

DÜZBAĞ TÜNELİ (ÇAĞLAYANCERİT – KAHRAMANMARAŞ) DESTEK
SİSTEMLERİNİN TASARIMI

Tuncay İLAF

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman:

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRBİLEK
Ortak Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cihan DOĞRUÖZ

Temmuz – 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Tuncay İLAF tarafından hazırlanan “DÜZBAĞ TUNELİ (ÇAĞLAYANCERİT – KAHRAMANMARAŞ) DESTEK SİSTEMLERİNİN TASARIMI” adlı tez çalışması, aşağıda belirtilen jüri tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek OY BİRLİĞİ le Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.”

10/07/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER Dr. Öğr. Üyesi Hatice DIRMUS
Anabilim Dalı Başkanı, Jeoloji Mühendisliği Bölümü y.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRBİLEK
Danışman, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Cihan DOĞRUÖZ
Ortak Danışman, Maden Mühendisliği Bölümü

Sınav Komitesi Üyeleri

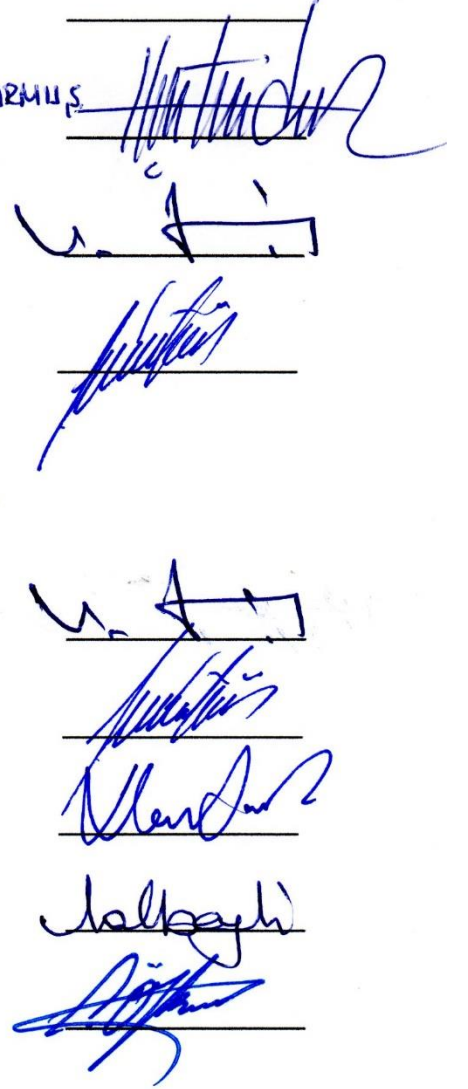
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRBİLEK
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Cihan DOĞRUÖZ
Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Doç. Dr. Hasan SAVAŞ
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Doç. Dr. Nurdane İLBEYLİ
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya Akdeniz Üniversitesi

Doç. Dr. Cafer ÖZKUL
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi



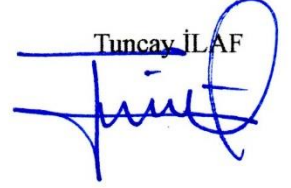
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Kütahya Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının % 26 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRBILEK



Tuncay İLAF



Dr. Öğr. Üyesi Cihan Doğruöz



DÜZBAĞ TÜNELİ (ÇAĞLAYANCERİT – KAHRAMANMARAŞ) DESTEK SİSTEMLERİNİN TASARIMI

Tuncay İLAF

Jeoloji Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRBİLEK

Ortak Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cihan DOĞRUÖZ

ÖZET

Tünellerde yapılan portal kazıları ve ayna kazıları sırasında, zayıf kaya koşulları, süreksizlikler ve oluşan yeni gerilmeler nedeniyle zaman zaman istenmeyen duraysızlıklar gözlenebilmektedir. Bu duraysızlıkların önlenmesi ve başarılı bir tünelcilik için kaya kütlesi özelliklerinin doğru bir şekilde ortaya konması gerekmektedir. Kaya kütle özelliklerinin belirlenmesinde ampirik, analitik ve ölçme gözleme dayanan çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Uygulamalar sonucu ihtiyaç doğrultusunda çeşitli değişimler sonucu son halini almış kaya kütlesi sınıflama sistemleri, tünelcilik uygulamalarında günlük işlerin bir parçası olarak en yoğun kullanılan mühendislik alanını kapsar.

Bu çalışma kapsamında, Düzbağ içme suyu inşasında düzbağ tünellerinde zayıf kaya koşullarına bağlı olarak portal ve tünel ayna kazısı sırasında oluşan duraysızlıklar ve bu duraysızlıkların önlenmesine yönelik uygulanan destek yöntemleri incelenmiştir. Tünel kazısı düzgün-kesme patlatma tekniği kullanılarak tam kesit planlaması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Tünel iç çapı 6.30 m olarak planlanmıştır. Tünelde destekleme elemanları olarak püskürtme beton, kaya bulonu, çelik iksa ve çelik hasır kullanılmıştır.

Kaya kütesinin jeoteknik özellikleri belirlenirken tünellerde ve portallerde süreksizliklerde ve kaya kütlesi yenilme kriterinde Hoek Brown yenilme ölçütü, kaya kütesinin özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan sınıflama RMR, Q ve NATM sistemleri, tünel ve portal kazılarında meydana gelen hareketlerin ölçülmesinde 3D deformasyon çalışmaları yapılmıştır. İletim tünelinin tamamı; sığ-neritik fasiyeste çökelmiş; üst kısımda açık krem renkli, killi, kalkerli ve bazen çörtlü kireçtaşı, alt kısmında ise, sarımsı renkte masif, dolomitik ve yer yer çört yumrulu kireçtaşı olarak istiflenmiş, Mıdyat grubu içerisinde yer almaktadır. Tünel güzergahı doğu anadolu fay hattına yakın oluşu nedeni ile aşırı kırıklı ve eklemeli yer yer ezilme zonlu yapı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kaya sınıflama, NATM Sistemleri, Tünel Tasarımı, Düzbağ Tüneli.

DÜZBAĞ TUNNEL (ÇAĞLAYANCERİT-KAHRAMANMARAŞ) SUPPORT SYSTEMS DESIGN

Tuncay İLAF

Geological Engineering, M. Sc. Thesis, 2019

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mehmet DEMİRBILEK

Thesis Co-Advisor: Assist. Prof. Dr. Cihan DOĞRUÖZ

SUMMARY

During the portal excavations and mirror excavations in the tunnels, unwanted instabilities may be observed from time to time due to weak rock conditions, discontinuities and new stresses. In order to prevent these instabilities and for successful tunneling, the rock mass properties must be accurately demonstrated. Various methods have been developed based on empirical, analytical and measurement observations in determining rock mass properties. Rock mass classification systems have been finalized as a result of various changes as a result of applications and cover the most intensive usage area as a part of daily works in tunneling applications.

In this study, the instabilities during the excavation of portal and tunnel mirrors due to weak rock conditions in flatbath tunnels in Düzbağ drinking water construction and support methods applied to prevent these instabilities were investigated. Tunnel excavation was carried out in full cross-section by using düzgün cutting and blasting technique. The inner diameter of the tunnel is 6.30 m. In the tunnel, shotcrete, rock bolt, steel shoring and wire mesh were used as supporting elements.

In determining the geotechnical properties of rock mass, discontinuities in tunnels and portals and rock mass defeat criterion, Hoek Brown defect criterion, classification RMR, Q and NATM systems used in determination of rock mass properties, 3D deformation was performed in measurement of movements occurring in tunnel and portal excavations. The entire transmission tunnel; deposited in shallow-neritic facies; In the upper part, light cream colored, clayey, calcareous and sometimes cherty limestones, in the lower part, yellowish colored massive, dolomitic and sometimes chert nodular limestone stacked, and will be opened within the Midyat group. Due to its proximity to the Eastern Anatolian fault, it is extremely fractured and additive with crush zones.

Key Words: Rock Classification, Natm Systems, Tunnel Design, Düzbağ Tunnel.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezinin hazırlanması süresince her türlü desteği, kolaylığı ve sabrı gösteren Sayın danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRBİLEK'e teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında Maden Mühendisliği Bölümü Dr. Öğr. Üyesi Cihan DOĞRUÖZ ve Jeoloji mühendisliği bölümünün bütün öğretim elamanlarının göstermiş oldukları yakın ilgi ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Yüksek Lisans tezimi hazırlama süresince bilgi ve tecrübeleriyle çalışmalarına ışık tutan tüm Kalyon. İnş.A.Ş. çalışma arkadaşlarıma ve Kalyon. İnş. A.Ş.'ye katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Yüksek Lisans Eğitim Öğretim süresince bana olan güven ve desteklerinden dolayı Aileme ve sevgili eşim Buket İLAF'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Jeolojik Çalışmalar	5
2.2. Teorik Çalışmalar	6
3. GENEL JEOLJİ.....	8
3.1. Bölgesel Jeoloji	10
3.1.1. Kretase	11
3.1.2. Tersiyer.....	13
3.1.3. Kuvaterner.....	19
3.2. Yapısal Jeoloji	19
3.2.1. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ).....	19
3.2.2. Güneydoğu Anadolu bindirmesi / Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı (BZKK).....	20
3.2.3. Ölü deniz fayı (ÖDFZ).....	21
3.2.4. Lice fay zonu.....	21
3.2.5. Adıyaman fay zonu	21
4. MATERYAL VE METOD	22
4.1. Kaya Kütle Özelliklerinin Belirlenmesi ve Hoek-Brown Yenilme Ölçütü	22
4.2. Jeolojik Dayanım İndeksinin (GSI) Belirlenmesi	23
4.2.1. Mohr-Coulomb parametreleri	31
4.3. Kaya Kütle Sınıflama Sistemleri	32
4.3.1. Ampirik yöntemler	34
4.3.2. RMR sınıflaması	34
4.3.3. Desteksiz durma süresi.....	39
4.3.4. Destek basıncı	40

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.4. Q Sınıflama Sistemi	42
4.5. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM)	47
5. BULGULAR VE TARTIŞMALAR.....	53
5.1. Düzbağ Tünellerine Genel Bir Bakış	53
5.2. Düzbağ Tüneli Kazı Destekleme Sistemleri Yapısal Analiz ve Kesit Tahkiki	67
5.3. Kazı Destekleme Sistemlerinin Sonlu Elemanlar Yardımı ile Kontrolü	67
5.4. Düzbağ Tüneli Kaya Sınıflaması	72
5.4.1. Q Barton kaya kalitesi sınıflamasına göre destekleme tipleri	74
5.4.2. Q Kaya sınıflamasına göre destekleme	77
5.5. İletim Tüneli Giriş Yapısı	81
5.6. İletim Tüneli Çıkış Yapısı	84
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	89
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	92
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. İnceleme alanı bulduru haritası	2
1.2. Çalışma alanının Google Earth görünümü	3
3.1. Düzbağ tüneli ve çevresinin genel jeoloji haritası (Dolsar Proje Düzbağ Tüneli Genel Jeoloji Haritası 2016 Ölçek: 1/25000)	9
3.2. Çalışma sahası ve DAF güneyinin genelleştirilmiş bölgesel dikme kesiti (MTA- K24)	10
3.3. GD Anadolu'daki Arap Plakasının genelleştirilmiş tektono-stratigrafi kesiti	15
3.4. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve yakın dolayının tektonik haritası	20
5.1. Tünelin yerleşim planı ve boy-kesiti	53
5.2. İletim tüneli tipik kesiti	54
5.3. Düzbağ yerleşim merkezi ve I. kısım iletim hattı	55
5.4. Google Earth uydu görüntüsü üzerinde iletim hattı görünümü	55
5.5. Midyat grubunana ait	56
5.6. IT-SK-1 Araştırma sondajı RMR kayaç sınıflaması kayaç parametreleri grafiği	62
5.7. IT-SK-2 Araştırma sondajı RMR kayaç sınıflaması kayaç parametreleri grafiği	64
5.8. IT-SK-3	66
5.9. RS ² analiz ayarları	68
5.10. Kazı radyal deplasmanının, kazı yarıçapına oranı değeri	69
5.11. Vlachopoulos ve Diederichs (2009)	70
5.12. Arazi şartlarına göre iyi kaya koşulu	72
5.13. Arazi şartlarına göre orta kaya koşulu	73
5.14. Arazi şartlarına göre zayıf kaya koşulu	73
5.15. Arazi şartlarına göre çok zayıf kaya koşulu	74
5.16. Tünel kazı destekleme enkesiti Tip-3	75
5.17. Tünel kazı destekleme enkesiti Tip-4	76
5.18. Tünel kazı destekleme enkesiti Tip-5	76
5.19. Tünel kazı destekleme enkesiti Tip-6	77
5.20. Q Kayaç kütleli kalitesi değerlerine göre iletim tüneli desteklemesi	78
5.21. Düzbağ tüneli giriş portalı jeolojik haritası	81
5.22. İletim tüneli giriş tarafından görünüm	82
5.23. Düzbağ giriş tüneli portal iksalarının kurulumu (Kahramanmaraş- Helete)	82
5.24. İletim tüneli giriş yapısı kazısı dairesel kayma analizi	84
5.25. Düzbağ tüneli giriş portalı jeolojik haritası	85

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.26. Düzbağ tüneli (Kahramanmaraş- Helete) çıkış kazısının yapılacağı yamacın görünümü..	86
5.27. Düzbağ çıkış tüneli portal kazısı	86
5.28. Düzbağ çıkış tüneli.....	87
5.29. İletim tüneli çıkış yapısı kazısı dairesel kayma analizi	88



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Düzbağ içme suyu çalışmasının genel özellikleri	4
4.1. Kaya kütlesi ile laminalı-foliasyonlu-makaslanmış kayalarıda içerecek şekilde yeniden düzenlenmiş GSI sınıflama sistemi	25
4.2. Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından önerilen modifiye edilmiş GSI	27
4.3. Bozunma derecesi faktörü.....	28
4.4. Tek eksenli sıkışma dayanımının arazi sınıflandırılması.....	29
4.5. Kayaç malzemesi için M_i sabitinin değerleri.....	30
4.6. Farklı kaya kütlesi sınıflamasının karşılaştırılması	33
4.7. RMR kaya sınıflama sistemi son versiyonu	36
4.8. RMR kaya kütlesi sınıflama sisteminde bazı parametreler için puan belirleme grafikleri ..	38
4.9. Süreksizlik koşulunun puanlandırılması için önerilen klavuz.....	39
4.10. RMR'ye göre desteksiz durma süresi-desteksiz tavan açıklığı ilişkisi	40
4.11. TBM uygulamaları için desteksiz durma süresi-tavan açıklığı ilişkisi.....	41
4.12. RMR Sisteminde kullanılan destek sistemleri kılavuzu.....	42
4.13. Q sisteminin girdi parametreleri ve değerleri.....	43
4.14. Kazı destek oranları faktörü (ESR).	46
4.15. Q ve Eşdeğer boyut (De) arasındaki ilişki ve Q sisteminde kaya kütlesi sınıfları	47
4.16. ÖNORM B2203 (1994)'e göre kaya sınıflaması	49
5.1. İletim tüneli güzergâhında açılan IT-SK-1, IT-SK-2 ve IT-SK-3 araştırma kuyu karotlarına ait laboratuvar testi sonuçları	57
5.2. İletim tüneli giriş ve çıkış yapıları için Hoek-Brown iyi koşulda kaya sınıflaması	58
5.3. İletim tüneli giriş ve çıkış yapıları için Hoek-Brown orta koşulda kaya sınıflaması	59
5.4. İletim tüneli giriş ve çıkış yapıları için, Hoek-Brown zayıf koşulda kaya sınıflaması	60
5.5. Hoek-Brown kaya sınıflamasına göre iletim tüneli giriş ve çıkış yapıları için Rocklab programı ile elde edilen fiziksel kayaç parametreleri	60
5.6. IT-SK-1 Araştırma sondajı RMR kayaç sınıflaması.....	61
5.7. IT-SK-2 Araştırma sondajı RMR kayaç sınıflaması.....	63
5.8. IT-SK-3 Araştırma sondajı RMR kayaç sınıflaması.....	65
5.9. RS2 İç basınç azaltma modeli aşama yük faktörleri (stage load factors).....	71
5.10. RS2 Plastik model aşamaları.....	71
5.11. İletim tüneli sondaj kuyusu Q değerleri	77
5.12. Tünel tipik enkesit kazı destekleme tipleri tanımları ve yüzdeleri.....	79
5.13. Q (Barton) sınıflamasına göre tünel destekleme parametreleri.....	80

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.14. Yatay deprem katsayısı=0.2 alınarak elde edilen sonuç	83
6.1. Rocklab programından yararlanılarak belirlenen Jeoteknik parametreler ve Q sınıflamasına göre destekleme tipleri.....	90



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
σ_c	Kayacın Tek Eksenli Basınç Dayanımı
BST	Basıncılı Su Testi
BZKK	Bitlis-Zargos Kenet Kuşağı
CSIR	Jeomekanik Sınıflama Sistemi
DAF	Doğu Anadolu Fayı
DAFZ	Doğu Anadolu Fay Zonu
DSİ	Devlet Su İşleri
GPS	Global Positioning System
GSI	Geological Strength Index
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
MTA	Maden Tetkik Arama
NATM	New Austrian Tunnelling Method
ÖDFZ	Ölü deniz fayı
ϕ	İçsel sürtünme açısı
RMR	Rock Mass Rating
RQD	Kayaç Kalite Göstergesi
TBM	Tunnel Boring Machine
YAS	Yer Altı Suyu

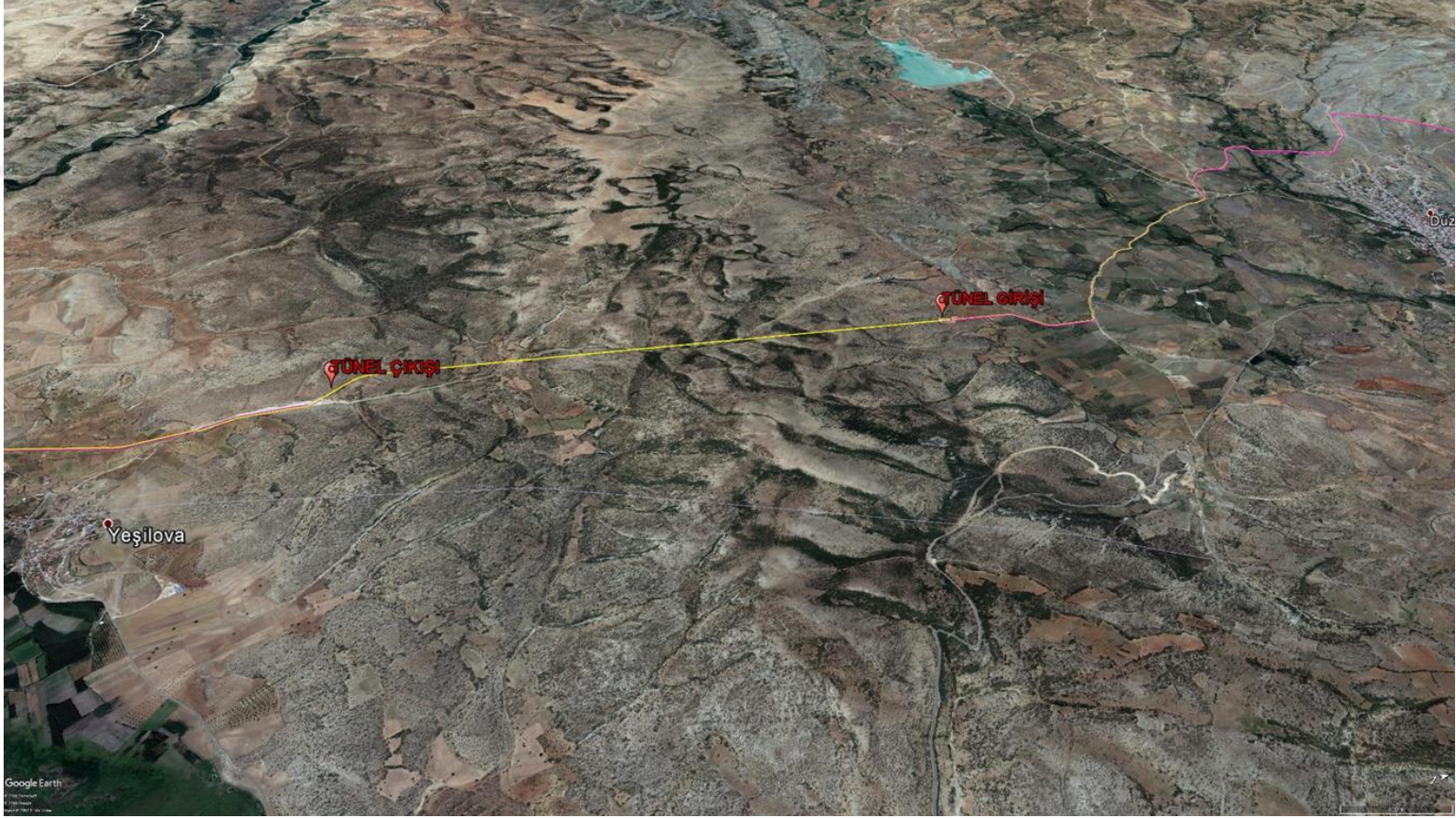
1. GENEL BİLGİLER

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışması kapsamında Göksü (Kahramanmaraş- Düzbağ) nehrinden alınacak suyun teknik ve ekonomik açıdan en uygun şekilde Gaziantep kentine ulaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, suyun Gaziantep İline ulaştırılması için regülatör, yükleme havuzu, tünel ve iletim hatlarının yapımı gerçekleştirilmiştir. Regülatör yapısı 11 metre yüksekliğinde inşaa edilmiştir. Regülatör inşası ile göksu suyu buradan çevrilerek, terfi merkezindeki pompalar yardımı ile 3520 metre uzunluğundaki düzbağ tüneline kendi cazibesi ile geçişi sağlanarak Gaziantep iline aktarımı tamamlanacaktır. Bu çalışmanın tamamlanması sonucunda, Düzbağ içme suyu Türkiye'nin 2. en büyük içme suyu çalışması olmakla beraber Gaziantep kentinin 50 yıllık içme suyu ihtiyacını karşılayacaktır.

Tünelcilikte kazı öncesi destek sistemlerinin tahmin edilmesi maliyet ve zaman açısından büyük önem arz etmektedir. Tünel tasarımlarında ilk yıllarda deneyime dayalı olarak amirik metodlardan Q ve RMR sınıflamaları kullanılmış, kaya kütlelerinin durumu ve destek sistemi bu sınıflamalara göre belirlenmiştir. Sonraki yıllarda yeni gelişmeler ile analitik metodlar uygulanmaya başlamış, yerinde gerilmeler, örtü kalınlıkları ve kaya kütlelerinin durumuna göre tünellerde meydana gelebilecek deformasyon ölçümleri neticesinde kazı ve destek sistemleri belirlenmiştir. Bu metodlar zaman içerisinde ihtiyaç doğrultusunda birçok değişikliğe uğramış, kodifiye edilmiş ve son hali ile günümüzde halen kullanılmaktadır.

Çalışma alanı, Kahramanmaraş İli sınırları içerisinde kalan Göksu havzasından başlar; Gaziantep kent merkezinde son bulmaktadır (Şekil 1.1). Çalışma yapılarının en önemlisi olan Düzbağ Tüneli, Kahramanmaraş İli, Çağlayancerit İlçesi, Helete (Düzbağ) beldesinin kuzeyinde yer almaktadır. Düzbağ beldesi, Kahramanmaraş iline 118 km, Gölbaşı ilçesine 23 km, Çağlayancerit ilçesine 18 km uzaklıktadır.



Şekil 1.2. Çalışma alanının Google Earth görünümü (<https://www.google.com.tr/intl/tr/earth/>).

Çizelge 1.1. Düzbağ içme suyu çalışmasının genel özellikleri.

DÜZBAĞ REGÜLATÖRÜ VE ÇÖKELTİM HAVUZU	
Drenaj Alanı,	624 km ²
Yıllık Ortalama Akım	296.76 hm ³
Yıllık Ortalama Debi	9.40 m ³ /sn
Mansaba Bırakılacak Yıllık Can Suyu Miktarı	38.38 hm ³
Regülatör Gövdesi	Beton Gövde
Proje Debisi	5.00 m ³ /s
Kret Uzunluğu	50.0 m
Regülatör taban kotu	922.00 m
Regülatör kret kotu	933.00 m
Gövde Yüksekliği	11.00 m
DÜZBAĞ TERFİ MERKEZİ VE YÜKLEME HAVUZU	
Tefi Merkezi Pompa Sayısı	4 asıl + 1 yedek
1 Pompanın Basma Debisi	1,25 m ³ /s
1 Pompanın Brüt Basma Yüksekliği	123.50 m
Terfi merkezi Kurulu Gücü	12.75 MW
Terfi Hattı Çapı	Ø1800 mm, çelik
Terfi Hattı Boyu	611.41 m
Yükleme havuzu taban kotu	1046 m
Yükleme Havuzu Su Kotu	1052 m
Yükleme Havuzu Hacmi	6 750 m ³
Enerji Nakil Hattı	23 km (Gölbaşı)
DÜZBAĞ TÜNELİ (Km :8+744.56 - Km: 12+264.82)	
Tünel tipi (Bitmiş)	Ters U
Tünel tipi (Kazı)	Ters U
Tünel Uzunluğu	3520 m
Tünel Çapı İç Çapı	5 000 mm
Tünel Kazı Çapı	6 300 mm
Tünel taban giriş kotu	1037.50 m
Tünel taban çıkış kotu	1030.46 m
Tünel Eğimi	0.002
İsale Hattı Tünel Giriş Kilometresi	8+744.56
İsale Hattı Tünel Çıkışı Kilometresi	12+264.82

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Jeolojik Çalışmalar

Stchepinsky (1942), Fırat Nehri ile Hatay dağları arasında kalan bölgede ve Suriye ile Kahramanmaraş sınırı arasındaki Kahramanmaraş- Gaziantep bölgesinde yapılan çalışma kapsamında bölgenin 1/100000 ölçekli jeolojik haritalamasını yapmıştır.

Ortynski (1945)'nin çalışmasını yaptığı Gaziantep- Araban bölgesinde serpantin (Kampaniyen veya Turoniyen); flişe benzer seri (Kampaniyen öncesi) veya radyolaritli seri; çörtlü kireçtaşları (Turoniyen – Alt Senoniyen); fosilsiz dolomit (Senomaniyen); glokonitli kumtaşları, kireçtaşları (Senomaniyen) ve marn; boz renkli marnlar, kireçtaşları (Alt Eosen); beyaz ve killi kireçtaşları ve marnlar (Orta Eosen altı); çörtlü kireçtaşları (Lütesiyen); killi ve kalkerli kireçtaşları (Üst Eosen); killi, kalkerli kireçtaşları (Miyosen) ve bazalt örtüsü ile zengin pirit içerikli dayk birimlerini saptamıştır.

Güvenç (1973), Gaziantep ve Kilis Bölgesinin Stratigrafisi isimli çalışmasında Gaziantep Formasyonu'nun Akitaniyen yaşta olduğunu belirlemiştir.

Yoldemir (1987), Gaziantep, Narlı, Haydarlı ve Suvarlı arasında kalan bölgenin yapısal d jeolojisini ve bölgenin petrol potansiyelini incelemiştir.

Ulu vd. (1991), Araban-Belveren-Nizip-Yavuzeli-Birecik dolaylarının jeolojik incelemesini yaparak, Senozoyik yaşlı volkanik kayaçların petrolojisini ve bu kayaçların bölgesel yayılımı ile ilgili detay bilgiler sunmuştur.

Terlemez vd. (1992), Gaziantep çevresi ile Kilis, Elbeyli, Sakçagöz, Pazarcık ve Oğuzeli arasında kalan bölgenin jeolojisi ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışma kapsamında bölgenin genel stratigrafisi ile ilgili olarak, en altta allokton Karadut karmaşığı, Koçali karmaşığı ve ofiyolitik napın bulunduğu belirtilmektedir. Bu birimlerin üzerinde ise otokton yerleşimli Besni formasyonu (Kretase yaşlı) ve Germav formasyonları ile Tersiyer yaşlı Belveren ve Beşenli formasyonları ile Midyat grubu formasyonları (Gaziantep, Fırat, Gercüş ve Hoya formasyonları), Yavuzeli bazaltı, Şelmo formasyonu, Harabe formasyonu ve eski alüvyon (Kuvaterner yaşlı) ve güncel alüvyonların yer aldığı belirtilmektedir.

Erdoğan ve Yavuz (2002), Güneydoğu Anadolu bölgesinin Miyosen paleocografyası ve mermer yatakları ilişkileri hakkında çalışmalar yapmışlardır. Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer alan mermer yataklarının, hangi birimler içerisinde yer aldıkları ve yayılım alanları belirlenerek korele edilmiş, bölgede mermercilik açısından uygun set resiflerinin muhtemel blok mermer

alanları belirlenmiştir. Belirlenen alanlardan alınan kayaç numunelerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile bölge mermerlerinin mekanik özellikleri ile fiziko- kimyasal bileşimleri belirlenmiştir.

Külah (2006) tarafından, Gaziantep bölgesinde yer alan Tersiyer istifinin mikropaleontolojik incelemesi ve ortamsal yorumu adlı tez çalışması gerçekleştirilmiştir. Uğruca (Gaziantep) ve İbrahimli köyleri arasındaki alanda yüzeyleyen Şelmo, Fırat ve Gaziantep formasyonlarında gerçekleştirmiş olduğu çalışmasında; istifin oluşumunun kısmen infraneritik, genellikle epineritik derinlikteki denizel ortamlarda çökeldiğini belirtmiştir.

Usta ve Beyazçiçek (2006), “Gaziantep İlinin Jeolojisi” adlı çalışmalarında; bölgede yüzlek veren kaya birimlerinin, Maastrichtiyen döneminde oluşmuş ve bu jeolojik dönemde yerleşimini tamamlamış kompleks bir istiflenme gösteren kaya topluluklarından oluştuğunu belirtmektedirler. Mevcut birimlerin genel olarak radyolarit, volkanikler, serpantin, kumtaşı, killi kireçtaşı, silisli şeyl ve bloklardan oluşan Koçali ve Karadut karmaşıkları ile bunları tektonik olarak üzerleyen ofiyolitten oluştukları vurgulanmaktadır. Otokton birimler 1900 metre kalınlıkta istiflenmiş Maastrichtiyen- Erken Miyosen yaşlıdır. İstif tabanda Maastrichtiyen- Erken Paleosen yaşlı, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve çakıltaşından oluşan Besni formasyonu ile başlayıp, uyumlu olarak ara katkılı marndan ve killi kireçtaşı kumtaşından oluşan Germav formasyonu birimlerinden oluşmaktadır. Orta Paleosen – Erken Eosen yaşlı, düşey ve yanal geçişli bu iki birim, marn ve çakıllı kireçtaşı aralanmasından oluşan Beşenli formasyonunu uyumsuz olarak örtmektedir.

2.2. Teorik Çalışmalar

Özbek (2004), “Tünel Kazı Deformasyonlarının Modellenmesi” başlıklı tezinde farklı kayaç grupları içinde açılmış tünellerde kayaç sınıflamaları, kazı tipi ve tahkimat sisteminin belirlenmesinde farklı tipteki yöntemlerin birbirine göre farklı sonuçlar vereceğini belirtmiştir. Tabakalı özelliğinden dolayı sedimanter kayaçlar da büyük deformasyonlar beklenirken, nispeten sağlam olduğu düşünülen volkanik kayaçlarda ezik zonlar, yoğun eklem düzlemleri, yeraltı suyu gibi nedenlerden dolayı yüksek deformasyonlar gözlenebileceğini tespit etmiştir.

Polat (2010), “NATM Metodu Kullanılarak Tünel Tasarımı ve Modellenmesi” isimli çalışmasında, sayısal modelleme ile tünel kazı çalışmaları esnasında yığılma noktaları ve gerilmelerin yönelimini belirlemiştir. Bu çalışmaların kazı sırasında ayrıcalıklı olarak dikkatli olunması gereken bölgelerin tespitinde oldukça önemli olacağı vurgulanmıştır. Yeraltı yapılarında (Tünel çalışmalarında) gerçekleştirilen projelerin, ön proje olarak kabul edilmesi gerektiğini

vurgulamış ve NATM'in prensiplerinden biri olan, kazı aşamasında oluşacak durumlar yerinde incelenerek gerekli görülen tahkimat değişikliklerinin sahada yapılması gerekliliği üzerinde durulmuştur.

Seydanlıoğlu (2009), "Metro Tünellerinde Deformasyon Ölçmeleri" isimli tez çalışmasında, tünel inşaatı çalışmalarının büyük riskler taşıdığını, gözden kaçan en küçük bir hatanın çok büyük felaketslere ve maddi kayıplara sebebiyet vereceği belirtmiştir. Metro tünelleri gibi önemli çalışmalarda, bir şekilde elde edilen neticeleri, başka bir yöntemle kontrol etmeden kesin bir yargıya varmanın doğru olmayacağını, bu nedenle bağıl fiziksel ölçme yöntemleri ve donanımlarının yanında mutlak sonuç veren jeodezik yöntemlerden de faydalanılması gerektiğini belirtmektedir.

Sakız (2012), "Sığ Tünellerde Duyarlılığı Etkileyen Faktörlerin ve Yenilme Mekanizmalarının İncelenmesi" isimli çalışmasında, tüm modellerde; karşılaştırılabilir birincil gerilme koşullarında beklendiği gibi, kaya kütsesi niteliğinin düşük olduğu durumlarda duyarsızlık potansiyelinin daha çok önem arzettiği ve üzerinde durulması gereken önemli bir kriter olduğundan bahsetmektedir. Sığ tünellerde, tüm birincil gerilme koşullarında, tünelin derinliği arttıkça duyarlılık koşullarınınında azaldığını, derinlere inildikçe artan birincil gerilme koşullarında, daha tünel açılmadan arazideki güvenlik katsayılarının derinlere doğru gidildikçe negatif değerler vermesinde büyük rol oynadığı belirtilmiştir.

3. GENEL JEOLojİ

Çalışma alanı ve çevresinde Terlemez vd. (1992), DAF (Doğu Anadolu Fayı) güneyinde yer alan bölgede gerçekleştirdikleri çalışmalarında, en alt kısımda allakton konumlu Karadut Karmaşığı, Koçalı Karmaşığı ve Ofiyolitik naptan oluşan birimlerin yer aldığı belirtilmektedir. Bu birimlerin üstünde ise Kretase yaşlı otokton konumlu Besni ve Germav formasyonları, Tersiyer yaşlı Belveren, Beşenli, Midyat Grubu (Gercüş, Hoya, Gaziantep ve Fırat formasyonları), Şelmo formasyonu ve Yavuzeli bazaltından oluşan birimler yüzeylenir. Otokton birimler, DAF (Doğu Anadolu Fayı) güneyinde, Maastrichtiyen – Alt Miyosen yaşlı ve yaklaşık 1800 metre kalınlıkta bir istif temsil edilir. İstif tabanda Maastrichtiyen – Alt Paleosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı ve kumlu kireçtaşıdan oluşan Besni Formasyonu ile başlar. Bu birim uyumlu olarak kumtaşı ve killi kireçtaşı ara katkılı marndan oluşan Germav formasyonu tarafından izlenir. Orta Paleosen – Alt Eosen yaşlı yanal ve düşey geçişli iki birim, çakıllı kireçtaşı ve marn ardalanmasından oluşan Beşenli formasyonu tarafından yerel bir uyumsuzlukla üzerlenir. Alttan üste doğru; Alt Eosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı ve çakıllı marn – kireçtaşıdan oluşan Gerciş formasyonu; Eosen yaşlı killi çakıllı marn ve çakıllı kireçtaşıdan oluşan Ardıçlı tepe formasyonu ve dolomitik – çörtlü kireçtaşıdan oluşan Hoya formasyonu; Üst Eosen – Oligosen yaşlı kireçtaşı ile kalkerli kireçtaşıdan oluşan Gaziantep formasyonu ve Oligosen - Alt Miyosen yaşlı resifal kireçtaşıdan oluşan Fırat formasyonu yerel bir uyumsuzlukla önceki birimleri tarafından izlenmektedir., Orta– Üst Miyosen akarsu – göl çökellerinden oluşan Şelmo Formasyonu, Üst Miyosen yaşlı Yavuzeli Bazaltı ve Pliyosen akarsu – göl çökellerinden oluşan Harabe formasyonu ise yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır.

3.1. Bölgesel Jeoloji

Şekil 3.2 de yer alan DAF güneyinin genelleştirilmiş bölgesel dikme kesitinde çalışma bölgesi ve civarında yüzlek veren litolojik kayaç birimler yaşlıdan gence doğru verilerek, bu birimlerin litolojik özellikleri alt başlıklar halinde tanımlanmıştır.

SİSTEM	SERİ	KAT	GRUP	FORMASYON	SİMGE	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMA		
								KUATERNER	
MEZozoik	Hidosen Günümüz			Alüvyon	Qa		Alüvyon (Qa): tutturulmamış çakıl, kum ve çamur		
				Eski Alüvyon	Qe		Eski Alüvyon (Qe): gevşek tutturulmuş çakıl, kum, kil ve çamur Uyumsuz		
	Miyosen	Pliyosen			Harabe	Th		Harabe Formasyonu (Th): çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, çamurtaşı ardalanması. Uyumsuz	
					Yavuzeli Bazaltı	Ty		Yavuzeli Bazaltı (Ty) : siyah akma yapılı, yer yer tüfit arakatlı bazalt. Uyumsuz	
		Miyosen	Orta - Üst Miyosen			Şelmo	Tş		Şelmo Formasyonu (Tş): alt bölümü çakıltaşı, kumtaşı, üst bölümü şeyl, kumtaşı, tufit, marn ardalanımlı Uyumsuz
						Firat	Tmf		Firat Formasyonu (Tmf): krem renkli, masif-çok kalın tabakalı, çört yumrulu resifal kreçtaşı
		Eosen	Orta		Mıyaf Grubu	Gaziantep	Tmga		Gaziantep Formasyonu (Tmga): killi, tebeşirli kreçtaşı, marn ardalanmasından oluşur. Aralarında kreçtaşı düzeyleri ve çört yumruları var.
						Hoya	Tmh		Hoya Formasyonu (Tmh): gri krem renkli, orta-kalın tabakalı, alt bölümleri dolomitik, üst bölümleri çörtlü kreçtaşı
		Eosen	Alt		Mıyaf Grubu	Gerüş	Tmg		Gerüş formasyonu (Tmg): çakıltaşı, kumtaşı, çakilli marn ve çakilli kreçtaşı Yersel Uyumsuz
						Beşenli	Tbş		Beşenli Formasyonu (Tbş): killi kreçtaşı ve marn ardalanımlı
		Paleosen	Orta - Üst		Mıyaf Grubu	Belveren	Tbe		Belveren Formasyonu (Tbe): fosilli çakilli, bej-pembe renkli kreçtaşı Yersel Uyumsuz
						Germav	Ktşg		Germav Formasyonu (Ktşg): kumtaşı, killi kreçtaşı, türbütik kreçtaşı ara katkılı marn
	Üst Kretase	Mastihliyen			Besni	Kbe		Besni Formasyonu (Kbe): altta çakıltaşı, kumtaşı, üstte çakilli, kumlu, fosilli kırıntılı kreçtaşı Uyumsuz	
					Ofiyolit Napı	Kof		Ofiyolit Napı (Kof): peridotit, dunit, gabro, diyabaz Tektonik Dokanak	
Kocalı					Kk		Kocalı Karmaşığı (Kk): ultrabazik kayaçlar, serpantin, radyolarit, katkılı çörtlü kreçtaşı ve çeşitli bloklar Tektonik Dokanak		
Karadut					Kka		Karadut Karmaşığı (Kka): silisli kreçtaşı, çörtlü silisli şeyller, çörtlü kreçtaşı, killi kreçtaşı ve çeşitli bloklar		

Şekil 3.2. Çalışma sahası ve DAF güneyinin genelleştirilmiş bölgesel dikme kesiti (MTA- K24).

3.1.1. Kretase

Karadut karmaşığı (Kka)

Silisli kireçtaşları, silisli şeyl, killi kireçtaşı, kumtaşı ve volkanikler arasındaki farklı yaş sunan serpantinit blokları ve kireçtaşından oluşan birim, karmaşık bir yapıya sahiptir (Tuna, 1973). Yumuşak bir topoğrafya sunan, genellikle kireçtaşı ve serpantin blokları içeren kahverengi ve kırmızımsı renk gösteren birim, çeşitli (sıkışma ve kayma tektoniğı) etkenlerle kırıklı ve kıvrımlı yapıda gözlenmektedir (Sungurlu, 1974). Karmaşığı oluşturan kaya türlerini; ince tabakalı, silisli, bol çörtlü ve yeşilimsi renkli ara katkılı marn tabakaları oluşturmaktadır. Kiremit kırmızısı renginde gözlenen silisli şeyller; ince sert tabakalı, silisli laminalı marn arakatlı birimleri içermektedir. Killi kireçtaşları ise ince- orta tabakalı, kahve- yeşilimsi renkli ve çört içeriklidir. Bu birimlerin haricinde Karadut karmaşığı, tabakalı, açık sarı-beyaz renkli kireçtaşları, yeşilimsi-sarımsı renkli kumtaşı, kirli beyaz-gri renkli, ultrabazik çakıllı, geniş tabakalı ve makro fosil içerikli konglomera kireçtaşları ve volkanik birimlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.2). Orta sertlikte özellik sunan bu kaya türleri içinde, farklı yaşlarda çok kalın- kalın tabakalı gri- beyaz renkli, farklı boyutlardaki kireçtaşı blokları ile yeşil renkli fazla ayrılmış serpantinit blokları bulunmaktadır. Bölgede karmaşığın tabanı gözlenemezken, tabak kayaları üzerine birimin bölgeye yerleşiminden sonra çökelen kayalar uyumsuz olarak gelmektedir. Karmaşığın çökme yaşı ile ilgili veriye ulaşılammıştır (Yoldemir, 1987).

Koçali karmaşığı (Kk)

Farklı yaşlarda kireçtaşı bloklarından oluşan birim ultrabazik kayalar, volkanikler, serpantinit, radyolarit, çörtlü kireçtaşı blokları içermektedir. Kompleks bir yapı sunan karmaşık, ilk defa Sungurlu (1972) tarafından Koçali karmaşığı olarak tanımlanmıştır.

Karmaşık içinde gözlenen mafik kaya türleri serpantin ve ultrabaziklerdir. Bu birimler, koyu yeşil- koyu kahve renkli parlak yüzeyle, parçalanmış serpantinleşmiş kayaç parçacıklarından oluşmaktadır. Diğer taraftan, karmaşık içindeki kahve renkli aglomera ve lav akıntıları, oldukça kıvrımlı yapı gösterirken, kırmızı renkli radyolarit ve silisli şeyllerde ve kahve renkli, tabakalı kireçtaşlarında kıvrımlı yapı nispeten daha az görülmektedir. Mevcut kaya türlerinin yan yana gelmesi neticesinde bu birbirleriyle daha kompleks bir yapı sundukları ve kompleks yapı içerisinde gri-bej renkli, kırmızı renkli, kalın tabakalı ve masif kristalize kireçtaşı bloklarında içerdikleri arazi gözlemlerinde tespit edilen diğer jeolojik ve yapısal özelliklerdir.

İnceleme alanında Koçali Karmaşığı tektonik dokanıklı olarak Karadut Karmaşığı üzerinde yer almaktadır ancak bu birimler arasındaki dokanak ilişkisi net olarak

izlenememektedir. Germav Formasyonu (Maastrichtiyen- Alt Paleosen) üzerinde ise Koçali formasyonu uyumsuz olarak yer almaktadır (Şekil 3.2). Koçali karmaşığı içerisinde yer alan kireçtaşlarından elde edilen fosillere göre karmaşığın yaşı, Üst Jura- Alt Kretase olarak tespit edilmiştir (Tuna,1973). Koçali Karmaşığı yerleşimin Alt-Orta Maastrichtiyen'de tamamladığı Tuna (1973) tarafından belirtilmektedir

Ofiyolit napı (Kof)

Peridotit, diyabaz ve gabrodan oluşan allokton birime, Aksay vd. 1988 tarafından “Ofiyolit Napı” adı verilmiştir. Tuna (1973) Ofiyolit Napını, Koçali birliği içinde tanımlarken, Yoldemir (1987) ise Koçali Karmaşığı içinde gözlemlemiştir.

Ofiyolit napının büyük bir kısmını peridotitlerden oluşmaktadır. Peridotitler, yeşil- koyu kahve renkli ve çoğunlukla serpantinleşmişlerdir. Dunit ve harzburjit kaya tanımlamalarından oluşan peridotitler yer yer kromit çevherleşmesi içermektedir. Ofiyolitik Nap içindeki bazı kısımlarda tabakalı yapı özelliği sunan gabro oluşumları gözlenirken, ofiyoliti farklı doğrultu ve eğimlerde kesen diyabaz daykları mevcuttur.

Ofiyolit Napı, Koçali Karmaşığı üzerinde tektonik dokanaklıdır (Şekil 3.2). Bölgeye yerleşen ofiyolit napının üzerine Maastrichtiyen- Miyosen yaş aralığındaki birimler uyumsuz olarak gelir.

Besni formasyonu (Kbe)

Alt kısımda kumtaşı ve çakıltaşı, üstte kumlu kireçtaşından oluşan birim, Tuna (1973) tarafından isimlendirilmiştir. Besni Formasyonu, Sofalica köyü kuzeyinde, çakıltaşı ile başlayıp, üste doğru kumtaşı ile devam etmektedir. Terken köyü kuzey batısında ise yaklaşık 1-2 metre kalınlıkta, alacalı renkli peridotit çakıllı çakıltaşı ile başlar ve üste doğru açık kırmızımsı- pembe, sarı renkli, çakıllı kumlu ve yer yer sparitik nitelikteki kireçtaşına geçer. En üst bölümleri yer yer kireçtaşı, yer yer de kumtaşı ile temsil edilir. 0-100 metre aralığında değişen kalınlık sunan Besni formasyonu, sığ su ortamı koşullarını yansıtmaktadır. Ofiyolit Nap üzerinde uyumsuz olarak yer alan birim, Germav formasyonu kayaları ile uyumludur. Bazı bölgelerde ise Besni formasyonuna ait litolojilerin, Hoya formasyonu kayaları ile uyumlu olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.2).

Germav formasyonu (Ktşg)

Altta killi kireçtaşı ve kumtaşı, türbiditik kreçtaşı ve marndan oluşan birim yer yer ara katkılı marn litolojilerinden oluşmaktadır. Germav formasyonu tanımlaması Maxon (1936) ve Tromp (1940), Tuna (1973) tarafından yapılmıştır. Tanımlanmanın yapıldığı bölge, harita alanının

dışında, Gerçüş ilçesinin 40 kilometre doğusundaki Germav köyü çevresini’de kapsamaktadır.

Formasyonun alt kısmında, gri renkli, çok ince tabakalı, 3-5 metre kalınlığında marn bulunmaktadır. Bu birimin üzerinde ise 150-250 metre kalınlıkta killi kireçtaşı ile marn arakatlı seviyeler yer almaktadır. Kireçtaşı birimleri genel itibariyle gri renkli, killi, ince orta tabakalı, kumlu, piritli, yer yer bitümlü olup, solucan izli, pelajik özelliktedir. Marn düzeylerinde ise, mavimsi renkli, karbonatlı, masif, kırılğan bitki kırıntılı birimler gözlenirken ve bu birimlerde canlı bir yaşam izleri gözlenmiştir. Birimin üst düzeylerindedeyse, kalınlığı 15- 25 cm arasında değişim gösteren ve yanal devamlılığı fazla olmayan türbiditik kumtaşı ile kireçtaşı arakatlıları izlenir. Farklı litolojik birimlerden oluşan formasyon “derin şelf kenarı veya havza kenarı” şartlarında çökelmeye uğramıştır. 150- 400 metre arasında kalınlık sunan Germav formasyonu, Karadut Karmaşığı, Koçali Karmaşığı ve Ofiyolit Napı üzerinde uyumsuz olarak gözlenirken, Besni Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Şekil 3.2). Germav formasyonu üzerinde ise kendi aralarında dereceli geçişli litolojik birimlerden oluşan Tersiyer yaşlı Beşenli Formasyonu ve Belveren Formasyonu uyumsuz olarak yer almaktadır (Tromp, 1940).

3.1.2. Tersiyer

Belveren formasyonu (Tba)

Baskın kaya türü kireçtaşı olmakla beraber yer yer kiltası katkılı, kireçtaşları ile temsil edilen formasyon, ilk kez Wilson ve Krummenacher (1958) tarafından Belveren Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Formasyon, harita alanının dışında yer alan, Suvarlı-Gölbaşı yolu üzerinde, Belören kasabası yakınındaki Kurudere civarında tanımlanmıştır. Formasyona Wilson ve Krummenacher (1958) ve Tuna (1973) tarafından Besni Formasyonu ismi verilirken, Şenol (1972) tarafından Aslansuyu Formasyonu (formasyonun alt düzeyleri eşdeğerdir), Günay (1984) tarafından ise Sinan Formasyonu gibi isimler verilmiştir.

Belveren Formasyonu, ince tabakalı, kırmızımsı renkli, krinoidli, çakıllı, foraminiferli, kırıntılı kireçtaşı birimlerinden oluşmaktadır. Farklı litolojik birimlerle başlayan formasyonun üst kısmında alg içeriklerinde azalmalar gözlenmektedir. Tabaka kalınlığı açısından, koyu krem-pembemsi renkli kireçtaşları formasyonun baskın litolojik birimini oluşturmaktadır.

Belveren formasyonuna ait istifin batısına doğru gidildikçe, kaya türü özelliklerinin değiştiği ve gri- koyu krem renkli, orta kalın tabakalı (mikritik özellikte), yer yer a pembemsi renkli kırıntılı kireçtaşı ve killi kireçtaşı ara katkılarında olduğu görülür. Baskın kaya türü olan kireçtaşları “Yamaç önü” ortamında, batı kısımda kalan kaya türleri ise “Havza kenarı” fasiyesi ortamı çökellerini temsil etmektedir. Formasyonun kalınlığı 0- 75 metre arasında değişim

göstermektedir. Belveren Formasyonu, Ofiyolit Napı, Germav Formasyonu ve Besni Formasyonu kayaları ile uyumsuz, bu formasyon üzerinde yer alan (Şekil 3.2). Hoya Formasyonu ile yer yer uyumlu ve yer yer uyumsuz dokanaklıdır.

Formasyonun egemen kaya türünü oluşturan pembemsi renkli çakıllı, kırıntılı kireçtaşı birimlerinden ayıklanan fosil yaşlarına göre formasyon Orta-Üst Paleosen yaşlıdır. Ancak, özellikle batıdaki yüzeylemelerin üst düzeylerinden elde edilen yaş verileri yer yer Alt Eosen olarak tespit edilmiştir (Wilson ve Krummenacher, 1957).

Beşenli formasyonu (Tbş)

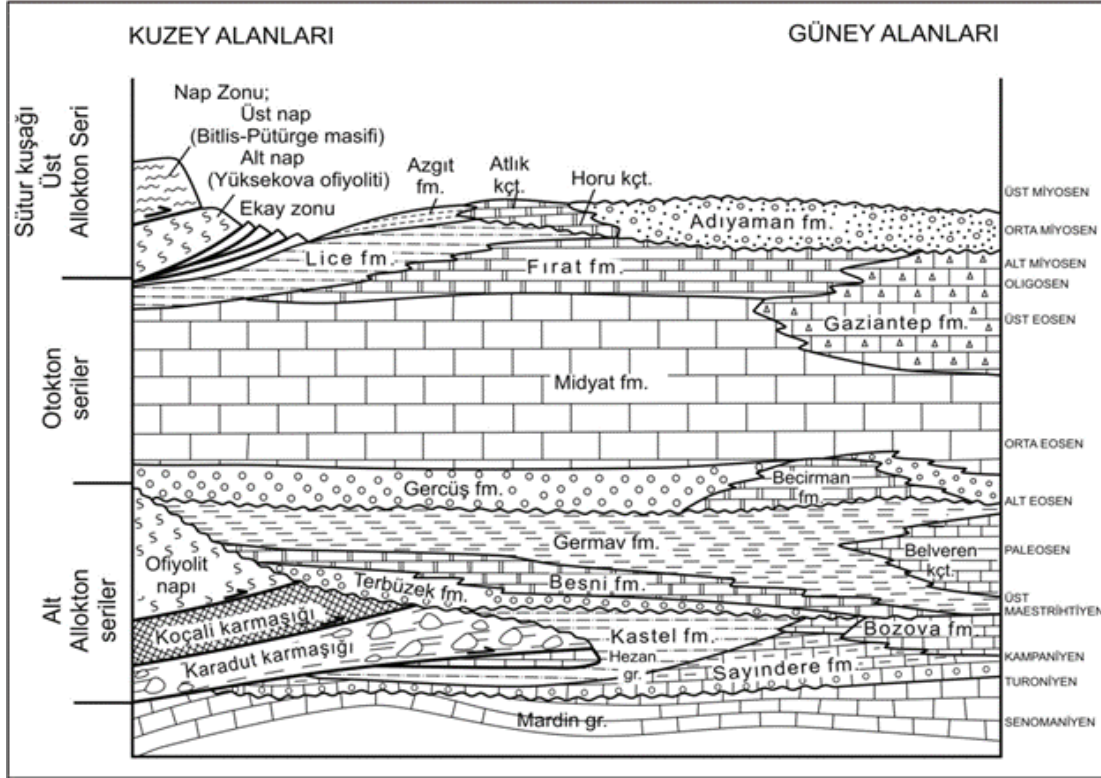
Alt kısımda marnlı, çörtlü, killi kireçtaşı ar dalanması, üst kısımda ise çörtlü kireçtaşı ar dalanmasından oluşan bu formasyon ilk defa Terlemez vd., (1992) tarafından adlandırılmıştır. Tanımlanmanın yapıldığı yer, Kilis ilinin kuzeybatısında Beşenli köyü dolayındır. Yoldemir (1987) formasyonun litolojik birimlerini tanımlayabildiği bölgelerde Belveren formasyonuna dahil ederken, tanımlayamadığı bölgelerde ise Hoya formasyonunun alt seviyelerine dahil etmiştir. Alt seviyeleri marn ara katkılı kiltası, kırıntılı kireçtaşları, çört yumrularından oluşan formasyonun, üst kısımlarında killi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Formasyonun belirgin litolojik özelliklerinin gözlemlendiği bölgede, tahmini 50 metre kalınlık sunan marn, siltaşı ve çörtlü- killi kireçtaşı istifinin taban kısmının egemen litolojik birimleridir. Kireçtaşları sarımsı, kalın tabakalı yapı sunarken, siltaşı ise, gri renkli ve tabakalanma göstermemektedir. Kiltası-marn, kireçtaşı ar dalanması üzerinde kırmızı renkli, kalın tabakalı kireçtaşları bulunmaktadır. Formasyonu oluşturan kaya türleri “Havza kenarı veya derin şelf kenarı” ortamı çökelleridir Yoldemir (1987). 20-70 metre kalınlık gösteren kiltası-marn, kireçtaşı ar dalanmalı birim, bazı bölgelerde Germav Formasyonunun üzerini uyumlu bir şekilde örterken (Şekil 3.2).

Formasyonun alt düzeylerindeki fosil içerikli marnlardan yaş tespitleri için alınan fosil örnekleri, Beşenli formasyonunun Orta- Üst Paleosen olduğunu göstermektedir. Ancak en üst düzeylerinden alınan fosil içerikli kayaçların yaş verileri yer yer Alt Eosen olarak tespit edilmiştir Yoldemir (1987).

Midyat grubu (Tm)

Midyat Grubu, Gercüş, Hoya, Gaziantep ve Fırat Formasyonu kaya birimlerinden oluşmaktadır. Grub kayaçlarını temsil eden ana birim sığ fasiyeste çökelmış olan kireçtaşı birimidir. Biriminde iki kayaç tipi ayırt edilmektedir. Üst kısımda kalkerli, açık krem renkli bazen çörtlü kireçtaşı, altta ise, dolomitik, sarımsı renkte masif ve ara ara çört yumrulu kireçtaşı görülmektedir (Şekil 3.3). İstifin taban kısmında kalker çimentolu konglomera seviyesi yer

almaktadır. İstifin kalınlığı 150-450 metre arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 3.2). Grubun fosil içeriğine göre Üst Eosen-Alt Oligosen yaşlı olduğu saptanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1983), (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. GD Anadolu'daki Arap Plakasının genelleştirilmiş tektono-stratigrafi kesiti (Şengör ve Yılmaz, 1983).

Gercüş formasyonu (Tmg): Çakıltaşı, Kumtaşı ve kireçtaşıdan litolojik birimlerinden oluşan formasyon ilk olarak Maxon (1936) ve Tromp (1940) tarafından tanımlanmış, Tuna (1973) tarafından Gercüş formasyonu ismiyle adlandırılmıştır. Adlama ve tanımlamanın yapıldığı yer Batman'ın Gercüş ilçesidir. Formasyon, Germav formasyonu birimleri üzerine geldiği bölgelerde (Şekil 3.2), altta 3-4 metre kalınlık gösteren çakıltaşı birimi ile başlamaktadır. Bu birimin üzerine beyaz renkli, aralarında kumtaşı ardalanması olan kiltası ve kiltası üzerine kırmızı renkli, orta kalınlıkta çakıltaşı-kumtaşı ardalanması gelmektedir. Bu ardalanmanın üzerine kalın tabakalı, kırmızı renkli, çimentolu, çakılları radyolaritli ve az oranda kireçtaşı olan çakıltaşı gelmektedir. Üst kısma doğru, kirli beyaz, kireç çimentolu, çakıllı marnlara geçer. Formasyonun üst bölümünde ise çakıllı marnlar ve çakıllı kireçtaşı bulunur (Şekil 3.3). Formasyonu oluşturan birimlerin karasal ortam çökelleri olup, formasyonun üst kısmında yer alan karbonatların özelliklerine bakıldığında, büyük oranda bölge kenarında çökelmiş transgresif istifin alt düzeyi

olduğu görülmektedir. Formasyonun kalınlığı değişken olup, genellikle 0-150 metre arasında değişen kalınlık göstermektedir.

Stratigrafik konumuna göre, Orta-Üst Eosen yaşlı Hoya formasyonu kayalarının Gercüş formasyonu kayaları ile uyumlu olması ve harita alanı dışında yer alan Belveren kasabası yakınında Orta-Üst Paleosen Belveren formasyonu kayaları ile ilişkilerinin uyumsuzluğu nedeniyle, formasyonun yaşının büyük olasılıkla Alt Eosen olabileceği Maxson (1936) tarafından ifade edilmiştir.

Hoya formasyonu (Tmh): Korudağın kuzeyinde kireçtaşlarından oluşan birimin tanımlaması Sungurlu (1974) tarafından yapılmıştır. Hoya Formasyonun egemen kaya türü kireçtaşıdır. Alt kısımda çakıllı kireçtaşıyla başlayıp, üste doğru gri, ara ara kırmızı renkli, kalın tabakalı kireçtaşlarına geçiş gösterir. Kireçtaşı birimi kirli beyaz- krem renkli, orta- kalın tabakalı, bol çatlaklı, bazı düzeyleri bol makro fosil kavkılıdır. Yüzey sularının etkisiyle çok yoğun bir karst topoğrafyası gelişmiştir. Yer yer resifal karakter göstermektedir. Evri köyü çevresinde alt düzeyleri dolomitik kireçtaşı özelliğindedir. Çört yumruları formasyonun üst kısımlarında izlenmektedir. Kireçtaşları “Karbonat düzlüğü” mikrofasiyes ortamı ile “Açık platform” mikrofasiyes ortamında çökelmiştir. Bu birimin kalınlığı 100- 300 metre arasında değişmektedir. Formasyon kayaları, Gercüş Formasyonunun üstüne uyumlu, Ofiyolit Napı, Germav Formasyonu, Besni Formasyonu ve Belveren Formasyonu üzerine aşıl uyumsuz bir dokanakla gelmektedir. Terlemez vd. (1992), birimin yaşını Orta (Geç Lütesiyen)- Geç (Priyaboniyen) Eosen olarak tanımlamışlardır (Şekil 3.2).

Gaziantep formasyonu (Tmga): Kalker ve killi kireçtaşından oluşan bu birimin tanımı ve adlanması ilk olarak Krummenacher ve Wilson (1957) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar, bu birimi Midyat grubunun bir üyesi olarak kabul etmişlerdir. Formasyon, harita alanının büyük bölümünde, killi kireçtaşı ve kalkerli kireçtaşı şeklinde yüzeylenmektedir. Kimi kısımlarda killi kireçtaşları yerine kalın tabakalanmalı kireçtaşları gözlenmektedir. Killi kireçtaşları gri-krem renkli, orta tabakalı çört ve kalkerli düzeyler içermektedir. Kalkerli kireçtaşları kirli beyaz- açık sarı renkte, tabakalı az miktarda çört yumruludur. Kireçtaşları gri- bej renkli, orta- kalın ara ara kalın tabakalı, taneli yapılı, algli, bol miktarda bentik fosilli ve mercanlıdır (Şekil 3.2). Kalkerli kireçtaşları, killi kireçtaşları, “Derin şelf kenarı veya Havza kenarı “, kireçtaşları ise “Çalkantılı sığ su” mikro fasiyes alanında tortullaşmıştır. Gaziantep Formasyonu kuzeyde 50-275 metre olası kalınlık gösterirken, güneyde ise 100-250 metre arasında değişen kalınlık sunmaktadır. Kalın bir istif halinde gözlenen Gaziantep formasyonu, Hoya Formasyonu ile Ardıçlıtepe Formasyonu birimleri üzerine uyumlu bir dokanakla gelmekte, bu üç formasyondan oluşan litolojik birimlerin

üzerinde ise Fırat Formasyonu uyumlu bir dokanakla yer almaktadır. Formasyonun fosil içerikli birimlerinden elde edilen fosil yaşlarına göre, (Terlemez vd., 1992) Üst Eosen (Priyaboniyen)-Oligosen (Stampiyen) olduğu Terlemez vd., (1992) tarafından tespit edilmiştir.

Fırat formasyonu (Tmf): Ara ara resifal kireçtaşı özelliklerinden oluşan bu birimi, ilk kez Tromp (1940) bir Midyat Grubunun üyesi (Fırat Üyesi) olarak tanımlamıştır. Bölgedeki daha güncel çalışmalar ile bu birim formasyon mertebesine yükseltilip, Midyat Grubu içerisinde tanımlanmıştır (Tuna, 1973). Formasyon, en altta beyazımsı beyaz- sarı renkli, tabakalı, ara ara tabakasız kireçtaşları ile başlayıp, üst seviyelere doğru sarı renkte, tabakalı bol çört yumrulu ve fosil kavkılı kireçtaşları gelmektedir. Formasyonun üst bölümünde kirlili sarı renkli, kalın tabakalı, çört yumrulu, gasropod içeren kireçtaşları yer almaktadır. Formasyonun üst yüzeylerinin gösterdiği karstik topoğrafya yapısı ile Hoya formasyonuna benzerlik göstermektedir. Formasyonun kireçtaşı birimleri “Çalkantılı sığ su” fasiyes ortamında çökelmiştir. Formasyon, Gaziantep ilinin kuzeyinde 0- 200 metre, güneyinde ise 0-125 metre arasında kalınlıklar sunmaktadır. Gaziantep Formasyonunun üstünde uyumlu dokanaklı olan Fırat formasyonu, Yavuzeli Bazaltı ve Şelmo Formasyonu tarafından açılı uyumsuz olarak örtülmektedir. Formasyonu oluşturan kireçtaşlarından derlenen fosillere göre formasyon, Alt Oligosen- Alt Miyosen yaşındadır (Erdoğan ve Yavuz, 2002).

Şelmo formasyonu (Tş)

Kumtaşı, çakıltaşı, çamurtaşı araldanması, şeyl ve çakıllı şeyl, marn ile akarsu çökelleri, kumtaşı, tüfitli göl çökellerinden meydana gelen birim Yoldemir (1987) tarafından tanımlanmıştır

Şelmo Formasyonu, silttaşı, kıltaşı, çamurtaşı, kumtaşı ile bunların arasında bulunan çakıltaşlarından ve ara ara kumtaşı, şeyl, çakıllı marn, tüfit ve killi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Stratigrafik birimlerin yüzeylenmeleri beraber izlenebildiği gibi, birimler bağımsız olarakta bazı bölgelerde gözlenebilmektedir. Stratigrafik birimlerin beraber gözlendiği bölgelerde, Şelmo formasyonu kayaları birbirleriyle dikey ve yanal geçişlidir. Formasyonun kalınlığı harita alanında yaklaşık 0-100 metre arasında değişiklik göstermekte ve Fırat Formasyonu üstüne uyumsuz gelmektedir. Formasyonun üzerinde Yavuzeli Bazaltı açısız uyumsuz bir dokanakla yer almaktadır (Şekil 3.2).

Bölgenin stratigrafik konumuna göre, Şelmo formasyonu kayalarının Fırat formasyonu üzerinde açılı uyumsuz bir dokanaklı olması (Formasyon üst kısım; Alt Miyosen), Üst Miyosen yaşlı Yavuzeli Bazaltı tarafından örtülmesinden dolayı Formasyonun yaşı Yoldemir (1987) tarafından Orta-Üst Miyosen olarak tespit edilmiştir.

Yavuzeli bazaltı (Ty)

Yoldemir, (1987) çalışmasında birimi Yavuzeli Bazaltı olarak tanımlarken, Tuna, (1973) birimi Karacadağ Bazaltı olarak tanımlamıştır.

Yavuzeli bazaltı, kırmızımsı ve siyah renkli, ara ara kalın tabakalı, gözenekli, kalsit dolgulu genellikle lav akıntısından oluşmuştur. Çoğunlukla lav akıntılarının alt kısımlarında ara ara tuf ve aglomera yüzeylemeleri bulunmaktadır. Bu piroklastikler özellikle Kilis- Gaziantep yolunun Kilis'e yakın bölümlerinde gözlenmektedir. Daha önce bölgede çalışma yapmış olan araştırmacıların, bu konuyla ilgili farklı görüşleri bulunmaktadır. Bazaltların oluşumu kimi araştırmacılar tarafından Doğu Anadolu Fayına ve bunlarla ilişkili olan fay sistemine, bazı araştırmacılar ise bölgede Orta Miyosen zamanında başlayan sıkışma nedeniyle oluşan açılımlara başlamaktadır. Bazaltların kalınlıkları 0-75 metre arasında değişmekte ve kendisinden daha yaşlı Selmo Formasyonu ve diğer birimleri açısız uyumsuzlukla örtmektedir. Üzerinde ise Harabe Formasyonu açısız uyumsuzlukla yer almaktadır. Yavuzeli Bazaltı'nın oluşum yaşını Ulu ve diğerleri (1991) tarafından 7 -8 my. (Üst Miyosen) olarak tespit edilmiş, Yoldemir, (1987) ise $12.1 \pm 0,4$ my. (Orta Miyosen) olarak tespit etmiştir.

Harabe formasyonu (Th)

Kiltaşı, kumtaşı, çakıltaşı ve çamurtaşı birimlerinden meydana gelen Formasyonun tanımlamasını Terlemez ve diğerleri. (1992) tarafından ilk olarak Harabe mahallesi dolaylarındaki yüzeylenmeler irdelenerek yapılmıştır.

Harabe Formasyonu, alt kısımlarda çakıltaşı ile başlamaktadır. Çakıltaşları açık gri renkli, kireçtaşı, tabakasız, radyolarit çakılları, egemen ve gevşek olan karbonatlı çimentolanma ile tutturulmuştur. Çakıltaşları üst kısımlara doğru kumtaşlarına geçiş göstermektedir. Kumtaşları açık gri renkli, çapraz tabakalanmalı ve ince derecelidir. Kumtaşları üst kısımlara doğru açık sarı renkli kiltası ile kırmızı renkli çamurtaşlarına geçmektedir. Bahsi geçen kumtaşı, kiltası, çakıltaşı ve çamurtaşından oluşan istif, üst kısımlara doğru tane inceliği göstermekte olup formasyon içinde tekrarlanmaktadır. Birimin kaya türleri genel itibarıyla göl çökelleri ve akarsu özelliğindedir. Birimin kalınlığı 0-30m arasında değişmekte ve kendisinden yaşlı bütün birimler üzerine açısız uyumsuzlukla gelmektedir. Bölge stratigrafik konumuna göre, Üst Miyosen yaşlı Yavuzeli Bazaltının üzerinde açısız uyumsuzlukla yer alması nedeniyle Terlemez vd., (1992) tarafından Pliyosen olarak kabul edilmektedir.

3.1.3. Kuvaterner

Eski alüvyon (Qe)

Çoğunlukla eski nehir yataklarında ve yüksek tepeler etrafındaki ovalarda gevşek tutturulmuş kum, çakıl, çamur ve kilden oluşmaktadır. Bu yüzlek birikintileri üzerinde bulunan kuvaterner birimler kum ve çakıl deposu veya tarım arazisi olarak kullanılmaktadır.

Alüvyon (Qa)

Çalışma alanı yamaçlarında yersel olarak bulunan çeşitli kayalardan türeme, kötü boylanmalı blok, çakıl, kum, kil ve siltlerden oluşan döküntülerdir. Düzbağ Regülatörünün bulunduğu bölge ve civarında, özellikle sağ sahilde birkaç metre kalınlığında kireçtaşından türeme kaya parçalarının hakim olduğu, köşeli, blok çakıl boyutunun hakim olduğu çok kötü boylanmalı, arada ofiyolitten türeme daha ince kırıntıların bulunduğu gözlenmiştir.

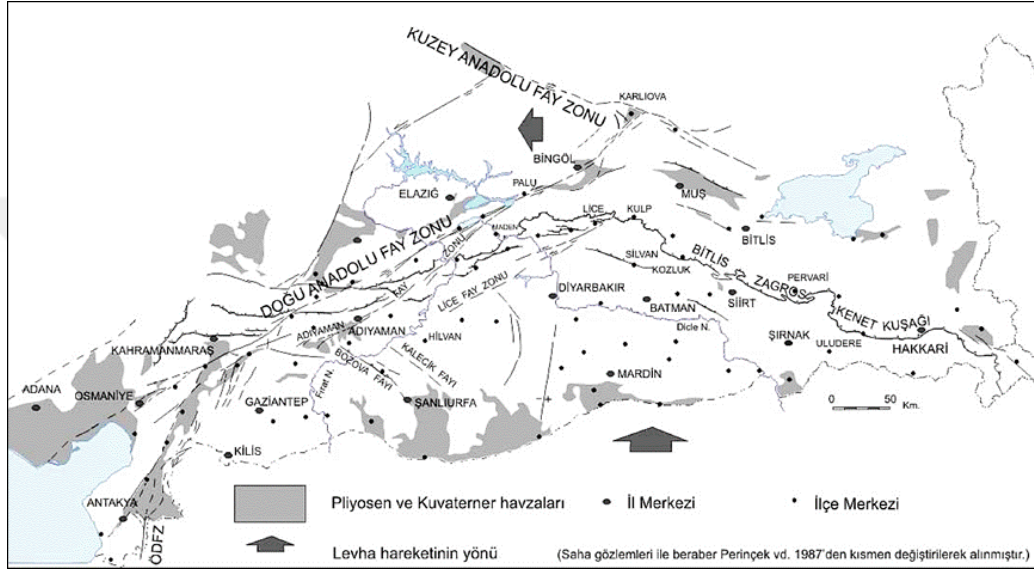
3.2. Yapısal Jeoloji

Arap Plakası Kızıldenizdeki açılmadan dolayı hızlı bir hareket göstermiş ve kuzeye doğru kaymıştır. Avrasya ve Afrika-Arabistan levhalarının kuzey-güney yönünde yaklaşmaları sonucunda Akdeniz'in atası sayılan Tetis Denizi Alt-Orta Maestrihtiyen'de kapanmış ve bunun sonucunda Tortoniyen'de (yaklaşık 10 milyon yıl önce) Avrasya ve Arabistan levhaları, Güneydoğu Anadolu Bindirmesi boyunca çarpışmışlardır (Şengör, 1980). Tortoniyenden Pliyosen'e kadar (2-5 milyon yıl önce) kuzey-güney yönlü sıkışmalar, kuzeyden gelen aksenel doğrultuları tahmini doğu-batı olan bindirme fayları, Bitlis-Zargos Kenet Kuşağına (BZKK) paralel olan kıvrımlanmalar ile karşılanmıştır. Pliyosen'deki sıkışmalardan dolayı yanal atımlı egemen duruma geçmiş faylar, bindirme fayları ve kıvrımlanmalar ile karşılanamaz duruma gelmiştir. (Perinçek ve Eren, 1990; Herece ve Akay, 1992; İmamoğlu, 1993; 1996). Bu jeolojik süreç boyunca Doğu Anadolu Fay Zonunun (DAFZ) ve Kuzey Anadolu Fay Zonunun (KAFZ) gelişimiyle, Anadolu Bloğu bu fay zonları boyunca batıya doğru hareket etmiştir. Bu hareket sırasında, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) doğrultu atımlı sağ yönlü gelişirken, DAFZ (Doğu Anadolu Fay Zonu) ise sol yönlü doğrultu atımlı olarak gelişmiştir. (Şekil 3.4).

3.2.1. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)

Türkiye'nin aktif ve etkin iki fay zonundan birisi olan Karlıovadan başlayıp Antakya'ya kadar 580 km'lik bir uzanım sunan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), bölgenin deprenselliğinde ve jeodinamik evriminde önemli bir rol üstlenmektedir (Şekil 3.4, Arpat ve Şaroğlu, 1972; Mc Kenzie, 1972; 1976; Allen, 1969; Seymen ve Aydın, 1972; Şaroğlu vd., 1987; Taymaz vd., 1991;

Ambrasseys, 1989; Herece ve Akay, 1992). Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Karlıova'nın doğusunda bulunan Kargapazarı yöresinde Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile kesişmesiyle başlayıp, kuzeydoğu-güneybatı yönünde Göynük Vadisi boyunca devamlılığını sürdürür. Bingöl bölgesinde belirginsizleşen bu zon, Palu-Pötürge arasında tekrar belirgin hatlarıyla izlenmekte ve güneybatıya doğru devam etmektedir (Şaroğlu vd., 1987; Herece ve Akay, 1992).



Şekil 3.4. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve yakın dolayının tektonik haritası (İmamoğlu vd., 2006).

3.2.2. Güneydoğu Anadolu bindirmesi / Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı (BZKK)

Güneydoğu Anadolu Bölgesinin kuzey kenarı boyunca gelişmiş olan Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı (BZKK), Tetis Deniz tabanının Avrasya Plakası altına daldıktan sonra, kıta-kıta çarpışması sınırında gelişen bindirme fayından oluşmaktadır (Şekil 3.4). Bu bindirme fayı, İran'daki Zagros Bindirme Kuşağı'nın devamı şeklinde olup, doğudan batıya doğru Hakkâri, Beytüşşebap, Narlı, Pervari güneyi, Kozluk, Kulp, Lice kuzeyi, Ergani kuzeyi, Çüngüş ve Çelikhan hattı boyunca geçmektedir. Bu bölgede Doğu Anadolu Fay Zonu tarafından atıma uğrayan Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı, Gölbaşının kuzeyinde tekrar karakteristik özellikleri ile gözlenmektedir. Batıya doğru çift bindirme tektonik yapıda gözlenen Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı'nın bir kolu Kahramanmaraş'tan geçerken diğer kolu daha kuzeyden geçerek Andır'ın doğusunda güneye dönerek belirsizleşmektedir. Ergani-Çüngüş yöresinde Maden Karmaşığı, Çüngüş-Çelikhan yöresinde Pötürge Metamorfikleri, Hakkâri-Narlı yöresinde Yüksekova Karmaşığı, Narlı-Kulp-Lice yöresinde Bitlis Metamorfikleri, daha batıda ise Engizek Grubu, Arap Plakasına bindirmektedir. Bitlis metamorfikleri boyunca Anadolu Plakası ile Arabistan

Plakası arasında ilk kıta-kıta çarpışması meydana gelmiştir. Mardin-Derik yöresinde Eosen öncesinde, Hazro yöresinde ise Paleosen öncesinde bu çarpışmalara paralel yapılar oluşmuştur (Perinçek vd.,1987). 1975 yılında meydana gelen Lice depremi bu faya bağlı olarak meydana gelmiştir.

3.2.3. Ölü deniz fayı (ÖDFZ)

Toplam yanal atımı 105 km olan bu fay, Ölü deniz'den Doğu Anadolu Fay Zonu' na kadar yaklaşık 1000 km'lik bir yayılım göstermektedir (Manspeizer, 1985). Güneydoğu Anadolu Bölgesini batıdan sınırlayan Ölü Deniz Fayı (ÖDFZ), Kırıkhan–Hassa bölgesinde Amik Ovası içinden geçip, Reyhanlı'nın kuzeyine doğru devamlılığını sürdürmekte ve Narlı bölgesinde Doğu Anadolu Fay Zonu ile birleşmektedir. Aktivitesi halen devam eden bu fayın, pek çok ağır hasarlı büyük depremlerde meydana getirdiği günümüzde bilinmektedir (Şekil 3.4).

3.2.4. Lice fay zonu

Lice bölgesinden başlayan Lice Fay Zonu, Hani'nin güneydoğusundan ve Hazro Antiklinali'nin batısından geçip güneybatıya doğru devamlılığını sürdürmektedir. Hani güneyinde ikiye ayrılan fayın bir kolu güneye doğru uzanarak, Karacadağ bazaltlarının altında kaybolur. Diğer kuzey kolu ise, Dicle Nehri'ni sol yönlü olarak öteledikten sonra, güneybatıya doğru devam eder. Açılan sondaj kuyu verilerinden, fayın düşey atımın 600-1000m. arasında değişen mesafeler gösterdiği görülmektedir. Güneybatı doğrultusunda uzanım sunan Lice Fay Zonu, Hilvanın batısından Fırat Nehri yatağına kadar paralel uzanan faya bağlanmaktadır. Bu fayın, sol yönlü yanal atımlı (düşey atımı da bulunan), verev bir fay özelliğinde bir yapıda olduğu görülmektedir (Perinçek vd., 1987).

Bazı araştırmacılar tarafından, 1975 yılındaki Lice depreminin, faydaki ters ve doğrultu atım bileşenlerine eşit olan sol yönlü yanal atım sonucu meydana geldiği savunulmaktadır (Eyidoğan, 1983). Lice bölgesindeki çalışmalarda, fayın bindirme kuvvetinin daha etkin olduğu görülmüştür (İmamoğlu, 2006).

3.2.5. Adıyaman fay zonu

Doğu Anadolu Fay Zonunu kırıp Palu ilçesinin batısından geçerek Hazar Gölü'nün güneyinde gözlenen ve Hazar yerleşim birimleri içinden Adıyaman'a doğru devam eden bir fay zonedir. Yaklaşık olarak 210 km'lik sol yanal atımı olan bu fay zonu, Fırat vadisini sol yanal olarak öteledikten sonra, Adıyaman il merkezinden geçerek, Besni güneyinde ikiye kola ayrılarak kaybolmaktadır (Perinçek vd., 1987).

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Kaya Kütle Özelliklerinin Belirlenmesi ve Hoek-Brown Yenilme Ölçütü

Tünel kazılarının hesap analizinde kaya kütlelerinin, deformasyon özelliklerinin doğru tahminler üzerinde oluşturulması gerekmektedir. İhtiyaç doğrultusunda Hoek ve Brown (1980) tarafından tabakalı ve çatlaklı kaya kütlelerinin dayanımlarının hesaplanması için bu metod geliştirilmiştir. Hoek ve Brown yenilme ölçütü deformasyona uğramış kaya kütlelerini çatlaklı ve eklemlili kaya dayanımlarının tahmininde kullanılmaktadır.

Laboratuvar verileri doğrultusunda Hoek ve Brown (1980), kaya yenilmesinin ve davranışlarının kuramsal yönlerini inceleyerek aşağıdaki görgül (ampirik) bağıntıyı kullanmışlardır. Bu formül kaya malzemesi ve kaya kütlesi için kullanılabilir (m ve s değerleri kaya malzemesi veya kaya kütlesi için tespit edilmektedir). Kriterin 2002 versiyonuna göre yenilme kriteri aşağıdaki formülde ifade edilmektedir; Bu formül

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_y \times \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$$

şeklindedir.

Burada;

- σ_1, σ_3 : Yenilme anında uygulanmakta olan maksimum ve minimum asal gerilmeler,
- σ_{ci} : Sağlam ve çatlaksız kaya malzemesinin (laboratuvar örneklerinin) tek eksenli basınç dayanımı,
- $\sigma_b = \sigma_{cm}$: Kaya kütlelerinin tek eksenli basınç dayanımı,
- a, s: Kayanın, özelliklerine ve asal gerilmelere uygulanmadan önceki çatlaklık derecesine bağlı istatistiksel parametrelerdir. Bunlar diğer manada kriterleri bulunan kohezyonun ve içsel sürtünme açısı karşılıklarıdır.
- $m_b = m_y$: Kaya kütlesi malzeme faktörüdür.
- $m_i = m_{lab}$: Kaya malzemesinin faktörüdür.

Kaya kütlelerinde yenilme durumunda, arasındaki ilişki iki sabit ile tanımlanır. Bunlar tek eksenli sıkışma dayanımı σ_{ci} ve m_i sabitidir. Bu değerler hazırlanan sondaj karot örneklerinde yapılan üç eksenli testlerin istatistiksel analizleri sonucunda belirlenmektedir.

$$y = m \sigma_{ci} x + s \sigma_{ci}$$

burada;

$$x = \sigma_3'$$

$$y = (\sigma_1' - \sigma_3')^2$$

Tek eksenli sıkışma dayanımı için, m_i sabiti ve belirleme katsayısı için r^2 örnek sayısı için ise n kullanılır.

$$\sigma_{ci}^2 = \frac{\sum y}{n} - \left[\frac{\sum xy - (\sum x \sum y/n)}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)} \right] \frac{\sum x}{n}$$

$$m_i = \frac{1}{\sigma_{ci}} \left[\frac{\sum xy - (\sum x \sum y/n)}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)} \right]$$

$$r^2 = \frac{[\sum xy - (\sum x \sum y/n)]^2}{[\sum x^2 - (\sum x)^2/n][\sum y^2 - (\sum y)^2/n]}$$

4.2. Jeolojik Dayanım İndeksinin (GSI) Belirlenmesi

GSI (Geological Strength Index) jeolojik dayanım indeksi Hoek vd. (1995), tarafından farklı jeolojik koşullarda kaya kütle dayanımındaki azalmaların tahminini sağlamak için geliştirilen RMR (Rock Mass Rating)'ın yerine dahil edilen bir parametredir. Hoek (1998)'de GSI (Geological Strength Index) sistemine, foliasyonlu – laminalı –makaslanmış ve sağlam veya masif gurubunu da ekleyerek GSI (Geological Strength Index) sınıflama sistemini yeniden düzenlemiştir (Çizelge 4.1).

GSI (Geological Strength Index) değerinin küçük bir değişimi kaya kütle dayanımını doğrudan etkilediğinden Çizelge 4.2' de verilen kaya kütle yapısının ve süreksizlik koşulunun tanımlanabilen ve ölçülebilen kaya kütle parametreleri daha hassas belirlenmesi amacıyla Ulusay ve Sönmez, (1999) ve Ulusay ve Sönmez (2002) tarafından tanımlanabilen veya ölçülebilen bir puanlama sistemine geçilmesi gerekli görülmüştür. Yazarlar “Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı (SCR)” ve “Yapısal Özellik Puanı (SR)” olarak tanımlanan iki parametrenin GSI sistemine katılmasını önermişlerdir.

Ulusay ve Sönmez (1999), yüzey süreksizlik koşulunun belirlenmesi amacıyla RMR sınıflama sistemi'nin dolgu, bozunma ve pürüzlülükle ilgili önerdiği tanımlama ve puanlamaları (Bieniawski, 1989) kullanarak 0-18 arasında değişen süreksizlik yüzey koşulu puanları (SCR) elde etmişlerdir.

Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı;

$$SCR = Rr + Rw + Rf$$

ifadesi ile hesaplanmaktadır.

Burada,

Rr (Pürüzlülük), Rw (Bozulma), Rf (Dolgu) puanlarıdır. Puanlama sistemi Çizelge 4.2'deki abağın sağ üst köşesindeki çizelge kullanılarak hesaplanmaktadır.

Ulusay ve Sönmez (1999), GSI (Geological Strength Index)'in hesaplanmasının pratik olması için kullanılan parametre sayısını azaltarak süreksizlik aralığını ve süreksizlik sayısını birlikte ifade eden hacimsel Yapısal Özellik Puanı (SR), Eklem sayısı (Jv)'nin belirlenmesi amacıyla önerilmiştir.

Çizelge 4.1. Kaya kütlesi ile laminalı-foliasyonlu-makaslanmış kayaçlarda içerecek şekilde yeniden düzenlenmiş GSI sınıflama sistemi (Hoek, 1998).

<p>JEOLJİK DAYANIM İNDEKSİ Kaya kütlesinin yapısını ve yüzey koşullarını tanımlayan harf kodları belirlenerek uygun kutu seçilir ve ortalama Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)'nin değeri abaktaki konturlardan tayin edilir</p>		<p>SÜREKSİZLİK YÜZEY KOŞULLU</p>		<p>YAPI</p>	
		<p>ÇOK İYİ Çok pürüzlü, taze ayrılmamış yüzeyler</p>		<p>İYİ Düz, çok az ayrılmış, demir oksit sıvımalı yüzeyler</p>	
		<p>ORTA Düz, orta derecede ayrılmış yüzeyler</p>		<p>ZAYIF Kaygan, sert veya köşeli parçalar içeren, dolguya sahip, çok ayrılmış yüzeyler</p>	
		<p>ÇOK ZAYIF Kaygan, yumuşak kil dolgusu, çok ayrılmış yüzeyler</p>		<p>AZALAN YÜZEY KALİTESİ</p>	
<p>SAĞLAM VEYA MASİF- Kayaç malzemesi veya geniş aralıklı birkaç süreksizlik içeren masif kaya kütlesi</p>		90		UYGULANMAZ	
<p>BLOKLU - 3 Ortogonal süreksizlik setinin oluşturduğu kübik bloklu, çok iyi kenetlenmiş, örselenmemiş kaya kütlesi</p>		80			
<p>ÇOK BLOKLU- Dört veya daha fazla sayıda süreksizlik setinin keşilmesiyle oluşmuş çok yüzeyli-köşeli bloklar içeren, kısmen örselenmiş kaya kütlesi</p>		70			
<p>BLOKLU/ÖRSELENMİŞ- Birbirini kesen çok sayıda süreksizliğin oluşturduğu köşeli bloklar içeren, kıvrımlanmış ve/veya faylanmaya maruz kalmış kaya kütlesi</p>		60			
<p>PARÇALANMIŞ- Köşeli ve yuvarlak kayaç parçalarının birlikteliğinden oluşan, zayıf kenetlenmiş, aşırı derecede kırıklı kaya kütlesi</p>		50			
<p>FOLİASYONLU-LAMİNALI-MAKASLANMIŞ İnce laminalı veya foliyasyonlu ve makaslanmış zayıf kayaçlar. Diğer süreksizlik setlerine oranla daha egemen olan sık aralıklı şistozite yüzeyleri kayaçta bloklaşmanın gelişmesini önlemiştir.</p>		40		UYGULANMAZ	
		30			
		20			
		10			

İzotrop ve homojen bir kaya kütlesi ortamında birbirine dik yönde (x, y, z) etütlerde belirlenen eklemli kaya kütlesinin J_v parametresi;

$$J_v = \frac{N_x}{L_x} \times \frac{N_y}{L_y} \times \frac{N_z}{L_z}, \quad J_v = \frac{1}{S_x} \times \frac{1}{S_y} \times \frac{1}{S_z}$$

Yukarıdaki eşitlikleri kullanılarak hesaplanabilmektedir.

Burada;

- N_x , N_y ve N_z birbirine dik yönde yapılan hat etütleri,
- L_x , L_y ve L_z uzunluğundaki karşılaşılan eklemlerin sayısı,
- S_x , S_y ve S_z ise x, y ve z yönleride ortalama süreksizlik aralıklarıdır.

Ancak kaya kütlelerinin yüzeyine, birbirlerine dik yönde üç hat etütünün yapılması çoğu durumlarda mümkün olmayabilir. Böyle durumlarda ileri dereceli çatlaklı kaya kütlelerinin izotrop ve homojen kabul edilebilecek özellikleri göz önüne alınarak yukarıdaki eşitlikler;

$$J_v = \left(\frac{N}{L}\right)^3 \quad J_v = \left(\frac{1}{S}\right)^3$$

biçiminde düzenlenmiştir (Ulusay ve Sönmez, 2002).

Burada; N: Eklem sayısı, L: süreksizlik etüt hattının toplam uzunluğudur.

Yapısal özellik puanı (SR) belirlenen J_v değeri için Çizelge 4.2'nin sol üst köşesinde verilen grafikten tayin edilmektedir.

Hoek vd, (2002) Jeolojik Dayanım İndeksi (GIS) değerinin hesaplanmasında tünel içerisinde ve şevlerdeki patlatma ve gerilim boşalması etkilerini belirlemek için 0-1 arasında değişen Örselenme Faktörü'nü (D) formüle dahil etmişlerdir (Çizelge 4.3).

Kaya kütle dayanım özelliklerinin belirlenmesi için ise m, s ve a Örselenme Derecesi parametreleri faktöründe göz önüne alınarak aşağıda sunulmuştur.

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

$GSI > 25$ için, kaya kütlesi iyi kalitededir. Orijinal Hoek Brown kriterine uygulanmasıyla

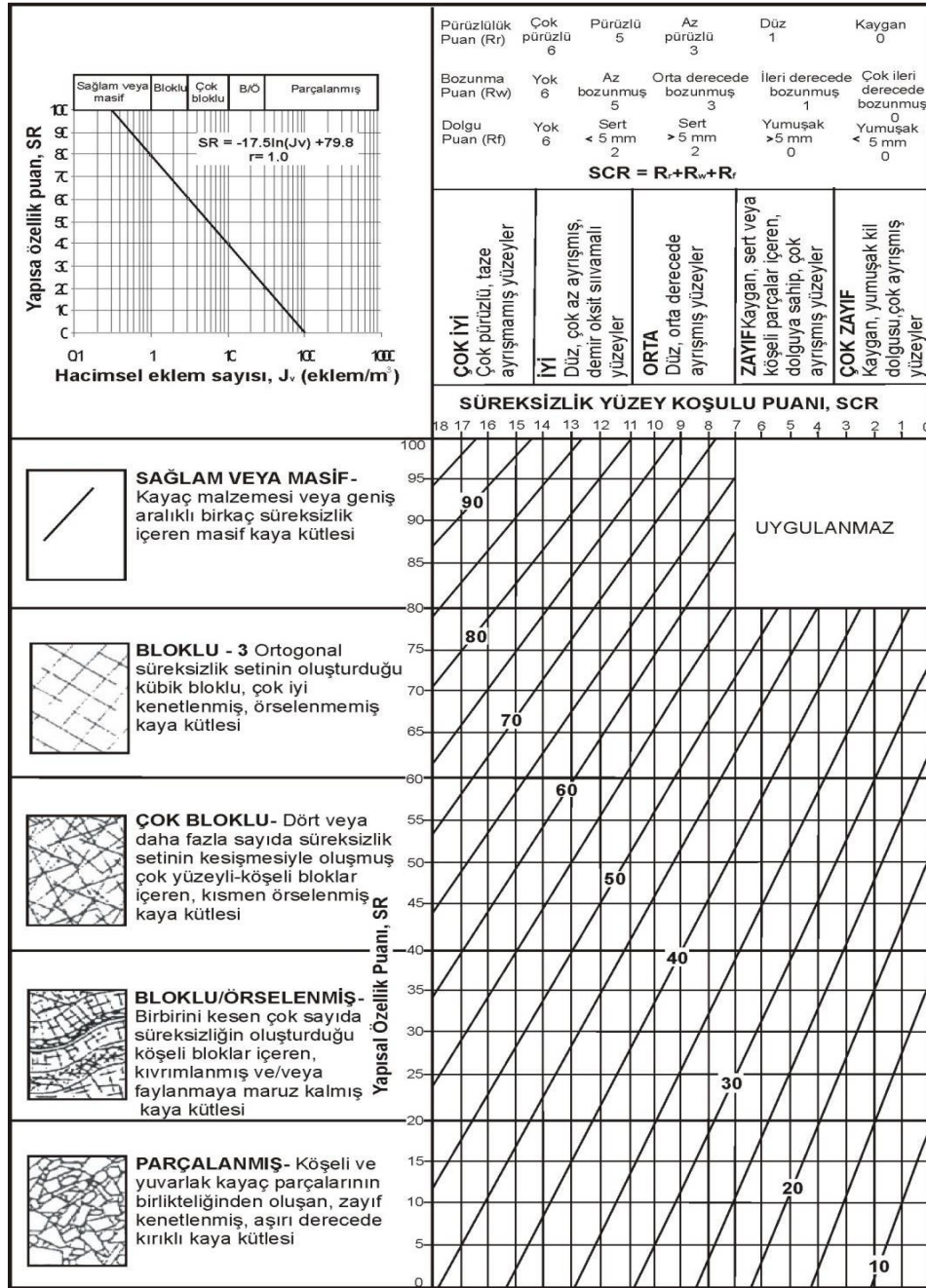
$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right) \text{ ve } a = 0.5$$

$GSI < 25$ için kaya kütlesi çok kötü kalitededir. Değiştirilmiş Hoek Brown kriterine uygulanması ile, aşağıdaki formül geliştirilmiştir.

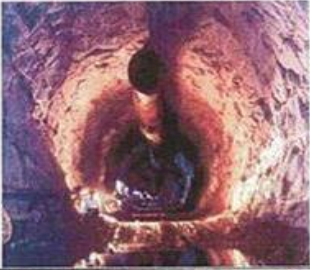

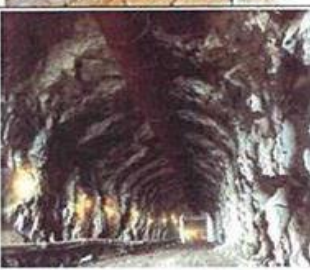
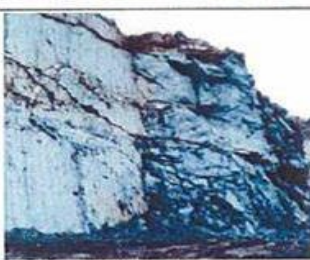

S=0 ve

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}(e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

Çizelge 4.2. Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından önerilen modifiye edilmiş GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi).



Çizelge 4.3. Bozunma derecesi faktörü (Hoek vd., 2002).

Kaya Kütlelerinin Görünümü	Kaya Kütlelerinin Tanımı-Örselenme Durumu	Önerilen Örselenme Faktörü, D
	Çok iyi derecede kontrollü patlatma veya Tünel Kazı Makineleri ile kazılmış tünellerde çevre kayalarında minimum örselenme oluşumu	$D=0$
	Mekanik veya elle kazı yapılan (patlatmasız) tünellerde zayıf kaliteli, çevre kayalarında minimum örselenme oluşumu Önemli ölçüde taban kabarmasına yolaçan sıkışma problemleri varsa, resimdeki gibi geçici invert uygulanmaması durumunda, örselenme ciddi olabilir	$D=0$ $D=0,5$ <i>Invert Yok</i>
	Sert kaya tünellerinde kötü denetimli patlatma işlemi sonucunda, tünel cidarından yer yer 2-3 m dışı doğru ciddi örselenme durumu	$D=0,6$
	Mühendislik yapısı sevlerinde, küçük ölçekli, kontrollü patlatma işlemi, soldaki resimde görüldüğü gibi, kaya kütlelerinde orta derecede örselenme oluşturabilir. Bunun yanı sıra, gerilme boşalması da bir miktar örselenmeye yolaçabilir	$D=0,7$ <i>İyi Patlatma</i> $D=1,0$ <i>Kötü Patlatma</i>
	Çok büyük açık maden kazıları şevleri, üretimle ilgili patlatmalardan ve örtü kalınlığının kaldırılmış olmasından ötürü kayda değer örselenmelere maruz kalmaktadır. Bazı daha yumuşak kaya kazılarının, sökülerek (parçalanarak, kazılarak) veya dozer ile açılması durumunda şevlere verilebilecek zararların mertebesi daha az olmaktadır.	$D=1,0$ <i>Patlatmalı Açık Ocak Kazısı</i> $D=0,7$ <i>Mekanik Kazı</i>

Kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımına ve m_i parametresine bağlı olarak tanımlamaları Çizelge 4.4 ve 4.5’de verilmiştir (Hoek vd., 1995; ISRM, 1981).

Çizelge 4.4. Tek eksenli sıkışma dayanımının arazi sınıflandırılması (ISRM, 1981).

Dayanım simgesi	Tanımlama	Tek eksenli sıkışma dayanımı (Mpa)	Nokta yük indeksi (MPa)	Sahada tanımlama ölçütü	Örnek
R0	Aşırı derecede zayıf kayaç	0.25-1.10	1-2	Kayaçın yüzeyinde tırnak ile çentik oluşturulabilir	katı fay kili
R1	Çok zayıf kayaç	1.0-5.0	1-2	Jeolog çekiciyle sert bir darbe ile ufalanan kayaç, çakı ile doğranabilir.	oldukça bozunmuş veya ayrılmış kayaç
R2	Zayıf kayaç	5.0-25	1-2	Kayaç çakı ile güçlükle doğranır. Jeolog çekici ile yapılacak sert bir darbe kayaçın yüzeyinde iz bırakır.	tebeşir taşı, kaya tuzu
R3	Orta derecede sağlam kayaç	25-50	1-2	Kayaç çakı ile doğranamaz. Kayaç örneği, Jeolog çekici ile yapılacak tek ve sert bir darbe ile kırılabilir.	kiltaşı, kömür, beton, şist, şhale, silttaşı
R4	Sağlam kayaç	50-100	2-4	Kayaç örneğinin kırılabilmesi için, jeolog çekici ile birden fazladarbenin uygulanması gerekir.	kireçtaşı, marn, fillit, kumtaşı, şist, şhale
R5	Çok sağlam kayaç	100-250	4-10	Kayaç örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekici ile çok sayıda darbe gerekir.	amfibolit, kumtaşı, bazalt, gabro, gnays, granodiyorit, kireçtaşı, marn, riyolit, tuff
R6	Aşırı derecede sağlam kayaç	>250	>10	Kayaç örneği jeolog çekici ile sadece yontulabilir.	basalt diabaz, gnays, granit, kuvarsit

Çizelge 4.5. Kayaç malzemesi için Mi sabitinin değerleri (Hoek vd., 1995).

Kayaç tipi	Sınıf	Grup	Doku			
			İri	Orta	İnce	Çok ince
SEDİMANTER	Klasik		Konglomera (21±3) Breş (19±5)	Kumtaşı (17±4)	Silttaşı (7±2) Grovak (18±3)	Kiltaşı (4±2) Şhale (6±2) Marn (7±2)
	Klasik olmayan	Karbonatlı	Kristalize kireçtaşı (12±3)	Sparitik Kireçtaşı (10±2)	Mikritik Kireçtaşı (9±2)	Dolomit (9±3)
		Kimyasal	Jips (8±2)		Anhidrid (12±2)	
		Organik	Kalker taşı (7±2)			
METAMORFİK	Foliasyonsuz		Mermer (9±3)	Hornfels (19±4) Metakumtaşı (19±4)	Kuarsit (20±3)	
	Düşük foliasyonlu		Migmatit (29±3)	Amfibolit (26±6)		
	Foliasyonlu**		Gnays (28±5)	Şist (12±3)	Fillit (7±3)	Sleyt (7±4)
MAĞMATİK	Plutonik	Açık	Granit (27±3) Granadiorit (29±3)	Diorit (25±5)		
		Koyu	Gabro (27±3) Norit (20±5)	Dolerit (16±5)		
	Hypabyssal		Porphyries		Diabaz (15±5)	Peridotit (25±5)
	Volkanik	Lav		Riyolit (25±5) Andezit (25±5)	Dasit (25±3) Bazalt (25±5)	Obsidiyen (19±3)
		Piroklastik	Aglomera (19±3)	Breş (19±5) Tuf (13±5)		

4.2.1. Mohr-Coulomb parametreleri

Mohr-Coulomb yenilme kriterinde büyük ve küçük asal gerilmeler arasında doğrusal bir ilişki mevcuttur. Kaya kütle dayanımı, içsel sürtünme açısı (ϕ) ve kohezyon (c) ile tanımlanmaktadır. ϕ ve c değerlerinin hesaplanması aşağıdaki formülle gösterilmiştir.

$$\phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6\alpha m_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{\alpha-1}}{2(1+\alpha)(2+\alpha) + 6\alpha m_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{\alpha-1}} \right]$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci} [(1+2\alpha)s + (1-\alpha)m_b \sigma'_{3n}] (s + m_b \sigma'_{3n})^{\alpha-1}}{(1+\alpha)(2+\alpha) \sqrt{1 + (6\alpha m_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{\alpha-1}) / ((1+\alpha)(2+\alpha))}}$$

Kayaç kütlelerinin çekme dayanımı;

$$\sigma_{tm} = \frac{\sigma_{ci}}{2} \left(m_b - \sqrt{m_b^2 + 4s} \right)$$

Kaya kütlelerinin Elastisite Modülünün (E_m);

Hoek ve Diederichs (2006), GSI ve örselenme faktörünü (D) dikkate alarak aşağıdaki eşitliği önermişlerdir.

$$E_m \text{ (MPa)} = 100,000 \left(\frac{1 - D/2}{1 + e^{((75+25D-GSI)/11)}} \right)$$

Hoek ve Diederichs (2006), elastisite modülü olarak bilinen kaya malzemesinde ise aşağıdaki eşitliği önermişlerdir.

$$E_m = E_i \left(0.02 + \frac{1 - D/2}{1 + e^{((60+15D-GSI)/11)}} \right)$$

Mühendislik uygulamalarında kaya malzemelerinin tek eksenli sıkışma dayanımı belirlenirken, kaya malzemesinin elastisite modülünün belirlenmesi güç olmaktadır. Hoek ve Diederichs (2006), kaya malzemesinin elastisite modülünün belirlenmesi için E_i parametresini de içeren yukarıdaki görgül eşitliğin pratikteki önemini arttırabilmek için daha önce Deere (1968) tarafından önerilen aşağıdaki ilişkinin kullanılmasını önermişlerdir.

$$E_i = MR\sigma_{ci}$$

4.3. Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemleri

Kaya kütlelerinin yapısı, davranışı ve bu kaya kütlelerine uygulanacak destek sisteminin belirlenmesi için bir çok yöntem vardır. Vardar (2002), tarafından yaygın olarak kullanılan kaya kütle sınıflandırma sistemleri ve bunların kendi aralarında korelasyonu ortaya konmuştur (Çizelge 4.6). Tünelcilik Faliyetlerinde Kaya kütlesi sınıflama sistemleri, gereksinimlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmış teorik bilgilerden oluşan sistemler bütünü olmakla beraber tünelcilik faaliyetlerinin bir parçası olarakta kullanılmaktadır. Kaya kütlesi sınıflama sistemleri tünellerde kazı yöntemlerinin belirlenmesi, destekleme elemanlarının seçimi, keşif bedeli belirlenmesi ve hakediş hesaplaması gibi bir çok tünelcilik uygulamasının temelini oluşturmaktadır.

Jeoteknik tasarım amaçlı kullanılan kaya sınıflama sistemleri üç ana yöntemeye ayrılır. Bunlar:

1. Analitik yöntem; analitik yöntemler kaplamadaki gerilme-deformasyon ilişkilerinin analizlerinin belirlenmesinin yanı sıra, kazıların duraylılık koşullarının araştırılması içinde kullanılır. Bu yöntemler sonlu elemanlar, sonlu farklar, sınır elemanlar vb. yöntemlerdir.
2. Ampirik (görgül) yöntem; bu yöntemler, zemin koşulları bilgisiyle birlikte istatistiksel bir takım yaklaşımlar ortaya koyar. Bu yöntemler kabaca ortalama destek gerekliliğinin tahmininde kullanılır, kaya yükü (Terzaghi, 1946), RQD (Deere ve Miller,1966), RSR (Wickhan vd., 1972), RMR (Bieniawski, 1976-1989), Q (Barton, vd.,1974; Grimstad ve Barton, 1993) vb. yöntemlerdir. Ancak mühendislik kararları verilirken de pratik amaçlar için bu yöntemlerin kullanılmasında yeterlidir (Franklin ve Dusseault, 1991).
3. Ölçme-gözleme dayalı yöntem; ölçme ve gözleme dayanan Yeni Avusturya Tünelcilik Yönteminde de (NATM) (Rabcewicz, 1964), özellikle kazı ve çevresinde genelde edilen deneyimler ve jeoteknik aletler kullanarak izleme çalışmalarını kapsar.

Bu yöntemler mühendislik tasarım yöntemi olmakla birlikte, aslında tasarıma yardımcı olan ve ön tasarım amacıyla kullanılabilecek birer araç olarak değerlendirilir. Kaya kütlesi sınıflama sistemlerinin bu çerçevede algılandığı ve doğru kullanıldığı bir çok mühendislik uygulamalarında başarı ortaya koyduğu görülmüştür.

Başarılı bir tünel çalışmasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Tünel kazı ve nihai iksalar tüm stabilite isteklerini karşılaması gerekmektedir.
- Tünel ilerleme hızı güncel teknolojinin limitlerine uygun şekilde olmalıdır.

- Tünel kazısı yapıldıktan sonra ring en kısa zamanda tamamlanmalıdır.
- Çalışmada sıfır can kaybı esas alınmalıdır.

Çizelge 4.6. Farklı kaya kütlesi sınıflamasının karşılaştırılması (Vardar, 2002).

MJKM VADAR	1 A		2 B C C			3 E F G			4 H		
1994 NATM Ö-NORM B2203 1983	A1 1 SAĞLAM	A2 2 ZAMANLA KIRILGAN	B1 3 AZ KIRILGAN	B2 4 KIRILGAN	B3 4 AZ KIRILGAN	C1 5 ÇOK KIRILGAN veva BASKILI	C2 6 ÇOK BASKILI	C3 7 AKICI	C4 7	C5	
NATM ESKİ	I SAĞLAM ZAMANLA AZ KAVLAKLANAN		II KIRILGAN		III ÇOK KIRILGAN		IV BASKILI		V ÇOK BASKILI		VI ÖZEL HAL
Q BARTON	ÇOK MÜKEMMEL	100 MÜKEMMEL	100 ÇOK İYİ	40 İYİ	10 ORTA	4 1	0.1 KÖTÜ	0.0001			
RMR CSIRO BIENIAWSKI	100 1 ÇOK İYİ	80 2 İYİ	60 3 ORTA	40 4 KÖTÜ	20 5 ÇOK KÖTÜ						
TERZAGHI	YENİ (ROSE)	N=0									
	ESKİ Hp	1 0	2 0.0-15B 0.15-0.25 B	3 0.25-0.35(B+H)	4 0.35-0.75 (B+H)	5 0.75-1.1(B+H)	6 1-1.2(B+H)	7 2.1-4.5 (B+H)	8 4-5 (B+H) 75m	9 75m	10 AKICI
RQD DEER	90 ÇOK İYİ		75 İYİ	50 ORTA		25 ZAYIF		0 ÇOK ZAYIF			

Bir tünel uygulamasının başarılı olabilmesi için jeoteknik/ hidrojeolojik/ geoteknik/ jeolojik risklerin doğru bir şekilde tespit edilmesi ve bu riskler için gereken mühendislik önlemlerinin uygulanması ile yakından ilişkilidir. Tünel güzergâhında yapılan sondaj uzunluğunun projelendirilen tünel uzunluğu kadar olmasına dikkat edilmelidir. Kaya kütlesi sınıflama sistemleri RMR, Q, GSI vb. kullanımında maksimum özen gösterilmelidir. Bu sistemler mühendislere çok önemli tasarım kolaylıkları (kaya kütlesinin mekanik büyüklükleri, tünel stabilite tanımları, iksa türü ve boyutları, TBM – tünelleri makine ilerleme hızları vb.) sağlamaktadır. Aynı zamanda içerdikleri eksiklikler sebebiyle (süreksizlik geometrisinin tanımlanmasındaki eksiklikler, kaya kütlesinin maruz kaldığı “gerilme koşulları”nın sayısallaştırmadaki kimi güçlükler, sismik yüklemde çatlaklı kaya kütlelerinin davranışları konusunda yeterli bilgi birikiminin olmaması vb.) ciddi değerlendirme hataları taşıdıkları kesinlikle unutulmamalıdır. Özellikle kaya kütlelerinde açılan tünellerin iksalarına etki eden

düşey yüklemenin büyüklüğü, tünel açıklığının etrafında oluşan “kemerlenme olgusu” nedeniyle derinlik basıncından daha azdır.

Bu tez kapsamında ampirik sınıflama sistemlerinden RMR (Bieniawski, 1974) ve Q (Barton vd., 1974; Grimstad ve Barton, 1993) ve ölçme-gözleme dayanan NATM (Rapcewicz, 1964) yöntemleri Düzbağ Tünelinde uygulanmıştır.

4.3.1. Ampirik yöntemler

Sınıflama sistemleri kullanılırken kaya kütlelerinin davranışını etkileyen önemli parametreleri tayin etmek amacı ile, öncelikli olarak aynı özellik gösteren kaya kütleleri kendi içerisinde bölgelere ayrılıp farklı olan kaya kütlelerini belirlemek, bir sahadaki kaya koşulları ile ilgili kazanılan deneyimin diğer sahalarda karşılaşılan koşullarla karşılaştırıp ilişki kurmak, mühendislik tasarım işleri için sayısal veri ve bir klavuz elde etmek ve de mühendisler arasında ortak bir temele dayalı bilimsel ve teknik bir dil sağlamak amacı ile kullanılmaktadır (Bieniawski,1989).

Günümüzden 1946 yılına kadar farklı araştırmacılar tarafından Kaya Kütle Sınıflama sistemleri modernize edilmiştir. Sistemlerin bazı bölümleri, önceden önerilmiş olan sistemlerin yeniden düzenlenmesi sonucu ortaya çıkmıştır.

4.3.2. RMR sınıflaması

Bieniawski tarafından ilk kez 1974 yılında modernize edilmiş RMR sınıflama sistemi, zaman içerisinde ihtiyaç dahilinde çok sayıda değişikliğe uğramış ve son yapılan değişikliklerle 1989 da düzenlenmiş hali ile kullanılmaktadır.

351 farklı uygulamadan (1973 ten 1989’a kadar) kazanılan deneyimler ve derlenen veriler ışığında sistem kodifiye edilmiş son halini almıştır. İlk olarak ‘Jeomekanik Sınıflama Sistemi (CSIR)’ ismi verilmiş olan bu kaya kütle sınıflama sisteminin kullanım alanları, tüneller, madenler ve şevlerdir. RMR kaya kütle sınıflama sistemi belirlenirken sahada ölçülebilen veya sondaj verileri ışığında 6 parametreden yararlanır (Çizelge 4.9):

1. Kaya Örneğinin Tek Eksenli Basınç Dayanımı (σ_c)
2. Kaya Kalitesi Belirteci (RQD)
3. Süreksizlik Aralığı
4. Süreksizlik Durumu

5. Yeraltı Suyu Durumu

6. Süreksizliklerin Eğilimi

RMR sınıflama sisteminin esası, bu parametrelerin kaya kütesinin davranışı üzerindeki etkilerine göre belli değer aralıklarında puanlamaya gidilmesidir. Çünkü her bir parametrenin kaya kütesinin davranışına farklı bir etkisi olacaktır. Kaya Kütleli Puanlama Sistemini (RMR) uygulamak için;

1. Kaya kütleli yapısal bölgelere ayrılır. Bu yapısal bölgeler kendi içinde az veya çok benzer (uniform) özellikler gösterirler. Çoğu kez yapısal bölge sınırları faylar, dayklar, makaslama zonları gibi ana jeolojik özellikler ile eş zamanlı olarak meydana gelmiştir.

2. Yapısal bölgeler tanımlandıktan sonra her bir bölge için sınıflandırma parametreleri araziden ölçülerek saptanır (Bieniawski, 1989). Belirlenen sınıflandırma parametreleri kaya kütleli puanlama sistemine uygulanırken Çizelge 4.7'de yer alan her parametre için verilen değerler esas alınır. Çünkü her parametrenin önem derecesi farklı değer aralıklarına karşılık gelmektedir. Bu değerlerin yüksek olması daha iyi kaya kütle koşullarını belirtir.

Çizelge 4.7. RMR kaya sınıflama sistemi son versiyonu (Bieniawski, 1989).

1*	Kayanın dayanımı	Nokta yük dayanımı	>10MPa	4-10MPa	2-4MPa	1-2MPa	Düşük dayanımlı bölge için tek eksenli basınç deneyi tercih edilir		
		Tek eksenli basınç dayanımı	>250MPa	100-250MPa	50-100MPa	25-50MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Değerlendirme		15	12	7	4	2	1	0
2*	Sondaj karot niteliği (RQD %)		90-100	75-90	50-75	50-25	<25		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3*	Süreksizliklerin aralıkları		>2m	0.6-2 m	20-60 cm	6-20 cm	<6 cm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4**	Süreksizliklerin durumu		Çok pürüzlü yüzeyler, süreksiz, kapalı, taze eklem yüzü	Az pürüzlü yüzeyler açıklık <1mm az ayrışmalı, eklem yüzü	Az pürüzlü yüzeyler açıklık <1 mm çok ayrışmalı eklem yüzü	Cıvalı yüzeyler veya dolgu <5 mm veya açıklık 1-5 mm sürekli	Yumuşak dolgu >5mm veya açıklık >5mm sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı suyu	Tünelin Her 10 m'si için su akımı (L/dak)	Yok	10lt/dk	<25lt/dk	25-125lt/dk	>125lt/dk		
		Eklem su basıncı oranı	0	0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		En büyük asal gerilme oranı							
	Genel Koşullar	Tamamen Kuru	Nemli	Islak	Damla	Su akışı			
Değerlendirme		15	10	7	4	0			

Çizelge 4.7. (devam) RMR kaya sınıflama sistemi son versiyonu.

A. Tüneldeki süreksizlik eğimi ve doğrultusunun etkisi

Doğrultu tünel eksenine dik				Doğrultu tünel eksenine paralel		Doğrultuya bakılmaksızın eğim 0°-20° arası
Eğim yönünde ilerleme		Eğim ters yönde ilerleme		Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	
Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°			
Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Orta	Uygun değil	Orta

B. Süreksizlik yönelimi düzeltmesi

Süreksizliklerin Doğrultu ve Eğim Yönü		Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok olumsuz
Derecesi	Tüneller	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

C. Kaya sınıfları ve puanları

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

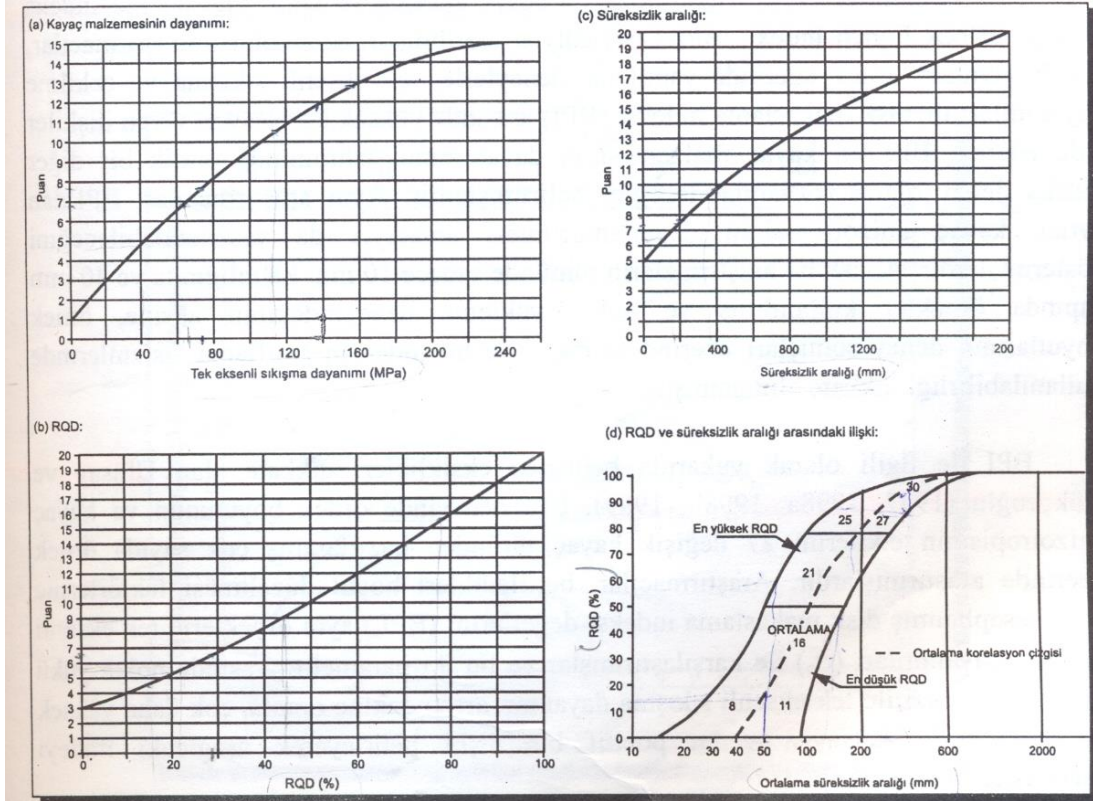
D. Kaya sınıflarının bazı özellikleri

Sınıf no	I	II	III	IV	V
Ortalama kendini tutma süresi	15m açıklık için 20 yıl	10m açıklık için 1 yıl	5m açıklık için 1	2.5m açıklık için 10saat	1m açıklık için 30 dk
Kaya Kütlelerinin Kohezyonu (kPa)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
Kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı	>45	35-45	25-35	15-25	<15

Kaya kütlelerinin RMR değeri belirlenirken Bieniawski (1989)'daki son versiyon kullanılarak sistemin ilk üç parametresi olan Tek eksenli basınç dayanımı, RQD ve süreksizlik aralığı puanları, Bieniawski (1989) tarafından önerilen puan tayin grafiklerinden (Çizelge 4.8), dördüncü parametre puanı, süreksizliklerin durumunun puanlandırılması için önerilen kılavuzdan

(Çizelge 4.9), 5. parametre puanı, sınıflama parametreleri ve puanları çizelgesinden yararlanılarak belirlenir (Çizelge 4.7). Bu ilk beş parametreden elde edilen puanlar toplanarak temel RMR değeri elde edilir. 6. parametrenin puanı süreksizlik yönelimine göre düzeltme çizelgesi (Çizelge 4.7 A-B) kullanılarak belirlenir ve temel RMR değerinden 0-12 puan arasında bir azaltmaya gidilerek nihai RMR değeri elde edilir. Elde edilen RMR değerinden kaya kütlesi 0-100 arasındaki bir puan aralığında çok iyi kayadan- çok zayıf kayaya kadar sınıflandırılır (Çizelge 4.7 C-D). Eğer tünel içerisinde patlatma etkisi (A_B), zayıflık düzlemleri (A_W) ve gerilim değişimleri (A_S) varsa Laubscher (1977) ile Kendorski vd. (1983) tarafından belirtilen bu düzeltme faktörlerinin RMR hesaplamasında gözönüne alınması gerekmektedir. RMR değeri kaya kütlelerinin bir mekanik büyüklüğünün kestirimiyle ilgili görgül bir bağıntıda kullanılacağı zaman temel RMR, tünel duraylılığı ile ilgili bağıntılarda ise düzeltilmiş RMR değeri kullanılır. Elde edilen düzeltilmiş RMR değerine göre destek türünün seçimi, desteksiz durma süresi, desteksiz açıklık veya ani çökmeye uğrayıp uğramayacağı ya da tamamen desteksiz durabileceği kestirilebilmektedir (Bieniawski, 1989).

Çizelge 4.8. RMR kaya kütlesi sınıflama sisteminde bazı parametreler için puan belirleme grafikleri (Bieniawski, 1989).



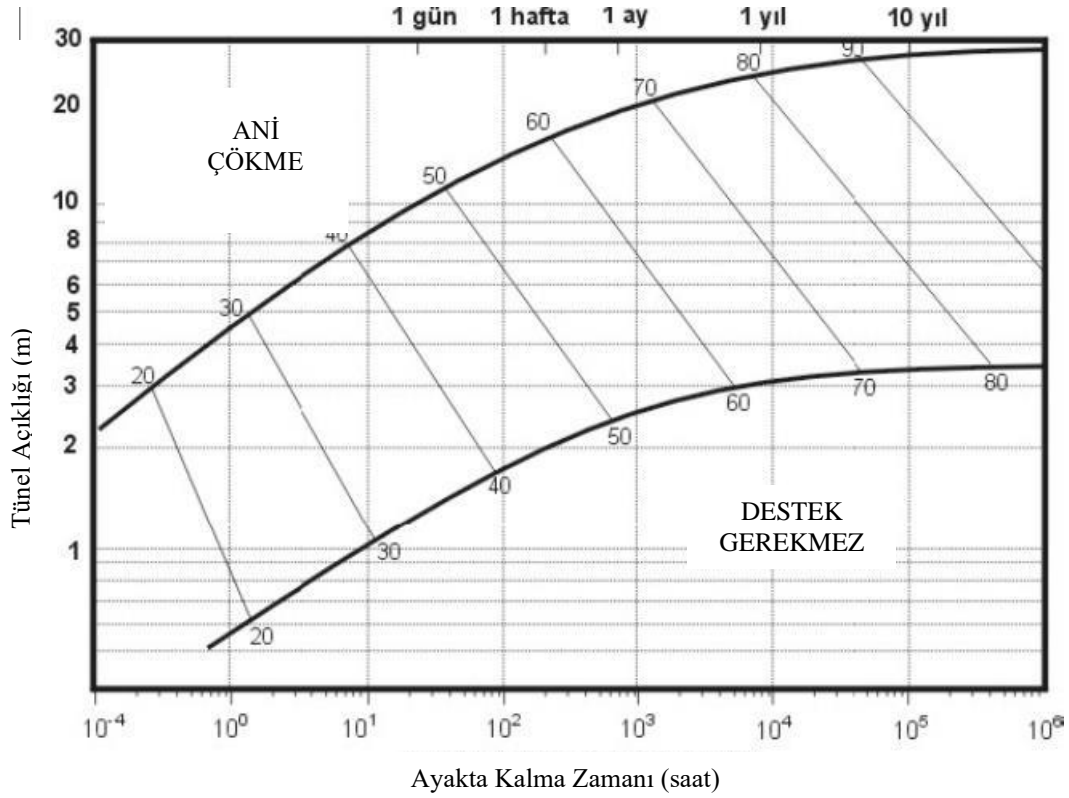
Çizelge 4.9. Süreksizlik koşulunun puanlandırılması için önerilen klavuz (Bieniowski, 1989)

Parametre	Puanlar				
	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Süreksizlik uzunluğu	6	4	2	1	0
Süreksizlik açıklığı	Yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm
	6	5	4	1	0
Pürüzlülük	Çok pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Düz	Kaygan
	6	5	3	1	0
Dolgunluk	Yok	Sert dolgu		Yumuşak dolgu	
		<5 mm	>5 mm	<5 mm	>5 mm
	6	4	2	2	0
Bozunma	Bozunmamış	Az bozunmuş	Orta dercede bozunmuş	Bozunmuş	Çok bozunmuş
	6	5	3	1	0

4.3.3. Desteksiz durma süresi

RMR değeri, kaya kütlelerinin bir mekanik büyüklüğünün kestirimiyle ilgili görgül bir bağıntıda kullanılacağı zaman temel RMR, tünel duraylılığı ile ilgili bağıntılarda ise düzeltilmiş RMR değeri olarak kullanılmaktadır. Elde edilen düzeltilmiş RMR değerine göre, tümelde destek türünün seçimi, tünelin desteksiz durma süresi, desteksiz açıklık veya tünelin ani çökmeye uğrayıp uğramayacağı ya da tamamen tünelin desteksiz durabileceği kestirilebilmektedir (Bieniawski, 1989). Bir yeraltı açıklığının desteksiz durma süresi Çizelge 4.10'de tanımlandığı gibi, açıklığın genişliğine veya desteksiz kısmın uzunluğuna bağlıdır. Kemer tipi bir açıklığın desteksiz durma süresi, tavanı düz olan bir açıklığın desteksiz durma süresine göre oranla çok daha fazladır. TBM'ler için önerilen desteksiz kalma süresi Çizelge 4.11'de görüldüğü gibidir (Laufer, 1988).

Çizelge 4.10. RMR'ye göre desteksiz durma süresi-desteksiz tavan açıklığı ilişkisi (Bienawski, 1989).



4.3.4. Destek basıncı

Yeraltı açıklığında kullanılacak destek sistemlerine gelecek basınç, RMR puanından yararlanarak kestirilebilmektedir (Ünal, 1983). Ünal (1983)'ın bu yaklaşımı yeraltı kömür madenlerinde yaptığı çalışmalardan önerilmiştir.

Burada;

P: destek basıncı (kN/m²=0.1 ton/m²)

γ: Kayanın birim hacim ağırlığı (kN/m³)

B: Tünelin genişliği (m)

S: Gerilme faktörü (yatay gerilmenin düşey gerilmeye oranı).

$$P = \left(\frac{100 - RMR}{100} \right) \gamma B S$$

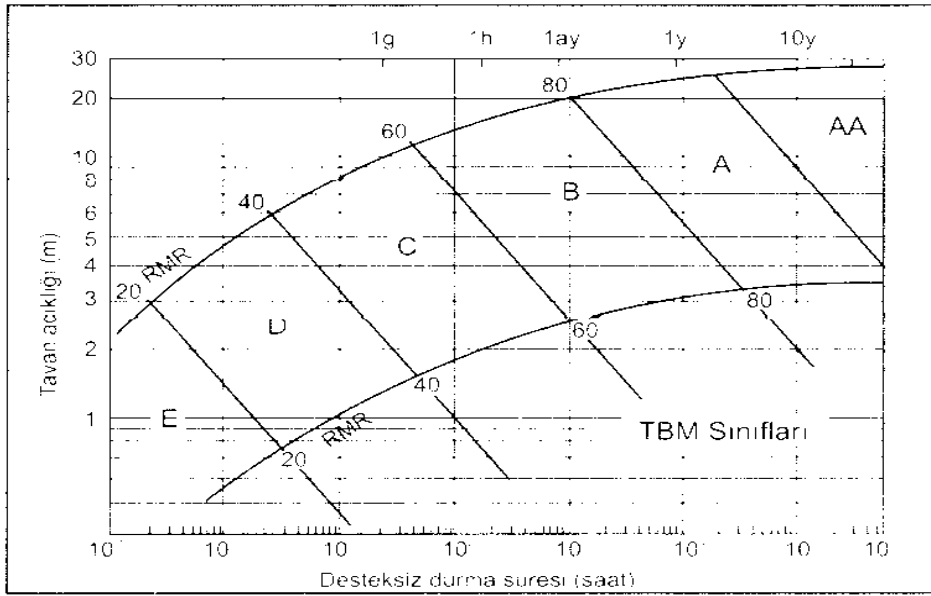
Hindistan'da 30 tünelde yapılan ölçümlerden elde edilen destek basıncı ise aşağıda önerildiği gibidir (Jethwa, 1981). Bu öneri, klasik patlatma yöntemi ve çelik bağ türü destek sistemleri kullanılan tünellerden elde edilmiştir.

$$P = \frac{0.75B^{0.1}H^{0.5} - RMR}{2RMR}$$

Burada; P: Tünel tavanı için kısa süreli destek basıncı (MPa)

Ancak bu öneri dikkatle kullanılma (Ulusay ve Sönmez, 2007), aksi durumda örneğin 6 m genişlik, 500 m derinlik ve RMR>20 için P<0 gibi durumlarda bir anlamsızlık ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4. 11. TBM uygulamaları için desteksiz durma süresi-tavan açıklığı ilişkisi (Laufer, 1988).



RMR destek sistemi sınıflamasında Çizelge 4.12'deki kılavuzlar kullanılarak sistemin uğradığı değişiklikler sonucunda son şeklini alan ve ilk tasarımda destek sistemlerinin seçilmesine olanak sağlamaktadır. Bu kılavuz; tünelin şekli, boyutları ve derinlik (gerilme durumu) kazı yöntemi gibi çarpanlara bağlıdır. Destek sistemleri kullanılırken önerilen destek sistemlerinin birincil veya geçici destek sistemleri olmamakla beraber kalıcı sistemler oldukları, ayrıca bunların klasik del-patlat sisteminin kullanıldığı düşey gerilmenin 25 MPa dan düşük olduğu durumlarda genişliği 10 m ye kadar ve at nalı kesitli tüneller için önerildiği göz önünde bulundurulmalıdır (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Çizelge 4.12. RMR Sisteminde kullanılan destek sistemleri kılavuzu (Bieniawski, 1989).

KALICI DESTEK (TAHKİMAT)			
KAYA KÜTLESİ KAZI SINIFI	Kaya saplamaları* (10 m genişlikteki tünel için uzunluk)	Püskürtme Beton	Çelik Destek
I. Tam kesit, 3m ilerleme	Bir miktar kaya saplaması haricinde genellikle destek gerekmez.	yok	yok
II. Tam Kesit, 1,0-1,5m ilerleme komple destek. Aynaya 20m uzaklıkta	Kemerin her 2-3 m'sinde yer yer saplama, tel kafeslerle 2-2,5 m aralıklı	Gerektiğinde tavan kemerinde 50mm	yok
III. Tavan kemeri ve tabandan ilerleme tavandan 1,5-3m ilerleme. Komple destek. Aynaya 10m uzaklığa kadar destek gerekli	3-4 m uzunlukta sistematik saplamalar. Kemerlerde tel kafesli duvarlar ve kemerde 1,5*2m aralıklı	Tavan kemerinde 50-100 mm, yan duvarda 30mm	yok
IV. Tavan kemeri ve tabandan ilerleme. Tavandan 1,0-1,5m ilerleme. Kazıya uygun şekilde aynaya 10m uzaklığa kadar destek gerekli.	Tel kafesli duvarlarda ve kemerlerde 1-1,5m aralıklı. 4-5m uzunlukta sistematik saplama	Tavan kemerinde 100-150 mm ve yan duvarlarda 100mm	Gereken yerde 1,5m aralıklı ve yer yer hafif profiller
V. Tavan ve tabanda ilerleme. Tavandan 0,5-1m ilerleme. Kazıyla birlikte destek yerleştirilmeli. Patlatmadan hemen sonra püskürtme beton uygulanmalı	Tel kafesli duvarlarda ve kemerlerde 1-1,5m aralıklı. 5m uzunlukta sistematik saplama	Tavan kemerinde 150-200mm, yan duvarlarda 150mm, aynada 50mm	Çelik destek 0,7-5m aralıklı orta ağır profiller

4.4. Q Sınıflama Sistemi

Altı adet parametreye dayanan Norveç Jeoteknik Enstitüsü tarafından 1974 yılında literatüre giren ve Barton vd. (1980) tarafından modernize edilmiş bir sınıflamadır.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{W_w}{SFR}$$

Burada;

RQD: Kaya niteliği tanımı

J_n: Çatlak sistemi değeri

J_r: Çatlak pürüzlülük sayısı

J_a: Çatlak ayrışma değeri

J_w: Çatlak suyu azaltma faktörü

SRF: Gerilim indirgeme faktörü

Formülde; RQD/J_n kaya kütesinin genel yapısının ve blok boyutunun, J_r/J_a bloklar arası kayma dayanımının, J_w/SRF aktif gerilme değerinin bir göstergesidir.

Sınıflama sistemine göre, Q değerinin hesaplanabilmesi için 6 tane parametre kullanılmakta ve bu parametreler Çizelge 4.13'de açıklamalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.13. Q sisteminin girdi parametreleri ve değerleri (Barton vd., 1974).

1.Kaya Niteliği Tanımı (RQD)

	Tanım	Değerlendirme	Not
A	Çok Fena	0-25	*Q hesaplanırken RQD ≤10 ise 10 alınır. *RQD 5 ve katları olarak alınır.
B	Fena	26-50	
C	Orta	51-75	
D	İyi	76-90	
E	Pekiyi	91-100	

2. Çatlak sistemi değeri (J_n)

	Tanım	Değerlendirme	Not
A	Masif, çatlak çok az veya hiç yok	0.5-1	*Kesişme yerlerinde (3xJ _n) *Giriş ve çıkışlarda (2xJ _n) kullanılmalıdır.
B	Bir çatlak sistemi	2	
C	Bir çatlak sistemi ve gelişigüzel çatlaklar	3	
D	İki çatlak sistemi	4	
E	İki çatlak sistemi ve gelişigüzel çatlaklar	6	
F	Üç çatlak sistemi	9	
G	Üç çatlak sistemi ve gelişigüzel çatlaklar	12	
H	Dört veya daha fazla çatlak sistemi, gelişigüzel çok sayıda, küp şeker şeklinde	15	
J	Parçalanmış kaya, toprak görünümünde	20	

Çizelge 4.13. (devam) Q sisteminin girdi parametreleri ve değerleri.

3.Çatlak pürüzlülük sayısı (Jr)

	Tanım	Değerlendirme	Not
	a) Kaya duvar kontağı, b)10cm lik kesmeden önce kaya duvar kontağı		*İlgili eklem takımlarının ortalama ara mesafesi 3metreden büyükse 1.0 ilave edilir *Lineasyon içeren düzlemsel fay aynalı eklemeler için, lineasyonların uygun olması koşulu ile Jr=0.5 alınabilir. *B den G ye kadar olanlar küçük, diğerleri büyük yapılardır.
A	Sürekli çatlaklar	4	
B	Pürüzlü ya da düzensiz dalgalı	3	
C	Düz, dalgalı	2	
D	Sürtünme izi dalgalı	1.5	
E	Pürüzlü ya da düzensiz düzlemsel	1.5	
F	Düz düzlemsel	1	
G	Sürtünme izli, düzlemsel	0.5	
	c)Kesmeden sonra kaya duvar kontağı yok		
H	Kaya duvar kontağını önleyebilecek kalınlıktaki kil mineralleri içeren zon	1	
J	Kaya duvar kontağını önleyebilecek kalınlıktaki kumlu, çakıllı, ezilmiş zon	1	

4.Çatlak ayrışma değeri (Ja)

	Tanım	Değerlendirme		Not
	a) Kaya Duvar Kontakı	Değer	~φr	*φr değerleri, eğer varsa alterasyon ürünlerinin mineralojik özelliklerini yaklaşık olarak göstermek için verilmiştir.
A	Sıkıca bağlanmış, sert yumuşamaz, geçirimsiz dolgu (örneğin kuvars, epidot)	0.75	-	
B	Ayrışmamış çatlak yüzleri, sadece yüzeysel paslanma	1	25° - 35°	
C	Hafifçe ayrışmış çatlak yüzleri, yumuşamayan mineral kaplamaları, kil içermeyen kaya parçaları	2	25° - 35°	
D	Siltli veya kumlu kil kaplamaları, yumuşamayan kil oranı	3	20° - 25°	
E	Yumuşamayan veya düşük sürtünmeli kil mineral kaplamalı (kaolinit, mika gibi). Ayrıca klorit, talk, jips, grafit veya az miktarda şişen killer (1-2 mm veya daha az kalınlıkta kesikli kaplamalar)	4	8° - 16°	
F	Kum taneleri, kil içermeyen kaya parçaları	4	25° - 30°	
G	Fazla konsolide olmuş, yumuşamayan kil mineral dolguları (kesiksiz, kalınlığı 5 mm.'den az)	6	16° - 24°	
H	Orta veya düşük derecede konsolide olmuş, yumuşamayan kil mineral dolgululu (Kesiksiz, kalınlığı 5 mm.'den az)	8	12° - 16°	
J	Şişen kil dolgululu, (kesiksiz, kalınlığı 5 mm.den az). Ja'nın değeri, şişen kil boyutundaki tanelerin yüzdesine ve su etkisinde kalıp kalmayacağına göre değişir.	08.Ara	6° - 12°	
	b) Kaya duvar kontakı yok			
K	Dağılmış kaya ve kil bölge veya bantları	6,8 veya 8-12	6° - 24°	
L	Siltli veya kumlu bölge kil bölge veya bantları, yumuşamayan düşük kil oranı	5	-	

M	Kalın, sürekli kil bölge veya bantları	10,13 veya 13-20	6-24°	
---	--	------------------------	-------	--

Çizelge 4.13. (devam) Q sisteminin girdi parametreleri ve değerleri.

4- Çatlak suyu azaltma faktörü (Jw)

	Tanım	Değerlendirme		Not
		Değer	Su basıncı (kg/cm ²)	
A	Kuru kazılar ya da <5 lt. / dak su gelen kazılar	1	<1.0	*C den Fye kadar olan parametreler kaba tahminlerdir. Drenaj yapıldığında Jw artırılmalıdır. *Buz içeren tabakalar olduğunda farklı problemlerle karşılaşılabilir ve burada göz önüne alınmamıştır.
B	Orta derecede su gelişi veya basınç, çatlak dolgularının yer yer yıkanması	0.66	1-2.5	
C	Dolgusuz, çatlaklı dayanımlı kayada çok miktarda su gelişi veya yüksek basınç	0.5	2.5-10.0	
D	Çok miktarda su gelişi veya yüksek basınç ile çatlak dolgularının fazlaca yıkanması	0.33	2.5-10.0	
E	Patlama sırasında çok fazla su gelişi veya su basıncı, fakat zamanla azalması	0.2-0.1	>10.0	
F	Zamanla azalmayan çok fazla su gelişi veya su basıncı	0.1-0.05	>10.0	

5- Gerilim indirgeme faktörü (SRF)

	Tanım	Değerlendirme		Not	
a)	Kazıyı kesen zayıflık zonları, tünel kazılırken kaya kütlelerinin gevşemesine neden olabilir.			*Kazıyı etkileyen fakat kesmeyen zayıflık zonu varsa SRF değerlerini %25-50 azaltınız	
A	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya kapsayan birden fazla zayıflık (herhangi bir derinlikte)	10.0		*Kazı derinliğinin kazı genişliğinden az olduğu durumlarda SRF yi 2.5 ten 5'e çıkartınız	
B	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya kapsayan tek zayıflık zonu (herhangi bir derinlikte)	5.0			
C	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya kapsayan tek zayıflık zonu (kazı derinliği < 50 m.)	2.5			
D	Kil kapsamayan dayanımlı kayada birden fazla makaslanma zonu, gevşek çevre kayacı (herhangi bir derinlikte)	7.5			
E	Kil kapsamayan dayanımlı kayaç tek makaslama zonu, (kazı derinliği <50 m.)	5.0			
F	Kil kapsamayan dayanımlı kayada tek makaslama zonu (kazı derinliği > 50 m.)	2.5			
G	Gevşek ve açık çatlaklar, fazla çatlaklı, küp şekeri görünümlü (herhangi bir derinlikte)	5.0			
b)	Sağlam kaya, kaya gerilme problemleri	σ_c/σ_1	σ_t/σ_1		
H	Yüzeye yakın düşük gerilme	>200	>13		2.5
J	Orta Gerilme	200-10	13-0.66		1.0
K	Yüksek Gerilme (çok sıkı yapı)	10-5	0.66-0.33	0.5-2.0	
L	Orta şid. (masif)kaya patlaması	5-2.5	0.33-0.16	5-10	
M	Yüksek şid. (masif)kaya patlaması	<2.5	<0.16	10-20	
c)	Şişen Kaya: Suyun varlığına bağlı basıncı				
N	Orta miktarda sıkışan kaya basıncı	5-10			
O	Yüksek miktarda sıkışan kaya basıncı	10-20			
d)	Şişen kaya: Suyun varlığına bağlı kimyasal şişme				
P	Orta miktarda şişen kaya basıncı	5-10			
R	Yüksek miktarda şişen kaya basıncı	10-15			

Çizelge 4.13. Kazı destek oranları faktörü (ESR).

	Kazı Türü	ESR
A	Geçici maden kazıları	3.0-5.0
B	Dikey bacalar (Şaftlar) dairesel kesitli Dikdörtgen/dairesel kesitli	2.5-2.0
C	Sürekli maden kazıları, hidrolik enerji amaçlı su tünelleri (yüksek basınçlı cebri borular hariç), büyük kazılar için pilot tüneller, yarmalar ve aynalar vb.	1.6
D	Depolar, su tasviye tesisleri, küçük yol ve demir yolutünelleri, denge bacaları, yaklaşım tünelleri v.b.	1.3
E	Santral binaları, büyük yol ve demir yolu tünelleri, sivil savunma sığınakları	1
F	Yer altı nükleer santralleri, fabrikalar, spor ve kamu tesisleri	0.8

Q değeri ile ilgili olarak yeraltı açıklıklarının duraylılığı ve destek gereksinimleri açısından Barton vd. (1974) 'Eşdeğer kazı boyutu, D' adını verdikleri bir parametreyi de tanımlamışlardır. Bu parametre aşağıdaki eşitlikten bulunmaktadır.

$$D = \frac{\text{Çap} / \text{yükseklik}}{ESR}$$

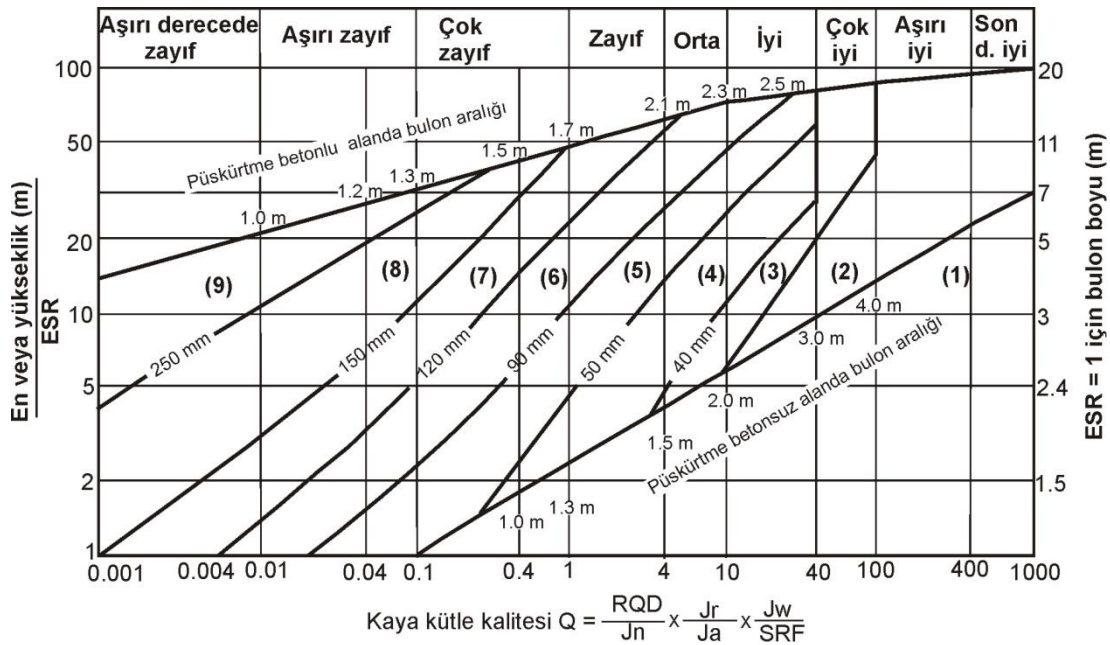
Bu eşitlikteki ESR değeri yeraltı açıklığının duraylı kalabilmesi için yerleştirilen destek sistemi üzerinde etkisi olan bir güvenlik katsayısıdır.

Bu ESR değeri Barton tarafından 1974'te önerildikten sonra Barton ve Grimstad, (1994) tarafından güncellenmiş ve günümüzde güncellenmiş haliyle kullanılmaktadır. Q Sistemi bu değerlere bağlı olarak olağanüstü zayıf kaya kategorisinden olağanüstü iyi kaya kategorisine doğru değişen 9 farklı kaya sınıfına sahiptir (Çizelge 4.14). Kaya kütle kalitesine ve Kaya destek oranları faktörüne (ESR) göre belirlenen destek kategorileri;

1. Desteksiz
2. Yerel blonlama
3. Sistematik blonlama
4. Sistematik blonlama (ve takviyeli, püskürtme beton 4-10 m)
5. Lifle güçlendirilmiş püskürtme beton 5-9 m.

6. Lifle güçlendirilmiş püskürtme beton ve blonlama 9-12 cm
7. Lifle güçlendirilmiş püskürtme beton ve blonlama 12-15 cm
8. Lifle güçlendirilmiş püskürtme beton > 15cm. Güçlendirilmiş çelik hasırlı püskürtme beton ve blonlama
9. Beton kaplama olarak uygulanan mühendislik çalışmalarından oluşmaktadır.

Çizelge 4.14. Q ve Eşdeğer boyut (De) arasındaki ilişki ve Q sisteminde kaya kütle sınıfları (Barton vd., 1974).



4.5. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM)

Tünelcilikte “Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM)” yöntemi ile yeni bir anlayış ortaya çıkmış ve bu yöntemin prensibi kaya içerisinde açılan tünelin kendi kendini taşıyıp üzerindeki yükün tünel ekseninden, tünel omuz bölgesine daha sonra tünel tabanına vererek kazı sonrası oluşacak olan deformasyonların ve ikinci gerilmelerin, kaya yapısının rijitliğini bozmayacak şekilde kontrol altına alınıp mevcut sağlamlığını koruyup kendi kendini tutan ve taşıyan statik bir sistem oluşturulmasıdır. Yöntemde kayacın yük taşıma kapasitesi kullanılır hale getirilerek, kayacın yük oluşturulan ortamdan yük taşıyıcı ortama dönüştürmesi sağlanmış olur (Köse vd., 2007).

İlk olarak Prof. Dr. L.V. Rabcewicz tarafından geliştirilen “Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM)”, Türkiye’de ve dünyada faal olarak kullanılmaktadır. NATM gerçekte, orjinal Almanca açılımı ile “Neue Österreichische Tunnelbauweise” olup, İngilizceye “New Australian Tunnelling Method” olarak çevrilmiştir. Bu isimlendirme bir yapım yönteminden çok bir tünelcilik kavramı olup, tünel açma yöntemi deyimini almancadan İngilizceye çeviri sırasında ortaya çıkmıştır.

NATM yöntemi ilk olarak 1964 yılının Kasım, Aralık ve 1965 yılının Ocak aylarındaki Water Power dergisinde Rabcewicz, (1964) tarafından üç bölüm olarak yayımlanan makalelerinden sonra uygulanmaya başlanmıştır (Sauer, 1990). NATM’in Prof. L.V. Rabcewicz tarafından bulunduğu çiftli destekleme sisteminin aslında Engesser’in teorik çalışmalarına dayandığını, çiftli destekleme sistemi kavramının temelini oluşturan son destekleme imalatlarına yerleştirilmeden önce kayanın deforme olmasına izin verilmesi ve böylelikle yüklerin azaltılacağı belirtilmiştir. Aynı zamanda püskürtme betonun ilk olarak Chicagoda Carl E. Akeley tarafından 1920’de dinazor iskeletlerinin korunması amacıyla kullanıldığını ve Rabcewicz, Leopold Müller ve diğer Avusturyalı’ların bu yönteme asıl katkısının sistematik bulonlama ve yerinde ölçüm olduğunu belirtmiştir (Kahyaoğlu, 2008).

Prof. Dr. L.V. Rabcewicz 1948’de NATM yöntemi patent başvuru metninde, “İnce gecici bir destekleme yerleştirmek ve deformasyonlara izin vermek yoluyla kaya basıncının düşürülmesi ve bu basıncın çevreleyen kayaya dağıtılması” tanımlaması yapılmıştır (Kahyaoğlu, 2008). Böylece son destekleme ile daha az yüklenecek ve daha sonra dahada ince bir yapı halinde son destekleme yerleştirilebilecektir. Uygulamalarda deformasyon oluşumları deformasyon ölçümleri ile gözlenmeli ve sonuçlar yapısal analiz ve yapısal tasarım ile birlikte değerlendirilmelidir.

Zaman içerisinde NATM yönteminin, değişik ülkelerde ve projelerde uygulanması sonucu, farklı tanımlamaları ortaya çıkarmıştır. Ancak tüm tanımlamalarda ortak olarak kabul edilen prensipler kısaca, aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

1. Tünel kayasının iç dayanımı mümkün olduğunca korunmalı ve maksimuma ulaştırılmalıdır.
2. Kayanın, stabilizasyona tam ve sorunsuz bir şekilde ulaşması için dayanım kaybına ve kabul görülmeyecek oturmalara neden olabilecek deformasyondan kaçınılması gerekmekte olup güvenli şekilde açılabilmesi için deformasyonların kontrol altına alınması gerekmektedir.

3. Deformasyonları engellemek amacı ile ince veya kalın püskürtme beton (shotcrete) kaplaması, sistematik bulonlama, tüneli çevreleyen zemin veya kaya kütleleri ile temas halinde olup onunla deforme olması ile sağlanabilir.
4. Destekleme elemanlarının ve püskürtme beton atımının hızlı bir şekilde yapılması, deformasyon kontrolü açısından önem arz etmektedir.
5. İlk destekleme, sırasında destek elemanlarındaki gerilmeler ve tünel deformasyonlarının gözlenmesi ile yapılır. İlk ölçümler sonucu elde edilen değerlerle sonraki ölçümler karşılaştırılıp, oluşan fark ile hareket miktarları tespit edilir.
6. Tünel açılması esnasında destekleme yapılmadan bırakılmış olan kısmının mümkün mertebe çok az olması gerekmektedir.
7. Tünel çalışmasının tasarım ve yapım aşamalarında bulunan tüm taraflar (proje, kontrol elemanları, müteahhit elemanları, vb.) NATM'in yaklaşımını ve prensiplerini iyi anlamış olmalı, karar verme ve sorun çözülmesi aşamalarında birlikte davranış göstermelidir.

Tünellerde kullanılan kaya kütleleri sınıflandırması temeli Rabcewicz-Pacher sınıflamasına dayanan ÖNORM B2203 kaya sınıflandırmasına göre yapılmaktadır. İksa sınıflarının tespitine destek oluşturmak üzere tesis edilmiş kaya sınıflandırma sistemi ve Çizelge 4.15'de verilmiştir. Tünellerin inşaatı sırasında her bir kazı aynası Çizelge 4.15'de verilen kaya sınıfı tarifine göre sınıflandırılmakta ve projelerde bu sınıflara karşılık gelen destekleme sınıfları ve elemanları kullanılmaktadır. Bu uygulamada, her bir raunt uzunluğu ve kaya sınıfı öncelikle kazı aynasında görülen jeolojik yapıya göre tanımlandıktan sonra jeoteknik gözlemler ve deformasyon ölçümleri değerlendirilerek gerekirse uygulanan kaya sınıfı değişikliğine gidilmektedir. ÖNORM B2203 (1994)'e göre kaya sınıflama tablosunda yer alan kaya sınıfı tarifleri özet olarak verilmiştir.

Çizelge 4.15. ÖNORM B2203 (1994)'e göre kaya sınıflaması.

Kaya Sınıfı Tarifi	ÖNORM B2203 Ekim 1994 ve sonrası	ÖNORM B2203 Ekim 1994 öncesi
A	A1 duraylı	A1 duraylı
	A2 sonradan az sökülen	A2 hafif aşırı sökülen
B	B1 gevrek	B1 gevrek
	B2 çok gevrek	B2 çok gevrek
	B3 taneli (gevşek)	
C	C1 dağ atma	C1 baskılı
	C2 baskılı	
	C3 çok baskılı	C2 çok baskılı
	C4 akıcı	L2 gevşek zemin düşük kohezyon
	C5 şişen	L1 gevşek zemin düşük kohezyon

A1 Kaya Sınıfı; Duraylı kaya kütlesi olarak adlandırılır. Deformasyon miktarları oldukça küçüktür. Kazı sırasında temizlenen kaya parçalarından sonra dökülme ve sökülme eğilimi yok denecek kadar azdır. Bu kazı sınıfında su yoktur ve yumuşak patlatma uygulamaları kazı için gerekecektir.

A2 Kaya Sınıfı; Bu kaya sınıfı da sağlam kaya sınıfı olarak bilinmekte ve masif, az sökülen kaya kütlesi olarak adlandırılmıştır. Deformasyon miktarları küçük ve hızlı bir şekilde azalır. Tünel eksen bölgesinde (tavanında) ve yan duvarların kaya kütlesi ağırlığından dolayı çok azda olsa dökülmeler görülebilir. Su önemsizdir. Delme-patlatma kazı için gerekli olan tünelcilik işlemidir. İksa bölgesel olarak tünel tavanında, yan duvarların üst kısmında gerekli olabilir. Derhal desteklenmesi gereken çökmeye eğilimli sahalar haricinde kaya bulonları tahkimatları, en çok aynadan itibaren bir raunt geriden yapılacaktır. Kaya blonlarının yönü süreksizliklerin eğilimlerimerine göre belirlenir.

B1 Kaya Sınıfı; Bu kaya sınıfında kayada görülen deformasyonlar küçük çaplı ve bu deformasyonlarda çok hızlı bir şekilde azalma görülür. “Kırılgan” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Patlatma sonrası kayada görülen gevşemeler sonucu tünel tavanı ve yan duvarlarda sökülmeler görülebilir. Su damlamaları önemsiz denecek kadar azdır. Raunt mesafesi desteksiz durma süresine, destek açıklığına ve destek sistemlerinin yerleştirilmesine bağlıdır. Kazı yöntemi için ise patlatma yöntemi gereklidir. Genel olarak ön destekleme elemanları gerekebilir. Yerel bölgelerde sistematik detekleme gerekebilir. İksa en fazla bir raunt geriden monte edilecektir. Tehlikeli bölgelerin acil olarak iksa destek sistemi ile desteklenmesi gerekmektedir.

B2 Kaya Sınıfı; Tünel deformasyonların hızlı bir şekilde azalması için iksaların zamanında yapılması gerekir. “Çok kırılgan” kaya kütlesi olarak adlandırılır ve iksa sistemlerinin zamanında yapılmaması veya yetersiz olması durumunda derin gevşemeler ve kopmalar görülebilir. Ayrışmış veya bozulmuş kaya içerisinde su akışı, kaya dayanımı üzerindeki etkisi bulunmamaktadır. Kazı uzunlukları (Raunt) desteksiz kalma süresi ve desteksiz açıklığa bağlı olarak değişiklik gösterir. Kazı işleminde patlatma yöntemi seçilir. Sistematik destekleme yöntemi tünel tavanı ve yan duvarlarda gereklidir. Gerektiği takdirde eksende süren sistemi kullanılacak ve sürenin kaya kütlesi üzerindeki olumsuz etkileri için gerekli önlemler alınacaktır.

B3 Kaya Sınıfı; “Parçalı” kaya kütlesi olarak isimlendirilir. Parçalı (bölünmüş) kazıda dahi dökülmeler görülür. Bağlayıcı maddenin (çimentolaşmanın) ve kohezyonun yetersiz olmasından dolayı kazının duraysızlığına neden olmuştur. Bozunmuş ve ayrışmış kaya kütlesinde

su akışının kaya kütlelerinin dayanımı üzerinde etkisi bulunmaktadır. Kazı genel olarak patlatma yöntemi ile yapılarak titreşime hassas bölgelerde ise mekanik kazı yöntemleri kullanılır. Ayna ilerlemesinde önce iksa sistemi gerekmektedir. Süren kullanımı yersel olarak gerekebilir.

C1 Kaya Sınıfı; “Az baskılı” kaya kütleleri olarak isimlendirilir. Ön gerilmelerin yüksek olduğu kırılmalı ve çatlaklı kaya kütlelerinde elastik enerjinin depolanmasına neden olur. Enerjinin hareketi ile birlikte kaya yapısından ezilmeler ve derin kırılmalar görülür. Desteksiz bırakılan bölgelerde serbest malzemelerin düşmesi olasıdır. Su akışının kaya kütleleri içerisinde dayanıma yönelik bir etkisi bulunmamaktadır. Kazı yöntemi seçilirken düzgün patlatma veya mekanik kazı yöntemi seçilip bölünmüş kazı ile ilerleme yapılır. Destek elemanlarında ise çelik hasır ile birlikte, kısa ama sık yerleştirilmiş kaya bulonları gereklidir. Ek tedbir olarak kaya kütlelerindeki basınç azaltıcı delikler açılabilir. Bu uygulama yöntemiyle de dağ atmalarda önlenir.

C2 Kaya Sınıfı; Kaya kütleleri “Baskılı” olarak adlandırılmakta ve bu kaya sınıfı kaya içerisinde basınç veren davranışlar ile derine uzanan plastik zonlu davranışlarla bilinir. Kaya kütlelerindeki deformasyonlar uzun süren, orta dereceli ve sönümlenmesi yavaş olan deformasyonlardır. Kazı sırasında görülen deformasyonların hızları ve etkileri orta derecelidir. Bozulmuş ve ayrılmış kaya kütleleri içerisinde su sızıntısının kaya üzerinde önemli bir etkisi bulunmamaktadır. Kazının geniş olduğu tünellerde kazının bölümlendirilmesi zorunluluk gösterir. Kazı yöntemi olarak patlatma ve mekanik kazı yöntemi kullanılabilir. Kazı sonrasında ise serbest malzemelerin düşürülmesi ve ardından püskürtme beton atılması gerekmektedir.

C3 Kaya Sınıfı; Kaya kütleleri “Çok baskılı” olarak adlandırılır. C3, kaya sınıfında zayıf zonların bulunmasından dolayı, yüksek ve hızlı deformasyonlar görülmekte ve bu deformasyonlar yavaş yavaş son bulup deformasyon süreleri uzun niteliklidir. Kırılmalar derin bölgelerde olduğundan bu bölgelerde plastik akmalar görülür. Su sızıntılarının veya akışlarının kaya kütleleri üzerinde etkileri görülmektedir. Kazı yöntemi olarak patlatma veya mekanik kazı işlemleri gerektirmekte ve takibinde püskürtme beton ile güvenli bölge oluşturulup, iksa tahkimat sistemleri ile destekleme yapılır. Kazı sırasında bölünmüş (parçalı) kazı çözümleri yapılarak, tavan kısımlarda süren boruları ve iksa sistemleri kullanılarak, püskürtme beton ile dış kabuk oluşturulduktan sonra bulon ve enjeksiyon uygulamaları ile geçici taban kemeri uygulamaları gerekebilir.

C4 Kaya Sınıfı; Kaya kütleleri “Akıcı” olarak isimlendirilir. Bu kaya sınıfında sürtünme, çok az kohezyon ve az plastik davranış, tahkimatsız bırakılan yerlerde malzemenin akmasına neden olur. Kohezyonun düşük olması kazı sırasında birçok bölünmeyi beraberinde getirir. Kazı yöntemi olarak mekanik kazı (ekskavatör) yöntemi uygun görülmektedir. Kazı sonrasında

zeminin kendini tutması açısından süren, püskürtme beton kaplaması ve bulon montajının yapılması gerekmektedir. Raunt uzunluğu en fazla 1.5 metreyi aşmayacak şekilde ilerleme yapılır.

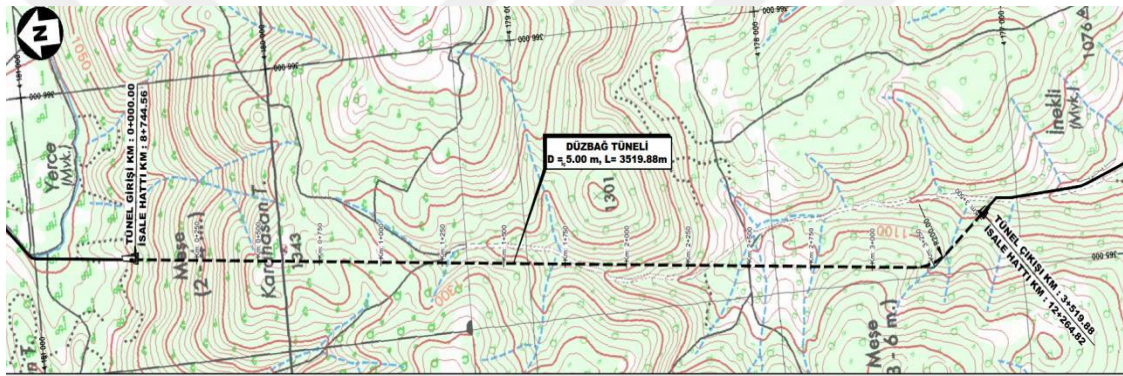
C5 Kaya Sınıfı; Kaya kütlesi “Çok kohezyonlu kısa süreli duraylı” olarak isimlendirilir. Kaya kütlelerinin içerisinde bulunan tuz, anhidrit, şişme potansiyelli kil minerali, su ile birleştikten sonra hacim artışıyla birlikte, kaya kütlelerinin hacminin artışına sebebiyet vermekte ve oluşan durumlarla birlikte dökülmeler, kopmalar ve akmalar görülür. Kazı yönteminin tünel ekskavatörü ile yapılması gerekmektedir. Kazı sonrasında püskürtme beton kaplaması yapılarak, süren borusu veya çelik levha süren tatbiki eksen bölgesine yerleştirilip daha sonra tünel iksası kurularak püskürtme beton atımı sonrasında, bulonlama işlemi yapılmalıdır.



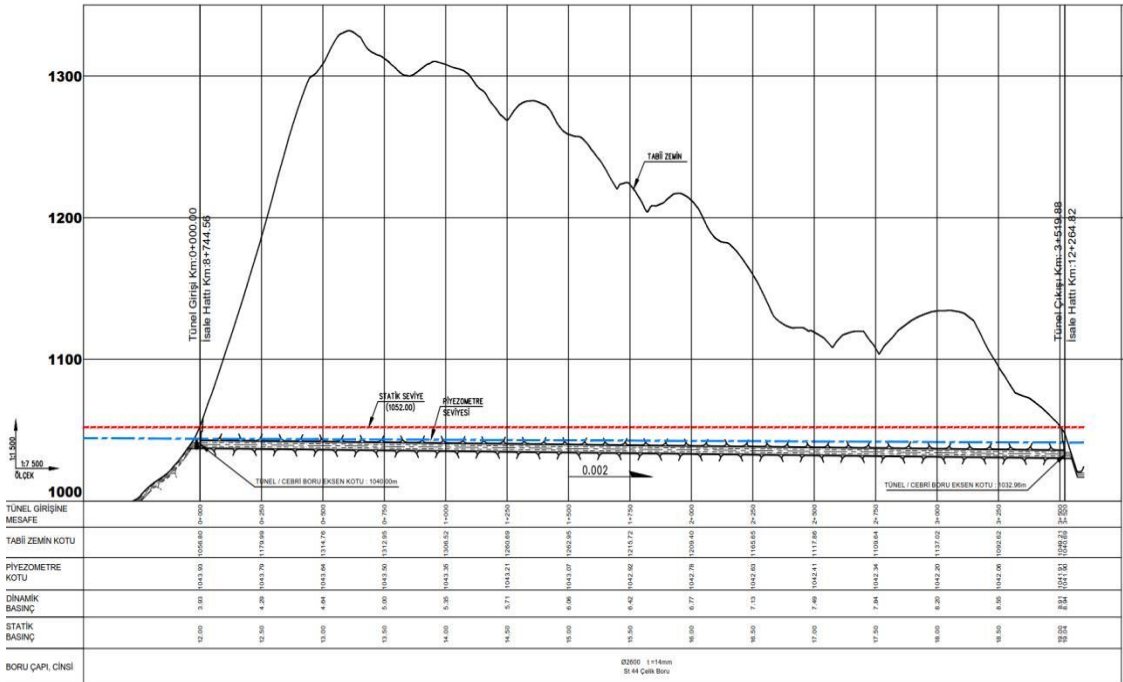
5. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

5.1. Düzbağ Tünellerine Genel Bir Bakış

“Gaziantep Büyükşehir Belediyesi Düzbağ (Göksu Havzasına Dayalı) İçmesuyu İsale Hattı Yapımı” işi kapsamında; isale hattının 8+745 km’si mevkinde, Midyat Grubu’nun ince tabakalı aşırı kırıklı killi kireçtaşı birimlerinden iletim tüneline girilmektedir. İletim tünelinin kazı çapı 6.30 metre olup, tünel 1343 metre kotundaki Karahasana Tepesini katederek, Yeşilova köyü, İneklı Mevkii civarında iletim hattının 12+265 km’sinden girdiği aynı birimden yani Midyat grubundan yüzeye çıkmaktadır. İletim tünelinin toplam uzunluğu 3520 metredir (Şekil 5.1, 5.2).

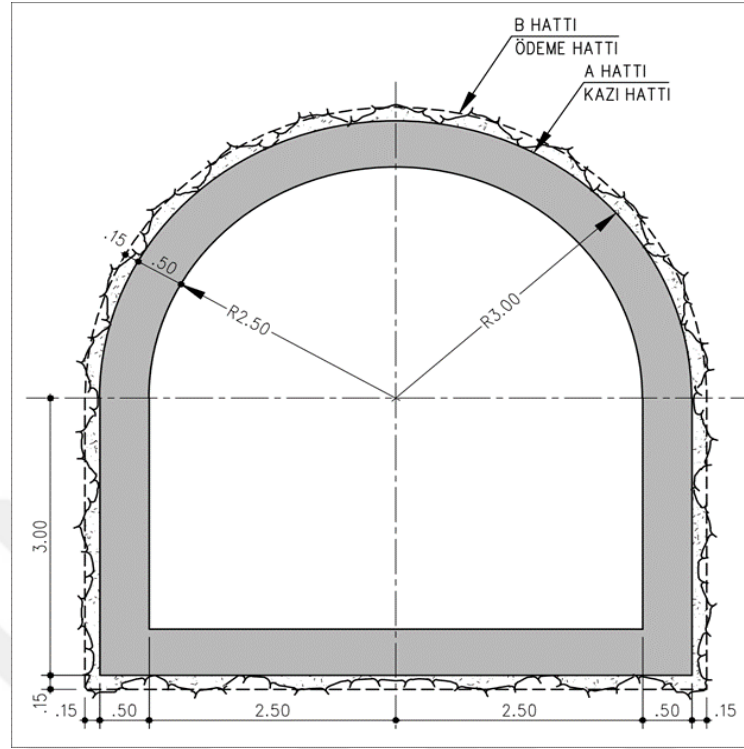


DÜZBAĞ TÜNELİ PLANI
ÖLÇEK: 1/7500



DÜZBAĞ TÜNELİ BOY PROFİLİ
ÖLÇEK: 1/7500

Şekil 5.1. Tünelin yerleşim planı ve boy-kesiti.



Şekil 5.2. İletim tüneli tipik kesiti.

Tünel tipi (Kazı)	Ters U
Tünel Uzunluğu	3520,26
Tünel Çapı İç Çapı	5 000 mm
Tünel Kazı Çapı	6 300 mm
Tünel taban giriş kotu	1037,50 m
Tünel taban çıkış kotu	1030,46 m
Tünel Eğimi	0.002
İsale Hattı Tünel Giriş Kilometresi	8+744,56
İsale Hattı Tünel Çıkışı Kilometresi	12+264,82

İletim tünelinin tamamı; sığ-neritik fasiyeste çökelmiş; üst kısımda açık krem renkli, killi, kalkerli ve bazen çörtlü kireçtaşı, alt kısmında ise, sarımsı renkte masif, dolomitik ve yer yer çört yumrulu kireçtaşı olarak istiflenmiş, Midyat grubu birimlerinin gözlemlendiği iletim hattı boyunca açılacaktır. Bu birimler Doğu Anadolu Fay hattına yakın olması nedeni ile aşırı kırıklı ve tabakalı yer yer ezilme zonlu yapı göstermektedir.

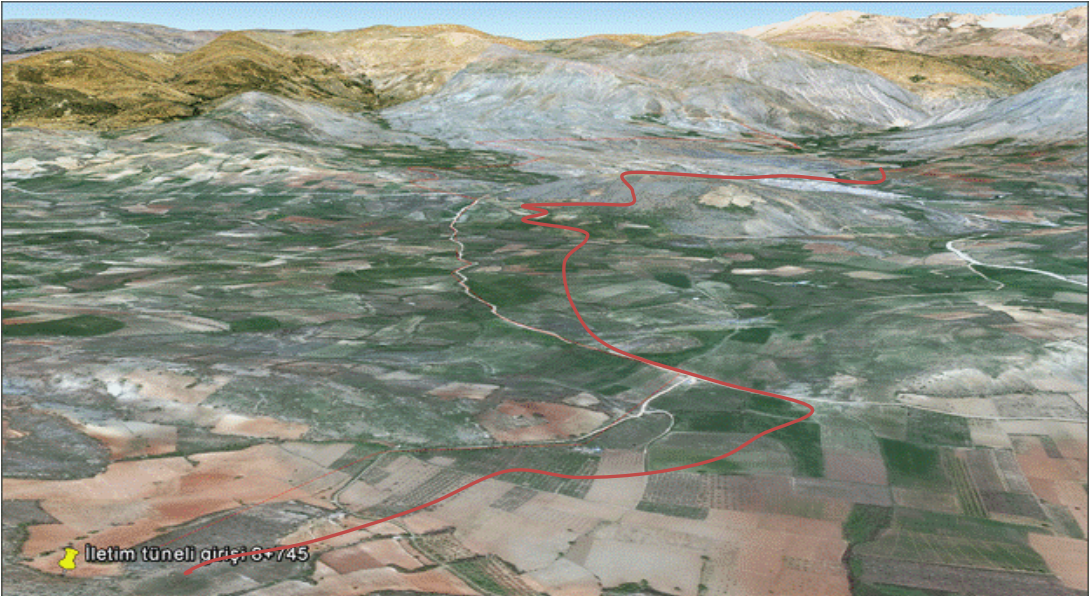
İletim hattının yükleme havuzundan iletim tüneline kadar olan kısmı, I Kısım yapıları arasına girmektedir. Güzergâh boyunca yüzey veren kayaç birimleri ve Jeoteknik özellikleri

aşağıda sunulmuştur. I. Kısım iletim hattının toplam uzunluğu 7+685 km dir. Tünel güzergahının bu kısmının düzbağ geçişi iletim hattı Şekil 5.3 ve 5.4 tetemsili olarak gösterilmiştir



Şekil 5.3. Düzbağ yerleşim merkezi ve I. kısım iletim hattı (iletim hattı yaklaşık olarak sarı çizgi ile gösterilmiştir).

Şekil 5.4'te yer alan Google Earth görüntüsünde, iletim hattının yükleme havuzundan iletim tüneline kadar olan I. Kısmı kırmızı çizgi ile gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Google Earth uydu görüntüsü üzerinde iletim hattı görünümü.



Şekil 5.5. Midyat grubunana ait aşırı kırıklı ve tabakalı yer yer ezilme zonlu yapı gösteren kireçtaşı birimlerinin güzergâh üzerindeki görünümü.

İletim tüneli güzergâhında 3 adet araştırma sondajı açılmıştır. İT-SK-1 isimli (iletim tüneli-sondaj kuyusu- 1) araştırma sondajı giriş yapısı kazısında, İT-SK-3 isimli araştırma sondajı (iletim tüneli-sondaj kuyusu- 3) ise çıkış yapısı kazısında, İT-SK-2 isimli (iletim tüneli-sondaj kuyusu-2) araştırma sondajı ise tünel güzergahı üzerinde 10+294 Km. civarında bulunmaktadır.

İletim tünel güzergahında açılan kuyulardan İT-SK-1 ve İT-SK 3 araştırma sondajlarında 20-60 metre aralığında, 2 metre aralıklı olarak yapılan basınçlı su testi (Lugeon) sonuçlarına göre kuyuların her ikisi için de >25 Lu değeri elde edilmiş, basınçlı su testi sonuçları, kuyu boyunca kesilen kayaç birimlerinin çok yüksek geçirimli olduklarını göstermektedir. 54 metre derinlikte açılan İT SK 1 araştırma kuyusunda, tünel kotunun altında yer altı suyu seviyesi ölçülmüş ve çıkışta açılan İT-SK-3 ve arada açılan İT-SK-2 kuyusunda yer altı suyuna rastlanılmamıştır. Kayaç özellikleri aynı olan güzergahta, sondaj çalışmaları sırasında kuyuların hiçbirinde su devir daimi sağlanamamıştır. Bu durum, benzer fiziksel özelliklerdeki aşırı kırıklı ana kayanın genel olarak tüm güzergâh boyunca çok yüksek geçirimli olduğunu göstermektedir. Araştırma sondajı verilerine göre tünel kazısı yer altı suyunu kesmemektedir. Yani tünel kazısının tamamı kuru zeminde yapılacaktır. Güzergah hattı istikametinde gözlenen ince tabakalı, çörtlü, killi litolojilerin aşırı kırıklı çatlaklı ve yer yer ezik zonlu yapı göstermelerinden dolayı tünel açımı sırasında tavanda aşırı sökülme durumlarının oluşabileceği öngörülmüştür. Güzergahta açılan 3 adet

araştırma sondajından karot örnekler alınmış ve laboratuvar testleri yapılmıştır. Karotlar üzerinde yapılan Laboratuvar test sonuçları özeti Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. İletim tüneli güzergâhında açılan IT-SK-1, IT-SK-2 ve IT-SK-3 araştırma kuyu karotlarına ait laboratuvar testi sonuçları.

Sondaj No / Çukur No		Deneysel Standardı	IT / SK-1	IT / SK-1	IT / SK-1	IT / SK-1	IT / SK-2	IT / SK-2	IT / SK-3	IT / SK-3	IT / SK-3	Ortalama
Numune No / Adı			KAROT	KAROT	KAROT	KAROT	KAROT	KAROT	KAROT	KAROT	KAROT	
Derinlik	m		28.80-27.00	40.80-41.00	41.15-41.80	51.00-51.15	82.05-82.20	90.70-90.80	35.45-35.60	47.70-47.90	50.10-52.50	
Doğal Birim Hacim Kütle	kN/m ³		24.96	25.13	25.42	24.85	25.14	24.96	24.86	25.42	25.73	25.16
Tek Eksenli Basınç Deneyi [#]	q _u (MPa)	TS 2028	52.0	54.1	-	49.9	46.3	-	63.7	66.1	-	55.34
Nokta Yükleme Deneyi [#]	I _s (MPa)	TS 699	-	-	-	-	-	1.98	-	-	-	1.98
Elastisite Modülü	ε Gpa	TS 2030	8.97	8.44	-	7.52	7.88	EK-1	10.79	11.31	-	9.15
Poisson Oranı	ν		0.30	0.29	-	0.31	0.317	EK-1	0.285	0.279	-	0.30
Kayada Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)	C (MPa)	ASTM D2664	-	-	123.40	-	-	-	-	-	138.10	130.75
	φ (°)		-	-	44.00	-	-	-	-	-	46	45.00

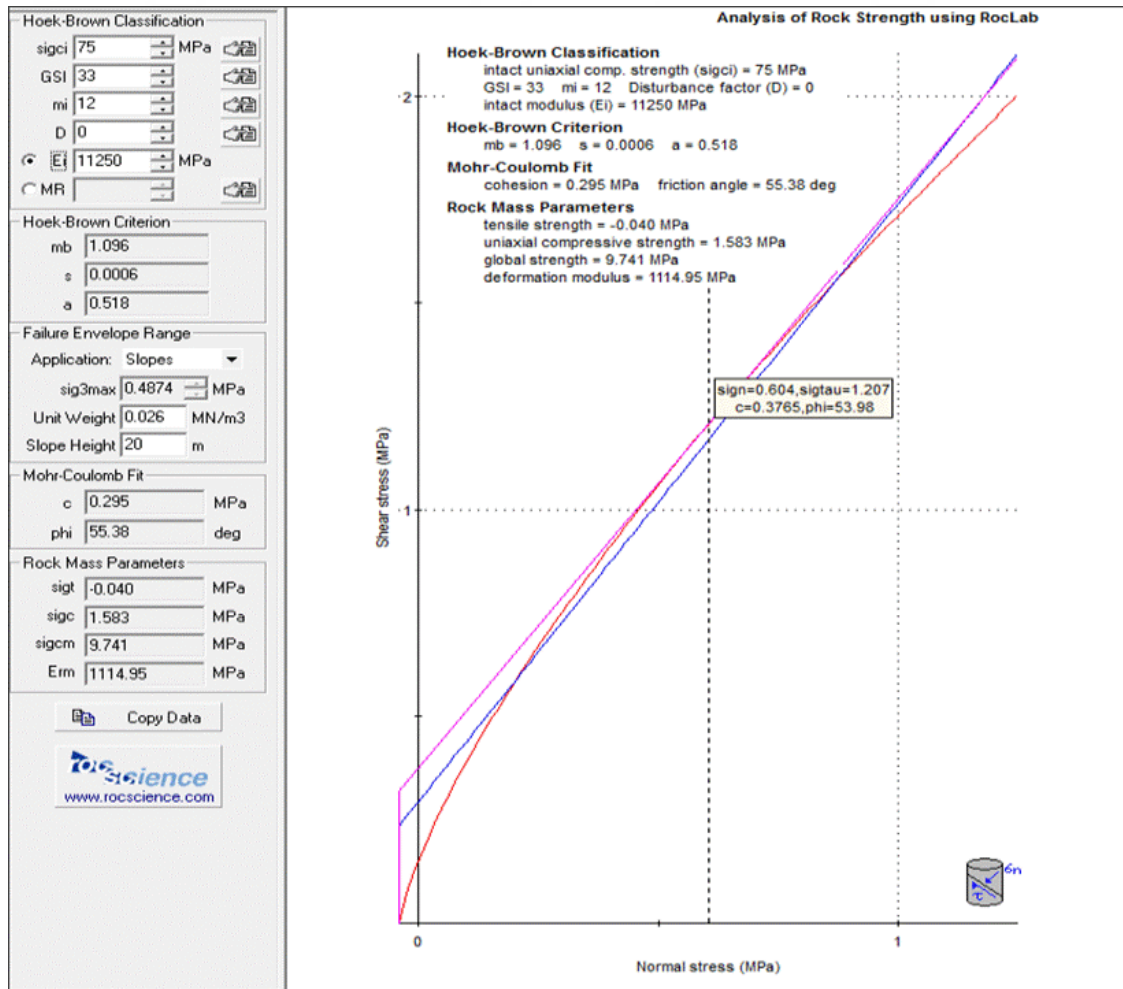
Çizelge 5.1’de görüldüğü gibi araştırma kuyularının karotları üzerinde yapılan testlerde, Tek eksenli basınç dayanımı: 55.34 Mpa (ortalama), Elastisite Modülü: 9.15 MPa (ortalama), Poisson oranı: 0.30 (ortalama) olarak elde edilmiştir. IT-SK-3 araştırma kuyusunun 50.10-52.50 metre aralığından alınan karot üzerinde yapılan üç eksenli basınç dayanımı sonuçlarına göre sağlam kaya için içsel sürtünme açısı $\phi = 46^\circ$, Kohezyon $C=138.10$ Mpa olarak tespit edilmiştir. IT-SK-1 kuyusunda ise içsel sürtünme açısı $\phi = 44^\circ$, Kohezyon $C=123.40$ Mpa’dır.

İletim tüneli, ince tabakalı, aşırı kırıklı yer yer ezilmiş, çörtlü, killi kireçtaşı birimlerini içeren güzergah boyunca açılacaktır. İntak kayayı temsil eden litolojik birimlerden alınan laboratuvar sonuçlarına göre yüksek değer veren kohezyon ve sürtünme açısı sonuçları, kayanın çatlaklı kırıklı, yer yer ezilme zonlu yapısı göz önünde bulundurulduğunda bu sonuçların saha koşullarında laboratuvar sonuçlarına kıyasla düşük değerlerde olacağı söylenebilir.

Tünel giriş ve çıkışı için Rocklab programı ile Laboratuvarda elde edilen tek eksenli basınç dayanımı sonuçları kullanılarak, Hoek-Brown kaya sınıflamasına göre kayacın fiziksel parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. İyi, orta ve zayıf koşul için yapılan değerlendirmenin sonuçları Çizelge 5.1 ve 5.2’de verilmiştir.

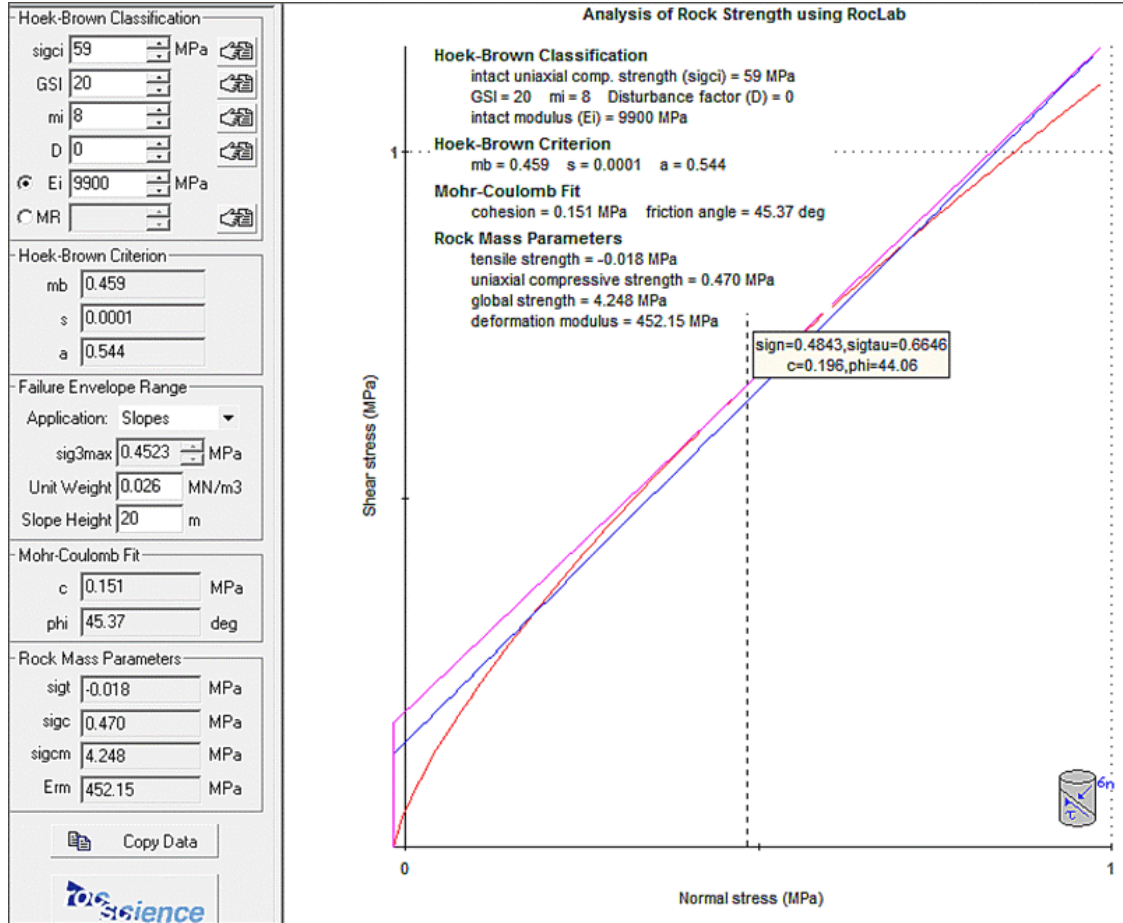
Hoek-Brown kaya sınıflamasına göre, Çizelge 5.1’de kayaç özellikleri verilen iletim tüneli giriş ve çıkışında, 20 metre yüksekliğinde iyi koşuldaki kazı şevi için, Kohezyon $C=0.295$ Mpa, İçsel sürtünme açısı $\phi=55.38^\circ$ olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5.2. İletim tüneli giriş ve çıkış yapıları için Hoek-Brown iyi koşulda kaya sınıflaması.



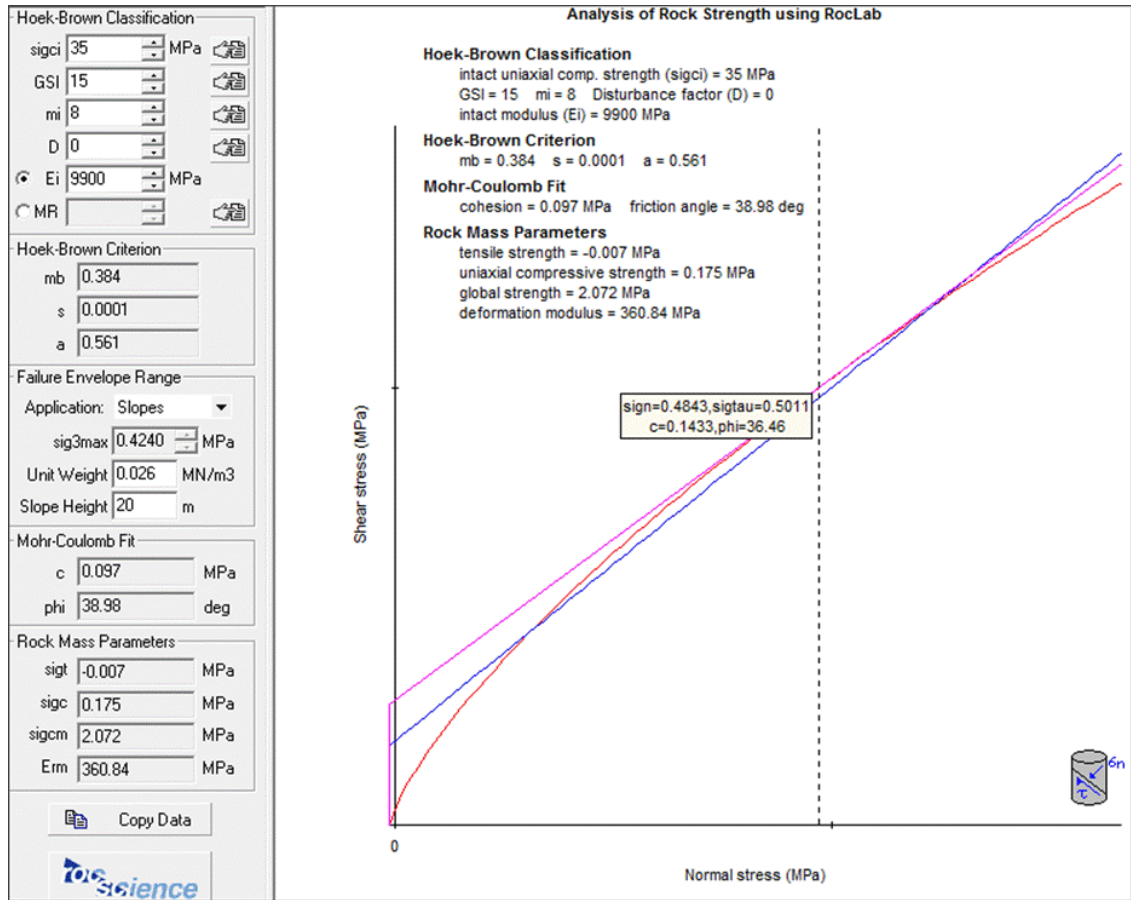
Hoek-Brown kaya sınıflamasına göre, Çizelge 5.2’de kayaç özellikleri verilen iletim tüneli giriş ve çıkışında, 20 metre yüksekliğinde orta koşuldaki kazı şevi için, Kohezyon $C=0.151$ Mpa, İçsel sürtünme açısı $\phi=45.37^\circ$ olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5.3. İletim tüneli giriş ve çıkış yapıları için Hoek-Brown orta koşulda kaya sınıflaması.



Hoek-Brown kaya sınıflamasına göre, Çizelge 5.3’de kayaç özellikleri verilen iletim tüneli giriş ve çıkışında, 20 metre yüksekliğinde zayıf koşuldaki kazı şevi için, Kohezyon $C=0.097$ Mpa, İçsel sürtünme açısı $\phi= 38,98^\circ$ olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5.4. İletim tüneli giriş ve çıkış yapıları için, Hoek-Brown zayıf koşulda kaya sınıflaması.



İletim tüneli için Hoek-Brown kaya sınıflamasına göre Rocklab programı ile elde edilen fiziksel kayaç parametreleri aşağıda Çizelge5.4 verilmiştir.

Çizelge 5.5. Hoek-Brown kaya sınıflamasına göre iletim tüneli giriş ve çıkış yapıları için Rocklab programı ile elde edilen fiziksel kayaç parametreleri.

Kaya Koşulları	İçsel sürtünme açısı (°)	Kohezyon (Mpa)	Deformasyon Modülü (Mpa)
Orta kaya koşulu için	55.38	0.295	1114.95
İyi kaya koşulu için	45.37	0.151	452.15
Zayıf kaya koşulu için	38.98	0.097	360.84

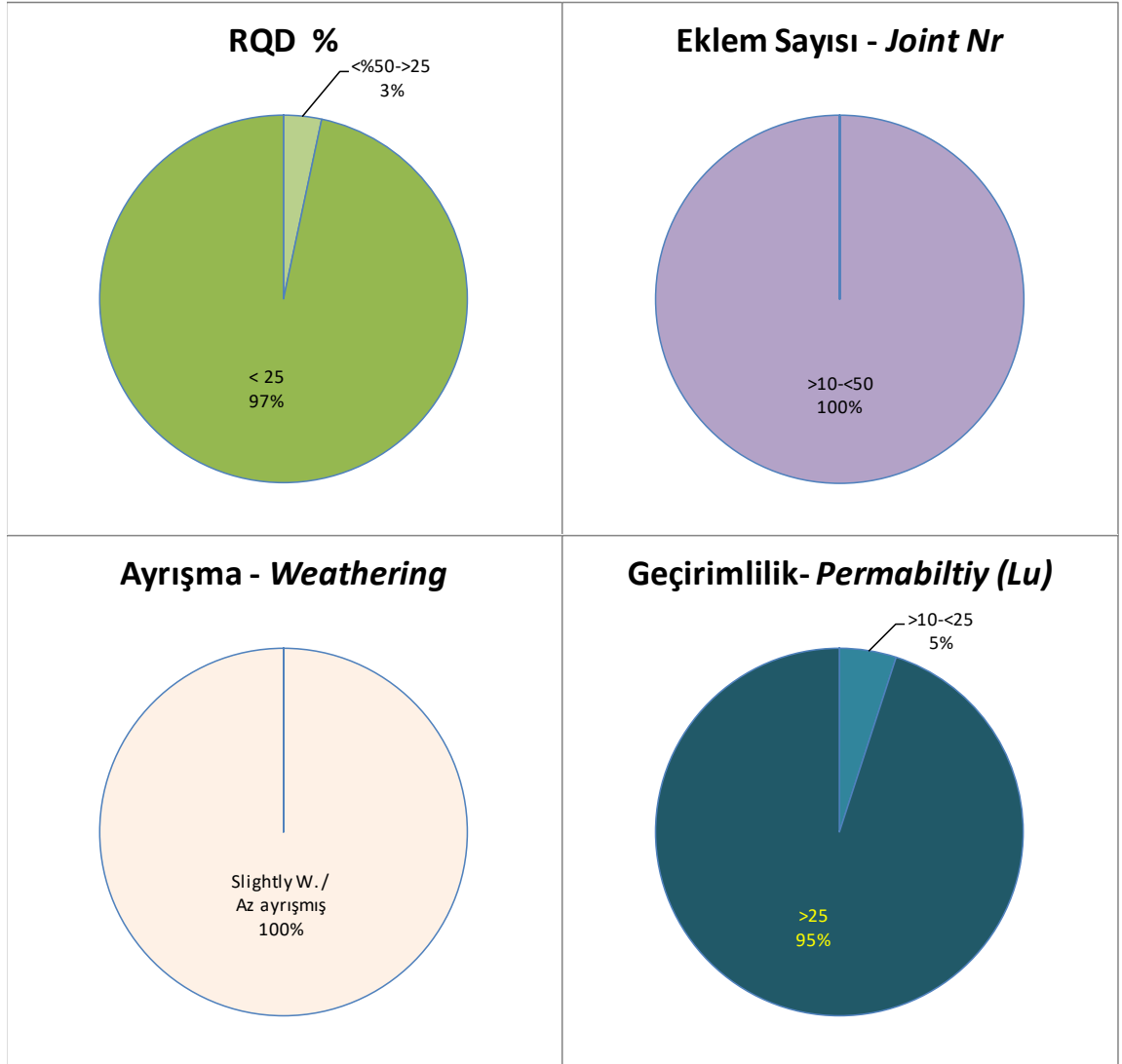
Tünel güzergâhındaki litolojik birimlerin, giriş ile çıkış yapılarında benzer fiziksel özellikler göstermesinden dolayı elde edilen değerlerin, giriş yapısı ve çıkış yapılarında temsil ettiği söylenebilir.

İletim tüneli güzergahında açılan araştırma kuyuları karot deskripsiyonlarından elde edilen; RQD, ayrışma, eklem sayısı ve eklem durumlarına göre, kayanın RMR ve Q sınıflamaları belirlenmiş ve bu sonuçlar Çizelge 5.5'te verilmiştir. Bu verilere göre RMR= 41, Ortalama Q=0.488 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.6. IT-SK-1 Araştırma sondajı RMR kayaç sınıflaması.

Project - Proje : Gaziantep İçme Suyu- İletim Tüneli				Drilling date - Delgi tarihi			
Hole no - Kuyu No : ITSK 1				19 / 11 /2015			
Hole el. - Kuyu kotu (m) : 939				UGWT - YASS (m) : 50.15			
Depth - Derinlik (m) : 60				WT El.- SS Kotu (m) : 888.85			
Hole Inc.- Kuyu eğimi (°) : 0		(from vert. / Düşeyden)					
RQD %	Length / Uzunluk (m)	%	Rating / Değerlendirme	Joint / Eklem	Length / Uzunluk (m)	%	Rating / Değerlendirme
>%90	0	0%	Excellent /Çok iyi	>=50	0	0%	Broken / Parçalanmış
<%90->75	0	0%	Good / iyi	>10-<50	60	100%	Highly fractured and jointed / Çok çatlaklı
<%75->50	0	0%	Fair / Orta	>3-<10	0	0%	Jointed / Kırıklı
<%50->25	2	3%	Poor / Zayıf	>1-<3	0	0%	Less fractured and jointed / Az çatlaklı kırıklı
< 25	58	97%	Very poor / Çok zayıf	<1	0	0%	Massive / Masif
Total / Toplam	60	100%		Total / Toplam	60	100%	
Weathering / Ayrışma	Length / Uzunluk (m)	%	Rating / Değerlendirme	Permeability / Geçirimsizlik	Length / Uzunluk (m)	%	Rating / Değerlendirme
Fresh / Taze	0	0%	W1	<=1	0	0%	Impermeable / Geçirimsiz
Slightly W. / Az ayrılmış	60	100%	W2	>1-<2	0	0%	Very Low Permeability / Çok düşük geçirimsizlik
Moderately W./Orta ayrılmış	0	0%	W3	>2-<5	0	0%	Low Permeability / Düşük geçirimsizlik
Highly W. / Çok Ayrılmış	0	0%	W4	>5-<10	0	0%	Permeable/ Geçirimli
Completely W. /Tamamen ayr.	0	0%	W5	>10-<25	2	5%	High permeability / Yüksek geçirimsizlik
Total / Toplam	60	100%		Total / Toplam	40	100%	
ROCK MASS QUALITY / KAYAÇ KÜTLESİ KALİTESİ			Rating / Puan	Core Recovery / Karot yüzdesi			
Uniaxial Compressive Strength /Tek eksenli basınç dayanımı			5.58	Aver. core recovery/Ortalama karot yüzdesi		99%	
Drill Core Quality RQD / Delgi Karot Kalitesi			3.17	Solid core recovery / Katı kayaç yüzdesi		68%	
Spacing of discontinuities / Eklem Ara Mesafeleri			8.00				
Condition of Joints / Eklemlerin Durumu			11.78				
Under Ground Water C/ Yer Altı Suyu Durumu			12.54	Em ₁ - Serefim and Pereira (1983)		5.98	
RMR			41	Em ₂ -Grimstad and Barton (1993)			
Q = e^{(RMR-44)/9} (Bienewski 1989)			0.722	Em₁ = 10^{(RMR-10)/40}, Em₂= 25 LOG₁₀ Q ,			
Q = 10^{(RMR-50)/15} (Barton 1995)			0.254	Em = Estimated, In situ Deformation Modulus (GPa) / Tahmini Arazi Deformasyon Modülü			

Project - Proje	: Gaziantep İçme Suyu- İletim Tüneli	Drilling date - Delgi tarihi
Hole no - Kuyu No	: ITSK 1	19 / 11 /2015
Hole el. - Kuyu kotu (m)	: 939	UGWT - YASS (m) : 50.15
Depth - Derinlik (m)	: 60	WT El.- SS Kotu (m) : 888.85
Hole Inc.- Kuyu eğimi (°)	: 0 (from vert. / Düşeyden)	

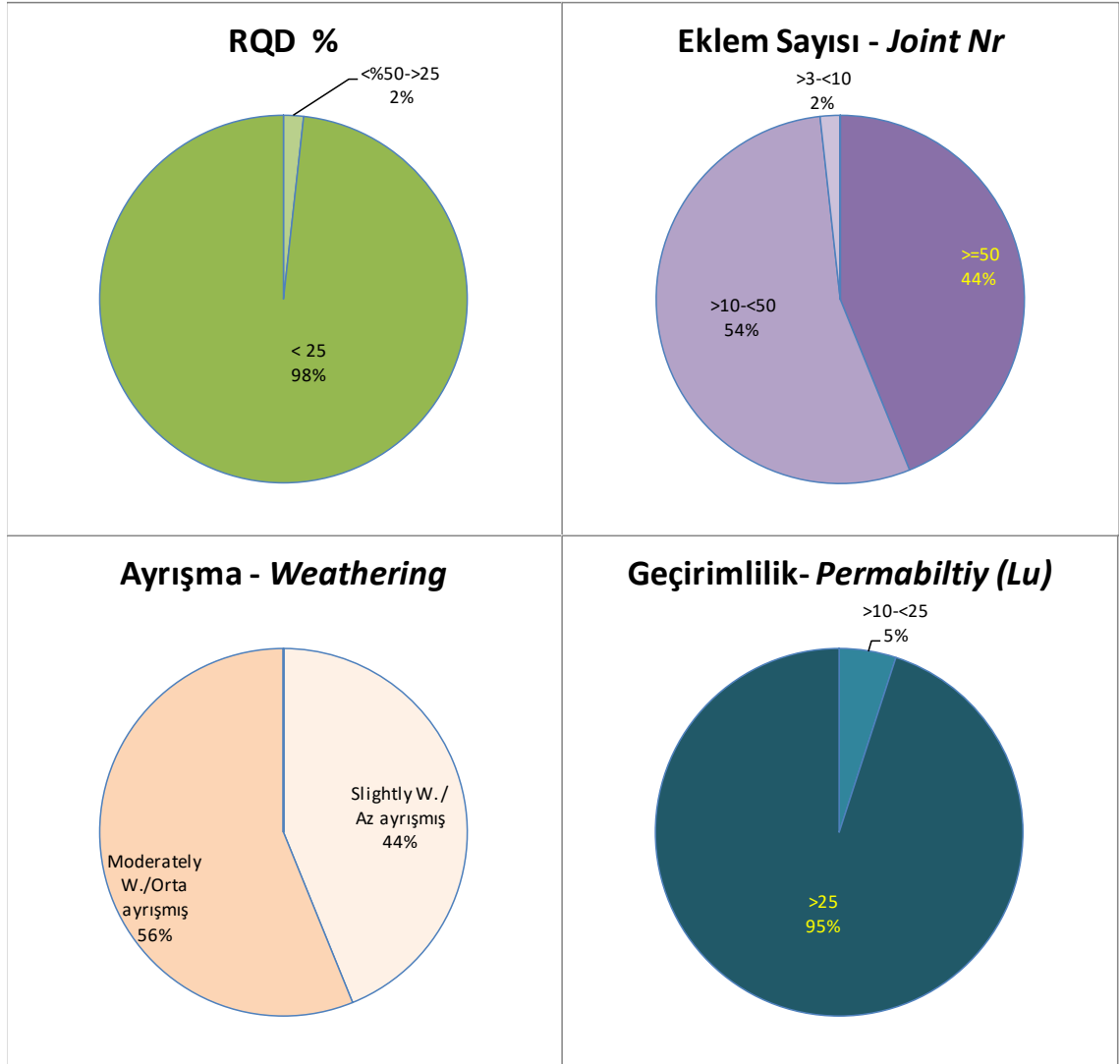


Şekil 5.6. IT-SK-1 Araştırma sondajı RMR kayaç sınıflaması kayaç parametreleri grafiği.

Çizelge 5.7. IT-SK-2 Araştırma sondajı RMR kayaç sınıflaması.

Project - Proje : Gaziantep İçme Suyu				Drilling date - Delgi tarihi			
Hole no - Kuyu No : ITSK 2				30 / 11 /2015			
Hole el. - Kuyu kotu (m) : 1118				UGWT - YASS (m) :			
Depth - Derinlik (m) : 116				WT El.- SS Kotu (m) :			
Hole Inc.- Kuyu eğimi (°) : 0 (from vert. / Düşeyden)							
RQD %	Length / Uzunluk (m)	%	Rating / Değerlendirme	Joint / Ekleme	Length / Uzunluk (m)	%	Rating / Değerlendirme
>%90	0	0%	Excellent /Çok iyi	>=50	50	44%	Broken / Parçalanmış
<%90->75	0	0%	Good / iyi	>10-<50	62	54%	Highly fractured and jointed / Çok çatlaklı
<%75->50	0	0%	Fair / Orta	>3-<10	2	2%	Jointed / Kırıklı
<%50->25	2	2%	Poor / Zayıf	>1-<3	0	0%	Less fractured and jointed / Az çatlaklı kırıklı
< 25	112	98%	Very poor / Çok zayıf	<1	0	0%	Massive / Masif
Total / Toplam	114	100%		Total / Toplam	114	100%	
Weathering / Ayrışma	Length / Uzunluk (m)	%	Rating / Değerlendirme	Permeability / Geçirimsizlik	Length / Uzunluk (m)	%	Rating / Değerlendirme
Fresh / Taze	0	0%	W1	<=1	0	0%	Impermeable / Geçirimsiz
Slightly W. / Az ayrılmış	50	44%	W2	>1-<2	0	0%	Very Low Permeability / Çok düşük geçirimsizlik
Moderately W./Orta ayrılmış	64	56%	W3	>2-<5	0	0%	Low Permeability / Düşük geçirimsizlik
Highly W. / Çok Ayrılmış	0	0%	W4	>5-<10	0	0%	Permeable/ Geçirimsiz
Completely W. /Tamamen ayr.	0	0%	W5	>10-<25	2	5%	High permeability / Yüksek geçirimsizlik
Total / Toplam	114	100%		>25	38	95%	Very High Perm. / Çok yüksek geçirimsizlik
				Total / Toplam	40	100%	
ROCK MASS QUALITY / KAYAÇ KÜTLESİ KALİTESİ			Rating / Puan	Core Recovery / Karot yüzdesi			
Uniaxial Compressive Strength /Tek eksenli basınç dayanımı			4.90	Aver. core recovery/Ortalama karot yüzdesi		62%	
Drill Core Quality RQD / Delgi Karot Kalitesi			3.09	Solid core recovery / Katı kayaç yüzdesi		42%	
Spacing of discontinuities / Ekleme Ara Mesafeleri			6.72				

Project - Proje	: Gaziantep İçme Suyu	Drilling date - Delgi tarihi
Hole no - Kuyu No	: ITSK 2	30 / 11 /2015
Hole el. - Kuyu kotu (m)	: 1118	UGWT - YASS (m) :
Depth - Derinlik (m)	: 116	WT El.- SS Kotu (m) :
Hole Inc.- Kuyu eğimi (°)	: 0 (from vert. / Düşeyden)	



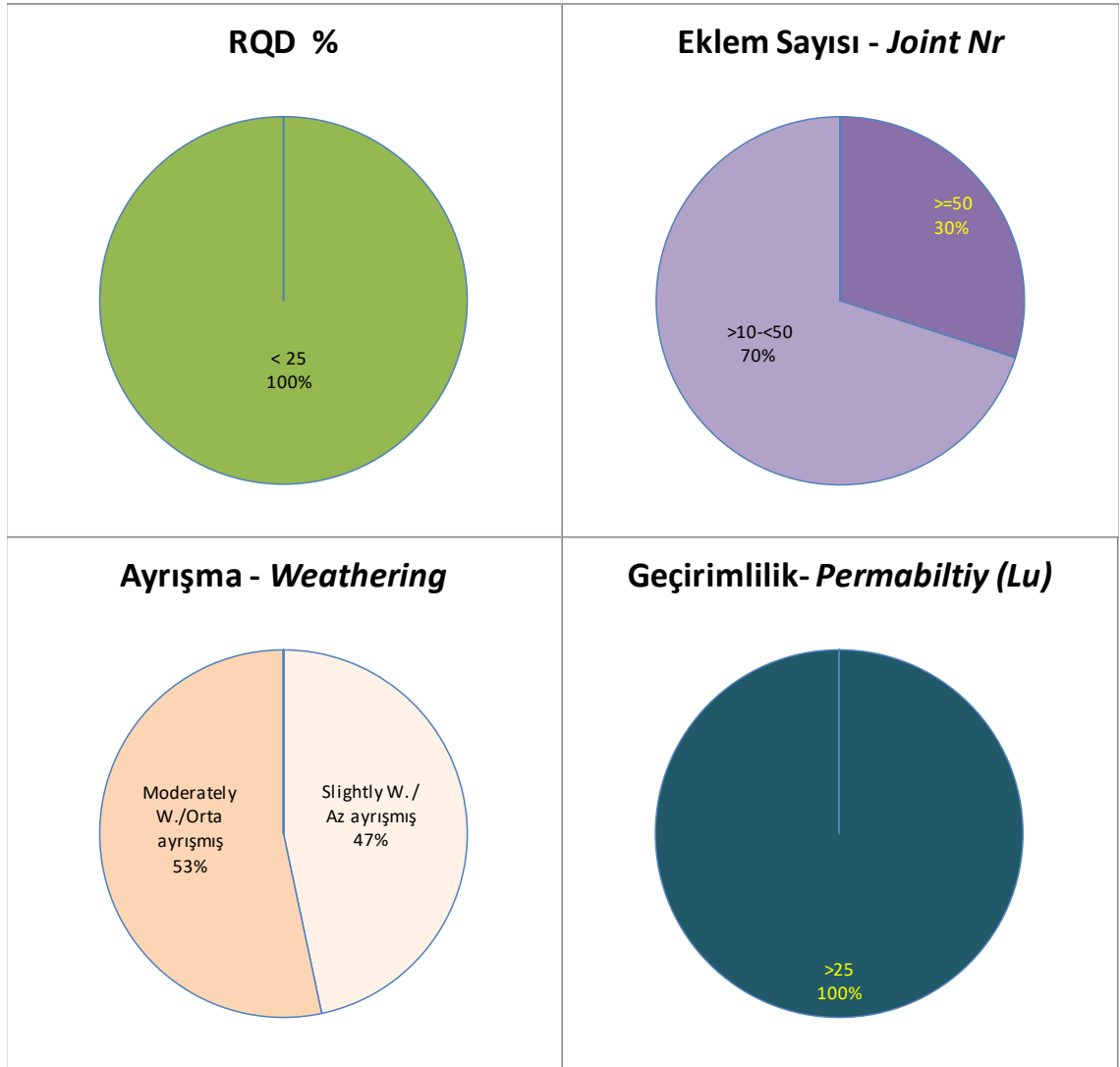
Şekil 5.7. IT-SK-2 Araştırma sondajı RMR kayaç sınıflaması kayaç parametreleri grafiği.

Çizelge 5.8. IT-SK-3 Araştırma sondajı RMR kayaç sınıflaması.

Project - Proje : Gaziantep İçme Suyu				Drilling date - Delgi tarihi			
Hole no - Kuyu No : ITSK 3				27 / 11 /2015			
Hole el. - Kuyu kotu (m) : 939				UGWT - YASS (m) :			
Depth - Derinlik (m) : 60				WT El.- SS Kotu (m) :			
Hole Inc.- Kuyu eğimi (°) : 0 (from vert. / Düşeyden)							
RQD %	Length / Uzunluk (m)	%	Rating / Değerlendirme	Joint / Eklem	Length / Uzunluk (m)	%	Rating / Değerlendirme
>%90	0	0%	Excellent /Çok iyi	>=50	18	30%	Broken / Parçalanmış
<%90->75	0	0%	Good / iyi	>10-<50	42	70%	Highly fractured and jointed / Çok çatlaklı
<%75->50	0	0%	Fair / Orta	>3-<10	0	0%	Jointed / Kırıklı
<%50->25	0	0%	Poor / Zayıf	>1-<3	0	0%	Less fractured and jointed / Az çatlaklı kırıklı
< 25	60	100%	Very poor / Çok zayıf	<1	0	0%	Massive / Masif
Total / Toplam	60	100%		Total / Toplam	60	100%	
Weathering / Ayrışma	Length / Uzunluk (m)	%	Rating / Değerlendirme	Permeability / Geçirimsizlik	Length / Uzunluk (m)	%	Rating / Değerlendirme
Fresh / Taze	0	0%	W1	<=1	0	0%	Impermeable / Geçirimsiz
Slightly W. / Az ayrılmış	28	47%	W2	>1-<2	0	0%	Very Low Permeability / Çok düşük geçirimsizlik
Moderately W. /Orta ayrılmış	32	53%	W3	>2-<5	0	0%	Low Permeability / Düşük geçirimsizlik
Highly W. / Çok Ayrılmış	0	0%	W4	>5-<10	0	0%	Permeable/ Geçirimli
Completely W. /Tamamen ayr.	0	0%	W5	>10-<25	0	0%	High permeability / Yüksek geçirimsizlik
Total / Toplam	60	100%		Total / Toplam	40	100%	
ROCK MASS QUALITY / KAYAÇ KÜTLESİ KALİTESİ			Rating / Puan	Core Recovery / Karot yüzdesi			
Uniaxial Compressive Strength /Tek eksenli basınç dayanımı			5.05	Aver. core recovery/Ortalama karot yüzdesi		53%	
Drill Core Quality RQD / Delgi Karot Kalitesi			3.00	Solid core recovery / Katı kayaç yüzdesi		36%	
Spacing of discontinuities / Eklem Ara Mesafeleri			7.10				
Condition of Joints / Eklemlerin Durumu			9.78				
Under Ground Water C/ Yer Altı Suyu Durumu			15.00				
RMR			40	Em ₁ - Serefim and Pereira (1983)		5.60	
Q = e^{(RMR-44)/9} (Bienewski 1989)			0.636	Em ₂ -Grimstad and Barton (1993)		Invalid Value ,Gecersiz değer	
Q = 10^{(RMR-50)/15} (Barton 1995)			0.213	Em₁ = 10^{(RMR-10)/40}, Em₂= 25 LOG₁₀ Q,			
Em = Estimated,In situ Deformation Modulus (GPa) / Tahmini Arazi Deformasyon Modülü							

IT-SK-3 kuyusunun RMR=40 ve ortalama Q=0.424 değeri Bienewski ve Barton değerlerinin toplamının yarısı olarak hesaplanmıştır.

Project - Proje	: Gaziantep İçme Suyu	Drilling date - Delgi tarihi
Hole no - Kuyu No	: ITSK 3	27 / 11 /2015
Hole el. - Kuyu kotu (m)	: 939	UGWT - YASS (m) :
Depth - Derinlik (m)	: 60	WT El.- SS Kotu (m) :
Hole Inc.- Kuyu eğimi (°)	: 0 (from vert. / Düşeyden)	



Şekil 5.8. IT-SK-3 Araştırma sondajı RMR kayaç sınıflaması kayaç parametreleri grafiği.

Güzergahın tamamı Midyat grubu yer almakta olup, yapılan araştırma ve gözlem sonuçlarına göre, formasyon Zayıf-Orta kaya niteliğinde olduğu belirlenmiştir. İletim tüneli giriş ve çıkış yapılarının kazıları aynı birim içerisinde yer almakta olup belirlenen kayaç parametreleri giriş ve çıkış yapıları ile iletim tüneli güzergahı tamamı için geçerli olacak şekilde kabul edilmiştir.

5.2. Düzbağ Tüneli Kazı Destekleme Sistemleri Yapısal Analiz ve Kesit Tahkiki

Düzbağ Tüneli kazı destekleme sistemi Q (Barton, 1974) kayaç sınıflamasına göre belirlenmiştir. Düzbağ tüneli güzergahında Barton vd., 1974'nin Q sınıflamasına göre, IT-SK-1, IT-SK-2 ve IT-SK-3 araştırma sondajı kuyu verilerinden ve diğer jeolojik çalışmalardan yararlanılarak, kaya kütleli kalite değerleri; $Q=0.1$ ile $Q=4$ arasında bulunmuştur.

Gereken desteklemeler, tünel boyuna göre % 10 Tip 3, % 35 Tip 4, % 35 Tip 5 ve % 20 Tip 6 yüzde tahmini olarak belirlenmiştir. Ayrıca tünel girişinde ve çıkışında portal yapıları için 10 metre boyunca Tip-6 iksalı destek sistemi uygulanması gerektiği tespit edilmiştir. 5.0 metre iç genişliğindeki tünel tipik en kesitine göre tanımlanan kazı destekleme tipleri, 8.0 metre iç genişliğindeki karşılaşma ceplerine Tip-5A ve Tip-6A olarak uyarlanmıştır.

5.3. Kazı Destekleme Sistemlerinin Sonlu Elemanlar Yardımı ile Kontrolü

Yukarıda kazı destekleme sistemleri yapısal analiz ve kesit tahkiki tespitlerinde de belirtildiği üzere Düzbağ tüneli kazı destekleme sistemi Q (Barton, 1980) kayaç sınıflamasına göre belirlenmiştir. Bu ampirik yöntemle belirlenen kazı destekleme sistemlerinin yapısal yeterliliği, Rocscience RS² Version: 9.016 bilgisayar programı yardımıyla sonlu elemanlar yöntemi ile kontrol edilmiştir. Düzbağ Tüneli tabii zeminden fazla derinde olmadığından RS² modeli tabii zemini de içerecek şekilde oluşturulmuştur. Böyle bir modelin zemin gerilmeleri açısından gerçek durumu yansıttığı görsel olarak kanıtlanmış ve tünel yüksekliği boyunca zemin basınçlarındaki değişiklikler analize dâhil edilmiş olacaktır. RS² modelinin genişliği kazı genişliğinin 10 katı ve kazı altındaki yüksekliği kazı yüksekliğinin 5 katı olacak şekilde tasarlanmıştır. RS² modelinde kaya kütleli 6 nodlu üçgen sonlu elemanlar (6-noded triangular finite elements) ile modellenmiştir. RS² modeli için analiz kabullenmeleri Şekil 5.9'da gösterilmiştir.

Kaya kütleli, Genelleştirilmiş Hoek-Brown (Generalized Hoek-Brown) dayanım kriterine göre analiz edilmiştir. RS² modeli için gerekli olan Genelleştirilmiş Hoek-Brown parametreleri, RS² bilgisayar programı içerisinde bulunan ROCLAB yazılımı ile hesaplanmıştır. Kaya yatay gerilme oranı, Poisson katsayısına göre $k_h/k_v=0$ kabul edilmiştir.

The image shows two screenshots of a software interface for RS2 analysis. The top screenshot displays the 'General' settings, and the bottom screenshot displays the 'Stress Analysis' settings. Both screenshots include a navigation menu on the left side.

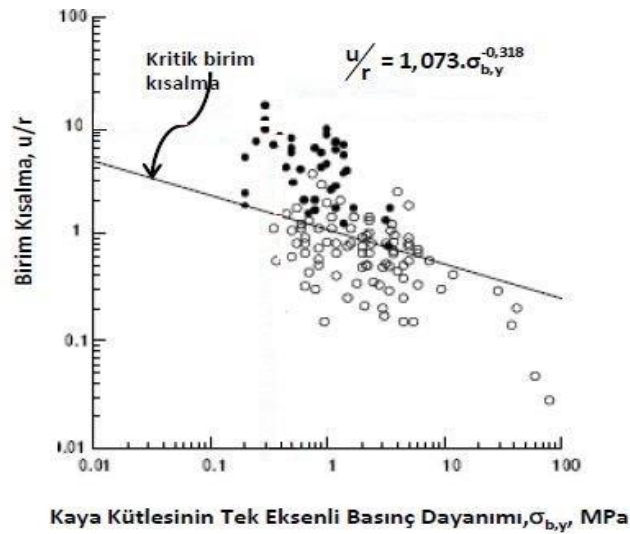
General Settings:

- Analysis Type: Plane Strain
- Solid-Fluid Interaction: Coupled (Biot), Uncoupled
- Solver Type: Gaussian Elimination
- Units: Metric, stress as kPa
- m, kN, kN/m, kPa, kN/m³
- Time Units: Seconds
- Permeability Units: meters/second

Stress Analysis Settings:

- Maximum Number of Iterations: 1000
- Tolerance: 0.01
- Number of Load Steps: Auto or Fixed (Auto), Adaptive (...)
- Convergence Type: Absolute Energy
- Advanced:
 - Accelerate initial stiffness
 - Tensile failure reduces shear strength to residual
 - Joint tension reduces joint stiffness by a factor of: 0.01
 - Tensile failure reduces Hoek-Brown tensile strength to zero
 - Use effective stress analysis
 - Improved yielded stress state computation

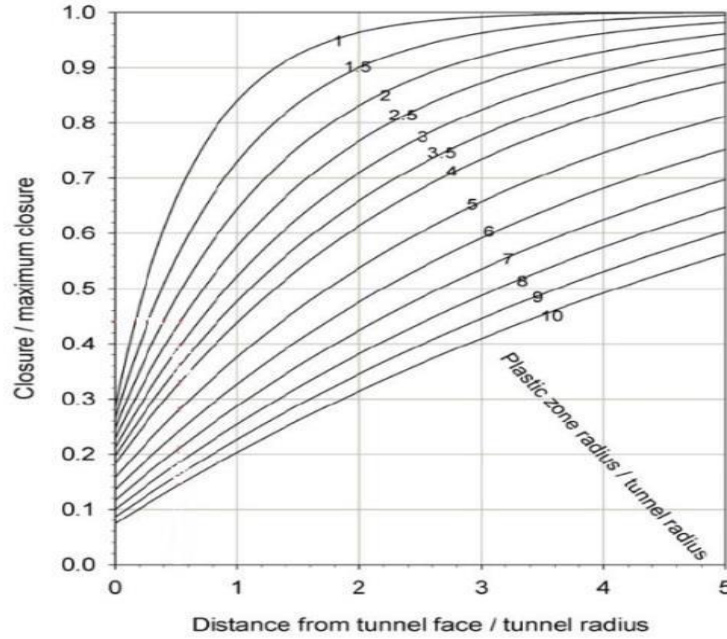
Şekil 5.9. RS² analiz ayarları.



Şekil 5.10. Kazı radyal deplasmanının, kazı yarıçapına oranı değeri.

Kazı desteklemesine gerek olup olmadığı RS² bilgisayar programı Tutorial'da açıklanan dayanım faktörü (strength factor) yöntemine göre belirlenmiştir. Dayanım faktörü kaya kütleli içindeki bir noktadaki kaya kütleli dayanımının o noktadaki gerilmelere oranı olarak tanımlanmaktadır. Dayanım faktörünün herhangi bir noktada 1'in altında olması, o noktada kaya kütleli desteklenmemesi durumunda göçme olacağı anlamına gelmektedir. Dayanım faktörlerinin hesabı için RS² bilgisayar programı Tutorial'da açıklandığı şekilde kaya kütleli elastik bir malzeme olarak tanımlanmış ve elastik analiz gerçekleştirilmiştir. Eğer elastik analiz sonucunda destekleme ihtiyacı olduğu sonucu elde edilmiş ise kazı yüzeyine kazı destekleme tanımlanarak deplasmanlar ve kesit tesirlerinin hesabı yapılmıştır. Bu analizde gerçek davranışı yansıtacak şekilde kaya kütleli plastik bir malzeme olarak modellenmiş ve plastik analiz yapılmıştır.

Kazı destekleme sisteminin monte edildiği andaki kazı yüzeyi deplasmanı RS² bilgisayar programı Tutorial'da açıklanan iç basınç düşürülmesi yöntemi (internal pressure reduction method) uygulanarak ve Vlachopoulos ve Diederichs (2009) tarafından önerilen ampirik bağıntı kullanılarak belirlenmiştir. Vlachopoulos ve Diederichs bağıntısını ifade eden diyagram Şekil 5.11'de gösterilmiştir.



Şekil 5.11. Vlachopoulos ve Diederichs (2009) bağıntısı diyagramı.

Plastik analizde; kazı destekleme sisteminin kazı aynasından maksimum desteklemesiz açıklık kadar uzaklıkta monte edileceği aşağıdaki formülle kabul edilmiştir.

$$L = 2 \times \text{ESR} \times Q^{0.4}$$

Burada;

L = Maksimum desteklemesiz açıklık

ESR = Kazı destekleme oranı (1.0 kabul edilmiştir)

Q = Kaya kalitesi indeksi

İç basınç azaltma yöntemi, RS² bilgisayar programının kazı yüzeyindeki iç basıncın kazı öncesinde yerindeki basıncın belli bir oranı olarak tanımlanmasını sağlayan “Field Stress Vector” opsiyonu kullanılarak uygulanmıştır. Kazı çevresindeki kaya kütesinin gevşemesinin simülasyonu için, RS² modelinde Field Stress Vector’leri aşama yük faktörü (Stage Load Factor) 1’den başlayarak aşama aşama 0’a kadar düşürülmüştür. Stage Load Factor=1 kazı yüzeyindeki iç basıncı kazı öncesi yerindeki basınca eşit olduğu ve Stage Load Factor=0 kazı yüzeyinde iç basınç olmadığı anlamına gelmektedir. Sonuç olarak kazı yüzeyi deplasmanı Stage Load Factor azaldıkça büyümektedir. RS² iç basınç azaltma modelinde tanımlanan aşama yük faktörleri (Stage Load Factors) Çizelge 5.9.’de listelenmiştir.

Çizelge 5.9. RS2 İç basınç azaltma modeli aşama yük faktörleri (stage load factors).

Aşama	İç Basınç Aşama Yük Faktörleri (Stage Load Factors)	Aşama	İç Basınç Aşama Yük Faktörleri (Stage Load Factors)
1	0	16	0.05
2	1	17	0.04
3	0.9	18	0.03
4	0.8	19	0.02
5	0.7	20	0.01
6	0.6	21	0.009
7	0.5	22	0.008
8	0.4	23	0.007
9	0.3	24	0.006
10	0.2	25	0.005
11	0.1	26	0.004
12	0.09	27	0.003
13	0.08	28	0.002
14	0.07	29	0.001
15	0.06	30	0.000

Desteklemelerin kesit tahkikleri için Çizelge 5.10’da belirtilen aşamaları simüle eden başka bir RS² modeli hazırlanmıştır.

Çizelge 5.10. RS2 Plastik model aşamaları.

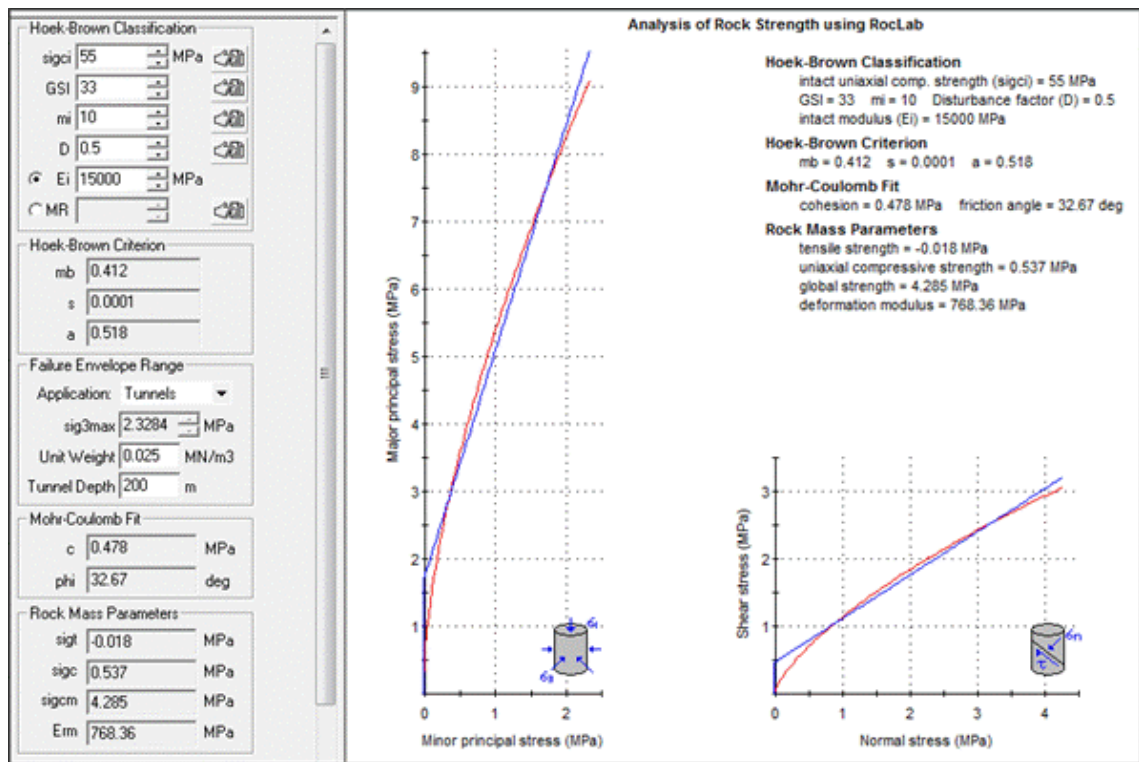
Aşama	Açıklama
1	Kazı öncesi yerinde gerilme durumu
2	Kazı yapılması ve kazı destekleme sisteminin monte edildiği andaki kazı yüzeyi deplasmanını veren iç basıncın uygulanması
3	Kazı destekleme sisteminin montajı

RS² plastik modelinde, püskürtme beton ve çelik iksa betonarme kesit olarak, kaya bulonları ise “plain strand cable” olarak modellenmiştir.

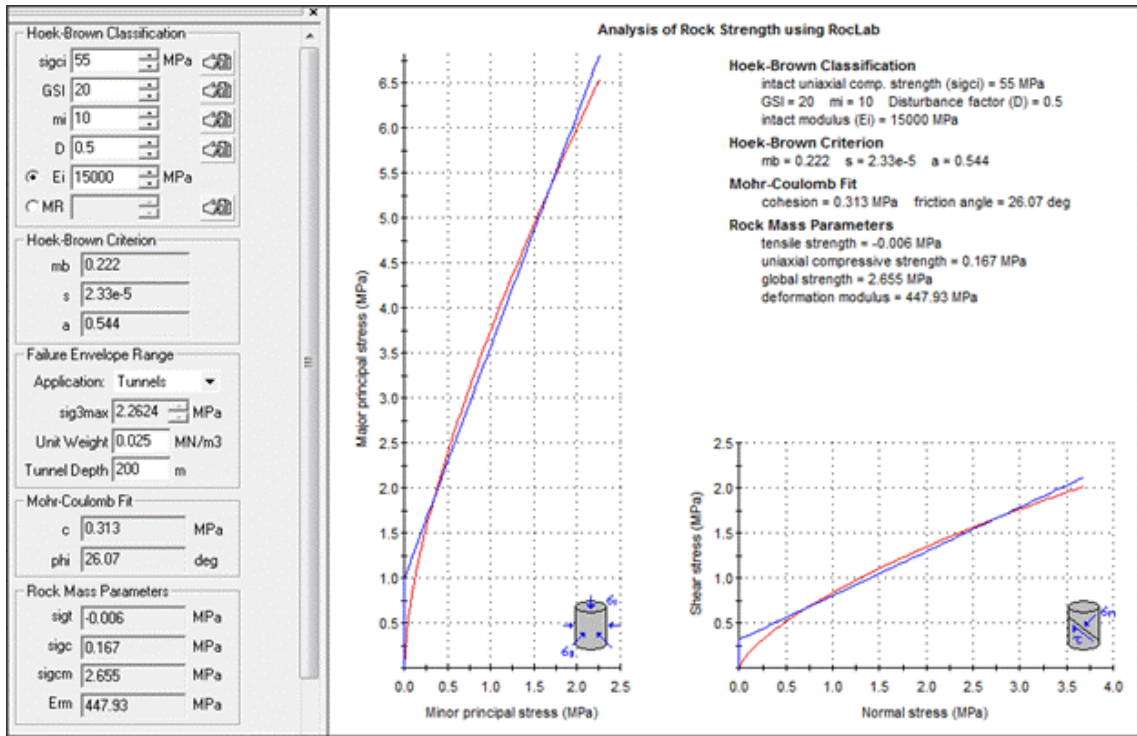
Püskürtme beton kaplama ve çelik iksaların kesit tahkikleri RS² bilgisayar programının eşdeğer alan yöntemi ile “Moment-Eksenel Yük” ve “Kesme-Eksenel Yük” etkileşim diyagramlarını hazırlayan modülü ile yapılmıştır. Kazı desteklemeleri geçici ve kısa süreli hizmet göreceğinden kazı desteklemeleri için güvenlik katsayısı 1.2 olarak alınmıştır.

5.4. Düzbağ Tüneli Kaya Sınıflaması

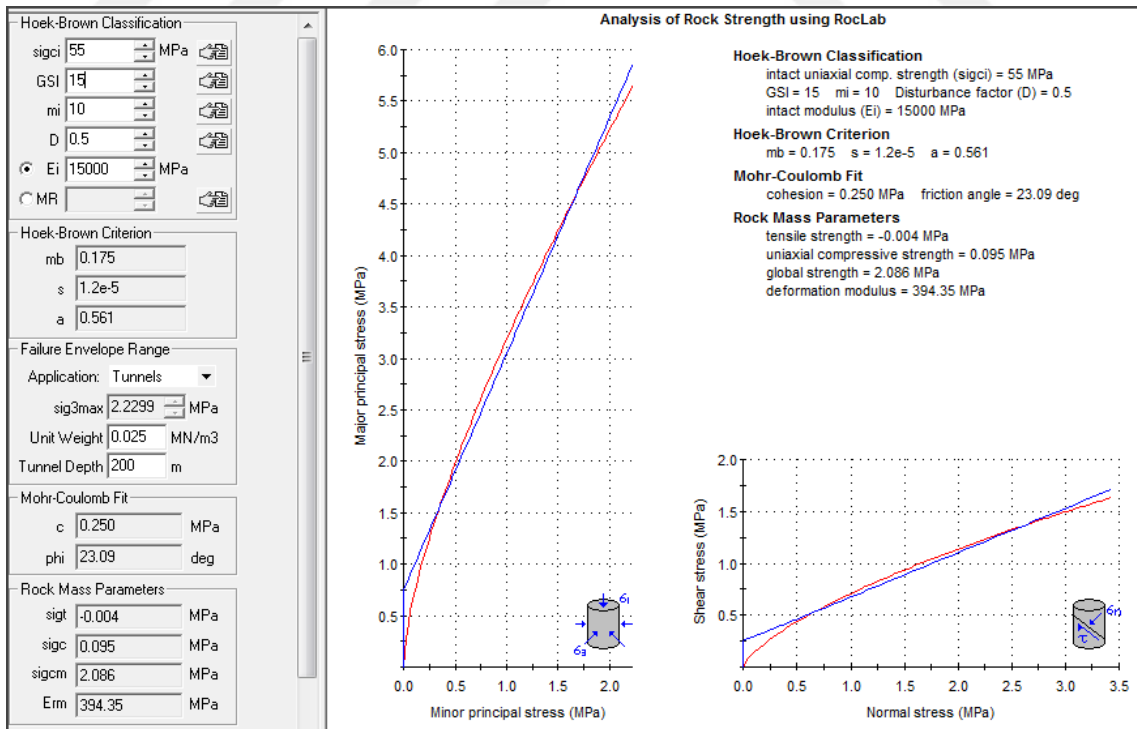
İletim tüneli güzergahında bulunan killi, yer yer çörtlü ince tabakalı çatlaklı kırıklı kireçtaşı kaya kütesinden elde edilen laboratuvar test sonuçları ve Q kayaç sınıflamasına göre Rocklab programı kullanılarak Düzbağ Tüneli kaya sınıflaması yapılmıştır. Buna göre 4 farklı grup halinde belirlenen fiziksel kayaç parametreleri ile ilgili Rocklab programı sonuçlarına göre iyi kaya, orta kaya, zayıf kaya ve çok zayıf kaya koşulları Şekil 5.12-5.15'te grafiksel olarak sunulmuştur.



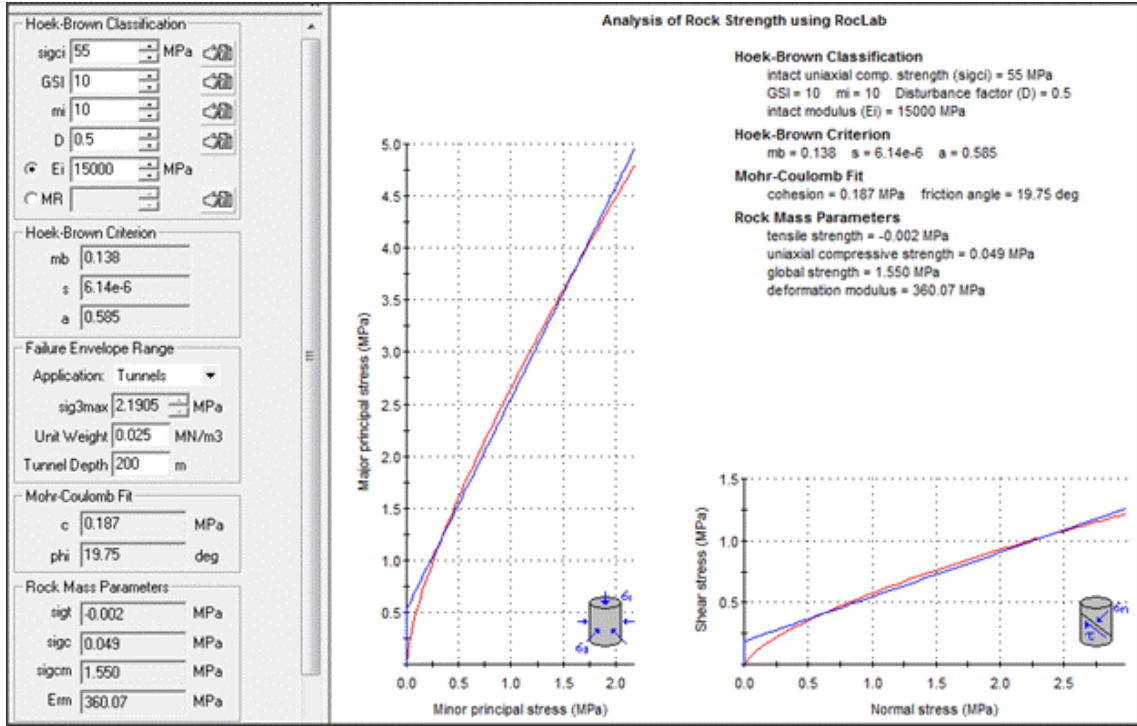
Şekil 5.12. Arazi şartlarına göre iyi kaya koşulu.



Şekil 5.13. Arazi şartlarına göre orta kaya koşulu.



Şekil 5.14. Arazi şartlarına göre zayıf kaya koşulu.



Şekil 5.15. Arazi şartlarına göre çok zayıf kaya koşulu.

5.4.1. Q Barton kaya kalitesi sınıflamasına göre destekleme tipleri

Barton vd., (1974) tarafından tüneller için geliştirilen Q kaya kalitesi değerlerine göre destek tipleri önerilmektedir. Aşağıda profil görüntüleri verilen ve TİP-1, TİP-2, TİP-3, TİP-4, TİP-5 ve TİP-6 olarak tasarlanan tünel kazı destekleme enkesitleri, Q Kayaç sınıflamasına göre geliştirilmiş destek sınıfları 6.30 m kazı çapı olan bir tünel için düzenlenerek verilmiştir. Destek gerekmemesi koşulu Tip-I olup $Q \geq 40$ olarak alınmıştır.

TİP-1 ($Q \geq 40$)

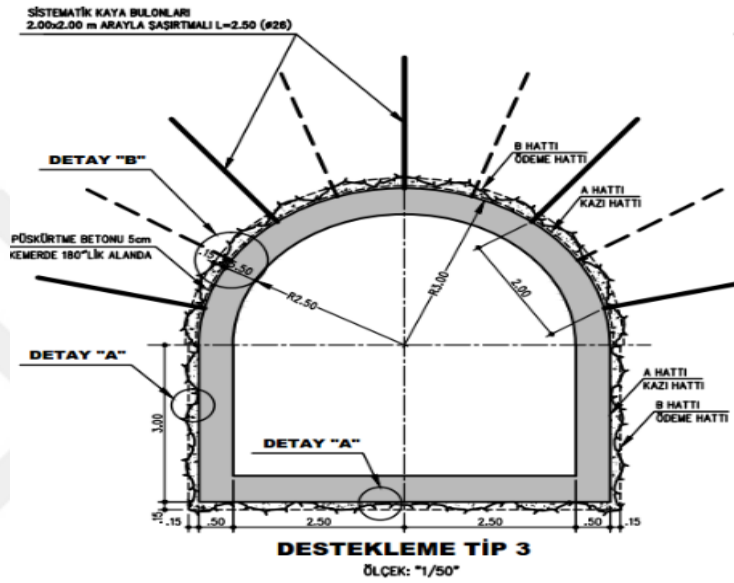
Q sınıflaması parametrelerine göre 6.30 metre çapında açılacak bir tünel için genel olarak destekleme gerekmemekte ancak yersel destek gerekebilir.

TİP-2 ($40 > Q \geq 4$) için hesaplanan sınıflama parametrelerine göre bu aralıktaki destek elemanları;

- Gerektiğinde; $\varnothing=26$ mm, L=2,5 m uzunluğunda noktasal enjeksiyonlu bulon
- 5 cm kalınlığında tek kat püskürtme beton, kemerde 180° lik alanda destek sistemini sağlaması amacıyla önerilmiştir.

TİP-3 ($4 > Q > 1.8$) için hesaplanan sınıflama parametrelerine göre bu aralıktaki destek elemanları;

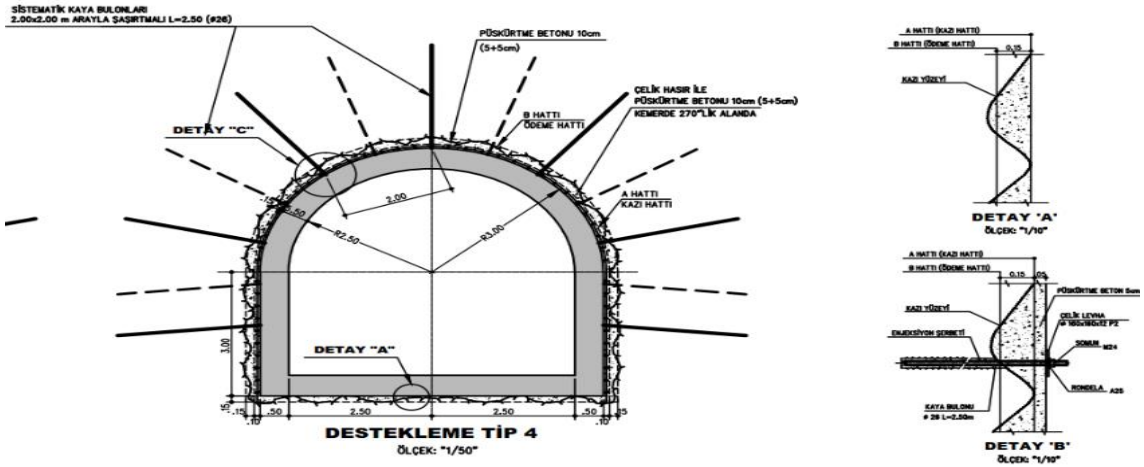
- $\varnothing=26$ mm, merkezden merkeze 2.0x2.0 m aralıklı, L=2,50 m uzunluğunda enjeksiyonlu sistematik bulon
- 5 cm kalınlığında tek kat püskürtme beton (shotcrete), kemerde 180° lik alanda destek sistemini sağlaması amacıyla önerilmiştir (Şekil 5.16).



Şekil 5.16. Tünel kazı destekleme enkesiti Tip-3.

TİP-4 ($1.8 > Q > 0.5$) için hesaplanan sınıflama parametrelerine göre Tip-4 destek elemanları;

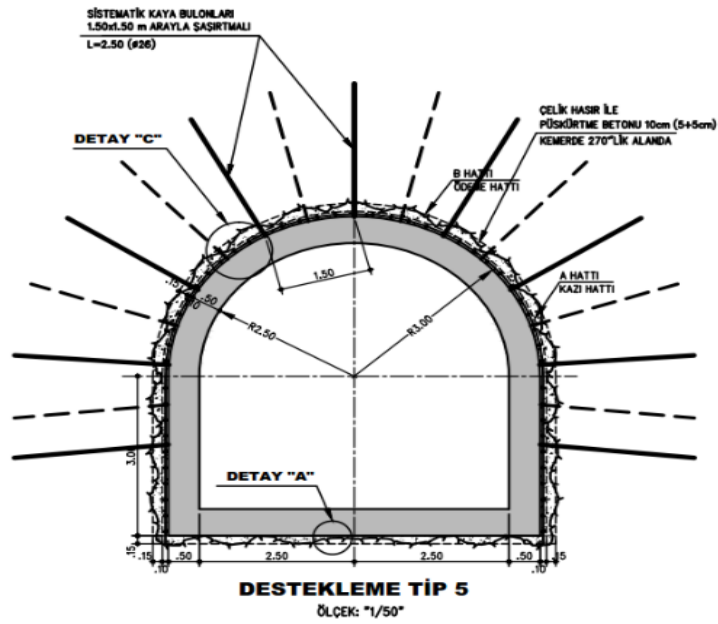
- $\varnothing=26$ mm, merkezden merkeze 2.00x2.00 m aralıklı, L=2,5 m uzunluğunda enjeksiyonlu sistematik bulon.
- 10 cm kalınlığında 2 kat (5+5 cm), çelik hasırlı püskürtme beton (shotcrete), kemerde 270° lik alanda uygulanacak tarzda tasarlanmıştır (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. Tünel kazı destekleme enkesiti Tip-4.

TİP-5 ($0.5 > Q > 0.2$) için hesaplanan sınıflama parametrelerine göre Tip-5 destek elemanları;

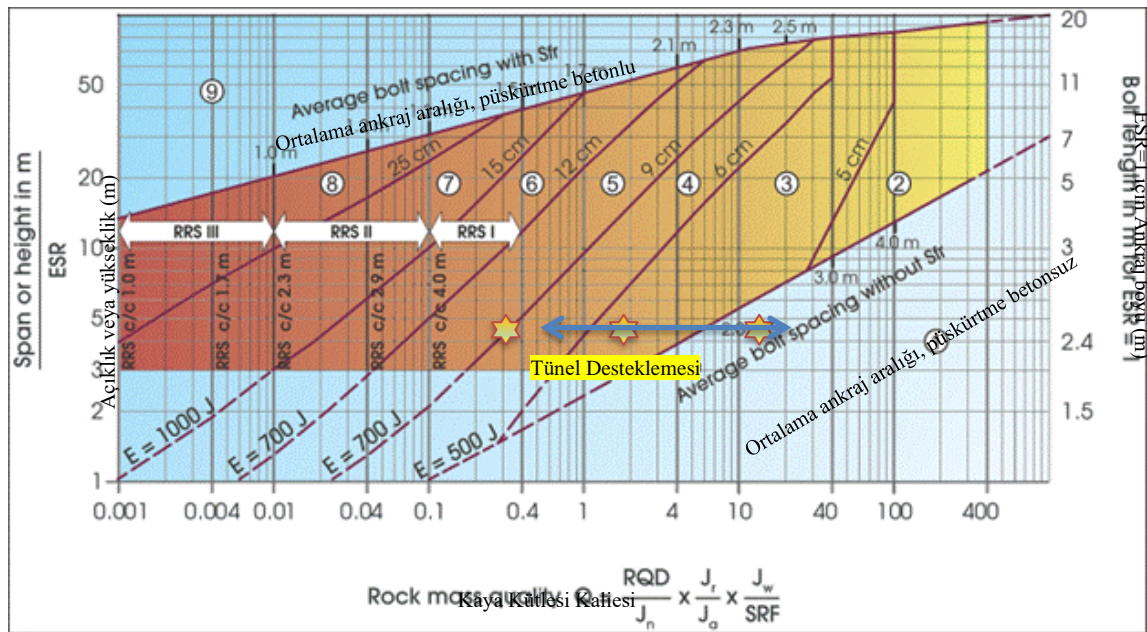
- $\varnothing=26$ mm, merkezden merkeze 1.50x1.50 m aralıklı, L=2,50 m uzunluğunda enjeksiyonlu sistematiik bulon.
- 10 cm kalınlığında 2 kat (5+5 cm), çelik hasırlı püskürtme beton (shotcrete), kemerde 270° lik alanda uygulanacak tarzda tasarlanmıştır (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. Tünel kazı destekleme enkesiti Tip-5.

beklenmeyen iletim tüneli güzergahındaki kayaç kalitesi değerlerinin, fay ve diğer ezilme zonlarında Q kalitesinin tünel boyunca negatif ve pozitif yönde yayılacağı ve $Q_{max} = 4$ 'e kadar çıkabileceği, negatif yönde ise $Q_{min} = 0.1$ 'e kadar düşebileceği öngörülmektedir.

Q Kayaç Kütle Kalitesi Değerlerine göre iletim tüneli kazı desteklemesi, Şekil 5.20'de destekleme abağından yararlanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu değerlendirmede ESR=1 alınmıştır.



Şekil 5.20. Q Kayaç kütle kalitesi değerlerine göre iletim tüneli desteklemesi.

İletim tüneli güzergahında Q (Barton vd., 1974) sınıflamasına göre, İT-SK-1, İT-SK-2 ve İT-SK-3 araştırma sondaj kuyularının verilerinden ve diğer jeolojik çalışmalardan yararlanılarak; kaya kütle kalite değerlerinin, $Q = 0.1$ ile $Q = 4$ arasında değiştiği ve %30 $Q = 1.0 - 4.0$, %50 $Q = 1.0 - 0.4$, %20 $Q = 0.4 - 0.1$ arasında olduğu tahmin edilmiştir.

İletim Tünelinde kullanılacak destek tipleri tasarım çizimlerinde Jeoteknik kaya sınıflamalarından Q (Barton 1974) sınıflaması esas alınmıştır. Q sınıflamasına göre (Çizelge 5.13) İletim tüneline Tip 3, Tip 4, Tip 5 ve Tip 6 klaslarına göre tahkimat yapılması gerekmektedir.

Gereken desteklemeler yüzde olarak, tünel boyuna göre %10 Tip 3, %35 Tip 4, %35 Tip 5 ve %20 Tip 6 olarak tahmin edilmiştir. Ayrıca tünel girişinde ve çıkışında portal yapıları için 1,25 metre aralıklı olarak 10 metre iksalı destekleme önerilir.

İletim tüneli güzergâhında açılan araştırma sondajlarından alınan numunelerden elde edilen laboratuvar sonuçları da kullanılarak iletim tüneli destekleme tipleri için, Rocklab programı yardımı ile Çizelge 5.13'teki sonuçlar elde edilmiştir.

Kaya kütleli tek eksenli basınç dayanımı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\sigma_{cm} = \sigma_{ci} \times 0.019 \times e^{(0.05 \times GSI)}$$

Çizelge 5.12. Tünel tipik enkesit kazı destekleme tipleri tanımları ve yüzdeleri.

DESTEK TİPİ	KAYA KÜTLESİ SINIFLAMASI		DESTEKLEME				
	N.BARTON (Q)		KAYA BULONU	PÜSKÜRTME BETONU	ÇELİK İKSA	%	UZUNLUK (m)
	SINIF	KALİTE					
1	Q>=40 ÇOK İYİ	EN FAZLA KALİTE (Q)=2 EN AZ KALİTE (Q)=0.1 Q=(RQD/Jn)×(Jr/Ja)×(Jw/SRF)	YERSEL L = 2.50m, Ø=26mm		-	-	-
2	40-4		Gerektiğinde; L = 2.50m, Ø=26mm Noktasal Enjeksiyonlu Bulon	5 cm KALINLIKTA Destek Kemerde 180°'lik alanda uygulanacaktır.	-	-	-
3	4,0-1,8		SİSTEMATİK 2.0 x 2.0m L = 2.50m, Ø=26mm	5 cm Kalınlıkta Destek Kemerde 180°'lik alanda uygulanacaktır.	-	8	285.15
4	1,8-0,5		SİSTEMATİK 2.0 x 2.0m L = 2.50m, Ø=26mm	10 cm 2 kat (5+5cm) Destek Kemerde 270°'lik alanda uygulanacaktır. Çelik Hasırlı	-	33	1165.65
5	0,5-0,2		SİSTEMATİK 1.5 x 1.5m L = 2.50m, Ø=26mm	10 cm 2 kat (5+5cm) Destek Kemerde 270°'lik alanda uygulanacaktır. Çelik Hasırlı	-	33	1165.65
6	> 0,2		SİSTEMATİK 1.25 x 1.25m L = 2.50m, Ø=26mm	14 cm 2 kat (7+7cm) Destek Kemerde 270°'lik alanda uygulanacaktır. Çelik Hasırlı	NPI 140 1.25 m ARA İLE	18	637.35

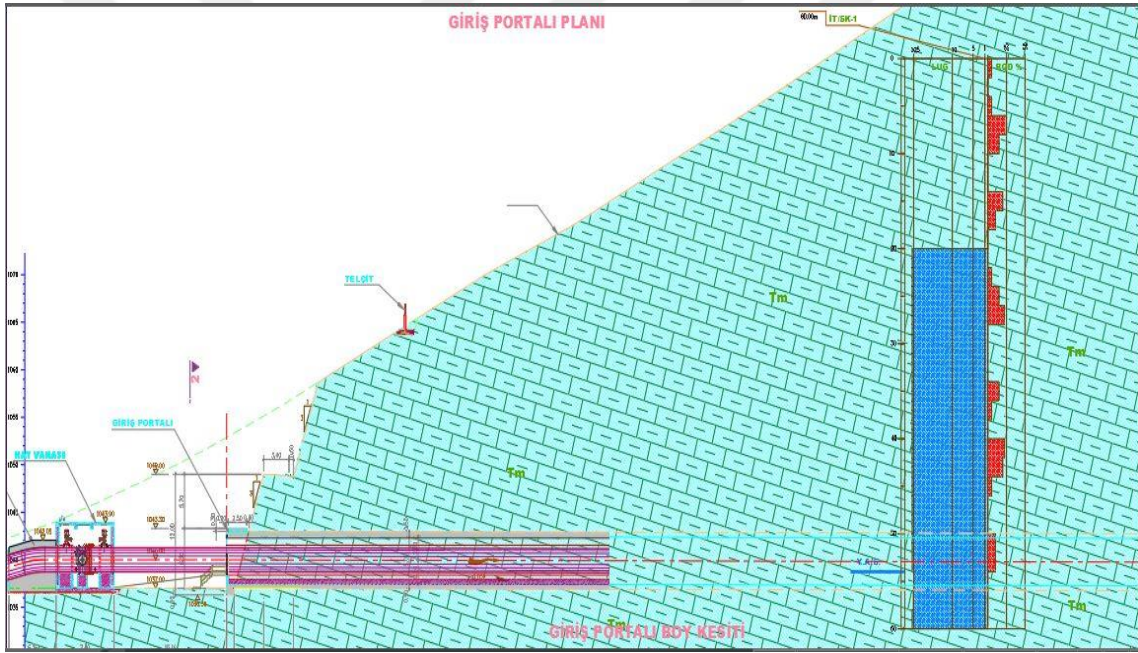
Çizelge 5.13. Q (Barton) sınıflamasına göre tünel destekleme parametreleri.

İksa Tipi		Tip-3	Tip-4	Tip-5	Tip-6
Q		4,0-1,8	1,8-0,5	0,5-0,2	< 0,2
İksa Sistemi	Püskürtme Betonu	Kemerde 5cm tek kat	Kemerde ve yanlarda 10cm (5+5cm 2 kat) çelik hasırlı	Kemerde ve yanlarda 10cm (5+5cm 2 kat) çelik hasırlı	Kemerde ve yanlarda 14cm (7+7cm 2 kat) çelik hasırlı
	Enjeksiyonlu Sistematik Kaya Bulonu	Kemerde Ø26, L=2.50m, 2.0x2.0m aralıklı	Kemerde ve yanlarda Ø26, L=2.50m, 2.0x2.0m aralıklı	Kemerde ve yanlarda Ø26, L=2.50m, 1.5x1.5m aralıklı	Kemerde ve yanlarda Ø26, L=2.50m, 1.25x1.25m aralıklı
	Çelik İksa	-	-		NPI140 1.25m aralıklı
GSI		33	20	15	10
$GSI_{rez} = GSI \times e^{-0.0134 \times GSI}$		21	15	12	9
Mak. Desteksiz Açıklık		3.06	2.11	1.31	0.94
$L = 2 \times ESR \times Q_{av}^{0.4}$ (m)					
Tünel Üzerindeki Kaya Örtüsü Ortalama Kalınlığı (m)		200	200	200	200
Birim Ağırlık (kN/m ³)		25	25	25	25
Yeraltı Su Seviyesi		Yok	Yok	Yok	Yok
Çatlaksız Sağlam Kaya Poisson Oranı		0,3	0,3	0,3	0,3
Çatlaksız Sağlam Kaya Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)		55	55	55	55
Kaya Kütleli Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)		5.4	2.8	2.2	1.7
Çatlaksız Sağlam Kaya		15	15	15	15
Elastik Modülü E _i (GPa)					
m _i		10	10	10	10
Tünel çevresinde ilk 0.5m kalınlığındaki tabakada "D" Örselenme Faktörü		0,8	0,8	0,8	0,8
Tünel çevresinde ikinci 0.5m kalınlığındaki tabakada "D" Örselenme Faktörü		0,4	0,4	0,4	0,4
Kohezyon c (Kpa)		478	313	250	187
Sürtünme Açısı φ (°)		32.67	26.07	23.09	19.75

5.5. İletim Tüneli Giriş Yapısı

İletim tüneli giriş yapısı Midyat grubu içerisinde bulunmaktadır. Midyat grubu genel olarak; sığ-neritik fasiyeste çökelmiş; üst kısımda killi, bazen çörtlü, krem renkli kireçtaşı alt kısmında ise masif, sarı renkli, yer yer çört yumrulu, dolomitik kireçtaşı birimlerinden oluşmaktadır (Şekil 5.21).

İletim tüneli giriş yapısında (Şekil 5.23) ise yersel olarak, parçalı kırıklı, açık krem renkli, ince tabakalı, yer yer kıltaşı ve killi kireçtaşı ara düzeyli, çört yumrulu kireçtaşından oluşan istif üzerinde yine bu litolojik kaya parçalarından oluşan ince bir moloz örtü bulunmaktadır (Şekil 5.22).



Şekil 5.21. Düzbağ tüneli giriş portalı jeolojik haritası (Kahramanmaraş- Helete).



Şekil 5.22. İletim tüneli giriş tarafından görünüm (Kahramanmaraş- Helete).



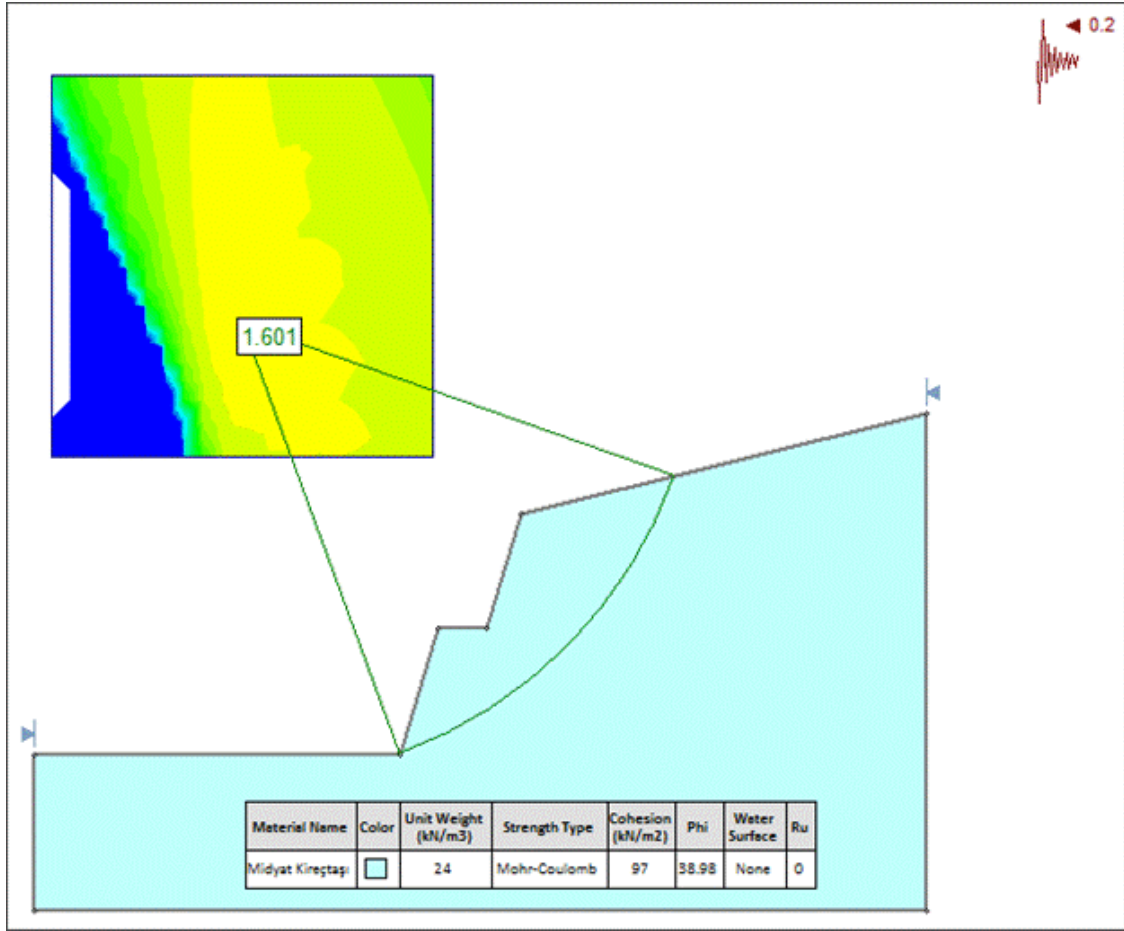
Şekil 5.23. Düzbağ giriş tüneli portal iksalarının kurulumu (Kahramanmaraş- Helete).

İletim Tüneli hattı boyunca yapılan araştırma ve bu araştırmalara göre elde edilen Jeoteknik veriler dikkate alınarak, iletim tüneli çıkışı yapısında bulunan kaya litolojisinin sayısal verileri ve özellikleri; % 100 Lu>25 yani aşırı geçirimli, ayrışma % 47 ve az ayrışmış, % 53 orta ayrışmış, kuyunun tamamının ortalama RQD değeri > %25'in altında yani çok zayıf kaya olarak belirlenmiştir. Kuyuda yer altı suyuna rastlanılmamıştır. Jeoteknik kayaç sınıflamasında $Q=0.214$, $RMR=40$ olarak hesaplanmıştır. Bütün bu verilere göre tahmini deformasyon modülü ise 5.6 Mpa bulunmuştur.

Giriş yapısında yüzeyin kapalı olması nedeni ile eklem ölçümü yapılamamış, tabaka Azimut ve eğim yönleri yakın mesafeden taşınmıştır. Bu bölgede eklem ölçümünün gerçekleştirilememesi nedeniyle kama veya düzlemsel kayma analizi yapılamamış, bunun yerine yüzey veren kayacın çok parçalı kırıklı olması göz önünde bulundurularak, şev kazı yüzeyi için dairesel kayma analizi yapılmıştır. Yapılan kayma analizinde; Rocklab programı ile verilen değerlendirmelerden en kötüsü seçilerek, yatay deprem katsayısı=0.2 alınmış ve bu değerler Çizelge 5.14'de özetlenmiştir. 2

Çizelge 5.14. Yatay deprem katsayısı=0.2 alınarak elde edilen sonuç.

Kaya Koşulları	İçsel sürtünme açısı (°)	Kohezyon (Kpa)	Yatay Deprem katsayısı
Zayıf kaya koşulu için	38.98	97	0.2



Şekil 5.24. İletim tüneli giriş yapısı kazısı dairesel kayma analizi.

Şev kazı eğimi 1D/3Y, kazı yüksekliği 10 metre, palye genişliği 4 metre alınarak yapılan kayma analizi sonucuna göre, yatay deprem yükü katsayısı: 0.2 alındığı halde, Emniyet katsayısı=1.6 olarak bulunmuş ve kazının stabilite yönünden emniyetli tarafta kaldığı görülmüştür (Şekil 5.24).

Tünel giriş yapısında yapılacak kazıda global olarak stabilite sorunu olmamasına rağmen, açık eklemlenme ve kırılanma nedeni ile yüzeyde kopma ve ayrılmaların olmaması için kazı desteklemesi önerilmiştir (Şekil 5.24).

5.6. İletim Tüneli Çıkış Yapısı

İletim tüneli çıkış yapısı da giriş yapısı gibi, Midyat grubunda bulunmaktadır. Burada yersel olarak, aşırı parçalı kırıklı paralanmalı, açık krem renkli, ince tabakalı, kıltaşı ve killi kireçtaşı ara düzeyli, çört yumrulu kireçtaşı yer almaktadır. Giriş yapısına göre daha fazla parçalı ve kırıklı yapı içeren çıkış yapısı diğer iletim tüneli çıkış yapısına nazaran daha kalın moloz örtü



Şekil 5.26. Düzbağ tüneli (Kahramanmaraş- Helete) çıkış kazısının yapılacağı yamacın görünümü.



Şekil 5.27. Düzbağ çıkış tüneli portal kazısı.

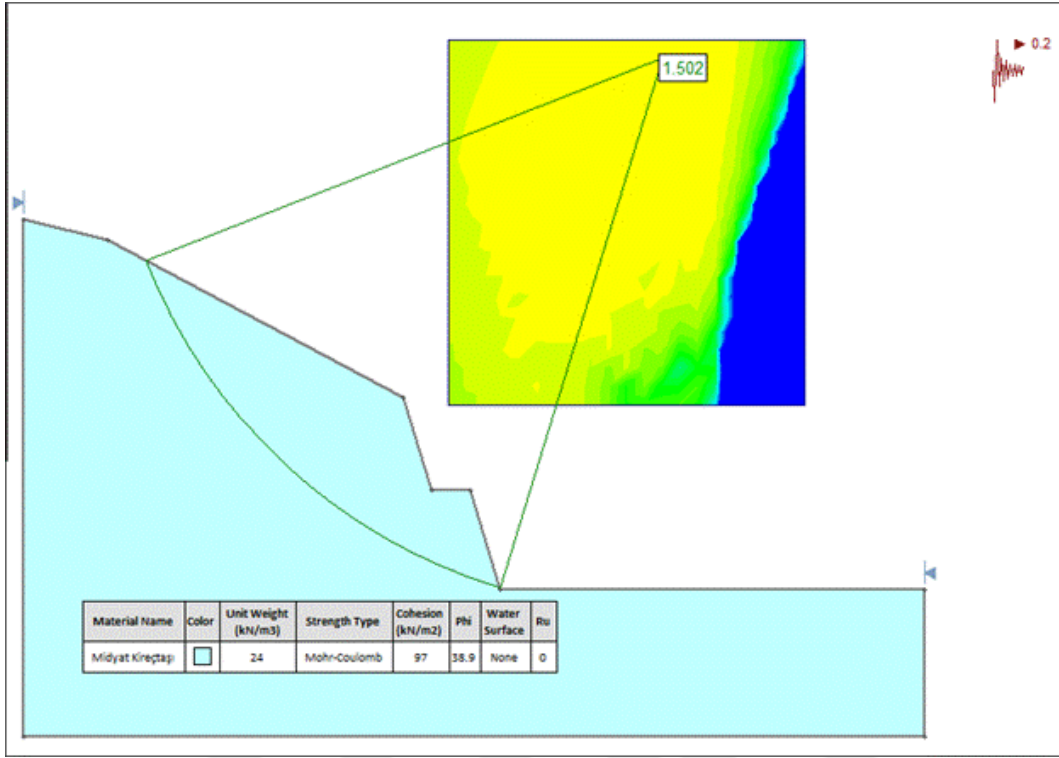


Şekil 5.28. Düzbağ çıkış tüneli.

Tüm elde edilen Jeoteknik bilgiler kapsamında, iletim tüneli çıkış yapısında bulunan kaya; % 100 $L_u > 25$ yani aşırı geçirimli, ayrışma % 47 ve az ayrılmış, % 53 orta ayrılmış, kuyunun tamamının ortalama RQD değeri > 25 'in altında yani çok zayıf kaya olarak belirlenmiştir. Kuyuda yer altı suyuna rastlanılmamıştır. Jeoteknik kayaç sınıflamasında $Q=0.214$, $RMR=40$ bulunmuştur. Bütün bu verilere göre Tahmini deformasyon modülü ise 5.6 Mpa bulunmuştur.

Çıkış yapısı giriş ile aynı karakterde olup (Şekil 5.27), kaya yüzeyinin ince moloz örtü ile kapalı olmasından dolayı yersel kırık ve eklem ölçümü yapılamamış, bu bölgede kama veya düzlemsel kayma analizi hesaplamaları yapılamamıştır. Ancak kayacın aşırı kırıklı parçalı bir yapı özelliği sunması nedeniyle, bu bölgenin şev kazı yüzeyi için dairesel kayma analizi hesapları yapılabilmektedir.

Yapılan kayma analizinde; Rocklab programı ile verilen değerlendirmelerden en kötüsü seçilerek, yatay deprem katsayısı=0.2 alınarak iletim tüneli çıkış yapısı kazısı dairesel kayma analizi grafiksel olarak Şekil 5.29'da verilmiştir.



Şekil 5.29. İletim tüneli çıkış yapısı kazısı dairesel kayma analizi.

Şev kazı eğimi 1D/3Y, kazı yüksekliği 10 metre, palye genişliği 4 metre alınarak, yapılan kayma analizi sonucuna göre, yatay deprem yükü katsayısı: 0.2 alındığı halde, Emniyet katsayısı=1.5 olarak bulunmuş ve bu sonuca göre kazının stabilite yönünden emniyetli tarafta kaldığı görülmüştür.

Çıkış yapısının yer aldığı bölgede bulunan vadi, çıkış kotu üzerinde bulunmaktadır. Yağış sırasında bu kısımda sorun yaşanmaması için çıkış kotunun sanat yapıları ön raporunda dere yatağı kotunun üzerine çıkarılması önerilmiştir.

Tünel çıkış yapısında yapılacak kazıda stabilite sorunu olmamasına rağmen, açık eklemlenme ve kırıklanma nedeni ile girişte olduğu gibi yüzeyde kopma ve ayrılmaların olabileceği kabul edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Düzbağ Tüneli çalışma alanında etkilenecek olan ekonomik değere sahip mineral ve endüstriyel hammadde yataklarına rastlanmamıştır.

2. Bu çalışmada kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesi için yenilme ölçütü olarak Hoek Brown yenilme kriteri, kaya kütleleri özelliklerinin belirlenmesi amacıyla RMR, Q ve NATM sınıflama sistemleri, tünel ve portal duraysızlığı için sistematik 3D deformasyon ölçümleri yapılmıştır.

3. İletim hattının yükleme havuzundan başlayarak iletim tüneli girişine kadar olan 8745 m uzunluğundaki iletim hattının bu kısmında zemin ile ilgili olarak taşıma sorunu, sıvılaşma heyelan vb. beklenmemektedir.

İletim hattı güzergahında, planlama aşamasında zayıf zemine karşılık gelen kısımdan alınan örneklerden elde edilen sürtünme açısı ve kohezyon değerlerine göre Tezrgahı metodu ile, en düşük değer AÇ 3 nolu Araştırma çukurunda, 1.71 kg/cm^2 olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu en düşük değer gerekli olan 1 kg/cm^2 'den düşük zemin taşıma gücünden yaklaşık 2 kat yüksektir. Güzergah üzerinde bulunan zayıf zemine karşılık gelen kısımda Şişme potansiyeli yönünden hacim değişikliği (şişme yüzdesi) değerleri % 1.5'in altında yani, düşük hasar potansiyeline sahiptir.

İletim tüneli güzergahında açılan araştırma sondajları değerlendirilerek; RMR ve Q Barton (1974) kayaç sınıflamaları yapılarak tünel desteklemesi Q sınıflamasına göre verilmiştir. Giriş ve çıkış yapılarının için stabilite analizi yapılarak kazı ve destek çizimleri hazırlanmıştır. İletim tünelinin tamamı; sığ-neritik fasiyeste çökelmiş; üst kısımda açık krem renkli, killi, kalkerli ve bazen çörtlü kireçtaşı, alt kısmında ise, sarımsı renkte masif, dolomitik ve yer yer çört yumrulu kireçtaşı olarak istiflenmiş, Midyat grubu içerisinde açılacaktır. Araştırma kuyularından elde edilen RMR kayaç sınıflaması negatif ve pozitif yönde yayılarak, iletim tüneli güzergahı boyunca; % 10 iyi kaya (RMR=61-80), % 35 Orta Kaya (RMR = 41-60), % 35 Zayıf Kaya (RMR= 21-41), % 20 Çok zayıf kaya (RMR= < 20) olarak tahmin edilmiştir. $Q=0.1$ ile $Q=4$ arasında değiştiği ve % 30 $Q= 1,0- 4,0$, % 50 $Q= 1,0- 0,4$, % 20 $Q= 0,4-0,1$ arasında olduğu tahmin edilmiştir. Q sınıflamasına göre İletim tünelinde Tip 3, Tip 4, Tip 5 ve Tip 6 desteklemesi yapılması gerekmektedir. Gereken desteklemeler yüzde olarak, tünel boyuna göre % 10 Tip 3, % 35 Tip 4, % 35 Tip 5 ve % 20 Tip 6 olarak tahmin edilmiştir.

4.İletim tüneli için sondaj karotlarından yapılan laboratuvar test sonuçlarından ve Rocklab programından yararlanılarak belirlenen Jeoteknik parametreler ve Q sınıflamasına göre destekleme tipleri aşağıda Çizelge 6.1. ile verilmiştir.

Çizelge 6.1. Rocklab programından yararlanılarak belirlenen Jeoteknik parametreler ve Q sınıflamasına göre destekleme tipleri.

İksa Tipi		Tip-3	Tip-4	Tip-5	Tip-6
Q		4,0-1,8	1,8-0,5	0,5-0,2	< 0,2
İksa Sistemi	Püskürtme Beton	Kemerde 5cm tek kat	Kemerde ve yanlarda 10cm (5+5cm 2 kat) çelik hasırlı	Kemerde ve yanlarda 10cm (5+5cm 2 kat) çelik hasırlı	Kemerde ve yanlarda 14cm (7+7cm 2 kat) çelik hasırlı
	Enjeksiyonlu Sistematik Kaya Bulonu	Kemerde Ø26, L=2.50m, 2.0x2.0m aralıklı	Kemerde ve yanlarda Ø26, L=2.50m, 2.0x2.0m aralıklı	Kemerde ve yanlarda Ø26, L=2.50m, 1.5x1.5m aralıklı	Kemerde ve yanlarda Ø26, L=2.50m, 1.25x1.25m aralıklı
	Çelik İksa	-	-	-	NP1140 1.25m aralıklı
GSI		33	20	15	10
$GSI_{rez} = GSI \times e^{-0.0134 \times GSI}$		21	15	12	9
Mak. Desteksiz Açıklık		3.06	2.11	1.31	0.94
$L = 2 \times ESR \times Q_{av}^{0.4}$ (m)					
Tünel Üzerindeki Kaya Örtüsü Ortalama Kalınlığı (m)		200	200	200	200
Birim Ağırlık (kN/m ³)		25	25	25	25
Yeraltı Su Seviyesi		Yok	Yok	Yok	Yok
Çatlaksız Sağlam Kaya Poisson Oranı		0,3	0,3	0,3	0,3
Çatlaksız Sağlam Kaya Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)		55	55	55	55
Kaya Kütlesi Tek Eksenli Basınç Daaynımı (MPa)		5.4	2.8	2.2	1.7
Çatlaksız Sağlam Kaya Elastik Modülü E _i (GPa)		15	15	15	15
m _i		10	10	10	10
Tünel çevresinde ilk 0.5m kalınlığındaki tabakada "D" Örselenme Faktörü		0,8	0,8	0,8	0,8
Tünel çevresinde ikinci 0.5m kalınlığındaki tabakada "D" Örselenme Faktörü		0,4	0,4	0,4	0,4
Kohezyon c (Kpa)		478	313	250	187
Sürtünme Açısı φ (°)		32.67	26.07	23.09	19.75

Güzergahın içerisinde bulunduğu ince tabakalı, çörtlü, kilii kayanın içerisinde aşırı kırıklı çatlaklı ve yer yer ezilme zonlarının olması nedeni ile tünel açımı sırasında tavanda aşırı

sökülmeler beklenebilir. Tip 3 desteklemesinde maksimum desteksiz açıklık 3 m, Tip 4 te 2 m Tip 5 te 1.3 m ve Tip 6 da yaklaşık 1 metre olarak hesaplanmıştır.

Tünel giriş ve çıkış yapıları için Çizelgede verilen parametreler kullanılarak kazı eğimine göre stabilite analizi yapılmış, giriş yapısı için Emniyet faktörü $F=1.5$, çıkış yapısı için $F=1.6$ elde edilmiştir.

5. Yapılan 3 adet 236m sondajda yapılan incelemelerde Düzbağ tüneline yeraltı suyu problemiyle karşılaşmayacağı anlaşılmıştır. Yüzey sularını drene etmek amacıyla drenaj kanalları ve kafa hendekleri yapılmıştır. Aksi takdirde yüzey sularının zayıf zon içerisine girmesi boşluk suyu basıncının artmasına ve duraysızlıkların oluşmasına sebep olacaktır.

6. Tünellerde elde edilen tecrübe ve deneyim sayesinde Yeni Avusturya Tünel Açma Metoduna göre açılması uygun görülmektedir. Bu sayede her ilerleme adımında yapılan ölçümlerle değişkenlik gösteren zeminlerde destek sistemleri belirlenmesinde ve sonradan yapılacak benzer zayıf zemin koşullarında açılan mühendislik projeleri için önemli bir veri tabanı oluşturacağı düşünülmektedir. Böylelikle tünellerde daha önceden hangi destek sınıfı ve elemanlarının kullanılabilceği önceden belirlenebilecektir.

7. İletim Tünelinin del-patlat yöntemi ile açılması önerilir.

8. Ülkemizin değişik jeolojik yapısı ve aktif tektonik kuşakları düşünüldüğünde; tünel kazılarında yerinde gerilmelerin iyi değerlendirilmesi, zemin ve/veya kayaçların davranışlarının ayrıntılı ve doğru bir şekilde belirlenerek tasarımlarının yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aksay, A., Tekeli, O., Ürgün, B. M. ve Işık, A., (1988), Amanoslar'ın Paleozoyik Birimleri ve Mesozoyik Platform Karbonat İstifleri, MTA Rap. No: 8312 (yayımlanmamış).
- Allen, C. R. (1969), Active Faulting in Northern Turkey. Contribution, 1577, Div. Geol. Sciences California Inst. Technology, 32.
- Ambraseys N. N., (1989), Temporary seismic quiescence: SE Turkey. *Geophysical Journal International*, 96, 2, 311-331.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F. (1972), Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlemler, *MTA Dergisi*, 78, 44-50.
- Aygördü, E., Doğruluk, Y. S. (2007), "Adıyaman-Göksu-Araban Projesi Çetintepe Barajı Mühendislik Jeolojisi Revize Planlama Raporu", DSİ, Kahramanmaraş (yayımlanmamış).
- Barton, N (1974), Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support, *Rock Mechanics*, 6(4), 189- 236.
- Barton, N. ve Grimstad, E., (1994), The Q-System Following Twenty Years of Application in NTM Support Selection, Felsbau, 428-436.
- Barton, N., Loset, F., Lien, R. ve Lunde, J. (1980), Application of the Q- system in design decisions. In *Subsurface space*, (ed. M. Bergman) 2, 553-561. New York: Pergamon.
- Bieniawski, N. (1974), Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support, *Rock Mechanics*, 6(4), 189-236.
- Bieniawski, Z. T. (1976), Rock Mass Classification in Rock Engineering. Exploration for Rock Engineering, Proceedings of the Symposium, Rotterdam: Balkema, 97-106.
- Bieniawski, Z. T. (1989), Engineering rock mass classifications. New York: Wiley.
- Brown, E. T., (1990), Putting The Natm Into Perspective, *Tunnels & Tunnelling*, Summer, Ö.S., s. 9 – 13.
- Brown, E. T., (1990), Putting The Natm Into Perspective, *Tunnels & Tunnelling*, Summer, Ö.S., s. 9 – 13.
- Deere, D. U. (1968), Geological considerations. In *Rock mechanics in engineering practice*, Chapter 1. Edited by K.G. Stagg and O.C. Zienkiewicz. Wiley, New York. s.1-20.
- Deere, D. U. ve Miller, R.P. (1966), Engineering classification and index properties of rock. Technical Report no. AFNL-TR-65-116. Albuquerque, NM: Air Force Weapons Laboratory.
- DIPS v6, (1998-2012), Rockscience Inc, Kanada.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Doğruluk Y. S., (2002), “Adıyaman-Göksu-Araban Projesi Haydarlı Barajı Mühendislik Projesi Ön inceleme Raporu” DSİ, Kahramanmaraş (Yayınlanmamış).

Dolsar Mühendislik ve Müşavirlik Anonim Şti. (2016), Etüt Proje Raporu.

DSİ 20. Bölge Müdürlüğü Kahramanmaraş Düzbağ Barajı Sismik Tehlike Analiz Raporu (2013), Aralık (Yayınlanmamış).

DSİ Genel Müdürlüğü (2012), Jeoteknik Etüd Şartnamesi, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltıları Dairesi Başkanlığı, Ankara.

DSİ Sanat Yapıları Uygulama Projeleri Yapım İşi Teknik Şartnamesi.

Earth Manual (1968), United States Department of the Interior Bureau of Reclamation.

EM 1110-2-2901 (1997), Tunnels and Shafts in Rock, USACE, May.

Erdoğan, B., Yavuz, A. B., (2002), Güneydoğu Anadolu'nun Miyosen paleocoğrafyası ve mermer yatakları ilişkisi, DEÜ Mühendislik Fakültesi, *Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt: 4 Sayı: 2 s. 53-64 Mayıs, İzmir

Eyidoğan, H. (1983), Bitlis-Zagros kıtasal çarpışma kuşağı boyunca etkin sığ deformasyonlar ve depremler arasındaki ilişkiler, Deprem Araştırma Bülteni, 43, 63-99.

Franklin, J. A. ve M. B. Dusseault. (1991), Rock Engineering Applications. New York: McGraw-Hill.

Göksu Havzasına Dayalı (Düzbağ) İçme Suyu Temini Projesi (2016), 1. Kısım kesin Proje Aşaması Jeoteknik Etüt Raporu, Haziran.

Grimstad, E., Barton, N. (1993), Updating the Q-System for NMT. Proc. Int. Symp. On Sprayed Concrete-Modern Use of Wet Mix Sprayed Concrete for Underground Support”, Fagernes, Kompen, Opsahl, and Berg (Ed), Oslo, Norwegian Concrete Assoc.

Günay, Y., (1984), Amanos Dağları'nın jeolojisi ve Karasu-Hatay grabeninin petrololanakları: TPAO Arama Grubu, Rapor no. 1954, 98 s., Ankara.

Güvenç, T. I., (1973), Gaziantep-Kilis bölgesi stratigrafisi: MTA Jeo. Et. Dai. Rapor arşivi, Rap. No. 304, 70 s. Ankara (yayınlanmamış).

Helete (Düzbağ) Barajı Jeoteknik Etüt Raporu- Kahramanmaraş- Helete (Düzbağ) Projesi Planlama işi, Aralık (2013), DSİ, Kahramanmaraş (yayınlanmamış).

Herece, E. ve Akay, E. (1992), Karlıova-Çelikhan arasında Doğu Anadolu Fayı, Türkiye 9. Petrol Kongresi, 361-372.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Hoek E., Brown E.T. (1980), "Undergrand Excavation in Rock", İnstitution of Mining and Mellergy, London.

Hoek, E., Carranza, C., Corkum, B., (2002), Hoek-Brown failure criterion, Proc. NARMS- TAC Conference, 1, 267-273.

Hoek, E., Kaiser, P.K., Badwen, W.F., (1995), Support of underground excavations in hard rock, *Balkema*, Rotterdam.

Hoek, E., Marinos, P., Benissi, M. (1998), Applicability of the Geological Strength Index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses. The case of the Athens Schist Formation, *Bull. Engg. Geol. Env.*, 57, 2, 151-160.

Hse, S. (1996), Of New Austrian Tunnelling Method (Natm) Tunnels, *Hse Books*, Great Britain.

ISRM (International Society for Rock Mechanics)., (1981), Rock Characterization, Testing and Monitoring. International Society of Rock Mechanics Suggested Methods, Pergamon Press, Oxford, 211s.

İmamoğlu, M. Ş. (1993), "Gölbaşı (Adıyaman)-Pazarcık-Narlı (K. Maraş) Arasındaki Sahada Doğu Anadolu Fayı'nın Neotektonik İncelemesi." Yayımlanmamış doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

İmamoğlu, M. Ş. (1996), Doğu Anadolu fay zonu Gölbaşı kesimi neotektonik özellikleri ve Gölbaşı-Saray fay kaması havzası, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 11, 176-184.

İmamoğlu, M. Ş. (2006), Diyarbakır Lise'de aktif faylanma, *ATAG* 10, s 41.

Jeoteknik Etüt Şartnamesi (2011), Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

Jethwa, J. L. (1981), Evaluation of rock pressures in tunnels through squeezing ground in lower Himalayas, *PhD Thesis, Dept Civil Engg*, University of Roorkee, India, 272s.

Kahramanmaraş Düzbağ Projesi Planlama İşi (2015), *Planlama Raporu Cilt 1*, Şubat (2015), DSİ 20. Bölge Müdürlüğü (yayımlanmamış).

Kahyaoglu, H., (2008), TAG otoyolu özelinde tünel işleri ve yeni Avusturya tünel açma yöntemi, İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara.

Kayaçların Petrolojisi ve Bölgesel yayılımı, 44. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 56-57, Ankara, (1991).

Kendorski, F. S., Cumming, R. A., Bieniawski, Z. T., ve Skinner, E. H., (1983), Rock mass classification for block caving mine drift support. Proceedings of the Fifteenth International Congress on Rock Mechanics, Melbourne, Australia, B51-B63.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kırmızıoğlu, H. (2018), Mutu Tünelinde (Erzincan) Karşılaşılan Duraysızlıkların Jeoteknik Açıdan Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Köse, H., Gürgen, S., Onargan, T., Yenice, H., Aksoy, C. O., (2007), Tünel ve Kuyu Açma, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 256, İzmir.
- Külah, T. (2006), Uğruca (Gaziantep) civarı Tersiyer istifinin mikropaleontolojik incelenmesi ve ortamsal yorumu, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Laubscher, D. H., (1977), Geomechanics Classification of Jointed Rock Masses - Mining Applications, Trans. Institute of Mining and Metallurgy, Section A, 86, s.A1-A7
- Lauffer, H., (1988), Zur Gebirgsklassifizierung bei Fräsvortrieben. Felsbau, 6(3), 137– 149.
- Manspeizer, W. (1985), The Dead Sea Rift: Impact of climate and tectonism on Pleistocene and Holocene sedimentation. In Biddle, K. T. and Christie Blick, N., eds., Strike-slip Deformation Basin Formation and Sedimentation. SEPM Spec. Pub., 37, 143-158.
- Maxon, J. H. (1936), Geology of petroleum possibilities of the Hermis dome. MTA Derleme no 255, 25s.
- Mc Kenzie, D. P. (1972), Active tectonics of the Mediterranean Region. Geophysics J. R. Asr. Soc., 30, 109-185.
- Mc Kenzie, D. P. (1976), The East Anatolian Fault, a major structure in Eastern Turkey. Earth and Planetary Sciences, 29, 189-193.
- Mollamahmutoğlu, M. ve Taşkiran, T. (2000), Diyarbakır İli, Kayapınar- Yeniköy- Bağcılar Yöresi Kilinin şişme Potansiyelinin İrdelenmesi, Yüksek lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği. Ankara, 52 s.
- Ortynski, I. I. (1945), Geological Report on Gaziantep Area.MTA Rap. No. 1647, Ankara (yayımlanmamış).
- Önorn B., (1994), 2203, 1. Oktober.
- Özbek, A. (2004), Tünel Kazı Deformasyonlarının Modellenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi
- Peck, R. B., W. E. Hanson ve T. H. Thornburn (1974), Foundation Engineering, 3rd, ed. John Wiley & Sons, Newyork, 514s.
- Perinçek, D. ve Eren, A. G. (1990), Doğrultu atımlı Doğu Anadolu ve Ölü Deniz fay zonları etki alanında gelişen Amik Havzası'nın kökeni, 8. Petrol Kongresi, 180-192.
- Perinçek, D., Günay, Y. ve Kozlu, H. (1987), Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da Yer Alan Doğrultu Atımlı Faylarla İlgili Yeni Gözlemler. Proceedings of 7th Turkish Petroleum Congress, 89-103.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Polat, D. (2010), Natm Metodu Kullanılarak Tünel Tasarımı ve Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 9,14-15.
- Rabcewicz, L. V., (1964- 1965), The New Austrian Tunnelling Method, Water Power, November/ December - 1964; January.
- Roc Lab Rock Mass Strength Analysis Using the Generalized Hoek-Brown Failure Criterion, Version 1.032, ROCSCIENCE Inc.
- Sakız, U. (2012), Sığ Tünellerde Duyarlılığı Etkileyen Faktörlerin ve Yenilme Mekanizmalarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, 35-40.
- Sauer, G., (1990), NATM in Soft Ground, International Symposium on Unique Underground Structures, Denver, June 12-15.
- Seydanlıoğlu, A. (2009), Metro Tünellerinde Deformasyon Ölçmeleri 4. Levent – Ayazağa Metro Hattı Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 4-20.
- Seymen İ., Aydın, A. (1972), Bingöl Deprem Fayı ve Bunun Kuzey Anadolu Fayı ile İlişkisi, *MTA Dergisi*, 79, 1-8.
- Stchepinsky, V., (1942), Maraş -Gaziantep bölgesi jeolojisi, *MTA Dergisi*, 29.
- Sungurlu, O., (1972), VI. Bölge Gölbaşı – Gerger arasındaki sahanın jeolojisi: TPAO Rap. No: 802, Ankara (yayınlanmamış).
- Sungurlu, O., (1974), VI. Bölge Kuzey Sahalarının Jeolojisi, TPAO Araştırma Merkezi Grup Başkanlığı Rap. No:871., Ankara (yayınlanmamış). Slide v6, (1998-2012), Rockscience Inc, Kanada.
- Şaroğlu F., Emre, Ö., Boray, A. (1987), Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri, MTA Derleme No: 8174, 394.
- Şekercioğlu E. (1998), “Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi.
- Şengör, A. M. C. (1980), Türkiye'nin neotektoniğinin esasları. TJK konferans serileri, no. 2, 40s.
- Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y. (1983), Türkiye'de Tetis'in evrimi; Levha tektoniği açısından bir yaklaşım. TJK yerbilimleri özel dizisi, no. 1, 75 s.
- Şenol, M., (1972), Gaziantep-Kilis bölgesinde Akabe-Cengin-Lohan dolaylarının jeolojisi: MTA Jeo. Et. Dai. Arşivleri, Rap. no. 46, 34s. Ankara (yayınlanmamış)
- Taymaz, T., Eyidoğan, H., Jackson, J. A. (1991), Source Parameters of Large Earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey), *Geophysical Journal International-Oxford*, 106, 537-550.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Terlemez, H. Ç. I., Şentürk, K., Ateş, Ş., Sümengen, M. ve Oral, A., (1992), Gaziantep dolayının ve Pazarcık-Sakçagöz-Kilis-Elbeyli-Oğuzeli arasının jeolojisi: MTA Rap. no. 9526, Ankara (yayınlanmamış)

Terzaghi K., (1946), Rock defects and loads in tunnel supports. Rock tunneling with steel supports, Youngstown, Ohio, R.V. Proctor and T. L. White, eds., The Commercial Shearing and Stamping Co., 17-99.

Tromp, S., (1940), Preliminary report on the oil possibilities of SE Turkey, MTA. Report, Ankara.

Tuna, D., (1973), VI. Bölge litostratigrafi birimleri adlamasının açıklayıcı raporu: TPAO Arama Grubu, Rapor no. 813, 131 s., Ankara.

Ulu, Ü., T. Ercan, Ş. Genç, Y. Metin, E. Çörekçioğlu, S. Örçen, M. Karabıyıkoglu, S. Giray ve T. Yaşar (1991), "Nizip-Yavuzeli-Araban-Belveren Dolayının Jeolojisi- Senozoyik yaşlı Volkanik kayaların petrolojisi ve bölgesel yayılımı, MTA Genel Müdürlüğü, 9226, 147.

Ulusay, R., Sönmez, H. (1999), Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 06532 bmcpc. Ankara.

Ulusay, R. Sönmez, H. (2002), Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji mühendisleri Odası Yayını, 38, Ankara.

Ulusay, R., Sönmez, H., (2007), Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.

Unal, E. (1983), Development of Design Guidelines and Roofcontrol Standards for Coal Mine Roofs, Ph.D. Thesis, Penn State Univ., USA.

Using the Q System, Rock Mass classification and support design, NGI- 2013.

Usta, D., Beyazçiçek, H., (2006), Gaziantep ilinin Jeolojisi adlı çalışmayı yapmışlardır. MTA, Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, Adana

Vardar, Berke (2002), *Açıklamalı Dilbilim Terimleri Sözlüğü*, İstanbul: Multilingual Yayınları.

Vlachopoulos, N., Diederichs, M. S., (2009), Improved Longitudinal Displacement Profiles for Convergence Confinement Analysis of Deep Tunnels. Rock Mech& Rock Eng., 42:2, 131-146.

Wayne, A. C., Osman, M. A., Elfatih, M. A. (1984), Construction on expansive soils in Sudan, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, C.110, No.3, s.359-379, 1984.

Wickham, G. E., Tiedemann, H. R. ve Skinner, E. H. (1972), Support determinations based on geologic predictions. In Proc. North American rapid excav. Tunneling conf. Chicago, (eds K.S. Lane and L.A. Garfield), 43-64. New York: Soc. Min. Engrs, Am. Inst. Min. Metali. Petrolm. Engrs.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Wilson, H. H. ve Krummenacher, R., (1957), Geology and oil prospects of Gaziantep region, SE, Turkey: Petrol Dai. Bşk. teknik arşivi, Ankara (yayınlanmamış).

Yoldemir, O. (1987), “Suvarlı-Haydarlı-Narlı-Gaziantep Arasında Kalan Alanın Jeolojisi, Yapısal Durumu ve Petrol Olanakları”, TPAO Rap., 48 sayfa (yayınlanmamış).



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, Soyadı : Tuncay İLAF
Doğum tarihi ve yeri : 15.06.1986 - Şahinbey/GAZİANTEP
E-mail : tuncayilaf@hotmail.com

Eğitim

Derece Mezuniyet Tarihi	Eğitim Birimi	
Lise	: Gaziantep Lisesi	2003
Lisans	: Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği	2011

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-2012	T.Ş.T İnşaat	Vardiya Mühendisi
2012-2013	İma Mühendislik	Tünel Şefi
2013-2015	Polin Enerji	Tünel Şefi
2015-2019	Kalyon İnşaat	Tünel Şefi

Yabancı Dil

İngilizce