



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

**SİLVAN TÜNELİ YENİ GÜZERGÂHINDA GEÇİLECEK BİRİMLERİN
JEOLojİK VE JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ**

**Mustafa TOPRAK
YÜKSEK LİSANS
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**AĞUSTOS-2019
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Mustafa TOPRAK tarafından hazırlanan “Silvan Tüneli Yeni Güzergahında Geçilecek Birimlerin Jeolojik ve Jeotektonik Özellikleri” adlı tez çalışması 23/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Turgay BEYAZ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi H. Alim BARAN

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Şahnaz TİGREK
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.


Mustafa TOPRAK

Tarih: 23/08/2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİLVAN TÜNELİ YENİ GÜZERGAHINDA GEÇİLECEK BİRİMLERİN JEOLOJİK VE JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Mustafa TOPRAK

Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ

2019, 101 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ

Dr. Öğr. Üyesi Turgay BEYAZ

Dr. Öğr. Üyesi H. Alim BARAN

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)’ın Dicle havzasında yer alan Devler Su İşleri (DSİ) Silvan Projesi kapsamında yapımı düşünülen Alternatif Silvan Tüneli’nin güzergahında yapılan çalışmalar tamamlandığında Silvan Barajı’ndan 212 m³/sn suyu alarak Diyarbakır ili Bismil, Silvan ve Sur ilçelerine ait 2.351.230 dekar alana iletilmesini sağlayacaktır. Böyle büyük bir projenin en önemli ayaklarından olan Alternatif Silvan Tüneli yaklaşık 11,2 m kazı çapında ve 13.500 m uzunluğunda açılması planlanmaktadır. Güzergah boyunca açılan 11 adet temel sondaj kuyusu ile toplamda 4678 m delgi yapılmıştır. Karot numuneler üzerinden örnekler alınarak; 40 adet ince kesit, 6 adet kimyasal analiz ve 33 adet jeoteknik deney yapılmıştır. Bu amaçla güzergahın jeolojik, petrografik ve jeoteknik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanı yaşlıdan gence doğru; Üst Sinan, Gercüş, Midyat, Germik, Silvan, Lice ve Şelmo formasyonlarını içermektedir. Alternatif Silvan Tüneli’nde Şelmo ve Gercüş formasyonları az geçirimli, geçirimsiz özellikte olup Midyat ve Silvan Formasyonu ise kırıklı, çatlaklı, boşluklu, karstik ve geçirimli özelliktedir. Buna ek olarak, birimlerin kaya sınıflaması için Terzaghi, RMR ve Q sınıflaması kullanılmış uygun kazı destek sistemleri belirlenmiştir. Yapılan sınıflamalara göre Şelmo formasyonunun “orta – zayıf kaya” arasında olduğu, Silvan formasyonunun “iyi – orta kaya” arasında, Midyat formasyonunun “orta – zayıf kaya” arasında ve son olarak Gercüş formasyonunun ise “orta kaya” özellikte olduğu tespit edilmiştir.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında elde edilen bulgulara göre Silvan formasyonundaki karbonatlı kayaç numunesinin Ana oksit içerikleri; SiO₂ içeriği %0.89, Al₂O₃ içeriği %0.18, Fe₂O₃ içeriği %0.12, MgO içeriği %0.61, CaO içeriği %54.46, Na₂O içeriği %0.01, TiO₂ içeriği %0.02, P₂O₅ içeriği %0.03, Cr₂O₃ içeriği %0.006 olarak saptanmıştır. Midyat formasyonundaki karbonatlı kayaç numunelerinin, Ana oksit içerikleri; SiO₂ içeriği %0.13-0.62, Al₂O₃ içeriği %0.03-0.19, Fe₂O₃ içeriği %0.00-0.08, MgO içeriği %19.20-21.18, CaO içeriği %30.61-33.10, Na₂O içeriği %0.03-0.06, K₂O içeriği %0.00-0.05 olarak saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Silvan, Tünel, Sondaj kuyusu, RMR, Q sınıflaması, karot

ABSTRACT

MS THESIS

GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL PROPERTIES OF THE UNITS TO BE PASSED IN THE NEW ROUTE OF SILVAN TUNNEL

Mustafa TOPRAK

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN GEOLOGICAL ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Salih DİNÇ

2019, 101 Pages

Jury

Asst. Prof. Dr. Salih DİNÇ

Asst. Prof. Dr. Turgay BEYAZ

Asst. Prof. Dr. H. Alim BARAN

When the ongoing studies on the route of the Alternative Silvan Tunnel, which is planned to be constructed within the scope of DSI (ing. General Directorate of State Hydraulic Works) Silvan Project in the Dicle basin of GAP (ing. Southeastern Anatolian Project), are completed, 212 m³/sec of water will be taken from Silvan Dam and transferred to 2.351.230 decare of Bismil, Silvan and Sur districts of Diyarbakir province. Alternative Silvan Tunnel that is considered to be one of the most important pillars of such a large project, is planned to be opened with an excavation diameter of 11.2 m and a length of 13,500 m. A total of 4678 m drilling was carried out with 11 foundation drilling wells along the route. Obtained samples were taken from core samples; 40 thin sections, 6 chemical analyzes and 33 geotechnical experiments were performed. For this purpose, geological, petrographic and geotechnical properties of the route have been determined.

The working area is from old to young; Upper region of Sinan, Gercüş, Midyat, Germik, Silvan, Lice and Şelmo formations. In the Alternative Silvan Tunnel, the Şelmo and Gercüş formations are low permeable and impermeable, whereas the Midyat and Silvan Formation are fractured, cracked, hollow, karstic and permeable. In addition, Terzaghi, RMR and Q classification were used for rock classification of the units and appropriate excavation support systems were determined. According to the classifications, it was found that Şelmo formation was between “medium - weak rock”, Silvan formation was between “good - medium rock” Midyat formation was between “medium - weak rock” and lastly Gercüş formation was found to be “middle rock”.

According to the findings obtained in this master thesis, the main oxide contents of the carbonated rock sample in Silvan formation for SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, TiO₂, P₂O₅ and Cr₂O₃ contents were 0.89%, 0.18%, 0.12%, 0.61%, 54.46%, 0.01%, 0.02%, 0.03% and 0.006%, respectively. The main oxide contents of the carbonated rock samples in the Midyat formation for SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O and K₂O contents were found to be 0.13-0.62%, 0.03-0.19%, 0.00-0.08%, 19.20-21.18%, 30.61-33.10%, 0.03-0.06%, 0.00-0.05%, respectively.

Keywords: Silvan, Tunnel, Drilling well, RMR, Q classification, core drilling

ÖNSÖZ

Bu çalışma 2018-2019 eğitim yılı içinde Tezli Yüksek Lisans kapsamında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Öncelikle beni yüksek lisans öğrencisi olarak kabul eden ve bu tezi hazırlamamda değerli yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ' e teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum.

Yine bu çalışmamda bana konu, kaynak ve yöntem açısında yol gösteren teşekkürlerin az kalacağı aile gibi gördüğüm kurumum Devlet Su İşleri Ailesi ve mesai arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren, benden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan AİLEM'e sonsuz teşekkürler.

Mustafa TOPRAK

Batman

2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Çalışmanın Alanının Tanımı.....	1
1.3. Materyal ve Metod.....	3
1.4. Önceki Çalışmalar.....	3
1.5. Bölgesel Jeoloji.....	5
2. GENEL JEOLojİ	8
2.1. Üst Sinan Formasyonu.....	8
2.2. Gercüş Formasyonu	10
2.3. Midyat Formasyonu	12
2.4. Germik Formasyonu	14
2.5. Silvan Formasyonu	15
2.6. Lice Formasyonu	16
2.7. Şelmo Formasyonu	18
3. TÜNEL GÜZERGÂHININ ÖN İNCELEMESİ.....	20
4. TÜNEL GÜZERGÂHINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	22
4.1. SK-1 Kuyusu.....	24
4.2. SK-2 Kuyusu.....	25
4.3. SK-3 Kuyusu.....	27
4.4. SK-4 Kuyusu.....	29

4.5.	SK-5 Kuyusu.....	31
4.6.	SK-6 Kuyusu.....	33
4.7.	SK-7 Kuyusu.....	35
4.8.	SK-8 Kuyusu.....	38
4.9.	SK-9 Kuyusu.....	40
4.10.	SK-10 Kuyusu.....	42
4.11.	ÖSK-3 Kuyusu.....	44
5.	JEOTEKNİK ÇALIŞMALAR	47
5.1.	Tünel Güzergahının Geçirirmliliği.....	49
5.2.	Tünel Güzergahının Duraylılığı.....	50
5.3.	Kaya Sınıflama Sistemleri	51
5.3.1.	Kaya Yüğü Sınıflama Sistemi (Terzaghi Sınıflaması)	52
5.3.2.	RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi	53
5.3.3.	Q Sınıflama Sistemi	58
5.4.	Kaya Türleri.....	63
5.4.1.	Şelmo Formasyonu Kaya Kalitesi	63
5.4.2.	Silvan Formasyonu Kaya Kalitesi	66
5.4.3.	Midyat Formasyonu Kaya Kalitesi	68
5.4.4.	Gercüş Formasyonu Kaya Kalitesi	70
6.	PETROGRAFİK ÇALIŞMALAR	75
6.1.	İnce Kesit Çalışmaları.....	75
6.1.1.	Silvan Formasyonuna Ait İnce Kesit Çalışmaları.....	75
6.1.2.	Midyat Formasyonuna Ait İnce Kesit Çalışmaları	78
6.1.3.	Gercüş Formasyonuna Ait İnce Kesit Çalışmaları	81
6.2.	Kimyasal Analiz Çalışmaları	83
7.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	86
8.	KAYNAKLAR	93

ÖZGEÇMİŞ	101
-----------------------	------------

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası	2
Şekil 2.1. Çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti (ölçeksiz).....	9
Şekil 2.2. Gercüş Formasyonundan görünüm (Boyunlu Köyü; Koordinatlar: X: 37 674568 Y: 4231899).	11
Şekil 2.3. Gercüş formasyonunda kumtaşı birimlerin mostra verdiği kısımlar (Silvan Barajı). (Koordinatlar: X: 37 676785 Y: 4240671).	12
Şekil 2.4. Midyat formasyonu kireçtaşlarından bir görünüm, (Silvan Barajı). (Koordinatlar: X: 37 676574 Y: 4240732).	13
Şekil 2.5. Silvan formasyonun mostra verdiği kısımlar (Silvan-Boyunlu köyü yolu). (Koordinatlar: X: 675524E Y: 4225039N).	15
Şekil 2.6. Lice formasyonun mostra verdiği kısımlar (Tanlık tepe düzalan mevkii SK-5 Kuyusu civarı Koordinatlar: X:37 676521 Y: 4226320).	17
Şekil 2.7. Şelmo formasyonun mostra verdiği kısımlar (Silvan Merkezi Koordinatlar: X: 677303E Y: 4223884N).	18
Şekil 3.1. DSİ ve TPAO yetkilileri ile yapılan alternatif güzergah çalışmaları (Beder Tepesi Mevkisi)	20
Şekil 3.2. DSİ Yetkilileri ile yapılan güzergah çalışmaları (SK-2 Kuyusu Lokasyonu)	21
Şekil 3.3. Sondaj lokasyonlarına ulaşım krokisi.....	21
Şekil 4.1. Temel sondajların topoğrafik haritadaki yerleri (ölçeksiz).	22
Şekil 4.2. Jeolojik enine kesit	23
Şekil 4.3. SK-1 kuyusunun jeolojik enine kesit haritasındaki yeri.....	24
Şekil 4.4. SK-1 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017).	24
Şekil 4.5. SK-1 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)	25
Şekil 4.6. SK-1 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)	25
Şekil 4.7. SK-2 kuyusunun jeolojik enine kesit haritasındaki yeri.....	26
Şekil 4.8. SK-2 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017).	26
Şekil 4.9. SK-2 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)	26
Şekil 4.10. SK-2 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)	27
Şekil 4.11. SK-3 kuyusunun jeolojik enine kesit haritasındaki yeri.....	27
Şekil 4.12. SK-3 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017).	28
Şekil 4.13. SK-3 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)	28
Şekil 4.14. SK-3 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)	29

Şekil 4.15. SK-4 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri.....	29
Şekil 4.16. SK-4 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017).....	30
Şekil 4.17. SK-4 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)	30
Şekil 4.18. SK-4 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz).....	31
Şekil 4.19. SK-5 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri.....	32
Şekil 4.20. SK-5 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017).....	32
Şekil 4.21. SK-5 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)	32
Şekil 4.22. SK-5 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz).....	33
Şekil 4.23. SK-6 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri.....	34
Şekil 4.24. SK-6 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017).....	34
Şekil 4.25. SK-6 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)	34
Şekil 4.26. SK-6 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz).....	35
Şekil 4.27. SK-7 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri.....	36
Şekil 4.28. SK-7 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017).....	36
Şekil 4.29. SK-7 kuyusuna ait Pirit ve hidrokarbon içerikli karotlar (DSİ,2017)	36
Şekil 4.30. SK-7 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)	37
Şekil 4.31. SK-7 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz).....	38
Şekil 4.32. SK-8 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri.....	38
Şekil 4.33. SK-8 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017).....	39
Şekil 4.34. SK-8 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)	39
Şekil 4.35. SK-8 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz).....	40
Şekil 4.36. SK-9 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri.....	40
Şekil 4.37. SK-9 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017).....	41
Şekil 4.38. SK-9 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)	41
Şekil 4.39. SK-9 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz).....	42
Şekil 4.40. SK-10 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri.....	42
Şekil 4.41. SK-10 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017).....	43
Şekil 4.42. SK-10 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)	43
Şekil 4.43. SK-10 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz).....	44
Şekil 4.44. ÖSK-3 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri.....	44
Şekil 4.45. ÖSK-3 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017).....	45
Şekil 4.46. ÖSK-3 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)	45
Şekil 4.47. ÖSK-3 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz).....	46

Şekil 6.1. Bol fosilli, mikritik bağlayıcılı kireçtaşı ince kesiti (f: fosil; m: mikrit; Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-2-1 kesitin alındığı derinlik 161 metre).....	75
Şekil 6.2. Fosilli, az miktarda alg parçaları bulunan mikritik bağlayıcılı kireçtaşı ince kesiti (f: fosil; m: mikrit; a: alg parçası; Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-2-2 kesitin alındığı derinlik 165 metre)	76
Şekil 6.3. Bol fosilli, alg parçalı, sparit bağlayıcılı, kireçtaşı ince kesiti (f: fosil; s: siparit; a: alg parçası; Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-2-3 kesitin alındığı derinlik 171 metre).....	76
Şekil 6.4. Bol fosilli, mikritik bağlayıcılı kireçtaşı ince kesiti (f: fosil; m: mikrit; Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-2-6 kesitin alındığı derinlik 194 metre).....	77
Şekil 6.5. Bol fosilli, alg parçalı, siparit bağlayıcılı kireçtaşı ince kesiti (f: fosil; a: alg; s: sparit; Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-2-7 kesitin alındığı derinlik 198 metre)....	77
Şekil 6.6. Mikro kristalin, özşekilsiz, kalsit dolgulu dolomitik kireçtaşı ince kesiti (k: kalsit, d: dolomit; İnce kesit alizerin red-s ile boyanmıştır. Büyütme 10x, görünüm tek nikol, SK-10-A kesitin alındığı derinlik 193 metre).....	78
Şekil 6.7. Mikro kristalin özşekilsiz, kalsit dolgulu, poroziteli dolomitik kireçtaşı ince kesiti (k: kalsit, d: dolomit, p: porozite; İnce kesit alizerin red-s ile boyanmıştır. Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-10-E kesitin alındığı derinlik 213 metre)	79
Şekil 6.8. Mikro kristalin özşekilsiz, poroziteli dolomitik kireçtaşı ince kesiti (d: dolomit, p: porozite; İnce kesit alizerin red-s ile boyanmıştır. Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-10-F kesitin alındığı derinlik 221 metre)	79
Şekil 6.9. Mikro kristalin özşekilsiz, kalsit dolgulu dolomitik kireçtaşı ince kesiti (k: kalsit, d: dolomit; İnce kesit alizerin red-s ile boyanmıştır. Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-10-G kesitin alındığı derinlik 232 metre).....	80
Şekil 6.10. Mikro kristalin özşekilsiz, çatlaklı çatlaklar kalsit dolgulu, poroziteli, dolomitik kireçtaşı ince kesiti (çk: çatlak dolgulu kalsit, d: dolomit, p: porozite; İnce kesit alizerin red-s ile boyanmıştır. Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-10-J kesitin alındığı derinlik 265 metre).....	80
Şekil 6.11. Mikro kristalin özşekilsiz, az çatlaklı çatlaklar kalsit dolgulu, dolomitik kireçtaşı ince kesiti (k: kalsit, d: dolomit, p: porozite; İnce kesit alizerin red-s ile boyanmıştır. Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-10-K kesitin alındığı derinlik 268 metre).....	81
Şekil 6.12. Matriks bağlayıcılı kumtaşı ince kesiti (M: matriks, Q: kuvars; Büyütme 4x, görünüm SK-5-1 kesitin alındığı derinlik 301 metre)	82

Şekil 6.13. Matriks bağlayıcılı kumtaşı ince kesiti (M: matriks, Q: kuvars; Büyütme 4x, görünüm SK-5-2 kesitin alındığı derinlik 303 metre)	82
Şekil 6.14. Kalsit bağlayıcılı kumtaşı ince kesiti (k: kalsit, Q: kuvars; Büyütme 4x, görünüm SK-5-1 kesitin alındığı derinlik 301 metre)	83

TABLolar DİZİNİ

Tablo 5-1. Laboratuvar Sonuçları	48
Tablo 5-2. Kaya Yüğü Sınıflama Sistemi (Terzaghi, 1946)	52
Tablo 5-3. Modifiye Edilmiş Terzaghi Kaya Yüğü Sınıflaması (Bieniawski, 1989'dan)	53
Tablo 5-4. RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi (Bieniawski, 1989)	55
Tablo 5-5. Tünelde Süreksizlik Eğim ve Eğim Yönünün	56
Tablo 5-6. Süreksizlik Yönelimine Göre Düzeltme	56
Tablo 5-7. Kaya Sınıfları ve Puanları	56
Tablo 5-8. Kaya Sınıfların Anlamı	56
Tablo 5-9. RMR Sistemine Göre Tünel Kazıları ve Destekleri (Bieniawski, 1989)	57
Tablo 5-10. RMR Sınıflama Sistemine Göre Yeraltı Açıklıklarının Desteksiz Kalabilme Süresi Tahmini (Bieniawski, 1989)	57
Tablo 5-11. Q Sisteminin Girdi Parametreleri ve Değerleri (Grimstad ve Barton, 1993)	59
Tablo 5-12. Q Sistemi İçin Güncellenmiş Destek Sistemi (Grimstad ve Barton, 1993) 62	
Tablo 5-13. Şelmo formasyonuna ait kaya kalitesi bilgisi	63
Tablo 5-14. Silvan formasyonuna ait kaya kalitesi bilgisi	66
Tablo 5-15. Midyat formasyonu ait kaya kalitesi bilgisi	69
Tablo 5-16. Gercüş formasyonu ait kaya kalitesi bilgisi	71
Tablo 6-1. Karbonatlı kayaçların % $MgCO_3$ - $CaCO_3$ mol içerikleri	84
Tablo 6-2. Karbonatlı kayaçların ana oksit içerikleri	84
Tablo 6-3. Karbonatlı kayaçların nadir toprak element içerikleri	85
Tablo 7-1. Karotlu geçilen birimlere ait RQD değerleri	87
Tablo 7-2. Kaya Sınıflaması	87

SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	:Patlatma Etkisi
Aw	:Zayıflık Düzlemleri
As	: Gerilme Değişimleri
B	: Batı
BST	:Basıncılı Su Testi
D	: Doğu
De	:Eşdeğer Boyut
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
J _n	:Eklem Takımı Sayısı
J _r	:Eklem Prüzlülük Sayısı
J _a	:Eklem Alterasyon Sayısı
J _w	:Eklem Su Azaltma Faktörü
K	: Kuzey
KM	:Kilometre
M	: Metre
MTA	: Maden Tetkik Arama
ÖSK	: Önerilen Sondaj Kuyusu
RMR	:Kaya kütlesi oranı
RQD	: Kaya Kalite Göstergesi
SK	: Sondaj Kuyusu

S_{max} : Tahkimatsız Maksimum Açıklık

SRF : Gerilme Azaltma Faktörü

TAM : Tünel Açma Makinası

TPAO : Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

Q : Kaya kütlesi kalitesi

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

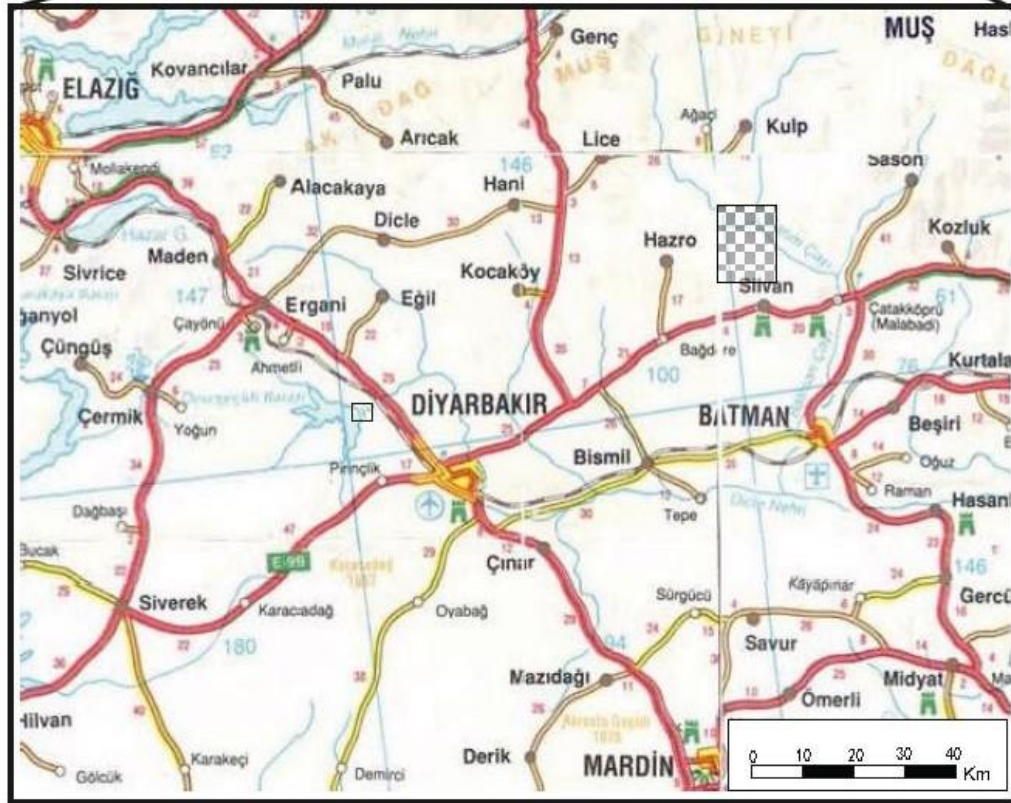
DSİ 10. Bölge Müdürlüğü sınırları dâhilinde bulunan Silvan Projesi, GAP'ın Dicle havzasında yer almaktadır. Silvan Projesi kapsamında Silvan Barajı başta olmak üzere 8 adet baraj, 2 adet iletim tüneli ve 21 adet sulama tesisi olmak üzere toplamda 31 adet işi kapsamaktadır. Silvan Barajı'ndan alınacak 212 m³/s su ile iletim tünelleri vasıtasıyla Diyarbakır ili Bismil, Silvan ve Sur ilçelerine ait 2.351.230 dekar alanın sulanması amaçlanmaktadır. Tez konusu olan Alternatif Silvan Tüneli, 11,20 m kazı çapında ve 13.500 m. uzunluğunda planlanmıştır. Temel sondaj çalışmaları tünel taban kotu +50 m. olacak şekilde 11 adet temel sondaj kuyusu toplamda 4678 m. delgi yapılmıştır.

Bu çalışma Alternatif Silvan Tünelinin güzergâhında yapılan çalışmaları kapsamaktadır. Bu güzergâhta açılan temel sondaj kuyularından yararlanarak geçilecek formasyonların genel özellikleri, kaya kalitesi ve tünel tasarımında güvenli kazı ve destekleme modeli için geliştirilmiş tablolardan yararlanarak jeoteknik parametrelerin tespiti ayrıca bu formasyonlara ait ince kesit ve kimyasal özellik tayini belirlenmeye çalışılmıştır.

1.2. Çalışmanın Alanının Tanımı

Çalışma alanı, Silvan İlçe merkezinin yaklaşık 18 km. kuzeyinde, Batman Çayı Kulp kolu üzerinde inşa halinde olan Silvan Barajı Gölü ile Silvan İlçe merkezi arasındaki dağlık alanda yer alır. Alternatif Silvan Tüneli'nin çıkışı Silvan ilçesinde, Silvan Baykan Yolunun yaklaşık 200 m. kadar altındadır. Tünel güzergâhındaki araştırma sondajlarının açılması için mevcut köy yollarından yararlanılmış veya yeni yollar açılmıştır. Çalışma alanının yeri Şekil 1.1.'de gösterilmiştir.

ETÜT SAHASININ TÜRKİYEDEKİ YERİ



İŞARETLER

	Asfalt Yol		İl Merkezi		Akarsular
	Stabilize Yol		İlçe Merkezi		Etüt Alanı

Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

1.3. Materyal ve Metod

Çalışma yöntemi büro çalışması, arazi çalışması ve laboratuvar çalışması olarak belirlenmiştir. İnceleme alanı ve çevresinde daha önce yapılmış olan jeolojik çalışmalardan yararlanılmıştır. Tünel güzergâhında sondaj lokasyonların olduğu yerlere defalarca gidilmiş güzergâhın jeolojisi hakkında bilgi edinilmiştir. Bu çalışma, yeraltı jeolojisi ağırlıklı olup tünel güzergâhında 11 adet toplamda 4678 m. sondaj kuyusu açılmıştır. Kuyuların derinlikleri tünel tabanı + 50 m. olarak tasarlanmış ve delgiler gerçekleştirilmiştir. Geçilen formasyonlara ait numuneler üzerinde ince kesit ve kimyasal analiz tayinleri yapılmıştır.

Çalışma alanında farklı litolojik birimlerin mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla alınan örnekler Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarına gönderilerek ince kesitleri hazırlanmıştır. Batman Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarında bulunan Leica DM2500P marka polarizan mikroskop kullanılarak toplam 40 adet ince kesit numunesi incelenmiştir. Kimyasal analiz çalışmasında seçilen toplam 6 adet kayaç numunesi için örnek hazırlama işlemi Batman Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarında yapılmış, ölçümler ise Ankara ACME Analitik Laboratuvarı aracılığıyla yurt dışındaki Kanada Bureau Veritas Mineral laboratuvarında yaptırılmıştır. Ayrıca jeoteknik çalışmalar için 2017 yılında DSİ'nin kontrollüğünde YERSU Mühendislik firması tarafından hazırlanan Alternatif Silvan Tüneli Kesin Proje Aşaması Jeoteknik Etüt Raporu'ndan yararlanılmıştır.

1.4. Önceki Çalışmalar

Çalışma sahasında; hidrokarbon açısından zengin olması ayrıca jeolojik ve jeotektonik yeri, karakteristik yer şekilleri gibi sebeplerle birçok yerli ve yabancı çalışmacı tarafından farklı araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazılarını aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

Perinçek (1978), Güneydoğu Anadolu'yu içine alan ve Doğu Toros kuşağında kapsayan değişik türdeki araştırmaları göz önünde bulundurarak kuşağın tektonik gelişimini levha tektoniği kaidelerine bağlı kalarak izah etmiştir. Arap Levhası'nın Anadolu Levhası'nın altına dalmasıyla D-B yönlü Kastel Çukurluğu'nun meydana geldiğini belirtmiştir. Bu çukurluğun kuzeyden bindirmeler şeklinde olan

Ketase allohtonları (Koçali - Karadut Karmaşığı) ve bunlardan oluşan kırıntılardan ortaya çıkan Kastel formasyonu (Üst Kampaniyen-Alt Maastrichtiyen) doldurulduğunu açıklamıştır.

Açıkbaş vd. (1979), Midyat Grubunun stratigrafisini günümüze ait en yakın şekliyle anlatan çalışmalardan biridir. Grubu oluşturan Fırat formasyonunun; Gerçüş, Hoya, Kastel, Terbüzek, Antak, Germik formasyonlarını diskordansla üzerlediğini söylemişlerdir.

Güven vd. (1988), GDA bölgesinde yüzeyleyen Mardin ve Midyat grupları arasındaki formasyonların stratigrafisiyle ilgili olarak yaptıkları çalışmalarında, bahsedilen istifte bulunan birimlerin özelliklerini açıklamışlardır. Alınan ölçülü kesitlerle formasyonların düşey fasiyesteki durumları ve yaşlarını belirleyerek, çökelme ortamlarına ve bu ortamların zaman içindeki değişimlerine açıklama getirmişlerdir.

Duran vd. (1988), GDA bölgesinde yüzlek veren Midyat ile Silvan gruplarının jeoloji ve stratigrafisini çalışmışlardır. Önceki çalışmalarda Midyat Grubu adıyla birleştirilen formasyonları iki farklı grup olarak ayırmışlardır. Birimlerin dokanak ilişkileri, stratigrafik pozisyonları ve yayılımları, fosil içerikleri, fasiyes ve mikrofasiyes özellikleri, çökelme ortamları ve modelleri ile diyajenez ve hazne kaya özelliklerini incelemişlerdir. Stratigrafik, paleontolojik ve sedimantolojik sonuçlar ile çökel evriminin bölgede etkin olan tektonik olaylarla uyumluluk gösterdiğini söylemişlerdir.

Perinçek (1990), Güneydoğu Anadolu bölgesinde Paleozoyik-Mesozoyik yaş aralığında göze çarpan bir kesiklik olmadığını gözlemlemiştir. Midyat Grubu'ndaki karbonatlı kayaların Mesozoyik yaşlı formasyonların üzerine geldiğini, Erken Miyosen'den önce bir devamsızlığın olduğunu ve Fırat formasyonu (Erken Miyosen) üzerine Üst Miyosen yaşlı kırıntıların geldiğini saptamıştır. Çalışma alanının Geç Kretase ve Geç Miyosen sonlarında değişik doğrultularda oluşan sıkışma kuvvetlerinin etkisinde kaldığını belirtmiştir. Güneydoğu Anadolu şelf alanının kuzey kesimlerinin Geç Kretase'de allohton yerleşmesi esnasında kıvrımlanmalı ve ekaylı bir yapı kazandığını ifade etmiştir.

Yıldırım ve Yılmaz (1991), GDA bölgesinde bulunan orojenik kuşağın D-B doğrultulu üç ana tektonik kuşaktan meydana geldiğini, bunların güneyden kuzeye

doğru; Arap Otoktonu, Ekay Zonu ve Nap Bölgesi olarak adlandırıldığını belirlemişlerdir. GDA bölgesinin orojenik gelişiminin Geç Kretase-Miyosen zaman aralığındaki napların güneydeki Arap levhasına doğru hareketlerde bulunduğunu, bölgedeki sıkışma hareketinin hala devam ettiğini ve bölgenin bugünkü morfolojisini Pliyosen'den başlayarak kazandığını bildirmişlerdir. Bu amaçla çalışma sahası olarak seçtikleri bölgenin ilk defa ayrıntılı (1/25000 ölçekli) haritalaması yapılmış, kaya birimleri ayırd edilmiş, bunların kendi aralarında ve farklı tektonik birliklerle ilişkilerini ve ortamlarını tanımlamışlardır.

Sarıdaş (1991), Güneydoğu Anadolu'daki Mesozoyik yaşlı formasyonların üstüne Midyat Grubuna dahil olan Gercüş formasyonu ve Hoya formasyonunun transgresif olarak çökeldiğini ve sonrasında regresif istifle çökeli mi tamamladıklarını saptamıştır. Midyat Grubu'nun taban konglomerasını Gercüş formasyonunun oluşturduğunu ve Hoya formasyonunun ise bölgede Eosen denizinin çokça pelajikleştiği şelf bölgelerde biriktiğini belirtmiştir.

Yılmaz ve Duran (1997)'ni çalışması yapılan önceki çalışmalar içerisinde çalışma sahasını da içeren ve bölge hakkında en detaylı olan çalışmadır. "Güneydoğu Anadolu Stratigrafi Adl ama Sözlüğü "Lexicon" adlı bu çalışmalarında araştırmacılar, bölgedeki otokton ve allakton birimleri içeren, 553 adet teknik rapor ve yerli/yabancı çalışmalardan oluşan verileri derlemişlerdir. Buna göre; Besni formasyonunun yaşını Maastrihtiyen olarak vermişlerdir. Litolojik olarak Besni formasyonunun üst kısımlarının resifal kireçtaşı ve az dolomitikleşmiş kireçtaşlarından oluştuğunu; Gercüş formasyonunun genel olarak siltaşı, kumtaşı, kiltası, marn-şeyl, tebeşirli kireçtaşı ve konglomeralardan oluştuğunu; Eosen yaşlı bu birimin, gölsel-lagünel-flüviyal-taşkın ovası-kıyı ovası-örgülü akarsu- alüvyal fan-alüvyal yelpaze ortamında çökeldiğinden bahsetmişlerdir.

1.5. Bölgesel Jeoloji

Diyarbakır ili, Arap plakası ile Avrasya kıtasının çarpıştığı yere yakın bir konumdadır. Bu çarpışma Diyarbakır'ın ilinin kuzeyinden geçen D-B yönlü bir kenet kuşağı oluşturmuştur. Kenet kuşağı boyunca metamorfik kayalar ile ofiyolitik kayaç birlikleri yoğun olarak mostra vermektedir (Güven ve diğ., 1991).

Alandaki en yaşlı birim bir bindirme ile kuzeyden güneye Miyosen birimler üzerine doğru hareket eden allokon kütleden oluşmuştur. Üst Kretase'den Miyosene

kadar farklı evreleri bilinmekte olup, hat boyunca birçok bindirmenin olduğu bir kuşak oluşmuştur. Bu allokton kütleliyi oluşturan en önemli iki üyesini ofiyolitler ve metamorfik kayaçlar oluşturmaktadır. Ofiyolitler Kampaniyen-Alt Maastrihtiyen yaşta olup genellikle serpantinleşmiş ultrabazik kayaçlardan oluşmaktadır. Metamorfik kayaçlar egemen olarak mermerlerden oluşmaktadır. Kretase yaşlı kayaçlar genel olarak ince tabakalı pelajik kireçtaşları ile temsil edilir. Eosende bölge geniş bir karbonat platformuna dönüşmüş ve bu arada çok kalın kireçtaşı birimler çökelmiştir. Miyosende bölgenin doğusunda sığ şelf karbonatları ve resifal kireçtaşları çökelirken, batısında derin şelfte yer yer kireçtaşı düzeyleri içeren kil-marn, tebeşirli killi kireçtaşı aralanmasından oluşan bir istif çökelmiştir (Genç, 1985).

Bölge Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağı'nın güneyindeki Kenar Kıvrımları Kuşağı'nda yer alır. Miyosen, tektonik olayların oldukça etkin olduğu bir dönem olup Midyat grubuna ait birimler regresif olarak çökelimlerini tamamlamış, ardından Miyosen başında bölgenin kuzeyi alçalmaya, deniz seviyesi yükselmeye başlamıştır. Bunun sonucunda transgresif olarak Silvan grubu çökelmeye başlamıştır. Orta Miyosen başlarında sıkışma tektoniğinin etkinlik kazanmasıyla birlikte Lice formasyonu çökelmiş ve Alt Miyosen çanağı kapanmıştır (Perinçek, 1977).

Güneydoğu Anadolu'nun hemen tamamında yayılım sunan Miyosen çökme çanak/çanaklarının evrimi, Neotetis'in güney kolunun kapanmaya başlamasıyla yakından ilişkilidir (Şengör, 1980). Eosen'de okyanus tabanının dalıp batarak tüketilmesi sonucunda farklı tektonik birlikler birbirlerine yakınlaştırılmıştır. Okyanusal levhanın tüketilmesine rağmen Güneydoğu Anadolu genelinde denizel ortam varlığını sürdürmüştür. Bunu giderek sığlaşmasına rağmen denizel çökelin sürekliliğinden anlaşılmaktadır (Yılmaz, 1983).

Kuzey güney yönlü sıkıştırma hareketine bağlı olarak gelişen sıkışma ve kısılma, önce bölgeyi topluca yükseltmeye başlamış yükselme, denizel ortamın giderek sığlaşmasına yol açmıştır. Denizel ortamın çekilmesiyle karaya çıkan otokton birimler, bu dönemde aşındırılmaya başlamış olup bu esnada da kuzey kesimlerde ise denizel ortam, sığlaşmakla birlikte varlığını sürdürmüştür. Denizel olan bu kesimlerin karasal hale gelmesi Orta Miyosen'e denk gelmektedir. Rejyonal ölçekte sığlaşan denizel ortamda Lice gurubunun çökmesine sebep olmuştur. Daha sonra Allokton kütlelerin

otokton üzerine ilerlemeleri, otokton karbonat birimleri üzerine kırıntılardan oluşan fliş benzeri bir birim olan Lice formasyonun çökmesine neden olmuştur (Perinçek, 1977).

Allokton kütlelerin güney sınırı ile otokton arasındaki ortamda gelişen bu türbiditik birim, sıkışma sistemi nedeniyle giderek sıkışan bir ortamın varlığını göstermektedir. Allokton kütlelerde bu sıkışma sistemine bağlı olarak, kendi içlerinde şariyajlanıp kuzeyden güneye doğru yükselmeye başlamışlardır (Duran ve diğ., 1988).

Sıkışma tektoniğinin Orta Miyosen döneminde etkinlik kazanması Alt Miyosen döneminde oluşan çökelim çanaklarının genelde kapanmasına neden olmuş, böylece, Güneydoğu Anadolu'nun günümüzdeki tektonik konumunu belirleyen sürüklenimler gelişmeye başlamıştır (Perinçek, 1977).

2. GENEL JEOLojİ

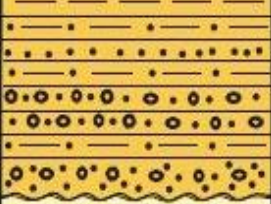
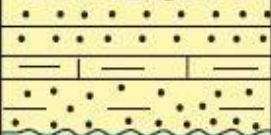
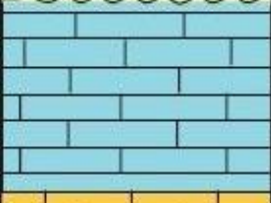
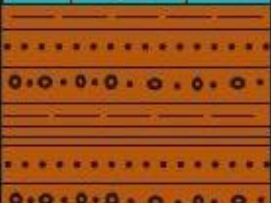
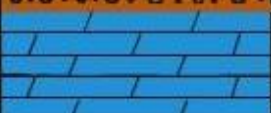
Çalışma alanındaki en yaşlı birim, sahada gözlenen, Güneydoğu Anadolu Otoktonuna ait birimlerden, alttan üste doğru yeşil, koyu gri renkli, yer yer dolomitik, yer yer kireçtaşı, şeyl ara bantlarından oluşan Paleosen yaşlı Üst Sinan formasyonu, bu formasyon üzerine uyumlu olarak alacalı-kırmızımsı renkli çakıltası, kumtaşı-şeyl-marn-silttaşı ardalanmalı, Midyat Grubu'na dahil olan Alt Eosen yaşlı Gercüş formasyonu, bu formasyon üzerine de uyumlu olarak Killi-tebeşirli kireçtaşlarından oluşan Eosen-Oligosen yaşlı Midyat formasyonu yer alır. Bunların üzerinde ise Lice Gurubu'na dahil olan, genelde algli kireçtaşlarından oluşan Alt Miyosen yaşlı, Silvan formasyonu uyumsuz olarak gelir. Silvan formasyonu ile düşey ve yanal geçişli, kumtaşı, kiltası, marn, kireçtaşı vb. kayaç türlerinden oluşan Lice formasyonu izlenir. En üstte Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şelmo formasyonu oldukça geniş bir alanda yer alır (Ek-1, Şekil 2.1.).

2.1. Üst Sinan Formasyonu

Tanım ve dağılım: Genelde grimsi yeşil, yeşil, koyu gri renkli, yumuşak-sık dokulu, yer yer dolomitik. Yer yer kireçtaşı, piritli ve bitki kalıntılı şeyl ara bantları içeren karbonatlarla temsil edilir (Güven ve diğ., 1991). Sinan formasyonu Koaster (1963), tarafından hazırlanan bölgesel korelasyon çizelgesinde “Alt ve Üst Sinan” olmak üzere iki kısımda değerlendirmiştir. TPAO jeologları ise formasyonun Maastrihtiyen yaşlı kesimi “Alt Sinan formasyonu” Paleosen yaşlı kesimini de “Üst Sinan formasyonu” olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada da bu adlandırma esas alınmıştır. İnceleme alanında bu birim yüzeylenmemektedir. Ancak bu formasyonunun tip kesiti Batman ilinin 20 km. kuzeybatısında, Sinan yolunun 3 km. kuzeyinde, Mobil şirketi tarafından, K 37° 53' 52.70" ve D 41° 00' 10.60" koordinatında, 19 Ağustos 1959 – 03 Mart 1960 tarihleri arasında açılmış olan Sinan-1 kuyusudur (TPAO,1997).

Litoloji: Üst Sinan formasyonu biyoklastik kireçtaşı, kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, ve dolomitlerden ibarettir. Egemen litoloji kireçtaşlarıdır. Genellikle siyahımsı gri, açık kahve renkli, bentik foraminiferli, mollusk kavkılı, alg ve mercanlı, vaketaşı-istiftaşı, yer yer de tanetaşı dokulu kireçtaşlarından oluşur. Formasyonda izlenen dolomitler ise grimsi yeşil, gri, açık gri, açık-koyu kahve renkli, yer yer şeyl dönüşümlü, laminalı-algal laminalı, evaporit nodül, mercek ve ara bantlıdır. Üst Sinan

formasyonu genelde yukarıya doğru sıklaşan karbonat istifi özelliğindedir (Yılmaz, ve diğ.,1991).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	KALINLIK	LİTOLOJİ	TANIMLAMA
Senozoyik	Tersiyer	Pliyosen	Şelmo Formasyonu	150 m		Kiltaş - Silttaş - Kumtaş ve Konglomera ardalanması Kahve, kırmızı renkli, yatay ve düşey yönde litolojik geçişli, zayıf çimentolu
			Lice Formasyonu	100 m		Kumtaş - Şeyl ve Mam ardalanması Gri renkli, ince, orta yer yer kalın tabakalı, kırılmalı özellikli
		Miyosen	Silvan Formasyonu	250 m		Kireçtaş Beyaz, krem, bej renkli, kalın - çok kalın tabakalı resifal, karstik boşluklu
			Gemik Formasyonu	50 m		Kiltaş - Kumtaş - Konglomera yer yer Mam ardalanması Kırmızı, yeşimsi gri renkli, kalın tabakalı gevşek-sıkı çimentolu
		Eosen	Midyat Formasyonu	250 m		Kireçtaş Kiri beyaz, bej renkli, tebeşirli, kalın - çok kalın tabakalı, karstik boşluklu
			Gercüş Formasyonu	400 m		Konglomera - kumtaş - kiltaş - mam - şeyl ardalanması Kırmızımsı kahverenkli, kalın - çok kalın tabakalı, sıkı çimentolu, yer yer jips - anhidrit nodüllü
		Paleosen	Üst Sinan Formasyonu	100 m		Kireçtaş Griimsi yeşil renkli, yumuşak-sıkı dokulu yer yer piritli, bitki kalıntılı ve şeyl ara bantlı

Şekil 2.1. Çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti (ölçeksiz).

Dokanak ilişkileri: Batman ili dolayısıyla ile Batman-Diyarbakır hattının kuzey kesimlerinde yayılım gösteren Üst Sinan formasyonu yayılım alanının kuzey kesimlerinde Maastrichtiyen yaşlı Antak formasyonu üzerine diskordans olarak gelir (Güven ve diğ., 1991). Sinan-1 kuyusu kuyu kompozit bloğunda Sinan formasyonunun üzerinde yer alan Gercüş formasyonu normal olarak gelir (TPAO-1997).

Fosil kapsamı ve yaşı: TPAO jeologları tarafından formasyon Paleosen yaşlı olarak kabul edilmiştir (TPAO, 1997).

Çökeltme ortamı: Karasal-gel/git düzlüğü, şelf lagünü, sınırlı dolaşım şelfi-sığ karbonat platformu, düşük eğimli karbonat yamacı (Araç, 1981 ve 1982; Araç ve Salem, 1984; Yılmaz, 1985 ve 1990; Salem ve diğ., 1986; Araç ve Yılmaz, 1992; Güven ve diğ., 1991a; Araç ve diğ., 1993) ortamlarında çökelmiştir.

Deneştirme: Birim, “*Sinan reef*” (Blakslee ve diğ., 1960); “*kermav formation*” içinde “*Sinan dolomite member*”(mobil 1960); “*Sinan dolomite*” (Kellogg, 1961) “*Sinan limestone/dolomite formation*” (Schmidt, 1964b; Peksü, 1969); “*Sinan limestone*” (Cordey ve Demirmen, 1971); “*Sinan dolomites*”+”*Sinan reef*” (Güleç, 1971); “*Lower Sinan member*”+”*Upper Sinan member*” (Keskin, 1971) gibi isimlerle tanıtılmıştır.

2.2. Gercüş Formasyonu

Tanım ve dağılım: Genelde kırmızımsı renkli yer yer ardalama oluşturan çamurtaşı, kumtaşı, marn, konglomera ve kilaşlarından oluşan birim ilk kez Maxson (1936) tarafından, “Gercüş formasyonu” olarak adlanmış ve tarif edilmiştir. Bu çalışmada da bu adlama esas alınmıştır.

İnceleme alanındaki Boyunlu Köyü civarında, antiklinal ekseninin kuzey kanadında yüzeylendiği gözlenmektedir (Şekil 2.2).

Litoloji: Gercüş formasyonu, sahada tipik alacalı rengi ve fiziksel özellikleri ile kolay ayırtlanan bir birimdir. Gercüş formasyonu, ince-orta-kalın tabakalı ve çapraz katmanlı, kızıl kahve, gri, kırmızı, kirli beyaz, yeşilimsi gri renkli, kumtaşı, silttaşı, kilaşı, konglomera, marn vb. kırıntılı kayalardan oluşur. Üst seviyelerde beyaz renkli, tebeşirli kireçtaşı ara düzeyleri yer almaktadır. Konglomeralar polijenik karakterdedir. Tabandaki kumtaşları yer yer fosillidir. Birim içinde yer yer ince dolomit ve jips ara

seviyeleri izlenir (Duran ve diğ., 1988). Yer altında Gercüş formasyonu Diyarbakır, Mardin, Batman ve Siirt çevresinde geniş olarak yayılmaktadır.

Alternatif Silvan tünel güzergâhlarında açılan sondajlarda, Gercüş formasyonu içinde, ortamda su hareketi olmadığı için taze ve korunmuş olarak kalmış, cüzi miktarda, dağınık, bant, nodül, çatlak dolgusu ve saçılmış kristaller şeklinde evaporit mevcuttur. Jipsler kilimsi, camsı formda olup taze ve ayrışmısızdır.



Şekil 2.2. Gercüş Formasyonundan görünüm (Boynlu Köyü; Koordinatlar: X: 37 674568 Y: 4231899).

Kiltaşı düzeyleri, kırmızı kiremit renkli, pekişmiş, ince-orta katmanlı, bazı zonları yumuşak, ayrışmalı, elde şekillenir, kalsit inklüzyonlu, kılcal çatlaklı, ince taneli, sık dokuludur. Kumtaşları, gri kurşuni, boz alacalı renklerde, sert, sağlam som görünümlü, orta-kalın katmanlı, ayrışmasız, sık dokulu, karbonat çimentolu, yer yer çapraz katmanlanmalı, seyrek çatlak ve eklemleri kalsit dolguludur (Şekil 2.3).

Dokanak ilişkileri: Birim, inceleme alanında yüzlek vermeyen Üst Sinan formasyonunu uyumsuz olarak örtmektedir. Birimin üzerine uyumlu olarak Midyat formasyonu gelmektedir. Ayrıca Gercüş formasyonu, Midyat kireçtaşlarının taban konglomerası niteliği taşımaktadır. (Tolun, 1960; Ketin, 1983'den). İnceleme alanında Gercüş formasyonunun kalınlığı 400 m.'den fazladır (DSİ, 2017).

Fosil kapsamı ve yaşı: Duran ve diğ. (1988), birimin stratigrafik konumuna göre yaşını Alt Eosen olarak belirlemişlerdir.



Şekil 2.3. Gercüş formasyonunda kumtaşı birimlerin mostra verdiği kısımlar (Silvan Barajı).

(Koordinatlar: X: 37 676785 Y: 4240671).

Çökelme ortamı: Gölsel-lagün-flüvyal-taşkın ovası-kıyı ovası-örgülü akarsu-alüvyal fan-alüvyon yelpaze ortamlarında çökelmiştir (Duran ve diğ., 1988).

Deneştirme: Birim daha önce Kırmızı marnlar (Ekim ve diğ., 1961), Çuvaldız formasyonu (Schmidt, 1961), Çetirge formasyonu (Durkee, 1961) gibi isimlerle de tanıtılmıştır.

2.3. Midyat Formasyonu

Tanım ve dağılım: Killi, tebeşirli kireçtaşlarından oluşan formasyon ilk kez Perinçek'in (1978) hazırlamış olduğu Geneydoğu Anadolu otokton ve allohton kaya birimleri jeoloji sembolleri haritasında "Midyat Grubu" içinde "Hoya formasyonu" isim bazında kullanmıştır. Ancak DSİ literatüründe Midyat formasyonu olarak geçmektedir. Bu çalışmada da DSİ' nin adlandırması esas alınmıştır.

Midyat formasyonu, İnceleme alanında Silvan ilçesinin kuzey kesimlerinde, Boyunlu köyü çevresinde ve Silvan barajı çevresinde Gercüş formasyonu üzerinde yüzeylendiği gözlemlenmektedir (Şekil 2.4).

Litoloji: Midyat formasyonu Güneydoğu Anadolu'da mostra verdiği yerlerde, genelde dik yarlar oluşturan kireçtaşları ile bunların diyajenetik değişimleri ile oluşan yaygın dolomitlerden meydana gelir ve zayıf-iyi kaya hazne kaya özellikleri sunar (Bolgi, 1961; Tuna, 1973; Sungurlu, 1973 ve 1974; Açıkbaş ve Baştuğ, 1975; Perinçek, 1979, 1980, 1989 ve 1990; Açıkbaş ve diğ., 1981; Yılmaz, 1982; Görür ve Akkök,

1982c ve 1984; Günay, 1984; Yoldemir, 1987b; Duran ve diğ., 1987, 1988 ve 1989; Sarıdaş, 1991). Kireçtaşları; krem, bej, gri, beyaz, kirli beyaz renkli, ince-orta-kalın-çok kalın tabakalı, yer yer som, bol küçük ve iri bentik foramlı, algli, gözenekli, sert, yer yer çörtlü, köşeli kırılmalı, yer yer dolomitik; dolomitler ise krem, bej, grimsi beyaz renkli, ince-orta-kalın tabakalı, çok ince- ince kristalli, çört nodül ve ara bantlı, ince kalsit damarlı ve iyi gözeneklidir. Diyarbakır ili Hazro ilçesi, Siirt ili batısı ile Batman ili Hasankeyf dolaylarındaki mostralarda gözlenen beyaz, krem renkli, kalın tabakalı, erime özellikli ve karstik, bol tebeşirli, çok ince-ince kristalli ve erime gözeneklere sahip dolomitler Duran ve diğ. (1988 ve 1989) tarafından gayri resmi olarak “tebeşirli dolomit üyesi” olarak adlandırılmıştır.

Dokanak ilişkileri: Midyat formasyonu, Gercüş formasyonunun üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları (Silvan formasyonu) ise Midyat formasyonunu uyumsuz olarak örtmektedir (TPAO, 1997)

İnceleme alanında kireçtaşları krem, bej, gri, kirli beyaz renkli orta-kalın-çok kalın tabakalı, karstik boşluklu kireçtaşlarından oluşmaktadır. 100–150 m. kalınlığında olan birim daha güneyde 300 m’yi aşan bir kalınlığa sahiptir. Yanal yönde fasiyes değişiklikleri gösterir (DSİ,2017).



Şekil 2.4. Midyat formasyonu kireçtaşlarından bir görünüm, (Silvan Barajı). (Koordinatlar: X: 37 676574 Y: 4240732).

Fosil kapsamı ve yaşı: Midyat formasyonu genel olarak iki seviye halinde görülür. Alt kısımları sarımtırak, çakıllı, gevrek bir kireçtaşı vardır. Bu kireçtaşların içinde; Rotalia, Alveolina, Textularia, Miliolidea fosilleri bulunmuştur (DSİ, 1979). Formasyon yaşı Alt Eosen – Oligosen’dir (Duran ve diğ., 1988 ve 1989).

Çökelme ortamı: Birim sınırlı, yarı sınırlı sığ epirik deniz, sığ normal deniz, self kenarı şelf önü ortamlarında çökelmiştir. (Duran ve diğ., 1988 ve 1989)

Deneştirme: “*Eosen kalker serisi*” (Tolun, 1955); “ *Çuvaldız formation*” içinde “*Upper member*” (Schmidt, 1961); “*Çetirge formation*” alt seviyeleri (Schmidt, 1961); “*Almacık kalkeri*” (Atan, 1969); “*Şenköy formasyonu*” (Tuna, 1973); “*Midyat grubu*” içinde “*Hoya formasyonu*” (Perinçek 1978; Savcı ve Dülger, 1980; Açıkbaş ve diğ.,1981; Günay, 1984; Duran ve diğ., 1987); “*Midyat grubu*”içinde “*Hoya formasyonu*”nun üst seviyeleri “ *Gaziantep formasyonu*” (Yılmaz, 1982) gibi isimlerle tanıtılmıştır.

2.4. Germik Formasyonu

Tanım ve dağılım: Birim yer yer ince bir taban konglomerası ile başlayarak kalın evaporit dizisinden oluşmuş, kısmen de ince ve kaba detritikleri nöbetleşe ihtiva eden, farklı fasiyeslerdeki kireçtaşı ara tabakaları içeren, değişik litolojik birimlerin istiflenmesi ile meydana gelmiş birim için “ Germik formasyonu” adı ilk kez Bolgi (1961) tarafından kullanılmıştır. Germik formasyonu İnceleme alanında oldukça dar bir alanda çökelmiştir.

Litoloji: Germik formasyonu genel olarak taban seviyelerinde bejimsi gri renkli, sert, jips dolgulu çatlaklı, dolomit katkılı evaporit, dolomit ara tabakaları içeren tuğla kırmızısı, kırmızımsı kahve yer yer yeşil, yeşilimsi gri ve bej renkli, yumuşak, yer yer siltli ve kumlu, yeşil renkli şeyl ve beyaz renkli jips aralanmasından oluşmaktadır.

Dokanak ilişkileri: TPAO tarafından 1965 yılında açılan Yemişlik-1 kuyusunun kuyu loğunda, altında yer alan Midyat formasyonu ve üzerinde bulunan Silvan formasyonu ile olan dokanakları uyumlu olarak gösterilmiştir (TPAO, 1997).

Fosil kapsamı ve yaşı: Orta Eosen – Oligosen yaş aralığında yer almaktadır (Duran ve diğ., 1989).

Çökelme ortamı: Sınırlı ve evaporitik koşullu regresif deniz ortamında çökelmiştir (Duran ve diğ., 1989).

Deneştirme: Başka bir formasyon adı ile adlandırılması bulunanmamıştır.

2.5. Silvan Formasyonu

Tanım ve dağılım: Genelde algli kireçtaşlarından oluşan formasyon, Peksü (1969) tarafından Fırat formasyonu olarak adlandırılmıştır. Ancak DSİ literatüründe Silvan formasyonu olarak geçmektedir. Bu çalışmada da DSİ' nin adlandırması esas alınmıştır. Formasyonun tip kesiti, Diyarbakır ili Hazro-Silvan ilçeleri dolayında izlenir. Çalışma alanının egemen litolojisi olan Silvan formasyonudur.

Litoloji: Silvan formasyonu, altta krem-beyazımsı-kirli sarı renkli, orta kalın tabakalı, yer yer tabakasız kireçtaşları ile başlamakta, bunların üzerine kirli, sarı renkli, orta-kalın tabakalı, bol çört yumrulu ve bol fosil kavkılı kireçtaşı gelmektedir. En üst bölümünü ise beyazımsı krem-kirli sarı renkli, kalın-çok kalın tabakalı, az çört yumrulu, bol ekinid, ostrea, gastropod ve lamelli biyoklastik kireçtaşları oluşturmaktadır (Usta ve Beyazçiçek, 2006).

İnceleme alanında, Silvan formasyonu krem, bej, gri, pembemsi, kırmızımsı, bol kırmızı algli, masif ve orta-kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Silvan formasyonun mostra verdiği kısımlar (Silvan-Boyunlu köyü yolu). (Koordinatlar: X: 675524E Y: 4225039N).

Dokanak ilişkileri: Silvan formasyonu inceleme alanında geniş bir yayılıma sahiptir. Silvan formasyonu altta Midyat formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer

almakta olup, üstte yer alan formasyonlardan Şelmo formasyonu ile açılı uyumsuz olup Lice formasyonu ile uyumlu bir dokanak ilişkisine sahiptir (TPAO, 1997)

İnceleme alanında formasyon kalınlığı 300 m. civarındadır (DSİ, 2017)

Fosil kapsamı ve yaşı: Formasyonu oluşturan kireçtaşlarında bulunan fosiller; *Quinqueloculina* sp., *Sigmoilopsis* sp., *Elphidium* sp., *Criproelphidium* sp., *Cibicidoides* sp., *Peneroplis* sp., *Borelis* sp. ve *Archaias* sp.'dir. Bu fosillere göre formasyon Alt Miyosen (Burdigaliyen) yaştadır (Terlemez ve diğ., 1992).

Çökelme ortamı: Birim, kuzeyden güney-güneydoğuya doğru transgresif olarak ilerleyen denizin, şelf kenarı ve gerisindeki sığlıklarda bank/resif tipi yığınak karbonatları şeklinde çökelmiştir (Tanyol ve diğerleri, 1997).

Deneştirme: Birim: "*Garzan formasyonu*" (Perry ve Yalçın, 1957); "*Fars formasyonu içinde "Lower Fars"*" (Kellogg, 1960); "*Siirt grubu*" içinde bir birim (Blakslee ve diğ., 1960); "*Çevikgroup*" içinde bir birim (Blakslee ve diğ., 1960); "*Germik formasyonu*" içinde "*Germik (Eski Garzan) kalker*" (Bolgi, 1961); "*Fırat formasyonu*" (Tuna, 1979; Perinçek, 1980; Pasin ve diğ., 1983; Günay, 1986; Köylüoğlu, 1986; Duran ve diğ., 1987; Tardu ve diğ., 1987; Yılmaz ve diğ., 1991; Sarıdaş, 1991) gibi isimlerle tanıtılmıştır.

2.6. Lice Formasyonu

Tanım ve dağılım: Kumtaşı, kıltaşı, marn, kireçtaşı kaya türlerinden oluşan formasyon, Tuna, (1973'dan), Koaster (1963) ile Stratum (1963) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında Silvan İlçesi'nin yaklaşık 4 km. kuzeyinde Tanlıktepe ve Düzalan mevkiinde yüzeylemektedir (Şekil 2.6).

Litoloji: Lice formasyonu, ince-orta, yer yer kalın tabakalı, gri, koyu gri, sarımsı gri, yeşilimsi gri, krem, bej, sarı vb. renklerde kumtaşı, şeyll, marn ve kireçtaşı ardalananmasından oluşur. Birim içinde killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve konglomera düzeyleri izlenir. Yer yer alg, lamelli, gastropod, ekinid kavkı parçaları kapsayan formasyon, bol planktik foraminiferlidir ve türbiditik karakterdedir. Kumtaşları sarımsı boz, gri, yeşil renkli, ince-orta tabakalanmalı, ince-orta taneli, polijenik elemanlı, orta-kötü boylanmalı, paralel laminalı, çapraz tabakalanmalı, derecelenmeli, sert, kırılğan ve karbonat çimentoludur. Silttaşları gri, yeşil renklidir. Marnlar yeşilimsi boz, gri, yeşil

renkli, ince tabakalı, sertçe, yer yer ince kumtaşı ara bantlıdır. Şeyller yeşilimsi boz, gri renkli, karbonatlı, laminalı ve dağılgandır. Kireçtaşları sarımsı gri renkli, ince tabakalı, bol planktik foraminiferli, ekinid plakalı, kırmızı algli, bentik fosilli, polijenik karbonat çakıllı, killi, siltli, çok ince kumlu, yer yer düz katmanlı, istif taşı niteliklidir (Sungurlu, 1973 ve 1974; Perinçek, 1979; Duran ve diğ., 1988 ve 1989).



Şekil 2.6. Lice formasyonunun mostra verdiği kısımlar (Tanlık tepe düzalan mevkii SK-5 Kuyusu civarı Koordinatlar: X:37 676521 Y: 4226320).

Dokanak ilişkileri: İnceleme alanında Silvan formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir (Duran ve Yılmaz, 1997).

Fosil kapsamı ve yaşı: Lice formasyonunun içerisinde bol olarak gözlenen *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *G. immaturus* LEROY, *G. primordius* BLOW ve *BANNER*, *Globigerina ciperoensis* BOLLI ve *G. praebuloides* BLOW gibi planktonik fosillere dayanarak birimin yaşının Burdigaliyen-Akitaniyen (Alt Miyosen) yaşlı olduğunu belirtmişlerdir (Duran ve Yılmaz, 1997).

Çökeltme ortamı: Lice formasyonu açık Şelf-yamaç-yamaç ötesi-havza-deniz altı yelpaze ortamlarında çökelmiştir (Duran ve diğ., 1988, 1989).

Deneştirme: Birim; *Fars grubu* (Badgley, 1957a, b), *Dicle formasyonu* (Temple ve Yalçın, 1958a, b, c), *Fars formasyonu* (Kellog, 1960a), *Kuzgun formasyonu* (Gürpınar ve Gözübol, 1979) gibi adlarla da incelenmiştir.

2.7. Şelmo Formasyonu

Tanım ve dağılım: Çakıltası kumtaşı, silttaşı, kiltası, ardaalanmasından oluşan Şelmo formasyonu ilk kez Bolgi (1961) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında Silvan-Diyarbakır arasında yaygın olarak yüzlek verir. Silvan ilçe merkezi Şelmo formasyonu üzerine kurulmuştur (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Şelmo formasyonun mostra verdiği kısımlar (Silvan Merkezi Koordinatlar: X: 677303E Y: 4223884N).

Litoloji: Birimde kırmızı renk egemen olup, boz, kahverengi ve kırmızı renklerde, yanal ve düşey yönde geçişler sunar. Kiltaları yumuşak, ince-orta katmanlı, ayrışmalı, kil ve karbonat çimentolu, kuruma çatlaklıdır. Kumtaşı düzeyleri orta-kalın katmanlı, sert, dayanıklı, karbonat ve matriks çimentoludur. Laminasyon ve çapraz katmanlanma belirgindir. İyi boyanmalı, az çatlaklı ve ayrışmazdır. Sertliği nedeniyle topoğrafik çıkıntılar ve şapka gibi koruyucu örtü niteliğindedir. Çakıltası seviyeleri, iri çakıllı, zayıf karbonat ve kil çimentolu, polijenik elemanlı, ayrışmalı ve dağılgandır.

Dokanak ilişkileri: Şelmo formasyonunun üst dokanağı gözlenmez. Alt dokanak Silvan formasyonu ile uyumludur.

İnceleme alanı ve çevresinde formasyon kalınlığı ortalama 400 – 800 m. dolaylarındadır (Savcı ve Dölger, 1980).

Fosil kapsamı ve yaşı: Çemen ve Diğ. (1990), birimin yaşının Üst Miyosen – Alt Pliyosen yaş aralığında olduğunu belirtmişlerdir.

Çökelme ortamı: Plaj kumları, geçiş, gel-git düzlüğü ve karasal ortamlarda çökelmiştir.

Deneştirme: "Adıyaman gravel group" (Gossage, 1956); "Maraş group" içinde "Adıyaman formation" (Krummenacher ve Periam, 1958); "Malabadi formation"nın üst seviyeleri (Sfondrini1963); "Lahti formasyonu" (Aktürk, 1979) gibi adlarla da incelenmiştir.

3. TÜNEL GÜZERGÂHININ N İNCELEMESİ

Silvan Barajı'ndan Silvan Ovası'na (235.123 hektar sulama alanı) sulama suyunu isale etmek için iletim tünellerine ihtiyaç duyulmuş ve çalışmalar başlanmıştır. Silvan Tüneli inşa aşamasında, öngörülmeyen nedenlerden dolayı çalışmaların durmasına sebep olmuş ve yerini alternatif tünel güzergâh çalışmalarına bırakmıştır. Alternatif güzergâh çalışması, mevcut güzergâhın batı bölgesinde yoğunlaşmış ve yaklaşık 13.500 m. uzunluğundaki Alternatif Silvan Tüneli Gzerghı belirlenmiştir. Belirlenen güzergâh gezilmiş ve arazi gözlemlerinden olası gaz durumu yol durumu ve güvenlik durumu çalışmaları yapılmıştır (şekil 3.1.).



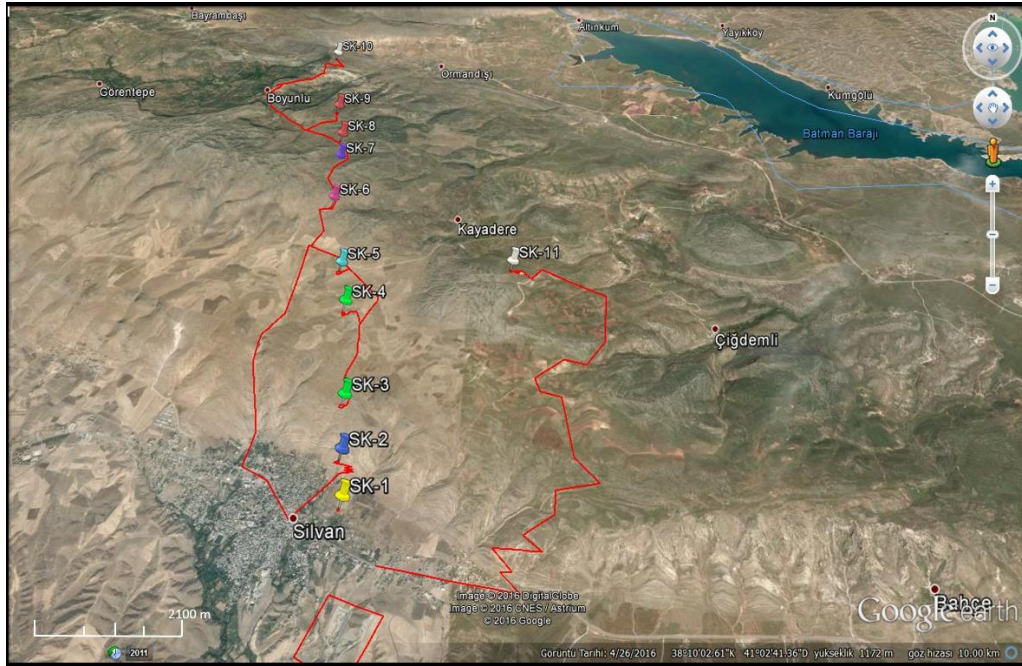
şekil 3.1. DSİ ve TPAO yetkilileri ile yapılan alternratif güzergah alışmaları (Beder Tepesi Mevkisi)

TPAO yetkilileri ile gidilen lokasyon noktalarına DSİ Silvan Proje Müdürlüğü teknik personellerince tekrar tekrar araziye gidilmiş, sondaj platformları ve lokasyon noktalarına ulaşım yolları ile ilgili çalışmalar detaylı incelenmiştir (şekil 3.2.).



Şekil 3.2. DSI Yetkilileri ile yapılan güzergah çalışmaları (SK-2 Kuyusu Lokasyonu)

Yapılan arazi ve büro çalışması sonucunda lokasyon noktaları, platform, güvenlik ve yol durumu belirlenmiş olup sondaj çalışmalarına geçilmiştir. Sondaj lokasyonlarına gidecek ulaşım yolları gösteren kroki şekil 3.3.' te verilmiştir.



Şekil 3.3. Sondaj lokasyonlarına ulaşım kroki

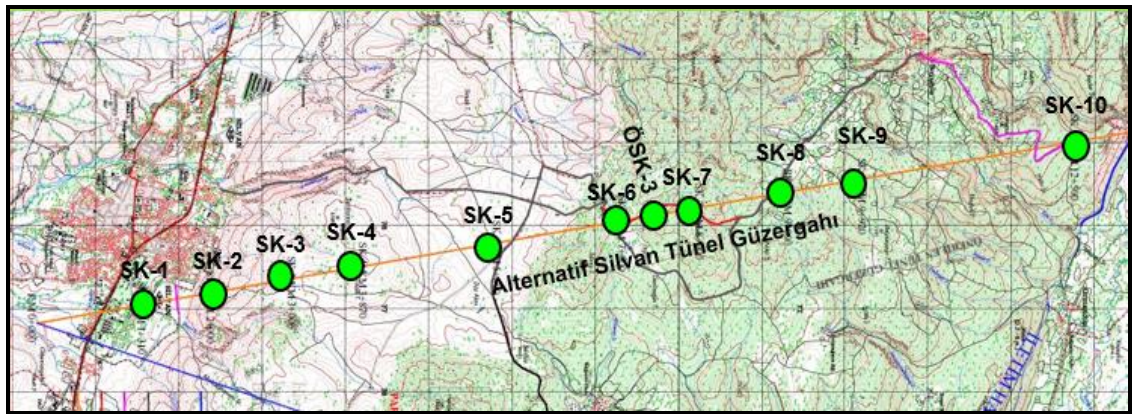
4. TÜNEL GÜZERGAHINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Alternatif Silvan Tünel güzergahında her biri tünel taban kotu +50 m. derinliğe erien 11 adet toplam 4678 m. araştırma sondajı açılmıştır. Ayrıca sondaj lokasyonlarına ulaşım için yaklaşık 9.000 m. (beton+stabilize) yol çalışması yapılmıştır. Açılan araştırma sondajlarına ait zet bilgi aşağıdaki tablo 4.1.'de verilmiştir.

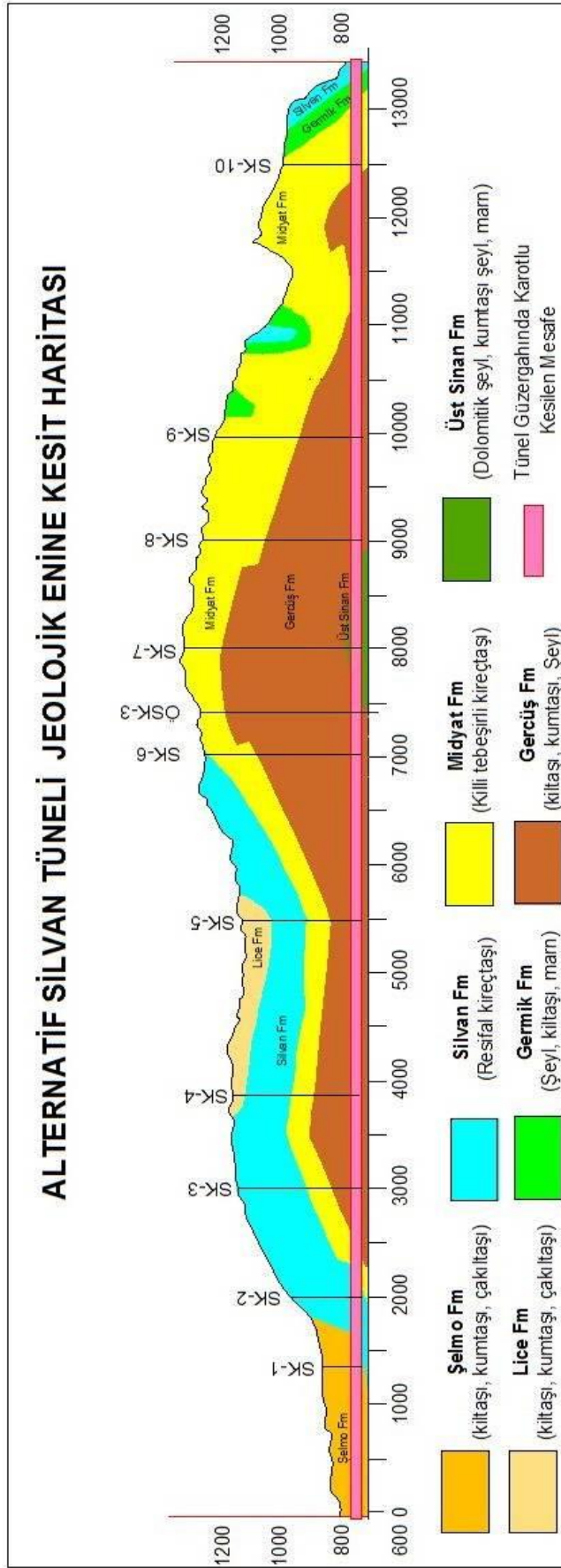
Tablo.4.1. Alternatif Silvan Tünel Gzergahındaki sondaj kuyularına ait bilgiler

Kuyu No	Kuyu Derinliği	Delgi İşlemi	
		Karotsuz (m)	Karotlu (m)
SK-1	131	0-8	8-131 (kuyunun son 123 m.)
SK-2	241	0-160	160-241 (kuyunun son 81 m.)
SK-3	421	0-307	307-421,50 (kuyunun son 114 m.)
SK-4	431	0-336	336-431 (kuyunun son 95 m.)
SK-5	402	0-245	245-402 (kuyunun son 157 m.)
SK-6	531	0-450	450-531,50 (kuyunun son 81 m.)
SK-7	602	0-523	523-602 (kuyunun son 79 m.)
SK-8	541	0-460	460-541 (kuyunun son 81 m.)
SK-9	501	0-420	420-501 (kuyunun son 81 m.)
SK-10	273	0-190	190-173 (kuyunun son 83 m.)
SK-3	603	0-223	223-603 (kuyunun son 380 m.)
Toplam Yapılan Delgi: 4678 metre			

Temel sondaj kuyuların topoğrafik yerleri ekil 4.1.'de ve Jeolojik enine kesit yerleri de ekil 4.2.'de gösterilmiştir.



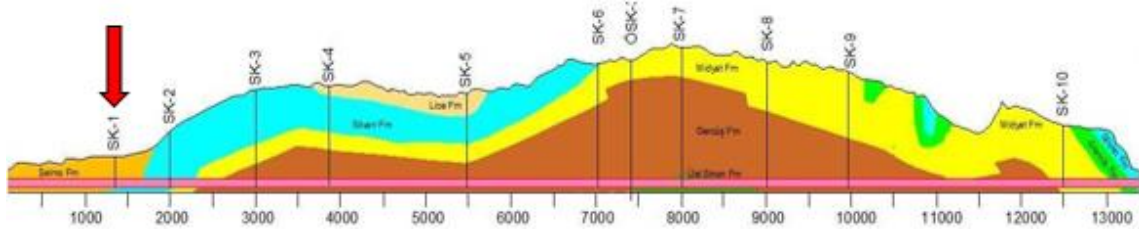
Şekil 4.1. Temel sondajların topoğrafik haritadaki yerleri (leksiz).



Şekil 4.2. Jeolojik enine kesit

4.1. SK-1 Kuyusu

Silvan Alay Komutanlığının bahçesinde açılan kuyunun derinliği 131 metre olup 123 metresi karotlu açılmıştır. Kuyu yeri Şekil 4.3.'teki jeolojik enine kesitte gösterilmiştir. Şekil 4.4.'te sondaj çalışmaları için yapılan hazırlıklar görülmektedir.

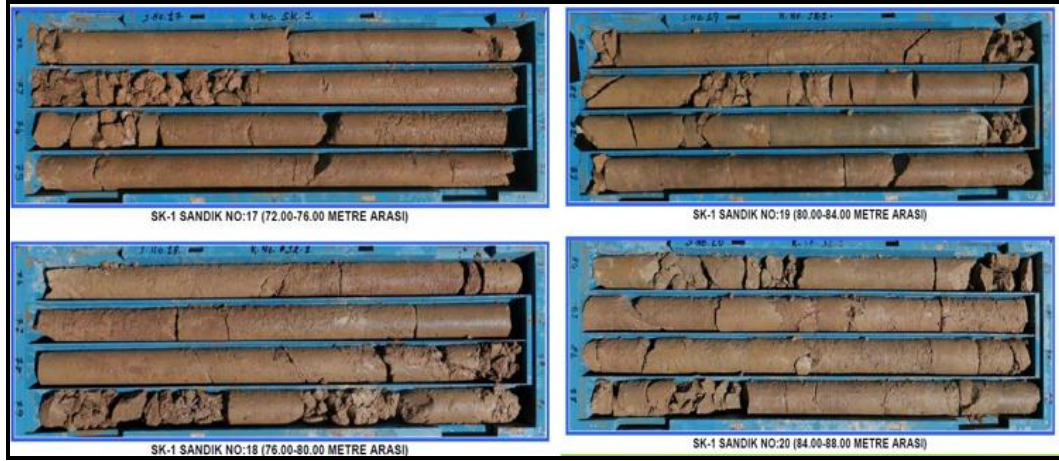


Şekil 4.3. SK-1 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri



Şekil 4.4. SK-1 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017).

Delginin tamamı Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şelmo formasyonunda açılmıştır. Kiltası, silttaşı, kumtaşı ve konglomeralardan oluşan formasyon, ritmik ardalanmalı bir sübsidans havzası çökelidir. Kiltaları açık kahve, boz renkli, yumuşak, kısmen ayrışmalı, yer yer pekişmiş sıkı kumtaşı ara bantlı, kuruma çatlaklı, seyrek silis ve kireçtaşı çakıllı ince ve kaba detritiklerden oluşur. Silttaşları boz, alacalı renkte, sert, sıkı çimentolu, kiltası arabantlı, az ayrışmalı, oblik ve kılcal çatlaklı, çatlak ve kırılma yüzeyleri düzlemsel ve kaygandır. Kumtaşı; koyu gri, zeytin yeşili renginde, sert sağlam, taneler sıkı kenetli, matriks çimentolu, iyi boylanmalı, kalın katmanlı, seyrek verevine çatlaklı, kırılma yüzeyi düzlemsel ve pürüzlüdür. SK-1 kuyusundan alınan karot nuuneler Şekil 4.5.'te ve sondaj kuyusuna ait veriler Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.



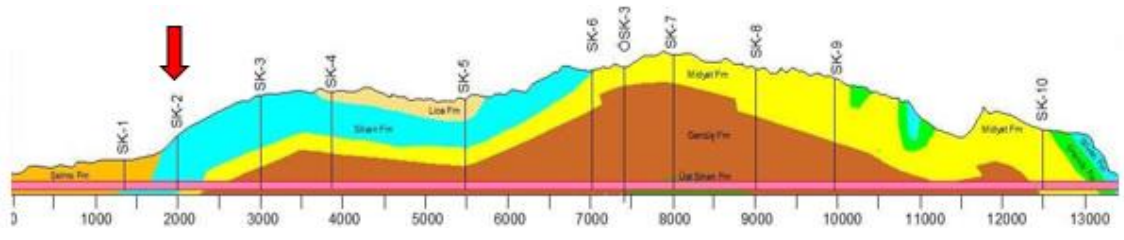
Şekil 4.5. SK-1 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)

Kuyu No: SK-1			Formasyon Adı	Derinlik (m)	Litoloji	Açıklama
Zaman	Devir	Devre				
SENOZOYİK	TERSİYER	PLİYÖSEN	ŞELMO FORMASYONU	131 m		Kilitaşı, silttaşı, kumtaşı ve konglomeralardan oluşan formasyon, yanal ve düşey yönde geçişler gösterir. Birim açık kahve, kiremit renkli, yumuşak, dağılgan, iri kireçtaşı çakıllı ayrışmalı, bol kuruma çatlıklıdır.
		ÜST MİYOSEN				

Şekil 4.6. SK-1 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)

4.2. SK-2 Kuyusu

Kuyu derinliği 241 m. olup son 81 metresi karotlu açılmıştır. Kuyu yeri Şekil 4.7.'deki jeolojik enine kesitte gösterilmiştir. Sondaj çalışmaları Şekil 4.8.'de gösterilmiş olup delginin tamamı Silvan formasyonunda gerçekleşmiştir. Krem, bej, kirli beyaz renklere olan birim, sert, sağlam, dayanıklı, kalın katmanlı, seyrek gerilme çatlaklı, çatlaklar kalsit ve demiroksit dolguludur. Ayrışmasız, bol makrofosilli olan resifal kalkerler, mikrokristalli, yer yer karstik boşlukludur. Tabakalar, faylanma nedeniyle 60° güney yönünde eğimlidir (DSİ,2017). SK-2 kuyusundan alınan karot numuneler Şekil 4.9.'da ve sondaj kuyusu verileri Şekil 4.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.7. SK-2 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri



Şekil 4.8. SK-2 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017)



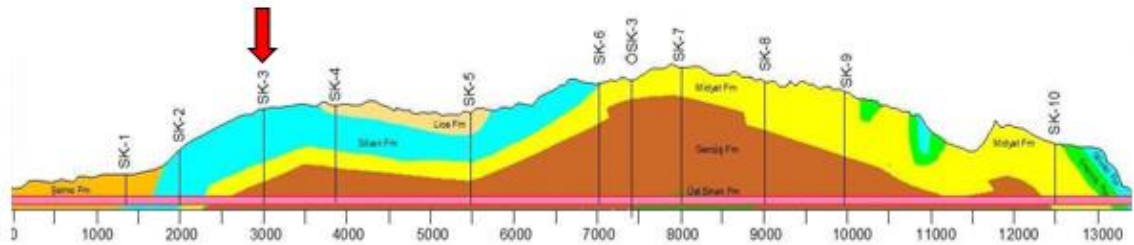
Şekil 4.9. SK-2 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)

Kuyu No: SK-2			Formasyon Adı	Derinlik (m)	Litoloji	Açıklama
Zaman	Devir	Devre				
SENOZOYİK	TERSİYER	ALT MİYOSEN	SILVAN FORMASYONU	100 m 241 m		krem, beyaz, kirli sarı renkli, orta kalın tabakalı, yer yer tabakasız, bol çört yumrulu ve bol fosil kavkılı biyoklastik kireçtaşlarından meydana gelir.

Şekil 4.10. SK-2 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)

4.3. SK-3 Kuyusu

Kuyu derinliği 421 m. olup, son 114 metresi karotlu açılmıştır. Kuyu yeri Şekil 4.11.'deki jeolojik enine kesitte gösterilmiştir. SK-3 kuyusundaki çalışmaları Şekil 4.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. SK-3 kuyusunun jeolojik enine kesit haritasındaki yeri

Kuyunun 270,00 – 307,00 m. arasında sirkülasyon olmadığından örnek alınamamıştır. 0.00–270.00 m.'ler arasında geçilen Silvan Formasyonu, bej, kirli sarı, ince taneli, biyomikritik dokuda, sert, fosilli, erime boşluklu, boşluklar kalsit dolgulu,

seyrek eklem ve çatlaklı, kırılma yüzeyi düzensiz şekilli, ayrışmasızdır. 307 – 421 m.'ler arasında Gercüş formasyonu geçilmiştir.



Şekil 4.12. SK-3 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017)

Birim kıltaşı, kumtaşı ve konglomera ile temsil edilmektedir. Kıltaşı açık kahve, kiremit renkli, yumuşak ayrışmalı, seyrek kireçtaşı çakıllı, katmanlanma yer yer belirsizdir. Kumtaşı; Bordo, pembe renkli, sert, sağlam, dayanıklı, kalsit ve silis inklüzyonlu, kalın katmanlı, az ayrışmalı, masif görünümlü, kırılma yüzeyi düzensiz ve pürüzlü, Konglomera; Boz, koyu gri, sert, sağlam, dayanıklı, polijenik elemanlı, matriks çimentolu, taneler arası kenetlenme zayıf, çakıllar oval-yassı şekilli, kötü boylanmalıdır. SK-3 kuyusundan alınan karot numuneler Şekil 4.13.'te ve sondaj kuyusuna ait verileri Şekil 4.14.'te gösterilmiştir.



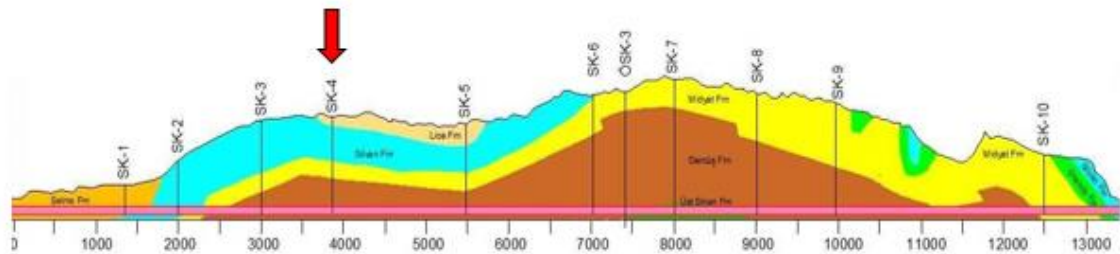
Şekil 4.13. SK-3 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)

Kuyu No: SK-3			Formasyon Adı	Derinlik (m)	Litoloji	Açıklama
Zaman	Devir	Devre				
SENOZOYİK	TERSİYER	ALT MİYOSEN	SILVAN FM	270 m		Krem, beyaz, kirli sarı renkli, orta kalın tabakalı, yer yer tabakasız, bol çört yumrulu ve bol fosil kavkılı biyoklastik kireçtaşlarından meydana gelir.
		OLİGOSEN	MİDYAT FM	307 m		Beyaz, krem renkli, kalın tabakalı, erime özellikli ve karstik, bol tebeşirli, çok ince ince kristalli ve erime gözeneklidir.
		ALT EOSEN	GERCÜŞ FM	421 m		Kilitaşı, çamurtaşı, kumtaşı, konglomera ile temsil edilmektedir. Açık kahve, kiremit renkli, yumuşak ayrışmalı, çakıllı katmanlanma yer yer belirsizdir.

Şekil 4.14. SK-3 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)

4.4. SK-4 Kuyusu

Kuyu derinliği 431 metre olup, son 95 metresi karotlu açılmıştır. Kuyu yeri Şekil 4.15.'deki jeolojik enine kesitte gösterilmiştir.



Şekil 4.15. SK-4 kuyusunun jeolojik enine kesit haritasındaki yeri

SK-4 kuyusu içinde yeraltısuyu ölçülebilen ilk kuyudur. 350 m.'de ölçülen statik seviye, muhtemelen senklinal yapısı nedeniyle teşekkül etmiştir. Sondaj çalışmaları Şekil 4.16.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. SK-4 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017)

Sırasıyla Lice, Silvan, Midyat ve Gercüş formasyonları geçilmiştir. Lice formasyonu; gri, kirli yeşil, beyaz renklerde, marn ve kireçtaşı aralanmasından oluşmaktadır. Sert, ince taneli, az ayrışmalı, mikritik dokuludur. Silvan formasyonu; kirli sarı, bej renginde, mikrokristalen dokuda, az ayrışmalı, yer yer killi kireçtaşları içermektedir. Midyat formasyonu; krem, pembe, kirli beyaz, kristalize, az ayrışmalı, oksidasyon zonları içerir. Gercüş formasyonu; koyu kahve, bordo renkli, yumuşak, ayrışmalı, kireçtaşı arabantlıdır. SK-4 kuyusundan alınan karot numuneler Şekil 4.17.'de ve sondaj kuyusuna ait verileri Şekil 4.18.'te gösterilmiştir.



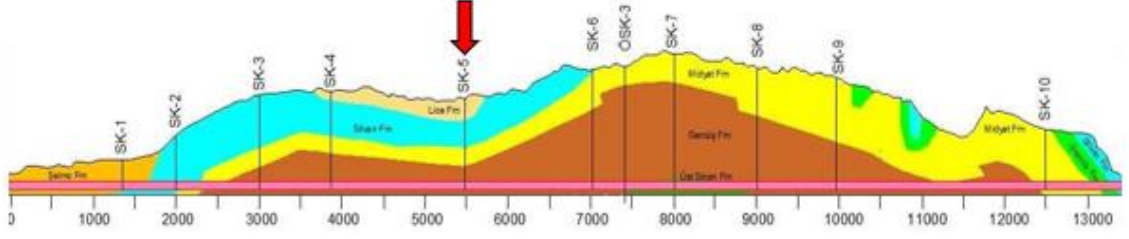
Şekil 4.17. SK-4 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)

Kuyu No: SK-4			Formasyon Adı	Derinlik (m)	Litoloji	Açıklama
Zaman	Devir	Devre				
SENOZOYİK	TERSİYER	ALT MİYOSEN	LİCE FM	35 m		Kumtaşı, kilitaşı, mam ve kireçtaşı ardalanmalıdır.
			SILVAN FM	220 m		Krem, beyaz, kirli sarı renkli, orta kalın tabakalı, yer yer tabakasız, bol çört yumrulu ve bol fosil kavkılı biyoklastik kireçtaşlarından meydana gelir.
		OLİGOSEN	MİDYAT FM	325 m		Beyaz, krem renkli, kalın tabakalı, erime özellikli ve karstik, bol tebeşirli, çok ince ince kristalli ve erime gözeneklidir.
		ALTEOSEN	GERCÜŞ FM	431 m		Kilitaşı, çamurtaşı, kumtaşı, konglomera ile temsil edilmektedir. Açık kahve, kiremit renkli, yumuşak ayrışmalı, çakıllı katmanlanma yer yer belirsizdir.

Şekil 4.18. SK-4 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)

4.5. SK-5 Kuyusu

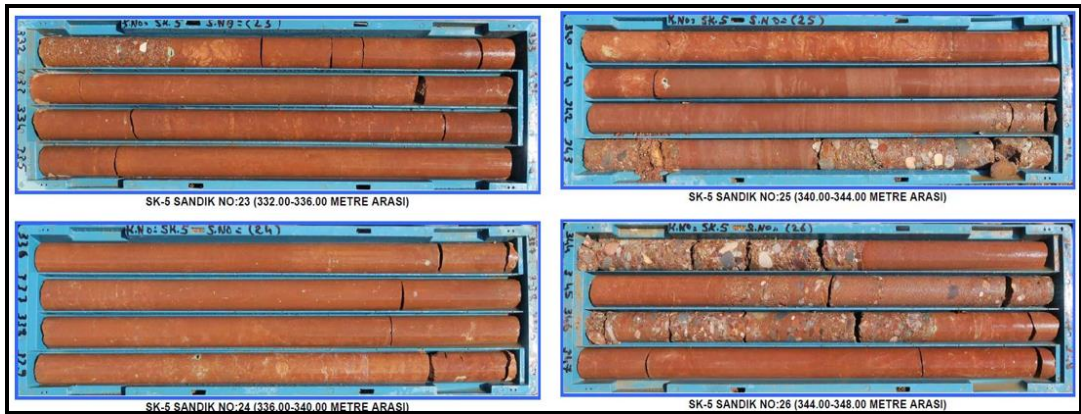
Kuyu yeri Şekil 4.19.'da gösterilmiş olup, 402 m. derinliğinde açılmıştır. Bu kuyuda sırasıyla Lice, Silvan, Midyat ve Gercüş formasyonları geçilmiştir. Katmanlanma yataya yakın olup son 157 metre karotlu delinmiştir. Sondaj çalışmaları Şekil 4.20.'de, SK-5 kuyusuna ait karot numuneler Şekil 4.21.'de ve sondaj kuyusu verileri Şekil 4.22.'de gösterilmiştir.



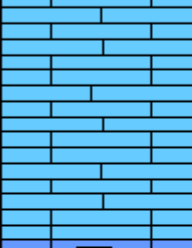
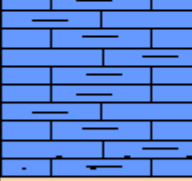
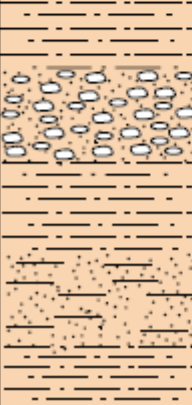
Şekil 4.19. SK-5 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri



Şekil 4.20. SK-5 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017)



Şekil 4.21. SK-5 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)

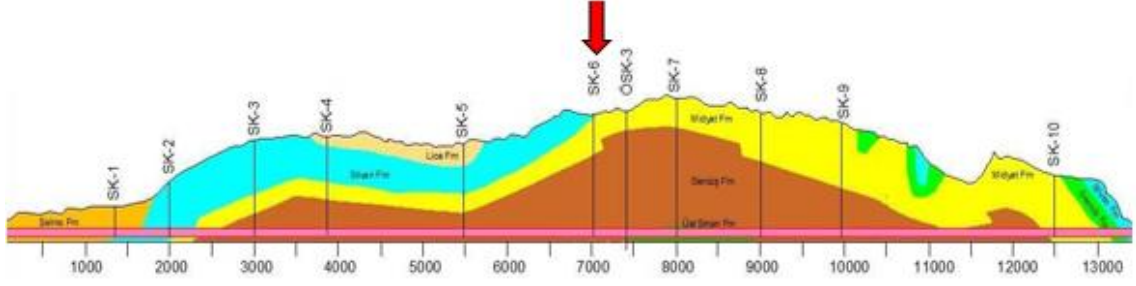
Kuyu No: SK-5			Formasyon Adı	Derinlik (m)	Litoloji	Açıklama
Zaman	Devir	Devre				
SENOZOYİK	TERSİYER	ALT MİYOSEN	LİCE FM	95 m		Kumtaşı, kıltaşı, marn ve kireçtaşı ardalanmalıdır.
			SILVAN FM			krem, beyaz, kirli sarı renkli, orta kalın tabakalı, yer yer tabakasız, bol çört yumrulu ve bol fosil kavkılı biyoklastik kireçtaşlarından meydana gelir.
		OLİGOSEN	MİDYAT FM	325 m		beyaz, krem renkli, kalın tabakalı, erime özellikli ve karstik, bol tebeşirli, çok ince-ince kristalli ve erime gözeneklidir.
		ALT EOSEN	GERCÜŞ FM	431 m		kıltaşı, çamurtaşı, kumtaşı, konglomera ile temsil edilmektedir. Açık kahve, kiremit renkli, yumuşak ayrışmalı, çakıllı katmanlanma yer yer belirsizdir.

Şekil 4.22. SK-5 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)

4.6. SK-6 Kuyusu

Kuyu derinliği 531 m. olup son 81 metresi karotlu açılmıştır. Kuyu yeri Şekil 4.23.'te gösterilmiş olup, kuyuda sırasıyla Silvan, Midyat ve Gercüş formasyonları geçilmiştir. Kuyuya ait çalışmalar Şekil 4.24.'te gösterilmiştir.

SK-6 kuyusuna ait karotlar incelendiğinde marn, kıltaşı ve kumtaşı ardalanmasından oluştuğu tespit edilmiştir. Marnlar; zeytin yeşili, kirli yeşil, haki renklerde, ince orta katmanlı, jips ara bantları seyrek çatlaklıdır. Kıltaşları; alacalı, boz ve kahve renkli yumuşak bol ayrışmalı damar ve bant şeklinde jipsler yaygındır.



Şekil 4.23. SK-6 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri

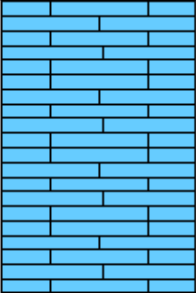
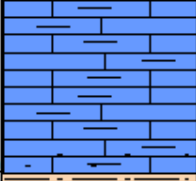
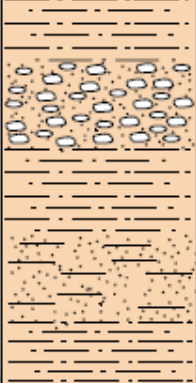


Şekil 4.24. SK-6 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017)

Kumtaşları; alacalı, boz ve açık kahve renkli sert sağlam kil bantları ara katkılı nodül ve mercek şeklinde jipsler mevcuttur. Karot numuneler Şekil 4.25.'te ve sondaj kuyusu verileri Şekil 4.26.'da gösterilmiştir.



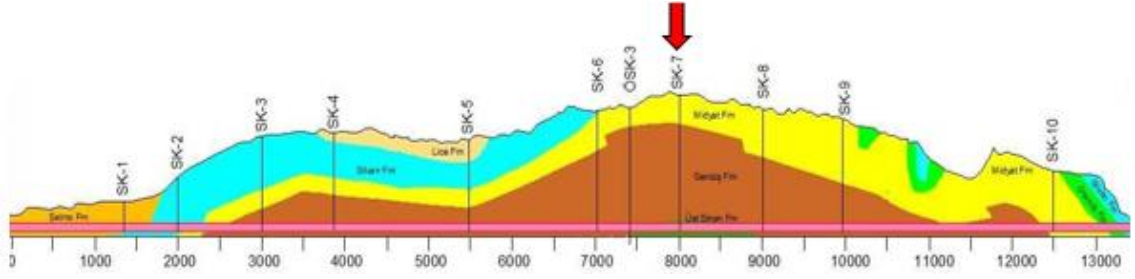
Şekil 4.25. SK-6 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)

Kuyu No: SK-6			Formasyon Adı	Derinlik (m)	Litoloji	Açıklama
Zaman	Devir	Devre				
SENOZOYİK	TERSİYER	ALT MİYOSEN	SİLVAN FM	230 m 531 m		Krem, beyaz, kirli sarı renkli, orta kalın tabakalı, yer yer tabakasız, bol çört yumrulu ve bol fosil kavkılı biyoklastik kireçtaşlarından meydana gelir.
		OLİGOSEN	MİDYAT FM			Beyaz, krem renkli, kalın tabakalı, erime özellikli ve karstik, bol tebeşirli, çok ince-ince kristalli ve erime gözeneklidir.
		ALT EOSEN	GERCÜŞ FM			Kiltaş, çamurtaş, kumtaş, konglomera ile temsil edilmektedir. Açık kahve, kiremit renkli, yumuşak ayrışmalı, çakıllı katmanlanma yer yer belirsizdir.

Şekil 4.26. SK-6 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)

4.7. SK-7 Kuyusu

Kuyu yeri Şekil 4.27.'de gösterilmiştir. Kuyu derinliği 603 m. olup 523 m.' ye kadar karotsuz ilerleme yapılmıştır. Kuyuya ait çalışmalar Şekil 4.28.'de gösterilmiştir. Kuyu lokasyonu; Antiklinalin merkezine gelen bu kesimde, ayrıca faylanmaya bağlı bir yükselim söz konusudur. Kireçtaşından sonra 561 m. ye kadar Gercüş formasyonu geçilmiş olup 561 – 602 m.'ler arasındaki son 41 m. de ise litolojik özellikleri itibari ile Gercüş formasyonuna benzerlik göstereceği içerisinde pirit ve hidrokarbon oluşum görülmesinden (Şekil 4.29.) dolayı Üst Sinan formasyonuna dâhil edilmesinin daha uygun olacağı düşünülmektedir (DSİ, 2017)



Şekil 4.27. SK-7 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri



Şekil 4.28. SK-7 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017)



Şekil 4.29. SK-7 kuyusuna ait Pirit ve hidrokarbon içerikli karotlar (DSİ,2017)

Kuyuda sırasıyla Midyat, Gercüş ve Üst Sinan formasyonu geçilmiştir. SK-7 kuyusuna ait karot numuneler Şekil 4.30.'da gösterilmiştir. Karot numuneler incelendiğinde; Üst Sinan formasyonuna ait kilitaşı, marn şeyl aralanmasının olduğu, kilitaşlarının koyu kahve renkli, ince-orta katmanlı, çatlakların jips dolgulu olduğu gözlemlenmiştir. Marnlar koyu, gri, kirli yeşil renkli, ince-orta katmanlı sert, gevrek, kırılğan, laminalı, pirit ve kalsit inklüzyonlu, yoğun kılcal çatlaklı çatlaklar asfaltit dolgulu olarak gözlemlenmiştir. Seyrek olarak kumtaşı ve konglomera arabantları görölmektedir. Sondaj kuyusuna ait veriler Şekil 4.31.'de gösterilmiştir.



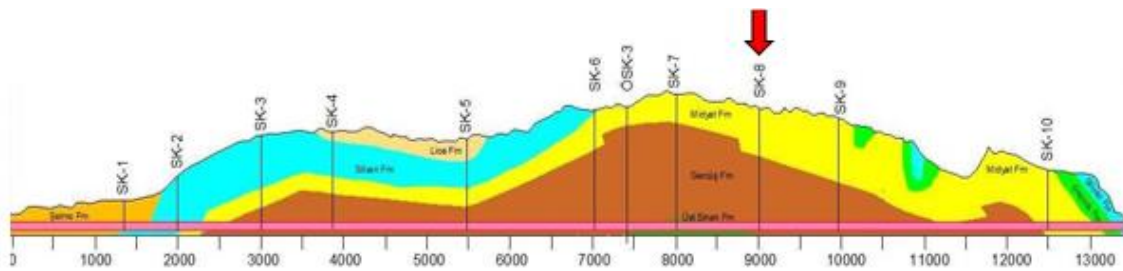
Şekil 4.30. SK-7 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)

Kuyu No: SK-7			Formasyon Adı	Derinlik (m)	Litoloji	Açıklama
Zaman	Devir	Devre				
SENOZOYİK	TERSİYER	OLİGOSEN	MİDYAT FM	116 m		Beyaz, krem renkli, kalın tabakalı, erime özellikli ve karstik, bol tebeşirli, çok ince ince kristalli ve erime gözeneklidir.
		ALT EÖSEN	GERCÜŞ FM	531 m		Kiltaş, çamurtaş, kumtaş, konglomera ile temsil edilmektedir. Açık kahve, kiremit renkli, yumuşak ayrışmalı, çakıllı katmanlanma yer yer belirsizdir.
		PALEÖSEN	ÜST SİNAN FM	602 m		Yer yer dolomitik. Yer yer kireçtaş, pirilti ve bitki kalıntılı şeyl ara bantları içeren karbonatlar.

Şekil 4.31. SK-7 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)

4.8. SK-8 Kuyusu

Kuyu derinliği 541 m. olup son 81 metresi karotlu açılmıştır. Kuyuda sırasıyla Midyat ve Gercüş formasyonları geçilmiştir. Kuyu yeri Şekil 4.32.'de ve Kuyuya ait çalışmalar Şekil 4.33'te gösterilmiştir.



Şekil 4.32. SK-8 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri

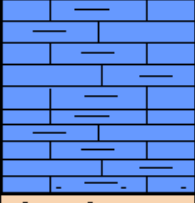
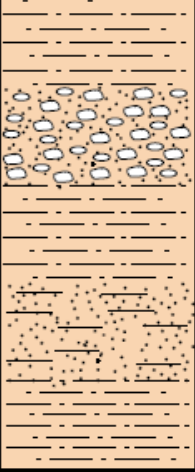


Şekil 4.33. SK-8 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017)

Kuyuya ait karot numuneler Şekil 4.34.'te ve sondaj kuyusuna ait verileri Şekil 4.35.'te gösterilmiştir. Karot numuneler incelendiğinde Gercüş formasyonuna ait konglomera ve kumtaşı-silttaşı ardalanmasından oluşan birimler geçilmiştir. Konglomeralar boz, kirli gri, kahverengimsi, sert yapılı, kalın katmanlı, polijenik çakıllı, kötü boylanmalı olup çatlak ve ayrışma içermemektedir. Kumtaşları bordo, kiremit renkli, seyrek çatlaklı, yer yer som, kalsit inklüzyonlu, çatlaklar kalsit dolgulu, kumtaşları ince taneli, iyi boylanmalı ve sıkı çimentoludur.



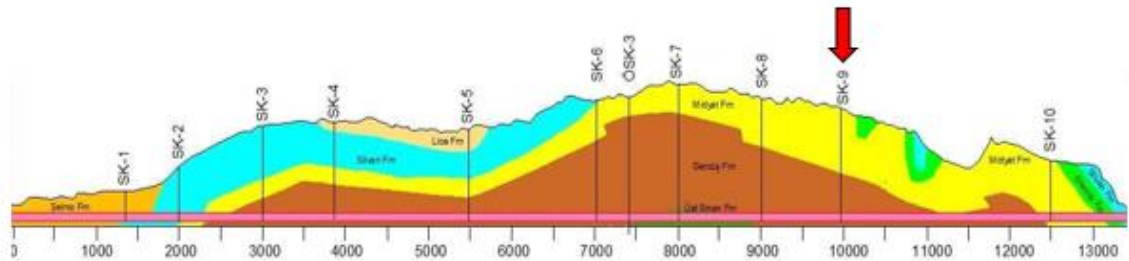
Şekil 4.34. SK-8 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)

Kuyu No: SK-8			Formasyon Adı	Derinlik (m)	Litoloji	Açıklama
Zaman	Devir	Devre				
SENOZOYİK	TERSİYER	OLİGOSEN	MİDYAT FM	225 m		Beyaz, krem renkli, kalın tabakalı, erime özellikli ve karstik, bol tebeşirli, çok ince ince kristalli ve erime gözeneklidir.
		ALT Eosen	GERCÜŞ FM	541 m		Kıtaşı, çamurtaşı, kumtaşı, konglomera ile temsil edilmektedir. Açık kahve, kiremit renkli, yumuşak ayrışmalı, çakıllı katmanlanma yer yer belirsizdir.

Şekil 4.35. SK-8 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)

4.9. SK-9 Kuyusu

Kuyu derinliği 501 m. olup son 81 metresi karotlu açılmıştır. Kuyuda sırasıyla Midyat ve Gercüş formasyonu geçilmiştir. Kuyu yeri Şekil 4.36'da ve kuyuya ait çalışmalar Şekil 4.37.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.36. SK-9 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri

Karot numuneler (Şekil 4.38.) incelendiğinde Gercüş formasyonuna ait kumtaşı-çamurtaşı-konglomera ardalanmasından oluşan birimler görülmektedir. Kumtaşları; koyu gri, boz renkte, sert, sağlam, dayanıklı, kalın katmanlı, oblik çatlaklar jips ve

anhidrit dolgulu, sıkı, kompakt, matriks çimentoludur. Ayrışmasız, az çatlaklıdır. Çamurtaşı; bordo, kahverengi, ince taneli, yumuşak, inceorta katmanlıdır.

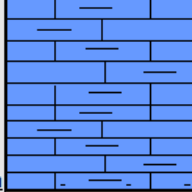
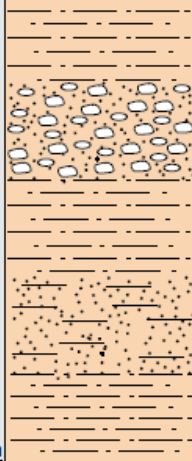


Şekil 4.37. SK-9 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017)

Koglomera; polijenik çakıllı, boz renkli, kötü boylanmalı, masif görünümlü, çakıllar silis, ofiyolit, metamorfik kökenli, sıkı çimentoludur. Tüm seviyelerde nodül ve arabantlar şeklinde jips ve anhidrit inklüzyonları görülmektedir. Sondaj kuyusuna ait verileri Şekil 4.39.'da gösterilmiştir.



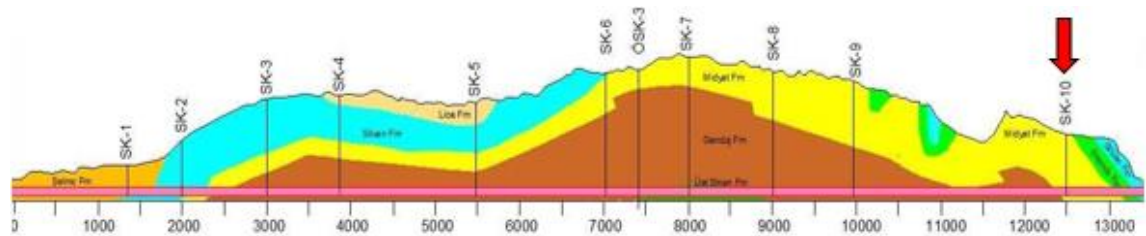
Şekil 4.38. SK-9 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)

Kuyu No: SK-9			Formasyon Adı	Derinlik (m)	Litoloji	Açıklama
Zaman	Devir	Devre				
SENOZOYİK	TERSİYER	OLİGOSEN	MİDYAT FM	265 m		Beyaz, krem renkli, kalın tabakalı, erime özellikli ve karstik, bol tebeşirli, çok ince-ince kristalli ve erime gözeneklidir.
		ALT Eosen	GERCÜŞ FM	501 m		Kıtaşı, çamurtaşı, kumtaşı, konglo mera ile temsil edilmektedir. Açık kahve, kiremit renkli, yumuşak ayrışmalı, çakıllı katmanlanma yer yer belirsizdir.

Şekil 4.39. SK-9 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)

4.10. SK-10 Kuyusu

Kuyu derinliği 273 m. olup son 83 metresi karotlu açılmıştır. Kuyuda Midyat formasyonu geçilmiştir. Kuyu yeri Şekil 4.40.'ta ve kuyuya ait çalışmalar Şekil 4.41.'de gösterilmiştir.

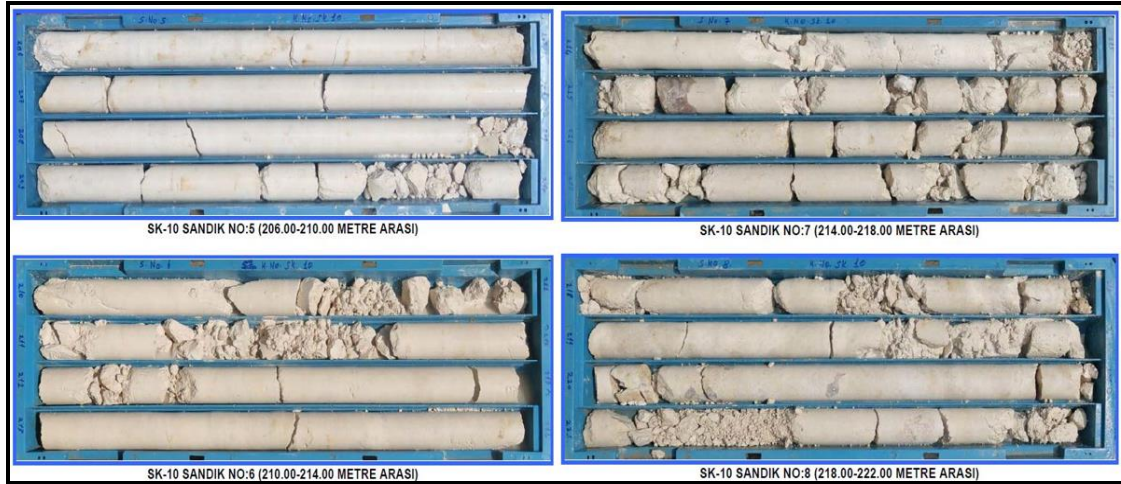


Şekil 4.40. SK-10 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri



Şekil 4.41. SK-10 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017)

Kuyuya ait karot numuneler (Şekil 4.42.) incelendiğinde Midyat formasyonuna ait kireçtaşları; kirli beyaz, bej renkli, killi-tebeşirli, orta sertlikte, yer yer yumuşak, orta-kalın katmanlı, ayrışmalı, iri çört çakıllı, gerilme çatlaklı, çatlak yüzeyleri pürüzlü, kısmen kalsit sıvamalıdır. Sondaj kuyusuna ait veriler Şekil 4.43.'te gösterilmiştir.



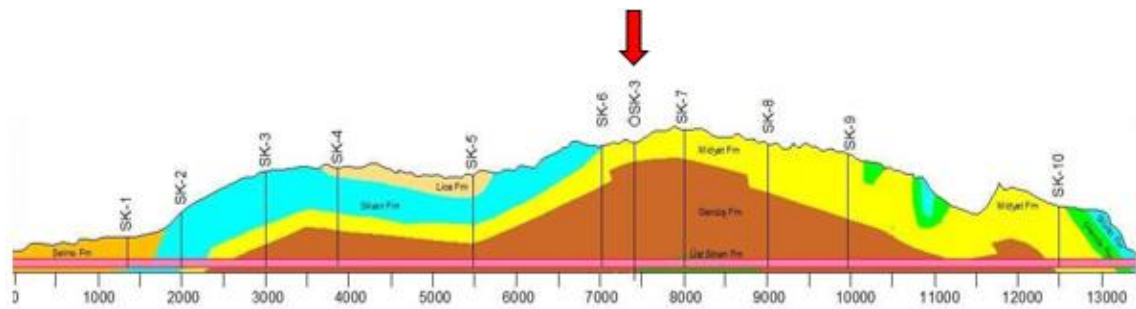
Şekil 4.42. SK-10 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)

Kuyu No: SK-10			Formasyon Adı	Derinlik (m)	Litoloji	Açıklama
Zaman	Devir	Devre				
SENOZOYİK	TERSİYER	OLİGOSEN	MİDYAT FM	273 m		Beyaz, krem renkli, kalın tabakalı, erime özellikli ve karstik, bol tebeşirli, çok ince-ince kristalli ve erime gözeneklidir.

Şekil 4.43. SK-10 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)

4.11. ÖSK-3 Kuyusu

Bu kuyu antiklinal eksenine yakın SK-6 ile SK-7 arasında (Şekil 4.44.) ilave kuyu olarak açılmıştır. Kuyu derinliği 603 m. olup son 380 metresi karotlu açılmıştır.



Şekil 4.44. ÖSK-3 kuyusunun jolojik enine kesit haritasındaki yeri

Kuyuda sırasıyla Midyat ve Gercüş formasyonu geçilmiştir. Kuyuya ait çalışmalar Şekil 4.45.'te gösterilmiştir.

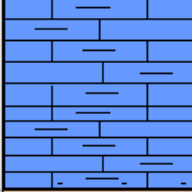
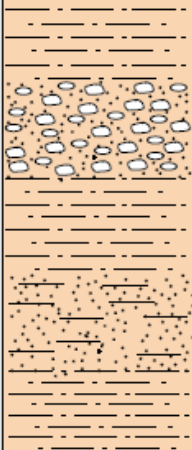


Şekil 4.45. ÖSK-3 kuyusuna ait çalışmalar (DSİ,2017)

Karot numuneler incelendiğinde (Şekil 4.46.) Gercüş formasyonu, kıltaşı, kumtaşı, konglomera birimlerinden oluştuğu gözlemlenmiştir. Kıltaşları koyu kahve, bordo renkli, orta sert, dayanıklı, pekişmiş, sık dokulu, siltli, az ayrışmalı, seyrek kılcal çatlaklı, kırılma yüzeyi düz ve pürüzlü, tabanda jips bant ve nodülleri içermekte olup yer yer konglomera ara katmanları görülür. Konglomeralar orta-kalın katmanlı, koyu kahve, boz, alacalı renklerde, sert, sağlam, dayanıklı, sıkı matriks çimentolu; kumtaşıları som, kalın katmanlı, seyrek silis ve kalker çakıllı, seyrek çatlaklı ve ayrışmasızdır. Sondaj kuyusuna ait verileri Şekil 4.47.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.46. ÖSK-3 kuyusuna ait karot sandıkları (DSİ,2017)

Kuyu No: ÖSK-3			Formasyon Adı	Derinlik (m)	Litoloji	Açıklama
Zaman	Devir	Devre				
SENOZOYİK	TERSİYER	OLİGOSEN	MİDYAT FM	223 m		Beyaz, krem renkli, kalın tabakalı, erime özellikli ve karstik, bol tebeşirli, çok ince-ince kristalli ve erime gözeneklidir.
		ALT Eosen	GERCÜŞ FM	603 m		Kıltaşı, çamurtaşı, kumtaşı, konglomera ile temsil edilmektedir. Açık kahve, kiremit renkli, yumuşak ayrışmalı, çakıllı katmanlanma yer yer belirsizdir.

Şekil 4.47. ÖSK-3 kuyusuna ait sondaj logu (ölçeksiz)

5. JEOTEKNİK ÇALIŞMALAR

Jeoteknik çalışmalar için yapılan laboratuvar deneyleri, tünel güzergâhında karotlu ilerleme yapılan 80 m.'lik karotlu kesimde yapılmıştır. Karot örneklerinin ayrıntılı deskripsiyonu yapılmış, kaya kusurları ile kaya kalitesini belirleyen çatlak, eklem, ayrışma derecesi, karot ve RQD yüzdeleri gibi parametreler tespit edilmiştir. Tünel güzergâhında açılan her sondaj kuyusundan 3'er adet örnek almak üzere toplam 33 adet karot numunesi üzerinde deney yaptırılmıştır. Karot numunelerde bir tanesi tünel eksenlerinden, diğerleri eksenin 5 m altından ve 5 m üstünden alınmıştır. Kayaçların jeomekanik parametrelerini belirlemek amacıyla, Alinteri Bulvarı, 1151. Sokak, Gl-86 Sitesi, No:1/08 Ostim / ANKARA adresinde faaliyet gösteren AKADEMİ Zemin ve Kaya Mekaniği Laboratuvarı'na gönderilmiştir. Bu örnekler üzerinde;

- birim hacim ağırlığı
- poisson oranı
- içsel sürtünme açısı
- elastisite modülü
- nokta yükleme deneyi
- Üç eksenli basınç deneyi

-tek eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Karot örnekleri laboratuvar deney sonuçları tablo 5.1.'de gösterilmiştir. Bu deney sonuçları ile Terzaghi sınıflaması, Kaya Kütlesi Değerlendirme Sistemi (RMR) ve Kaya Kütlesi Sınıflaması (Q) tablolarından yararlanılmıştır. Tünelde kazı-destek sistemleri için en uygun formülasyon ortaya konmuş olup tünel tasarımında güvenli bir kazı ve destekleme modeli belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla tünel güzergâhı boyunca geçilen birimlerin litolojik özellikleri, süreksizlikler, yeraltısuyu durumu, dayanım parametreleri, davranışları, kaya kalitesi, jeomekanik kaya kütlesi değerlendirme analizleri yapılmıştır.

Tablo 5-1. Laboratuvar Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Elastisite Modülü	Poisson Oranı ν	Doğal Birim Hacim Ağırlığı Kn/m ³	Yenileme Yüğü (P) (kN)	Yenileme Yüğü (P) (kg)	Tek eksenli basınç deneyi		Nokta yükleme deneyi		Kayada üç eksenli basınç deneyi	
							Mpa	kgf/cm ²	Mpa	kgf/cm ²	C Mpa	θ (o)
		Deney standardı										
SK-1	64.0 64,4	4.90	0.347	22.28	55.9	5700	17.9	183	-	-	-	-
SK-1	75,2 75,6	5.34	0.330	22.69	62.3	6353	20.0	204	-	-	4.5	37
SK-1	84,4 84,8	4.45	0.354	22.41	51.6	5262	16.6	169	-	-	-	-
SK-2	175,0 175,5	18.36	0.245	25.91	186.4	19007	59.8	610	-	-	10.8	48
SK-2	184,4 184,8	15.74	0.260	25.72	162.9	16611	52.3	533	-	-	9.8	46
SK-2	194,0 194,4	20.02	0.215	26.20	208.4	21251	66.9	682	-	-	11.5	49
SK-3	354,6 355,0	6.76	0.309	23.17	72.7	7413	23.3	238	-	-	5.3	38
SK-3	365,0 365,3	-	-	21.91	3.0	306	-	-	0.76	7.7	-	-
SK-3	374,5 374,9	-	-	21.60	2.1	214	0.7	7	-	-	-	-
SK-4	363,0 363,4	12.90	0.271	24.96	136.6	13929	43.8	447	-	-	-	-
SK-4	375,0 375,3	-	-	22.88	4.0	408	-	-	1.01	10.3	-	-
SK-4	384,6 385,0	-	-	25.12	14.7	1499	-	-	3.70	37.8	-	-
SK-5	335,2 335,6	12.30	0.279	24.66	126.2	12869	40.5	413	-	-	8.2	43
SK-5	345,1 345,5	9.64	0.289	24.24	99.0	10095	31.8	324	-	-	-	-
SK-5	354,6 355,0	12.75	0.265	24.45	135.1	13776	43.3	442	-	-	8.8	43
SK-6	463,8 464,2	8.52	0.302	25.33	85.2	8688	49.1	501	-	-	-	-
SK-6	476,2 476,6	8.88	0.310	25.42	88.1	8984	50.8	518	-	-	-	-

SK-6	484,0 484,2	7.67	0.294	25.53	90.5	9228	52.2	532	-	-	-	-
SK-7	534,6 534,8	-	-	24.04	3.3	337	1.9	19	-	-	-	-
SK-7	544,7 545,0	ALINAN NUMUNE DENEY YAPMAYA UYGUN OLMADIĞINDAN NUMUNE ÜZERİNDE DENEY YAPILMAMIŞTIR.										
SK-7	554,2 554,5	5.32	0.358	24.14	53.2	5425	30.7	313	-	-	-	-
SK-8	475,0 475,4	6.79	0.305	23.96	85.9	8759	27.6	281	-	-	-	-
SK-8	484,6 485,0	9.47	0.291	24.27	98.7	10064	31.7	323	-	-	-	-
SK-8	494,1 494,5	11.19	0.274	24.74	114.3	11655	36.7	374	-	-	-	-
SK-9	434,2 434,6	12.49	0.269	24.94	132.0	13460	42.3	432	-	-	8.5	44
SK-9	445,6 446,0	13.44	0.278	25.14	139.0	14174	44.6	455	-	-	8.7	44
SK-9	455,4 455,7	11.24	0.272	24.64	119.8	12216	38.4	392	-	-	7.8	42
SK-10	204,1 204,5	9.42	0.286	24.24	106.6	10870	34.2	349	-	-	7.0	42
SK-10	214,0 214,4	-	-	23.66	9.1	928	-	-	2.29	23.4	-	-
SK-10	225,2 225,6	6.06	0.333	23.39	65.4	6669	21.0	214	-	-	5.0	36
ÖSK-3	535,1 535,6	6.05	0.324	25.03	76.7	7821	44.2	451	-	-	-	-
ÖSK-3	546,0 546,4	6.84	0.330	24.54	69.5	7087	40.1	408	-	-	-	-
ÖSK-3	555,6 555,9	5.83	0.343	24.24	64.9	6618	37.4	381	-	-	-	-

5.1. Tünel Güzergahının Geçirimliliği

Yapılan çalışmalar neticesinde Alternatif Silvan Tüneli 2+695–11+875 km. arasında olmak üzere toplamda 9.180 m. Gercüş formasyonu delinecektir. Tünel güzergahında açılan sondaj kuyularında BST (Basıncılı Su Testi) deneyleri yapılmamıştır.

Çalışma alanının yakın çevresinde açılmış ve BST deneyi yapılmış kuyulardan alınan bilgilere göre Şelmo formasyonu az geçirimli-geçirimsiz, Silvan formasyonu Geçirimli, Midyat formasyonu Çok geçirimli-geçirimli ve Gercüş formasyonunun ise geçirimsiz-az geçirimli özellikte olduğu tespit edilmiştir.

5.2. Tünel Güzergahının Duraylılığı

Alternatif Silvan Tünelinde çıkıştan itibaren sırayla; Şelmo, Silvan, Midyat ve Gercüş formasyonları geçilmektedir. Bu birimlerin jeoteknik özellikleri somut verilerle ortaya konduktan sonra güzergâh boyunca tünel eksenini ve yakın çevresinde yer alan kayanın davranışı ve stabiliteye etkisi belirlenmiş olacaktır. Burada genel olarak, jeolojik birimlerin litolojik, fiziksel özellikleri ile katmanların konumu ve geometrisinin duraylılığa etkisinden söz edilecektir.

Şelmo formasyonu, Alternatif Silvan Tüneli'nin çıkış ağzında mostra vermektedir. Kilitaşı, silttaşı, kumtaşı ve konglomeralardan oluşan birim, yumuşak-orta sert kayalardan oluşmaktadır. Yumuşak, ayrışmalı kilitaşlarının yanı sıra, sert dayanıklı kumtaşı ve konglomera düzeyleri de içermektedir. İnce ve kaba detritiklerden oluşan litolojiler, yanal ve düşey yönde geçişlidir. Bu formasyonda açılan SK-1 kuyusunda yeraltı suyu bulunmamaktadır. Ancak kumtaşı ve konglomera düzeyleri bir miktar su içermekte, bu nedenle sızıntı şeklinde su gelişlerine yol açabilmektedir. Bu nedenle yumuşayan birim tabaka düzlemleri boyunca kaygan yüzeyler oluşturmaları beklenmelidir.

Silvan formasyonu, sert, sağlam, dayanıklı olup stabilite yönünden güvenlidir. Bu birimdeki kartslaşmadan kaynaklanan mağaralar, kil dolgulu karstik boşluklar ve fay zonları kayadaki zayıflıkları oluşturan unsurlardır. Muhtemel fay zonları, paralanma ve ayrışma nedeniyle geçilirken önlem alınması gereken kesimlerdir. Silvan'ın kuzeyinde yüzeyleyen kalkerler, faylanma nedeniyle, yaklaşık 60° ile güneye eğimlidir. Silvan Formasyonunda ayrışma çok az olup, genellikle masif görünümündedir. Tabaka düzlemleri boyunca bir hareket beklenmemektedir. Ancak eklem setlerinin yoğunluk kazandığı alanlarda, lokal duraylılık sorunları beklenmelidir.

Midyat formasyonu killi, tebeşirli kesimlerde orta sert, kristalize olan ve seyrek karstlaşma emareleri taşıyan kesimlerde sert ve dayanıklıdır. Orta-kalın katmanlı olup duraylılık yönünden önemli bir sorun oluşturmayaacağı düşünülmektedir. Killi, tebeşirli seviyelerde yer yer ayrışma ve oksidasyonlar gözlenebilmektedir. Yeraltı suyu barındıran birimde tünel kazı çalışmalarında önemli su gelişleri öngörülmektedir.

Gercüş formasyonu tünel güzergâhı boyunca en yaygın birimi oluşturmaktadır. Bu formasyon evaporit içerikli olup kilitaşı, kumtaşı, çamurtaşı ve konglomeralardan oluşmaktadır. Kilitaşı, çamurtaşı düzeylerinde ayrışma yaygın, kumtaşı ve konglomeralarda daha seyrek rastlanır. Jips ve anhidritler, çatlak dolgulu, nodül ve

inklüzyonlar şeklinde, bazı kesimlerde arabantlar halinde bulunur. Ortamda su olmaması nedeniyle taze ve orijinal konumdadırlar. Gercüş formasyonunda ince taneli klastiklerin egemen litolojiyi oluşturması su hareketlerine yol vermemektedir.

5.3. Kaya Sınıflama Sistemleri

Çalışma alanında, tünel güzergâhlarında geçilen formasyonların kayaç türleri, saha çalışmaları ve karot örnekleri üzerinde yapılan ayrıntılı deskripsiyon çalışmaları ile muhtelif noktalardan alınan karotlar üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda, kayaçların fiziksel ve jeoteknik parametreleri ortaya konmuştur. Karot örnekleri üzerinde yapılan incelemelerde karot ve RQD yüzdeleri, çatlak ve eklem sayısı, ayrışma derecesi, katman durumu belirlenmiş, kaya mekaniği laboratuvarında yapılan deneylerle de, doğal birim hacim ağırlık, elastisite modülü, poisson oranı, tek eksenli basınç dayanımı, nokta yükleme deneyi, kohezyon ve içsel sürtünme açısı gibi jeoteknik parametreler saptanmıştır. Bu parametreler tünel eksenine 5'er metre altında ve üstünden alınan örneklerle ilişkindir. Litolojik özelliklerin sıklıkla değişim gösterdiği bazı formasyonlarda (Şelmo ve Gercüş formasyonları) dinamik ortamdan kaynaklanan fasiyes değişiklikleri nedeniyle, jeolojik birimi bütünüyle temsil edememe ihtimali de bulunmaktadır. Ancak her sondajdan alınan 3'er adet numune ile tünel eksenine ve eksenine 5'er m. altına ve üstüne ilişkin kaya kütlesi oranı ile kaya kütlesi kalitesinin belirlenmesi ve kazı-destek durumunun ortaya konması sağlanmış olacaktır.

Kaya kütlesi sınıflama sistemleri, mühendislik tasarımının doğrudan yapılması sağlayacak bir araç olarak değerlendirilmemelidir. Bu sistemler, nihai tasarımın yapılabilmesi için tasarım hedefleri ve sahanın jeolojisi de dikkate alınarak, gözleme dayanan, analitik ve nümerik çözümleme teknikleriyle birlikte kullanılmalıdır. Bu sistemler doğru kullanıldıkları zaman ön tasarımda yararlı birer araç olabilmektedir.

Alternatif Silvan Tüneli güzergâhında geçilen formasyonların en kötü koşullarda ve ortalama değerlere göre;

1-Terzaghi Kaya Yüğü Sınıflaması

2- RMR (Kaya kütlesi oranı)

3-Q (Kaya kütlesi kalitesi) sistemlerine göre belirlenmeye çalışılmıştır.

5.3.1. Kaya Yüğü Sınıflama Sistemi (Terzaghi Sınıflaması)

Terzaghi (1946) tarafından önerilen bu sistem, tünellerde çelik destek tasarımı için kaya yüklerinin değeriendirilmesi amacıyla geliştirilmiş ilk rasyonel kaya sınıflama sistemidir. Bu sistem, son 50 yıl süreyle çelik desteklerin tünel kazılarında yaygın şekilde kullanılmış olması nedeniyle, önemli bir gelişme olarak kabul edilmiş ve uygulanmıştır. Sınıflandırmaya esas olan ölçütler Tablo 5.2. 'de gösterilmiştir. Ancak Deere vd. (Bieniawski, 1989) daha sonra Terzaghi sınıflama sisteminde bazı değışiklikler yaparak ve RQD kavramını da sisteme dahil ederek bu sistemi Tablo 5.3.'te modifiye etmişlerdir. Tünel güzergâhında geçilen birimlere ait Terzaghi Sınıflaması yapılırken bu iki tablo referans alınacaktır.

Tablo 5-2. Kaya Yüğü Sınıflama Sistemi (Terzaghi, 1946)

Sınıf No.	Fiziksel Özellik	Açıklama	Kaya Yüğü H_p (m)	Destek
1	Sağlam ve çatlaksız	Mağmatik kayalar, tabaka kalınlığı tünel boyutunun yanında önemsiz kalan sedimanter kayalar.	0	Eğer parçalanma ve patlama oluyorsa, sadece hafif kaplama gereklidir.
2	Sağlam tabakalı veya şistozite yüzeyli	Seyrek eklemli ve çatlaklı sedimanter kayalar, çok hafif metamorfizma geçirmiş şistler.	0.0.5 B	Ayrılmalara karşı koruyucu önlem olarak hafif destek.
3	Tabakasız, orta derecede eklemli	Mağmatik, metamorfik sedimanter kayalar: Orta derecede eklemli ve çatlaklı, çatlaklar arasında kuvars ve kalsit gibi bağlayıcılar iyi, kil kötü yönde etkir.	0-0.25 B	Yük, bir noktadan diğerine ani olarak değışebilir.
4	Parçalı ve çatlaklı	Makaslama ve fay zonlarının yakınında ortalama 10 cm'den büyük aralıklı eklemli, çatlaklı ve parçalanmış kayalar.	0.24 B-0.35 (B+H _i)	Yan basınç yok.
5	Çok parçalı ve çatlaklı	Makaslama ve fay zonlarında 10 cm'den ufak aralıklı, çok parçalı, çatlaklı kayalar.	0.35-1.10 (B+H _i)	Yan basınç yok veya çok az.
6	Tamamen parçalanmış, ancak kimyasal yönden ayrışmamış	Tamamen parçalanmış, sıkışmamış, kohezyonu çok düşük, ince taneli hale gelmiş veya kimyasal ve fiziksel etkilerle belirli bir sürede bu hale gelebilen kaya.	1.10 (B+H _i)	Önemli miktarda yan basınç. Tünelin tabanına doğru sızıntı etkisiyle yumuşama, sürekli destek gerektirir (daireseel destek).
7	Sıkışabilen kaya (orta derinlikte)	Killer ve kil minerallerini içeren kayalar.	(1.10-2.10) (B+H _i)	Çok fazla yan basınç, kaplama gerekir. Dairesel destek önerilir.
8	Sıkışabilen kaya (çok derinde)	Az şişen killer (kaolen mineralli)	(2.10-4.50) (B+H _i)	Çok fazla yan basınç, kaplama gerekir. Dairesel destek önerilir.
9	Şişen	Çok şişen killer (montmorillonit, bentonit vb.)	450 (B+H _i)-75m	Dairesel destek gereklidir. Daha kötü durumlarda esnek destek kullanılır.

Tablo 5-3. Modifiye Edilmiş Terzaghi Kaya Yüğü Sınıflaması (Bieniawski, 1989'dan)

Kaya kütlesi özelliğı	RQD (%)	Kaya yüğü, Hp (ft)	Açıklamalar
1. Sağlam ve çatlaksız	95-100	0	Terzaghi (1946)'daki gibi
2. Sağlam, tabakalı veya şistozite yüzeyleri içeren	90-99	0-0.5B	Terzaghi (1946)'daki gibi
3. Masif, orta derecede eklemlili	85-95	0-0.25B	Terzaghi (1946)'daki gibi
4. Parçalı (bloklı) ve çatlaklı	75-85	0.25B-0.20 (B+H _t)	4, 5, 6 no.lu kaya türleri için kaya yüğü değerlerinde yaklaşık %50 azaltma uygulanır. Çünkü yeraltısu tablasının kaya yüğü üzerinde çok az etkisi vardır (tünel su tablası üzerinde ise)
5. Çok bloklı ve çatlaklı	30-75	(0.20-0.60) (B+H _t)	
6. Tamamen parçalanmış ancak kimyasal anlamda ayrıışmamış	3-30	(0.6-1.10) (B+H _t)	
6.a. Kum ve çakıl	0-3	(1.10-1.40) (B+H _t)	
7. Sıkışabilen kaya (orta derinlikte)	U ^a	(1.10-2.10) (B+H _t)	Terzaghi (1946)'daki gibi
8. Sıkışabilen kaya (çok derinde)	U ^a	(2.10-4.50) (B+H _t)	Terzaghi (1946)'daki gibi
9. Şişen kaya	U ^a	250 ft'in (80 m) üzerinde (B+H _t)'nin değerine bakılmaksızın	Terzaghi (1946)'daki gibi
U ^a : RQD uygulanmaz			

5.3.2. RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi

İlk kez Bieniawski (1973) tarafından önerilen bu sistem birkaç kez modifiye edildikten sonra 1989'da yapılan değişikle son şeklini almıştır. RMR kaya kütle sınıflama sistemi belirlenirken 6 parametreden yararlanılır. Bu parametreler;

1. Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c),
2. RQD,
3. Süreksizlik aralığı,
4. Süreksizliklerin durumu (devamlılık, pürüzlülük, dolgu, bozunma, açıklık),
5. Yeraltısuyu koşulları,
6. Süreksizliklerin yönelimi (tünel açım yönü ile süreksizliklerin ilişkileri).

Kaya kütlesinin RMR değeri belirlenirken Bieniawski (1989)'daki son versiyonu kullanılarak sistemin ilk beş parametresinin puanları Bieniawski (1989) tarafından önerilen Tablo 5.4.'ten yararlanarak belirlenir. Bu ilk beş parametreden elde edilen puanlar toplanarak temel RMR değeri elde edilir. Bundan sonraki aşama ise süreksizliklerin eğimleri ve eğim yönlerinin etkisi tespit edilmesi (Tablo 5.5.) ve altıncı parametrenin puanı süreksizlik yönelimine göre düzeltme puanı Tablo 5.6.'da belirlenmesidir. Elde edilen değerlerden 0-12 puan arasında bir azalmaya gidilerek nihai RMR değeri elde edilir. Elde edilen RMR değerinden (Tablo 5.7.) kaya kütlesi 0-100 arasındaki bir puan aralığında “çok iyi kayadan” – “çok zayıf kayaya” kadar kaya sınıflaması belirlenmiş olur. Belirlenen bu sınıflama Tablo 5.8.'de ne anlama geldiği belirlenir. Tablo 5.9.'da RMR sistemine göre tünel kazıları ve destekleme sisteme belirlenir. Ayrıca Tablo 5.10.'da verilen RMR sınıflama sistemine göre yeraltındaki boşlukların desteksiz kalabilme süresini tahmin abağı gösterilmiştir.

Eğer tünel içerisinde patlatma etkisi (AB), zayıflık düzlemleri (Aw) ve gerilme değişimleri (AS) varsa Laubscher (1977) ile Kendorski ve diğer. (1983) tarafından belirtilen bu düzeltme faktörlerinin RMR hesaplamasında göz önüne alınması gerekmektedir. Bu çalışmada RMR'ın 1989 versiyonu Bieniawski (1989) kullanılmıştır.

Sistemin uygulanması için, kaya kütlesi belirli özellikleri açısından benzerlik taşıyan yapısal bölgelere ayrılır. Kaya türünün veya süreksizlikler arası mesafenin uniform olduğu yapısal bölgelerle yaygın olarak karşılaşılabılır. Bu bölgeler belirlendikten sonra, kazı aynaları boyunca veya sondajlı bir çalışma yapılıyorsa her ilerlemede sınıflandırmanın gerektirdiği parametreler tayin edilir.

Tablo 5-4. RMR Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi (Bieniawski, 1989)

1*	Kaya malzemesinin dayanımı	Nokta yükü dayanım indeksi	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Düşük aralıklar için tek eksenli dayanım		
		Tek eksenli sıkışma dayanımı	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Puan		15	12	7	4	2	1	0
2*	Kaya kalite göstergesi, RQD		%90-%100	%75-%90	%50-%75	%25-%50	< %25		
	Puan		20	17	13	8	3		
3*	Süreksizlik aralığı		> 2 m	0.6-2m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
	Puan		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin durumu		Çok kaba yüzeyler Sürekli değil Ayrılma yok Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma < 1 mm Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma < 1 mm Yumuşak eklem yüzeyleri	Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu < 5 mm veya 1-5 mm açık eklemler, sürekli eklemler	Yumuşak fay dolgusu > 5 mm kalınlıkta veya açık eklemler > 5 mm devamlı süreksizlikler		
	Puan		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı suyu	Tünelin 10m'lik kısmından gelen su	Yok	10 lt/dk	< 25 lt/dk	25-125 lt/dk	> 125 lt/dk		
			Veya		Veya	Veya	Veya		
		Oran	0	0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
		Genel koşullar	Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı		
	Puan		15	10	7	4	0		

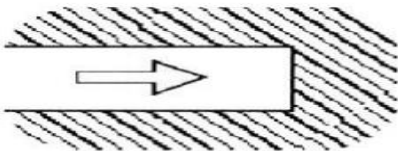
* İlgili abaklardan tayin edilir

(1 MPa = 10.197 kg/cm²)

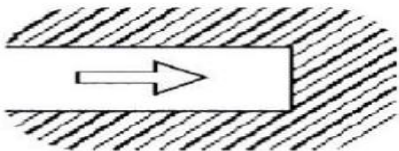
Tablo 5-5. Tünelde Süreksizlik Eğim ve Eğim Yönünün

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

Doğrultu tünel eksenine dik



Eğim yönünde ilerleme



Eğime karşı yönde ilerleme

Tablo 5-6. Süreksizlik Yönelimine Göre Düzeltme

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

Tablo 5-7. 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

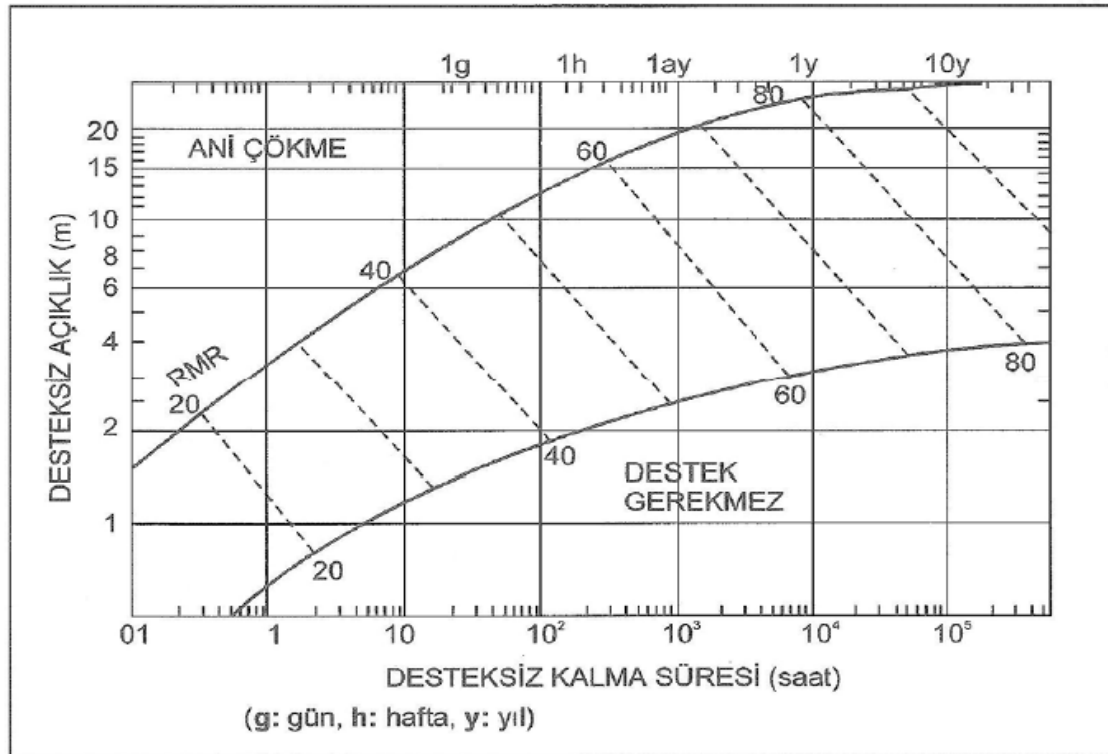
Tablo 5-8. Kaya Sınıfların Anlamı

Sınıf No.	I	II	III	IV	V
Ortalama desteksiz kalabilme süresi	15 m açıklık için 20 yıl	10 m açıklık için 1 yıl	5 m açıklık için 1 hafta	2.5 m açıklık için 10 saat	1 m açıklık için 30 dakika
Kaya kütlelerinin kohezyonu (kPa)	> 400	300-400	200-300	100-200	< 100
Kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı (derece)	> 45	35-45	25-35	15-25	< 15

Tablo 5-9. RMR Sistemine Göre Tünel Kazıları ve Destekleri (Bieniawski, 1989)

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

*20 mm çaplı tamamen reçine bağlantılı

Tablo 5-10. RMR Sınıflama Sistemine Göre Yeraltı Açıklıklarının Desteksiz Kalabilme Süresi Tahmini (Bieniawski, 1989)

5.3.3. Q Sınıflama Sistemi

Bu sınıflama 1974 yılında Barton ve arkadaşları tarafından Norveç Jeoteknik Enstitüsü'nde geliştirilmiş bir sınıflamadır. Özellikle tünel destek tasarımları için kaya kütlelerinin mühendislik sınıflamalarında kullanılır. Sistem birbirinden bağımsız altı adet parametreyi esas almakta olup, bu parametre değerleri Tablo 5.11.'de gösterilmiştir. Q değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Bu sınıflama sistemi aşağıda gösterilen kaya niteliğinin altı parametresini içerir;

- 1- RQD (Kaya eklem gösterdesi)
- 2- J_n (Eklem takımı sayısı)
- 3- J_r (Eklem pürüzlülük sayısı)
- 4- J_a (Eklem alterasyon sayısı)
- 5- J_w (Eklem su azaltma faktörü)
- 6- SRF (Gerilme azaltma faktörü)

Formülde; RQD / J_n kaya kütlelerinin genel yapısını ve blok boyutunun, J_r / J_a bloklar arası kayma dayanımının, J_n / SRF tünel içerisindeki aktif gerilme değerinin bir göstergesidir.

Kazının mekanik davranışını ve tahkimat gerektirip gerektirmediğini bulabilmek için Barton ve Diğer. (1974) kazı çapının veya yüksekliğinin kazı tahkimat oranına (ESR) bölümünü belirten eşdeğer boyut (D_e) kavramını tanımlamışlardır.

$$\text{Eşdeğer Boyut (D}_e\text{)} = \frac{\text{Kazı Çapı (m)}}{\text{Kazı Tahkimat Oranı (ESR)}}$$

Tahkimatsız maksimum açıklık, S_{max} (m.):

S_{max} = 2.(ESR).Q^{0,4} formülü ile bulunur.

Barton ve diğer. (1974)'e göre Q sisteminde “son derece zayıftan” – “son derece iyiye” kadar 9 adet kaya kalitesi ve 38 adet destek sınıfı bulunmaktadır. Daha sonra Grimstad ve Barton (1993) tünelcilikte fiber katkılı püskürtme beton uygulamalarını göz önünde bulundurmak amacıyla destek sınıfını 9 kategoriye ayırarak Q-kaya sınıflaması ile ilgili yeni bir düzenleme getirmişlerdir (Şekil 5.12.).

Tablo 5-11. Q Sisteminin Girdi Parametreleri ve Değerleri (Grimstad ve Barton, 1993)

1. RQD		KAYA KALİTE GÖSTERGESİ TANIMI
0-25		A. Çok zayıf
25-50		B. Zayıf
50-75		C. Orta
75-90		D. İyi
90-100		E. Çok iyi (mükemmel)
Not: (1) RQD < 10 (0 dahil) ise Q'nun hesaplanmasında RQD için 10 gibi nominal bir değer kullanılır. RQD için 100, 95, 90... vb. gibi 5'lik aralıklar yeterlidir.		
2. EKLEM TAKIMI SAYISI		(J _n)
A. Masif, eklem çok az veya hiç yok		0,5-1,0
B. Bir eklem takımı		2
C. Bir eklem takımı ve gelişigüzel eklemler		3
D. İki eklem takımı		4
E. İki eklem takımı ve gelişigüzel eklemler		6
F. Üç eklem takımı		9
G. Üç eklem takımı ve gelişigüzel eklemler		12
H. Dört veya daha fazla eklem takımı, gelişigüzel çok fazla sayıda, küp şeker görünümünde		15
I. Parçalanmış kaya, toprak görünümünde		20
Not: (2) Arakesitler (kesişen tüneller) için (3.0 x J _n) kullanılır. (3) Tünel girişleri için (2.0 x J _n) kullanılır.		
3. EKLEM PÜRÜZLÜLÜK SAYISI		(J _r)
(a) Süreksizlik-kaya dokanağı ve (b) 10 cm'lik bir makaslamadan önceki süreksizlik-kaya dokanağı		
A. Süreksiz eklemler		4
B. Pürüzlü veya düzensiz, dalgalı		3
C. Düz, dalgalı		2
D. Kaygan, dalgalı		1,5
E. Pürüzlü veya düzensiz, düzensel		1,5
F. Düz, düzensel		1,0
G. Kaygan, düzensel		0,5
Not: (4) Bu sıralamada tanımlamalar, küçük ve ara ölçekli özellikleri göstermektedir.		

Tablo 5.11.'in devamı.

EKLEM ALTERASYON SAYISI		J _s	φ(yaklaşık)
(a) Kaya-süreksizlik dokanağı (mineral dolgusu yok, sadece yüzey kaplaması)			
A.	Yüzeyler sıkı, sert, yumuşamayan geçirimsiz dolgu (örneğin kuvars veya epidot)	0.75	—
B.	Eklem yüzeyinde değişim yok, sadece yüzey sıvaması var	1	25-30 ⁰
C.	Çok az değişime (bozunmaya) uğramış süreksizlik yüzeyleri. Yumuşamayan mineral kaplamaları, kum taneleri, kil içermeyen bozunmamış kaya vb.	2	20-25 ⁰
D.	Siltli veya kumlu kil kaplamaları, çok az ve yumuşamayan kil içeriği	3	20-25 ⁰
E.	Yumuşamayan veya düşük sürtünmeye sahip kil kaplama (örneğin kaolinit veya mika). Ayrıca klorit, talk, jips, grafit vd. ile az miktarda şişen killler	4	8-16 ⁰
(b) 10 cm'lik makaslamadan önceki süreksizlik kaya dokanağı (ince mineral dolguları)			
F.	Kum taneleri, kil içermeyen bozunmamış kaya vd.	4	25-30 ⁰
G.	Aşırı konsolide olmuş yumuşamayan kil minerali dolguları (sürekli, ancak kalınlığı <5 mm)	6	16-24 ⁰
H.	Orta ve düşük derecede aşırı konsolidasyona maruz kalmış, yumuşayan kil minerali dolguları (sürekli, ancak kalınlığı <5 mm)	8	12-16 ⁰
J.	Şişen kil mineralleri –örneğin mont-morillenit (sürekli, ancak kalınlığı <5 mm.) J _s 'nin değeri şişen kil tane boyutundaki malzemenin miktarna ve su girişine bağlı	8-12	6-12 ⁰
(c) Makaslanma durumunda süreksizlik yüzeylerinin teması yok (kalın mineral dolguları)			
K, L, M.	Bozunmuş veya parçalanmış kaya ve kil bantları ya da zonları (kil koşulunun tanımı için G, H ve J'ye bakınız)	6, 8 veya 8-12	6-24 ⁰
N.	Siltli veya kumlu kil bantları veya zonları, çok az kil (yumuşamayan)	5.0	-
O, P, R.	Kalın ve sürekli kil bantları veya zonları (kil koşulunun tanımlanması için G, H, ve J'ye bakınız)	10,13 veya 13-20	6-24 ⁰

Tablo 5.11.'in devamı

5. EKLEM SU AZALTMA FAKTÖRÜ	Yaklaşık su basıncı (kgf /cm ²)	J _w
A. Kısmi kazı veya düşük su geliri (örneğin genel olarak <5 l/dk.)	1	1.0
B. Orta derecede su geliri veya basıncı, yer yer eklem dolgularının yıkanması	1-2.5	0.66
C. Dolgusuz eklemeler içeren sağlam kayada aşırı su geliri veya yüksek basınç	2.5-10	0.5
D. Aşırı su geliri veya yüksek basınç, eklem dolgularının ileri derecede yıkanması	2.5-10	0.33
E. Çok ileri derecede su geliri veya patlama sırasında zamanla azalan yüksek su basıncı	10	0.2-0.05
F. Zamanla azalmaksızın devam eden son derece fazla su geliri veya su basıncı	>10	0.1-0.05

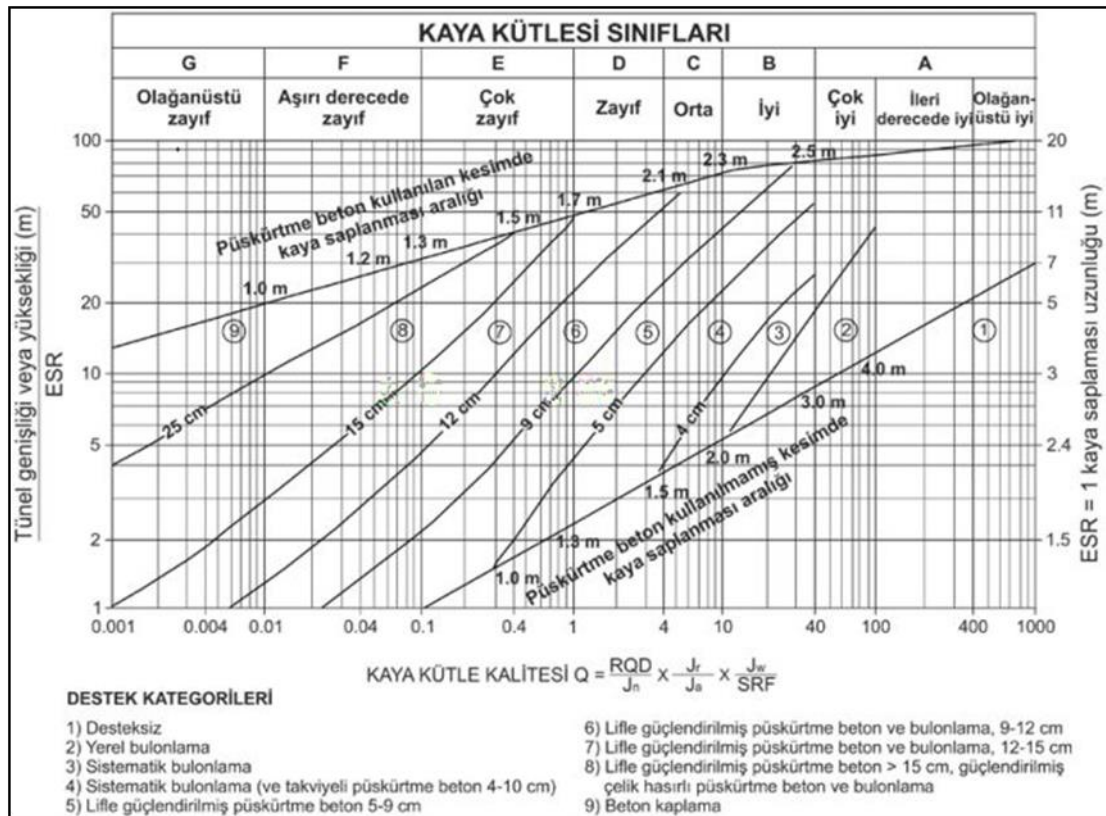
Not: (8) C, D, E ve F'deki faktörler kaba tahminlerdir.
Eğer drenaja yönelik önlemler alınırsa, J_w artar.
(9) Buz oluşumundan kaynaklanabilecek özel sorunlar dikkate alınmamıştır.

6. GERİLME AZALTMA FAKTÖRÜ	SRF		
(a) Tünel açılırken kaya kütlelerinin gevşemesine neden olabilecek kazıyı ke- sen zayıf zonlar:			
A. Kil veya kimyasal olarak ayrışmış kaya içeren zayıflık zonları, çok gevşek çevre kayası (herhangi bir derinlikte)			10
B. Kil veya kimyasal olarak ayrışmış kaya içeren tek bir zayıf zon (kazı derinliği ≤ 50 m)			5
C. Kil veya kimyasal olarak ayrışmış kaya içeren tek bir zayıf zon (kazı derinliği > 50 m)			2.5
D. Kil içermeyen dayanımlı kayada birden fazla makaslama zonu, gevşek çevre kayası (herhangi bir derinlikte)			7.5
E. Kil içermeyen dayanımlı kayada tek bir makaslama zonu (kazı derinliği ≤ 50 m)			5.0
F. Kil içermeyen dayanımlı kayada tek bir makaslama zonu (kazı derinliği > 50 m)			2.5
G. Gevşek ve açık eklemeler, ileri derecede eklemli "küp şeker" görünümü (herhangi bir derinlikte)			5.0
(b) Dayanımlı kaya, kaya gerilmesi sorunları:	σ_2/σ_1	σ_1/σ_3	SRF
H. Düşük gerilme, yüzeye yakın, açık eklemeler	>200	<0.01	25
J. Orta derecede gerilme, uygun gerilme koşulları	200-10	0.01-0.3	1
K. Yüksek gerilme, çok sıkı yapı, genellikle duraylı, yan duvarlar açısından uygun olmayabilir	10-5	0.3-0.4	0.5-2
L. Masif kayada 1 saatlik bir süre sonrasında orta derecede dilimlenme	5-3	0.5-0.65	5-50
M. Masif kayada birkaç dakika sonra dilimlenme ve kaya patlaması	3-2	0.65-1	50-200
N. Masif kayada aşırı kaya patlaması ve ani dinamik deformasyon	<2	>1	200-400

Tablo 5.11.'in devamı

KAZI TİPİ	Orijinal ESR*	Güncelleştirilmiş ESR*
A. Kısa süreli (geçici) maden kazıları vd.	3-5	2-5
B. Uzun süreli (kalıcı) maden kazıları, su tünelleri, büyük kazılar için açılan pilot tüneller, geniş yeraltı kazıları	1.6	1.6-2.0
C. Geniş yer altı depolama odaları, su arıtma tesisleri, küçük karayolu ve demiryolu tünelleri, yaklaşım tünelleri	1.3	1.2-1.3
D. Enerji santralleri, büyük (ana) karayolu ve demiryolu tünelleri, sivil savunma sığınakları, tünel girişleri, ve yeraltında birbirini kesen açıklıkların kesişme bölgeleri	1.0	0.9-1.1
E. Yeraltı nükleer enerji santralleri, demiryolu istasyonları, spor ve kamu tesisleri, fabrikalar, gaz iletim tünelleri	0.8	0.5-0.8

Tablo 5-12. Q Sistemi İçin Güncellenmiş Destek Sistemi (Grimstad ve Barton, 1993)



5.4. Kaya Türleri

5.4.1. Şelmo Formasyonu Kaya Kalitesi

Kiltaşı, kumtaşı, silttaşı ve konglomeraların ritmik ardalanmasından oluşan birim, kızıl, boz, kahve renkli, yumuşak-orta sert, zayıf çimentolu ve yer yer ayrışmalıdır. Şelmo formasyonunda 131 m. derinliğinde SK-1 sondaj kuyusu açılmıştır. Bu kuyuda, 0 - 10 m arasında % 20 karot, % 12 RQD olduğu görülmüştür. Bu durum Şelmo formasyonunun dış etkenlere maruz olduğu yerlerde yüzeyden itibaren 10 m. derine kadar gevşemiş ve ayrışmış olabileceğini göstermektedir. SK-1 kuyusunda, 10 - 131 m. arasındaki kaya kalitesi Tablo 5.13.'te gösterilmiştir.

Tablo 5-13. Şelmo formasyonuna ait kaya kalitesi bilgisi

Kuyu no	Derinlik (m)	Formasyon Adı	Karot (%)	RQD (%)				
				100-90	90-75	75-50	50-25	Toplam (m)
SK-1	10-131	Şelmo	100	82	23	16	-	121
				%58	%16	%11	-	%85
				(RQD)	(RQD)	(RQD)	-	(RQD)

SK-1 kuyusunda 10–131 m. arası (121 m.) % 100 karot alınmış, kaya kalitesinin % 58 oranında çok iyi, % 16 oranında iyi, % 11 oranında orta kaya kalitesinde olduğu görülmüştür. 0–10 arasında ayrışma derecesi W4 (Tamamen bozunmuş)'tür. SK-1 kuyusunda 10-131 m arasında Şelmo formasyonuna ait RQD değerleri % 59 ile % 91 arasında değişkenlik göstermektedir. Ortalama RQD % 85'dir. Bu kuyuda yeraltısuyuna rastlanmamıştır. SK-1 kuyusunda toplamda üç adet karot numune alınarak laboratuvar deneyleri yaptırılmıştır. En kötü koşullarda ve ortalama değerlerdeki kaya özelliklerine göre kaya kütle sınıflama sistemleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Şelmo formasyonuna ait Terzaghi sınıflaması;

En zayıf koşullarda: Şelmo formasyonu, 0.00–10.00 m. arasında tablo 5.2. ve 5.3.'e göre “RQD değeri % 3–30 aralığında olan kesimlerde kaya tamamen kırılmış fakat kimyasal olarak sağlamdır. Önemli miktarda yan basınç beklenmektedir. Tünelin

tabanına olan sızıntıların yarattığı yumuşama yüzünden, yan bağların tabana gelen kısımları takviye edilmeli veya dairesel bağlar kullanılmalıdır.”

Ortalama değerlerde; Şelmo formasyonunda RQD ortalama % 85’dir. Tablo 5.2. ve 5.3.’e göre, “kaya özelliği masif orta derecede eklemlili bu kesimlerde yük, bir noktadan diğerine ani olarak değişebilir.”

Şelmo formasyonuna ait RMR kaya kütle sınıflama sistemi;

En zayıf koşullarda: Şelmo formasyonu, 0.00–10.00 m. arasında en düşük kaya değerlerine sahip olup karot % 20, RQD % 12’ dir. Bu kesimden, kaya mekaniği deneyleri için örnek alınmamıştır. Elde edilen verilerin sayısallaştırılması sonucunda Tablo 5.4.’ göre puanlama yapılmıştır.

1. Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı 1–5 Mpa arası “1 puan”
2. RQD % 12 “3 puan”
3. Süreksizlik aralığı (<6cm) “5 puan”
4. Süreksizlik durumu “10 puan”
5. YAS durumu (tamamen kuru) “15 puan”

Toplam puan 33 olup düzeltme puan ise tünellerde eklemlerin eğim ve doğrultusuna (Tablo 5.5. ve 5.6.) göre -10 puan buna göre net puan 33-10=23’tür. Toplam sayısal değerlendirmelere göre, kaya kütlesi sınıflamasında, Tablo 5.7.’ye göre “**zayıf kaya (IV)**” olarak değerlendirilir. Bu kısımda Ortalama desteksiz kalabilme süresi Tablo 5.8.’e göre “2,5 m. açıklık için 10 saat desteksiz kalabilir” olarak tespit edilmiştir.

Tünel kazı çapı 11,20 m. olduğundan, her bir kesimde farklı oranlarda yoğun destek gerektirir. Yüzeyden itibaren ilk 10 m.’lik kesimde kazı ve iksa sistemi Tablo 5.9.’da verilmiş olup, tünel kazı ve destek sistemi özetle şöyle olmalıdır. “Tavandan 1,0-1,5 m. ilerlemeye paralel iksa yürütülmeli ve püskürtme betonu uygulanmalıdır. Kazıya uygun şekilde aynaya 10 m. mesafeye kadar gerekli destekleme yapılmalıdır. Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1,5 m. aralıklı 4-5 m. uzuluğunda kaya bulonu kullanılmalı Püskürtme betonu tavanda 10–15 cm., yanlarda 10 cm. olmalı gereken yerlerde 1,5 m. aralıkla çelik iksa konmalıdır.”

Ortalama Değerlerde; Tablo 5.4.’ göre puanlama yapılmıştır.

1. Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı (17,9 Mpa) “2 puan”
2. RQD % 85 “17 puan”
3. Süreksizlik aralığı (6-20 cm arasında) “8 puan”

4. Süreksizlik durumu “20 puan”

5. YAS durumu (tamamen kuru) “15 puan”

Toplam 62 puandan, tünellerde düzeltme puanı ise tünellerde eklemlerin eğim ve doğrultusuna (Tablo 5.5. ve 5.6.) göre -10 puan buna göre net puan 62-10=52 bulunur. Toplam sayısal değerlendirmelere göre kaya sınıflamasında, Tablo 5.7.’ye göre “**orta kaya (III)**” sınıfına girmektedir. Bu kısımda ortalama desteksiz kalabilme süresi tablo 5.8.’e göre “5 m. açıklık için 1 hafta” olarak tespit edilmiştir.

Ortalama değerlerde Şelmo formasyonunda Tablo 5.9.’ da verilen tünel kazı ve destek sistemi özetle şöyle olmalıdır. “Tavandan 1,5-3,0 m ilerleme tam kazı aynaya 10 m mesafeye kadar gerekli destekleme yapılmalıdır. Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1,5- 2,0 m. Aralıklı 3-4m. uzuluğunda kaya bulonu kullanılmalı Püskürtme betonu tavanda 5–10 cm, yanlarda 3 cm olmalı, çelik iksaya gerek görülmemiştir.”

Şelmo formasyonuna ait Q sınıflama sistemi;

En Zayıf Koşullarda; (Tablo 5.11.’e göre puanlama yapılmıştır.)

1. % 12 RQD

2. 6 (Jn) iki eklem takımı ve gelişi güzel eklemler

3. 1,5 (Jr) Dalgalı, cilalı

4. 6 (Ja) Yüksek derecede aşırı konsolide, yumuşamayan cinsten kil mineralleri derz dolguları

5. 1 (Jw) Eklem su alma faktörü, ortam kuru

6. 5 SRF Gerilim azaltma faktörü 50 m ve daha derin tünel kazılarında kil veya ayrılmış kaya içeren birden fazla zon

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} = \frac{12}{6} \times \frac{1,5}{6} \times \frac{1}{5} = 0,10$$

$$\text{Eşdeğer Boyut } D_e = \frac{\text{Kazı Çapı (m)}}{\text{Kazı Destek Oranı (ESR)}} = \frac{11,2}{1,6} = 7,00$$

Eşdeğer boyut ve Q sayısının tablo 5.12’deki eşleştirilmesinde “**çok zayıf kaya**” olduğu ortaya çıkmaktadır. Aynı şekilde destek sistemleri eşleştirilmesinde “Lifle güçlendirilmiş püskürtme beton ve bulonlama 12-15 cm.” önerilmiştir. En kötü koşullarda desteksiz maksimum açıklık;

$$S_{\max} = 2 \times (ESR) \times Q^{0.4} \text{ formülünden, } S_{\max} = 2 \times (1,6) \times (0,1)^{0.4} = 1,27 \text{ metredir.}$$

Ortalama Değerlerde; (Tablo 5.11.'e göre puanlama yapılmıştır.)

1. % 85 (RQD)
2. 9 (Jn) (Üç eklem takımı)
3. 4 (Jr) (Süreksiz eklemler)
4. 3 (Ja) (Eklem alterasyonu, siltli kumlu, killi, kil boyutlu yumuşamaz cinsten)
5. 1 (Jw) (Eklem su alma faktörü, ortam kuru)
6. 5 SRF (Gerilim azaltma faktörü, tünellerde >50 m altındaki derinliklerde)

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \frac{86}{9} \times \frac{4}{3} \times \frac{1}{5} = 2,52$$

$$\text{Eşdeğer Boyut } D_e = \frac{\text{Kazı Çapı}}{\text{Kazı Tahkimatı Oranı (ESR)}} = \frac{11,2}{1,6} = 7,00$$

Eşdeğer boyut ve Q sayısının tablo 5.12'deki eşleştirilmesinde “zayıf kaya” olduğu ortaya çıkmaktadır. Aynı şekilde destek sistemleri eşleştirilmesinde “Sistematik bulonlama ve takviyeli püskürtme beton 4-10 cm.” önerilmiştir. Ortalama kaya koşullarında desteksiz maksimum açıklık;

$$S_{max} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0,4} = 2 \times (1,6) \times (2,52)^{0,4} = 4,64 \text{ metredir.}$$

5.4.2. Silvan Formasyonu Kaya Kalitesi

Alternatif Silvan Tüneli çıkış ağzında, tabakaları yaklaşık 60° ile güneye eğimli olan Silvan formasyonu, SK-2 kuyusunda, 160 m. karotsuz, 81 m. karotlu olmak üzere, 241 m. delgi yapılmıştır. Bu kuyuda 160–241 m. arasının kaya kalitesi Tablo 5.14.'te gösterilmiştir.

Tablo 5-14. Silvan formasyonuna ait kaya kalitesi bilgisi

Kuyu no	Derinlik (m)	Formasyon Adı	Karot (%)	RQD (%)				Toplam (m)
				100-90	90-75	75-50	50-25	
SK-2	160-241	Silvan	100	81	-	-	-	81
				%98	-	-	-	%98

Buna göre Silvan formasyonunda 160–241 m. arasında, % 100 karot alınmış, kaya kalitesi (RQD) % 98 bulunmuştur. Aşağıda, SK-2 kuyusu 175.00–175.50, 184.40–184.80 ve 194.00–194.40 m.'lerden alınan karot örnekleri üzerinde yapılan kaya mekaniği deney sonuçları değerlendirilecektir. Silvan formasyonu, krem, bej, kirli

beyaz renklerde, sert, sağlam, dayanıklı, masif görünümlü, mikrokristalen dokuda, fosilli, seyrek çatlaklı, çatlaklar kalsit ve demiroksit dolgulu, karstik boşluklu, az ayrışmalıdır. Yeraltısuyuna rastlanmamıştır. Karot % 100, RQD % 98'dir. Silvan formasyonunun Terzaghi, RMR ve Q sınıflamalarına göre kaya özellikleri aşağıdaki gibidir.

Silvan formasyonuna ait Terzaghi sınıflaması;

Silvan Formasyonu, Terzaghi sınıflamasına (Tablo 5.2. ile Tablo 5.3.) göre “sağlam ve çatlaksız kaya özelliğindedir. Kaya yükü sıfır olup eğer parçalanma ve patlama oluyorsa sadece hafif kaplama gerekebilir.”

Silvan formasyonuna ait RMR sınıflaması;

Tünelin eksenine ile 5'er metre altından ve üstünden alınan kaya örnekleri değerlendirilerek, Silvan formasyonunun RMR sistemine göre kaya kalitesi belirlenerek kazı-destek sistemleri ortaya konacaktır. Üç adet kaya örneği üzerinde yapılan laboratuvar sonuçları incelendiğinde bu değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu nedenle, tünel eksenine denk gelen (184,40–184,80 m.'ler arası) parametreler esas alınarak, Silvan formasyonunu temsil eden kaya özellikleri saptanacaktır. Puanlama hesaplamaları Tablo 5.4.'ten faydalanmıştır;

1. Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı (52,3 Mpa) “7 puan”
2. RQD % 98 “20 puan”
3. Süreksizlik aralığı (20-60 cm arasında) “10 puan”
4. Süreksizlik durumu (Kaba, sert eklem yüzeyi) “25 puan”
5. YAS durumu (YAS var. ≥ 25 lt/dk.) “7 puan”

Toplam puan 69 tünellerde düzeltme puanı ise tünellerde eklemlerin eğim ve doğrultusuna (Tablo 5.5. ve 5.6.) göre -5 puan buna göre net puan 69-5=64 bulunur. Toplam sayısal değerlendirmelere göre kaya sınıflamasında, formasyon (Tablo 5.7.)“**iyi kaya (II)**” sınıfına girmektedir. Bu kısımda ortalama desteksiz kalabilme süresi tablo 5.8.'e göre “10 m. açıklık için 1 yıl” olarak tespit edilmiştir.

Silvan Formasyonu Tablo 5.9.'da verilen tünel kazı ve destek sistemi göre şöyle olmalıdır. “Tam kesit 1,0-1,5 m. ilerleme kazı aynaya 20 m. mesafeye kadar gerekli destekleme yapılmalıdır. Kemerin her 2,0- 3,0 m.'sinde yer yer kaya bulunu ve tel kafeslerle 2-2,5 m. aralıklı kullanılmalı Püskürtme betonu gerektiğinde tavanda 5 cm. olmalı yan duvarlara püskürtme beton ve bu kısımlarda destekleme önerilmemiştir.”

Silvan formasyonuna ait Q sınıflaması; (Tablo 5.11.'e göre puanlama yapılmıştır.)

1. % 98 (RQD)
2. 3 (Jn) (Bir eklem takımı ve gelişigüzel eklemler)
3. 1,5 (Jr) (Süreksiz eklemler)
4. 1 (Ja) (Eklem yüzeyleri ayrışmamış, yüzeysel lekeler)
5. 0,66 (Jw) (Eklem su alma faktörü, ortam sulu)
6. 5 SRF (Gerilim azaltma faktörü)

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \frac{98}{3} \times \frac{1,5}{1} \times \frac{0,66}{5} = 6,46 \text{ Kaya Kütlesi Kalitesi}$$

$$\text{Eşdeğer Boyut } D_e = \frac{\text{Kazı Çapı}}{\text{Kazı Tahkimatı Oranı(ESR)}} = \frac{11,2}{1,6} = 7,00$$

Q Sisteminin Tablo 5.12.'deki Q ve De parametreleri arasındaki ilişkiye göre Silvan formasyonu “**Orta kaya** ” sınıfında yer almaktadır. Bu tabloya göre destekleme sistemi “sistemik bulonlama ve takviyeli püskürtme betonu 4-5 cm.” önerilmiştir. Desteksiz maksimum açıklık (Smax) = 2.(ESR).Q^{0,4} formülünden;

$$S_{max} = 2 \times (1,6) \times 6,46^{0,4} = 6,75 \text{ metre olarak belirlenir.}$$

5.4.3. Midyat Formasyonu Kaya Kalitesi

Alternatif Silvan Tüneli'nde toplam 1.524 m. Midyat formasyonu geçilecektir. Kirli beyaz, bej, kristalize, killi ve tebeşirli kireçtaşları olmak üzere 3 değişik fasiyesten oluşmaktadır. Silvan Tüneli girişinde eğimler kuzey-kuzeybatı, tünel çıkışında ise eğimler güney-güneybatı yönündedir. Midyat formasyonu orta-kalın katmanlı, kristalize zonlar sert, dayanıklı, yer yer kırıklı ve karstik boşlukludur. Killi, tebeşirli seviyeler orta sert, az ayrışmalıdır. Erime boşlukları kalsit, demiroksit dolgulu, yer yer açık veya kil dolguludur.

SK-10 sondajında Midyat formasyonu karotlu olarak delinmiştir. Karot % 100, ortalama RQD % 76'dır (Tablo 5.15.). Bu kuyuda toplam 3 adet örnek alınarak, laboratuvar deneyleri yapılmıştır. SK-10 no'lu sondaj kuyusunun 204,10–204,55 m.'lerinden alınan numuneye ait jeoteknik parametreler, bu birimi temsilen değerlendirilmiştir.

Tablo 5-15. Midyat formasyonu ait kaya kalitesi bilgisi

Kuyu no	Derinlik (m)	Formasyon Adı	Karot (%)	RQD (%)				
				100-90	90-75	75-50	50-25	Toplam (m)
SK-10	190-274	Midyat	100	-	84 m	-	-	84 m
Ortalama RQD Değeri					% 76			% 76

Tek Eksenli Basınç Dayanımı: 34,2 MPa

Doğal Birim Hacim Ağırlık: 2,47 gr/cm³

Poisson Oranı: 0,286

Elastisite Modülü: 9,42 Gpa

Kohezyon (C) : 7 MPa

İçsel Sürtünme Açısı (Q) : 42°

RQD (%) : 76 (Ortalama)

Midyat formasyonuna ait Terzaghi sınıflaması;

Midyat formasyonu Terzaghi sınıflamasına (Tablo 5.2. ile Tablo 5.3.) göre “parçalı bloklu ve çatlaklı kaya sınıfında olup önemli miktarda yan basınç beklenmektedir.”

Midyat formasyonuna ait RMR sınıflaması;

Midyat formasyonu RMR sınıflamasındaki puanlama hesabı Tablo 5.4.’e göre hesaplanmıştır;

1. Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı (34,2 Mpa) “4 puan”
2. RQD % 76 “17 puan”
3. Süreksizlik aralığı (60-200 cm arasında) “15 puan”
4. Süreksizlik durumu (Kaba, sert eklem yüzeyi) “25 puan”
5. YAS durumu (YAS var. < 25 lt/dk.) “4 puan”

Toplam puan 65 düzeltme puanı ise tünellerde eklemlerin eğim ve doğrultusuna (Tablo 5.5. ve 5.6.) göre -5 puan buna göre net puan 65-5=60 bulunur. Toplam sayısal değerlendirmelere göre kaya sınıflamasında, formasyon (Tablo 5.7.)“**orta kaya (III)**” sınıfına girmektedir. Bu kısımda ortalama desteksiz kalabilme süresi tablo 5.8.’e göre “5 m. açıklık için 1 hafta” olarak tespit edilmiştir.

Midyat formasyonu Tablo 5.9.'da verilen tünel kazı ve destek sistemi göre şöyle olmalıdır. “Tavandan 1,5-3,0 m. ilerleme tam kazı aynaya 10 m. mesafeye kadar gerekli destekleme yapılmalıdır. Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1,5- 2,0 m. Aralıklı 3-4 m. uzuluğunda kaya bulonu kullanılmalı Püskürtme betonu tavanda 5–10 cm., yanlarda 3 cm. olmalı, çelik iksaya gerek görülmemiştir.”

Midyat formasyonuna ait Q sınıflaması; (Tablo 5.11.'e göre puanlama yapılmıştır.)

1. % 76 (RQD)
2. 6 (Jn) (İki eklem takımı ve gelişi güzel eklemler)
3. 3 (Jr) (Pürüzlü veya düzensiz dalgalı)
4. 2 (Ja) (Az ayrıışmış eklem yüzeyi, yumuşamayan mineral kaplamaları)
5. 0,66 (Jw) YAS var. (≥ 25 lt/dk.)
6. 5 SRF (Gerilim azaltma faktörü)

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \frac{76}{6} \times \frac{3}{2} \times \frac{0,66}{5} = 2,50 \text{ Kaya Kütlesi Kalitesi}$$

$$\text{Eşdeğer Boyut } D_e = \frac{\text{Kazı Çapı}}{\text{Kazı Tahkimatı Oranı}} = \frac{11,2}{1,6} = 7,00$$

Q Sisteminin Tablo 5.12.'deki Q ve De parametreleri arasındaki ilişkiye göre Midyat formasyonu “**Zayıf kaya**” sınıfında yer almaktadır. Bu tabloya göre destekleme sistemi “sistematiik bulonlama ve takviyeli püskürtme betonu 4-5 cm.” önerilmiştir.

Desteksiz maksimum açıklık;

$$S_{max} = 2 \times (ESR) \times Q^{0,4} = 2 \times (1,6) \times 2,5^{0,4} = 4,62 \text{ metre olarak belirlenir.}$$

5.4.4. Gercüş Formasyonu Kaya Kalitesi

Alternatif Silvan Tüneli, Gercüş formasyonu içinde ortalama 9.180 m. geçileceği tahmin edilmektedir. Geçirimsiz, yer yer parçalı, kırıklı bir yapıda olup, ayrıışma az (W2) veya orta (W3) derecededir. İnce-orta katmanlı, kıltaşı ve çamurtaşı düzeyleri kuruma çatlaklı, konglomera ve kumtaşı düzeyleri kalın katmanlı, seyrek çatlaklı ve sağlamdır. Çalışma kapsamında açılan; SK-3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ve ÖSK-3 no'lu kuyularda Gercüş formasyonunda toplam 1036 m. karotlu delgi yapılmış, SK-3, 4, 5, 8 ve 9 no'lu kuyuların karot tetkikinde; bu kuyularda, evaporit 4-5 m. ara ile görülen nohut, fındık ebadında nodül, mm.'lik kalınlıkta bant veya çatlak dolgusu şeklinde (çoğunlukla camısı formda, taze, ayrıışmamış jips) bulunmuştur. Gercüş formasyonunda altere olmuş

yumuşak kilitaşı, çamurtaşı düzeyleri ile dayanıklı, az ayrışmalı konglomera ve kumtaşı düzeylerinin jeomekanik parametreleri farklıdır. Bu nedenle tünelde geniş bir yayılım gösteren bu birim, en kötü ve ortalama kaya özelliklerine göre iki farklı kategoride değerlendirilecektir.

En kötü koşullar için SK-6 no'lu sondaj kuyusunda 452,00-509,00 m.'ler arasında RQD % 62-36 aralığında, SK-5 kuyusunda 364,00-402,00 m.'ler arasında RQD % 47-20 aralığında, SK-7 kuyusunda 520,00-602,00 m.'ler arasında RQD % 42-17 aralığındadır. Gercüş formasyonunun zayıf zonlarını temsil eden bu değerlerin RQD yüzdelerinin ortalama değeri alınmıştır. Bu değer % 37 olarak tespit edilmiştir. Belirlenen bu değerler en kötü koşullardaki kaya özelliği belirlenmiştir.

Ortalama koşullar için Gercüş formasyonunu kesen 8 adet sondaj kuyusunun her birine ait ortalama RQD yüzdeleri hesaplanmış, daha sonra tüm kuyulara ait RQD yüzdelerinin ortalama değeri alınmıştır. Bu değer % 80 olarak tespit edilmiştir. Bulunan bu değer ortalama koşullardaki kaya özelliğini belirlemiştir (Tablo 5.16).

Tablo 5-16. Gercüş formasyonu ait kaya kalitesi bilgisi

Kuyu no	Derinlik (m)	Fm adı	Karot (%)	RQD (%)				
				100-90	90-75	75-50	50-25	Toplam
SK-3	340-422	Gercüş	100	9m	37m	36m	-	82 m (%76 RQD)
SK-4	340-431	Gercüş	100	23m	68m	-	-	91 m (%88 RQD)
SK-5	245-402	Gercüş	100	119m	-	7m	31m	157 m (%84 RQD)
SK-6	450-532	Gercüş	100	-	25m	34m	23m	82 m (%57 RQD)
SK-7	520-602	Gercüş	100	-	-	-	82m	82 m (%33 RQD)
SK-8	460-541	Gercüş	100	81m	-	-	-	81 m (%92 RQD)
SK-9	420-501	Gercüş	100	-	81m	-	-	81 m (%88 RQD)
ÖSK-3	223-603	Gercüş	100	112m	268m	-	-	380 m (%87 RQD)
Toplam				344m	479m	77m	136m	1036 (%80 RQD)
Ortalama RQD				%33	%46	%8	%13	%100

Gercüş formasyonuna ait Terzaghi sınıflaması;

En zayıf koşullarda: Gercüş formasyonunun kilitaşı ve çamurtaşıyla temsil edilen düzeyleri formasyonun en zayıf kesimlerini oluşturur. Gercüş formasyonunda RQD

ortalaması % 37'dir. Tablo 5.2. ve 5.3.'e göre "RQD değeri % 30–75 aralığında olan kesimlerde Çok parçalı ve çatlaklı olup yan basınç az veya hiç yoktur."

Ortalama değerlerde; Gercüş formasyonunda RQD ortalama % 80'dir. Tablo 5.2. ve 5.3.'e göre, "RQD değeri % 75–85 aralığında olan kesimlerde kaya özelliği parçalı ve çatlaklı olup yan basınç yoktur."

Gercüş formasyonuna ait RMR sınıflaması:

En zayıf koşullarda: Gercüş formasyonu RMR sınıflamasındaki puanlama hesabı Tablo 5.4.'e göre hesaplanmıştır;

1. Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı (1-5 Mpa arasında) "1 puan"
2. RQD % 37 "8 puan"
3. Süreksizlik aralığı (6-20 cm arasında) "8 puan"
4. Süreksizlik durumu (Parlak yüzey, <5 mm dolgu malzemesi, 1–5 mm açıklık) "10 puan"
5. YAS durumu (YAS yok) "15 puan"

Toplam puan 42 düzeltme puanı ise tünellerde eklemlerin eğim ve doğrultusuna (Tablo 5.5. ve 5.6.) göre -10 puan buna göre net puan $42-10=32$ bulunur. Toplam sayısal değerlendirmelere göre kaya sınıflamasında, formasyon (Tablo 5.7.) "**Zayıf kaya (VI)**" sınıfına girmektedir. Bu kısımda ortalama desteksiz kalabilme süresi tablo 5.8.'e göre "2,5 m. açıklık için 10 saat" olarak tespit edilmiştir.

Gercüş formasyonu Tablo 5.9.'da verilen tünel kazı ve destek sistemi göre şöyle olmalıdır. "Tavandan 1-1,5 m. ilerleme tam kazı aynaya 10 m. mesafeye kadar gerekli destekleme yapılmalıdır. Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1,5 m. Aralıklı 4-5 m. uzuluğunda kaya bulonu kullanılmalı Püskürtme betonu tavanda 10–15 cm., yanlarda 10 cm. olmalı, gereken yerlerde 1,5 m. aralıklı çelik iksa kullanılmalıdır.

Ortalama değerlerde; Alternatif Silvan Tüneli ekseninde, SK-9 kuyusunun 445,60–446,00 m.'ler arasından alınan kaya numunesinin laboratuvar sonuçlarından yararlanılmıştır. SK–9 sondaj kuyusu Gercüş formasyonunun kaya özellikleri bakımından ortalama değerleri yansıttığından dolayı baz alınmıştır. Gercüş formasyonu RMR sınıflamasındaki puanlama hesabı Tablo 5.4.'e göre hesaplanmıştır;

1. Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı (44,6 Mpa arasında) "4 puan"
2. RQD % 80 "17 puan"
3. Süreksizlik aralığı (20-60 cm arasında) "10 puan"
4. Süreksizlik durumu (Az pürüzlü ve yumuşak eklem yüzey) "20 puan"

5. YAS durumu (YAS yok, kuru ortam) “15 puan”

Toplam puan 66 düzeltme puanı ise tünellerde eklemlerin eğim ve doğrultusuna (Tablo 5.5. ve 5.6.) göre -10 puan buna göre net puan 66-10=56 bulunur. Toplam sayısal değerlendirmelere göre kaya sınıflamasında, formasyon (Tablo 5.7.)“**Orta kaya (III)**” sınıfına girmektedir. Bu kısımda ortalama desteksiz kalabilme süresi tablo 5.8.’e göre “10 m. açıklık için ortalama 10 gün desteksiz kalabilir.” olarak tespit edilmiştir.

Gercüş formasyonu Tablo 5.9.’da verilen tünel kazı ve destek sistemi göre şöyle olmalıdır. “Tavandan 1,5-3 m. ilerleme tam kazı aynaya 10 m. mesafeye kadar gerekli destekleme yapılmalıdır. Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1,5-2 m. Aralıklı 3-4 m. uzuluğunda kaya bulonu kullanılmalı Püskürtme betonu tavanda 10–15 cm., yanlarda 10 cm. olmalı, çelik iksa kullanımı gerekmez

Gercüş formasyonuna ait Q sınıflaması; (Tablo 5.11.’e göre puanlama yapılmıştır.)

En zayıf koşullarda:

1. % 37 (RQD)
2. 15 (Jn) (Dört eklem ve fazlası)
3. 1,5 (Jr) (Dalgalı, cilalı)
4. 6 (Ja) (Ayrışmış ve ezilmiş)
5. 1 (Jw) (YAS yok)
6. 5 SRF (Gerilim azaltma faktörü)

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \frac{37}{15} \times \frac{1,5}{6} \times \frac{1}{5} = 0,123 \text{ Kaya Kütlesi Kalitesi}$$

$$\text{Eşdeğer Boyut } D_e = \frac{\text{Kazı Çapı}}{\text{Kazı Tahkimatı Oranı}} = \frac{11,2}{1,6} = 7,00$$

Q Sisteminin Tablo 5.12.’deki Q ve De parametreleri arasındaki ilişkiye göre Gercüş formasyonu “**Çok zayıf kaya**” sınıfında yer almaktadır. Bu tabloya göre destekleme sistemi “Lifle güçlendirilmiş püskürtme betonu 12-15 cm. ve sistematik bulonlama” önerilmiştir.

Desteksiz maksimum açıklık;

$$S_{max} = 2 \times (ESR) \times Q^{0,4} = 2 \times (1,6) \times (0,123)^{0,4} = 0,14 \text{ metre olarak belirlenir.}$$

Ortalama değerlerde;

1. % 80 (RQD)
2. 6 (Jn) (İki eklem takımı ve gelişi güzel eklemler)
3. 3 (Jr) (Pürüzlü ve düzensiz dalgalı)
4. 2 (Ja) (Az ayrıışmış, yumuşamayan mineral kaplamaları)
5. 1 (Jw) (Eklem su alma faktörü kuru)
6. 5 SRF (Gerilim azaltma faktörü)

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \frac{72}{6} \times \frac{3}{2} \times \frac{1}{5} = 4 \text{ Kaya Kütlesi Kalitesi}$$

$$\text{Eşdeğer Boyut } D_e = \frac{\text{Kazı Çapı}}{\text{Kazı Tahkimatı Oranı (ESR)}} = \frac{11,2}{1,6} = 7$$

Q Sisteminin Tablo 5.12.'deki Q ve De parametreleri arasındaki ilişkiye göre Gercüş formasyonu “**Orta kaya**” sınıfında yer almaktadır. Bu tabloya göre destekleme sistemi “sistematik bulonlama ve takviyeli püskürtme betonu 4-5 cm.” önerilmiştir. Desteksiz maksimum açıklık;

$$S_{\max} (\text{Desteksiz maksimum açıklık}) = 2 \times (1,6) \times (4)^{0,4} = 5,57 \text{ metredir.}$$

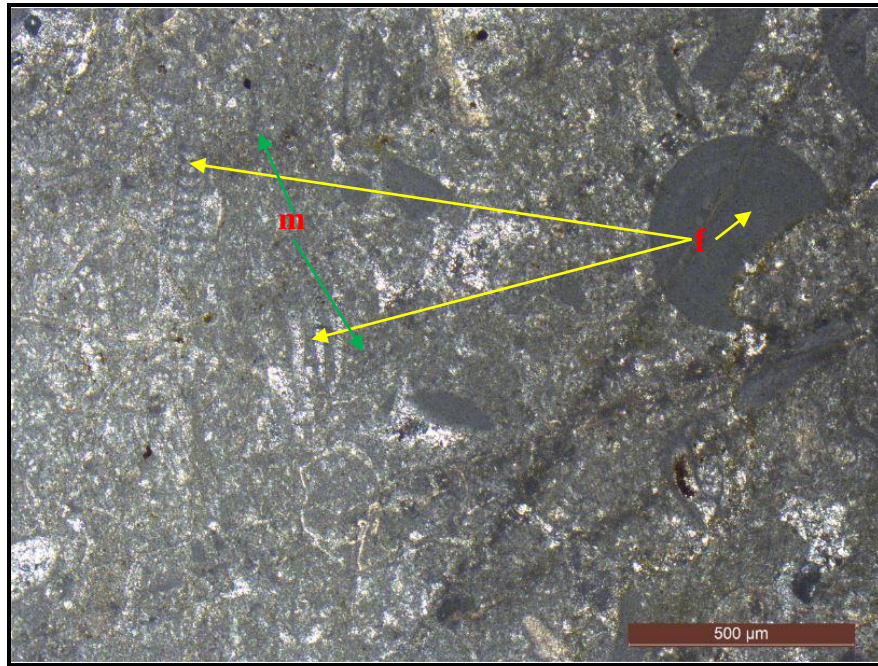
6. PETROGRAFİK ÇALIŞMALAR

6.1. İnce Kesit Çalışmaları

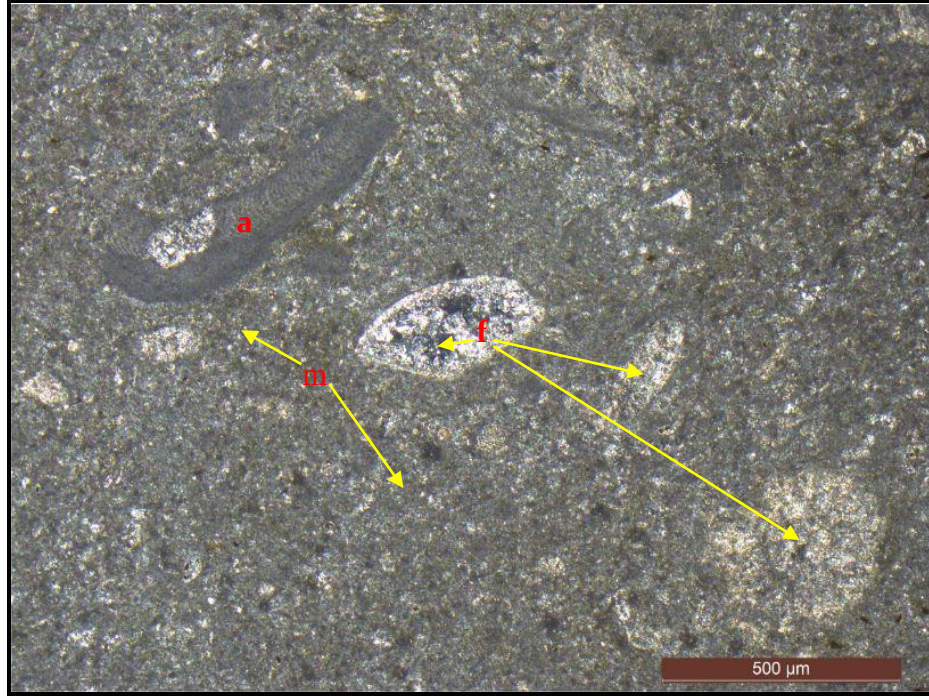
Çalışma alanında farklı litolojik birimlerden oluşan numuneler üzerinde mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla ince kesit çalışmaları yapılmıştır. Batman Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarında bulunan Leica DM2500P marka polarizan mikroskop kullanılarak toplam 40 adet ince kesit numunesi incelenmiştir.

6.1.1. Silvan Formasyonuna Ait İnce Kesit Çalışmaları

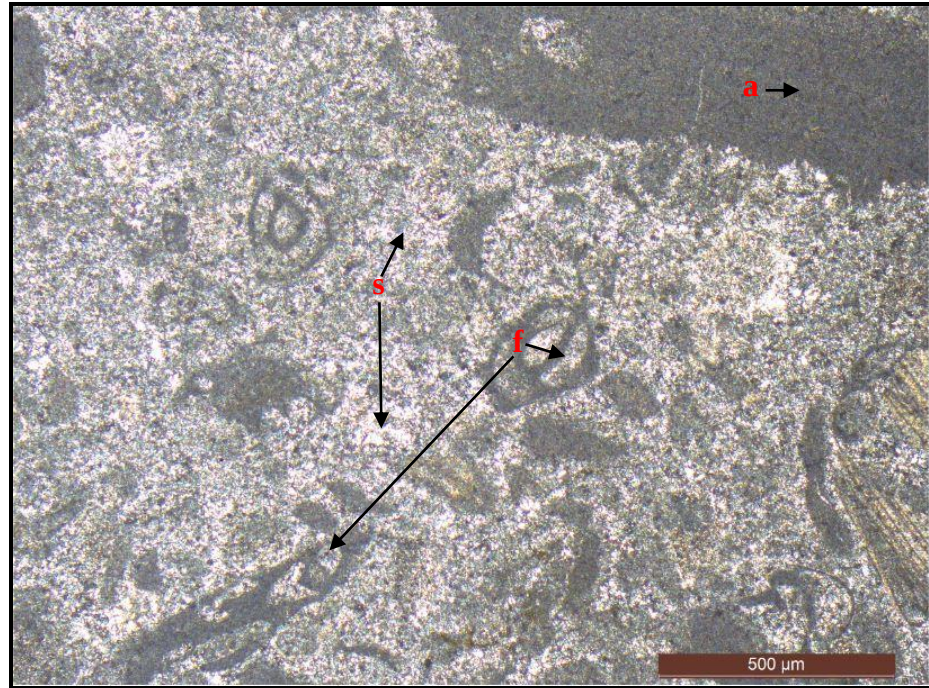
Silvan formasyonunda SK-2 kuyusunda toplamda 14 adet ince kesit üzerinde inceleme yapılmıştır. Kesitlere ait mikroskop görüntüleri Şekil 6.1. ile Şekil 6.5. arasında ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Silvan formasyonuna ait ince kesitler incelendiğinde genel olarak bol miktarda fosil içerdiği, intraklast tanelerin bulunduğu, bağlayıcı malzemenin genellikle mikrit olduğu ancak az miktarda sparitin varlığında tespit edilmiştir. Bazı kesitlerin genelde poroziteli olduğu ve az miktarda demiroksit içerdiği tespit edilmiştir.



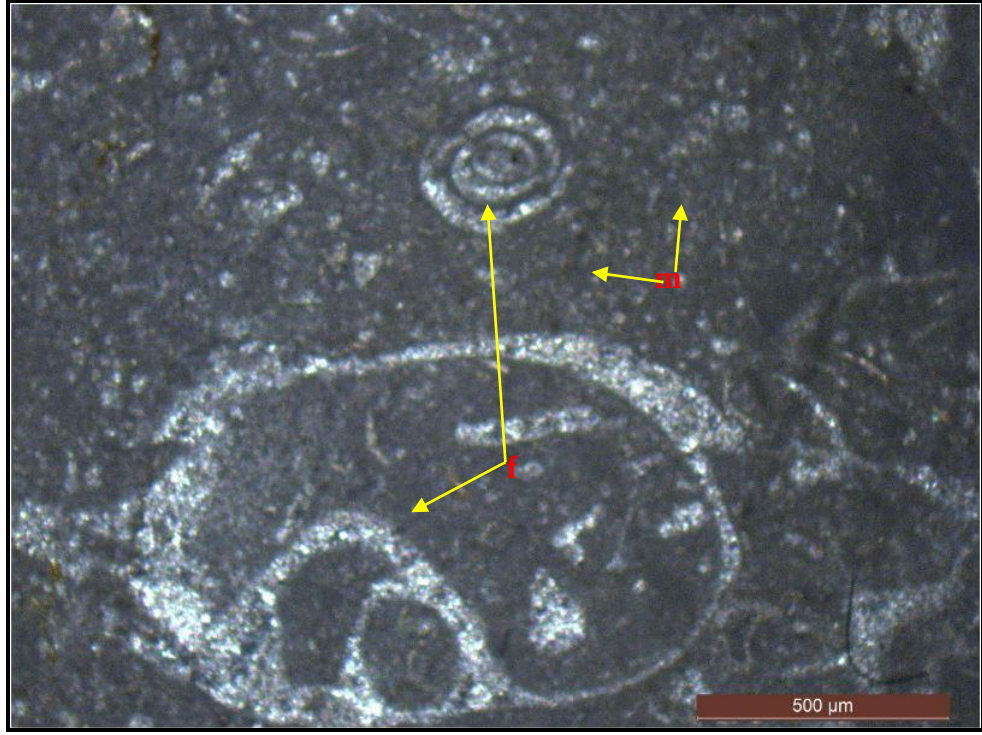
Şekil 6.1. Bol fosilli, mikritik bağlayıcılı kireçtaşı ince kesiti (f: fosil; m: mikrit; Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-2-1 kesitin alındığı derinlik 161.metre)



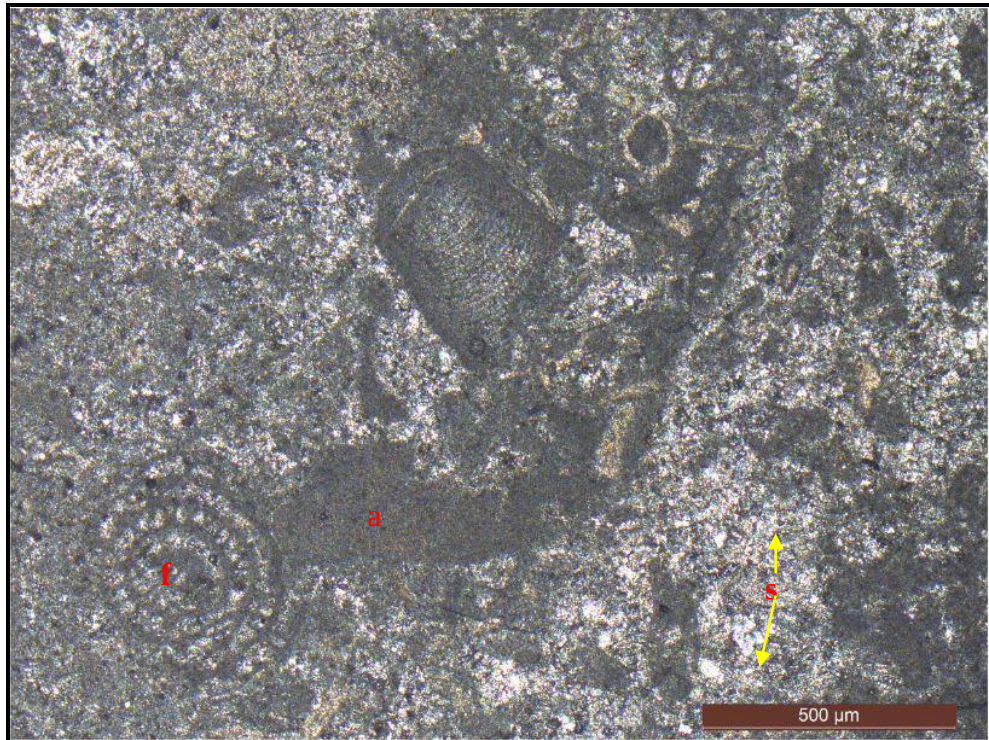
Şekil 6.2. Fosilli, az miktarda alg parçaları bulunan mikritik bağlayıcılı kireçtaşı ince kesiti (f: fosil; m: mikrit; a: alg parçası; Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-2-2 kesitin alındığı derinlik 165 metre)



Şekil 6.3. Bol fosilli, alg parçalı, sparit bağlayıcılı, kireçtaşı ince kesiti (f: fosil; s: sparit; a: alg parçası; Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-2-3 kesitin alındığı derinlik 171 metre)



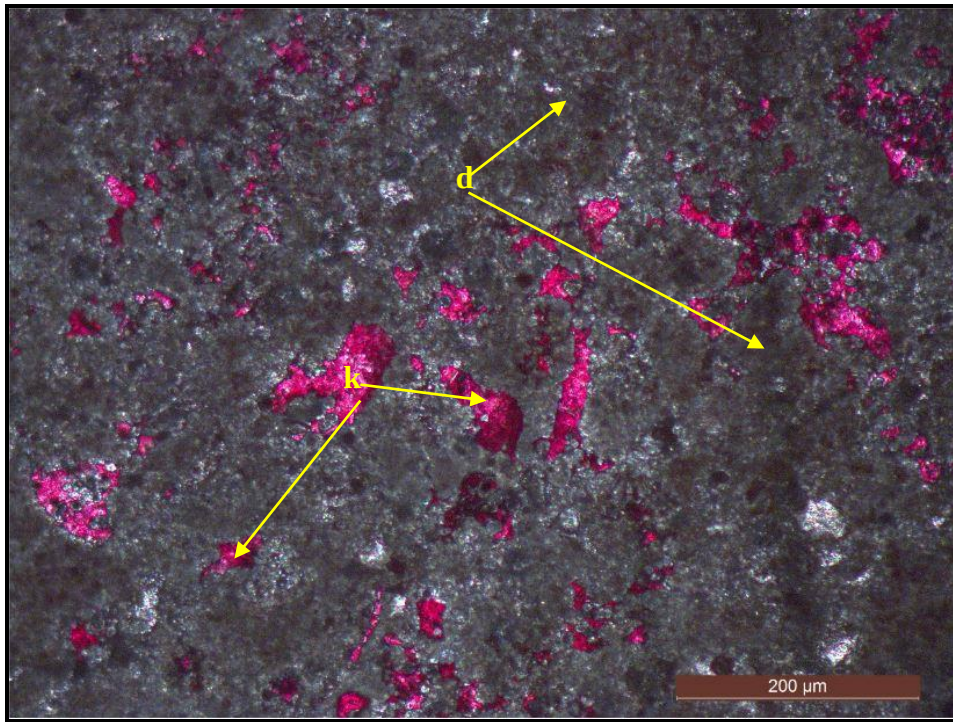
Şekil 6.4. Bol fosilli, mikritik bağlayıcılı kireçtaşı ince kesiti (f: fosil; m: mikrit; Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-2-6 kesitin alındığı derinlik 194 metre)



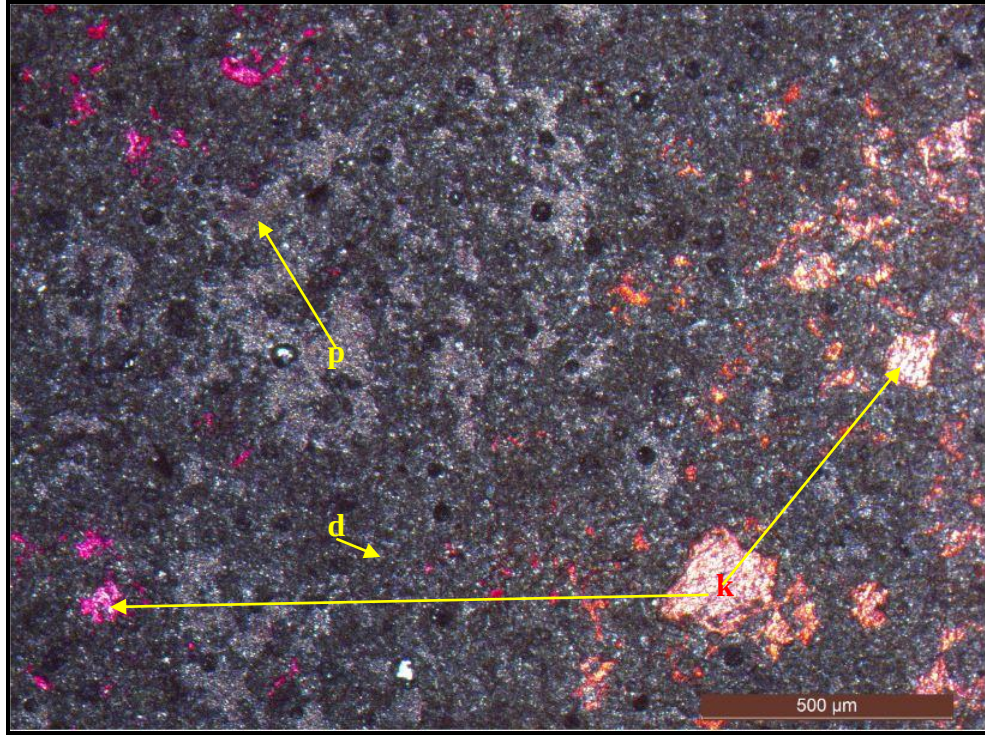
Şekil 6.5. Bol fosilli, alg parçalı, siparit bağlayıcılı kireçtaşı ince kesiti (f: fosil; a: alg; s: sparit; Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-2-7 kesitin alındığı derinlik 198 metre)

6.1.2. Midyat Formasyonuna Ait İnce Kesit Çalışmaları

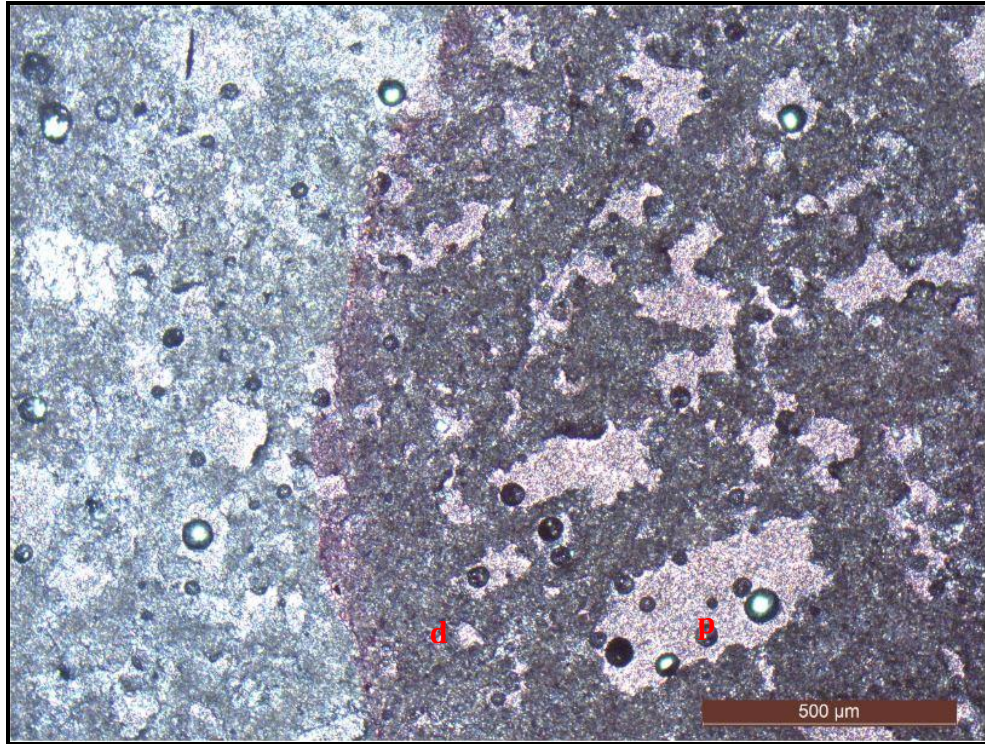
Midyat formasyonundan SK-10 kuyusunda toplamda 12 adet ince kesit üzerinde inceleme yapılmıştır. Formasyona ait mikroskop görüntüleri Şekil 6.6. ile Şekil 6.11. arasında ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Midyat formasyonuna ait ince kesitler incelendiğinde; genel olarak mikro kristalli ve öz şekilsiz dolomit kristalleri olduğu, kalsit dolgusu şeklinde çatlakların olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak görülen bileşenlerin; %70 - %80 arasında dolomit, %15 - %25 arasında kalsit ve yaklaşık %5 oranında porozite olduğu tespit edilmiştir.



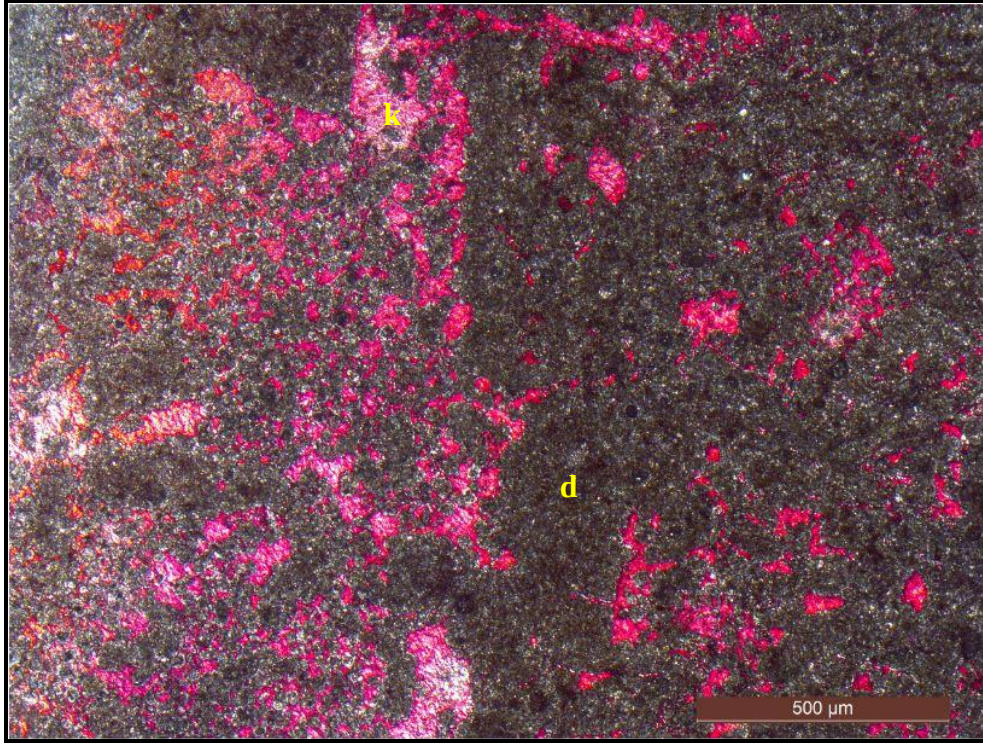
Şekil 6.6. Mikro kristalin, özşekilsiz, kalsit dolgulu dolomitik kireçtaşı ince kesiti (k: kalsit, d:dolomit; İnce kesit alizerin red-s ile boyanmıştır. Büyütme 10x, görünüm tek nikol, SK-10-A kesitin alındığı derinlik 193 metre)



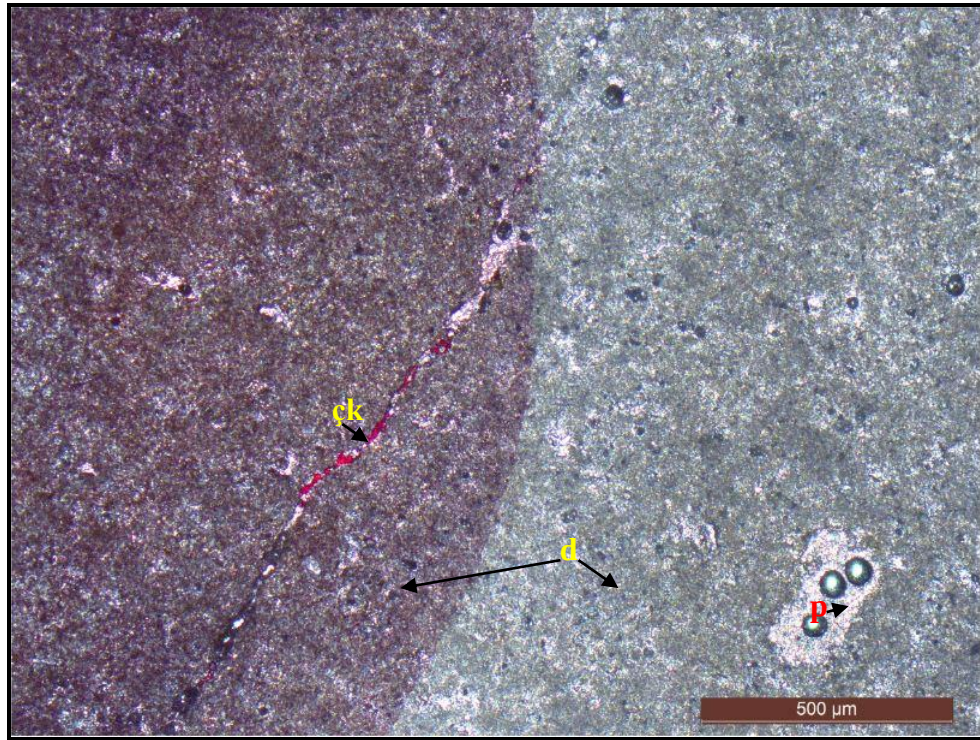
Şekil 6.7. Mikro kristalin özşekilsiz, kalsit dolgulu, poroziteli dolomitik kireçtaşı ince kesiti (k: kalsit, d: dolomit, p: porozite; İnce kesit alizerin red-s ile boyanmıştır. Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-10-E kesitin alındığı derinlik 213 metre)



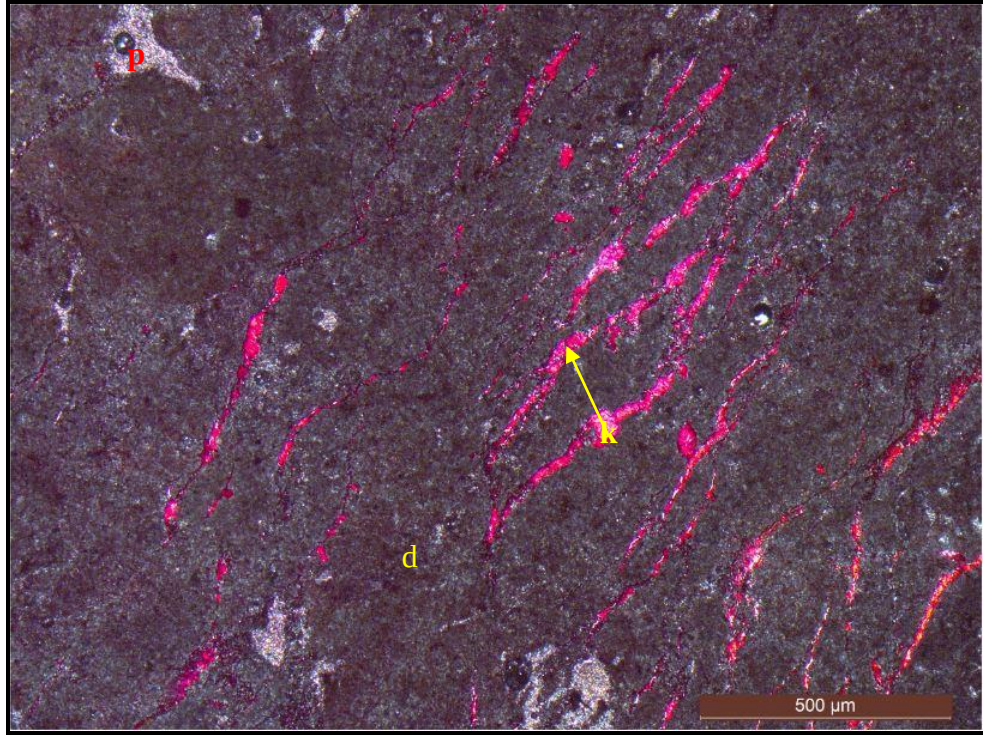
Şekil 6.8. Mikro kristalin özşekilsiz, poroziteli dolomitik kireçtaşı ince kesiti (d: dolomit, p: porozite; İnce kesit alizerin red-s ile boyanmıştır. Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-10-F kesitin alındığı derinlik 221 metre)



Şekil 6.9. Mikro kristalin özşekilsiz, kalsit dolgulu dolomitik kireçtaşı ince kesiti (k: kalsit, d:dolomit; İnce kesit alizerin red-s ile boyanmıştır. Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-10-G kesitin alındığı derinlik 232.metre)



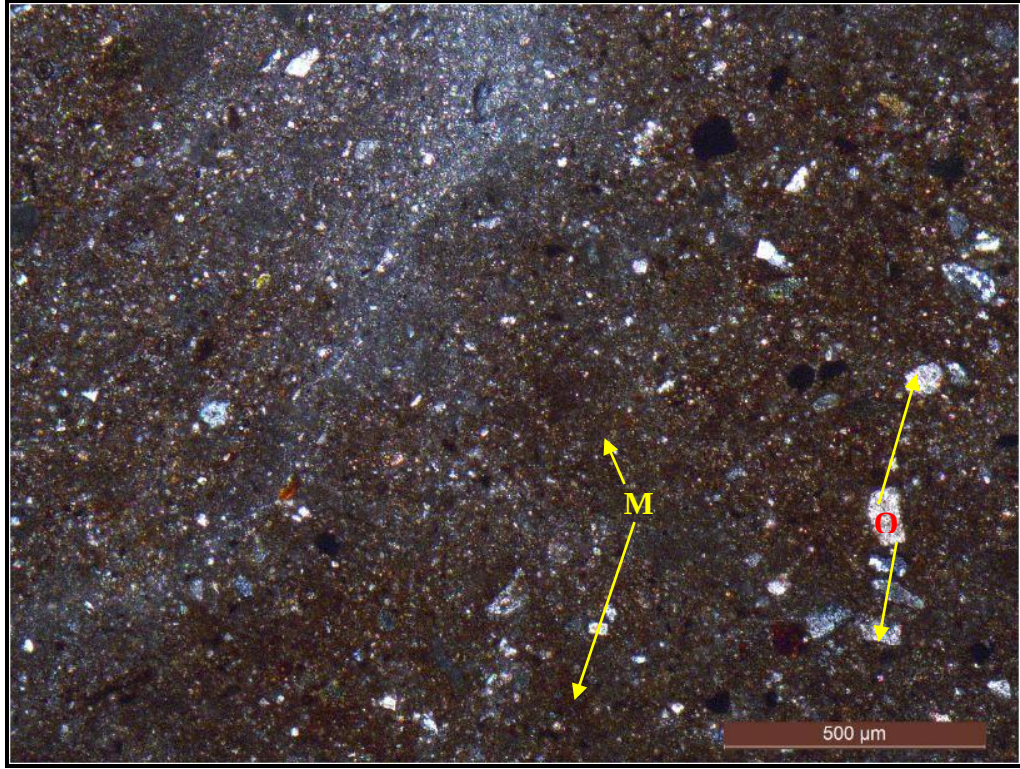
Şekil 6.10. Mikro kristalin özşekilsiz, çatlaklı çatlaklar kalsit dolgulu, poroziteli, dolomitik kireçtaşı ince kesiti (çk: çatlak dolgulu kalsit, d:dolomit, p:porozite; İnce kesit alizerin red-s ile boyanmıştır. Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-10-J kesitin alındığı derinlik 265.metre)



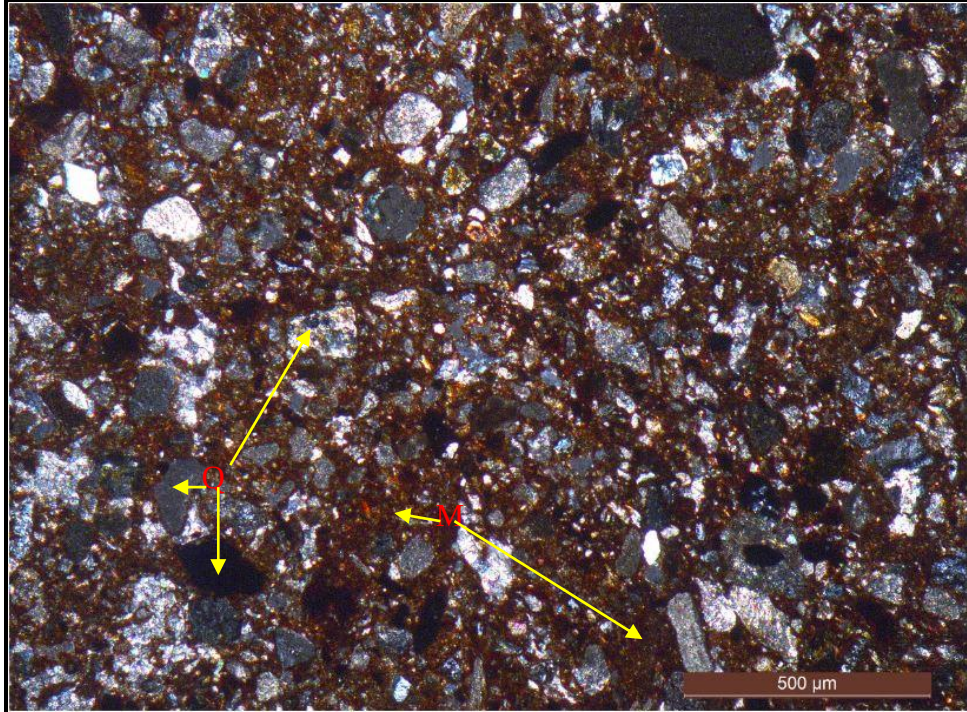
Şekil 6.11. Mikro kristalin özşekilsiz, az çatlaklı çatlaklar kalsit dolgulu, dolomitik kireçtaşı ince kesiti (k: kalsit, d: dolomit, p: porozite; İnce kesit alizerin red-s ile boyanmıştır. Büyütme 4x, görünüm tek nikol, SK-10-K kesitin alındığı derinlik 268 metre)

6.1.3. Gercüş Formasyonuna Ait İnce Kesit Çalışmaları

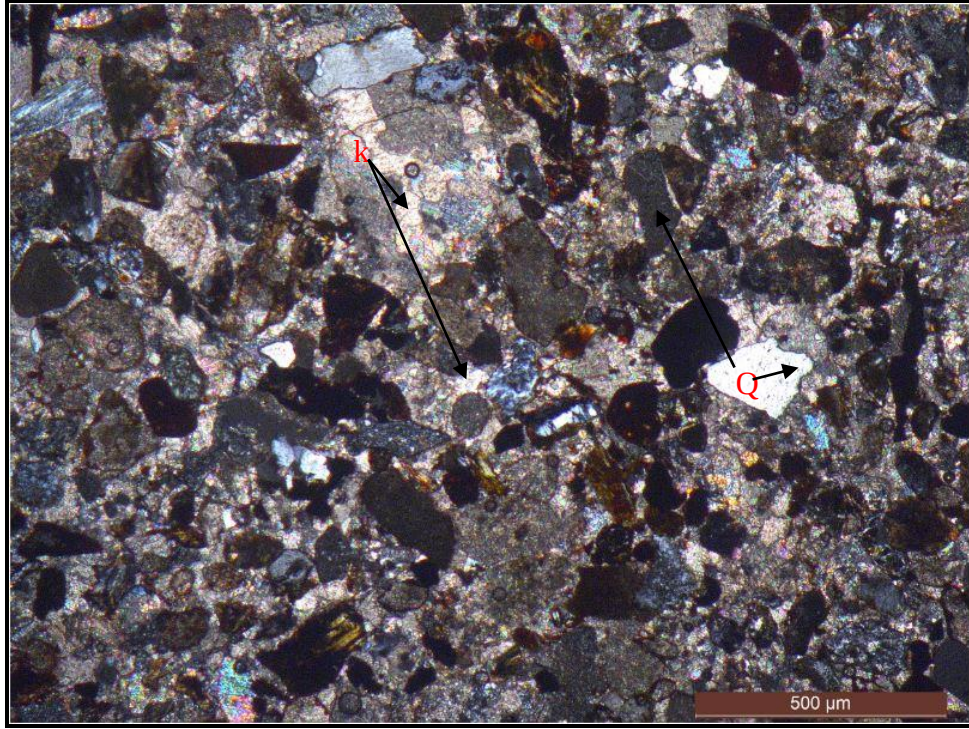
Gercüş formasyonundan SK-5, SK-6, SK-9 ve ÖSK-3 kuyularında toplamda 13 adet ince kesit üzerinde inceleme yapılmıştır. Formasyona ait mikroskop görüntüleri Şekil 6.12. ile Şekil 6.14. arasında ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Gercüş formasyonuna ait kumtaşı ince kesitleri incelendiğinde; kuvars mineralinin egemen olduğu, az miktarda çört tanesinin bulunduğu, bazı kesitlerde tanelerin bağlayıcısının matriks olduğu, bazılarında ise kalsit çimentonun olduğu görülmüştür. Genel olarak görülen bileşenlerin; %30 - %50 arasında kalsit, %10 - %30 arasında kuvars, %10 - %20 arasında demiroksit, %10 - %20 arasında porozite, %5' e yakın çört ve %5' e yakın silisli çimento olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.12. Matriks bağlayıcılı kumtaşı ince kesiti (M: matriks, Q: kuvars; Büyütme 4x, görünüm SK-5-1 kesitin alındığı derinlik 301.metre)



Şekil 6.13. Matriks bağlayıcılı kumtaşı ince kesiti (M: matriks, Q: kuvars; Büyütme 4x, görünüm SK-5-2 kesitin alındığı derinlik 303.metre)



Şekil 6.14. Kalsit bağlayıcılı kumtaşı ince kesiti (k: kalsit, Q: kuvars; Büyütme 4x, görünüm SK-5-1 kesitin alındığı derinlik 301 metre)

6.2. Kimyasal Analiz Çalışmaları

Çalışma alanı içerisinde seçilen toplam 6 adet kayaç numunesi için örnek hazırlama işlemi Batman Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarında yapılmış, ölçümler ACME analytical laboratuvarında ICP-MS’te ana oksit, iz-eser element ve nadir toprak element analizi yaptırılmıştır.

Silvan formasyonundaki 1 adet karbonatlı kayaç numunesinin kimyasal analiz sonucunda, CaCO_3 oranının % 98.70 mol, MgCO_3 içeriğinin % 1.30 mol olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.1). Ana oksit içerikleri; SiO_2 içeriği % 0.89, Al_2O_3 içeriği %0.18, Fe_2O_3 içeriği % 0.12, MgO içeriği % 0.61, CaO içeriği % 54.46, Na_2O içeriği %0.01, TiO_2 içeriği % 0.02, P_2O_5 içeriği % 0.03, Cr_2O_3 içeriği % 0.006, olarak saptanmıştır (Tablo 6.2). Formasyona ait nadir toprak element içerik TOT/C’nin değişim aralığı %11.89 olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.3.). Nadir toprak element içerikleri Tablo 6.3’de verilmiştir.

Midyat formasyonundaki 3 adet karbonatlı kayaç numunesinin kimyasal analiz sonucunda, CaCO_3 oranının % 55.48-59.53 mol arasında, MgCO_3 içeriğinin %40.47-44.52 mol arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 6.1). Ana oksit içerikleri;

SiO₂ içeriği % 0.13-0.62, Al₂O₃ içeriği % 0.03-0.19, Fe₂O₃ içeriği % 0.00-0.08, MgO içeriği % 19.20-21.18, CaO içeriği % 30.61-33.10, Na₂O içeriği % 0.03-0.06, K₂O içeriği % 0.00-0.05 olarak saptanmıştır (Tablo 6.2). Formasyona ait nadir toprak element içerik TOT/C'nin değişim aralığı %12.76-13.18 olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.3.). Nadir toprak element içerikleri Tablo 6.3'de verilmiştir.

Gercüş formasyonundaki 2 adet karbonatlı kumtaşı kayaç numunesinin kimyasal analiz sonucunda, CaCO₃ oranının % 53.01-81.28 mol arasında, MgCO₃ içeriğinin % 18.72-46.99 mol arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 6.1). Ana oksit içerikleri; SiO₂ içeriği % 12.71-22.99, Al₂O₃ içeriği % 2.62-3.84, Fe₂O₃ içeriği % 1.81-5.95, MgO içeriği % 5.77-18.29, CaO içeriği % 24.18-29.36, Na₂O içeriği % 0.30-0.33, K₂O içeriği % 0.61-0.65, TiO₂ içeriği % 0.18-0.56, P₂O₅ içeriği % 0.01-0.02, MnO içeriği % 0.14-0.31, Cr₂O₃ içeriği % 0.006-0.871 olarak saptanmıştır (Tablo 6.2). Formasyona ait nadir toprak element içerik TOT/C'nin değişim aralığı %7.14-10.33 olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.3.). Nadir toprak element içerikleri Tablo 6.3'de verilmiştir.

Tablo 6-1. Karbonatlı kayaçların % MgCO₃ - CaCO₃ mol içerikleri

Kuyu /Örnek no	CaO/MgO	MgCO₃ %	CaCO₃ %	Dolomitlerin Sınıflandırılması
A	1,47	44,35	55,65	Dolomitik Kireçtaşı (Midyat Fm.)
G	1,72	40,47	59,53	Dolomitik Kireçtaşı (Midyat Fm.)
L	1,46	44,52	55,48	Dolomitik Kireçtaşı (Midyat Fm.)
N	1,32	46,99	53,01	Karbonatlı Kumtaşı (Gercüş Fm.)
8	89,28	1,30	98,70	Kireçtaşı (Silvan Fm.)
3	5,09	18,72	81,28	Karbonatlı Kumtaşı (Gercüş Fm.)

Tablo 6-2. Karbonatlı kayaçların ana oksit içerikleri

Kuyu /Örnek no	Kayaç adı	SiO₂ %	Al₂O₃ %	Fe₂O₃ %	MgO %	CaO %	Na₂O %	K₂O %	TiO₂ %	P₂O₅ %	MnO %	Cr₂O₃ %	Ateş Kaybı %	Toplam %
A	Kireçtaşı (Midyat F.)	0,62	0,19	0,08	20,81	30,61	0,06	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	47,2	99,63
G	Kireçtaşı (Midyat F.)	0,49	0,10	<0,04	19,20	33,10	0,03	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	46,7	99,66
L	Kireçtaşı (Midyat F.)	0,13	0,03	<0,04	21,18	30,93	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	47,3	99,63
N	Kumtaşı (Gercüş F.)	12,71	2,62	1,81	18,29	24,18	0,30	0,61	0,18	0,02	0,31	0,006	38,4	99,47
8	Kireçtaşı (Silvan F.)	0,89	0,18	0,12	0,61	54,46	0,01	<0,01	0,02	0,03	<0,01	0,006	43,6	99,90
3	Kumtaşı (Gercüş F.)	22,99	3,84	5,95	5,77	29,36	0,33	0,65	0,56	<0,01	0,14	0,871	29,3	99,80

Tablo 6-3. Karbonatlı kayaçların nadir toprak element içerikleri

<u>Kuyu</u> <u>/Örnek no</u>	<u>Kayaç adı</u>	<u>La</u>	<u>Ce</u>	<u>Pr</u>	<u>Nd</u>	<u>Sm</u>	<u>Eu</u>	<u>Gd</u>	<u>Tb</u>	<u>Dy</u>	<u>Ho</u>	<u>Er</u>	<u>Tm</u>	<u>Yb</u>	<u>Lu</u>	<u>TOT/C</u>	<u>TOT/S</u>
A	Kireçtaşı	0,40	0,70	0,07	0,30	<0,05	<0,02	0,07	<0,01	0,06	<0,02	0,06	<0,01	<0,05	<0,01	13,18	<0,02
G	Kireçtaşı	0,30	0,50	0,02	<0,3	<0,05	<0,02	0,05	<0,01	0,07	<0,02	0,04	<0,01	0,05	<0,01	12,76	<0,02
L	Kireçtaşı	0,10	0,30	<0,02	<0,3	<0,05	<0,02	0,05	<0,01	<0,05	<0,02	<0,03	<0,01	<0,05	<0,01	13,06	<0,02
N	Kumtaşı	9,90	21,90	2,21	9,10	2,00	0,57	2,36	0,38	2,24	0,46	1,20	0,17	0,97	0,16	10,33	0,56
8	Kireçtaşı	0,70	0,90	0,09	0,40	<0,05	0,02	0,14	0,02	0,09	0,03	0,04	0,01	<0,05	<0,01	11,89	0,03
3	Kumtaşı	6,90	10,60	1,36	5,70	1,18	0,43	1,58	0,26	1,57	0,35	1,01	0,15	0,96	0,15	7,14	<0,02

7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Silvan Tüneli'nde çalışmalar devam ederken 2015 yılında yeraltında biriken gaz kaynaklı bir parlama meydana gelmiş ve çalışmalara ara verilmiştir. Parlama noktasına yakın mesafelerde TPAO ya ait kuyuların olduğu tespit edilmiştir. TPAO Batman Bölge Müdürlüğünden, hazne kayanın parlama noktasından 400-500 m. derinlerde olduğu, söz konusu gazın; örtü tabakanın kırıklı, çatlaklı yapısında biriken gaz kaynaklı olduğu bilgisi alınmıştır. Mevcut tünele ilerlemeye devam edilmesi halinde buna benzer parlamaların gerçekleşme ihtimalin oldukça yüksek olduğu TPAO ve DSİ yetkilileri tarafından değerlendirilmiştir. Parlamanın ardından alternatif güzergâhları belirlemek amacıyla İTÜ ve Dicle Üniversitesince ortak bir çalışma yapılarak teknik rapor doğrultusundan şuan ki alternatif güzergâh belirlenmiştir.

Bu çalışma, Alternatif Silvan Tüneli 11,20 m kazı çapında ve yaklaşık 13.500 m uzunluğunda planlanan tünelin güzergâhında yapılan çalışmaları kapsamaktadır. Bu çalışmada yapılan değerlendirmeler Büro, arazi ve laboratuvar çalışması sonucunda hazırlanmıştır.

Yapılan arazi çalışmaları kapsamında güzergâhın jeolojisi ve sondaj lokasyon noktaları belirlenmiştir. Bu kapsamda yüzey jeolojisi belirlenmiştir. Ayrıca tünel taban kotu +50 m olacak şekilde 11 adet temel sondaj kuyusu açılmış ve toplamda 4678 m. delgi yapılmıştır.

Alternatif Silvan Tüneli'nde 1689 m. Şelmo formasyonu, 902 m. Silvan formasyonu, 190 m. Germik formasyonu, 1590 m. Midyat formasyonu, 9180 Gercüş formasyonu delinecektir. Şelmo, Germik ve Gercüş formasyonları geçirimsiz–az geçirimli, Midyat ve Silvan formasyonları ise kırıklı, çatlaklı, boşluklu, karstik yapısından dolayı geçirimli özelliktedir. Bu nedenle tünel delgi çalışmalarında Midyat ve Silvan Formasyonlarında ciddi yeraltı suyu problemi ile karşılaşılması beklenmektedir. Şelmo, Germik ve Gercüş formasyonları ise yeraltı suyu bakımından verimsiz olduğundan çalışmaların kuru ortamda geçileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca tünel güzergâhının hemen altında bulunan mesafelerde Üst Sinan formasyonu ve çevresinde yapılan sondaj çalışmalarında CH₄ (metan) gazına rastlanmıştır. Bu nedenle Üst Sinan formasyonunda hidrokarbon kökenli gaz varlığı ile karşılaşılması muhtemeldir.

Jeoteknik çalışmalar kapsamında tünel güzergâhında sadece karotlu geçilen mesafeler ait RQD değerleri Tablo 7.1.'de gösterilmiştir. RQD değerlerine göre Şelmo formasyonunun kaya kalitesinin “orta–çok iyi” arasında değiştiği, Silvan

formasyonunun “çok iyi” kaya kalitesinde olduğu, Midyat formasyonunun “iyi” kaya kalitesinde olduğu, Gercüş formasyonunun ise “kötü–çok iyi” kaya kalitesinde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7-1. Karotlu geçilen birimlere ait RQD değerleri

Kaya Kalite Tanımı	Kaya Kalite Göstergesi (%RQD) (Karotlu geçilen mesafeleri kapsamaktadır.)			
	Gercüş Formasyonu	Midyat Formasyonu	Silvan Formasyonu	Şelmo Formasyonu
Çok Kötü < %25	-	-	-	-
Kötü %25 - %50	136 m.	-	-	-
Orta %50 - %75	77 m.	-	-	16 m.
İyi %75 - %90	479 m.	84 m.	-	23 m.
Çok İyi %90 - % 100	344 m.	-	81 m.	82 m.

Tünel güzergahında geçilen formasyonlara ait Terzaghi, RMR ve Q kaya kalite sınıflaması Tablo 7.2.’de gösterilmiştir. Bu tabloya göre; Şelmo formasyonunun en zayıf koşullarda Terzaghi sınıflamasına göre “tamamen parçalanmış” özellikte, RMR sınıflamasına göre “zayıf kaya (IV)” özelliğinde, Q sınıflamasına göre ise “çok zayıf kaya” özelliğinde olduğu tespit edilmiştir. Şelmo formasyonunun normal koşullarda Terzaghi sınıflamasına göre “masif orta dereceli” özellikte, RMR sınıflamasına göre “orta kaya (III)” özelliğinde, Q sınıflamasına göre ise “zayıf kaya” özelliğinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 7.2.).

Tablo 7-2. Kaya Sınıflaması

Formasyon		Kaya Sınıflaması		
		Terzaghi	RMR	Q
Şelmo Formasyonu	En zayıf koşul	Tamamen parçalanmış	Zayıf kaya (IV)	Çok zayıf kaya
	Normal koşul	Masif orta dereceli	Orta kaya (III)	Zayıf kaya
Silvan Formasyonu	Ortalama koşul	Sağlam	İyi kaya (II)	Orta kaya
Midyat Formasyonu	Ortalama koşul	Parçalı	Orta kaya (III)	Zayıf kaya
Gercüş Formasyonu	En zayıf koşul	Çok Parçalı	Zayıf kaya (IV)	Çok zayıf kaya
	Normal koşul	Parçalı	Orta kaya (III)	Orta kaya

Şelmo formasyonuna ait numunelerde yapılan tek eksenli basınç dayanımında en yüksek basınç değeri 204 kgf/cm², ortalama değer ise 185 kgf/cm² olarak belirlenmiştir (Tablo 5.1.).

Silvan formasyonunun ortalama koşullarda Terzaghi sınıflamasına göre “sağlam kaya” özellikte, RMR sınıflamasına göre “iyi kaya (II)” özelliğinde, Q sınıflamasına göre ise “orta kaya” özelliğinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 7.2.).

Silvan formasyonuna ait numunelerde yapılan tek eksenli basınç dayanımında en yüksek basınç değeri 682 kgf/cm², ortalama değer ise 608 kgf/cm² olarak belirlenmiştir (Tablo 5.1.).

Midyat formasyonunun ortalama koşullarda Terzaghi sınıflamasına göre “parçalı” özellikte, RMR sınıflamasına göre “orta kaya (III)” özelliğinde, Q sınıflamasına göre ise “zayıf kaya” özelliğinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 7.2.).

Midyat formasyonuna ait numunelerde yapılan tek eksenli basınç dayanımında en yüksek basınç değeri 349 kgf/cm², ortalama değer ise 281 kgf/cm² olarak belirlenmiştir (Tablo 5.1.).

Gercüş formasyonunun en zayıf koşullarda Terzaghi sınıflamasına göre “çok parçalı” özellikte, RMR sınıflamasına göre “zayıf kaya (IV)” özelliğinde, Q sınıflamasına göre ise “çok zayıf kaya” özelliğinde olduğu tespit edilmiştir. Gercüş formasyonunun normal koşullarda Terzaghi sınıflamasına göre “parçalı” özellikte, RMR sınıflamasına göre “orta kaya (III)” özelliğinde, Q sınıflamasına göre ise “orta kaya” özelliğinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 7.2.).

Gercüş formasyonuna ait numunelerde yapılan tek eksenli basınç dayanımında en yüksek basınç değeri 532 kgf/cm², ortalama değer ise 363 kgf/cm² olarak belirlenmiştir (Tablo 5.1.).

Şelmo formasyonunda en zayıf koşullarda kazı destek sistemleri şöyle olmalıdır;

Terzaghi sınıflamasına göre, birim tamamen parçalanmış kaya özelliğindedir. Kazı sırasında çok fazla yan basınç beklenmektedir.

RMR sınıflamasına göre, Tünel kazısı iki basamak halinde yapılmalı, ilerleme üst basamaktan yani tavandan 1-1,5 m. arasında ilerleme yapıp kazı noktasından 10 m mesafeye kadar da gerekli destekleme yapılmalıdır. Bu destekleme tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1,5 m. aralıklı ve 4-5 m. uzunluğunda kaya bulunu kullanılmalıdır. Yapılacak püskürtme betonun kalınlığı, tavanda 10–15 cm. arasında, yan kısımlarda ise 10 cm. kalınlığında olmalıdır. Ayrıca gereken yerlerde 1,5 m. aralıklı

elik iksa kullanılmalıdır. Bu birimde yapılan kazının ortalama desteksiz kalabilme süresi ise 2,5 m. açıklık için 10 saat olarak tespit edilmiştir.

Q sınıflamasına göre, tünel kazısında desteksiz maksimum açıklık 1,27 m. olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sistematik bulonlama ile beraber 12 -15 cm. kalınlığında lifle güçlendirilmiş püskürtme betonu önerilmiştir.

Selmo formasyonunda normal koşullarda kazı destek sistemleri şöyle olmalıdır; Terzaghi sınıflamasına göre, birim masif orta derecede eklemlili olup bu kesimlerde yükün bir noktadan diğeri ani olarak değışkenlik gösterebileceğini belirtmektedir.

RMR sınıflamasına göre, Tavandan 1,5-3,0 m. arasında ilerleme yapıp ve aynaya 10 m mesafeye kadar gerekli destekleme yapılmalıdır. Bu destekleme tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1,5- 2,0 m. aralıklı ve 3-4 m. uzunluğunda kaya bulonu kullanılmalıdır. Yapılacak püskürtme betonu, tavanda 5–10 cm. arasında, yan kısımlarda ise 3 cm. kalınlığında olmalıdır. Ayrıca elik iksaya gerek duyulmamıştır. Bu birimde yapılan kazının ortalama desteksiz kalabilme süresi ise 5 m. açıklık için 1 hafta olarak tespit edilmiştir.

Q sınıflamasına göre, tünel kazısında desteksiz maksimum açıklık 4,64 m. olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sistematik bulonlama ile beraber 4 -10 cm. kalınlığında takviyeli püskürtme betonu önerilmiştir.

Silvan formasyonunda ortalama koşullarda kazı destek sistemleri şöyle olmalıdır;

Terzaghi sınıflamasına göre, birim sağılam ve çatlaksız kaya özelliğindedir. Eğer kazı esnasında parçalanma ve dökülmeler oluyorsa hafif beton kaplamanın yapılması gerekmektedir.

RMR sınıflamasına göre, Tünel aynasından tam kesit şeklinde 1-1,5 m. arasında ilerleme yapıp kazı noktasından 20 m mesafeye kadar da gerekli destekleme yapılmalıdır. Bu desteklemeler kemerin her 2-3 m.'sine denk gelecek şekilde 2-2,5 m. aralıklı yer yer kaya bulonu ve tel kafes kullanılmalıdır. Yapılacak püskürtme betonu, gerektiğinde tavanda 5 cm. kalınlığında yapılmalıdır. Yan duvarlara püskürtme betona gerek duyulmamıştır. Bu birimde yapılan kazının ortalama desteksiz kalabilme süresi ise 10 m. açıklık için 1 yıl olarak tespit edilmiştir.

Q sınıflamasına göre, tünel kazısında desteksiz maksimum açıklık 6,75 m. olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sistematik bulonlama ile beraber 4-5 cm. kalınlığında takviyeli püskürtme betonu önerilmiştir.

Midyat formasyonunda ortalama koşullarda kazı destek sistemleri şöyle olmalıdır;

Terzaghi sınıflamasına göre, birim parçalı, çatlaklı kaya özelliğindedir. Kazı sırasında çok fazla yan basınç beklenmemektedir.

RMR sınıflamasına göre, Tünel kazısı iki basamak halinde yapılmalı, ilerleme üst basamaktan yani tavandan 1,5-3 m. arasında ilerleme yapıp kazı noktasından 10 m. mesafeye kadar da gerekli destekleme yapılmalıdır. Bu destekleme tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1,5-2 m. aralıklı ve 3-4 m. uzunluğunda kaya bulonu kullanılmalıdır. Yapılacak püskürtme betonu, tavanda 5–10 cm. arasında, yan kısımlarda ise 3 cm. kalınlığında olmalıdır. Ayrıca çelik iksaya gerek duyulmamıştır. Bu birimde yapılan kazının ortalama desteksiz kalabilme süresi ise 5 m. açıklık için 1 hafta olarak tespit edilmiştir.

Q sınıflamasına göre, tünel kazısında desteksiz maksimum açıklık 4,62 m. olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sistematik bulonlama ile beraber 4-10 cm. kalınlığında takviyeli püskürtme betonu önerilmiştir.

Gercüş formasyonunda en zayıf koşullarda kazı destek sistemleri şöyle olmalıdır;

Terzaghi sınıflamasına göre, birim çok parçalı ve çatlaklı kaya özelliğindedir. Kazı sırasında çok az yan basınç beklenmektedir.

RMR sınıflamasına göre, Tünel kazısı iki basamak halinde yapılmalı, ilerleme üst basamaktan yani tavandan 1,0-1,5 m. arasında ilerleme yapıp kazı noktasından 10 m mesafeye kadar da gerekli destekleme yapılmalıdır. Bu destekleme tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1,5 m. aralıklı ve 4-5 m. uzunluğunda kaya bulonu kullanılmalıdır. Yapılacak püskürtme betonun kalınlığı, tavanda 10–15 cm. arasında, yan kısımlarda ise 10 cm. kalınlığında olmalıdır. Ayrıca gereken yerlerde 1,5 m. aralıklı çelik iksa kullanılmalıdır. Bu birimde yapılan kazının ortalama desteksiz kalabilme süresi ise 2,5 m. açıklık için 1 saat olarak tespit edilmiştir.

Q sınıflamasına göre, tünel kazısında desteksiz maksimum açıklık 0,14 m. olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sistematik bulonlama ile beraber 12-15 cm. kalınlığında lifle güçlendirilmiş püskürtme betonu önerilmiştir.

Gercüş formasyonunda normal koşullarda kazı destek sistemleri şöyle olmalıdır;

Terzaghi sınıflamasına göre, birim Parçalı, çatlaklı kaya özelliğindedir. Kazı sırasında çok fazla yan basınç beklenmemektedir.

RMR sınıflamasına göre, Tünel kazısı iki basamak halinde yapılmalı, ilerleme üst basamaktan yani tavandan 1,5-3 m. arasında ilerleme yapıp kazı noktasından 10 m mesafeye kadar da gerekli destekleme yapılmalıdır. Bu destekleme tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1,5-2 m. aralıklı ve 3-4 m. uzunluğunda kaya bulonu kullanılmalıdır. Yapılacak püskürtme betonu, tavanda 10-15 cm. arasında, yan kısımlarda ise 10 cm. kalınlığında olmalıdır. Ayrıca çelik iksaya gerek duyulmamıştır. Bu birimde yapılan kazının ortalama desteksiz kalabilme süresi ise 10 m. açıklık için 10 gün olarak tespit edilmiştir.

Q sınıflamasına göre, tünel kazısında desteksiz maksimum açıklık 5,57 m. olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sistematik bulonlama ile beraber 4 -5 cm. kalınlığında takviyeli püskürtme betonu önerilmiştir.

Tünel güzergahında açılan sondaj kuyularında, karot, sondaj logları ve yüzey jeolojisinden yararlanarak güzergahın jeolojik enine kesiti ve jeolojik haritası çizilmiştir. Ayrıca Silvan, Midyat ve Gercüş formasyonlarından alınan kayaç numunelerinden yapılan ince kesit ve kimyasal analiz sonuçlarından da yararlanarak birimlerin minerolojik ve petrografik tanımlamaları yapılmıştır.

Silvan formasyonuna ait ince kesitler incelendiğinde; bol fosil içerdiği, intraklast tanelerin bulunduğu, bağlayıcı malzemenin genellikle mikrit olduğu ancak az miktarda sparitik bağlayıcının bulunduğu tespit edilmiştir. Kesitleri genelde poroziteli olduğu ve az miktarda demiroksit içerdiği tespit edilmiştir.

Midyat formasyonuna ait ince kesitler incelendiğinde; mikro kristalli ve öz şekilsiz dolomitik kristallerin bulunduğu, genelde çatlaklı olup çatlaklarında kalsit dolgularının olduğu belirlenmiştir.

Gercüş formasyonuna ait kumtaşı ince kesitleri incelendiğinde; kuvars mineralinin egemen olduğu, az miktarda çört tanesinin bulunduğu, bazı kesitlerde tanelerin bağlayıcısının matriks olduğu, bazılarında ise kalsit çimentonun olduğu tespit edilmiştir.

Silvan formasyonundaki 1 adet karbonatlı kayaç numunesinin kimyasal analiz sonucunda, CaCO_3 oranının % 98.70 mol, MgCO_3 içeriğinin % 1.30 mol olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.1). Ana oksit içerikleri; SiO_2 içeriği % 0.89, Al_2O_3 içeriği %0.18, Fe_2O_3 içeriği % 0.12, MgO içeriği % 0.61, CaO içeriği % 54.46, Na_2O içeriği %0.01, TiO_2 içeriği % 0.02, P_2O_5 içeriği % 0.03, Cr_2O_3 içeriği % 0.006, olarak saptanmıştır (Tablo 6.2).

Midyat formasyonundaki 3 adet karbonatlı kayaç numunesinin kimyasal analiz sonucunda, CaCO_3 oranının % 55.48-59.53 mol arasında, MgCO_3 içeriğinin %40.47-44.52 mol arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 6.1). Ana oksit içerikleri; SiO_2 içeriği % 0.13-0.62, Al_2O_3 içeriği % 0.03-0.19, Fe_2O_3 içeriği % 0.00-0.08, MgO içeriği % 19.20-21.18, CaO içeriği % 30.61-33.10, Na_2O içeriği % 0.03-0.06, K_2O içeriği % 0.00-0.05 olarak saptanmıştır (Tablo 6.2).

Gercüş formasyonundaki 2 adet karbonatlı kumtaşı kayaç numunesinin kimyasal analiz sonucunda, CaCO_3 oranının % 53.01-81.28 mol arasında, MgCO_3 içeriğinin % 18.72-46.99 mol arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 6.1). Ana oksit içerikleri; SiO_2 içeriği % 12.71-22.99, Al_2O_3 içeriği % 2.62-3.84, Fe_2O_3 içeriği % 1.81-5.95, MgO içeriği % 5.77-18.29, CaO içeriği % 24.18-29.36, Na_2O içeriği % 0.30-0.33, K_2O içeriği % 0.61-0.65, TiO_2 içeriği % 0.18-0.56, P_2O_5 içeriği % 0.01-0.02, MnO içeriği % 0.14-0.31, Cr_2O_3 içeriği % 0.006-0.871 olarak saptanmıştır (Tablo 6.2).

Öneriler;

Alternatif Silvan Tüneli delgi çalışmalarında Tünel Açma Makinası (TAM) projelendirme çalışması yapılırken öncelikle dikkat edilmesi gerekenler karstik boşluklar, yeraltı suyu ve gazlı ortamlar olmalıdır.

Alternatif Silvan Tünel güzergahında kazı çalışmaları sırasında özellikle Midyat ve Silvan formasyonlarından çok ciddi yeraltısuyu beklenmektedir. Yörenin içme suyunu etkilemeyecek şekilde su gelişlerini önlemek amacıyla gerekli tedbirler (su beklenen mesafeleri jeomebran kaplama, yeraltısuyuna zararı olmayan ve suyla temasında şişebilen kimyasal enjeksiyon vb.) alınmalıdır.

Midyat ve Silvan formasyonlarında bulunan karstik boşluklar da iş güvenliği açısından dikkate alınmalıdır. Bu neden ile bu birimlerde aynadan yatay sondaj yapılarak ilerleme yapılması daha uygun olacaktır.

Şelmo ve Gercüş formasyonlarındaki ezilme, parçalanma zonları zemin göçmelerine neden olabilir. Bu nedenle özellikle bu zonlarda gerekli tedbirler alınarak ilerleme yapılması uygun olacaktır.

Güzergâhın özellikle Üst Sinan formasyonu ve çevresinin Hidrokarbon kökenli gaz bulundurmasından dolayı kazı çalışmalarında exproof (alev çıkarmayan) aletler kullanılmalıdır. Delgiye paralel belli mesafelerde gaz sensörlerin yerleştirilmesi uygun olacaktır. Tünele yeterli havalandırma sağlanamaması durumuna karşın, güzergahta belli mesafelerde derinliği tünel kotuna gelecek şekilde havalandırma sondajları (bacaları) açılması uygun olacaktır.

8. KAYNAKLAR

- Açıkbaş, D. ve Baştuğ, C., 1975, V. Bölge Cacas-Hani yöresi kuzey sahalarının jeoloj raporu ve petrol olanakları: *TPAO Arama Grubu*. Rapor no. 917,45 s.
- Açıkbaş, D., Sungurlu, O., Akgül, A. ve Erdoğan. T., 1979, Geology and petroleum possibilities of Southeast Turkey: *TPAO Arama Grubu*. Rapor no, 1410. 31 s.
- Açıkbaş, D., Akgül, A. Ve Erdoğan, L.T., 1981, Güneydoğu Anadolu'nun hidrokarbon olanakları ve Baykan-Şirvan-Pervari yöresinin jeolojisi: *TPAO Arama Grubu*, Rapor no. 1543. 387 s.
- Aktürk. A., 1979, Kuzey Irak ve Güneydoğu Türkiye stratigraflerinin karşılaştırılması: Jeoloji Mühendisleri Odası yayını, no.6, s. 203-207.
- Araç, M., 1981, Malahermo sahası Alt Sinan –Garzan formasyonların litoloji ve mikrofasiyes incelemesi: *TPAO Arama Grubu*, Rapor no. 374, 8 s.
- Araç, M., 1982, X. Bölge şaryaj önü ve altındaki kuyularda Alt Sinan ve Garzan formasyonlarının mikrofasiyes incelemesi: *TPAO Arama Grubu*, Rapor no. 434/1, 48 s.
- Araç ve Salem, R., 1984, Petrography, sedimentology and hydrocarbon potential of Upper Maestrichtian (Lower Sinan Formation) in District X, Southeast Turkey: : *TPAO Araştırma Merkezi*, Rapor no. 641, 14 s.
- Araç, M. Ve Yılmaz, E., 1992, Üst Sinan formasyonu rezervuar sedimentolojisi (Silivanka-Yanarsu, G.D. Türkiye): Türkiye 9. Petrol Kongresi Jeoloji Bildirileri, s. 161-172.
- Araç, M., Erenler, M. Ve Yılmaz, E., 1993, X Bölge Batı Kozluca sahası ve civarındaki kuyularda kesilen Mesozoyik-Alt Tersiyer yaşlı birimlerin biyostratigrafik, sedimentolojik ve rezervuar özellikleri: TPAO Araştırma Merkezi, Rapor no. 1906, 51s.
- Atan, R. O., 1969, Eğribucak-Karacaören (hassa)-Ceyhanlı-Dazevleri (Kırıkhan) arasındaki Amanos dağlarının jeolojisi: MTA yayını no. 139,85 s.

- Barton, N., Lien, R. ve Lunde, J., 1974, "Engineering classification of rock masses for design of tunnel support", *Rock Mechanics*, V.6, 189-236.
- Barton, N. ve Grimstad, E., 1993, "The Q-System following twenty years of Application in NTM support selection Felsbau", 12 (6), 428-36.
- Bieniawski, Z.T., 1973, "Engineering classification of jointed rock masses". *Trans. S. African Instn. Civ. Engrs.*, Vol 15, No 12, pp. 335 - 344.
- Bieniawski, Z. T., 1989, Engineering rock mass classifications. John Wiley & Sons, New York, 251 p,
- Blakslee, G., Sturz. C. ve Hansen, M., 1960, Regional geologic compilation report of Southeast Turkey and Adjacent Arcas (Tidewater Oil Company Report): *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü*, 116 p.
- Bolgi, T., 1961, V. Petrol Bölgesi seksiyon ölçmeleri AR/TPO/261 nolu saha ile Reşan-Dodan arası batısındaki sahanın strüktürel etüdları: *TPAO Arama Grubu*, Rapor No: 162. 52s. (yayımlanmamış).
- Cordey, W.G. ve Demirmen, F., 1971, The Mardin formation in South-East Turkey: First Petroleum Congress of Turkey, Prceedings (Turkish Association of Petroleum Geologists), p. 51-57.
- Çemen, İ., Perinçek, D., Ediger, V.Ş. ve Akça, L., 1990, Güneydoğu Anadolu'daki Bozova doğrultu atımlı fayı: üzerindeki ilk hareket ters faylanma olan faylara bir örnek: Türkiye 8. Petrol Kongresi, Jeoloji Bildirileri, s. 169-179.
- Devlet Su İşleri, 1979, Yukarı Dicle Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu.
- Devlet Su İşleri, 2017, Alternatif Silvan Tüneli Kesin Proje Aşaması Jeoteknik Etüt raporu
- Deere, D.U. (1963). Technical Description of Rock Cores for Engineering Purpose. *Rock Mechanics and Engineering Geology 1*.
- Duran, O. ve Yılmaz, E., 1997, Güneydoğu Anadolu bölgesi otokton ve allokon birimler stratigrafi adlama sözlüğü (Lexicon). *TPAO Genel Müdürlüğü, Eğitim Yayınları No.31*.

- Duran, O., Şemşir, D., Sezgin, İ., Kavukçu, E., Ertürk, O., Kaynak, G. Ve Aras, M., 1987, X-XI-XII. Bölgelerde Gercüş, Hoya, Gaziantep, Germik ve Fırat formasyonlarının stratigrafisi ve sedimantolojisi (I.kısım) : *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 2280. 67 s.*
- Duran, O., Şemşir, D., Sezgin, İ. Ve Perinçek, D., 1988, Güneydoğu Anadolu'da Midyat ve Silvan Gruplarının stratigrafisi, sedimantolojisi ve petrol potansiyeli: *TPJD Bülteni, cilt ½, 99-126 s., Ankara.*
- Duran, O., Şemşir, D., Sezgin, İ. ve Perinçek, D., 1989, Güneydoğu Anadolu'da Midyat ve Silvan gruplarının stratigrafisi, sedimantolojisi ve paleocoğrafyası, paleontolojisi, jeoloji tarihi, rezervuar ve diyajenez özellikleri ve olası petrol potansiyeli: *TPAO Arama Grubu, Rapor No: 2563, 78s. (yayımlanmamış).*
- Durkee, E. F., 1961, Proposed stratigraphic nomenclature, District VI, Southeast Turkey: *Petroleum Administration Publications, Bulletin no. 6, p. 38-46.*
- Ekim, S., Gönülden, P. ve İlhan. E., 1961, Fransız Petrol Enstitüsü (IFP) jeologlar grubu ile V. ve VI. Petrol bölgelerinde yapılan teknik gezi hakkında rapor: *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 199, 30 s.*
- Genç, S., 1985, Bitlis masifi Lice-Kulp (Diyarbakır) ve Çöçekyazı-Gökay (Hizan, Bitlis) yöreleri gnays ve amfibolitlerinin köken sorununun irdelenmesi: *JMO Dergisi, no. 23, s. 31-38.*
- Gossage, D. W., 1956, Compiled progress report on the geology of part of Petroleum District VI, Southeast Turkey: N.V. Turkse Shell, Report no. GRT. 2,22 p.
- Görür, N. Ve Akkök, R., 1982c, Güneydoğu Anadolu bindirme kuşağı boyunca Midyat formasyonunun sedimantolojik özellikleri: *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 1698. 72 s.*
- Görür, N. Ve Akkök, R., 1984, Facies analysis of the Midyat group (Lower Eocene to Lower Miocene) of the southeast Turkey: : *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 2187. 57 s.*
- Günay, Y., 1984, Amanos dağlarının jeolojisi ve Karasu-Hatay grabeninin petrol olanakları: : *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 1954. 98 s.*

- Günay, Y., 1986, Ergani-Dicle (Diyarbakır) arasındaki Abdülaziz dağı'nın jeolojisi ve yapısı: *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 2132, 10 s.*
- Gürpınar, O. ve Gözübol, A.M., 1979, Kahramanmaraş kuzeyinin jeoloji incelemesi ve allohton birimlerin yerleşme modeli: *TPAO Arama Grubu, Rapor No: 1392, 39s. (yayımlanmamış).*
- Güven, A., Dinçer, A., Tuna, M.E, Tezcan, Ü.Ş. ve Çoruh. T. 1988, Güneydoğu Anadolu'da Mardin ve Midyat Grupları arasında yer alan birimlerin stratigrafisi (ön rapor): *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 2414, 154 s.*
- Güven. A., Dinçer, A., Tuna, E. M. ve Çoruh, T., 1991, Stratigraphic evolution of the Campanian-Paleocene autochthonous succesion of the Southeast Anatolia: *Ozan Sungurlu Symposium Proceedings. p. 238-261.*
- Güven, A., Dinçer, A., Tuna, M.E. ve Çoruh, T., 1991a, Güneydoğu Anadolu Kampaniyen-Paleosen otokton istifinin stratigrafisi: : *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 2828, 133 s.*
- Güvenç, T., 1973, Gaziantep-Kilis bölgesi stratigrafisi, *MTA Jeoloji Etüdleri Dairesi rapor arşivi. rapor no. 304, 70 s. Ankara (Yayımlanmamış).*
- Kellogg, H.E., 1960a, Stratigraphic report, Hazro area, Petroleum District V, SE Turkey (American Overseas Petroleum (AMOSEAS) Report): *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Arşivi, Kutu No: 126, Rapor No:1, 42s. (yayımlanmamış).*
- Kellogg, H.E., 1960b, Stratigraphic report, Bitlis Siirt area, Petroleum District V, Southeast Turkey (American Overseas Petroleum (AMOSEAS) Report): *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Arşivi, Kutu No: 126, Rapor No:2, 25s. (yayımlanmamış).*
- Keskin, C., 1971, Sedimentary microfacies of the Cretaceous carbonate rock sequence in District V, and their importance in stratigraphic correlations: First Petroleum Congres of Turkey, Proceedings, p. 73-80.
- Ketin, İ., (1983). Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış, *Istanbul Technical Univercity. Publications, Istanbul, 595 s.*

- Koaster, E.A., 1963, Petroleum geology of District V, Turkey with special reference to license No: 649 of Aladdin Middle East Ltd. (AME Report): *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Arşivi, Kutu No: 125, Rapor No: 4, 22s. (yayımlanmamış).*
- Köylüoğlu, M., 1986, Güneydoğu Anadolu otokton birimlerinin kronostratigrafisi, mikrofasiyes ve mikrofosilleri: TPAO Araştırma Merkezi, Rapor no. 1151, 28 s.
- Mobil, 1960, Composite log of the Sinan-1 well: *TPAO Arama Grubu, Arşiv no. 484.*
- Pasin, C., Çelikdemir, E. Ve Şemşir, D., 1983, Adıyaman-Çemberlitaş-Bölükayla sahaları ile yakın dolaylarının hidrokarbon olanakları: *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 1770, 131 s.*
- Peksü, M., 1969, Proposed rock unit nomenclature, Petroleum District V. and VI, SE-Turkey: TPAO Arama Grubu, Arşiv no. 5158.
- Periam, C.E. ve Krummenacher, R., 1958, The geology of the Eastern part of District VI(Urfa area), SE Turkey (N.V. Turkse Shell Report): *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi, Kutu No: 352, Rapor No: 4, 37s. (TPAO Arama Grubu, Rapor No: 836), (yayımlanmamış).*
- Perinçek, D., 1977, Çelikhan-Sincik-Koçali (Adıyaman ili) alanının jeolojik incelenmesi: *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 1394, 30 s., Ankara.*
- Perinçek, D., 1978, V-VI-IX. Bölge (Güneydoğu Anadolu otokton-allokon birimler) jeoloji sembolleri: TPAO Arama Grubu Rapor No 6657.
- Perinçek, D., 1979a, Çelikhan-Sincik-Koçali (Adıyaman) alanının jeolojik incelemesi: *TPAO Arama Grubu Rapor No 1395.*
- Perinçek, D., 1979b, Hazro, Korudağ-Çüngüş, Maden, Hazar, Elazığ, Malatya dolayının jeolojisi: *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 1395. 62 s.*
- Perinçek, D., 1980, Arabistan kıtası kuzeyindeki tektonik evrimin, kıta üzerinde çökelen istifteki etkileri: *Türkiye Beşinci Petrol Kongresi, Jeoloji-Jeofizik Bildirileri, s. 77-93.*

- Perinçek, D., 1980a, Softek antiklinalinde ve yakın dolayında Mardin grubu ile diskordanskanı olasıklıklı Beloka formasyonu petrol olanakları: *TPAO Arama Grubu, RaporNo: 1430, 28s. (yayımlanmamış)*.
- Perinçek, D. (1990). Hakkari ili ve dolayının stratigrafisi, Güneydoğu Anadolu Türkiye: *TPJD Bülteni, cilt. 2/1, s. 21-68*.
- Perry, ve Yalçın, K., 1957, Tavan structure (south) section (Esso Standard (Turkey) Inc.): *TPAO Arama Grubu, Arşiv no. 924*.
- Salem, R., Eren, A., Özbahçeci, H., Araç, M., Öncü, H., İşbilir, M., Üngör, A., Biçer, Z., Yılmaz, Z. Ve Yılmaz, E., 1986, Geologic and hdyrocarbon evaluation of Maestrihtian sediments in central distict X, Southeast Turkey: TPAO Araştırma Merkezi, Rapor no. 1009, 53s.
- Sarıdaş, B., 1991 Cendere sahası ve Nemrut dağı dolayının jeolojisi (rezervuar çalışması): *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 2826, 20 s.*
- Savcı, H. Ve Dülger, S., 1980, Cacas-Sason-Kozluk dolayının jeoloji incelemesi ve petrol olanaklarının araştırılması: *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 1442,, 41 s.*
- Schmidt. G. C., 1961, Stratigraphy and petroleum possibilities of Central District VI, Turkey: *Petrol işleri Genel Müdürlüğü Teknik Arşivi, Kutu no. 332, Rapor no. 4, 43 s. (TPAO Arama Grubu. Rapor no. 767)*.
- Schmidt. G. C., 1964b, A review of Permian and Mesozoic formation exposed near the Turkey/Iraq border at Harbol (Türkiye –Irak sınırında, Harbol civarında mevcut Permilen ve Mesozoyik formasyonlar): Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute Turkey, no. 62, p. 103-119
- Sfondrini, G., 1963, Regional geologic report on Eruh licenses (AR/TGO-DEA/V/452, 453, 454) (Turkish Gulf Oil Company Report): Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Arşivi, Kutu no. 259, Rapor no. 8,9 s.
- Stratum, 1963, General geological report on the Petroleum District V with reference to the areas AR/A.M.E./648, 649, AR/C.M.E./657, 660, AR/P.E.R./650, 659 (Aladdin Middle East Ltd. Report): *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Arşivi, Kutu No: 125, Rapor No: 7,19s. (yayımlanmamış)*.

- Sungurlu, O., 1973, VI. Bölge Gölbaşı-Gerger arasındaki sahanın jeolojisi: TPAO Arama Grubu, Rapor No: 802, 30s. (yayımlanmamış).
- Sungurlu, O., 1974, VI. Bölge kuzey sahalarının jeolojisi: *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 871, 32 s., Ankara.*
- Şengör, A.M.C., 1980, Türkiye'nin neotektoniğinin esasları, *Türkiye jeoloji Kurumu, Konferans serisi: 2.*
- Tanyol, Ç., Yakar, H. ve Ediger, V.Ş., 1997, Güneydoğu Anadolu bölgesi otokton istifinin biyostratigrafi atlası: *TPAO Eğitim Yayınları, No:30, 510s.*
- Temple, P. ve Yalçın, K., 1958a, Lice section (Esso Standard (Turkey) Ice): *TPAO Arama Grubu, Arşiv No: 953, 955, (yayımlanmamış).*
- Temple, P. ve Yalçın, K., 1958b, Kuru Dağ section (Esso Standard (Turkey) Ire): *TPAO Arama Grubu, Arşiv No: 971, (yayımlanmamış).*
- Temple, P. ve Yalçın, K., 1958c, Kilise Dağ section (Esso Standard (Turkey) inc.): *TPAO Arama Grubu, Arşiv No: 851, (yayımlanmamış).*
- Terlemez, H. Ç. I., Şentürk, K., Ateş, Ş., Sümengen, M. ve Oral, A. 1992, Gaziantep dolayının ve Pazarcık-Şakçagöz-Kilis-Elbeyli-Oğuzeli arasının jeolojisi. *M. T. A. Rap. No. 9526, Ankara (yayımlanmamış).*
- Terzaghi, K., 1946, "Rock defects and loads on tunnel supports. Introduction to tunnel geology. In Rock tunneling with steel supports, (eds R. V. Proctor and T. L. White) 1, 17-99. Youngstown", *OH: Commercial Shearing and Stamping Company*, pp. 5 - 153.
- Tolun, N., 1955, Besni, Adıyaman, Samsat arası bölgelerinin jeolojik etüdü: *MTA DerlemeNo: 2251, 5İs. (yayımlanmamış).*
- Tolun, N., 1960, Stratigraphy and tectonics of Southeastern Anatolia: *Revue de la Faculte des Sciences de l'Universite D'İstanbul, Tome XXV, Faso. 3-4, serie B, p. 204 264.*
- Tuna, D., 1973, VI. Bölge litostratigrafi birimleri adlamasının açıklayıcı raporu: *TPAO Arama Grubu, Rapor No: 813, 131s. (yayımlanmamış).*

- Tuna, M. E., 1979, Elazığ-Palu-Pertek dolayının jeolojisi: *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 1362, 38 s.*
- Usta, D. Ve Beyazçiçek, H. 2006, Adana ilinin jeolojisi, *M. T. A. Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, Adana (yayımlanmamış).*
- Yıldırım, M. ve Yılmaz, Y., 1991, Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağının ekaylı zonu, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 3, 57-73.*
- Yılmaz, Y., 1983, “Türkiye’de Tetis’in Evrimi: Levha Tektoniği Açısından Bir Yaklaşım:” *TJK Yerbilimleri Özel Dizisi. 1.75 s*
- Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C., Yılmaz, Y., 1991, Güneydoğu Anadolu Orojenik kuşağında Maden Grubunun tektonik konumu ve jeolojik önemi. *A.Ü. Fen Fak., A.Suat Erk jeoloji sempozyumu, bildiriler, 251-264.*
- Yılmaz, Y., 1982, Amaños Dağlarının tektoniği: *TPAO Arama Grubu, Rapor No: 1653, 91s.(yayımlanmamış).*
- Yoldemir, O., 1987b, Suvarlı-Haydarlı-Narlı-Gaziantep arasında kalan alanın jeolojisi, yapısal durumu ve petrol olanakları: *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 2275. 60 s.*
- Yılmaz, E., 1985, D.Malabadi-1, Silivanka-6 ve Silivanka-101 (X. Bölge) kesilen Üst Sinan formasyonunun petrografik, sedimentolojik ve rezervuar özellikleri: *TPAO Araştırma Merkezi, Rapor no. 1468, 10s.*
- Yılmaz, E., 1990, X. Bölge Sezgin sahası ve Yalınkavak-1, Yavuz-1 kuyularında Alt Germav-Garzan-kıradağ formasyonlarının petrografik incelemesi ve sedimentolojik yorumu: *TPAO Araştırma Merkezi, Rapor no. 1549, 20s.*

ÖZGEÇMİŞ**KİŞİSEL BİLGİLER**

Adı Soyadı : Mustafa TOPRAK
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Erüh 01/03/1985
Telefon : 0543 223 70 72
Faks :
e-mail : mtoprak021@gmail.com

EĞİTİM

Derece		Bitirme Yılı
Lise	: Batman Lisesi, Merkez, BATMAN	2002
Üniversite	: Çukurova Üniversitesi Sarıçam, ADANA	2009
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	Halen Devam Ediyor
Doktora	: --	

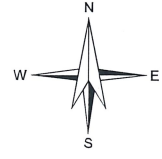
İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011-2015	DSİ 10. Bölge Müdürlüğü	Jeoloji Müh.
2015-2019	DSİ 10. Bölge Müdürlüğü	Jeoteknik. Hiz. Başmüh.

YABANCI DİLLER: Orta düzeyde İngilizce

EK-1

ÇALIŞMA ALANI VE ÇEVRESİNİN JEOLojİ HARİTASI



AÇIKLAMALAR

Tünel Güzergahı

Alternatif silvan
Tüneli

Formasyon Adı

Şelmo Fm

Lice Fm

Silvan Fm

Germik Fm

Midyat Fm

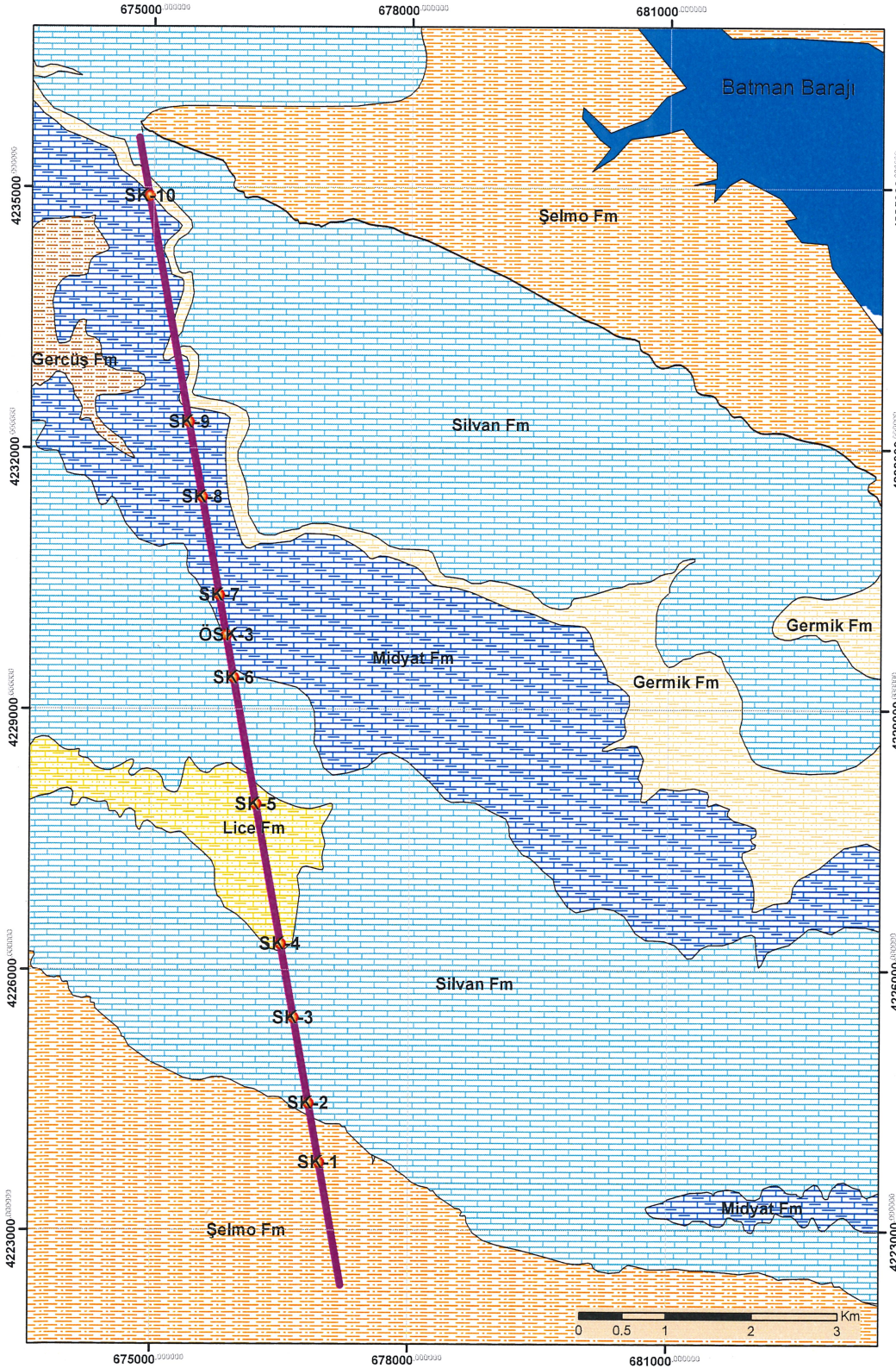
Gercüş Fm

Baraj Göl Alanı

Batman Barajı

Temel Sondaj Kuyusu

SK-1



* DSI 2017 Raporundan faydalanılmıştır.