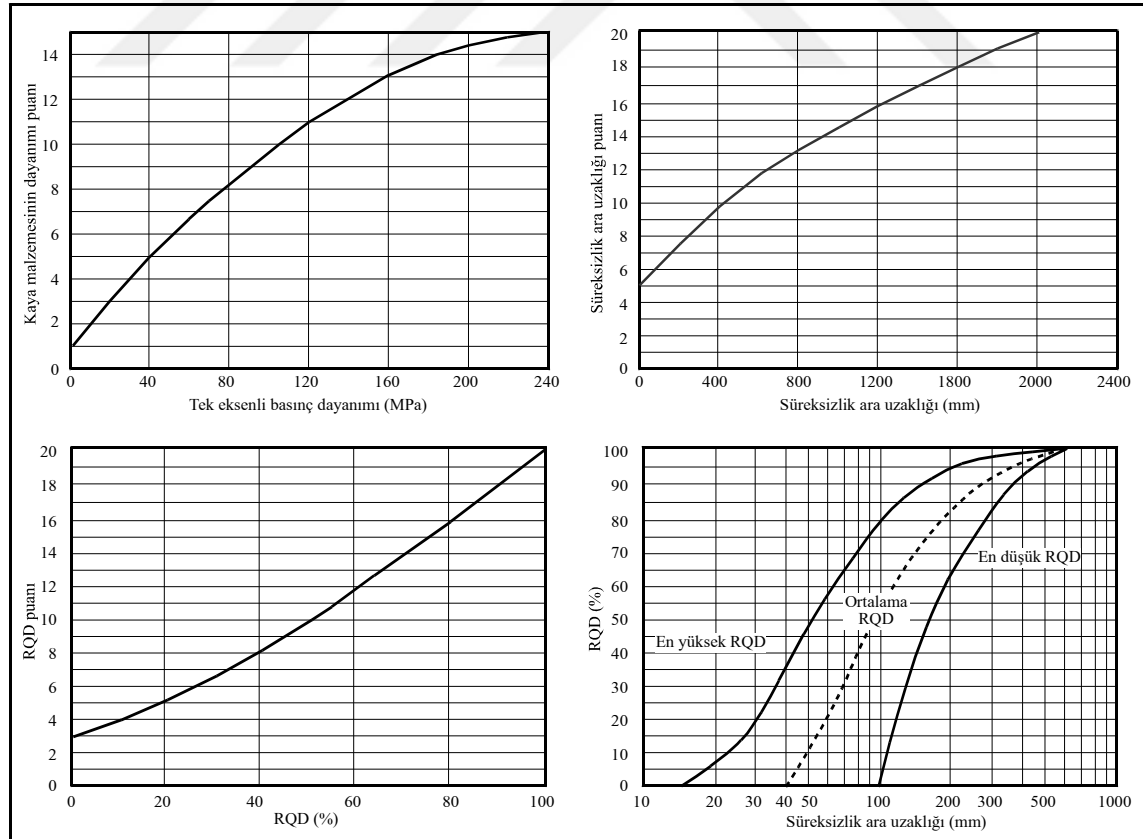


Şekil 11. RMR puanını hesaplama aşamalarını gösteren akış şeması (Bieniawski, 1989)

Tablo 2’de RMR kaya sınıflama sisteminin 1989’daki son versiyonu ve bu sisteme göre verilen puanlar görülmektedir. Tek eksenli basınç dayanımı, RQD ve süreksizlik ara uzaklığı parametrelerine ait puanlar ise Şekil 12’de verilen grafikler yardımıyla belirlenmektedir.

Tablo 2. RMR kaya kütle sınıflama sisteminin son versiyonu (Bieniawski, 1989)

1	Kaya malzemesinin dayanımı (MPa)	Nokta yük dayanım indeksi	> 10	4-10	2-4	1-2	Düşük aralıklar için tek eksenli dayanım
		Tek eksenli basınç dayanımı	> 250	100-250	50-100	25-50	5-25 1-5 <1
2	Kaya kalite göstergesi, RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25
3	Süreksizlik ara uzaklığı (cm)		>200	60-200	20-60	20-6	<6
4	Süreksizlik durumu	Devamlılık (m)	<1	1-3	3-10	10-20	>20
		Puan	6	4	2	1	0
		Açıklık (mm)	Yok	<0,1	0,1-1	1-5	>5
		Puan	6	5	4	1	0
		Pürüzlülük	Çok pürüzlü	Pürüzlü	Az pürüzlü	Düz	Kaygan
		Puan	6	5	3	1	0
		Dolgu	Yok	<5 mm. (sert)	>5 mm. (sert)	<5 mm. (yumuşak)	>5 mm. (yumuşak)
		Puan	6	4	2	2	0
		Bozunma	Bozunmamış	Az bozunmuş	Orta derecede bozunmuş	Bozunmuş	Çok bozunmuş
		Puan	6	5	3	1	0
5	Yeraltı suyu (lt/dk)	10 m'lik Kısımdan gelen su	Yok	10	25	25-125	>125
		Genel koşullar	Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı
		Puan	15	10	7	4	0



Şekil 12. RMR sisteminin son versiyonundaki tek eksenli basınç dayanımı, süreksizlik aralığı ve RQD parametrelerine ait puanlama grafikleri (Bieniawski, 1989)

RMR sınıflama sisteminde süreksizlik takımının yönelimi göz ardı edilmemiş ve Bieniawski (1989) tarafından süreksizlik yönelimi düzeltmesi ortaya atılmıştır. Tablo 3'te süreksizlik yöneliminin etkisi, Tablo 4'te ise süreksizlik yönelimine göre düzeltme katsayısı değerleri verilmiştir.

Tablo 3. RMR sisteminde süreksizlik eğim ve doğrultusunun etkisi (Bieniawski, 1989)

Doğrultu tünel eksenine dik				Doğrultu tünel eksenine paralel		Doğrultuya bakılmaksızın
Eğim yönünde ilerleme		Eğime karşı yönde ilerleme				
Eğim	Eğim	Eğim	Eğim	Eğim	Eğim	Eğim
45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	0°-20°
Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil	Orta	Orta

Tablo 4. RMR sisteminde süreksizlik yönelimine göre düzeltme (Bieniawski, 1989)

Süreksizliklerin doğrultu ve eğimi		Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil
Puan	Tüneller	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

RMR sistemi, tüneller ve madencilik uygulamalarında da yaygın olarak kullanıldığından, yapılacak olan patlatmalarda, yerinde gerilmeler ve fayların durumu gibi faktörler de dikkate alınarak gerektiği durumlarda bu faktörler için düzeltme yapılmalı ve nihai RMR değerinde azaltmaya gidilmelidir (Laubscher, 1977; Kendorski vd., 1983). Bununla birlikte, gerilme alanının yatay ve düşey bileşenlerinin çok pahalı olan yerinde ölçüm deneyleriyle belirlenmesi nedeniyle, gerilme düzeltme katsayısı uygulamada çok fazla dikkate alınmamaktadır. Tablo 5'de patlatma ve başlıca zayıflık düzlemleriyle ilgili uygulama koşulları, yöntemler ve düzeltme katsayıları verilmiştir.

Kaya kütlelerinin sınıfı, yukarıda belirtilen işlemlerin yapılmasıyla elde edilen RMR puanına göre Tablo 6'dan belirlenmektedir.

Tablo 5. Patlatma ve başlıca zayıflık düzlemleriyle ilgili düzeltme katsayıları (Kendorski vd., 1983)

Patlatma düzeltmesi (A_B)			
	Koşullar/Yöntem	Uygulanabilir terim	Düzeltilme katsayısı
1	Makineyle kazı	Hasarsız	1,0
2	Denetimli patlatma	Çok az hasar	0,94-0,97
3	İyi klasik patlatma	Orta derecede hasar	0,90-0,94
4	Kötü klasik patlatma	Şiddetli hasar	0,80-0,90
Başlıca zayıflık düzlemleriyle ilgili düzeltme (A_w)			
	Koşul		Düzeltilme katsayısı
1	Zayıflık düzlemi yok		1,00
2	Sert dayklar		0,90
3	Yumuşak cevher zonları		0,85
4	Ana kaya/cevher dokanak zonları		0,80
5	Kıvrımlar		0,75
6	Fay zonları		0,70

Tablo 6. RMR sınıflama sistemine göre kaya sınıfları ve puanları (Bieniawski, 1989)

Sınıf No	I	II	III	IV	V
Tanımlama	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya
Puan	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0

Bu çalışmada, 2 nolu hizmet kuyusu güzergâhında yer alan her bir litolojik birim RMR sistemi ile sınıflandırılarak kaya kütle kalitesi açısından değerlendirilmiştir. RMR puanı hesaplamalarında güvenli tarafta kalmak amacıyla litolojik birimler için değerlendirilen parametrelerin en düşük değerleri göz önüne alınmış ve kaya kütle tanımlamaları düzeltilmiş RMR puanlarına göre yapılmıştır. Kuyu güzergâhındaki litolojik birimlere ait RMR puanının 38,0-48,7 arasında değiştiği, kaya sınıflarının ise “zayıf kaya” ve “orta kaya” olduğu saptanmıştır. Litolojik birimler için hesap edilen RMR puanları aşağıdaki Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Litolojik birimlerin RMR kaya kütle sınıflama sistemine göre değerlendirilmesi

		Granit (4-51 m.)	Andezitik aglomera (51-61 m.)	Andezitik tüf (61-82 m.)	Granit (82-105 m.)	Andezitik tüf (105-132 m.)	Bazalt (132-137 m.)	Bazaltik aglomera (137-141 m.)	Andezitik tüf (141-171 m.)	Dasitik tüf (171-191 m.)	Silttaş- kumtaşı (191-220 m.)
1	σ_{ci} (MPa)	105,10	166,90	133,90	99,00	99,30	82,90	82,90	178,30	51,10	108,15
	Puan	9,8	13,3	11,8	9,5	9,5	8,5	8,5	13,9	6	8,7
2	RQD (%)	92	99	99	99	95	92	98	97	99	98
	Puan	18	19,9	19,9	19,9	18,2	18	19,8	19,6	19,9	19,8
3	Süreksizlik ara uzaklığı (cm)	~30	~50	~50	~50	~38	~30	~45	~40	~50	~45
	Puan	7,5	11,5	11,5	11,5	9	7,5	11,4	11,2	11,5	11,4
4	Süreksizlik durumu										
	Devamlılık (m)	3-10	3-10	3-10	3-10	3-10	3-10	3-10	3-10	3-10	>20
	Puan	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
	Açıklık (mm)	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5
	Puan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Pürüzlülük	Kaygan	Kaygan	Kaygan	Kaygan	Kaygan	Kaygan	Kaygan	Kaygan	Kaygan	Kaygan
	Puan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dolgu	<5 mm. (yumuşak)	<5 mm. (yumuşak)	<5 mm. (yumuşak)	<5 mm. (yumuşak)	<5 mm. (yumuşak)	<5 mm. (yumuşak)	<5 mm. (yumuşak)	<5 mm. (yumuşak)	<5 mm. (yumuşak)	<5 mm. (yumuşak)
	Puan	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Bozunma	Çok bozunmuş	Çok bozunmuş	Çok bozunmuş	Çok bozunmuş	Çok bozunmuş	Çok bozunmuş	Çok bozunmuş	Çok bozunmuş	Çok bozunmuş	Çok bozunmuş
	Puan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Yeraltı suyu Genel koşullar (lt/dk)	Damlama	Damlama	Damlama	Damlama	Damlama	Damlama	Damlama	Damlama	Damlama	Damlama
	Puan	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Temel RMR	44,3	53,7	52,2	49,9	45,7	43	48,7	53,7	46,4	46,9
	Süreksizlik yönelim düzeltmesi	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
	Nihai RMR	39,3	48,7	47,2	44,9	40,7	38	43,7	48,7	41,4	41,9
	Patlatma düzeltmesi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Gerilme düzeltmesi	İhmal edildi	İhmal edildi	İhmal edildi	İhmal edildi	İhmal edildi	İhmal edildi	İhmal edildi	İhmal edildi	İhmal edildi	İhmal edildi
	Zayıflık düzlemleri düzeltmesi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Düzeltilmiş RMR	39,3	48,7	47,2	44,9	40,7	38,0	43,7	48,7	41,4	41,9
	Tanımlama (Bieniawski, 1989)	Zayıf kaya	Orta kaya	Orta kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Zayıf kaya	Orta kaya	Orta kaya	Orta kaya	Orta kaya

3.2.4.2. Kaya Kütle Kalitesi (Q) Sınıflama Sistemi

Q sistemi, Barton vd. (1974) tarafından geliştirilmiştir. Sistem uzun yıllar kullanıldıktan sonra destek seçimlerine yönelik bölümünü Grimstad ve Barton (1993) tarafından, SRF (Gerilme Azaltma Faktörü) ve ESR (Kazı Destek Oranı) parametreleri ise Barton ve Grimstad (1994) tarafından yeniden düzenlenmiştir. Q değeri Barton vd. (1974) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlikle belirlenmektedir. Q sınıflama sistemindeki girdi parametrelerinin belirlenmesi için önerilen kategoriler Tablo 8-13'te verilmiştir.

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \left(\frac{J_w}{SRF} \right) \quad (1)$$

Burada; RQD: kaya kalite göstergesi (%), J_n : süreksizlik takımı sayısı, J_r : süreksizlik pürüzlülük değeri, J_a : süreksizlik yüzeyi bozunma değeri, J_w : süreksizlik suyu azaltma faktörü ve SRF: gerilme azaltma faktörüdür. Formülde verilen; RQD/J_n : Kaya kütlelerinin yapısını ve blok boyutunun ölçüsünü, J_r/J_a : Bloklar arasındaki kayma dayanımını, J_w/SRF : Aktif gerilmeyi vermektedir.

Tablo 8. Kaya kalite göstergesi - % RQD (Deere, 1964)

	RQD	Kaya Kalite Göstergesi Tanımı
1	0-25	Çok zayıf
2	25-50	Zayıf
3	50-75	Orta
4	75-90	İyi
5	90-100	Çok iyi (Mükemmel)

Not: $RQD < 10$ (0 dahil) ise, Q 'nun hesaplanmasında RQD için 10 gibi nominal bir değer kullanılır. RQD için 100,95,90,...vb. gibi 5'lik aralıklar yeterlidir.

Tablo 9. Süreksizlik takım sayısı - J_n (Barton vd., 1974)

Süreksizlik Takım Sayısı	J_n
A Masif, eklem çok az veya hiç yok	0,5-1,0
B Bir süreksizlik takımı	2
C Bir süreksizlik takımı ve gelişigüzel eklemeler	3
D İki süreksizlik takımı	4
E İki süreksizlik takımı ve gelişigüzel eklemeler	6
F Üç süreksizlik takımı	9
G Üç süreksizlik takımı ve gelişigüzel süreksizlikler	12
H Dört veya daha fazla süreksizlik takımı, gelişigüzel, çok fazla sayıda, küp şeker görünümünde	15
I Parçalanmış kaya, toprak görünümünde	20

Not: *Arakesitler (kesişen tüneller) için ($3.0 \times J_n$), Portallar (girişler) için ($2.0 \times J_n$) kullanılır.

Tablo 10. Süreksizlik pürüzlülük sayısı - J_r (Barton vd., 1974)

Süreksizlik Pürüzlülük Sayısı	J_r
Süreksizlik yüzeyi temasta veya 10 cm'den az makaslama hareketiyle temasta	
<i>Not: Bu sıralamada tanımlamalar, küçük ve ara ölçekli özellikler göstermektedir</i>	
A Süreksiz	4
B Pürüzlü veya düzensiz, dalgalı	3
C Düz, dalgalı	2
D Sürtünme izli, dalgalı	1.5
E Pürüzlü veya düzensiz, düzlemsel	1.5
F Düz, düzlemsel	1.0
G Sürtünme izli düzlemsel	0.5
<i>Not: *İlgili süreksizlik takımının ortalama aralığı 2m'den daha büyük ise, J_r'ye 1.0 ilave edilebilir.</i>	
<i>*En az dirence göre yönelmesi koşuluyla, çizgiselliklere sahip düz sürtünme yüzeyli süreksizlikler için $J_r = 0.5$ alınabilir.</i>	
Makaslama hareketiyle süreksizlik yüzeylerinin teması sağlanmadığında	
H Süreksizlik yüzeylerinin birbirine temasını önleyecek yeterli kalınlıkta kil minerali içeren zon	1,0
I Süreksizlik yüzeylerinin birbirine temasını önleyecek yeterli kalınlıktaki kumlu, çakıllı ya da parçalanmış zon	1,0

Tablo 11. Süreksizlik yüzeyi bozunma sayısı - J_a (Barton vd., 1974)

Süreksizlik Yüzeyi Bozunma Sayısı	J_a	ϕ°
a) Süreksizlik yüzeyleri temasta (Mineral dolgu yada kil kaplaması yok)		
A Sıkıca bağlanmış sert, yumuşamayan, geçirimsiz dolgu (örneğin kuvars veya epidot)	0,75	-
B Bozunmamış süreksizlik yüzeyleri, yalnızca yüzeysel kirlenme	1,0	25-35
C Az bozunmuş süreksizlik yüzeyleri, yumuşamayan mineral kaplamaları, kum taneleri, kum içermeyen kaya parçaları vd.	2,0	25-30
D Siltli veya kumlu-kil sıvamaları, küçük kil fraksiyonu (yumuşak değil)	3,0	20-25
E Yumuşamayan veya düşük sürtünmeli kil mineral sıvamaları, örneğin kaolen veya mika. Ayrıca klorit, talk, jips, grafit vs. ve az miktarda şişen killer	4,0	8-16
b) 10 cm'den az bir kayma hareketiyle süreksizlik yüzeylerinin teması sağlanabildiğinde (İnce mineral dolgu)		
F Kum taneleri, kil içermeyen parçalanmış kaya vd.	4,0	25-30
G Aşırı konsolide olmuş, yumuşamayan kil mineral dolguları (sürekli ancak kalınlığı 5 mm'den az)	6,0	16-24
H Orta veya düşük derecede konsolide olmuş yumuşamayan kil minerali dolguları (sürekli ancak kalınlığı 5 mm'den az)	8,0	12-16
I Şişen kil dolguları, örneğin; montmorillonit (sürekli ancak kalınlığı 5 mm'den az) J_a değeri şişen kil boyutundaki tanelerin yüzdesine ve suyun etkisine bağlıdır	8-12	6-12
c) Süreksizlik yüzeylerinde kayma durumunda temas yok (İnce mineral dolgu)		
J Parçalanmış kaya veya kil zonları veya bantları (kilin tanımlanması için G, H ve J maddelerine bakınız)	6-8 veya 8-12	6-24
K Siltli veya kumlu kil zonları veya bantları, düşük kil fraksiyonu (yumuşamayan)	5.0	-
L Kalın, sürekli kil zonları veya bantları (kilin tanımlanması için G, H ve J maddelerine bakınız)	10-13 veya 13-20	6-24

Tablo 12. Süreksizlik suyu azaltma faktörü - J_w (Barton vd., 1974)

Süreksizlik Suyu Azaltma Faktörü	J_w	Yaklaşık su basıncı (kgf/cm ²)
A Kuru kazılar ya da küçük sızma, örneğin yerel olarak < 5 lt/dk	1,0	<1
B Orta derecede su gelişi veya basınç, yer yer süreksizliklerdeki dolguların yıkanması	0,66	1-2,5
C Dolgusuz, süreksizlik içeren, dayanımlı kayada büyük miktarda su gelişi veya yüksek basınç	0,5	2,5-10
D Büyük miktarda su gelişi veya yüksek basınç, süreksizlik dolgularının aşırı derecede yıkanması	0,33	2,5-10
E Patlatmada son derece aşırı su gelişi veya su basıncı, zamanla azalan	0,2-0,1	10
F Zamanla azalmaksızın devam eden son derecede aşırı su gelişi veya basıncı	0,1-0,05	>10

Not: *C ve F faktörleri kaba tahminlerdir. Drenaj ölçümleri yapılırsa J_w arttırılır.

*Buz oluşumundan kaynaklanan özel problemler dikkate alınmamıştır.

Tablo 13. Gerilme azaltma faktörü - SRF (Barton ve Grimstad, 1994)

Gerilme Azaltma Faktörü		SRF		
a) Kazıyı kesen zayıf zonlar, tünel kazılırken kaya kütlelerinin gevşemesine neden olabilirler				
A	Kil veya kimyasal olarak ayrılmış kaya içeren zayıf zonlar, çok gevşek çevre kayacı (herhangi bir derinlikte)		10	
B	Kil veya kimyasal olarak ayrılmış kaya içeren tek bir zayıf zon (kazı derinliği < 50 m)		5	
C	Kil veya kimyasal olarak ayrılmış kaya içeren tek bir zayıf zon (kazı derinliği > 50 m)		2,5	
D	Kil içermeyen dayanımlı kayada birden fazla makaslama zonu, gevşek çevre kayacı (herhangi bir derinlikte)		7,5	
E	Kil içermeyen dayanımlı kayada birden fazla makaslama zonu, (kazı derinliği < 50m)		5,0	
F	Kil içermeyen dayanımlı kayada tek bir makaslama zonu, (kazı derinliği > 50 m)		2,5	
G	Gevşek ve açık süreksizlikler, fazla süreksizlik içeren “küp şekeri” görünümlü (herhangi bir derinlikte)		5,0	
Not: *Kayma zonları yalnızca kazıyı etkiliyor, ancak kesmiyorsa, SRF için yukarıda verilen değerler %25-50 dolaylarında azaltılmaktadır				
b) Dayanımlı kaya, kaya gerilmesi sorunları		σ_c/σ_1	$\sigma_\theta/\sigma_{ci}$	SRF
H	Düşük gerilme, yüzeye yakın	>200	<0,01	25
I	Orta derecede gerilme	200-10	0,01-0,3	1
J	Yüksek gerilme, çok sıkı yapı (genellikle duraylı, yan duvar duraylılığı açısından uygun olmayabilir)	10-5	0,3-0,4	0,5-2
K	Masif kayada 1 saatlik bir süreden sonra orta derecede dilimlenme	5-3	0,5-0,65	5-50
L	Masif kayada 1 birkaç dakikadan sonra dilimlenme ve kaya patlaması	3-2	0,65-1	50-200
M	Masif kayada aşırı kaya patlaması ve ani dinamik deformasyon	<2	>1	200-400
Not: *Oldukça anizotrop bakir bir gerilme alanı için (ölçülebilirse): $5 \leq \sigma_1/\sigma_3 \leq 10$ olduğunda, σ_c $0.75\sigma_{ci}$ ’ye, $\sigma_1/\sigma_3 > 10$ ise ve $0.5\sigma_c$ ’ye düşürülür. Burada: σ_{ci} tek eksenli basınç dayanımı, σ_θ en büyük teğetsel gerilme (elastik kuramdan tahmin edilen) ve σ_1 ile σ_3 de en büyük ve en küçük asal gerilmelerdir.				
*Tavan yüksekliğinin genişliğinden az olduğu durumlarla ilgili birkaç vaka kaydı mevcuttur. Bu tip durumlarda SRF’nin 2,5’den 5’e çıkarılması önerilir.				
*Sıkışan kaya vakaları $H > Q^{1/3}$ derinlik koşulunda meydana gelebilir (Singh vd., 1993). Kaya kütlelerinin basınç dayanımı $\sigma_{cm} = 0.7\gamma Q^{1/3}$ (MPa) eşitliğinden tahmin edilebilir. Burada: γ kayanın birim hacim ağırlığıdır (kN/m ³)				
c) Yüksek kaya basıncının etkisi altında dayanımsız kayada plastik akma				
N	Az sıkıştıran kaya basıncı		1-5	5-10
O	Aşırı sıkıştıran kaya basıncı		>5	10-20
d) Suyun varlığına bağlı olarak kimyasal şişme aktivitesi				
P	Düşük kaya basıncı		5-10	
R	Çok yüksek kaya basıncı		10-15	

Yukarıda verilen ölçütlere göre Q değerleri bilinen kaya kütlelerinin kalitesi Tablo 14'e göre tanımlanmaktadır.

Tablo 14. Q değerlerine göre kaya kütlelerinin sınıflandırılması (Barton vd., 1974)

Q değeri	Kaya sınıfı
0,001-0,01	Son derecede zayıf
0,01-0,1	Çok fazla zayıf
0,1-1	Çok zayıf
1-4	Zayıf
4-10	Orta
10-40	Sağlam
40-100	Çok sağlam
100-400	Çok fazla sağlam
400-1000	Son derece sağlam

Bu çalışmada, 2 nolu hizmet kuyusu güzergâhında yer alan her bir litolojik birim Q sistemi ile sınıflandırılarak kaya kütle kaliteleri açısından değerlendirilmiştir. Kuyu güzergâhındaki litolojik birimlere ait Q değerinin 0,19-0,21 arasında değiştiği, kaya sınıfının “çok zayıf” olduğu saptanmıştır. Litolojik birimler için hesap edilen Q değerleri Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Litolojik birimlerin Q kaya kütle sınıflama sistemine göre değerlendirilmesi

	Granit	Andezitik	Andezitik	Granit	Andezitik	Bazalt	Bazaltik	Andezitik	Dasitik	Silttaş-
	(4-51 m.)	aglomera	tüf	(82-105 m.)	tüf	(132-137 m.)	aglomera	tüf	tüf	kumtaşı
	(51-61 m.)	(61-82 m.)	(105-132 m.)	(137-141 m.)	(141-171 m.)	(171-191 m.)	(191-220 m.)			
RQD (%)	92	99	99	99	95	92	98	97	99	98
J _n	Üç eklem takımı ve gelişigüzel eklemler									
J _r	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
J _r	Düz, düzlemsel									
J _a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
J _a	Şişen kil dolguları (sürekli ancak kalınlığı 5 mm.'den az)									
J _w	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
J _w	Dolgusuz, süreksizlik içeren, dayanımlı kayada büyük miktarda su gelişi veya yüksek basınç									
SRF	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
SRF	Kil içermeyen dayanımlı kayada tek bir makaslama zonu (kazı derinliği >50 m.)									
Q	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Q	0,19	0,21	0,21	0,21	0,20	0,19	0,20	0,20	0,21	0,20
Tanımlama (Barton vd., 1974)	Çok zayıf	Çok zayıf	Çok zayıf	Çok zayıf	Çok zayıf	Çok zayıf	Çok zayıf	Çok zayıf	Çok zayıf	Çok zayıf

3.2.4.3. Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) Sınıflama Sistemi

İlk kez Hoek vd. (1995) tarafından önerilen Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI), arazi gözlemlerinden yararlanarak farklı jeolojik ve jeoteknik koşullara bağlı olarak kaya kütlesi dayanımının hesaplanması esasına dayanır. Kaya kütlesi karakterizasyonu, kaya yapısı, yani bloklu olması veya süreksizliklerin yüzey koşulları (pürüzlülük, bozunma ve dolgu vb.) gibi görsel izlenimlere bağlıdır. GSI yardımıyla kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özellikleri ve kütle sabitleri ampirik olarak belirlenebilmektedir. Kaya kütlelerine ait GSI değerini belirlemek için Hoek vd. (2013) tarafından önerilen aşağıdaki formül, kaya yapısı sınıfını belirlemek için ise Şekil 13'te verilen sayısal GSI abacı kullanılmıştır.

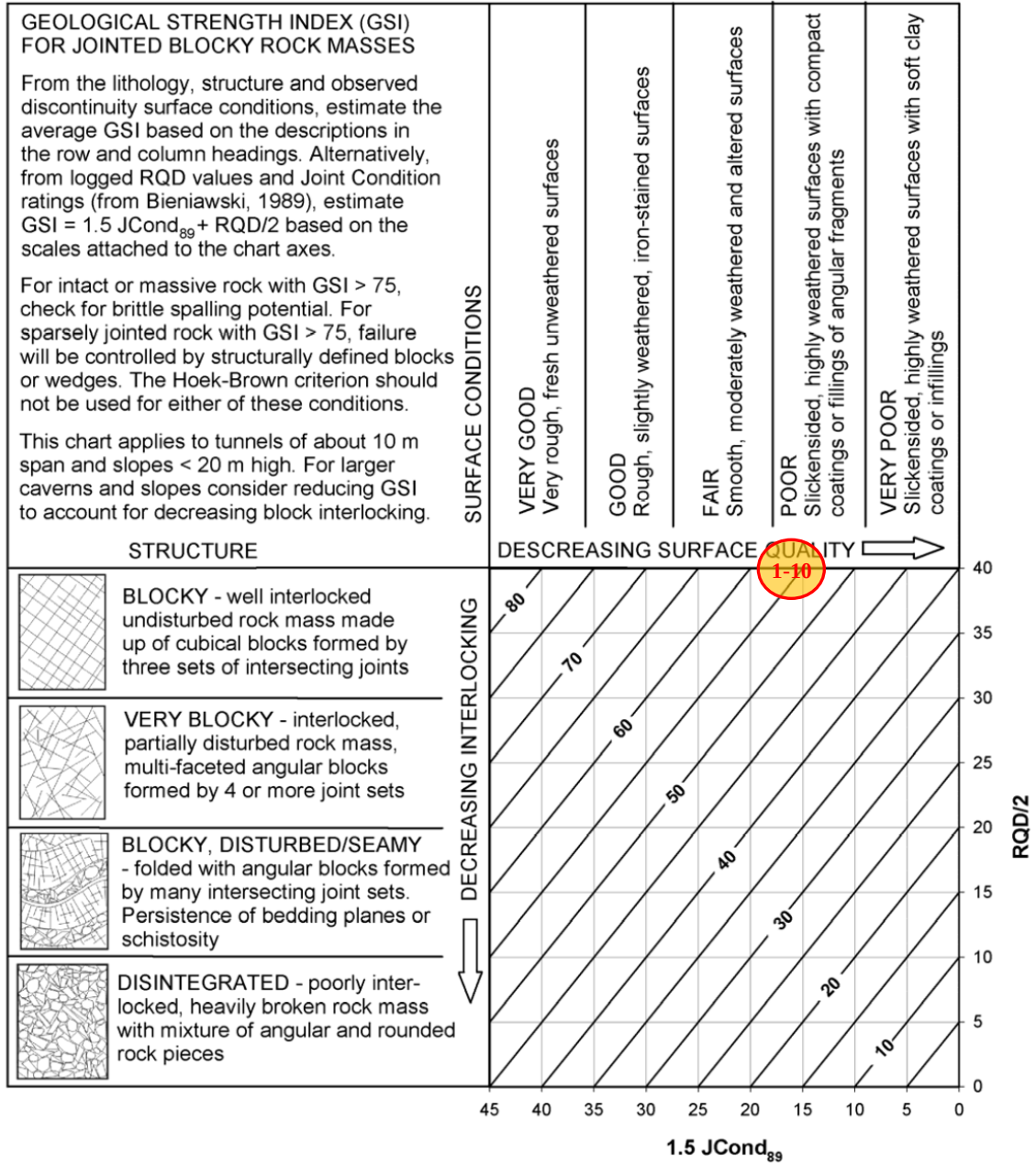
$$GSI = 1,5JCond_{89} + \frac{RQD}{2} \quad (2)$$

Burada; RQD: kaya kalite göstergesi (%) ve JCond₈₉: RMR sisteminin 1989 versiyonundaki toplam süreksizlik durumu puanıdır.

Buna göre Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) değerinin 53-57 arasında değiştiği ve kaya kütlelerinin “bloklu” kaya sınıfında olduğu belirlenmiştir (Tablo 16).

Tablo 16. Litolojik birimlerin GSI sistemine göre değerlendirilmesi

No	Litoloji	Derinlik (m.)	RQD (%)	JCond ₈₉	GSI	Tanımlama
1	Granit	4-51	92	5	54	Bloklu
2	Andezitik aglomera	51-61	99	5	57	Bloklu
3	Andezitik tüf	61-82	99	5	57	Bloklu
4	Granit	82-105	99	5	57	Bloklu
5	Andezitik tüf	105-132	95	5	55	Bloklu
6	Bazalt	132-137	92	5	53	Bloklu
7	Bazaltik aglomera	137-141	98	5	56	Bloklu
8	Andezitik tüf	141-171	92	5	56	Bloklu
9	Dasitik tüf	171-191	99	5	57	Bloklu
10	Silttaşı-kumtaşı	191-220	98	5	54	Bloklu



Şekil 13. Kaya kütlelerinin Hoek vd. (2013) tarafından önerilen sayısal GSI abağına göre değerlendirilmesi

3.2.5. Kaya Kütle Özelliklerinin Belirlenmesi

2 nolu hizmet kuyusu güzergâhındaki kaya kütlelerinin dayanım özellikleri Hoek-Brown (Hoek vd., 2002) yenilme kriteri ile belirlenmiştir. m_b , s ve a kaya kütle sabitlerinin belirlenmesi için Hoek vd. (2002) tarafından önerilen aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır;

$$m_b = m_i \exp \left[\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right] \quad (3)$$

$$s = \exp \left[\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right] \quad (4)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left[e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right] \quad (5)$$

Burada; m_i : kırıklızsız kaya için malzeme sabiti değeri, D : kaya kütlelerinin patlatma hasarı ve gerilme rahatlaması sonucunda maruz kaldığı örselenme derecesine bağlı bir faktör olup, örselenmemiş kaya kütleleri için 0'dan başlayarak, çok örselenmiş kayalarda 1'e kadar çıkabilir.

Kaya kütlelerine ait tek eksenli basınç dayımı (σ_{cm}) Hoek vd. (2002), deformasyon modülü (E_m) ise Hoek ve Diederichs (2006) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\sigma_{cm} = \sigma_{ci} \cdot S^a \text{ (MPa)} \quad (6)$$

$$E_m = E_i \left(\frac{1 - (D/2)}{1 + e^{(60 + 15D - GSI)/11}} \right) \text{ (GPa)} \quad (7)$$

Kaya kütlesine ait Poisson oranı (ν_m) hesaplanırken Aydan vd. (1993) tarafından önerilen aşağıdaki ampirik eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\nu_m = 0,25 \left(1 + e^{-\sigma_{cm}/4} \right) \quad (8)$$

Kaya kütlesinin yenilme sonrası göstereceği davranışın nasıl olacağını kestirmek için Cai vd. (2007) tarafından önerilen yöntemden yararlanılmıştır. Yenilme sonrası duruma ait GSI_r değerinin belirlenmesi için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$GSI_r = GSI^{e^{-0,0134GSI}} \quad (9)$$

GSI_r 'nin bir forksiyonu olarak değişen artık m_{br} , s_r ve a_r kütle sabitleri, Cai vd. (2007) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir.

$$m_{br} = m_i e^{\left(\frac{GSI_r - 100}{28} \right)} \quad (10)$$

$$s_r = e^{\left(\frac{GSI_r - 100}{9} \right)} \quad (11)$$

$$a_r = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI_r/15} - e^{-20/3} \right) \quad (12)$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda m_b : 2,61-6,91, s : 0,0055-0,0085, a : 0,503-0,505, m_{br} : 0,94-2,32, s_r : 0,00027-0,00029, a_r : 0,528-0,529 arasında değiştiği, tek eksenli basınç dayanımının (σ_{cm}) 6,03-15,16 MPa, deformasyon modülünün (E_m) 12,10-36,33 GPa, Poisson oranının (ν_m) 0,26-0,33 arasında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 17'de özet olarak sunulmuştur.

Tablo 17. Litolojik birimlere ait kaya kütle parametreleri

Litoloji	Derinlik (m.)	GSI	m _b	s	a	m _i	D	GSI _r	m _{br}	s _r	a _r	σ _{cm} (MPa)	E _m (GPa)	v _m
Granit	4-51	54	6,12	0,0058	0,504	32	0	26	2,29	0,00027	0,529	7,84	20,20	0,29
Andezitik aglomera	51-61	57	4,09	0,0084	0,504	19	0	27	1,38	0,00029	0,528	15,05	29,07	0,26
Andezitik tüf	61-82	57	2,81	0,0085	0,503	13	0	27	0,94	0,00029	0,528	12,18	26,26	0,26
Granit	82-105	57	6,91	0,0085	0,503	32	0	27	2,32	0,00029	0,528	8,97	35,25	0,28
Andezitik tüf	105-132	55	2,61	0,0068	0,504	13	0	26	0,94	0,00028	0,529	8,01	27,55	0,28
Bazalt	132-137	53	4,71	0,0055	0,505	25	0	26	1,78	0,00027	0,529	6,03	24,47	0,31
Bazaltik aglomera	137-141	56	3,98	0,0077	0,504	19	0	26	1,38	0,00028	0,528	7,16	12,10	0,29
Andezitik tüf	141-171	56	2,70	0,0075	0,504	13	0	26	0,94	0,00028	0,528	15,16	36,33	0,26
Dasitik tüf	171-191	57	2,82	0,0086	0,503	13	0	27	0,94	0,00029	0,528	4,65	12,70	0,33
Silttaşı- kumtaşı	191-220	54	3,23	0,0057	0,504	17	0	26	1,22	0,00027	0,529	7,98	23,14	0,28

σ_{cm}: tek eksenli basınç dayanımı, E_m: deformasyon modülü, v_m: Poisson oranı

3.2.6. Kuyu Duraylılığının Analizi

3.2.6.1. Ampirik Analiz

RMR sınıflama sistemi, yeraltı açıklıklarının ön destek tasarımının yapılmasında bazı sınırlamalar sunmaktadır. Destek tasarımı seçimi yalnızca klasik delme ve patlatma yöntemlerinin uygulandığı kaya kütlelerinde, düşey gerilmenin 25 MPa'dan düşük olduğu ortamlarda inşa edilen, genişliği 10 m.'ye kadar ve kesiti at nalı şeklinde olan tünellere uygulanabilmektedir. 2 nolu hizmet kuyusunun kazı genişliğinin 2,60 m. ve kazı kesitinin dairesel olduğu göz önüne alındığında, ön destek tasarımı için RMR sisteminin uygulanabilir olmadığı görülmektedir.

Bu nedenle ampirik yöntem olarak Q değerlerinin kullanıldığı Grimstad ve Barton (1993) tarafından önerilen ve sınırlama içermeyen destek tasarımı aşağından yararlanılmıştır (Şekil 10). Q sistemine göre sınıflandırılan tünel kayalarının ön destek tasarımının yapılmasında “eş değer boyut” (De) değerinin bulunması gerekmektedir. Eş değer boyut, aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak belirlenmektedir.

$$\text{Eş değer boyut (De)} = \frac{\text{En, çap veya yükseklik (m)}}{\text{Kazı destek oranı (ESR)}} \quad (13)$$

Tablo 18. Değişik yeraltı kazıları için güncelleştirilmiş ESR değerleri (Barton ve Grimstad, 1994)

38

3.2.6.2. Analitik Analiz

Analitik çözümlemede kaya-destek etkileşimi (rock-support interaction) ve konverjans-sınırlama (convergence-confinement) yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu analiz yöntemleri her ne kadar dairesel yatay açıklıklar için geliştirilmiş olsada düşey açıklıklar için de kullanılmaktadır. Bu iki analitik yöntemin temeli, açıklık etrafındaki kaya kütlelerinin elastik yada plastik davranıştan hangisini sergilediğinin saptanmasına dayanmaktadır. Bu tespit doğrultusunda açıklığın desteklemeye ihtiyaç duyup duymayacağına karar verilmektedir. Kuyu açıklığının çevresinde oluşan bütün deformasyonların açıklığın uzun eksenine dik düzlem içinde olduğu varsayılmıştır. Düşey (σ_v) ve yatay (σ_h) arazi gerilmeleri belirlenirken Fenner (1938) ve Sheorey vd. (2001) tarafından önerilen aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmış ve kuyu duvarlarına yalnızca yatay gerilmelerin etki ettiği öngörülmüştür.

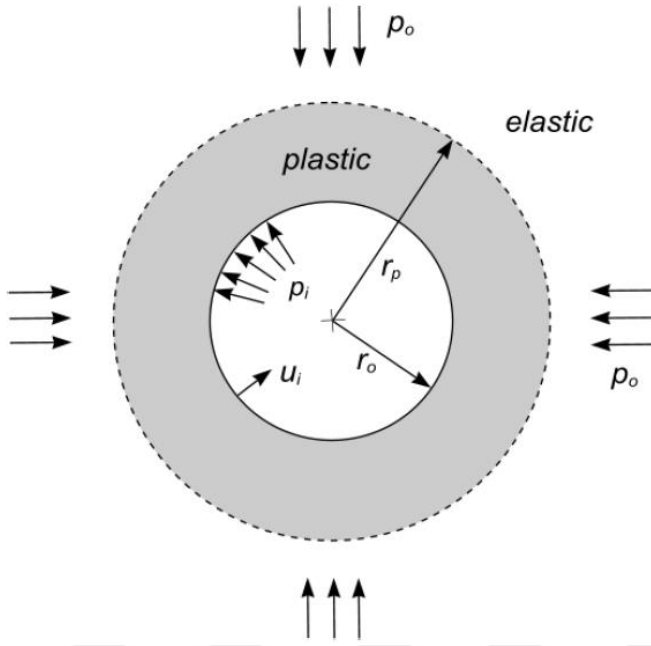
$$\sigma_v = \gamma.H \quad (14)$$

Burada; γ : birim hacim ağırlık (MN/m^3) ve H: örtü yükü kalınlığıdır (m).

$$\sigma_h = \frac{v_m}{1-v_m} \sigma_v + \frac{\beta E_m G}{1-v_m} (H + 1000) \quad (15)$$

Burada; β : lineer ısı genleşme katsayısı ($8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$), G: jeotermik gradyan ($0,024^\circ\text{C/m}$), v_m : kaya kütlelerinin poisson oranı, H: örtü yükü kalınlığı (m) ve E_m : kaya kütlelerinin deformasyon modülüdür (GPa).

Hoek vd. (1995) tarafından önerilen kaya-destek etkileşimi (rock-support interaction) yöntemine göre r_0 yarıçaplı dairesel bir açıklık Şekil 15’de gösterildiği gibi p_0 hidrostatik arazi gerilmesine ve p_i uniform destek basıncına maruz kalmaktadır.



Şekil 15. Dairesel kesitli bir açıklık etrafında gelişen plastik zon (Hoek vd., 1995)

p_i uniform destek basıncı, p_{cr} kritik destek basıncından küçük olursa açıklıkta yenilme meydana gelir ve plastik kırılma deformasyonu gelişir. Şayet, p_i uniform destek basıncı, p_{cr} kritik destek basıncından büyükse olursa açıklıkta yenilme gelişmez. Bu durumda kaya kütleğinde gelişen deformasyonun türü elastiktir. p_{cr} kritik destek basıncı aşağıdaki eşitlikle belirlenmektedir.

$$p_{cr} = \frac{2p_0 - \sigma_{cm}}{1 + k} \quad (16)$$

Burada; p_0 : hidrostatik arazi gerilmesi dikey kuyu için σ_h değerine eşittir (MPa), σ_{cm} : kaya kütlelerinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa), $k=(1+\sin\phi_m)/(1-\sin\phi_m)$ ve ϕ_m : kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı olup Hoek-Brown yenilme kriteri ile belirlenir.

Açıklık etrafında plastik deformasyon gelişmesi durumunda plastik zonun yarıçapı (R_{pl}) aşağıdaki eşitlik ile belirlenmektedir.

$$R_{pl} = r_0 \left[\frac{2[p_0(k-1) + \sigma_{cm}]}{(1+k)[(k-1)p_i + \sigma_{cm}]} \right]^{\frac{1}{(k-1)}} \quad (17)$$

Burada; p_i : desteksiz açıklar için sıfır kabul edilen uniform destek basıncıdır (MPa).

Hoek vd. (1995) tarafından önerilen kaya-destek etkileşimi (rock-support interaction) yöntemine göre 2 nolu hizmet kuyusu güzergâhındaki kayalarda gelişen deformasyonun elastik türde olduğu ve herhangi bir plastik zonun gelişmediği saptanmıştır. Tablo 19’da verilen plastik zonun yarıçapı kuyu çapıyla aynıdır ve kaya içine kadar ilerlememiştir. Bu sonuç kuyu duvarlarının duraylı olduğunu ve desteklenmeye ihtiyaç duymadığını göstermektedir.

Carranza-Torres ve Fairhurst (2000) tarafından önerilen ve Hoek-Brown yenilme ölçütünü esas alan konverjans-sınırlama (convergence-confinement) yönteminde R yarıçaplı dairesel bir açıklık σ_0 uzak-arazi gerilmesine ve p_i uniform iç destek basıncına maruz kalmaktadır. P_i ölçeklendirilmiş iç destek basıncı ve S_0 ölçeklendirilmiş uzak arazi gerilmesi aşağıdaki eşitliklerle belirlenmektedir.

$$P_i = \frac{p_i}{m_b \sigma_{ci}} + \frac{s}{m_b^2} \quad (18)$$

$$S_0 = \frac{\sigma_o}{m_b \sigma_{ci}} + \frac{s}{m_b^2} \quad (19)$$

Burada; m_b ve s Hoek-Brown sabitleri, σ_{ci} kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa), p_i desteksiz açıklar için sıfır kabul edilen uniform iç destek basıncı (MPa) ve $\sigma_0 = (\sigma_v + \sigma_h)/2$ eşitliği ile belirlenen uzak-arazi gerilmesidir (MPa).

P_i^{cr} kritik ölçeklendirilmiş iç destek basıncı ve p_i^{cr} gerçek kritik iç destek basıncı aşağıdaki formüllerle belirlenmektedir.

$$P_i^{cr} = \frac{1}{16} \left[1 - \sqrt{1 + 16S_o} \right]^2 \quad (20)$$

$$p_i^{cr} = \left[P_i^{cr} - \frac{s}{m_b^2} \right] m_b \sigma_{ci} \quad (21)$$

p_i uniform iç destek basıncı, p_i^{cr} gerçek kritik iç destek basıncından büyük olursa açıklıkta yenilme meydana gelmez ve açıklık etrafındaki kaya kütlesi elastik davranış sergiler. Diğer taraftan p_i uniform iç destek basıncı, p_i^{cr} gerçek kritik iç destek basıncından küçük olursa plastik kırılma deformasyonu gelişir ve plastik zonun yarıçapı (R_{pl}) aşağıdaki eşitlik ile belirlenir.

$$R_{pl} = R \exp \left[2 \left(\sqrt{P_i^{cr}} - \sqrt{P_i} \right) \right] \quad (22)$$

Carranza-Torres ve Fairhurst (2000) tarafından önerilen konverjans-sınırlama (convergence-confinement) yöntemine göre çözümleme yapıldığında kazı sonrası kuyu duvarlarında plastik deformasyonun geliştiği ve duraysızlık açısından risk taşıdığı saptanmıştır. Yüzeyden yaklaşık 105 m. derinliğe kadar belirgin bir yenilme zonunun gelişmediği (2-5 cm. genişliğinde), bu derinlikten sonra oluşacak plastik zonun ise duvar sınırından itibaren 10-70 cm. arasında olduğu hesaplanmıştır. Dolayısıyla, bu derinlikten sonraki kuyu güzergâhında yer alan kaya kütlelerinin desteklenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Konverjans-sınırlama (convergence-confinement) yöntemine göre hesaplanan plastik zonun yarıçapı Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19. Analitik analiz yöntemlerine göre belirlenen plastik zonun yarıçapları

Litoloji	Derinlik (m)	σ_v (MPa)	σ_h (MPa)	$^1R_{pl}$ (m)	$^2R_{pl}$ (m)
Granit	4-51	1,35	0,54	1,30	1,32
Andezitik aglomera	51-61	1,61	0,56	1,30	1,29
Andezitik tuf	61-82	2,17	0,78	1,30	1,33
Granit	82-105	2,74	1,06	1,31	1,35
Andezitik tuf	105-132	3,46	1,38	1,29	1,52
Bazalt	132-137	3,62	1,60	1,32	1,52
Bazaltik aglomera	137-141	3,80	1,57	1,30	1,50
Andezitik tuf	141-171	4,45	1,54	1,31	1,40
Dasitik tuf	171-191	4,95	2,42	1,26	2,00
Silttaşı-kumtaşı	191-220	5,95	2,37	1,29	1,65

¹Kaya-destek etkileşimi yöntemine göre belirlenen plastik zonun yarıçapı

²Konverjans-sınırlama yöntemine göre belirlenen plastik zonun yarıçapı

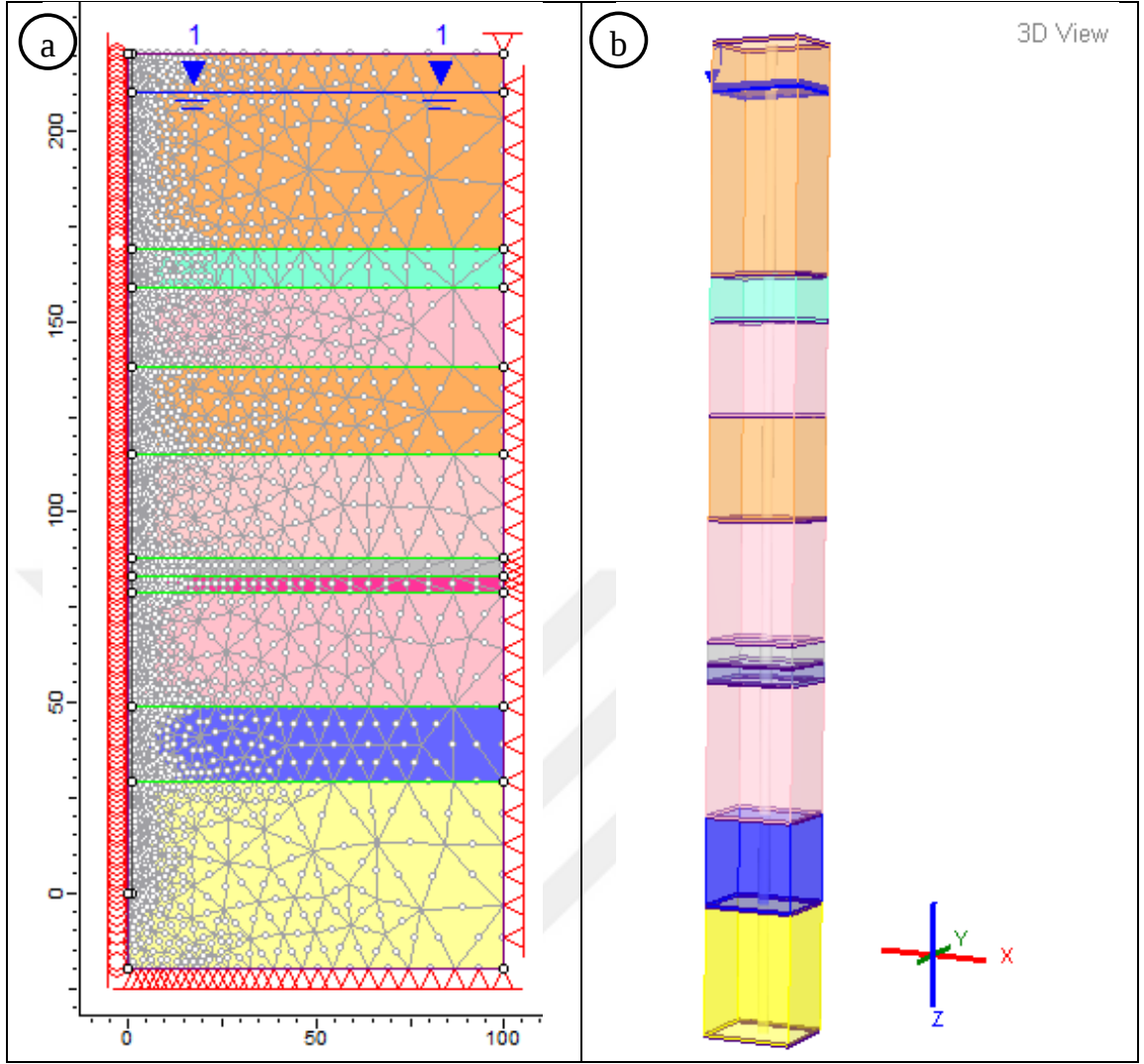
3.2.6.3. Sayısal Analiz

Sayısal çözümleme yaparak 2 nolu hizmet kuyusunun duraylılığının araştırılmasında 2D analiz yapan sonlu elemanlar tabanlı “RS² v9,0” (Rocscience Inc., 2017) ve 3D analiz yapan “RS³ v1,0” (Rocscience Inc., 2016) bilgisayar programlarından yararlanılmıştır. İlk olarak kuyunun duraylılığı ve oluşacak plastik zonun genişliği 2D analizi ile araştırılmış sonrasında 3D analizi yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

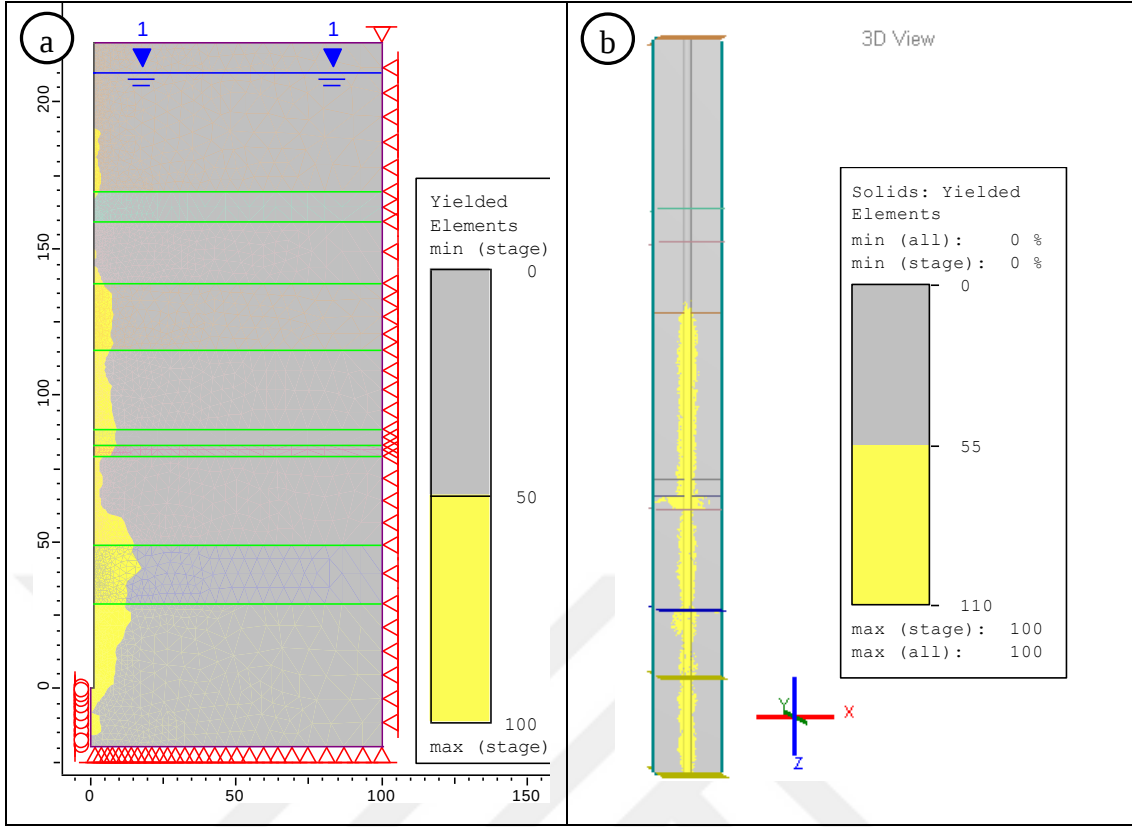
2D analiz modeli oluşturulurken kuyu güzergâhında yer alan ve araştırma sondajıyla belirlenen 10 farklı litolojik birim katmanlar şeklinde tanımlanmış ve yüzeyden 10 m derinliğe yeraltı suyu eklenmiştir (Şekil 16a). Analizlerde Hoek-Brown yenilme ölçütü kullanılarak gerilme-deformasyon analizleri yapılmış ve plastik yenilmeler araştırılmıştır. Analizler sürekli ortam modelline göre yapılmıştır. Kaya malzemelerinin ve kaya kütlelerinin özellikleri kullanılarak litolojik birimler tanımlanmıştır. Birden fazla litolojik birim olduğu için düzlemsel-bozunum (plane-strain) analizi yerine aksisimetrik (axisymmetric) analiz uygulanmıştır. Bu sayede iki boyutlu bir modelle üç boyutlu bir analizin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Modelde üç düğüm noktalı üçgen sonlu elemanlar kullanılmıştır. Sınır koşulları oluşturulurken modelin sağ ve alt yüzeylerindeki yer değiştirmenin sıfır olması için sınırlandırılmıştır. Sol yüzeyde deformasyonların oluşmasına izin verilmiş ve üst yüzeyi açık bırakılmıştır. Analitik analizde uygulandığı gibi arazi gerilmesi tanımlanırken kuyu duvarlarına yatay gerilmelerin etkidiği varsayılmıştır. Analizlerde çoklu kazı yerine tek aşamalı kazı

modeli uygulanmıştır. RS^2 ve RS^3 küçük ölçekli deformasyonların saptandığı FEM tabanlı programlardır. Bu nedenle, deplasmanların büyüklüğünden ziyade plastik zonun genişliğinin dikkate alınması daha önemlidir. Yapılan 2D analizleri sonucunda yüzeyden yaklaşık 82 m. derinliğe kadar belirgin bir yenilme zonunun gelişmediği, en geniş plastik zonun ise düşük dayanım özelliklerinden dolayı 171-191 m. derinlikteki dasitik tuf seviyesi içerisinde geliştiği saptanmış (Şekil 17a). Bu seviyede saptanan plastik zonun genişliği ise 14 m. mertebelerindedir. Dolayısıyla, bu seviyedeki litolojik birimlerde oluşacak aşırı sökülmenin miktarı diğer birimlere kıyasla daha yüksek olacaktır.

2D analiz modelinde kullanılan özelliklerin aynısı dikkate alınarak 3D model oluşturulmuştur (Şekil 16b). 3D analiz modelinde kuyu güzergâhındaki tüm litolojik birimleri göz önüne almak için çoklu düzlemsel-bozunum yöntemi uygulanmıştır. 2D analiz sonucuyla benzer şekilde yüzeyden 82 m. derinliğe kadar herhangi bir yenilme zonunun gelişmediği saptanmıştır. Ancak, bu derinlikten sonra 2D analizindeki gibi büyük bir plastik zonun gelişmediği, kuyu boyunca oluşan yenilme zonunun genişliğinin ise 0,9-2,85 m. arasında olduğu saptanmıştır (Şekil 17b). Her iki analiz sonucuna göre kuyu duvarlarının 82 m. derinlikten itibaren desteklenmesinin gerekli olduğu belirlenmiştir. 2D analizinin sonucuyla benzer şekilde bu derinlikten sonraki litolojik birimlerde daha fazla sökülme meydana gelecektir.



Şekil 15. 2 nolu hizmet kuyusu kazısı için hazırlanan (a) 2D ve (b)3D analiz modelleri



Şekil 16. 2 nolu hizmet kuyusu kazısına ait (a) 2D ve (b) 3D analiz sonuçları

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Tünel ve kuyu duraylılığının araştırılmasında yaygın olarak kullanılan ampirik, analitik ve sayısal yöntemlerin performanslarının incelenmesi amacıyla Yeni Zigana Tüneli'nde (Torul-Gümüşhane) açılan 2 nolu hizmet kuyusu pilot bölge olarak seçilmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur;

Kuyu güzergâhında yer alan kaya kütleleri RMR sistemine göre zayıf ve orta kaya, Q sistemine göre çok zayıf kaya, GSI sistemine göre ise bloklu kaya olarak sınıflandırılmıştır. Ampirik yöntem olarak kullanılan Q sistemi destekleme abağına göre kuyu duvarlarının duraylı olduğu ve desteklemenin gerekli olmadığı saptanmıştır.

Analitik çözümlemede kullanılan kaya-destek etkileşimi (rock-support interaction) yöntemine göre kuyu güzergâhındaki kayaçlarda kazı sonrası plastik zonun gelişmediği saptanmıştır. Ancak, konverjans-sınırlama (convergence-confinement) yöntemine göre yapılan çözümlemede yüzeyden 105 m. sonra kuyu duvarlarında belirgin olarak plastik zonun geliştiği ve duraysızlık açısından risk taşıdığı belirlenmiştir.

Sayısal çözümleme kapsamında yapılan 2D analizi sonucunda yüzeyden yaklaşık 82 m. derinliğe kadar belirgin bir yenilme zonunun gelişmediği, bu kottan sonra ise derinlikle artan kırılma zonunun geliştiği saptanmıştır. Ancak, 2D analizinden farklı olarak 3D analizinde ise bu derinlikten sonra gelişen yenilme zonunun 0,9-2,85 m. arasında olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak, Q sistem ve kaya-destek etkileşimi yöntemlerine göre yapılan çözümlemeler benzer sonuçlar verirken konverjans-sınırlama yöntemine göre yapılan çözümleme ise daha tutucu davranarak güvenli tarafta kalmıştır. FEM tabanlı 2D analiz sonucu 3D analiz sonucuna göre oldukça abartılı sonuçlar vermiştir. Konverjans-sınırlama yöntemi sonuçları ile 3D modelleme sonuçları karşılaştırıldığında birbirleriyle uyumluluk sunmaktadır.

2 nolu hizmet kuyusundaki desteklemenin uygulanacağı kritik derinlik 82 m. olarak belirlenmiştir. Bu derinlikten itibaren uygulanacak destek sisteminin hangi elemanlardan oluşacağına analitik ve sayısal analizler yapılarak karar verilmelidir. Kuyu çapının küçüklüğü dikkate alındığında duraylılık için en ideal destekleme türü güçlendirilmiş püskürtme beton uygulaması olacaktır. Ancak, 220 m. derinliğindeki kuyu boyunca uygulamada zorluklar yaşanacağından bunun yerine duraylılığın sağlanmasında SN bulonlarla tutturulmuş cam elyaf takviyeli polyester (CTP) boru kaplamasının yapılarak bu imalatın kontak enjeksiyonuyla desteklenmesi daha gerçekçi olacaktır.

Yeraltı kazılarında gerçekçi bir tasarım için ampirik, analitik ve sayısal yöntemlerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilen sonuçların geçerliliği kazı sonrası yerinde yapılacak deformasyon ölçümleriyle de doğrulanmalıdır.

Yapılan ampirik, analitik ve sayısal analizler birlikte değerlendirildiğinde 220 m. derinliğindeki 2,60 m. çaplı 2 nolu hizmet kuyusunun 82 metreye kadar duraylı olduğu görülmektedir. Bu derinliğe kadar kuyu güzergâhındaki kaya kütlelerini malzeme dayanımı 100 MPa'dan büyük granit, andezitik aglomera ve andezitik tüfler oluşturmaktadır. Kuyu duraylılığının sağlanması için bu derinlikten sonra destekleme tedbirlerinin alınması gerekmektedir. Ampirik analiz kapsamında Q sistemi kullanılarak yapılan değerlendirmeler kuyunun duraylı olduğunu göstermiştir. İki farklı yöntem kullanılarak yapılan analitik analizler birbirleriyle uyumsuz sonuçlar sunmuştur. Konverjans-sınırlama (convergence-confinement) yöntemi kuyunun 105 m.'den sonra duraysız olduğunu göstermektedir. 2D ve 3D sayısal analizler ise birbirleriyle uyumlu olarak 82 m.'den sonra kuyuda desteklemenin gerekli olduğunu belirtmektedir. Yeraltı açıklıklarının tasarımında yaygın olarak kullanılan bu üç yöntemin sonuçları tamamen birbirinden farklıdır. Ancak, bu yöntemlerin kullandığı parametreler, uygulama kolaylığı ve hızlı sonuç alınması açısından birbirlerinden farklı üstünlükleri vardır. Hangisinin uygulanabilir olduğuna karar verebilmek için üç yöntemin de birlikte kullanılarak sonuçların uygunluğunun karşılaştırılması daha gerçekçi tasarımının yapılmasına imkân tanıyacaktır (Gürocak vd., 2007; Kaya vd., 2011; Kanık vd., 2015; Kaya ve Sayın, 2017). Bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler, yeraltı açıklığı etrafındaki kaya kütlelerinin deformasyon ve dayanım özellikleri ile derinlikle birlikte

değişen arazi gerilmesinin ve boşluk suyu basıncının dikkate alındığı gerçekçi modellemelerin yapılmasını sağlamıştır. Bu açıdan ampirik ve analitik analizlerin sayısal analizler ile desteklenmesi kazı öncesi alınacak emniyet tedbirlerinin önceden kestirilmesini sağlayarak önüne geçilemez mühendislik problemleriyle karşılaşılmasını önleyecektir.



KAYNAKLAR

- Ataoglu, E., 1993.** Bağışlı köyü (Maçka) ve Çevresindeki Yamaçların Duraylılık Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 137 s.
- Aydan, Ö., Akagi, T. and Kawamoto, T., 1993.** The squeezing potential of rocks around tunnels; theory and prediction. Rock Mechanics and Rock Engineering, 26, 2, 137-163.
- Barton, N.R., Lien, R. and Lunde, J., 1974.** Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mechanics, 4, 189-239.
- Barton, N. and Grimstad, E., 1994.** The Q-system following twenty years of application in NTM support selection. Felsbau, 428-436.
- Bieniawski, Z.T., 1973.** Engineering classification of jointed rock masses. Transactions of South African Institution of Civil Engineering, 15, 335-344.
- Bieniawski, Z.T., 1989.** Engineering rock mass classifications, Wiley, New York, 251 p.
- Cai, M., Kaiser, P.K., Tasaka, Y. and Minami, M., 2007.** Determination of residual strength parameters of jointed rock masses using the GSI system. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 4, 2, 247-265.
- Carranza-Torres, C. and Fairhurst, C., 2000.** Application of the Convergence-Confinement method of tunnel design to rock-masses that satisfy the Hoek-Brown failure criterion. Tunneling and Underground Space Technology, 15, 2, 187-213.
- Ceryan, N., 2005.** Kaya Kütle Sınıflandırma Sistemlerinin ve SSPC Yönteminin Bekçiler (Maçka-Trabzon)-Torul (Gümüşhane) Arasında Seçilen Kazı Şevlerine Uygulanışı. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 170 s.
- Deere, D.U., 1964.** Technical description of rock cores for engineering purposed. Rock Mechanics and Rock Engineering, 1, 17-22.
- Ersoy, H., 2001.** Kalecik Köyü (Torul-Gümüşhane) Çevresinin Karst Hidrojeolojisi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Trabzon, 62 s.
- Fenner, R., 1938.** Untersuchungen zur erkenntnis des gebirgsdrucks. Glückauf, 74, 32, 681-695.

- Ferreira, P.H., 2005.** Mechanized mine development utilizing rock cutting and boring through raise and blind boring techniques. The Third Southern African Conference on Base Metals, Kitwe, Zambia, 297-315.
- Grimstad, E. and Barton, N., 1993.** Updating the Q-system for NMT. International Symposium on Sprayed Concrete-Modern Use of Wet-Mix Sprayed Concrete for Underground Support, May, Norwegian Concrete Association, Oslo, Proceedings book: 44-66.
- Gürocak, Z., Solanki, P. and Zaman, M.M., 2007.** Empirical and numerical analyses of support requirements for a diversion tunnel at the Boztepe dam site, Eastern Turkey. Engineering Geology, 91, 194-208.
- Güven, İ.H., 1993.** Doğu Pontidlerin jeolojisi ve 1/250000 ölçekli komplikasyonu. MTA, Ankara.
- Hoek, E., Kaiser, P.K. and Bawden, W.F., 1995.** Support of underground excavations in hard rock. Balkema, Rotterdam, 215 p.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C. and Corkum, B., 2002.** Hoek-Brown failure criterion. 5th North American Rock Mechanics Symposium and 17th Tunneling Association of Canada Conference, Toronto, 7-10 July, 267-273.
- Hoek, E. and Diederichs, M.S., 2006.** Empirical estimation of rock mass modulus. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 43, 203-215.
- Hoek, E., Carter, T.G. and Diederichs, M.S., 2013.** Quantification of the geological strength index chart. 47th US Rock Mechanics and Geomechanics Symposium, San Francisco, 23-26 June, 1-9.
- ISRM, 2007.** The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974-2006 (Editors: Ulusay and Hudson). International Society for Rock Mechanics, Kozan Ofset, Ankara, 628 p.
- Kanık, M., 2015.** Maçka (Trabzon) Tüneli Destek Sistemlerinin Görgül Ve Sayısal Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye, 276 s.
- Kanık, M., Gürocak, Z. and Alemdağ, S., 2015.** A comparison of support systems obtained from the RMR₈₉ and RMR₁₄ by numerical analyses: Macka tunnel project, NE Turkey. Journal of African Earth Sciences, 109, 224-238.
- Kaya, A., Bulut, F., Alemdağ, S. and Sayın, A., 2011.** Analysis of support requirements for a tunnel portal in weak rock: a case study in Turkey. Scientific Research and Essays, 6, 31, 6566-6583.
- Kaya, A. and Sayın, A., 2017.** Engineering geological appraisal and preliminary support design for the Salarha tunnel, northeast Turkey. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, DOI: 10.1007/s10064-017-1177-2.

- Kendorski, F.S., Cummings, R.A., Bieniawski, Z.T. and Sinner, E.H., 1983.** Rock mass classification for block caving mine drift support. 5th International Congress on Rock Mechanics, ISRM, October, Melbourne, Proceedings book: B, 51-63.
- Ketin, İ., 1966.** Tectonic units of Anatolia. Journal of General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), 66, 23-34.
- Koca M.Y., 1988.** Açılmakta Olan Zigana Tüneli-Gürgenagaç Arası Yol Şevlerinin Duraylılık Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 219 s.
- Korkmaz, T., 1988.** Maçka-Gürgenagaç (Trabzon) Yeni Yol Şevlerinin Duraylılık Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 139 s.
- Laubscher, D.H., 1977.** Geomechanics classification of jointed rock masses-mining applications. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, 86, A, 1-8.
- NACS, 1983.** The American association of petroleum geologists bulletin. North American Commission on Stratigraphy, 67, 5, 841-875.
- Özdoğan, Ş., 2010.** Torul Barajı (Torul-Gümüşhane) Göl Alanı Sağ ve Sol Sahillerinin Duraylılığının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 169 s.
- Rocscience Inc., 2017.** RS² v9.0 finite element analysis for excavations and slopes. Toronto, Ontario, Canada.
- Rocscience Inc., 2017.** RS³ v1.0 3D finite element analysis for rock and soil. Toronto, Ontario, Canada.
- Sheorey, P.R., Murali, M.G. and Sinha, A., 2001.** Influence of elastic constants on the horizontal in-situ stress. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 38, 1, 1211-1216.
- Şirin, A., 1995.** Kürtün-Torul (Gümüşhane) Arası Karayolu Kaya Şevlerinin Duraylılık Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 213 s.

EKLER

EK-1. Karot sandığı fotoğrafları



EK-1 (Devam). Karot sandığı fotoğrafları



EK-1 (Devam). Karot sandığı fotoğrafları



EK-1 (Devam). Karot sandığı fotoğrafları



EK-1 (Devam). Karot sandığı fotoğrafları



EK-1 (Devam). Karot sandığı fotoğrafları



EK-2. Sondaj logu

SONDAJ LOGU															Sayfa	1						
															Sondaj No	ÇŞ-02						
PROJE ADI		YENİ ZİGANA TÜNELİ ARAŞTIRMA SONDAJLARI																				
SONDAJ YERİ		HİZMET KUYUSU-2		KOORDİNAT Y		529922.17																
				KOORDİNAT X		4502342.74																
SONDAJ DERİNLİĞİ		220 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ		22.6.2017																
SONDAJ KOTU		1458.087 m		BİTİŞ TARİHİ		26.6.2017																
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		6 m		DELİK ÇAPı		76 mm																
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		CSK 350 & Rotary Sulu		TOPLAM (Adet)																		
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER										Pr. VST Per m	JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	KAROT SCR %	RQD %
				SPT DENEYİ					N	SPT GRAFİĞİ												
				DARBE SAYISI			30 cm için															
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm																
0														0.00-4.00					53	7	0	0
1													YAMAÇ MOLOZU					53	7	0	0	
2													Kil, silt, çakıl, moloz					40	0	0	0	
3													boyutundaki					40	0	0	0	
4													elemanlardan					60	0	0	0	
5													oluşmaktadır.		III-IV	III-IV	10-20	80	40	60	60	
6													4.00-25.00		II-III	II-III	2-10	100	67	60	60	
7													GRANİT		I-II	I-II	2-10	100	90	60	60	
8													Açık pembe ve açık		I-II	I-II	2-10	100	95	80	80	
9													gri renkli ince orta		I-II	I-II	2-10	100	97	80	80	
10													daneli.		I-II	I-II	2-10	100	97	80	80	
11															I-II	I-II	1-2	100	97	93	93	
12															I-II	I-II	1-2	100	97	60	60	
13															I-II	I-II	1-2	100	100	60	60	
14															I-II	I-II	1-2	100	100	100	100	
15															I-II	I-II	1-2	100	100	100	100	
16															I-II	I-II	1-2	100	100	100	100	
17															I-II	I-II	1-2	100	100	100	100	
18															I-II	I-II	1-2	100	100	100	100	
19															I-II	I-II	1-2	100	100	100	100	
20															I-II	I-II	1-2	100	100	100	100	
21															I-II	I-II	1-2	100	100	100	100	
22															I-II	I-II	1-2	100	100	100	100	
23															III-IV	III-IV	2-10	100	75	75	75	
24															I-II	I-II	1-2	100	97	97	97	
25														I-II	I-II	1-2	100	97	97	97		
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SİKLİK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR																
N = 0 - 2		Çok yumuşak		N = 0 - 4		Çok gevşek		% 5>		Pek Az		UD:Örselenmemiş Numune										
N = 3 - 4		Yumuşak		N = 5 - 10		Gevşek		% 10-20		Az		D : Örselenmiş Numune										
N = 5 - 8		Orta katı		N = 11 - 30		Orta sıkı		% 20-35		Çok		SPT : Standart Penetrasyon Deneyi										
N = 9 - 15		Katı		N = 31 - 50		Sıkı		% 35>		Ve		Pr. : Presiyometre Deneyi										
N = 16 - 30		Çok katı		N > 50		Çok sıkı						KN : Karot Numunesi										
N > 30		Sert										VST : Veyn Deneyi										
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD																
I: TAZE		I: ÇOK ZAYIF		<1		SEYREK		% 0-25		ÇOK KÖTÜ												
II: AZ AYRIŞMIŞ		II: ZAYIF		1-2		ORTA		% 25 -50		KÖTÜ												
III: ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III: ORTA ZAYIF		2-10		SIK		% 50-75		ORTA												
IV: ÇOK AYRIŞMIŞ		IV: DAYANIMLI		10-20		ÇOK SIK		% 75-90		İYİ												
V: TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V: ÇOK DAYANIMLI		>20		PARÇALI		% 90-100		ÇOK İYİ												
LOGU YAPAN/KONTROL				ONAY				TARİH														
YASEMİN SAĞLAM																						

SONDAJ LOGU															Sayfa	2					
															Sondaj No	GŞ-02					
PROJE ADI			YENİ ZİGANA TÜNELİ ARAŞTIRMA SONDAJLARI																		
SONDAJ YERİ			HİZMET KUYUSU-2			KOORDİNAT Y						529922.17									
						KOORDİNAT X						4502342.74									
SONDAJ DERİNLİĞİ			220 m			BAŞLANGIÇ TARİHİ						22.6.2017									
SONDAJ KOTU			1458.087 m			BİTİŞ TARİHİ						26.6.2017									
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ			6 m			DELİK ÇAPI						76 mm									
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.			CSK 350 & Rotary Sulu			TOPLAM (Adet)															
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER										JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	KAROT SCR %	RQD %
				SPT DENEYİ																	
				DARBE SAYISI		N	SPT GRAFİĞİ					Pr. VST Per m									
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40		50								
26																I-II	I-II	I-2	100	97	97
27																I-II	I-II	I-2	100	97	97
28																I-II	I-II	I-2	100	97	97
29																I-II	I-II	I-2	100	97	97
30																I-II	I-II	I-2	100	97	97
31																I	I	I-2	100	100	100
32																I	I	I-2	100	100	100
33																I	I	I-2	100	97	93
34																I	I	I-2	100	97	93
35																I	I	I-2	100	97	93
36																I	I	I-2	100	100	100
37																I	I	I-2	100	100	100
38																I	I	I-2	100	98	98
39																I	I	I-2	100	98	98
40																I	I	I-2	100	98	98
41																I-II	I-II	I-2	100	100	100
42																I-II	I-II	I-2	100	100	100
43																I-II	I-II	I-2	100	100	100
44																I-II	I-II	I-2	100	100	100
45																I-II	I-II	I-2	100	95	95
46																I-II	I-II	I-2	100	90	90
47																I-II	I-II	I-2	100	97	97
48																I-II	I-II	I-2	100	97	97
49																I-II	I-II	I-2	100	97	97
50																I-II	I-II	I-2	100	97	97
51																I	I	I-2	100	97	100
KIVAM DURUMU /(İnce daneli)				SİKİLİK /(İri daneli)				ORANLAR				AÇIKLAMALAR									
N = 0 - 2		Çok yumuşak		N = 0 - 4		Çok gevşek		% 5> Pek Az													

EK-2 (Devam). Sondaj logu

SONDAJ LOGU															Sayfa	3						
															Sondaj No	GŞ-02						
PROJE ADI		YENİ ZİGANA TÜNELİ ARAŞTIRMA SONDAJLARI																				
SONDAJ YERİ		HİZMET KUYUSU-2		KOORDİNAT Y		529922.17																
				KOORDİNAT X		4502342.74																
SONDAJ DERİNLİĞİ		220 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ		22.6.2017																
SONDAJ KOTU		1458.087 m		BİTİŞ TARİHİ		26.6.2017																
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		6 m		DELİK ÇAPI		76 mm																
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		CSK 350 & Rotary Sulu		TOPLAM (Adet)																		
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER											JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	KAROT SCR %	RQD %
				SPT DENEYİ					Pr. VST Per m													
				DARBE SAYISI		N	SPT GRAFİĞİ															
				0-15 cm	15-30 cm		30-45 cm	10		20	30	40	50									
52														51.00-61.00 AGLOMERA Açık gri yeşilimsi sıkı çimentolu ve orta derecede bozunmuştur, çakıllar andezitiktir		1	1	1-2	100	100	100	
53															1	1	1-2	100	100	100		
54															1	1	1-2	100	100	100		
55															1	1	1-2	100	100	100		
56															1	1	1-2	100	100	100		
57															1	1	1-2	100	100	100		
58															1	1	1-2	100	100	100		
59															1	1	1-2	100	100	100		
60															1	1	1-2	100	100	100		
61															1	1	1-2	100	95	95		
62															1	1	1-2	100	100	100		
63															1	1	1-2	100	100	100		
64															1	1	1-2	100	100	100		
65															1	1	1-2	100	100	100		
66															1	1	1-2	100	100	100		
67															1-II	1-II	2-10	100	90	90		
68															1-II	1-II	1-2	100	100	100		
69															1-II	1-II	1-2	100	100	100		
70															1-II	1-II	1-2	100	100	100		
71															1-II	1-II	1-2	100	100	100		
72															1	1	<1	100	100	100		
73															1	1	<2	100	100	100		
74															1-II	1-II	1-2	100	100	100		
75															1-II	1-II	1-2	100	100	100		
76															1-II	1-II	1-2	100	100	100		
77															1-II	1-II	1-2	100	100	100		
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SİKLİK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR																
N = 0 - 2		Çok yumuşak		N = 0 - 4		Çok gevşek		% 5 >		Pek Az		UD: Örselenmemiş Numune										
N = 3 - 4		Yumuşak		N = 5 - 10		Gevşek		% 10 - 20		Az		D : Örselenmiş Numune										
N = 5 - 8		Orta katı		N = 11 - 30		Orta sıkı		% 20 - 35		Çok		SPT : Standart Penetrasyon Deneyi										
N = 9 - 15		Katı		N = 31 - 50		Sıkı		% 35 >		Ve		Pr. : Presiyometre Deneyi										
N = 16 - 30		Çok katı		N > 50		Çok sıkı						KN : Karot Numunesi										
N > 30		Sert										VST : Veyn Deneyi										
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD																
I: TAZE		I: ÇOK ZAYIF		<1		SEYREK		% 0-25		ÇOK KÖTÜ												
II: AZ AYRIŞMIŞ		II: ZAYIF		1-2		ORTA		% 25 - 50		KÖTÜ												
III: ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III: ORTA ZAYIF		2-10		SIK		% 50-75		ORTA												
IV: ÇOK AYRIŞMIŞ		IV: DAYANIMLI		10-20		ÇOK SIK		% 75-90		İYİ												
V: TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V: ÇOK DAYANIMLI		≥20		PARÇALI		% 90-100		ÇOK İYİ												
LOGU YAPAN/KONTROL				ONAY				TARİH														
YASEMİN SAĞLAM																						

EK-2 (Devam). Sondaj logu

SONDAJ LOGU															Sayfa	4					
															Sondaj No	GŞ-02					
PROJE ADI		YENİ ZİGANA TÜNELİ ARAŞTIRMA SONDAJLARI																			
SONDAJ YERİ		HİZMET KUYUSU-2		KOORDİNAT Y		529922.17															
				KOORDİNAT X		4502342.74															
SONDAJ DERİNLİĞİ		220 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ		22.6.2017															
SONDAJ KOTU		1458.087 m		BİTİŞ TARİHİ		26.6.2017															
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		6 m		DELİK ÇAPI		76 mm															
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		CSK 350 & Rotary Sulu		TOPLAM (Adet)																	
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER										JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	KAROT SCR %	RQD %
				SPT DENEYİ					Pr. VST Per m												
				DARBE SAYISI			N	SPT GRAFİĞİ													
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm															
78													77.00-82.00		I-II	I-II	I-2	100	100	100	
79													ANZEDİTİK TUF		I-II	I-II	I-2	100	100	100	
80													Açık gri yeşilimsi orta derecede bozunmuş iri orta daneli dokulardan oluşmuştur.		I-II	I-II	I-2	100	100	100	
81															I	I	I-2	100	100	100	
82															I	I	I-2	100	100	100	
83															I	I	I-2	100	100	100	
84															I	I	I-2	100	100	100	
85															I	I	I-2	100	100	100	
86															I	I	I-2	100	100	100	
87															I	I	I-2	100	100	100	
88															I	I	I-2	100	100	100	
89															I	I	I-2	100	100	100	
90															I	I	I-2	100	100	100	
91															I	I	I-2	100	100	100	
92															I	I	I-2	100	100	100	
93															I	I	I-2	100	100	100	
94															I	I	I-2	100	100	100	
95															I	I	I-2	100	100	100	
96															I	I	I-2	100	100	100	
97															I	I	I-2	100	100	100	
98															I	I	I-2	100	100	100	
99															I	I	I-2	100	100	100	
100															I	I	I-2	100	100	100	
101															I	I	I-2	100	100	100	
102															I	I	I-2	100	100	100	
103															I	I	I-2	100	100	100	
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)				SIKILIK / (İri daneli)				ORANLAR				AÇIKLAMALAR									
N = 0 - 2 Çok yumuşak				N = 0 - 4 Çok gevşek				% 5> Pek Az				UD:Örselenmemiş Numune									
N = 3 - 4 Yumuşak				N = 5 - 10 Gevşek				% 10-20 Az				D : Örselenmiş Numune									
N = 5 - 8 Orta katı				N = 11 - 30 Orta sıkı				% 20-35 Çok				SPT : Standart Penetrasyon Deneyi									
N = 9 - 15 Katı				N = 31 - 50 Sıkı				% 35> Ve				Pr. : Presiyometre Deneyi									
N = 16 - 30 Çok katı				N > 50 Çok sıkı								KN : Karot Numunesi									
N > 30 Sert												VST : Veyn Deneyi									
AYRIŞMA				DAYANIMLILIK				KIRIKLAR / 30 cm				KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD									
I: TAZE				I: ÇOK ZAYIF				<1 SEYREK				% 0-25 ÇOK KÖTÜ									
II: AZ AYRIŞMIŞ				II: ZAYIF				1-2 ORTA				% 25 -50 KÖTÜ									
III: ORTA DER. AYRIŞMIŞ				III ORTA ZAYIF				2-10 SIK				% 50-75 ORTA									
IV: ÇOK AYRIŞMIŞ				IV DAYANIMLI				10-20 ÇOK SIK				% 75-90 İYİ									
V TAMAMEN AYRIŞMIŞ				V: ÇOK DAYANIMLI				≥20 PARÇALI				% 90-100 ÇOK İYİ									
LOGU YAPAN/KONTROL				ONAY				TARİH													
YASEMİN SAĞLAM																					

SONDAJ LOGU																		Sayfa	5		
																		Sondaj No	GŞ-02		
PROJE ADI				YENİ ZİGANA TÜNELİ ARAŞTIRMA SONDAJLARI																	
SONDAJ YERİ				HİZMET KUYUSU-2				KOORDİNAT Y								529922.17					
								KOORDİNAT X								4502342.74					
SONDAJ DERİNLİĞİ				220 m				BAŞLANGIÇ TARİHİ								22.6.2017					
SONDAJ KOTU				1458.087 m				BİTİŞ TARİHİ								26.6.2017					
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ				6 m				DELİK ÇAPı								76 mm					
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.				CSK 350 & Rotary Sulu				TOPLAM (Adet)													
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER										JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	KAROT SCR %	RQD %
				SPT DENEYİ																	
				DARBE SAYISI		N	SPT GRAFIĞI				Pr. VST Per m										
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40	50									
104													103.00-105.00 GRANIT		I	I	I-II	100	100	97	
105													Tanımı bir önceki sayıda		I	I	I-II	100	100	95	
106													105.00-129.00 ANZEDİTİK TÜF Açık gri yeşilimsi orta derecede bozunmuştur, iri-orta daneli dokuya sahiptir.		I	I	I-II	100	100	95	
107															I	I	I-II	100	100	95	
108															I	I	I-II	100	100	97	
109															I	I	I-II	100	100	97	
110															I-II	I-II	I-II	100	100	100	
111															I-II	I-II	I-II	100	90	90	
112															I-II	I-II	I-II	100	90	90	
113															I-II	I-II	I-II	100	70	70	
114															I-II	I-II	I-II	100	70	70	
115															II-III	II-III	II-III	100	70	70	
116															II-III	II-III	II-III	100	70	70	
117															I-II	I-II	I-II	100	100	100	
118															I-II	I-II	I-II	100	100	100	
119															I-II	I-II	I-II	100	100	100	
120															II	II	II	100	95	95	
121															II	II	II	100	95	95	
122															II	II	II	100	95	95	
123															II	II	II	100	97	97	
124														II	II	II	100	97	97		
125														II	II	II	100	97	97		
126														II	II	II	100	95	95		
127														II	II	II	100	95	95		
128														II	II	II	100	97	97		
129														II	II	II	100	97	97		
KIVAM DURUMU /(İnce daneli)				SIKLILIK / (İri daneli)				ORANLAR				AÇIKLAMALAR									
N = 0 - 2		Çok yumuşak		N = 0 - 4																	

EK-2 (Devam). Sondaj logu

SONDAJ LOGU										Sayfa	6										
										Sondaj No	CS-02										
PROJE ADI		YENİ ZİGANA TUNELİ ARAŞTIRMA SONDAJLARI																			
SONDAJ YERİ		HİZMET KUYUSU-2		KOORDİNAT Y		529922.17															
SONDAJ DERİNLİĞİ		220 m		KOORDİNAT X		4502342.74															
SONDAJ KOTU		1458.087 m		BAŞLANGIÇ TARİHİ		22.6.2017															
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ		6 m		BİTİŞ TARİHİ		26.6.2017															
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.		CSK 350 & Rotary Sulu		DELİK ÇAPI		76 mm															
				TOPLAM (Adet)																	
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER										JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	KAROT SCR %	RQD %
				SPT DENEYİ																	
				DARBE SAYISI			N	SPT GRAFİĞİ					Pr. VST Per m								
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm		10	20	30	40	50									
130														129.00-132.00		II	II	1-2	100	95	95
131														ANDEZİTİK TUF		I	I	<1	100	97	97
132														Tanımı bir önceki sayfada		I-II	I-II	1-2	100	83	83
133																I-II	I-II	1-2	100	83	83
134														132.00-137.00		I-II-III	I-II-III	1-2	100	83	83
135														BAZALT		I	I	1-2	100	100	100
136														Siyah koyu gri renkli orta derecede bozunmuş		I	I	1-2	100	100	100
137																I	I	1-2	100	100	95
138																I	I	1-2	100	100	100
139														137.00-141.00		I	I	1-2	100	100	100
140														BAZALTİK AGLOMERA		I	I	1-2	100	100	100
141														Sihay koyu gri renkli orta derecede bozunmuş bazalt çakıllarından oluşmuştur.		I	I	<1	100	100	100
142																I	I	<1	100	100	100
143																I	I	<1	100	100	100
144																I	I	<1	100	100	100
145																I	I	<1	100	100	100
146																I	I	<1	100	100	100
147																II	II	1-2	100	97	97
148														141.00-155.00		II	II	1-2	100	97	97
149														ANZEDİTİK TUF		II	II	1-2	100	97	97
150														Açık gri yeşilimsi orta derecede bozunmuş iri orta daneli dokulardan oluşmuştur.		II	II	1-2	100	97	97
151																I	I	1-2	100	100	100
152																I	I	1-2	100	100	100
153																I	I	1-2	100	75	75
154																I	I	1-2	100	97	93
155																I	I	1-2	100	97	93
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)		SİKLİK / (İri daneli)		ORANLAR		AÇIKLAMALAR															
N = 0 - 2		Çok yumuşak		N = 0 - 4		Çok gevşek		% 5>		Pek Az		UD:Örselenmemiş Numune									
N = 3 - 4		Yumuşak		N = 5 - 10		Gevşek		% 10-20		Az		D : Örselenmiş Numune									
N = 5 - 8		Orta katı		N = 11 - 30		Orta sıkı		% 20-35		Çok		SPT : Standart Penetrasyon Deneyi									
N = 9 - 15		Katı		N = 31 - 50		Sıkı		% 35>		Ve		Pr. : Presiyometre Deneyi									
N = 16 - 30		Çok katı		N > 50		Çok sıkı						KN : Karot Numunesi									
N > 30		Sert										VST : Veyn Deneyi									
AYRIŞMA		DAYANIMLILIK		KIRIKLAR / 30 cm		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD															
I: TAZE		I: ÇOK ZAYIF		<1		SEYREK		% 0-25		ÇOK KÖTÜ											
II: AZ AYRIŞMIŞ		II: ZAYIF		1-2		ORTA		% 25 -50		KÖTÜ											
III: ORTA DER. AYRIŞMIŞ		III: ORTA ZAYIF		2-10		SIK		% 50-75		ORTA											
IV: ÇOK AYRIŞMIŞ		IV: DAYANIMLI		10-20		ÇOK SIK		% 75-90		İYİ											
V TAMAMEN AYRIŞMIŞ		V: ÇOK DAYANIMLI		>20		PARÇALI		% 90-100		ÇOK İYİ											
LOGU YAPAN/KONTROL				ONAY				TARİH													
YASEMİN SAĞLAM																					

[illegible]

EK-2 (Devam). Sondaj logu

SONDAJ LOGU															Sayfa	8							
															Sondaj No	GŞ-02							
PROJE ADI			YENİ ZİGANA TÜNELİ ARAŞTIRMA SONDAJLARI																				
SONDAJ YERİ			HİZMET KUYUSU-2			KOORDİNAT Y						529922.17											
SONDAJ DERİNLİĞİ			220 m			KOORDİNAT X						4502342.74											
SONDAJ KOTU			1458.087 m			BAŞLANGIÇ TARİHİ						22.6.2017											
MUH.BORUSU DERİNLİĞİ			6 m			BİTİŞ TARİHİ						26.6.2017											
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.			CSK 350 & Rotary Sulu			DELİK ÇAPI						76 mm											
SONDAJ MAK. Ve YÖNT.			CSK 350 & Rotary Sulu			TOPLAM (Adet)																	
Sondaj Derinliği (m)	Y.S.S. Seviyesi	Numune Tipi ve No.	Numune Derinliği	YERİNDE DENEYLER												JEO TEKNİK TANIMLAMA	PROFİL	DAYANIMLILIK	AYRIŞMA	KIRIK / 30 cm	KAROT TCR %	KAROT SCR %	RQD %
				SPT DENEYİ										Pr. VST Per m									
				DARBE SAYISI		N	SPT GRAFİĞİ																
				0-15 cm	15-30 cm		30-45 cm	30 cm için	10	20	30	40	50										
182															181.00-191.00 DASITIK TÜF Beyazımsı bej renkli yer yer saçınım halinde pirit mineralleri içeren masif görünümlü orta derecede ayrışmış		II	II	I-2	100	100	100	100
183																	II	II	I-2	100	100	100	100
184																	II	II	I-2	100	100	100	100
185																	II	II	I-2	100	100	100	100
186																	II	II	I-2	100	100	100	100
187																	II	II	I-2	100	100	100	100
188																	II	II	I-2	100	100	100	100
189																	II	II	I-2	100	100	100	100
190																	II	II	I-2	100	100	100	100
191																	I	I	I-2	100	97	97	100
192															I	I	I-2	100	100	97	100		
193															I	I	I-2	100	97	97	97		
194															I	I	I-2	100	97	97	97		
195															I	I	I-2	100	97	97	97		
196															I	I	I-2	100	100	100	100		
197															I	I	I-2	100	100	100	100		
198															I	I	I-2	100	100	100	100		
199															I	I	I-2	100	100	100	100		
200															I-II	I-II	I-2	100	95	95	100		
201															I-II	I-II	I-2	100	95	95	100		
202															I-II	I-II	I-2	100	95	95	100		
203															I-II	I-II	I-2	100	95	95	100		
204															I-II	I-II	I-2	100	100	100	100		
205															I-II	I-II	I-2	100	100	100	100		
206															I-II	I-II	I-2	100	100	100	100		
207															I-II	I-II	I-2	100	100	100	100		
KIVAM DURUMU / (İnce daneli)				SIKILIK / (İri daneli)				ORANLAR				AÇIKLAMALAR											
N = 0 - 2		Çok yumuşak		N = 0 - 4		Çok gevşek		% 5>		Pek Az		UD:Örselenmemiş Numune											
N = 3 - 4		Yumuşak		N = 5 - 10		Gevşek		% 10-20		Az		D : Örselenmiş Numune											
N = 5 - 8		Orta katı		N = 11 - 30		Orta sıkı		% 20-35		Çok		SPT : Standart Penetrasyon Deneyi											
N = 9 - 15		Katı		N = 31 - 50		Sıkı		% 35>		Ve		Pr. : Presiyometre Deneyi											
N = 16 - 30		Çok katı		N > 50		Çok sıkı						KN : Karot Numunesi											
N > 30		Sert										VST : Veyn Deneyi											
AYRIŞMA				DAYANIMLILIK				KIRIKLAR / 30 cm				KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD											
I: TAZE				I: ÇOK ZAYIF				<1 SEYREK				% 0-25 ÇOK KÖTÜ											
II: AZ AYRIŞMIŞ				II: ZAYIF				1-2 ORTA				% 25 -50 KÖTÜ											
III: ORTA DER. AYRIŞMIŞ				III: ORTA ZAYIF				2-10 SIK				% 50-75 ORTA											
IV: ÇOK AYRIŞMIŞ				IV: DAYANIMLI				10-20 ÇOK SIK				% 75-90 İYİ											
V TAMAMEN AYRIŞMIŞ				V: ÇOK DAYANIMLI				>20 PARÇALI				% 90-100 ÇOK İYİ											
LOGU YAPAN/KONTROL						ONAY						TARİH											
YASEMİN SAĞLAM																							

[illegible]

ÖZGEÇMİŞ

Ümit Cihat TARAKÇI, 05/08/1983 tarihinde Ankara’da doğdu. İlköğrenimini 1993 yılında Ankara Seyranbağları İlköğretim Okulu’nda ve ortaöğrenimini 1999 yılında Ankara Kocatepe Mimar Kemal Lisesi’nde tamamladı. 02/10/2002 yılında başladığı lisans öncesi İngilizce hazırlık programını ve lisans eğitimini 09/02/2009 tarihinde Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde tamamladı. 10/07/2015 tarihinde Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başladığı yüksek lisans öğrenimini halen devam ettirmektedir. Yeni Zigana Tüneli Projesi’nde B sınıfı İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı olarak çalışmaktadır. Orta derecede İngilizce bilen Ümit Cihat TARAKÇI, evli ve bir çocuk babasıdır.