

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAÇKA (TRABZON) TÜNELİ DESTEK SİSTEMLERİNİN
GÖRGÜL VE SAYISAL ANALİZİ**

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Mustafa KANIK

(121116201)

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Programı: Uygulamalı Jeoloji

Eylül – 2015

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAÇKA (TRABZON) TÜNELİ DESTEK SİSTEMLERİNİN
GÖRGÜL VE SAYISAL ANALİZİ**

DOKTORA TEZİ

**Yük. Müh. Mustafa KANIK
(121116201)**

**Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği
Programı: Uygulamalı Jeoloji**

Danışman: Doç. Dr. Zülfü GÜROCAK

Eylül – 2015

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAÇKA (TRABZON) TÜNELİ DESTEK SİSTEMLERİNİN GÖRGÜL VE SAYISAL ANALİZİ

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Mustafa KANIK
(121116201)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 03 Ağustos 2015

Tezin Savunulduğu Tarih: 07 Eylül 2015

Tez Danışman: Doç. Dr. Zülfü GÜROCAK

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Muhammet Emin EMİROĞLU

Doç. Dr. Osman GÜNAYDIN

Doç. Dr. Hakan ERSOY

Yrd. Doç. Dr. Özlem Öztekin OKAN

Eylül - 2015

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAÇKA (TRABZON) TÜNELİ DESTEK SİSTEMLERİNİN
GÖRGÜL VE SAYISAL ANALİZİ**

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Mustafa KANIK

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Programı: Uygulamalı Jeoloji

Eylül - 2015

ÖNSÖZ

“Maçka (Trabzon) Tüneli Destek Sistemlerinin Görgül ve Sayısal Analizi” başlıklı bu çalışma Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji bilim dalında doktora tez çalışması olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanı olarak çalışmanın tüm aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen, gerekli ortamı hazırlayarak karşılaşılan güçlüklerin aşılmasından yol gösterici olan Sayın Doç. Dr. Zülfü GÜROCAK’a teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmaları esnasında yardımlarının esirgemeyen bölümümüz teknik elemanlarından Tuncay ÖZDEMİR ve Fuat İSTEK’e teşekkür ederim.

Tez çalışmasının belirli aşamalarında yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Ayberk KAYA’ya, Yrd. Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ’a, arazi çalışmaları süresince desteklerini gördüğüm değerli dostum Jeoloji Mühendisi Hasan ZENGİN’e ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Muhammet Oğuz SÜNNETÇİ’ye teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmalarım boyunca bölümde üzerimde bulunan görevleri hafifleten Arş. Gör. Yasemin ASLAN TOPÇUOĞLU’na da teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması boyunca manevi desteğini esirgemeyen ailemin de parçası olan Doç. Dr. Hakan ERSOY’a, annem, babam, kardeşlerime ve hep yanımda olan eşim ve oğluma şükranlarımı sunarım.

Mustafa KANIK
ELAZIĞ-2015

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET	VI
SUMMARY	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	XVI
KISALTMALAR.....	XIX
SEMBOLLER.....	XX
EKLER LİSTESİ.....	XXII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı	1
1.3. Çalışma Alanının Genel Özellikleri	2
1.3.1. Coğrafi Durum.....	2
1.3.2. Yerleşim ve Ulaşım	2
1.3.3. İklim ve Bitki Örtüsü.....	3
1.4. Bölgenin Depremselliği.....	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
3. BÖLGESEL JEOLojİ	11
4. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLojİSİ	14
4.1. Çatak Formasyonu.....	14
4.1.1. Tanım.....	14
4.1.2. Dağılım ve Konum	14
4.1.3. Litoloji	17

4.1.4. Yaş.....	17
4.1.5. Oluşum Ortamı	18
4.2. Maçka Formasyonu	19
4.2.1. Tanım.....	19
4.2.2. Dağılım ve Konum	19
4.2.3. Litoloji	19
4.2.4. Yaş.....	19
4.2.5. Oluşum Ortamı	20
4.3. Esiroğlu Formasyonu.....	20
4.3.1. Tanım.....	20
4.3.2. Dağılım ve Konum	21
4.3.3. Litoloji	21
4.3.4. Yaş.....	22
4.3.5. Oluşum Ortamı	23
4.4. Kaçkar Riyodasiti	23
4.4.1. Tanım.....	23
4.4.2. Dağılım ve Konum	23
4.4.3. Litoloji	23
4.4.4. Yaş.....	24
4.4.5. Oluşum Ortamı	24
4.5. Yamaç Molozu	24
4.6. Alüvyon	25
5. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ.....	26
5.1. Arazi Çalışmaları.....	26
5.1.1. Süreksizliklerin Mühendislik Özellikleri ve Hat Etüdü Çalışmaları	27
5.1.2. Süreksizlik Yönelimi	27
5.1.3. Süreksizlik Aralığı.....	31

5.1.4. Süreksizlik Açıklığı	34
5.1.5. Süreksizliklerin Devamlılığı.....	36
5.1.6. Süreksizlik Pürüzlülüğü ve Dalgallılığı.....	41
5.1.7. Süreksizlik dolgusu	42
5.1.8. Süreksizlik Yüzeyinin Bozunma Derecesi	43
5.1.9. Süreksizlik Yüzeylerindeki Su Durumu	44
5.2. Jeoteknik Amaçlı Sondajlar.....	44
5.2.1. Toplam Karot Verimi (TKV, %)	45
5.2.2. Kaya Kalite Göstergesi (RQD, %)	45
5.2.3. Bozunma Derecesi	46
5.3. Presiyometre Deneyleri	47
5.4. Laboratuvar Deneyleri.....	50
5.4.1 Örnek Hazırlama.....	51
5.4.2. Fiziksel Özellikler	52
5.4.2.1. Birim Hacim Ağırlık (γ) Deneyi.....	52
5.4.3. Mekanik Özellikler	52
5.4.3.1. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi.....	52
5.4.3.2. Nokta Yüğü Dayanım İndeksi ($Is_{(50)}$) Deneyi.....	53
5.4.4. Elastik Özellikler	55
5.4.4.1. Statik Elastisite Modülü (E_i) ve Poison Oranı (ν)	55
5.5. Kaya Kütle Sınıflamaları	57
5.5.1. Jeomekanik Kaya Kütle Sınıflaması (RMR).....	58
5.5.2. Kaya Kütle Kalitesi Sınıflama Sistemi (Q)	68
5.5.3. Kaya Kütle İndeksi (RMi) Sınıflama Sistemi	78
5.5.4. GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi) Sistemi	87
5.5.5. NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi) Sınıflama Sistemi.....	88
6. SAYISAL ANALİZLER	93

6.1. Desteksiz Durum İçin Yapılan Sayısal Analizler	96
6.2. Desteklemeden Sonraki Durum İçin Yapılan Sayısal Analizler	101
6.2.1. RMR ₈₉ Sınıflama Sisteminden Elde Edilen Destek Sistemleri İçin Yapılan Sayısal Analizler	102
6.2.2. Q Sınıflama Sisteminden Elde Edilen Destek Sistemlerinin Uygulanması Durumu İçin Yapılan Sayısal Analizler	112
6.2.3. R _{Mi} Sınıflama Sisteminden Elde Edilen Destek Sistemleri için Yapılan Sayısal Analizler.....	122
6.3. Optimum Destek Sistemlerinin Belirlenmesi ve Bu Destek Sistemleri İçin Yapılan Sayısal Analizler	132
6.4. Önerilen Destek Elemanlarının RMR, R _{Mi} , Q Sınıflama Sistemlerinden Elde Edilen Destek Elemanları İle Karşılaştırılması	137
7. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	143
KAYNAKLAR.....	152
EKLER	160
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Bu çalışmada Maçka Tüneli güzergâhındaki kayaçların mühendislik özellikleri ve kazı sırasında kullanılacak optimum destek sistemlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Görgül yöntemler kullanılarak belirlenen destek sistemlerinin güvenilirliği ise sayısal analizler ile değerlendirilmiştir.

Tünel güzergâhındaki birimler yaşlıdan gence doğru, Erken Turoniyen yaşlı Çatak Formasyonu, Turoniyen-Santoniyen yaşlı Maçka Formasyonu, Turoniyen-Santoniyen yaşlı Esiroğlu Formasyonu, Erken Kampaniyen yaşlı Kaçkar Riyodasiti'dir. Toplam uzunluğu 5492 m olan tünel kazısının tek tûpünde yapılacak kazının 236 m'si Esiroğlu Formasyonu'nda, 1410 m si Kaçkar Riyodasiti'nde, 1125 m'si ise Çatak Formasyonu'nda yapılacaktır.

Tüm çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında, tünel güzergâhının detaylı jeolojik haritası yapılmış, süreksizliklerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hat etütleri gerçekleştirilmiş, jeoteknik amaçlı sondajlara ait karotlar incelenerek Kaya Kalite Göstergesi (RQD), toplam karot verimi (TKV) ve bozunma derecesi (W) belirlenmiş ve laboratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere karot örnekler derlenmiştir. Laboratuvar çalışmaları ile kaya malzemesinin fiziksel, mekanik ve elastik özelliklerini belirlemek için jeomekanik deneyler yapılmıştır. Büro çalışmalarında arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak, tünel güzergâhındaki kaya kütleleri görgül Kaya Kütle Sınıflaması (RMR_{89}), Kaya Kütle İndeksi (RMi), Kaya Kütle Kalitesi (Q), Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) ve Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu (NATM) sınıflama sistemleri kullanılarak sınıflandırılmıştır. RMR , Q ve RMi sınıflama sistemlerinin önerdiği destek sistemlerinin uygulanabilirlikleri, kazıdan sonra tünel etrafında oluşan plastik zonun kalınlığı ve yer değiştirme miktarlarına etkileri Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) kullanılarak sayısal olarak analiz edilmiştir. Sayısal analizlere ait sonuçlar dikkate alınarak tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için optimum destek sistemleri belirlenmiştir.

Sayısal analiz sonuçlarına göre; tavan bölgesinde genel olarak RMR_{89} sınıflama sisteminin önerdiği püskürtme beton kalınlıkları ve Q sınıflama sisteminin önerdiği kaya bulonu aralıkları bu çalışmada önerilen destek sistemiyle benzerlik göstermektedir. Duvarda ise Q sınıflama sisteminin önerdiği kaya bulonu aralıkları, RMi sınıflama sisteminin önerdiği kaya bulonu uzunlukları ve RMR_{89} sınıflama sisteminin önerdiği püskürtme beton kalınlıkları bu çalışmada önerilen destek sistemleri ile benzerdir. Bu çalışmada önerilen optimum destek sistemleri RMR_{89} , Q ve RMi sınıflama sistemlerinin önerdiği destek sistemleri karşılaştırıldığında, bu çalışmada önerilen destek sistemlerinin en fazla RMi sınıflama sisteminin önerdiği destek sistemleri ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Destek sistemleri, Maçka Tüneli, Q, RMR , RMi , Sayısal Analiz, Tünel

EMPIRICAL AND NUMERICAL ANALYSES OF SUPPORT SYSTEMS OF MACKA (TRABZON) TUNNEL

In this study, the engineering properties of the rock masses along the Macka Tunnel route and the optimum support systems will be used during excavation are aimed to determine. The reliability of the support systems obtained from empirical methods is evaluated by numerical analysis.

The units at the study area are Early Turonien aged Çatak Formation, Turonien-Santonien aged Maçka Formation, Turonien-Santonien aged Esiroglu Formation and Early Campanien aged Kackar Rhyodacite. 236 m of the excavation will be carried out in Esiroglu Formation, 1410 m in Kackar Rhyodacite and 1125 m in Catak Formation.

Studies were carried out three stages as field, laboratory and office studies. By the field studies, detailed geological map of the tunnel route was done, line surveys were carried out to determine the engineering properties of discontinuities. Drilling cores were examined thus Rock Quality Design (RQD), total core recovery (TCR) and weathering degree (W) of the rock masses were determined. Also, core samples were taken for laboratory studies. By the laboratory studies, mechanical, physical and elastic properties of the rock materials were defined. During the office studies, the rock masses along the tunnel route were classified by Rock Mass Rating (RMR_{89}), Rock Mass Index (RMi), Rock Mass Quality (Q), Geological Strength Index (GSI) and New Australian Tunneling Method (NATM) with the data obtained from both field and laboratory studies. The applicability of the support systems suggested by RMR_{89} , Q and RMi, thickness of the plastic zone and the effect of the displacements around the tunnel were analyzed numerically by using Finite Elements Method (FEM). Optimum support systems were defined considering the results of numerical analyses.

According to the results of numerical analyses; for the crown of the tunnel, shotcrete thickness suggested by RMR_{89} classification system and the bolt spacing suggested by Q classification system are similar to one which is suggested in this study. For the walls; bolt spacing of Q classification system, bolt length of RMi classification system and shotcrete thickness of RMR_{89} classification system are similar to one which is suggested by this study. When the support systems suggested in this study are compared with support systems suggested by RMR, Q and RMi classification systems, it was determined that the support system suggested in this study were compatible with the support systems suggested by RMi classification system.

Key Words: Macka Tunnel, Numerical Analyses, Q, RMR, RMi, Support Systems, Tunnel

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yer belirleme haritası	3
Şekil 1.2. Trabzon meteoroloji gözlem istasyonu verilerine göre ortalama sıcaklık ve ortalama yağış değerlerinin grafik gösterimi	4
Şekil 1.3. Trabzon ili ve çevresi deprem bölgeleri haritası	5
Şekil 3.1. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin jeoloji haritası	13
Şekil 4.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti	15
Şekil 4.2. Çalışma alanının genel jeoloji haritası	16
Şekil 4.3. Çatak formasyonu a) Kumtaşları b) Volkanik breş (KrKçVb) ve andezitik (KrKçA) lav sınırı c) Marn (KrKçMr) ara katkılı kireçtaşı (KrKçKç) d) Piroklastlardan (KrKçP) bir görünüm	18
Şekil 4.4. Maçka Formasyonu kırmızı kireçtaşlarından bir görünüm	20
Şekil 4.5. Esiroğlu Formasyonu a) piroklastit(KrKeP) ve kireçtaşı(KrKeKç) sınırı, b) Bazaltlar, c) Kireçtaşı (Kekç) andezitik lav (KrKeA) sınırı d) Kireçtaşından bir görünüm	22
Şekil 4.6. Kaçkar Riyodasiti'nin arazideki görünümü	24
Şekil 5.1. Kaçkar Riyodasiti üzerinde hat etüdü çalışması için belirlenmiş yatay hat	28
Şekil 5.2. Kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklerin özelliklerini tanımlayan parametreleri gösteren blok diyagram	28
Şekil 5.3. Kaya kütle özelliklerini tanımlayan parametreler	29
Şekil 5.4. Çatak Formasyonu'ndan alınan eklem yönelimi ölçülerine ait kontur diyagramı	29
Şekil 5.5. Esiroğlu Formasyonu'ndan alınan eklem yönelimi ölçülerine ait kontur diyagramı	30
Şekil 5.6. Kaçkar Riyodasiti'nden alınan eklem yönelimi ölçülerine ait kontur diyagramı	30
Şekil 5.7. Çatak Formasyonu'na ait süreksizliklerin ara uzaklık histogramları	32
Şekil 5.8. Esiroğlu Formasyonu'na ait süreksizliklerin ara uzaklık histogramları	32
Şekil 5.9. Kaçkar Riyodasiti'ne ait süreksizlik ara uzaklığı histogramları	34
Şekil 5.10. Kapalı, açık ve dolgulu süreksizlikler	34
Şekil 5.11. Çatak Formasyonu'na ait süreksizlik açıklığı histogramları	35
Şekil 5.12. Esiroğlu Formasyonu'na ait süreksizlik açıklığı histogramları	35
Şekil 5.13. Kaçkar Riyodasiti'ne ait süreksizlik açıklığı histogramları	36
Şekil 5.14. Çatak Formasyonu'na ait süreksizliklerin devamlılık histogramları	38
Şekil 5.15. Esiroğlu Formasyonu'na ait süreksizliklerin devamlılık histogramları	38

Şekil 5.16. Kaçkar Riyodasiti'ne ait süreksizliklerin devamlılık histogramları.....	39
Şekil 5.17. Pürüzlülük profilleri ve bunlara karşılık gelen JRC (eklem pürüzlülük katsayısı) değerleri aralığı.....	42
Şekil 5.18. Çatak Formasyonu marn ara katkıları içerisinde görünen kalsit dolgu	43
Şekil 5.19. Tünel güzergâhında geçilecek birimlerin toplam karot verimi (%).....	45
Şekil 5.20. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerinin RQD değerleri (%)	46
Şekil 5.21. Tünel güzergâhındaki birimlerin bozunma derecelerine ait histogramlar	47
Şekil 5.22. Menard GA tipi presiyometre deney aleti ve ekipmanı	49
Şekil 5.23. Tünel güzergâhındaki birimlerin deformasyon modülü (E_m) histogramları	49
Şekil 5.24. Karotların deneye hazır hale getirilmeden önceki kesilme işlemi yapılırken ...	51
Şekil 5.25. Nokta yük dayanımı belirlenmesinde kullanılan numuneler ve deney aleti	54
Şekil 5.26. Deformasyon ölçerler yapıştırıldıktan sonra karottan bir görünüm.....	56
Şekil 5.27. Elastisite modülü ve poisson oranı belirlenmesi	57
Şekil 5.28. Tünel güzergâhı ve sondaj yerlerini gösteren jeolojik kesit.....	59
Şekil 5.29. RMR89 sisteminin tek eksenli sıkışma dayanımı, süreksizlik aralığı ve RQD parametrelerine ait puanları tanımlama grafikleri	61
Şekil 5.30. RMR89 puanın hesaplanma aşamalarını gösteren akış şeması.....	62
Şekil 5.31. RMR14 puanının hesaplanma aşamalarını gösteren akış şeması.....	65
Şekil 5.32. Tünel tavanı için Q sistemi tarafından önerilen destek sistemlerinin belirlenmesi.....	74
Şekil 5.33. Tünel duvarı için Q sistemi tarafından önerilen destek sistemlerinin belirlenmesi.....	75
Şekil 5.34. R _{Mi} sınıflama sisteminin tünel tavanı için önerdiği kaya bulonu aralığı ve püskürtme beton kalınlığının belirlenmesi	84
Şekil 5.35. R _{Mi} sınıflama sisteminin tünel duvarı için önerdiği kaya bulonu aralığı ve püskürtme beton kalınlığının belirlenmesi	85
Şekil 5.36. GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi) abağı	88
Şekil 5.37. NATM, RMR ve Q kaya kütle sınıflamalarının eşleştirilmesi	91
Şekil 6.1. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için yapılan desteksiz durum analizi ile plastik zonun belirlenmesi.....	97
Şekil 6.2. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için yapılan desteksiz durum analizi ile plastik zonun belirlenmesi.....	97
Şekil 6.3. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için yapılan desteksiz durum analizi ile plastik zonun belirlenmesi.....	97
Şekil 6.4. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için yapılan desteksiz durum analizi ile plastik zonun belirlenmesi.....	98
Şekil 6.5. Çatak Formasyonu (SK 7) için yapılan desteksiz durum analizi ile plastik zonun belirlenmesi.....	98

Şekil 6.6. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için yapılan desteksiz durum analizi ile yer değiştirmenin belirlenmesi.....	98
Şekil 6.7. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için yapılan desteksiz durum analizi ile yer değiştirmenin belirlenmesi.....	99
Şekil 6.8. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için yapılan desteksiz durum analizi ile yer değiştirmenin belirlenmesi.....	99
Şekil 6.9. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için yapılan desteksiz durum analizi ile yer değiştirmenin belirlenmesi.....	99
Şekil 6.10. Çatak Formasyonu (SK 7) için yapılan desteksiz durum analizi ile yer değiştirmenin belirlenmesi.....	100
Şekil 6.11. Esiroğlu Formasyonu için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	102
Şekil 6.12. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	103
Şekil 6.13. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	103
Şekil 6.14. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	103
Şekil 6.15. Çatak Formasyonu (SK 7) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	104
Şekil 6.16. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	104
Şekil 6.17. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	104
Şekil 6.18. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	105
Şekil 6.19. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	105
Şekil 6.20. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	105
Şekil 6.21. Esiroğlu Formasyonu için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	107

Şekil 6.22. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	108
Şekil 6.23. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	108
Şekil 6.24. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	108
Şekil 6.25. Çatak Formasyonu (SK 7) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	109
Şekil 6.26. Esiroğlu Formasyonu için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yerdeğiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	109
Şekil 6.27. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yerdeğiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	109
Şekil 6.28. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yerdeğiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	110
Şekil 6.29. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler	110
Şekil 6.30. Kaçkar Riyodasiti (SK 7) için RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler	110
Şekil 6.31. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	113
Şekil 6.32. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	113
Şekil 6.33. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	113
Şekil 6.34. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	114
Şekil 6.35. Çatak Formasyonu (SK 7) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	114

Şekil 6.36. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	114
Şekil 6.37. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	115
Şekil 6.38. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	115
Şekil 6.39. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	115
Şekil 6.40. Çatak Formasyonu (SK 7) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	116
Şekil 6.41. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	118
Şekil 6.42. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	118
Şekil 6.43. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	118
Şekil 6.44. Çatak Formasyonu (SK 7) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	119
Şekil 6.45. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler	119
Şekil 6.46. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler	119
Şekil 6.47. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler	120
Şekil 6.48. Çatak Formasyonu (SK 7) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler	120
Şekil 6.49. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	122

Şekil 6.50. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	122
Şekil 6.51. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	123
Şekil 6.52. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	123
Şekil 6.53. Çatak Formasyonu (SK 7) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	123
Şekil 6.54. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	124
Şekil 6.55. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	124
Şekil 6.56. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	124
Şekil 6.57. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	125
Şekil 6.58. Çatak Formasyonu (SK 7) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler.....	125
Şekil 6.59. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	127
Şekil 6.60. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	127
Şekil 6.61. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	128
Şekil 6.62. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	128
Şekil 6.63. Çatak Formasyonu (SK 7) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	128

Şekil 6.64. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler	129
Şekil 6.65. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler	129
Şekil 6.66. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler	129
Şekil 6.67. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler	130
Şekil 6.68. Çatak Formasyonu (SK 7) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler	130
Şekil 6.69. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	133
Şekil 6.70. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler	133
Şekil 6.71. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	133
Şekil 6.72. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	134
Şekil 6.73. Çatak Formasyonu (SK 7) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler.....	134
Şekil 6.74. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra yer değiştirmelerde meydana gelen değişimler.....	134
Şekil 6.75. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra yer değiştirmelerde meydana gelen değişimler	135
Şekil 6.76. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra yer değiştirmelerde meydana gelen değişimler.....	135
Şekil 6.77. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra yer değiştirmelerde meydana gelen değişimler.....	135
Şekil 6.78. Çatak Formasyonu (SK 7) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra yer değiştirmelerde meydana gelen değişimler.....	136
Şekil 6.79. Tüm destek önerilerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığındaki değişimler	140

Şekil 6.80. Tüm destek önerilerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme değerlerindeki değişimler	141
---	-----

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Trabzon meteoroloji gözlem istasyonu verilerine göre meteorolojik elemanlar (Rasat Süresi – Sıcaklık 1929—2000, Yağış 1931—2000)	4
Tablo 5.1. Çalışma alanındaki birimlerin yönelimleri	31
Tablo 5.2. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklere ait ara uzaklığı değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (2007) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi	33
Tablo 5.3. Tünel güzergâhında geçilecek olan formasyonlara ait süreksizlik açıklığı değerleri ve bu değerlerin ISRM (2007) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi	37
Tablo 5.4. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerini içerdiği süreksizliklere ait devamlılık değerleri ve bu değerlerin ISRM (2007) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi	40
Tablo 5.5. Tünel güzergâhındaki formasyonlara ait süreksizlik yüzeylerinin dalgallılık ve ortalama JRC değerleri	42
Tablo 5.6. RQD ile kayanın mühendislik kalitesi arasındaki ilişki	46
Tablo 5.7. Tünel güzergâhında geçilecek birimlerin bozunma derecesi dağılımı	47
Tablo 5.8. Presiyometre deneyinde kullanılan prob tipi ve boyutları	48
Tablo 5.9. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerine ait deformasyon modülü (E_m) değerleri	50
Tablo 5.10. Laboratuvar deneylerine ait istatistiksel sonuçlar	55
Tablo 5.11. RMR kaya kütlesi sınıflama sistemine ait parametreler ve puanlama tablosu	60
Tablo 5.12. Tünelde süreksizlik eğim ve eğim yönünün etkisi (Bieniawski, 1989)	61
Tablo 5.13. RMR sınıflama sistemine göre kaya sınıfları ve puanları (Bieniawski, 1989)	62
Tablo 5.14. RMR sistemine göre tünel kazıları ve destekleri için kılavuz	63
Tablo 5.15. RMR kaya kütlesi sınıflama parametrelerinin puanlama tablosu	64
Tablo 5.16. Maçka tünel güzergâhı için yapılan RMR_{89} puanlama tablosu	66
Tablo 5.17. Tünel güzergâhı RMR_{89} ön destek tasarımı sistemleri	67
Tablo 5.18. Kaya kalite göstergesi - %RQD	69
Tablo 5.19. Süreksizlik takımı sayısı – J_n	69
Tablo 5.20. Süreksizlik pürüzlülük sayısı - J_r	70
Tablo 5.21. Süreksizlik yüzeyi bozunma sayısı - J_a	70
Tablo 5.22. Gerilme azaltma faktörü - SRF	71
Tablo 5.23. Süreksizlik suyu azaltma faktörü – J_w	72
Tablo 5.24. Q değerlerine göre kaya kütle sınıflandırması	72

Tablo 5.25. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerine ait Q sınıflamaları	73
Tablo 5.26. Yeraltı kazıları için güncelleştirilmiş ESR değerleri	76
Tablo 5.27. Tünel güzergâhı boyunca geçilecek birimlerde uygulanacak Q sınıflamasına göre tavan ve duvar ön destek tasarımları	77
Tablo 5.28. Süreksizlik pürüzlülük faktörü – jR	79
Tablo 5.29. Süreksizlik uzunluk faktörü – jL	79
Tablo 5.30. Süreksizlik yüzeyi bozunma faktörü – jA	80
Tablo 5.31. R _{Mi} değerlerinin tanımlamaları	80
Tablo 5.32. R _{Mi} sınıflama sistemine ait parametrelerin puanlandırılması.....	81
Tablo 5.33. Süreksizlik yönelim faktörü – Co.....	82
Tablo 5.34. Süreksizlik takım sayısı faktörü – N _j	82
Tablo 5.35. Tavan/Duvar faktörü – C.....	82
Tablo 5.36. Gerilme seviyesi – SL	83
Tablo 5.37. Yeraltı suyu durumu – G _w	83
Tablo 5.38. Kaya kütle yapısının kenetlenme durumu – IL	83
Tablo 5.39. Tünel tavan ve duvarlarında S _r ve G _c değerlerinin belirlenmesinde kullanılan parametreler	86
Tablo 5.40. Tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için R _{Mi} sınıflama sisteminden elde edilen destek tipleri.....	87
Tablo 5.41. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi'ne göre kaya kütlelerinin sınıflandırılması	90
Tablo 5.42. NATM kaya kütle sınıflamasının Q ve RMR kaya kütle sınıflamalarına göre değerlendirilmesi	92
Tablo 5.43. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerinde NATM'a göre destek tipleri.....	92
Tablo 6.1. Sayısal analizlerde kullanılan jeoteknik birimlere ait veriler	95
Tablo 6.2. Desteksiz durumlarda meydana gelecek olan maksimum yer değiştirmeler ve plastik zonun maksimum kalınlıkları.....	100
Tablo 6.3. Sayısal analizlerde kullanılan destek elemanlarının karakteristik özellikleri..	102
Tablo 6.4. RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra maksimum yer değiştirme miktarları ile plastik zonun maksimum kalınlıkları.....	106
Tablo 6.5. RMR ₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra elde edilen maksimum yer değiştirme miktarları ile plastik zonun maksimum kalınlıkları.....	111
Tablo 6.6. Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra maksimum yer değiştirme miktarları ile plastik zonun maksimum kalınlıkları.....	116

Tablo 6.7. Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra elde edilen maksimum yer değiştirme miktarları ile plastik zonun maksimum kalınlıkları.....	120
Tablo 6.8. RMi sistemine göre kaya bulonu uygulanması ile elde edilen maksimum yer değiştirme miktarları ile plastik zonun maksimum kalınlıkları.....	125
Tablo 6.9. RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra maksimum yer değiştirme miktarları ile plastik zonun maksimum kalınlıkları	130
Tablo 6.10. Maçka tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için önerilen destek sistemleri..	132
Tablo 6.11. Maçka Tüneli kaya kütleleri için önerilen destek sistemlerinin uygulanmasından sonra oluşan plastik zonun kalınlıkları ve yer değiştirme değerleri	136

KISALTMALAR

AIGM	: Afet İşleri Genel Müdürlüğü
ESR	: Kazı destek oranı
GSI	: Jeolojik Dayanım İndeksi
GSI_r	: Artık Jeolojik Dayanım İndeksi
ISRM	: International Society of Rock Mechanics
JRC	: Eklem pürüzlülük katsayısı
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
MTA	: Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü
NATM	: Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu
Q	: Kaya Kütle Kalitesi
Q'	: Modifiye Kaya Kütle Kalitesi
Q_c	: Normalize Q
RM_i	: Kaya kütle indeksi
RMR	: Kaya kütle puanlaması
RQD	: Kaya kalite göstergesi
SK	: Sondaj kuyusu
SCR	: Süreksizlik yüzey koşulu puanı
SR	: Yapısal özellik puanı
SRF	: Gerilme azaltma faktörü
TKV	: Toplam karot verimi
W	: Bozunma derecesi

SEMBOLLER

a	: Kaya kütle sabiti
a_r	: Artık kaya kütle sabiti
B	: Kazı eni
B_{max}	: En büyük desteksiz açıklık
D	: Örselenme faktörü
D_b	: Blok çapı
D_t	: Kazı eni
D_e	: Eşdeğer boyut
E_m	: Kaya kütle deformasyon modülü
E_i	: Kaya malzemesinin elastisite modülü
G	: Jeotermik gradyan
H	: Kazı yüksekliği
Is₍₅₀₎	: Düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksi
Is	: Düzeltilmemiş nokta yük dayanım indeksi
Ja	: Süreksizlik yüzeyi bozunma değeri
jA	: Süreksizlik yüzeyi bozunma faktörü
jC	: Süreksizlik faktörü
jL	: Süreksizlik uzunluk faktörü
Jn	: Eklem takımı sayısı
JP	: Eklem dayanım azaltma faktörü
Jr	: Eklem pürüzlülük değeri
jR	: Süreksizlik pürüzlülük faktörü
J_v	: Hacimsel eklem sayısı
J_w	: Süreksizlik suyu azaltma faktörü
L_b	: Kaya bulonu uzunluğu
m_b	: Kaya kütle sabiti
m_{br}	: Artık kaya kütle sabiti
m_i	: Kaya malzemesi sabiti
Rf	: Dolgu puanı
Rr	: Pürüzlülük puanı

R_w	: Bozunma puanı
s	: Kaya kütle sabiti
S_{max}	: Bloğun en uzun kenar uzunluğu
S_{min}	: Bloğun en kısa kenar uzunluğu
s_r	: Artık kaya kütle sabiti
T_{pl}	: Plastik zon kalınlığı
U_t	: Toplam yer değiştirme miktarı
V_b	: Blok hacmi
W_t	: Duvar yüksekliği
β	: Blok şekli faktörü
σ₁	: En büyük asal gerilme
σ₃	: En küçük asal gerilme
σ_{cd}	: D çapındaki bir örneğin tek eksenli sıkışma dayanımı
σ_{ci}	: Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı
σ_{cm}	: Kaya kütlelerinin tek eksenli basınç dayanımı
σ_{cr}	: Artık tek eksenli basınç dayanımı
σ_h	: Örselenmemiş yatay gerilme
σ_v	: Düşey gerilme
γ	: Birim hacim ağırlık
ν	: Poisson oranı

EKLER LİSTESİ

EK 1. Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar

EK 2. Laboratuvar deney sonuçları

EK 3. Elastisite modülü grafikleri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Türkiye’de büyüyen ve küreselleşen ekonomi ve buna bağlı olarak artan araç sayısı ülkede kaliteli ve ekonomik yol ihtiyacını arttırmıştır. Türkiye’nin coğrafyası dikkate alındığında, özellikle dağlık bölgelerde uluslararası standartlara sahip yolların inşa edilmesi sırasında mühendislik yapılarına da ihtiyaç duyulması nedeniyle maliyet oldukça yüksektir. Karayolu tünelleri bu mühendislik yapılarının başında gelmektedir ve son yıllarda sayıları giderek artmaktadır.

Tüneller, yapımı planlanan bölge ve özellikle o bölgede yüzeyleyen kayaçların jeoteknik özelliklerine göre değişkenlik gösteren en önemli mühendislik yapılarıdır ve oldukça yüksek maliyetlere sahiptir. Bu nedenle en ekonomik destek, kazı tipi kullanılarak en düşük maliyetlerle inşa edilmelidirler ki; mesafelerin kısaltılmasından elde edilecek kazanımlardan ziyade ekonomiye de daha kısa süre içerisinde katkı sağlayabilsinler. Bu açıdan bakıldığında, tünel güzergâhları boyunca yapılacak olan mühendislik jeolojisi çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmaların detaylı, gerçekçi ve aynı zamanda güncel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmesi, tünelin hem güvenilir hem de ekonomik olarak inşası açısından gereklidir. Tünelcilikte gerçekçi, güvenilir ve ekonomik bir tasarımın yapılabilmesi geleneksel görgül yöntemler ile birlikte son yıllarda önemli bir gelişme gösteren sayısal analiz yöntemlerinin kullanılmasını da gerektirmektedir.

Bu çalışmaya konu olarak seçilen Maçka Tüneli (Trabzon), Doğu Karadeniz’de zor olan karayolu ulaşımını rahatlatmak ve uluslararası standartlara kavuşturmak amacıyla tasarlanmış bir tünel projesidir ve toplamda 5492 m uzunluğunda, 12 m genişlik ve 8 m yüksekliğe sahip iki tüpten oluşacaktır. Projenin gerçekleştirilmesi sonucunda Gümüşhane ili ile Trabzon ili arasındaki ulaşım daha kolay bir şekilde sağlanmış olacaktır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bir tünelin geleneksel olarak tasarımında ilk aşama tünel güzergâhının belirlenmesidir. Bu aşamadan sonra güzergâhta yüzeyleme veren kayaçların jeolojik ve jeoteknik özelliklerinin ortaya konulması gerekmektedir ve bu çalışmalar özellikle araştırma sondajları, laboratuvar çalışmaları, bazen de jeofizik çalışmalar yapılarak gerçekleştirilir.

Arazi çalışmaları ile elde edilen sonuçlara laboratuvar çalışmalarına ait verilerin de eklenmesi ile tünelin inşası sırasında hangi birimler içerisinde kazı yapılacağı ve kazı tipi ile kullanılacak destek tiplerinin belirlenebilmesi amacıyla kaya kütle sınıflamaları yapılarak tünel tasarımı gerçekleştirilmiş olur. Ancak, görgül olarak belirlenen destek tiplerinin gerçekte ne kadar örtüştüğünü söylemek hemen hemen imkânsızdır. Tünelde kazı çalışmalarının başlamasından önce belirlenen bu özelliklerin en gerçekçi şekilde belirlenmesi, tünelin maliyeti ve güvenilirliği açısından büyük öneme sahiptir. Bu nedenle, geleneksel yöntemler kullanılarak elde edilen tasarım sonuçlarının sayısal ortamda analiz edilerek değerlendirilmesi kaçınılmazdır.

Bu çalışmanın ana amacı, Maçka Tüneli (Trabzon) güzergahındaki kayaçların mühendislik özelliklerinin ve tünel kazısı sırasında geçilecek birimlerde kullanılacak optimum destek sistemlerinin belirlenmesidir. Görgül yöntemler kullanılarak belirlenen destek sistemlerinin güvenilirliği ise yapılacak olan sayısal analizler yardımıyla değerlendirilecek ve optimum destek sistemlerinin ortaya konulmasına çalışılacaktır. Ayrıca, görgül yöntemlerden elde edilen sonuçlar ile sayısal analizlerden elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıkların neden kaynaklandığı irdelenecektir.

1.3. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

1.3.1. Coğrafik Durum

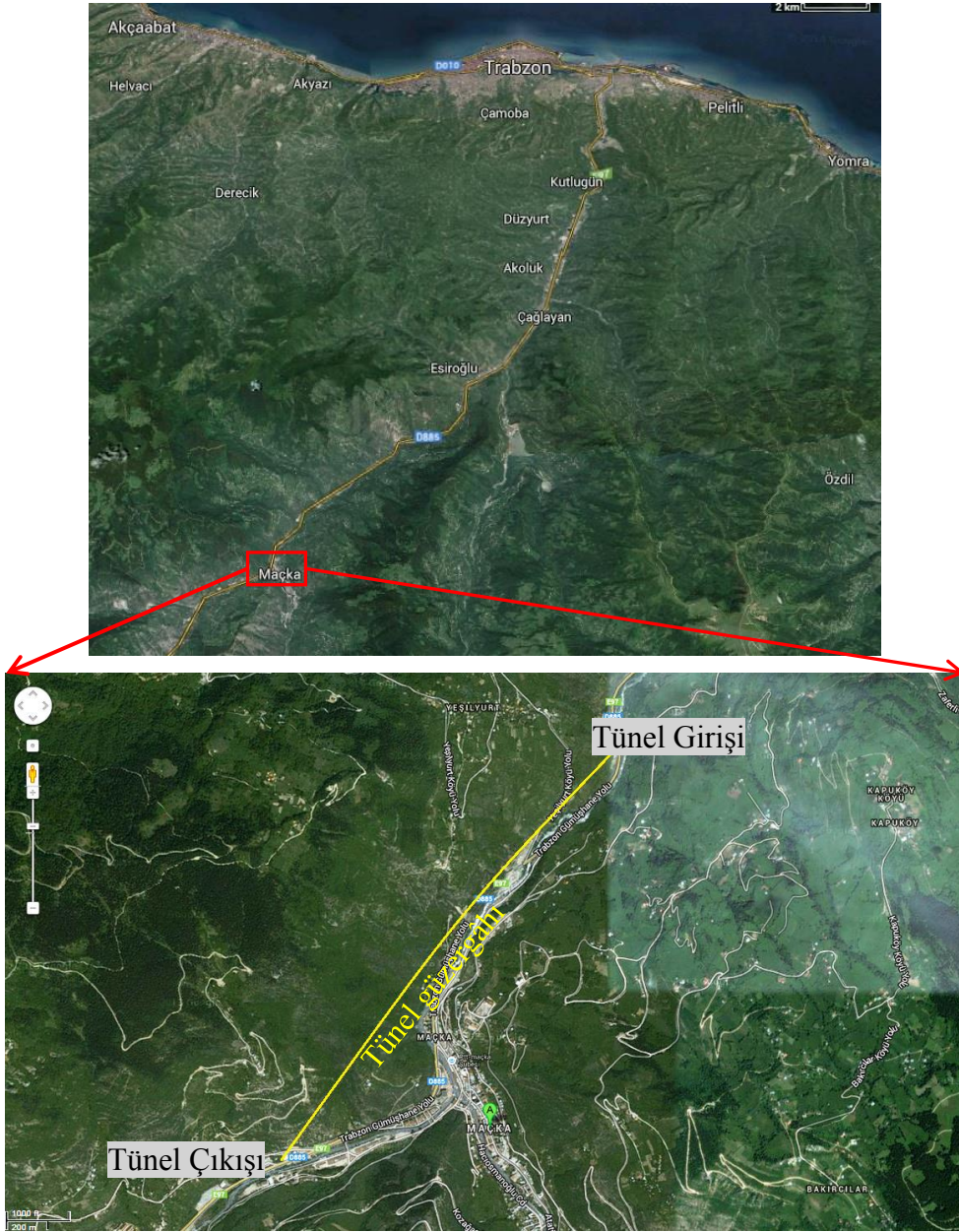
Maçka Tüneli Trabzon-Gümüşhane karayolunun 24+200 ile 27+050 kilometreleri arasında planlanmış olup, tünel Maçka ilçesi sınırları içerisinde olup, 1/25000 ölçekli Trabzon G42a3 paftasında yer almaktadır (Şekil 1.1).

1.3.2. Yerleşim ve Ulaşım

Çalışma alanına ulaşım, Trabzon - Maçka devlet karayolu ile sağlanır. Yerleşim, dere yatağı boyunca ve büyük ölçüde yamaç eğimlerine bağlı olarak gelişmiştir. Trabzon - Gümüşhane arasındaki karayolu çalışma alanından geçmektedir. Bu yol ile köy yolları arasındaki ulaşım stabilize yollarla sağlanmaktadır.

Bölge tam anlamıyla yerleşmeye müsait bir durum arz etmez. Özellikle, bölgenin kuzey ve kuzeybatı kesimleri ormanlarla kaplıdır. En büyük yerleşim alanları başında Maçka İlçe

merkezi gelmektedir. Diğerleri ise; Ocaklı Köyü, Çatak Köyü, Konak Mahallesi ve Yazlık Mahallesi'dir



Şekil 1. 1. Çalışma alanına ait yer belirleme haritası

1.3.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanı Karadeniz iklimine özgü, genelde her mevsim yağışlı olan bir iklimin etkisi altındadır. İklimle uygun bitki örtüsü oldukça çeşitli ve gürdür. İklimin bol yağışlı ve havanın ılıman olması bölgenin bitki örtüsünün yoğun ve çeşitli olduğunu gösterir. Bitki örtüsü, görüş mesafesini azaltmakla beraber yüzeylenmeleri de örtmektedir. Bu da

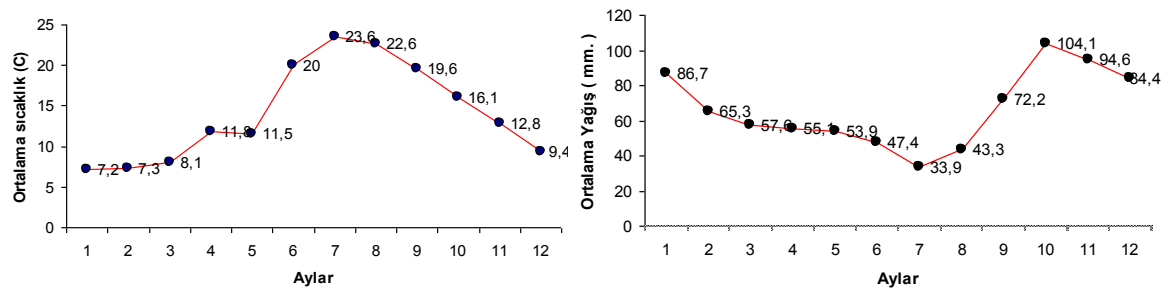
birimlerin sınırını çizmeyi oldukça güçleştirir. Bu bölgedeki yüksek tepeler tamamıyla çam ağaçlarının oluşturduğu kozalaklı ağaçlarla kaplıdır. Tepelerin yamaçlarında en fazla ladin, ormangülü, gürgen, çam ve kestane ağaçları yer almaktadır. Yamaç eteklerinin bir kısmında köylülerin ağaçları kesmesi sebebiyle ekili alanlar oluşturulmuştur.

Bölgenin en önemli geçim kaynakları, tarım ve hayvancılıktır. İklim şartları fındık yetiştirilmesine uygundur. Ayrıca çeşitli orman ürünleri de halkın geçim kaynakları arasındadır.

Çalışma alanında yıllık ortalama yağış 799,8 mm'dir. Maksimum sıcaklık 43,5 °C (Temmuz), minimum sıcaklık (Şubat) -11 °C olup yıllık ortalama sıcaklık 14,9 °C'dir (Tablo 1.1). Ortalama yağış ve ortalama sıcaklık grafikleri Şekil-1.2.'de aylara göre belirtilmiştir.

Tablo 1. 1. Trabzon meteoroloji gözlem istasyonu verilerine göre meteorolojik elemanlar (Rasat Süresi – Sıcaklık 1929—2000, Yağış 1931—2000)

Meteorolojik Elemanlar	AYLAR												YILLIK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Sıcaklık (°C)	7.2	7.3	8.1	11.8	11.5	20	23.6	22.6	19.6	16.1	12.8	9.4	14.9
En yüksek Sıcaklık (°C)	25.9	28.2	35.2	37.6	38.2	36.6	43.5	38.2	33.7	33.8	32.8	26.4	38.6
En düşük Sıcaklık (°C)	-7	-11	-5.8	-0.8	4.2	9.2	13.5	13.5	7.3	3.4	-1.6	3.3	-7.8
Ortalama Yağış (mm)	86.7	65.3	57.6	55.1	53.9	47.4	33.9	43.3	72.2	104	94.6	84.4	799.8
Ortalama Nisbi Nem(%)	69	71	73	76	79	77	75	74	75	74	72	68	73.58



Şekil 1. 2. Trabzon meteoroloji gözlem istasyonu verilerine göre ortalama sıcaklık ve ortalama yağış değerlerinin grafik gösterimi

1.4. Bölgenin Depremselliği

İnceleme alanı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre 4. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır (Şekil 1.3). Trabzon 4. derece deprem bölgesi olduğu için tarihsel ve aletsel dönemde deprem aktivitesi kaydedilmemiştir.



Şekil 1. 3. Trabzon ili ve çevresi deprem bölgeleri haritası (AIGM, 1996)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma alanın ve yakın çevresinde günümüze değin yapılan jeolojik amaçlı çalışmaları aşağıdaki gibi vermek mümkündür.

Ketin (1948, 1951), Aşkale, Bayburt ve Gümüşhane bölgelerinin jeolojisini çalışarak, bölgenin 1/100000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Çalışmalarda Liyas yaşlı kayaçların volkano-tortul karakterde olduğunu, Paleozoyik yaşlı metamorfik temel üzerinde uyumsuz olarak bulunduğunu belirlemiştir.

Erguvanlı (1950), Trabzon – Gümüşhane arasındaki sahanın jeolojisini incelemiş ve Üst Kretase volkano-tortul istif içerisinde kireçtaşı merceklerinin bulunduğunu belirtmiştir.

Baykal (1952) Kelkit-Şiran yörelerinde yaptığı incelemelerde, Paleozoyik yaşlı metamorfik ve granitik temel kayaçlarıyla, Jura-Kretase, Eosen ve Neojen yaşlı tortul kayaçların yayılım ve litolojik özelliklerini ortaya koymuştur.

Erguvanlı (1952), Trabzon- Gümüşhane arasının 1/10000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak Pontitler’de Senoniyen ve Lütesiye yaşında iki kompleksin varlığından söz etmiştir.

Tokel (1974), Gümüşhane yöresinde stratigrafik çalışmalarda bulunmuştur. Ayrıca bölgede bulunan volkanik kayaçları petrokimyasal yönden incelemiş, Gümüşhane Granitoid’ini üç farklı fasiyese ayırmıştır.

Türk-Japon Ekibi (1974), MTA Enstitüsü tarafından Türk-Japon işbirliği ile hazırlanan 1/50000 ölçekli Trabzon bölgesi jeoloji haritası geniş bir alanı kapsar. Bu çalışmada, Üst Kretase birimlerinin bölgede genel olarak tabanda kireçtaşı, marn ve çamurtaşlarından, üstte dasitik lav, andezitik lav ve piroklastitlerinden oluştuğu, tabanı görülmeyen serinin kalınlığının 2-4 bin metre arasında değiştiği ve Tersiyer’in ise kumtaşı, bazaltik lav ve piroklastikleri ve üstte dasit lavı ve piroklastikleri ile temsil edildiği ifade edilmektedir.

Yılmaz (1974), Gümüşhane Granitoidi’nin yerleşimini ve birleşimini araştırmış, yaptığı petrografik incelemeler sonucunda, granitin dört farklı fasiyesten oluştuğunu ortaya koymuştur.

Adamia vd. (1977) ile Tokel (1981), Orta Anadolu suture zonunu Paleotetis’in kalıntısı olarak benimsemişler ve Doğu Pontidler’de yitim etkinliğinin Paleozoyik’ten Eosen sonlarına kadar güneyden kuzeye doğru olduğunu ileri sürmüşlerdir. İlk ada yayının Karbonifer’de su yüzüne çıktığını, Geç Kretase’de ada yayının olgunlaştığını ve Eosen

sonlarından itibaren de Kuzey Anadolu Tetisi'nin kapandığını ifade etmişlerdir. Bu görüşe göre Karadeniz, Doğu Pontidler'in kuzeyinde Geç Kretase süresince açılan yay gerisi bir havzanın kalıntısıdır.

Özsayar vd. (1981), Doğu Pontitlerde yapmış oldukları çalışmada Üst Kretase'yi kuzey ve güney zon olarak ikiye ayırmış, güney sınırı Çorum-Amasya-Sivas-Erzurum, iki zon arasındaki sınırı Niksar-İspir-Ardanuç olarak belirlemişlerdir.

Taslı K. (1984), Hamsiköy (Trabzon) yöresinde yaptığı çalışmada, Doğu Pontid Kuzey Zonun'da yer alan inceleme alanında istifin Liyas yaşlı volkanik kayalarla başladığını, bu birimi uyumlu olarak örten Dogger-Malm Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu'nun gittikçe derinleşen bir şelf üzerinde, tamamen karbonatlı fasiyeste geliştiğini belirtmiştir. Araştırmacı, Alt Kretase'de Doğu Pontid Kuzey Zonu'ndaki birimlere benzer özellikler taşıyan istifin, Alt Kretase sonrasında volkanik etkinliğin başlamasıyla farklı karakterlerde gelişim gösterdiğini ifade etmektedir.

Gülibrahimoğlu vd. (1985), Trabzon- Maçka güneyini içine alan bölgenin 1/25000 ölçekli jeolojik haritasını hazırlayarak, stratigrafi ve cevherleşmeler ile ilgili bilgiler vermişlerdir.

Bektaş (1987) yaptığı çalışmada Doğu Pontid yay ve yay gerisi bölgelerinde paleostres dağılımlarını irdeleyerek Liyas, Üst Kretase ve Eosen dönemlerinde hakim olan gerilmeli yay sisteminde en büyük basınç gerilmelerinin güneye doğru göreceli olarak azaldığını buna bağlı olarak da yay bölgelerinde doğrultu-atım, yay gerisi bölgelerinde ise doğrultu-normal atımlı fay tektoniğinin hüküm sürdüğünü belirtmiş, Alt-Üst Kretase geçişi, Üst Kretase ve Eosen sonlarında ise sıkışmalı yay sistemine bağlı olarak tüm Pontidler'de doğrultu-atımlı ve ters fayların geliştiğini savunmuştur.

Dokuz (1990), Maçka (Trabzon) yöresinin jeolojisi ve piroklastik kayaların incelenmesi konulu çalışmasında, Üst Kretase yaşlı formasyonların çoğunlukla kalın denizaltı piroklastitleri olduğunu ve bazik-dasitik bileşimli lavlardan oluştuğunu belirtmiştir. Araştırmacı, Üst Kretase yaşlı formasyonların oldukça kalın volkanik kırıntılı ve epiklastik malzemeler içermeleri nedeniyle, bölgenin jeoteknik olarak bir yay içi veya yay önü havza olduğu sonucuna varmıştır.

Güven (1993), 1/100000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi adlı çalışmasında, Doğu Pontidler'e ait 1/100000 ölçekli jeoloji haritası hazırlamış ve Doğu jeotektonik ünitesini litostratigrafik özellikler bakımından kuzey ve güney zon olmak üzere iki farklı zonda incelemiştir.

Gedik vd. (1996), Doğu Pontitler'in en yaşlı biriminin Permo-Karbonifer öncesi kabul edilen metamorfite olduğunu, bu birimin Geç Karbonifer yaşlı Gümüşhane Granitoidi tarafından kesildiğini ve Doğu Pontitler'deki Liyas havzalarının uzaklaşan bir transform fay sisteminin ürünü olduğunu belirlemişlerdir.

Bektaş ve Çapkinoğlu (1997), Doğu Pontidler'de uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarına dayandırılarak yaptıkları çalışmada, fotolineasyonların bu bölgedeki KD-GB, KB-GD ve D-B doğrultulu olan faylarla uyumlu, Neotektonik rejimle (Miyosen sonrası) ilişkili olduklarını ve Miyosen öncesinde gelişmiş olanların bir kısmının yeniden aktif hale geçerek diri fay özelliği kazandıklarını vurgulamışlardır.

Yılmaz (1997), Gümüşhane bölgesinde yaptığı çalışmada, Kretase yaşlı havza gelişiminde sedimantolojik kayıtlar adlı çalışmasında Kermutdere Formasyonu'nun riftleşme sonucu geliştiğini ortaya koymuştur.

Yılmaz ve Karlı (2000), Tübitak Projesi kapsamında Maçka (Trabzon) yöresindeki Kretase yaşlı kayaçların birikim koşullarını incelemişlerdir. Bu çalışmada Çağlayan Formasyonu'nun normal faylarla derinleşen Senomaniyen havzasında çökel prizma şeklinde geliştiğini ve Doğu Pontid Magmatik Yayı'nda Kretase volkanizmasının en erken Santoniyen (?) döneminde başladığını belirlemişlerdir.

Gedik (2001 ve 2003), farklı litosferik özellikler sunan küçük parçacıkları terran olarak isimlendirip, Türkiye'nin jeolojik gelişiminde Kuzey ve Güney kökenli olmak üzere iki ayrı grupta toplanabilecek terranların söz konusu olduğunu belirtmiştir. Araştırmacıya göre, bu kuzey ve güney kökenli birçok terran okyanusal platolar şeklinde gelişimlerini sürdürmüşler ve Alpin Orojenezi ile birbirlerine ve Avrasya'ya birleşerek günümüz coğrafyasını oluşturmuşlardır.

Aydın vd. (2003), Değirmendere Vadisi'nde (Trabzon-Esiroğlu) yüzeyleyen özellikle Neojen yaşlı volkanik kayaçların bölgesel dağılımlarını, petrografik, mineralojik ve jeokronolojik olarak irdelemiş, bu kayaçların inceleme alanı ve güneyindeki Üst Kretase yaşlı volkano-tortul istifli olan zamansal, kökensel ve ortamsal ilişkilerini ortaya koymuştur.

Arslan vd. (2005), Gümüşhane ve Bayburt'ta bulunan traverten ve oniks mermerlerinin petrografik ve jeokimyasal özelliklerini ortaya koyarak, bu mermerlerin oluşum koşulları ve kökenleri hakkında çalışmalarda bulunmuşlardır.

Türk (2009), Maçka İlçesi'nde Çatak Formasyonu'nu üyelere ayırmış ve formasyonun foraminifer faunası ve biyostratigrafisini detaylı olarak incelemiştir.

Ayrıca çalışma alanı ve çevresinde günümüze değin yapılan mühendislik jeolojisi çalışmaları aşağıda verilmiştir.

Erguvanlı ve Tarhan (1980), Doğu Karadeniz kıyı şeridindeki kitle hareketlerini Mühendislik Jeolojisi açısından değerlendirdikleri çalışmada, Doğu Karadeniz kıyı şeridinin lav, tüf, aglomera, dasit, andezit, bazalt ve yastık lavları içeren Üst Kretase yaşlı Volkana-Tortul seriden oluştuğunu belirtmişlerdir.

Korkmaz (1988) Maçka-Gürgenağaç da bulunan yeni yol şevlerini mühendislik jeolojisi açısından incelemiştir.

Ataoğlu (1993) Maçka (Bağışlı Köyü) civarında bulunan yamaçları duraylılık açısından incelemiştir.

Altınbaş (1994) Maçka (Meryemana) Medos taş ocağında bulunan kireçtaşlarının agrega olma açısından incelenmesini gerçekleştirmiştir.

Alemdağ (2004), Trabzon İli Maçka İlçesi sınırları içerisinde yapımı tamamlanan Atasü Barajı (Trabzon) eksen yerindeki bazaltların ayrışma derecelerini araştırmış ve baraj gövdesinin inşasında ortaya çıkabilecek jeoteknik problemleri incelemiştir.

Bu çalışmanın esas amacını oluşturan tünel güzergâhındaki kayaların mühendislik açısından sınıflandırılması, destek sistemlerinin belirlenmesi ve destek sistemlerinin sayısal analizi konusunda günümüzde değin yapılan çalışmaları ise aşağıda özetlenmiştir.

Kaya kütle sınıflaması konusunda ilk çalışma Terzaghi (1946) tarafından önerilen “Kaya Yüğü Sınıflaması”dır. Araştırmacı bu sınıflama ile kayaçları jeoteknik anlamda 9 ana sınıfa ayırarak incelemiş ve bu sınıflarda kullanılması gereken destek sistemlerini önermiştir.

Bieniawski (1978) önerdiği RMR sınıflama sisteminde kaya kalite göstergesi (RQD), kaya malzemesinin dayanımı, süreksizlik aralığı, süreksizlik koşulu, yeraltı suyu parametrelerini kullanarak kayaları sınıflandırmış ve her bir kaya sınıfı için destek sistemi önermiştir. Aynı araştırmacı ilk kez 1978 yılında önerdiği RMR kaya kütle sınıflama sistemini 1989’da revize etmiş süreksizlik koşulu için (devamlılık, açıklık, pürüzlülük, dolgu, bozunma) ayrı puanlamalar eklemiştir ve sınıflamada kullanılan parametrelere ait puanların belirlenmesinde kullanılabilen yeni grafikler önermiştir. RMR (1989) çok uzun bir süre kullanıldıktan sonra 2014 yılında son halini almıştır. Son değişiklikle birlikte RMR puanını hesaplamada kullanılan parametreler ise, kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı, bir metredeki süreksizlik sayısı, süreksizliklerin özellikleri, su durumu ve kayanın altere olabilme derecesinin tayini olarak belirlenmiştir.

Q veya NGI (Norwegian Geotechnical Institute) sistemi ise ilk kez Barton vd. (1974) tarafından özellikle tünel tasarımlarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Araştırmacılar sınıflamanın yapılabilmesi için kaya kalite göstergesi (RQD), süreksizlik takım sayısı (J_n), süreksizlik pürüzlülük değeri (J_r), süreksizlik yüzeyi bozunma değeri (J_a), süreksizlik suyu azaltma faktörü (J_w) ve gerilme azaltma faktörlerinden (SRF) oluşan 6 parametre tanımlamış ve bu parametrelere ait puanların belirlenebilmesi için tablolar önermişlerdir.

Tünelcilikte yaygın olarak kullanılan RMR ve Q sınıflama sisteminden sonra Palmström (1995) RMI sistemini kaya kütlelerinin sınıflandırılması önermiştir. Daha sonra bu sistem Palmström (2000) tarafından kaya kütlelerinin ön destek tasarımı için tünel çapı ve blok hacminin de girdi parametresi olarak belirlenmesiyle son halini almıştır. RMI sisteminde kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa), süreksizlik dayanım azaltma faktörü (JP), süreksizlik faktörü (jC), süreksizlik uzunluk faktörü (jL), süreksizlik pürüzlülük faktörü (jR), süreksizlik yüzeyi bozunma faktörü (jA), blok hacmi (V_b) (m^3), hacimsel eklem sayısı (J_v) (eklem/ m^3), blok çapı (D_b) (m), blok şekli faktörü (β), en büyük süreksizlik ara uzaklığı (S1) (cm) ve en küçük süreksizlik ara uzaklığını (S3) (cm) girdi parametresi olarak kullanılmaktadır ve değerlerin bulunması için tablolar önerilmiştir.

Kademeli kazı metodu olarak da bilinen Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu (NATM) 1950'li yıllarda, Avusturya'da bulunan Runserau hidroelektrik santral projesinde derivasyon tüneli kazılarında ilk kez püskürtme betonun şişen zeminleri durağan hale getirmek için sistematik olarak kullanılmasıyla birlikte geliştirilmiştir. NATM takip eden yıllarda hem teorik hem de pratik olarak gelişmiş ve her tip zemin ve kaya da kullanılabilir hale gelmiştir. Avusturya Standartlarından olan ÖNORM B2203 (1994), NATM için stabil kayadan basınç oluşturan kayaya kadar değişen on kaya sınıfını tanımlamıştır.

Arazi gözlemlerinden yararlanarak farklı jeolojik ve jeoteknik koşullara bağlı olarak kaya kütlesi dayanımının hesaplanmasına yardımcı olma esasına dayanan Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI), ilk kez Hoek vd. (1995) tarafından önerilmiştir. Önceleri RMR ve Q değerleri ile ilişkilendirilmiş olan GSI daha sonra araştırmacıların önerdikleri GSI sınıflama abağından belirlenmeye çalışılmıştır. Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından yapılan çalışmalarda sisteme “yapısal özellik puanı (SR)” ve “süreksizlik yüzey koşulu puanı (SCR)” dahil edilmiştir. Son halini ise abağa Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından eklenen “sağlam veya masif” kaya grubu ile almıştır.

3. BÖLGESEL JEOLJİ

Çalışma alanının içerisinde yer aldığı Pontid volkanik yayı olarak da bilinen Pontidlerin doğu kesimi, gerek jeotektonik konumu ve gerekse içerdiği ekonomik değerler nedeniyle jeolojik açıdan pek çok araştırmaya konu olmuştur. Yapılan çalışmalarda Türkiye'nin tektonik ve jeolojik birlikteliklerinden biri olan Doğu Pontidler, yapısal ve litolojik özellikler göz önünde bulundurularak Kuzey ve Güney Zon olarak tanımlanan iki ayrı bölgeye ayrılmıştır (Ketin 1966; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd. 1981; Bektaş vd., 1999). Kuzey Zon Üst Kretase ve Orta Miyosen volkanik ve piroklastik kayalarla temsil edilirken, Güney Zon ise Üst Kretase öncesi tortul birimler ile temsil edilmektedir (Şekil 3.1).

Bölgesel olarak, Paleozoyik, metamorfik kayalarla temsil edilmektedir ve bunlar temel kayaları oluşturmaktadır. Birim genellikle, gnays, mikaşist, kuvars-klorit şist ve meta bazaltlardan oluşmaktadır (Ketin, 1951). Liyas yaşlı volkano-tortul seri tarafından açılal uyumsuzlukla üstlenen temel kayaların yaşı, bölgesel metamorfizmanın yaşı ve stratigrafik konumu göz önünde bulundurularak Paleozoyik olarak kabul edilmiştir. Birim, Paleozoyik yaşlı granitler tarafından kesilmiştir (Yılmaz, 1972).

Çalışma alanı ve çevresinde Liyas, Geç Jura-Erken Kretase ve Geç Kretase yaşlı birimler yüzeylenme vermektedir. Liyas'ın volkanik, Üst Jura-Alt Kretase'nin de platform karbonatlarıyla temsil edildiği bölgede Üst Kretase dönemi farklı ortam koşullarında gelişmiş birimler ile karakteristiktir. Magmatik aktivitenin yoğun olduğu Kuzey Zon'da kalın volkanik ve volkano-tortul istifler gelişirken, Güney Zon'da karbonatlı kayalar ve fliş karakterli tortul seriler çökelmiştir. Mesozoyik'in en alt seviyesinde her iki zonda da yüzeylenen volkano-tortul seri (Ağar, 1977) genellikle, bazalt, andezit, dasit ve bunların piroklastitlerinden oluşmuştur ve birimin kalınlığı 500 metrenin üzerindedir. Geç Jura-Erken Kretase yaşlı kireçtaşları tarafından uyumlu olarak üstlenen birimin yaşı, stratigrafik konuma, bölgesel deneştirme sonuçlarına ve fosil bulgulara dayandırılarak Liyas olarak kabul edilmiştir (Ketin, 1951; Baykal, 1952; Ağar, 1977).

Bölgede, volkanik birimler arasında yer alan platform karbonatlarının kalınlığı 100-200 metre arasında değişmektedir. Birim Kuzey Zon'da daha masif yapıllı killi, çörtlü ve kumlu kireçtaşları ile temsil edilirken, Güney Zon'da ise orta-kalın tabakalı çökellerle karakteristiktir. Doğu Pontidler'in Güney Zonu'nda Geç Kretase yaşlı flişlere geçiş yapan kireçtaşları, Kuzey Zon'da yine Geç Kretase yaşlı volkano-tortul bir istif tarafından

uyumlu olarak örtülmektedir. Birimin yaşı, bölgesel korelasyona ve paleontolojik bulgulara dayandırılarak Üst Jura-Senomaniyen olarak kabul edilmiştir (Güven, 1993, 1998).

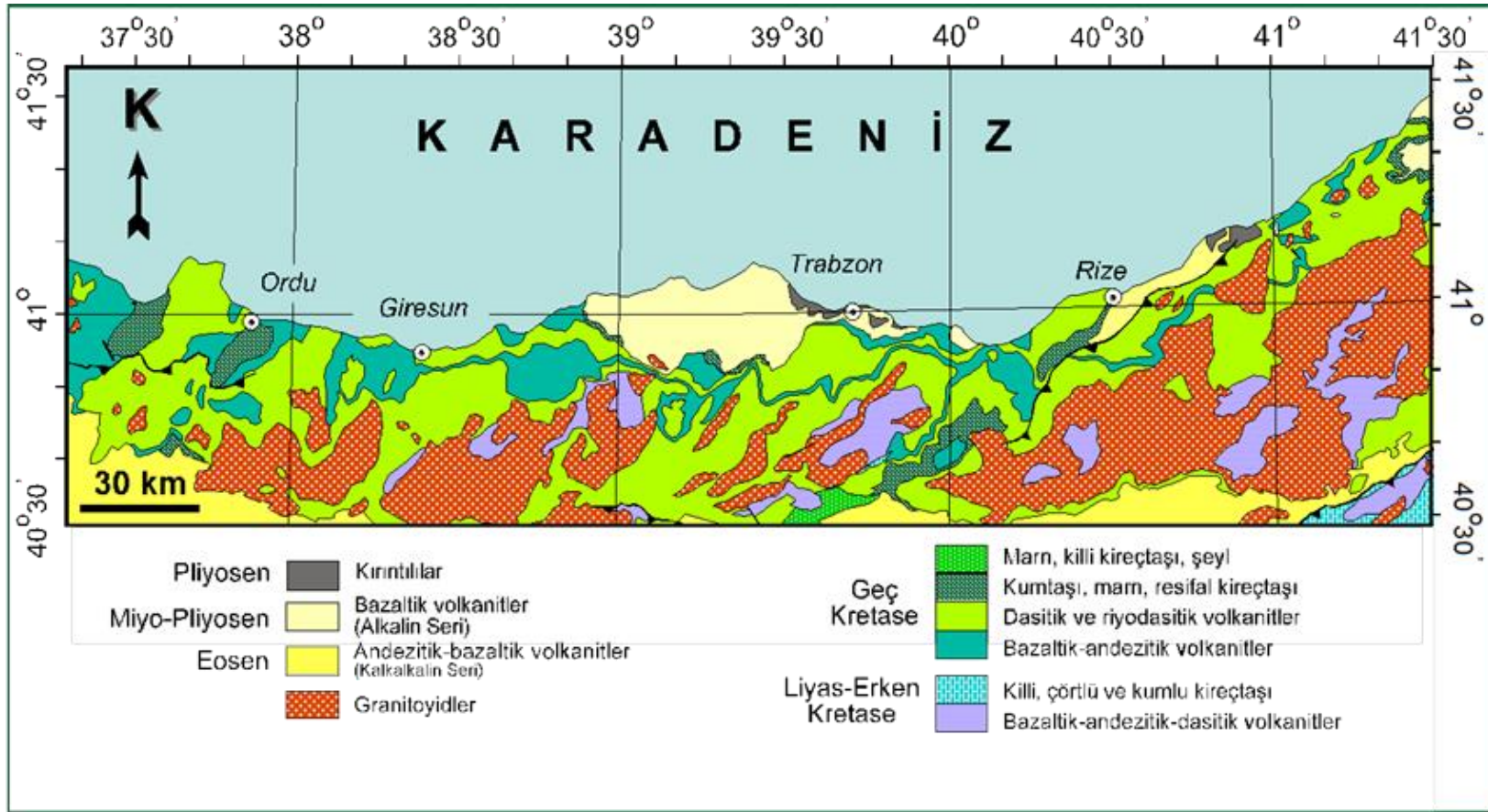
Doğu Pontidler'in Güney Zonu içinde yüzeylenen flişler kuzey Zon'daki beş formasyonun yanal karşılığı olarak kabul edilmektedir ve bu birimin kalınlığı 600-800 metre arasında değişmektedir. Üst Kretase boyunca Doğu Pontidler'de gelişen volkanik aktivitenin etkisi dışında kalan ve derin deniz ortamında çökelmiş olan birim, Eosen yaşlı volkano-tortul seri tarafından açısız uyumsuzlukla örtülmektedir.

Üst Kretase dönemi boyunca Doğu Pontid'lerin Kuzey Zonu'nda gelişen volkanizma sonucu kalın bir volkanik istif gelişmiştir. Bu istifin ilk evreleri bazik ve asidik bileşimli volkanik kayalardan oluşmaktadır. Bazik karakterli genellikle kumtaşı, silttaşı, marn, şeyl ve kireçtaşı ara katkılı, bazalt, andezit ve piroklastitlerinden oluşan yaklaşık 900 metre kalınlığındaki serinin yaşı fosil tanımlamalarına göre Türoniyen-Kampaniyen-Santoniyen olarak kabul edilmiştir. Asidik karakterli riyodasit, dasit ve piroklastitlerden oluşan birim ise yer yer tüf, aglomera ve breş ara katkıları içermektedir. Kırmızı renkli kireçtaşları içinde bulunan fosillerden yararlanarak birimin yaşı, Kampaniyen-Maastrichtiyen olarak kabul edilmiştir (Güven, 1993; Güven, 1998). Bazik karakterli volkano-tortul seri üzerine uyumlu olarak gelen ikincil evreli asidik kayalar, riyodasit, dasit, trakiandezit ve piroklastitlerinden oluşmaktadır. 100-200 metre kalınlığında olan birimin yaşı, stratigrafik konumuna göre Maastrichtiyen olarak kabul edilmiştir.

Bunları uyumlu olarak üzerleyen seri ise tortul kayalardan oluşmaktadır (Güven, 1993). Bu birim genel olarak killi, kumlu kireçtaşı, marn, şeyl ve kumtaşı aralanmasından oluşmaktadır. Kalınlığı 200-250 metre arasında olan birimin yaşı, fosil bulgularından yararlanılarak, Maastrichtiyen-Erken Paleosen olarak kabul edilmiştir.

Çalışma alanında sadece Kuzey Zon'da yüzeylenen resifal kireçtaşları (Güven, 1993) 150-200 metre kalınlığındadır ve Maastrichtiyen-Erken Paleosen yaşlı birimler ile yanal geçişlidir ve Eosen yaşlı volkano-tortul seri tarafından açısız uyumsuzlukla örtülmektedir.

Doğu Karadeniz Bölümü'nün doğu kesimlerinde yer alan Kaçkar Dağları, Doğu Pontid Kuzey Zonu içerisindeki granitoidlerin en fazla yüzeylendiği bölgedir. Bu bölgede, genellikle Eosen yaşlı birimlerin içine sokulan intrüzif kayalar, Güven (1993) tarafından Kaçkar Granitoidleri olarak tanımlanmıştır. Üst Kretase boyunca gelişimini sürdüren ve büyük ölçüde Paleosen sonunda yerleşimini tamamlayan granitoidler Eosen döneminde tekrar intrüzyon yapmışlardır.



Şekil 3. 1. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin jeoloji haritası (Güven 1993'den değiştirilerek).

4. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLJİSİ

Çalışma alanında yüzeylenen birimler Geç Kretase yaşlı birimler üzerine taban konglomerası ve açısal uyumsuzlukla gelen birimler, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara katkılı andezit, bazalt ve bunların proklastitlerinin oluşturduğu yaklaşık 700 metre kalınlığında volkano-tortul bir seridir (Güven, 1993).

Bu formasyonları yaşlıdan gence doğru, Erken Turoniyen yaşlı Çatak Formasyonu, Turoniyen- Santoniyen yaşlı Maçka Formasyonu, Turoniyen-Santoniyen yaşlı Esiroğlu Formasyonu, Erken Kampaniyen yaşlı Kaçkar Riyodasiti olarak sıralamak mümkündür (Şekil 4.1).

4.1. Çatak Formasyonu

4.1.1. Tanım

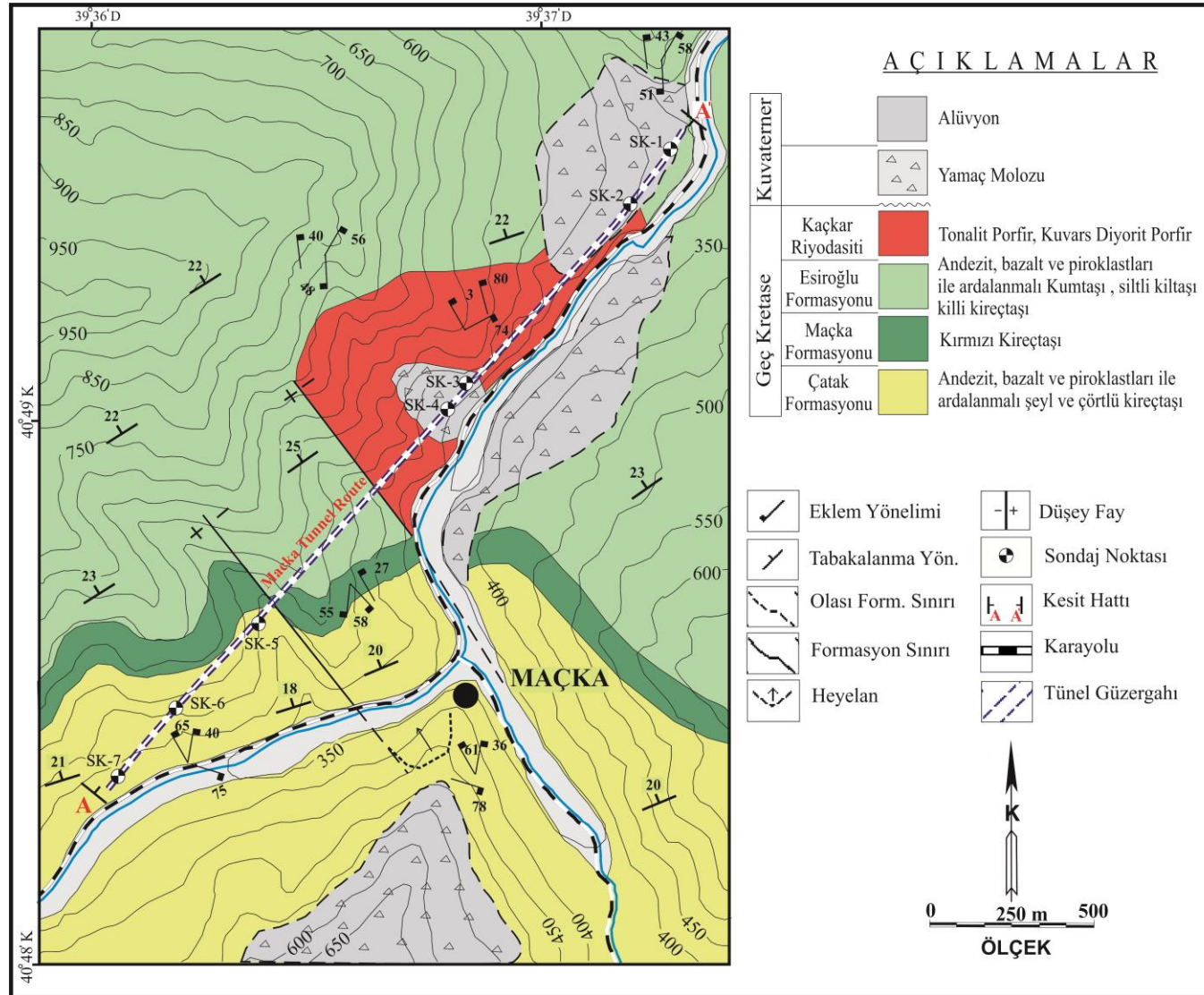
Bölgede en iyi ve geniş yüzeylemelerini Maçka İlçesi'nin 3 km kadar güneybatısında yer alan Çatak Köyü civarında verdiğinden formasyona (Güven, 1993) tarafından Çatak Formasyonu adı verilmiştir. Araştırmacı yaptığı çalışmada Maçka Formasyonu'nu da Çatak formasyonuna dahil ederek incelemiştir. Birim, daha sonraki yıllarda Kurt vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada Karabulduk Formasyonu olarak adlandırılmasına karşın, Uğuz vd. (2011) yaptıkları çalışmada Çatak Formasyonu ismini tercih etmişlerdir.

4.1.2. Dağılım ve Konum

En iyi yüzeylemelerini Çatak Köyü ve Maçka İlçesi arasında veren formasyon inceleme alanının dışında Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu'nun üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Birimin inceleme alanındaki alt ilişkisi her yerde tektonik olup Maçka Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmektedir (Şekil 4.2).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR
M E S O Z O İ K	KUVA.	G E Ç	KAT	FORMASYON		Alüvyon
						Yamaç Molozu
						Yeşilimsi siyah renkli, yer yer yastık yapılı, yer yer sütunsal soğuma yapılı bazalt lavları ile ardalanmış kahverenkli piroklastitler (Tüf ve aglomeralar)
						Beyaz renkli orta-kalın tabakalı asidik piroklastit ve ara tabakalar biçiminde orta-ince tabakalı kırmızı renkli mikritik kireçtaşı
						Olistostromal ara düzeyler içeren çoğunlukla ince, ince-orta tabakalı volkanik malzemeli silttaşı, kumtaşı şeyl ve asidik piroklastit, bazik lav ardalanması (Olistostrolitler ve çakıllar ile matris mikritik kireçtaşı ve volkanik malzemeden türeme)
K R E T A S E		G E Ç	KAT	FORMASYON		Orta kalın tabakalı yer yer masif görünümlü volkanik kökenli kumtaşı, silttaşı, lav, tüf, aglomera ardalanması
						İnce, ince-orta tabakalı, kırmızı renkli volkanik arakatkılı, çörtlü, mikritik kireçtaşı
						Tonalit Porfir Kıvars Diyorit Porfir
						Lav, tüf, aglomera ile ardalanmış volkanik kökenli kumtaşı, silttaşı şeyl
						Orta-kalın tabakalı, gri renkli, yer yer çört yumrulu, yer yer dolomitik kireçtaşı
T U R O N İ Y E N		G E Ç	KAT	FORMASYON		Bazalt, andezit lavları, piroklastik kayalar, kumtaşı, silttaşı
Ç A T A K		G E Ç	KAT	FORMASYON		
E S İ R O Ğ L U		G E Ç	KAT	FORMASYON		
K O N İ A S İ Y E N		G E Ç	KAT	FORMASYON		
S A N T O N İ Y E N		G E Ç	KAT	FORMASYON		
M A Ç K A		G E Ç	KAT	FORMASYON		
K A M P A N İ Y E N		G E Ç	KAT	FORMASYON		

Şekil 4. 1. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Uğuz vd. 2011 değiştirilerek)



Şekil 4. 2. Çalışma alanının genel jeoloji haritası

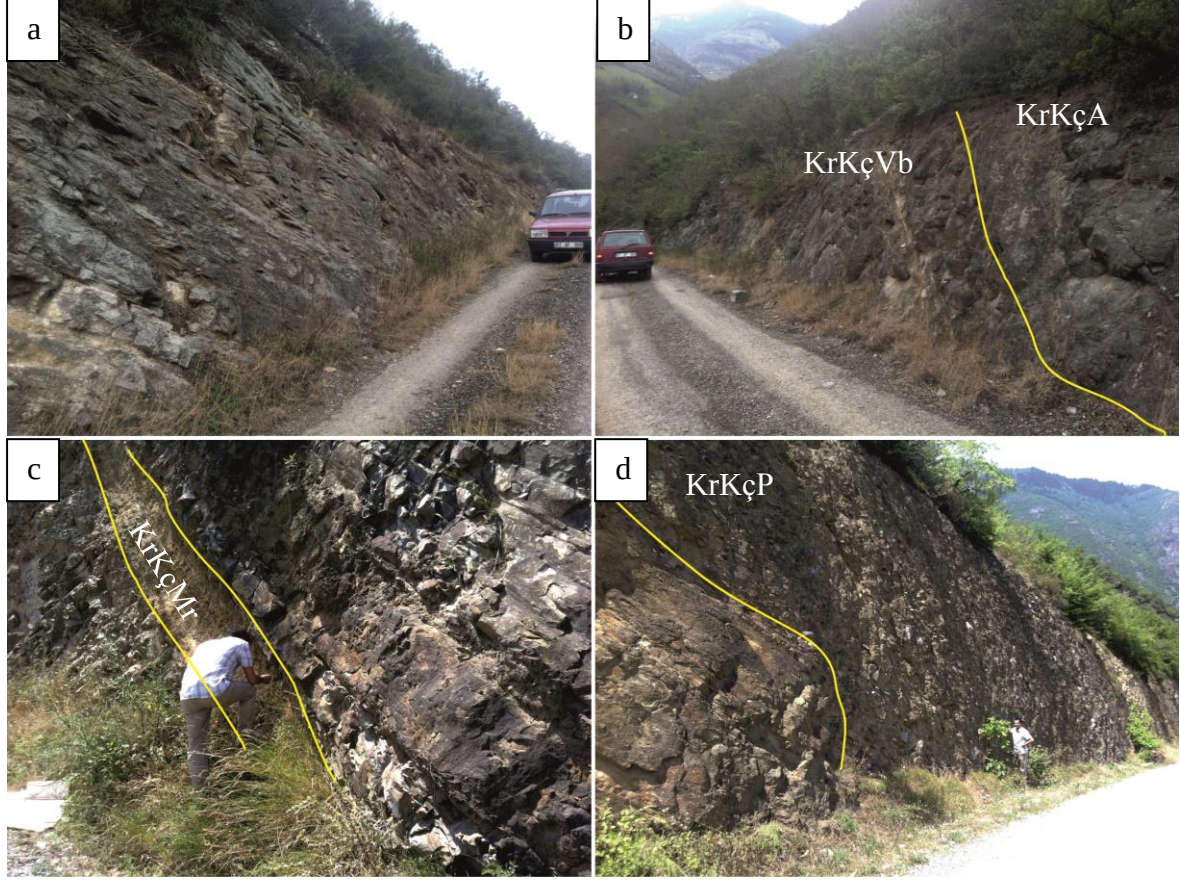
4.1.3. Litoloji

Çatak Formasyonu, siyah renkli şeyl, gri renkli, yer yer çörtlü kireçtaşı düzeyleri ile ardalanan bazalt-andezit lav ve piroklastlarından oluşmaktadır. Altta koyu yeşil, yeşil renkli, bazaltik, andezitik- bazaltik lavlar, yeşil-yeşilimsi gri renkli, orta, orta-ince tabakalı piroklastlar ile ardalanan çoğunlukla epiklastik kayalardan oluşan kumtaşı, silttaşı düzeyleri ile başlayan birim, koyu gri, çoğunlukla siyah renkli, ince tabakalı, yer yer laminalı silttaşı, şeyl ardalanması ile devam etmektedir (Şekil 4.3). Bu siyah renkli şeyller içinde irice kireçtaşı blokları ve kanal dolguları biçiminde Berdiga Kireçtaşı'ndan beslenme birikintilerine rastlanılmaktadır (Uğuz vd, 2011). Koyu renkli silttaşı-şeyl tabakaları, üste doğru ince tabakalı, gri, açık gri, yeşilimsi gri renkli kiltası ve killi kireçtaşı ara tabakaları içermeye başlamaktadır. Daha üstte tabakalar arasında lav akıntıları ve piroklastitler biçiminde gözlenen volkanitler, daha üst düzeylere doğru giderek daha yaygın olarak yer almaya başlamaktadır. Volkanitler yeşil renkli, yer yer yastık yapılı ve soğuma boşluklu bulunmaktadır. Daha üstte çoğunlukla volkanit blokları içeren olistostromal bir düzeyle temsil edilmekte olan birim bazaltik-andezitik lavlar, piroklastik kayalar, silttaşları, kumtaşları ve şeyl ardalanması ile sürmektedir (Uğuz vd, 2011). Birimin alt ilişkisi her yerde tektonik olarak gözlemlenmiştir. Türbiditik çökelim ve çökelime eşlik eden volkanizma nedeniyle birimin kalınlığı 600 m'ye kadar ulaşmaktadır (Uğuz vd, 2011).

4.1.4. Yaş

Çatak Formasyonu'nun siyah renkli şeyllerinin alt düzeylerini oluşturan killi kireçtaşı tabakalarında Uğuz vd. (2011) tarafından *Marginotruncana coronata* Bolli, *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno, *Dicarinella* sp. gibi Turoniyeen yaşını veren fosillerle birlikte radyolaria fosillerine de rastlanmıştır. Siyah renkli şeyllerin alt düzeylerinin gözlendiği Çatak Köyü dolayındaki bir yüzeylemede, orta kalın tabakalı, koyu gri, siyahımsı renkli, karbonatlı bir silttaşı tabakasından da Turoniyeen-Santoniyeen yaşını veren *Globigerinelloides* sp., *Heterohelix* sp., *Hedberella* sp., *Dicarinella* spp. gibi fosiller elde edilmiştir. Birimin bu siyah renkli şeylleri içinde gözlenen gri renkli, neritik kireçtaşları bloklarından alınan örneklerde ise *Meandrospira* cf. *Favrei* (Charollais, Brönnimann ve Zaninetti), *Bolivinopsis* sp., gibi Berriasiyeen-Hotriviyeen yaşını veren

fosiller elde edilmiştir. Fosil verileri ve stratigrafik konuma göre Uğuz vd. (2011) birimin yaşını Erken Turoniye olarak kabul etmişlerdir.



Şekil 4. 3. Çatak formasyonu a) Kumtaşları b) Volkanik breş (KrKçVb) ve andezitik (KrKçA) lav sınırı c) Marn (KrKçMr) ara katkılı kireçtaşı (KrKçKç) d) Piroklastlardan (KrKçP) bir görünüm

4.1.5. Oluşum Ortamı

Uğuz vd. (2011), genel olarak türbiditik çökellerden oluşması ve olistostromal ara düzeyler içermesi birimin yamaç ya da yamaç ilerisinde havza ortamında çökeldiğini, andezitik-bazaltik lav düzeyleri çökmeye bir volkanizmanın eşlik ettiğini ve dasit karakterli epiklastik düzeylerin varlığı da çökmeye kaynak oluşturan dasitik belirtmektedirler.

4.2. Maçka Formasyonu

4.2.1. Tanım

Elmalı Dere vadisinde (Giresun-Alucra) en iyi şekilde izlenebildikleri için birime ilk kez Pelin (1977) tarafından Elmalı Dere Formasyonu adı verilmiştir. Birim Güven (1993) tarafından atak Formasyonu'na Kurt vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada ise Karabulduk Formasyonuna dahil edilerek incelenmiştir. Uğuz vd., (2011) yaptıkları çalışmada ise birime Maçka Formasyonu adını vermişlerdir.

4.2.2. Dağılım ve Konum

Formasyonun Maçka'dan, atak Dere Vadisi'nin kuzey yamacı boyunca batıya, Sındıran Köyü'ne doğru uzanan önemli sayılabilecek bir yüzeylenmesi bulunmaktadır. Maçka İlçesi içinde Gümüşhane-Trabzon karayolu üzerinde, yol yarması boyunca gözlenen yüzeylenmesinin birim için tipik olduğu söylenebilir (Uğuz vd., 2011) Alttan atak Formasyonu ile düşey geçişli olan birim Esiroğlu Formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir.

4.2.3. Litoloji

Kızıl-kiremit renkli, orta-ince, orta ve yer yer kalın tabakalı, lamine, killi, andezitik lav ve lav parçaları içeren mikritik, çörtlü kireçtaşlarından (Şekil 4.4) oluşan ve doğu-batı uzanımı boyunca oldukça değişik kalınlıkları olan birim Maçka İlçesi'ndeki yüzeylenmesindeki kalınlığı yaklaşık 100 m. kadardır (Uğuz vd., 2011).

4.2.4. Yaş

Birimin mikritik ve killi kireçtaşı tabakalarından Turoniyen-Santoniyen yaşını veren *Marginotruncana coronata* Bolli, *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno, *Marginotruncana renzi* (Gandolfi), *Dicarinella* sp., *Heterohelix* sp., *Globigerinelloides* sp., gibi fosiller elde edilmiştir (Uğuz vd., 2011).



Şekil 4. 4. Mačka Formasyonu kırmızı kireçtaşlarından bir görünüm

4.2.5. Oluşum Ortamı

Türk (2009), formasyondan alınan bordo renkli killi kireçtaşlarından derlediği örneklerdeki mikroskopik incelemelere göre birimin biyomikrit olduğunu ve % 50-60 civarında biyomorfa ve biyoklastlardan oluştuğunu mikritik bir çimento içerisinde yoğun bir şekilde istiflenmiş, gelişigüzel dağılmış biyomorfa ve biyoklastlar daha çok pelajik foraminifer kavkı ve kavkı parçaları içerdiğini belirtmektedir. Ayrıca % 5 oranında kuvars ve opak minerallerin bulunduğunu da ifade eden araştırmacı, mikritik bir çimentoya sahip olan kayaç düşük enerjili ortamda ve kıta yamacında (dalga tabanının altında) çökeldiğini belirtmiştir.

4.3. Esiroğlu Formasyonu

4.3.1. Tanım

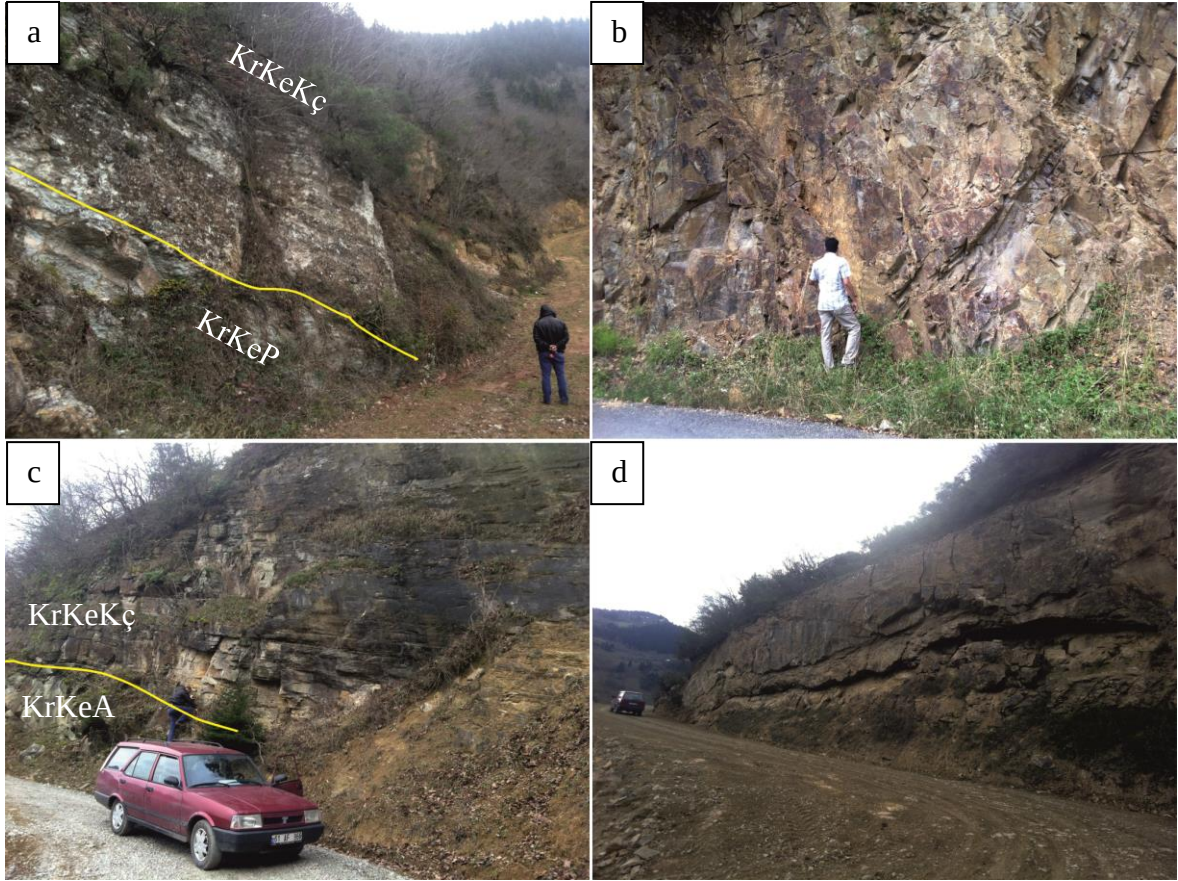
Gedik ve Korkmaz (1987) yaptıkları çalışmada Hemşindere Formasyonu adını verdiği birim Güven (1993) tarafından alt düzeylerini oluşturan dasitik tüf ve piroklastitleri Kızılkaya Formasyonu, daha üstte kalan bölümleri de Çağlayan Formasyonu olarak incelemiştir. Bu iki formasyon Uğuz vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada birlikte incelenmiş ve adını Mačka'nın 8 km kadar kuzeydoğusunda yer alan Esiroğlu Beldesi'nden almıştır.

4.3.2. Dağılım ve Konum

Formasyonun tip kesiti Trabzon-Maçka karayolu üzerinde Maçka Tüneli'nin Trabzon tarafındaki ağzından başlayıp, Esiroğlu Beldesi'nin Düzyurt Köyü'ne kadar uzanmaktadır (Uğuz vd, 2011). Yaklaşık doğu-batı uzanımı ile geniş alanlar kaplayan birimin, Karadeniz kıyı kuşağı boyunca uzanan yüzeylemeleri bulunmaktadır. Maçka, Esiroğlu, Çağlayan, Derecik arasında kalan alanlarda çok geniş yüzeylemelerine rastlanmaktadır (Şekil 4.2). Bu formasyon üstten Kireçhane Formasyonu alttan ise Maçka Formasyonu ile düşey geçişlidir (Şekil 4.1).

4.3.3. Litoloji

Başlıca kumtaşı, silttaşı, kiltası, killi kireçtaşı tabakaları ile ardalanmış bazaltik, andezitik lav, andezitik, dasitik piroklastit ve epiklastit ardalanmasından oluşan birim (Şekil 4.5) en altta beyaz, kirli beyaz, bej renkli, yer yer kalın-çok kalın tabakalı yer yer orta-ince tabaklı, laminalı, dasitik piroklast ve epiklastlar ve çok ince seviyeler halinde mikritik kireçtaşı ara tabakaları ile temsil edilen birim, moloz akıntısını andıran, kaba malzemeli, düzensiz yığılımlı, yine dasitik olan malzemeden oluşmuş, olistostromal ara düzeyler içermektedir. Daha üstte kırmızı kiremit renkli, orta, ince-orta tabakalı, yer yer kumlu, yer yer killi, mikritik, çörtlü, kireçtaşları ile devam eden birim yeşilimsi gri renkli, orta, orta-kalın tabakalı, zaman zaman epiklastik, zaman zaman piroklastik kumtaşı, silttaşı, kiltası ardalanması ile sürmektedir. Yoğun olarak epiklastik ve piroklastik düzeylerle temsil edilen ve bol miktarda kayma-oturma yapıları içeren birim zaman zaman, kırmızı renkli, killi, mikritik, çörtlü, kireçtaşı ara tabakaları içermektedir. Birim alt düzeylerinden itibaren siyahımsı renkli, yer yer soğuma boşluklu, yer yer sütunsal yapılı, yer yer yastık yapılı bazalt lavları ile ardalanmaktadır. Yer yer de riolitik, dasitik ve subvolkanik sokulum kayaları ile kesilmektedir. Üst düzeylerinde kırmızı renkli, orta tabakalı, çörtlü, mikritik kireçtaşları ile ardalanmış beyaz renkli, kalın tabakalı, masif, paralel laminalı, dasitik tüflerle temsil edilen birim, tüflerle ara seviyeler halinde piroklastik akıntılar (ignimbrit) içermektedir (Uğuz vd, 2011). İçerdiği kalın olistostromal ve volkanik ara düzeyler nedeniyle birimin kalınlığı da oldukça fazla olup yer yer 600 m'den fazladır.



Şekil 4. 5. Esiroğlu Formasyonu a) piroklastit (KrKeP) ve kireçtaşı (KrKeKç) sınırı, b) Bazaltlar, c) Kireçtaşı (KrKeKç) andezitik lav (KrKeA) sınırı d) Kireçtaşından bir görünüm

4.3.4. Yaş

Uğuz vd. (2011)'e göre formasyonun alt düzeylerini oluşturan dasitik tuf ve epiklastik kumtaşları arasındaki mikritik kireçtaşlarından elde edilen *Marginotruncana coronata* Bolli, *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno gibi elde edilen fosil örnekleri Turoniyen-Santoniyen yaşını vermektedir. Aynı araştırmacılar, daha üstte bulunan Esiroğlu Formasyonu'nu oluşturan birimlerin arasında bulunan mikritik kireçtaşı ara tabakasından ise Koniasiyen-Santoniyen yaşını veren *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg), *Dicarinella cf. Concavata* (Brotzen), *Marginotruncana coronata* Bolli, *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno gibi fosiller belirlemişlerdir. En üst düzeylerde gözlenen ve genellikle dasitik tüflerle temsil edilen düzeyler içinde, yer yer 20-30 m kalınlıklara ulaşan mikritik-killi kireçtaşları ve siltaşı-kiltaşı ardalanmasındaki kiltaşı tabakalarından alınan nanoplankton örneklerinden de fosiller elde edilmiştir. Araştırmacılar, elde edilen fosil verileri ve stratigrafik konumuna göre birimin yaşı Geç Turoniyen-Erken Kampaniyen olarak vermektedirler.

4.3.5. Oluşum Ortamı

Uğuz vd. (2011) genel olarak mikritik, çörtlü, killi ve bazaltik-andezitik akıntılar ve kayma-oturma yapıları ile olistostromal düzeyler kapsayan formasyonun fosil içeriği de göz önüne alındığında yamaç, yamaç ilerisi fasiyeslerle temsil edilen ortamlarda, türbiditik süreçlerle çökeldiğini, siyah renkli, yastık yapılı, yer yer sütunsal soğumalı, yer yer soğuma boşluklu bazaltik, bazaltik-andezitik lav ve asit karakterli piroklastitlere, daha az olarak epiklastik düzeyler içermesi nedeniyle de çökelmeye bir volkanizmanın eşlik ettiğini ifade etmektedirler.

4.4. Kaçkar Riyodasiti

4.4.1. Tanım

Birim, Pelin (1977) tarafından bölgede yapılan çalışmada genel olarak incelenmiş ve Kaçkar batoliti adıyla ilk kez tanımlanmıştır. Uğuz vd. (2011) ise yaptıkları çalışmada, riyodasitleri ayrı olarak incelemişler ve birimi Kaçkar Riyodasiti olarak adlandırmışlardır. Günümüze değin bu isim kullanılmamıştır.

4.4.2. Dağılım ve Konum

Bu birim özellikle Zigana Sırtı'nın kuzeyinde kalan alanlarda ve genellikle derince deşilmiş vadi içlerinde olmak üzere Giresun'da Yayla, Başar Yayla ve Maçka İlçesi dolayında yaygın yüzeylemeleri vardır. Birim, çalışma alanı içerisinde bulunan formasyonları intrüzif olarak kesmektedir (Şekil 4.1).

4.4.3. Litoloji

Uğuz vd. (2011) yaptıkları çalışmada, riyolitin, dasit kuvarstan başka alkali feldspat da içerdiğini, genellikle kuvars fenokristallerinin kısmen kemirilmiş olarak, camsı bir hamur içerisinde bulunduğunu ve riyolitik-dasitik magmanın yavaş soğuması ile kayacın yer yer holokristalen bir doku kazandığını ifade etmektedirler. Bu birim yeşilimsi gri, yeşil yer yer boz renkli, porfirik dokulu, çoğunlukla sütunsal soğuma yapılıdır (Şekil 4.6). Granitik-granodiyoritik bir magma ile ilgili olduğu düşünülen subvolkanik kayalardan oluşan birim,

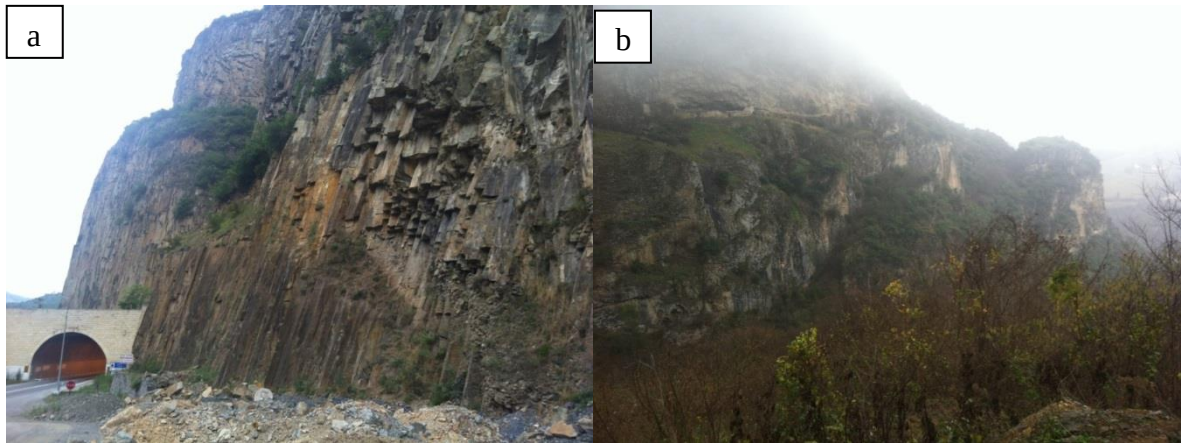
Geç Kretase-Eosen yaşı volkanit, volkano-tortul ve tortul kayalarda görülen alterasyon zonları ile yakın ilişki halindedir. Aydın (2014) ise buradaki kayaçların mikrokristalen porfiritik dokulu olduklarını ve Kaçkar granitoidinin subvolkanik oluşumları olan bu kayaçların tonalit porfir ve kuvars diyorit porfir olduklarını belirlemiştir

4.4.4. Yaş

Riyo-dasitik kayaların bölgedeki üst yaşı Eosen'e ulaşan kayaların içine sokulduğu için yaşının Eosen'den (Lutesiyen) daha genç olması gereklidir. Nitekim Uğuz vd. (2011)'de aynı fikirdedirler. Aydın (2014) birimin yaşını Erken Kampaniyen olarak vermektedir.

4.4.5. Oluşum Ortamı

Aydın (2014) daha önce bölgede yapılan çalışmalarla kendi verilerini birleştirilerek bu subvolkanik sokulumun hibrid kökenli olduğu ve genişleyen yay ortamında bir slab rollback vasıtasıyla zenginleşmiş litosferik manto ile alt kabuktan türemiş eriyiklerin karışması ile oluştuğunu söylemiştir.



Şekil 4. 6. Kaçkar Riyo-dasiti'nin arazi görünümü

4.5. Yamaç Molozu

Yamaç molozu, inceleme alanında Kozağaç ve Güney Mah. civarında yamaçlarda yüzeylenmiş olup, değişen kalınlıklara sahiptir. Kuvaterner yaşı olan bu birimin kalınlığı sondajlardan elde edilen verilere göre 10-25 m arasında değişmektedir. Birim,

tutturulmamış, az yuvarlaklaşmış,-köşeli, kil boyutundan blok boyutuna kadar değişen elemanlardan oluşmaktadır.

4.6. Alüvyon

Çalışma alanında Maçka deresi vadi tabanında, üst kotlardaki ve akarsuların beslenme havzasındaki birimlerden oluşmuş olan alüvyon yüzeylemektedir. Alüvyon malzemesi; blok, çakıl, kum ve siltten oluşmaktadır.

5. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Bu çalışma Trabzon ili Maçka ilçesi sınırları içerisinde yapımı planlanan Maçka Tüneli güzergâhında yüzeyleyen Çatak Formasyonu, Esiroğlu Formasyonu ve Kaçkar Riyodasiti'ne ait kayaçların jeoteknik özelliklerini belirleyerek, bu kayaçlar için kaya kütle sınıflamalarını yapmak ve tünel kazısı sırasında kullanılması gereken optimum destek tiplerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında, tünel güzergâhının detaylı jeolojik haritası yapılmış (Şekil 4.2), süreksizliklerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hat etütleri gerçekleştirilmiş, jeoteknik amaçlı sondajlara ait karotlar incelenerek RQD (Kaya Kalite Göstergesi), Toplam Karot Verimi (TKV) ve bozunma derecesi (W) belirlenmiş ve laboratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere karot örnekler derlenmiştir. Karot örnekleri alınırken tünel kazısının etkileyeceği bölge olarak tünelin 10 metre üzerinde ve 5 metre altında bulunan bölgelerden örnekleme yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları ile kaya malzemesinin fiziksel, mekanik ve elastik özelliklerini belirlemek için derlenen karot örnekler üzerinde jeomekanik deneyler yapılmıştır. Büro çalışmalarının ilk aşamasında, arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak, tünel güzergâhındaki kayaçlar kaya kütle sınıflamaları ile sınıflandırılmış ve destek tipleri belirlenmiştir. İkinci aşamada ise farklı kaya kütle sınıflama sistemlerinden elde edilen destek sistemlerinin sayısal analizleri yapılmıştır. Son aşamada ise farklı kaya kütle sınıflama sistemlerinden elde edilen destekler irdelenmiş ve her bir kaya kütlesi için optimum destek tipi önerilerek, önerilen destek tiplerinin güvenilirliği sayısal analizler ile kontrol edilmiştir.

5.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, tünel güzergâhında yapılan jeolojik haritalama, kayaçların içerdiği süreksizliklerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan hat etütleri, araştırma sondajlarına ait karotların incelenerek RQD, Toplam Karot Verimi ve bozunma derecelerinin belirlenmesi ve laboratuvar çalışmaları için karot örnek derlenmesinden oluşmaktadır.

5.1.1. Süreksizliklerin Mühendislik Özellikleri ve Hat Etüdü Çalışmaları

Yüzey veya yeraltında yapılan mühendislik amaçlı çalışmalarda kaya malzemesinin fiziko-mekanik özellikleri ile birlikte, süreksizliklerin mühendislik özellikleri de büyük önem taşır. Bu nedenle, mühendislik amaçlı kaya kütle sınıflamaları, laboratuvarından elde edilen veriler ile birlikte kaya kütlelerinin davranışını kontrol eden süreksizliklerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır (Goodman, 1989).

Hat etüdü yöntemi, süreksizliklerden doğrudan ölçüm alınmasını sağlayan ve geniş bir alanda kaya kütlelerinin incelenmesine imkân veren bir yöntemdir. İlk defa Jennings (1970) tarafından önerilen yöntem, daha sonra Piteau (1970) tarafından güncellenmiş, diğer araştırmacılar (Attewell ve Farmer (1976), Priest ve Hudson(1976)) ve ISRM (1978) tarafından geliştirilerek 2007 yılında ISRM (2007) tarafından önerilen düzenlemeler ile son halini almıştır.

Süreksizliklerden, en doğru verilerin alınmasını sağlayan hat etüdü yöntemiyle yapılan ölçümlerde çelik şerit metreyle belirlenen birbirine dik en az iki ölçüm hattı boyunca, şerit metre merkezde olmak şartıyla hattın 50 cm üzeri ve altında kalan kısımlar hesaba katılarak süreksizlik özellikleri belirlenmektedir. (Şekil 5.1). Mostranın seçiminde, süreksizliklerin en az % 50'sinin ucu görünecek şekilde olmasına dikkat edilerek yapılan ölçüm ve gözlemler ile süreksizliklerin yönelim, aralık, açıklık, devamlılık, dolgu, pürüzlülük, bozunma ve su durumu olmak üzere sekiz mühendislik özelliği belirlenmektedir (Şekil 5.2, 5.3). Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen hat etüdü çalışmaları ile Çatak Formasyonu, Kaçkar Riyodasiti ve Esiroğlu Formasyonu'na ait kayaların içerdiği süreksizliklerin mühendislik özellikleri ISRM (1981) tanımlama kriterlerine göre belirlenmiştir.

5.1.2. Süreksizlik Yönelimi

Bir süreksizliğin yatayda ölçülen en büyük eğim açısı ile eğim yönünün gerçek kuzeyle saat ibresi dönüş yönünde yaptığı açı o süreksizliğin uzaysal yönelimini tanımlar (Şekil 5.2). Yönelimleri hemen hemen aynı olan süreksizliklerin oluşturduğu topluluk ise süreksizlik takımı olarak tanımlanmaktadır.

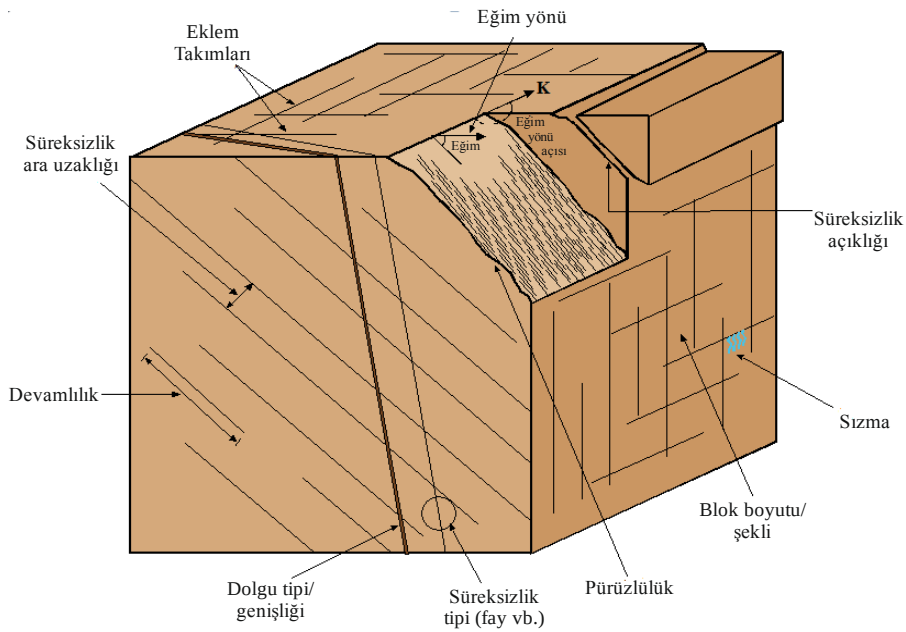
Süreksizlik yönelimlerinin grafiksel sunumunda çok sayıda verinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılan ve pratik bir yöntem olan gül diyagramları, genellikle doğrultu ve

eğim için ayrı ayrı oluşturulduklarından dezavantajlıdır. Bu eksikliği gidermek için doğrultu ve eğimleri birlikte değerlendiren kontur diyagramları kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında süreksizlik yönelimleri jeolog pusulası ile ölçülmüş ve elde edilen değerler Dips 5.1 (Rocscience, 2004) bilgisayar programına aktarılarak kontur diyagramları çizilmiştir (Şekil 5.4 – 5.6).



Şekil 5. 1. Kaçkar Riyodasiti üzerinde hat etüdü çalışması için belirlenmiş yatay hat

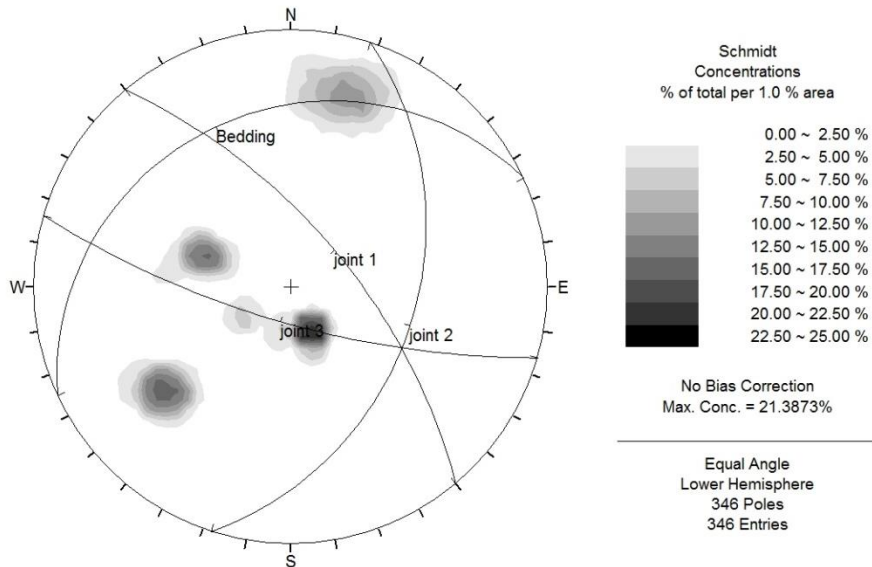


Şekil 5. 2. Kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklerin özelliklerini tanımlayan parametreleri gösteren blok diyagram (Wyllie ve Mah, 1999)

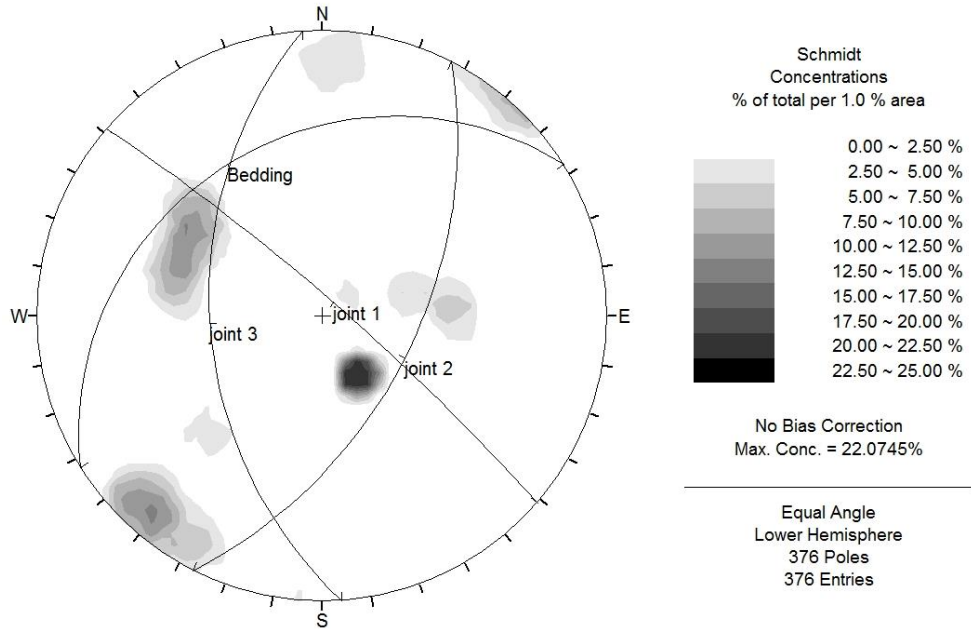


Şekil 5. 3. Kaya kütle özelliklerini tanımlayan parametreler (Wyllie ve Mah, 1999)

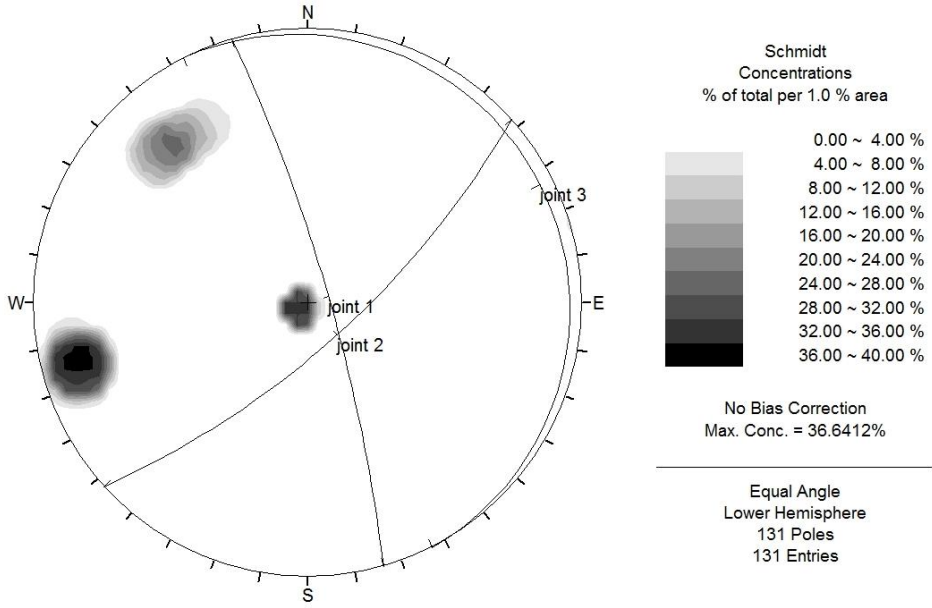
Çatak Formasyonu'ndan alınan yönelim ölçülerine ait kontur diyagramına göre, formasyon iki eklem seti ve tabakalanma olmak üzere üç süreksizlik tipi içermektedir (Şekil 5.5), Esiroğlu Formasyonu ise üç eklem seti ve tabakalanmaya sahiptir (Şekil 5.6). Kaçkar Riyodasiti'nde ise baskın olarak 3 adet eklem takımı belirlenmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5. 4. Çatak Formasyonu'ndan alınan eklem yönelimi ölçülerine ait kontur diyagramı



Şekil 5. 5. Esiroğlu Formasyonu’ndan alınan eklem yönelimi ölçülerine ait kontur diyagramı



Şekil 5. 6. Kaçkar Riyodasiti’nden alınan eklem yönelimi ölçülerine ait kontur diyagramı

Tünel güzergahındaki kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklere ait ana yönelimler Tablo 5.1’ de verilmiştir.

Tablo 5. 1. Çalışma alanındaki birimlerin yönelimleri

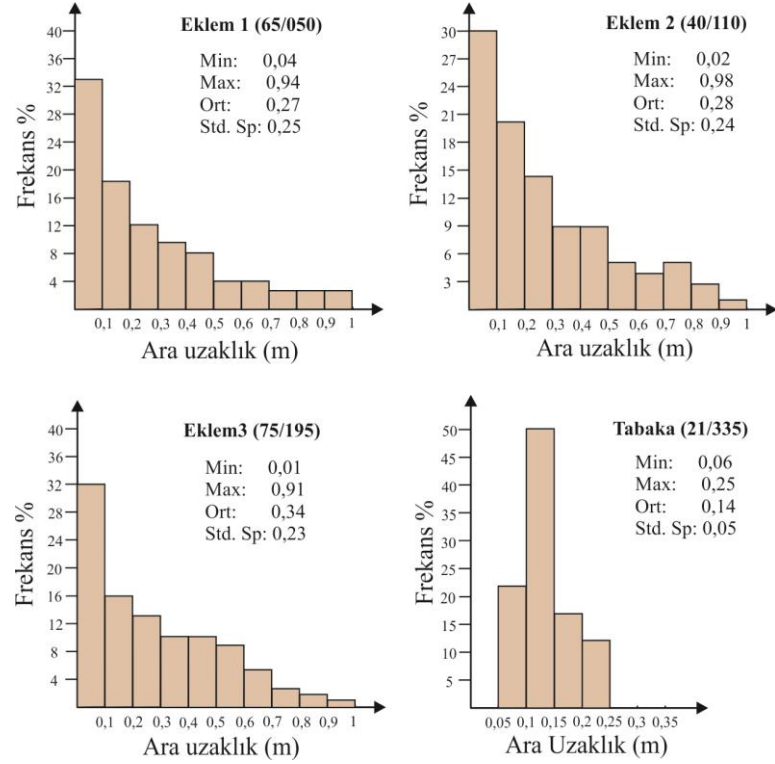
Birim	Süreksizlik Tipi	Eğim Açısı/Eğim Yönü
Çatak Formasyonu	Tabaka	21/335
	Eklem	65/050 (Eklem 1)
	Eklem	40/110 (Eklem 2)
	Eklem	75/195 (Eklem 3)
Esiroğlu Formasyonu	Tabaka	26/328
	Eklem	83/040 (Eklem 1)
	Eklem	56/120 (Eklem 2)
	Eklem	47/266 (Eklem 3)
Kaçkar Riyodasiti	Eklem	80/075 (Eklem 1)
	Eklem	74/152 (Eklem 2)
	Eklem	3/060 (Eklem 3)

5.1.3. Süreksizlik Aralığı

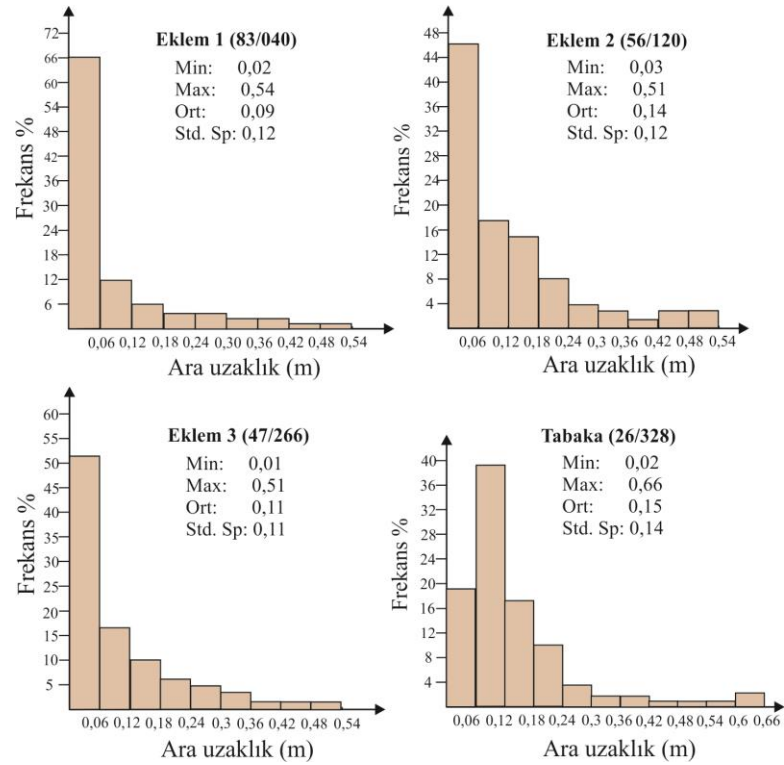
Süreksizlik aralığı veya ara uzaklığı aynı takıma ait süreksizlikler arasındaki en kısa (dik) mesafe olup, kaya kütlelerindeki blok boyutunu ve meydana gelebilecek yenilme türlerini kontrol eden bir parametredir (Şekil 5.3). Bu parametre tabakalanma içeren kaya kütlelerinde tabaka kalınlığı olarak ifade edilmektedir. Süreksizlik ara uzaklığı, mostra yüzeyinde süreksizlik doğrultusuna dik yönde serilen bir şerit metre boyunca gözlenen süreksizlikler arasındaki mesafenin ölçülmesi ile belirleneceği gibi, sondaj karotlarından da belirlenebilmektedir. Ölçüm hattı ve sondaj eksenini boyunca iki süreksizlik arasında ölçülen uzaklık görünür ara uzaklık olarak bilinir. Bir süreksizlik setindeki süreksizliklerin bir birine paralel olduğu çok ender görüldüğü için gerçek aralık parametresi ölçüm hattının yöneliminden veya ölçümün yapıldığı mostranın konumundan etkilenmektedir. Bu nedenle süreksizlik sıklığının değerlendirilmesinde görünür aralık değerinin ölçülmesi uygulamada daha yaygın şekilde tercih edilmektedir (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Çatak Formasyonu, Esiroğlu Formasyonu ve Kaçkar Riyodasiti'nin içerdiği süreksizliklerin ortalama ara uzaklık değerini belirlemek için her bir süreksizlik takımı için ayrı ayrı alınan ölçümler histogramlarla değerlendirilmiş (Şekil 5.7-5.9), formasyonların içerdiği eklem takımlarının ara uzaklığı ve tabakalanma düzlemlerinin kalınlık değerleri belirlenmiştir (Tablo 5.2).

Tablo 5.2'de görüldüğü gibi ISRM (2007) tarafından yapılan tanımlama ölçütlerine göre Çatak Formasyonu'na ait eklem setleri "orta derecede ara uzaklıklı", tabakalar ise kalınlığı "yakın ara uzaklıklı"dır. Esiroğlu Formasyonu'na ait eklem setlerinin tümü "yakın ara uzaklıklı" iken Kaçkar Riyodasiti eklem setleri "orta derecede ara uzaklıklı"dır.



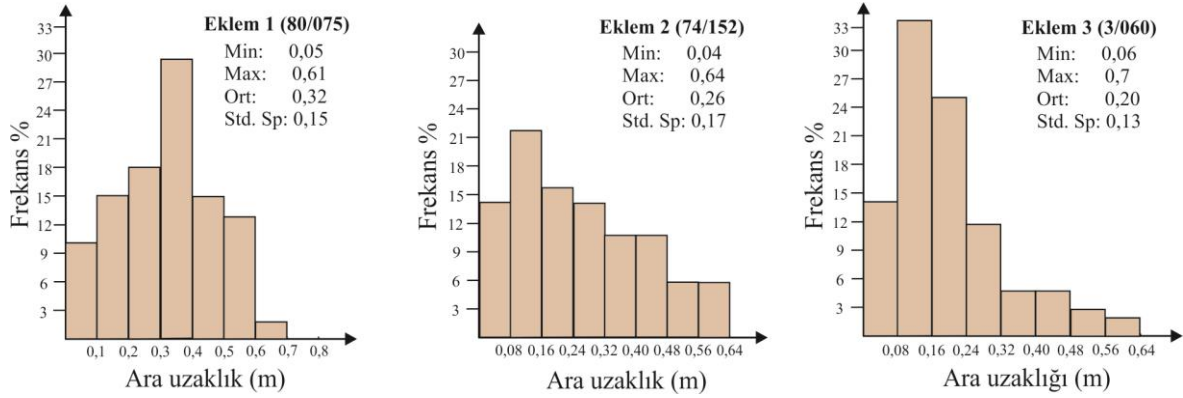
Şekil 5. 7. Çatak Formasyonu'na ait süreksizliklerin ara uzaklık histogramları



Şekil 5. 8. Esiroğlu Formasyonu'na ait süreksizliklerin ara uzaklık histogramları

Tablo 5. 2. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklere ait ara uzaklığı değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (2007) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi

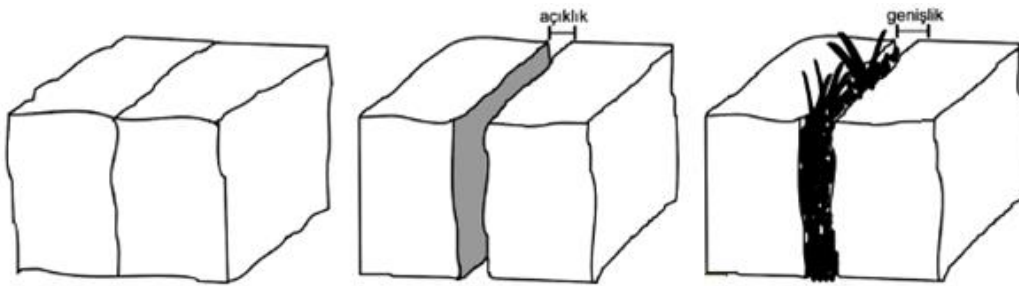
Eklem ara uzaklığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 2007)		Çatak Formasyonu				Esiroğlu Formasyonu				Kaçkar Riyodasiti		
		65/050 (Eklem 1)	40/110 (Eklem 2)	75/195 (Eklem 3)	21/335 (Tabaka)	83/040 (Eklem 1)	56/120 (Eklem 2)	47/266 (Eklem 3)	26/328 (Tabaka)	80/075 (Eklem 1)	74/152 (Eklem 2)	3/060 (Eklem 3)
Süreksizlik ara uzaklığı (m)	Tanımlama	Ara uzaklığı frekans değerleri (%)										
< 0,02	Çok dar ara uzaklıklı	14	16	16	-	4	-	13	5	-	-	-
0,02-0,06	Dar ara uzaklıklı	14	13	21	7	62	46	46	15	14	10	5
0,06-0,2	Yakın ara uzaklıklı	24	22	32	81	21	38	37	65	25	61	19
0,2-0,6	Orta derecede ara uzaklıklı	35	37	19	12	9	11	12	12	55	27	74
0,6-2	Geniş ara uzaklıklı	13	13	12	-	4	6	6	3	6	2	2
2-6	Çok geniş ara uzaklıklı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 6	İleri derecede geniş ara uzaklıklı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ortalama ara uzaklığı (m)		0,27	0,28	0,34	0,14	0,09	0,14	0,11	0,15	0,32	0,26	0,20
Tanımlama ölçütleri		Orta derecede ara uzaklıklı	Orta derecede ara uzaklıklı	Orta derecede ara uzaklıklı	Yakın ara uzaklıklı	Yakın ara uzaklıklı	Yakın ara uzaklıklı	Yakın ara uzaklıklı	Yakın ara uzaklıklı	Orta derecede ara uzaklıklı	Orta derecede ara uzaklıklı	Orta derecede ara uzaklıklı



Şekil 5. 9. Kaçkar Riyodasiti'ne ait süreksizlik ara uzaklığı histogramları

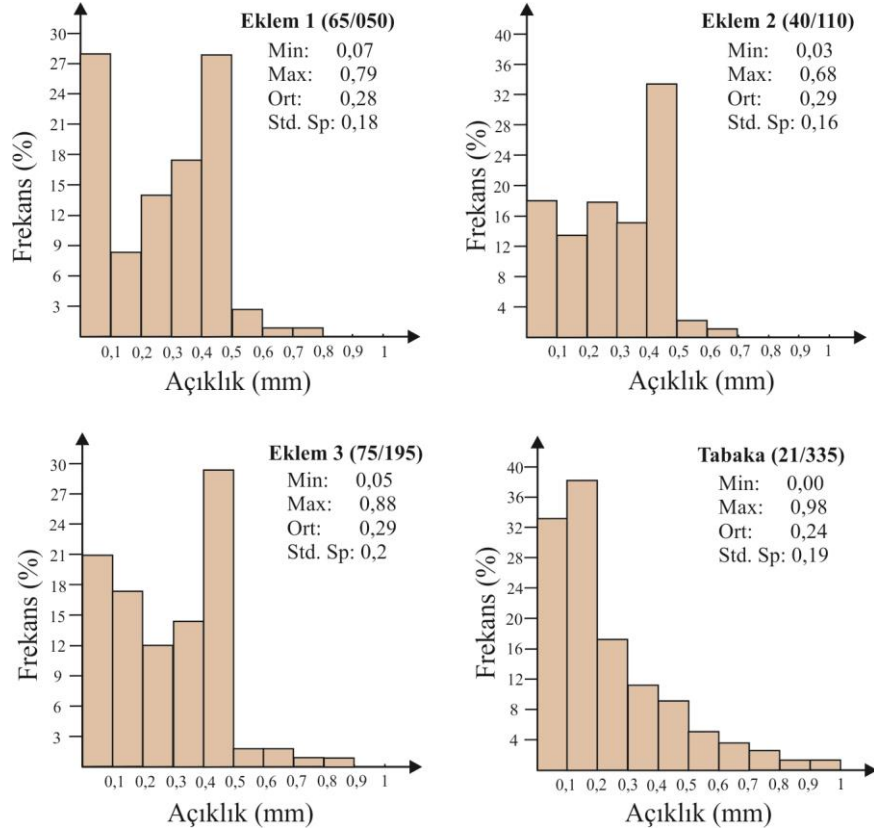
5.1.4. Süreksizlik Açıklığı

Açıklık, bir süreksizlik yüzeyine ait blokların iki yüzeyi arasındaki dik mesafe olarak tanımlanır (ISRM, 2007). Süreksizlik yüzeyleri kapalı olabileceği gibi su veya dolgu malzemesiyle doldurulmuş olabilir (Şekil 5.10). Eğer süreksizlik yüzeyi temiz ve kapalı ise diğer süreksizlik parametreleri jeoteknik tanımlama için yeterli olacaktır. Ancak süreksizlik yüzeyi açık ise bu açıklığın ölçülmesi gerekmektedir. Açıklığın ölçümünde milimetre ölçekli şerit metrelerden yararlanılacağı gibi, daha hassas mikrometrelerden de yararlanılabilir (Ulusay ve Sönmez, 2007).

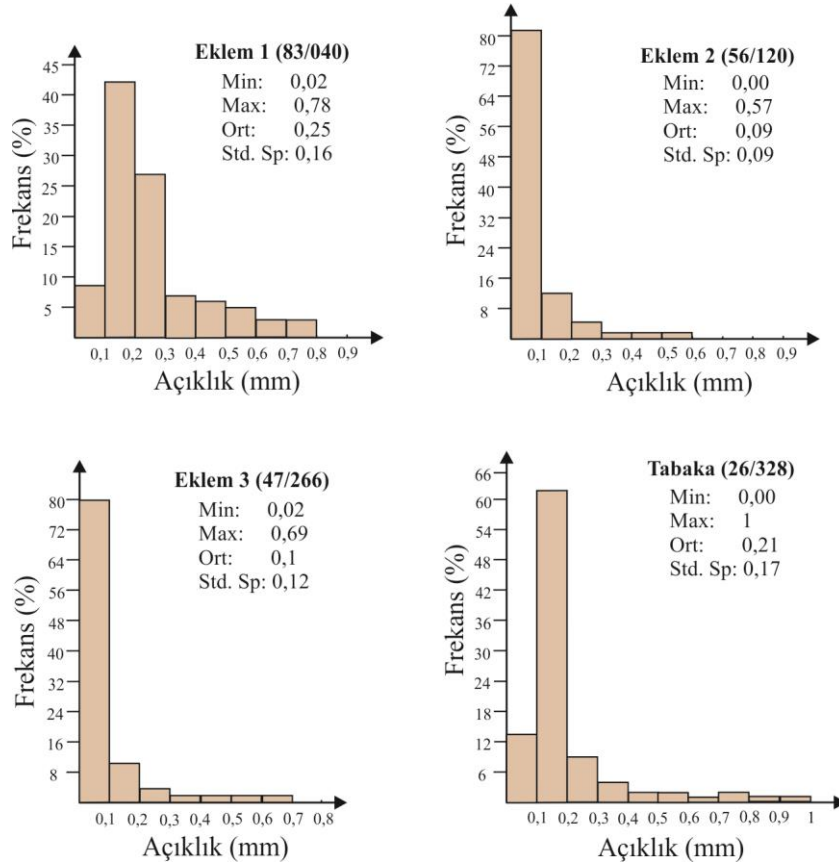


Şekil 5. 10. Kapalı, açık ve dolgu süreksizlikler (Ulusay ve Sönmez, 2007)

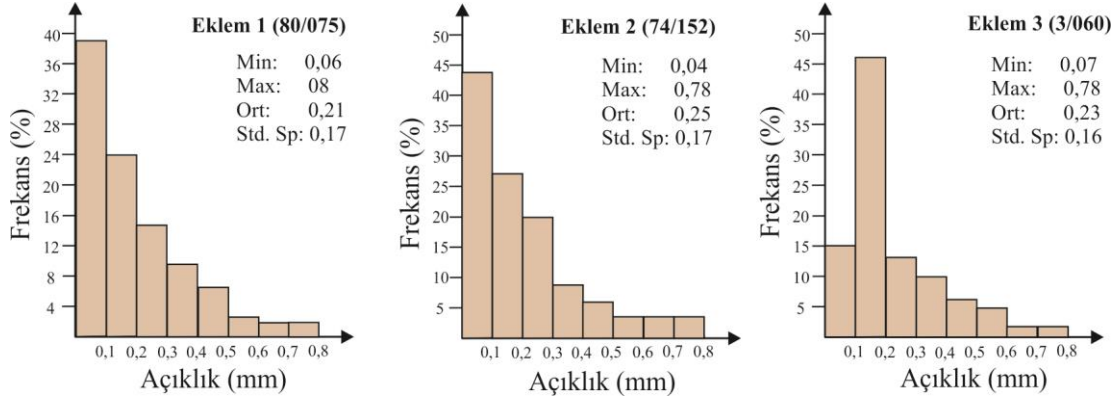
Bu çalışmada her bir süreksizlik takımı için açıklıklar ayrı ayrı ölçülmüş ve alınan ölçümler histogramlar ile değerlendirilerek ortalama açıklık değerleri belirlenmiştir (Şekil 5.11-13). Kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklerin ortalama açıklık değerleri ise Tablo 5.3.'de verilmiştir.



Şekil 5. 11. Çatak Formasyonu'na ait süreksizlik açıklığı histogramları



Şekil 5. 12. Esiroğlu Formasyonu'na ait süreksizlik açıklığı histogramları



Şekil 5. 13. Kaçkar Riyodasiti’ne ait süreksizlik açıklığı histogramları

ISRM (2007) tanımlama ölçütlerine göre (Tablo 5.3.), Çatak Formasyonu’na ait 65/050, 40/110, 75/195 yönelimli eklemeler “kısmen açık”, tabakalar ise “sıkı”, Esiroğlu Formasyonu eklem takımlarından 56/120 yönelimli eklem takımı “çok sıkı”, tabaka ve diğer eklem takımları açıklıkları “sıkı” olarak tanımlanmıştır. Kaçkar Riyodasiti’nde bulunan bütün eklem takımlarına ait süreksizlik açıklıkları “sıkı” özelliktedir.

5.1.5. Süreksizliklerin Devamlılığı

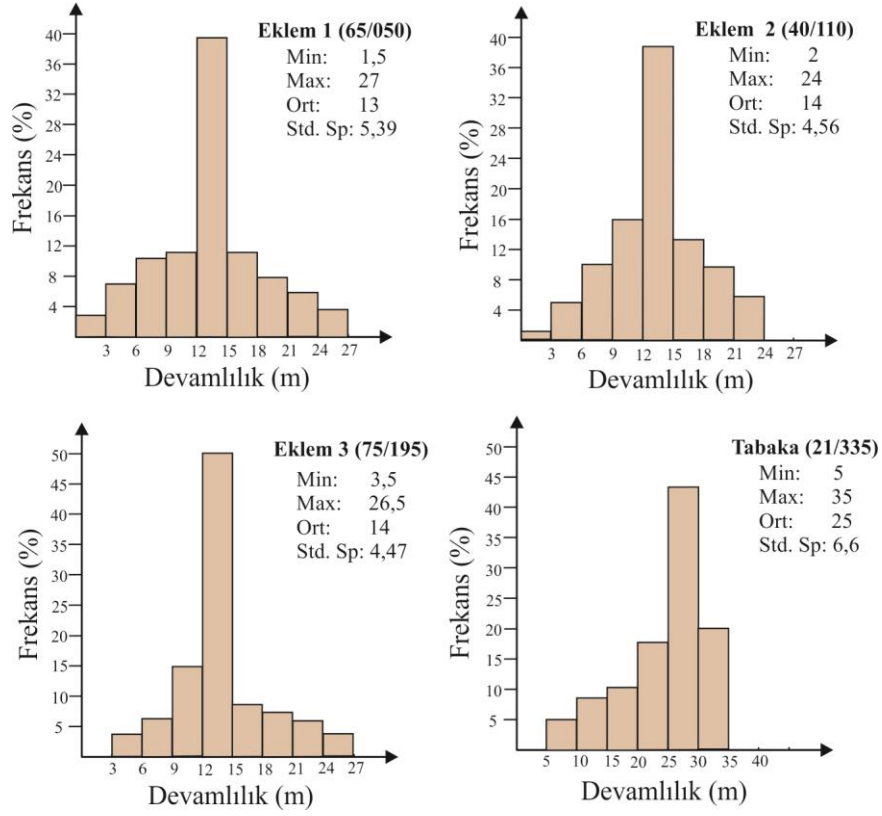
Süreksizliklerin devamlılığı, süreksizliklerin bir düzlemdeki alansal yayılımının göstergesi veya boyutları olup, duraylılığı etkileyen önemli parametredir. Devamlılık alansal oran olarak tanımlansa da, alansal ölçümlerin zor olması sebebiyle genellikle mostradaki süreksizlik izinin ölçülmesiyle bulunmaktadır (ISRM 2007). Bu durumda devamlılık, süreksizlik izi olarak ele alınmaktadır. Bu çalışmada süreksizliklerin devamlılığı ISRM (2007)’deki tanımlar esas alınarak doğrudan şerit metre ile mostra yüzeylerinde yapılan ölçümler ile belirlenmiştir.

Çatak Formasyonu’na ait süreksizliklerin devamlılık histogramları çizilirken, devamlılıklar 3 m ve 5 m aralıklarla gruplandırılarak frekans hesaplamaları yapılmıştır. Eklem takımlarının ortalama devamlılık değerleri; 65/050 yönelimli eklem takımı için 13 m, 40/110 yönelimli eklem takımı için 14 m, 75/195 yönelimli eklem takım için 14 m, tabakalanma düzlemi için ise 25 m olarak belirlenmiştir (Şekil 5.14).

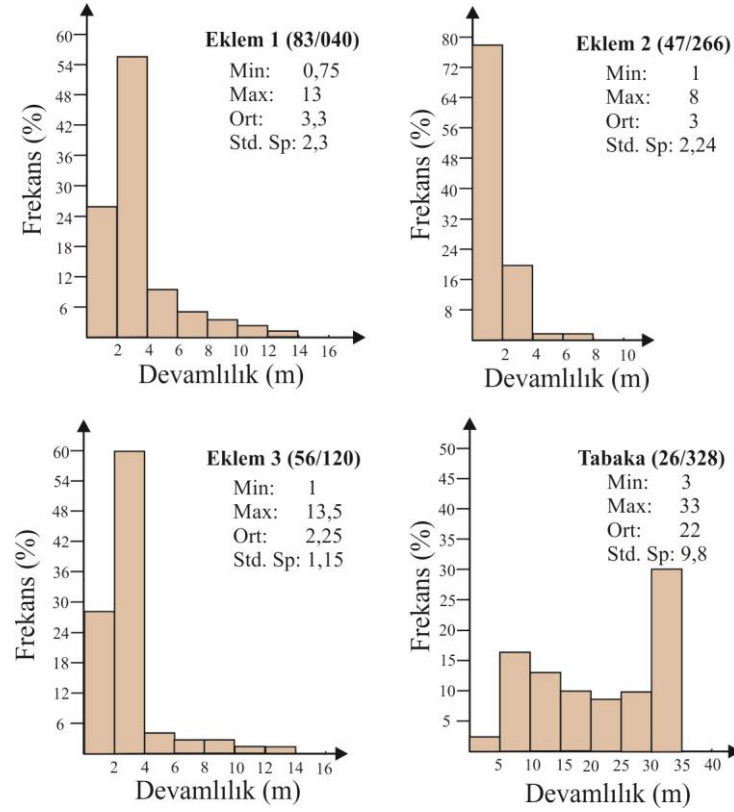
Esiroğlu Formasyonu’ndan alınan devamlılık ölçümleri kullanılarak çizilen histogramlardan eklem takımlarının ortalama devamlılık değerleri; 83/040 yönelimli eklem takımı için 3,3 m, 47/266 yönelimli eklem takımı için 3 m, 56/120 yönelimli eklem takım için 2,25 m, tabakalanma düzlemi için ise 22 m olarak belirlenmiştir (Şekil 5.15).

Tablo 5. 3. Tünel güzergâhında geçilecek olan formasyonlara ait süreksizlik açıklığı değerleri ve bu değerlerin ISRM (2007) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi

Süreksizlik ölçütleri (ISRM, 2007)	açıklığı	tanımlama	Çatak Formasyonu				Esiroğlu Formasyonu				Kaçkar Riyodasiti		
			65/050 (Eklem 1)	40/110 (Eklem 2)	75/195 (Eklem 3)	21/335 (Tabaka)	83/040 (Eklem 1)	56/120 (Eklem 2)	47/266 (Eklem 3)	26/328 (Tabaka)	80/075 (Eklem 1)	74/152 (Eklem 2)	3/060 (Eklem 3)
Süreksizlik ara uzaklığı (m)	Tanımlama	Süreksizlik açıklığı frekans değerleri (%)											
< 0,1	Çok sıkı	28	18	23	15	8	81	80	14	15	38	39	
0,1-0,25	Sıkı	22	30	24	56	67	14	14	58	49	26	31	
0,25-0,5	Kısmen açık	44	48	46	21	17	4	3	18	27	28	24	
0,5-2,5	Açık	6	4	6	8	7	1	3	10	8	8	6	
2,5-10	Orta Derecede Geniş	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 10	Geniş	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ortalama açıklık (mm)		0,28	0,29	0,29	0,25	0,26	0,09	0,1	0,21	0,21	0,25	0,23	
Tanımlama ölçütleri		Kısmen Açık	Kısmen Açık	Kısmen Açık	Sıkı	Kısmen Açık	Çok sıkı	Sıkı	Sıkı	Sıkı	Sıkı	Sıkı	

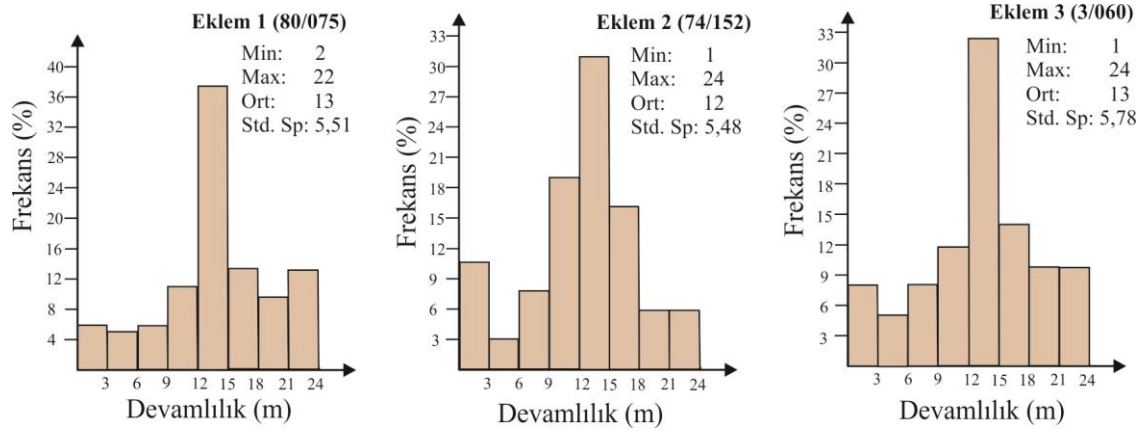


Şekil 5. 14. Çatak Formasyonu'na ait süreksizliklerin devamlılık histogramları



Şekil 5. 15. Esiroğlu Formasyonu'na ait süreksizliklerin devamlılık histogramları

Kaçkar Riyodasiti'nin içerdği eklem takımlarının ortalama devamlılık değerleri; 74/152 yönelimli eklem takımı için 12 m, 80/075 yönelimli eklem takımı için 13 m, 3/060 yönelimli eklem takımı içinde 13 m'dir (Şekil 5.16).



Şekil 5. 16. Kaçkar Riyodasiti'ne ait süreksizliklerin devamlılık histogramları

Histogramlardan elde edilen veriler ISRM (2007) tanımlama ölçütlerine göre ele alındığında Çatak Formasyonu eklem takımlarının devamlılıklarının “yüksek devamlı”, tabakaların ise “çok yüksek devamlı” olduğu, Esiroğlu Formasyonu 83/040 ve 56/120 yönelimli eklem takımlarının devamlılıkları “orta derecede devamlı”, 47/266 yönelimli eklem takımının “düşük derecede devamlı”, tabakaların ise “çok yüksek devamlı” olduğu, Kaçkar Riyodasiti eklem takımlarının tamamının “yüksek devamlı” olduğu Tablo 5.4.’ te görülmektedir.

Tablo 5. 4. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerini içerdği süreksizliklere ait devamlılık değerleri ve bu değerlerin ISRM (2007) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi

Süreksizlik devamlılığı tanımlama ölçütleri (ISRM,2007)		Çatak Formasyonu				Esiroğlu Formasyonu				Kaçkar Riyodasiti		
		65/050	40/110	75/195	21/335	83/040	56/120	47/266	26/328	80/075	74/152	3/060
		(Eklem 1)	(Eklem 2)	(Eklem 3)	(Tabaka)	(Eklem 1)	(Eklem 2)	(Eklem 3)	(Tabaka)	(Eklem 1)	(Eklem 2)	(Eklem 3)
Süreksizlik İzinin uzunluğu (m)	Tanımlama	Süreksizlik devamlılığı frekans değerleri (%)										
< 1	Çok düşük devamlı	-	-	-	-	7	15	78	-	2	3	-
1-3	Düşük derece devamlı	3	1	-	-	72	72	19	7	7	8	7
3-10	Orta derece devamlı	30	21	10	4	18	7	3	12	14	11	11
10-20	Yüksek devamlı	49	71	78	26	3	6	-	26	68	68	71
> 20	Çok yüksek devamlı	18	6	12	70	-	-	-	55	10	11	11
Ortalama devamlılık (m)		13	14	14	25	3,3	3	2,25	22	13	12	13
Tanımlama ölçütleri		Yüksek devamlı	Yüksek devamlı	Yüksek devamlı	Çok yüksek devamlı	Orta derece devamlı	Orta derece devamlı	Düşük derece devamlı	Çok yüksek devamlı	Yüksek devamlı	Yüksek devamlı	Yüksek devamlı

5.1.6. Süreksizlik Pürüzlülüğü ve Dalgallığı

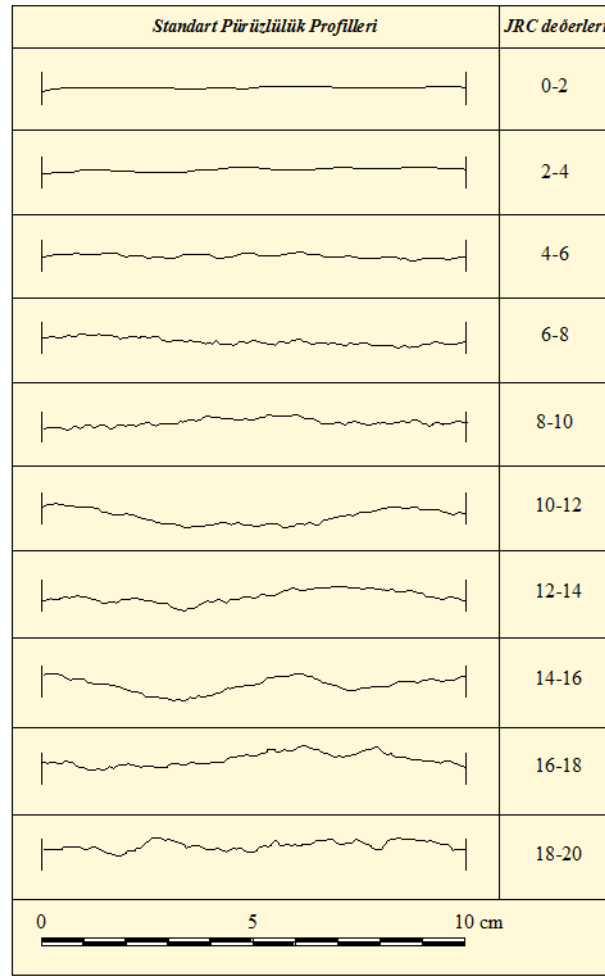
Pürüzlülük, bir süreksizlik yüzeyinin küçük ölçekte (cm boyutunda), dalgallık ise büyük ölçekte (metre boyutunda) düzlemsellikten sapmasının bir ölçütü olarak tanımlanabilir (ISRM, 2007). Her iki özellik de süreksizlik yüzeylerine ait makaslama dayanımının önemli bir bileşeni olarak rol oynar. Ancak süreksizlik açıklığı veya dolgu malzemesinin kalınlığının artmasıyla, pürüzlülüğün süreksizlik makaslama dayanım üzerine etkisi de azalmaktadır.

Süreksizlik pürüzlülüğünün belirlenmesine yönelik değişik yöntemler önerilmiştir (ISRM, 2007). Bunlar doğrusal profil alma yöntemi, pusula ve disk şeklindeki klinometre ile yapılan ölçümler ve pürüzlülük tarağı gibi mekanik profilometreler ile yapılan ölçümler şeklinde sıralanabilir. Profilometreler, arazide veya laboratuvar ölçeğinde süreksizliklerin pürüzlülük profillerinin sayısallaştırılması amacıyla kullanılan mekanik gereçlerdir (Wissbach, 1978; Swan, 1981; Aydan vd., 1995).

Standart pürüzlülük profillerinde verilen süreksizlik yüzeyi pürüzlülük sayısı (JRC) değerleri 0-20 arasında değişmektedir. Barton ve Bandis (1982, 1990) süreksizlik yüzeyinde alınan değişik ölçüm uzunlukları için JRC değerleri bulmak amacıyla pürüzlülük genliği ve ölçüm uzunluğundan faydalanmışlardır.

Bu çalışmada yapılan pürüzlülük ölçümlerinde, Barton ve Choubey (1977) tarafından küçük ölçekli pürüzlülüğü tanımlamak için önerilen ve arazide telli profilometre ile ölçülen süreksizlik yüzeyi profillerinin, mevcut standart profillerle (Şekil 5.17) karşılaştırılması esasına dayanan yöntem tercih edilmiştir (Tablo 5.5).

Süreksizlik yüzey profillerinin değerlendirilmesi amacıyla ayrıca büyük ölçekte dalgallığın dalga boyu ve genlik parametreleri de ölçülmelidir. Söz konusu yöntemde 1 metre uzunluğunda bir cetvel süreksizlik yüzeyine dayanmış ve yüzeyin cetvel ile olan en uzak mesafesi ölçülmüştür.



Şekil 5. 17. Pürüzlülük profilleri ve bunlara karşılık gelen JRC (eklem pürüzlülük katsayısı) değerleri aralığı (ISRM 1981a)

Tablo 5. 5. Tünel güzergâhındaki formasyonlara ait süreksizlik yüzeylerinin dalgalılık ve ortalama JRC değerleri

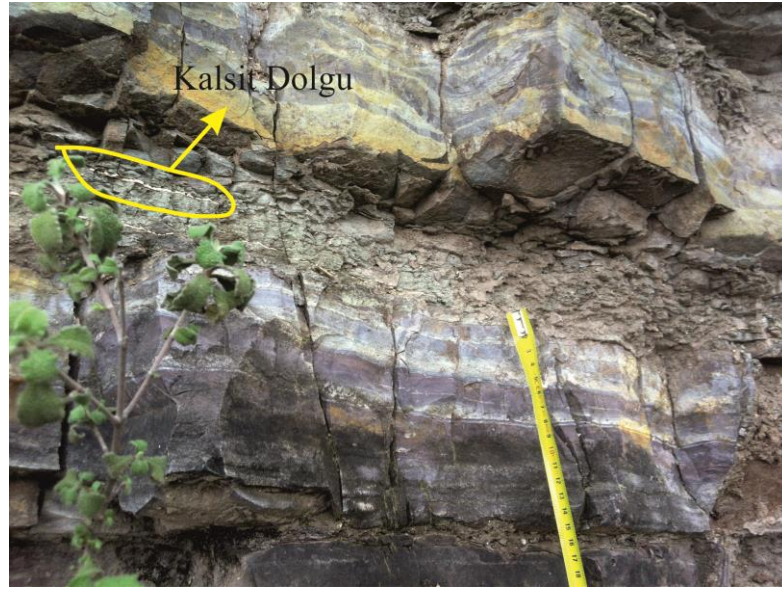
	Çatak Formasyonu				Esiroğlu Formasyonu				Kaçkar Riyodasiti		
	65/050	40/110	75/195	21/335	83/040	54/117	47/266	26/328	74/152	80/075	3/060
Ortalama											
JRC	4-6	4-6	4-6	14-16	2-4	2-4	2-4	4-6	4-6	4-6	2-4
değerleri											

5.1.7. Süreksizlik dolgusu

Dolgu malzemesi, süreksizliğin karşılıklı iki yüzeyinin arasını dolduran ve genellikle ana kaya malzemesinden daha zayıf olan malzemedir. Dolgulu bir süreksizlikte süreksizliğin iki yüzeyi arasındaki uzaklık dolgunun kalınlığı olarak tanımlanır (Ulusay ve Sönmez, 2007). Kalsit, kuvars ve pirit gibi yüksek dayanıma sahip mineraller hariç

tutulursa, dolgu içeren süreksizlikler dolgusuz veya pürüzlü yüzeylere oranla daha düşük makaslama dayanımına sahiptirler ve bu nedenle kaya kütlelerinin dayanımı üzerinde daha etkin bir rol oynamaları beklenir. Çalışma alanındaki kaya kütlelerinde süreksizliklerdeki dolgu kalınlığı milimetre bölmeli şerit metreyle ölçülmüştür. Dolgu özelliklerinin belirlenmesinde ISRM (2007) tanımlama ölçütlerinden faydalanılmıştır.

Çalışma alanında bulunan eklemler genel olarak dolgusuzdur. Ancak bazı seviyelerde 1mm ile 3 mm arası kil ve kalsit dolgu görülebilmektedir (Şekil 5.18).



Şekil 5. 18. Çatak Formasyonu marn ara katkılı içerisinde görünen kalsit dolgu

5.1.8. Süreksizlik Yüzeyinin Bozunma Derecesi

Kaya kütleleri yüzeye yakın kesimlerde genellikle bozunmuş, daha derinlerde ise hidrotermal süreçlere bağlı olarak alterasyona uğramış olabilirler. Bu nedenle süreksizlik yüzeylerinin dayanımı, bu yüzeylerin ve yakın çevredeki kayaç malzemesinin bozunma derecesi ile yakından ilişkilidir (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Süreksizlik yüzeylerinin dayanıma etkisi açısından taşıdığı önem dikkate alınarak, kaya kütlelerinin ve kayaç malzemesinin bozunma derecesinin tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla ISRM (2007) tarafından, arazi çalışması sırasında kullanılabilecek bozunma sınıflaması ölçütleri önerilmiştir.

ISRM (2007) tanımlama ölçütüne göre, Çatak Formasyonu ve Esiroğlu Formasyonu'na ait süreksizlik yüzeyleri “az bozunmuş”, Kaçkar Riyodasiti'ne ait süreksizlik yüzeyleri ise “bozunmamış” özelliktedir.

5.1.9. Süreksizlik Yüzeylerindeki Su Durumu

Kaya kütlelerinde suyun sızması, birbiriyle bağlantılı süreksizlikler boyunca (ikincil geçirgenlik) meydana gelen akışla gerçekleşir. Sızma hızı, kabaca yerli hidrolik eğime ve yönsel geçirgenliğe bağlıdır (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Bu çalışmada, ISRM (2007) tarafından önerilmiş olan kayaç mostralarında yapılacak olan gözlemleri esas alan su sızıntılarıyla ilgili tanımlamalardan yararlanılmıştır. Arazide yapılan incelemelerde tünel güzergâhı boyunca geçilecek kaya kütlelerinde su sızıntıları izlenmemiştir. Ancak çalışma alanının ülkenin en fazla yağış alan bölgesinde olmasından dolayı süreksizlik yüzeylerinden damlama ve sızıntılar halinde su akışlarının olması muhtemeldir. Çatak Formasyonu ve Esiroğlu Formasyonu'na ait tortul birimlerinin yönelimi tünelin doğrultusu ile birlikte değerlendirildiğinde, doğrultuların birbirine neredeyse paralel olmasından dolayı bu birimlerde su sızıntısı içerdikleri eklem setleri boyunca beklenmektedir. Kaçkar Riyodasiti'nin sütunsal soğuma yapılı olmasından dolayı ve bu yapılardan kaynaklanan eklem setlerinin doğrultusunun tünel doğrultusuna dik olmasından dolayı bu bölgelerde de damlama ve sızıntılar halinde su akışları olması mümkündür. Bu özellikler dikkate alındığında ISRM (2007) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre tünel güzergâhındaki kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklerin su durumu “çok az sızıntı” olarak tanımlanmıştır.

5.2. Jeoteknik Amaçlı Sondajlar

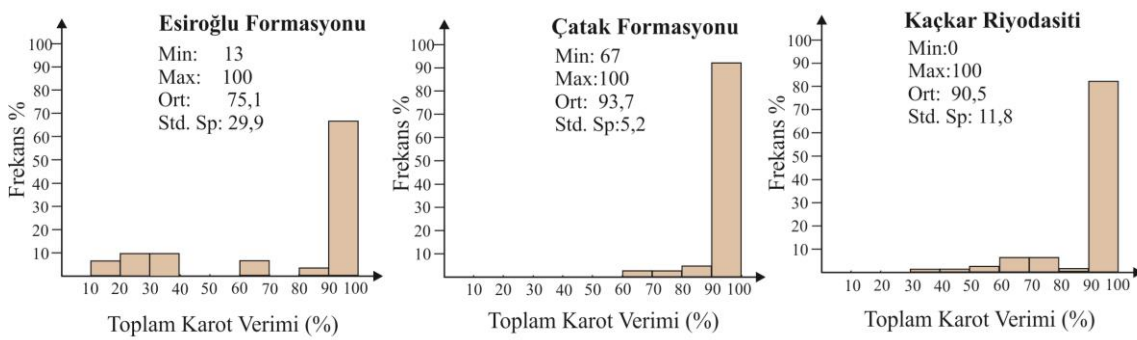
Araştırma sondajları, mühendislik çalışmalarında yüzeydeki birimlerin jeolojik ve mühendislik özelliklerinin yatay ve düşey boyutta nasıl değiştiğini belirlemek amacıyla kullanılan en iyi yöntemlerden birisidir. Bu sondajlar birimlerin jeolojik ve mühendislik özelliklerinin derinlikle değişiminin belirlenebilmesi ile birlikte laboratuvar çalışmaları için örnek derlenebilmesini, gerektiğinde yerinde deneylere imkân sağlaması bakımından da jeoteknik incelemelerde oldukça önemli bir yere sahiptir.

Maçka Tüneli güzergâhında Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü tarafından 9 adet toplam 591 m uzunluğunda jeoteknik amaçlı karotlu araştırma sondaj açtırılmıştır (KGM, 2013). Bu araştırma sondajlarından alınan karotlar incelenmiş, kaya kütlelerinin litolojik özellikleri, Toplam Karot Verimi (TKV) ve Kaya Kalite Göstergesi (RQD) bozunma dereceleri (W) belirlenmiştir. Ayrıca, laboratuvar deneylerinde kullanılmak üzere karot örnekleri derlenmiştir.

5.2.1. Toplam Karot Verimi (TKV, %)

Bu parametre, bir ilerleme aralığındaki karot parçalarının toplam uzunluğunun ilerleme aralığının uzunluğuna oranının yüzde olarak ifadesidir. Karotların çok parçalı olması durumunda, parçalar yan yana getirilerek bunların uzunluğu ölçülür. Toplam karot verimi % 100' ü geçemez. Karot veriminin azaldığı ilerleme aralıkları, jeoteknik anlamda kaya kütleindeki zayıf veya oldukça kırıklı zonların varlığına işaret eder. Toplam karot verimi belirlenirken, kaya kütleleri içinde bozunma nedeniyle zemine dönüşmüş seviyeler ile kil vb. zemin türü malzemeler de değerlendirmeye alınır (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Tünel güzergâhında yapılan jeoteknik amaçlı sondajlardan elde edilen karot örnekleri incelendiğinde, toplam karot veriminin Esiroğlu Formasyonu'nda %70-80, Kaçkar Riyodasiti'nde %90-100, Çatak Formasyonu'nda ise %90-100 arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 5.19).



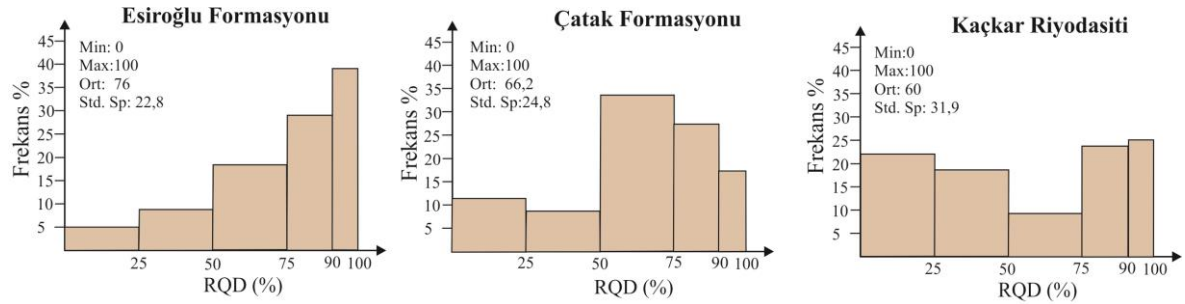
Şekil 5. 19. Tünel güzergâhında geçilecek birimlerin toplam karot verimi (%)

5.2.2. Kaya Kalite Göstergesi (RQD, %)

Kaya Kalite Göstergesi (RQD), ilk olarak Deere (1964) tarafından sondajlardan alınan karot boylarından yararlanılarak kayaların kalitesini ifade etmek için kullanılmıştır.

RQD, bir ilerleme aralığında doğal süreksizliklerle ayrılmış, boyu 10 cm ve daha büyük olan ve silindirik şeklini koruyan karot parçalarının toplam uzunluğunun ilerleme aralığının uzunluğuna oranını yüzde olarak ifade eden kantitatif bir indekstir (Ulusay ve Sönmez, 2007). Tünel güzergahında geçilecek formasyonların RQD değerlerinin belirlenmesinde Deere (1964) tarafından önerilen RQD sınıflaması dikkate alınmış (Tablo 5.7), araştırma sondajlarına ait karotlarda yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerler kullanılarak tünel güzergahındaki kaya kütlelerinin RQD değerlerine ait dağılım histogramları çizilmiştir (Şekil 5.20).

Araştırma sondajlarına ait karotlarda yapılan ölçümlerde RQD değerlerine göre Esiroğlu Formasyonu'nun %5' i çok düşük, %9'u düşük, %19'u orta, %29'u iyi, %38'i çok iyi kaya kalitesinde olarak belirlenmiştir. Çatak Formasyonu'nun %11' i çok düşük, %9'u düşük, %34'ü orta, %28'i iyi, %18'i çok iyi kaya kalitesindedir. Kaçkar Riyodasiti'nde ise, %22'si çok düşük, %19'u düşük, %10'u orta, %24'ü iyi, %25'i çok iyi kaya olarak belirlenmiştir (Tablo 5.6).



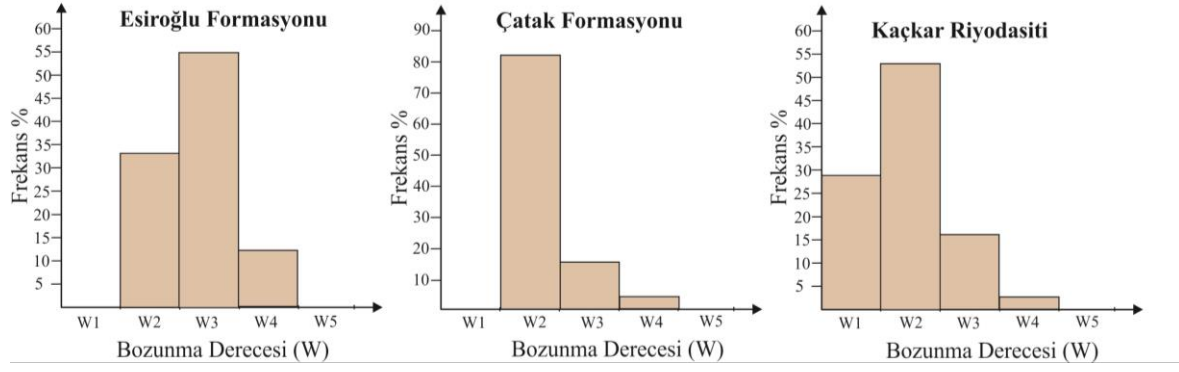
Şekil 5. 20. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerinin RQD değerleri (%)

Tablo 5. 6. RQD ile kayanın mühendislik kalitesi arasındaki ilişki (Deere, 1964)

RQD (%)	Kaya Kalitesi	Çatak Formasyonu	Esiroğlu Formasyonu	Kaçkar Riyodasiti
< 25	Çok zayıf	11	5	22
25-50	Zayıf	9	9	19
50-75	Orta	34	19	10
75-90	İyi	28	29	24
90-100	Çok iyi	18	38	25

5.2.3. Bozunma Derecesi

Bozunma derecesi, ISRM (2007) tarafından önerilen tanımlama ölçütleri kullanılarak, kaya malzemesindeki renk ve dokusal özelliklerin görsel olarak incelenmesiyle belirlenmiş olup, elde edilen verilerden dağılım histogramları çizilmiştir (Şekil 5.21).



Şekil 5. 21. Tünel güzergâhındaki birimlerin bozunma derecelerine ait histogramlar

ISRM (2007) tanımlama ölçütlerine göre tünel güzergahındaki kaya kütlelerinden (Tablo 5.7) Esiroğlu Formasyonu'nun %33'ünün az bozunmuş, %55'inin orta bozunmuş, %12'sinin çok bozunmuş, Çatak Formasyonu'nun %29'unun taze, %53'ünün az bozunmuş, %16'sının orta bozunmuş, %2'sinin çok bozunmuş, Kaçkar Riyodasiti'nin ise %81'inin az bozunmuş, %51'inin orta bozunmuş, %4'ünün çok bozunmuş özellikte olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. 7. Tünel güzergâhında geçilecek birimlerin bozunma derecesi dağılımı

Kaya Kalitesi (%)	Çatak Formasyonu	Esiroğlu Formasyonu	Kaçkar Riyodasiti
Taze (W1)	11	5	22
Az Bozunmuş (W2)	9	9	19
Orta Bozunmuş (W3)	34	19	10
Çok Bozunmuş (W4)	28	29	24
Tamamen (W5)	18	38	25

5.3. Presiyometre Deneyleri

Doğrudan yöntemler olarak da isimlendirilen presiyometre, dilatometre, plaka yükleme deneyi ve jeofizik yöntemler gibi deneyler kaya ve zeminlerin farklı mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu deneyler arasından dilatometre ve presiyometre deneyleri kaya kütle deformasyon modülünü yerinde belirlemede en uygun yöntemlerdir (Galera, vd., 2005). Kuyu içi yanal yükleme deneylerinin bir türü olan presiyometre deneyi birçok jeoteknik problemin çözümünde kullanılır ve bu deney ile kaya kütle deformasyon modülü, taşıma gücü, zeminlerde meydana gelen oturmalar ve zeminin dayanım parametreleri belirlenebilmektedir.

Presiyometre deneyi ilk defa Menard (1956) tarafından geliştirilmiştir. 1950' li yılların ortalarında Louis Menard adlı bir araştırmacı, presiyometreyi tasarlayarak İllionis (ABD)

Üniversitesi'ndeki çalışmalarında kullanılmıştır. Daha sonra Menard sonsuz uzunluktaki silindirik boşlukların genişlemesi teorisini kullanarak kesme modülünün hesaplanmasını önermiştir. Ülkemizde ise ilk presiyometre deneyleri 1969 yıllarında DSİ tarafından Menard firmasından alınan G tipi presiyometre ile başlamıştır. Günümüzde, zemine en fazla basınç uygulayabilen presiyometre cihazları GA (Şekil 5.22) ve GB tipi olup zemine 10000 kPa - 20000 kPa'a kadar basınç uygulayabilmektedir.

Presiyometre deneyi yerinde (in-situ) yapılan bir deney olup, açılan bir sondaj kuyusu içerisinde radyal basınç uygulanması ile birlikte uygulanan basıncın sondaj çeperinde oluşturduğu deformasyonların ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Deneyin yapılacağı seviyeye kadar sondaj kuyusu açılır, radyal genişleyen presiyometre probu istenilen test seviyesine indirilerek boşluğu genişletmek için şişirilir. Uygulanan her basınç kademesinde oluşan hacim artışları kaydedilir. Buradan yola çıkılarak presiyometre deneyi arazide sondaj kuyuları içinde uygulanabilen bir çeşit "statik yükleme deneyi" olarak tarif edilebilir. Prob, deneyin yapıldığı boşluğun boyu değişmeyecek şekilde ve hacim artışı ile sadece radyal olarak genişleyecek şekilde tasarlanmıştır. Deneye başlamadan önce, borulardan ve probdan kaynaklanan basınç ve hacim kayıplar testlerle belirlenir ve deneyden elde edilen ham veriler düzeltilir. Deney esnasında kullanılacak olan standart prob tipi ve boyutları Tablo 5.8'de verilmiştir.

Tablo 5. 8. Presiyometre deneyinde kullanılan prob tipi ve boyutları

Tipi	Kuyu Çapı (mm)		Prob Çapı (mm)	Ölçüm Hücresi Hacmi V_0 (cm ³)	Aktif Prob Boyu (cm)	Toplam Prob Boyu (cm)
	Min.	Max.				
BX	60	66	58	535	40	42
NX	76	82	74	790	43	45

Presiyometre deformasyon modülü (E_m) şu eşitlik ile hesaplanır;

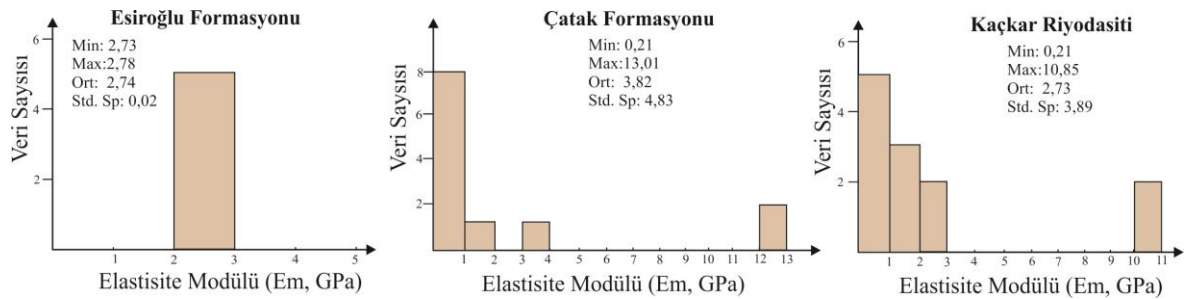
$$E_m = 2(1 + \nu)(V_0 + V_m) \frac{\Delta P}{\Delta V} \quad (5.1)$$

Burada, Poison oranı (ν), ölçüm hücresinin boş hacmi (V_0), elastik safhadaki suyun hacmi (V_m), basınç artışı (ΔP), basınç artışına karşılık gelen hacimsel deformasyon (ΔV)'dir. (Menard (1975) ve ASTM (2000) tarafından kaya ve zeminler için kullanılabilirliği Poison oranı (ν) 0.33 olarak kabul edilmiştir.



Şekil 5. 22. Menard GA tipi presiyometre deney aleti ve ekipmanı

Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü tarafından, Maçka Tünel projesi kapsamında Menard GA tipi Presiyometre kullanılarak toplam 31 adet presiyometre deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deneylere ait sonuçlar kullanılarak kaya kütlelerinin deformasyon modülü (E_m) Eşitlik 5.1 yardımıyla hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 5.9'da verilmiştir. Hesaplanan E_m değerlerine göre çizilen histogramlarda (Şekil 5.23) Esiroğlu Formasyonu'na ait E_m değerleri 2,73-2,76 GPa arasında değişmekte olup, ortalama 2,74 GPa olarak belirlenmiştir. Çatak Formasyonu'na ait E_m değerleri 0,07-13,01 GPa arasında değişmekte olup, ortalama 3,82 GPa olarak belirlenmiştir. Kaçkar Riyodasiti'ne ait E_m değerleri 0,21-10,85 GPa arasında değişmekte olup, ortalama 2,73 GPa olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. 23. Tünel güzergâhındaki birimlerin deformasyon modülü (E_m) histogramları

Tablo 5. 9. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerine ait deformasyon modülü (E_m) değerleri

Formasyon	Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E_m (MPa)
Esiroğlu Formasyonu	SK-1	P-1	20	2,73
	SK-1	P-2	23	2,73
	SK-1	P-3	26	2,75
	SK-1	P-4	30	2,73
	SK-1	P-5	35	2,78
Kaçkar Riyodasiti	SK-2	P-1	17	0,21
	SK-2	P-2	20	0,49
	SK-2	P-3	23	1,57
	SK-2	P-4	26	0,29
	SK-2	P-5	30	0,15
	SK-3	P-6	13	0,52
	SK-3	P-7	20	10,85
	SK-3	P-8	23	10,83
	SK-3	P-9	30	1,12
	SK-4	P-10	26	1,33
	SK-4	P-11	29	2,73
	SK-4	P-12	32	2,71
Çatak Formasyonu	SK-6	P-1	29	0,13
	SK-6	P-2	32	0,50
	SK-6	P-3	35	0,07
	SK-7	P-4	2	0,48
	SK-7	P-5	5	0,25
	SK-7	P-6	10	0,81
	SK-7	P-7	12	13,01
	SK-7	P-8	16	12,99
	SK-7	P-9	19	1,07
	SK-7	P-10	22	5,39
	SK-7	P-11	25	3,47
	SK-7	P-12	28	0,76
	SK-7	P-13	31	3,40
	SK-7	P-14	34	0,38

5.4. Laboratuvar Deneyleri

Kaya malzemesinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, kaya mekaniğinde ve tasarımda önemli bir yer tutar. Mühendislik tasarımlarında gerek duyulan en önemli girdi parametreleri kayaç malzemesinin tek eksenli ve üç eksenli sıkışma dayanımı, birim hacim ağırlığı, elastisite modülü ve Poisson oranı gibi parametrelerdir.

Bu çalışmada, Maçka Tüneli güzergâhında yüzeyleme veren kayaçların fiziksel, mekanik ve elastik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen deneylere ek olarak araştırma sondajlarından derlenen örnekler üzerinde ISRM (2007) esas alınarak laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde, kaya malzemesinin birim hacim ağırlığı (γ), tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c),

nokta yükü dayanım indeksi ($I_{s(50)}$), elastisite modülü (E_i) ve Poison oranları (ν) belirlenmiştir.

5.4.1 Örnek Hazırlama

Kaya mekaniği deneylerinden sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için standartlara uygun boyutta ve nitelikte örnek hazırlanması en önemli aşamadır. Laboratuvarda deney yapılacak boyutta silindirik karot örneklerinin alınması, bunların kesilmesi ve yüzeylerinin düzeltilmesi amacıyla delici, kesici, düzleyici ve parlatıcı gereçler kullanılarak yapılan işlemlerin tamamı örnek hazırlama olarak tanımlanır. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri için kullanılacak örnekler ISRM (2007) tarafından önerilen standartlara göre uygun şekilde kesilmiş (Şekil 5.24) ve yüzeyleri düzeltilerek deneye hazır hale getirilmiştir.



Şekil 5. 24. Karotların deneye hazır hale getirilmeden önceki kesilme işlemi yapılırken

5.4.2. Fiziksel Özellikler

5.4.2.1. Birim Hacim Ağırlık (γ) Deneyi

Kayaç örneklerinin birim hacim ağırlığı (γ), ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınarak silindirik karot örnekler kullanılarak belirlenmiştir. Bu deneyde, örneklerin (D) ve boyu (L), kompasla birbirine dik iki ayrı yönde, 0.1 mm duyarlılıkta ölçülür ve her bir örnek için bu değerlerin ortalaması alınır. Silindirik karot örneklerinde örneklerin hacmi (V) boy ve çap değerleri kullanılarak hesaplanır. Doğal ağırlıkları tartıldıktan sonra örnekler 105 °C'ye ayarlanmış fırında ve en az 24 saat kurutulduktan sonra soğumaları için 30 dakika süreyle desikatörde bekletilir ve hassas terazi kullanılarak örneklerin kuru ağırlıkları belirlenir. Belirlenen ağırlık değerlerinin hacim değerlerine bölünmesiyle karotların birim hacim ağırlıkları belirlenir. Bu çalışma kapsamında Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü'nün gerçekleştirdiği deneylere ek olarak F.Ü. Jeoloji Mühendisliği Kaya-Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilen deneyler sonucunda, ortalama birim hacim ağırlığı değerlerinin Esiroğlu Formasyonu'na ait kayaçlar için 25.28 kN/m³, Kaçkar Riyodasiti'ne ait kayaçlar için 26.22 kN/m³, Çatak Formasyonu'na ait kayaçlar için 26.43 kN/m³ olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.10).

5.4.3. Mekanik Özellikler

5.4.3.1. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi

Deney, kayaç örneklerinin tek eksenli sıkışma gerilmesi altındaki dayanımını belirlemek için yapılır. Bu deneyden elde edilen veriler kaya kütlesi sınıflamalarında ve jeoteknik tasarımlarda yaygın biçimde kullanılmakta olup, bu çalışmada, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemler kullanılarak kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımları belirlenmiştir. Örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$\sigma_c = F/A \quad (5.2)$$

Burada,

F: Yenilme anında kaydedilen yük, (MN)

A: Silindirik örneğin kesit alanı (m²)

Bu çalışmada 47-56 mm çaplı karotlar üzerinde deneyler yapılmış olup, deney sonuçları aşağıda verilen formül kullanılarak referans çapa (50 mm) göre düzeltilmiştir (Hoek ve Brown, 1980).

$$\sigma_c = \frac{\sigma_{cd}}{\left(\frac{50}{D}\right)^{0.18}} \quad (5.3)$$

Burada;

σ_c : 50 mm çapında bir karot için eşdeğer tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)

σ_{cd} : D çapındaki bir örneğin tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)

D: Örnek çapıdır (mm)

Laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilere göre tek eksenli sıkışma dayanımı Esiroğlu Formasyonu'nun kaya malzemeleri için 7.1 MPa ile 140.5 MPa, Kaçkar Riyodasiti'nin kaya malzemeleri için 19.9 MPa ile 242.2 MPa, Çatak Formasyonu'nun kaya malzemeleri için ise 9.2 MPa ile 164.6 MPa arasında değiştiği, ortalama tek eksenli basınç değerinin Esiroğlu Formasyonu kaya malzemeleri için 56.9 MPa, Kaçkar Riyodasiti kaya malzemeleri için 102.41 MPa, Çatak Formasyonu kaya malzemeleri için ise 65.12 MPa olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.10).

5.4.3.2. Nokta Yüğü Dayanım İndeksi ($I_{s(50)}$) Deneyi

Kaya malzemelerinin tek eksenli basınç dayanımının tahmininde ve bazı kaya kütle sınıflamalarında girdi parametresi olarak kullanılan nokta yük dayanım indeksi (I_s), ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemlere göre yapılmıştır. Deneyler, araştırma sondajlarından derlenen karot örnekler üzerinde uygulanmıştır (Şekil 5.25). Deneylerde kullanılan örneklerin kalınlık (W)/genişlik (D) oranının eksenel deneylerde 0.3-1.0, çapsal deneylerde ise uzunluğunun (L) çapına (D) oranı $L/D=1.0-1.4$ arasında olmasına dikkat edilmiştir. Çapı ve boyu kompas ile ölçülen örnekler konik uçların arasına karotun eksenine dik yönde yerleştirilmiş, yükleme örneklerin 10-60 s içinde kırılacak şekilde yapılmıştır. Nokta yükü dayanım indeksi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.



Şekil 5. 25. Nokta yük dayanımı belirlenmesinde kullanılan numuneler ve deney aleti

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \quad (5.4)$$

Bu eşitlikte;

I_s : Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi (MPa)

D_e : Çapsal deneyde karot çapı (m)

P : Yenilme anındaki yüküdür (MN).

(5.4) nolu formülle hesaplanan nokta yük dayanım indeksini referans çapa göre düzeltmek için ISRM (1985) tarafından önerilen (5.5) ve (5.6) nolu eşitlikler kullanılmıştır. I_s değeri, çapsal deneylerde D 'nin diğer deneylerde ise D_e 'nin bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Düzeltilmiş Nokta Yükü Dayanım İndeksi;

$$I_{s(50)} = F \cdot I_s \quad (5.5)$$

Eşitliği kullanılarak, boyut düzeltme faktörü (F) ise

$$F = (D_e/50)^{0.45} \quad (5.6)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

F : Boyut düzeltme faktörüdür.

Bu çalışmada yapılan deneyler sonucunda kaya malzemesinin ortalama düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi ($I_{s(50)}$) değerlerinin Esiroğlu Formasyonu için 1,9 MPa, Kaçkar Riyodasiti için 6,05 MPa, Çatak Formasyonu için ise 3 MPa'dır (Tablo 5.10).

Tablo 5. 10. Laboratuvar deneylerine ait istatistiksel sonuçlar

Esiroğlu Formasyonu	Örnek Sayısı	En Az	En Çok	Ortalama	Standart Sapma
Birim Hacim Ağırlığı (γ , kN/m ³)	35	23.04	26.38	25.28	0.69
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (σ_c , MPa)	26	7.1	140.5	56.9	28.79
Düzeltilmiş Nokta Yüğü Dayanım İndeksi. ($I_{s(50)}$, MPa)	12	0.9	3.2	1.9	0.76
Elastisite Modülü (E_i , GPa)	23	1.4	52.8	18.04	11.2
Poison Oranı (ν)	6	0.05	0.37	0.21	0.11
Kaçkar Riyodasiti					
Birim Hacim Ağırlığı (γ , kN/m ³)	31	24.81	27.06	26.22	0.56
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (σ_c , MPa)	35	19.9	242.2	102.41	50.54
Düzeltilmiş Nokta Yüğü Dayanım İndeksi. ($I_{s(50)}$, MPa)	6	4.8	7.3	6.05	1.18
Elastisite Modülü (E_i , GPa)	18	1.6	42.59	27.2	11.33
Poison Oranı (ν)	3	0.04	0.34	0.22	0.13
Çatak Formasyonu					
Birim Hacim Ağırlığı (γ , kN/m ³)	96	24.82	27.36	26.43	0.55
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (σ_c , MPa)	86	9.2	164.6	65.12	37.99
Düzeltilmiş Nokta Yüğü Dayanım İndeksi. ($I_{s(50)}$, MPa)	17	0.9	6.5	3	1.94
Elastisite Modülü (E_i , GPa)	48	3.7	57.24	20.83	12.05
Poison Oranı (ν)	6	0.14	0.36	0.23	0.08

5.4.4. Elastik Özellikler

5.4.4.1. Statik Elastisite Modülü (E_i) ve Poison Oranı (ν)

Kaya malzemesinin elastisite modülü ve Poisson oranı, mühendislik çalışmalarında belirlenmesi gereken en önemli parametrelerden ikisidir. Bu deneyde de tek eksenli sıkışma dayanımı deneyindeki gibi, boy/çap oranı 2.5-3.0 arasında olan, alt ve üst yüzeyleri birbirine paralel, yan yüzeyleri pürüzsüz, düz ve herhangi bir kırık-çatlak içermeyen karot örnekleri hazırlanır. Birim deformasyon ölçerler (strain gauges), genellikle deneye tabi tutulacak örneğin silindirik yüzeylerin orta noktasına biri yatay, diğeri düşey yönde olacak şekilde yapıştırılır (Şekil 5.26). Bununla birlikte, karşılıklı iki tanesinin ortalamasını alabilmek ve daha doğru sonuç elde edebilmek için, ISRM (2007) eşit aralıklarla yerleştirilmiş en az ikişer birim deformasyon ölçerin (ikisi çevresel, ikisi de eksenel) kullanılmasını önermektedir. Deney örneği prese yerleştirildikten sonra, birim deformasyon ölçerlerin uçları bağlantı kabloları aracılığıyla birim deformasyon

göstergesinin iki ayrı kanalına bağlanır. Birim deformasyon göstergesinin her iki kanalı da sıfırlanır ve yükleme yapılmadan önce ilk değerler okunur.



Şekil 5. 26. Deformasyon ölçerler yapıştırıldıktan sonra karottan bir görünüm

Örneğin 5 ile 10 dakika arasında yenilmesini sağlayacak bir yükleme hızı seçilerek, bu hız preste ayarlanır veya alternatif olarak 0.5-1 MPa/s' lik bir gerilme hızı uygulanır. Sabit yükleme altında, belirli yük düzeylerinde düşey ve yatay birim deformasyonlar, birim deformasyon ölçerlerin bağlı olduğu kanallardan; bu değerlere karşılık gelen eksenel (düşey) yük değerleri ise, presin üzerindeki göstergeden birlikte okunarak kaydedilir (Şekil 5.27). Deneyde en az 10 adet okuma yapılmalıdır. Belirli yükleme aşamalarında yapılacak okumalar için izlenebilecek bir yol da, ilk okumaların deney örneğinin tahmin edilen tek eksenli sıkışma dayanımının %5' ine karşılık gelen yük değerinde alınması, daha sonraki okumaların da dayanımın %10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 ve 60'ına karşılık gelen yük seviyelerinde yapılmasıdır. İstenirse, kayaç örneği yenilene değin deneye devam edilerek daha çok sayıda okuma alınabilir.

Bu çalışmada kaya malzemesinin elastisite modülü ve Poisson oranı ISRM (2007) ölçütlerine göre belirlenmiş olup, eksenel ve çapsal birim deformasyonlar 10 kanallı TDS-530 Data Logger deformasyon ölçer kullanılarak tek eksenli basınç deneyi yapılırken

oluşan deformasyonlar kaydedilmiştir. Eksenel ve yanal birim deformasyonlar $\mu\epsilon$ (mikro epsilon) olarak, eksenel yük ise kN cinsinden okunmuştur. Buradan elde edilen verilerden yararlanılarak yanal ve eksenel gerilme-birim deformasyon eğrileri çizilmiştir. Çizilen bu grafiklerin eksenel birim deformasyon-düşey gerilme eğrisinden elastisite modülü, eksi eksenel birim deformasyonun yanal birim deformasyona oranı ile de Poisson oranı hesaplanmıştır. Esiroğlu Formasyonu için ortalama Poisson oranı değeri 0.21, Kaçkar Riyodasiti için 0.22, Çatak Formasyonu için ise 0.23 olarak belirlenmiştir. Ortalama elastisite modülü değerleri ise Esiroğlu Formasyonu için 18.04 GPa, Kaçkar Riyodasiti için 27.02 GPa, Çatak Formasyonu için ise 20.83 GPa olarak hesaplanmıştır. Bu deneylere ait sonuçlar Tablo 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5. 27. Elastisite modülü ve poisson oranı belirlenmesi

5.5. Kaya Kütle Sınıflamaları

Kaya kütlelerinde yapılan jeoteknik çalışmalarda kullanılan tasarım yöntemleri genel olarak, analitik-sayısal, gözleme dayalı ve görgül (ampirik) olmak üzere üç tipte toplanabilir. Jeoteknik çalışmalarda kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla çeşitli sınıflandırma sistemlerine gereksinim duyulmuş ve farklı araştırmacılar tarafından bir çok kaya kütle sınıflama sistemi önerilmiştir (Barton vd., 1974; Barton, 2002; Bieniawski, 1989; Palmström, 1995; Marinos ve Hoek 2000; Ö-NORM B2203, 1994). Mühendislik jeolojisi çalışmalarında tasarımın en önemli parçası olan bu sistemler, uzun yıllar süren gözlemlere bağlı olarak geliştirilmiş ve istatistiksel değerlendirmeler esas alınarak önerilmiş yöntemlerdir.

Bu çalışmada, tünel güzergâhında geçilecek birimler Jeomekanik Kaya Kütle Sınıflama Sistemi (RMR_{89}), Kaya Kütle Kalitesi Sınıflama Sistemi (Q) veya NGI (Norwegian Geotechnical Institute) Sınıflama Sistemi, Kaya Kütle İndeksi Sınıflama Sistemi (RMi), Jeolojik Dayanım İndeksi Sınıflama Sistemi (GSI) ve NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu) sistemine göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflamalar araştırma sondaj yerleri dikkate alınarak yapılmıştır (Şekil 5.28).

5.5.1. Jeomekanik Kaya Kütle Sınıflaması (RMR)

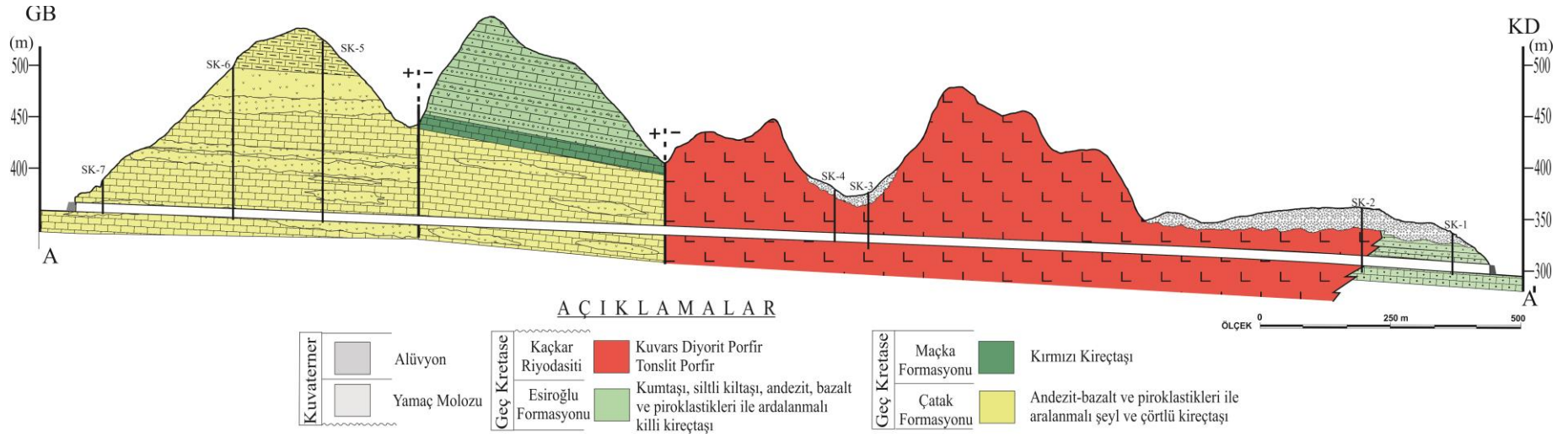
Görgül bir kaya kütle sınıflama sistemi olan RMR Sınıflama Sistemi, ilk kez 1972-1973 yılları arasında yapılan çalışmalar sonucunda Bieniawski (1973) tarafından geliştirilmiştir. Sınıflamaya ait parametreler ve bu parametrelere ait puanların belirlenmesi konusunda yine Bieniawski tarafından 1989 yılında yapılan öneriler ile modifiye edilen RMR sınıflaması (RMR_{89}), son olarak 2014 yılında yapılan öneriler (Celada vd., 2014) ile son halini almıştır

RMR_{14} 'ün kullanılmaya başlanmasından önce uzunca bir süre kullanılan RMR_{89} sistemi aşağıdaki girdi parametrelerinden oluşmaktadır;

- Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı veya nokta yük dayanım indeksi,
- Kaya kalitesi göstergesi (% RQD)
- Süreksizlik ara uzaklığı
- Süreksizliklerin durumu (devamlılık, açıklık, pürüzlülük, dolgu ve bozunma)
- Yeraltı suyu durumu

RMR_{89} sistemine kadar sistemin ilk üç parametresi olan dayanım, RQD ve süreksizlik aralığı için yapılan değerlendirmeler aralıkların sınır değerlerini de kapsamaktaydı ve bu durum uygulamada hatalara sebep olmaktaydı. Bu üç parametrenin daha hassas puanlanabilmesi için Bieniawski (1989), ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütleri esas alınarak çeşitli abaklar geliştirilmiştir (Şekil 5.29).

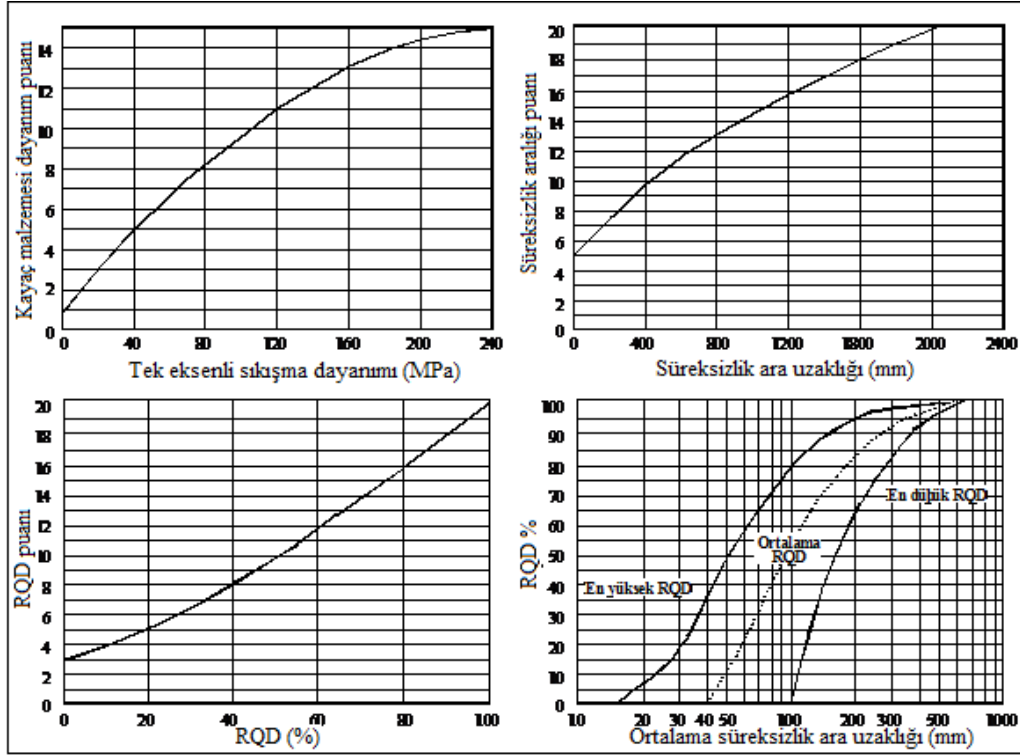
RMR_{89} 'a göre kaya kütlelerinin temel RMR puanı Tablo 5.11 ve Şekil 5.29'a göre belirlendikten sonra Tablo 5.12'de verilen süreksizlik düzeltmeleri yapıp nihai RMR puanı elde edilmektedir. Daha sonra düzeltilmiş RMR puanı Şekil 5.30' da gösterilen akım şemasındaki düzeltmelerle hesaplanmaktadır. Elde edilen düzeltilmiş RMR puanı ile kaya sınıfı Tablo 5.13'den, ön destek önerileri ise Tablo 5.14'den belirlenmektedir.



Şekil 5. 28. Tünel güzergâhı ve sondaj yerlerini gösteren jeolojik kesit

Tablo 5. 11. RMR₈₉ kaya kütlesi sınıflama sistemine ait parametreler ve puanlama tablosu (Bieniawski, 1989)

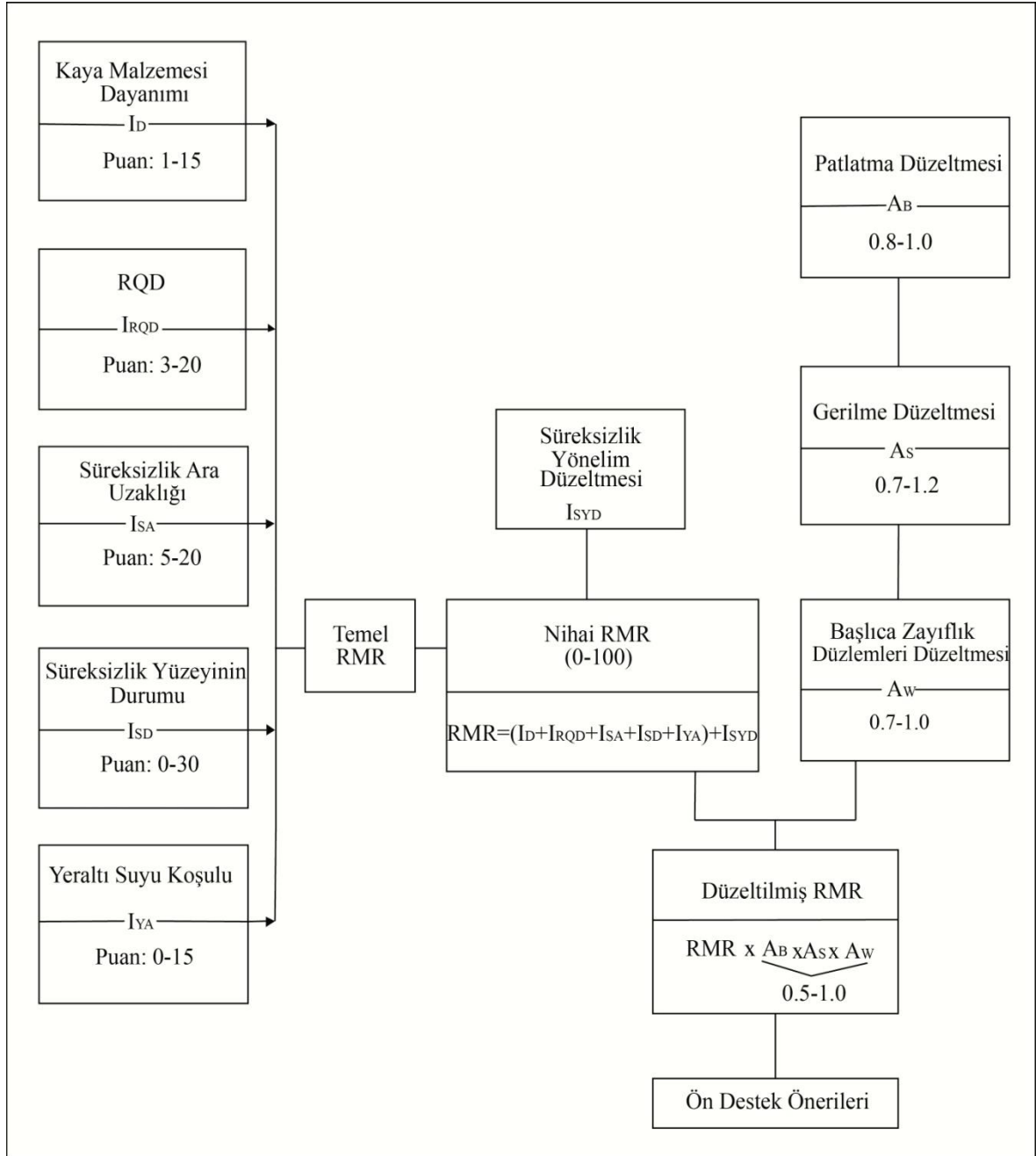
1	Kaya Malzemesinin	Nokta yük dayanım indeksi	> 10	4-10	2-4	1-2	Düşük aralıklar için tek eksenli dayanım		
	Dayanımı (MPa)	Tek eksenli basınç dayanımı	> 250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
	Puan		15	12	7	4	2	1	0
2	Kaya Kalite Göstergesi, RQD(%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Puan		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Ara Uzaklığı (cm)		>200	60-200	20-60	20-6	<6		
	Puan		20	15	10	8	5		
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	Yeraltısuyu (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 5. 29. RMR₈₉ sisteminin tek eksenli sıkışma dayanımı, süreksizlik aralığı ve RQD parametrelerine ait puanları tanımlama grafikleri (Bieniawski, 1989)

Tablo 5. 12. Tünelde süreksizlik eğim ve eğim yönünün etkisi (Bieniawski, 1989)

Doğrultu tünel eksenine dik				Doğrultu tünel eksenine paralel		Eğim 0-20° arasında (doğrultuya bakılmaksızın)
Eğim yönünde ilerleme		Eğime karşı ilerleme		Eğim 45°-90°	Eğim 20-45°	
Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-90°	Eğim 45°-90°	Eğim 20-45°	
Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç Uygun değil	Orta	Orta
0	-2	-5	-10	-12	-5	-5



Şekil 5. 30. RMR₉₉ puanının hesaplanma aşamalarını gösteren akış şeması (Bieniawski, 1989)

Tablo 5. 13. RMR₉₉ 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

Tablo 5. 14. RMR₈₉ sistemine göre tünel kazıları ve destekleri için kılavuz (Bieniawski, 1989)

BİRİNCİL DESTEK				
Kaya Kütle Sınıfı	Kazı	Kaya sapmaları * (10 m genişlikteki tünel için uzunluk)	Püskürtme beton	Çelik destek
I	Tam kesit, 3 m ilerleme.	Bir miktar kaya saplaması haricinde gerektirmez.		Genellikle destek
II	Tam kesit, 1.0-1.5 m ilerleme, tam kazı destek. Aynaya 20 m mesafede	Kemerin her 2-3 m' sinde yer yer saplama, tel kafeslerle 2-2.5 m aralıklı.	Gerektiğinde tavan kemerinde 50 mm.	Gerekmez
III	Tavan kemeri ve tabandan ilerleme. Tavandan 1.5-3 m ilerleme. Tam kazı destek. Aynaya 10 m mesafeye kadar gerekli.	3-4 m uzunlukta sistematik saplamalar, kemerde tel kafesli duvarlar ve kemerde 1.5-2 m aralıklı.	Tavan kemerinde 50-100 mm ve yan duvarlarda 30 mm.	Gerekmez
IV	Tavan kemeri ve tabandan ilerleme. Tavandan 1.0-1.5 m ilerleme. Kazıya uygun şekilde aynaya 10 m mesafeye kadar, gerekli destek.	Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1.5 m aralıklı, 4-5 m uzunlukta sistematik saplama.	Tavan kemerinde 100-150 mm ve yan duvarlarda 100 mm.	Gereken yerde 1.5 m aralıklı yer yer hafif traversler.
V	Tavan ve tabanda birlikte ilerleme. Tavandan 0.5-1 m ilerleme, kazıyla birlikte destek yerleştirilmeli. Patlamadan hemen sonra püskürtme beton uygulanmalı.	Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1.5 m aralıklı, 5 m uzunlukta sistematik saplama.	Tavan kemerinde 150-200 mm, yan duvarlarda 150 mm, aynada 50 mm.	Çelik iksalı, 0.75 m aralıklı orta-ağır traversler.

*20 mm çaplı tamamen reçine bağlantılı

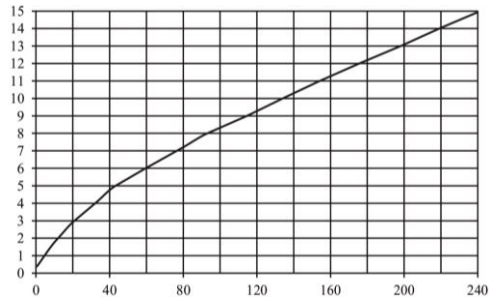
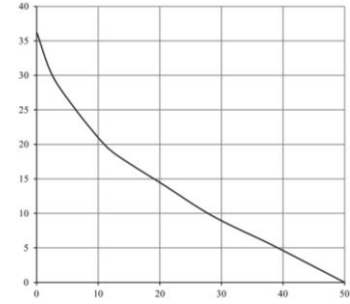
RMR sistemini Celada vd. (2014) tarafından revize edilmiş ve aşağıdaki parametreler önerilmiştir;

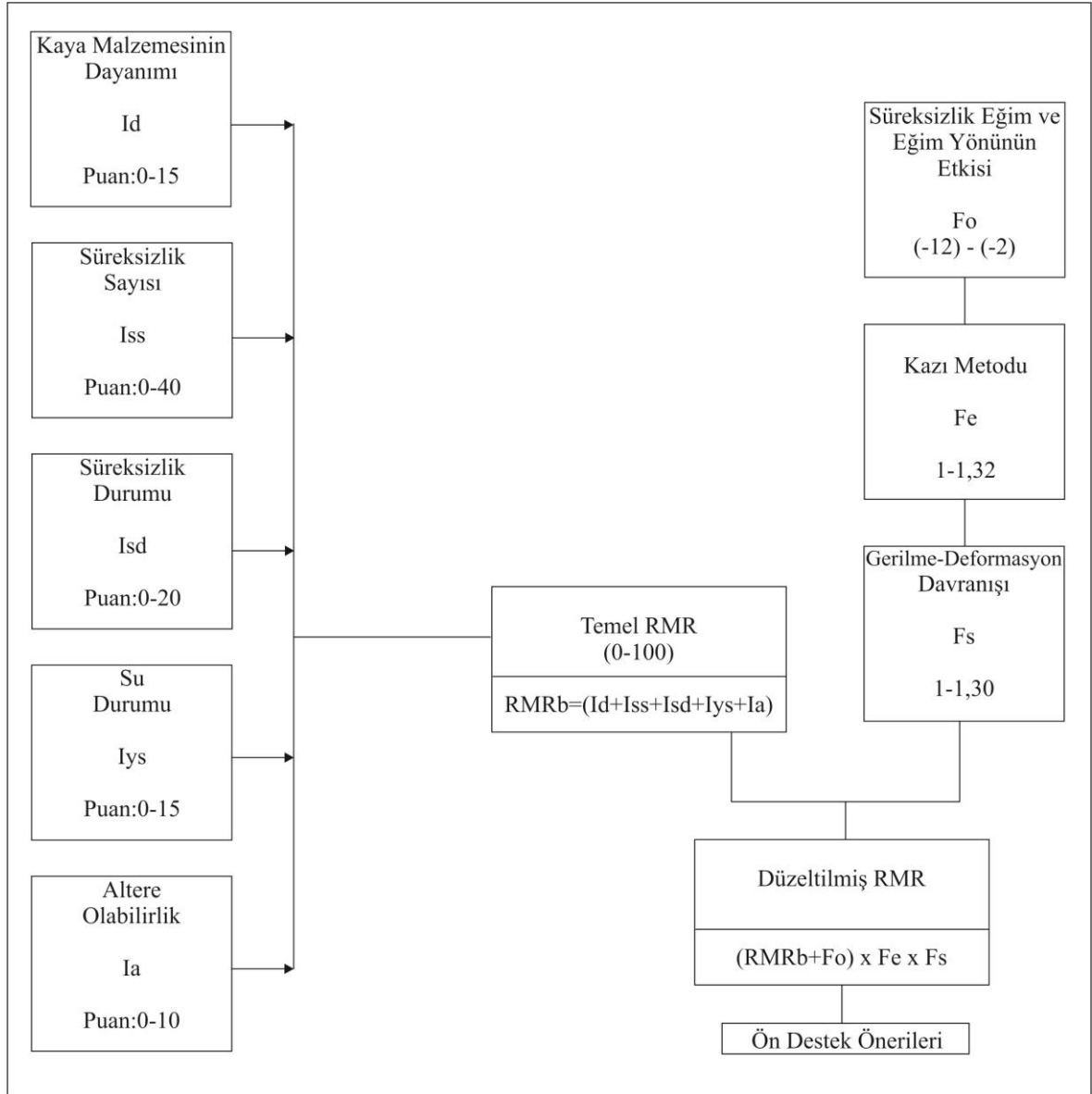
- Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı
- 1 metredeki süreksizlik sayısı
- Süreksizliklerin durumu (devamlılık, pürüzlülük, dolgu ve bozunma)
- Yeraltı suyu durumu
- Altere olabilirlik

RMR₁₄ sınıflama sistemindeki bu girdi parametrelerine ait puanlar, arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin abaklar yardımıyla değerlendirilmesi sonucunda elde edilmektedir. RMR₁₄ sınıflama sisteminin çok yeni olması ve güvenilirliği konusunda yeterince çalışmanın yapılmamış olması nedeniyle, bu çalışma kapsamında tünel güzergâhındaki kaya kütleleri RMR₈₉ sınıflama sistemi kullanılarak sınıflandırılmıştır. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerinde RMR₈₉ sistemine göre yapılan sınıflamaya ait sonuçlar Tablo 5.16'da, önerilen destek sistemleri ise Tablo 5.17'de verilmiştir.

Tablo 5.15’de RMR_{14} kaya kütlesi sınıflama sistemindeki girdi parametrelerine ait puanların belirlendiği abak ve tablolar, Şekil 5.31’de ise düzeltilmiş RMR_{14} değerinin belirlenebilmesi için izlenen akış şeması verilmiştir.

Tablo 5. 15. RMR_{14} kaya kütlesi sınıflama parametrelerinin puanlama tablosu(Celada and Tardaguila, 2014)

1. Kaya Malzemesinin Dayanımı (σ_c)		2. Süreksizlik Sayısı (λ)			
					
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)		Bir Metredeki Süreksizlik Sayısı			
3. Süreksizlik Durumu					
Devamlılık	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	> 10 m	
	5	4	2	0	
Pürüzlülük	Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Düz	Kaygan	
	5	3	1	0	
Dolgu	Sert		Yumuşak		
	< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm	
	5	2	2	0	
Bozunma	Bozunmamış	Orta Derecede Bozunmuş	Çok Bozunmuş	Ayrışmış	
	5	3	1	0	
4. Su Durumu					
Zemin Durumu	Kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı
Değerlendirme	15	10	7	4	0
5. Altere Olabilirlik					
Altere Olabilirlik I_{d2} (%)	> 85	60-85	30-60	< 30	
	10	8	4	0	



Şekil 5. 31. RMR₁₄ puanının hesaplama aşamalarını gösteren akış şeması

Tablo 5. 16. Maçka tünel güzergâhı için yapılan RMR₈₉ puanlama tablosu

	Esiroğlu SK 1		Kaçkar SK 2		Kaçkar SK 3-4		Çatak SK 5-6		Çatak SK-7	
	Değer	Puan	Değer	Puan	Değer	Puan	Değer	Puan	Değer	Puan
RQD (%)	77	15.5	69	6.5	80	16	81	16	43	9
σ_{ci} (MPa)	56	5.75	28	6.5	112	9	60	6	75	7
Aralık (cm)	15	6.5	20	7.5	20	7.5	0.14	6.5	14	6.5
Açıklık (mm)	0.21	4	0.21	4	0.21	4	0.24	4	0.24	4
Devamlılık (m)	25	0	13	1	13	1	25	0	25	0
Pürüzlülük	Pürüzlü	5	Az Pürüzlü	3	Az Pürüzlü	3	Az Pürüzlü	3	Az Pürüzlü	3
Dolgu	<5 mm (Sert)	4	Yok	6	Yok	6	<5 mm (Sert)	4	<5 mm (Sert)	4
Bozunma	Az Boz.	5	Orta	3	Az Boz.	5	Az Boz.	5	Orta	3
Su durumu	Nemli	10	Nemli	10	Nemli	10	Nemli	10	Nemli	10
Temel RMR	55.75		47.5		61.5		54.5		46.5	
Patlatma düzeltmesi	0.95		0.95		0.95		0.95		0.95	
Zayıflık düzeltmesi	1		1		1		1		1	
Eksen - doğrultu düzeltmesi	-5		-5/0		-5/0		-5		-5	
RMR₈₉	48.21		40.38/45.13		53.68/58.43		47.03		39.43	
Kaya Sınıfı	Orta Kaya		Zayıf/Orta Kaya		Orta Kaya		Orta Kaya		Zayıf Kaya	

Tablo 5. 17. Tünel güzergâhı RMR₈₉ ön destek tasarımı sistemleri

		RMR89 Tavan	RMR89 Duvar
Esiroğlu SK 1	Bulon Aralığı (m)	1.5-2	1.5-2
	Bulon Uzunluğu (m)	3-4	3-4
	Shotcrete kalınlığı (cm)	Tel Kafesli 5-10 cm	3 cm Püskürtme
Kaçkar SK 2	Bulon Aralığı (m)	1-1.5	1-1.5
	Bulon Uzunluğu (m)	4-5	4-5
	Shotcrete kalınlığı (cm)	Tel Kafesli 10-15 cm Gerekli ise 1.5 m aralıklı çelik destek	Tel Kafesli 10-15 cm Gerekli ise 1.5 m aralıklı çelik destek
Kaçkar SK 3-4	Bulon Aralığı (m)	1.5-2	1.5-2
	Bulon Uzunluğu (m)	3-4	3-4
	Shotcrete kalınlığı (cm)	Tel Kafesli 5-10 cm	3 cm Püskürtme
Çatak SK 5-6	Bulon Aralığı (m)	1.5-2	1.5-2
	Bulon Uzunluğu (m)	3-4	3-4
	Shotcrete kalınlığı (cm)	Tel Kafesli 5-10 cm	3 cm Püskürtme
Çatak SK-7	Bulon Aralığı (m)	1-1.5	1-1.5
	Bulon Uzunluğu (m)	4-5	4-5
	Shotcrete kalınlığı (cm)	Tel Kafesli 10-15 cm Gerekli ise 1.5 m aralıklı çelik destek	Tel Kafesli 10-15 cm Gerekli ise 1.5 m aralıklı çelik destek

5.5.2. Kaya Kütle Kalitesi Sınıflama Sistemi (Q)

Q veya NGI (Norwegian Geotechnical Institute) sistemi olarak bilinen bu sistem, Barton vd. (1974) tarafından geliştirilmiştir. Sistem uzun yıllar kullanıldıktan sonra, sistemin 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 eşitlik (5.20) ile belirlenmektedir.

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \left(\frac{J_w}{SRF} \right) \quad (5.20)$$

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,

SRF: Gerilme azaltma faktörüdür.

Ayrıca formülde verilen;

RQD/J_n : Kaya kütle yapısını ve blok boyutu ölçüsünü,

J_r/J_a : Bloklar arasındaki kayma dayanımı,

J_w/SRF : Aktif gerilmeyi vermektedir.

Eşitlik (5.19)' un SRF içermeyen hali Goel vd. (1995) tarafından Q_N olarak eşitlik (5.21)'de verilmiştir.

$$Q_N = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \left(\frac{J_r}{J_a} \right) (J_w) \quad (5.21)$$

Hoek vd. (1995) tarafından eşitlik (5.19)'un SRF içermeyen ve süreksizlik suyu azaltma faktörü (J_w) 1 olarak kabul edilen şekli ise Q' (modifiye Q) olarak tanımlanmıştır. Q' , aşağıda verilen eşitlik (5.22) ile belirlenmektedir.

$$Q' = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \quad (5.22)$$

Barton (2002) tarafında sisteme MPa cinsinden kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı (σ_{ci}) eklenmiş ve Q_c (Normalize Q) olarak verilen eşitlik (5.23) ile tanımlanmıştır.

$$Q_c = Q \left(\frac{\sigma_{ci}}{100} \right) \quad (5.23)$$

Q sınıflama sisteminde girdi parametrelerinin değerlerinin belirlenmesi için önerilen tablolar (Tablo 5.18-23) aşağıda verilmiştir.

Tablo 5. 18. Kaya kalite göstergesi - %RQD (Deere, 1964)

	RQD	KAYA KALİTE GÖSTERGE TANIMI
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 5. 19. Süreksizlik takımı sayısı – J_n (Barton vd., 1974)

	SÜREKSİZLİK TAKIM SAYISI	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 eklemler	3
D	İki süreksizlik takımı	4
E	İki süreksizlik takımı ve gelişigüzel eklemler	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 ($3.0 \times J_n$) kullanılır.
*Portallar (girişler) için ($2.0 \times J_n$) kullanılır.

Tablo 5. 20. Süreksizlik pürüzlülük sayısı - Jr (Barton vd., 1974)

SÜREKSİZLİK PÜRÜZLÜLÜK SAYISI		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, Jr'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 5. 21. Süreksizlik yüzeyi bozunma sayısı - Ja (Barton vd., 1974)

SÜREKSİZLİK YÜZEYİ BOZUNMA SAYISI		J_a	Φ⁰
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 sıvımları, küçük kil fraksiyonu (yumuşak değil)	3.0	20-25
E	Yumuşamayan veya düşük sürtünmeli kil mineral sıvımları, 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 (ince 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) Ja 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)	10-13veya 13-20	6-24

Tablo 5. 22. Gerilme azaltma faktörü - SRF (Barton ve Grimstad, 1993)

GERİLME 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_{ci} / 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 $0.75\sigma_c$ ’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 $H > Q1/3$ derinlik koşulunda meydana gelebilir (Singh vd., 1993). Kaya kütlelerinin basınç dayanımı $\sigma_{cm} = 0.7\gamma Q1/3$ (MPa) eşitliğinden tahmin edilebilir. Burada: γ kayanın birim hacim ağırlığıdır(kN/m3)				
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

Tablo 5. 23. Süreksizlik suyu azaltma faktörü – J_w (Barton vd., 1974)

SÜREKSİZLİK 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.

Yukarıda verilen tablolardan elde edilen verilerle hesaplana Q değerlerine göre kaya kütle sınıflamaları Tablo 5.24’deki gibi yapılmaktadır.

Tablo 5. 24. Q değerlerine göre kaya kütle sınıflandırması (Barton vd., 1974)

Q değeri	Kaya Sınıfı
0.001-0.01	Son derece 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, Maçka Tüneli güzergâhındaki kaya kütleleri Barton vd. (1974) tarafından önerilen Q sınıflama sistemine göre sınıflandırılmıştır (Tablo 5.25). Yapılan sınıflamalara göre Esiroğlu Formasyonu “Orta Kaya”, Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) “Sağlam Kaya”, Kaçkar Riyodasiti (SK-2) “Zayıf Kaya”, Çatak Formasyonu (SK 5-6) “Zayıf Kaya”, Çatak Formasyonu (SK-7) “Zayıf Kaya” sınıflarındadır.

Tablo 5. 25. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerine ait Q sınıflamaları

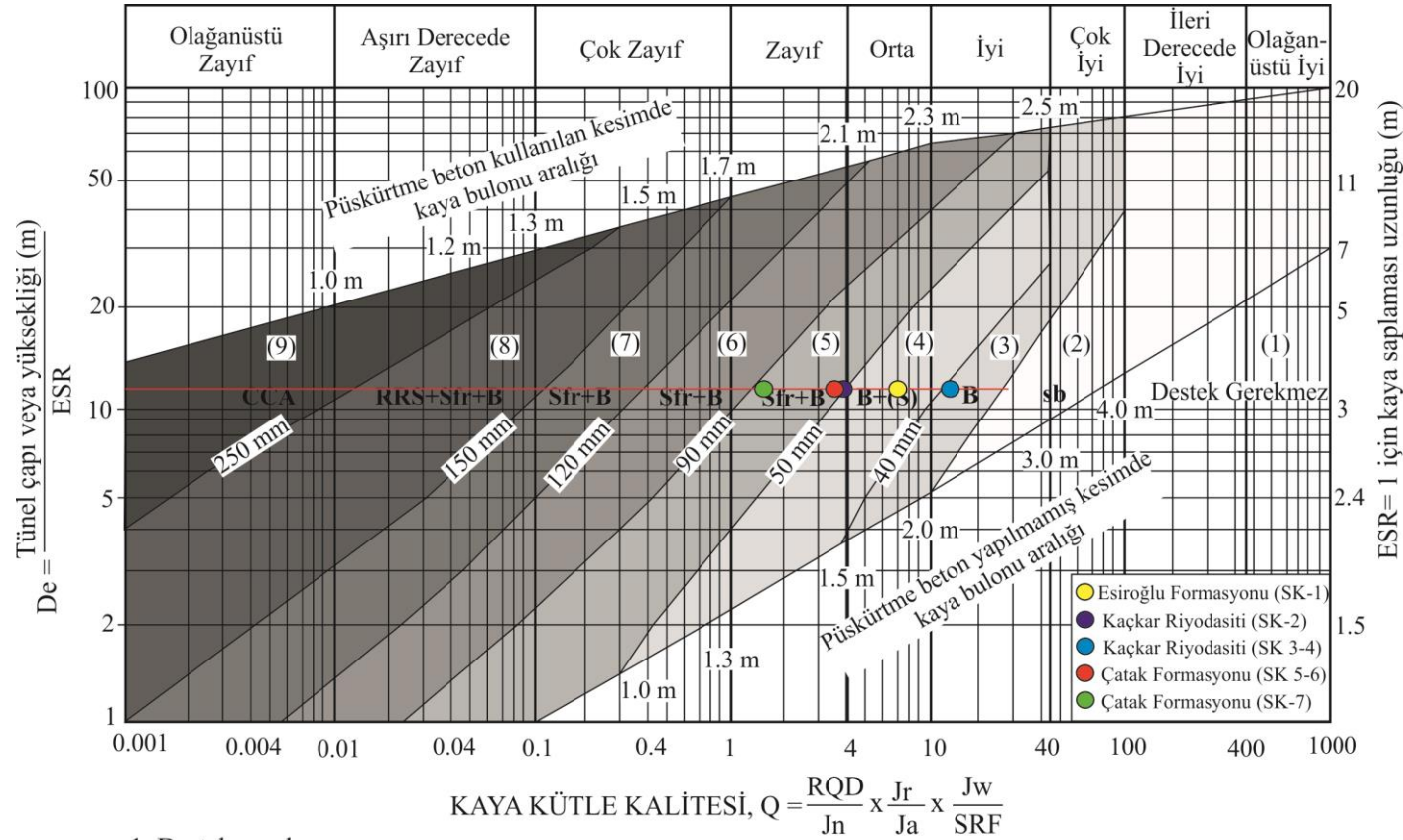
	Esiroğlu Formasyonu	Kaçkar Riyodasiti		Çatak Formasyonu	
	SK-1	SK 2	SK 3-4	SK 5-6	SK 7
RQD (%)	77	69	80	81	43
J_n	Dört eklem takımı ve gelişi güzel eklemler	Üç eklem takımı	Üç eklem takımı	Dört eklem takımı ve gelişi güzel eklemler	Dört eklem takımı ve gelişi güzel eklemler
J_r	15 Dalgalı Pürüzlü 3	9 Düzlemsel Pürüzlü 1,5	9 Düzlemsel Pürüzlü 1,5	15 Düzlemsel Pürüzlü 1,5	15 Düzlemsel Pürüzlü 1,5
J_a	Az bozunmuş eklem yüzeyleri 2	Siltli veya kumlu-kil sıvımaları 3	Yüzeysel kirlenme 1	Az bozunmuş eklem yüzeyleri, 2	Siltli veya kumlu-kil sıvımaları 3
J_w	Çok az sızıntı şeklinde 1	Çok az sızıntı şeklinde 1	Çok az sızıntı şeklinde 1	Çok az sızıntı şeklinde 1	Çok az sızıntı şeklinde 1
SRF	1	1	1	1	1
Q	7,7	3,83	13,3	4	1,43
Kaya Sınıfı	Orta Kaya	Zayıf Kaya	Sağlam Kaya	Zayıf Kaya	Zayıf Kaya

Q sistemine göre yapılan sınıflandırmalarda ön destek tasarımının yapılabilmesi için “eş değer boyut (De)” değerinin bulunması gerekmektedir. Eş değer boyutun hesaplanmasında aşağıda verilen eşitlik (5.24) kullanılmıştır.

$$\text{Eş değer boyut (De)} = \frac{E_n, \text{ çap veya yükseklik (m)}}{\text{Kazı destek oranı (ESR)}} \quad (5.24)$$

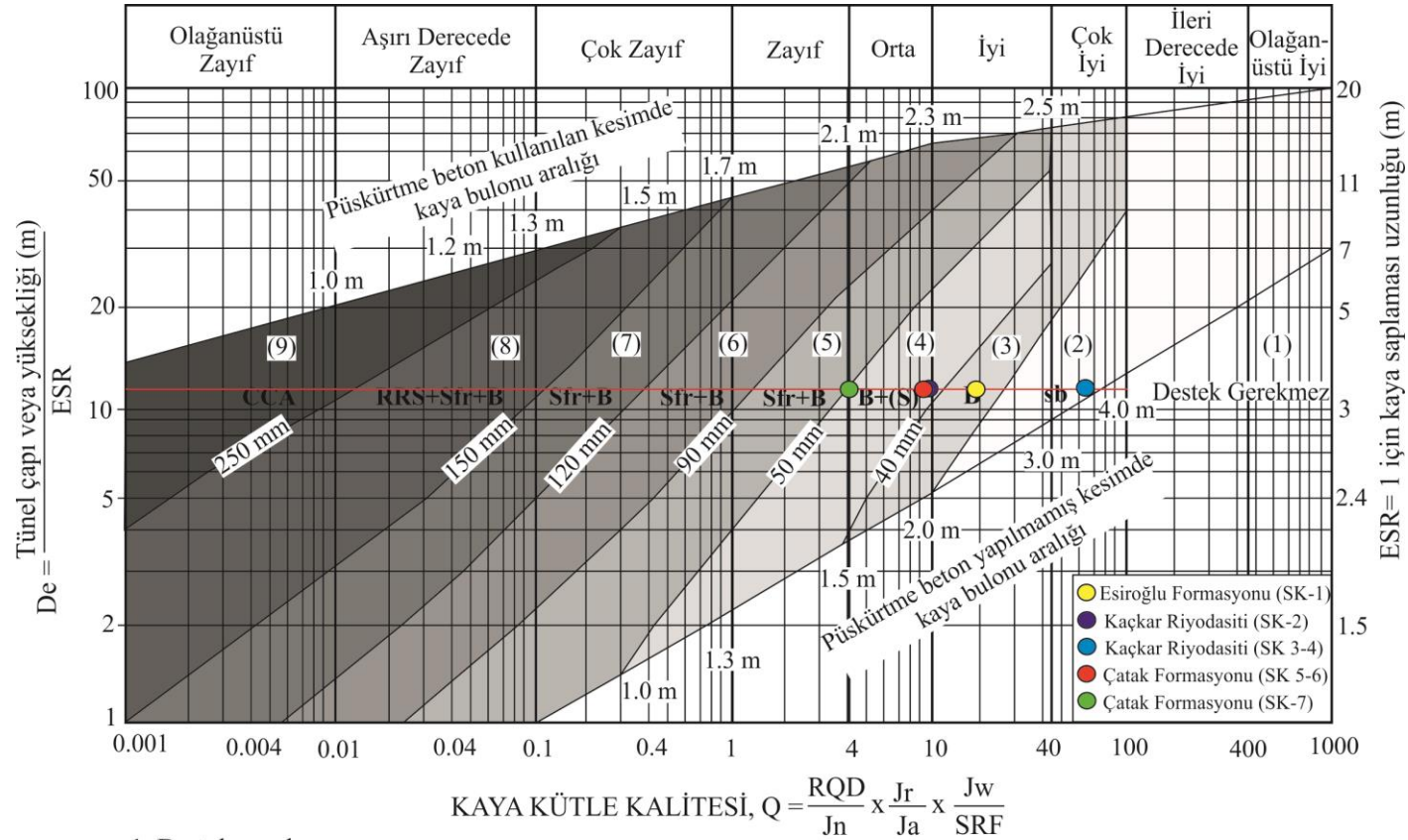
Eşitlikte bulunan ESR değeri ise kazının türü, amacı, yüzeyden derinliğine bağlı olarak Tablo 5.26’den yararlanılarak saptanmaktadır. Bu çalışmada bu değer 1 olarak alınmıştır.

De ve Q değerlerinin belirlenmesiyle, ön destek tasarımına ait kategorileri içeren Şekil 5.32-33’teki abak kullanılarak, tünel tavanı ve duvarında uygulanması gereken destek tipleri belirlenmektedir.



1. Destek gerekmez
2. Lokal kaya bulonlama (sb)
3. Sistematik kaya bulonlama
4. Sistematik kaya bulonlama ve 4-5 cm kalınlığında desteksiz püskürtme beton (B+(S))
5. Kaya bulonlu, çelik hasır takviyeli 5-9 cm kalınlığında desteksiz püskürtme beton (Sfr+B)
6. Kaya bulonlu, çelik hasır takviyeli 9-12 cm kalınlığında desteksiz püskürtme beton (Sfr+B)
7. Kaya bulonlu, çelik hasır takviyeli 12-15 cm kalınlığında desteksiz püskürtme beton (Sfr+B)
8. Kaya bulonlu, çelik iksali, çelik hasır takviyeli 15-25 cm kalınlığında püskürtme beton (RRS+Sfr+B)
9. Beton Kemer (CCA)

Şekil 5. 32. Tünel tavanı için Q sistemi tarafından önerilen destek sistemlerinin belirlenmesi (Grimstad ve Barton, 1993)



1. Destek gerekmez
2. Lokal kaya bulonlama (sb)
3. Sistematik kaya bulonlama
4. Sistematik kaya bulonlama ve 4-5 cm kalınlığında desteksiz püskürtme beton (B+(S))
5. Kaya bulonlu, çelik hasır takviyeli 5-9 cm kalınlığında desteksiz püskürtme beton (Sfr+B)
6. Kaya bulonlu, çelik hasır takviyeli 9-12 cm kalınlığında desteksiz püskürtme beton (Sfr+B)
7. Kaya bulonlu, çelik hasır takviyeli 12-15 cm kalınlığında desteksiz püskürtme beton (Sfr+B)
8. Kaya bulonlu, çelik iksali, çelik hasır takviyeli 15-25 cm kalınlığında püskürtme beton (RRS+Sfr+B)
9. Beton Kemer (CCA)

Şekil 5. 33. Tünel duvarı için Q sistemi tarafından önerilen destek sistemlerinin belirlenmesi (Grimstad ve Barton, 1993)

Tablo 5. 26. Yeraltı kazıları için güncelleştirilmiş ESR değerleri (Barton ve Grimstad, 1993)

Kazı Tipi	Güncelleştirilmiş ESR
A Geçici maden kazıları	2-5
B Düşey bacalar	
C Kalıcı maden kazıları, hidroelektrik santralleri, su tünelleri (yüksek basınçlı cebri borular hariç), deneme ve yaklaşım tünelleri	1.6-2.0
D Depolar, su tasfiye odaları, ufak yol ve demir yolu tünelleri	1.2-1.3
E Santral binası, anayol ve demiryolu tünelleri, sivil savunma sığınakları, kapılar ve kesişme yerleri, tünel portalları ve kesişim yerleri	0.9-1.1
F Yeraltı nükleer santralleri, metro istasyonları, fabrikalar, spor ve sosyal tesisler	0.5-0.8

Yapılan sınıflamalarda abaklardan elde edilen ön destek tasarımları Esiroğlu Formasyonu’nda açılacak tünelin tavanı için sistematik bulonlama ve 4-5 cm kalınlığında desteksiz püskürtme beton olarak belirlenmiş olup, duvar bölgesi için ise sadece sistematik bulonlama olarak belirlenmiştir. Kaçkar Riyodasiti (SK-2) ve Çatak Formasyonu içinde açılacak tünel için ise tavan bölgesinde kaya bulonlu, çelik hasır takviyeli 5-9 cm kalınlığında desteksiz püskürtme beton olarak belirlenmiş olup, duvar bölgesi için sistematik bulonlama ve 4-5 cm kalınlığında desteksiz püskürtme beton olarak belirlenmiştir. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için abaktan elde edilen ön destek tasarımı tünel tavanı için sistematik bulonlama, duvar için ise lokal bulonlama olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.32 ve 5.33 incelendiğinde destek kategorileri içerisinde bulunan kaya bulonlarının uzunluklarının abakta verilmediği görülmektedir. Kaya bulonu uzunlukları kazının boyutuna bağlı olup, tavanda kullanılacak bulonların uzunluğu kazının enine, duvarlarda kullanılacak bulonların uzunluğu ise kazının boyuna bağlı olmaktadır. Barton vd. (1974) kazı sırasında karşılaşılan şartlara göre değiştirilmek koşuluyla tavanda ve duvarda kullanılacak bulonların uzunluklarının eşitlik (5.25) ve (5.26) yardımıyla bulunabileceğini önermiştir.

$$L_{\text{tavan}} = 2 + (0.15B / \text{ESR}) \quad (5.25)$$

$$L_{\text{duvar}} = 2 + (0.15H / \text{ESR}) \quad (5.26)$$

Burada; L: Kaya bulonu uzunluğu (m),

B: Kazı eni (m),

H: Kazı yüksekliği (m)

ESR: Kazı destek oranıdır.

Q değeri bilinen kaya kütlelerinde oluşturulacak en büyük desteksiz açıklığı bulmak için Barton vd. (1974) eşitlik (5.27)'yi önermişlerdir.

$$B_{\max} = 2 (ESR)Q^{0.4} \quad (5.27)$$

Burada;

$B_{\max}$: En büyük desteksiz açıklık (m),

ESR: Kazı destek oranıdır.

Bu çalışmada tünel güzergâhındaki kaya kütlelerine Q sınıflama sistemi uygulanması sonucunda elde edilen ön destek sistemleri Tablo 5.27'de özet olarak verilmiştir.

Tablo 5. 27. Tünel güzergâhı boyunca geçilecek birimlerde uygulanacak Q sınıflamasına göre tavan ve duvar ön destek tasarımları

		Q Tavan	Q Duvar
Esiroğlu Formasyonu (SK 1)	Bulon Aralığı(m)	2.1-2.3	2.3-2.5
	Bulon Uzunluğu (m)	3.8	3.2
	Püskürtme Beton Kalınlığı (cm)	4-5 cm desteksiz	Yok
	Desteksiz Açıklık(m)	4.52	
Kaçkar Riyodasiti (SK-2)	Bulon Aralığı(m)	1.7-2.1	2.1-2.3
	Bulon Uzunluğu (m)	3.8	3.2
	Püskürtme Beton Kalınlığı (cm)	5-9 cm Çelik Hasır destekli	4-5 cm Desteksiz
	Desteksiz Açıklık(m)	3.42	
Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4)	Bulon Aralığı(m)	2.3-2.5	2.3-2.5
	Bulon Uzunluğu (m)	3.8	3.2
	Püskürtme Beton Kalınlığı (cm)	Sistematik Bulonlama	Lokal Kaya Bulonlama
	Desteksiz Açıklık	5.63	
Çatak Formasyonu (SK 5-6)	Bulon Aralığı(m)	1.7-2.1	2.1-2.3
	Bulon Uzunluğu (m)	3.8	3.2
	Püskürtme Beton Kalınlığı (cm)	5-9 cm Çelik Hasır destekli	4-5 cm Desteksiz
	Desteksiz Açıklık	3.1	
Çatak Formasyonu (SK-7)	Bulon Aralığı(m)	1.7-2.1	2.1-2.3
	Bulon Uzunluğu (m)	3.8	3.2
	Püskürtme Beton Kalınlığı (cm)	5-9 cm Çelik Hasır destekli	4-5 cm Desteksiz
	Desteksiz Açıklık (m)	2.89	

5.5.3. Kaya Kütle İndeksi (RMi) Sınıflama Sistemi

Kaya Kütle İndeksi Sınıflama Sistemi (RMi) ilk defa Palmström (1995) tarafından önerilmiştir. Sistem, eklemlili ve masif kaya kütlelerinin; kaya kütle dayanımı, kaya kütle deformasyon modülü (E_m) ve Hoek-Brown kaya kütle sabitlerinin (s , m_b) belirlenmesinde, yeraltı açıklıklarının kaya destek tasarımı ve duraylılığında tünel açmada kullanılan tünel delme makinesinin (TBM) performans değerlendirmesinde ve Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu'nun sayısal olarak tanımlanmasında kullanmıştır (Palmström 1995 ve 1996). Beş yıllık pratik uygulamalardan sonra kaya kütle destek sisteminde önemli gelişmeler ve değişikliklerle, tünel çapı ve blok hacmini girdi parametresi olarak kullanmış ve kaya kütlelerinin ön destek tahmini geliştirilmiştir.

Kaya Kütle İndeksi (RMi) eklemlili kaya kütlelerinde eşitlik (5.28) yardımı ile hesaplanmaktadır;

$$RMi = \sigma_c \cdot jP = \sigma_c 0.2 \sqrt{jC} V_b^{Db} \quad (5.28)$$

Burada;

σ_c : Kaya malzemesinin tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)

D_b : Blok çapı (m)

jC : Eklem faktörüdür ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$jC = jL \frac{jR}{jA} \quad (5.29)$$

jL : Eklem uzunluğu (m),

jR : Eklem pürüzlülüğü,

jA : Eklem alterasyonudur.

JP = Eklem parametresi ise;

V_b = Blok hacmi (m^3) kullanılarak eşitlik (5.30) ile hesaplanmaktadır.

$$JP = 0.2 \sqrt{jC} V_b^{Db} \quad (5.30)$$

Blok hacmi Palmström (2000) tarafından önerilen eşitlik (5.31)'den hesaplanmıştır.

$$V_b = \beta J_v^{-3} \quad (5.31)$$

Burada, β blok şekli faktörü, J_v ise hacimsel eklem sayısıdır. J_v , RQD kullanılarak eşitlik (5.32) yardımıyla hesaplanmaktadır (Palmström, 2000);

$$J_v = 35 - \frac{RQD}{3.3} \quad (5.32)$$

Blok şekli faktörü (β) ise Palmström, (2000) tarafından önerilen eşitlik (5.33)

$$\beta = 20 + 7.(S_{\max}/S_{\min}) \quad (5.33)$$

kullanılarak hesaplanmıştır. Burada;

$S_{\max}$: Bloğun en uzun kenar uzunluğu

$S_{\min}$: Bloğun en kısa kenar uzunluğudur.

RMi sınıflama sistemindeki süreksizlik faktörünün (j_C) belirlenmesinde kullanılan j_R değeri Tablo 5.28'den, j_L değeri Tablo 5.29'dan, j_A değeri ise Tablo 5.30'dan belirlenmektedir.

Tablo 5. 28. Süreksizlik pürüzlülük faktörü – j_R (Palmström, 2000)

Pürüzlülük	Dalgallılık				
	Düzlemsel	Az dalgallı	Dalgallı	Çok dalgallı	Basamaklı ya da iç içe girmiş
Düzensiz yada basamaklı	3	4.5	6	9	12
Çok pürüzlü	2	3	4	6	8
Pürüzlü	1.5	2	3	4.5	6
Düzlemsel	1	1.5	2	3	4
Sürtünme izli, kaygan	0.5-1	1	1.5	2	3
Dolgulu süreksizlikler için $J_R = 1$ alınır					

Tablo 5. 29. Süreksizlik uzunluk faktörü – j_L (Palmström, 2000)

Süreksizlik Uzunluğu (m)	Süreksizlik türü	Sürekli*	Süreksiz
<0.5	Kırık	4	8
<1	Foliasyon	3	6
0.1-1	Kısa süreksizlik	2	4
1-10	Orta uzunlukta süreksizlik	1	2
10-30	Uzun ve geniş süreksizlik	0.75	1.5
>30	Dolgulu, demir boyamalı yada makaslanmış süreksizlikler	0.5	1
*Sürekli süreksizlikler masif bir kayada son bulur			

Tablo 5. 30. Süreksizlik yüzeyi bozunma faktörü – jA (Palmström, 2000)

a) Süreksizlik yüzeyleri temasta			
Süreksizlik yüzeyi özelliği	Tanımlama		JA
	Kapalı süreksizlikler	Yumuşamayan, geçirimsiz dolgu (örneğin kuvars ve epidot)	0.75
Süreksizlik yüzeyi temiz	Bozunmamış süreksizlik yüzeyleri	Bozunmamış süreksizlik yüzeyleri, yalnızca yüzeysel kirlenme (demir boyaması)	1
	Bozunmuş süreksizlik yüzeyleri	Taze kaya yüzeyinden bir derece yüksek bozunma	2
		Taze kaya yüzeyinden iki derece yüksek bozunma	4
Sıvama yada ince dolgu	Birikinti malzemesi	Kil haricinde silt, kum veya kalsit dolgu	3
	Kohezif malzeme	Kil, klorit veya talk dolgu	4
b) Süreksizlik yüzeylerinde temas yok yada yer yer dolgulu süreksizlikler			
		Süreksizlik yüzeylerinde yer yer temas var	Süreksizlik yüzeylerinde temas yok
Dolgu türü	Tanımlama	İnce dolgu (ortalama 5 mm)	Kalın dolgu
Birikinti malzemesi	Kil haricinde silt, kum veya kalsit dolgu	4	8
Sert kohezif malzeme	Sıkıca bağlanmış kil, klorit veya talk dolgu	6	10
Yumuşak kohezif malzeme	Orta ve az konsolide olmuş kil, klorit veya talk dolgu	8	12
Şişen kil malzeme	Şişen dolgular	8-12	12-20

RMi sınıflama sistemine ait parametreler ve bu parametrelerden hesaplanan RMi değerleri Tablo 5.31'e göre değerlendirilmekte ve kaya kütle sınıfı belirlenmektedir.

Tablo 5. 31. RMi değerlerinin tanımlamaları (Palmström, 2000)

RMi değeri	Sınıf
100-40	Çok yüksek
40-10	Yüksek
10-1	Orta
1-0.4	Düşük
0.4-0.1	Çok düşük
0.1-0.01	Oldukça düşük

Bu çalışmada Maçka Tünel güzergâhındaki kaya kütleleri RMi sınıflamasına göre değerlendirilmiş ve kaya kütlelerinin RMi değerleri belirlenmiştir. Yapılan sınıflamalar sonucunda kaya kütle sınıfları Esiroğlu Formasyonu, Kaçkar Riyodasiti (SK-2), Kaçkar

Riyodasiti (SK 5-6), Çatak Formasyonu (SK 5-6) için elde edilen R_{Mi} değerleri “Orta Kaya”, Çatak Formasyonu (SK 7) için ise “Düşük Kaya” olarak belirlenmiştir. R_{Mi} sınıflama sistemine ait parametreler ve bu parametrelere ait puanlar Tablo 5.32’de verilmiştir.

Tablo 5. 32. R_{Mi} sınıflama sistemine ait parametrelerin puanlandırılması

	Esiroğlu Formasyonu	Kaçkar Riyodasiti		Çatak Formasyonu	
	SK-1	SK-2	SK 3-4	SK 5-6	SK-7
σ_{ci} (MPa)	56	69	112	60	75
J_r	2	1.5	1.5	1.5	1.5
J_a	4	4	2	2	4
J_L	0.75	0.75	1	0.75	0.75
jC	0.38	0.28	0.75	0.56	0.28
Db (m)	0.07	0.16	0.16	0.1	0.1
J_v (eklem/m ³)	14	10	10	19	19
S1 (cm)	70	70	70	25	25
S3 (cm)	4	10	10	5	5
β	142.5	69	69	55	55
Vb (m ³)	0.0519	0.069	0.069	0.008	0.008
JP	0.03	0.03	0.06	0.02	0.01
R _{Mi} Tanımlama (Palmström. 2000)	1.81 Orta	2.05 Orta	6.8 Orta	1.21 Orta	0.79 Düşük

R_{Mi} sistemine göre tünel kayaları sınıflandırıldıktan sonra ön destek tasarımının belirlenebilmesi için boyut oranı (S_r) ve zemin durumu faktörü (G_c) değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu değerler belirlenirken Palmström (2000) tarafından önerilen ve aşağıda verilen eşitlik 5.34 ve 5.35’ten yararlanılmaktadır.

$$S_r = \left(\frac{D_t}{D_b} \right) \left(\frac{C_o}{N_j} \right) \quad (5.34)$$

$$G_c = R_{Mi}(SL.C.Gw.IL) \quad (5.35)$$

Burada; D_t: yeraltı kazısının genişliği (m), D_b: blok çapı (m), C_o: süreksizlik yönelim faktörü, N_j: süreksizlik takım sayısı faktörü, SL: gerilme seviyesi, C: tavan/duvar faktörü, Gw: yeraltı suyu durumu ve IL: kaya kütle yapısının kenetlenme durumudur.

Süreksizlik yönelim faktörü (Co), süreksizlik takım sayısı faktörü (Nj), gerilme seviyesi (SL), yeraltı suyu durumu (Gw) ve kaya kütle yapısının kenetlenme durumu (IL) Tablo 5.33-38'den yararlanılarak belirlenmektedir.

Tablo 5. 33. Süreksizlik yönelim faktörü – Co (Palmström, 2000)

Duvar		Tavanda	Tanımlama	Co
*Doğrultu > 30°	*Doğrultu < 30°	Doğrultuya bakılmaksızın		
Eğim < 30°	Eğim < 20°	Eğim > 60°	Uygun	1
Eğim 30°-60°	Eğim 20°-45°	Eğim 45°-60°	Orta	1.5
Eğim > 60°	Eğim 45°- 60°	Eğim 20°- 45°	Uygun değil	2
-	Eğim > 45°	Eğim < 20°	Hiç uygun değil	3

** Süreksizlik doğrultusu tünel eksenine ile ilişkili olacak şekilde dikkate alınmalıdır.*

Tablo 5. 34. Süreksizlik takım sayısı faktörü – Nj (Palmström, 2000)

Süreksizlik takım sayısı	Nj
Bir süreksizlik takımı	3
Bir süreksizlik takımı ve gelişmiş güzel eklemler	2
İki süreksizlik takımı	1.5
İki süreksizlik takımı ve gelişmiş güzel eklemler	1.2
Üç süreksizlik takımı	1
Üç süreksizlik takımı ve gelişmiş güzel eklemler	0.85
Dört süreksizlik takımı	0.75
Dört süreksizlik takımı ve gelişmiş güzel eklemler	0.65

Tablo 5. 35. Tavan/Duvar faktörü – C (Palmström, 2000)

Tavan/duvar faktörü	C
Yatay (tavan)	1
30° dalımlı	1.5
45° dalımlı	2.2
60° dalımlı	3
Dikey (duvar)	5

Tablo 5. 36. Gerilme seviyesi – SL (Palmström, 2000)

Gerilme Seviyesi	Ortalama derinlik (m)	SL
Çok düşük (Portallarda, vb.)	< 10	0.1
Düşük	10-35	0.5
Orta	35-350	1
Yüksek	> 350	1.5

Tablo 5. 37. Yeraltı suyu durumu – Gw (Palmström, 2000)

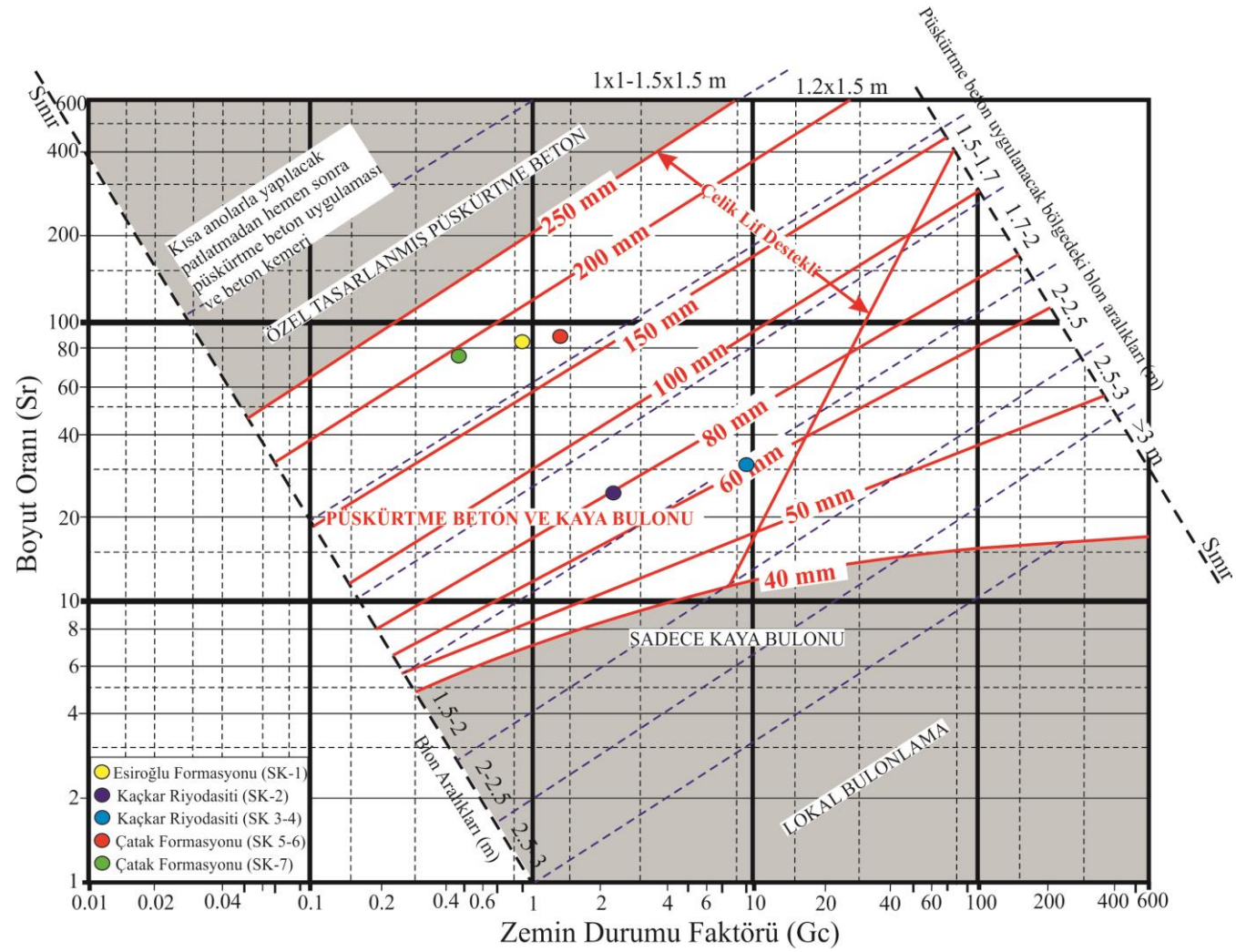
Yeraltı suyu durumu	Gw
Kuru, nemli ya da ıslak	1
Damlama	2.5
Su akışı	5

Tablo 5. 38. Kaya kütle yapısının kenetlenme durumu – IL (Palmström, 2000)

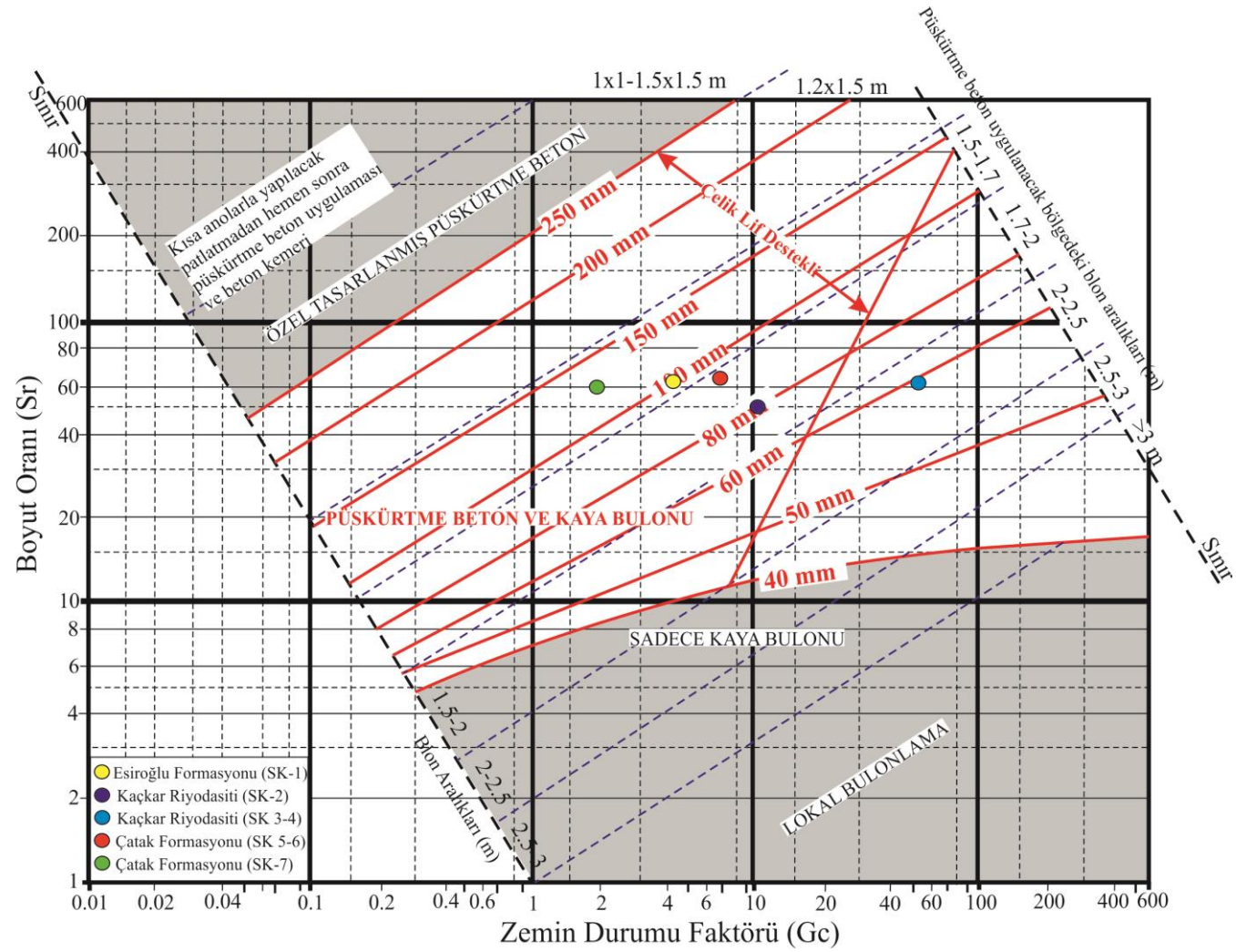
Kaya kütle yapısının kenetlenme durumu		IL
Çok sıkı yapılı	Örselenmemiş kaya kütlesi, iyi kenetlenmiş	1.3
Sıkı yapılı	Birkaç süreksizlik takımı içeren örselenmemiş kaya kütlesi	1
Örselenmiş / açık	Şekilsiz bloklar içeren kıvrımlanmış / faylanmış kaya kütlesi	0.8
Zayıf kenetlenmiş	Şekilsiz ve köşeli bloklar içeren kırıklı kaya kütlesi	0.5

Sr ve Gc değerleri kullanılarak Şekil 5.34-35'te verilen ön destek tasarımı abağı ile süreksizlik içeren kaya kütleleri için destek belirlenebilmektedir. Bu çalışma kapsamında, tünel tavanı ve duvarları için değişen tavan/duvar faktörü (C) ve süreksizlik yönelimi faktörü (Co) değerlerine göre Şekil 5.34-5.35'de verilen abaklar kullanılarak destek elemanları belirlenmiştir.

Sr ve Gc değerlerinin belirlenmesinde kullanılan parametreler ise Tablo 5.39'da verilmiştir.



Şekil 5. 34. RMi sınıflama sisteminin tünel tavanı için önerdiği kaya bulonu aralığı ve püskürtme beton kalınlığının belirlenmesi



Şekil 5. 35. RMi sınıflama sisteminin tünel duvarı için önerdiği kaya bulonu aralığı ve püskürtme beton kalınlığının belirlenmesi

Tablo 5. 39. Tünel tavan ve duvarlarında Sr ve Gc değerlerinin belirlenmesinde kullanılan parametreler

	Çatak Formasyonu		Kaçkar Riyodasiti		Esiroğlu For.
	SK-1	SK-2	SK 3-4	SK 5-6	SK-7
Dt	12	12	12	12	12
Db	0.07	0.16	0.16	0.1	0.1
Co _{tavan}	2	1	1	2	2
Co _{duvar}	1.5	2	2	1.5	1.5
Nj	0.65	1	1	0.65	0.65
Sr _{tavan}	82.05	25	30.77	87.91	76.92
Sr _{duvar}	61.54	50	61.54	65.93	57.69
SL	0.5	1	1	1	0.5
C _{tavan}	1	1	1	1	1
C _{duvar}	5	5	5	5	5
Gw	1	1	1	1	1
IL	1	1	1	1	1
RMi	1.81	2.05	6.8	1.21	0.79
Gc _{tavan}	0.91	2.1	8.84	1.2	0.4
Gc _{duvar}	4.53	10.5	44.2	6	2

Destek elemanlarının belirlendiği Şekil 5.34, 5.35'deki abaklardan kaya bulonu uzunlukları belirlenememektedir. Bu nedenle, Palmström (2000) tarafından yeraltı kazısının tavan açıklığına, duvar yüksekliği ve kaya kütleindeki blokların çapına bağlı olarak tavan ve duvar kaya bulonlarının uzunluklarını belirlemeye yönelik aşağıdaki eşitlikler önerilmiştir.

$$Lb_{tavan} = 1.4 + 0.16Dt (1+0.1/Db) \quad (5.36)$$

$$Lb_{duvar} = 1.4 + 0.08 (Dt+ 0.5Wt)(1+0.1/Db) \quad (5.37)$$

Burada;

Lb: bulon uzunluğu (m),

Dt: kazı eni (m),

Wt: duvar yüksekliği (m),

Db: blok çapıdır (m).

Bu eşitlikler ve abaklardan tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için elde edilen destek tasarımları Tablo 5.40'ta verilmiştir.

Tablo 5. 40. Tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için RMi sınıflama sisteminden elde edilen destek tipleri

RMi sistemine göre ön destek tasarımı	
Esiroğlu Formasyonu (SK 1)	Tavanda ve duvarda 1.2–1.5 m aralıklı $Lb_{tavan}=3.75$ m $Lb_{duvar}=2.79$ m uzunluğunda sistematik kaya bulonlu, tavanda 15–20 cm, duvarda 8–10 cm kalınlığında çelik lifli püskürtme beton
Kaçkar Riyodasiti (SK 2)	Tavanda ve duvarda 1.7–2 m aralıklı $Lb_{tavan}=3.72$ m $Lb_{duvar}=2.78$ m uzunluğunda sistematik kaya bulonlu, tavanda 8–10 cm, duvarda 6–8 cm kalınlığında çelik lifli püskürtme beton
Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4)	Tavanda ve duvarda 2–2.5 m aralıklı $Lb_{tavan}=3.81$ m $Lb_{duvar}=2.83$ m uzunluğunda sistematik kaya bulonlu, tavanda 6–8 cm püskürtme beton, duvarda 5–6 cm kalınlığında püskürtme beton
Çatak Formasyonu (SK 5-6)	Tavanda 1,2-1,5 m, duvarda 1.7–2 m aralıklı $Lb_{tavan}=3.78$ m $Lb_{duvar}=2.81$ m uzunluğunda sistematik kaya bulonlu, tavanda 15–20 cm, duvarda 8–10 cm kalınlığında çelik lifli püskürtme beton
Çatak Formasyonu (SK 7)	Tavanda 1.2-1.5, duvarda 1.5–1.7 m aralıklı $Lb_{tavan}=3.75$ m $Lb_{duvar}=2.79$ m uzunluğunda sistematik kaya bulonlu, tavanda 15–20 cm, duvarda 10–15 cm kalınlığında çelik lifli püskürtme beton

5.5.4. GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi) 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. Başlangıçta dört gruptan oluşan sisteme, Hoek vd. (1998) Atina şisti olarak adlandırılan bir kaya kütlesinde yaptıkları incelemelerden sonra “Foliasyonlu-Laminalı-Makaslanmış” grubunu dahil ederek sistemdeki grup sayısını beşe çıkarmıştır. Hoek (1999), Şili’de bulunan zayıf beton özelliği gösteren breşler üzerinde gözlemler yaparak GSI sınıflamasına “ Sağlam veya Masif” kaya grubunu eklemiş ve kaya grubu sayısını altıya çıkarmıştır. Hoek vd. (2002) yaptığı son değişikliklerle GSI abağını Şekil 5.50’deki son haline getirmiştir.

Bu çalışmada tünel güzergâhındaki kaya kütlelerinin GSI puanları Şekil 5.36’daki abaktan belirlenmiştir. Esiroğlu Formasyonu için GSI puanı 38, Kaçkar Riyodasiti (SK-2) için 39, Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için 61, Çatak Formasyonu (SK 5-6) 42 ve Çatak Formasyonu (SK 7) için ise 39 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu değerlere göre Kaçkar Riyodasiti “Bloklu Kaya”, Çatak Formasyonu ve Esiroğlu Formasyonu “Çok Bloklu Kaya” olarak belirlenmiştir.

		ÇOK İYİ Çok pürüzlü, taze ayrışmamış Yüzeyler	İYİ Düz, çok az ayrışmış demir oksit sıvımalı yüzeyler	ORTA Düz, orta derecede ayrışmış yüzeyler	ZAYIF Kaygan, sert veya köşeli parçalar içeren dolguya sahip çok ayrışmış yüzeyler	ÇOK ZAYIF Kaygan, yumuşak kil dolgulu çok ayrışmış yüzeyler
YAPI	YÜZEY KALİTESİ DÜŞER →					
SAĞLAM VEYA MASİF Kaya malzemesi veya geniş aralıklı birkaç süreksizlik içeren masif kaya kütlesi	KAYA PARÇALARININ KENETLENMESİNDE AZALMA ↓	90				UYGULANMAZ
BLOKLU 3 ortogonal süreksizlik setinin oluşturduğu kübik bloklu, çok iyi kenetlenmiş, örselenmemiş kaya kütlesi		80				
ÇOK BLOKLU 4 veya daha fazla sayıda süreksizlik setinin kesişmesiyle oluşmuş çok yüzeyli-köşeli bloklar içeren kısmen örselenmiş kaya kütlesi		70				
BLOKLU / ÖRSELENMİŞ Birbirini kesen çok sayıda süreksizliğin oluşturduğu köşeli bloklar içeren kıvrımlanmış ve/veya faylanmaya maruz kalmış kaya kütlesi		60				
PARÇALANMIŞ Köşeli veya yuvarlak kaya parçalarının birlikteliğinden oluşan, zayıf kenetlenmiş, aşırı derecede kırıklı kaya kütlesi		50				
LAMİNALİ Zayıf şistozite veya kesme yüzeylerinden dolayı blok gözlenmeyen kaya kütlesi		40				
		30				
		20				
		10				
		UYGULANMAZ				

Şekil 5. 36. GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi) abağı (Hoek vd. 2002)

5.5.5. NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi) Sınıflama Sistemi

1950'lerden sonra, yeraltı kazılarındaki artışa bağlı olarak tünel açımının artması güvenli ve ucuz tünel açma yöntemleri konusunda yapılan çalışmalarda da önemli bir artışın yaşanmasına neden olmuştur. Bu yıllarda yeraltında yapılan hidroelektrik santral yerlerinin kazıları sırasında bölünmüş kazı yönteminin uygulanması, Avusturya Yöntemi olarak adlandırılmıştır. Geniş kesitli olan bu kazılarda, ilk olarak tabana yakın bir galeriyle kazıya başlanıp daha sonra yan ve üst galerilerle kazı, aşamalı olarak üst yarıya doğru

genişletilmektedir. Daha sonra geliştirilen bu yöntem, “Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi” (NATM) adını almıştır. NATM’ın esas gelişimi 1970’li yıllarda olmuştur (Kökçüoğlu, 2006).

Tünel kazısı sırasında yapılacak gözlem ve deformasyon ölçümlerine dayanan NATM için ampirik eşitlikler söz konusu değildir. NATM sınıflaması, kazı sırasında kaya davranışlarını esas almaktadır ve jeolojik yapının büyük değişkenlik gösterdiği bölgelerde esnek yapım yöntemleri içermesinden dolayı ortaya çıkmıştır. NATM’ın diğer bir artısı ise hemen her türlü zemine ve kayaya uygulanabilir, ekonomik bir yöntem olmasıdır. Bu yöntemin ana prensibi tünel kazısını çevreleyen zemini yük taşıyıcı destek elemanı haline getirerek zamana bağlı gerilme değişimlerini etkilemek ve minimum destekleme önlemlerini gerektirecek şekilde kontrollü bir gerilme boşalmasını sağlamaktır. Yeni Avusturya Tünel Açma Yönetimi’nin Vardar (1979)’a göre 20’den fazla prensibi vardır. Başlıca dikkat edilmesi gereken unsurlar, ana kayanın ilk sağlamlığını korumak, dağı fazla kurcalamamak ya da dağı ürkütmemek, yükü dağa taşımak, koruyucu zonu boşluk yakınında oluşturmak, şekil değiştirme ve gerilmeleri ölçümlerle denetlemek, sağlamlaştırma işlemlerini en kısa zamanda tamamlamak ve kazı kesitlerini olabildiğince yuvarlak seçmektir..

Son yıllarda NATM prensiplerinden yararlanılarak açılan tünellerde kazı kesiti, örtü yükü, ilerleme boyu, kazı sırasında karşılaşılan yeraltı suyu ve jeoteknik ölçüm sonuçları kullanılarak kaya sınıfları tanımlanmaktadır.

NATM için duraylı kayadan basınç yaratan kayaya kadar ÖNORM B2203’e (1994) göre on adet kaya sınıfı tanımlanmış olup bu sınıflamalar Tablo 5.41’de verilmiştir.

Tasarım aşamasındayken tünel güzergâhı boyunca arazi ve sondaj çalışmalarından elde edilen verileri kullanarak sayısal bir sınıflandırma yapan Q ve RMR sistemlerine ait değerler, Şekil 5.37’de verilen eşleştirmeler yardımıyla NATM sisteminde karşılık gelen harfsel kaya sınıfına dönüştürülür. Burada unutulmaması gereken unsur, NATM sınıflamasının nicel veri sağlamayan, tanımsal ve tasarım aşamasında değil tünel açımı sırasında yapılan gözlemlere ve deformasyon ölçümlerine dayanan bir sınıflama olmasıdır.

Tablo 5. 41. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi'ne göre kaya kütlelerinin sınıflandırılması (ÖNORM B2203, 1994)

Kaya Sınıfı			Açıklamalar	Destekleme
A	A1	Sağlam	Sonradan Az Sökülen Kaya Kütleleri: Bu sınıfta yer alan kaya kütleleri genellikle duraylı olup, elastik davranış gösterirler. Yersel iksa uygulanması durumunda yerçekimi nedeniyle, yer yer sığ göçükler oluşabilir. Göçükler genellikle izole olmuş, önemsiz eklem yapıları nedeniyle oluşur. Elastik deformasyon hızla azalır	Desteğe gerek yok
	A2	Zamanla Kırılğan		Sadece bölgesel olarak tünel tavan ve yan duvarlarında yersel blokların duraylı hale getirilmesi için bulonlama yapılabilir.
B	B1	Kırılğan	Gevrek Kaya Kütleleri: Bu sınıfta yer alan kaya kütlelerinin davranışları, yapısal kenetlenme ve/veya çekme dayanımı azlığından dolayı, hızlı ve gevşemeye ve ayrışmaya yatkındır. Hemen hemen tüm çevrede, boşluk çevresinde ikincil gerilmeler, kaya kütlelerinin dayanımını biraz aşmakta, bununla beraber bu zayıflık içerilere ulaşmaktadır. İksa yapımının gecikmesi halinde artan çökmeler oluşur	Sınırlı bölgelerde sistematik destekleme yapılmalıdır. Lokal olarak ön destekleme gerekebilir.
	B2	Çok Kırılğan		Tünel tavan ve duvarlarında sistematik destekleme gereklidir. Gerektiğinde tavanda süren kullanılacaktır.
	B3	Döküntülü		Tünel tavanı ve duvarlarında, aynada ve aynanın ilerletilmesinden önce monte edilecek sistematik destekleme ve süren kullanımı gerekmektedir. Çelik destek kullanılacaktır. Jeolojik şartlara göre yerinde dökme bir taban kemer betonu yapılması gerekebilir.
C	C1	Kaya Patlamalı	Baskılı Kaya Kütleleri: Bu sınıfta yer alan kaya kütlelerinin davranışları genellikle, kaya basıncının yeniden dağılım süreci ve/veya deplasman sınırlamaları sonucunda oluşan gerilmelerin kaya dayanımından daha büyük olduğunu gösterir. Kaya kütleleri aşırı gerilme altında kalmasından dolayı, kabuk atma, burulma, kesme ve boşluğa doğru plastik hareket gibi zayıflık mekanizmaları oluşur. Çatlamaya veya dökülmeye eğilimli kaya kütleleri ve şişme özelliği gösteren bileşenlere sahip kaya kütleleri bu gruba girer. Bu gruba giren kaya kütleleri, davranış ve kendini tutma süreleri, su sızıntılarından olumsuz yönde, önemli ölçüde etkilenir.	Sık yerleştirilmiş kaya bulonları ve çelik hasır gereklidir. Jeolojik şartlara göre yerinde dökme bir taban kemer betonu yapılması gerekebilir.
	C2	Baskılı		Tünel kesit çevresinde sistematik destekleme yapılmalıdır. Tavanda süren uygulanmalıdır. Jeolojik şartlara göre yerinde dökme bir taban kemer betonu yapılması gerekebilir.
	C3	Çok Baskılı		Tünel kesit çevresinde sistematik destekleme yapılmalıdır. Tavanda süren boru uygulanmalıdır. Üst yarı kazısında geçici ring yapıları gerekebilir.
	C4	Akıcı		Süren boru ve çelik levha süren tatbiki, tavanda gereklidir. Kazı aynasında püskürtme beton, hasır çelik, kaya bulonu ve drenaj elemanları kazı sırasında veya sonrasında kullanılmalıdır.
	C5	Şişen kabaran		Tavanda, süren boru ve çelik levha süren gereklidir. Bölümlere ayrılmış kesit kazısı püskürtme beton ile yapılmalıdır. Üst yarı aynasından geride taban kemeri gereklidir.

Q KAYA KÜTLE SINIFI (Barton vd., 1974)	NATM KAYA KÜTLE SINIFI (ÖNORM B2203, 1994)	RMR KAYA KÜTLE SINIFI (Bieniawski, 1989)
1000 SON DERECE SAĞLAM	A ₁ SAĞLAM	100 ÇOK İYİ
400 ÇOK FAZLA SAĞLAM		
100 70.4 ÇOK SAĞLAM	A ₂ ZAMANLA KIRILGAN	80 İYİ
40 SAĞLAM		
10 ORTA	B ₁ KIRILGAN	60 ORTA
4 ZAYIF	B ₂ ÇOK KIRILGAN	
1.47 1 ÇOK ZAYIF	B ₃ DÖKÜNTÜLÜ	40 ZAYIF
0.1		
0.03 ÇOK FAZLA ZAYIF	C ₁ KAYA PATLAMALI	30
	C ₂ BASKILI	20
	C ₃ ÇOK BASKILI	15
0.01 0.008 SON DERECE ZAYIF	C ₄ AKICI	10 ÇOK ZAYIF
0.002		5
0.001	C ₅ ŞİŞEN-KABARAN	0

Şekil 5. 37. NATM, RMR ve Q kaya kütle sınıflamalarının eşleştirilmesi (KGM, 1997)

Bu çalışma kapsamında Maçka Tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için hesaplanan Q ve RMR₈₉ değerlerinden NATM'a geçiş yapılarak kaya kütleleri sınıflandırılmıştır (Tablo 5.42).

Tünel güzergahı için yapılan NATM sınıflamasına göre, Esiroğlu Formasyonu Çok kırılğan (B2) - Kırılğan (B1), Kaçkar Riyodasiti (SK2) Çok Kırılğan (B2), Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) Kırılğan (B1) – Zamanla Kırılğan (A2), Çatak Formasyonu (SK 5-6) Kırılğan (B1) – Çok Kırılğan (B2), Çatak Formasyonu (SK7) Döküntülü (B3) – Çok

Kırılğan (B2) kaya sınıfındadır. Genel olarak değerlendirildiğinde, tünel güzergâhındaki kaya kütlelerinin B sınıfı Gevrek Kaya Kütleleri sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bu sınıftaki kaya kütleleri için NATM sınıflaması kaya bulunu ve püskürtme beton tipi destekler önermektedir. Ancak, RMR₈₉ daha tutucu davrandığını söylemek mümkündür.

Tablo 5. 42. NATM kaya kütle sınıflamasının Q ve RMR kaya kütle sınıflamalarına göre değerlendirilmesi

	Birimler				
	Esiroğlu Formasyonu	Kaçkar Riyodasiti	Çatak Formasyonu		
	SK 1	SK 2	SK 3-4	SK 5-6	SK-7
RMR ₈₉	48.21	40.38	53.68	47.03	39.43
Kaya Sınıfı	Orta Kaya	Orta Kaya	Orta Kaya	Orta Kaya	Zayıf Kaya
NATM	B2	B2	B1	B2	B3
Kaya Sınıfı	Çok Kırılğan	Çok Kırılğan	Kırılğan	Çok Kırılğan	Döküntülü
Q	7.7	3.83	13.3	3	2.5
Kaya Sınıfı	Orta	Zayıf	Sağlam	Zayıf	Zayıf
NATM	B1	B2	A2	B2	B2
Kaya Sınıfı	Kırılğan	Çok Kırılğan	Zamanla Kırılğan	Çok Kırılğan	Çok Kırılğan

Maçka Tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için yapılan NATM sınıflamasından elde edilen destek tipleri Tablo 5.43’de verilmiştir.

Tablo 5. 43. Tünel güzergâhındaki kaya kütlelerinde NATM’a göre destek tipleri

NATM’a göre destek tasarımı			
Esiroğlu Formasyonu (SK 1)	B1 ve B2	Sınırlı bölgelerde sistematik destekleme yapılmalıdır. Lokal olarak ön destekleme gerekebilir.	Tünel tavan ve duvarlarında sistematik destekleme gereklidir. Gerektiğinde tavanda süren kullanılacaktır.
Kaçkar Riyodasiti (SK 2)	B2	Tünel tavan ve duvarlarında sistematik destekleme gereklidir. Gerektiğinde tavanda süren kullanılacaktır.	
Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4)	A2 ve B1	Sadece bölgesel olarak tünel tavan ve yan duvarlarında yersel blokların duraylı hale getirilmesi için bulonlama yapılabilir.	Sınırlı bölgelerde sistematik destekleme yapılmalıdır. Lokal olarak ön destekleme gerekebilir.
Çatak Formasyonu (SK 5-6)	B1 ve B2	Sınırlı bölgelerde sistematik destekleme yapılmalıdır. Lokal olarak ön destekleme gerekebilir.	Tünel tavan ve duvarlarında sistematik destekleme gereklidir. Gerektiğinde tavanda süren kullanılacaktır.
Çatak Formasyonu (SK 7)	B2 ve B3	Tünel tavan ve duvarlarında sistematik destekleme gereklidir. Gerektiğinde tavanda süren kullanılacaktır.	Tünel tavanı ve duvarlarında, aynada ve aynanın ilerletilmesinden önce monte edilecek sistematik destekleme ve süren kullanımı gerekmektedir. Çelik destek kullanılacaktır. Jeolojik şartlara göre yerinde dökme bir taban kemer betonu yapılması gerekebilir

6. SAYISAL ANALİZLER

Bu bölümde, Maçka Tüneli güzergâhındaki kaya kütleleri için Bölüm 5’te uygulanan kaya kütle sınıflamalarından elde edilen destek sistemleri sayısal analizler ile irdelenmiş, bu sınıflamaların önerdiği destek sistemlerinin tünel kazısı sırasında meydana gelecek olan plastik zonun kalınlığı ve toplam deformasyonu nasıl etkilediği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan sayısal analizler sonucunda ortaya çıkan veriler yardımıyla, tünel güzergâhındaki her bir kaya kütlesi için optimum destek sistemleri önerilmiştir.

Sayısal analizlerde Sonlu Elemanlar Yöntemi’ne dayalı bir yazılım kullanılması tercih edilmiştir. Bu yöntem, karmaşık mühendislik problemlerinin hassas olarak çözülmesinde etkin olarak kullanılan sayısal bir yöntemdir ve ilk defa 1956 yılında uçak gövdelerinin gerilme analizi için geliştirilmiştir. Sonraki yıllarda uygulamalı bilimler ve mühendislik problemlerinin çözümünde de kullanılmaya başlanmış ve günümüzde birçok problemin çözümü için kullanılan en iyi yöntemlerden birisi haline gelmiştir. Sonlu elemanlar yönteminin temel düşüncesi, karmaşık bir probleme, problemi basite indirgeyerek bir çözüm bulmaktır. Esas problemin daha basit bir probleme indirgenmiş olması nedeni ile kesin sonuç yerine yaklaşık bir sonuç elde edilmekte, ancak bu sonucun çözüm için daha fazla çaba harcayarak iyileştirilmesi ve kesin sonuca çok yaklaşılmaması, hatta kesin sonuca ulaşılması mümkün olmaktadır. Bunu gerçekleştirebilmek için çözüm bölgesi çok sayıda, basit, küçük ve birbirine bağlı sonlu eleman adı verilen bölgelere ayrılmaktadır. Böylece sonsuz olan çözüm bölgesi istenen sınırlamalarla sonlu hale getirilmektedir. Sonlu elemanlar yönteminin özünü “düğüm noktası ve eleman” denen kavramlar oluşturmaktadır. Düğüm noktaları (node), sonlu elemanlar yöntemini kullanarak sonsuz noktadan indirgediğimiz noktaları ifade etmektedir. Elemanlar ise, bu noktaların birleşiminden oluşan tasarım parçaları anlamına gelmektedir. Kısaca çözümlenmesi istenen durum düğümlerle birbirine bağlanmış elemanlara bölünmektedir ve analiz edilmektedir. İncelenen olayı temsil eden bölge ne kadar çok elemana bölünürse sonuçların gerçekçiliği o kadar artmaktadır.

Bu çalışmada, Rocscience (2008) tarafından geliştirilen “Phase² v7.0” (Plastic Hybrid Analysis of Stress for Estimation of Support) sonlu elemanlar yazılımı kullanılmıştır. İlk olarak programda Maçka Tüneli için 12 m genişliğinde, 8.5 m yüksekliğinde, 17 m

mesafeli çift tüp kazı kesitleri modellenmiş ve üç d   m noktalı üçgen sonlu elemanlar kullanılmıştır.

Analizlerde kaya kütlelerinin yenilme şartlarını temsil etmek için Hoek vd. (2002) tarafından önerilen yenilme  l   tleri kullanılmıştır.

Phase² 7.0 programı ile sayısal analizleri gerçekleştirebilmek için bazı parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Tablo 6.1’de verilen bu parametrelere ait değerler, arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilmiştir.

Bu parametrelerden ilki, tünel kazısının yapılacağı derinlikte oluşacak düşey gerilme (σ_v) ve yatay gerilme miktarlarıdır. Düşey gerilme (σ_v) Fenner (1938) tarafından önerilen eşitlik yardımıyla belirlenmiştir.

$$\sigma = \gamma \cdot H \quad (6.1)$$

Burada;

γ : birim hacim ağırlık (kN/m^3)

H: Örtü yükü kalınlığıdır (m).

Yatay gerilme (σ_h), sı  derinliklerde oldukça değişkendir ve örselenmemiş yatay gerilme (σ_h) miktarını ölçmek oldukça zordur. Bu çalışmada, tünel kazısının yapılacağı derinlikte oluşacak yatay gerilme değerlerini belirlemek için Sheorey vd. (2001) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$\sigma_h = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_v + \frac{\beta E_m G}{1-\nu} (H+1000) \quad (6.2)$$

Burada;

β : lineer ısı genleşme katsayısı ($8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$),

G: jeotermik gradyan ($0.024 \text{ }^\circ\text{C/m}$),

ν : kaya kütlesinin Poisson oranı,

H: Örtü yükü kalınlığı (m)

E_m : kaya kütlesinin deformasyon modülüdür (GPa).

Kaya malzemesinin tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c), elastisite modülü (E_i), Poisson oranı (ν) ve birim hacim ağırlık (γ) değerleri kaya malzemesi üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri ile belirlenmiştir (EK-2).

Tablo 6. 1. Sayısal analizlerde kullanılan jeoteknik birimlere ait veriler

	Esiroğlu Formasyonu	Kaçkar Riyodasiti	Kaçkar Riyodasiti	Çatak Formasyonu	Çatak Formasyonu
	SK 1	SK 2	SK 3-4	SK 5-6	SK-7
σ_v , MPa	1.05	1.32	0.98	4.06	0.44
σ_h , MPa	0.56	0.48	0.28	1.60	0.30
σ_{ci} , MPa	56.10	69.23	112.09	59.94	75.18
E_i , GPa	19.16	13.76	27.05	18.25	26.25
ν	0.3	0.21	0.22	0.25	0.29
γ , kN/m ³	24.88	25.69	26.31	26.72	26.11
σ_{cm} , MPa	7.09	17.33	35.07	8.33	10.41
E_m , GPa	2.74	5.40	2.73	3.82	3.82
GSI	38	53	61	42	42
GSI _r	22	24	26	24	24
m_i	9	25	25	9	9
m_b	0.983	4.666	6.209	1.1341	1.1341
m_{br}	0.572	1.782244	1.833	0.595	0.595
s	0.00102	0.0054	0.0131	0.00159	0.00159
s_r	0.00019	0.00027	0.003	0.00021	0.00021
a	0.513	0.505	0.503	0.5099	0.5099
a_r	0.536	0.529135	0.528	0.534	0.534
D	0	0	0	0	0
g (gal)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Kaya kütlelerinin deformasyon modülü (E_m), tünel güzergâhında gerçekleştirilen ve sonuçları Tablo 5.10’da verilen presiyometre deneylerine ait sonuçlardan belirlenmiştir. Kaya kütlelerine ait GSI değerleri için arazi çalışmaları sonucunda gerçekleştirilen ve Bölüm 5.5.4’de verilen GSI sınıflamalarına ait sonuçlar kullanılmıştır (Şekil 5.50).

Phase² programı, yukarıda verilen parametrelere ek olarak kaya kütlelerinin tek eksenli sıkışma dayanımı ve Hoek-Brown sabitlerini girdi parametresi olarak kullanmaktadır. Bu parametreleri belirlemek amacıyla, RocLab bilgisayar programı (Rocscience, 2008) kullanılmıştır. Kaya kütlelerinin yenilme şartlarını temsil etmek için Hoek vd. (2002) tarafından önerilen Hoek-Brown yenilme ölçütü kullanılmıştır.

Tablo 6.1’de verilen parametrelerden GSI, m_{br} , s , a , parametrelerinin rezidüel değerlerini hesaplamak için Cai vd.’nin (2007) tarafından önerilen eşitlikler kullanılmıştır.

$$GSI_r = GSI \cdot e^{-0.0134GSI} \quad (6.3)$$

$$m_{br} = m_i \cdot e^{\left(\frac{GSI_r - 100}{28}\right)} \quad (6.4)$$

$$s_r = e^{\left(\frac{GSI_r - 100}{9}\right)} \quad (6.5)$$

$$a_r = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI_r/15} - e^{-20/3} \right) \quad (6.6)$$

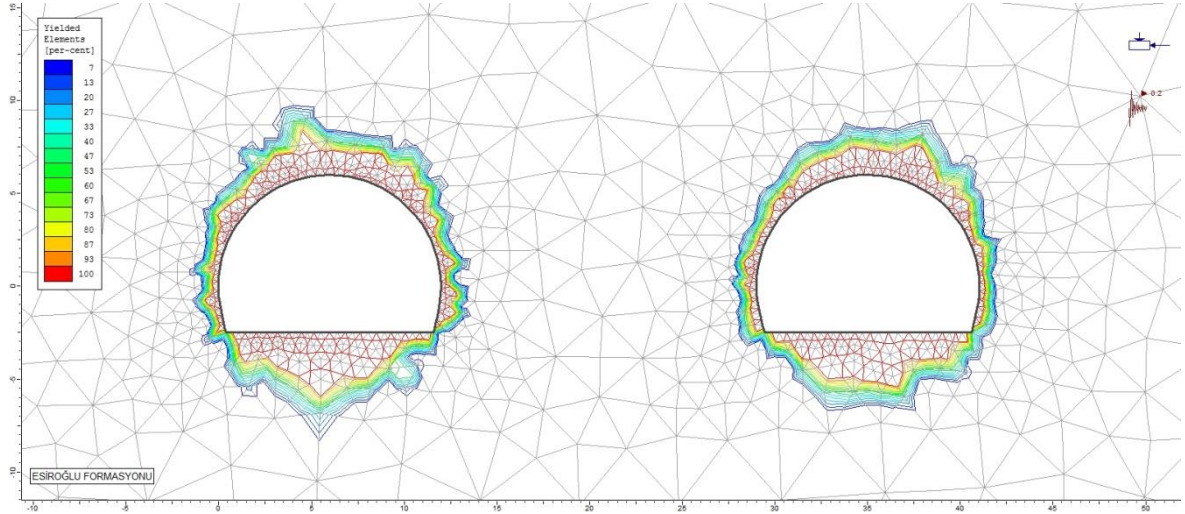
Maçka Tüneli Projesi'nin bulunduğu bölge 4. derece deprem bölgesidir ve bu bölgede beklenen ivme değeri 0.10-0.20 g arasındadır (AIGM, 1996). Bu nedenle sayısal analizler yapılırken bölgede etkin olan yer ivmesi 0.20 g olarak kabul edilmiştir.

Örselenme faktörü (D), zayıf kaya olmayan bölgelerde kazı kontrollü patlatma türünde, zayıf kaya olan bölgelerde ise mekanik kazı şeklinde yapılacağından dolayı tüneli çevreleyen kayada en az miktarda örselenme olacağından 0 (sıfır) olarak kabul edilmiştir.

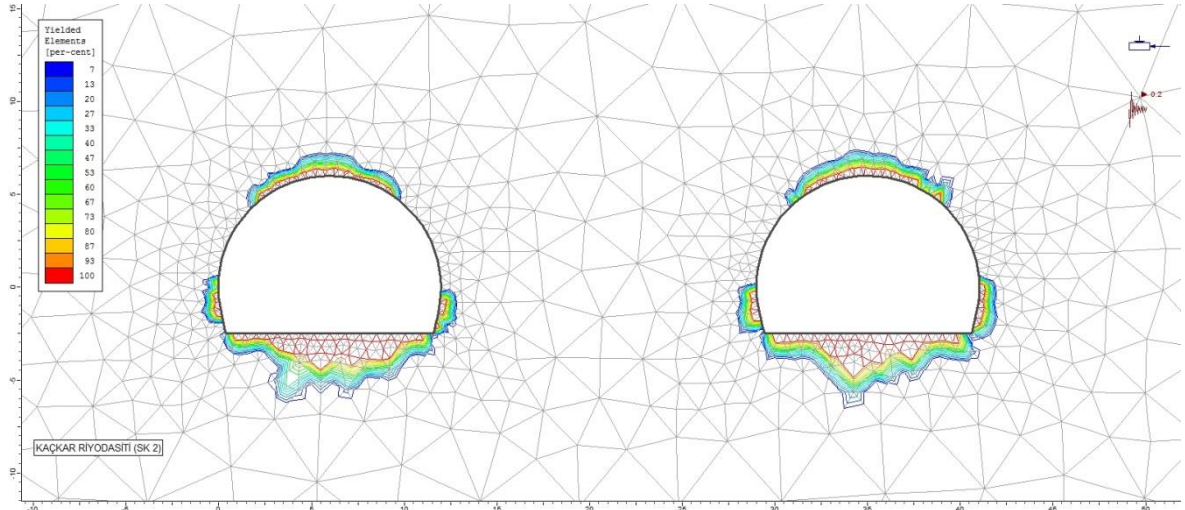
Phase² programı kullanılarak yapılan sayısal analizler üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, tünel güzergâhındaki her bir kaya kütle için kazı yapıldıktan sonra destekleme yapılmadan tünel çevresinde oluşacak plastik zonun kalınlığı ve toplam yer değiştirme miktarlarını belirlemek için analizler yapılmıştır. İkinci aşamada, Tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için RMR, Q ve RMI kaya kütle sınıflama sistemlerinden elde edilen destekler uygulanmış ve destekleme yapıldıktan sonra plastik zonun kalınlığı ve toplam yer değiştirmelerde meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Son aşamada ise, desteksiz ve destekleme yapıldıktan sonra plastik zonun kalınlığı ve toplam yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler irdelenerek, hangi sınıflama sisteminin önerdiği destek tipinin daha gerçekçi olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Maçka Tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için optimum destek önerisi yapılmış ve önerilen desteklemelerin güvenilirliği sayısal analizler ile denetlenmiştir.

6.1. Desteksiz Durum İçin Yapılan Sayısal Analizler

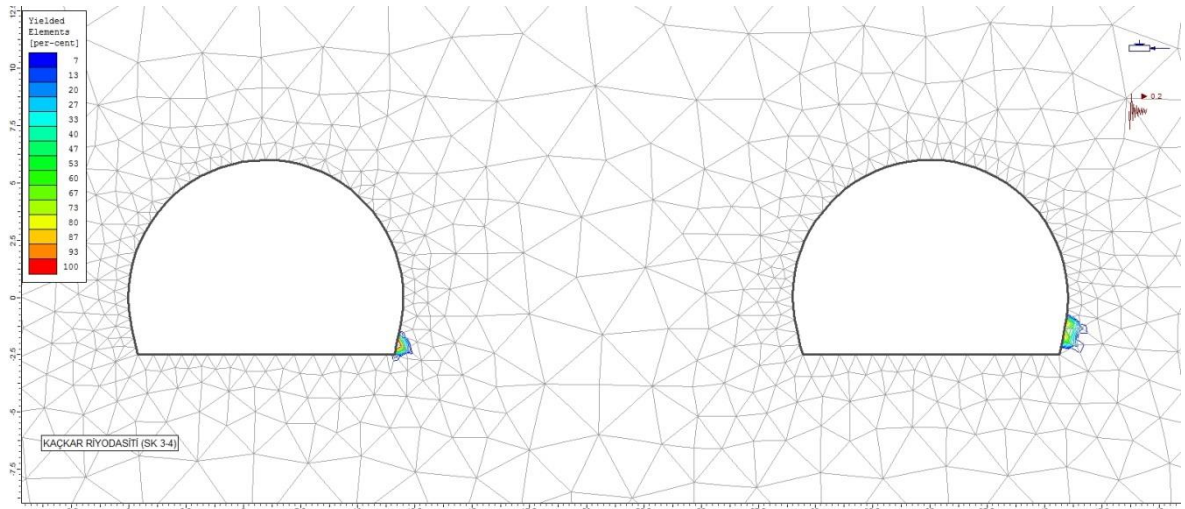
Sayısal analizlerin ilk aşamasında desteksiz durumlar için sayısal analizler yapılmıştır (Şekil 6.1-6.10). Bu analizlerin yapılmasının amacı tünel çevresinde meydana gelecek maksimum yer değiştirmeler ile plastik zonun kalınlığının kazıdan hemen sonraki durumunu belirlemektir. Esiroğlu Formasyonu (SK 1), Kaçkar Riyodasiti (SK 2-3-4) ve Çatak Formasyonu (SK 5-6-7) için elde edilen sonuçlar Tablo 6.2'de verilmiştir.



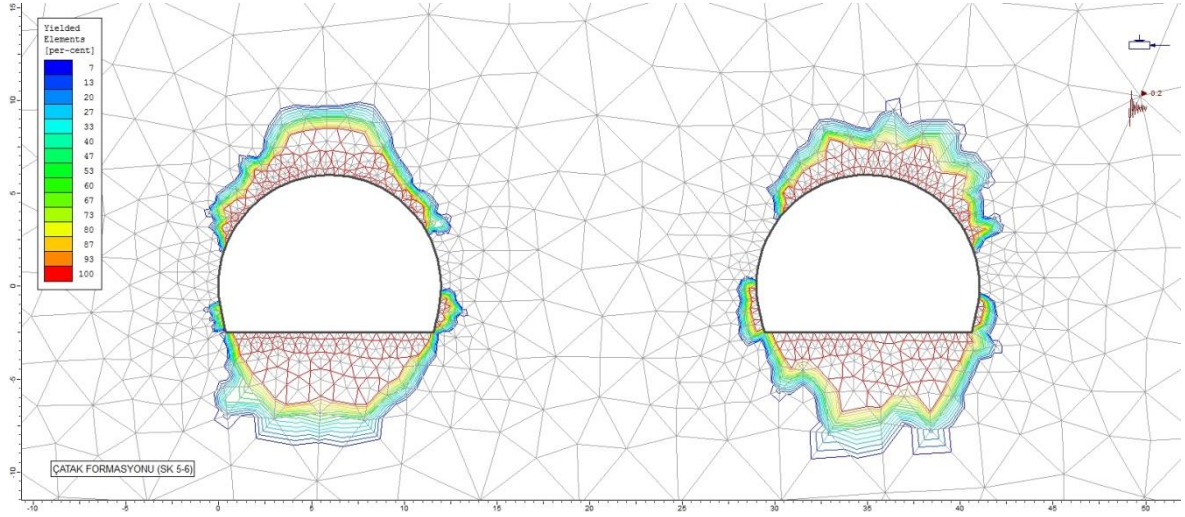
Şekil 6. 1. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için yapılan desteksiz durum analizi ile plastik zonun belirlenmesi



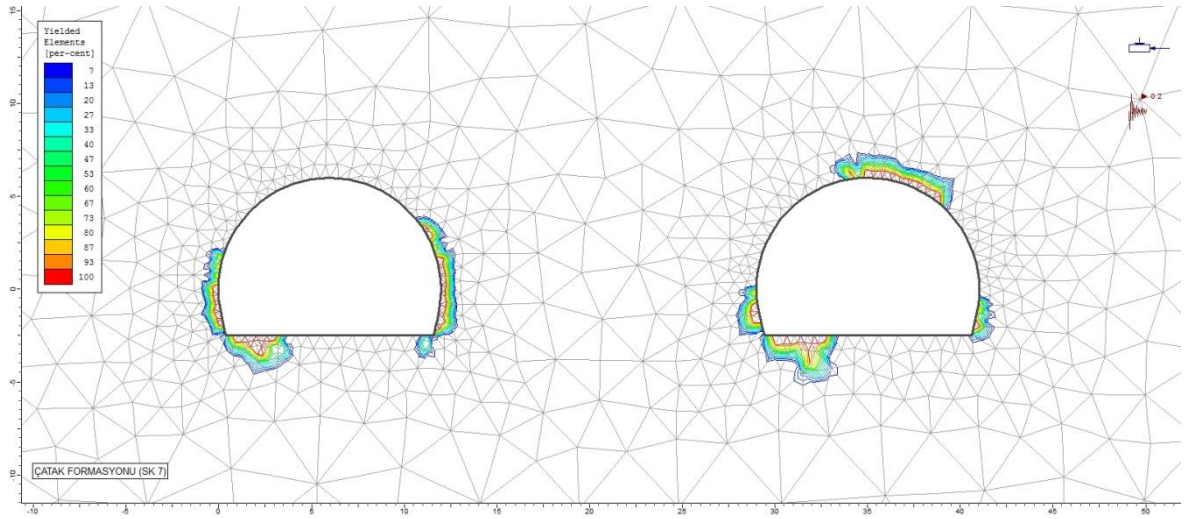
Şekil 6. 2. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için yapılan desteksiz durum analizi ile plastik zonun belirlenmesi



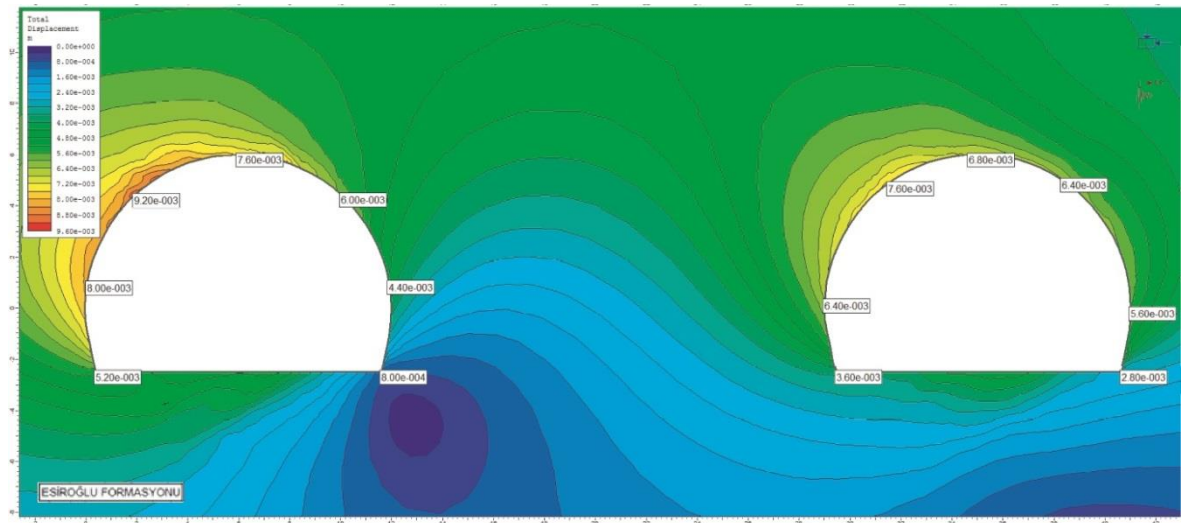
Şekil 6. 3. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için yapılan desteksiz durum analizi ile plastik zonun belirlenmesi



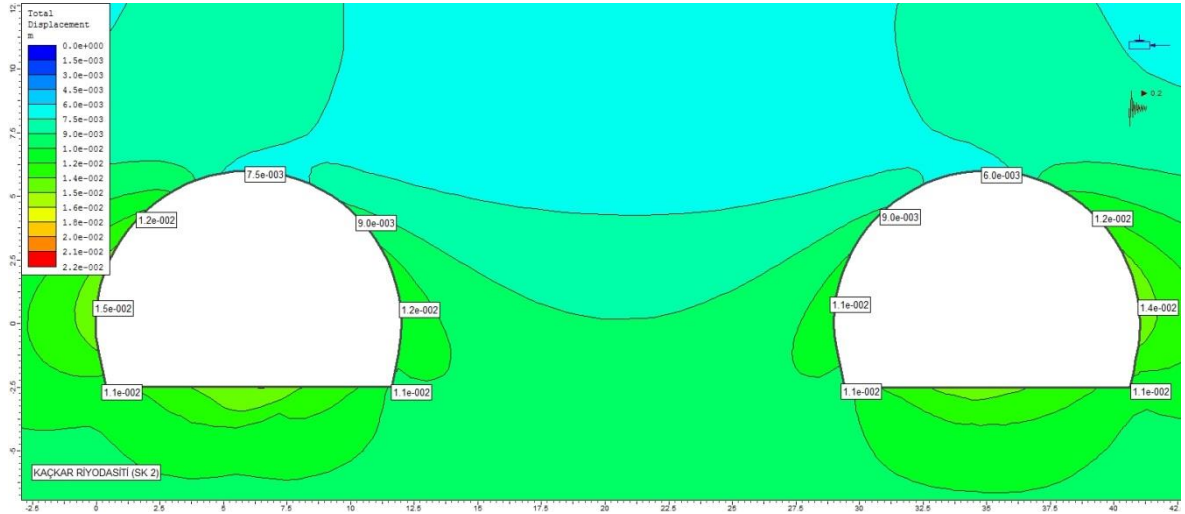
Şekil 6. 4. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için yapılan desteksiz durum analizi ile plastik zonun belirlenmesi



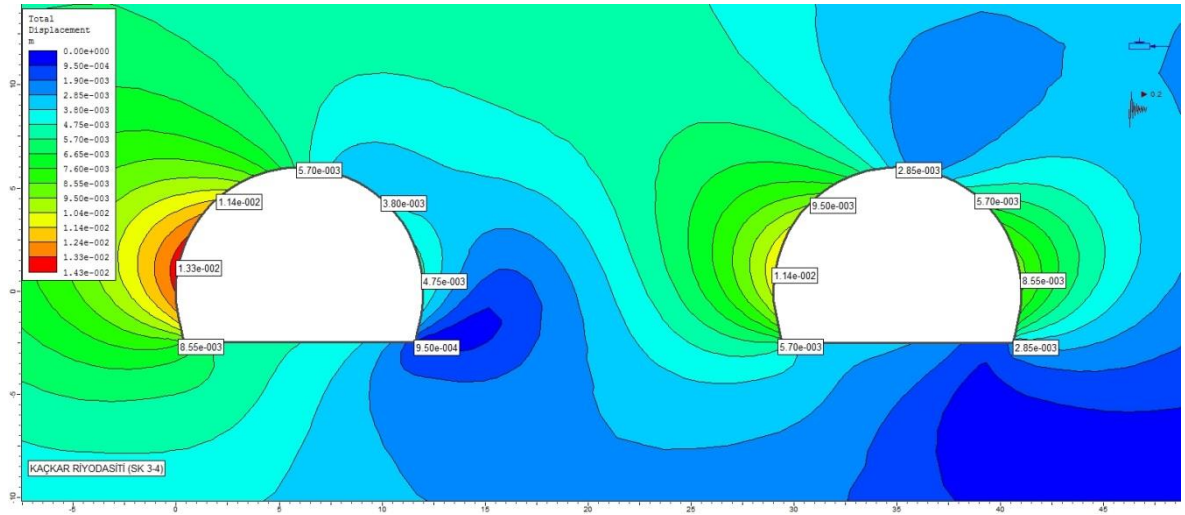
Şekil 6. 5. Çatak Formasyonu (SK 7) için yapılan desteksiz durum analizi ile plastik zonun belirlenmesi



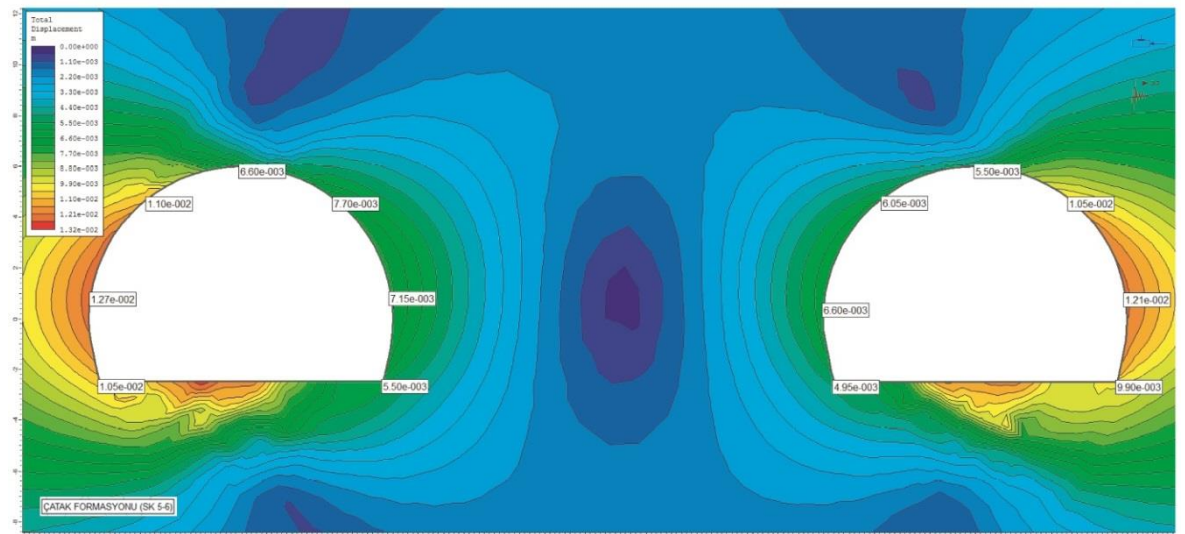
Şekil 6. 6. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için yapılan desteksiz durum analizi ile yer değiştirmenin belirlenmesi



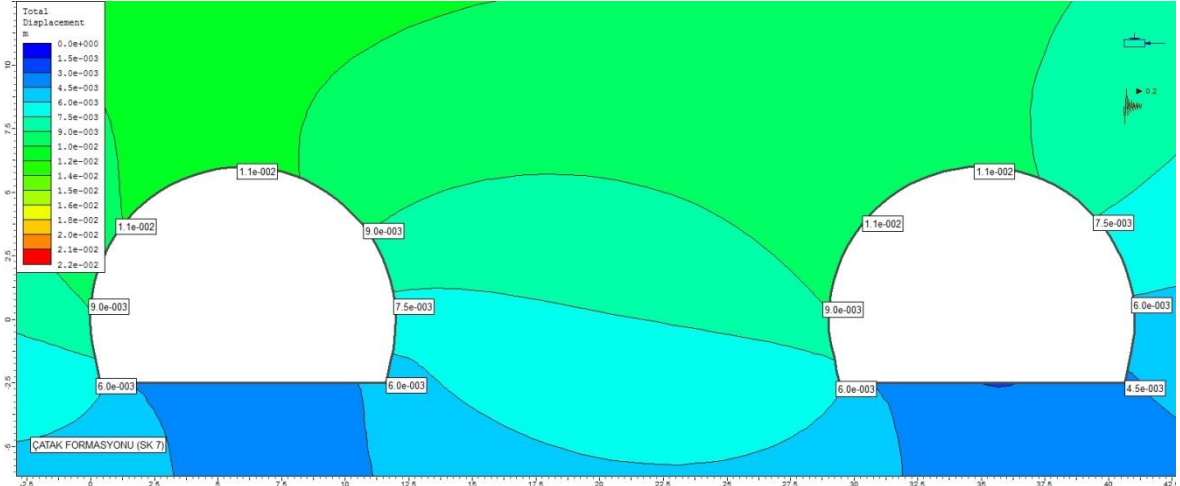
Şekil 6. 7. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için yapılan desteksiz durum analizi ile yer değıştirmenin belirlenmesi



Şekil 6. 8. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için yapılan desteksiz durum analizi ile yer değıştirmenin belirlenmesi



Şekil 6. 9. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için yapılan desteksiz durum analizi ile yer değıştirmenin belirlenmesi



Şekil 6. 10. Çatak Formasyonu (SK 7) için yapılan desteksiz durum analizi ile yer değiştirmenin belirlenmesi

Tablo 6. 2. Desteksiz durumlarda meydana gelecek olan maksimum yer değiştirmeler ve plastik zonun maksimum kalınlıkları

Formasyonlar	Sol Tüp				Sağ Tüp			
	Tavan		Duvar		Tavan		Duvar	
	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)
Esiroğlu Formasyonu (SK 1)	2.66	9.20e-03	1.80	8.00e-03	2.53	7.60e-03	1.73	6.40e-03
Kaçkar Riyodasiti (SK 2)	1.28	1.20e-03	1.07	1.50e-02	1.44	1.20e-02	1.31	1.40e-02
Kackar Riyodasiti (SK 3-4)	0.00	1.14e-02	0.00	1.33e-02	0.00	9.50e-03	0.00	1.14e-02
Catak Formasyonu (SK 5-6)	4.13	1.10e-02	1.70	1.27e-02	4.02	1.05e-02	1.33	1.21e-02
Çatak Formasyonu (SK 7)	0.95	1.10e-02	1.09	9.00e-03	1.58	1.10e-02	1.32	9.00e-03

T_{pl} : Plastik zonun maksimum kalınlığı
 U_t : Maksimum yer değiştirme miktarı

Esiroğlu Formasyonu'nda için desteksiz durum için yapılan sayısal analizlerde tünel kazısı etrafında duraysızlıkların meydana geleceği görülmektedir (Şekil 6.1). Meydana gelecek plastik zonun maksimum kalınlığı sol tüp için 2.66 m sağ tüp için ise 2.53 m'dir. Yer değiştirme miktarları göz önüne alındığında sol tüp için 9.20e-3 m, sağ tüp için ise 7.60e-3 m'lik maksimum yer değiştirme miktarları ortaya çıkmaktadır.

Kaçkar Riyodasiti için yapılan sayısal analizlerde, SK 2 bölgesinde tünel tavanında ve tünel duvarının ayak bölgelerinde duraysızlıkların meydana geleceği belirlenmiştir (Şekil 6.2). Bu bölgede oluşacak plastik zonun sol tüp için maksimum kalınlığı 1.28 m sağ tüp için ise 1.44 m olarak belirlenmiştir. Bu bölgede maksimum yer değiştirme ise sol tüp için 1.50e-2 m, sağ tüp için ise 1.40e-2 m'dir.

SK 3-4 no'lu sondajların bulunduğu alan için yapılan analizlerde ise her iki t p içinde tünel tavanında ve duvar bölgesinde plastik zon olu mazken ( ekil 6.3), sağ t p için $1.33e-02$ m'lik maksimum yer değiştirme, sol t p için ise $1.14e-02$ m'lik yer değiştirme değerlerine ulaşılmaktadır.

SK 5, SK 6 ve SK 7 no'lu sondajlar  atak Formasyonu içerisinde yer almaktadır. Yapılan sayısal analizlerde SK 5-6 bölgesinde hem sol hem de sağ t p için duraysızlıklar daha etkili olarak tavan bölgesinde ortaya çıkmıştır. Bu bölgelerde maksimum plastik zon kalınlıkları sol t p için 4.13 m, sağ t p için ise 4.02 m'ye ulaşmaktadır. Maksimum yer değiştirme miktarları incelendiğinde ise sol t p için $1.27e-2$ m, sağ t p için ise $1.21e-2$ olarak belirlenmiştir.

SK 7 sondajından elde edilen verilerle yapılan sayısal analizlerde ise sol t p için duraysızlıklar daha etkili olarak duvarlarda gelişirken sağ t p için tünelin hem tavan bölgesinde hem de tünel duvarlarının ayak bölgesinde duraysızlıklar ortaya çıkmaktadır. Burada yapılan sayısal analizlerden elde edilen sonuçlara göre sol t p için elde edilen maksimum plastik zon kalınlığı 1.09 m iken sağ t p için 1.58 m'dir. Maksimum yer değiştirmeler ise her iki t p için de $1.10e-2$ m'lik değerler ile ortaya çıkmaktadır.

6.2. Desteklemeden Sonraki Durum için Yapılan Sayısal Analizler

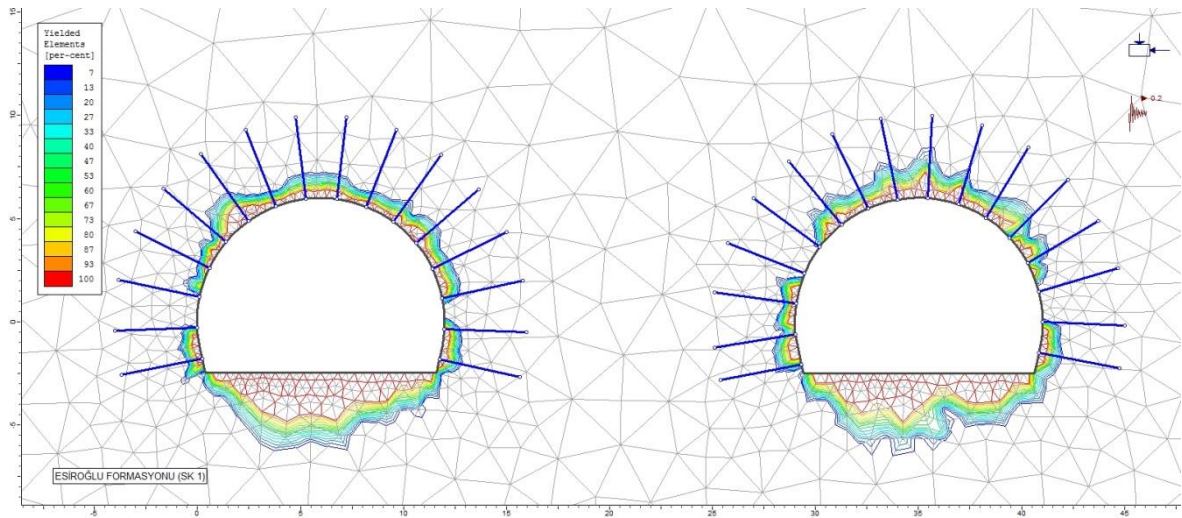
 kinci aşamada, tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için uygulanan RMR_{89} , Q ve RMi sınıflama sistemlerinden elde edilen destek sistemlerinin uygulanmasından sonra, tünel etrafında oluşan plastik zonun kalınlığı ve toplam yer değiştirme miktarlarında meydana gelecek değişimleri ve bu sınıflama sistemlerinin önerdiği destekleme sistemlerinin ne kadar gerçekçi olduğunu belirlemek amacıyla, desteklemeler sonrasında sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde kullanılan destek türleri için Tablo 5.22, 5.32 ve 5.45 den yararlanılmıştır. Analizlerde kullanılan püskürtme beton, kaya bulonu ve  elik hasıra ait karakteristik değerler Tablo 6.3'te  zet olarak sunulmuştur.

Tablo 6. 3. Sayısal analizlerde kullanılan destek elemanlarının karakteristik özellikleri

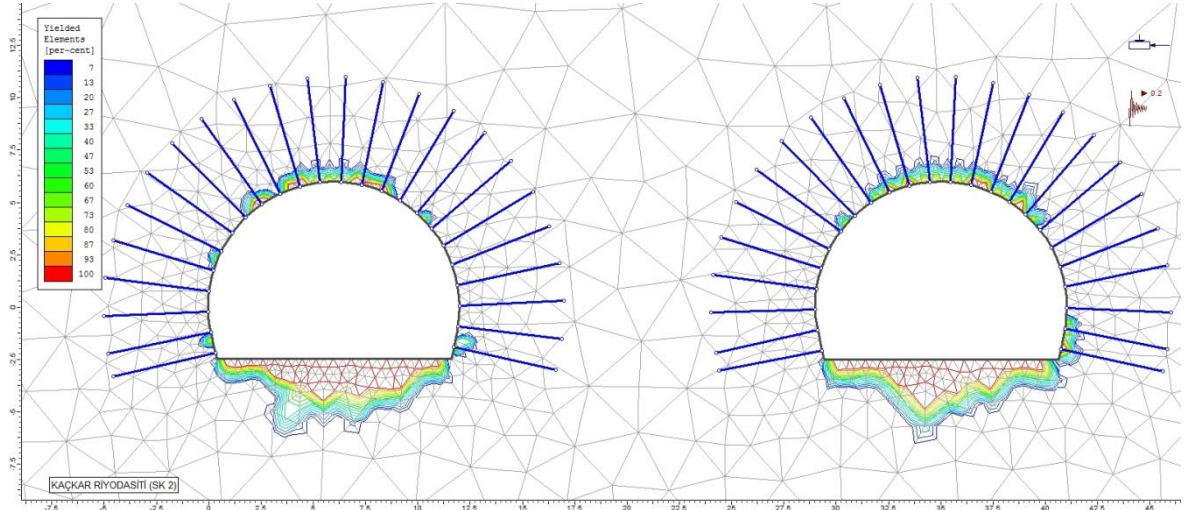
Özellikler	Püskürtme beton	Kaya bulonu	Çelik hasır
Elastisite modülü, (GPa)	30	200	200
Poisson oranı,	0.2	-	0.35
Tek eksenli basınç dayanımı, (MPa)	30	-	500
Artık tek eksenli basınç dayanımı, (MPa)	3.0	-	-
Çekme dayanımı, (MPa)	-	-	500
Artık dayanımı, (MPa)	-	-	-
Çekme kapasitesi (MN)	-	0.25	-
Artık Çekme kapasitesi (MN)	-	0.025	-
Tür	-	Ø25 mm SN	Ø6.5 mm 150x150 mm

6.2.1. RMR₈₉ Sınıflama Sisteminden Elde Edilen Destek Sistemleri İçin Yapılan Sayısal Analizler

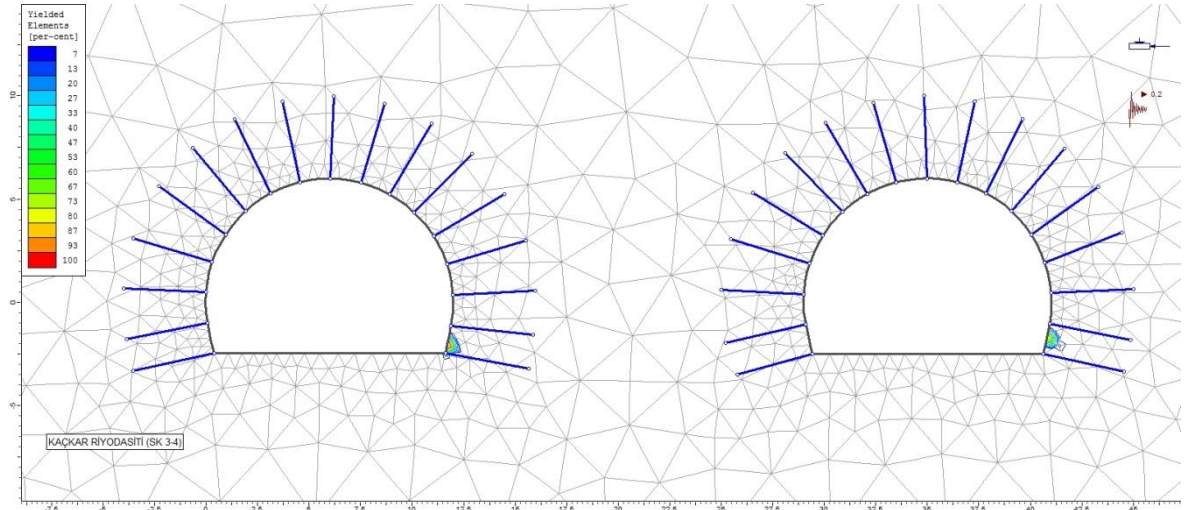
Bu bölümde RMR₈₉ kaya kütlesi sınıflama sisteminden elde edilen destek tiplerinin uygulanmasından sonraki durum için sayısal analizler yapılmıştır (Şekil 6.11-6.20). Analizlerde, ilk olarak sadece kaya bulonu uygulanmış ve ortaya çıkacak maksimum yer değiştirmeler ile plastik zon kalınlıkları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ise Tablo 6.4’te verilmiştir.



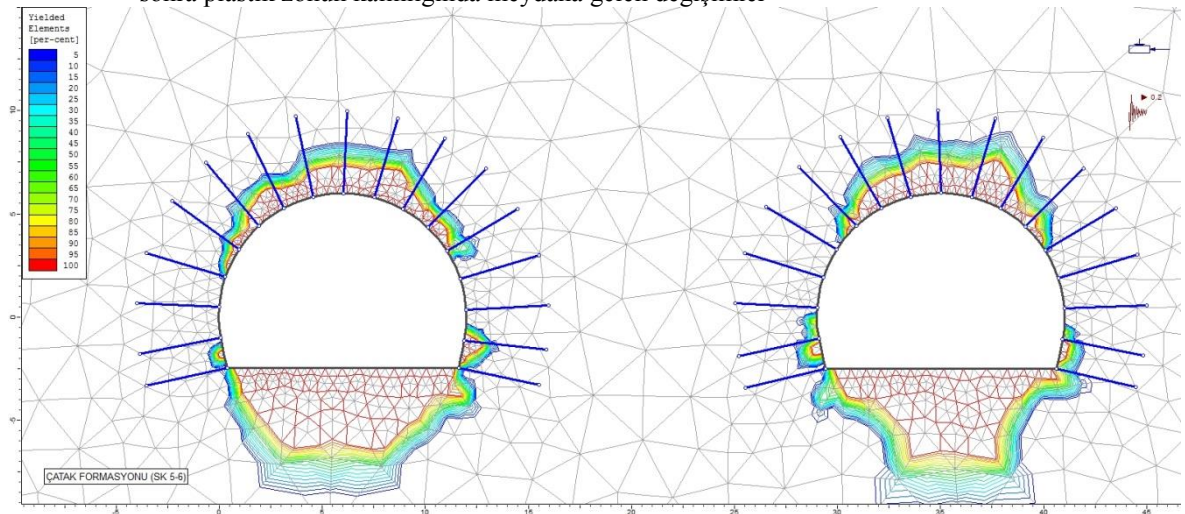
Şekil 6. 11. Esiroğlu Formasyonu için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



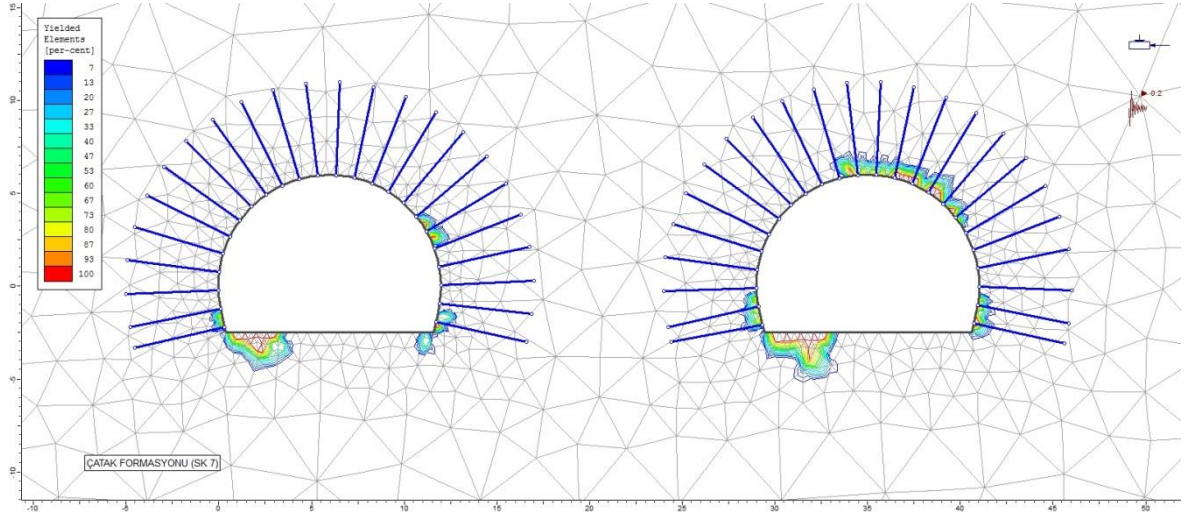
Şekil 6. 12. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



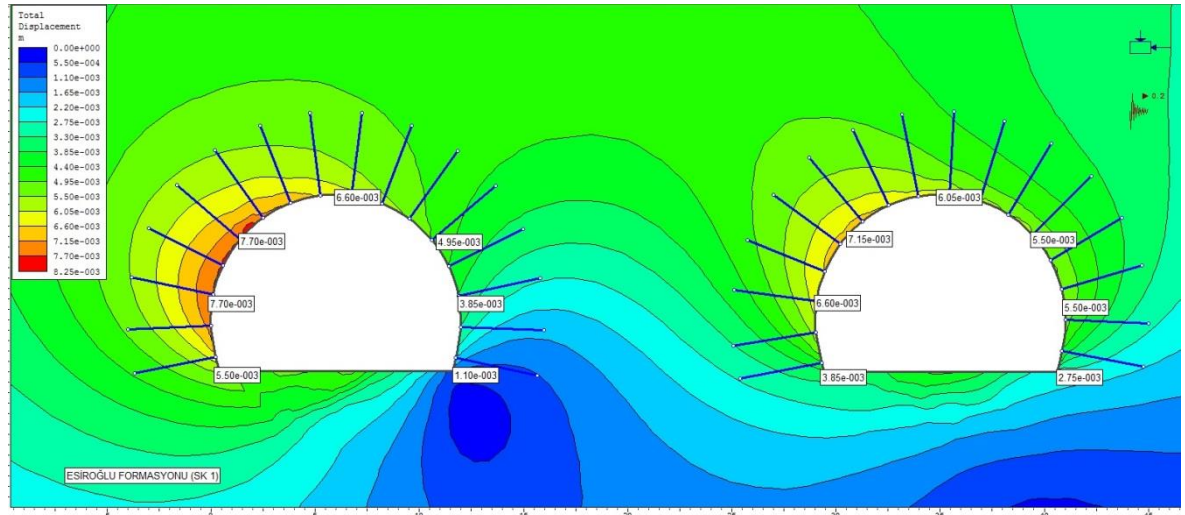
Şekil 6. 13. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



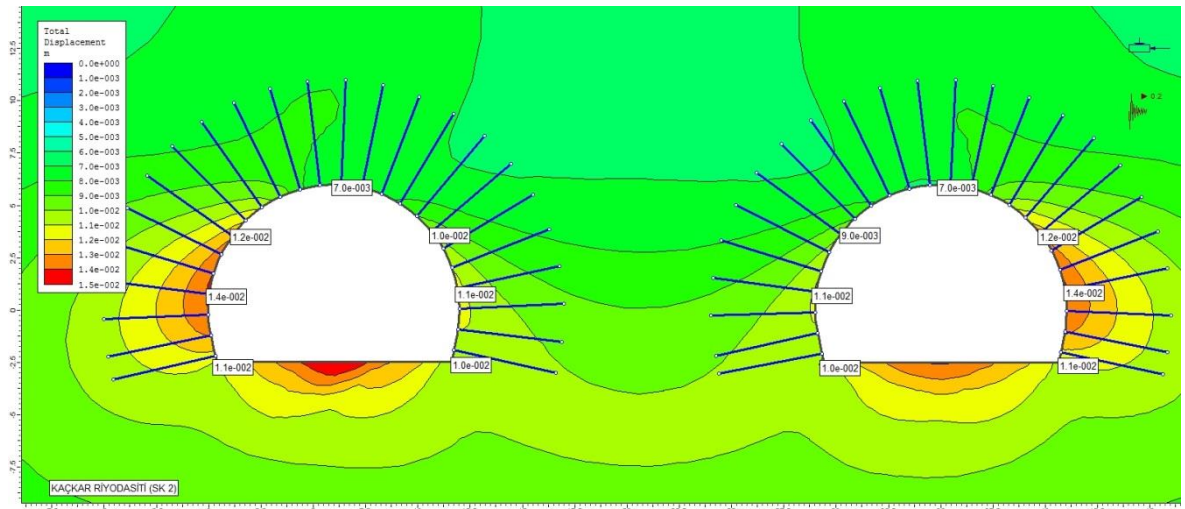
Şekil 6. 14. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



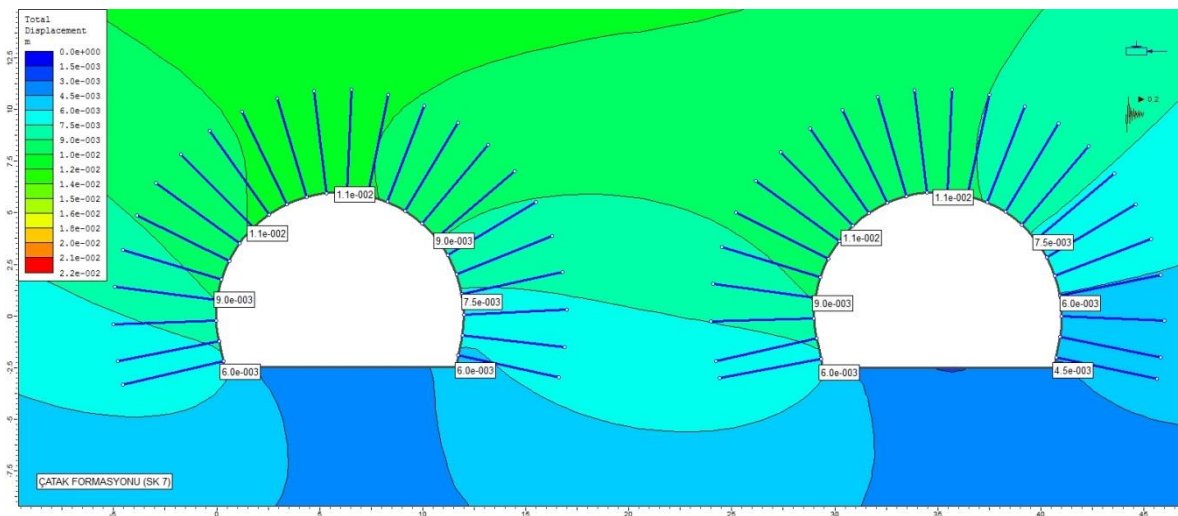
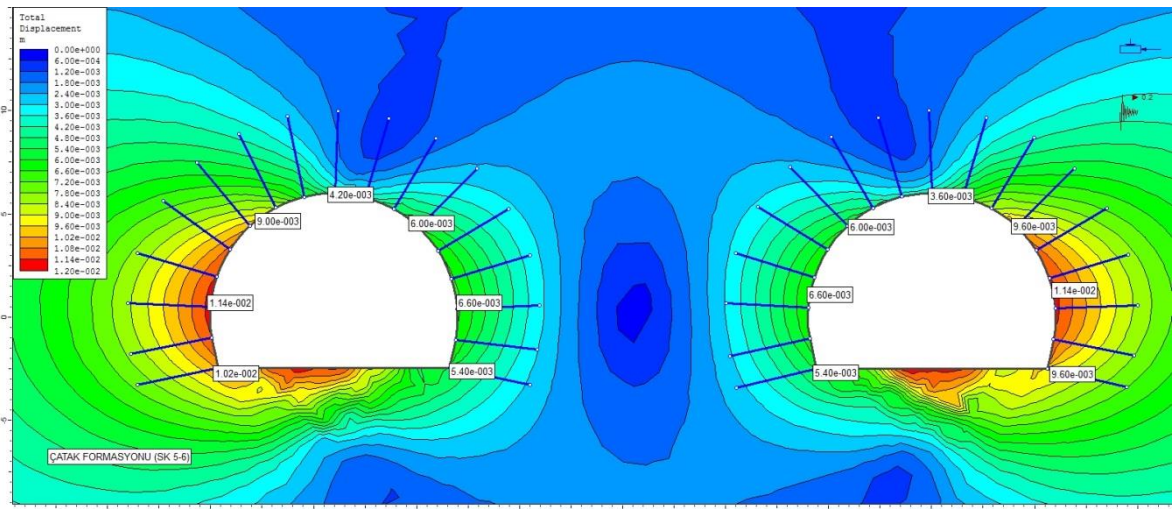
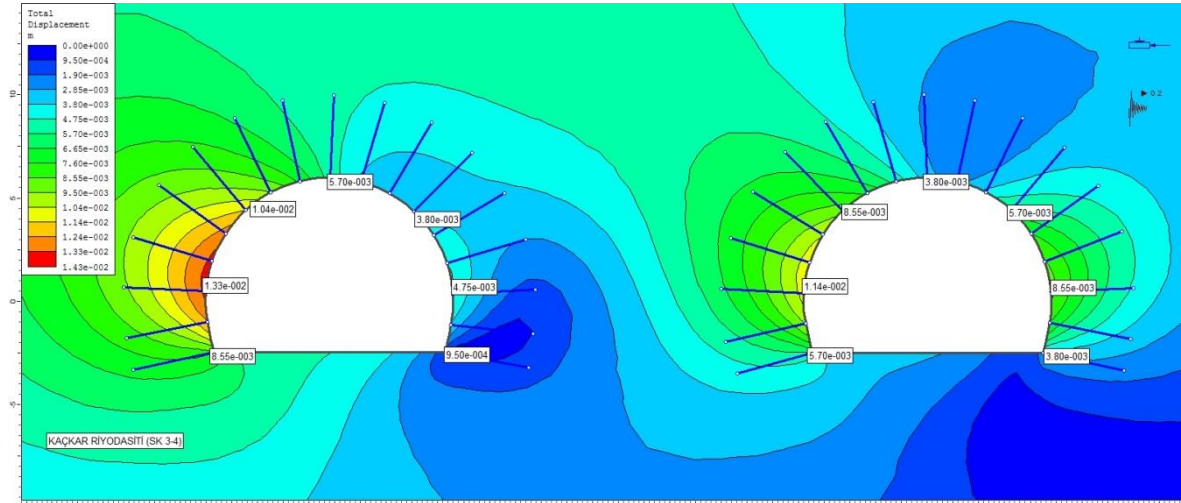
Şekil 6. 15. Çatak Formasyonu (SK 7) için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 16. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 17. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Tablo 6. 4. RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra maksimum yer değiştirme miktarları ile plastik zonun maksimum kalınlıkları

Formasyonlar	Sol Tüp				Sağ Tüp			
	Tavan		Duvar		Tavan		Duvar	
	T _{pl} (m)	U _t (m)	T _{pl} (m)	U _t (m)	T _{pl} (m)	U _t (m)	T _{pl} (m)	U _t (m)
Esiroğlu Formasyonu (SK 1)	2.40	7.70e-03	1.17	7.70e-03	2.50	7.00e-03	1.30	6.65e-03
Kaçkar Riyodasiti (SK 2)	1.08	1.20e-02	1.05	1.40e-02	1.15	1.20e-02	1.08	1.40e-02
Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4)	0.00	1.14e-02	0.00	1.33e-02	0.00	9.50e-03	0.00	1.14e-02
Çatak Formasyonu (SK 5-6)	2.83	9.35e-03	1.65	1.16e-02	3.58	9.90e-03	1.28	1.16e-02
Çatak Formasyonu (SK 7)	0.75	1.05e-02	1.01	9.00e-03	1.36	1.05e-02	1.16	9.00e-03
T _{pl} : Plastik zonun maksimum kalınlığı								
U _t : Maksimum yer değiştirme miktarı								

Analiz sonuçlarına bakıldığında, RMR₈₉ sistemine göre sadece kaya bulonu uygulandığı zaman yenilmelerin desteksiz durumda meydana gelen yenilmelere göre azaldığı fark edilmektedir. SK 1 araştırma sondajından elde edilen verilerle yapılan desteksiz durum sayısal analizlerinde tünelin tamamen çevresinde meydana gelen yenilmelerin, bulon uygulanarak yapılan sayısal analizlerle sadece duvarların bazı bölgelerinde tamamen ortadan kalktığı belirlenmiştir. Buradan elde edilen verilere göre tünelin SK 1 bölgesinde maksimum yer değiştirme miktarı sol tüp için 7.70e-03 m, sağ tüp için ise 7.00e-03 m ve maksimum plastik zon kalınlığının sol tüp için 2.40 m, sağ tüp için 2.50 m olduğu belirlenmiştir.

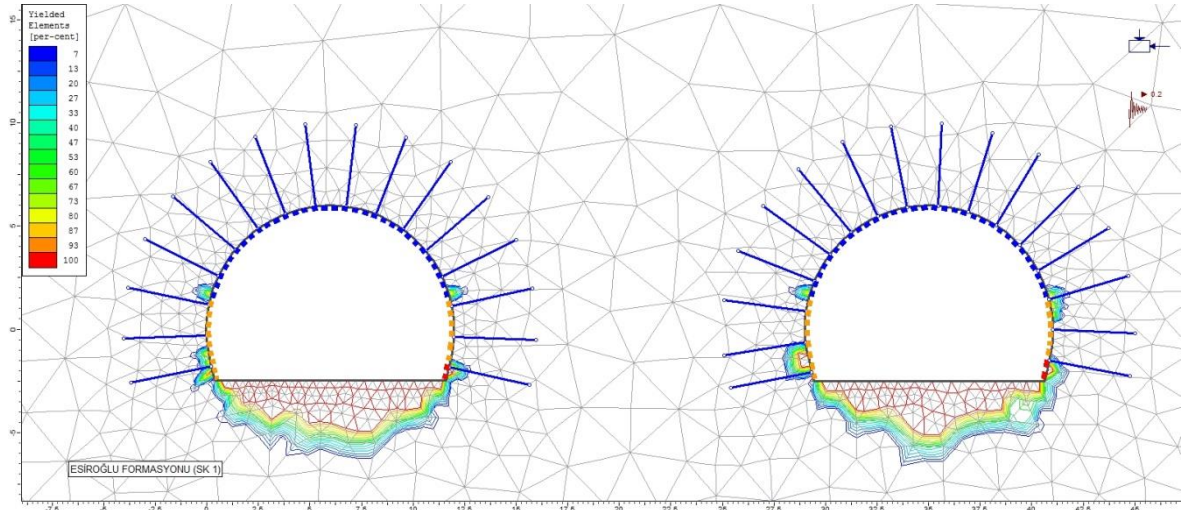
Tünelin SK 2 bölgesinde de kaya bulonu uygulaması yapıldıktan sonra ortaya çıkan yenilmeler ve plastik zonun kalınlığının, desteksiz durumda yapılan analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında azaldığı göze çarpmaktadır. SK 2 bölgesinde yapılan analizlerde yenilme olan bölgelerde değişiklik olmazken yenilen eleman sayısında azalmalar belirlenmiştir. Buradan elde edilen verilere göre sol tüp ve sağ tüp için maksimum yer değiştirme miktarları 1.40e-02 m, plastik zon kalınlığı ise sol tüp için 1.08 m sağ tüp için ise 1.15 m'dir.

Tünelin SK 3-4 bölgesinde kaya bulonu uygulandıktan sonra yapılan analizlerde desteksiz durumda yenilme olan bölgelerde herhangi bir değişiklik gözlenememiştir. Yenilmeler, desteksiz durumda yenilmelerin gerçekleştiği bölgelerde oluşmaktadır. SK 3-4 bölgesinde maksimum yer değiştirme değerleri, sol tüp için 1.33e-02 m, sağ tüp için ise 1.14e-02 m olarak belirlenmiştir. Her iki tüp için de plastik zon yoktur.

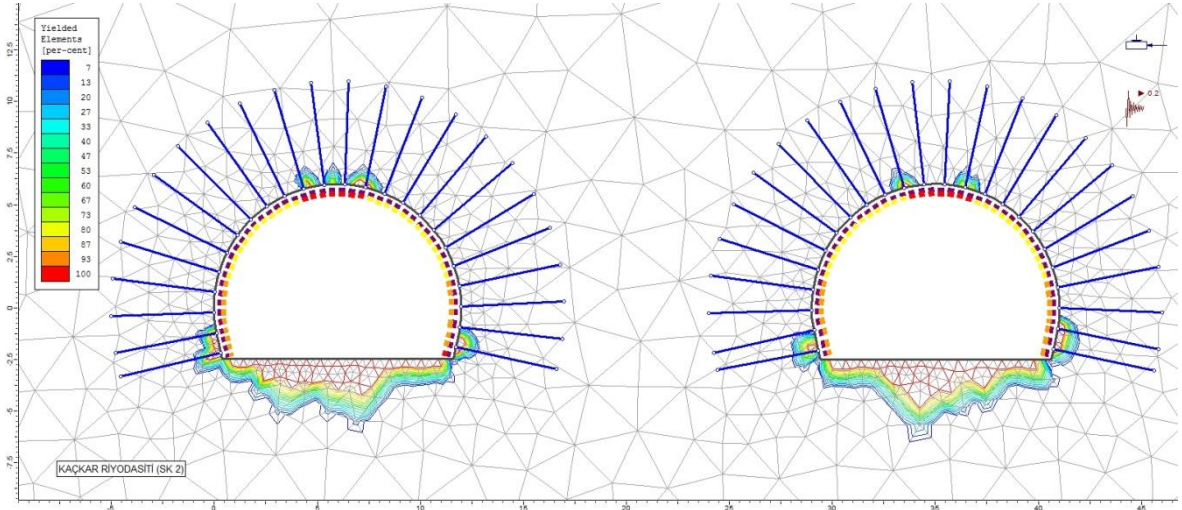
Tünelin SK 5-6 bölgesinde kaya bulon uygulandıktan sonra ortaya çıkan yenilmeler, desteksiz durumda ortaya çıkanlar ile aynı bölgededir ve kaya bulonu uygulaması sonucunda aynı bölgelerde yenilmelerin devam ettiği görülmektedir. Ancak, yenilme elemanlarının sayısında ve plastik zonun kalınlığında da azalma olmaktadır. Sayısal analizler sonucunda sağ tüp ve sol tüpte $1.16e-02$ m'lik bir maksimum yer değiştirme ve sol tüp için 2.83 m, sağ tüp için ise 3.58 m'lik maksimum plastik zon kalınlıkları belirlenmiştir.

Tünelin SK 7 bölgesinde yapılan sayısal analizlerde ise kaya bulonu uygulandıktan sonra desteksiz durumda ortaya çıkan yenilmelerin azaldığı belirlenmiştir. Yenilmeler sol tüpte ciddi anlamda ortadan kalkarken, sağ tüp pek fazla bir değişiklik olmamıştır. Sayısal analizler sonucunda ise sol ve sağ tüpte $1.10e-02$ m'lik maksimum yer değiştirme ile sol tüp için 1.01 m'lik sağ tüp için ise 1.36 m'lik maksimum plastik zon kalınlıkları belirlenmiştir.

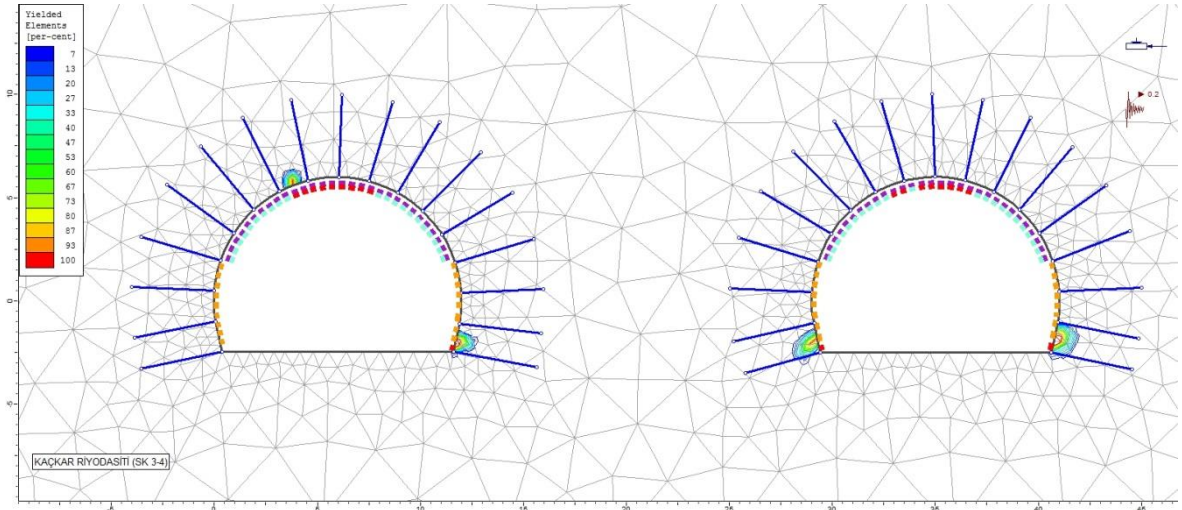
Analizlerin ikinci kısmında ise ilk kısımda uygulanan kaya bulon desteği üzerine hasır, püskürtme beton destekleri uygulanmış olup, maksimum yer değiştirme ve plastik zon kalınlıkları yeniden belirlenmiştir (Şekil 6.21-6.30). Analizlerden ortaya çıkan değerler Tablo 6.5'te verilmiştir.



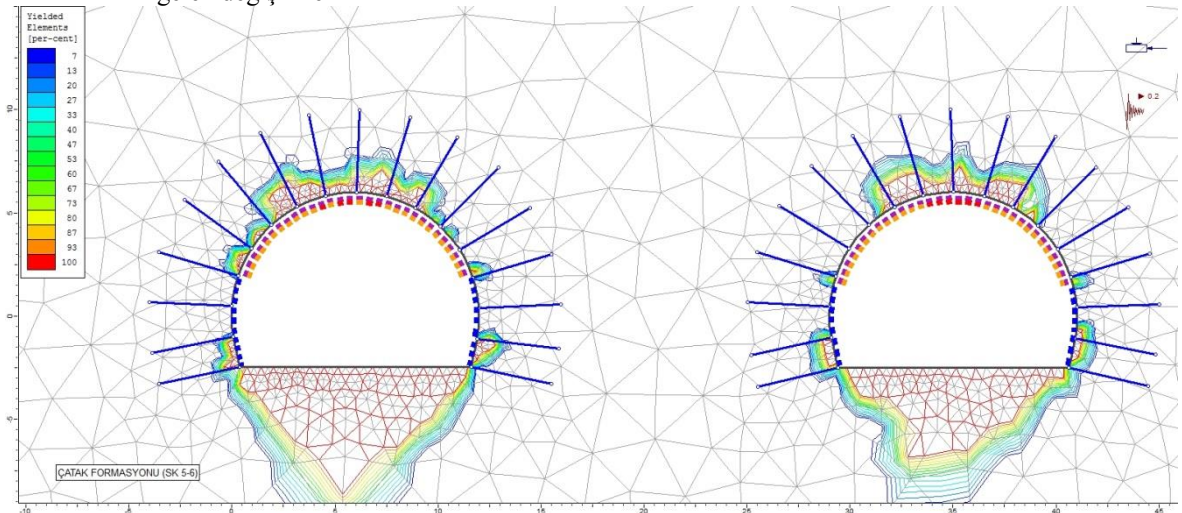
Şekil 6. 21. Esiroğlu Formasyonu için RMR_{89} sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



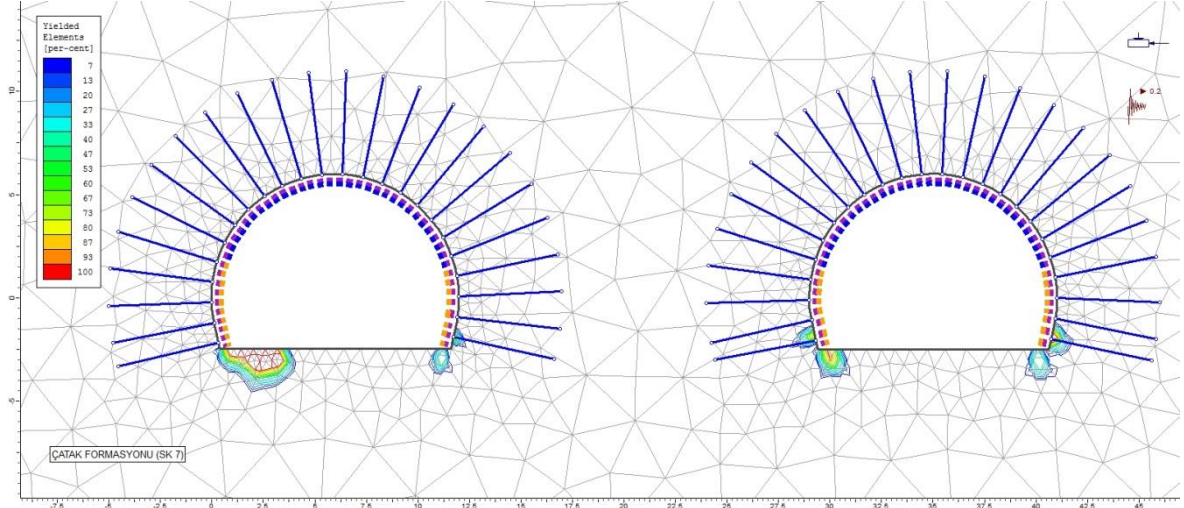
Şekil 6. 22. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



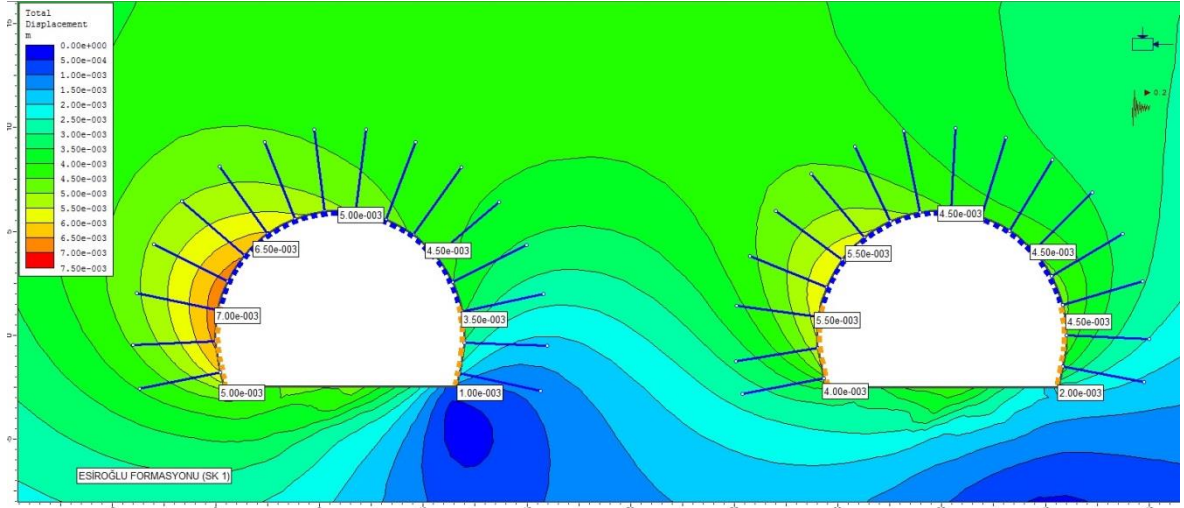
Şekil 6. 23. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



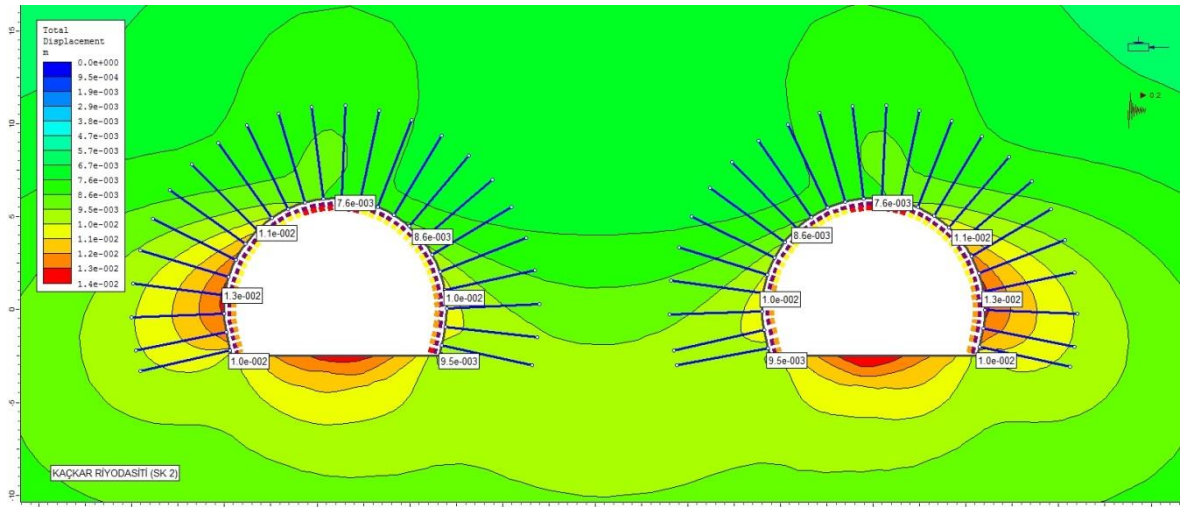
Şekil 6. 24. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



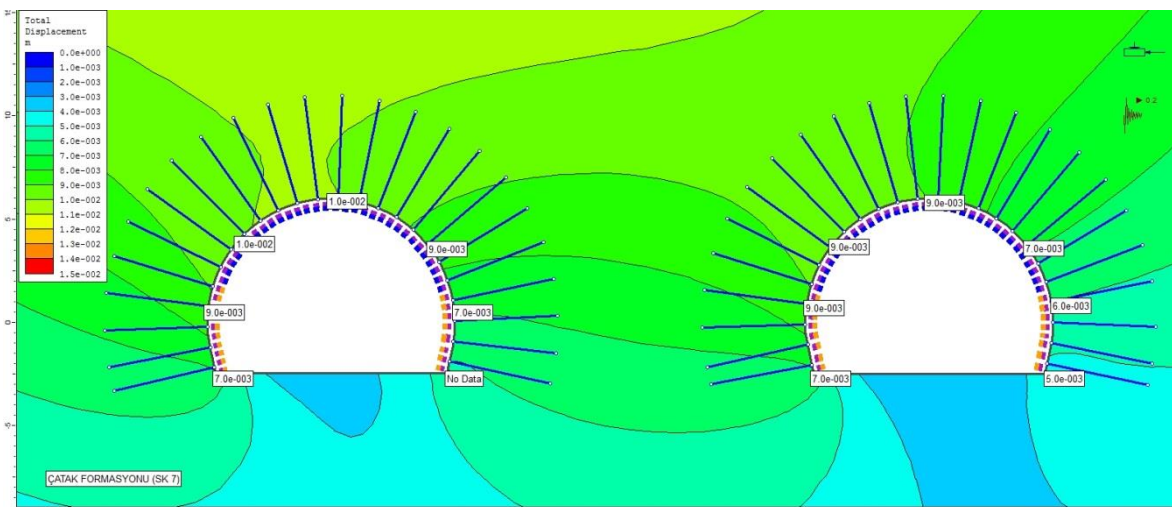
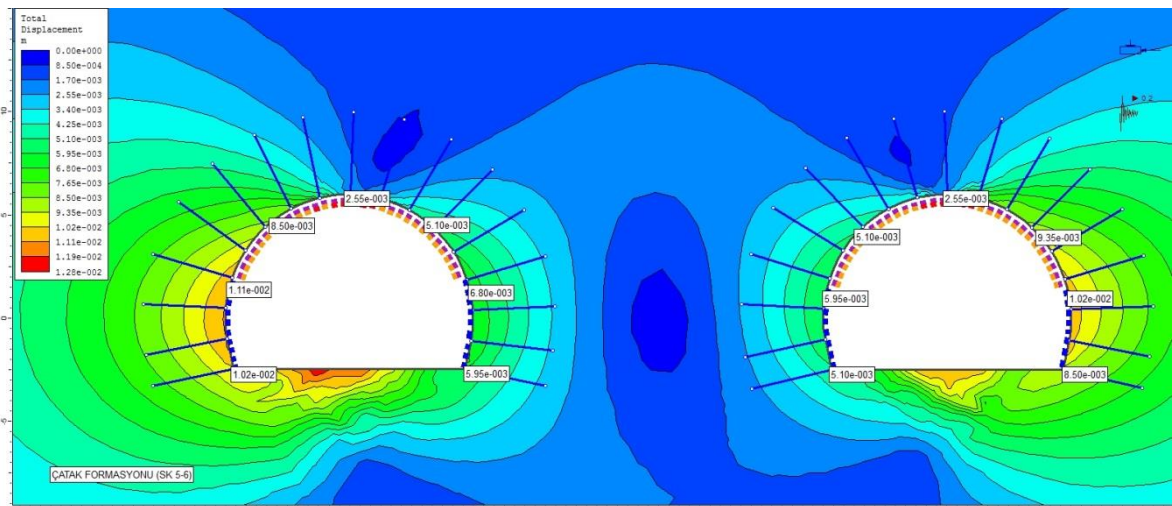
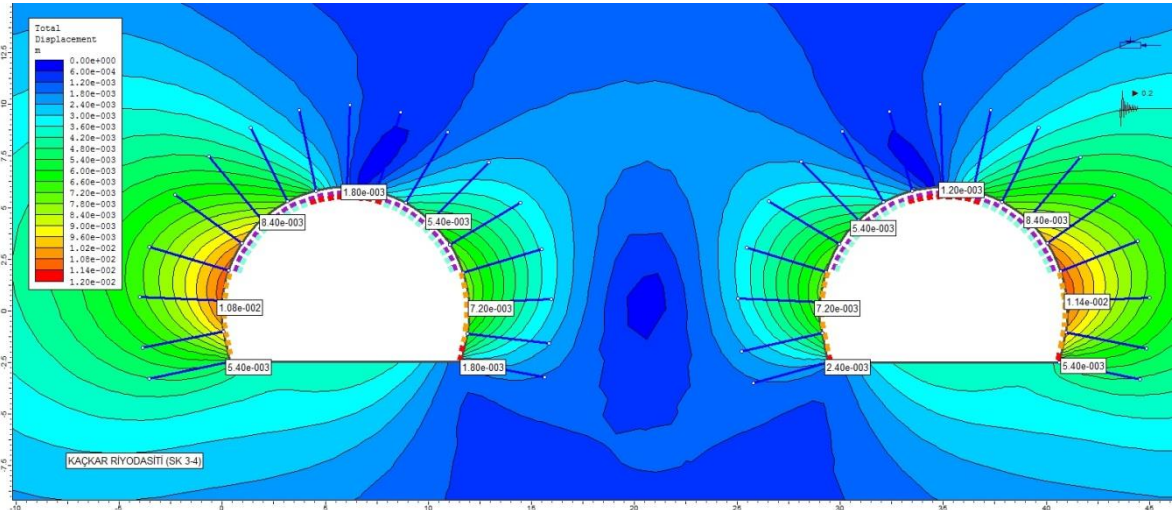
Şekil 6. 25. Çatak Formasyonu (SK 7) için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 26. Esiroğlu Formasyonu için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yerdeğiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 27. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yerdeğiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Tablo 6. 5. RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra elde edilen maksimum yer değiştirme miktarları ile plastik zonun maksimum kalınlıkları

Formasyonlar	Sol Tüp				Sağ Tüp			
	Tavan		Duvar		Tavan		Duvar	
	T _{pl} (m)	U _t (m)	T _{pl} (m)	U _t (m)	T _{pl} (m)	U _t (m)	T _{pl} (m)	U _t (m)
Esiroğlu Formasyonu (SK 1)	0.80	6.30e-03	1.00	6.90e-03	0.00	5.70e-03	1.22	5.70e-03
Kaçkar Riyodasiti (SK 2)	1.06	1.10e-02	1.05	1.30e-02	1.03	1.10e-02	1.04	1.30e-02
Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4)	0.00	1.08e-02	0.00	1.26e-02	0.00	8.10e-03	0.00	9.90e-03
Çatak Formasyonu (SK 5-6)	2.39	8.80e-03	1.17	1.10e-02	3.30	9.35e-03	1.73	1.10e-02
Çatak Formasyonu (SK 7)	0.00	1.00e-02	0.60	9.10e-03	0	9.00e-03	1.12	9.00e-03

T_{pl}: Plastik zonun maksimum kalınlığı
U_t: Maksimum yer değiştirme miktarı

RMR₈₉ sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton birlikte uygulandığı zaman, yenilmelerin sadece kaya bulonu uygulanması sonucunda ortaya çıkan yenilmelere göre azaldığı fark edilmektedir. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme betonun uygulamasından sonra tavan bölgesindeki yenilmelerin tamamen ortadan kalktığı, duvar bölgelerinde ise yenilen elemanların azalarak kaldığı belirlenmiştir. Ayrıca analizlerde hem sol tüp hem de sağ tüpün sağ duvar ayak bölgelerinde püskürtme betonda yenilmeler meydana gelmiştir. Püskürtme betonda yenilmelerin olduğu elemanlar kırmızı renk ile gösterilmiştir (Şekil 6.21). Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için maksimum yer değiştirme miktarı sol tüp için 6.90e-03 m, sağ tüp için ise 5.70e-03 m ve maksimum plastik zon kalınlığının sol tüp için 1.00 m, sağ tüp için 1.22 m olduğu belirlenmiştir.

Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için kaya bulonu çelik hasır ve püskürtme beton uygulaması yapıldıktan sonra ortaya çıkan yenilmeler, sadece kaya bulonu uygulanarak yapılan analizlerdeki yenilmelerle karşılaştırıldığında azaldığı belirlenmiştir. Tünel etrafında oluşan plastik zonun kalınlığının da azalma göze çarpmaktadır. SK 2 bölgesinde yapılan analizlerde yenilme olan bölgelerde değişiklik olmuş, yenilen eleman sayısında azalmalar belirlenmiştir. Analizler incelendiğinde SK 2 bölgesinde her iki tüpün de tepe noktası civarında ve sağ duvarlarının ayak bölgelerinde püskürtme betonda yenilmeler meydana gelmiştir (Şekil 6.22). Analiz sonuçlarına göre sol tüp ve sağ tüp için maksimum yer değiştirme miktarının 1.30e-02 m olduğu, plastik zon kalınlığının ise sol tüp için 1.06 m sağ tüp için ise 1.04 m olduğu belirlenmiştir.

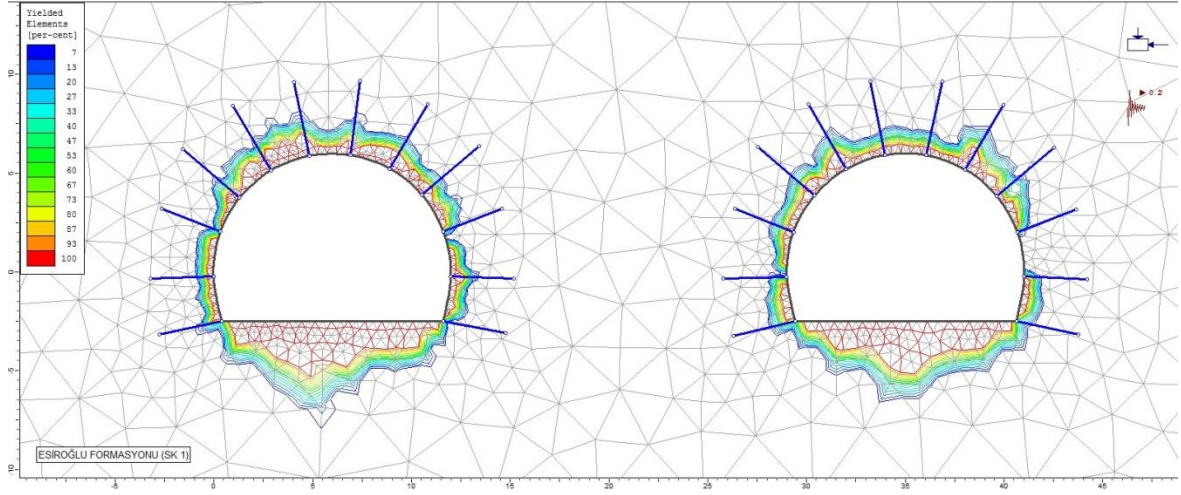
Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) bölgesinde kaya bulonu ile birlikte çelik hasır ve püskürtme beton uygulanmasından sonra, sol tüpün tepe noktasında yeni yenilmelerin geliştiği göze çarpmaktadır. Ayrıca analizler incelendiğinde sol tüpün tepe noktası civarında ve sağ ayak bölgesinde, sağ tüpün tepe noktası civarında, sol ayak ve sağ ayak bölgesinde püskürtme betonda yenilmelerin ortaya çıktığı gözlenmektedir (Şekil 6.23). Analizlerden elde edilen sonuçlara göre bu bölgede maksimum yer değiştirme değerleri, sol tüp için $1.26e-02$ m, sağ tüp için ise $9.90e-03$ m olarak belirlenmiştir. İki tüpte de plastik zon bulunmamaktadır.

Çatak Formasyonu (SK 5-6) bölgesinde kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton uygulandıktan sonra yenilme elemanlarının azalmasına rağmen hala aynı bölgelerde yenilmelerin mevcut olduğu görülmüştür. Tünel etrafında gelişen plastik zonun kalınlığı da azalmıştır. Analizler incelendiğinde hem sol tüp hem de sağ tüpün tepe noktaları civarında püskürtme betonda yenilmelerin oluştuğu göze çarpmaktadır (Şekil 6.24). Sayısal analizler sonucunda sağ tüp ve sol tüpte $1.10e-02$ m'lik bir maksimum yer değiştirme ve sol tüp için 2.39 m, sağ tüp için ise 3.30 m'lik maksimum plastik zon kalınlıkları belirlenmiştir.

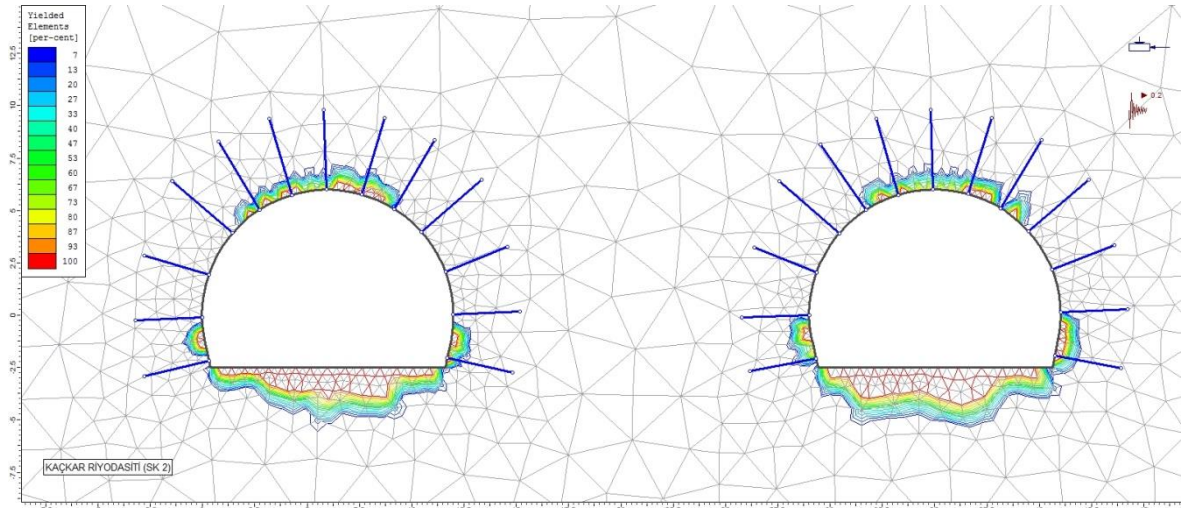
Çatak Formasyonu (SK 7) bölgesi için yapılan sayısal analizlerde ise çelik hasır ve püskürtme beton uygulandıktan sonra, kaya bulonu uygulanmasından sonra durumda azalmış olan yenilmelerin neredeyse tamamen ortadan kalktığı belirlenmiştir. Yenilmeler sol tüpte sadece sağ ayak bölgesinde az sayıda kalmışken, sağ tüpte hem sağ hem de sol ayak bölgesinde kalmıştır. Maksimum yer değiştirme miktarları sol tüp için $1.10e-02$ m, sağ tüp için ise $9.10e-03$ m'dir. Analizler sonucunda sol tüp için 0.60 m'lik sağ tüp için ise 1.12 m'lik maksimum plastik zon kalınlıkları belirlenmiştir.

6.2.2. Q Sınıflama Sisteminden Elde Edilen Destek Sistemlerinin Uygulanması Durumu İçin Yapılan Sayısal Analizler

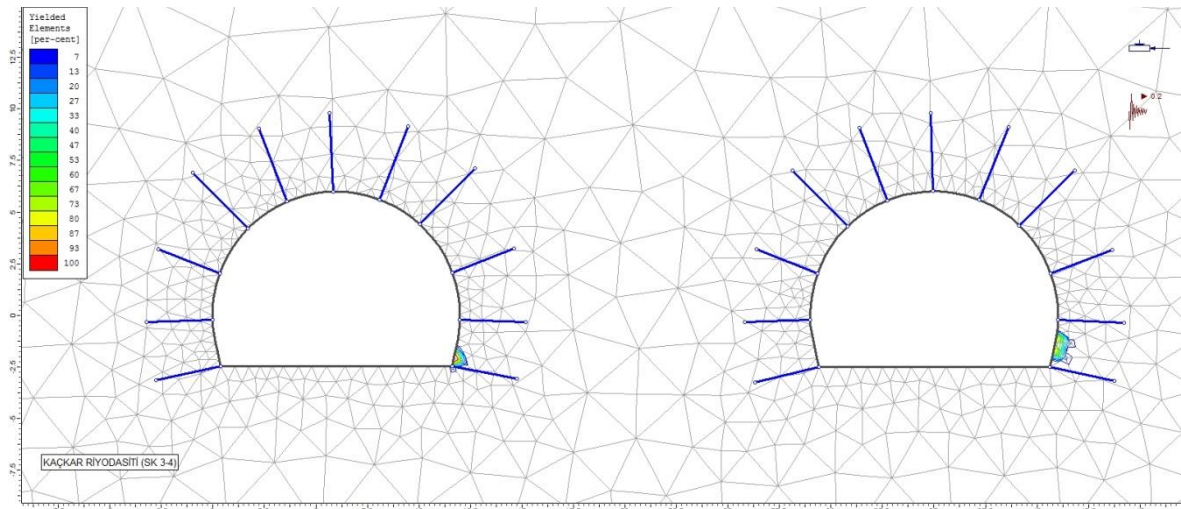
Bu bölümde Q sınıflama sistemi tarafından önerilen destek sistemleri için sayısal analizler yapılmıştır. Analizlerde ilk olarak sadece kaya bulonu uygulanmış, daha sonra ise çelik hasır ve püskürtme beton uygulamaları yapılarak analizler yenilenmiştir. Sadece kaya bulonu uygulamasından sonra gerçekleştirilen sayısal analizlere (Şekil 6.31-6.40) ait sonuçlar Tablo 6.6'da verilmiştir.



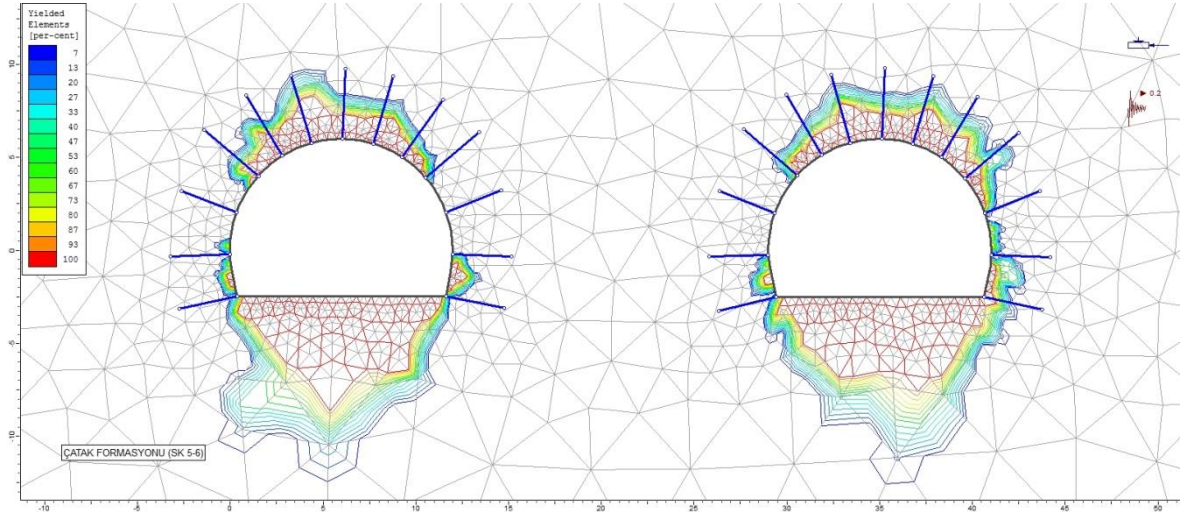
Şekil 6. 31. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



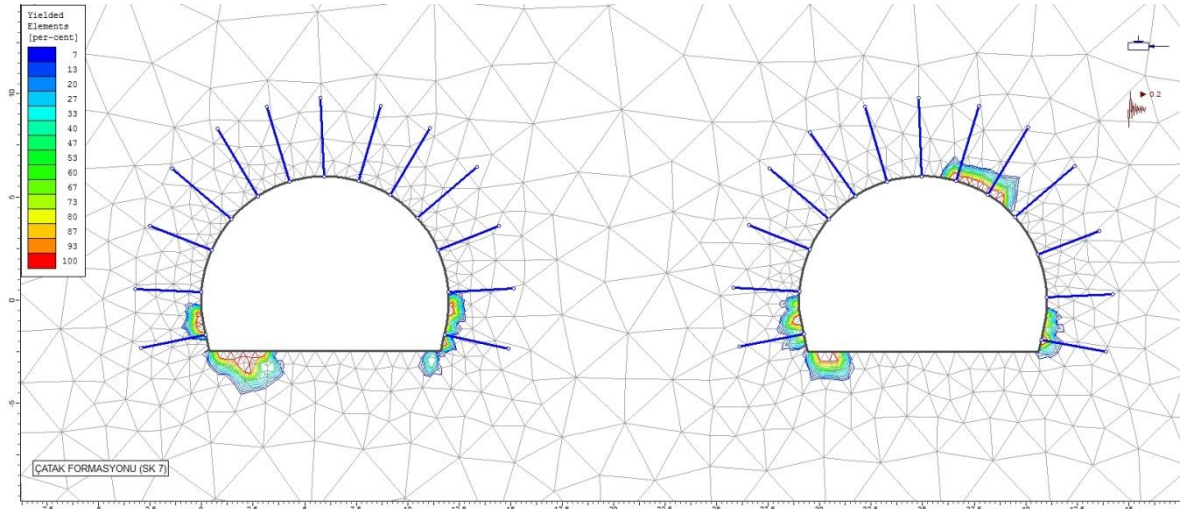
Şekil 6. 32. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



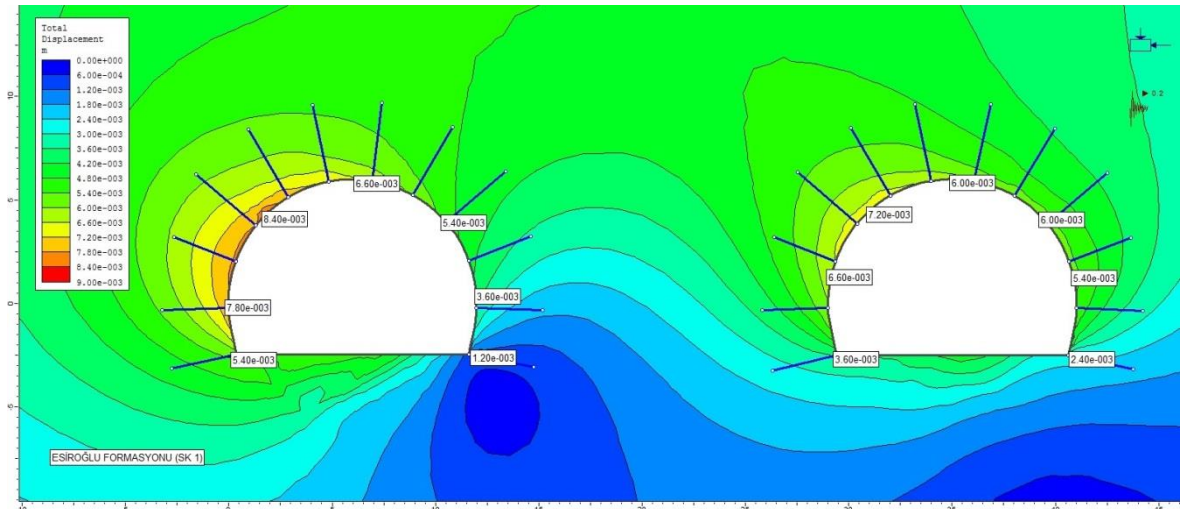
Şekil 6. 33. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



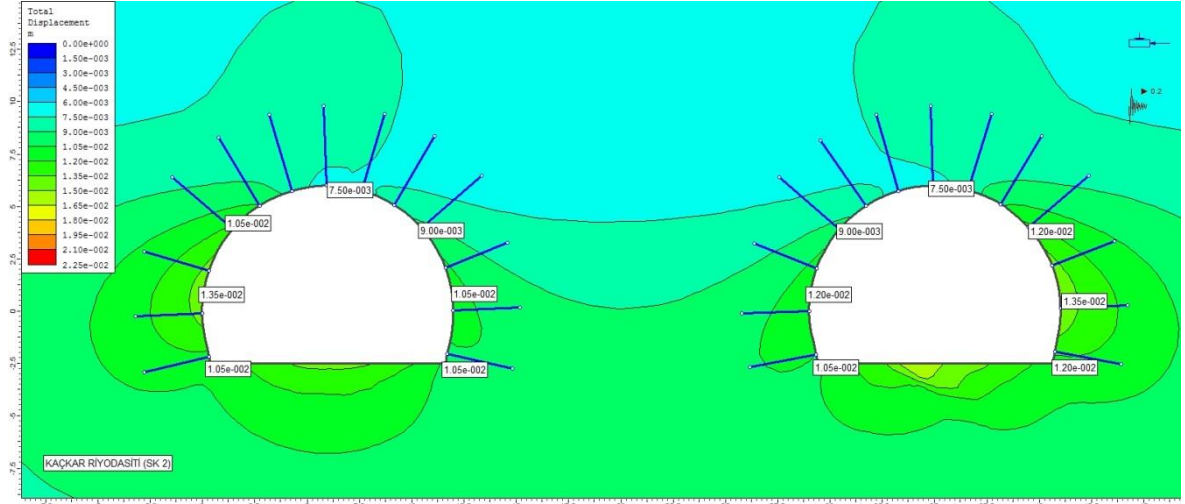
Şekil 6. 34. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



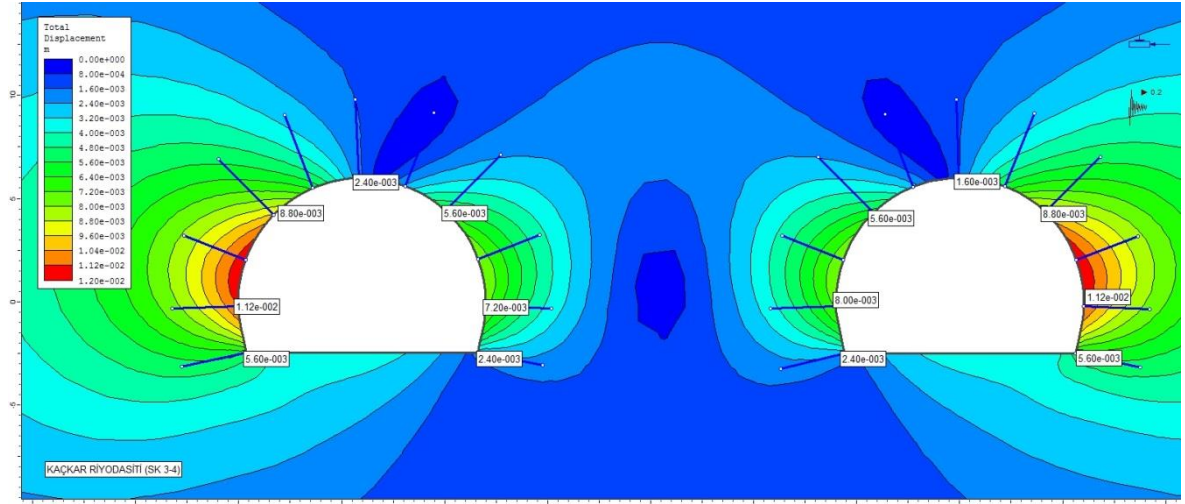
Şekil 6. 35. Çatak Formasyonu (SK 7) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



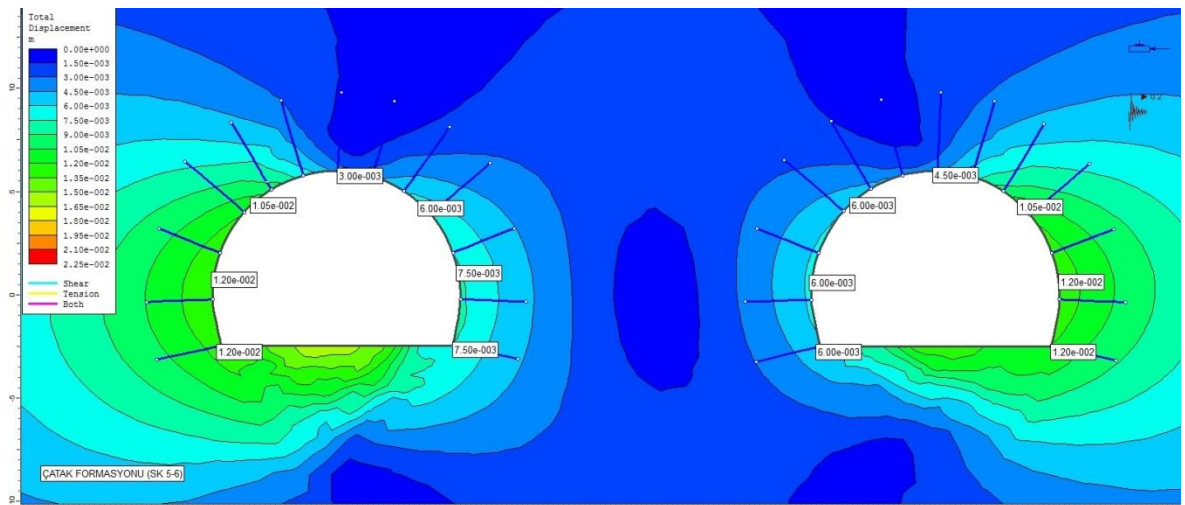
Şekil 6. 36. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



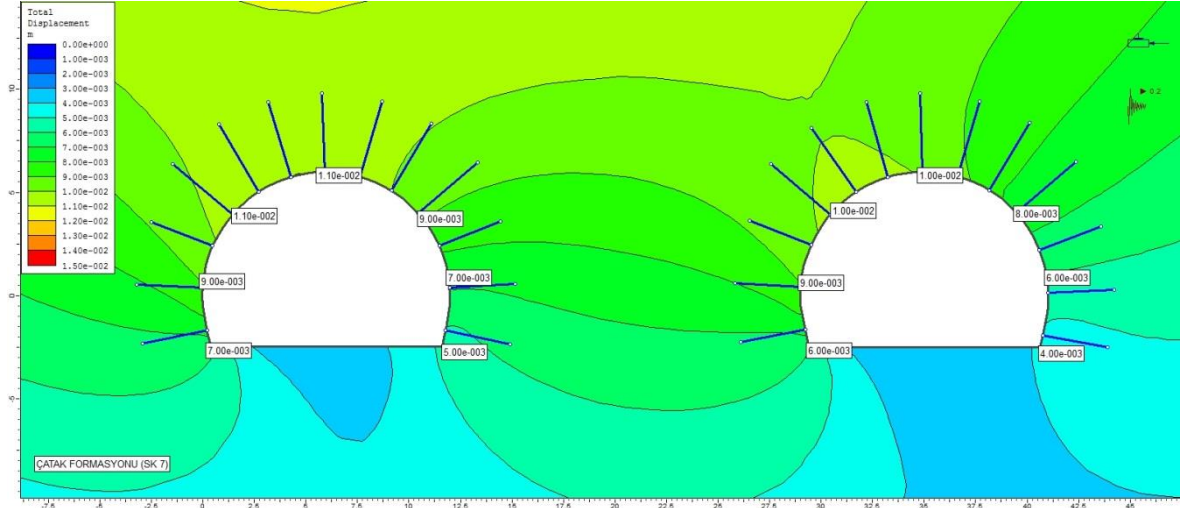
Şekil 6. 37. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 38. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 39. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 40. Çatak Formasyonu (SK 7) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler

Tablo 6. 6. Q sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra maksimum yer değiştirme miktarları ile plastik zonun maksimum kalınlıkları

Formasyonlar	Sol Tüp				Sağ Tüp			
	Tavan		Duvar		Tavan		Duvar	
	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)
Esiroğlu Formasyonu (SK 1)	2.30	8.40e-03	1.44	7.80e-03	2.47	7.20e-03	1.17	6.60e-03
Kaçkar Riyodasiti (SK 2)	1.22	1.05e-02	0.73	1.35e-02	1.29	1.20e-02	1.16	1.35e-02
Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4)	0.00	1.04e-02	0.00	1.33e-02	0.00	1.14e-02	0.00	1.33e-02
Çatak Formasyonu (SK 5-6)	3.93	1.05e-02	1.7	1.20e-02	3.58	1.05e-02	1.24	1.20e-02
Çatak Formasyonu (SK 7)	0.00	1.10e-02	1.06	9.00e-03	1.56	1.00e-02	1.24	9.00e-03

T_{pl} : Plastik zonun maksimum kalınlığı
 U_t : Maksimum yer değiştirme miktarı

Q sınıflama sisteminden elde edilen kaya bulonu uzunlukları ve aralarındaki mesafeler dikkate alınarak yapılan sayısal analizler ve desteksiz duruma göre yapılan sayısal analizler karşılaştırıldığında, Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için yenilen eleman sayısında çok küçük bir azalma meydana geldiği ve sadece sağ tüpte, duvar bölgesinin bir kısmında yenilmelerin ortadan kalktığı görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre kaya bulonu uygulandıktan sonra sol tüp için 2,30 m, sağ tüp için ise 2,47 m'lik maksimum plastik zon kalınlığı ve sol tüp için 8.40e-03 m, sağ tüp için ise 7.20e-03 m'lik maksimum yer değiştirmeler belirlenmiştir.

Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için yapılan sayısal analizlere göre, meydana gelen yenilmelerin desteksiz durumda meydana gelen yenilmeler ile aynı bölgelerde tekrar ettiği

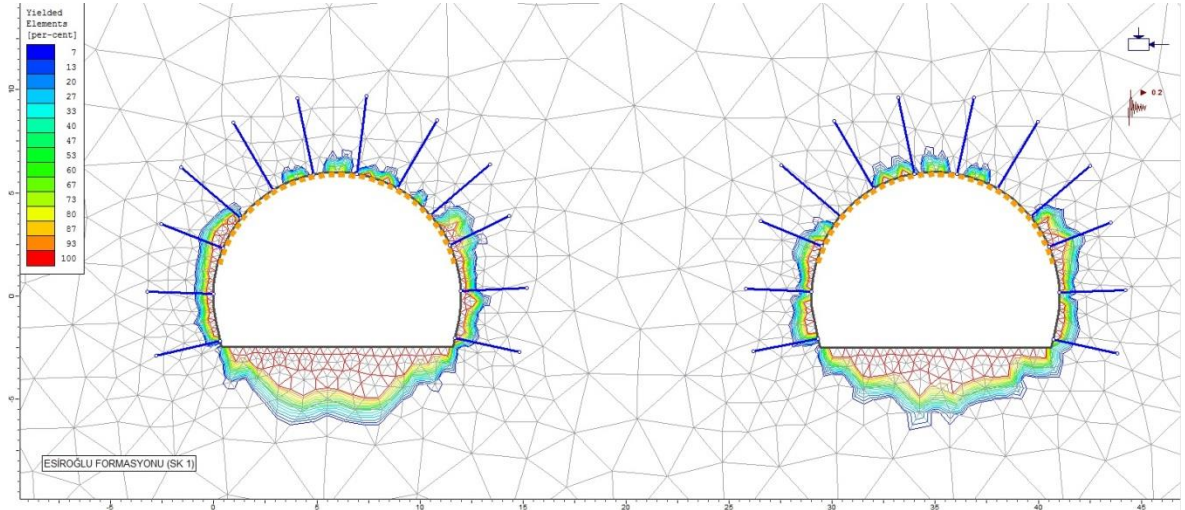
görülmektedir. Plastik zonun maksimum kalınlıkları sol tüp için 1.22 m, sağ tüp için ise 1.29 m, maksimum yer değiştirme değerlerinin ise iki tüp için de 1.35×10^{-2} m olduğu belirlenmiştir.

Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için yapılan analizler incelendiğinde kaya bulonu uygulanması ile sol tüpün sol duvarında ve sağ tüpün sağ duvarında yenilen eleman sayısında artışlar belirlenmiştir. Tünelin tavan bölgesinde ise yenilen eleman sayısında bir değişiklik söz konusu olmamıştır. Sayısal analizlerden, her iki tüp içinde plastik zonun bulunmadığı ve maksimum yer değiştirme miktarları ise iki tüp için de 1.33×10^{-2} m olarak belirlenmiştir.

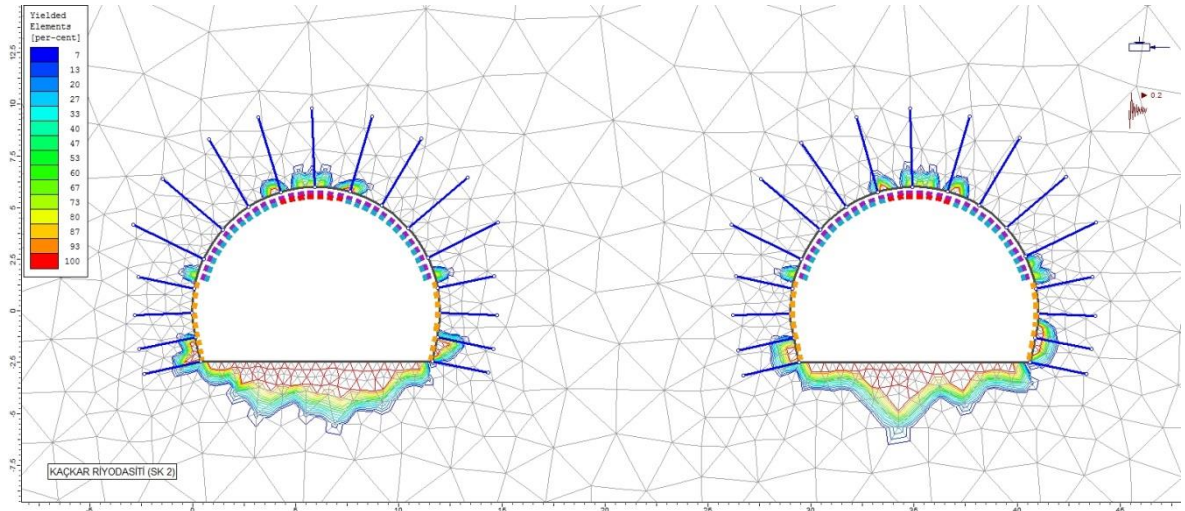
Çatak Formasyonu (SK 5-6)'nunda kaya bulon uygulanmasından sonra desteksiz durumda yenilmelerin meydana geldiği bölgeler ile benzer bölgelerde yenilmeler ortaya çıkmasına rağmen, yenilen eleman sayısı desteksiz duruma göre oldukça azalmıştır. Plastik zonun maksimum kalınlıkları sol tüp için 3.93 m, sağ tüp için 3.58 m, maksimum yer değiştirme değerleri ise her iki tüp için 1.20×10^{-2} m olarak belirlenmiştir.

Çatak Formasyonu (SK 7) bölgesinde bulon uygulaması yapıldıktan sonra ortaya çıkan veriler desteksiz durumda yapılan analizlerden elde edilen veriler ile karşılaştırıldığında, bulon uygulandıktan sonra yenilen eleman sayılarında azalma olurken yenilen bölgelerde herhangi bir değişimin söz konusu olmadığı görülmüştür. Sol tüpün sağ ve sol duvarlarındaki yenilmelerden geriye sadece ayak bölgelerindeki yenilmeler kalmıştır. Sağ tüp incelendiğinde ise tavan bölgesinde desteksiz durumda yenilen bölgenin yaklaşık yarısı kadar olan bir bölgede yenilmeler ortadan kalkmıştır. Analizlerden elde edilen verilere göre plastik zonun maksimum kalınlıkları sol tüp için 1.06 m, sağ tüp için 1.56 m, maksimum yer değiştirmeler ise sol tüp için 1.10×10^{-2} m, sağ tüp için ise 1.00×10^{-2} m olarak belirlenmiştir.

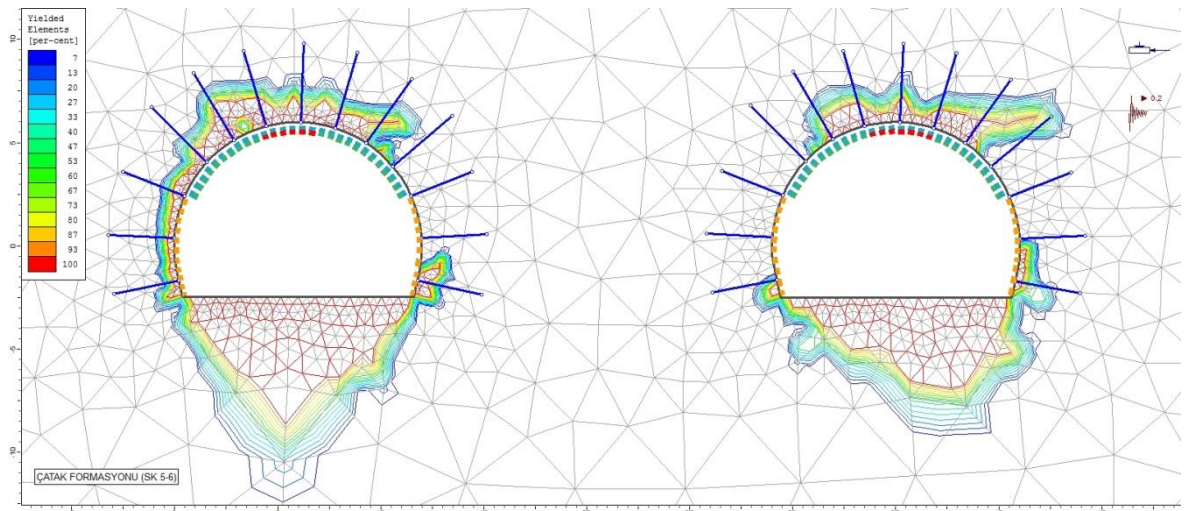
Sayısal analizler, kaya bulonuna ek olarak çelik hasır ve püskürtme beton destekleri de uygulanarak yeniden yapılmış ve maksimum yer değiştirme ile plastik zonun maksimum kalınlıkları belirlenmiştir (Şekil 6.41-6.48). Analizlerden ortaya çıkan değerler Tablo 6.7'de verilmiştir.



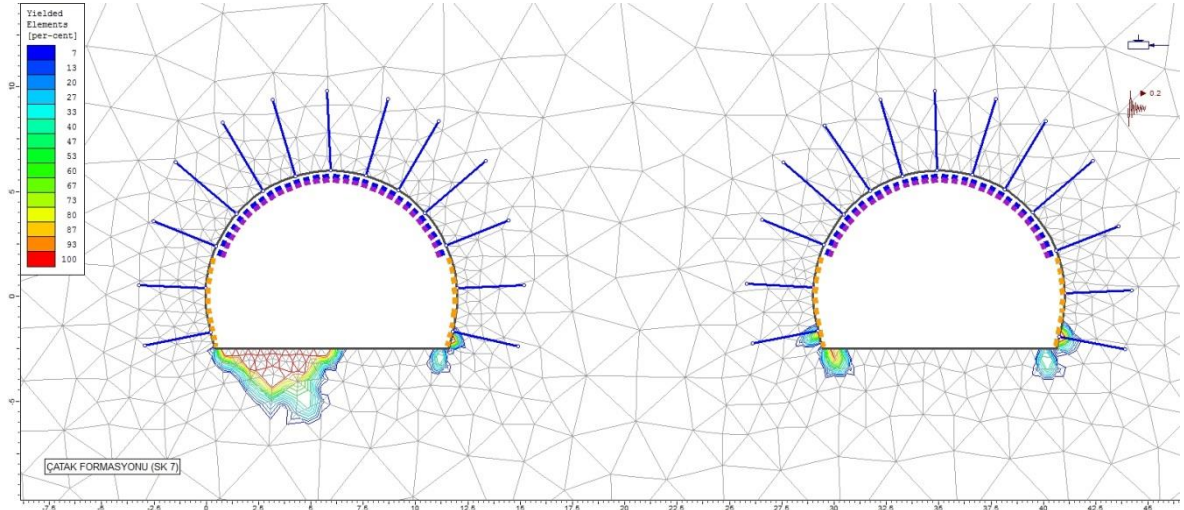
Şekil 6. 41. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



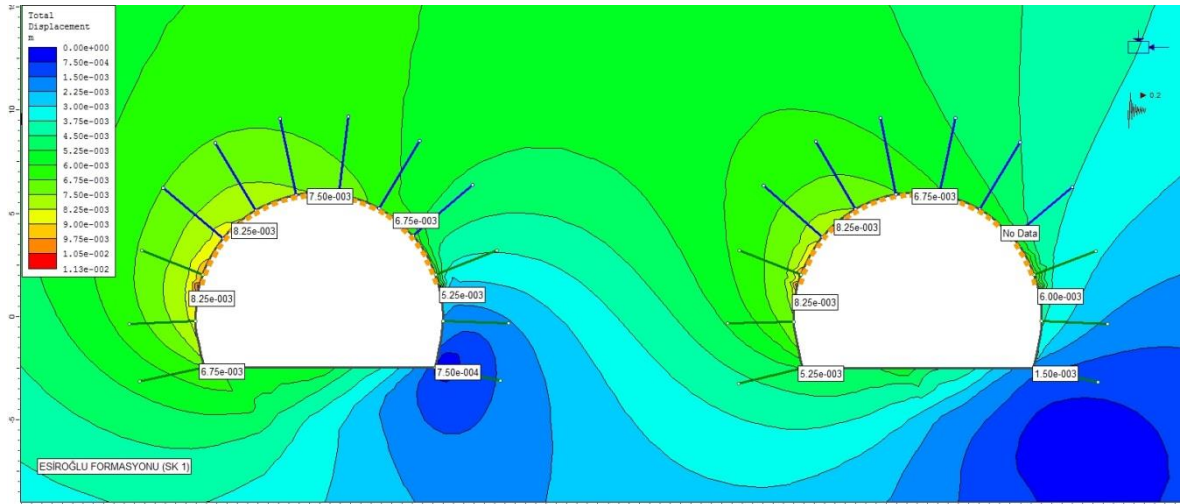
Şekil 6. 42. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



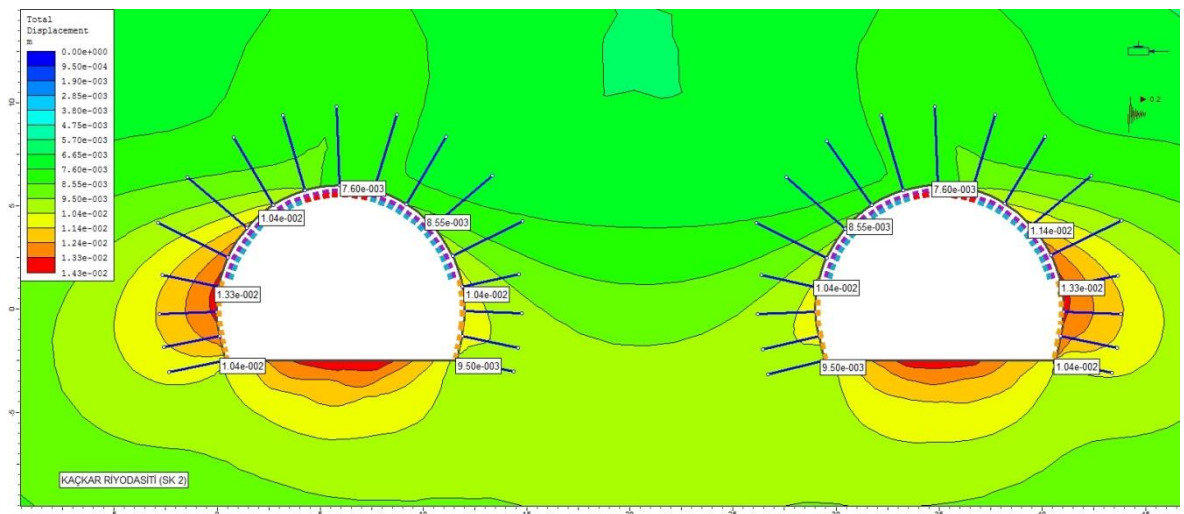
Şekil 6. 43. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



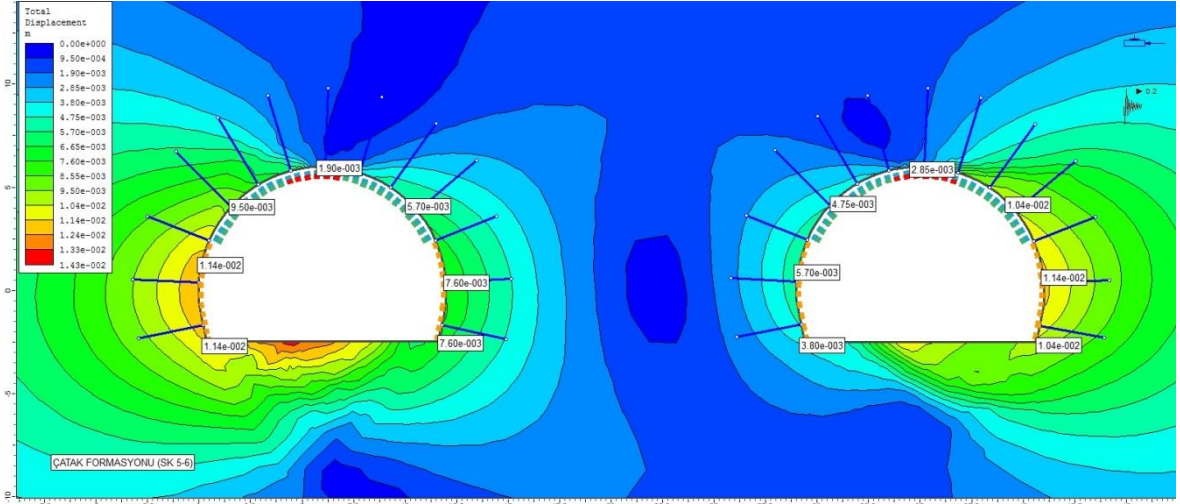
Şekil 6. 44. Çatak Formasyonu (SK 7) için Q sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



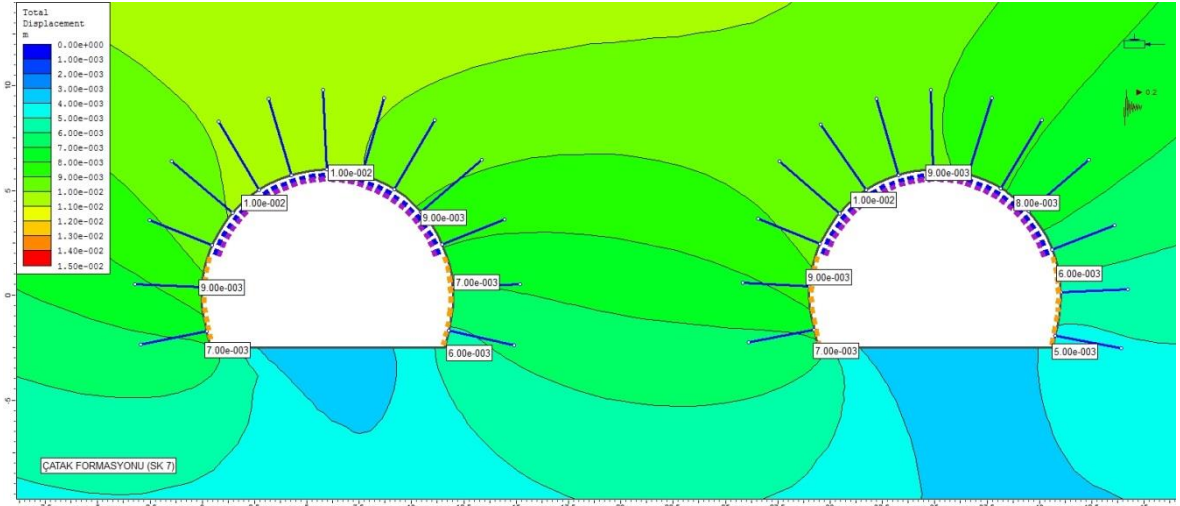
Şekil 6. 45. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için Q sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 46. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için Q sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 47. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 48. Çatak Formasyonu (SK 7) için Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler

Tablo 6. 7. Q sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra elde edilen maksimum yer değiştirme miktarları ile plastik zonun maksimum kalınlıkları

Formasyonlar	Sol Tüp				Sağ Tüp			
	Tavan		Duvar		Tavan		Duvar	
	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)
Esiroğlu Formasyonu (SK 1)	1.81	7.20e-03	1.06	7.20e-03	1.76	6.60e-03	1.15	6.00e-03
Kaçkar Riyodasiti (SK 2)	1.11	1.04e-02	1.33	1.33e-02	1.25	1.14e-02	1.16	1.33e-02
Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4)	Q sistemine göre destek önerilerinde püskürtme beton yoktur.							
Çatak Formasyonu (SK 5-6)	3.05	9.50e-03	1.70	1.14e-02	4.22	1.04e-02	0.91	1.14e-02
Çatak Formasyonu (SK 7)	0.00	1.00e-02	0.71	9.00e-03	0.00	1.00e-02	1.04	9.00e-03

T_{pl} : Plastik zonun maksimum kalınlığı

U_t : Maksimum yer değiştirme miktarı

Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için sadece kaya bulonu uygulanarak yapılan sayısal analiz sonuçları, kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton uygulanarak yapılan sayısal analizlerden ortaya çıkan sonuçlar ile karşılaştırıldığında, tünel tavanında meydana gelen yenilmelerin azaldığı ve duvarlarda meydana gelen yenilmelerde ise bir değişimin olmadığı belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre sol tüp için plastik zonun maksimum kalınlığı 1.81 m, sağ tüp için ise 1.76 m'dir. Maksimum yer değiştirme miktarı ise sol tüp için 7.20×10^{-3} m, sağ tüp için ise 6.60×10^{-3} m olarak belirlenmiştir.

Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için yapılan sayısal analizler, tünelin tavan bölgesindeki yenilmelerin sadece kaya bulonu uygulanmasına göre azaldığını göstermektedir. Ancak tünelin tavan bölgesinde püskürtme betonda yenilmelerin olduğu göze çarpmaktadır. Sol tüp için plastik zonun maksimum kalınlığı 1.33 m, sağ tüp için ise 1.25 m olup, maksimum yer değiştirme miktarları ise iki tüp için de 1.33×10^{-2} m'dir.

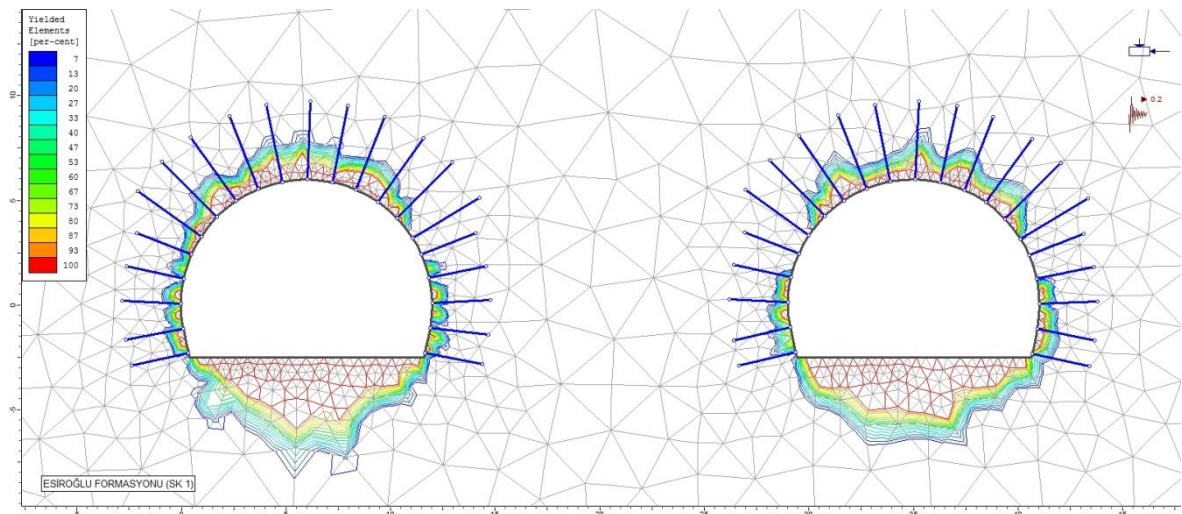
Q sisteminin önerdiği destek sistem kategorisinde Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için sadece bulonlama önerildiği için SK 3-4 bölgesi için hasır ve püskürtme beton için sayısal analizler yapılmamıştır.

Çatak Formasyonu (SK 5-6) bölgesinde yapılan sayısal analizler, kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton uygulandıktan sonra yenilmelerin meydana geldiği bölgelerin, sadece kaya bulonu uygulanması durumunda meydana gelen yenilme bölgelerinden farklı olduğunu göstermiştir. Sayısal analizlere göre sol tüpün sol duvar bölgesinde yeni yenilemeler ortaya çıkarken, tavan bölgesinde yenilen eleman sayısının azaldığı görülmektedir. Sağ tüp için ise sağ duvar bölgesinde bir kısım yenilmelerin ortadan kalktığı belirlenmiştir. Ancak analizlere bakıldığında tünelin her iki tüpünün tavan noktalarında püskürtme betonda yenilmelerin meydana geldiği gözlemlenmektedir. Bu bölgede plastik zon maksimum kalınlıkları sol tüp için 3.05 m, sağ tüp için ise 4.22 m, maksimum yer değiştirme değerleri ise her iki tüp için 1.14×10^{-2} m olduğu belirlenmiştir.

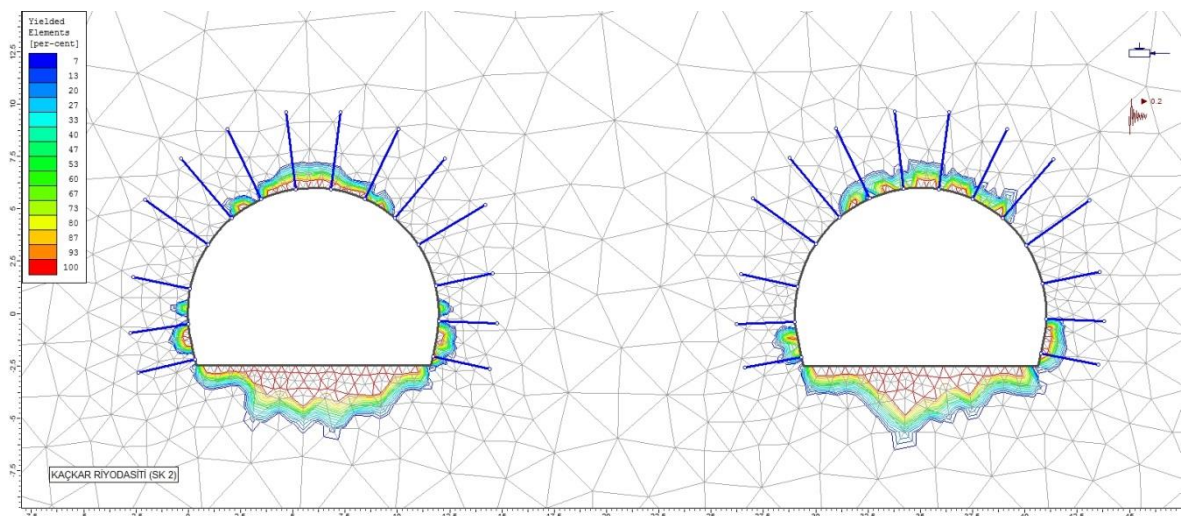
Çatak Formasyonu (SK 7) için yapılan sayısal analizlerden, kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton uygulamalarından sonra sol tüpün sağ duvar ayak bölgesindeki yenilmeden başka bütün yenilmelerin ortadan kalktığı görülmüş olup, sağ tüp için ise sadece sağ ve sol duvarların ayak bölgelerinde küçük yenilmelerin kaldığı belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre plastik zonun maksimum kalınlıkları sol tüp için 0.71 m, sağ tüp için ise 1.04 m olup, maksimum yer değiştirme miktarı iki tüp içinde 1.00×10^{-2} m olarak belirlenmiştir.

6.2.3. RMi Sınıflama Sisteminden Elde Edilen Destek Sistemleri için Yapılan Sayısal Analizler

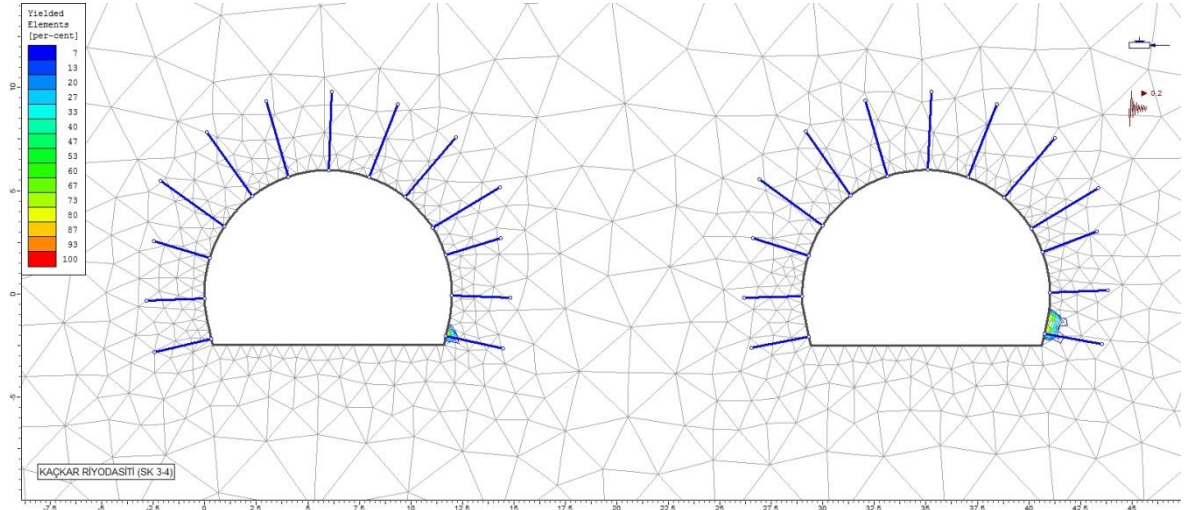
Bu bölümde RMi sınıflama sistemi tarafından önerilen destek sistemleri için sayısal analizler yapılmıştır. Diğer sayısal analizlerde olduğu gibi ilk olarak sadece kaya bulonu uygulanarak daha sonra da kaya bulonuna ek olarak çelik hasır ve püskürtme beton destekleri uygulanarak sayısal analizler yapılmıştır (Şekil 6.49-6.58). Sayısal analizlere ait sonuçlar ise Tablo 6.8’de verilmiştir.



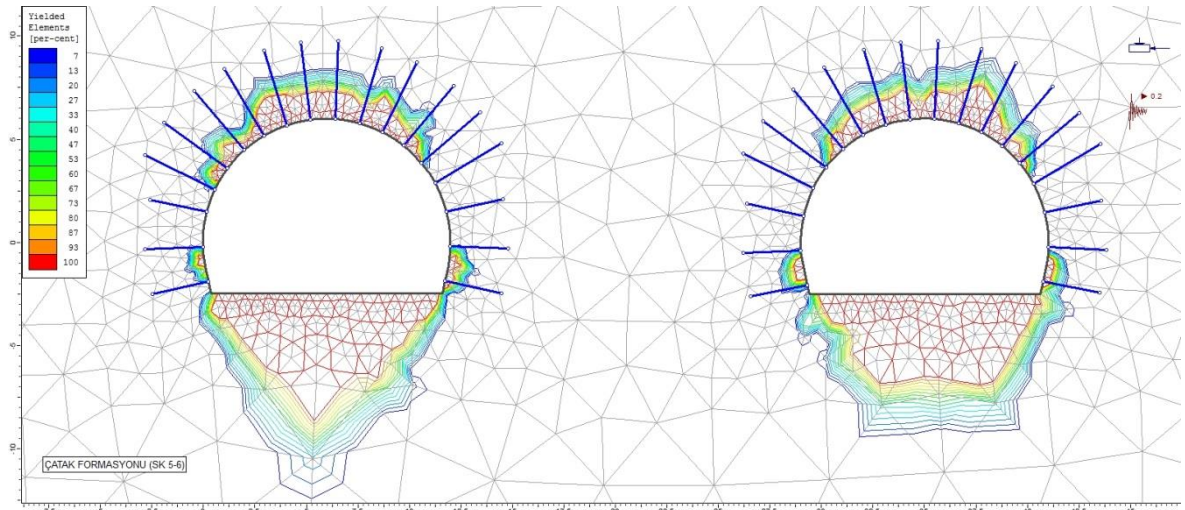
Şekil 6. 49. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



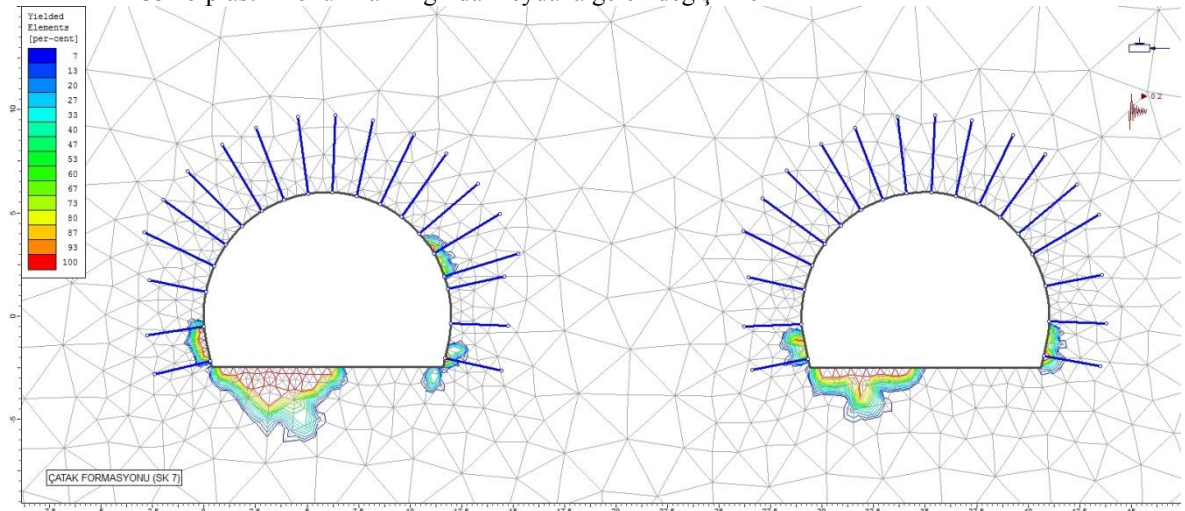
Şekil 6. 50. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



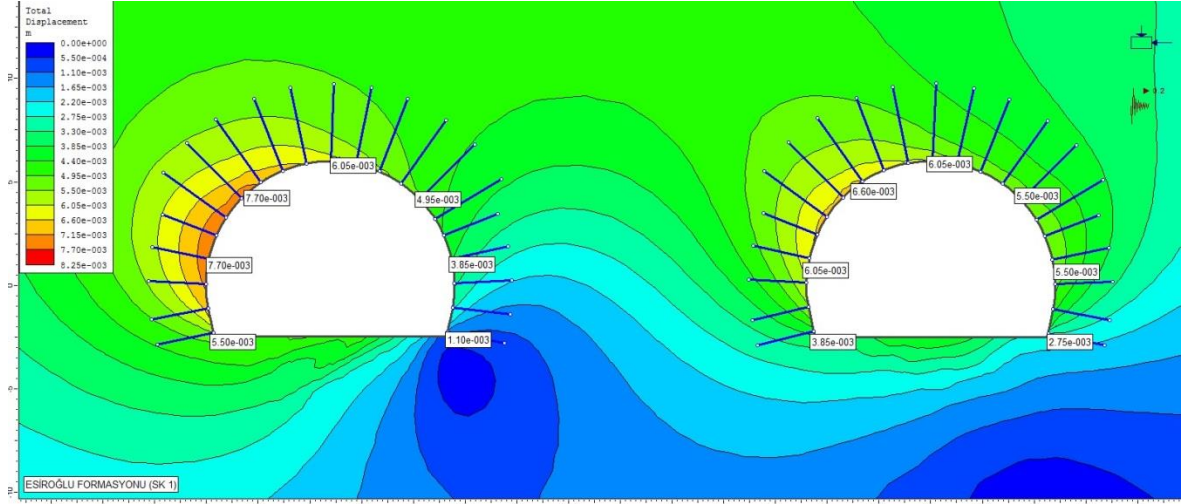
Şekil 6. 51. Kaçkar Riyodası (SK 3-4) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



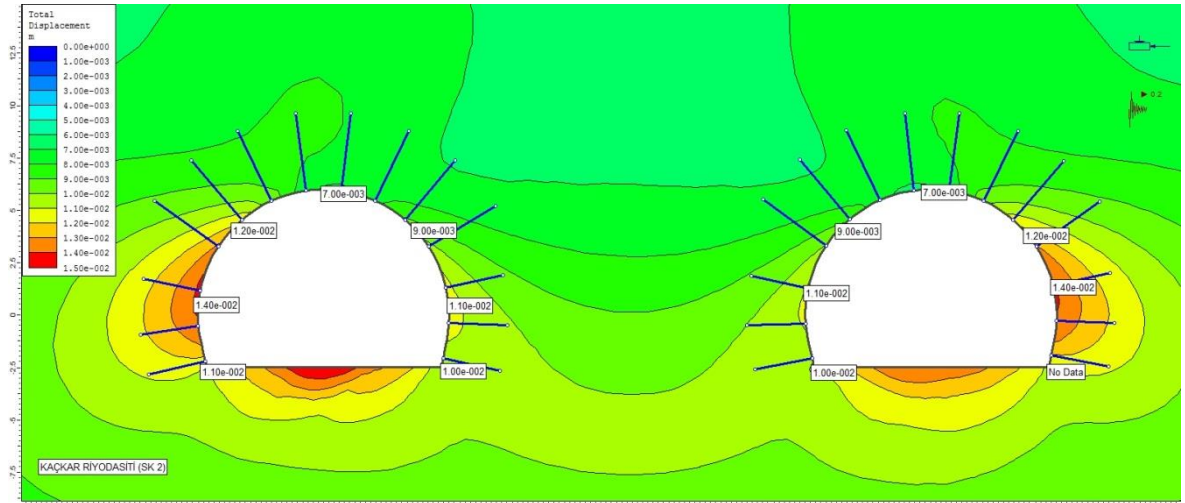
Şekil 6. 52. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



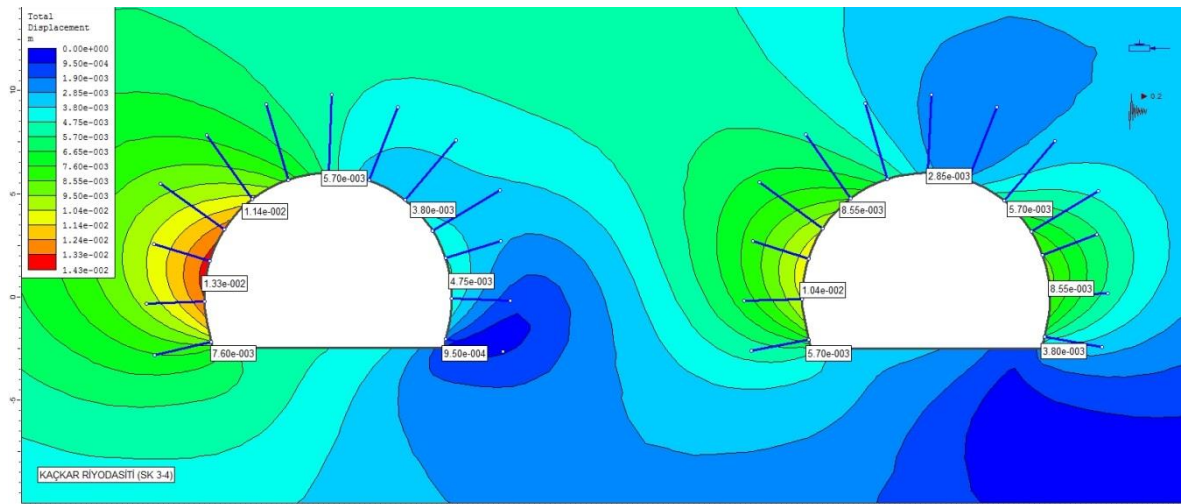
Şekil 6. 53. Çatak Formasyonu (SK 7) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



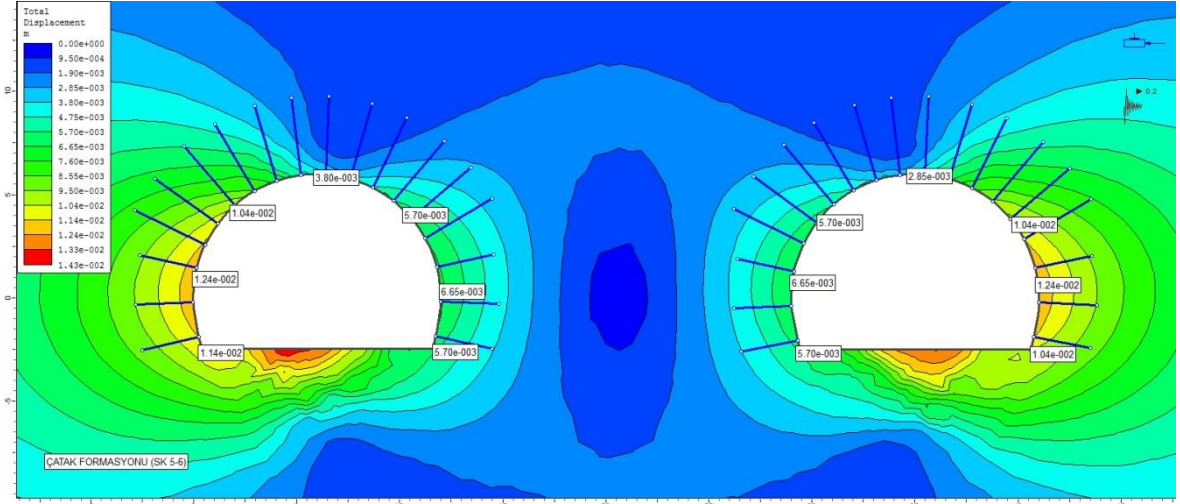
Şekil 6. 54. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



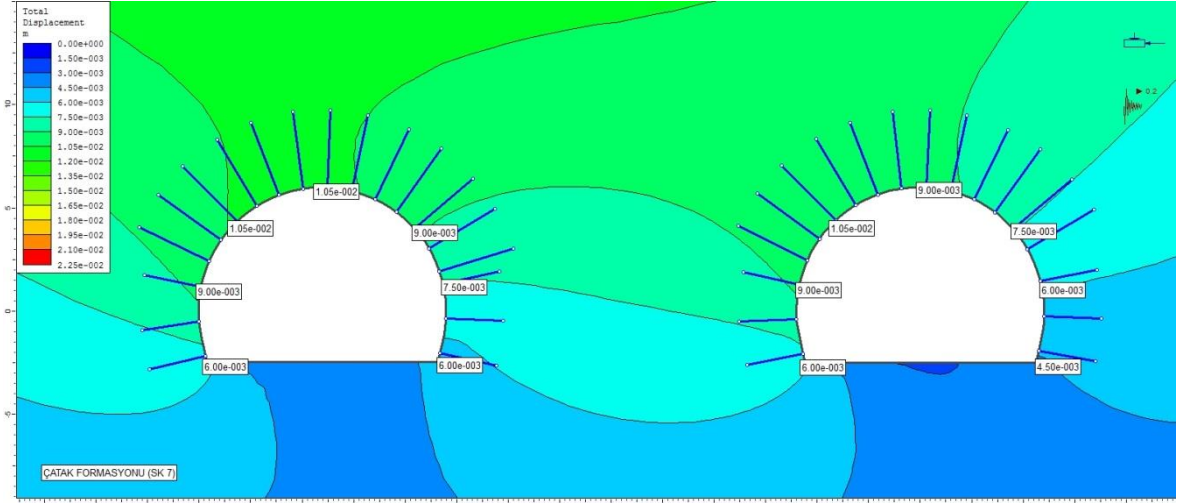
Şekil 6. 55. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 56. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 57. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 58. Çatak Formasyonu (SK 7) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonlarının uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler

Tablo 6. 8. RMi sistemine göre kaya bulonu uygulanması ile elde edilen maksimum yer değiştirme miktarları ile plastik zonun maksimum kalınlıkları

Formasyonlar	Sol Tüp				Sağ Tüp			
	Tavan		Duvar		Tavan		Duvar	
	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)
Esiroğlu Formasyonu (SK 1)	1.72	7.70e-03	1.04	7.70e-03	2.45	6.60e-03	1.27	6.05e-03
Kaçkar Riyodasiti (SK 2)	1.25	1.20e-02	1.07	1.40e-02	1.38	1.20e-02	1.23	1.40e-02
Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4)	0.00	1.14e-02	0.74	1.33e-02	0.00	8.55e-03	0.00	1.14e-02
Çatak Formasyonu (SK 5-6)	2.72	1.04e-02	1.61	1.24e-02	3.57	1.04e-02	1.27	1.24e-02
Çatak Formasyonu (SK 7)	0.85	1.05e-02	1.09	9.00e-03	0	1.05e-02	1.18	9.00e-03

T_{pl} : Plastik zonun maksimum kalınlığı

U_t : Maksimum yer değiştirme miktarı

Kaya bulonu uygulanmasından sonra yapılan sayısal analizler, desteksiz durumda yapılan analizlerle karşılaştırıldığında Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için sol tüpün sol omuz bölgesinin belirli bir kısımdaki yenilmelerin ortadan kalkmış olduğu, sağ tüpün ise hem sol hem de sağ omuz bölgesinde belirli bir alanda yenilmelerin ortadan kalktığı göze çarpmaktadır. Diğer bölgelerde ise yenilen elemanlar neredeyse aynı olarak kalmıştır. Analiz verilerine göre; sol tüp için plastik zon maksimum kalınlığı 1.72 m iken, sağ tüp için 2.45 m olarak belirlenmiştir. Maksimum yer değiştirme değerleri ise sol tüp için 7.70×10^{-3} m iken, sağ tüp için bu değer 6.60×10^{-3} m olarak belirlenmiştir.

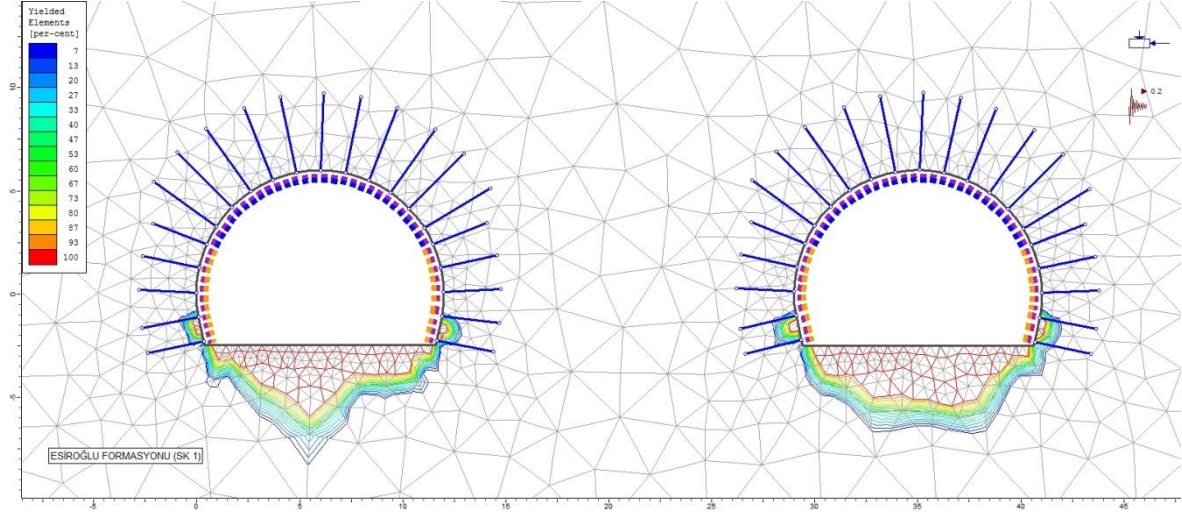
Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için yapılan sayısal analizlere göre tavan bölgesinde yenilen eleman sayısındaki azalma desteksiz duruma göre çok fazla değildir. Sadece tavan ve duvarlarda kaya bulonu uygulanan kısımlarda yenilmelerde küçük bir miktar azalma meydana gelmiştir. Sol tüp için plastik zon maksimum kalınlığı 1.25 m, sağ tüp için ise 1.38 m, maksimum yer değiştirme değerleri ise hem sol hem de sağ tüp için 1.40×10^{-2} m olarak belirlenmiştir.

Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için yapılan analiz sonuçları desteksiz durumla karşılaştırıldığında, yenilmenin meydana geldiği bölgelerde hiçbir değişikliğin olmadığı görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre iki tüp için plastik zon bulunmazken, maksimum yer değiştirme değeri ise sol tüp için 1.33×10^{-2} m iken sağ tüp için ise 1.14×10^{-2} m olarak belirlenmiştir.

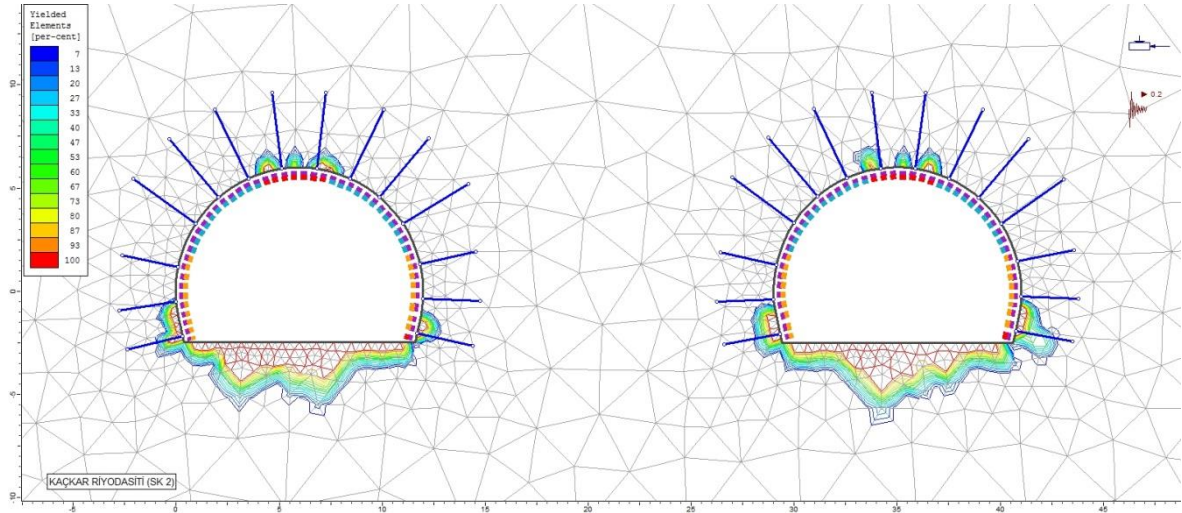
Çatak Formasyonu (SK 5-6) için yapılan analizlere göre tünelin tavan bölgesinde yenilen eleman sayısında azalma ve dolayısıyla da tünelin tavan bölgesindeki plastik zon kalınlığında da belirli bir azalma meydana gelmiştir. Yenilmelerin gerçekleştiği alanlar desteksiz durumda yenilmelerin meydana geldiği alanlar ile benzerdir. Plastik zonun maksimum kalınlığı sol tüp için 2.72 m, sağ tüp için ise 3.57 m, maksimum yer değiştirme değerleri ise her iki tüp için de 1.24×10^{-2} m'dir.

Çatak Formasyonu (SK 7) için yapılan sayısal analizler sol tüpün hem sağ hem de sol duvar bölgelerindeki yenilmelerde desteksiz duruma göre ciddi anlamda azalmalar meydana geldiğini göstermektedir. Sağ tüp incelendiğinde ise tavan bölgesindeki yenilmelerin bulonlama uygulaması ile tamamen ortadan kalktığı belirlenmiştir. Analizlerden ortaya çıkan sonuçlara göre plastik zon maksimum kalınlığı sol tüp için 1.09 m, sağ tüp için ise 1.18 m, maksimum yer değiştirme miktarları ise her iki tüp için 1.05×10^{-2} m olarak belirlenmiştir.

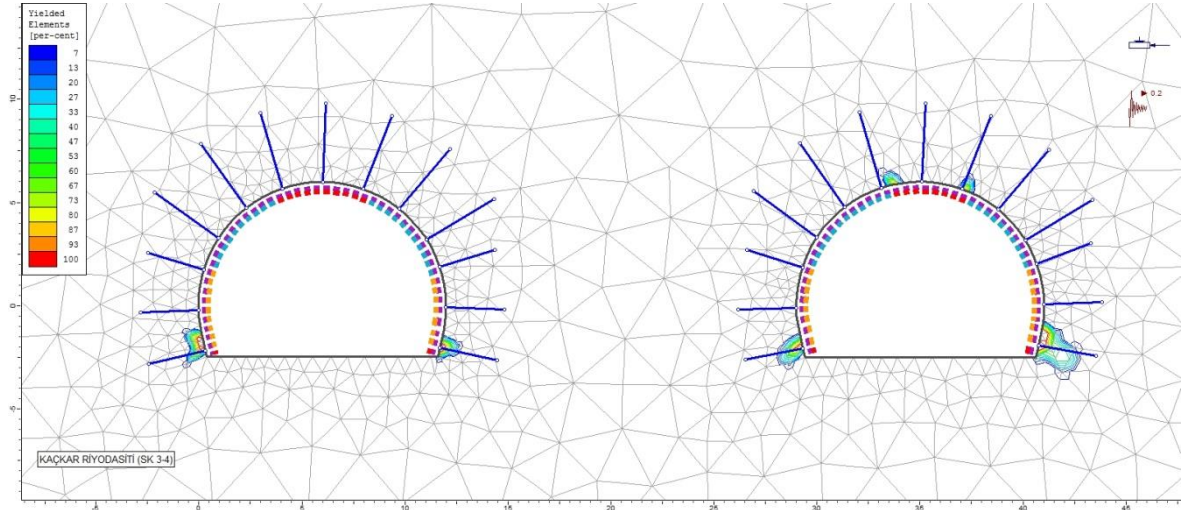
Analizlerin ikinci aşamasında ise kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton uygulaması birlikte uygulanarak plastik zon kalınlığı ve yer değiştirmelerde meydana gelen değişimler incelenmiştir (Şekil 6.59-6.68). Bu analizlerin sonuçları ise Tablo 6.9'da verilmiştir.



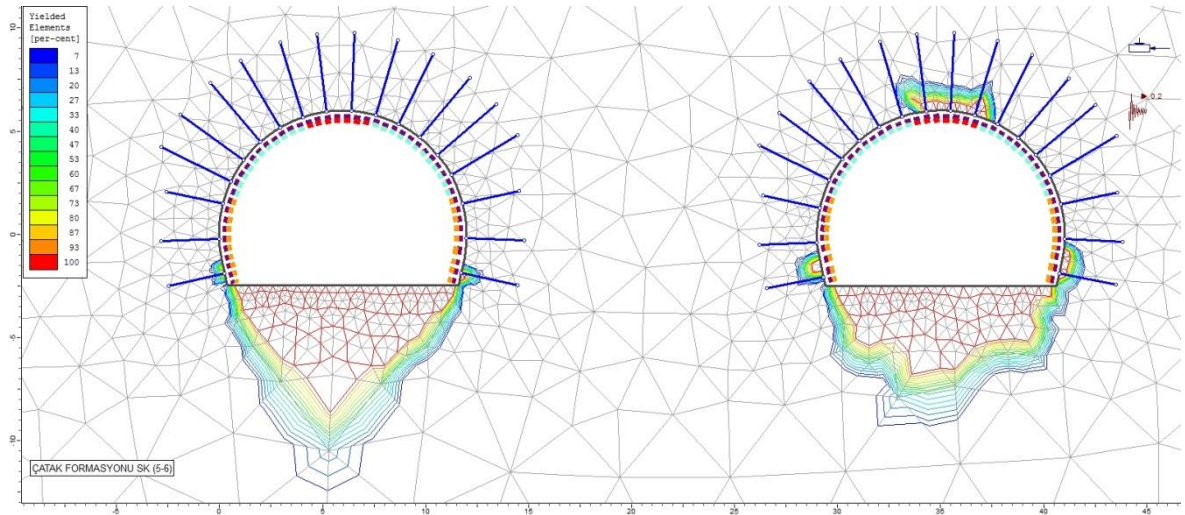
Şekil 6. 59. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



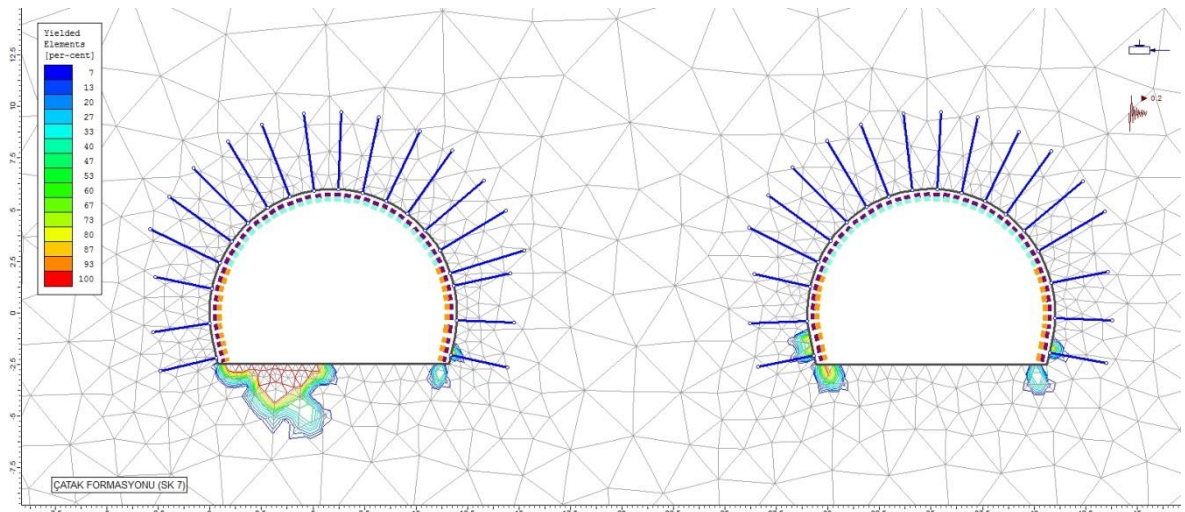
Şekil 6. 60. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



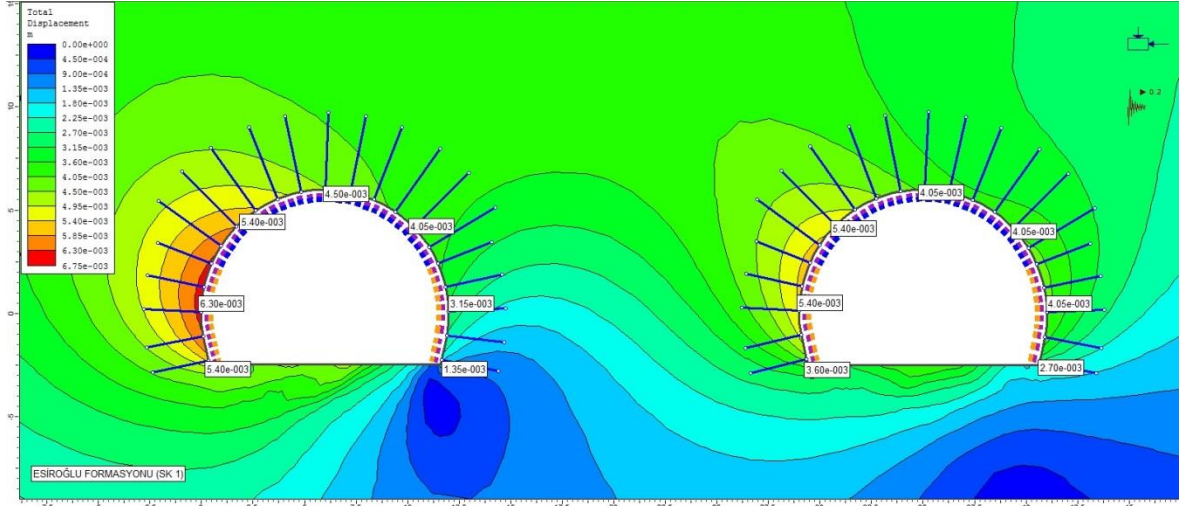
Şekil 6. 61. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



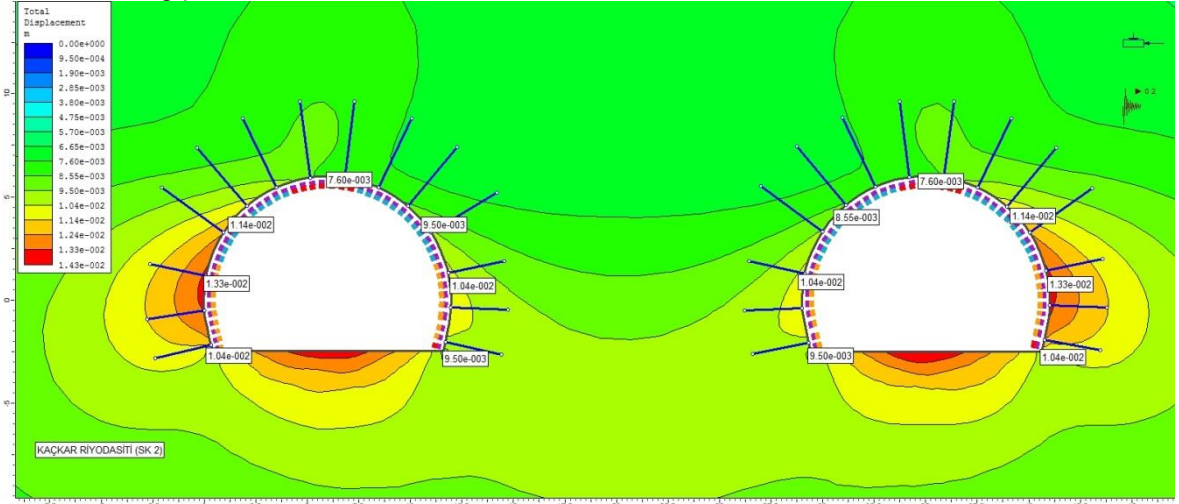
Şekil 6. 62. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



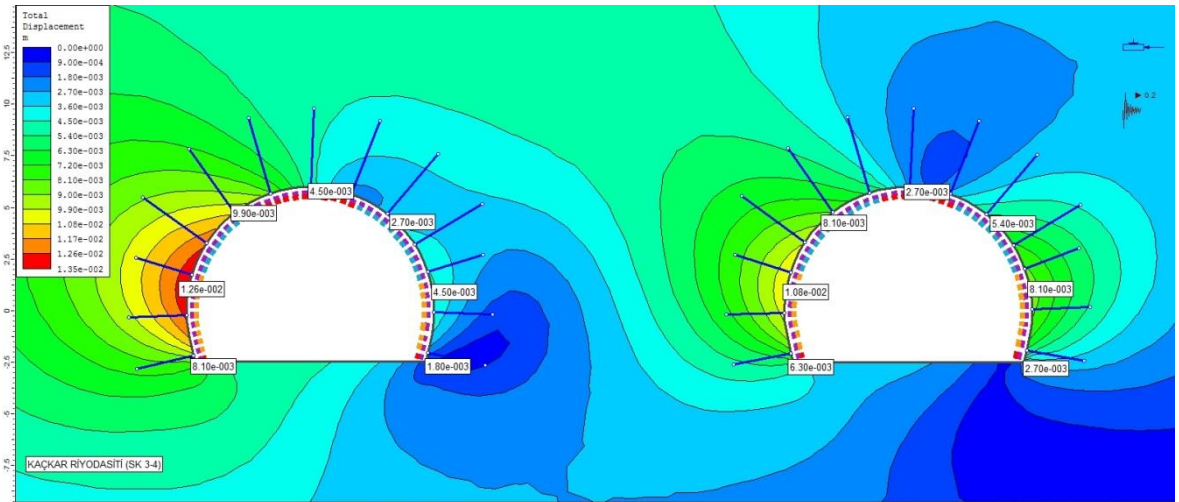
Şekil 6. 63. Çatak Formasyonu (SK 7) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



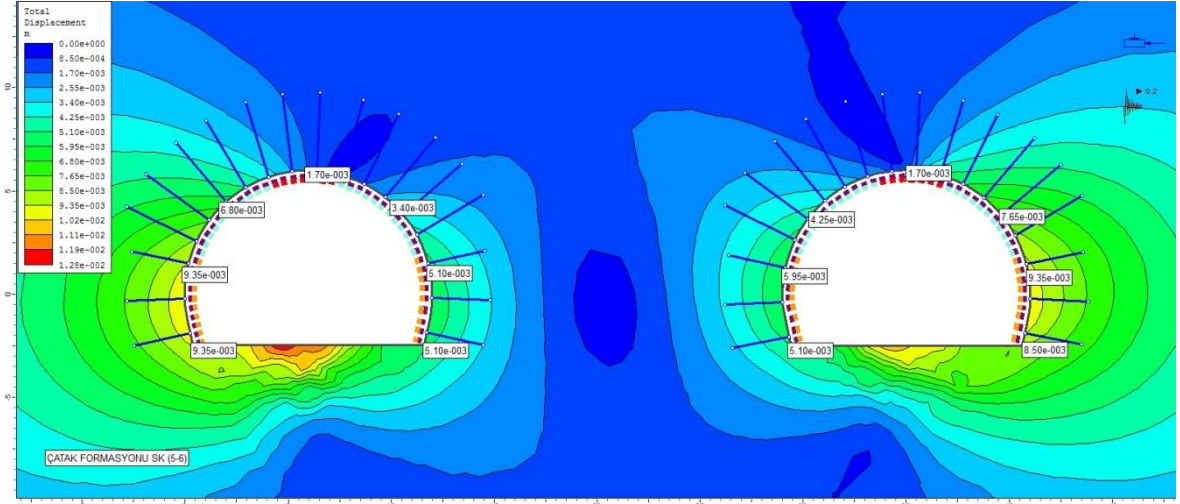
Şekil 6. 64. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



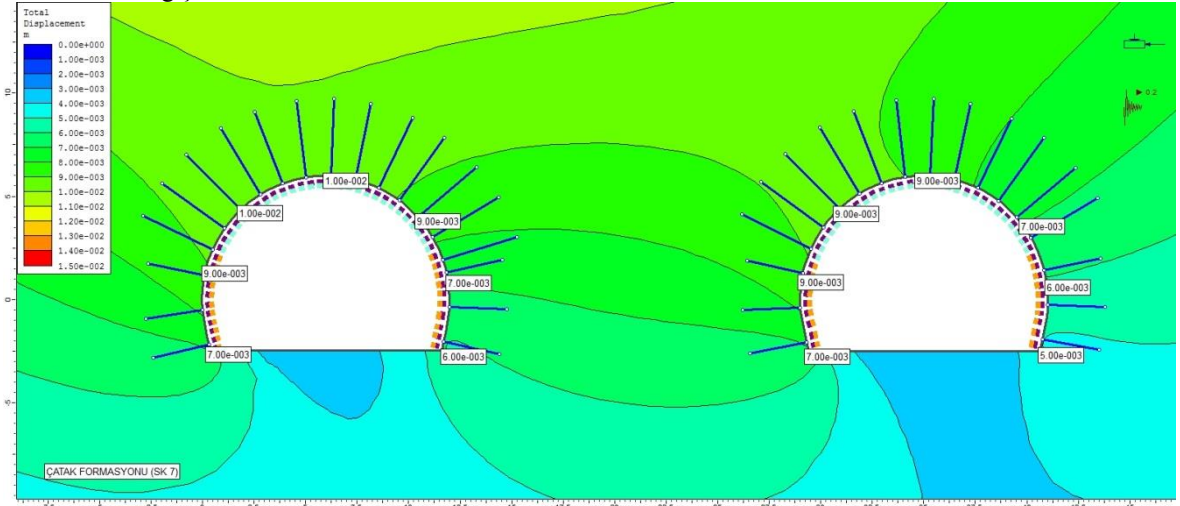
Şekil 6. 65. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 66. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 67. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler



Şekil 6. 68. Çatak Formasyonu (SK 7) için RMi sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler

Tablo 6. 9. RMi sisteminin önerdiği kaya bulunu, çelik hasır ve püskürtme beton desteklerinin uygulanmasından sonra maksimum yer değiştirme miktarları ile plastik zonun maksimum kalınlıkları

Formasyonlar	Sol Tüp				Sağ Tüp			
	Tavan		Duvar		Tavan		Duvar	
	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)
Esiroğlu Formasyonu (SK 1)	0.00	5.40e-03	1.04	6.30e-03	0.00	5.40e-03	1.27	5.40e-03
Kaçkar Riyodasiti (SK 2)	1.05	1.14e-02	1.11	1.33e-02	1.25	1.14e-02	1.23	1.33e-02
Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4)	0.00	1.04e-02	0.00	1.33e-02	0.00	8.10e-03	0.00	1.09e-02
Çatak Formasyonu (SK 5-6)	0.00	6.80e-03	1.01	9.35e-03	1.85	7.65e-03	1.23	9.35e-03
Çatak Formasyonu (SK 7)	0.00	1.00e-02	0.66	9.00e-03	0.00	9.00e-03	1.13	9.00e-03

T_{pl} : Plastik zonun maksimum kalınlığı

U_t : Maksimum yer değiştirme miktarı

Kaya bulonu, elik hasır, püskürtme beton uygulandıktan sonra yapılan sayısal analizler sadece bulon uygulandıktan sonra yapılan sayısal analizlerle karşılaştırıldıklarında, Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için yenilmelerin hem sol tüpün hem de sağ tüpün tavan bölgelerinde tamamen ortadan kalkmış olduğu, her iki tüpün sadece sol ve sağ duvar bölgelerinin ayak kısmında az bir miktarda yenilme gerçekleştiği belirlenmiştir. Sol tüpte plastik zonun maksimum kalınlığı 1.04 m, sağ tüpte ise 1.27 m'dir. Maksimum yer değiştirmeler ise sol tp için $6.30e-03$ m iken sağ tp için $5.40e-03$ m olarak belirlenmiştir.

Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için yapılan sayısal analizlere göre her iki tp için de tavan bölgelerindeki yenilmelerde azalmalar meydana gelmiştir. Duvar bölgelerinin ayak kısmındaki yenilmeler ise hemen hemen hiç değişmemiştir. Analizler incelendiğinde ise her iki tüpün tavan bölgelerinin tepe noktaları civarında ve sağ duvarlarının ayak bölgelerinde püskürtme betonda yenilmeler göze çarpmaktadır. Analiz verilerine göre sol tp için plastik zon maksimum kalınlığı 1.11 m iken sağ tp için 1.23 m olarak belirlenmiştir. Maksimum yer değiştirme değerleri ise her iki tp için de $1.33e-02$ m'dir.

Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için yapılan sayısal analizlerde ise sol tüpte püskürtme beton uygulanmasından sonra tavan bölgesinde ve sol duvarın ayak bölgesinde yeni yenilmeler ortaya çıkmıştır. Sağ tüpte ise püskürtme beton uygulandıktan sonra sol duvarın ayak bölgesinde yeni yenilmeler ortaya çıkmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde ise püskürtme betonun her iki tp içinde hem tavan bölgelerinden hem de sağ ve sol duvarların ayak bölgelerinden yenildiği göze çarpmaktadır. Her iki tp için de plastik zon yoktur ve yer değiştirme değerleri ise sol tp için $1.33e-02$ m, sağ tp için $1.09e-02$ m olarak belirlenmiştir.

atak Formasyonu (SK 5-6) için yapılan analiz sonuçlarına göre, sol tüpün tavan bölgesinde yenilmeler tamamen ortadan kalkarken, sağ tüpün tavan bölgesinde yenilmelerde azalma meydana gelmiştir. Her iki tüpün sağ ve sol duvar ayak bölgelerinde yenilmeler azalmış fakat ortadan kalkmamıştır. Burada göze çarpan diğer bir unsur ise her iki tüpün tavan bölgesi tepe noktaları civarında püskürtme betonda yenilmelerin meydana gelmesidir. Analiz sonuçları plastik zonun maksimum kalınlığını sol tp için 1.01 m, sağ tp için ise 1.85 m, maksimum yer değiştirme miktarını ise her iki tp için de $9.35e-03$ m olarak vermektedir.

atak Formasyonu (SK 7) bölgesinde yenilmeler sol tp için neredeyse tamamen ortadan kalkarken, sağ tüpün sağ ve sol duvarlarının ayak bölgelerinde bir miktar yenilme kalmıştır. Sayısal analiz verilerine göre plastik zonun maksimum kalınlığı sol tp için 0.66

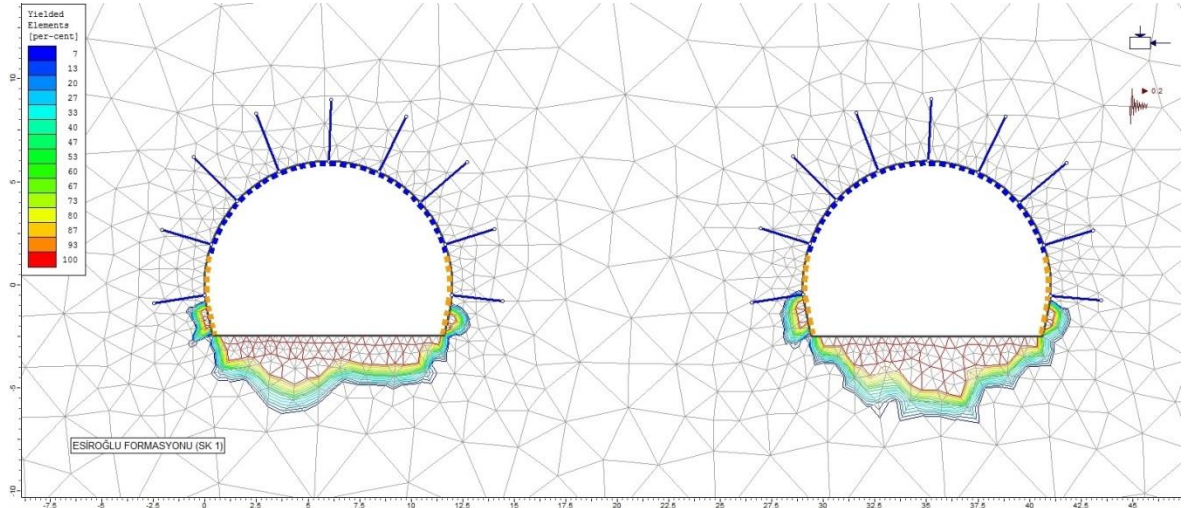
m iken sağ tüp için 1.13 m'dir. Maksimum yer değiştirmeler ise sol tüp için 1.00e-02 m iken sağ tüp için 9.00e-03 m olarak belirlenmiştir.

6.3. Optimum Destek Sistemlerinin Belirlenmesi ve Bu Destek Sistemleri İçin Yapılan Sayısal Analizler

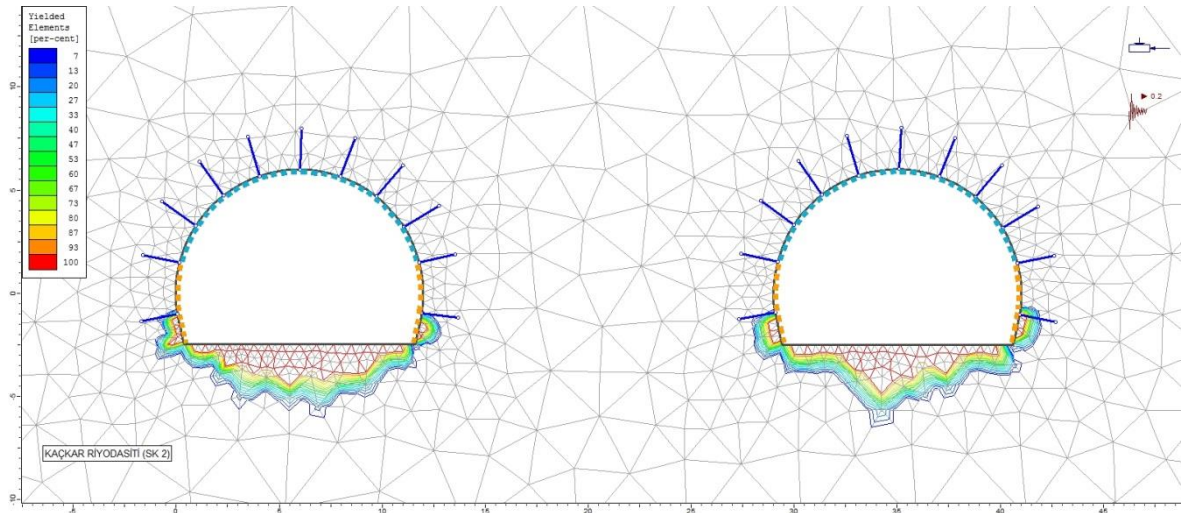
Bu çalışma kapsamında Maçka Tünel güzergâhı için yapılan RMR, Q, ve R_Mi kaya kütle sınıflamalarından elde edilen destek sistemlerinin uygulanmasından sonra yapılan sayısal analizler, bu destek sistemlerinin tünel etrafında kazı sonrası meydana gelen duraysızlıkları tamamen ortadan kaldırmadığını ve yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu nedenle, tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için uygulandığı zaman tüm duraysızlıkları ortadan kaldıran optimum destek sistemleri önerilmiştir. Optimum destek önerileri belirlenirken, RMR, Q ve R_Mi kaya kütle sınıflamalarının tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için önerdiği destek sistemleri dikkate alınmıştır. Bu çalışmada önerilen destek sistemleri Tablo 6.10'da verilmiştir. Önerilen destek sistemleri için sayısal analizler yapılmış (Şekil 6.69-6.78) ve desteklerin uygulanmasından sonra tünel etrafında oluşan plastik zonun kalınlığı ve toplam yer değiştirme miktarlarında meydana gelen değişimler belirlenmiştir (Tablo 6.11).

Tablo 6. 10. Maçka tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için önerilen destek sistemleri

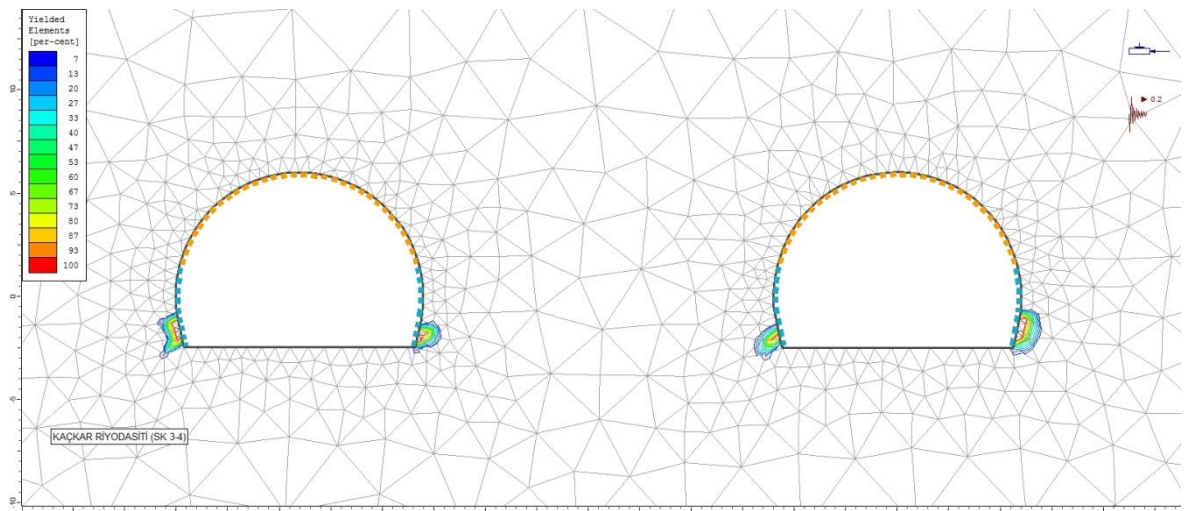
	Tavan		Duvar	
	Bulon uzunluğu-bulon aralığı (m)	Püskürtme beton kalınlığı (mm)	Bulon uzunluğu-bulon aralığı (m)	Püskürtme beton kalınlığı (mm)
Esiroğlu (SK-1) Formasyonu	3-2.5	100	2.5-2.5	50
Kaçkar (SK-2) Riyodasiti	2-2	150	1.8-2.5	100
Kaçkar (SK 3-4) Riyodasiti	Lokal Bulonlama	150	Lokal Bulonlama	80
Çatak (SK 5-6) Formasyonu	4.5-2	150	2-2.5	100
Çatak (SK 7) Formasyonu	2-2	50	1.8-2.5	50
<i>Not: Püskürtme beton dayanımı 40 MPa olarak alınmıştır</i>				



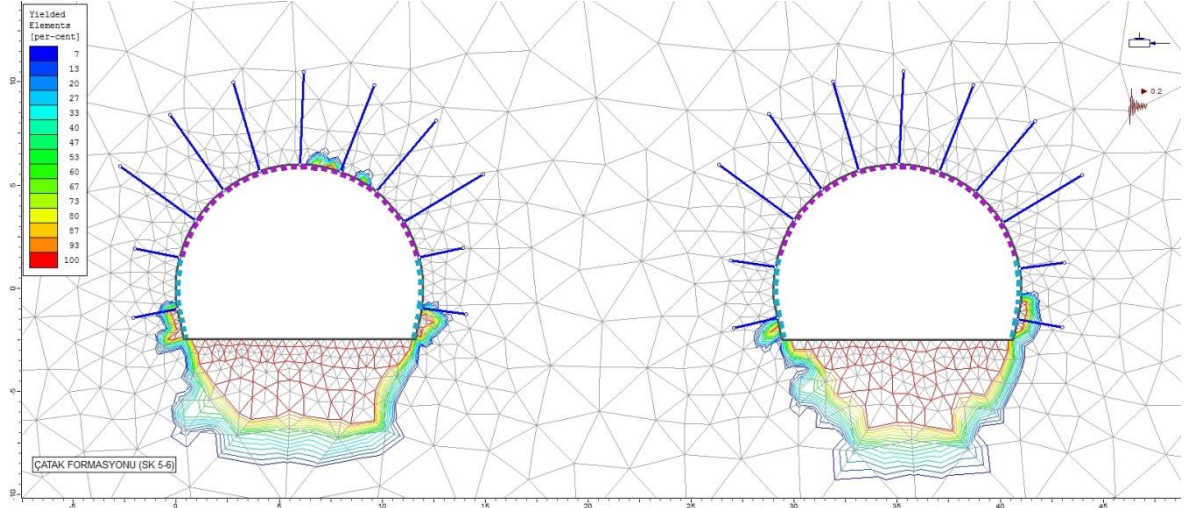
Şekil 6. 69. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



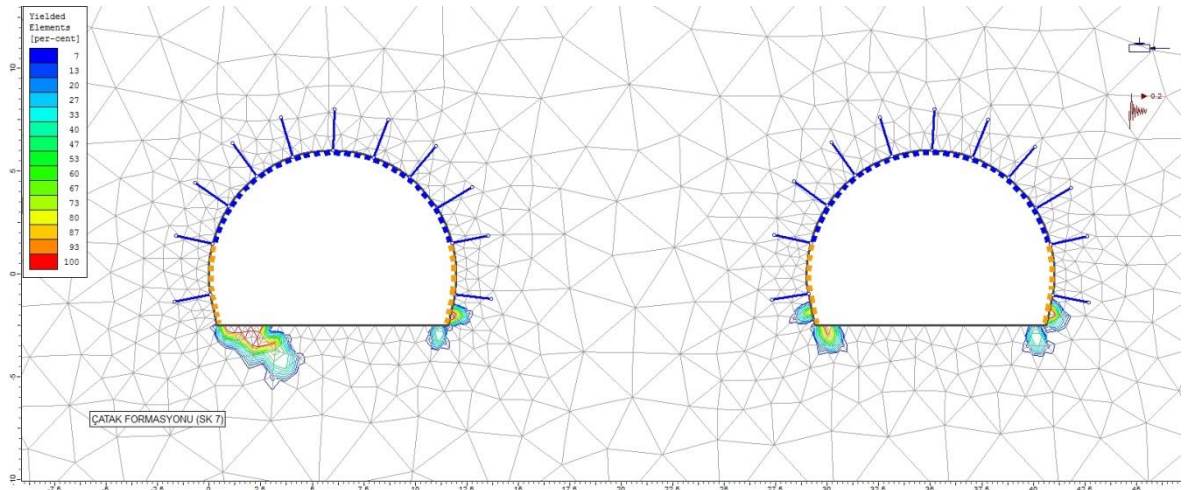
Şekil 6. 70. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



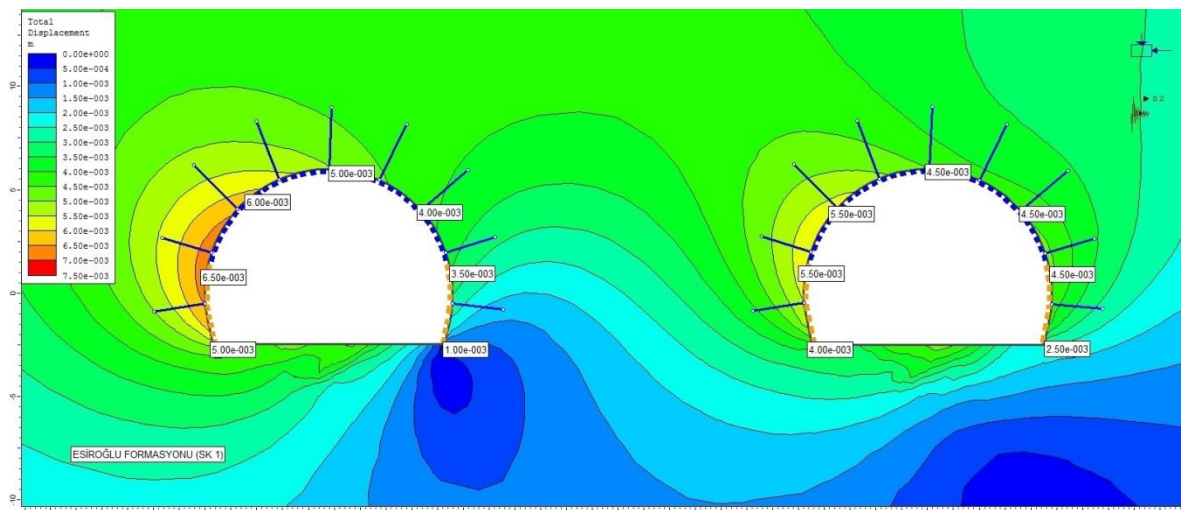
Şekil 6. 71. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



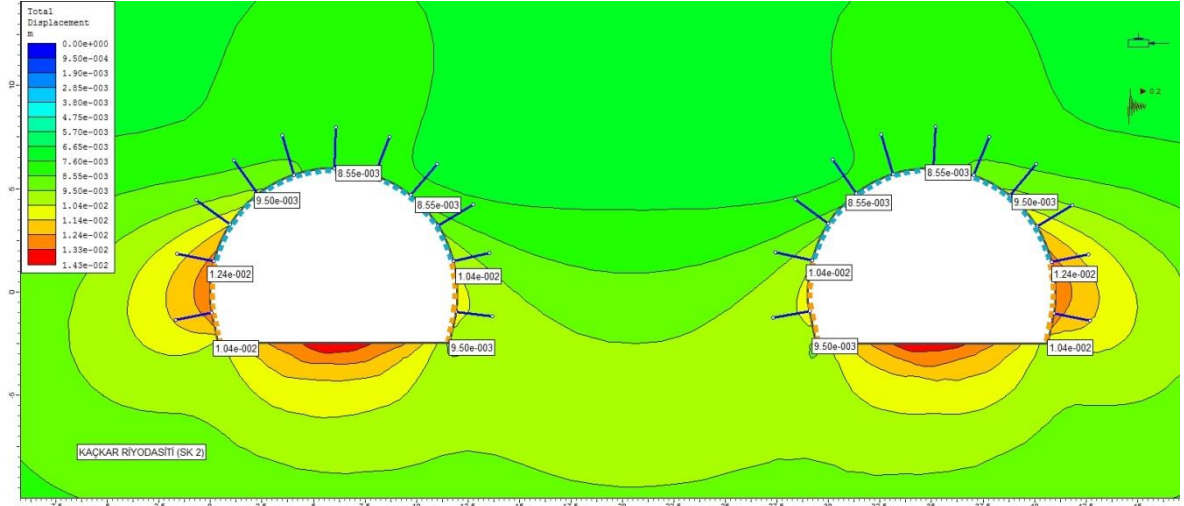
Şekil 6. 72. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



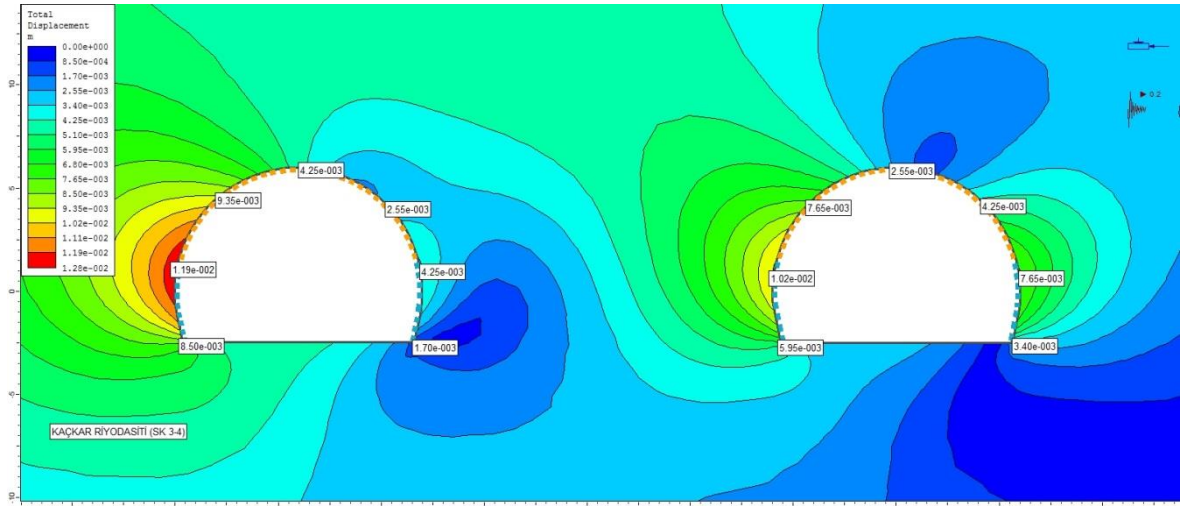
Şekil 6. 73. Çatak Formasyonu (SK 7) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığında meydana gelen değişimler



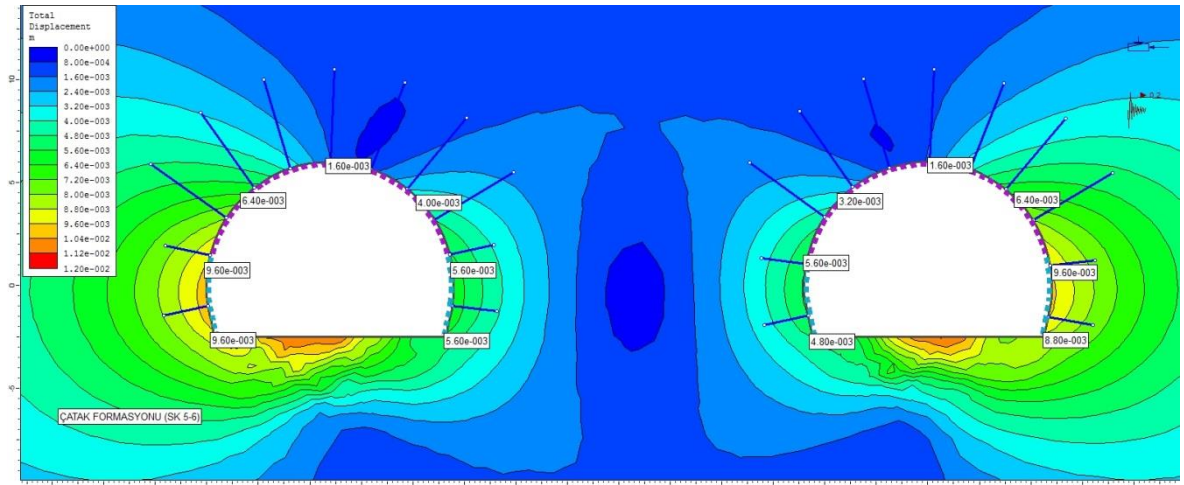
Şekil 6. 74. Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra yer değiştirmelerde meydana gelen değişimler



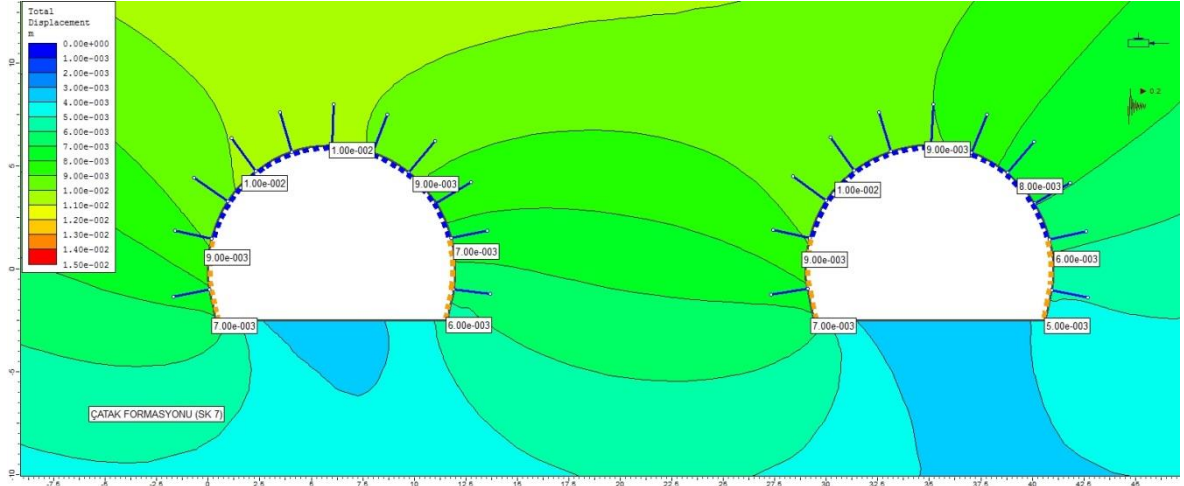
Şekil 6. 75. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra yer değiştirmelerde meydana gelen değişimler



Şekil 6. 76. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra yer değiştirmelerde meydana gelen değişimler



Şekil 6. 77. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra yer değiştirmelerde meydana gelen değişimler



Şekil 6. 78. Çatak Formasyonu (SK 7) için önerilen destek sisteminin uygulanmasından sonra yer değiştirmelerde meydana gelen değişimler

Tablo 6. 11. Maçka Tüneli kaya kütleleri için önerilen destek sistemlerinin uygulanmasından sonra oluşan plastik zonun kalınlıkları ve yer değiştirme değerleri

Formasyonlar	Sol Tüp				Sağ Tüp			
	Tavan		Duvar		Tavan		Duvar	
	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)	T_{pl} (m)	U_t (m)
Esiroğlu Formasyonu (SK 1)	0.00	6.00e-03	0.00	6.50e-03	0.00	5.50e-03	0.00	5.50e-03
Kaçkar Riyodasiti (SK 2)	0.00	9.50e-03	0.00	1.24e-02	0.00	9.50e-03	0.00	1.24e-02
Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4)	0.00	9.35e-03	0.00	1.19e-02	0.00	7.65e-03	0.00	1.02e-02
Çatak Formasyonu (SK 5-6)	0.63	6.40e-03	0.00	9.60e-03	0.00	6.40e-03	0.00	9.60e-03
Çatak Formasyonu (SK 7)	0.00	1.00e-02	0.00	9.00e-03	0.00	1.00e-02	0.00	9.00e-03

T_{pl} : Plastik zonun maksimum kalınlığı
 U_t : Maksimum yer değiştirme miktarı

Yapılan sayısal analizler sonucunda, Çatak Formasyonu (SK 5-6) hariç diğer tüm formasyonlarda kazı sonrasında tünel tavan ve duvarlarda meydana gelen yenilmelerin tamamen ortadan kalktığı görülmektedir. Sadece, Çatak Formasyonu (SK 5-6) sol tüp tavan bölgesinde çok küçük bir alanda lokal yenilmelerin olduğu görülmüştür. Desteleme yapıldıktan sonra yenilemelerin ortadan kalkmadığı diğer bir bölge ise tünel duvar ve tabanının birleştiği bölgelerdir. Yapılan tüm desteklemelere karşın bu bölgede oluşan yenilmeleri önlenememiştir. Bu kesişim bölgesinin geometrisine bağlı olarak meydana gelen gerilme birikimleri bu bölgede yenilmelerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ancak, tünelcilikte duraysızlıkların riskli olduğu ve büyük problemlere yol açtığı bölgeler genel olarak tünelin tavan ve duvar bölgeleri olduğu düşünüldüğünde, bu yenilmeler

tünelin duraylılığı açısından herhangi bir problem oluşturmamaktadır. Bu nedenle, bu bölgede meydana gelen yenilme ve yer değiştirmeler dikkate alınmamıştır.

6.4. Önerilen Destek Elemanlarının RMR, R_{Mi}, Q Sınıflama Sistemlerinden Elde Edilen Destek Elemanları İle Karşılaştırılması

Bu bölümde, tüm kaya kütle sınıflamalarından elde edilen destek sistemleri ile bu çalışmada önerilen destek sistemlerinin (Tablo 6.12) uygulanmasından sonra yapılan sayısal analiz sonuçları birbiri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 6.79-6.80). Bu karşılaştırmalar plastik zon kalınlıkları ve toplam yer değiştirme değerleri esas alınarak yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar formasyon bazında aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Esiroğlu Formasyonu (SK 1)

Bu çalışmada önerilen destek sistemleri uygulandığında, tünel etrafında kazı sonrası oluşan plastik zon tamamen ortadan kaldırmış ve plastik zonun kalınlığı sıfır olmuştur. Bu sonuç RMR₈₉ ve R_{Mi} sisteminin önerdiği destek sistemlerinin uygulanmasından sonra ortaya çıkan sonuç ile aynıdır. Q sisteminin önerdiği destek sistemlerinin uygulanması sonucunda ise tünel tavanında hala yenilmeler vardır. Bu durum, Q sisteminin önerdiği destekleme sisteminin yenilmeleri ortadan kaldırmak için yetersiz kaldığını göstermektedir. Toplam yer değiştirme miktarları dikkate alındığında, bu çalışmada önerilen destek sistemleri ile R_{Mi} sisteminin önerdiği destek sistemlerinin tünel etrafındaki yer değiştirme miktarlarını hemen hemen aynı miktarda azalttığı, RMR ve Q sistemlerinin önerdiği destek sistemlerinin etkisinin ise daha az olduğu görülmektedir.

Tünel duvarlarında ise bu çalışmada ve diğer sınıflama sistemleri tarafından önerilen destek sistemlerinin plastik zonun kalınlığı üzerindeki etkisinin hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Ancak, toplam yer değiştirme miktarlarında bu çalışmada önerilen ve R_{Mi} sisteminin önerdiği destek sistemlerinin toplam yer değiştirme miktarlarını aynı değere azalttığı, RMR ve Q sistemlerinin önerdiği destek sistemlerinin etkisini ise daha az olduğu belirlenmiştir.

Ancak burada dikkat edilmesi gereken durum, bu çalışmada RMR, Q ve R_{Mi} sistemleri tarafından önerilen desteklemelerden daha az (daha kısa ve daha geniş aralıklı kaya bulonu ve daha ince püskürtme beton) dolayısıyla daha ekonomik destekleme yapılarak bu sonuçlara ulaşılmış olmasıdır.

Kaçkar Riyodasiti (SK 2)

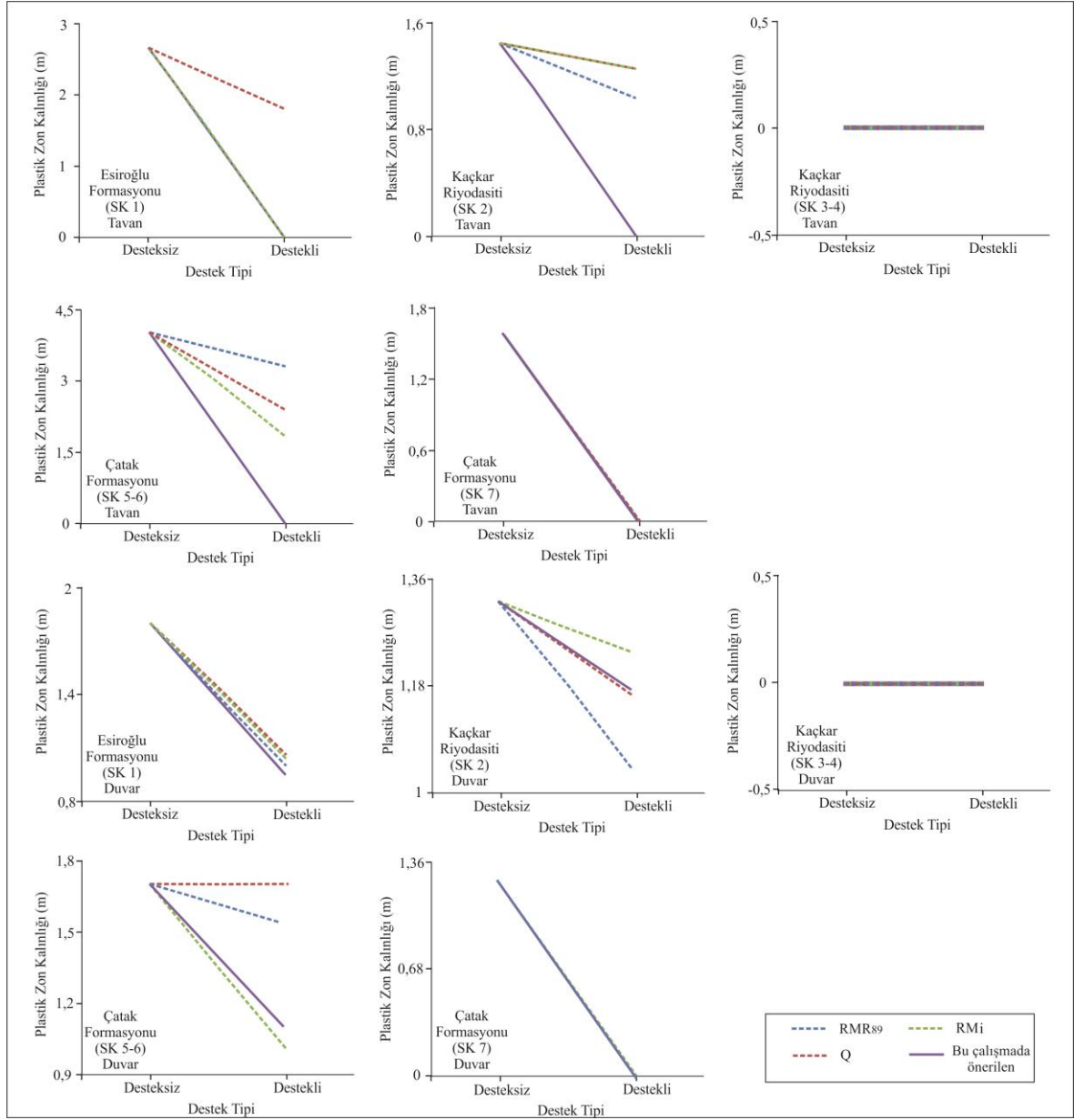
Tünel tavan bölgesindeki desteklemelerden sonra, RMR_{89} , Q ve RMi sınıflamalarının önerdiği destekleme sistemleri tünel tavanındaki plastik zonun kalınlığını azaltmasına rağmen yenilemeleri tamamen ortadan kaldıramamış, bu çalışmada önerilen daha ekonomik destekleme sistemleri ise plastik zonun tamamen ortadan kaldırmıştır.

Tünel duvarlarında bu çalışmada önerilen destek sistemleri ile Q sınıflaması tarafından önerilen destek sistemlerinin plastik zonun kalınlığı üzerindeki etkisinin benzer olduğu, plastik zonun kalınlığını en fazla azaltan destek sisteminin RMR_{89} sınıflaması tarafından önerilen destek sistemlerinin olduğu görülmektedir. Ancak, bu yenilmeler sadece tünelin ayak bölgesindeki gerilme birikimlerine bağlı olarak ortaya çıkan yenilmelerdir. Tünelcilikte, tünelin tavan ve duvar bölgelerinde oluşan yenilmelerin risk taşıdığı dikkate alındığında, bu yenilmelerin tünel açısından herhangi bir risk oluşturmayacağını söylemek mümkündür. Bu çalışmada, ayak bölgesinde oluşan bu yenilmeleri tamamen ortadan kaldırabilmek için farklı destek sistemleri seçilerek sayısal analizler yapılmış, ancak sonuçta bu yenilmelerin tamamen yok edilemeyeceği belirlenmiştir.

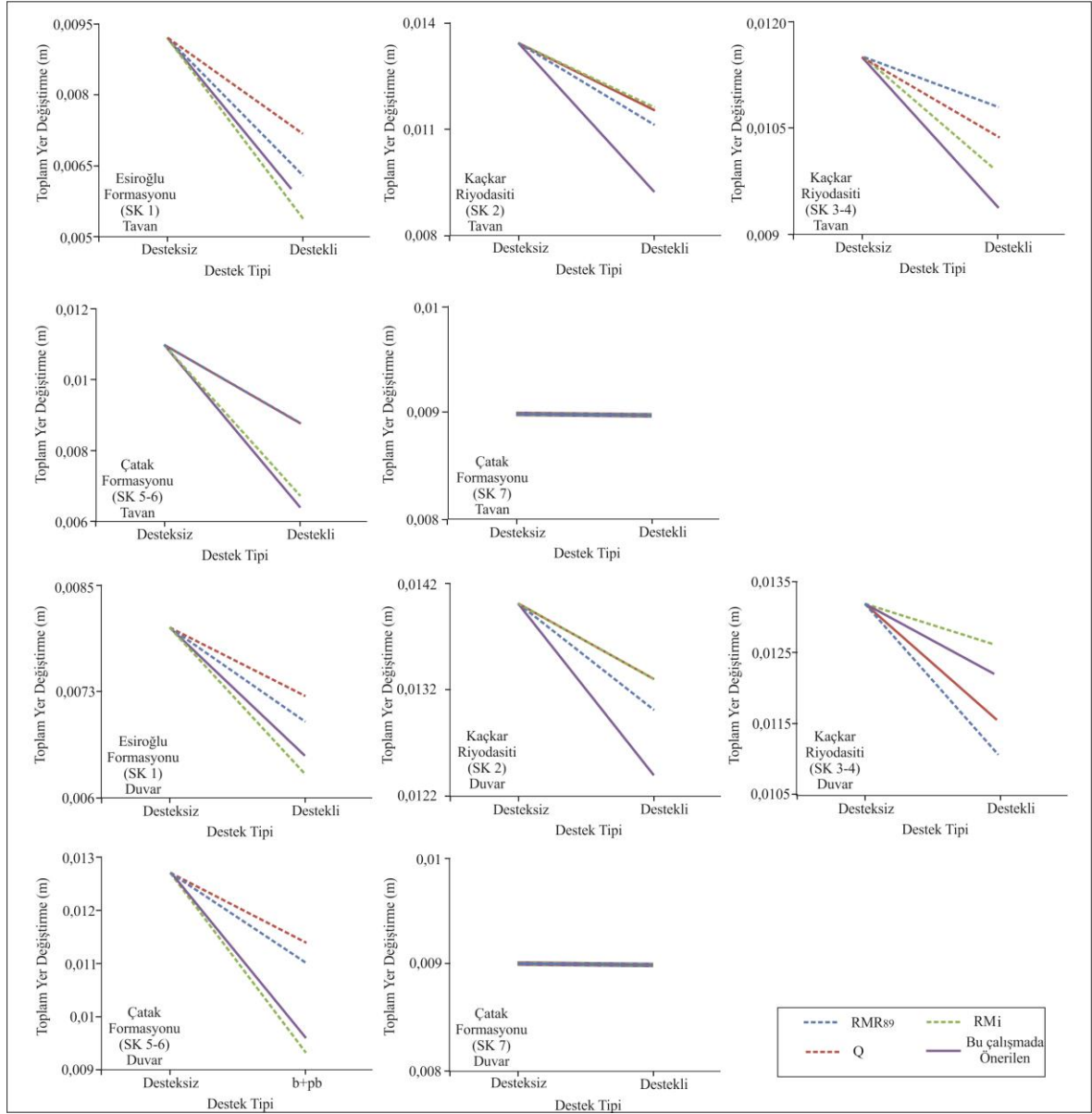
Toplam yer değiştirme açısından bu çalışmada önerilen destek sistemlerinden diğer destek önerilerine göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 6.12. Maçka Tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için kaya kütle sınıflamalarından elde edilen ve bu çalışmada önerilen destek sistemleri

Formasyon	Destek Tipi	Tavan				Duvar			
		RMR ₈₉	RMi	Q	Önerilen	RMR ₈₉	RMi	Q	Önerilen
Esiroğlu Formasyonu (SK 1)	Bulon Aralığı(m)	1.5-2	1.2-1.5	2.1-2.3	2.5	1.5-2	1.2-1.5	2.3-2.5	2.5
	Bulon Uzunluğu (m)	3-4	3.75	3.8	3	3-4	2.79	3.2	2.5
	Püskürtme beton kalınlığı (cm)	Tel Kafesli 5-10	15-20 çelik lifli	4-5 desteksiz	10	3 Püskürtme	8-10 çelik lifli	Yok	5
Kaçkar Riyodasiti (SK 2)	Bulon Aralığı(m)	1-1.5	1.7-2	1.7-2.1	2	1-1.5	1.7-2	2.1-2.3	2
	Bulon Uzunluğu (m)	4-5	3.72	3.8	2	4-5	2.78	3.2	1.8
	Püskürtme beton kalınlığı (cm)	Tel Kafesli 10-15 Gerekli ise 1.5 m aralıklı çelik destek	8-10 çelik lifli	5-9 Çel. Has. Destekli	15	Tel Kafesli 10 Gerekli ise 1.5 m aralıklı çelik destek	6-8 çelik lifli	4-5 Desteksiz	10
Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4)	Bulon Aralığı(m)	1.5-2	2-2.5	2.3-2.5		1.5-2	2-2.5	2.5-3	
	Bulon Uzunluğu (m)	3-4	3.81	3.8	Lokal	3-4	2.83	3.2	Lokal
	Püskürtme beton kalınlığı (cm)	Tel Kafesli 5-10 cm	6-8 cm Püskürtme	SistematiK Bulonlama	16	3 cm Püskürtme	5-6 cm Püskürtme	Lokal Kaya Bulonlama	6
Çatak Formasyonu (SK 5-6)	Bulon Aralığı(m)	1.5-2	1.2-1.5	1.7-2.1	2	1.5-2	1.7-2	2.1-2.3	2.5
	Bulon Uzunluğu (m)	3-4	3.78	3.8	4.5	3-4	2.81	3.2	2.2
	Püskürtme beton kalınlığı (cm)	Tel Kafesli 5-10	15-20 çelik lifli	5-9 Çel. Has. Destekli	15	3 Püskürtme	8-10 çelik lifli	4-5 Desteksiz	10
Çatak Formasyonu (SK-7)	Bulon Aralığı(m)	1-1.5	1.2-1.5	1.7-2.1	2	1-1.5	1.7-2	2.1-2.3	2.5
	Bulon Uzunluğu (m)	4-5	3.75	3.8	1.8	4-5	2.79	3.2	2.5
	Püskürtme beton kalınlığı (cm)	Tel Kafesli 10-15	15-20 çelik lifli	5-9 Çel. Has. Destekli	5	Tel Kafesli 10	10-15 çelik lifli	4-5 Desteksiz	5



Şekil 6. 79. Tüm destek önerilerinin uygulanmasından sonra plastik zonun kalınlığındaki değişimler



Şekil 6. 80. Tüm destek önerilerinin uygulanmasından sonra yer değiştirme değerlerindeki değişimler

Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4)

Şekil 6.86'dan da görüleceği gibi, desteksiz durumda bile tünel tavan ve duvar bölgelerinde herhangi bir yenilme söz konusu değildir. Ancak, buna rağmen RMR₈₉, Q ve RMi sınıflamaları tünel tavanı için sistematik desteklemeler önermektedir (Tablo tüm desteklerin birlikte olduğu). Bu çalışmada ise tünel tavanı için sistematik destekleme önerilmemiş, sadece gerek duyulan yerlerde lokal kaya bulonu uygulaması önerilmiştir. Bu destek önerisi dikkate alınarak yapılan sayısal analizlerde tavan bölgesi için en düşük toplam yer değiştirme miktarı elde edilmiştir. Duvarlarda meydana gelen yer değiştirmeler

ise daha önce de bahsedildiği gibi tünel ayak bölgesindeki gerilme birikimlerinin oluşturduğu yer değiştirmelerdir.

Çatak Formasyonu (SK 5-6)

Bu çalışmada önerilen destekleme sistemleri ile RMi sınıflaması tarafından önerilen destekleme sistemlerinin tünel duvar bölgesindeki plastik zonun kalınlığı üzerindeki etkileri benzerdir ve RMR_{89} ile Q sınıflamalarının önerdiği destek sistemlerine göre plastik zonun kalınlığını daha fazla azaltmışlardır. Ancak, bu çalışmada önerilen destek sistemleri RMi sınıflamasının önerdiği destekleme sistemlerinden daha ekonomik sistemlerdir. Benzer şekilde, toplam yer değiştirme miktarları üzerinde en etkili destek sistemi yine bu çalışmada önerilen destekleme sistemi olmuştur ve toplam yer değiştirme miktarlarının diğer destek önerilerine göre daha fazla azalmasını sağlamıştır.

Tünel tavan bölgesinde, RMR, Q ve RMi sınıflamalarının önerdiği destek sistemlerinin uygulanmasından sonra hala yenilmeler ve plastik zon mevcut iken, bu çalışmada önerilen desteklerin uygulanması sonucunda plastik zon ve yenilmeler tamamen ortadan kalkmıştır. Tavan bölgesindeki toplam yer değiştirme miktarları açısından RMi sınıflaması ile bu çalışmada önerilen desteklerin etkisi benzerdir ve RMR_{89} ile Q sınıflamalarının önerdiği desteklerden daha iyi sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Çatak Formasyonu (SK 7)

Bu çalışmada önerilen ve diğer sınıflamaların önerdiği destek sistemlerinden daha ekonomik olan destek sistemlerinin uygulanması sonucunda tünel tavan ve duvarlarındaki plastik zonun kalınlığı ve toplam yer değiştirme miktarlarında meydana gelen azalmaların benzer olduğu görülmüştür.

7. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Maçka Tüneli güzergâhında bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen jeolojik ve jeoteknik çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçları şu şekilde sıralamak mümkündür;

1. Tünel güzergâhında yaşlıdan gence doğru Erken Turoniyen yaşlı Çatak Formasyonu, Turoniyen- Santoniyen yaşlı Maçka Formasyonu, Turoniyen-Santoniyen yaşlı Esiroğlu Formasyonu ve Erken Kampaniyen yaşlı Kaçkar Riyodasiti yüzeyleme vermektedir. Tünel kazısının 236 m'si Esiroğlu Formasyonu'nda, 1410 m si Kaçkar Riyodasiti'nde, 1125 m'si ise Çatak Formasyonu'nda yapılacaktır.

2. İnceleme alanında uygun mostralarda seçilen hatlar boyunca yapılan hat etüdü çalışmaları ile belirlenen süreksizliklerin mühendislik özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Çatak Formasyonu süreksizlik düzlemi olarak üç eklem seti ve bir tabakalanma düzlemi içermektedir. Bu eklem setlerinin yönelimleri sırasıyla 21/335, 65/050, 40/110, 75/195'dir. Eklemler yakın-orta derecede ara uzaklıklı, sıkı-kısmen açık özellikte, yüksek-çok yüksek devamlı, JRC değerleri ile ifade edilen süreksizlik pürüzlülüğü 21/335 yönelimli eklem seti için 14-16, diğerleri için 4-6'dır ve nadiren kalsit-kil dolguludur.

- Esiroğlu Formasyonu 26/328, 83/040, 56/120, 47/266 yönelimlerine sahip üç eklem seti ve bir tabakalanma düzlemi içermektedir. Eklemler yakın ara uzaklıklı, çok sıkı-sıkı-kısmen açık özellikte ve düşük-orta-çok yüksek devamlıdır. 26/328 yönelimli eklem seti için JRC değeri 4-6, diğerleri için 2-4'tür ve eklemlerin nadiren kalsit-kil dolgulu olduğu belirlenmiştir.

- Kaçkar Riyodasiti'nin kaya kütle davranışını kontrol eden eklem seti içerdiği belirlenmiştir. Bu eklem setlerinin yönelimleri 80/075, 74/152, 3/060'dır. Eklemler yakın-orta derecede ara uzaklıklı, sıkı özellikte ve yüksek devamlıdır. JRC değerleri ile ifade edilen süreksizlik pürüzlülüğü 3/060 yönelimli eklem seti için 2-4, diğerleri için 4-6'dır. Eklemler dolgu içermemektedir.

3. Maçka Tünel güzergâhında Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü tarafından yaptırılan araştırma sondajlara ait karotların incelenmesi sonucunda, kaya kütlelerinin tünel kotundaki toplam karot verimi (TKV) ve kaya kalite göstergesi (RQD) değerleri belirlenmiştir. Yapılan çalışmalara göre;

- Çatak Formasyonu için TKV değerleri % 67-100 arasında değişmekte olup ortalama TKV % 94 dür. , RQD değerleri ise %0-100 arasında değişmektedir ve ortalama RQD değeri %66 olarak belirlenmiştir.

- Esiroğlu Formasyonu için TKV değerleri % 13-100 arasında değişmekte olup, ortalama TKV % 75, RQD değerleri ise %0-100 arasında değişmektedir ve ortalama RQD değeri %76 olarak belirlenmiştir.

- Kaçkar Riyodasiti için TKV değerleri % 0-100 arasında değişmekte olup, ortalama TKV % 91, RQD değerleri ise %0-100 arasında değişmektedir ve ortalama RQD değeri %60 olarak belirlenmiştir.

4. Kaya malzemesinin fiziksel, mekanik ve elastik özelliklerini belirlemek amacıyla derlenen karot örneklerde yapılan deney sonuçlarına göre;

- Çatak Formasyonu için kaya malzemesinin ortalama doğal birim hacim ağırlığı 26.43 kN/m^3 , tek eksenli sıkışma dayanımı 65.12 kN/m^2 , düzeltilmiş nokta yük dayanımı 3 MPa , elastisite modülü 20.83 GPa ve Poisson oranı 0.23 dür.

- Esiroğlu Formasyonu için kaya malzemesinin ortalama doğal birim hacim ağırlığı 25.28 kN/m^3 , tek eksenli sıkışma dayanımı 56.9 kN/m^2 , düzeltilmiş nokta yük dayanımı 1.90 MPa , elastisite modülü 18.04 GPa ve Poisson oranı 0.21 olarak belirlenmiştir.

- Kaçkar Riyodasiti için kaya malzemesinin ortalama doğal birim hacim ağırlığı 26.22 kN/m^3 , tek eksenli sıkışma dayanımı 102.41 kN/m^2 , düzeltilmiş nokta yük dayanımı 6.05 MPa , elastisite modülü 27.2 GPa ve Poisson oranı 0.22 olarak belirlenmiştir.

5. Maçka Tüneli güzergâhında gerçekleştirilen presiometre deneyleri sonuçlarına göre;

- Çatak Formasyonu'nun kaya kütle deformasyon modülü değerleri 0.07 - 13.01 GPa arasında değişmekte olup, ortalama 3.82 GPa 'dir.

- Esiroğlu Formasyonu'nun kaya kütle deformasyon modülü 2.73 - 2.76 GPa değerleri arasında değişmektedir ve ortalama deformasyon modülü değeri 2.74 GPa 'dir.

- Kaçkar Riyodasiti'nin kaya kütle deformasyon modülü değerleri 0.21 - 10.85 GPa arasında değişmekte olup, ortalama 2.73 GPa olarak belirlenmiştir.

6. Maçka Tünel güzergâhındaki kaya kütleleri RMR, R_{Mi}, Q, GSI ve NATM kaya kütle sınıflama sistemlerine göre sınıflandırılmıştır.

- RMR₈₉ kaya kütle sınıflama sistemine göre; Esiroğlu Formasyonu'nun RMR₈₉ değeri 48.21 'dir ve "Orta Kaya" sınıfına girmektedir. Kaçkar Riyodasiti'nin RMR₈₉ değerleri, SK 2 için 40.38 ve 45.13 , SK 3-4 için ise 53.68 ve 58.43 olup, SK 2 ve SK 3-4 "Orta Kaya" sınıfına girmektedir. Çatak Formasyonu'nun RMR₈₉ değerleri, SK 5-6 için

47.03, SK 7 için ise 39.43'dür. SK 5-6 "Orta Kaya" sınıfında, SK 7 "Zayıf Kaya" sınıfındadır.

- Q sınıflama sistemine göre; Esiroğlu Formasyonu'nun Q değeri 7.7'dir ve "Orta Kaya" sınıfındadır. Kaçkar Riyodasiti (SK-2) için Q değeri 3.83 olup, "Zayıf Kaya", SK 3-4 için 13.3 olup, "Sağlam Kaya" sınıfında girmektedir. Çatak Formasyonu'nda ise Q değerleri SK 5-6 için 3, SK 7 için ise 2.5 olup, buradaki kaya kütleleri "Zayıf Kaya" grubuna girmektedirler.

- R_{Mi} sınıflama sistemine göre; Esiroğlu Formasyonu'nun R_{Mi} değeri 1.81, kaya kütle sınıfı ise "Orta Kaya"dır. Kaçkar Riyodasiti R_{Mi} değerleri ise SK 2 için 2.05, SK3-4 için ise 6.8'dir ve "Orta Kaya" sınıfına girmektedirler. Çatak Formasyonu R_{Mi} değerleri SK 5-6 için 1.21'dir ve "Orta Kaya" sınıfındadır. SK 7'nin Q değeri ise 0.79'dur ve "Düşük Kaya" sınıfındadır.

- GSI sınıflama sistemine göre; Esiroğlu Formasyonu GSI puanı 38'dir ve "Çok Bloklu Kaya" sınıfına girmektedir. Kaçkar Riyodasiti GSI puanları SK 2 için 39, SK 3-4 için 61'dir ve "Bloklu Kaya" sınıfına girmektedirler. Çatak Formasyonu'nun GSI puanı SK 5-6 için 42, SK 7 için 39'dur ve "Çok Bloklu Kaya" sınıfına girmektedirler.

- NATM sınıflama sistemine göre, Esiroğlu Formasyonu Kırılğan (B1) ve Çok Kırılğan (B2) kaya sınıfındadır. Kaçkar Riyodasiti SK 2 Çok Kırılğan (B2), SK 3-4 ise Zamanla Kırılğan (A2)-Kırılğan (B1) kaya sınıfındadır. Çatak Formasyonu SK 5-6 Kırılğan (B1)-Çok Kırılğan (B2), SK 7 ise Çok Kırılğan (B2)-Döküntülü (B3) kaya sınıfındadır.

7. Maçka Tüneli güzergâhındaki kaya kütleleri için RMR, Q ve R_{Mi} sınıflama sistemlerine göre destek sistemleri belirlenmiştir. Bu sınıflamalara göre belirlenen destek sistemlerinin uygulanabilirlikleri, bu destek sistemlerinin uygulanması ile kazıdan sonra tünel etrafında oluşan plastik zonun kalınlığı ve yer değiştirme miktarlarına etkileri sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre;

- RMR₈₉ sisteminin önerdiği destek sistemleri uygulandığında, Esiroğlu Formasyonu (SK 1) tavan bölgesindeki yenilmeler, diğer bir deyişle tavan bölgesi için plastik zon ortadan kalmıştır. Ancak duvarlarda bir miktar yenilme kalmıştır. Bu durum sağ duvar bölgesinde püskürtme betonda da yenilmeler oluşmasına neden olmuştur. Kaçkar Riyodasiti SK-2 bölgesi için yapılan analizlerde tavan bölgesinde ve duvar bölgelerinde bir miktar yenilme kalmaktadır. Bu durum plastik zonun kalınlığının azalmasına ancak ortadan kalkmamasına neden olmuştur. Ayrıca, her iki tüp için de hem tavan hem duvar

bölgelerinde püskürtme betonda yenilmeler meydana gelmektedir. Kaçkar Riyodasiti SK 3-4 için tavan bölgesinde püskürtme betonda yenilmeler meydana gelmektedir. Gerilme birikimlerinden dolayı sağ duvarın ayak bölgelerinde püskürtme betonda yenilmeler meydana gelmektedir. Çatak Formasyonu (SK 5-6) incelendiğinde tünel tavanı ve duvarlarındaki yenilmeler destek sistemleri uygulanmasına rağmen hala çok çok fazladır. Plastik zon kalınlıkları tavanda ve duvarda azalmasına rağmen tavan bölgesinde püskürtme betonda yenilmeler ortaya çıkmaktadır. SK-7 bölgesi için ise tünel çevresinde tüm yenilmeler ve plastik zon ortadan kalmıştır. Çatak Formasyonu SK 7'nin duvar kısımları dışında tüm bölgelerde yer değiştirme değerleri destek sistemlerinin uygulanmasından sonra düşüş göstermiştir. Be veriler, RMR_{89} sınıflaması tarafından önerilen destek sistemlerinin tünel etrafında oluşan yenilmeleri ortadan kaldırmak için yeterli olmadığını göstermektedir. Q sisteminin önerdiği destek sistemleri uygulandığında, Esiroğlu Formasyonu (SK 1) tünel tavanında ve daha yoğun olarak tünel duvarlarında yenilmeler görülmektedir. Tünel duvarlarında yoğun olarak yenilme görülmesinin sebebi, sistemin duvar için sadece bulonlama önermesinden dolayıdır. Kaçkar Riyodasiti (SK 2) bölgesinde önerilen destek sistemleri tünel tavan ve duvarlarında yenilmeleri ortadan kaldıramamıştır. Bu durum, tünel tavanında püskürtme betonda yenilmeler oluşmasına sebep olmaktadır. Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) incelendiğinde tünel duvarlarında yeni yenilmeler olduğu göze çarpmaktadır. Çatak Formasyonu (SK 5-6) için plastik zonun kalınlığında bir azalma göze çarpmaktadır. Ancak yenilmeler tamamen ortadan kalmamıştır ve tavan bölgesinde bulunan püskürtme betonda yenilmelerin oluşmasına sebebiyet vermiştir. SK-7 bölgesi için ise tüm yenilmeler ortadan kalkmıştır. Çatak Formasyonu SK 7'nin duvar kısımları dışında tüm bölgelerde yer değiştirme değerleri destek sistemlerinin uygulanmasından sonra düşüş göstermiştir. Q sınıflaması tarafından önerilen destek sistemlerinin tünel güzergâhındaki kaya kütleleri için yeterli olmadığı görülmektedir.

- R_{Mi} sisteminin önerdiği destek sistemleri uygulandığında tünel tavan bölgesi için tüm yenilmeler dolayısıyla plastik zon ortadan kalkmıştır. Duvar bölgesinde ise plastik zon kalınlığında azalma söz konusudur. Bu bölgede R_{Mi} sisteminin destek elemanlarında yenilme söz konusu değildir. Kaçkar Riyodasiti SK 2 için tavan ve duvarda bir miktar yenilmeler bulunmaktadır. Bu bölgelerde plastik zon tamamen ortadan kalmamıştır. Tavan bölgesinde püskürtme betonda yenilmeler olduğu göze çarpmaktadır. SK 3-4 bölgesi için yapılan analizlerde ise uygulanan destek sistemleri tavanda yeni yenilmelerin oluşmasına sebep olmuştur. Tavan bölgesinde püskürtme betonda yenilmeler oluşmuştur.

Çatak Formasyonu (SK 5-6) bölgesinde sol tüpte tüm yenilmeler ortadan kalkarken sağ tüpte tavan ve duvar bölgelerinde yenilmeler bulunmaktadır. Her iki tüpte de tavan bölgelerinde püskürtme betonda yenilmeler oluşmaktadır. Çatak Formasyonu SK-7 için bütün yenilmeler ve plastik zon ortadan kalkmıştır. Yer değiştirme değerleri ise SK 7 duvarları dışında tüm bölgelerde azalma göstermiştir. Elde edilen veriler, R_{Mi} sınıflamasının önerdiği destek sistemlerinin RMR₈₉ ve Q sınıflamaları tarafından önerilen destek sistemlerinden daha iyi çalışmasına rağmen bazı bölgelerde hala yenilmelerin bulunduğu belirlenmiştir.

- Genel olarak değerlendirildiğinde, RMR₈₉, Q ve R_{Mi} kaya kütle sınıflamalarından elde edilen destek sistemlerinin uygulanmasından sonra tünel çevresinde meydana gelen yenilmelerin tamamen ortadan kalkmadığı belirlenmiştir.

8. Kaya kütle sınıflamalarından elde edilen destek sistemlerinin uygulanmasından sonra yapılan sayısal analiz sonuçları dikkate alınarak tünel etrafında meydana gelen yenilmeleri tamamen ortadan kaldıracak optimum destek sistemleri önerilmiş ve sayısal analizler yapılmıştır. Bu sayısal analizlere ait sonuçların diğer sayısal analiz sonuçları ile karşılaştırılması sonucunda;

- Esiroğlu Formasyonu (SK 1) için Q ve R_{Mi} sistemlerinin önerdikleri kaya bulonu uzunlukları ve aralıklarının hem tavan hem de duvar için gereğinden fazla olduğu sonucuna varılmıştır. RMR₈₉ sistemi tarafından önerilen kaya bulonu aralıklarının ise gereğinden kısa olduğu belirlenmiştir. RMR₈₉ tel kafesli, R_{Mi} çelik lifli püskürtme beton önermektedir. Bu çalışmada ise destek içermeyen püskürtme beton önerilmiştir. Bu önerinin RMR₈₉'a göre avantajı tel kafes uygulanması için gerekli olan sürenin ortadan kaldırılmasıdır. R_{Mi}' ye göre avantajı ise püskürtme beton kalınlığının neredeyse yarıya indirilmesi ve çelik lif kullanılmamasıdır. Q sınıflaması ise, bu çalışmada önerilenden daha ince destek içermeyen püskürtme beton önermektedir. Ancak, bu çalışmada önerilen ve daha kalın olan püskürtme beton, tünel tavan bölgesindeki tüm yenilmeleri ortadan kaldırmaktadır. Diğer bir deyişle Q sisteminin önerdiği püskürtme beton kalınlığı bu bölge için yetersiz kalmaktadır ancak püskürtme betonda yenilmeler meydana gelmemektedir. Duvar bölgesinde ise tüm destek sistemleri, kaya bulonu uzunluğu-kaya bulonu aralığı bakımından gereğinden fazla destekleme önermektedirler. Önerilen püskürtme beton değerleri incelendiğinde en ince püskürtme beton kalınlığı değerlerini RMR₈₉ (3 cm) ve Q (0 cm) sistemleri vermiştir. Ancak bu bölgelerde yenilmeler tamamen ortadan

kalkmamaktadır. Bu çalışmada önerilen püskürtme beton (5cm) ise yan duvar bölgelerindeki tüm yenilmeleri ortadan kaldırmaktadır.

- Kaçkar Riyodasiti (SK 2) için bu çalışmada önerilen destek sistemleri diğer sistemlerle tek tek karşılaştırılacak olursa, tüm sistemlerin önerdikleri kaya bulonu uzunluklarının neredeyse iki kat fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada önerilen kaya bulonu aralıkları ise diğer sistemlerin kaya bulonu aralıkları neredeyse aynı değerlere sahiptir. Püskürtme betonlar açısından karşılaştırmalar yapıldığında, RMR_{89} ile bu çalışmada önerilen püskürtme beton kalınlıkları aynıdır, ancak bu çalışmada önerilen püskürtme betonda hasır montajı için zaman kaybı söz konusu değildir. Ayrıca RMR_{89} 'un püskürtme beton önerisi tavan bölgesinde yenilmektedir. RMi ve Q sınıflaması bu çalışmada önerilen ve destek içermeyen püskürtme betondan daha ince püskürtme beton kalınlıkları önermektedirler. RMi çelik lifli, Q ise hasır destekli püskürtme beton önermektedir. Ancak bu destek önerileri de tünelin tavan bölgesinde yenilmektedir. Bu çalışmada önerilen destek sistemleri duvar bölgesi için diğer sistemlerle karşılaştırıldığında, diğer sistemler kaya bulonu uzunluklarını gereğinden fazla önermişlerdir. Kaya bulonu aralıkları karşılaştırıldığında tüm önerilerin neredeyse aynı değerleri verdikleri görülebilmektedir. RMR_{89} ve Q sistemlerinin önerdiği püskürtme beton duvarlarda yenilirken RMi ve bu çalışmada önerilen püskürtme betonlar bu bölgelerde yenilmemektedir.

- Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) için yapılan karşılaştırmalarda, tüm sistemler bulonlama önerirken bu çalışmada gerekli olacak bölgeler için lokal bulonlama önerilmiştir. Diğer sistemler kendi içlerinde birbirleri ile karşılaştırıldığında kaya bulonu aralığı-kaya bulonu uzunluğu bakımından neredeyse aynı değerleri vermektedirler. Duvar bölgesi için ise, Q ve bu çalışma tarafından lokal bulonlama önerilmektedir. Bu çalışmada, lokal bulonlama gerekliliğinin hangi şartlarda ortaya çıkacağı önceden kestirilmesi zor bir olgu olduğu için Q sisteminin aksine lokal kaya bulonlama için kaya bulonu aralığı ve uzunluğu önerilmemiştir. SK 3-4 bölgesi için bu çalışmada önerilen püskürtme beton kalınlığının, RMR_{89} hariç, diğer sistemlerin önerdikleri püskürtme beton kalınlıklarından oldukça fazla olduğu görülebilmektedir. Ancak RMR_{89} da dahil olmak üzere tüm sistemlerin püskürtme beton önerileri tünel tavanında yenilmektedir. Duvar bölgesindeki püskürtme beton önerileri karşılaştırıldığında RMR_{89} ve RMi daha ince püskürtme beton önermişlerdir, ancak yenilmelerin oluşmasına engel olamamışlardır. Bu çalışmada önerilen püskürtme beton bu bölgelerde yenilme göstermemiştir.

- Çatak Formasyonu (SK 5-6) için yapılan analizlerde tavan bölgesi için RMR_{89} , RMi ve Q sistemleri aynı sayılabilecek kaya bulonu aralığı ve kaya bulonu uzunluklarını vermektedirler. Bu çalışmada destek sistemi için ise desteksiz durumda oluşan yenilmeler göz önüne alınarak diğer sistemlere göre daha fazla kaya bulonu uzunluğu önerilmiştir. Ancak neredeyse diğer sistemlerle aynı sayılabilecek kaya bulonu aralığı mesafesi belirlenmiştir. Duvarlar incelendiğinde ise, bu çalışmadaki destek sisteminin kaya bulonları diğer sistemlerin önerdiği kaya bulonlarından daha kısa, kaya bulonu aralıkları ise daha geniştir. Püskürtme betonlar karşılaştırıldığında, ise bu çalışmada önerilen püskürtme beton RMR_{89} ve Q sınıflamalarının önerdiklerine göre oldukça kalın görünmesine karşın yenilmeleri tavan için minimum miktara indirmektedirken, RMi 'de yenilmelerin RMR_{89} ve Q sınıflamasına göre daha az miktarda ancak bu çalışmada önerilen destek sisteminden fazla olduğu göze çarpmaktadır. RMi sisteminin önerdiği püskürtme beton ile bu çalışmada önerilen püskürtme beton kalınlıkları hem duvar hem tavan için aynı kalınlıktadır. Ancak bu çalışmada önerilen püskürtme betonda çelik lif yoktur. RMR_{89} ve Q sistemlerinin önerdiği püskürtme betonlarda yenilmeler olmamasına karşın tünelin duvar bölgesinde yenilmeler ortadan kalkmamaktadır.

- Çatak Formasyonu (SK 7) için yapılan karşılaştırmalarda ise RMR_{89} , RMi , Q sınıflama sistemleri hemen hemen aynı kaya bulonu uzunluğu önermekteyken, bu çalışmada önerilen kaya bulonu uzunlukları diğer sistemlerin yarısı kadar uzunluktadır. Kaya bulonu aralıkları bakımından karşılaştırıldıklarında Q (1,7-2,1m) ve bu çalışmada önerilenler (2 m) aynı aralık değerlerine sahiptir. Duvarlar için önerilen kaya bulonları karşılaştırıldığında bu çalışmada önerilen kaya bulonu uzunlukları RMi sisteminin önerdiği kaya bulonu uzunlukları ile yakınlık göstermektedirler. Püskürtme beton önerileri karşılaştırıldığında bu çalışmada püskürtme beton değerleri Q sınıflamasının önerdiği püskürtme beton önerileri ile yakın değerler göstermektedir. SK-7 bölgesi için tüm kaya kütle sınıflamalarının önerileri yenilmeleri ortadan kaldırmaktadır. Ancak bu çalışmada önerilen destek sistemi daha uzun kaya bulonu aralıkları, daha kısa kaya bulonları ve tavanda daha ince olan püskürtme beton desteği ile diğer sınıflamalardan daha avantajlı olmaktadır.

10. Bu çalışmada duvarların ayak bölgesindeki yenilmelerin, tünel kazısı sonucu ortaya çıkan yenilmelere ek olarak, tünel şekline bağlı olarak tünel çevresindeki gerilmelerin ayak bölgesine iletilmesi sonucu meydana gelen gerilme birikimlerinden dolayı olduğu

düşünülmektedir. Bu sebeple duvar bölgesi için destek önerileri ve önerilen destek sistemlerinin kritiği yapılırken bu bölgelerdeki yenilmelere göre destekleme yapılmamıştır.

11. Bu çalışmada RMR_{89} , RMi , Q kaya kütle sınıflamalarının destek önerileri incelenmiş ve daha sonra yeni destek sistemi önerilerinde bulunulmuştur. RMR_{89} , RMi , Q kaya kütle sınıflamalarından elde edilen destek sistemlerinin püskürtme betonlarında meydana gelen yenilmelerin, püskürtme betonu gerçekçi değerler içerisinde kalınlaştırarak veya hasır destekli yapılarak ortadan kalkmadığı belirlenmiştir. Bu sebeple püskürtme beton dayanımı 30 MPa yerine 40 MPa olarak önerilmiş ve sayısal analizlerde bu değer kullanılmıştır.

12. Bu çalışma kapsamında önerilen destek sistemleri uygulandıktan sonra yapılan sayısal analizlerle Çatak Formasyonu (SK 5-6) bölgesi dışında tüm bölgelerde yenilmeler ortadan kalkmış olup SK 5-6 bölgesinde yenilmeler en düşük seviyelere indirilmiştir. Yapılan sayısal analizler, ampirik sınıflamalardan elde edilen ön destek tasarımlarının her zaman yeterli olmayacağını göstermektedir. Buradan çıkarılacak sonuç ise destek sistemleri önerilmeden önce sayısal analizlerle kontrol edilmesi gerekliliğidir.

13. Bu çalışmada önerilen destek sistemlerinin tünel güzergâhı boyunca geçilecek olan formasyonlar için önerilen destek sistemleriyle (RMR_{89} , RMi ve Q) benzerlik açısından irdelenmesi sonucunda;

- Esiroğlu Formasyonu (SK 1) bölgesi tünel tavanı için kaya bulonu uzunluğu RMR_{89} ile aynıyken, kaya bulonu aralıkları Q ile yakın değer göstermektedir. Püskürtme beton kalınlıkları bakımından incelendiğinde ise RMR_{89} ile aynı kalınlıkta fakat hasır önermemektedir. Duvar bölgesi açısından incelendiğinde ise RMi 'nin kaya bulonu uzunlukları ve Q 'nun kaya bulonu aralıkları ile çok yakın değerlerdedir. Duvar için önerilen püskürtme beton değerlerinde ise RMR_{89} ile yakın değerler göstermektedir.

- Kaçkar Riyodasiti (SK 2) bölgesi tünel tavanı için kaya bulonu uzunluğu diğer sistemlerin önerdikleri daha uzundur ve uyuşmamaktadır. Kaya bulonu aralıkları incelendiğinde hem RMi hem de Q ile benzerlik göstermektedir. Püskürtme beton kalınlıkları bakımından incelendiğinde ise RMR_{89} ile benzerlik göstermekte ancak çelik hasır içermemektedir. Duvar bölgesi için incelendiğinde kaya bulonu uzunlukları diğer sistemlerden çok farklı olmasına rağmen, Q sisteminin kaya bulonu aralıkları ile benzerlik göstermektedir. Püskürtme beton kalınlıkları ise tekrar RMR_{89} değerleri ile uyum göstermekte ancak hasır içermemektedir.

- Kaçkar Riyodasiti (SK 3-4) bölgesi tünel tavanı için kaya bulonu uzunluğu değerleri lokal bulonlama önerildiği için diğer sistemlerle karşılaştırılmamıştır. Püskürtme beton bakımından incelendiğinde sadece duvar bölgesinde R_{Mi} ile olan yakın benzerlik göze çarpmaktadır.

- Çatak Formasyonu (SK 5-6) bölgesi tünel tavanı için kaya bulonu uzunluğu R_{MR89} ile yakın değerler vermektedir. Kaya bulonu aralıklarına bakıldığında ise R_{MR89} ve Q ile benzerlik göstermektedir. Püskürtme beton açısından ise R_{Mi} ile aynı değeri vermekte fakat R_{Mi} çelik lif içermektedir. Duvar bölgesinde ise kaya bulonu uzunluğu R_{Mi} ile, kaya bulonu aralıkları Q ile benzerlik göstermektedir. Püskürtme beton bakımından incelendiğinde ise R_{Mi} ile benzerlik göstermekte ancak R_{Mi} çelik lif içermektedir.

- Çatak Formasyonu (SK 7) bölgesi için yapılan incelemelerde kaya bulonu uzunluğu diğer sistemlerden farklı olup, kaya bulonu aralıkları tavan için Q ile benzerlik göstermektedir. Püskürtme beton kalınlığı da Q ile benzerlik göstermektedir ancak çelik hasır içermemektedir. Duvar için ise kaya bulonu uzunluğu R_{Mi} ile, kaya bulonu aralıkları ise Q ile benzerdir. Püskürtme beton kalınlığı da Q ile aynıdır.

- Sonuç olarak, tavan bölgesinde genel olarak R_{MR89}'un püskürtme beton kalınlıkları, Q sınıflama sisteminin kaya bulonu aralıkları önerilen destek sistemiyle benzerlik göstermektedir. Duvarda ise Q sisteminin kaya bulonu aralıkları, R_{Mi}'nin kaya bulonu uzunlukları ve R_{MR89}'un püskürtme beton kalınlıkları ile benzerlik göstermektedir. Hatırlanması gereken durum ise bu çalışmada önerilen püskürtme beton dayanımının fazla olmasıdır.

14. Bu çalışmada önerilen destek sistemi dışında diğer destek sistemleri ele alındığında genel olarak tüm birimler için en iyi sonucu R_{Mi} kaya kütle sınıflamasının önerdiği destek sistemleri vermektedir.

KAYNAKLAR

- Adamia, S. H. A., Lordkipadinze, M. B. ve Zakariadze, G. S.,** 1977. Evolution of Active Continental Margin as Exemplified by the Alpine History of the Caucasus. *Tectonophysics*, 40, 183-199.
- AİGM (Afet İşleri Genel Müdürlüğü),** 1996. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, , Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 26 s.
- Ağar, Ü.,** 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi, doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, 59 s
- Alemdağ, S.,** 2004. Atasu Barajı (Trabzon) Eksen Yerindeki Bazaltın Ayrışma Derecesi ve Eksen Yeri Olabilirliği. FÜ, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 91 s
- Altınbaş, A. F.,** 1994. Maçka (Meryemana) Medoş Taş Ocağındaki Kireçtaşının Agrega Olma Açısından İncelenmesi, KTÜ, Yüksek Lisan Tezi, Trabzon, 67 s
- Arslan, M., Kolaylı, H., Temizel, İ., Çiftçi, E., Alp, İ., Yılmaz, A.O. ve Er, M.,** 2005 Petrography, Geochemistry and Formation Conditions of Gümüşhane and Bayburt a Area Travertine and Onyx Deposits, NE Turkey, Proceeding of 1st International Sympoisum on Travertine, Denizli, Turkey, 171-176.
- ASTM,** 2000. Standart Test Method for Pressuremeter Testing in Soils: Annual Book of ASTM Standards. ASTM Publications, Philadelphia.
- Ataoğlu, E.,** 1993. Bağışlı Köyü (Maçka) Ve Çevresindeki Yamaçların Duyarlılık Açısından İncelenmesi, KTÜ, Yüksek Lisans Tezi, 1993.Trabzon, 137 s
- Attewell, P.B., Farmer, I.W.,** 1976. Principles of Engineering Geology, Chapman and Hall, London, 1045.
- Aydan, Ö., Shimizu, Y. ve Kavvamoto, T.,** 1995. A Portable System for In-situ Characterization of Surface Morphology and Frictional Properties of Rock Discontinuities. Proc 4th Intl. Symp. Field Measurements in Geomechanics, Bergamo, Italy, 463-470.
- Aydın, F., Karşı, O., Sadıklar, M. B.,** 2003. Mineralogy and Chemistry of Biotites from Eastern Pontide Granitoid Rocks, NE-Turkey: Some Petrological Implications for Granitoid Magmas *Chemie der Erde-Geochemistry*, Volume 63, Issue 2, 2003 Pages 163-182

- Aydın., F.,** 2014. Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Maçka subvolcanic intrusions: implications for the Late Cretaceous magmatic and geodynamic evolution of the eastern part of the Sakarya Zone, northeastern Turkey, *International Geology Review*
- Baguelin, F., Jezequel, J. F., And Shields, D. H.,** 1978. The pressuremeter and foundation engineering. Trans. Tech. Publ., Clausthal, Germany
- Barton, N., Lien, R. & Lunde, J.,** 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*. 6: 4: 189-236.
- Barton, N., R.,** 2002. Some New Q-value Correlations to Assist in Site Characterization and Tunnel Design, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science.*, 39, 1, 185-216.
- Barton, N. ve Bandis, S.,** 1982. Effect of Block Size on the Shear Behavior of Jointed Rock, Issue in Rock Mechanic, 23 rd U.S. Symposium on Rock Mechanic, Berkeley, California, Society of Mining Engineers of AIME.
- Barton, N. ve Bandis, S.,** 1990. Review of Predictive Capabilities of JRC-JCS Model In Engineering Practice, Rock Joints, Leon, Norway. Balkema, Rotterdam, 603-610.
- Barton, N. ve Choubey, V.,** 1977. The Shear Strength of Rock Joints in Theory and Practice, *Rock Mechanics*, 10, 1-2, 1-54.
- Baykal, A.,** 1952. Kelkit-Şiran Bölgesine Jeolojik Araştırmalar. MTA Der. Rap. No.2205, Ankara
- Bektaş, O.,** 1987. Volcanic belts as markers of the Mesozoic–Cenozoic active margin of Eurasia: discussion. *Tectonophysics* 141, 345–347.
- Bektaş, O. ve Çapkinoğlu, Ş.,** 1997. Doğu Pontid Magmatik Arkında (KD Türkiye) Neptüniyen Dayklar ve Blok Tektoniği: Mesozoyik Havzalarının Kinematığı ile İlgili Bulgular. Çukurova Univ. Jeoloji Eğitiminde 20 yıl sempozyumu, Bildiri Özetleri, 187-189, Adana.
- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y., Köprübaşı, N.,** 1999. Migration Of The Upper Cretaceous Subduction-Related Volcanism Towards The Back-Arc Basin Of The Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey) *Geological Journal*, 34, pp 95-106.
- 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 pp.
- Cai, M., Kaiser, P., K., Tasaka, Y. ve 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.
- Celada, B. and Tardaguila, I., Varona, P., Rodriguez A., Bieniawski, Z.T.**, 2014. Innovating Tunnel Design by an Improved Experience-based RMR System. World Tunnel Congress 2014, May 9th to 15th 2014, Iguassu Falls Brazil.
- Deere, D.U.**, 1964. Technical description of rock cores for engineering purposes. Rock Mech. Rock Eng. 1, pp 17–22.
- Dokuz, A.**, 1990. Maçka (Trabzon) Yöresi Jeolojisi ve Piroklastik Kayaçların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Erguvanlı, K.**, 1950. Trabzon-Gümüşhane arasındaki bölgenin jeolojik etüdü hakkında rapor. M.T.A. Rap. No. 2273, Ankara
- Erguvanlı, K.**, 1952. Trabzon-Gümüşhane Arasının Jeolojisi, MTA, Ankara.
- Erguvanlı, K. ve Tarhan, F.**, 1980. Doğu Karadeniz Kıyı Şeridindeki Kitle Hareketlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi. KTÜ Yerbilimleri Dergisi, 100. Yıl Özel Sayı, Trabzon
- Fenner, R.**, 1938. Untersuchungen zur Erkenntnis des Gebirgsdrucks, Glückauf, 74, 32, 681-695.
- Gedik, A. ve Korkmaz, S.**, 1987. Rize, Fındıklı, Çamlıhemşin Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi ve Petrol Oluşumları. MTA Der. Rap. No. 8283, Ankara
- Gedik, İ.**, 2001. Microplates (terranes) of Turkey and their types and the Importance of Strike-Slip-Faults in Building Geological Structures. Fourth International Turkish Geology Symposium. September , Adana, 186.
- Gedik, İ.**, 2003. Türkiye Jeolojisinin Oluşumunda “Terrane” Yapısının Önemi. Türkiye Jeoloji Kurultayı, ağrılı Konferans, Bildiri Özleri Kitabı, Ankara. 281-283.
- Gedik, İ., Kırmacı, Z., apkinoğlu, Ş., Özer, E., Eren, M.**, 1996. Doğu Pontidlerin jeolojik gelişimi. K.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30.yıl Sempozyumu, bildiriler kitabı, 654-678.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S., Özsayar, T.**, 1979. The main lines of geotectonic development in the East Pontids in the Mesozoic areas: Geochronology, 555-580.

- Geniş, M., Basarir, H., Ozarslana, A., Bilir, E., Balaban, E.,** 2007. Engineering geological appraisal of the rock masses and preliminary support design, Dorukhan Tunnel, Zonguldak, Turkey. *Engineering Geology*, 92, pp 14–26
- Goel, R., K., Jethwa, J., L. ve Paithankar, A., G.,** 1995. Indian Experiences with Q and RMR Systems, *Tunnelling and Underground Space Technology*. 10, 1, 97-109.
- Goodman, R. E.,** 1989. *Introduction to Rock Mechanics*. John Wiley and Sons, Second Edition, 562
- Grimstad, E. ve 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.
- Gülibrahimoğlu, İ., Nalbantoğlu, A. K., Saraloğlu, A., Doksanbir, T., Yağcı, A. ve Kırıcı, M.,** 1985. Trabzon-Maçka güneyi maden jeolojisi raporu. MTA Derleme Rap. No.7895, Ankara
- Güven, İ. H.,** 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA Yayınları, Ankara (Yayınlanmamış).
- Güven, İ. H.,** 1998. 1/100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Trabzon-C29 ve C29 Paftaları, MTA Yayınları, Ankara.
- Hoek, E. ve Brown, E., T.,** 1980. *Underground Excavations in Rock*, Institution of Mining and Metallurgy, London, 527 s.
- Hoek, E., Kaiser, P.K. and Bawden, W.H.,** 1995. *Support of Underground Excavations in Hard Rock*. Rotterdam, Balkema.
- Hoek, E. ve Brown, E., T.,** 1998. Practical Estimates of Rock Mass Strength, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 34, 8, 1165-1186.
- Hoek, E.,** 1999a. Putting Numbers to Geology- An Engineer's View Report. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 32, 1-19
- Hoek, E., Carranza –Torres, C. T., and Corkum, B.,** 2002. Hoek-Brown failure criterion-2002 edition. *Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium*, Toronto, Canada,1, pp. 267-273.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics),** 1978. *Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests: Suggested Methods for the Quantitative*

- Description of discontinuities in Rock Masses, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics, Abstracts, 15, 319-68.
- ISRM, (International Society for Rock Mechanics),** 1981. ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring, Pergamon Press, London, 211 s.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics),** 1981a. ISRM Suggested Methods: Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses, Pergamon Press, Oxford, UK, 211 s.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics),** 1985. Suggested Method for Determining Point Load Strength, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics, Abstracts, 2, 22, 53-60.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics),** 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring, eds: Ulusay R., J.A. Hudson, Kazan Offset Pres, Ankara, 628 s.
- Jenning, J., E.,** 1970. A Mathematical Theory for the Calculation of the Stability of Slopes in Open Cast Mines, Symposium on Planning Open Pit Mines, Balkema, August, Cape Town, Proceedings book: 87-112.
- Ketin, İ.,** 1948. Über die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums. Geol. Rundsch. Pp. 36,77-83.
- Ketin, İ.,** 1951. Bayburt bölgesinin jeolojisi hakkında, İst. Üniv. Fen Fak. Mecm., seri B, cilt XVI, sayı 2, İstanbul
- Ketin, İ.,** 1966. “Anadolu’nun Tektonik Birlikleri”, MTA dergisi No:66, 20-25
- KGM (Karayolları Genel Müdürlüğü),** 1997. NATM Uygulamalı Yeraltı Tünel İşleri Teknik Şartnamesi, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- KGM (Karayolları Genel Müdürlüğü),** 2013. Trabzon-Gümüşhane Devlet Karayolu Maçka Varyantı Maçka Tüneli Jeolojik –Jeoteknik Raporu, Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü.
- Korkmaz, T.,** 1988. Maçka-Gürgenagaç (Trabzon) Yeni Yol Şevlerinin Duraylılık Açısından incelenmesi. Trabzon, Yüksek Lisans Tezi, 1988, 139 s.
- Kökçüoğlu, H.,** 2006. Sonlu Elemanlar Metodu İle Tünel Modellemesi ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Kurt, İ., Özkan, M. K., Karşlı, Ş., Çolak, T. ve Topçu, T.,** 2006. Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeodinamik ve Metalojenik Evrimi. MTA Der. Rap. No. 10875, Ankara
- Marinos, P and Hoek, E.,** 2000. GSI – A geologically friendly tool for rock mass strength estimation. Proc. GeoEng2000 Conference, Melbourne. 1422-1442
- Menard, L.,** 1956. An Apparatus for Measuring the Strength of Soils in Place. MSc Thesis, University of Illinois, Urbana
- Menard, L.,** 1975. "Interpretation and Application of Pressuremeter Results" Sols Soils, No. 26, Centre D' Etudes Menard, Paris, France: pp 34-41.
- ÖNORM (Österreichischer Normen) B2203,** 1994. Untertagebauarbeiten Werkvertragsnorm, Österreichischer Normen, Österreich.
- Özsayar, T., Pelin, S., Gedikoğlu, A.,** 1981. Doğu Pontidler’de Kretase. KTU Yer Bilimleri Dergisi, Jeoloji, 1/2, 65-114, Trabzon
- Palmström, A.,** 1995. Rmi-a rock mass characterization system for rock engineering purposes. Ph.D. thesis, Univ. Of Oslo, Norway, 400 pp
- Palmström, A.,** 1996. Rmi-A System for Rock Mass Strength for Use in Rock Engineering. Journal of Rock Mechanics and Tunneling Technique, India, 1 (2), 69-108
- Palmström, A.,** 2000. Recent Developments in Rock Support Estimates by the Rmi, Journal of Rock Mechanics and Tunnelling Technology, 6, 1, 1-19.
- Pelin, S.,** 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi, Doçentlik Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Piteau, D., R.,** 1970. Geological Factors Significant to the Stability of Slopes Cut in Rock, International Symposium on Planning Open Pit Mines, South African Institute of Mining and Metallurgy, October, Johannesburg, Proceedings book: 33-53.
- Priest, S., D. ve Hudson, J.A.,** 1976. Discontinuity spacing in rock, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics, Abstracts, 13, 135- 148.
- Rocscience,** 2004. Dips v5.0 Graphical and Statistical Analysis of Orientation Data, Rocscience Inc., Toronto, Ontario, Canada.
- Rocscience,** 2008. Phase2 v7.0 Finite Element Analysis for Excavations and Slopes, Rocscience Inc., Toronto, Ontario, Canada.

- Sheorey, P.R., Murali, M.G., Sinha, A.,** 2001. Influence of elastic constants on the horizontal in situ stress. *Int. J. Rock Mech. Min.Sci.* 38 (1), pp 1211–1216.
- Sönmez, H., and Ulusay. R.,** 1999. Modifications to the geological strength index (GSI) and their applicability to stability of slopes. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, (36), 743-760.
- Sönmez, H., and Ulusay. R.,** 2002. A discussion On The Hoek Brown Failure Criterion and Suggested Modification to The Criterion Verified by Slope Stability Case Studies, *Yerbilimleri*, 26, 77-9
- Swan, G.,** 1981. Tribology and The Characterization of Rock Joints. *Proc. 22nd U.S. Rock Mechanics Symposium*, Boston, 402-407
- Taşlı K.,** 1984. İkisu (Gümüşhane) İle Hamsiköy (Trabzon) yörelerinin jeolojisi ve Berdiga formasyonunun biyostratigrafik denestirmesi», K.Ü. Fen Bil., Ens. MMLS Tezi» Trabzon (yayınlanmamış).
- Terzaghi, K.,** 1946. Terzaghi, K., 1946, Rock defects and loads on tunnel supports, Rock tunneling with steel supports, Commercial Shearing and Stamping Co., Youngstown, Ohio.
- Tokel, S.,** 1981. Plaka Tektoniğinde Magmatik Yerleşimler ve Jeokimya. Türkiye’den örnekler. *Yer Yuvarı ve İnsan Derg.*, s. 6, 3-4, Ankara
- Türk, E.,** 2009. Geç Kretase Yaşlı Çatak Formasyonu (Maçka-Trabzon) Çeşmeler Üyesinin Foraminifer Faunası ve Biyostratigrafisi. *KTÜ, Yüksek Lisans Tezi*, Trabzon, 75 s.
- Türk- Japon Ekibi,** 1974. Report on Geological Survey of Trabzon Area, Northeastern Turkey, MTA Raporu, MTA Aşiv No: 30670, Ankara.
- Uğuz, M. F. vd.,** 2011. Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi (Bayburt-Gümüşhane-Trabzon), MTA, Ankara
- Ulusay, R. ve Sönmez, H.,** 2007. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, 2. Baskı, Jeoloji Mühendisleri Odası, 292s., Ankara.
- Vardar, M.,** 1979. Yeraltı Kaya Yapıları Mekaniğinde Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi’nin Ana İlkeleri, Ankrajlar ve Boyutlandırılması, D.S.İ. Mühendislik Jeolojisi Toplantısı, İstanbul, 6 s.
- Wissbach, C.,** 1978. A New Method for The Determination of The Roughness of Rock Joints in Laboratory, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 16, 303-307

- Wyllie, D., C. ve Mah, C., W.,** 1999. Rock Slope Engineering, Spon Press, New York, 437 s
- Yılmaz, C.,** 1997. Maçka–Zigana yöresinde Üst Kretase sürecindeki yay-ıçi çökel kayıtları ve bölge jeolojisiindeki önemi.Yer Bilimleri. Sayı No:30, ISSN 1019-1003.
- Yılmaz, C., Karşı, O.,** 2000. Trabzon Maçka yöresindeki Kretase yaşlı kayaçların birikim koşulları: Karadeniz’in açılmasına ilişkin çökel kayıtlar. TÜBİTAK. Proje No:YDABÇAG-596/G.
- Yılmaz, Y.,** 1972. Petrology and Structure of Gümüşhane Granite and Surrounding Rocks. Ph. D. Thesis, University of London, 260 s, England
- Yılmaz, Y.,** 1974. Geology of the Gümüşhane granite (petrography): Rev. Fac. Sci. d'Univ. İstanbul, B 39, 157-172.

EKLER

EK 1. JEOTEKNİK AMAÇLI SONDAJ LOGLARI

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06810 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 1**
SAYFA Page No: **1 / 5**

PROJE ADI / Project Name	: TRABZON - GÜMÜŞHANE YOLU	BAŞ. - BİT. TAR. / Start-Finish Date	: 14/09/2012 - 19/09/2012
SONDAJ YERİ / Boring Location	: GÜZERGAH / PORTAL	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 6.00 m (HW) 18.00 m (NW)
KILOMETRE / Chainage	: 24+262.94	YASS ve Ölçüm Tarihi / GWL & Date	: 37.50 m - 05/10/2012
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 46.00 m	KOOR. SİSTEMİ / Coord. System	: TM39 ED50
DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 46.00 m (NW)	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X	: 4 521 756.66
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met.	: CRG1-D500 (1832) / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y	: 552 317.95
SONDÖR / Driller	: Mahmut AÇIKEL	SONDAJ KOTU / Elevation (m)	: 334.55

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)		STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows			GRAFİK Graph								
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm									
0		0.00															
1	K-1																
2	SPT-1	1.50	SPT-1			5	4	6	10	10					20	-	
3	K-2	1.95															
4	SPT-2	3.00	SPT-2			9	15	11	26	26					29	-	
5	K-3	3.90	P-1	8.50	99										21	-	
6	SPT-3	4.50	SPT-3			12	25	45	70	70							
7	K-4	4.95													38	-	
8		6.00															

YAMAÇ MOLOZU

Sarı - sarımsı kahverenkli, killi kumlu ÇAKIL. Islak, ince - iri taneli, sert, köşeli - yarı köşeli, muhtelif kökenli ; % 10 - 20 ince - iri taneli, dağınık, sert, kumlu ; % 10 - 15, düşük plastisiteli ince malzemeli.

Birim içerisinde; % 30 - 40, sert, köşeli, dayanımlı - orta dayanımlı, orta derecede ayrılmış, maks. 30 cm'ye varan volkanik kökenli kayalar parçaları içermektedir.

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE TANELİ / Fine Grained			İRİ TANELİ / Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	Ç. GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYRIŞMIŞ	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N : >30	SERT	Hard			
KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR / Proportions					
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	%5	PEK AZ	Slightly
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	%5-20	AZ	Little
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)	% 15-35	ÇOK	Very	%20-50	ÇOK	Very
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35	VE	And			
%90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						
SPT	Standart Penetrasyon Testi		S	Sediman Numunesi / Sediment Sample		SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer			KONTROL Checked		
BST	Basınçlı Su Testi		K	Karot Numunesi / Core Sample		İSİM Cem BOZKURT					
UD	Örselenmemiş Numune		P	Pressiyometre Deneyi		Jeoloji Mühendisi					
	Undisturbed Sample		k	Permeabilite Deneyi		İMZA					
				Permeability Test		Signature					

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE

YP-9110-FRM-0081

Sondaj Logu

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06810 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 1**
SAYFA Page No: **3 / 5**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)					
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph				
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm										N			
16	K-11	16.50	SPT-11		26	29	50 10	R		ÇAKILTAŞI Sarı - sarımsı açık kahverenkli, az - orta sert yer yer dağınık, zayıf - orta zayıf yer yer çok zayıf dayanımlı, orta - çok yer yer tümüyle ayrılmış. ince - iri taneli, kil - silt matrisli. Süreksizlikler; 30°, 45°, açık, mat, pürüzlü, kil dolgulu.	V	IV/V	>20	100	59						
17		16.90						R													
18	K-12	17.40	P-7	43.40	5965												2-10	85	46		
19	K-13	19.50								VOLKANİK BREŞ Yeşil - yeşilimsi gri renkli, sert, dayanımlı, az ayrılmış. volkanik hamur (lav) içerisinde; % 30 - 50 oranında maks. 10 cm 'ye varan sert, dayanımlı, az ayrılmış, köşeli - yarı köşeli volkanik kökenli kayaç parçaları içermektedir.	I	II	1	100	100						
20	K-14	20.40	P-8	43.80	27877												100	100			
21	K-15	21.00																			
22		22.50								17.90 m			1-2	100	80						
23	K-16	23.40	P-9	43.70	27789																
24	K-17	24.00	BST-1																		
25		25.50										1		100	100						
26	K-18	26.00																	100	91	
														SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer			KONTROL Checked				
										İSİM Name											
										İMZA Signature											

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

Rev. No: 01

Bu doküman YP IT grubunun programları kullanılarak otomatik olarak çizilmiştir.

Rev. Tar: 13.07.2011

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukseproje.com.tr
www.yukseproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 1**
SAYFA Page No: **4 / 5**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30									40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
26	K-18	26.40	P-10	43.80	28022																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukseproje.com.tr
www.yukseproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 1**
SAYFA Page No: **5 / 5**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)			
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph													
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30									40	50	60
36		36.00																					
	K-25	36.50															100	90					
37		37.00																					
	K-26																100	95					
38		38.00																					
	K-27		BST-4														100	84					
39		39.00																					
	K-28																100	75					
40		40.50																					
	K-29																100	89					
42		42.00																					
	K-30																100	97					
43		43.50																					
	K-31																100	80					
45		45.00																					
	K-32																100	90					
46	Sandık - 6/9 (30.00 - 34.00) m Sandık - 1/9 (0.00 - 13.50) m	46.00																					
Not : Kuyuya yeraltısuyu gözlemleri için 46.00 m Ø50 mm perfore PVC boru indirilip, 40x40x15 cm boyutlarında kuyu ağzı betonu yapılmıştır.														SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer					KONTROL Checked				
														İSİM Name					Cem BOZKURT Jeoloji Mühendisi				
														İMZA Signature									

ÇAKILLI KUMTAŞI

Yeşil - yeşilimsi gri - yer yer kahverenkli, sert, dayanımlı, az - yer yer orta derecede ayrılmış, orta - iri taneli, kalın tabakalı, sıkı - çok sıkı tutturulmuş. İçerisinde; % 10 - 30, ince - orta taneli, sert, dayanımlı, köşeli - yarı köşeli. Muhtelif kökenli çakıl boyutunda malzeme içermektedir.

Süreksizlikler ; 30°, 45°, 60° açık, mat, pürüzlü, FeO boyalı.

Kumlu Kireçtaşı.

Gri - açık gri - yer yer sarımsı kahverenkli, sert, dayanımlı, orta derecede ayrılmış.

Süreksizlikler ; 10°, 30°, açık mat pürüzlü, FeO boyalı.

SONDAJ MÜHENDİSİ
Drilling Engineer

İSİM
Name

İMZA
Signature

YÜKSEL PROJE

YP-9110-FRM-0081

Sondaj Logu

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06810 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 2**
SAYFA Page No: **1 / 8**

PROJE ADI / Project Name	TRABZON - GÜMÜŞHANE YOLU	BAŞ. - BİT. TAR. / Start-Finish Date	30/08/2012 - 05/09/2012
SONDAJ YERİ / Boring Location	GÜZERGAH / TUNEL	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	24.00 m (HW) 25.50 m (NW)
KILOMETRE / Chainage	24+500.00	YASS ve Ölçüm Tarihi / GWL & Date	44.80 m - 05/10/2012
SONDAJ DER. / Boring Depth	75.00 m	KOOR. SİSTEMİ / Coord. System	TM39 ED50
DELİK ÇAPI / Hole Diameter	75.00 m (NQWL)	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X	4 521 589.02
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met.	FM B-53 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y	552 173.98
SONDÖR / Driller	Bayram KAVAKLI	SONDAJ KOTU / Elevation (m)	369.23

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRİ BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)	
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm									
0																	
1		1.50															
2	K-1																
3	SPT-1	3.00	SPT-1			6	7	19	26								
		3.45															
4	K-2	3.90	P-1	13.10	94												
		4.50	SPT-2			17	7	17	24								
5		4.95															
6	K-3	6.00															

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE TANELİ / Fine Grained			İRİ TANELİ / Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N: 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N: 0-4	Ç. GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N: 3-4	YUMUŞAK	Soft	N: 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYRIŞMIŞ	Mod. Weath.	N: 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N: 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Highly W.	N: 9-15	KATI	Stiff	N: 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.	N: 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N: >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N: >30	SERT	Hard			
KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR / Proportions					
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	%5	PEK AZ	Slightly
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	%5-20	AZ	Little
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)	% 15-35	ÇOK	Very	%20-50	ÇOK	Very
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35	VE	And			
%90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						
SPT	Standart Penetrasyon Testi		S	Sediman Numunesi / Sediment Sample		SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer			KONTROL Checked		
BST	Standart Penetrasyon Testi		K	Karot Numunesi / Core Sample		İSİM Eray KURDOĞLU					
UD	Basınçlı Su Testi		P	Pressiyometre Deneyi		Jeoloji Mühendisi					
	Water Pressure Test			Pressuremeter Test							
	Örselenmemiş Numune		k	Permeabilite Deneyi							
	Undisturbed Sample			Permeability Test							

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

Rev. No: 01

Bu doküman YP IT grubunun programları kullanılarak otomatik olarak çizilmiştir.

Rev. Tar: 13.07.2011

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukseproje.com.tr
www.yukseproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 2**
SAYFA Page No: **2 / 8**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test							JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
						10 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
6	SPT-3	6.90	SPT-3		10	-	-	R		10	20	30	40	50	60	YAMAÇ MOLOZU Kahve - açık kahverenkli - yer yer yeşilimsi gri renkli, kumlu ÇAKIL. Islak , ince - iri taneli , sert , köşeli - yarı köşeli, volkanik kökenli; % 20 - 40 , ince - iri taneli , dağınık - sert kumlu ; eser ince malzemeli. Birim içerisinde %10-30 oranında maks. 30 cm 'ye varan, sert, orta dayanımlı, orta derecede ayrılmış, volkanik kökenli bloklar gözlenmiştir.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
7	K-4	6.90	P-2	23.30	396																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Caddesi No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ Borehole	No:	SK 2
SAYFA Page	No:	3 / 8

[illegible]

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 2**
SAYFA Page No: **4 / 8**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test												JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T.Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
26	K-17	26.40	P-8	43.50	2936																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

DASİT

Kahve - sarımsı kahverenkli, orta sert - yer yer az sert, orta - orta zayıf - yer yer zayıf dayanımlı, orta - çok ayrılmış.

Süreksizlikler ; 0°, 45°, 60°, 90°, açık, mat, pürüzlü, kil dolgulu, FeO boyalı.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 2**
SAYFA Page No: **5 / 8**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm ²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)		
				NET LIMIT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph	
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm										N
36	K-23	36.50											2-10	50	17			
													1					
37	K-24													73	27			
38		38.00																
	K-25												2-10	80	27			
39		39.50																
	K-26													60	0			
41		41.00											>20					
	K-27												2-10	80	43			
42		42.50																
													1-2					
43	K-28													100	20			
44		44.00																
	K-29												10-20	100	30			
45		45.50																
	K-30													100	40			
										SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer		KONTROL Checked						
										İSİM Name		Eray KURDOĞLU Jeoloji Mühendisi						
										İMZA Signature								

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

NISSERT
ISO 9001:2008
ISO 14001:2004
OHSAS 18001:2007

SONDAJ LOGU / BORING LOG

[illegible]

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 2**
SAYFA Page No: **7 / 8**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₉₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
56	K-37	56.00	BST-2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukseproje.com.tr
www.yukseproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 2**
SAYFA Page No: **8 / 8**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₉₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
										10	20	30									40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
66	K-43	66.50	BST-3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						</

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06810 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukseproje.com.tr
www.yukseproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 3**
SAYFA Page No: **1 / 7**

PROJE ADI / Project Name	TRABZON - GÜMÜŞHANE YOLU	BAŞ. - BİT. TAR. / Start-Finish Date	05/08/2012 - 11/08/2012
SONDAJ YERİ / Boring Location	GÜZERGAH / TUNEL	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	6.00 m (HW) 12.00 m (NW)
KILOMETRE / Chainage	25+400.00	YASS ve Ölçüm Tarihi / GWL & Date	45.20 m - 05/10/2012
SONDAJ DER. / Boring Depth	57.00 m	KOOR. SİSTEMİ / Coord. System	TM39 ED50
DELİK ÇAPI / Hole Diameter	57.00 m (NW)	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X	4 520 891.94
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met.	CRG1-D500 (1832) / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y	551 601.26
SONDÖR / Driller	Mahmut AÇIKEL	SONDAJ KOTU / Elevation (m)	373.71

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRİ BOYU Run	YERİNDE DENEYİ In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)		STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)	
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows			GRAFİK Graph									
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm										N
0		0.00																
1	K-1																	
2	K-2	1.50																
3		2.40	P-1	11.10	177										67	-		
4	SPT-1	3.00	SPT-1			9	13	14	27									
5		3.45																
6	K-3																	
7		4.50	SPT-2			9	11	19	30						67	-		
8	SPT-2	4.95																
9	K-4																	
10		6.00													67	-		

YAMAÇ MOLOZU

Sarı - sarımsı açık kahve renkli, orta sıkı, molozlu - bloklu kumlu ÇAKIL. Nemli, ince - iri taneli, sert, köşeli - yarı köşeli, volkanik kökenli; % 10 - 20, ince - iri taneli, dağınık - sert; eser ince malzemeli.

Birim % 20 - 30, maks. 30 cm 'ye varan, sert, dayanımlı, volkanik kökenli moloz - bloklar içermektedir.

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE TANELİ / Fine Grained			İRİ TANELİ / Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	Ç. GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYRIŞMIŞ	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N : >30	SERT	Hard			
KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR / Proportions					
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	%5	PEK AZ	Slightly
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	%5-20	AZ	Little
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)	% 15-35	ÇOK	Very	%20-50	ÇOK	Very
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35	VE	And			
%90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						
SPT	Standart Penetrasyon Testi		S	Sediman Numunesi / Sediment Sample		SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer			KONTROL Checked		
BST	Standart Penetrasyon Testi		K	Karot Numunesi / Core Sample		İSİM Seçkin ZEYREK					
UD	Basınçlı Su Testi		P	Pressiyometre Deneyi		Jeofizik Mühendisi					
	Water Pressure Test			Pressuremeter Test							
	Örselenmemiş Numune		k	Permeabilite Deneyi							
	Undisturbed Sample			Permeability Test							

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 3**
SAYFA Page No: **2 / 7**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm ²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)			
				NET LIMIT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph		
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm										N	
6	SPT-3	6.23	SPT-3		15	30	-	R											
7	K-5	6.90	P-2	30.00	342									63	-				
8	K-6	7.50												47	-				
9	SPT-4	9.00 9.05	SPT-4		50 5	-	-	R											
10	K-7	10.50												62	-				
11	K-8																		
12		12.00																	
13	K-9	12.90	P-3	41.40	5330									100	40				
14	K-10	13.50																	
15	K-11	15.00																	
16																			
										YAMAÇ MOLOZU		II/III	1-2	100	40	100	67	100	100
										Sarı - sarımsı açık kahve renkli, orta sıkı, molozlu - bloklu kumlu ÇAKIL. Nemli, ince - iri taneli, sert, köşeli - yarı köşeli, volkanik kökenli; % 10 - 20, ince - iri taneli, dağınık - sert; eser ince malzemeli.									
										Birim % 20 - 30, maks. 30 cm 'ye varan, sert, dayanımlı, volkanik kökenli moloz - bloklar içermektedir.									
										10.80 m		I/II	II	1	100	100	100	100	100
										DASİT									
										Yeşilimsi açık gri - gri - yer yer pembemsi gri renkli, sert, dayanımlı - orta dayanımlı, taze - az ayrılmış.									
										Süreksizlikler; 45°, 60°, 80°, 90°, açık, mat, pürüzlü, kil dolgulu, FeO boyalı.									
										SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer		KONTROL Checked							
										İSİM Name		Seçkin ZEYREK Jeofizik Mühendisi							
										İMZA Signature									

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

NISSERT
ISO 9001:2008
ISO 14001:2004
OHSAS 18001:2007

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)		STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test						JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T.Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)				
				NET LIMIT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph													
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20									30	40	50	60
16	K-11	16.50																					
17	K-12																						
18		18.00																					
19	K-13	19.50																					
20	K-14	20.40	P-4	53.20	110589																		
21		21.00																					
22	K-15	22.50																					
23	K-16	23.40	P-5	47.80	110473																		
24		24.00																					
25	K-17	25.50																					
26	K-18																						
												SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer		KONTROL Checked									
												İSİM Name		Seçkin ZEYREK Jeofizik Mühendisi									
												İMZA Signature											

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 3**
SAYFA Page No: **4 / 7**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEYİ In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
26	K-18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 3**
SAYFA Page No: **5 / 7**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)	
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph											
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30									40
36		36.50																			
37	K-26	37.50															100	85			
38	K-27																100	87			
39		39.00																			
40	K-28	40.50															100	93			
41	K-29	41.00															100	100			
42		42.00	BST-2																		
43	K-30	43.00															100	100			
44	K-31	43.50															100	93			
45	K-32	45.00															100	100			
46																					
										SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer				KONTROL Checked							
										İSİM Name				Seçkin ZEYREK Jeofizik Mühendisi							
										İMZA Signature											

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 3**
SAYFA Page No: **6 / 7**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
										10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
46	K-32	46.50	BST-3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 3**
SAYFA Page No: **7 / 7**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE ÇİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm ²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)		
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph	
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm										N
56	K-39																	
57		57.00							(Tanımı Önceki Sayfadadır.)		I/I	I/I	1-2	93	97			
58									KUYU SONU: 57.00 m Sandık - 1/13 (0.00 - 7.70) m Sandık - 2/13 (7.70 - 13.00) m Sandık - 3/13 (13.00 - 17.00) m Sandık - 4/13 (17.00 - 21.00) m Sandık - 5/13 (21.00 - 25.00) m Sandık - 6/13 (25.00 - 29.00) m Sandık - 7/13 (29.00 - 33.00) m Sandık - 8/13 (33.00 - 37.00) m Sandık - 9/13 (37.00 - 41.00) m Sandık - 10/13 (41.00 - 45.00) m Sandık - 11/13 (45.00 - 49.00) m Sandık - 12/13 (49.00 - 53.00) m Sandık - 13/13 (53.00 - 57.00) m									
59																		
60																		
61																		
62																		
63																		
64																		
65																		
66																		
Not : Kuyuya yeraltısuyu gözlemleri için 57.00 m Ø50 mm perfore PVC boru indirilip, 40x40x15 cm boyutlarında kuyu ağzı betonu yapılmıştır.									SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer		KONTROL Checked							
									İSİM Name		Seçkin ZEYREK Jeofizik Mühendisi							
									İMZA Signature									

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06810 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 4**
SAYFA Page No: **1 / 6**

PROJE ADI / Project Name	TRABZON - GÜMÜŞHANE YOLU	BAŞ. - BİT. TAR. / Start-Finish Date	17/09/2012 - 21/09/2012
SONDAJ YERİ / Boring Location	GÜZERGAH / TÜNEL	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	12.00 m (HW) 24.00 m (NW)
KILOMETRE / Chainage	25+492.74	YASS ve Ölçüm Tarihi / GWL & Date	39.10 m - 05/10/2012
SONDAJ DER. / Boring Depth	48.00 m	KOOR. SİSTEMİ / Coord. System	TM39 ED50
DELİK ÇAPI / Hole Diameter	48.00 m (NQWL)	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X	4 520 801.30
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met.	KMZ D-750 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y	551 574.28
SONDÖR / Driller	Ahmet KAVAKLI	SONDAJ KOTU / Elevation (m)	366.52

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVR A BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)	
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm									
0																	
1																	
1.50	SPT-1	1.50	SPT-1		50	10	-	-	R								
2	K-1																
3		3.00															
4	K-2																
4.50	SPT-2	4.50	SPT-2		12	11	11	22									
5	K-3	4.95															
6		6.00															

YAMAÇ MOLOZU

Kahve - sarımsı kahverenkli, orta sıkı, molozlu - bloklu siltli kumlu ÇAKIL. Islak, ince - iri taneli, sert, köşeli - yarı köşeli, volkanik kökenli; % 30 - 40 ince - iri taneli, sert - dağınık, kumlu; % 20 - 50, sert, dayanımlı, orta - çok ayrılmış, maks. 20 cm 'ye varan volkanik kökenli molozlu - bloklu; % 10 - 20 ince malzemeli.

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE TANELİ / Fine Grained			İRİ TANELİ / Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	Ç. GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYRIŞMIŞ	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N : >30	SERT	Hard			
KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR / Proportions					
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	%5	PEK AZ	Slightly
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	%5-20	AZ	Little
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)	% 15-35	ÇOK	Very	%20-50	ÇOK	Very
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35	VE	And			
%90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						
SPT	Standart Penetrasyon Testi		S	Sediman Numunesi / Sediment Sample		SONDAJ MÜHENDİSİ		KONTROL			
BST	Standart Penetrasyon Testi		K	Karot Numunesi / Core Sample		Drilling Engineer		Checked			
UD	Basınçlı Su Testi		P	Pressiyometre Deneyi		İSİM					
	Water Pressure Test			Pressuremeter Test		Seçkin ZEYREK					
	Örselenmemiş Numune		k	Permeabilite Deneyi		Jeofizik Mühendisi					
	Undisturbed Sample			Permeability Test		İMZA					
						Signature					

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukseproje.com.tr
www.yukseproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 4**
SAYFA Page No: **2 / 6**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)										
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph									
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm										N								
6	SPT-3	6.45	SPT-3	5.20	81	8	10	13	23		YAMAÇ MOLOZU Kahve - sarımsı kahverengli, orta sıkı, molozlu - bloklu siltli kumlu ÇAKIL. Islak, ince - iri taneli, sert, köşeli - yarı köşeli, volkanik kökenli; % 30 - 40 ince - iri taneli, sert - dağınık, kumlu; % 20 - 50, sert, dayanımlı, orta - çok ayrılmış, maks. 20 cm 'ye varan volkanik kökenli molozlu - bloklu; % 10 - 20 ince malzemeli.															
7	K-4	7.50																								
8	SPT-4	7.95	SPT-4			3	2	1	3									3								
9	K-5	8.40	P-1																							
10	SPT-5	9.00	SPT-5			15	13	11	24									24								
10	SPT-6	9.45	SPT-6			8	8	10	18									18								
10	K-6	9.90	P-2																							
11	SPT-7	10.50	SPT-7			7	50	-	R									R								
12	K-7	10.70																								
13	K-8	12.00																								
14	SPT-8	13.50	SPT-8	6	6	9	15	15																		
15	K-9	14.40	P-4	9.50	130																					
16	SPT-9	15.00	SPT-9	8	8	0	8	8																		
16	K-10	15.45																								
										SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer	KONTROL Checked															
										İSİM Name	Seçkin ZEYREK Jeofizik Mühendisi															
										İMZA Signature																

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 4**
SAYFA Page No: **3 / 6**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm ²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₉₀ (MPa)			
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph		
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm									N	10 20 30 40 50 60	
16	K-10	16.50	SPT-10			12	11	9	20								76	-	
17		16.95																	
	K-11	17.40	P-5	17.80	200														
18	SPT-11	18.00	SPT-11			50/10	-	-	R										
		18.10																	
	K-12																		
19	SPT-12	19.50	SPT-12			50/5	-	-	R										
		19.55																	
	K-13	20.40	P-6	32.80	476														
20																			
21	SPT-13	21.00	SPT-13			17	7	0	7										
		21.45																	
22	K-14																		
	SPT-14	22.50	SPT-14			8	14	50/10	R										
		22.90																	
23	K-15																		
24		24.00																	
	K-16																		
25																			
		25.50																	
26	K-17																		
YAMAÇ MOLOZU Kahve - sarımsı kahverenkli, orta sıkı, molozlu - bloklu siltli kumlu ÇAKIL. Islak, ince - iri taneli, sert, köşeli - yarı köşeli, volkanik kökenli; % 30 - 40 ince - iri taneli, sert - dağınık, kumlu; % 20 - 50, sert, dayanımlı, orta - çok ayrılmış, maks. 20 cm 'ye varan volkanik kökenli molozlu - bloklu; % 10 - 20 ince malzemeli.																			
23.80 m																			
DASIT Kahve - açık kahverenkli, az - orta sert, orta - zayıf dayanımlı, çok ayrılmış. Süreksizlikler; 70°, 90°, açık, mat, pürüzlü, kum-kilt-silt dolgulu, FeO boyalı.																			
SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer											KONTROL Checked								
İSİM Name											Seçkin ZEYREK Jeofizik Mühendisi								
İMZA Signature																			

YAMAÇ MOLOZU

Kahve - sarımsı kahverenkli, orta sıkı, molozlu - bloklu siltli kumlu ÇAKIL. Islak, ince - iri taneli, sert, köşeli - yarı köşeli, volkanik kökenli; % 30 - 40 ince - iri taneli, sert - dağınık, kumlu; % 20 - 50, sert, dayanımlı, orta - çok ayrılmış, maks. 20 cm 'ye varan volkanik kökenli molozlu - bloklu; % 10 - 20 ince malzemeli.

DASİT

Kahve - açık kahverenkli, az - orta sert, orta - zayıf dayanımlı, çok ayrılmış.

Sürekliçlikler; 70°, 90°, açık, mat, pürüzlü, kum-kilt-silt dolgulu, FeO boyalı.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 4**
SAYFA Page No: **4 / 6**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRİ BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)		
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph															
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50	60										
26	K-17	26.40	P-7	43.60	13578												(Tanımı Önceki Sayfadadır.)	26.40 m	III/IV	IV	10-20	87	13		
27		27.00																							
28	K-18	28.50																				100	87		
29	K-19	29.40	P-8	43.80	27818																2-10	100	87		
30		30.00																							
31	K-20																								
32		32.40	BST-1	45.90	27614																I	I/II	1-2	100	77
33		33.00																				2-10			
34	K-21	34.00																					1	100	73
35																							1-2		
36		36.00																					10-20		
																	SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer		KONTROL Checked						
																	İSİM Name		Seçkin ZEYREK Jeofizik Mühendisi						
																	İMZA Signature								

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



Sondaj Logu

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 4**
SAYFA Page No: **5 / 6**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T-Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFIK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30									40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
36	K-22	36.00	BST-2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</

DASİT

Gri - koyu gri - yeşilimsi gri renkli,
sert, dayanımlı, az yer yer orta
derecede ayrılmış.

Süreksizlikler; 20°, 30°, 45°, 60°,
80°, 90°, açık, mat, pürüzlü, FeO
boyalı; kapalı çatlaklar; 45°, 60°,
80°, 90°, 1 - 2 mm kalsit dolgulu,
düzensiz, seyrek.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 4**
SAYFA Page No: **6 / 6**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE ÇİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm ²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)		
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph	
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm										N
46																		
47	K-25								DASİT Gri - koyu gri - yeşilimsi gri renkli, sert, dayanımlı, az yer yer orta derecede ayrılmış. Süreksizlikler; 20°, 30°, 45°, 60°, 80°, 90°, açık, mat, pürüzlü, FeO boyalı; kapalı çatlaklar; 45°, 60°, 80°, 90°, 1 - 2 mm kalsit dolgulu, düzensiz, seyrek.		I	II/III	1-2	100	87			
48		48.00							KUYU SONU: 48.00 m Sandık - 1/7 (1.60 - 15.45) m Sandık - 2/7 (15.45 - 24.50) m Sandık - 3/7 (24.50 - 29.00) m Sandık - 4/7 (29.00 - 34.00) m Sandık - 5/7 (34.00 - 39.00) m Sandık - 6/7 (39.00 - 44.00) m Sandık - 7/7 (44.00 - 48.00) m									
49																		
50																		
51																		
52																		
53																		
54																		
55																		
56																		
Not : Kuyuya yeraltısuyu gözlemleri için 48.00 m Ø50 mm perforé PVC boru indirilip, 40x40x15 cm boyutlarında kuyu ağızı betonu yapılmıştır.										SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer		KONTROL Checked						
										İSİM Name		Seçkin ZEYREK Jeofizik Mühendisi						
										İMZA Signature								

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **1 / 18**

PROJE ADI / Project Name	TRABZON - GÜMÜŞHANE YOLU	BAŞ. - BİT. TAR. / Start-Finish Date	04/08/2012 - 26/08/2012
SONDAJ YERİ / Boring Location	GÜZERGAH / TUNEL	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	3.00 m (HW) 13.50 m (NW)
KILOMETRE / Chainage	26+485.00	YASS ve Ölçüm Tarihi / GWL & Date	79.80 m - 05/10/2012
SONDAJ DER. / Boring Depth	175.00 m	KOOR. SİSTEMİ / Coord. System	TM39 ED50
DELİK ÇAPI / Hole Diameter	175.00 m (NQWL)	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X	4 520 064.52
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met.	FM B-53 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y	550 903.80
SONDÖR / Driller	Bayram KAVAKLI	SONDAJ KOTU / Elevation (m)	513.62

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEYİ In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)		STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)
				NET LIMIT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph											
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40								
0		0.15												(Tanımı Sonraki Sayfadadır.) 0.15 m							
1	K-1																10-20				
		1.50															1-2	104	30		
2	K-2																10-20				
		2.40	P-1	49.20	1114												1-2	80	32		
3		3.00																			
	K-3																				
4		4.50																			
		5.40	P-2	43.80	22460												1				
5	K-4																				
		6.00															10-20	93	62		
6																					

DAYANIMLILIK / Strength				AYRIŞMA / Weathering				İNCE TANELİ / Fine Grained				İRİ TANELİ / Coarse Grained			
I	DAYANIMLI	Strong		I	TAZE	Fresh		N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft		N : 0-4	Ç. GEVŞEK	V.Loose	
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong		II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.		N : 3-4	YUMUŞAK	Soft		N : 5-10	GEVŞEK	Loose	
III	ORTA ZAYIF	M.Weak		III	ORTA D. AYRIŞMIŞ	Mod. Weath.		N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff		N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense	
IV	ZAYIF	Weak		IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Highly W.		N : 9-15	KATI	Stiff		N : 31-50	SIKI	Dense	
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak		V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.		N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff		N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense	
								N : >30	SERT	Hard					
KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD				KIRIKLAR - 30 cm / Fractures				ORANLAR / Proportions							
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor		1	SEYREK	Wide (W)		% 5	PEK AZ	Slightly		%5	PEK AZ	Slightly	
%25-50	ZAYIF	Poor		1-2	ORTA	Moderate (M)		% 5-15	AZ	Little		%5-20	AZ	Little	
%50-75	ORTA	Fair		2-10	SIK	Close (Cl)		% 15-35	ÇOK	Very		%20-50	ÇOK	Very	
%75-90	İYİ	Good		10-20	ÇOK SIK	Intense (I)		% 35	VE	And					
%90-100	ÇOK İYİ	Excellent		>20	PARÇALI	Crushed (Cr)									
SPT	Standart Penetrasyon Testi			S	Sediman Numunesi / Sediment Sample			SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer				KONTROL Checked			
BST	Basınçlı Su Testi			K	Karot Numunesi / Core Sample			İSİM Eray KURDOĞLU							
UD	Örselenmemiş Numune Undisturbed Sample			P	Pressiyometre Deneyi Pressuremeter Test			Jeoloji Mühendisi							
				k	Permeabilite Deneyi Permeability Test			İMZA Signature							

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Caddesi No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukseproje.com.tr
www.yukseproje.com.tr



SONDAJ Borehole	No:	SK 5
SAYFA Page	No:	2 / 18

[illegible]

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Caddesi No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ Borehole	No:	SK 5
SAYFA Page	No:	3 / 18

[illegible]



SONDAJ Borehole	No:	SK 5
SAYFA Page	No:	4 / 18

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **5 / 18**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₉₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
				NET LIMIT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
36	K-20	38.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **6 / 18**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
										10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
46	K-23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **7 / 18**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE ÇİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm ²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)		
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph	
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm										N
56		56.00																
57	K-27																	
58																		
59		59.00																
60	K-28																	
61																		
62		62.00																
63	K-29																	
64																		
65		65.00																
66	K-30																	
KİREÇTAŞI Açık gri - bej renkli, sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az - orta derecede ayrılmış. Süreksizlikler; 10°, 30°, 45°, 60°, 90°, açık, mat, pürüzlü, FeO boyalı. Kapalı çatlaklar; 0°, 10°, 30°, 45°, 60°, 90°, 1-5 mm kalsit dolgulu, düzenli, seyrek. Yer yer 1 - 10 cm. arasında değişen diyorit porfir girişimleri gözlenmektedir. 60,2 - 60,4 m arasında muhtemel ezilme zonu gözlenmektedir.																		
SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer										KONTROL Checked								
İSİM Name										Eray KURDOĞLU Jeoloji Mühendisi								
İMZA Signature																		

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **8 / 18**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE ÇİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm ²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)		
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph	
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm										N
66									(Tanımı Önceki Sayfadadır.)		I/I	II/III	1-2					
67	K-30								66.40 m		II	III	10-20	100	77			
68		68.00																
69	K-31												2-10	100	63			
70																		
71		71.00							KİREÇTAŞI Gri - koyu gri renkli sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az - orta derecede ayrılmış.									
72									Süreksizlikler; 30°, 45°, 60°, 90°, açık, mat, pürüzlü FeO boyalı; Kapalı çatlaklar; 20°, 45°, 60°, 1-3 mm kalsit dolgulu, seyrek.		I/I	II	1	100	83			
73	K-32																	
74		74.00																
75	K-33													100	87			
76																		
SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer										KONTROL Checked								
İSİM Name										Eray KURDOĞLU Jeoloji Mühendisi								
İMZA Signature																		

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **9 / 18**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T-Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)									
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																			
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N																				
										10	20	30	40	50	60														
76	K-33																												
77		77.00																100	87										
78																													
79	K-34																	100	88										
80		80.00																											
81	K-35																	100	100										
82																													
83		83.00																											
84	K-36																	100	63										
85																													
86		86.00																											
										KİREÇTAŞI																			
										Gri - koyu gri renkli sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az - orta derecede ayrılmış.																			
										Süreksizlikler; 30°, 45°, 60°, 90°, açık, mat, pürüzlü FeO boyalı; Kapalı çatlaklar; 20°, 45°, 60°, 1-3 mm kalsit dolgulu, seyrek.																			
										83.50 m																			
										VOLKANİK BREŞ																			
										Açık gri - yeşilimsi gri renkli, sert - orta sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az - orta derecede ayrılmış volkanik hamur (lav) içerisinde; % 40 - 50 oranında , sert, köşeli - yarı köşeli, volkanik kökenli kayaç parçaları içerir.																			
										Süreksizlikler ; 45°, açık, mat, pürüzlü, FeO boyalı; kapalı çatlaklar; 80°, 1 - 5 mm kalsit dolgulu.																			
										85.90 m																			
										(Tanımı Sonrakı Sayıdadır.)																			
										SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer										KONTROL Checked									
										İSİM Name Eray KURDOĞLU Jeoloji Mühendisi																			
										İMZA Signature																			

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **10 / 18**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test										JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50									60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
86	K-37	86.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												</

VOLKANİK BREŞ

Gri renkli, sert - orta sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az ayrılmış volkanik hamur (lav) içerisinde; % 10 - 30 oranında, sert, köşeli - yarı köşeli, volkanik kökenli kayaç parçaları içerir.

89.50 m

KİREÇTAŞI

Yeşilimsi gri - açık gri renkli sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az ayrılmış.

Süreksizlikler; 30°, 45°, 60°, açık, mat, pürüzlü. Kapalı çatlaklar; 20°, 45°, 60°, 80°, 1 - 3 mm kalsit dolgulu, seyrek.

VOLKANİK BREŞ

92.60 m

Açık gri - yeşilimsi gri renkli, sert - orta sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az ayrılmış volkanik hamur (lav) içerisinde; % 20 - 30 oranında, sert, köşeli - yarı köşeli, volkanik kökenli kayaç parçaları içerir.

Süreksizlikler; 80°, açık, mat, pürüzlü; Kapalı çatlaklar; 10°, 45°, 60°, 80°, 90°, 1 - 3 mm kalsit dolgulu, seyrek.

93,30 - 93,50 m. arası muhtemel kayma düzlemi gözlenmiştir.

VOLKANİK BREŞ

94.30 m

Yeşilimsi gri - açık gri renkli, sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az ayrılmış volkanik hamur (lav) içerisinde; % 10 - 20 oranında, sert, köşeli - yarı köşeli, ince taneli, volkanik kökenli kayaç parçaları içerir.

Süreksizlikler ; 30°, 45°, 60°, açık, mat, pürüzlü. Kapalı çatlaklar; 20°, 45°, 60°, 80°, 1 - 3 mm kalsit dolgulu, seyrek.

YÜKSEL PROJE

YP-9110-FRM-0081

Sondaj Logu

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **11 / 18**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE ÇİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm ²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)	
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm									
96																	
97	K-40																
98		98.00															
99																	
100	K-41																
101		101.00															
102																	
103	K-42																
104		104.00															
105	K-43																
106																	

VOLKANİK BREŞ
Yeşilimsi gri - açık gri renkli, sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az ayrılmış volkanik hamur (lav) içerisinde, % 10 - 20 oranında, sert, köşeli - yarı köşeli, ince taneli, volkanik kökenli kayaç parçaları içerir.

Süreksizlikler ; 30°, 45°, 60°, açık, mat, pürüzlü. Kapalı çatlaklar; 20°, 45°, 60°, 80°, 1 - 3 mm kalsit dolgulu, seyrek.

SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer	KONTROL Checked
İSİM Name Eray KURDOĞLU Jeoloji Mühendisi	
İMZA Signature 	

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

Rev. No: 01

Bu doküman YP IT grubunun programları kullanılarak otomatik olarak çizilmiştir.

Rev. Tar: 13.07.2011

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **12 / 18**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test										JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T.Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
				NET LIMIT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
										10	20	30	40	50									60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
106	K-43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																</

VOLKANİK BREŞ
Yeşilimsi gri - açık gri renkli, sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az ayrılmış volkanik hamur (lav) içerisinde; % 10 - 20 oranında, sert, köşeli - yarı köşeli, ince taneli, volkanik kökenli kayaç parçaları içerir.

Süreksizlikler ; 30°, 45°, 60°, açık, mat, pürüzlü. Kapalı çatlaklar; 20°, 45°, 60°, 80°, 1 - 3 mm kalsit dolgulu, seyrek.

KİREÇTAŞI
Gri - koyu gri renkli sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az ayrılmış.



SONDAJ Borehole	No:	SK 5
SAYFA Page	No:	13 / 18

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Caddesi No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukseproje.com.tr
www.yukseproje.com.tr



SONDAJ Borehole	No:	SK 5
SAYFA Page	No:	14 / 18

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T.Core R.	ROD %	POINT LOAD / I _{sg} (MPa)	
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph											
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30									40
126																					
127	K-50																				
128		128.00																			
129	K-51																				
130																					
131		131.00																			
132	K-52																				
133																					
134		134.00																			
135	K-53																				
136																					
											(Tanımı Önceki Sayfadadır.)	126.10 m									
											VOLKANİK BREŞ										
											Açık gri - yeşilimsi gri renkli, sert - orta sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az ayrılmış volkanik hamur (lav) içerisinde;, % 10 - 25 oranında, sert, köşeli - yarı köşeli, ince taneli, volkanik kökenli kayaç parçaları içerir.										
											Süreksizlikler; 80°, açık, mat, pürüzlü. Kapalı çatlaklar; 45°, 60°, 90°, 1 - 3 mm kalsit dolgulu, seyrek, düzenli.										
											(Tanımı Sonraki Sayfadadır.)	135.40 m									
											SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer	KONTROL Checked									
											İSİM Name	Eray KURDOĞLU Jeoloji Mühendisi									
											İMZA Signature										

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **15 / 18**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
				NET LIMIT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
										10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
136	K-53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **16 / 18**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEYİ In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm ²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
146	K-57	146.00	BST-1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

KİREÇTAŞI

Gri - koyu gri renkli sert, dayanımlı
- orta dayanımlı, az ayrılmış.

Süreksizlikler; 10°, 30°, 45°, 90°,
kapalı, 1-3 mm kalsit dolgulu,
seyrek.

Yer yer 10 - 20 cm arasında
değişen diyorit porfir girişimleri
gözlenmiştir.

159,30 - 159,50 m. arasında
muhtemel kayma düzlemi
gözlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **17 / 18**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEYİ In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test							JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)		
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph											
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20									30	40
156		156.00																			
157	K-60																				
158		158.00	BST-2																		
159	K-61																				
160																					
161		161.00																			
162	K-62	162.00																			
163																					
164		164.00	BST-3																		
165	K-63																				
166		166.00																			
														SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer		KONTROL Checked					
														İSİM Name		Eray KURDOĞLU Jeoloji Mühendisi					
														İMZA Signature							

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 5**
SAYFA Page No: **18 / 18**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test										JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR)T.CoreR.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
										10	20	30	40	50									60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
166	K-63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06810 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukseproje.com.tr
www.yukseproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **1 / 16**

PROJE ADI / Project Name	TRABZON - GÜMÜŞHANE YOLU	BAŞ. - BİT. TAR. / Start-Finish Date	04/08/2012 - 28/08/2012
SONDAJ YERİ / Boring Location	GÜZERGAH / TUNEL	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	4.50 m (HW) 12.50 m (NW)
KILOMETRE / Chainage	26+661.37	YASS ve Ölçüm Tarihi / GWL & Date	64.10 m - 21/09/2012
SONDAJ DER. / Boring Depth	150.00 m	KOOR. SİSTEMİ / Coord. System	TM39 ED50
DELİK ÇAPI / Hole Diameter	150.00 m (NQWL)	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X	4 519 921.23
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met.	KMZ D-750 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y	550 804.69
SONDÖR / Driller	Ahmet KAVAKLI	SONDAJ KOTU / Elevation (m)	493.40

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30									40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
0		0.15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

DAYANIMLILIK / Strength				AYRIŞMA / Weathering				İNCE TANELİ / Fine Grained				İRİ TANELİ / Coarse Grained			
I	DAYANIMLI	Strong		I	TAZE	Fresh		N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft		N : 0-4	Ç. GEVŞEK	V.Loose	
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong		II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.		N : 3-4	YUMUŞAK	Soft		N : 5-10	GEVŞEK	Loose	
III	ORTA ZAYIF	M.Weak		III	ORTA D. AYRIŞMIŞ	Mod. Weath.		N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff		N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense	
IV	ZAYIF	Weak		IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Highly W.		N : 9-15	KATI	Stiff		N : 31-50	SIKI	Dense	
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak		V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.		N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff		N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense	
								N : >30	SERT	Hard					
KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD				KIRIKLAR - 30 cm / Fractures				ORANLAR / Proportions							
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor		1	SEYREK	Wide (W)		% 5	PEK AZ	Slightly		%5	PEK AZ	Slightly	
%25-50	ZAYIF	Poor		1-2	ORTA	Moderate (M)		% 5-15	AZ	Little		%5-20	AZ	Little	
%50-75	ORTA	Fair		2-10	SIK	Close (Cl)		% 15-35	ÇOK	Very		%20-50	ÇOK	Very	
%75-90	İYİ	Good		10-20	ÇOK SIK	Intense (I)		% 35	VE	And					
%90-100	ÇOK İYİ	Excellent		>20	PARÇALI	Crushed (Cr)									
SPT	Standart Penetrasyon Testi			S	Sediman Numunesi / Sediment Sample			SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer				KONTROL Checked			
BST	Basınçlı Su Testi			K	Karot Numunesi / Core Sample			İSİM Seçkin ZEYREK							
UD	Örselenmemiş Numune Undisturbed Sample			P	Pressiyometre Deneyi Pressuremeter Test			Jeofizik Mühendisi							
				k	Permeabilite Deneyi Permeability Test			İMZA Signature							

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **2 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR)T.CoreR.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				NET LIMIT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
										10	20	30									40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
6	K-5	6.00	P-1	43.10	3510															II	>20	93	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7		6.90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		7.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **3 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test												JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T.Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₉₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
				NET LIMIT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
16	K-11	16.50	P-3	43.70	38343																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukseproje.com.tr
www.yukseproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **4 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test												JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)
				NET LIMIT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph														
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50	60									
26	K-18															(Tanımı Önceki Sayfadadır.)	z v bz	I/II	II/III	1-2	87	30		
27		27.00																		10-20				
28	K-19																			2-10	100	40		
29		28.50																						
30	K-20		P-5	62.40	1294															10-20	100	13		
31		29.40																						
32	K-21																							
33		31.50																						
34	K-22		P-6	55.20	5104																			
35		32.40																						
36	K-23																			10-20	100	10		
37		33.00																						
38	K-24																			2-10				
39		34.50																		>20	100	13		
40	K-24		P-7	53.70	746															2-10				
41		35.40																		>20				
42		36.00																		>20				
SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer																KONTROL Checked								
İSİM Name																Seçkin ZEYREK Jeofizik Mühendisi								
İMZA Signature																								

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **5 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T.Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
36	K-25	36.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **6 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₉₀ (MPa)						
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph					
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm										N				
																			10	20	30	40
46	K-31	46.50												100	87							
47	K-32													100	53							
48		48.00																				
49	K-33	49.50												100	67							
50	K-34													100	87							
51		51.00																				
52	K-35	52.50												100	60							
53	K-36													100	60							
54		54.00																				
55	K-37	55.50												100	73							
56	K-38													100	80							
KİREÇTAŞI Yeşil - yeşilimsi açık gri - üst kısımlar kahve - açık kahverenkli, sert - orta sert, orta - orta zayıf dayanımlı, az - orta derecede yer yer çok ayrılmış. Süreksizlikler ; 30°, 45°, 60°, 90°, açık, mat, pürüzlü, FeO boyalı. Kapalı çatlaklar; 0°, 10°, 30°, 45°, 60°, 90°, 1-5 cm kalsit dolgulu.										II	II/III	1-2	100	87	100	60	100	60	100	73	100	80
SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer										KONTROL Checked												
İSİM Name										Seçkin ZEYREK Jeofizik Mühendisi												
İMZA Signature																						

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukseproje.com.tr
www.yukseproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **7 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)									
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																			
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N																				
										10	20	30									40	50	60						
56	K-38																												
57		57.00																											
58	K-39																												
		58.50																											
59	K-40																												
60		60.00																											
61	K-41																												
		61.50																											
62	K-42																												
63		63.00																											
64	K-43																												
		64.50																											
65	K-44																												
66		66.00																											
										KİREÇTAŞI																			
										Yeşil - yeşilimsi açık gri - üst kısımlar kahve - açık kahverenkli, sert - orta sert, orta - orta zayıf dayanımlı, az - orta derecede yer yer çok ayrılmış.																			
										Süreksizlikler ; 30°, 45°, 60°, 90°, açık, mat, pürüzlü, FeO boyalı. Kapalı çatlaklar; 0°, 10°, 30°, 45°, 60°, 90°, 1-5 cm kalsit dolgulu.																			

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Caddesi No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukseproje.com.tr
www.yukseproje.com.tr



SONDAJ
Borehole No: **SK 6**

SAYFA
Page No: **8 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test										JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TOR) T.Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50									60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
66	K-45	66.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											</

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **9 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30									40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
76	K-51	76.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.



SONDAJ Borehole	No:	SK 6
SAYFA Page	No:	10 / 16

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak, Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **11 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE ÇİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm ²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)					
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows											GRAFİK Graph				
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm										N			
96		96.00																			
97	K-64																				
98																					
99		99.00																			
100	K-65																				
101																					
102		102.00																			
103	K-66																				
104																					
105		105.00																			
106	K-67																				
										SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer		KONTROL Checked									
										İSİM Name		Seçkin ZEYREK Jeofizik Mühendisi									
										İMZA Signature											

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Erkil Onur TARI tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **12 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T.Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)	
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph											
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30									40
106																					
107	K-67																				
108		108.00																			
109	K-68																				
110																					
111		111.00																			
112	K-69																				
113																					
114		114.00																			
115	K-70																				
116																					
														SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer		KONTROL Checked					
														İSİM Name		Seçkin ZEYREK Jeofizik Mühendisi					
														İMZA Signature							

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **13 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
										10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
116	K-70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

KİREÇTAŞI

Gri - koyu gri renkli sert, dayanımlı
- orta dayanımlı, az ayrışmış.

Süreksizlikler; 45°, 60°, açık, mat,
pürüzlü FeO boyalı. Kapalı
çatlaklar; 20°, 45°, 60°, 90°, 1 - 3
mm kalsit dolgulu, seyrek.

Yer yer 50 cm'ye varan diyorit
porfir girişimleri gözlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr


NISSERT
180 1801 2000
180 14001 2000
CHINA 18001 2000



SONDAJ Borehole	No:	SK 6
SAYFA Page	No:	14 / 16

[illegible]

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **15 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm ²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test								JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T.Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30									40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
136																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 6**
SAYFA Page No: **16 / 16**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
146	K-80		BST-3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

KİREÇTAŞI

Gri renkli, sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az ayrılmış.

Süreksizlikler; 45°, 60°, açık, mat, pürüzlü, FeO boyalı. Kapalı çatlaklar; 0°, 20°, 45°, 60°, 1 - 3 mm kalsit dolgulu, seyrek.

Yer yer 50 cm 'ye varan diyorit porfir girişimleri gözlenmiştir.

KUYU SONU: 150.00 m

Sandık - 1/30 (0.15 - 4.75) m
Sandık - 2/30 (4.75 - 9.00) m
Sandık - 3/30 (9.00 - 14.00) m
Sandık - 4/30 (14.00 - 19.00) m
Sandık - 5/30 (19.00 - 24.00) m
Sandık - 6/30 (24.00 - 29.25) m
Sandık - 7/30 (29.25 - 34.50) m
Sandık - 8/30 (34.50 - 40.00) m
Sandık - 9/30 (40.00 - 45.00) m
Sandık - 10/30 (45.00 - 50.00) m
Sandık - 11/30 (50.00 - 55.00) m
Sandık - 12/30 (55.00 - 60.00) m
Sandık - 13/30 (60.00 - 65.00) m
Sandık - 14/30 (65.00 - 70.00) m
Sandık - 15/30 (70.00 - 75.00) m
Sandık - 16/30 (75.00 - 80.00) m
Sandık - 17/30 (80.00 - 85.00) m
Sandık - 18/30 (85.00 - 90.00) m
Sandık - 19/30 (90.00 - 95.00) m
Sandık - 20/30 (95.00 - 100.00) m
Sandık - 21/30 (100.00 - 105.00) m
Sandık - 22/30 (105.00 - 110.00) m
Sandık - 23/30 (110.00 - 115.00) m
Sandık - 24/30 (115.00 - 120.00) m
Sandık - 25/30 (120.00 - 125.00) m
Sandık - 26/30 (125.00 - 130.00) m
Sandık - 27/30 (130.00 - 135.00) m
Sandık - 28/30 (135.00 - 140.00) m
Sandık - 29/30 (140.00 - 145.00) m
Sandık - 30/30 (145.00 - 150.00) m

YÜKSEL PROJE

YP-9110-FRM-0081

Sondaj Logu

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06810 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 7**
SAYFA Page No: **1 / 5**

PROJE ADI / Project Name	TRABZON - GÜMÜŞHANE YOLU	BAŞ. - BİT. TAR. / Start-Finish Date	03/10/2012 - 06/10/2012
SONDAJ YERİ / Boring Location	GÜZERGAH / PORTAL	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	1.50 m (HW) 9.00 m (NW)
KILOMETRE / Chainage	26+924.48	YASS ve Ölçüm Tarihi / GWL & Date	21.00 m - 12/10/2012
SONDAJ DER. / Boring Depth	40.00 m	KOOR. SİSTEMİ / Coord. System	TM39 ED50
DELİK ÇAPI / Hole Diameter	40.00 m (NQWL)	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X	4 519 731.15
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met.	KMZ D-750 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y	550 621.78
SONDÖR / Driller	Ahmet KAVAKLI	SONDAJ KOTU / Elevation (m)	384.57

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVR A BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)		STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				NET LIMIT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows			GRAFİK Graph																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N									10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	K-1	0.00	P-1	42.10	4884																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

KUMLU KİREÇTAŞI

Gri - koyu gri - kahverengi renkli, sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az - orta derecede ayrılmış.

Süreksizlikler; 30°, 45°, 90°, açık, mat, pürüzlü, FeO boyalı. Kapalı çatlaklar; 10°, 90°, 1-3 mm kalsit dolgulu.

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE TANELİ / Fine Grained			İRİ TANELİ / Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	Ç. GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYRIŞMIŞ	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N : >30	SERT	Hard			
KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR / Proportions					
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	%5	PEK AZ	Slightly
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15	AZ	Little	%5-20	AZ	Little
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)	% 15-35	ÇOK	Very	%20-50	ÇOK	Very
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35	VE	And			
%90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						
SPT	Standart Penetrasyon Testi		S	Sediman Numunesi / Sediment Sample		SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer			KONTROL Checked		
BST	Basınçlı Su Testi		K	Karot Numunesi / Core Sample		İSİM Eray KURDOĞLU					
UD	Örselenmemiş Numune Undisturbed Sample		P	Pressiyometre Deneyi Pressuremeter Test		Jeoloji Mühendisi					
			k	Permeabilite Deneyi Permeability Test		İMZA Signature					

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak, Okan Mirza DOĞAN tarafından yeniden düzenlenmiştir.

Rev. No: 01

Bu doküman YP IT grubunun programları kullanılarak otomatik olarak çizilmiştir.

Rev. Tar: 13.07.2011

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 FAX: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 7**
SAYFA Page No: **2 / 5**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test					JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)
				NET LIMIT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows			GRAFİK Graph								
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm									
6	K-5	6.00															
7		7.00															
8	K-6																
9																	
10		9.90 10.00	P-3	40.80	8298												
11	K-7																
12																	
13		12.90 13.00	P-4	43.00	132690												
14	K-8																
15																	
16		15.90 16.00	P-5	47.20	132551												
Kumlu KİREÇTAŞI																	
Gri - koyu gri - kahverengi renkli, sert, dayanımlı - orta dayanımlı, az - orta derecede ayrılmış.																	
Süreksizlikler; 30°, 45°, 90°, açık, mat, pürüzlü, FeO boyalı. Kapalı çatlaklar; 10°, 90°, 1-3 mm kalsit dolgulu.																	
15.30 m																	
(Tanımı Sonraki Sayfadadır.)																	
SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer											KONTROL Checked						
İSİM Name											Eray KURDOĞLU Jeoloji Mühendisi						
İMZA Signature																	

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Okan Mirza DOĞAN tarafından yeniden düzenlenmiştir.

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Caddesi No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ Borehole No: **SK 7**

SAYFA
Page No: **3 / 5**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test							JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T.Core R.	ROD %	POINT LOAD / I _{sg} (MPa)				
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph													
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20									30	40	50	60
16	K-9	16.00																					
17																							
18																							
19	K-10	18.90 19.00	P-6	43.00	10915																		
20																							
21		BST-1																					
22	K-11	21.90 22.00	P-7	40.80	54913																		
23																							
24																							
25	K-12	24.90 25.00	P-8	48.80	35342																		
26																							
										SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer				KONTROL Checked									
										İSİM Name				Eray KURDOĞLU Jeoloji Mühendisi									
										İMZA Signature													

YÜKSEL PROJE

YP-9110-FRM-0081

Sondaj Logu

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 7**
SAYFA Page No: **4 / 5**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) T. Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows				GRAFİK Graph													
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	10	20	30	40	50	60								
26																							
27	K-12																						
28		27.90 28.00	P-9	44.10	7755															100	40		
29	K-13		BST-3																				
30																							
31		30.90 31.00	P-10	48.70	34693																		
32	K-14																						
33																							
34		33.90 34.00	P-11	45.50	3847																		
35	K-15																						
36																							
SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer																KONTROL Checked							
İSİM Name																Eray KURDOĞLU Jeoloji Mühendisi							
İMZA Signature																							

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Okan Mirza DOĞAN tarafından yeniden düzenlenmiştir.

Rev. No: 01

Bu doküman YP IT grubunun programları kullanılarak otomatik olarak çizilmiştir.

Rev. Tar: 13.07.2011

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 485 70 00 Faks: (312) 485 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr



SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **SK 7**
SAYFA Page No: **5 / 5**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE ÇİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm ²)		STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR) Core R.	RQD %	POINT LOAD / IS ₅₀ (MPa)	
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows												GRAFİK Graph
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N									
36	K-15																	
37		37.00																
38	K-16																	
39																		
40		40.00																
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		
46																		
Not : Kuyuya yeraltısuyu gözlemleri için 39.50 m Ø50 mm perfore PVC boru indirilip, 40x40x15 cm boyutlarında kuyu ağzı betonu yapılmıştır.										SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer		KONTROL Checked						
										İSİM Name		Eray KURDOĞLU Jeoloji Mühendisi						
										İMZA Signature								

Bu sondaj logu Jeolojik model ve laboratuvar deney sonuçları dikkate alınarak; Okan Mirza DOĞAN tarafından yeniden düzenlenmiştir.

EK 2. Deney Sonuçları

Esiroğlu Formasyonu								
Sondaj No	Derinlik (m)	Litoloji	RQD (%)	Birim Hacim Ağırlık (γ , kn/m ³)	Tek Eksenli Dayanım (σ_c , MPa)	Nokta Yük Dayanımı, ($I_{s(50)}$, MPa)	Elastisite Modülü (E_i , GPa)	Poisson Oranı (ν)
SK-1	13,70-13,88	Çakıлтаşı	69	24,81	36,3	-	33,03	0,29
SK-1	18,00-18,21	Çakıлтаşı	100	25,2	41,6	1,5-1,7	24,77	0,29
SK-1	22,75-22,95	Çakıлтаşı	100	25,01	45,2	1,8	-	-
SK-1	23,05-23,27	Çakıлтаşı	100	25,59	62,6	2,3-3,2	19,1	0,33
SK-1	24,55-24,95	Çakıлтаşı	100	24,42	32,6	1,1	-	-
SK-1	26,20-26,55	Çakıлтаşı	91	24,32	29,1	-	11,7	-
SK-1	29,60-29,85	Kumlu Kireçtaşı	29	24,42	57,7	-	11,4	-
SK-1	31,30-31,50	Çakıllı Kumtaşı	76	24,42	65,8	-	11,9	-
SK-1	35,50-35,80	Çakıllı Kumtaşı	100	25,69	88,8	-	21,3	-
SK-1	37,55-37,90	Çakıllı Kumtaşı	95	24,91	117,7	-	20,1	-
SK-1	39,20-39,48	Çakıllı Kumtaşı	75	24,91	39,3	-	-	-
Kaçkar Riyodasiti								
SK-2	46,10-46,28	Riyodasit	40	25,2	140,5	2,9	11,1	0,05
SK-2	46,50-46,70	Riyodasit	40	25,4	13,8	0,9-1,1	4,6	-
SK-2	49,00-49,21	Riyodasit	20	25,69	74,2	2,8-2,6	15,26	0,12
SK-2	53,50-53,65	Riyodasit	10	25,39	30,4	-	7,3	-
SK-2	55,00-55,22	Riyodasit	27	25,89	52,7	-	11,4	-
SK-2	62,00-62,24	Riyodasit	60	25,39	44,4	1,7	16,6	0,13
SK-2	63,05-63,30	Riyodasit	60	26,08	89,3	-	21,5	-
SK-2	63,90-64,10	Riyodasit	90	26,28	106,5	-	22,7	-
SK-2	65,80-66,10	Volkanik Breş	73	25,88	66,1	-	13,4	-
SK-3	27,00-27,35	Riyodasit	93	25,69	67,6	4,8	1,6	-
SK-3	27,50-27,70	Riyodasit	93	25,79	76,8	4,9	32,95	0,27
SK-3	30,00-30,25	Riyodasit	100	24,81	88,8	-	14,7	-

Sondaj No	Derinlik	Litoloji	RQD	Birim Hacim Ağırlık (γ , kn/m ³)	Tek Eksenli Dayanım (σ_c , MPa)	Nokta Yük Dayanımı, ($I_{s(50)}$, MPa)	Elastisite Modülü (E_i , GPa)	Poisson Oranı (ν)
SK-3	31,00-31,19	Riyodasit	100	26,08	96,4	4,9	15,26	0,04
SK-3	34,70-34,95	Riyodasit	93	25,59	130,5	7,2	32	-
SK-3	35,50-35,69	Riyodasit	93	25,89	143,8	7,3	42,59	0,34
SK-3	37,50-37,75	Riyodasit	85	25,89	99,8	7,2	-	-
SK-3	41,65-42,00	Riyodasit	100	26,18	26,4	-	18,8	-
SK-3	43,00-43,30	Riyodasit	93	26,38	84,5	-	21,8	-
SK-3	45,95-46,30	Riyodasit	100	26,28	83,1	-	20,3	-
SK-3	48,30-48,80	Riyodasit	93	26,28	66,4	-	-	-
SK-4	27,30-27,45	Riyodasit	87	26,67	118,3	-	-	-
SK-4	29,30-29,47	Riyodasit	87	26,77	78,9	-	-	-
SK-4	31,65-31,87	Riyodasit	77	26,77	153,9	-	31,7	-
SK-4	33,85-34,00	Riyodasit	73	26,77	119,2	-	30,9	-
SK-4	34,45-34,72	Riyodasit	73	27,06	155,3	-	-	-
SK-4	36,80-37,00	Riyodasit	77	26,77	145,8	-	30,4	-
SK-4	37,25-37,50	Riyodasit	77	26,87	83	-	-	-
SK-4	38,35-38,55	Riyodasit	77	26,77	224,9	-	38,3	-
SK-4	39,55-39,7	Riyodasit	60	26,87	160,9	-	33,7	-
SK-4	41,00-41,20	Riyodasit	60	25,99	19,9	-	-	-
SK-4	42,37-42,56	Riyodasit	60	26,67	242,2	-	40,8	-
Çatak Formasyonu								
SK-5	145,00-145,19	Kireçtaşı	97	27,36	65,7	2,6-2,8	44,3	0,14
SK-5	148,00-148,25	Kireçtaşı	77	26,38	49,1	-	14	-
SK-5	150,30-150,65	Kireçtaşı	97	26,97	109,9	6,5-6,5-5,3	20,8	-
SK-5	150,00-150,22	Kireçtaşı	97	27,06	48,5	-	-	-
SK-5	153,50-153,75	Kireçtaşı	100	26,48	53,1	-	16,8	-
SK-5	156,00-156,20	Kireçtaşı	67	26,18	45,4	-	-	-

Sondaj No	Derinlik	Litoloji	RQD	Birim Hacim Ağırlık (γ , kn/m ³)	Tek Eksenli Dayanım (σ_c , MPa)	Nokta Yük Dayanımı, ($I_{s(50)}$, MPa)	Elastisite Modülü (E_i , GPa)	Poisson Oranı (ν)
SK-5	162,30-162,50	Volkanik Breş	68	26,97	47,8	1,9	11,8	-
SK-5	163,65-164,00	Volkanik Breş	68	27,06	89,2	5,9	19,9	-
SK-5	164,75-165,00	Volkanik Breş	80	26,97	37,8	-	-	-
SK-5	165,70-166,00	Volkanik Breş	80	26,97	70,3	-	17,7	-
SK-5	167,55-167,80	Volkanik Breş	77	26,77	46,2	-	-	-
SK-5	169,37-169,92	Volkanik Breş	77	27,36	63,5	-	20,2	-
SK-6	122,05-122,38	Kireçtaşı	100	26,48	21,9	1,8	-	-
SK-6	123,00-123,15	Kireçtaşı	100	27,26	79,8	2,9	21,96	0,36
SK-6	124,05-124,55	Kireçtaşı	100	26,77	56	-	9,3	-
SK-6	127,75-127,95	Kireçtaşı	83	26,67	31,4	1,8	7,4	-
SK-6	131,20-131,38	Volkanik Breş	80	26,39	154,9	-	41	-
SK-6	132,00-132,25	Volkanik Breş	83	27,16	75,7	-	24,9	-
SK-6	133,40-133,65	Volkanik Breş	83	26,57	90,8	-	-	-
SK-6	134,20-134,65	Volkanik Breş	83	26,38	51,1	-	-	-
SK-6	135,70-135,90	Volkanik Breş	67	26,38	12,1	0,9	7	-
SK-6	137,18-137,35	Volkanik Breş	67	26,18	75,1	-	-	-
SK-6	138,25-138,55	Volkanik Breş	73	26,38	30	-	8,3	-
SK-6	139,32-139,56	Volkanik Breş	73	26,38	70	-	-	-
SK-6	141,50-141,72	Kireçtaşı	77	26,48	22,6	-	6,7	-
SK-7	9,00-9,15	Kumlu Kireçtaşı	7	26,87	109,6	3,6	-	-
SK-7	14,10-14,25	Kumlu Kireçtaşı	30	26,28	77,8	2,8	57,24	0,3
SK-7	15,70-15,90	Volkanik Breş	30	26,08	102,2	3,3	-	-
SK-7	16,15-16,32	Volkanik Breş	93	26,48	34,9	1,8	14,64	0,24
SK-7	16,50-16,90	Volkanik Breş	93	26,48	62,7	2,1	6,5	0,33
SK-7	17,60-17,86	Volkanik Breş	93	26,28	68,2	1,9	25,9	-
SK-7	18,00-18,18	Volkanik Breş	93	26,77	41,9	-	-	-
SK-7	18,50-18,65	Volkanik Breş	93	25,5	27,2	-	-	-

Sondaj No	Derinlik	Litoloji	RQD	Birim Hacim Ağırlık (γ , kn/m ³)	Tek Eksenli Dayanım (σ_c , MPa)	Nokta Yük Dayanımı, ($I_{s(50)}$, MPa)	Elastisite Modülü (E_i , GPa)	Poisson Oranı (ν)
SK-7	20,76-20,96	Volkanik Breş	60	26,08	102,1	-	30,9	-
SK-7	21,10-21,28	Volkanik Breş	60	25,4	90,7	-	-	-
SK-7	22,10-22,28	Volkanik Breş	33	25,69	73,1	-	27,2	-
SK-7	22,43-22,59	Volkanik Breş	33	26,28	81,1	-	-	-
SK-7	24,58-24,78	Volkanik Breş	33	26,08	71,7	-	30,7	-
SK-7	26,10-26,28	Volkanik Breş	40	26,18	46,7	-	22,4	-
SK-7	26,70-26,90	Volkanik Breş	40	25,99	106,4	-	26	-
SK-7	27,75-28,00	Volkanik Breş	40	26,77	58,3	-	-	-
SK-7	29,60-29,90	Volkanik Breş	57	25,99	104,1	-	25,7	-
SK-7	31,05-31,28	Volkanik Breş	67	25,4	79,7	-	23,4	-
SK-7	31,60-31,80	Volkanik Breş	67	25,59	84,8	-	24,4	-

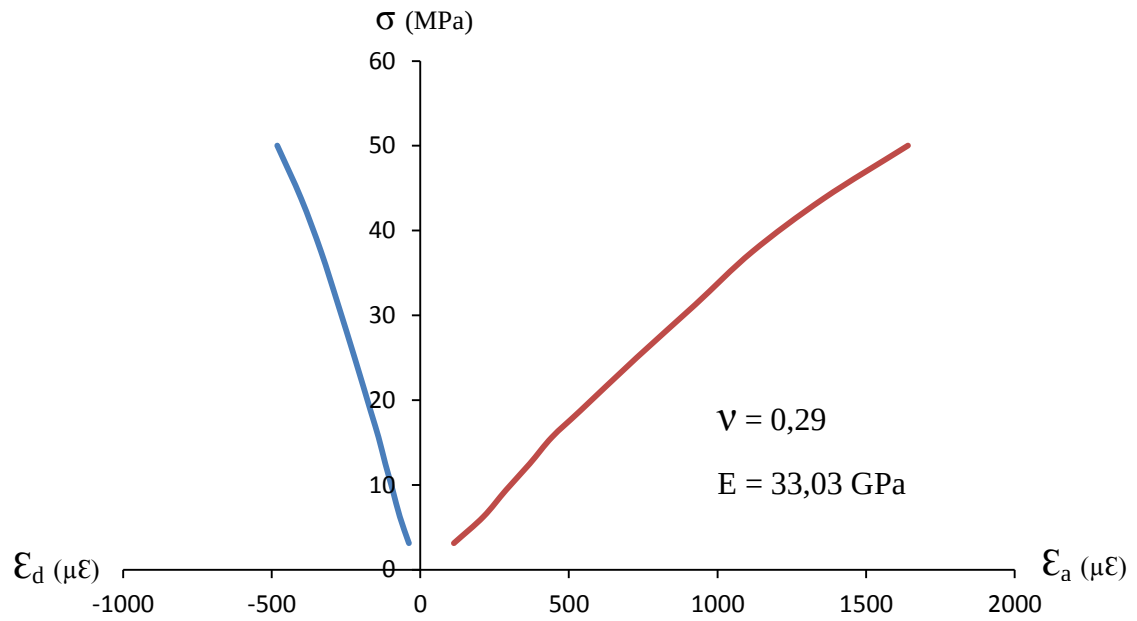
Presiyometre deneylerinden elde edilen deformasyon modülleri

Formasyon	Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E_m (GPa)
Esiroğlu Formasyonu	SK-1	P-1	20	2,73
	SK-1	P-2	23	2,73
	SK-1	P-3	26	2,75
	SK-1	P-4	30	2,73
	SK-1	P-5	35	2,78
Kaçkar Riyodasiti	SK-2	P-1	17	0,21
	SK-2	P-2	20	0,49
	SK-2	P-3	23	1,57
	SK-2	P-4	26	0,29
	SK-2	P-5	30	0,15
	SK-3	P-6	13	0,52
	SK-3	P-7	20	10,85
	SK-3	P-8	23	10,83
	SK-3	P-9	30	1,12
	SK-4	P-10	26	1,33
	SK-4	P-11	29	2,73
	SK-4	P-12	32	2,71
Çatak Formasyonu	SK-6	P-1	29	0,13
	SK-6	P-2	32	0,5
	SK-6	P-3	35	0,07
	SK-7	P-4	2	0,48
	SK-7	P-5	5	0,25
	SK-7	P-6	10	0,81
	SK-7	P-7	12	13,01
	SK-7	P-8	16	12,99
	SK-7	P-9	19	1,07
	SK-7	P-10	22	5,39
	SK-7	P-11	25	3,47
	SK-7	P-12	28	0,76
	SK-7	P-13	31	3,4
	SK-7	P-14	34	0,38

EK 3. Elastisite modülü grafikleri

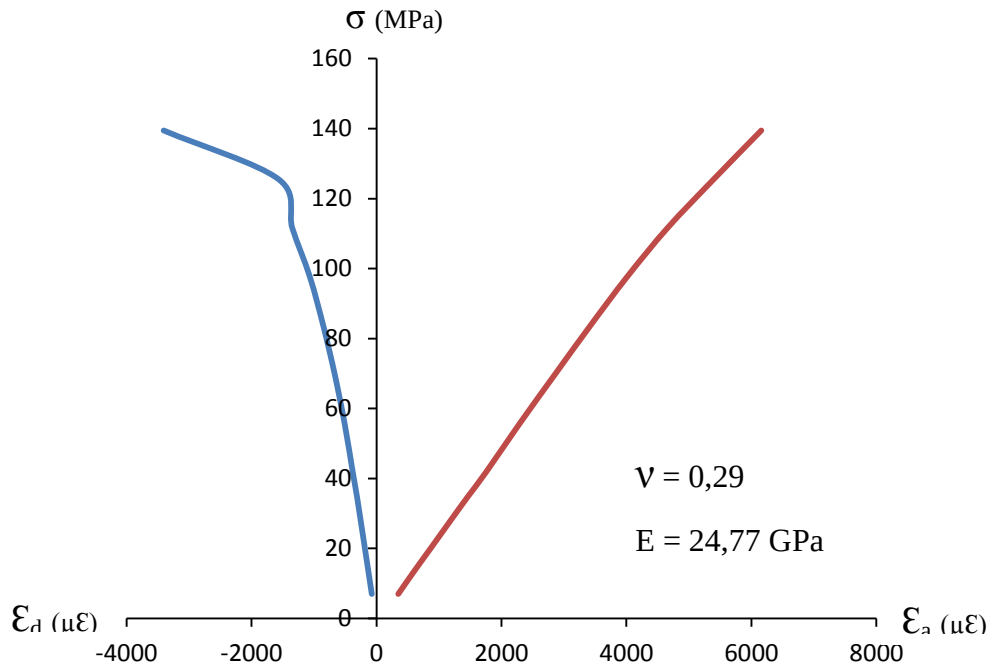
SK-1 (13,7 m)

Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
112,929	3,126638	-38,28
212,497	6,253275	-68,904
288,057	9,379913	-92,829
368,445	12,50655	-117,711
443,091	15,63319	-140,679
538,791	18,75983	-167,475
728,277	25,0131	-221,067
925,419	31,26638	-276,573
1117,77	37,51965	-333,993
1357,02	43,77293	-400,983
1641,25	50,0262	-481,371



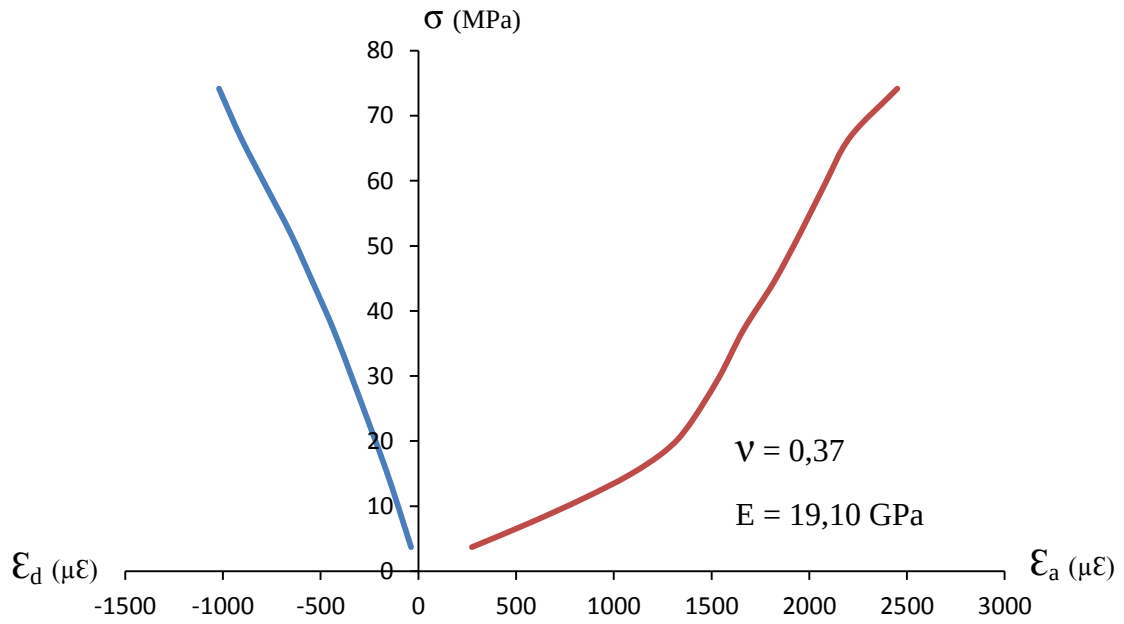
SK-1 (18 m)

Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
348,348	6,982533	-75,603
621,093	13,95197	-133,98
903,408	20,92576	-193,314
1181,89	27,89956	-252,648
1465,16	34,87336	-312,939
1755,13	41,84716	-379,929
2294,88	55,79476	-511,038
2855,68	69,74236	-667,986
3421,27	83,66812	-851,73
4010,78	97,63755	-1066,1
4655,8	111,5852	-1347,46
5396,52	125,5328	-1566,61
6158,29	139,4803	-3405,96



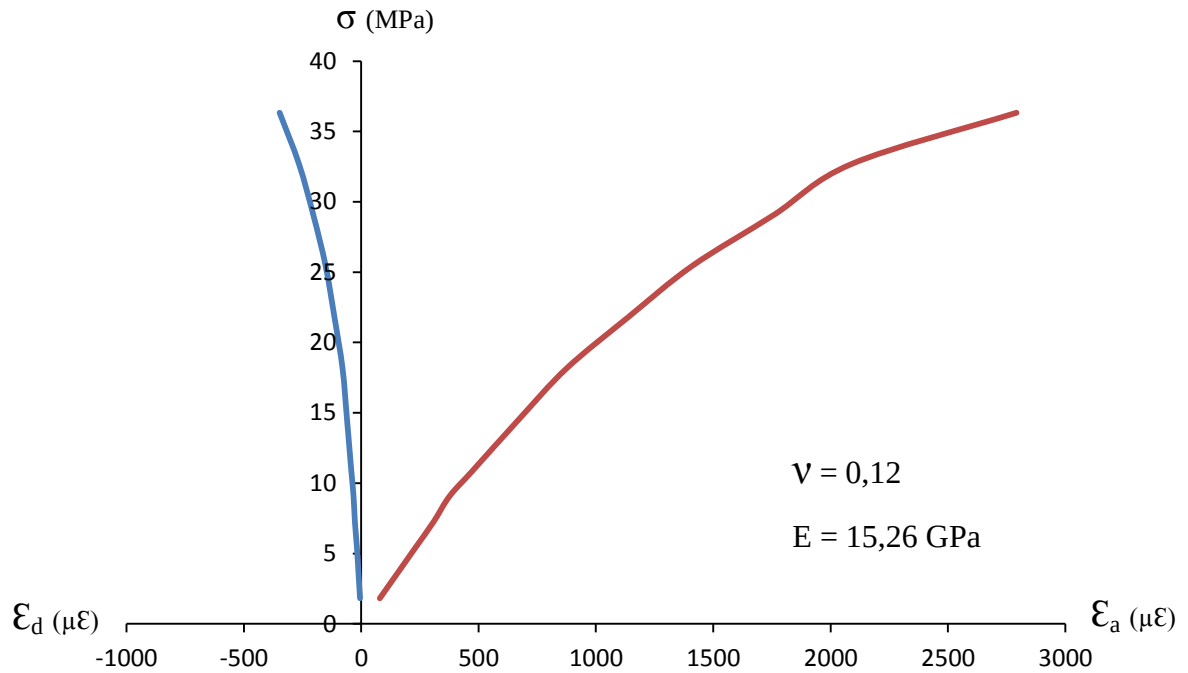
SK-1 (23 m)

Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
273,702	3,707424	-37,323
568,458	7,414847	-76,56
840,246	11,12227	-115,797
1081,41	14,82969	-156,948
1265,15	18,53712	-200,97
1379,99	22,24454	-246,906
1535,98	29,65939	-338,778
1663,26	37,07424	-433,521
1820,21	44,48908	-541,662
1953,23	51,90393	-653,631
2077,64	59,31878	-782,826
2209,75	66,73362	-910,107
2450,82	74,14847	-1020,162

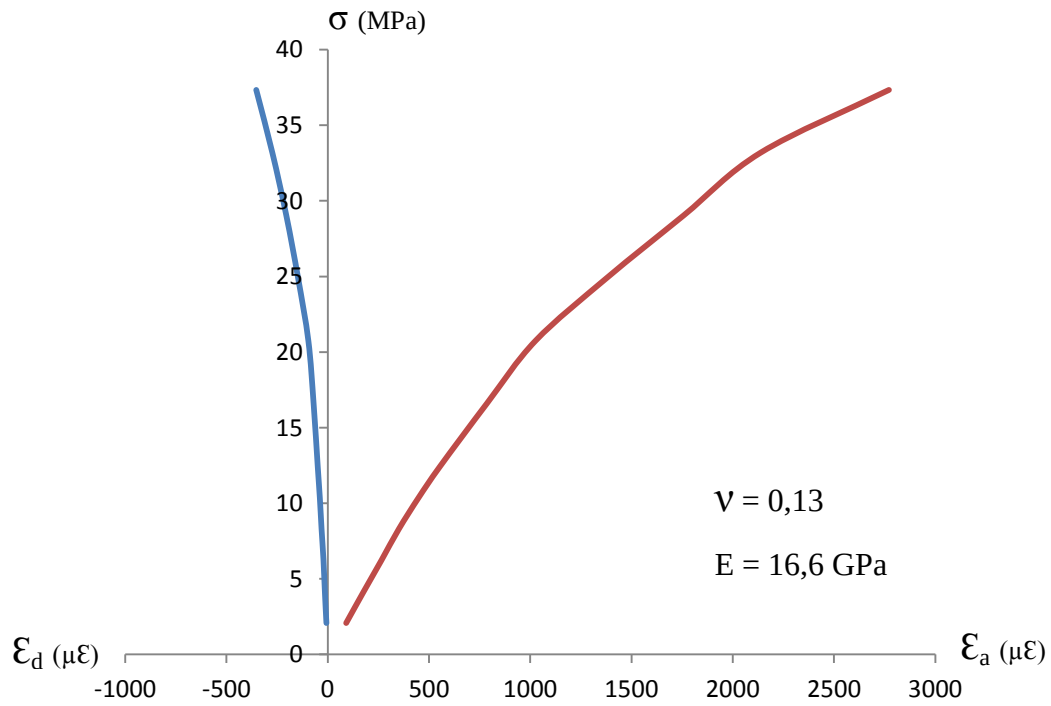


SK-2 (49 m)

Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
79,431	1,816594	-4,785
155,991	3,633188	-11,484
232,551	5,449782	-18,183
309,11	7,266376	-26,796
377,058	9,082969	-32,538
475,629	10,89956	-42,108
671,814	14,53275	-60,291
875,655	18,16594	-79,431
1137,87	21,79913	-113,883
1409,66	25,43231	-151,206
1758,06	29,0655	-203,841
2091,08	32,69869	-265,089
2792,52	36,33188	-347,391

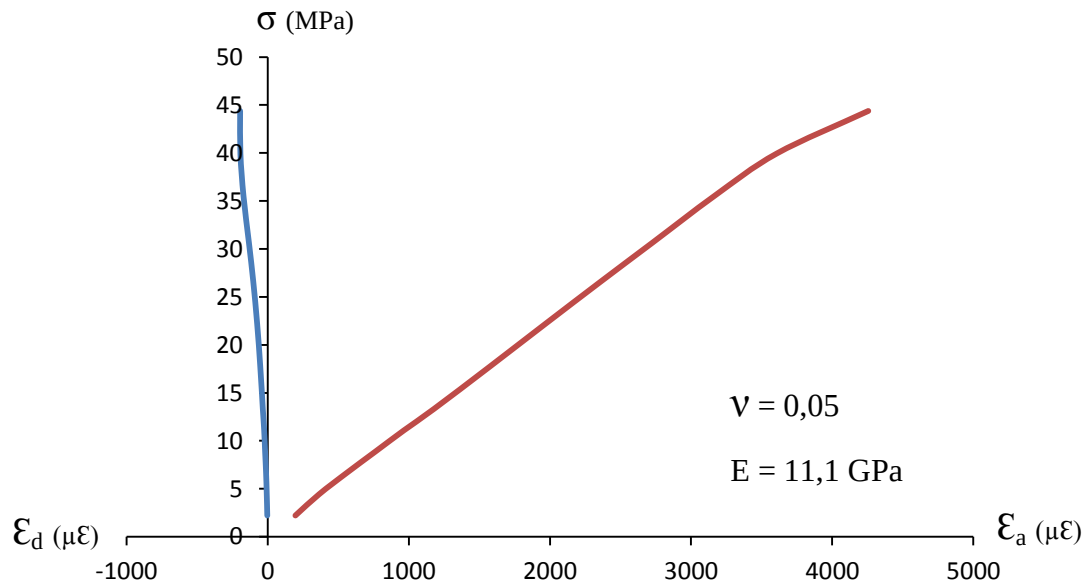


SK-2 (62 m)		
Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
90,915	2,074236	-6,699
177,045	4,148472	-14,355
265,089	6,222707	-21,054
351,219	8,296943	-30,624
448,833	10,37118	-39,237
555,06	12,44541	-49,674
785,697	16,59389	-69,861
1025,9	20,74236	-95,7
1377,2	24,89083	-146,421
1758	29,0393	-204,798
2137,93	33,18777	-273,702
2771,47	37,33624	-353,133



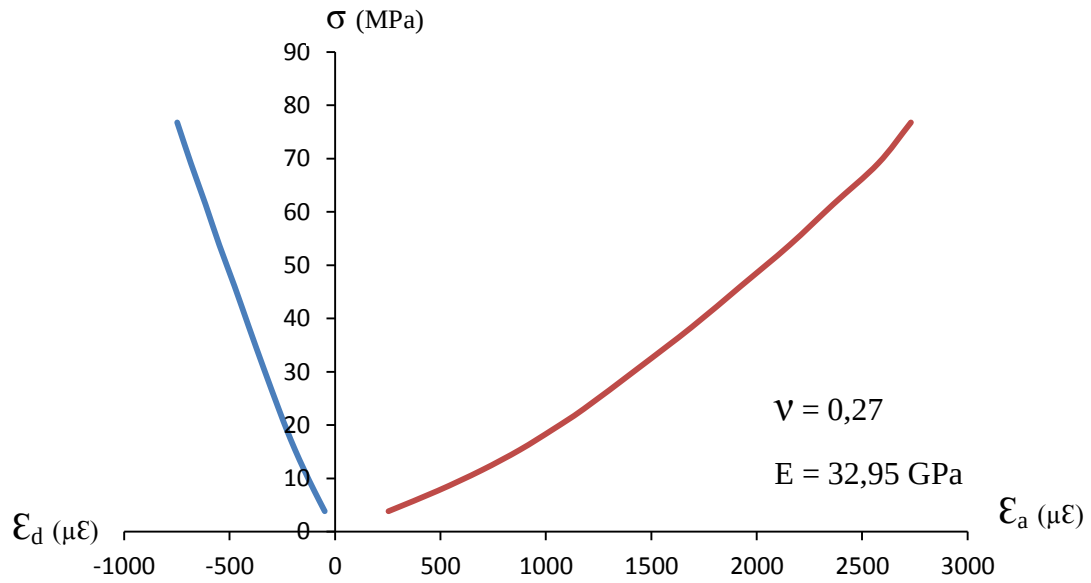
SK-2 (46 m)

Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
196,185	2,21902	-2,871
364,617	4,43804	-6,699
559,845	6,657061	-11,484
762,729	8,876081	-18,183
965,513	11,0951	-24,882
1177,11	13,31412	-34,452
1575,22	17,75216	-52,635
1967,59	22,1902	-74,646
2362,83	26,62824	-102,399
2727,45	30,66282	-133,023
3163,84	35,50432	-171,303
3606,93	39,94236	-193,314
4255,77	44,3804	-195,228



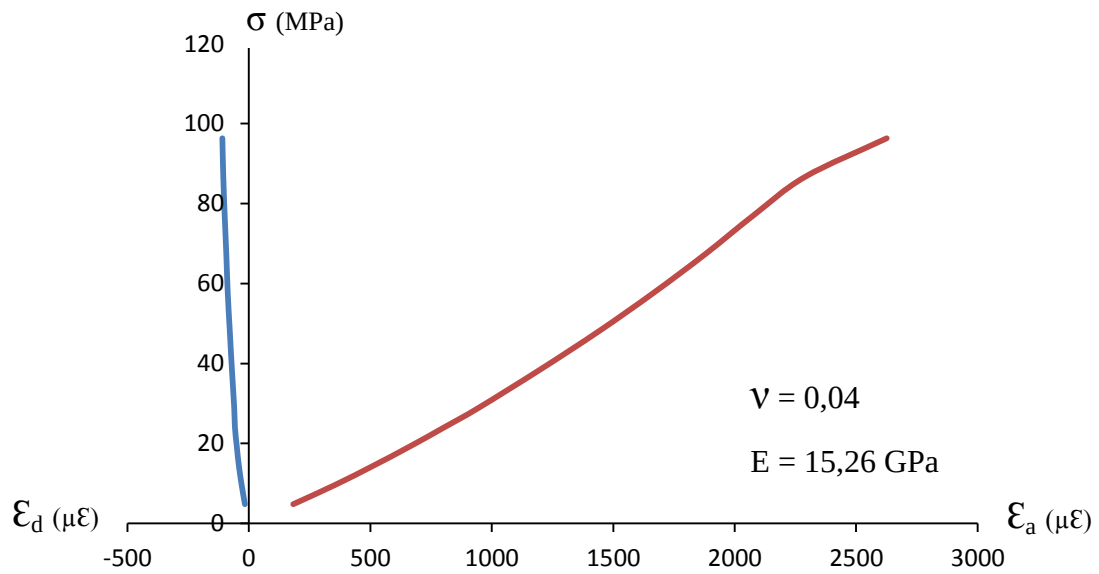
SK-3 (27,5 m)

Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
253,605	3,838428	-48,807
487,118	7,676856	-98,571
694,782	11,51528	-145,464
876,612	15,35371	-189,486
1033,56	19,19214	-229,68
1179,96	23,03057	-267,003
1439,32	30,70742	-338,778
1691,97	38,38428	-408,369
1924,52	46,06114	-476,586
2155,16	53,73799	-548,361
2362,83	61,41485	-614,319
2576,24	69,0917	-683,298
2731,27	76,76856	-748,374



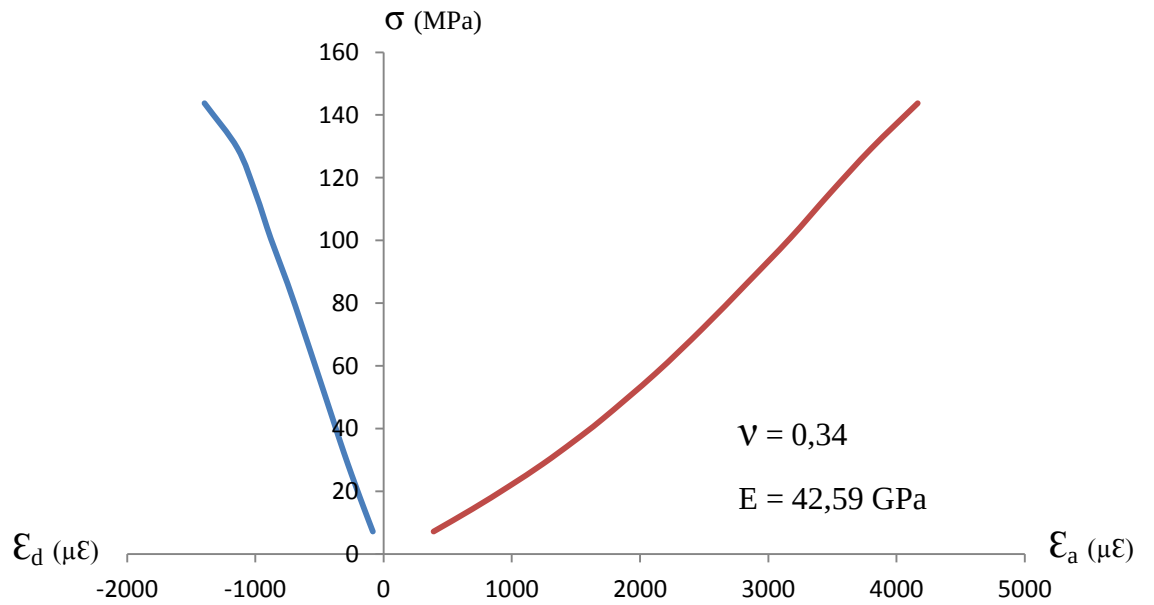
SK-3 (31 m)

Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
182,787	4,816594	-16,269
355,047	9,633188	-29,677
512,957	14,44978	-41,151
663,208	19,26638	-49,764
805,794	24,08297	-57,42
945,516	28,89956	-60,291
1201,03	38,55022	-69,861
1443,15	48,16594	-78,474
1669	57,79913	-87,087
1880,5	67,43231	-92,829
2077,64	77,0655	-99,528
2290,1	86,69869	-105,27
2626	96,33188	-109,098



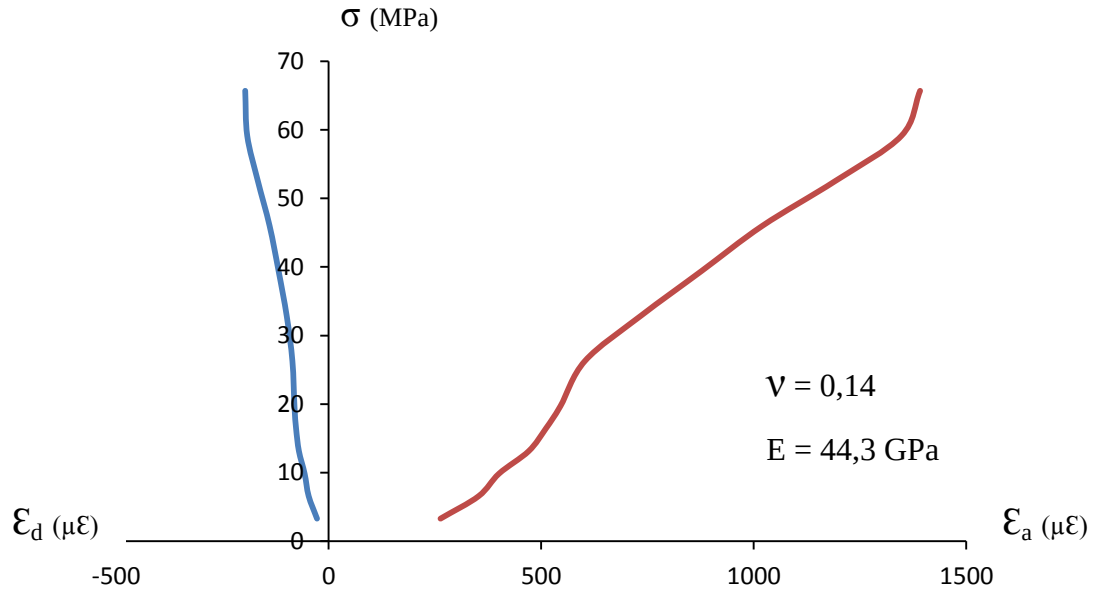
SK-3 (35,5 m)

Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
389,499	7,187773	-84,216
692,868	14,37555	-151,206
976,14	21,56332	-216,282
1242,18	28,75109	-279,444
1483,35	35,93886	-339,735
1709,2	43,12664	-397,155
2118,79	57,50218	-512,952
2487,24	71,87773	-629,706
2831,76	86,25328	-749,331
3169,58	100,6288	-880,44
3480,6	115,0044	-998,151
3805,03	129,3799	-1139,79
4165,82	143,7555	-1397,22

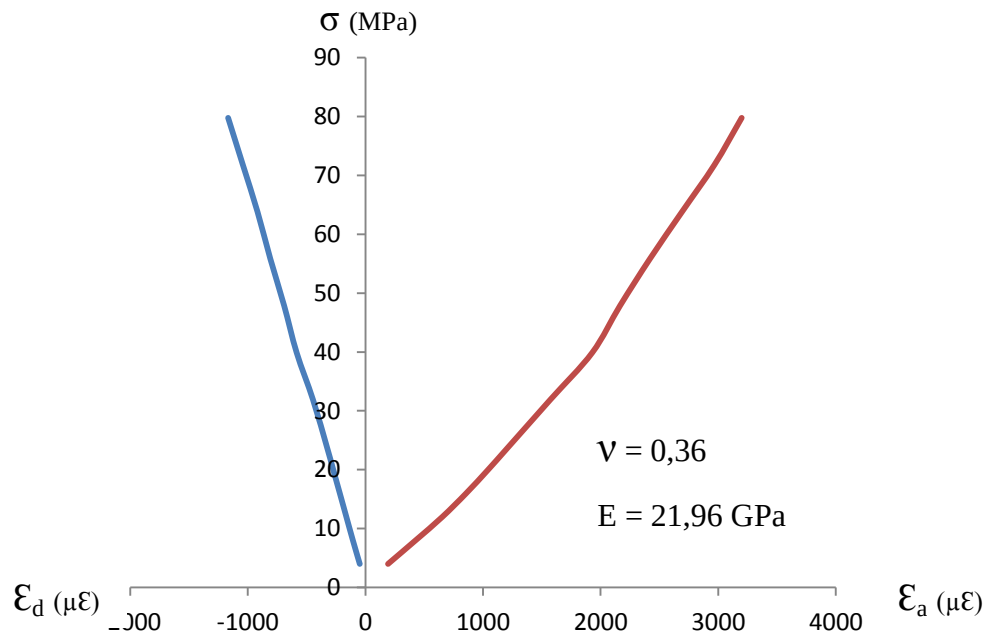


SK-5 (145 m)

Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
263,175	3,285303	-27,253
352,976	6,570605	-46,893
400,983	9,855908	-56,463
470,844	13,14121	-69,861
511,038	16,42651	-76,56
545,49	19,71182	-80,388
602,91	26,28242	-85,173
734,019	32,85303	-98,571
877,569	39,42363	-117,711
1020,16	45,99424	-138,765
1192,42	52,56484	-166,518
1347,45	59,13545	-191,4
1391,47	65,70605	-196,185

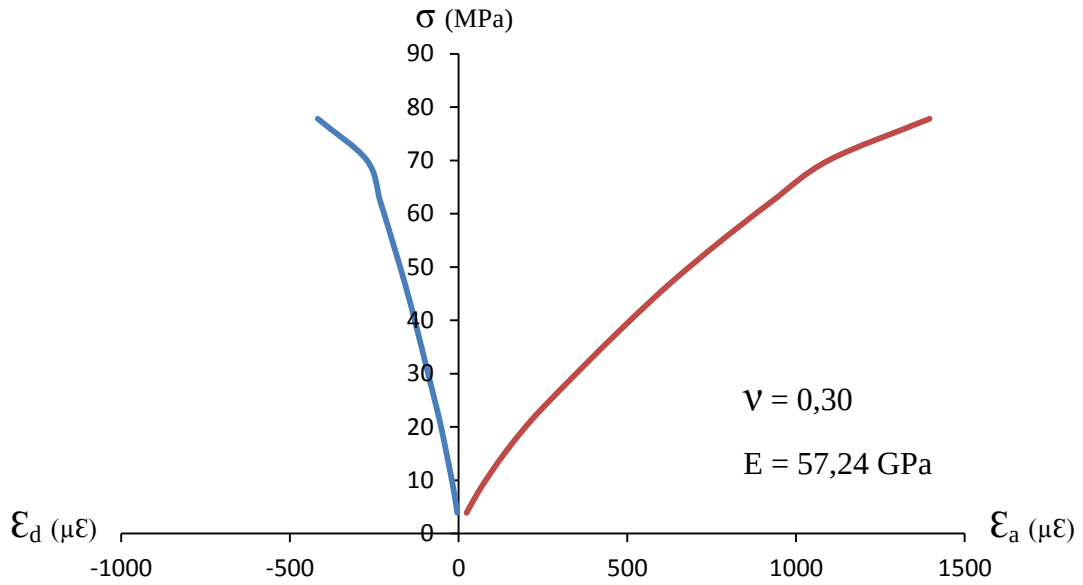


SK-6 (123 m)		
Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
192,357	3,988473	-47,85
425,865	7,976945	-106,227
653,631	11,96542	-161,733
855,558	15,95389	-217,239
1041,21	19,94236	-272,745
1219,21	23,93084	-328,251
1573,3	31,90778	-445,962
1929,31	39,88473	-584,727
2165,69	47,86167	-690,954
2420,25	55,83862	-808,665
2692,9	63,81556	-917,763
2968,61	71,79251	-1042,17
3200,2	79,76945	-1167,54



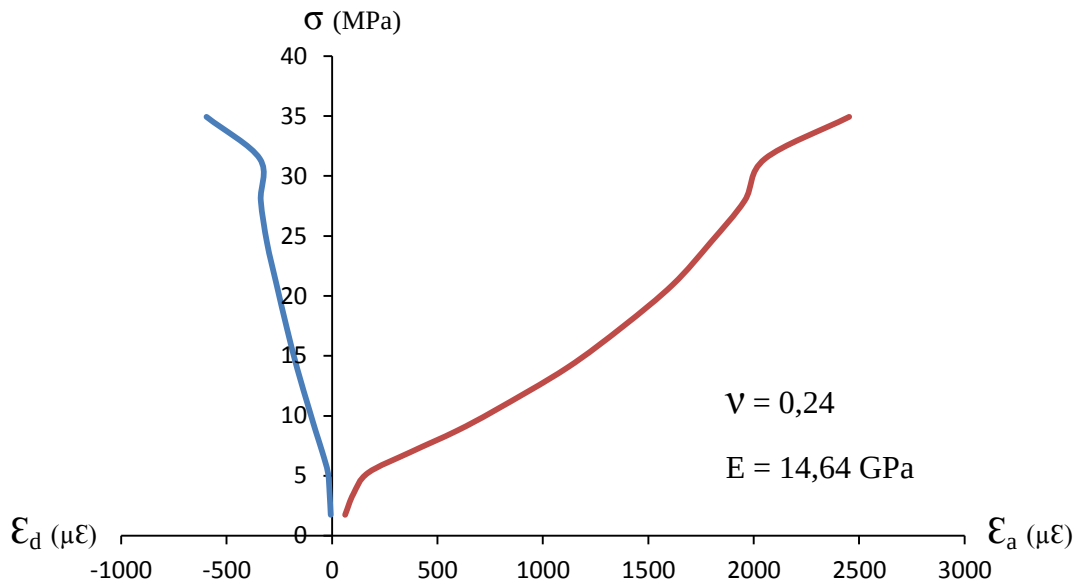
SK-7 (14 m)

Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
23,925	3,89049	-3,828
58,377	7,78098	-13,398
98,571	11,67147	-24,882
142,593	15,56196	-37,323
191,4	19,45245	-49,764
245,949	23,34294	-64,119
366,531	31,12392	-94,743
490,941	38,9049	-125,367
623,007	46,68588	-157,905
769,428	54,46686	-194,271
927,333	62,24784	-231,594
1097,67	70,02882	-271,788
1396,26	77,8098	-417,252



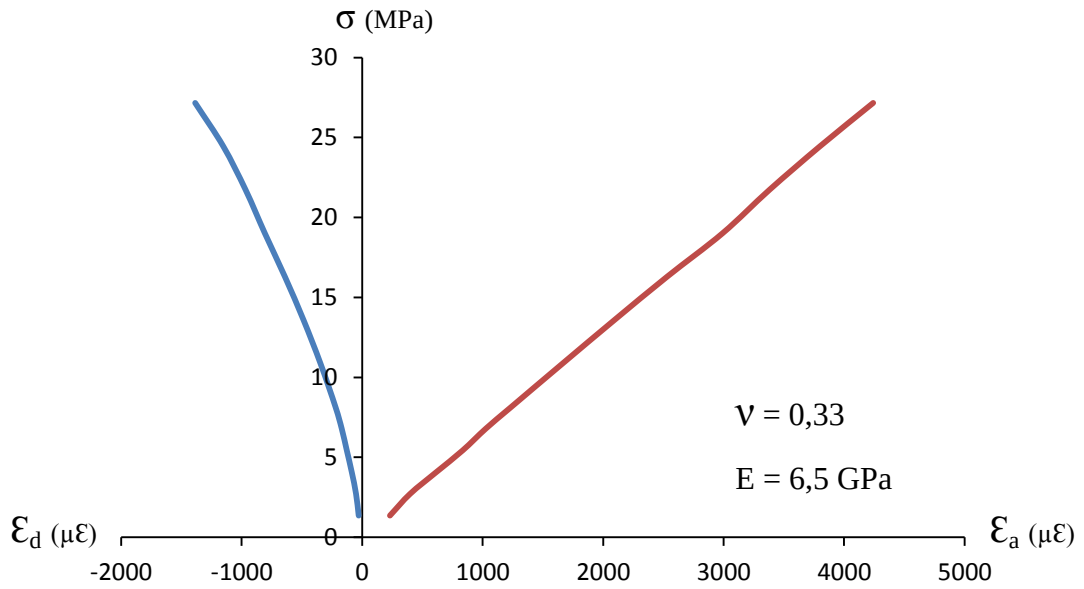
SK-7 (16 m)

Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
62,205	1,746398	-6,126
101,442	3,492795	-11,484
170,346	5,239193	-19,14
373,616	6,985591	-46,165
589,476	8,731988	-77,517
775,17	10,47839	-107,184
1112,08	13,97118	-165,561
1380,95	17,46398	-216,282
1617,33	20,95677	-263,175
1795,33	24,44957	-308,498
1957,06	27,94236	-337,821
2053,72	31,43516	-342,606
2452,78	34,92795	-595,254



SK-7 (17 m)

Boyuna Def. ϵ_a ($\mu\epsilon$)	σ (Mpa)	Enine Def. ϵ_d ($\mu\epsilon$)
230,637	1,358079	-28,71
398,112	2,716157	-50,721
615,351	4,074236	-86,13
834,504	5,432314	-127,281
1025,87	6,790393	-169,389
1237,4	8,148472	-221,067
1663,26	10,86463	-345,477
2092,95	13,58079	-486,156
2531,26	16,29694	-641,19
2991,58	19,0131	-807,708
3381,08	21,72926	-967,527
3799,29	24,44541	-1152,228
4241,42	27,16157	-1385,736



ÖZGEÇMİŞ

Mustafa Kanık 1981 yılında Ankara’da doğdu. İlköğrenimini İzmir Aliğa’da, orta öğrenimi ve lise eğitimini ise İzmir Bergama’da tamamlayarak, 2000 yılında Bergama Akif Ersezgin Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 2000 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2007 yılında Jeoloji Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Aynı yıl yüksek lisans eğitimine başladı ve 2009 yılında mezun oldu. Aynı yıl doktorasına başlayan Mustafa Kanık 2009-2012 yılları arasında özel sektörde tünel ve HES yapımı işlerinde çalıştı. 2012 yılında Fırat Üniversitesi’nde Araştırma Görevlisi olarak akademik hayatına başladı ve hala devam etmektedir. İyi derecede İngilizce ve orta derecede Almanca bilen Mustafa Kanık evli ve bir çocuk babasıdır.