

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

**ÜÇPINAR REGÜLATÖRÜ VE HİDROELEKTRİK SANTRALİ PROJESİ'NİN  
(KONYA) MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ**

**Neslihan ÜNAL PINAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2012**

**ÜÇPINAR REGÜLATÖRÜ VE HİDROELEKTRİK SANTRALİ PROJESİ'NİN  
(KONYA) MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ**

**Neslihan ÜNAL PINAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2012**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜÇPINAR REGÜLATÖRÜ VE HİDROELEKTRİK SANTRALİ PROJESİ'NİN  
(KONYA) MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Neslihan ÜNAL PINAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

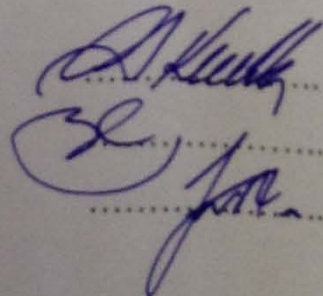
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 02.01/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (95) not takdir edilerek  
Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Özgür AKTÜRK (Danışman)

Prof. Dr. M. Hilmi ACAR

Yrd. Doç. Dr. B. Taner SAN



## ÖZET

### ÜÇPINAR REGÜLATÖRÜ VE HİDROELEKTRİK SANTRALİ PROJESİ'NİN (KONYA) MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Neslihan ÜNAL PINAR

**Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Özgür AKTÜRK**

**Ocak 2012, 94 sayfa**

Bu çalışma, Konya ili, Hadim İlçesi sınırları içerisinde, bölgedeki elektrik enerjisi gereksinimini karşılamak amacıyla Gevne Çayı üzerinde yapılması planlanan Üçpınar Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali Projesinin Mühendislik Jeolojisi kapsamında karşılaşılabilecek problemleri ve bu problemlerin çözümlerini kapsamaktadır. İnceleme alanındaki yüzlelerde süreksizlik ölçümleri yapılmış, Schmidt çekici ile tek eksenli basınç dayanımları belirlenmiş, kaya birimleri RMR sistemine göre sınıflandırılmıştır. Birimlerin genellikle orta derecede devamlı, çok geniş açıklıklı, orta derecede aralıklı, dalgalı ve düzlemsel pürüzlü süreksizliklere sahip olduğu, orta derecede ayrılmış ve çok eklemlili yapı sunduğu, orta-düşük dayanıma sahip, “zayıf-orta kaya” sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Yapı yerlerinde, iletim hattı ve cebri borunun geçeceği birimlerde, duraysızlık açısından sorun yaratabilecek şevler belirlenmiş ve limit denge analizleri Slope/W yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Kayma dayanım parametreleri, RocLab yazılımı ile elde edilmiştir. İncelenen şevlerde herhangi bir duraysızlık sorunu beklenmemekle birlikte, aşırı yağış koşullarının oluşması durumunda, boşluk suyu basıncına bağlı olarak yenilmelerin gerçekleşebileceği, bu nedenle söz konusu bölgelerde, uygun destek sistemlerinin projelendirilerek uygulanması gerektiği belirlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Hidroelektrik santral (HES), mühendislik jeolojisi, şev duraylılığı, Slope/W, RocLab

**JÜRİ:** Yrd. Doç. Dr. Özgür AKTÜRK (Danışman)

Prof. Dr. M. Hilmi ACAR

Yrd. Doç. Dr. B. Taner SAN

## **ABSTRACT**

### **ENGINEERING GEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF ÜÇPINAR REGULATOR AND HYDROELECTRIC POWER PLANT PROJECT (KONYA)**

**Neslihan ÜNAL PINAR**

**M. Sc. Thesis in Department of Geological Engineering**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Özgür AKTÜRK**

**January, 2012, 94 pages**

This study investigates the engineering geological problems and their solutions about Üçpınar Regulator and Hydroelectric Power Plant (HEPP) planned to be constructed on Gevne Creek located at the city of Konya, Hadim vicinity and to supply electricity to the region. At the study area, scan line surveys have been carried out as well as Schmidt hardness test. Rock mass classes were also identified according to RMR system. The units cropped at the study area have discontinuities posse medium persistence, extremely wide aperture, moderate spacing, undulating and planar roughness. These units are also classified as weak to fair rock indicating moderately weathered and very blocky, medium to low strength. Around the units on which transmission line and penstock pipe run across, problematic slopes were identified and limit equilibrium analysis were performed by using Slope/W package software. RocLab program were also used in order to identify shear strength parameters. The analyses reveal that there would be no serious instability problem, but excess pore water pressure may cause failure during wet seasons and therefore suitable support systems have to be planned and applied at the study area.

**KEY WORDS:** Hydroelectric power plant (HEPP), engineering geology, slope stability, Slope/W, RocLab

**COMMITTEE:** Asst. Prof. Dr. Özgür AKTÜRK (Advisor)

Prof. Dr. M. Hilmi ACAR

Asst. Prof. Dr. B. Taner SAN

## ÖNSÖZ

Hidroelektrik santraller (HES), yüksekten akışa geçen suların potansiyel enerjisini türbin ve jeneratörler yoluyla, elektrik enerjisine çeviren enerji üretim tesisleridir. Ülkemizin topografik yapısı ve hidrolojik koşulları, hidroelektrik enerjisi üretimi açısından ne kadar büyük bir potansiyele sahip olduğumuzu göstermektedir. Söz konusu santraller, en az düzeyde çevresel etki yaratmaları, yerli enerji kaynağı olmaları, işletme ve bakım masraflarının düşük olması nedenleriyle, enerji ihtiyacımızın karşılanmasında değerlendirilmesi gereken kaynaklardır.

Ülkemizde, ekonomik büyüme ve nüfus artışına bağlı olarak ciddi bir enerji ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple, enerji ihtiyacının bir kısmının karşılanması için hidroelektrik santrallerin yapımına başlanmıştır. Her mühendislik projesinde olduğu gibi, HES projelerinde de, projenin güvenliği ve sürdürülebilirliği açısından, bölgenin jeolojik, jeoteknik, hidrojeolojik ve mühendislik jeolojisi özelliklerinin ayrıntılı olarak bilinmesi gerekmektedir.

Tez çalışmamın tüm aşamalarında, her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Özgür AKTÜRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmam süresince, değerli öneri ve eleştirileriyle beni yönlendiren Sayın Yrd. Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ'ye teşekkür ederim. Proje ile ilgili verileri sağlamamda ve arazi çalışmalarında yardımlarını gördüğüm Jeo. Yük. Müh. Ali KELEŞ ve İhsan TAŞKIN'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında gösterdikleri yardım ve destekleri için Arş. Gör. Selin HÖKEREK'e, Öğr. Gör. Arif Nihat AKÇAL'a, Arş. Gör. İ. Ethem KARADİREK'e, İnş. Yük. Müh. Gökhan GÖKTAŞ'a, Jeo. Müh. Dilek KABAKCI'ya teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi, bu çalışmamda da desteklerini esirgemeyen anne ve babama çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
1.1.Çalışmanın Amacı .....	3
1.2.Çalışma Alanı .....	3
1.3. Fizyografi ve İklim.....	4
1.4. Genel Jeoloji.....	6
1.4.1. Stratigrafi .....	7
1.4.1.1. Kuşakdağı formasyonu (Pk).....	12
1.4.1.2. Göztaşı formasyonu (Tgö) .....	13
1.4.1.3. Beyreli formasyonu (Tb).....	16
1.4.1.4. Çamiçi formasyonu (Jç).....	17
1.4.1.5. Yamaç molozu (Qym).....	19
1.4.1.6. Alüvyon (Qal) .....	19
1.4.2. Yapısal jeoloji.....	20
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI .....	23
2.1. Kaya Kütlelerinin Tanımlanması.....	23
2.1.1. Süreksizlik türleri .....	24
2.1.2. Süreksizlik aralığı.....	25
2.1.3. Süreksizliklerin devamlılığı .....	26
2.1.4. Süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğü ve dalgalılığı .....	26
2.1.5. Süreksizlik yüzeyinin açıklığı .....	28
2.1.6. Dolgu malzemesinin özellikleri .....	29
2.1.7. Süreksizlik yüzeylerinin bozunma derecesi ve dayanımı .....	30
2.1.8. Süreksizlik yüzeylerindeki su durumu .....	32

2.1.9. Süreksizliklerin yönelimi ve süreksizlik takımı .....	33
2.1.10. Blok boyutu .....	34
2.2. Şev Duraylılığı Kavramı .....	37
2.3. Şev Duraylılığı Analiz Yöntemleri .....	43
2.4. Kaya Kütleli Sınıflama Sistemleri .....	44
2.4.1. RMR kaya kütleli sınıflama sistemi .....	45
3. MATERYAL VE METOT .....	49
3.1. Materyal .....	49
3.2. Metot .....	49
4. BULGULAR ve TARTIŞMA .....	53
4.1. Çalışma Alanındaki Süreksizliklerin Yönelimleri .....	53
4.2. Birimlerin Mühendislik Özellikleri .....	60
4.2.1. Kuşakdağı formasyonu (Pk) .....	60
4.2.2. Göztaşı formasyonu (Tgö) .....	60
4.2.3. Beyreli formasyonu (Tb) .....	60
4.2.4. Çamiçi formasyonu (Jç) .....	61
4.2.5. Yamaç molozu (Qym) .....	61
4.2.6. Alüvyon (Qal) .....	62
4.3. Hidrojeoloji .....	62
4.4. Jeoteknik Çalışmalar .....	63
4.4.1. Şev duraylılığı analizleri .....	63
4.4.1.1. Şev 1 için duraylılık analizleri .....	65
4.4.1.2. Şev 2 için duraylılık analizleri .....	71
4.4.1.3. Şev 3 için duraylılık analizleri .....	74
4.4.1.4. Şev 4 için duraylılık analizleri .....	77
4.4.1.5. Şev 5 için duraylılık analizleri .....	80
4.4.1.6. Şev 6 için duraylılık analizleri .....	83
4.4.2. Kaya kütlelerinin sınıflaması .....	87
5. SONUÇ .....	90
6. KAYNAKLAR .....	92
ÖZGEÇMİŞ	



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
c	Kohezyon
cm	Santimetre
D	Örselenme faktörü
Ei	Elastisite modülü
Fs	Güvenlik katsayısı
Ib	Blok boyutu indeksi
Jv	Hacimsel eklem sayısı
K	Hidrolik geçirgenlik
km	Kilometre
kN	Kilonewton
kPa	Kilopascal
kWh	Kilowatt saat
m	Metre
m <sup>3</sup>	Metreküp
mi	Hoek-Brown kaya malzemesi sabiti
mm	Milimetre
MPa	Megapascal
MW	Megawatt
N	Ölçüm hattını kesen süreksizlik sayısı
R	Schmidt geri sıçrama değeri
s	Saniye
x	Ortalama süreksizlik aralığı
$\gamma$	Birim hacim ağırlık
$\lambda$	Süreksizlik sıklığı

$\sigma_{ci}$	Tek eksenli basınç dayanımı
$\phi$	İçsel sürtünme açısı

## **Kısaltmalar**

GSI	Jeolojik Dayanım İndeksi
JSC	Süreksizlik Yüzeyinin Dayanımı
HES	Hidroelektrik Santral
RMR	Jeomekanik Sınıflamaya Göre Kaya Kütle Değerlendirmesi
RQD	Kaya Kalite Göstergesi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası .....	4
Şekil 1.2. İnceleme alanı ve yakın çevresindeki naplar (Turan 1999).....	8
Şekil 1.3. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojik haritası (Turan 2000'den değiştirilerek yapılmıştır.).....	10
Şekil 1.4. Çalışma bölgesine ait genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit (Turan .....	11
Şekil 1.5. Kuşakdağı formasyonu (D'dan B'ya bakış) .....	12
Şekil 1.6. Tepeçayır üyesi (GB'dan KD'ya bakış) .....	14
Şekil 1.7. Sivritömek üyesi (GB'dan KD'ya bakış).....	14
Şekil 1.8. Aliefendi üyesi (GB'dan KD'ya bakış) .....	15
Şekil 1.9. Beyreli formasyonu (G'den K'e bakış) .....	16
Şekil 1.10. Çamiçi formasyonu (KB'dan GD'ya bakış) .....	18
Şekil 1.11. Yamaç eteklerin gözlenen yamaç molozundan bir görünüm.....	19
Şekil 1.12. Gevne Çayı boyunca gözlenen alüvyondan bir görünüm .....	20
Şekil 1.13. Türkiye deprem bölgeleri haritası (Özmen vd 1997).....	22
Şekil 2.1. Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin esas alınan başlıca özellikleri (Ulusay ve Sönmez 2007).....	24
Şekil 2.2. Süreksizlik yüzeylerinin dalgalılığı ve pürüzlülüğü (Ulusay ve Sönmez 2007) .....	27
Şekil 2.3. Pürüzlülüğün kalitatif olarak belirlenmesinde kullanılan pürüzlülük profilleri (ISRM 1981) .....	28
Şekil 2.4. Kapalı, açık ve dolgulu süreksizlikler (ISRM 1981) .....	29
Şekil 2.5. Şev duraysızlığı türleri için Varnes (1978) sınıflaması .....	38
Şekil 2.6. Kaya kütlelerinde, kaya düşmelerine neden olan süreçler (Ulusay 2001).....	39
Şekil 2.7. a) Kaya kütlelerinde ve b) Kohezyonlu toprak zeminlerde devrilme (Ulusay 2001).....	40
Şekil 2.8. Dairesel kayma (Ulusay 2001).....	40
Şekil 2.9. a) Düzlemsel kayma, b) Kama tipi kayma, c) Çok yüzeyli kaymalar (Ulusay 2001).....	42
Şekil 2.10. a) Yanal kaya yayılması b) Yanal zemin yayılması (Ulusay 2001).....	43
Şekil 2.11. Yamaçlarda meydana gelen akmlar (Ulusay 2001) .....	43

Şekil 3.1. Tez kapsamında yapılan çalışmalara ait akış şeması .....	50
Şekil 3.2. Schmidt geri sıçrama değeri ile kaya yüzeyinin sıkışma dayanımı arasındaki ilişki (Hoek ve Bray 1981).....	51
Şekil 4.1. Kuşakdağı formasyonuna ait kontur ve gül diyagramı .....	54
Şekil 4.2. Tepeçayır üyesine ait kontur ve gül diyagramı.....	55
Şekil 4.3. Sivritömek üyesine ait kontur ve gül diyagramı .....	56
Şekil 4.4. Aliefendi üyesine ait kontur ve gül diyagramı.....	57
Şekil 4.5. Beyreli formasyonuna ait kontur ve gül diyagramı .....	58
Şekil 4.6. Çamiçi formasyonuna ait kontur ve gül diyagramları .....	59
Şekil 4.7. Litolojik birimlerin su geçirimsizliğine göre genel anlamda sınıflandırılması (Yılmaz vd 1999) .....	63
Şekil 4.8. Proje sahasındaki şev kesitlerinin konumu .....	64
Şekil. 4.9. Jeolojik dayanım indeksi (Hoek ve Brown 1998, Ulusay 1999) .....	66
Şekil 4.10. Kuşakdağı formasyonu için yapılan RocLab analizi .....	67
Şekil 4.11. Şev 1 için Janbu yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	68
Şekil 4.12. Şev 1 için Ordinary yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	68
Şekil 4.13. Şev 1 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	69
Şekil 4.14. Şev 1 için suya doymun durumda yapılan Slope/W analizi .....	70
Şekil 4.15. Şev 1 için güvenlik katsayısı sınır değerini sağlayan yeraltı su seviyesi ile yapılan Slope/W analizi .....	70
Şekil 4.16. Tepeçayır üyesi kireçtaşı için (Şev 2) yapılan RocLab analizi.....	71
Şekil 4.17. Şev 2 için yapılan Slope/W analizi .....	72
Şekil 4.18. Şev 2 için Ordinary yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	72
Şekil 4.19. Şev 2 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	73
Şekil 4.20. Şev 2 için suya doymun durumda yapılan Slope/W analizi .....	73
Şekil 4.21. Aliefendi Üyesi kireçtaşları için yapılan RocLab analizi .....	74
Şekil 4.22. Şev 3 için Janbu yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	75
Şekil 4.23. Şev 3 için Ordinary yöntemine göre yapılan Slope/W analizi i.....	75
Şekil 4.24. Şev 3 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	76
Şekil 4.25. Şev 3 için suya doymun durumda yapılan Slope/W analizi .....	76
Şekil 4.26. Beyreli formasyonu (Şev 4) için yapılan RocLab analizi.....	77
Şekil 4.27. Şev 4 için Janbu yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	78

Şekil 4.28. Şev 4 için Ordinary yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	78
Şekil 4.29. Şev 4 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	79
Şekil 4.30. Şev 4 için suya doygun durumda yapılan Slope/W analizi .....	79
Şekil 4.31. Beyreli Formasyonu (Şev 5) için yapılan RocLab analizi.....	80
Şekil 4.32. Şev 5 için Janbu yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	81
Şekil 4.33. Şev 5 için Ordinary yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	81
Şekil 4.34. Şev 5 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	82
Şekil 4.35. Şekil 4.34. Şev 5 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	82
Şekil 4.36. Çamiçi Formasyonu için yapılan RocLab analizi.....	83
Şekil 4.37. Beyreli Formasyonu (Şev 6) için yapılan RocLab analizi.....	84
Şekil 4.38. Şev 6 için Janbu yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	85
Şekil 4.39. Şev 6 için Ordinary yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	85
Şekil 4.40. Şev 6 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi.....	86
Şekil 4.41. Şev 6 için suya doygun durumda yapılan Slope/W analizi .....	86

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Süreksizlik aralığını tanımlama ölçütleri (ISRM 1981).....	26
Çizelge 2.2. Süreksizliklerin devamlılığını tanımlama ölçütleri (ISRM 1981) .....	26
Çizelge 2.3. Süreksizlik açıklığının tanımlanmasına ilişkin ölçüler (ISRM 1981).....	29
Çizelge 2.4. Kaya kütlelerinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM 1981) .....	30
Çizelge 2.5. Kaya malzemesinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM 1981) ...	31
Çizelge 2.6. Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli sıkışma dayanımına ve arazi tanımlamalarına göre sınıflandırılması (ISRM 1981) .....	31
Çizelge 2.7. Dolgulu ve dolgunsuz süreksizlikler için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçüleri (ISRM 1981) .....	32
Çizelge 2.8. Kaya kütleleri için su sızıntılarının sınıflama ve tanımlama ölçütleri (ISRM 1981) .....	33
Çizelge 2.9. Hacimsel eklem sayısına ( $J_v$ ) göre blok boyutu tanımlaması (ISRM 1981) .....	36
Çizelge 2.10. Güncel $J_v$ sınıflaması (Palmstrom 1982, 1996).....	36
Çizelge 2.11. RQD ile kayacın mühendislik kalitesi arasındaki ilişki (Deere 1968).....	37
Çizelge 2.12. RMR kaya kütlesi sınıflama sistemi (Bieniawski 1989) .....	46
Çizelge 2.13. Süreksizlik yüzeyi koşulunun puanlandırılması için önerilen kılavuz (Bieniawski 1989) .....	47
Çizelge 2.14. Kaya şevleri için önerilen süreksizlik yönelimi düzeltmesi puanları (Singh ve Gahrooe 1989) .....	48
Çizelge 4.1. Birimlere ait kayma dayanım parametreleri .....	87
Çizelge 4.2. Analizi yapılan şevlerin güvenlik katsayıları.....	87
Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki birimlerin tek eksenli sıkışma dayanımları ve RQD değerleri.....	88
Çizelge 4.4. Süreksizliklerin özellikleri .....	88
Çizelge 4.5. İnceleme alanındaki birimlere ilişkin RMR kaya kütle sınıflaması.....	89

## 1. GİRİŞ

Yerbilimleri çalışmaları öncelikle, jeolojik, hidrojeolojik, mühendislik jeolojisi ve jeoteknik modellerin hazırlanmasını içerir (Yılmaz 1990). Her aşamanın güvenliği bir önceki aşamanın doğruluğuna bağlıdır. Mühendislik yapı projelerinin yerinin ve bileşenlerinin seçiminde maliyet, emniyet, zaman (yapım süresi ve faydalı ömrü) ve estetik-çevre göz önünde bulundurulması gereken temel parametrelerdir (Yılmaz vd 1999). Yetersiz bilgilerle belirlenen alanlarda ciddi tehlikeler ve yapıda önemli hasarlar oluşabilir. Toplam keşif maliyetinin yalnızca % 1-2'si kadar küçük bir kısmını oluşturan alan araştırmalarından kaçınılması durumunda, daha sonradan ek maliyetler gerektiren yapı deformasyonlarıyla karşılaşılması neredeyse kaçınılmazdır.

Mühendislik jeolojisi çalışmaları, incelenen alandaki malzemelerin üç boyutta dağılımını, jeolojik, jeoteknik ve yapısal özelliklerini, değişik yükleme koşulları altında gösterecekleri davranışları inceleyerek, sahanın uygunluğunu belirlemede son derece önem taşır.

Üçpınar Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali Projesi kapsamında Gevne Çayı üzerinde 1496.00 m talveg ve 1500.00 m kret kotunda bir regülatör yapılacaktır. Regülatör aracılığıyla alınan sular iletim hattı ile yükleme havuzuna ulaştırılacaktır. Yükleme havuzundaki sular, cebri boru yapısı ile santrale iletilecektir. Üçpınar Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali depolamalı bir tesis olmayıp, sadece 4.00 m yüksekliğinde bir regülatörle su alınacaktır. Proje kapsamında yapılması planlanan tesisler ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

### **Su alma tesisi**

Tipi	: Dolu Gövdeli Regülatör
Talveg kotu	: 1496,00 m
Kret kotu	: 1500,00 m
Talvegden yükseklik	: 4,00 m
Dolusavak kapasitesi	: 160,14 m <sup>3</sup> /s
Regülatör havuz uzunluğu	: 10,00 m
Kret Genişliği	: 20,00 m



Çakıl geçidi yeri	: Sol Sahil
Çakıl geçidi kapağı	: 1x2,00x1,50 m
Priz yapısı yeri	: Sol Sahil
Priz yapısı kapağı	: 2x2,00x1,50 m

### **İletim Yapısı**

Toplam uzunluk	: 10 531 m
Proje debisi	: 4,50 m <sup>3</sup> /s
Tipi	: Dikdörtgen kesitli betonarme kanal
Taban genişliği	: 4,00 m
Su yüksekliği	: 1,03 m
Kanal yüksekliği	: 1,40 m
Uzunluk	: 8936 m ( 3350 + 807 + 2290 + 2489 )
Eğim	: 0,0005
Tipi	: CTP Sifon
Boru çapı	: 1,80 m
Basınç sınıfı	: PN 10
Uzunluk	: 1 595 m ( 400 + 225 + 970 )

### **Yükleme Havuzu**

Boy	: 60,00 m
En	: 30,00 m
Su kotu	: 1493,50 m (İşletme su kotu)
Kapasite	: 11 500 m <sup>3</sup>

### **Cebri Boru**

Boy	: 350 m
Çapı	: 1,40 m
Adet	: 1
Et kalınlığı	: 9-13 mm
Branşman adeti	: 2
Çapı	: 0,90 m
Et kalınlığı	: 13 mm

## **HES ve Özellikleri**

Brüt düşü	: 116,00 m
Net düşü	: 108,00 m
Türbin tipi	: Yatay eksenli francis
Kurulu gücü	: 4,213 MW
Üretilen toplam enerji:	12 781 000 kWh/yıl
Firm enerji	: -
Sekonder enerji	: 12 781 000 kWh/yıl
Ünite sayısı	: 2 adet
Ünite debileri	: 2,25 m <sup>3</sup> /s
Kuyruk suyu kotu	: 1384 m

### **1.1. Çalışmanın Amacı**

“Üçpınar Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali Projesi’nin (Konya) Mühendislik Jeolojisi” adlı bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Konya ili, Hadim ilçesi sınırları içerisinde bölgedeki elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak amacıyla Gevne Çayı üzerinde yapılması planlanan Üçpınar Regülatörü ve HES Projesi için, proje alanında yer alan birimlerin jeolojik, hidrojeolojik, mühendislik jeolojisi ve jeoteknik özelliklerini ortaya koymak, mevcut ve olası problemleri belirleyerek bunlara çözüm önerileri üretmek amaçlanmıştır.

### **1.2.Çalışma Alanı**

Çalışma alanı Konya ili, Hadim ilçesi, Beyreli köyü civarında, O 28-b3, O 28-b4 no’lu topografik paftalar kapsamında yer almaktadır (Şekil 1.1). Hadim ilçesinin güneybatısında, ilçeye kuş uçuşu yaklaşık 18 km uzaklıkta bulunan çalışma alanının doğusunda Taşkent, güneybatısında Alanya, kuzeyinde Bozkır, batısında Gündoğmuş ilçeleri bulunur.



Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

### 1.3. Fizyografi ve İklim

Çalışma alanı, Güney Avrupa'dan başlayıp Çin'e kadar uzanan Alp-Himalaya orojenik kuşağı içerisinde yer alan, Akdeniz kıyı şeridini İç Anadolu'nun ovalarından ayıran, doğu-batı uzanımlı Toroslar'ın, Orta Toroslar adı verilen kısmında bulunmaktadır.

Yüksekliği yer yer 2000 m'yi bulan dik yamaçlı tepeler ve bu tepeler arasında eni oldukça dar bir vadide bulunan çalışma alanı engebeli bir topografyaya sahiptir. Bölgedeki başlıca tepeler ve yükseklikleri şöyledir: Kuyubeleni Tepe (1694 m), Boz Tepe (1853 m), Kızıleğrek Tepe (1844 m), Ladin Tepe (1784,9 m), Ayrıran Tepe (1709 m), Yellice Tepe (1828 m), Tutantaş Tepe (1920,3 m), Sıcakçukur Tepe (1967 m), Bölükçam Tepe (1811 m), Yelliçam Tepe (1823 m), Sivritömek Tepe (1838 m), Tekeşar Tepe (2311 m), Kaltartaşı Tepe (2296 m), Kaşağzı Tepe (2041 m).

Çalışma bölgesi idari olarak İç Anadolu bölgesine dahil edilmesine karşın, İç Anadolu karasal iklimi ile Akdeniz iklimi arasında geçiş niteliğinde bir iklim sunmaktadır. Yükseltilerden ve dağların uzanış doğrultusundan dolayı iç kesimlere

kadar ilerleyemeyen Akdeniz iklim özelliklerini taşıyan hava kütleleri, Göksu vadi yatağını izleyerek, Aladağ Vadisi'ne ulaşabilmektedir.

Üç Pınar Regülatörü ve HES, Gevne Çayı üzerinde yer alacaktır. Gevne Çayı Geyik Dağı ve Çekiç Dağı eteklerindeki irili ufaklı birçok kaynağın oluşturduğu Orhan Çayı olarak doğmaktadır. En önemli kolları; Karapınar Dere, Arpalık Dere, Deregözü Dere, Bakkal Dere, Çırlasın Dere, Güverkeklik Dere, Değirmen Dere ve Sarımut Dere'dir. Proje alanı sonunda kuzeybatıdan güneydoğuya doğru akan Gevne Çayı, Ermenek yakınlarında Göksu Çayı adını alır ve daha sonra birçok irili ufaklı kolu bünyesine alarak Silifke'den Akdeniz'e dökülür.

Gevne Çayı Vadisi önemli kol vadileriyle birlikte bölgenin en önemli vadi ağı konumundadır. Doğu-batı yönlü Devoniyen-Karbonifer yaşlı kireçtaşı arakatlı şeyl ve kumtaşları içerisinde tabanlı-olgun vadi ve yatık yamaçlı kertik vadi tipindeki Orhan Dere Vadisi, aşınmaya dirençli Permiyen birimlerinde kuzeybatı-güneydoğu yönlü dik yamaçlı kertik vadi tipine geçer. Bu vadi, yine aşınmaya dirençli Permiyen birimleri içindeki kuzeydoğu-güneybatı yönlü ve dik yamaçlı kertik vadi tipindeki Karapınar Dere Vadisi ile birleşerek güneydoğuya doğru kavisler yapan kertik tipteki Gevne Çayı ana vadisini oluşturur. Bu ana vadi, çalışma alanının kuzeybatı kesiminde bulunan Göztaşı-Beyreli arasındaki kısımda aşınmaya karşı düşük direnç gösteren Triyas yaşlı fliş içerisinde yatık yamaçlı Kertik vadi ve tabanlı olgun vadi tipindedir. Beyreli'de bu vadiye memba tarafında aşınmaya karşı dirençli Permiyen birimleri içerisinde dik yamaçlı kertik vadi, daha sonra kolay aşınan Triyas flişi içerisinde ise yatık yamaçlı kertik vadi tipindeki Arpalık dere kol vadisi katılır. Doğu-batı doğrultusunda yaklaşık 2 km izlenen Gevne Çayı ana vadisi, kolay aşınan Jura yaşlı karasal birimler içerisinde yatık yamaçlı kertik vadi ve içerisinde tabanlı olgun vadi tipindeki Çamurluk Dere kol vadisiyle birleşir. Daha doğuda Triyas yaşlı flişler içerisinde tabakaların eğim yönüyle uyumlu şekilde gelişen Tekir Dere vadisinin de katıldığı Gevne Çayı ana vadisi, çalışma alanının güneydoğusunda Triyas yaşlı fliş ve güneyde Jura yaşlı karasal çökeller içinde yaklaşık kuzey-güney yönlü bir vadi durumundadır (Turan 2001).

#### 1.4. Genel Jeoloji

Çalışma alanı, Alp Orojenik Kuşağı içerisinde yer alan Orta Toroslar'da, Antalya ili Alanya İlçesi kuzeyi ile Konya ili Taşkent ilçesi güneyinde, O28 b3-O28 b4 topografik paftalarının sınırları içerisinde yer alır.

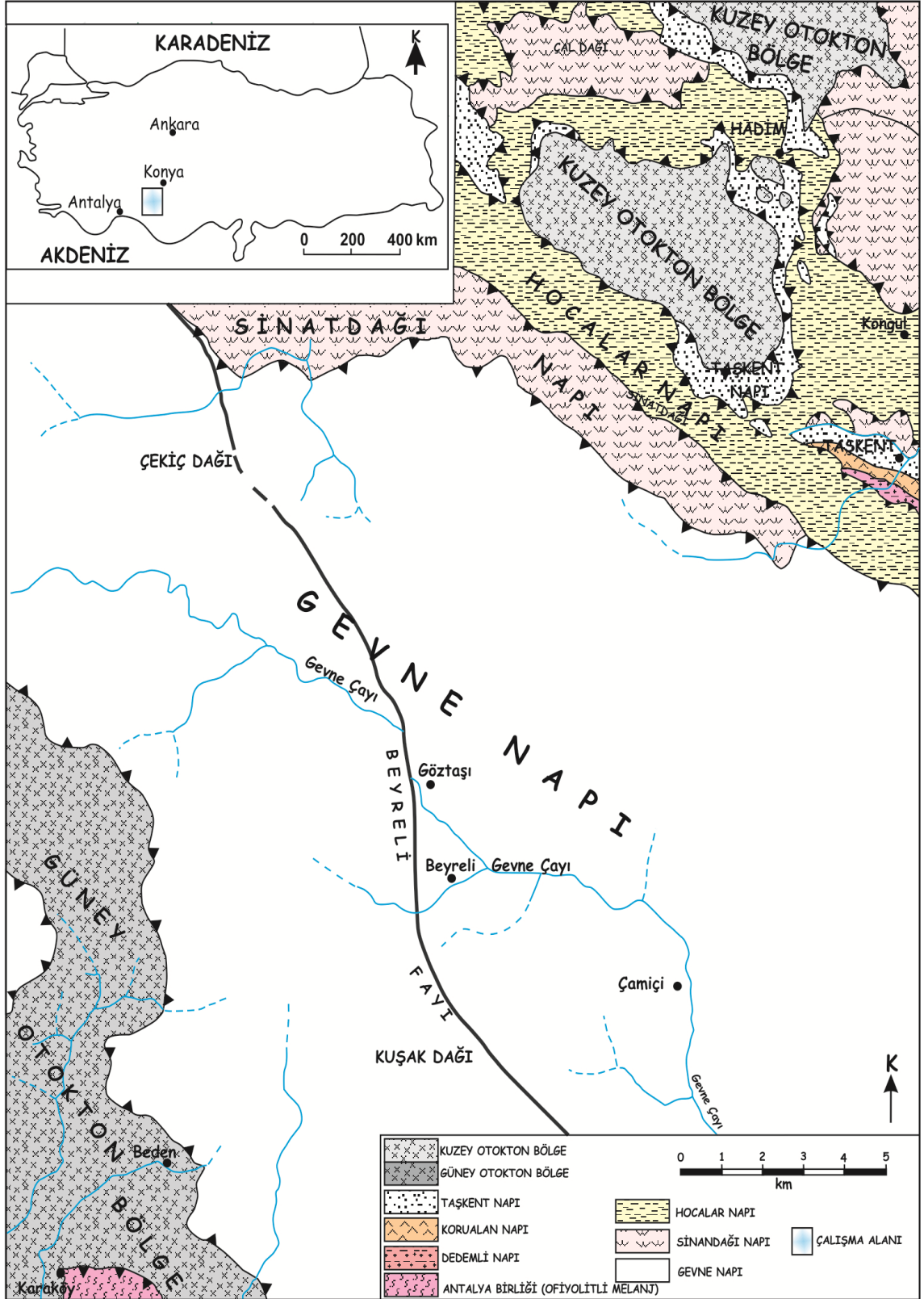
Kambriyen-Tersiyer zaman aralığında çökelmiş kaya topluluklarından oluşan Toroslar; litolojileri, stratigrafik durumları, metamorfizma özellikleri ve güncel yapısal konumları dikkate alınarak altı adet birliğe ayrılmıştır. Birbirleriyle tektonik dokanaklı olarak bulunan bu birlikler, Toros Kuşağı'na paralel olarak yüzlerce kilometre yanal devamlılık gösterirler ve çoğunlukla birbirleri üzerinde allokton örtüler şeklinde bulunurlar. Söz konusu birlikler iyi gözlemlendiği coğrafi yerler veya yerleşim merkezleri dikkate alınarak Bolkardağı Birliği, Aladağ Birliği, Geyikdağı Birliği, Alanya Birliği, Bozkır Birliği, Antalya Birliği olarak adlandırılmışlardır (Özgül 1976). Bolkardağı, Aladağ, Geyikdağı, Alanya Birlikleri şelf türü karbonat ve kırıntılılardan oluşurken, Bozkır ve Antalya Birlikleri şelf türü kaya birimlerinin yanında ve daha çok oranda derin deniz çökelleri, ofiyolitler, bazik denizaltı volkanitlerini de içerirler. Çalışma alanında yalnızca Aladağ Birliği'ne ait kaya birimleri gözlenmektedir. Yüzeylemelerinin tümü allokton olan Aladağ Birliği adını Orta Toroslar'ın doğu kesiminde, kuşağın en yüksek dağlarından biri olan Aladağ'dan almıştır. Birliğin en yaşlı birimini Üst Devoniyen yaşlı şeyl, kumtaşı, kuvarsit ve resifal kireçtaşları oluşturur. Karbonifer'de de benzer fasiyes gösteren birimi, Permiyen yaşlı kuvarsit arakatkılı alglı kireçtaşları izler. Triyas çoğunlukla oolitle kireçtaşı ile başlar, alacalı renkli şeyl-killi kireçtaşı-kumtaşı ve çakıltaşı-kireçli kiltası ile devam eder. Jura ve Kretase ise karbonatlı kayaçlarla temsil edilmiştir. Birliğin en üst birimini kireçtaşı ile geçiş gösteren olistostrom fasiyesinde kırıntılı kayaçlar oluşturur. Metamorfizma gözlenmeyen Aladağ Birliği'nde Üst Paleozoyik ve Mesozoyik süresince, Üst Triyas başlangıcı dışında, sürekli çökme vardır. Bölgede Aladağ Birliği, diğer birlikler üzerinde yatay örtüler halinde görülmektedir (Özgül 1976).

### 1.4.1. Stratigrafi

Çalışma alanında Aladağ Birliği kapsamındaki Gevne Napı'na ait kaya birimleri ve bu kayalar üzerinde Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyonlar örtü kayacı olarak yer almaktadır. Gevne Napı; Aladağ ve Yahyalı civarında "Siyah Aladağ Serisi" (Blumenthal 1941), Akseki-Bozkır-Hadim-Ermenek hattında "Hadim Napı" veya "Paleozoyik Hadim Zonu" (Blumenthal 1944,1951; Blumenthal ve Göksu 1949), Fethiye kuzeyinde "Karadağ Serisi" (Graciansky 1968), Toros Fasiyesi (Baydar vd 1970), Orta Toros Birliği (Özgül 1971), Bozkır-Hadim-Seydişehir civarında "Aladağ Birliği" (Özgül 1976), Ermenek dolaylarında "Ermenek Grubu" (Demirtaşlı 1976), Yahyalı-Demirkazık civarlarında ise "Siyah Aladağ Napı" (Ayhan ve Lengeranlı 1986), adları altında incelenmiştir.

Kuzeybatıdan, güneydoğuya doğru genişleyerek büyük bir senklinal oluşturan Gevne Napı, kuzeyde Sinatdağı Napı, güneyde ise görece otokton olarak tanımlanan Geyikdağı Birliği'ne bindirmiştir (Şekil 1.2). Bölgedeki en üst tektono-stratigrafik birlik olarak kabul edilen Gevne Napı, Gevne ve İshaklı olmak üzere iki gruba ayrılmıştır (Turan 2000).

Gevne Grubu'nun tabanında Üst Devoniyen yaşlı kumtaşı-şeyl ardalanması ve bol fosilli kireçtaşı merceklerinden oluşan Asarlıkyaylası formasyonu bulunur. Bu formasyon üzerine, Karbonifer yaşlı, neritik kireçtaşı ve kumtaşı ardalanmasından oluşan Yarıcak formasyonu uyumlu olarak gelir. Alt Permiyen yaşlı kumtaşı ve kireçtaşından oluşan Arpalık formasyonu, Yarıcak formasyonunu uyumlu olarak örter. Kumtaşı-şeyl arakatlı kireçtaşından oluşan Üst Permiyen yaşlı Kuşakdağı formasyonu Arpalık formasyonunu uyumlu olarak üzerlerken, yine bu formasyon üzerine sırasıyla birbirleriyle uyumlu olarak Alt Triyas yaşlı Gökçepinar Kireçtaşı, Alt-Orta Triyas yaşlı şeyl-marn-kireçtaşı ardalanmasından oluşan Göztaşı formasyonu ve türbidit istifli sunan Orta-Üst Triyas yaşlı Beyreli formasyonu gelir.

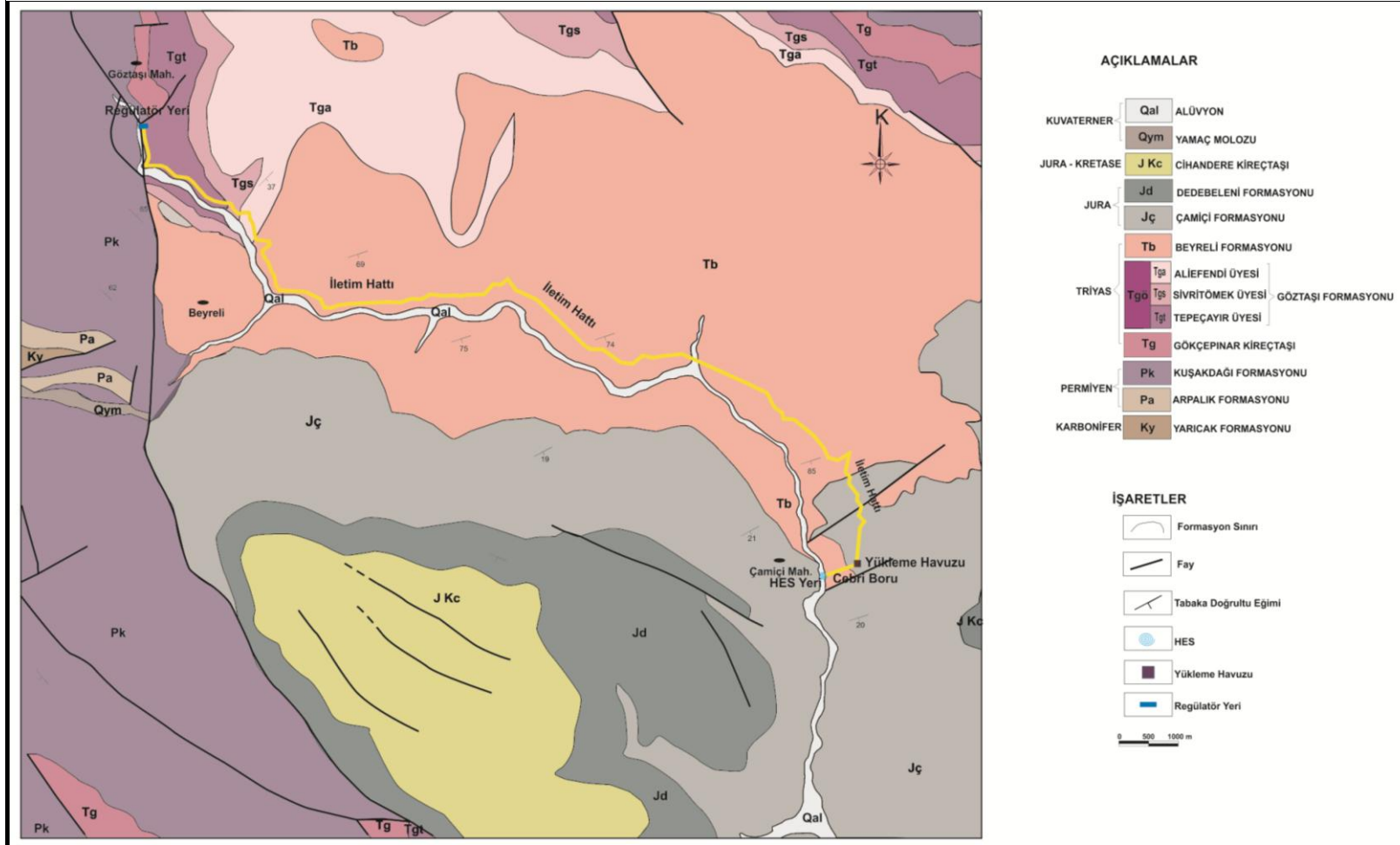


Şekil 1.2. İnceleme alanı ve yakın çevresindeki naplar (Turan 1999)

İshaklı Grubu, Gevne Grubu'nun üzerine açısız uyumsuzlukla gelir ve en alt seviyelerinde, çoğunlukla konglomeralardan oluşan karasal kırıntılı bir istif sunan Alt-Orta Jura yaşlı Çamiçi formasyonu ile başlar. Üst Jura yaşlı çamurtaş ve marnlardan oluşan Dedebeleni formasyonu (Turan 1990) Çamiçi formasyonunu uyumlu olarak örter. İshaklı Grubu'nun en üst seviyesini ise Dedebeleni formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Cihandere kireçtaşı (Kuşçu 1983) aynı zamanda Gevne Napı'nın da en genç birimidir.

Çalışma alanında Gevne Grubu'na ait Kuşakdağı formasyonu, Göztaş formasyonu, Beyreli formasyonu ile İshaklı Grubu'na ait Çamiçi formasyonu yüzlek verir. Bunların üzerinde ise Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyonlar gözlenmektedir. Bölgeye ait genel jeoloji haritası Şekil 1.3'de, genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit ise Şekil 1.4'de verilmektedir. İnceleme alanında yer alan bu birimler daha sonraki bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.





Şekil 1.3. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojik haritası (Turan 2000'den değiştirilerek yapılmıştır.)

YAS	FORMASYON	LİTOLOJİ
KUVATERNER	Yamaç Molozu ve Alüvyon	
ALT-ORTA JURA	ÇAMIÇI	
ORTA TRİYAS	BEYRELİ	
ALT-ORTA TRİYAS	GÖZTAŞI	
ALT TRİYAS	GÖKÇEPINAR KİREÇTAŞI	
ÜST PERMİYEN	KUŞAKDAĞI	
ALT PERMİYEN	ARPALIK	
KARBONİFER	YARICAK	

Ölçeksiz

Şekil 1.4. Çalışma bölgesine ait genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit (Turan 2000'den değiştirilerek yapılmıştır)

#### 1.4.1.1. Kuşakdağı formasyonu (Pk)

Kuşakdağı formasyonu genellikle kumtaşı-şeyl arakatlı gri-koyu gri renkli kireçtaşlarından oluşur ve adını Hadim ile Gündoğmuş ilçelerinin coğrafi sınırını oluşturan Kuşak Dağı'ndan almıştır (Turan 1990).

Kuşakdağı formasyonu, en alt seviyelerde gri-siyah renkli, bol çatlaklı kireçtaşları ile başlar ve bunların üzerine içerisinde kumtaşı kamalanmaları bulunan, koyu gri renkli, ince-orta tabakalı kireçtaşları gelir. Yukarı doğru şeyl, koyu gri renkli kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, sarımsı gri renkli kumtaşı ardalanmasıyla devam eden istifin şeylli seviyeleri içerisinde koyu renkli, organik maddece zengin oluşuklar gözlenmektedir. En üst seviyelerde ise orta-kalın tabakalı, yer yer kumtaşı kamalanmaları içeren, koyu gri renkli kireçtaşları bulunmaktadır. Bol miktarda fosil içeriğine sahip olan istifte oldukça fazla miktardaki çatlaklar ikincil kalsit oluşumlarıyla dolmuştur (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Kuşakdağı formasyonu (D'dan B'ya bakış)

Formasyonun, çalışma alanında alt ve üst sınır ilişkisi gözlenememiştir. Bol miktarda ve farklı türlerde algler içeren formasyona Üst Permiyen yaşı verilmiştir (Turan 1990).

#### **1.4.1.2. Göztaşı formasyonu (Tgö)**

Şeyl-marn-kireçtaşı araldanmasından oluşan Göztaşı formasyonu, adını en iyi gözlendiği yer olan Göztaşı Mahallesi'nden almıştır.

Göztaşı formasyonu alttan üste doğru; kireçtaşı arakatkılı şeylerden oluşan Tepeçayır üyesi, şeyl arakatkılı kireçtaşlarından oluşan Sivritömek üyesi, dolomitik kireçtaşı-şeyl araldanmasından oluşan Aliefendi üyesi olmak üzere üçe ayrılmıştır (Turan 1990).

**Tepeçayır üyesi (Tgt):** Tepeçayır Yaylası'ndaki düzenli istiflenmesine dayanılarak adlandırılan, koyu krem renkli karbonatlarla başlayan istif, kıvrımlı, bordo renkli, oldukça iyi derecede yapraklanmış şeyller ile devam ederek yeşilimsi gri renkli şeyllere geçer (Şekil 1.6). Tepeçayır üyesi içerisinde ince seviyeler halinde kireçtaşı ve marn tabakaları olağandır. Gökçepınar kireçtaşı üzerine uyumlu olarak gelen Tepeçayır üyesi, üst sınırı boyunca genellikle Sivritömek üyesi, nadiren de Aliefendi üyesi ile tedrici geçişli olarak bulunur. Üyeye, fosil kapsamı ve stratigrafik konumu dikkate alınarak Alt Triyas yaşı verilmiştir (Turan 2000).

**Sivritömek üyesi (Tgs):** İnce şeyl arakatkılı killi karbonatlardan oluşan istif, adını Göztaşı doğusundaki Sivritömek Tepe'den alır (Turan 1990). Açık gri-sarımsı renkte, ince-orta tabakalı, killi kireçtaşı şeklinde bir litoloji sunan istifte, yeşilimsi gri-krem renginde, ince seviyeler halinde şeyller gözlenir (Şekil 1.7). Sivritömek üyesi, altta Tepeçayır üyesi, üstte Aliefendi üyesi ile uyumlu olarak gözlenir ve yanal yönde formasyonun diğer üyelerine geçiş gösterir. Fosil kapsamı ve stratigrafik konumu dikkate alınarak, Sivritömek üyesi'ne, Alt-Orta Triyas yaşı verilmiştir.



Şekil 1.6. Tepeçayır üyesi (GB'dan KD'ya bakış)



Şekil 1.7. Sivritömek üyesi (GB'dan KD'ya bakış)

**Aliefendi üyesi (Tga):** Dolomitik kireçtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan istif, tip kesitinin alındığı yer dikkate alınarak Aliefendi üyesi olarak adlandırılmıştır (Turan 1990). En altta sarımsı-krem renkli dolomitik kireçtaşları ile başlar. Bu seviyelerde yoğun olarak gözlemlenen çatlaklarda kalsit ve koyu renkli kil dolguları gözlenmektedir. Üste doğru, dolomitik kireçtaşları arasında, açık yeşil-sarımsı krem renkli şeyl seviyeleri oldukça iyi laminalanmıştır (Şekil 1.8). Bu şeyller arasındaki kireçtaşları yer yer sucuk yapıları oluşturmuştur. Üstten Beyreli formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülen Aliefendi üyesi altta yer yer Tepeçayır üyesi, yer yer de yanal geçişler de gösterdiği Sivritömek üyesi ile uyumlu olarak bulunur. İçerdiği fosil kapsamına dayanılarak üyeye Orta Triyas yaşı verilmiştir (Turan 2000).

Üyeleri arasında, yanal ve düşey yönlerde dereceli geçişler sunan Göztaşı formasyonu, üstte Beyreli formasyonu ile uyumlu dokanaklar sunar. Alt sınır ilişkisi ise inceleme alanında gözlenememiştir.



Şekil 1.8. Aliefendi üyesi (GB'dan KD'ya bakış)

### 1.4.1.3. Beyreli formasyonu (Tb)

Çalışma alanında, doğu-batı doğrultusunda yüzeyleyen ve bir türbidit istifi sunan Beyreli formasyonu, en iyi gözleendiği ve tip kesitinin de geçtiği Beyreli Köyü'ne dayanılarak adlandırılmıştır (Turan 1990).

Kırmızı-kahve renkli, paralel ve çapraz laminalı kumtaşlarıyla başlayan istif, bu kumtaşlarıyla ardalanmalı olarak gözlenen koyu krem renkli, orta-kalın tabakalı kumlu kireçtaşları ve yer yer gri renkli, daha ince tabakalı kireçtaşları ile orta tabakalanmalı, yumrulu kireçtaşlarıyla devam eder (Şekil 1.9). Gri-krem renkli şeyl, kiltası, killi marn içeren çamurlu seviyeler olağandır. Laminalanma ve ince tabakalanma sunan bu çamurlu seviyelerde bitki izleri gözlemlenirken, kumtaşlarında akıntı izlerine, kırıntılılardan karbonatlara geçişte erozyonel tabaka yüzeylerine rastlanmıştır.



Şekil 1.9. Beyreli formasyonu (G'den K'e bakış)

Beyreli formasyonu, Göztaşı formasyonunu uyumlu olarak örterken, üst dokanak sınırı, Çamiçi formasyonunun konglomeralarıyla açısız olarak uyumsuz konumlandırılır.

Birim içerisindeki kireçtaşı seviyelerinden alınan fosil kapsamına dayandırılarak, Beyreli formasyonuna Orta-Üst Triyas yaşı verilmiştir (Turan 1990).

#### **1.4.1.4. Çamiçi formasyonu (Jç)**

Çamiçi Mahallesi en iyi yayılım ve gelişim sunan, çoğunlukla konglomera, daha az oranda ise kumtaşı ve çamurtaşından oluşmuş kırmızı renkli karasal bir istif sunan Çamiçi formasyonu adını tip kesitinin de geçtiği söz konusu mahalleden almıştır (Turan 1990).

Çamiçi formasyonu genel olarak kırmızı, koyu sarı, kızıl-kahve renkli, çapraz tabakalı, orta-iyi derecede yuvarlaklaşmış ve boylanmış, ortalama 5-6 cm'lik polijenik çakıllardan meydana gelir. Çakıllar çoğunlukla kırmızı, pembe, koyu gri, bej, açık kahve renkli, boyutları birkaç cm'den 15-20 cm'ye değişen kireçtaşı parçaları, daha az miktarda ise yeşil, kahve, koyu krem renkli silisli parçalardır. Çok az da olsa koyu renkli kumtaşı parçalarına rastlamak mümkündür. Bağlayıcı malzemesini silt, kum ve karbonatların oluşturduğu matriks destekli konglomeralar, yaklaşık % 75-80 oranında çakıl içeriğine sahiptir. Karbonatlardan oluşan taneler, yüzey sularının etkisiyle, çimentoya nazaran daha fazla aşınmış olarak gözlenir. Söz konusu konglomeralar, yanal ve düşey yönlerde kırmızı renkli kumtaşı ve çamurtaşlarına geçiş gösterir (Şekil 1.10).

Formasyonun her düzeyinde rastlanan, kırmızı-bordo renkli kaba kumtaşları, kalın ve bazen de dereceli tabakalanma sunarlar. Az yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı kumtaşlarının bağlayıcı malzemesini karbonatlar oluşturmaktadır. Ayrıca formasyonda, oksidasyondan dolayı yer yer kırmızı renkte gözlenebilen gri renkli kireçtaşı merceklerine de rastlanır. Bu kireçtaşlarının alt ve üst kısımlarında, taze yüzey rengi gri-açık yeşil, ayrışma rengi ise kırmızı kumlu-çamur düzeylerine rastlanılabilir.





Şekil 1.10. Çamiçi formasyonu (KB'dan GD'ya bakış)

Beyreli formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla gelen Çamiçi formasyonu, çalışma alanının dışında kalan Dedebeleli formasyonu (Turan 1990) tarafından uyumlu olarak örtülür. Büyük bir olasılıkla faylanmalar paleotopografyada yükselime neden olmuş, erozyon gerçekleşmiş ve alttaki daha yaşlı birimler üzerine, Çamiçi formasyonu açısal uyumsuz olarak çökelmiştir.

Özgül (1976) ve Gedik vd (1979) tarafından Dedebeleli Formasyonu ile birlikte Üst Triyas olarak yaşlandırılan birim, Orta Toroslar'da Orta-Üst Triyas geçişinde önemli bir orojenik evre görülmediğinden, açısal uyumsuzluk Erken Kimmeriyen (Üst Jura) fazıyla ilişkilendirilerek ve Toroslar'da Jura transgresyonunun yaygın olması, üstteki formasyonun da Malm (Üst Jura) yaşlı oluşuna dayandırılarak, Alt-Orta Jura olarak yaşlandırılmıştır (Turan 2000). Göktepe ve Güvenç (1997) ise birimden Liyas (Alt Jura) yaşlı olarak söz eder.

#### 1.4.1.5. Yamaç molozu (Qym)

Çalışma alanındaki eğimi yüksek yamaçlarda ve yamaç eteklerinde, gevşek olarak tutturulmuş, genellikle köşeli-yarı köşeli çakıl ve bloklar ile az miktarda kum ve siltten oluşmuş yığılımlar şeklinde gözlenir. Çoğunlukla kireçtaşlarından türemiş olup, az miktarda kumtaşı parçaları da bulunmaktadır (Şekil 1.11). Yağış etkisiyle yamaç örtü malzemeleri, gözlenen kesimlerde oldukça ince ve önemsenmeyecek kalınlıktadır. Büyük çoğunlukla yamaçların vadi tabanlarına yakın kesimlerinde bulunurlar.

#### 1.4.1.6. Alüvyon (Qal)

Gevne Çayı boyunca derelerde gözlenen alüvyonun ana bileşenleri, çakıl, blok, kum ve silt-kil'dir. Genellikle kireçtaşı ve kumtaşlarından türemişlerdir. Alüvyonun kalınlığı 10-15 m'yi geçmemektedir (Şekil 1.12).



Şekil 1.11. Yamaç eteklerin gözlenen yamaç molozundan bir görünüm



Şekil 1.12. Gevne Çayı boyunca gözlenen alüvyondan bir görünüm

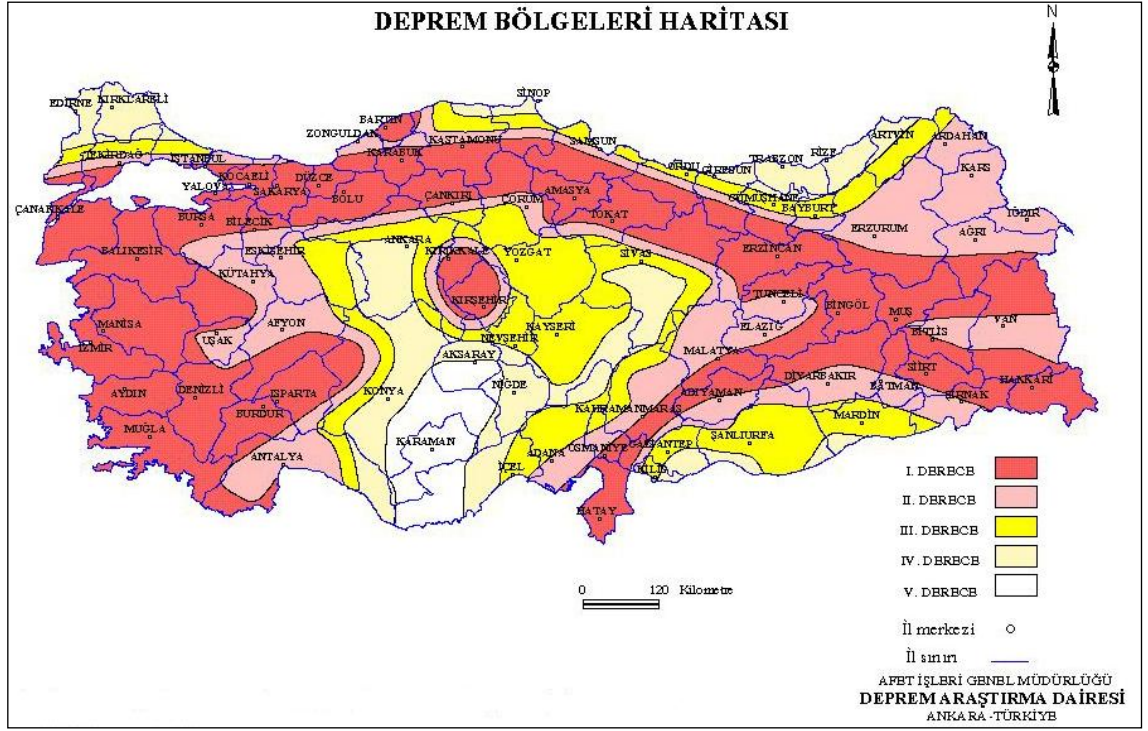
#### 1.4.2. Yapısal jeoloji

Ana tektonik çatısını Preniyen hareketleriyle kazanan Toros Kuşağı (Ketin 1977), Şengör (1984) tarafından Kimmerid, özellikle Alpid evresi kapsamında ele alınan ve Laramiyen'den sonra Preniyen paroksizma safhasında şiddetli deformasyonlara maruz kalmıştır. Toros Kuşağı Doğu, Batı ve Orta Toroslar olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır, Çalışma alanı, doğuda Ecemiş Koridoru'ndan (Blumenthal 1952), Antalya Miyosen Havzası ile Antalya Üst Miyosen-Pliyosen Havzası'nın (Akay vd 1985) batı kenarına kadar uzanan Orta Toroslar'da (Akay ve Uysal 1988) yer almaktadır. Orta Toroslar'ın maruz kaldığı orojenik hareketler sonucu, inceleme alanı ve yakın çevresinde genellikle kıvrımlar, kırıklı ve bindirmeli yapılar meydana gelmiştir. Bölgedeki allokonlar, ayrı ayrı naplar şeklinde, Geç Lütesiyen-Erken Oligosen dönemindeki yatay sıkışma hareketleri nedeniyle taşınmışlardır. Çalışma alanı ve çevresi Preniyen dağoluşum evresindeki kompresyonel tektonik rejimde naplar yerleştikten sonra, eğim atımlı faylarla kırılarak ana yapısını almıştır (Turan 1990).

Bölgede sığ denizel, karasal-yarı karasal kırıntılı ve karbonatlı birimlerden oluşan Gevne Napı ve bu nap üzerinde açısız uyumsuzlukla gelen yamaç molozu ve alüvyonlar bulunmaktadır. Söz konusu nap, önemli bir senklinoryum yapısı oluşturur. Yaklaşık K 20-40° D yönlü sıkışma gerilmelerine bağılı olarak Gevne Napı'nda K 50-70° B yönelimli ve 10-12° ile dalan kıvrımlar geliştiğı düşünölmektedir. Simetrik-asimetrik-izoklinal kıvrımların normal, devrik ve yatık türlerine sıkça rastlanan bölgede KB-GD eksen gidişli, dalımlı-kapalı striktürler olağıandır. Ayrıca ana faylar genellikle bu kıvrım eksenlerine paralel olarak gelişmiştir. Çalışma alanında Erken Kimmeriyen orojenez fazına ilişkin izler Gevne Napı'nda Beyreli ve Çamiçi formasyonları arasındaki uyumsuzlukla gözlenir. 500 m kalınlıklı, alttaki formasyonlardan türemiş çakıllar içeren, kırmızı renkli çapraz tabakalı çakıltaşları-kumtaşları, çamurtaşları, demiroksit ve hidroksitli nodüller ile kömür oluşumları içeren Çamiçi formasyonu uzun bir karasallaşma dönemine işaret eder (Turan 1999).

Bölgedeki en büyük fay Beyreli Fayı'dır (Bkz. Şekil 1.2). Bu fay boyunca Kuşakdağı formasyonu ile Dedebeleli, Çamiçi, Beyreli, Göztaşı ve Gökçepınar formasyonları sınır oluştururlar. Beyreli'nin yaklaşık 1 km batısından geçerek, Gevne Çayı'na iner ve bir süre Kuşakdağı formasyonu içinde devam eder. Göztaşının batısından geçtikten sonra Gevne Çayı'nı keserek vadinin doğusunu izler. Burada fay, Kuşakdağı ve Gökçepınar formasyonlarının sınırını takip eder. Beyreli Fayı, geometrik anlamda eğim atımlı normal bir faydır. Düşey atım bileşeni 1700 m'ye ulaşan fayın kuzey bloğı önemli ölçüde alçalmıştır. Fayın doğrultusu genellikle K 30-40° B'dır. Eğim açısı 75-80° olan Beyreli Fayı'nın Maestrihtiyen'den genç olduğı düşünölmektedir (Turan 1999). Beyreli Fayı dışında inceleme alanında çok sayıda küçük ölçekli fay bulunmaktadır.

Proje alanı, Şekil 1.13'de verilen Türkiye deprem bölgeleri haritasına göre dördüncü derece deprem bölgesinde yer almaktadır.



Şekil 1.13. Türkiye deprem bölgeleri haritası (Özmen vd 1997)

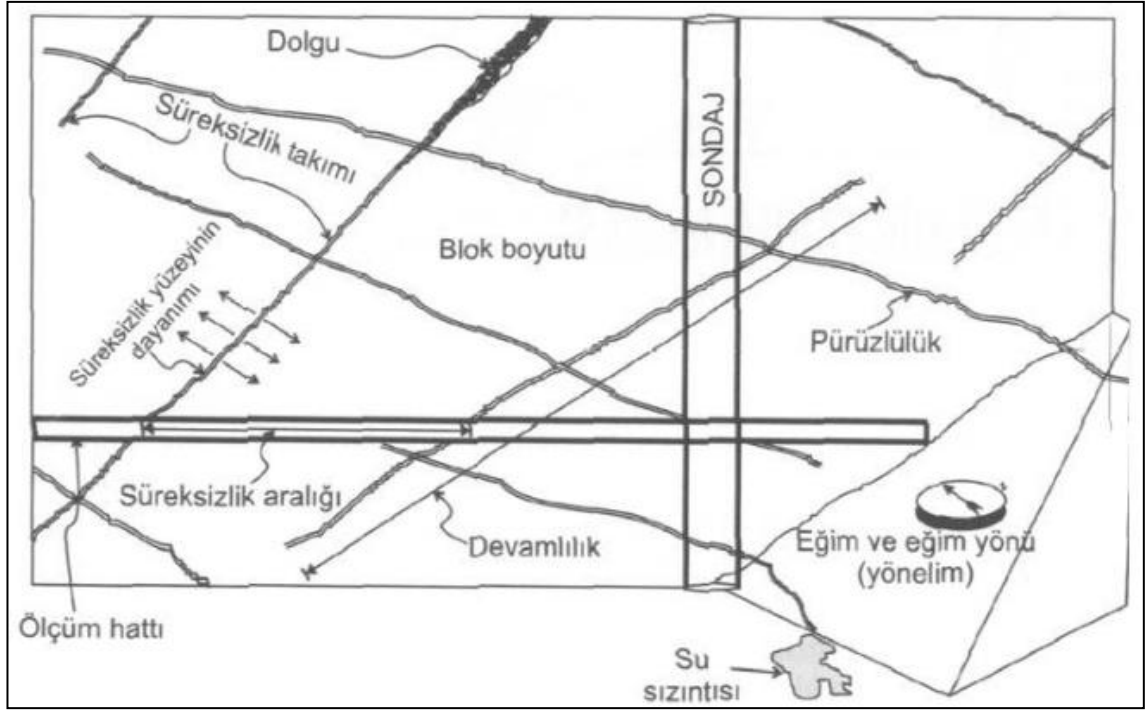
## 2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

### 2.1. Kaya Kütlelerinin Tanımlanması

Kaya kütleleri, homojen, izotrop ve sürekli malzemeler olmayıp, farklı yönlerde gelişmiş süreksizlikler (eklem, fay, tabakalanma vb) tarafından kesilirler. Kaya kütlelerinin mühendislik davranışı, bünyelerindeki süreksizliklerin özellikleri bilinmeden analiz edilemez. Süreksizliklere ait özelliklerin belirlenmesi; kaya kütlelerinin tanımlanmasında, mühendislik yapısının duraylılığını denetleyerek jeolojik faktörlerin ve bunların fiziksel özelliklerin tanımlanmasıyla ilgili verilerin toplanmasında ve kaya kütlelerini temsil edecek bir modelin oluşturulmasında en önemli aşamadır (Ulusay ve Sönmez 2007).

Kaya kütlelerinin tanımlanması amacıyla, yüzlelerde veya sondaj karotlarında süreksizliklerin Şekil 2.1' de gösterilen aşağıdaki parametreleri belirlenir (ISRM 1981).

1. Süreksizlik türü
2. Süreksizlik aralığı
3. Süreksizlik devamlılığı
4. Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü ve dalgalılığı
5. Süreksizlik yüzeyinin açıklığı
6. Dolgu malzemesinin özellikleri
7. Süreksizlik yüzeyinin dayanımı ve bozunma derecesi
8. Süreksizlik yüzeyinde su durumu
9. Süreksizliğin yönelimi ve süreksizlik takım sayısı
10. Blok boyutu



Şekil 2.1. Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin esas alınan başlıca özellikleri (Ulusay ve Sönmez 2007)

### 2.1.1. Süreksizlik türleri

Süreksizlik tanımlanırken, ilk olarak süreksizliğin türü belirlenmelidir. Bunun içinde belli başlı süreksizlik türlerinin tanımlamaları yapılmıştır.

**Dokanak:** Uyumlu, geçişli ve uyumsuz olabilen, iki farklı litolojik birim arasındaki yüzeydir.

**Tabaka düzlemi:** Renk, sertlik, tane boyu, mineralojik bileşim gibi özelliklere bağlı olarak meydana gelen yüzeylerdir.

**Fay ve makaslama zonu:** Tektonik hareketler nedeniyle gelişen makaslama gerilmesinin, kaya kütleindeki bir düzlemin makaslama dayanımını aşması sonucu meydana gelen kırıklara fay denir (Kersten 1990). Faylar tek bir düzlemden çok birbirine yaklaşık paralel gruplar halinde gelişebilirler. Bunlar ise fay zonu veya makaslama zonu olarak adlandırılırlar (Ulusay ve Sönmez 2007).

**Eklem:** Herhangi bir yer değiştirmenin meydana gelmediği kırıklardır.

**Dilinim:** Sıkıştırıcı kuvvetlere dik yönde oluşmuş, sık aralıklı ve birbirine paralel yönde gelişmiş, ince taneli kayalarda gözlenen zayıflık düzlemleridir.

**Yapraklanma:** Minerallerin yüksek basınç ve/veya yüksek sıcaklık nedeniyle, tercihli olarak yönelimi sonucunda ortaya çıkan bir zayıflık yüzeyidir.

**Damar:** Etrafındaki kayadan farklı özellikte bir malzeme tarafından doldurulan kırıktır.

### 2.1.2. Süreksizlik aralığı

Birbirine komşu iki süreksizlik arasındaki dik uzaklık süreksizlik aralığı olarak tanımlanır. Süreksizlik aralığı veya bunun tersi olan süreksizlik sıklığı ya da eklem sıklığı parametresi; süreksizlik yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla kullanılmasının dışında, geçirgenlik ve blok boyutunu belirleyen özellikler olmaları nedeniyle oldukça önemli bir parametredir. Eklem sıklığı, bir metredeki süreksizliklerin veya eklemelerin sayısıdır (Ulusay 2001). Ayrıca eklem sıklığı parametresi, kaya kütlelerinin dayanımı ve davranışı üzerinde doğrudan etkili olduğu için, kazıların ve açıklıkların duraylılıklarını da doğrudan etkiler (Ulusay ve Sönmez 2007).

Süreksizlik aralığı sondaj karotlarından belirlenebildiği gibi, mostra üzerine belirli yönde serilen şerit metre boyunca, bu metreyi kesen süreksizliklerden de ölçülebilir. Bu ölçümler sonucunda ortalama süreksizlik aralığı ( $x$ ) ve süreksizlik sıklığı ( $\lambda$ ) Eşitlik 2.1 ve 2.2'den belirlenir.

$$x = \frac{L}{N} \quad (2.1)$$

$$\lambda = \frac{N}{L} \quad (2.2)$$

L: Ölçüm hattının uzunluğu

N: Ölçüm hattını kesen süreksizlik sayısı



Süreksizlik aralığının tanımlanması amacıyla ISRM (1981) tarafından önerilen ve Çizelge 2.1’de verilen tanımlamalar yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 2.1. Süreksizlik aralığını tanımlama ölçütleri (ISRM 1981)

Aralık (mm)	Tanımlama
<20	Çok dar aralıklı
20-60	Dar aralıklı
60-200	Yakın aralıklı
200-600	Orta derecede aralıklı
600-2000	Geniş aralıklı
2000-6000	Çok geniş aralıklı
>6000	İleri derecede geniş aralıklı

### 2.1.3. Süreksizliklerin devamlılığı

Bir yüzlekte, süreksizlik izinin gözlenen uzunluğu devamlılık olarak tanımlanır ve duraylılığı etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Eğimi şev aynasının ters yönünde, devamlılığı az olan eklemler devrilme duraysızlığı açısından fazla kritik değilken; aynı yönetime sahip ancak devamlılığı yüksek olan süreksizlikler devrilme duraysızlığı açısından oldukça kritik olabilir (Ulusay ve Sönmez 2007).

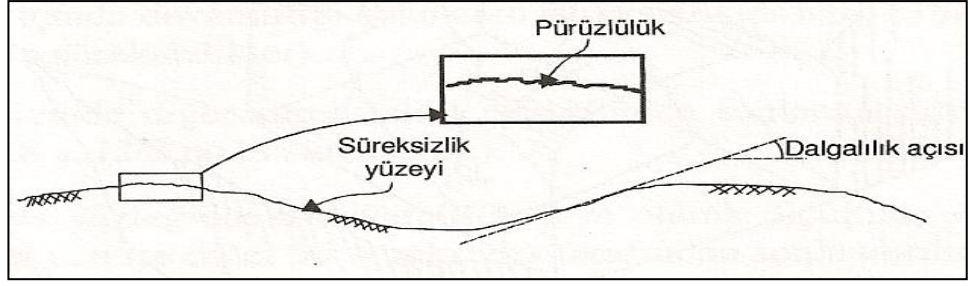
Devamlılığın tanımlanması ve sınıflandırılması amacıyla Çizelge 2.2’de verilen ölçütler kullanılmaktadır.

Çizelge 2.2. Süreksizliklerin devamlılığını tanımlama ölçütleri (ISRM 1981)

Tanımlama	Süreksizlik izinin uzunluğu
Çok düşük devamlılık	< 1 m
Düşük derecede devamlılık	1-3 m
Orta derecede devamlılık	3-10 m
Yüksek devamlılık	10-20 m
Çok yüksek devamlılık	>20 m

### 2.1.4. Süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğü ve dalgalılığı

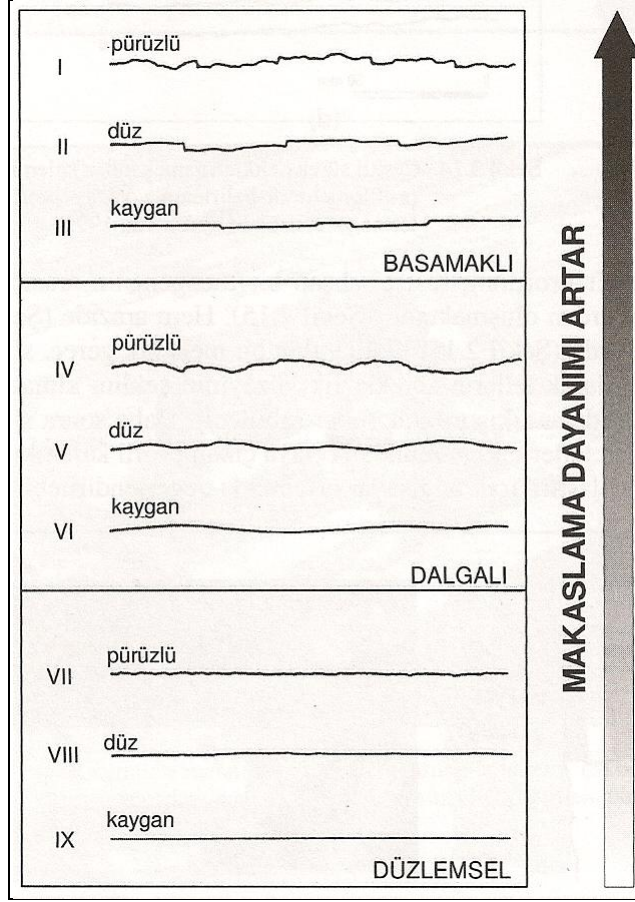
Dalgalılık, süreksizlik yüzeyinin düzlemsellikten büyük ölçekteki sapması olarak tanımlanırken; pürüzlülük ise küçük ölçekteki sapması olarak ifade edilir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Süreksizlik yüzeylerinin dalgalılığı ve pürüzlülüğü (Ulusay ve Sönmez 2007)

Hem pürüzlülük hem de dalgalılık, süreksizlik yüzeylerinin makaslama dayanımını etkiledikleri için oldukça önemli bileşenler olarak rol oynarlar. Pürüzlülüğün belirlenmesi; süreksizlik yüzeylerinin makaslama dayanımını ve potansiyel kayma yönünü belirlemek, kaya kütlesi sınıflaması için gerekli girdiyi elde etmek amacıyla önem taşır. Dalgalılık ise süreksizlik düzleminin konumuna göre makaslama yer değiştirmesinin yönünü etkiler.

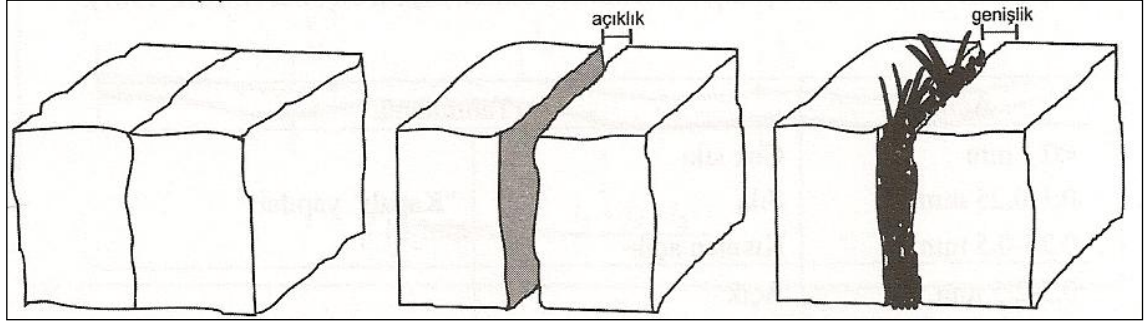
Pürüzlülük ISRM (1981) tarafından önerilen Şekil 2.3'e göre süreksizlik yüzeyi üzerinde gözlem yapılarak belirlenebilir.



Şekil 2.3. Pürüzlülüğün kalitatif olarak belirlenmesinde kullanılan pürüzlülük profilleri (ISRM 1981)

### 2.1.5. Süreksizlik yüzeyinin açıklığı

Bir süreksizliğin birbirine komşu olan iki yüzeyi arasındaki dik mesafe süreksizlik açıklığıdır. Süreksizlik yüzeyinin temiz ve kapalı olmadığı durumlarda açıklığın ölçülmesi gerekir. Açıklık; boş, su ile dolu ya da bir dolgu malzemesi tarafından doldurulmuş olabilir (Şekil 2.4). Söz konusu parametre, süreksizliklerin makaslama dayanımı ve sıvıları iletme özelliğini etkilemesi açısından önem taşır. Açıklıkların ölçülmesi için en pratik yöntem, milimetre bölmeli şerit metre veya kumpastır. Bu amaçla yüzey, döküntülerden temizlenerek ölçüm yapılır. Ölçülen değerler ISRM (1981)'e göre tanımlanır (Çizelge 2.3). Süreksizlik açıklıkları değerlendirilirken, her süreksizlik takımı için ortalama açıklık değerleri belirlenir.



Şekil 2.4. Kapalı, açık ve dolgulu süreksizlikler (ISRM 1981)

Çizelge 2.3. Süreksizlik açıklığının tanımlanmasına ilişkin ölçüler (ISRM 1981)

Açıklık	Tanımlama	
<0.1 mm	Çok sıkı	“Kapalı” yapılar
0.1-0.25 mm	Sıkı	
0.25-0.5 mm	Kısmen açık	
0.5-2.5 mm	Açık	“Boşluklu” yapılar
2.5-10 mm	Orta derecede geniş	
>10 mm	Geniş	
1-10 cm	Çok geniş	“Açık” yapılar
10-100 cm	Aşırı geniş	
>100 cm	Boşluklu	

### 2.1.6. Dolgu malzemesinin özellikleri

Bir süreksizliğin iki yüzeyinin arasını dolduran ve ana kayaktan daha zayıf özellikteki malzeme dolgu malzemesi olarak tanımlanır. Kum, silt, kil, kalsit, kuvars tipik dolgu malzemeleri olarak sıralanabilir. Süreksizlikler boyunca kaymaya karşı direnç dolgu malzemesinin türüne, kalınlığına ve dayanımına bağlıdır. Bu nedenle dolgu malzemesinin; türü, kalınlığı, bozunma derecesi, dayanımı, tane boyu, nem içeriği ve geçirgenlik daha önce meydana gelmiş makaslama yer değiştirmesi gibi özelliklerin belirlenmesi gerekir. Dolgulu süreksizlikler için tanımlanması gereken parametreler aşağıda verilmiştir (ISRM 1981).

- i. Geometri: Genişlik, yüzey pürüzlülüğü, süreksizlik yüzeyinin durumunu gösteren taslak çizim

- ii. Dolgu malzemesinin tipi: Mineraloji, tane boyu, bozunma derecesi, dolgunun indeks parametreleri, şişme potansiyeli
- iii. Dolgu malzemesinin dayanımı: Basit tanımlama deneyleri, makaslama dayanımı, aşırı konsolidasyon oranı, yer değiştirmenin olup olmadığı
- iv. Sızıntı: Su içeriği ve geçirgenlik için nicel veri

### 2.1.7. Süreksizlik yüzeylerinin bozunma derecesi ve dayanımı

Genellikle kaya kütleleri yüzeye yakın kısımlarda bozunmuş veya daha derin kısımlarda hidrotermal süreçlere bağlı olarak alterasyona uğramış olabilirler. Bu sebeple süreksizlik yüzeylerinin dayanımı, söz konusu yüzeylerin ve kaya malzemesinin dayanımıyla ilişkilidir. Süreksizlik yüzeyinin dayanımı, bozunma derecesine bağlı olarak; kaya malzemesinin dayanımından düşük olabilir. Bu nedenlerle hem kaya kütlelerinin hem de kaya malzemesinin bozunma derecelerinin tanımlanması gerekir. Bu amaçla Çizelge 2.4 ve 2.5'den yararlanır.

Çizelge 2.4. Kaya kütlelerinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM 1981)

Tanım	Tanımlama Ölçütü	Bozunma Derecesi
<b>Bozunmamış (Taze)</b>	Kayanın bozunduğuna ilişkin gözle ayırt edilebilir bir belirti olmamakla birlikte, ana süreksizlik yüzeylerinde önemsiz bir renk değişimi gözlenebilir.	W <sub>1</sub>
<b>Az bozunmuş</b>	Kaya malzemesinde ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeniyle tüm kayacın rengi değişmiş ve kaya taze halinden daha zayıf olabilir.	W <sub>2</sub>
<b>Orta derecede bozunmuş</b>	Kayanın yarısından az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Kaya; taze ya da renk değişimine uğramış olup, sürekli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	W <sub>3</sub>
<b>Tamamen bozunmuş</b>	Kayanın tümü toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Ancak orijinal kaya kütlelerinin yapısı halen korunmaktadır.	W <sub>4</sub>
<b>Artık zemin</b>	Kayanın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlelerinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmakla birlikte, zemin taşınmamıştır.	W <sub>5</sub>

Çizelge 2.5. Kaya malzemesinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM 1981)

Tanım	Tanımlama Ölçütü
<b>Taze (Bozunmamış)</b>	Kaya malzemesinin bozunduğuna ilişkin belirgin bir gösterge yoktur
<b>Renği değişmiş</b>	Orijinal kaya malzemesinin rengi değişmiş olup, renkteki değişimin derecesi belirgindir. Renk değişimi sadece bazı mineral taneleriyle sınırlı ise, bu durum kayıtlarda belirtilmelidir.
<b>Bozunmuş</b>	Kaya malzemesi orijinal dokusunu korumakla birlikte, toprak zemine dönüşmüştür. Ancak minerallerin bir kısmı veya tamamı bozunmuştur.
<b>Bozunmuş-dağılmış</b>	Kayanın orijinal dokusu korunmakla birlikte, kaya malzemesi tamamen bozunarak toprak zemine dönüşmüş olup, kırılıdır.

Dayanımın belirlenmesi amacıyla basit deneylerden veya Schmidt çekicinden yararlanılabilir. Ayrıntılı tanımlama ölçütleri Çizelge 2.6’da verilmiştir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Çizelge 2.6. Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli sıkışma dayanımına ve arazi tanımlamalarına göre sınıflandırılması (ISRM 1981)

Simge	Tanım	Saha Tanımlaması	$\sigma$ (MPa)
<b>R 0</b>	<b>Aşırı derecede zayıf kaya</b>	Kayanın yüzeyinde tırnak ile çentik oluşturulabilir.	0,25-1,10
<b>R 1</b>	<b>Çok zayıf kaya</b>	Jeolog çekiciyle sert bir darbeye ufalanan kaya, çakı ile doğranabilir.	1,0-5,0
<b>R 2</b>	<b>Zayıf kaya</b>	Kaya, çakı ile güçlkle doğranır. Jeolog çekici ile yapılacak sert bir darbe kayacın yüzeyinde iz bırakır.	5,0-25
<b>R 3</b>	<b>Orta derecede sağlam kaya</b>	Kaya, çakı ile doğranamaz. Kaya örneği, jeolog çekici ile yapılacak tek ve sert bir darbeye kırılabilir.	25-50
<b>R 4</b>	<b>Sağlam kaya</b>	Kaya örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekici ile birden fazla darbenin uygulanması gerekir.	50-100
<b>R 5</b>	<b>Çok sağlam kaya</b>	Kayanın kırılabilmesi için jeolog çekiciyle çok sayıda darbe uygulanması gerekir.	100-250
<b>R 6</b>	<b>Aşırı derecede sağlam kaya</b>	Kaya örneği, jeolog çekici ile sadece yontulabilir.	>250

Schmidt çekici, kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımının dolaylı olarak belirlenmesinde oldukça kullanışlı bir gereçtir. Çekicinin deney sırasında kaya yüzeyine dik yönde uygulanması ve yüzeyin döküntülerden temizlenmiş olması gerekir. Deney için kaya veya süreksizlik yüzeyinde yirmi ayrı noktada okuma yapılır ve en düşük on geri sıçrama değeri iptal edilerek, kalan on değerlerin ortalaması alınır. Belirlenen değer ile kayanın birim hacim ağırlığı ve kayacın yönelimi kullanılarak tek eksenli sıkışma dayanımı bulunur (Ulusay ve Sönmez 2007).

### 2.1.8. Süreksizlik yüzeylerindeki su durumu

Kaya kütlelerinde suyun sızması, birbiriyle ilişkili süreksizlikler boyunca (ikincil permeabilite) gerçekleşir. Su basınçlarının ve yeraltı suyu tablasının konumunun belirlenmesi, duraysızlıkla ilgili önemli bilgiler verir. Süreksizlikler boyunca su akışının varlığı kaya kütlelerinin ve süreksizliklerin hidrojeolojik ve mekanik özelliklerini etkiler. Süreksizlik yüzeyleri arasındaki su basıncı makaslama dayanımını azaltır. Kaya mühendisliği çalışmalarının ilk aşamalarında fazla sondaj yapılmadığı için, ISRM (1981) tarafından önerilen ve kazı aynalarında yapılan gözlemlere dayanan su sızıntılarıyla ilgili tanımlamalardan yararlanır (Çizelge 2.7).

Çizelge 2.7. Dolgulu ve dolgusuz süreksizlikler için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçüleri (ISRM 1981)

Sızıntı Sınıflaması	Tanımlama
<b>DOLGUSUZ SÜREKSİZLİKLER</b>	
1	Süreksizlik yüzeyi kapalı ve kuru, su akışı gözlenmiyor.
2	Süreksizlik yüzeyi kuru ve suyun aktığına ilişkin bir gösterge yok.
3	Süreksizlik yüzeyi kuru, ancak suyun akmış olduğuna ilişkin izler (yosunlanma gibi) var
4	Süreksizlik yüzeyi nemli, ancak su akışı yok.
5	Süreksizlik yüzeyinde damlalar halinde sızıntı var, ancak sürekli bir akış gözlenmiyor.
6	Süreksizlik yüzeyi boyunca sürekli bir su akışı var (lt/dk olarak ölçülebilir veya basınç düşük, orta ve yüksek şeklinde tanımlanabilir)
<b>DOLGULU SÜREKSİZLİKLER</b>	
1	Dolgu malzemesi aşırı konsolide olmuş malzemedan oluşuyor ve geçirgenliğinin az olması nedeniyle önemli derecede su akışı

Çizelge 2.7'nin devamı

	görülüyor.
2	Dolgu ıslak, yer yer su damlacıkları gözleniyor.
3	Dolgu malzemesi su damlalarıyla ıslanmış.
4	Dolgu malzemesinin yıkanmış-ıslanmış olduğuna ilişkin izler ve sürekli su akışı gözleniyor.
5	Dolgu malzemesi yerel olarak yıkanmış, taşınmış ve yıkanma kanalları boyunca dikkate değer miktarda su akışı var.
6	Dolgu malzemesi tamamen taşınmış, su basıncı yüksek.

Kaya mühendisliği uygulamaları, suyun drene olması yönünde rol oynadığı için yapının belirli bölümüne kaya kütlelerinden gelen suyun tanımlanması gerekir. Bu amaçla Çizelge 2.8'den yararlanılır (Ulusay ve Sönmez, 2007).

Çizelge 2.8. Kaya kütleleri için su sızıntılarının sınıflama ve tanımlama ölçütleri (ISRM 1981)

Sızıntı Sınıflaması	Tanımlama
1	Süreksizlik yüzeyleri kuru, sızıntı yok
2	Çok az sızıntı gözleniyor
3	Orta derecede akış, sürekli akışın gözlemlendiği süreksizlikler belirlenmeli
4	Önemli miktarda akış gözlenen süreksizlikler belirlenmeli
5	Ender olarak yüksek miktarda su akışı gözleniyor

### 2.1.9. Süreksizliklerin yönelimi ve süreksizlik takımı

Jeoteknik uygulamalarda süreksizliğin yönelimi, eğim ve eğim yönü değerleriyle tanımlanır. Eğim, süreksizlik düzleminin yatay düzlemle yaptığı açı; eğim yönü ise kuzeyden itibaren saat yönünde ölçülen ve kuzey ile eğim çizgisinin yatay düzlemdeki izdüşümü arasında kalan açıdır.

Süreksizlik takımı, birbirleriyle hemen hemen aynı yönelimlere sahip süreksizliklerin oluşturduğu topluluktur. Kaya kütleleri birden fazla süreksizlik takımı içerebilir. Süreksizlik takımlarının en çok gözlemlendiği yönelim ile mühendislik yapılarının veya kazılarının arasındaki ilişki, duraysızlığın değerlendirilmesinde oldukça önemlidir. Bu açıdan, ölçülen çok sayıdaki süreksizlik yönelimi istatistiksel yöntemlerle



değerlendirilmeli, süreksizlik takım sayısı ve bunların ortalama yönelimleri belirlenmelidir. Süreksizlik yönelimi verileri, gül diyagramları, histogramlar ve stereografik izdüşüm teknikleriyle değerlendirilir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Süreksizliklerin egemen yönelimlerinin ve takım sayısının belirlenerek değerlendirilmesi amacıyla, stereonete işlenen kutup noktalarından yararlanılarak kontur diyagramları hazırlanır. Kontur diyagramlarının hazırlanmasında birçok yöntem kullanılmakla birlikte, günümüzde bu işlem bilgisayar programları yardımıyla yapılmaktadır. Bu diyagramlarla, kutupların en fazla yoğunlaştığı konturların merkezleri esas alınarak, her süreksizlik takımı için egemen yönelimler belirlenebilir.

Kesişen süreksizlik takımlarının sayısı, kaya kütlelerinin mekanik davranışlarını etkiler. Örneğin, sık aralıklı ve devamlılığı yüksek çok sayıdaki süreksizlik takımı; şevlerde potansiyel duraysızlık modelinin düzlemsel veya kama tipi olmaktan çok dairesel olmasına sebep olabilir. ISRM (1981), süreksizlik takım sayısının belirlenmesi amacıyla en az 150 süreksizlik ölçülmesini önermiştir. Bölgesel olarak gözlenen süreksizlik takımlarının sayısı aşağıdaki gibi tanımlanır (ISRM 1981).

- a. Masif, yer yer gelişigüzel eklemler
- b. Tek eklem takımı
- c. Tek eklem takımı ve gelişigüzel eklemler
- d. İki eklem takımı
- e. İki eklem takımı ve gelişigüzel eklemler
- f. Üç eklem takımı
- g. Üç eklem takımı ve gelişigüzel eklemler
- h. Dört veya daha fazla sayıda eklem takımı
- i. Toprak zemin gibi davranan parçalanmış-ufalanmış kaya

#### **2.1.10. Blok boyutu**

Süreksizlik aralığı, takım sayısı, yönelim gibi faktörlerin belirlediği blok boyutu,

kaya kütlelerinin davranışını önemli ölçüde etkiler. ISRM (1981) tarafından verilen, blok büyüklüğü ve şekline dayanan gruplandırma ve tanımlar aşağıda verilmiştir.

- a) Masif: Birkaç süreksizlik veya çok geniş aralıklı süreksizlikler içeren kaya kütleleri
- b) Bloklı: Yaklaşık eş boyutlu bloklardan oluşan kaya kütleleri
- c) Yassı/plaka: Bir boyutu diğerlerine göre daha küçük olan blokları içeren kaya kütleleri
- d) Kolonsal: Bir boyutu diğer iki boyutundan daha büyük bloklardan oluşan kaya kütleleri
- e) Düzensiz: Blok boyutunda ve şeklinde belirgin farklılıklar gözlenen kaya kütleleri
- f) Parçalanmış: Çok sık eklemli (şeker küpü şeklinde) kaya kütleleri

Büyük bloklardan oluşan kütleler daha az deforme olurken, küçük bloklardan oluşan kütleler, şevlerde zeminlerdekine benzer şekilde dairesel kaymalar için potansiyel oluştururlar (Ulusay 2001).

Tipik kaya bloklarının ortalama boyutu (blok boyutu indeksi,  $I_b$ ) veya birim hacimde gözlenen süreksizlik sayısı (hacimsel eklem sayısı,  $J_v$ ) blok boyutunu tanımlamada kullanılan parametrelerdir. Eğer kaya kütlelerinde, üçten fazla süreksizlik takımı varsa blok boyutu indeksi olmaz. Blok boyutu indeksi, sedimanter kayalarda birbirine dik olarak gelişmiş iki eklem takımı ve tabakalanma blok şekli oluşturur ve Eşitlik 2.3'de verildiği gibi hesaplanabilir.

$$I_b = \frac{(S_1 + S_2 + S_3)}{3} \quad (2.3)$$

$S_1, S_2, S_3$ : Her eklem takımı için ortalama modal aralık değeri

Hacimsel eklem sayısı, birim hacimdeki eklem sayısı değerlerinin toplamıdır. Düzensiz süreksizliklerde ölçüm hattının uzunluğu 5-10 metre arasında seçilir (Palmstrom 1996).  $J_v$  Eşitlik 2.4 kullanılarak hesaplanır.

$$J_v = \frac{N_1}{L_1} + \frac{N_2}{L_2} + \dots + \frac{N_n}{L_n} \quad (2.4)$$

$N_n$ : Gözlenen her eklem takımı için ölçüm hattı boyunca sayılan süreksizliklerin sayısı

$L_n$ : Eklem takımlarına dik yönde seçilmiş ölçüm hattının uzunluğu

Hesaplanan  $J_v$  değerine göre, Çizelge 2.9 veya 2.10 yardımıyla blok tanımı yapılır.

Çizelge 2.9. Hacimsel eklem sayısına ( $J_v$ ) göre blok boyutu tanımlaması (ISRM 1981)

Tanım	$J_v$ (eklem/m <sup>3</sup> )
Çok geniş bloklar	<1
Geniş bloklar	1-3
Orta büyüklükteki bloklar	3-10
Küçük bloklar	10-30
Çok küçük bloklar	>30

Çizelge 2.10. Güncel  $J_v$  sınıflaması (Palmstrom 1982, 1996)

Sınıf No	Eklem Takımı	$J_v$ Tanımı	$J_v$ (eklem/m <sup>3</sup> )
1	Masif	İleri derecede düşük	<0.3
2	Çok az eklemli	Çok düşük	0.3-1.0
3	Az eklemli	Düşük	1-3
4	Orta derecede eklemli	Orta derecede düşük	3-10
5	Çok eklemli	Yüksek	10-30
6	İleri derecede eklemli	Çok yüksek	30-100
7	Parçalanmış	Aşırı derecede yüksek	>100

Hacimsel eklem sayısı kullanılarak kayaçların RQD değerleri Eşitlik 2.5'den hesaplanabilir (Palmstrom 1974). RQD ile kayacın mühendislik kalitesi arasındaki ilişki ise Deere (1968) tarafından Çizelge 2.11'de verildiği gibi tanımlanmıştır.

$$RQD = 115 - 3,3 J_v \quad (2.5)$$

Çizelge 2.11. RQD ile kayacın mühendislik kalitesi arasındaki ilişki (Deere 1968)

<b>RQD (%)</b>	<b>Kaya Kalitesi</b>
<b>&lt; 25</b>	Çok zayıf
<b>25-50</b>	Zayıf
<b>50-75</b>	Orta
<b>75-90</b>	İyi
<b>90-100</b>	Çok iyi

## 2.2. Şev Duraylılığı Kavramı

Şev duraylılığı kavramı, özellikle 1900’lü yılların başında hız kazanan mühendislik çalışmaları sonucu taban ve tavan kotları arasında büyük farklılıklar olan eğimli yüzeyler oluşmasıyla ortaya çıkmıştır. Kazılar sonucu oluşan şevlerde meydana gelen duraylılık sorunları, bu konularda çalışan bilim adamlarını konu ile ilgili çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir.

Düzensiz veya belirli bir geometri sunan, yatayla veya arazi yüzeyiyle açı oluşturan kitlelere “şev” denir. Şevler, belirli bir geometriye sahip olamayan doğal şevler (yamaç) ve teknik girişim sonucu oluşturulmuş, düzenli bir geometri sunan yapay şevler olmak üzere ikiye ayrılır.

Şevlerde kitle hareketleri kaydıran kuvvetlerin kaymaya karşı koyan kuvvetlerden fazla olması durumunda gerçekleşirler. Kayan kütlelerin, kendi ağırlığı ve ek yükler altında (boşluk suyu basıncı, sürşarj yükleri, sismik yükler vb) eğim yönünde hareketine şev duraysızlığı denir.

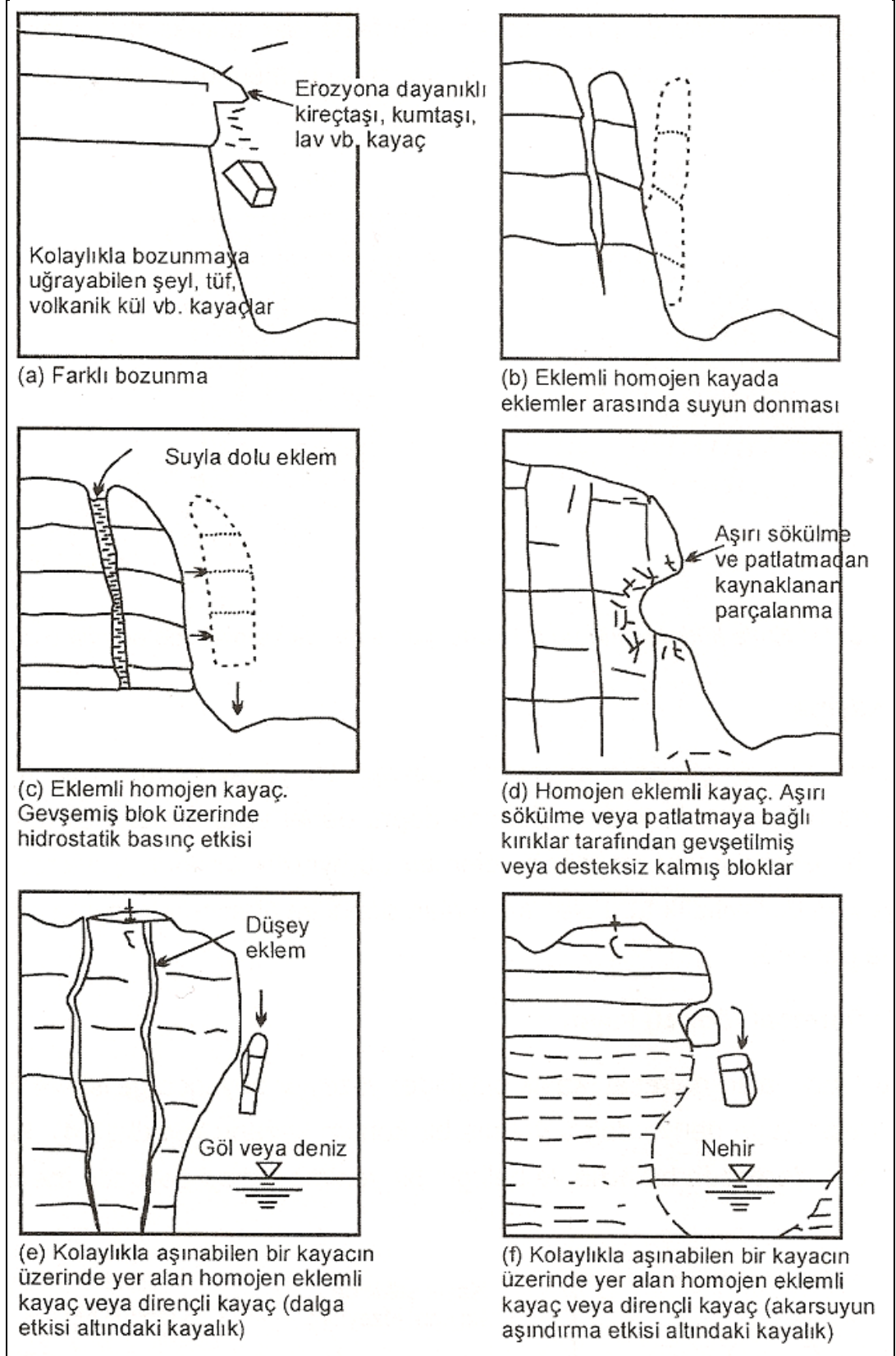
Oldukça uzun süre duraylı kalan şevler; depremler, bitki örtüsünün kaybı, yapay titreşimler, yoğun yağışlar, topukta veya yamaç üstünde kazı, volkanik etkinlik, yamaç eteğinde akarsu, dalga veya buzul aşındırması vb nedenlerle duraysızlığa uğrayabilir.

Varnes (1978), şev duraysızlığı türlerini, kayma yüzeyi ve şevin geometrisi, hareketin hızı ve meydana geliş şekli, kaymanın yaşı, kayan malzemenin türü ve tane boyutu kriterlerini göze alarak Şekil 2.5’de görüldüğü gibi sınıflandırmıştır.

HAREKET TİPİ			MALZEMENİN CİNSİ		
			ANAKAYA	MUHENDİSLİK ZEMİNLERİ	
				İRİ TANELİ	İNCE TANELİ
DÜŞMELER			Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Toprak Düşmesi
DEVRLMELER			Kaya Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Toprak Devrilmesi
KAYMALAR	ROTASYONAL	Birden fazla birim	Kaya Bloğu Kayması	Moloz Slumpı	Toprak Slumpı
	DÜZLEMSEL	Çok fazla birim	Kaya Kayması	Moloz Bloğu Kayması	Toprak Bloğu Kayması
YANAL YAYILMALAR			Kaya Yayılması	Moloz Yayılması	Toprak Yayılması
AKMALAR			Kaya Akması	Moloz Akması	Toprak Akması
KOMPLEKS			İki veya daha fazla hareketin kombinasyonu		

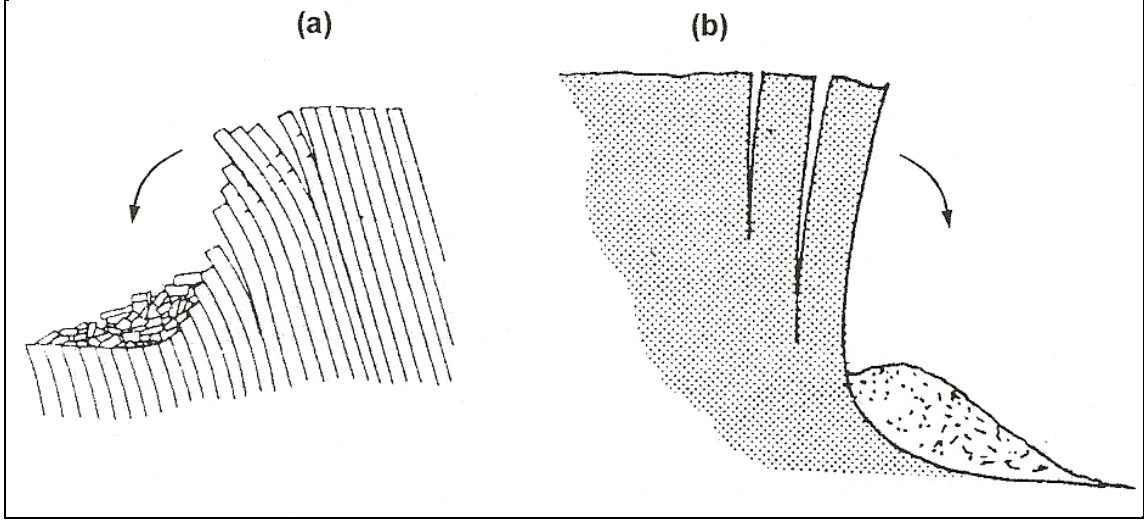
Şekil 2.5. Şev duraysızlığı türleri için Varnes (1978) sınıflaması

**Düşme:** Üzerinde daha önce kayma hareketi olmamış bir yüzeyden, yani herhangi bir makaslama yenilmesi olmaksızın, zemin ya da kaya kütlelerinin Şekil 2.6'daki süreçler sonucunda yer çekiminin etkisiyle düşmesi sonucu gerçekleşir. Genellikle dik kaya yamaçlarında meydana gelen düşmeleri tetikleyen faktörler arasında buzlanma, su basınçları, erozyon, deprem sıralanabilir. Düşme türü yenilmeler sadece dik yamaçlarda gözlenir (Coduto 2006).



Şekil 2.6. Kaya kütlelerinde, kaya düşmelerine neden olan süreçler (Ulusay 2001)

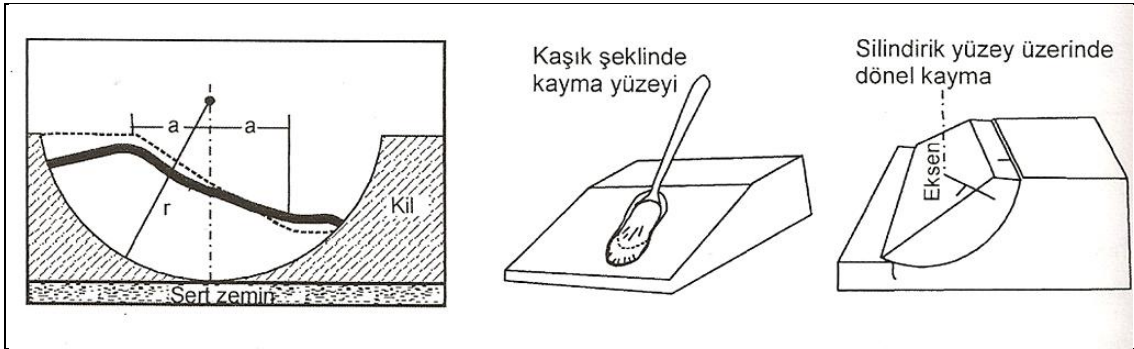
**Devrilme:** Kaya veya zemin türü malzemenin, kendi ağırlık merkezinin altındaki bir nokta veya eksen etrafında, yamaç dışına doğru dönmesidir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. a) Kaya kütlelerinde ve b) Kohezyonlu toprak zeminlerde devrilme (Ulusay 2001)

**Kayma:** Şevi meydana getiren kaya veya zemin kütlelerinde, makaslama yenilmesine bağlı olarak; belirgin bir yüzey boyunca, yamaç aşağısına doğru dönel veya ötelenmeli bir hareket sonucu oluşan bir duraysızlıktır. Şevlerde karşılaşılan duraysızlık türü olan kaymalar dönel ve ötelenmeli olmak üzere ikiye ayrılır (Ulusay 2001)

Dönel (Dairesel) kayma; dairesel yüzeyler boyunca gelişen bu tür kaymalarda, kayan kütle geriye doğru yatmış gibi bir şekil alır (Şekil 2.8).



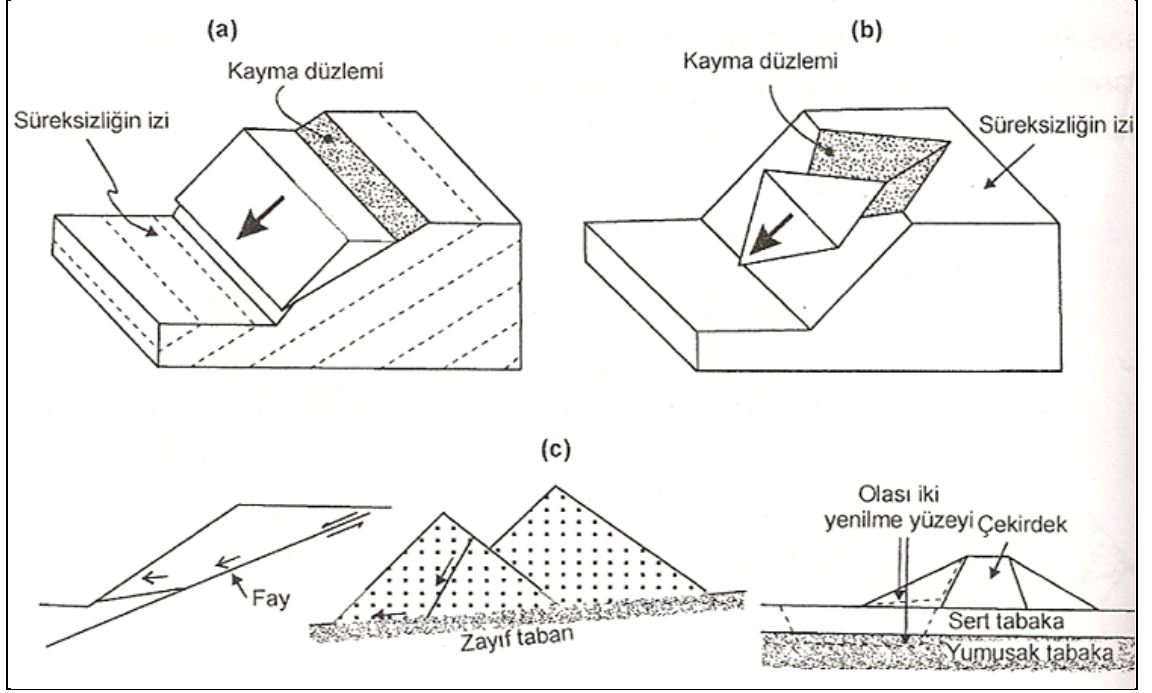
Şekil 2.8. Dairesel kayma (Ulusay 2001)

Dairesel kayma, zemin özelliği gösteren malzemelerde (kil, silt, kum vb) atık yığınlarında ileri derecede eklemleri veya ileri derecede ayrışmış kayaçlarda gözlenir.

Ötelenmeli kayma; şevi oluşturan malzemenin, kayma yüzeyine paralel bir şekilde öne doğru hareketi ile düz veya çok az dalgalı bir yüzey boyunca gelişen makaslama yenilmesine bağlı olarak meydana gelir. Bu tür duraysızlıklar süreksizlik denetiminde gerçekleşirler. Düzlemsel, kama tipi, iki veya çok yüzeyli kayma olmak üzere üç tipte gözlenirler (Ulusay 2001).

- i. Düzlemsel kayma: Şevi oluşturan malzemenin eğimi şev eğiminden daha az olan düşük dayanımlı bir düzlem üzerinde, yamaç aşağı doğru hareket etmesiyle meydana gelir (Şekil 2.9.a).
- ii. Kama tipi kayma: İki süreksizliğin kesişmesi sonucu oluşan kama şekilli bir bloğun, eğimi şevin eğiminden daha az olan kesişme hattı boyunca aşağı doğru hareket etmesi sonucu meydana gelir (Şekil 2.9.b).
- iii. İki veya çok yüzeyli kayma: Birden fazla süreksizlik veya zayıflık yüzeyi söz konusu olduğunda meydana gelir. Özellikle yumuşak zeminler üzerindeki pasa yığınlarında, dolgularda, tabakalanma yüzeylerinin faylarla kesilmesi sonucu gelişirler (Şekil 2.9.c).

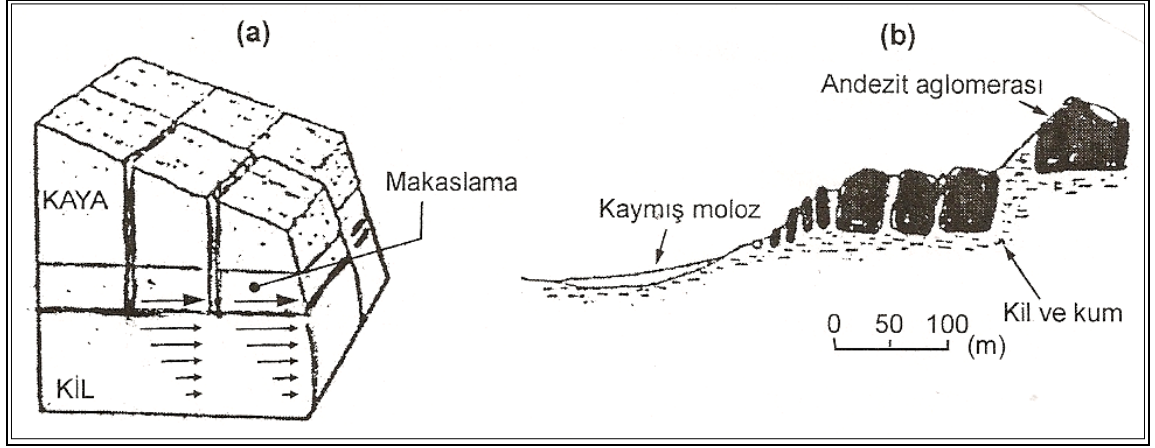




Şekil 2.9. a) Düzlemsel kayma, b) Kama tipi kayma, c) Çok yüzeyli kaymalar (Ulusay 2001)

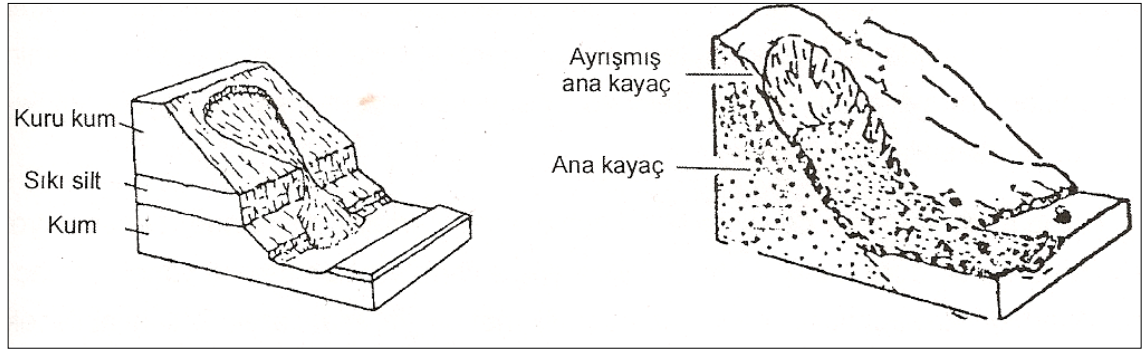
**Yanal Yayılma:** Makaslama ve çekilme çatlaklarının eşlik ettiği yanal yayılma, yanal kaya yayılması ve yanal zemin yayılması olmak üzere iki türde gözlenir (Ulusay 2001).

- i. Yanal kaya yayılması: Üzerinde bulunduğu yumuşak malzemeye göre daha sert birimden oluşan şevlerde, alttaki yumuşak malzemenin şevin dışına doğru plastik bir hareket sergileyerek, üzerindeki sert malzemeyi bloklara ayırıp taşınması şeklinde meydana gelir (Şekil 2.10.a).
- ii. Yanal Zemin Yayılması: Sert ve eklemlili kaya bloklarının, killi, daha zayıf ve plastik özellikteki malzeme içinde, bu malzeme ile birlikte yüzer konumda yavaş yavaş harekete maruz kalmasıyla meydana gelir (Şekil 2.10.b)



Şekil 2.10. a) Yanal kaya yayılması b) Yanal zemin yayılması (Ulusay 2001)

**Akma:** Kuru veya doygun bir biçimde, pekişmemiş malzemenin yamaç aşağı doğru kıvamlı bir sıvı şeklinde akmalarıyla meydana gelir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Yamaçlarda meydana gelen akmalar (Ulusay 2001)

**Karmaşık Kaymalar:** Daha önce anlatılan duraysızlık türlerinden en az ikisinin birlikte gelişmesi sonucu oluşurlar.

### 2.3. Şev Duraylılığı Analiz Yöntemleri

Şev duraylılığı araştırmalarında kinematik, analitik ve nümerik yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, şev duraylılığı incelemeleri analitik yöntemlerden, limit denge metodunu esas alan Janbu, Bishop ve İsveç Dilim Metodu (Ordinary) yöntemlerine dayanarak yapıldığı için yalnızca bu yöntemlerden bahsedilecektir.

Bir Şevi oluşturan toprak zeminin, çok zayıf kaya kütlesinin veya pasa malzemesinin özellikleri Şev boyunca çok sık aralıklarla deęiŐiyorsa ve zemin kayaç dokanağı gibi yapısal bir zayıflıktan dolayı veya kütle içinde, düşük makaslama dayanımlı düzlemsel seviyelerin varlığı (ok yumuşak kil bandı gibi) halinde dairesel kayma analiz yöntemleri kullanılamamaktadır. Bu koŐullarda kaymalar; dairesel olmayan veya birleŐik kayma yüzeyleri boyunca geliŐmektedir. Duraysızlıkların bu tür kayma yüzeyleri boyunca geliŐtięi veya geliŐebileceęi durumlar için Janbu yöntemi önerilmiŐtir (Ulusay 2001).

Ordinary ve İsveç Dilim Yöntemi olarak da adlandırılan Fellenius yönteminde kuvvetlerin bileŐkesi tabana paralel olduğundan ve yazılan denge denklemi mevcut statik koşulları sağlamadığından, bu yöntemle bulunan güvenlik katsayıları en küçük güvenlik katsayısıdır. Ayrıca homojen olmayan Şevlerde zemin tabanlarında deęiŐken kayma direnci açılarıyla uygulanabilmektedir. Ancak ortamdaki boşluk suyu basıncının yüksek düzeyde olması ve Şevin fazla yatık olması durumunda yöntemdeki hata oranı artmaktadır (Önalp ve Arel 2004).

Şevlerde dairesel kaymalar için limit denge metotları ile yapılan analizlerde dilimlere etkiyen yanal kuvvetler yatay, dilimler arası kesme kuvvetleri sıfır ve dilim ağırlığının dilim tabanının ortasına etkidiği varsayılmaktadır. Bishop yöntemi, önce genel kayma yüzeyleri için geliştirilmiş olsa da, dairesel yüzeylerde önemli hesap hataları meydana getirmediği için bu yüzeylere uygulanır (Aytekin ve Haliloğlu 1998).

Şevin stabilitesi için güvenlik katsayısı daima 1'den büyük olmalıdır ve geçici Şev çalışmalarında en az 1,3, uzun süreli Şevlerde ise en az 1,5 olmalıdır.

#### **2.4. Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemleri**

Kaya kütlesi sınıflama sistemleri, mühendislik projelerini tek başına sağlayabilecek bir araç değil, tasarıma yardımcı olan ve ön tasarım amacıyla kullanılacak birer araç olarak düşünölmelidir. Dolayısıyla bu sistemler, tasarım hedefleri ve sahanın jeolojisi

de dikkate alınarak, gözleme dayanan, analitik ve nümerik çözüm yöntemleriyle birlikte kullanılmalıdır (Ulusay 2001).

Bieniawski (1988) kaya kütlesi sınıflama sistemlerinin amaçlarını aşağıdaki gibi özetlemiştir;

- a. Kaya kütlesinin davranışını etkileyen en önemli parametreleri tayin etmek,
- b. Kaya kütlelerini kendi içlerinde benzer özellikler gösteren bölgelere ayırarak değişik kaya kütlesi sınıflarını belirlemek,
- c. Her kaya kütlesi sınıfının karakteristiklerini anlamak amacıyla bir esas oluşturmak,
- d. Bir sahadaki kaya koşullarıyla ilgili kazanılan deneyimi diğer sahalarda karşılaşılan koşullarla karşılaştırılıp ilişki kurmak,
- e. Mühendislik tasarımı için sayısal veri ve bir kılavuz elde etmek,
- f. Mühendisler arasında ortak bir temele dayalı bilimsel ve teknik anlamda iletişim sağlamak.

Kaya kütlesi sınıflama sistemleriyle; tasarıma yönelik sayısal verilerin sağlanması, daha doğru mühendislik kararlarının alınması, projelerde daha yeterli bir iletişimin sağlanması, en az sayıda sınıflama parametresine dayanarak, toplanan verilerle arazi çalışmalarının kalitesinin artırılması gibi kazanımlar elde edilmektedir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Değişik araştırmacılar tarafından, çok sayıda kaya kütlesi sınıflama sistemi geliştirilmiştir. Bu çalışmada Bieniawski (1989) tarafından geliştirilen RMR kaya kütlesi sınıflama sistemi kullanıldığından, yalnızca bu sisteme değinilecektir.

#### **2.4.1. RMR kaya kütlesi sınıflama sistemi**

Jeomekanik kaya kütle sınıflaması olarak da bilinen sistem, ilk kez 1972-1973 yılları arasında Bieniawski tarafından geliştirilmiş, 1989 yılında ise son şeklini almıştır. RMR sınıflama sisteminde, sahada ölçülebilen veya sondajlardan elde edilebilen aşağıdaki parametreler kullanılır:

- Kaya örneğinin tek eksenli sıkışma dayanımı
- RQD
- Süreksizlik aralığı
- Süreksizliklerin durumu (devamlılık, pürüzlülük, dolgu, bozunma, açıklık)
- Yeraltı suyu durumu
- Süreksizliklerin yönelimi

RMR sınıflama sistemi uygulanırken, Çizelge 2.12’de verilen her parametre için değerler esas alınır.

Çizelge 2.12. RMR kaya kütlesi sınıflama sistemi (Bieniawski 1989)

A. sınıflama parametreleri ve puanları									
1	Kayaç dayanımı	Nokta yükü dayanım indeksi (MPa)	>10	4-10	2-4	1-2	Düşük Aralık		
		Tek eksenli basma dayanımı (Mpa)	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
	Puan	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25			
	Puan	20	17	13	8	3			
3	Süreksizlik Aralığı (m)	>2	0.6-2	0.2-0.06	0.06-0.2	<0,06			
	Puan	20	15	10	8	5			
4	Süreksizlik Durumu		Çok kaba yüzey Sürekli değil Ayrılmaz Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzey Ayrılma <1mm Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzey Ayrılma <1mm Yumuşak eklem yüzeyleri	Sürtümlü yüzeyler, fay dolgulu <0,5 mm, 1-5 mm açıklıklı ve sürekli eklemler	Yumuşak fay dolgusu >5 mm kalınlıkta veya açık eklem >5 mm devamlı süreksizlik		
	Puan		30	25	20	10	0		
5	Yer altı suyu durumu	Tünelde ilk 10 m den gelen su	Yok	10 l/dk	<25 l/dk	25-125 l/dk	>125 l/dk		
		Eklemden su basıncı	0	0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		En büyük asal gerilme oranı							
	Genel durum	Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su gelişi			
Puan		15	10	7	4	0			

Çizelge 2.12'nin devamı

B. Tünelde süreksizlik eğim ve doğrultusunun etkisi						
Doğrultu tünel eksenine dik				Doğrultu tünel eksenine paralel		Eğim 0°-20° arasında (doğrultudan bağımsız)
Eğim yönünde ilerleme		Eğime karşı 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	Uygun değil	Hiç uygun değil	Orta
0	-2	-5	-10	-10	-12	-5
C. Süreksizlik yönelimine göre düzeltme						
Doğrultu, eğim		Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil
Puan	Tünel	0	-2	-5	-10	-12
	Temel	0	-2	-7	-15	-25
	Şev	0	-5	-25	-50	-60
D. kaya sınıfları ve puanları						
Sınıf	I	II	III	IV	V	
Tanım	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya	
Puan	100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 20	
E. kaya sınıflarının bazı özellikleri						
Sınıf	I	II	III	IV	V	
İksasız geçmeden durma süresi	15 m açıklık için 10 yıl	8 m açıklık için 6 ay	5 m açıklık için 1 hafta	2.5 m açıklık için 10 saat	0.1 m açıklık için 30 dk	
Kaya kütlesi kohezyonu	> 400 kPa	300-400 kPa	250-300 kPa	100-200 kPa	< 100 kPa	
Kaya kütlesi φ	< 45	35-45	25-35	15-25	< 15	

Süreksizliklerin durumlarıyla ilgili puanlamanın daha doğru bir şekilde yapılması amacıyla Çizelge 2.13'den yararlanılır.

Çizelge 2.13. Süreksizlik yüzeyi koşulunun puanlandırılması için önerilen kılavuz (Bieniawski 1989)

Parametre	Puanlar				
Devamlılık	< 1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)
Açıklık	Yok (6)	< 0,1 mm (5)	< 0,1-1 mm (4)	1-5 mm (1)	> 5 mm (0)
Pürüzlülük	Çok pürüzlü (6)	Pürüzlü (5)	Az pürüzlü (3)	Düz (1)	Kaygan (0)
Dolgu	Yok (6)	Sert dolgu		Yumuşak dolgu	
		< 5 mm (4)	> 5 mm (2)	< 5 mm (2)	> 5 mm (0)
Bozunma	Bozunmamış (6)	Az bozunmuş (5)	Orta derecede bozunmuş (3)	Bozunmuş (1)	Çok bozunmuş (0)

Sonuçta RMR sınıflama sisteminden üç önemli veri elde edilir (Bieniawski 1988);

- 1- Tüm jeolojik unsurların etkisini yansıtan, saha genelinde kaya kütlesi koşullarının karşılaştırılmasına veya kaya kütlelerinin “çok iyi kaya”dan “çok zayıf kaya”ya kadar tanımlanarak, sınırlarının belirlenip, bölgelendirme haritalarının veya kesitlerinin hazırlanmasına olanak sağlayan “kaya kütle kalitesi” bulunur.
- 2- Kaya kütle kalitesi ve kazı yöntemine göre, ön tasarım amacıyla destek türleri seçilebilir.
- 3- RMR puanı kullanılarak, kaya kütlelerinin bazı mühendislik özellikleri tahmin edilebilir.

RMR sisteminin kaya şevlerinde uygulanması durumunda, süreksizlik yöneliminin şevin konumuna göre nasıl değerlendirilmesi gerektiği ve yönelim düzeltmesi puanlarının seçimi konularındaki belirsizliği gidermek amacıyla Singh ve Gahroee (1989) şevde gelişmesi olası duraysızlık modelinin sayısına göre bir puanlama önermişlerdir (Çizelge 2.14). Araştırmacılara göre, İleri derecede eklemli kaya kütlelerinde, yönelimlerin etkisi ortadan kalkar ve yenilme dairesel kayma modeline uygun şekilde gerçekleşir. Bu ortamlarda, gelişmesi olası duraysızlık türü bir tane olacaktır.

Çizelge 2.14. Kaya şevleri için önerilen süreksizlik yönelimi düzeltmesi puanları (Singh ve Gahroee 1989)

Süreksizlik yönelimi	Duraysızlık yok	Olası tek duraysızlık modeli	Tek duraysızlık modeli	İki duraysızlık modeli	Çok sayıda duraysızlık modeli
Puan	0	-5	-25	-50	-60

### **3. MATERYAL VE METOT**

#### **3.1. Materyal**

Konya ili, Hadim ilçesi, Beyreli köyü civarında, O 28-b3, O 28-b4 no'lu topografik paftalar kapsamında yer alan çalışma bölgesinde, yaklaşık 13 km<sup>2</sup>'lik bir alan incelenmiştir. Bu alanda Gevne Napı bünyesinde bulunan, kumtaşı-şeyl arakatlı kireçtaşlarından oluşan Kuşakdağı formasyonu, şeyl-kireçtaşı araldanmasından oluşan Göztaşı formasyonu, kireçtaşı-kumtaşı-çamurtaşı araldanmasından oluşan Beyreli formasyonu, yer yer kumtaşı-çamurtaşı içeren konglomeralardan oluşan Çamiçi formasyonu ile Gevne Çayı'nda bulunan alüvyonlar ve yamaç molozları bulunmaktadır.

#### **3.2. Metot**

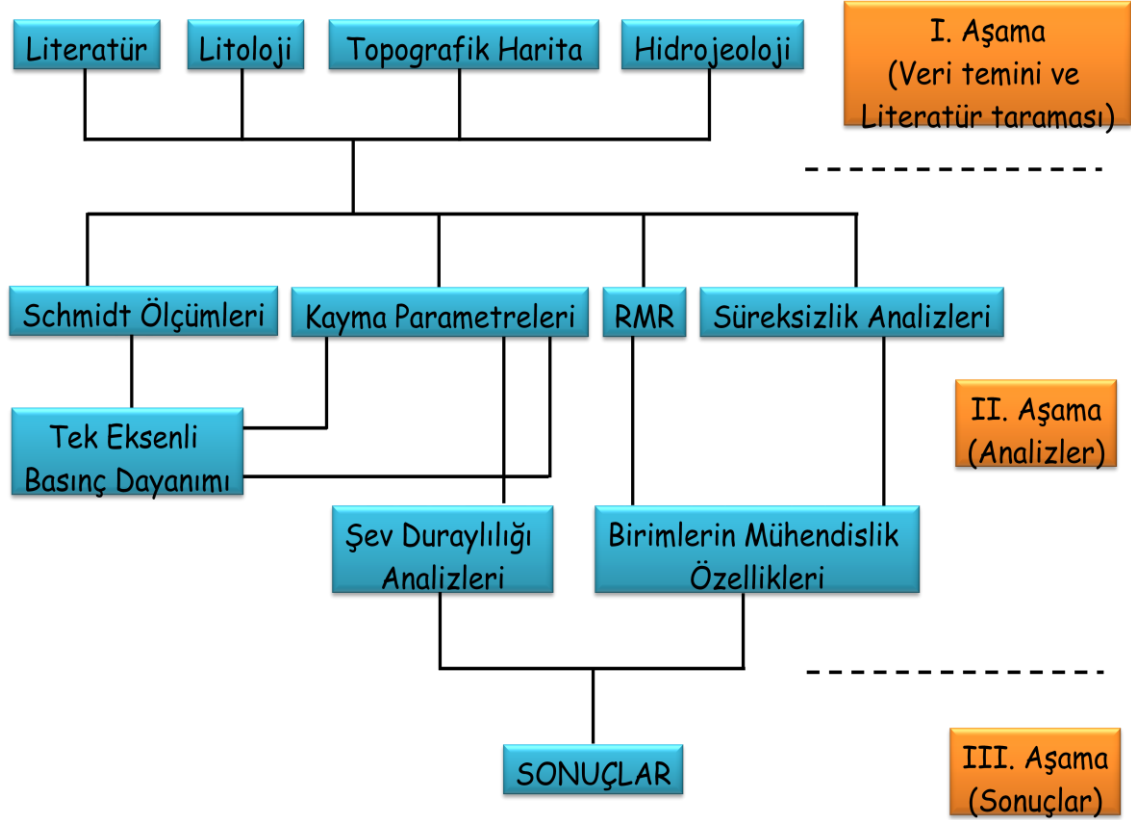
Bu çalışma arazi öncesi çalışmalar, arazi çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Her aşamada izlenen yol Şekil 3.1'de verilen akış şemasında gösterilmiştir.

İlk aşamada bölgenin topografik, hidrolojik ve jeolojik özellikleri hakkında ön bilgi edinilmiş, bu amaçla proje sahasında daha önce yapılmış araştırmalar gözden geçirilmiştir. Böylece incelenen alanın röliyefi, bitki örtüsü, yol durumu, bölgedeki kayaçların türü, yayılışı, yapısal özellikleri (tabaka, çatlak, fay, vb) hakkında bilgi toplanmıştır.

Arazi çalışmalarında proje sahasının topografik, iklim, bitki örtüsü gibi özellikleri incelenmiş, kayaçların litolojik özellikleri belirlenmiş, yapısal ve hidrojeolojik özellikleri ortaya çıkarılmış, bölgedeki süreksizliklerin araştırması yapılmıştır. Süreksizlik araştırmalarında, hat etütlerinden faydalanılmıştır. Bu amaçla çelik şerit metre bir hat boyunca serilmiş, bu hattın 0,5 m üstünde ve altında kalan kısımda şerit metreyi kesen tüm süreksizliklerin türü, aralığı, devamlılığı, süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü ve dalgalılığı, açıklığı, dayanım ve bozunma derecesi, dolgu malzemesinin özellikleri, su durumu, yönelimleri, blok boyutu gibi tüm özellikleri kaydedilmiştir.

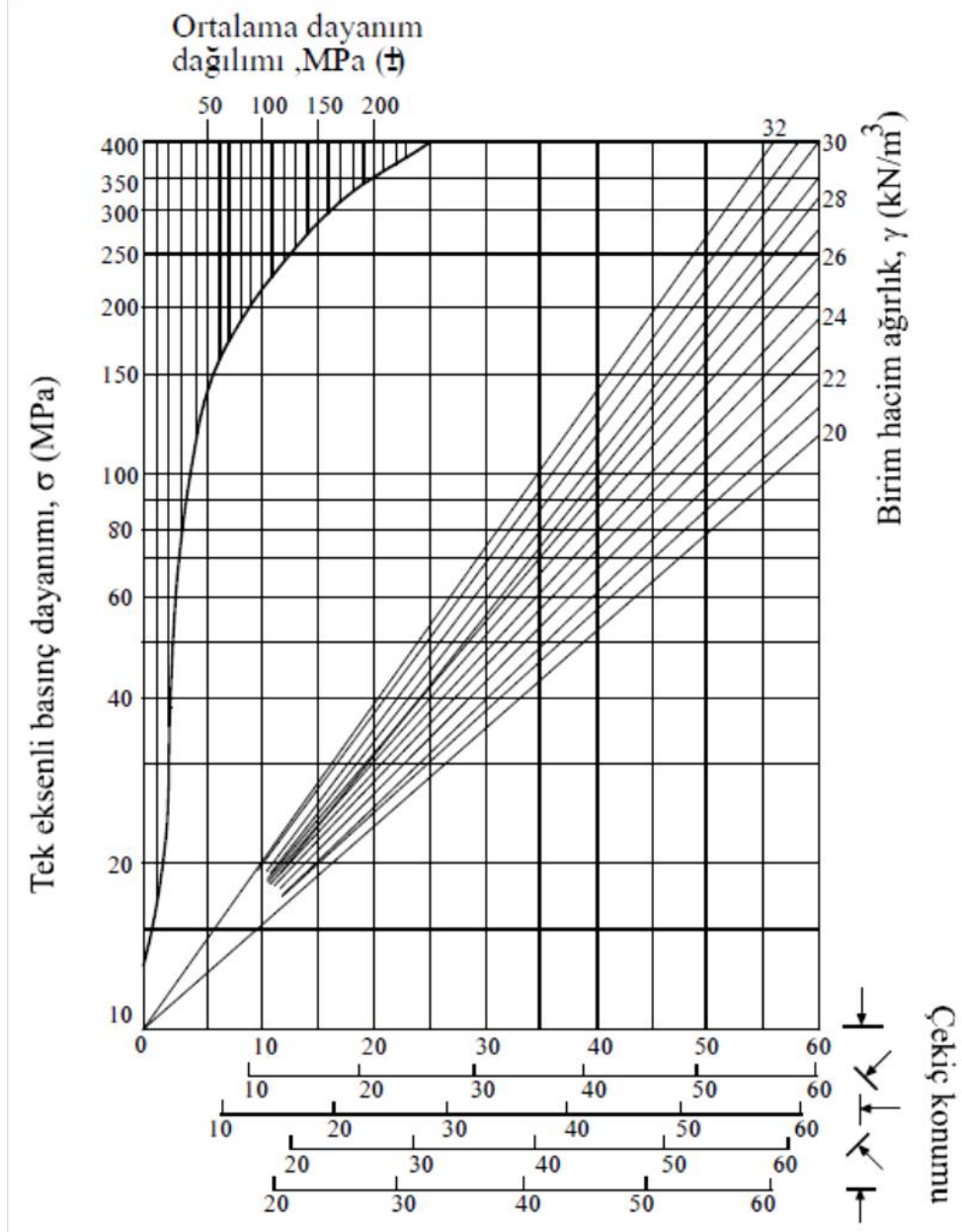


Ölçülen tüm süreksizlik yönelimleri kontur ve gül diyagramlarında değerlendirilerek, süreksizlik takım sayısı ve ortalama yönelimleri ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca inceleme alanında duraylılık açısından sorun yaratabilecek şevler belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Tez kapsamında yapılan çalışmalara ait akış şeması

Kaya birimlerinin tek eksenli basınç dayanımının dolaylı olarak belirlenmesi için Schmidt çekicinden faydalanılmıştır. Bu amaçla uygulanan yüzeyde 6 cm derinlikteki kaya kütlelerinde herhangi bir çatlak veya kırık olmamasına dikkat edilerek 10 adet ölçüm alınmıştır. Çekiç yüzeye dik konumda tutulmuş ve uygulama yönü kaydedilmiştir. Alınan ölçümlerden, en küçük 5 tanesi iptal edilerek, kalanların aritmetik ortalaması alınmış, birim hacim ağırlığı ve uygulama yönü ile birlikte değerlendirilerek, Şekil 3.2’de verilen grafik yardımıyla tek eksenli basınç dayanımı hesaplanmıştır. Birim hacim ağırlık değerleri Hoek ve Bray (1981)’e göre alınmıştır.



Şekil 3.2. Schmidt geri sıçrama değeri ile kaya yüzeyinin sıkışma dayanımı arasındaki ilişki (Hoek ve Bray 1981)

Arazide yapılan ölçümler ve topografik haritalardan faydalanılarak şev geometrileri çıkarılmış ve bu şevler Slope/W (2007) yazılımında modellenerek duraylılık analizleri yapılmıştır. Analizler için gerekli olan jeomekanik parametreler ise RocLab (2007) yazılımı kullanarak elde edilmiştir.

Proje sahasındaki birimlerin tek eksenli sıkışma dayanımı, RQD, yeraltı suyu durumu, eklemlerin ara uzaklığı, eklem durumu ve yönelimi parametreleri girdi olarak kullanılarak, RMR (Bieniawski 1989) sistemine göre sınıflamaları yapılmıştır. RQD değerleri, hacimsel eklem sayısı parametresi belirlenerek, Palmstrom (1974)'a göre hesaplanmıştır.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Çalışma Alanındaki Süreksizliklerin Yönelimleri

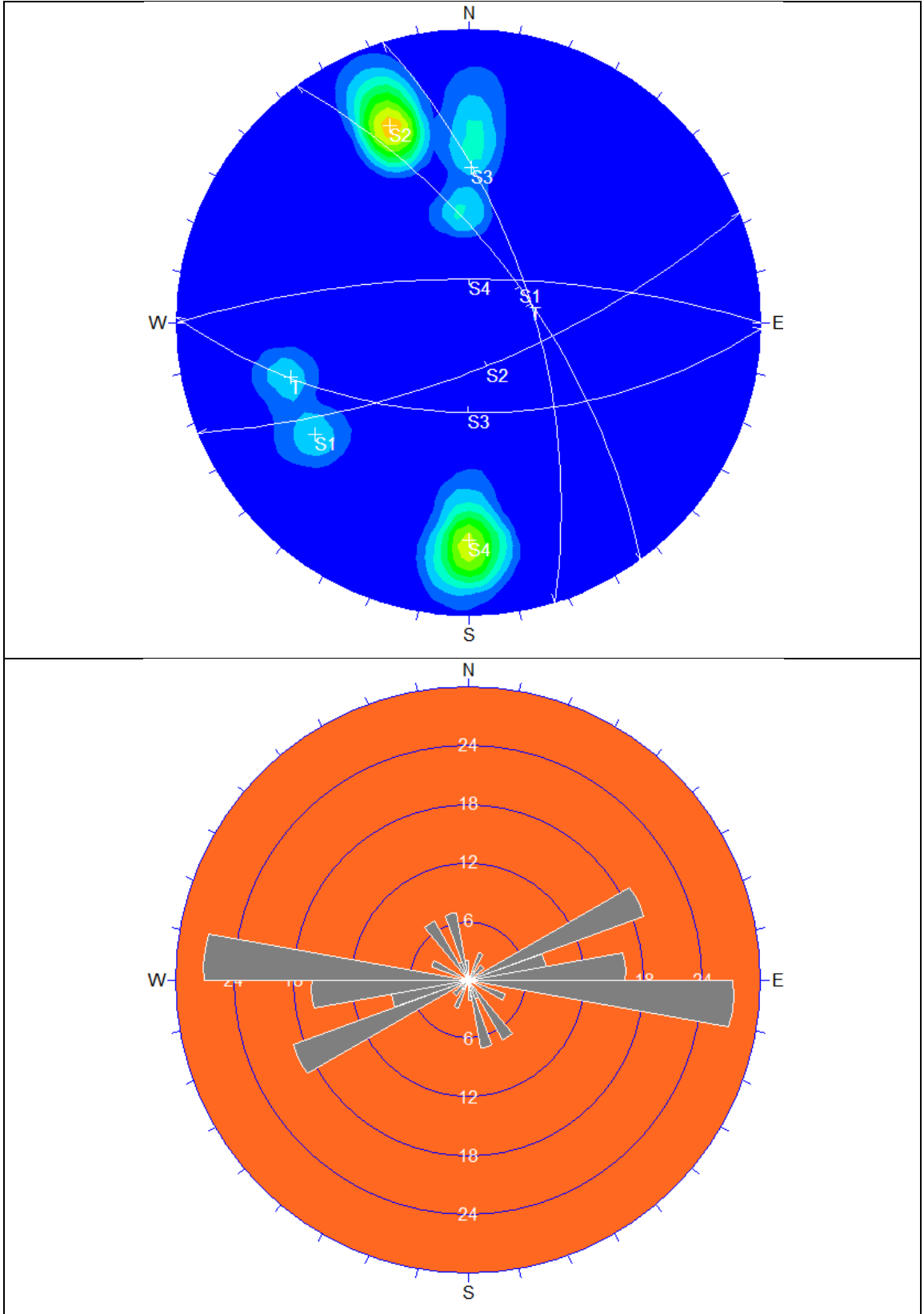
İnceleme alanında yüzeyleyen birimlerin neredeyse tamamında belirgin tabakalanma düzlemleri gözlenir. Yer yer yapraklanma ve kıvrımlanmalar da olağandır. Yapılan süreksizlik ölçümlerinin değerlendirilmesiyle Kuşakdağı formasyonunda 4, Göztaş, Beyreli ve Çamiçi formasyonlarında ise 3'er adet eklem seti belirlenmiştir. Bunların dışında hiçbir eklem setine uymayan çok sayıda çatlak da bulunmaktadır. Yapılan süreksizlik ölçümlerine ait kontur ve gül diyagramları Şekil 4.1-4.6 arasında verilmiştir.

Kuşakdağı formasyonunda 118 adet süreksizlik ölçümü yapılmış, ölçümler kontur ve gül diyagramlarında değerlendirilmiştir (Şekil 4.1). Elde edilen verilere göre, formasyondaki eklem setlerinin yönelimleri, bölgedeki ana faylar ve bu fayları kesen küçük ölçekli faylar ile uyumludur.

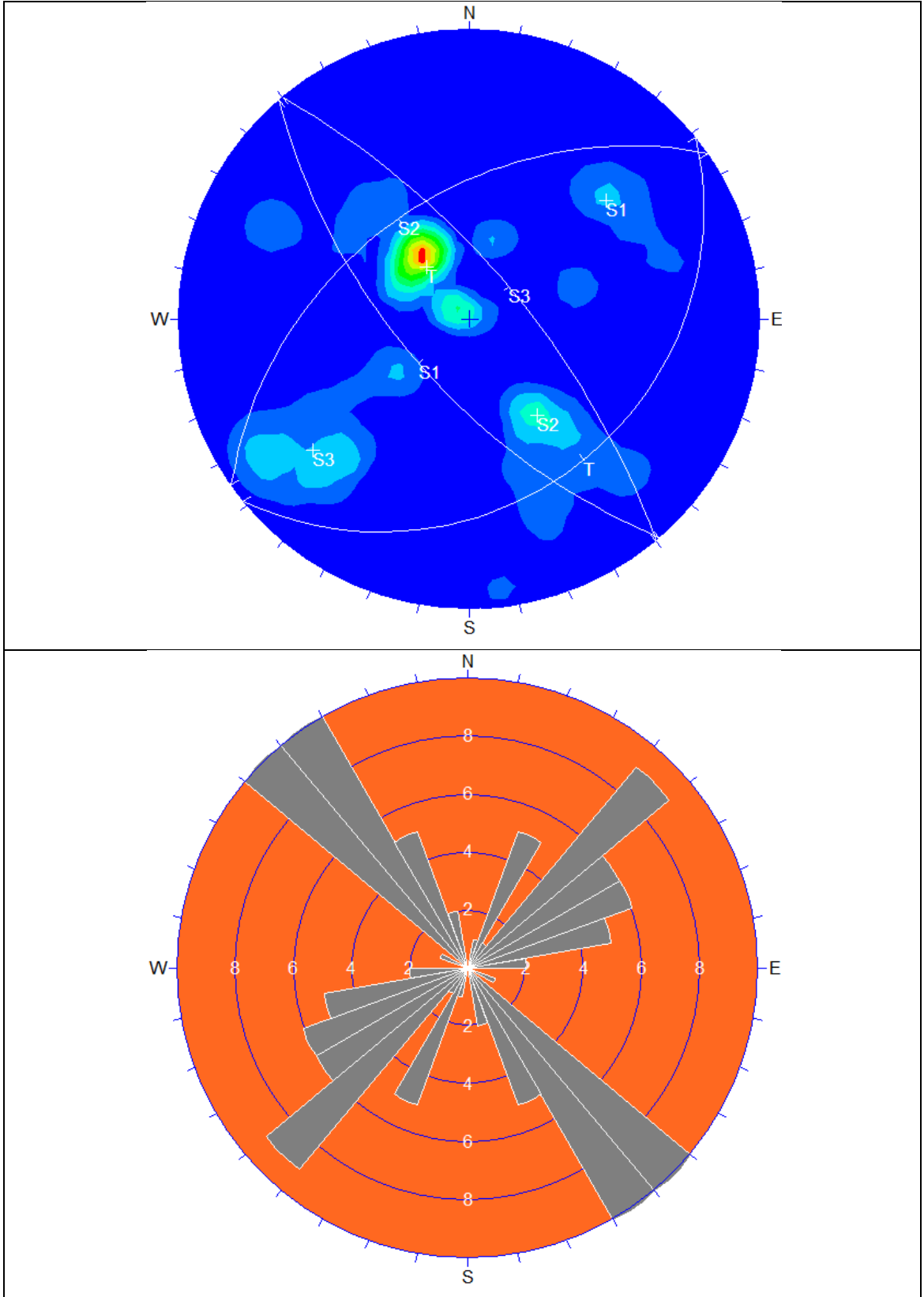
Göztaş formasyonunu oluşturan Tepeçayır üyesinde 122, Sivritömek üyesi ve Aliefendi üyesinde ise 119'ar adet süreksizlik ölçümü yapılmış, hazırlanan kontur ve gül diyagramları sırasıyla Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4'de verilmiştir. Özellikle eklem seti 3'ün yöneliminin, Beyreli Fayı'nın bu bölgedeki konumuyla uyumlu olduğu belirlenmiştir. Diğer eklem setleri ise Beyreli Fayı'nı kesen küçük ölçekli faylarla uyumludur.

Beyreli formasyonunda 100 adet süreksizlik ölçümü Şekil 4.5'de verilen kontur ve gül diyagramlarında değerlendirilmiş ve eklem setlerinin Göztaş formasyonunun eklem setlerine uyumlu olduğu belirlenmiştir.

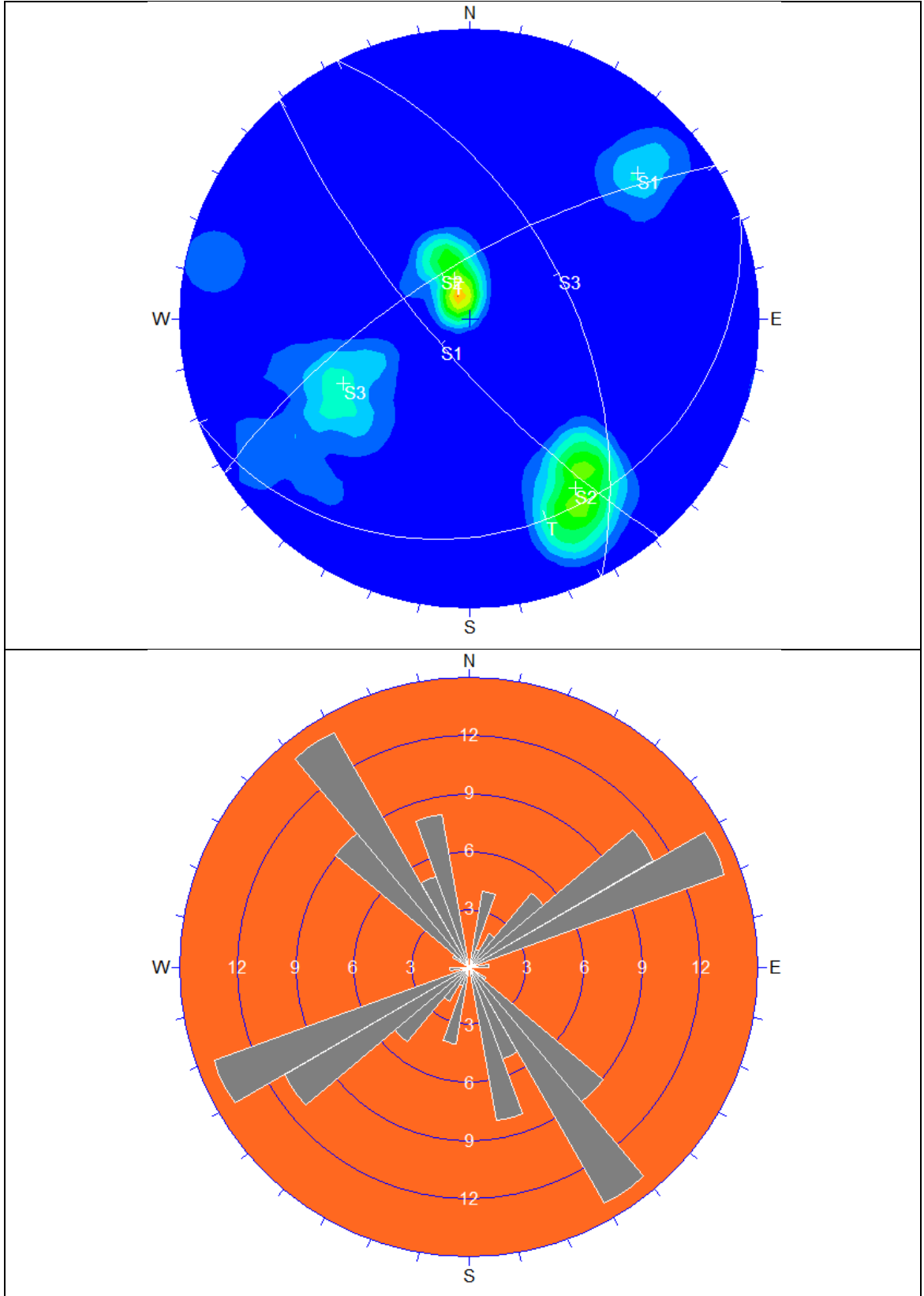
Çamiçi formasyonuna ait kaya birimlerinde yapılan 113 adet süreksizlik ölçümü kullanılarak hazırlanan kontur ve gül diyagramları Şekil 4.6'da verilmiştir. Kontur diyagramından da görülebileceği gibi, eklem setlerinin yönelimi, hem Göztaş, hem de Beyreli formasyonlarının eklem setleriyle uyumludur.



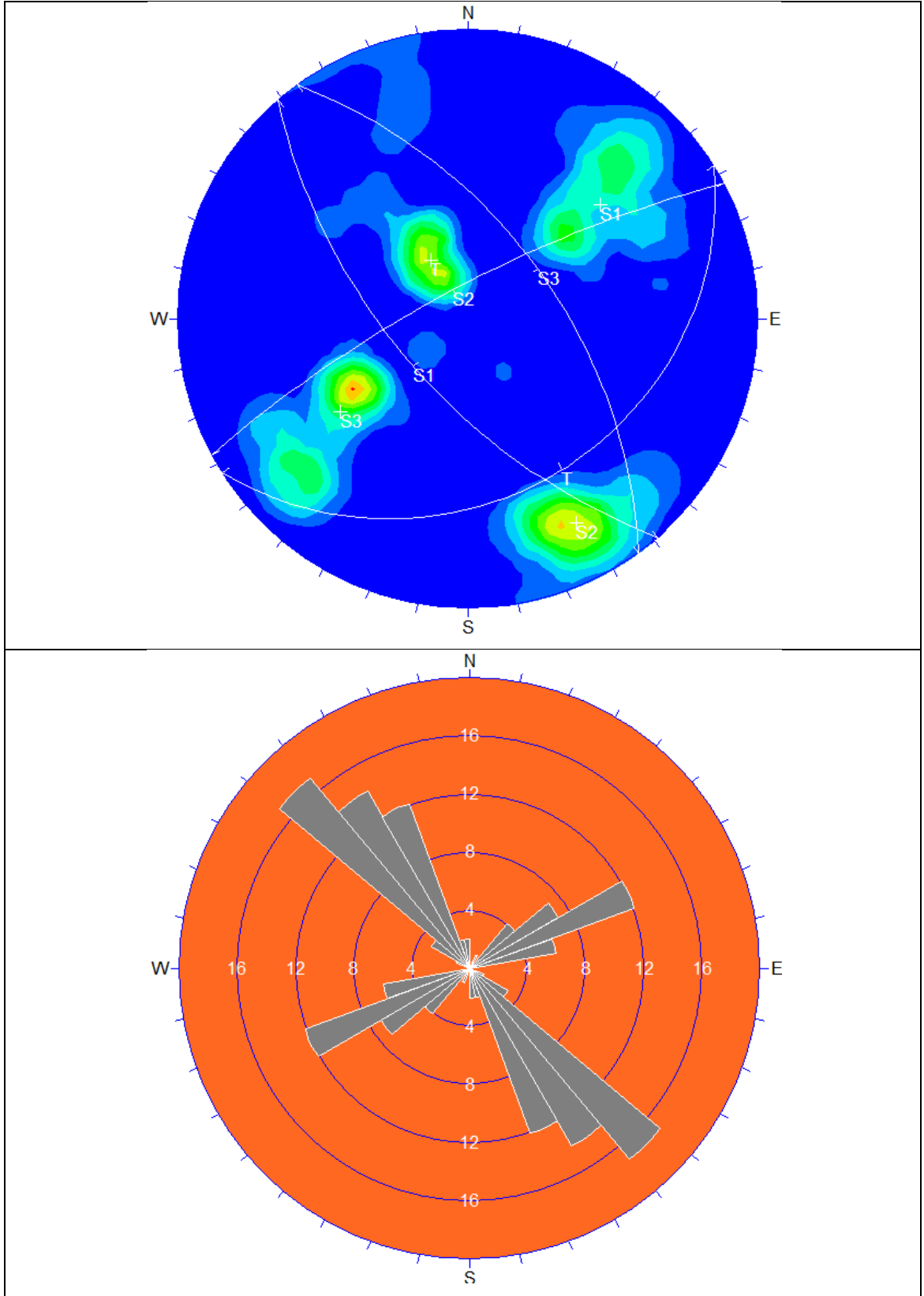
Şekil 4.1. Kuşakdağı formasyonuna ait kontur ve gül diyagramı



Şekil 4.2. Tepeçayır üyesine ait kontur ve gül diyagramı

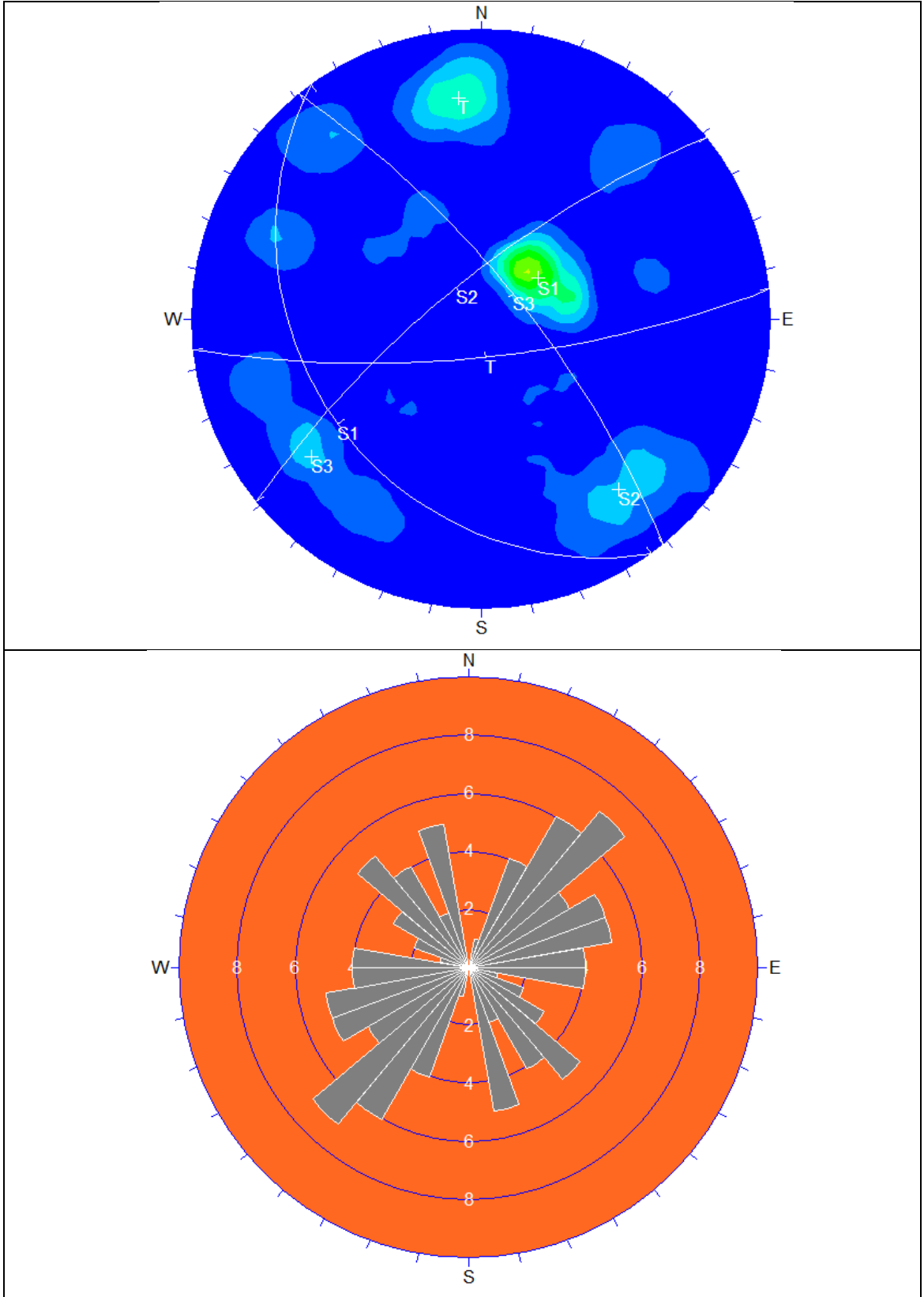


Şekil 4.3. Sivritömek üyesine ait kontur ve gül diyagramı

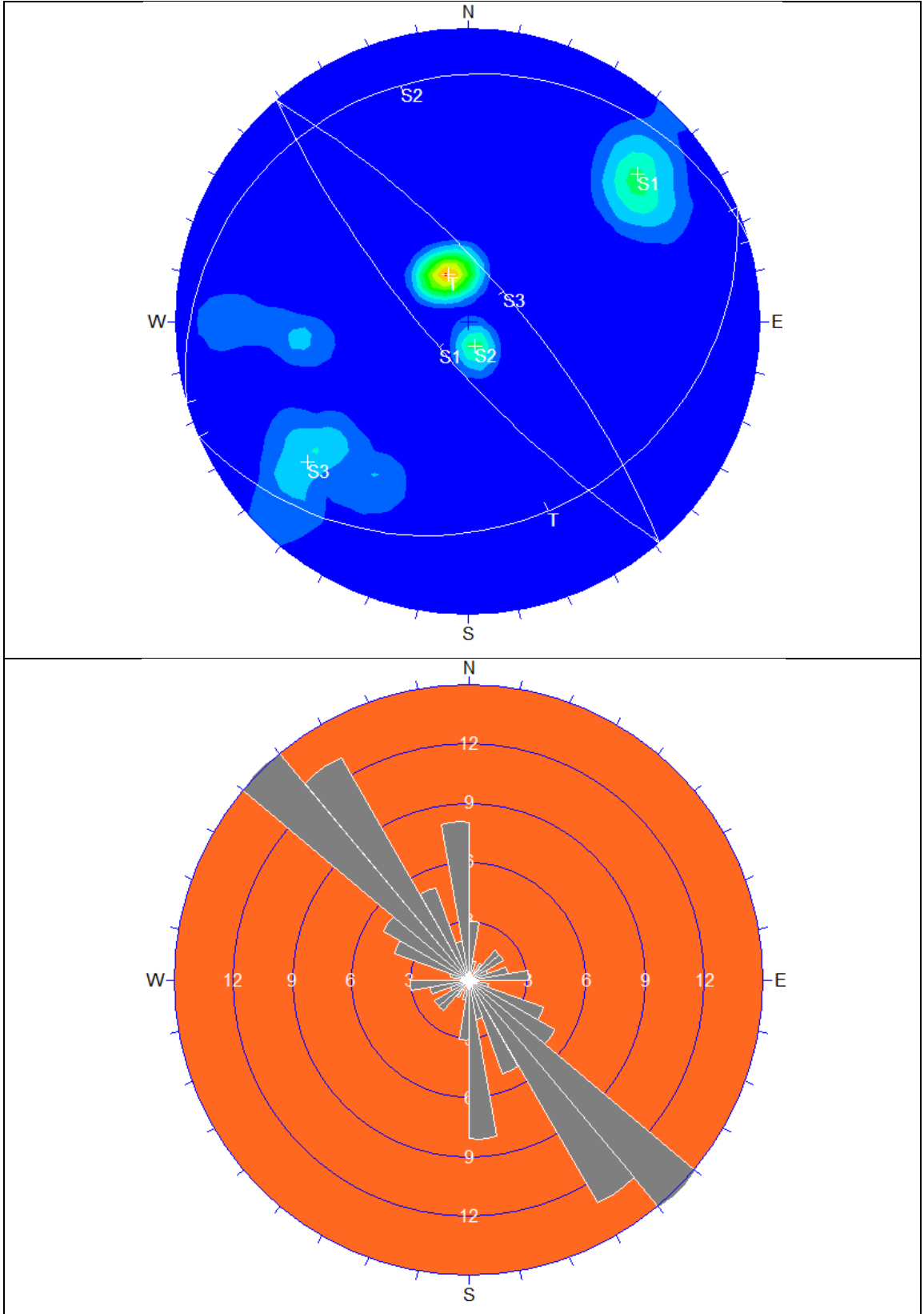


Şekil 4.4. Aliefendi üyesine ait kontur ve gül diyagramı





Şekil 4.5. Beyreli formasyonuna ait kontur ve gül diyagramı



Şekil 4.6. Çamiçi formasyonuna ait kontur ve gül diyagramları

## **4.2. Birimlerin Mühendislik Özellikleri**

### **4.2.1. Kuşakdağı formasyonu (Pk)**

Genellikle koyu gri-gri renkli, orta-düşük dayanımlı, az derecede ayrıışmış, yer yer kumtaşı-şeyl arakatkılı kireçtaşlarından oluşur. Arazide yapılan ölçümlere göre çok eklemli bir yapı sunan Kuşakdağı formasyonunun süreksizlik aralıkları ortalama 0,6-2 m arasında değişir. Orta derecede devamlılık gösteren süreksizliklerin yüzeyleri dalgalı-pürüzlü bir görünümündedir. Açıklıklar genellikle kalsit dolguludur ve boyutları ortalama 1-10 cm arasındadır. Kaya kütle sınıflamasına göre “orta kaya” özelliğindedir. Birim içerisinde gelişmiş belirgin duraysızlık alanları olmamasına karşın, çok küçük ölçekli kopmalar gözlenmiştir.

### **4.2.2. Göztaşı formasyonu (Tgö)**

Göztaşı formasyonu, koyu krem renkli karbonatlarla başlayan ve şeyllerle devam eden Tepeçayır üyesi, ince şeyl arakatkılı killi karbonatlardan oluşan Sivritömek üyesi, dolomitik kireçtaşı ve şeyl ardalanmasından oluşan Aliefendi üyesi olmak üzere üç birimden meydana gelir. Formasyonun tüm birimleri çok eklemli olup, süreksizlikler orta derecede devamlı, orta derecede aralıklı ve çok geniş açıklıklıdır. Dolgu malzemesi genellikle kalsit olmakla birlikte, yer yer kil dolgu da gözlenir. Süreksizlik yüzeyleri dalgalı-pürüzlüdür. Birimler orta derecede ayrıışmış olup, orta-düşük dayanımlıdır. Kaya kütle sınıflamasına göre “zayıf-orta kaya” özelliğindedir. Formasyonun kireçtaşlarında belirgin duraysızlık alanları gözlenmemiştir. Şeylli kısımlarda ise ayrıışmanın etkisiyle küçük ölçekte akmalar bulunmaktadır. Eğimin düşük olduğu yerlerde, gerekli önlemler alındığında, bu durumun sorun yaratmayacağı düşünülmektedir.

### **4.2.3. Beyreli formasyonu (Tb)**

Koyu krem renkli kireçtaşı, kırmızı-kahve renkli kumtaşı ve gri-krem renkli çamurtaşı ardalanmasından oluşur. Formasyonda gözlenen süreksizlikler düşük derecede devamlı, orta derecede aralıklı ve çok geniş açıklıklıdır. Çatlaklarda kalsit dolgu gözlenir. Çok eklemli yapıdaki istifin süreksizlik yüzeyleri dalgalı-düzdür.

Genellikle düşük dayanımlı olan Beyreli formasyonu, orta derecede ayrışmıştır. Kaya kütle sınıflamasına göre “orta kaya” niteliğindedir. Çamurlu seviyelerde küçük ölçekte akmlar gözlenirken, formasyonun geri kalan kesiminde herhangi bir duraysızlık sorunu gözlenmemiştir.

#### **4.2.4. Çamiçi formasyonu (Jç)**

Genellikle konglomeradan oluşan istifte, az miktarda kumtaşı ve çamurtaşı bulunur. Konglomeralar, yanal ve düşey yönlerde kumtaşları ve çamurtaşlarına geçiş yaparlar. Çakıllar ortalama 5-6 cm boyunda olup, orta-iyi derecede yuvarlaklaşmış ve boylanmıştır. Çakılların kökeni genellikle kireçtaşı, az miktarda da kumtaşı ve silisli parçalardır. Konglomeralar matriks desteklidir ve % 75-80 arasında çakıl içerirler. Bağlayıcı malzemesi karbonat, kum ve çamurdur. Yüzey sularının etkisiyle, çoğunlukla karbonattan oluşan çakıllar, yer yer bağlayıcı malzemeye göre daha fazla ayrışmıştır. Kötü boylanmalı ve az yuvarlaklaşmış kumtaşlarının bağlayıcı malzemesi karbonattır. Çamurtaşı seviyeleri genellikle ileri derecede ayrışmış olarak gözlenir. Konglomera ve kumtaşı seviyeleri ise orta derecede ayrışmıştır. Çalışma bölgesindeki diğer formasyonlar gibi çok eklemli yapıdaki Çamiçi formasyonu, orta-düşük dayanımlıdır. Süreksizlikleri orta derecede devamlı, orta derecede aralıklı ve geniş açıklıklıdır. Eklemlerin açıklıkları genellikle dolgusuz olup, yer yer kil dolgu da gözlenmektedir. Süreksizlik yüzeyleri düzlemsel-pürüzlüdür. Kaya kütle sınıflamasına göre “orta kaya” özelliğindedir. Konglomera ve kumtaşı seviyelerinde bir duraysızlık gözlenmezken, çamurlu seviyelerde küçük ölçekli kaymalar gözlenmiştir.

#### **4.2.5. Yamaç molozu (Qym)**

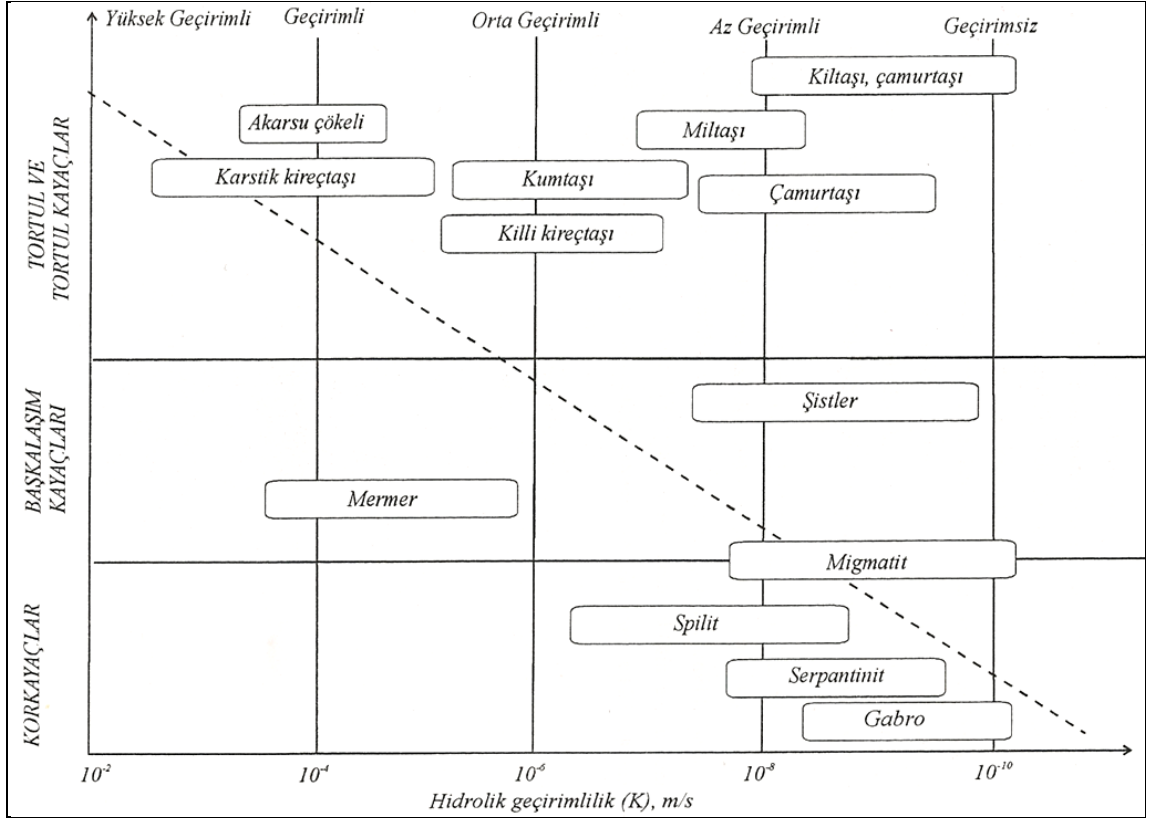
Yamaç molozunda, genellikle her seviyede, bloktan-kile değişen farklı boyutta malzeme görülebilir. Taneler genellikle köşelidir. Kalınlıkları 5-10 m’yi geçmemekle birlikte, eğim yönünde artar. Geçirimsizliği yüksek olan yamaç molozu, gevşek olarak tutturulmuştur. Eğimin az olduğu yerlerde herhangi bir duraysızlık sorununun meydana gelmeyeceği düşünülmektedir.

#### 4.2.6. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanındaki dere yataklarında gözlenen alüvyonun kalınlığı 10-15 m'yi aşmamaktadır. Mamba kesimlerine doğru gidildikçe alüvyon kalınlığı azalmaktadır. Eğime bağlı olarak genelde kötü derecelenmelidir. Geçirimsizliği oldukça yüksek olan alüvyonda, bloktan kile kadar değişen tane boyu gözlenmiştir. Taneler az yuvarlak, kısmen köşelidir.

#### 4.3. Hidrojeoloji

Çalışma alanı Gevne Çayı drenaj havzasında bulunmaktadır. Bölgedeki kaya birimleri çok kırık ve çatlaklı olmaları nedeniyle geçirgen özelliktedirler. Şekil 4.7'de birimlerin hidrolik geçirgenliklerinin (K) belirlenmesinde yararlanılan, Yılmazer vd (1999) tarafından öngörülen sınıflama verilmiştir. Buna göre bölgedeki kireçtaşlarının hidrolik geçirimsizliği  $10^{-4}$  ile  $10^{-6}$  m/s arasında değişmektedir. Yüksek geçirimsiz-girimsiz sınıfta yer alan bu kireçtaşlarıyla ardalanmalı olarak bulunan şeyller  $10^{-7}$  ile  $10^{-9}$  m/s arasında hidrolik geçirimsizliğe sahiptir. Kumtaşı ve konglomeraların ise hidrolik geçirimsizlikleri  $10^{-5}$  ile  $10^{-7}$  m/s arasında değişir. Geçirimsiz-yüksek geçirimsiz yamaç molozu  $10^{-3}$ - $10^{-6}$  m/s, yüksek geçirimsiz alüvyon ise  $10^{-3}$ - $10^{-5}$  m/s arasında hidrolik geçirimsizlik değerleri sunar.

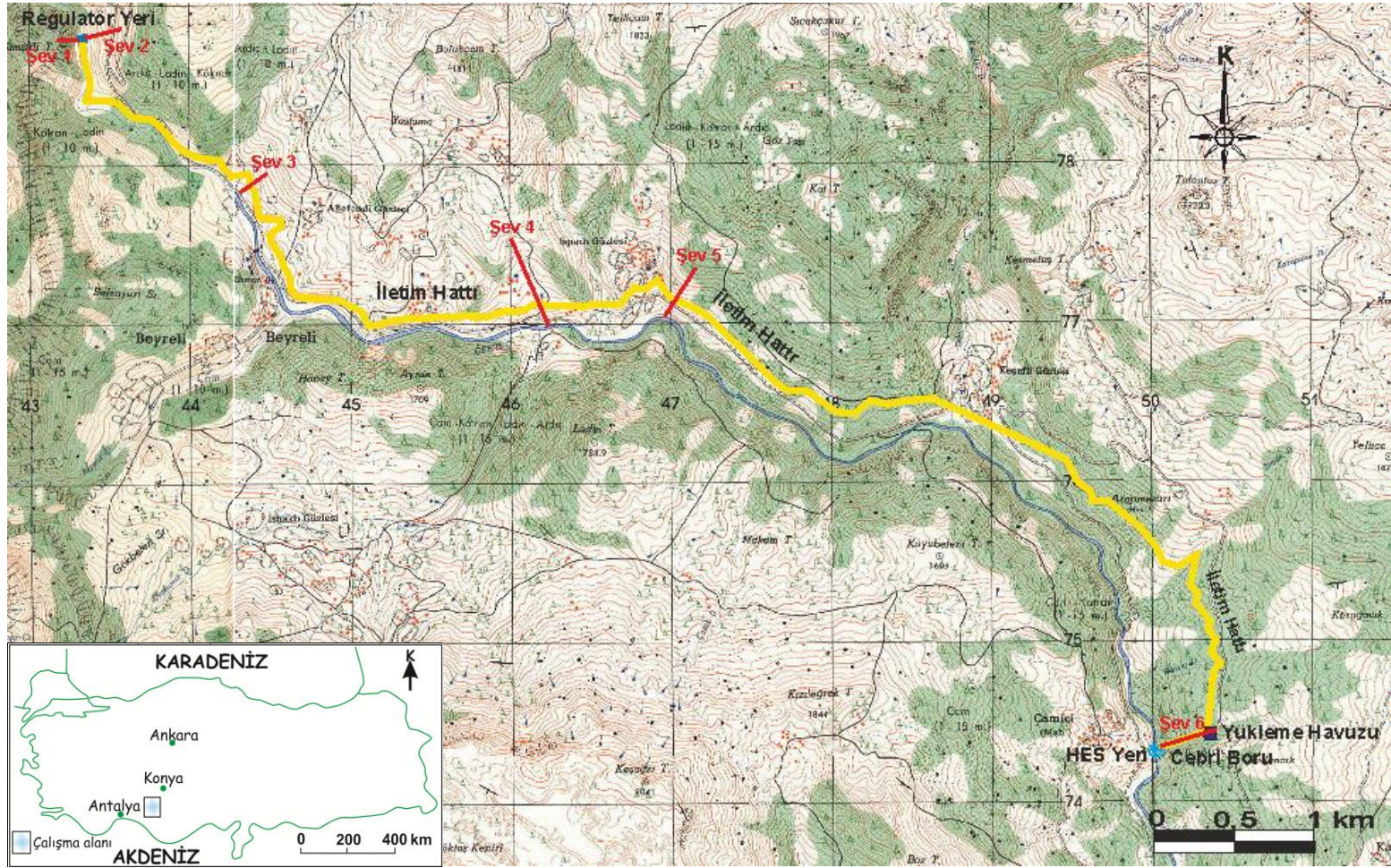


Şekil 4.7. Litolojik birimlerin su geçirirliğine göre genel anlamda sınıflandırılması (Yılmaz vd 1999)

#### 4.4. Jeoteknik Çalışmalar

##### 4.4.1. Şev duraylılığı analizleri

Duraylılık analizleri kapsamında, proje alanındaki yapı yerleri ve boru hatları boyunca, arazi gözlemlerinde nispeten riskli bulunan 6 adet şev belirlenmiştir (Şekil 4.8). Söz konusu şevlerin duraylılık analizlerinin yapılabilmesi için, şevi oluşturan birimlerin jeomekanik parametrelerine ihtiyaç duyulmuştur. Kayalarda, süreksizlikler arttıkça dayanım parametreleri, laboratuarda incelenen örneklerden elde edilen değerlere kıyasla azalma gösterdiği için, RocLab yazılımı kullanılmıştır. Kayacın tek eksenli basınç dayanımı ile birlikte arazideki gözlemler sonucunda elde edilen bilgilerden yararlanılarak, yerinde jeomekanik parametreler elde edilmiştir. Kaya kütle dayanım parametrelerini Hoek-Brown yenilme kriterini temel alarak hesaplayan RocLab yazılımı, Hoek-Brown yenilme zarfından, eşdeğer Mohr-Coulomb parametrelerini de hesaplayabilmektedir. Çalışma alanında belirlenen her şev için, o



Şekil 4.8. Proje sahasındaki şev kesitlerinin konumu

şevi oluşturan birimlere ait, tek eksenli basınç dayanımı ( $\sigma_{ci}$ ), jeolojik dayanım indeksi (GSI), Hoek-Brown kaya malzemesi sabiti ( $m_i$ ), örselenme faktörü (D), elastisite modülü ( $E_i$ ), birim hacim ağırlık ( $\gamma$ ) parametreleri girilerek; eşdeğer Mohr-Coulomb parametreleri olan içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) ve kohezyon (c) değerleri bulunmuştur.

Şev duraylılığı analizleri için Slope/W yazılımından yararlanılmıştır. RocLab programından elde edilen kohezyon ve içsel sürtünme değerleri, Slope/W programında girdi olarak kullanılmıştır. Analizler, öncelikle şevlerin kuru durumda olduğu kabul edilerek yapılmıştır. Şev kaymalarına neden olan etmenlerden biri de bölgede yeraltısuyunun bulunması olduğundan, boşluk suyu basıncı değişiminin, şevlerin güvenlik katsayısı üzerindeki etkisi de ayrı ayrı incelenmiştir.

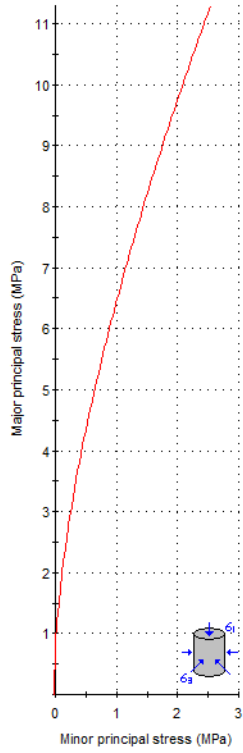
Limit denge koşulunu kullanarak analiz yapan Slope/W yazılımı, zemin ve kaya şevleri için güvenlik katsayılarının hesaplanmasında kullanılan bir yazılımdır. Program ile çeşitli analiz yöntemleri kullanılarak, karmaşık stratigrafik durumlar, heterojen zemin tipleri ve farklı geometrilerdeki yüzeyler modellenebildiği gibi, boşluk suyu basıncı etkisi de dikkate alınabilmektedir.

#### **4.4.1.1. Şev 1 için duraylılık analizleri**

Çalışma alanında, regülatör yerinin, sağ sahilinde bulunan şev 1'i oluşturan Kuşakdağı formasyonunun kireçtaşlarında, tek eksenli basınç dayanımı 37 MPa, jeolojik dayanım indeksi 35 (Şekil 4.9), kaya malzemesi sabiti 9, örselenme faktörü 0, elastisite modülü 18500 MPa, birim hacim ağırlığı 23 kN/m<sup>3</sup> alınarak; içsel sürtünme açısı 35,50°, kohezyon ise 0,594 MPa olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.10).





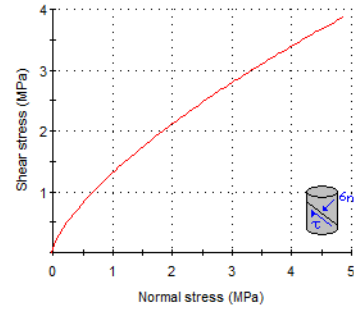


**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 37 MPa  
 GSI = 35  $m_i$  = 9 Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (Ei) = 18500 MPa  
 modulus ratio (MR) = 500

**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b$  = 0.883  $s$  = 0.0007  $a$  = 0.516

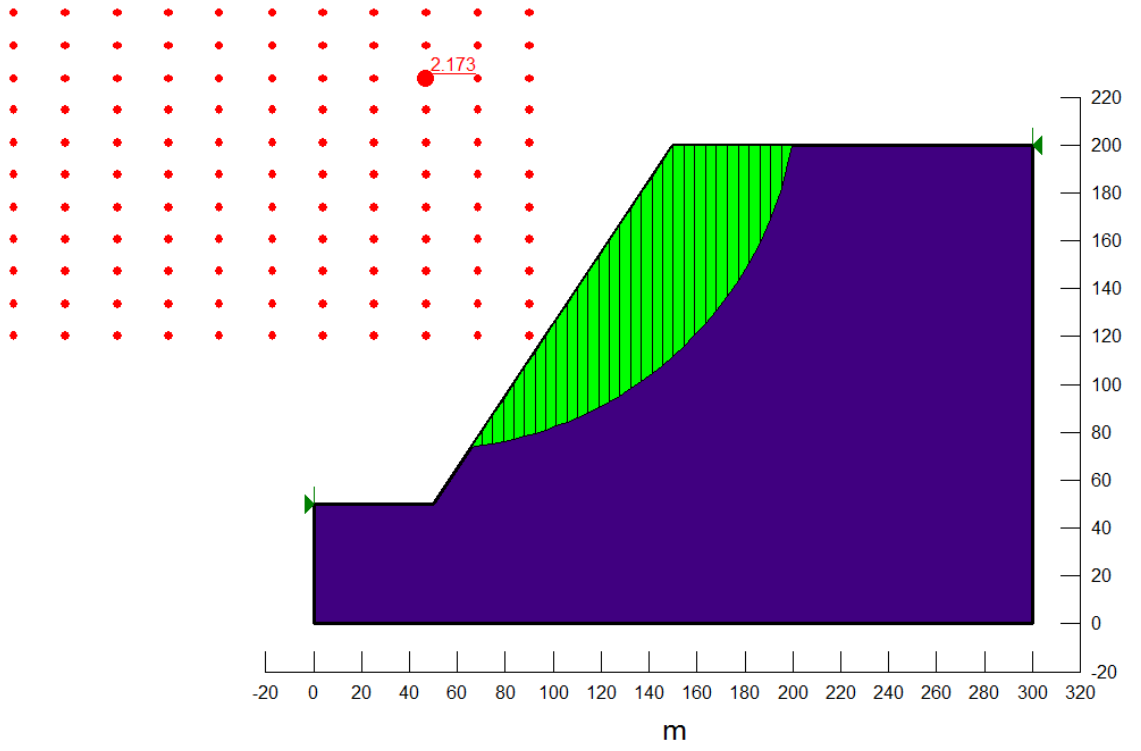
**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 0.594 MPa friction angle = 35.50 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.031 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.891 MPa  
 global strength = 4.361 MPa  
 deformation modulus = 2098.03 MPa

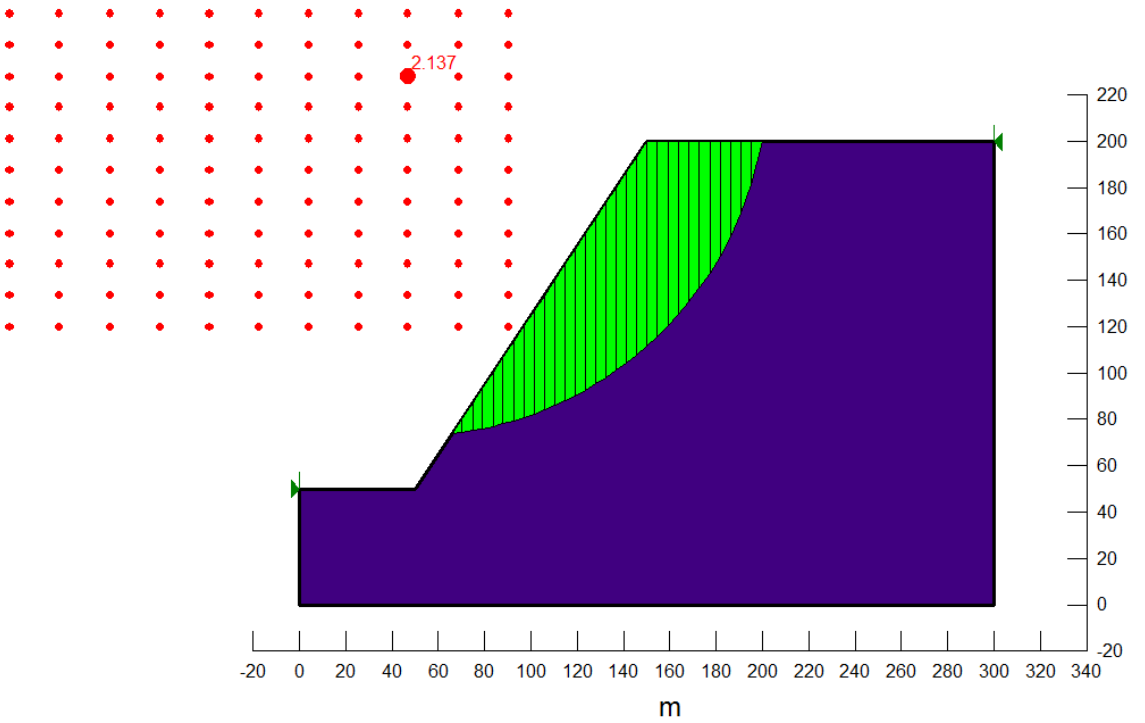


Şekil 4.10. Kuşakdağı formasyonu için yapılan RocLab analizi

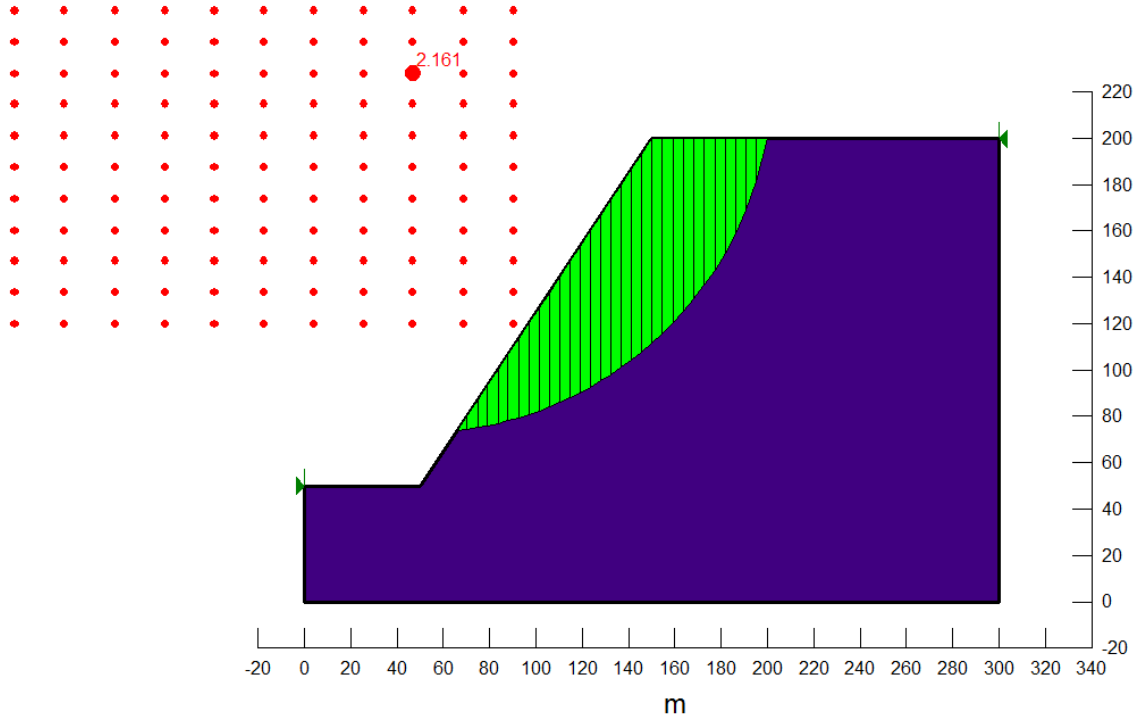
Şev 1 için kuru durumda yapılan analiz sonucunda Janbu yöntemine göre güvenlik katsayısı 2,173 (Şekil 4.11), Ordinary yöntemine göre 2,137 (Şekil 4.12), Bishop yöntemine göre 2,161 (Şekil 4.13) olarak bulunmuştur. Bu değerler, 1,5 olan limit değerinin üzerinde olduğu için şevde herhangi bir kayma beklenmemektedir.



Şekil 4.11. Şev 1 için Janbu yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



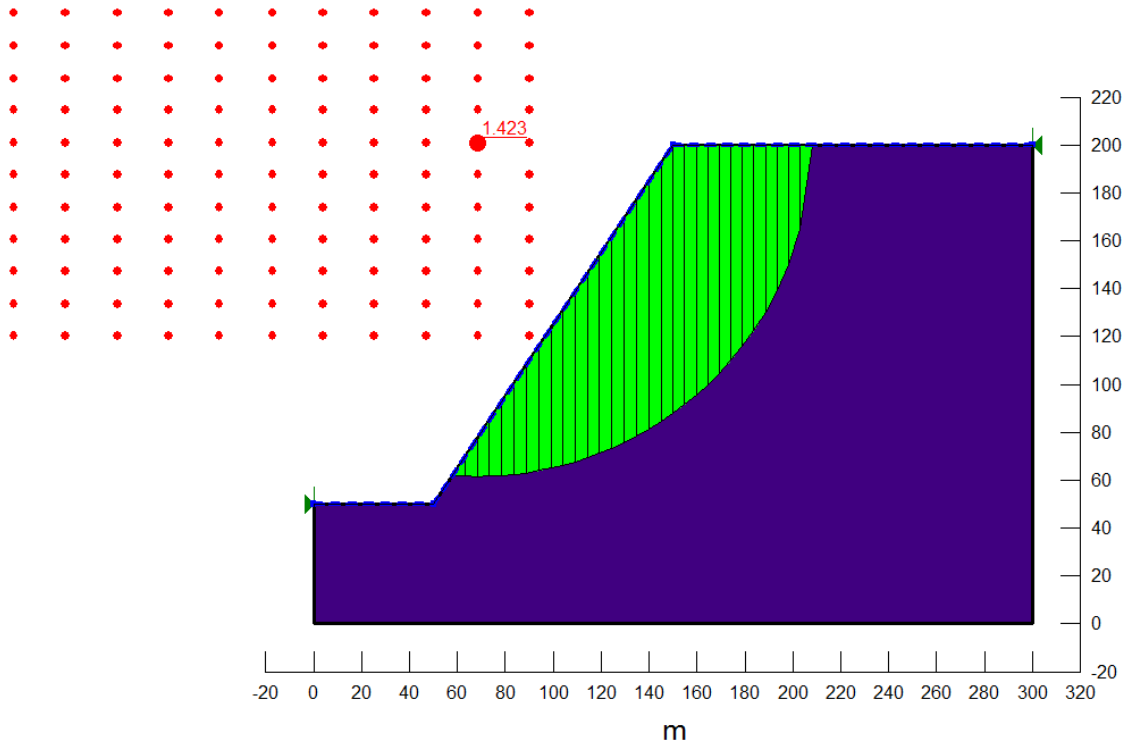
Şekil 4.12. Şev 1 için Ordinary yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



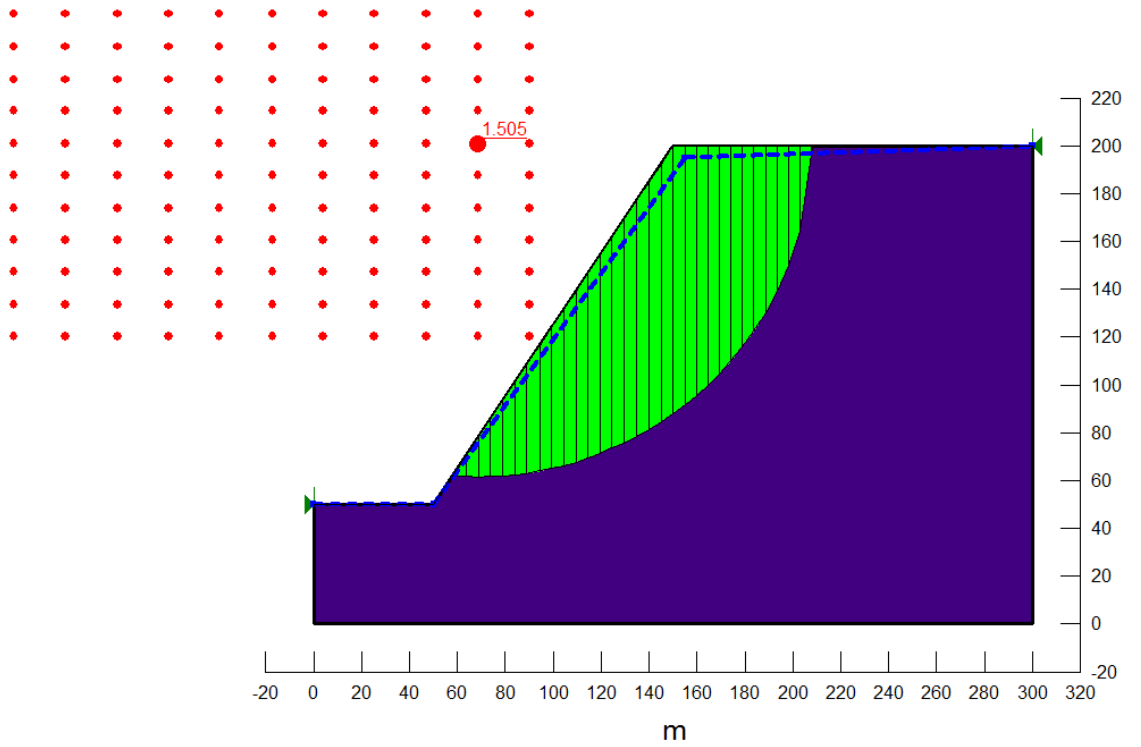
Şekil 4.13. Şev 1 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi

Şekil 4.14 ve 4.15 de ise aynı şeve ait değişik yeraltı suyu seviyesi koşullarında yapılan analizler görülmektedir.

Şekil 4.14’de şevi oluşturan birimin tamamen suya doymun olduğu durum incelenmiş ve güvenlik katsayısı 1,423 olarak hesaplanmıştır. Bu değer limit değer olan 1,5’den küçük olduğu için, aşırı yağışlı dönemlerde, şevin en kritik durumda, şekilde gösterildiği gibi, yeşil yüzey boyunca kayacağı belirlenmiştir. Şekil 4.15’de ise güvenlik katsayısı sınır değerini sağlayan yeraltı su seviyesi belirlenmiştir.



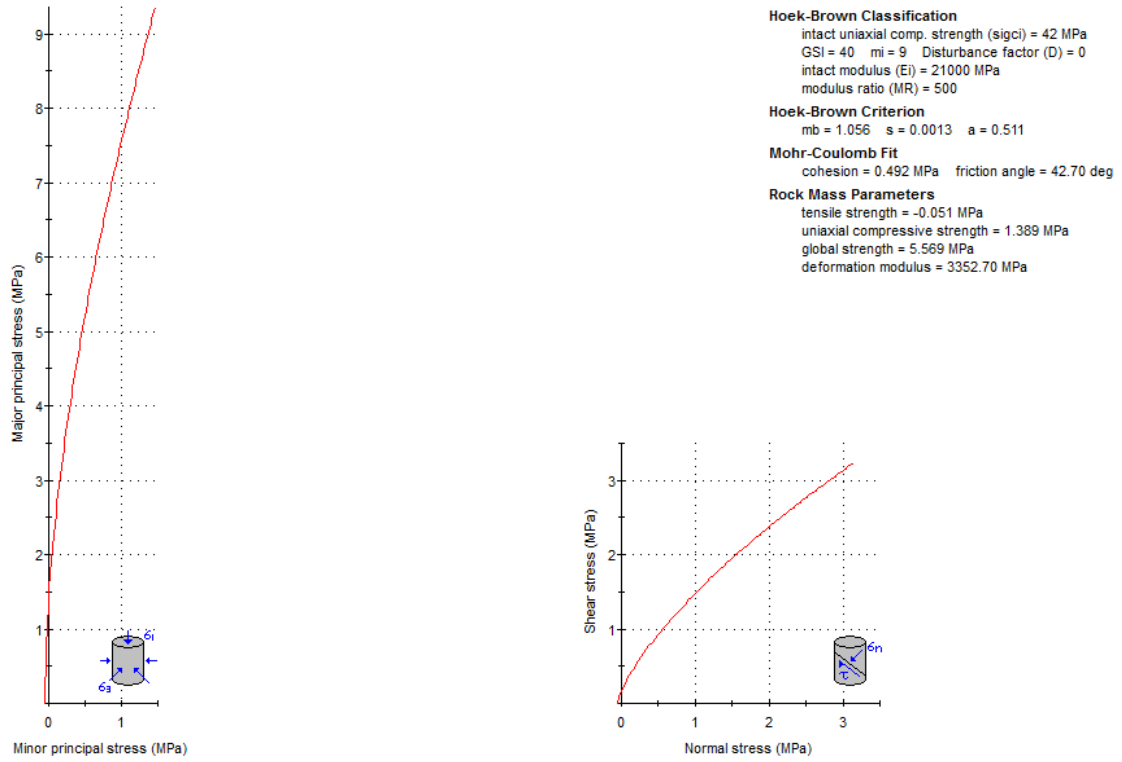
Şekil 4.14. Şev 1 için suya doymun durumda yapılan Slope/W analizi



Şekil 4.15. Şev 1 için güvenlik katsayısı sınır değerini sağlayan yeraltı su seviyesi ile yapılan Slope/W analizi

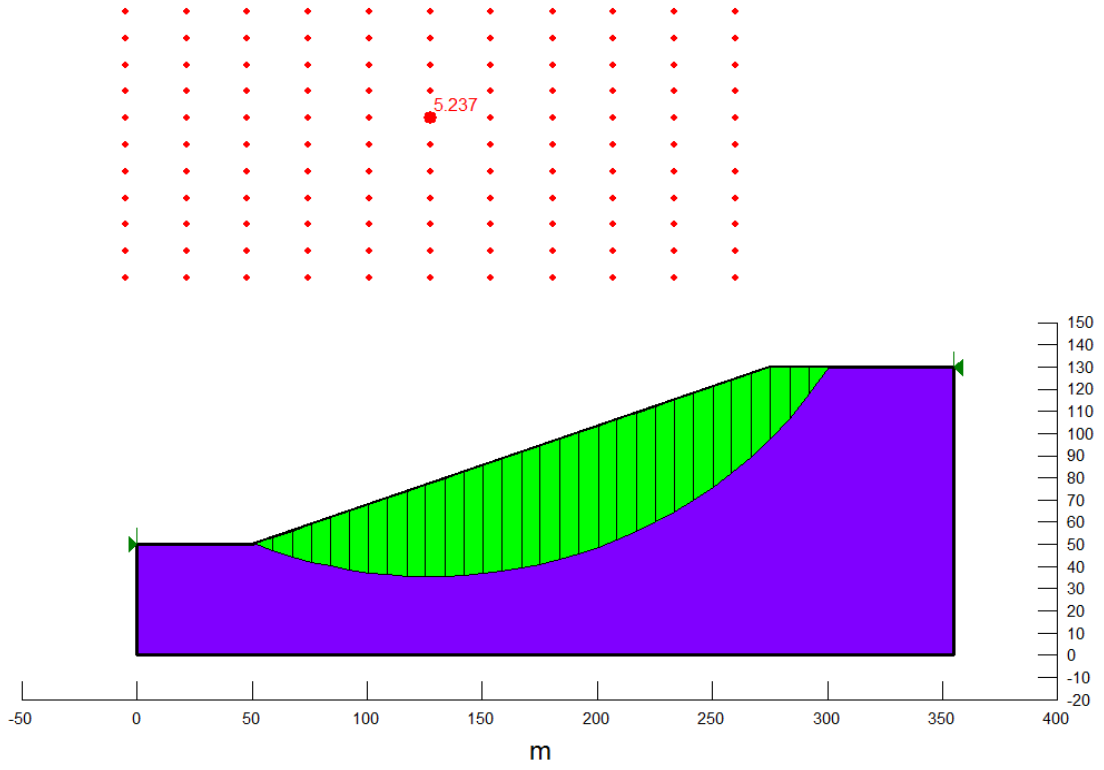
#### 4.4.1.2. Şev 2 için duraylılık analizleri

Tepeçayır üyesi kireçtaşlarından oluşan şev 2, regülatör yeri sol sahilde bulunmaktadır. Kireçtaşlarında tek eksenli basınç dayanımı 42 MPa, jeolojik dayanım indeksi 40 (Bkz. Şekil 4.9), kaya malzemesi sabiti 9, örselenme faktörü 0, elastisite modülü 21000 MPa, birim hacim ağırlığı 23 kN/m<sup>3</sup> alınmış; sonuçta içsel sürtünme açısı 42,70°, kohezyon ise 0,492 MPa olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.16).

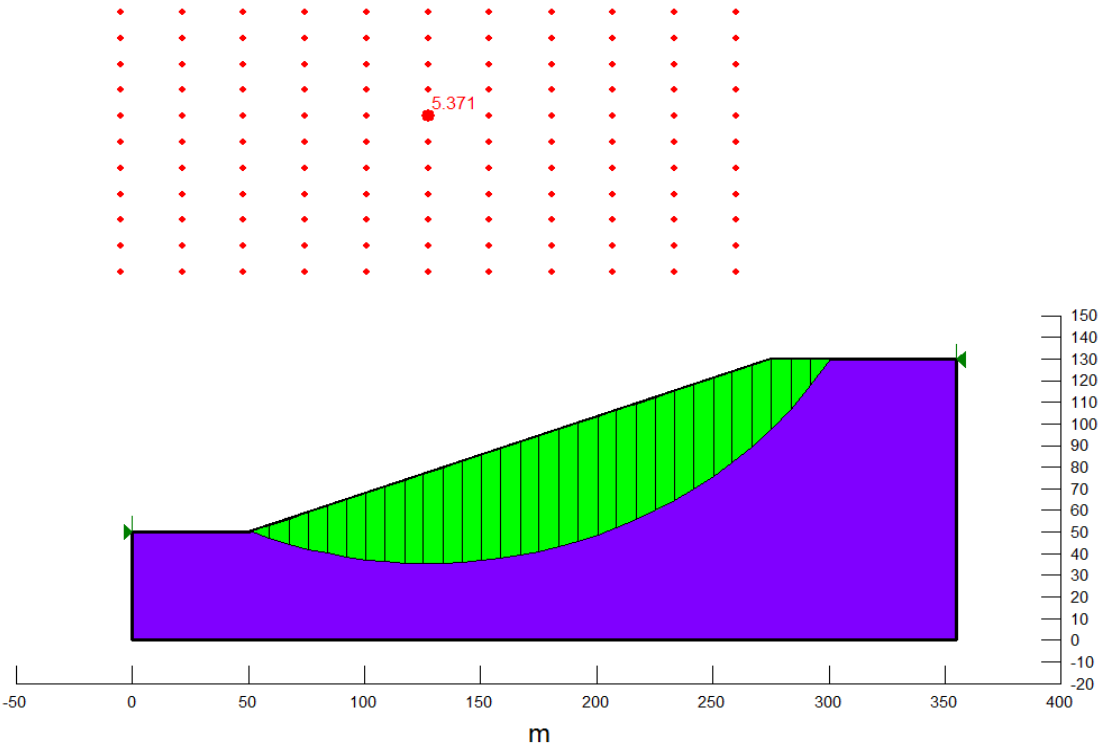


Şekil 4.16. Tepeçayır üyesi kireçtaşı için (Şev 2) yapılan RocLab analizi

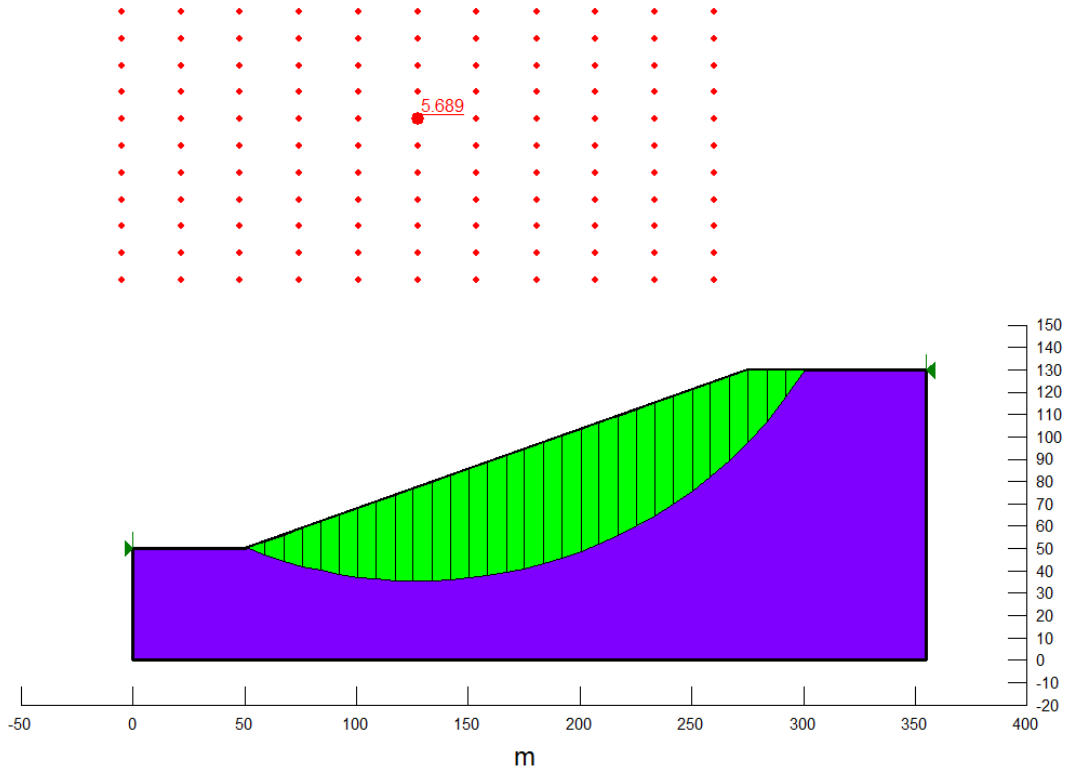
Şekil 4.17, 4.18 ve 4.19'da, şev 2 için sırasıyla birimin kuru olduğu durumda Janbu, Ordinary ve Bishop yöntemleriyle yapılan analizler verilmiştir. Janbu yönteminde 5,237, Ordinary yönteminde 5,371, Bishop yönteminde 5,689 çıkan güvenlik katsayısı, tamamen suya doygun durumda 3,724 (Şekil 4.20) bulunmuştur. Hesaplanan tüm güvenlik katsayıları, limit değerlerin üzerinde olduğu için şevde herhangi bir duraysızlık sorunu beklenmemektedir.



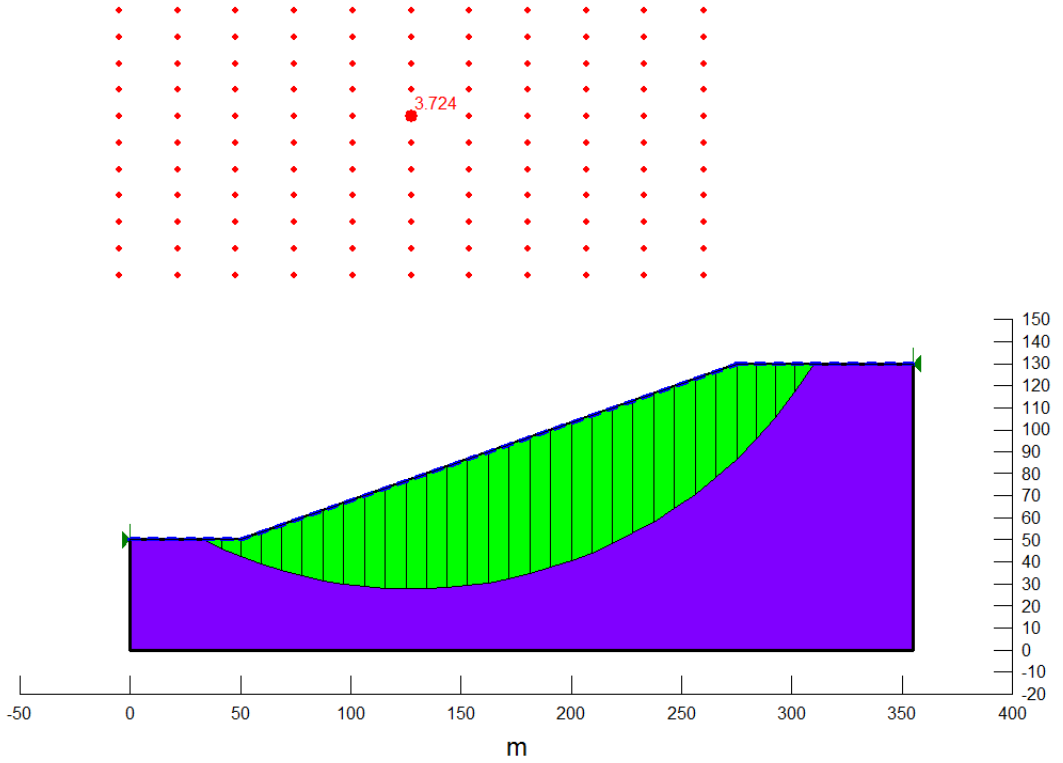
Şekil 4.17. Şev 2 için yapılan Slope/W analizi



Şekil 4.18. Şev 2 için Ordinary yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



Şekil 4.19. Şev 2 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi

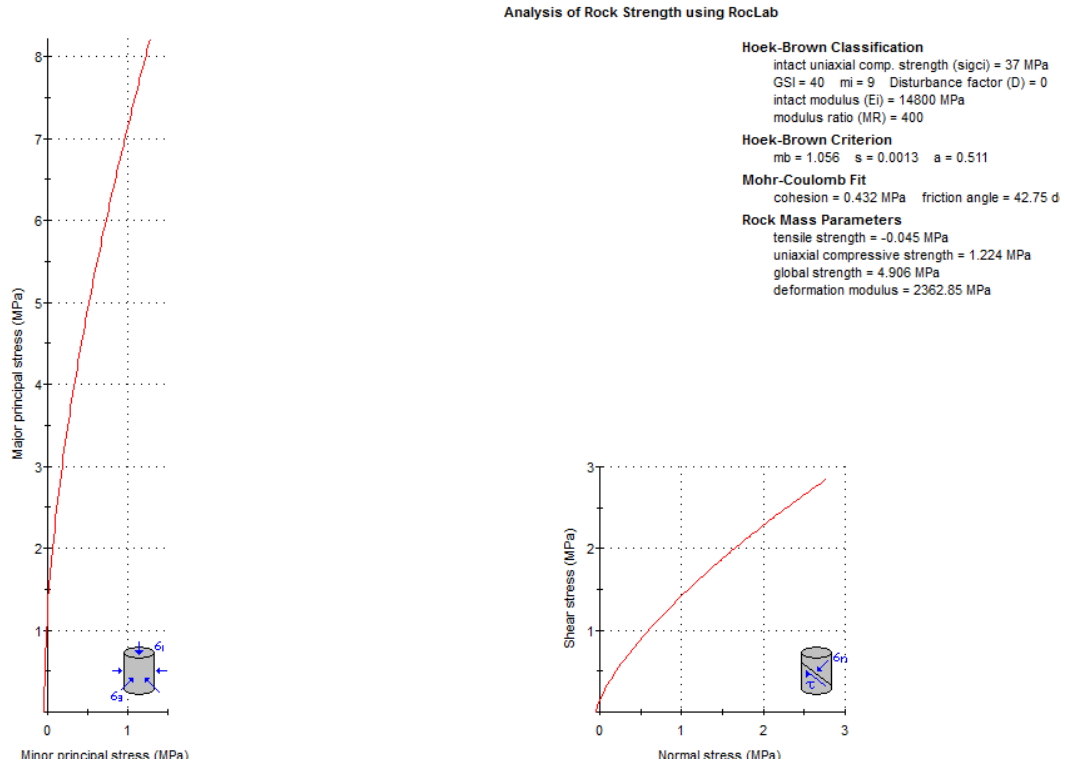


Şekil 4.20. Şev 2 için suya doymun durumda yapılan Slope/W analizi



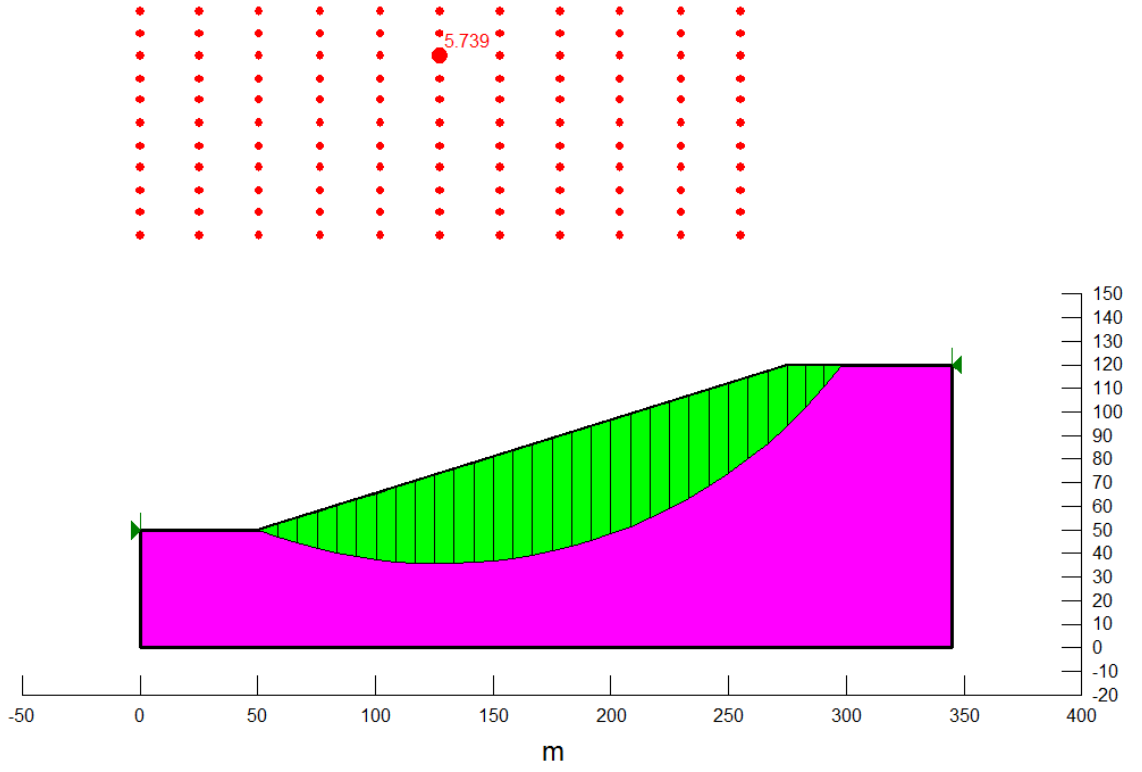
#### 4.4.1.3. Şev 3 için duraylılık analizleri

İletim hattının 1+600.00 m'sinde bulunan şev 3'de gözlemlenen Aliefendi üyesi kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanımı 37 MPa, jeolojik dayanım indeksi 40 (Bkz. Şekil 4.9), kaya malzemesi sabiti 9, örselenme faktörü 0, elastisite modülü 14800 MPa, birim hacim ağırlığı 23 kN/m<sup>3</sup> alınmış; içsel sürtünme açısı 42,75°, kohezyon ise 0,432 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 4.21).

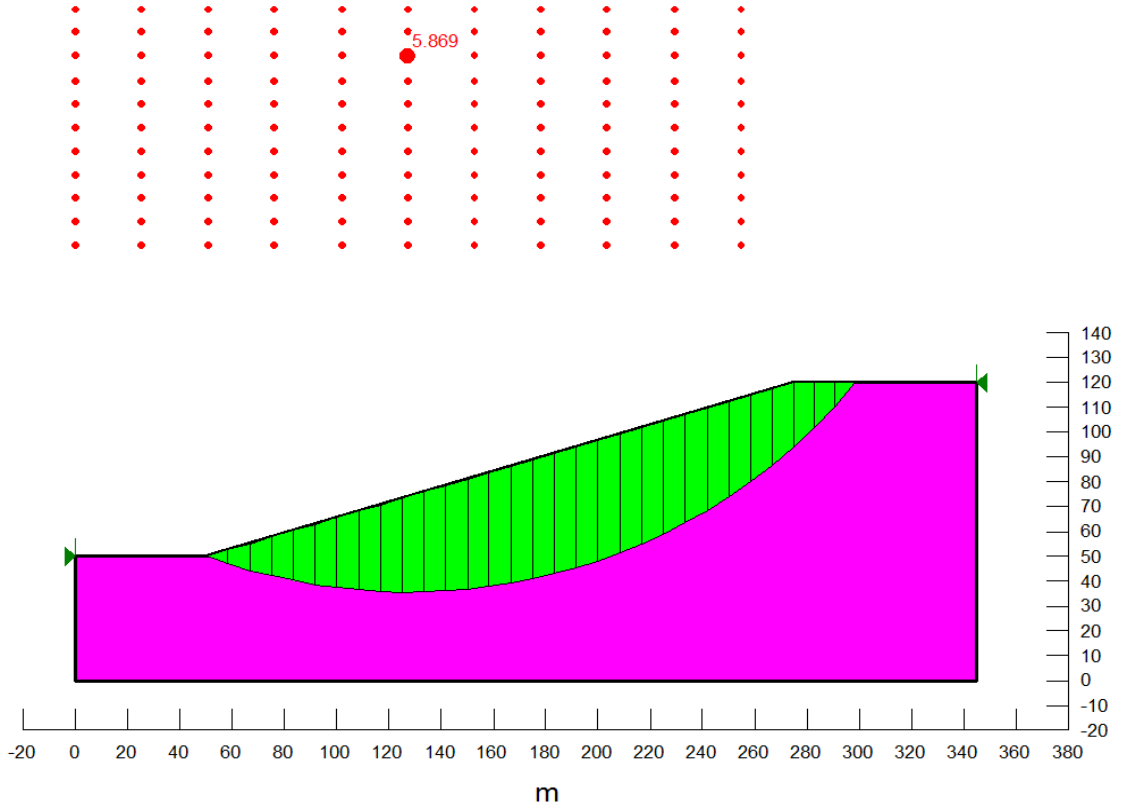


Şekil 4.21. Aliefendi Üyesi kireçtaşları için yapılan RocLab analizi

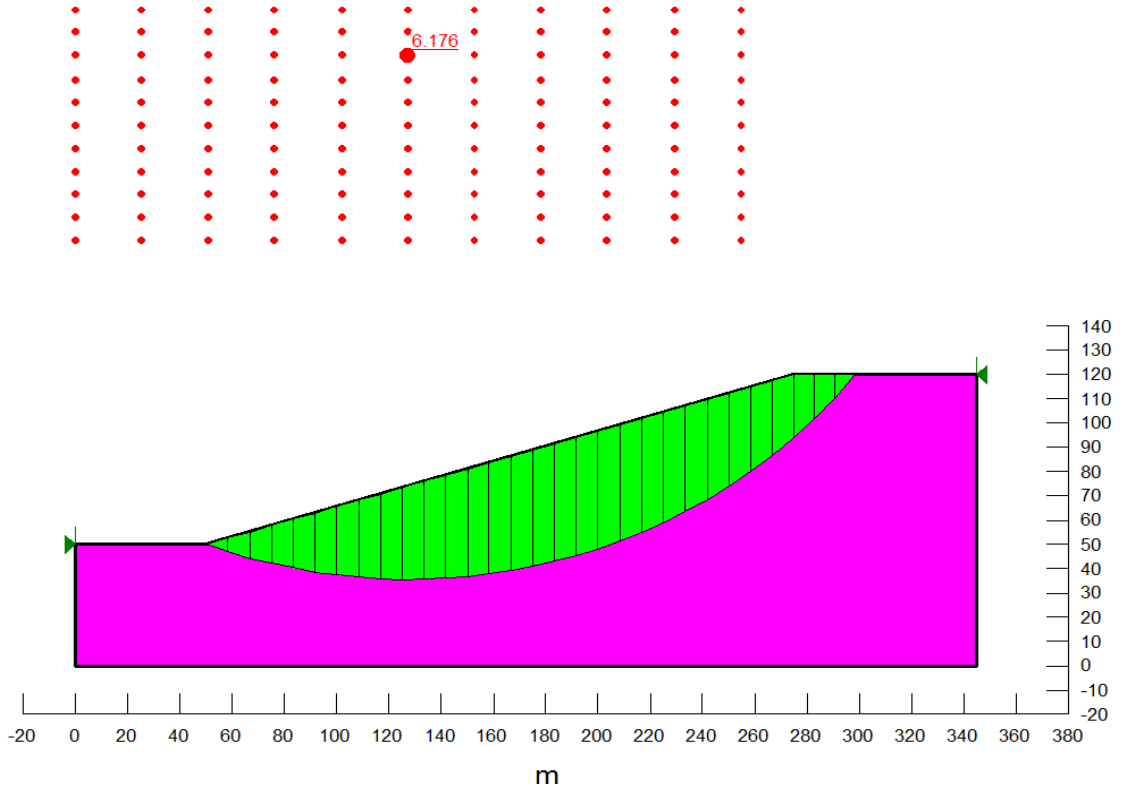
Şevin tamamen kuru olduğu kabul edilerek yapılan analizde Janbu yöntemine göre güvenlik katsayısı 5,739, Ordinary yöntemine göre 5,869, Bishop yöntemine göre 6,176 olarak hesaplanmış ve sırasıyla Şekil 4.22, 4.23, 4.24'de gösterilmiştir. Tamamen suya doymun durumda ise güvenlik katsayısı 3,996'ya düşmüştür (Şekil 4.25). Her iki durumda da hesaplanan katsayılar, güvenlik açısından yeterli olmaktadır.



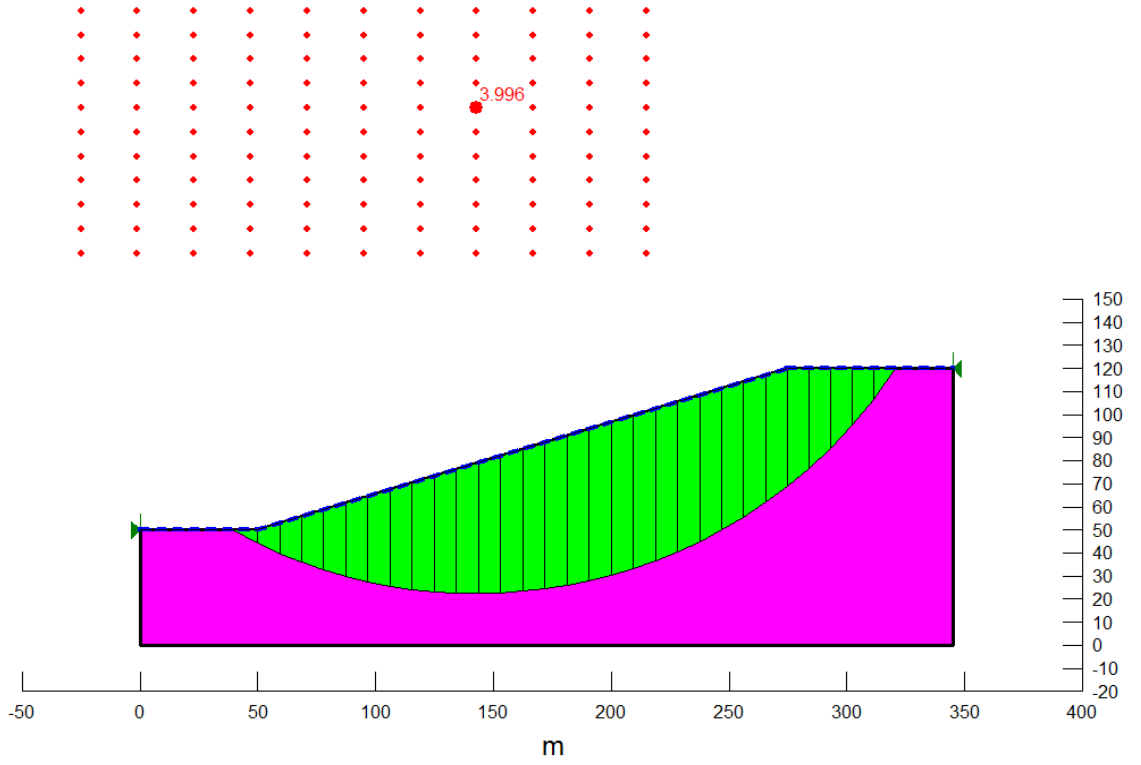
Şekil 4.22. Şev 3 için Janbu yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



Şekil 4.23. Şev 3 için Ordinary yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



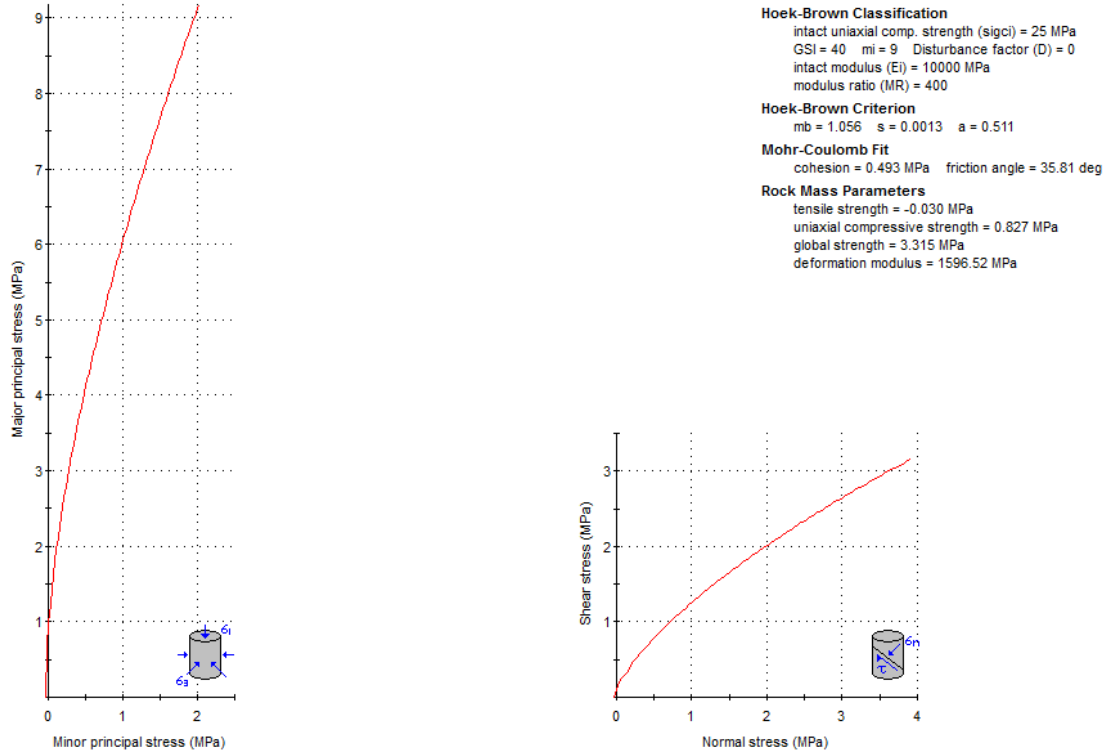
Şekil 4.24. Şev 3 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



Şekil 4.25. Şev 3 için suya doymun durumda yapılan Slope/W analizi

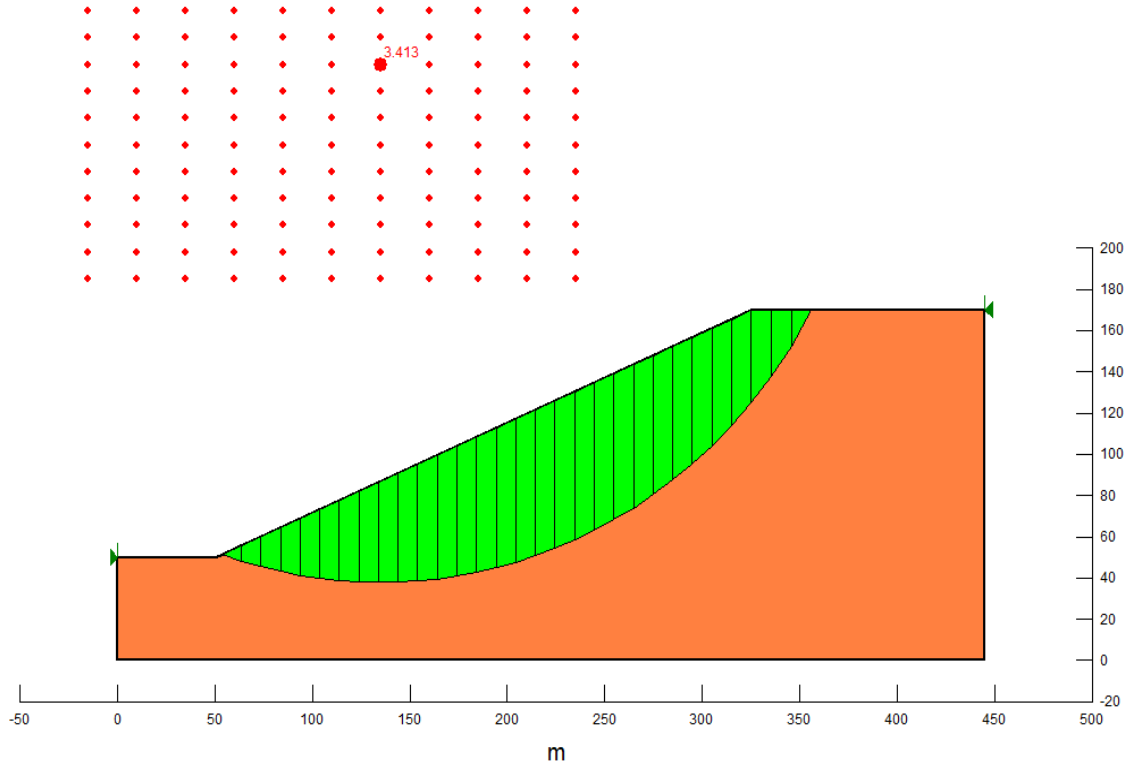
#### 4.4.1.4. Şev 4 için duraylılık analizleri

Beyreli formasyonunun kireçtaşlarının oluşturduğu, iletim hattının 4+200.00 m'sinde bulunan şev 4 için Tek eksenli basınç dayanımı 25 MPa, jeolojik dayanım indeksi 40 (Bkz. Şekil 4.9), kaya malzemesi sabiti 9, örselenme faktörü 0, elastisite modülü 10000 MPa, birim hacim ağırlığı 23 kN/m<sup>3</sup> alınmış; 35,81° içsel sürtünme açısı, 0,493 MPa kohezyon değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.26).

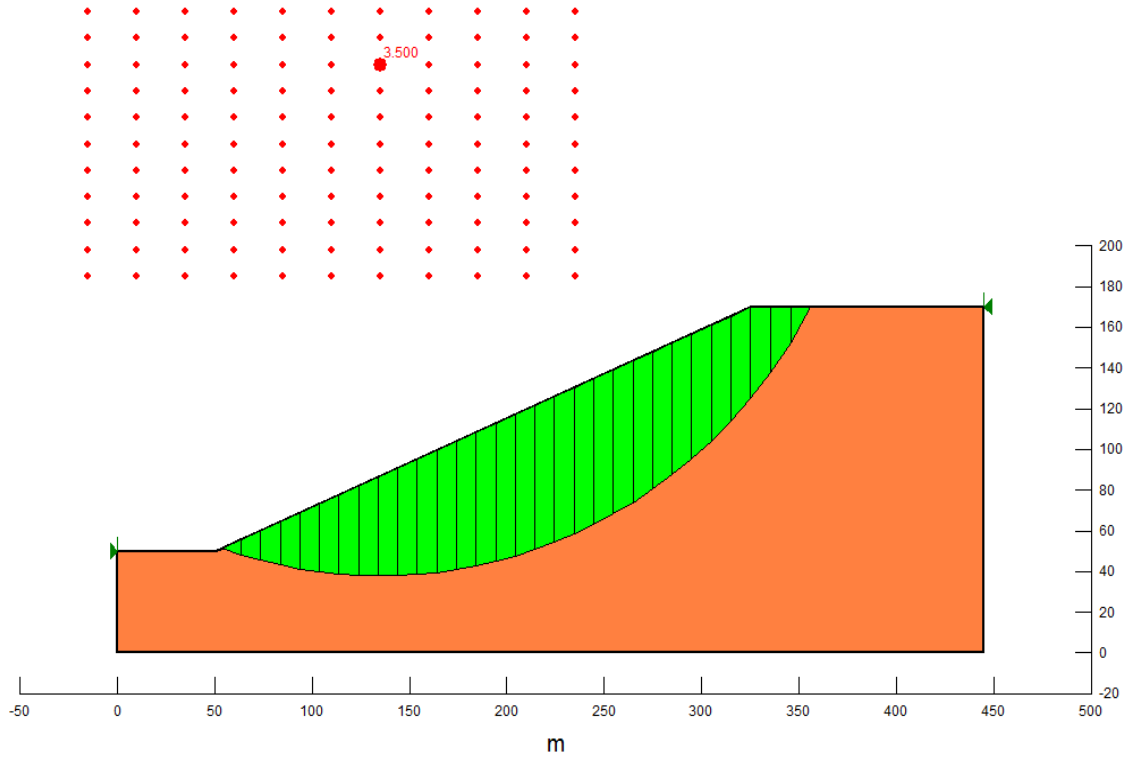


Şekil 4.26. Beyreli formasyonu (Şev 4) için yapılan RocLab analizi

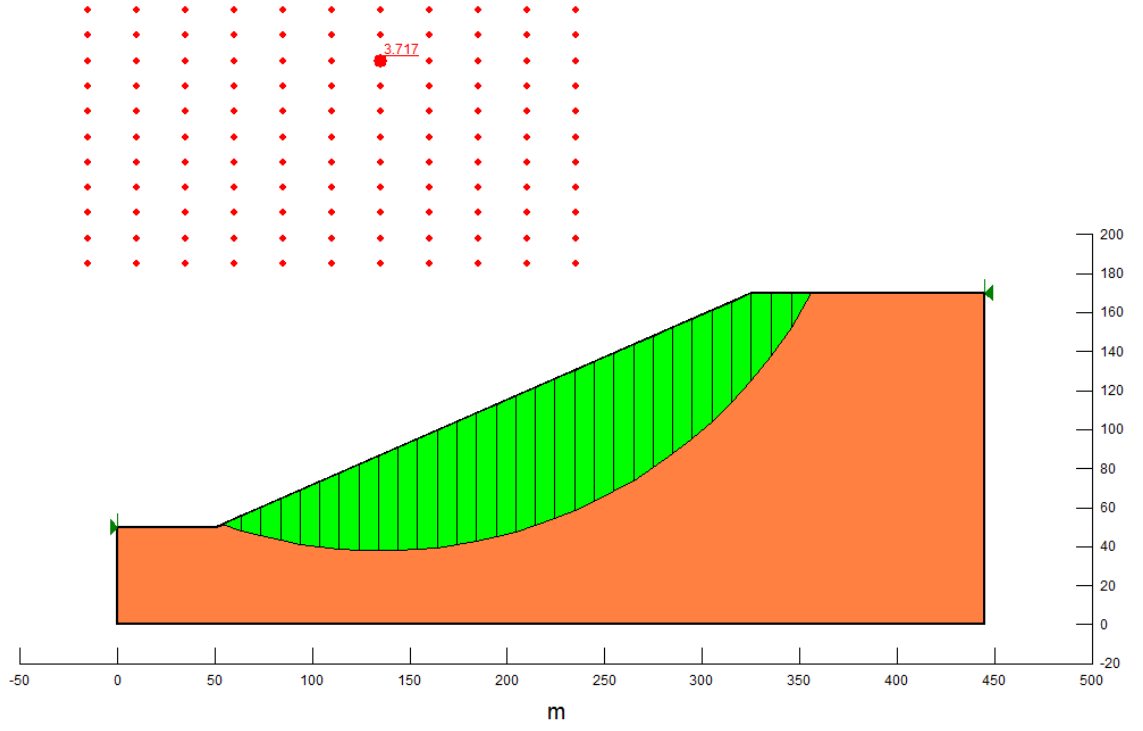
Şev 4 için yapılan duraylılık analizinde, kuru durumda Janbu yöntemine göre hesaplanan güvenlik katsayısı 3,413 (Şekil 4.27), Ordinary yöntemine göre 3,500 (Şekil 4.28), Bishop yöntemine göre 3,717 (Şekil 4.29), Şekil 4.30'da gösterilen suya doymun durumda ise 2,237 olarak hesaplanmıştır. Her durumda güvenlik katsayıları limit değerinin üzerinde olduğu için şevde herhangi bir duraysızlık problemi beklenmemektedir.



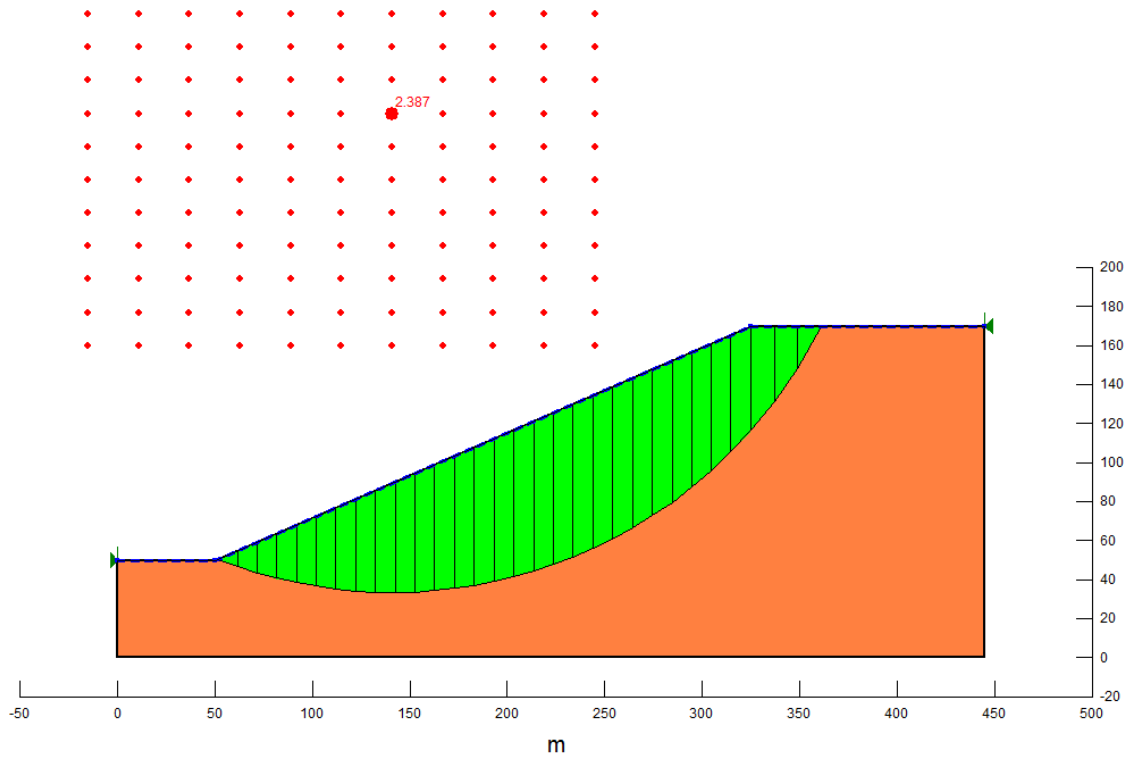
Şekil 4.27. Şev 4 için Janbu yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



Şekil 4.28. Şev 4 için Ordinary yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



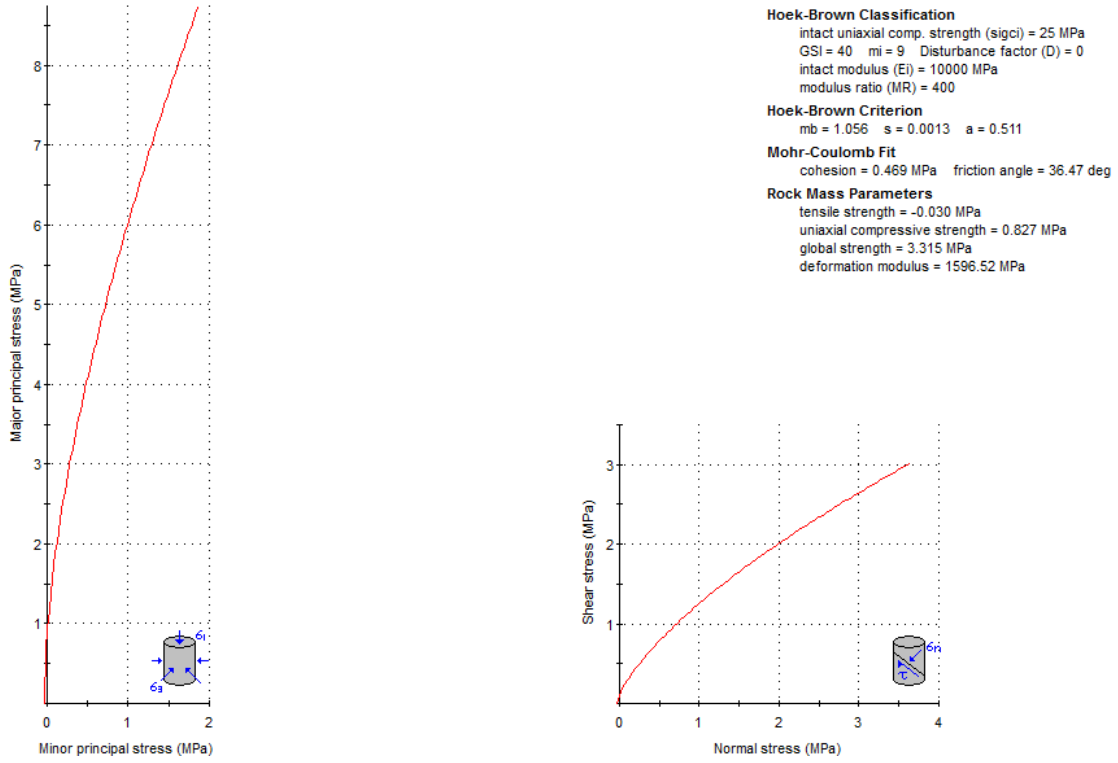
Şekil 4.29. Şev 4 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



Şekil 4.30. Şev 4 için suya doygun durumda yapılan Slope/W analizi

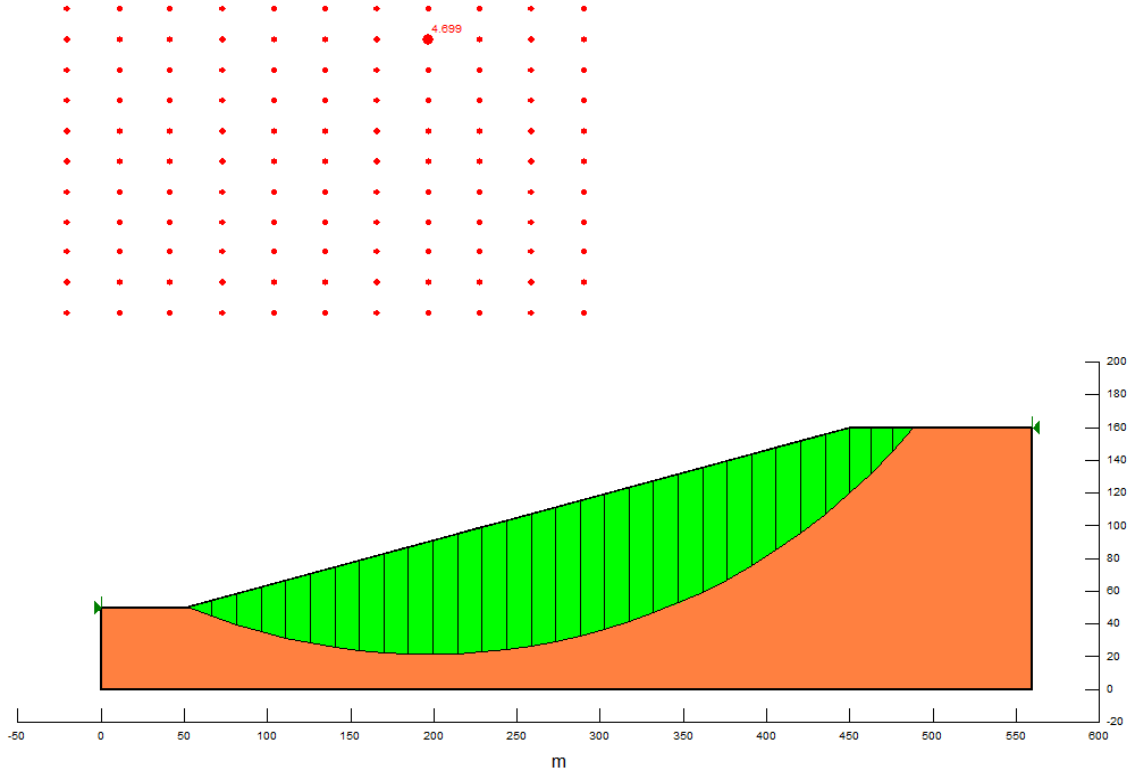
#### 4.4.1.5. Şev 5 için duraylılık analizleri

Şev 4 gibi Beyreli formasyonunun kireçtaşlarından oluşan şev 5, iletim hattının 6+900.00 m'sinde bulunur. Girdi parametreleri değişmediği için, sadece şev yüksekliği değiştirilmiş ve içsel sürtünme açısı  $36,47^\circ$ , kohezyon 0,469 MPa olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.31).

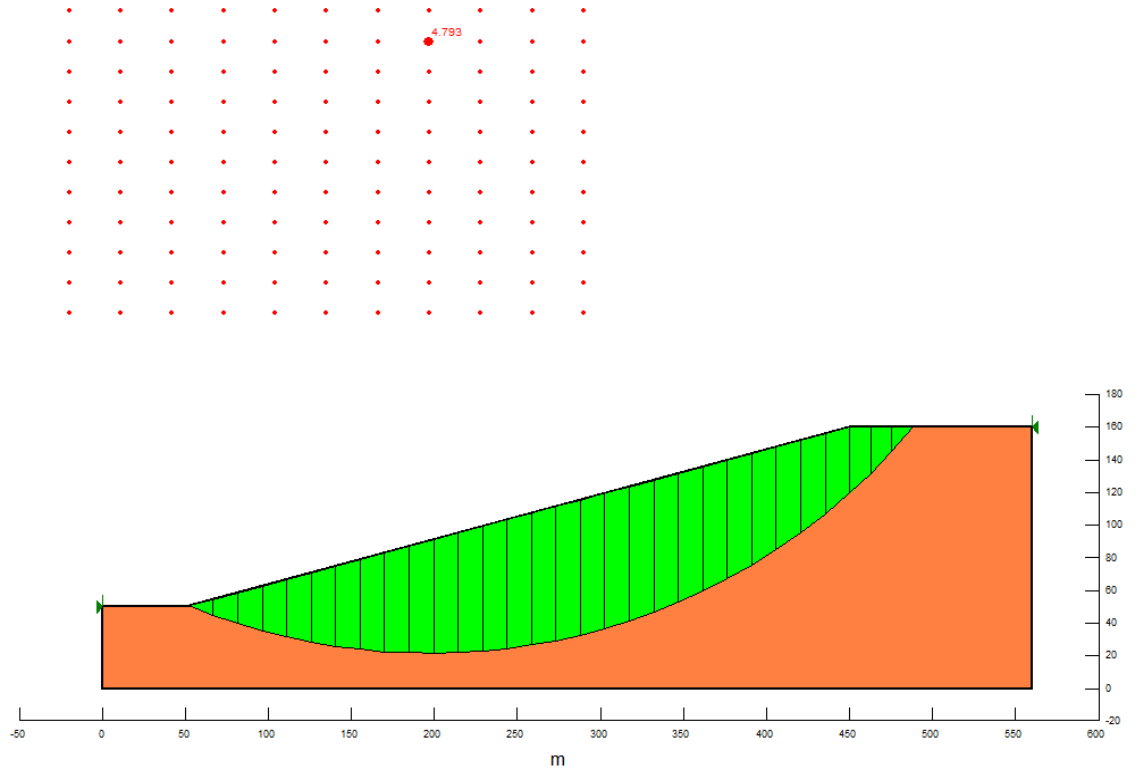


Şekil 4.31. Beyreli Formasyonu (Şev 5) için yapılan RocLab analizi

Şev 5 için kuru durumda ve suya doymun durumda yapılan analizler sırasıyla Şekil 4.32, 4.33, 4.34 ve 4.35'de verilmiş; buna göre şeve ait güvenlik katsayıları kuru durum için Janbu yönteminde 4,699, Ordinary yönteminde 4,793, Bishop yönteminde 5,067, suya doymun durum için ise 3,205 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler güvenlik açısından şevde bir problem olmayacağını göstermektedir. Şev 4 ile aynı birimde yer almasına karşın, geometrinin değişmesiyle, hem içsel sürtünme açısı, hem de kohezyon değerleri değişmiş, şev açısı değeri düşmüştür. Bu durum güvenlik katsayısının bu şev için daha yüksek çıkmasına neden olmuştur.

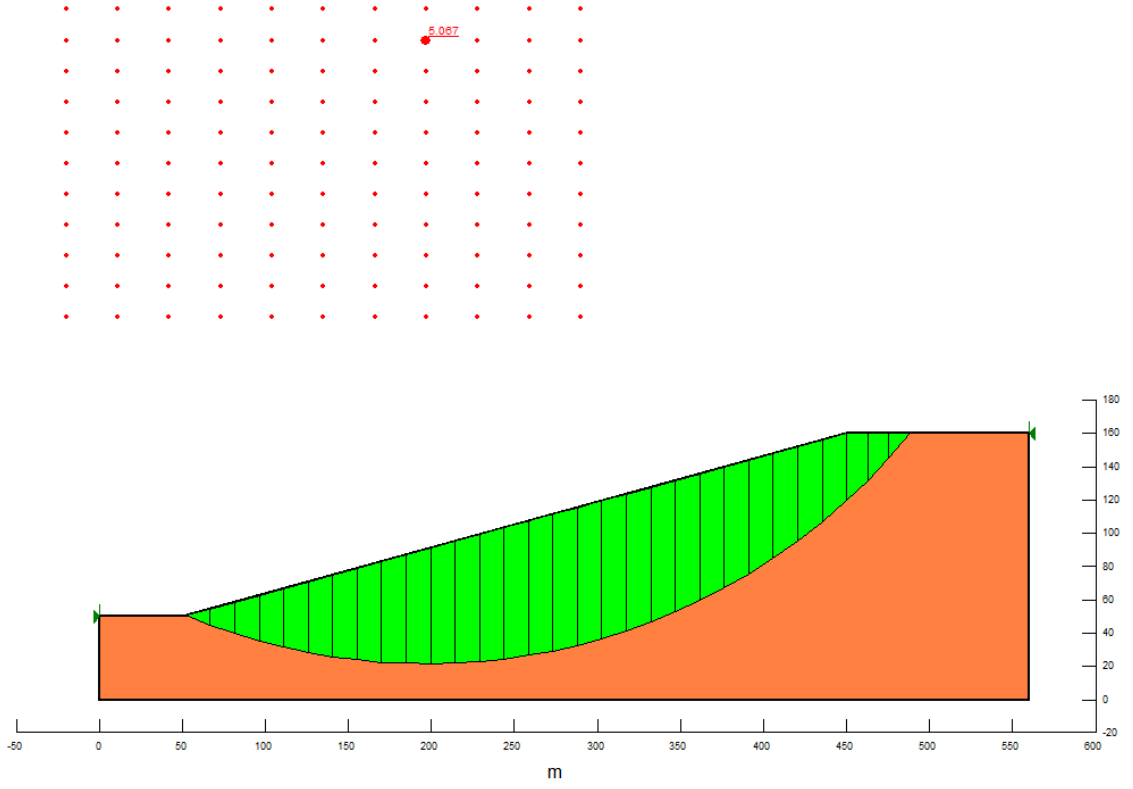


Şekil 4.32. Şev 5 için Janbu yöntemine göre yapılan Slope/W analizi

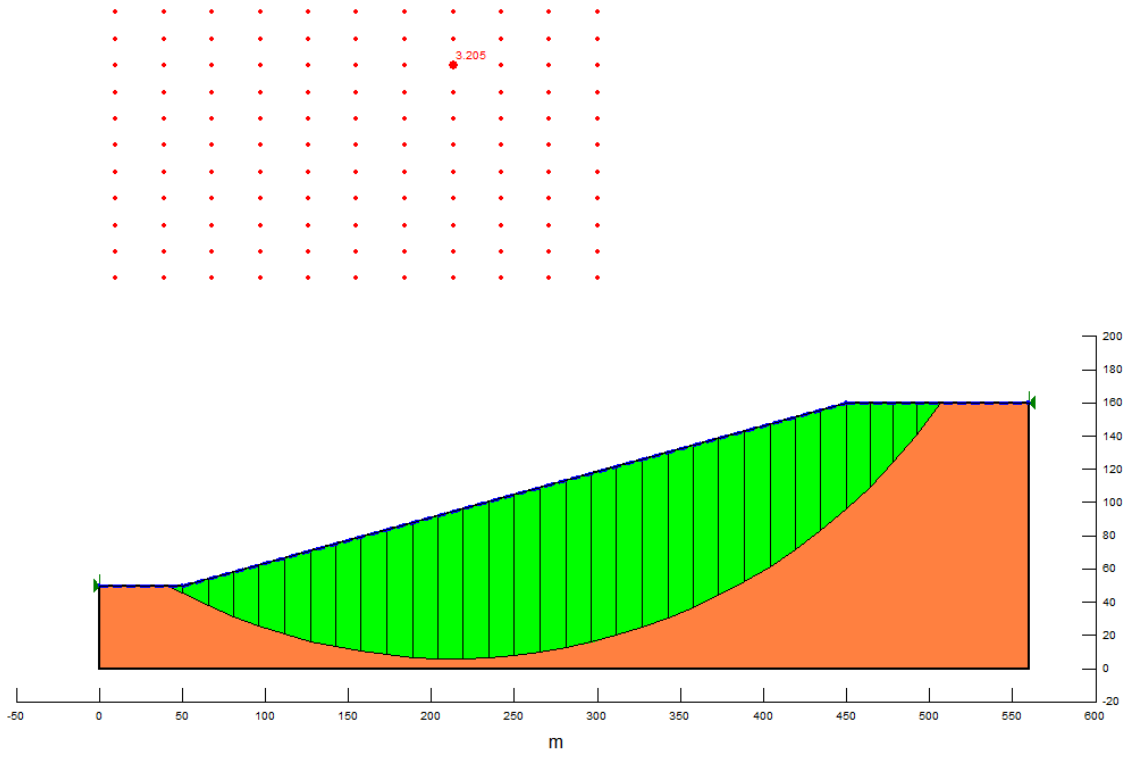


Şekil 4.33. Şev 5 için Ordinary yöntemine göre yapılan Slope/W analizi





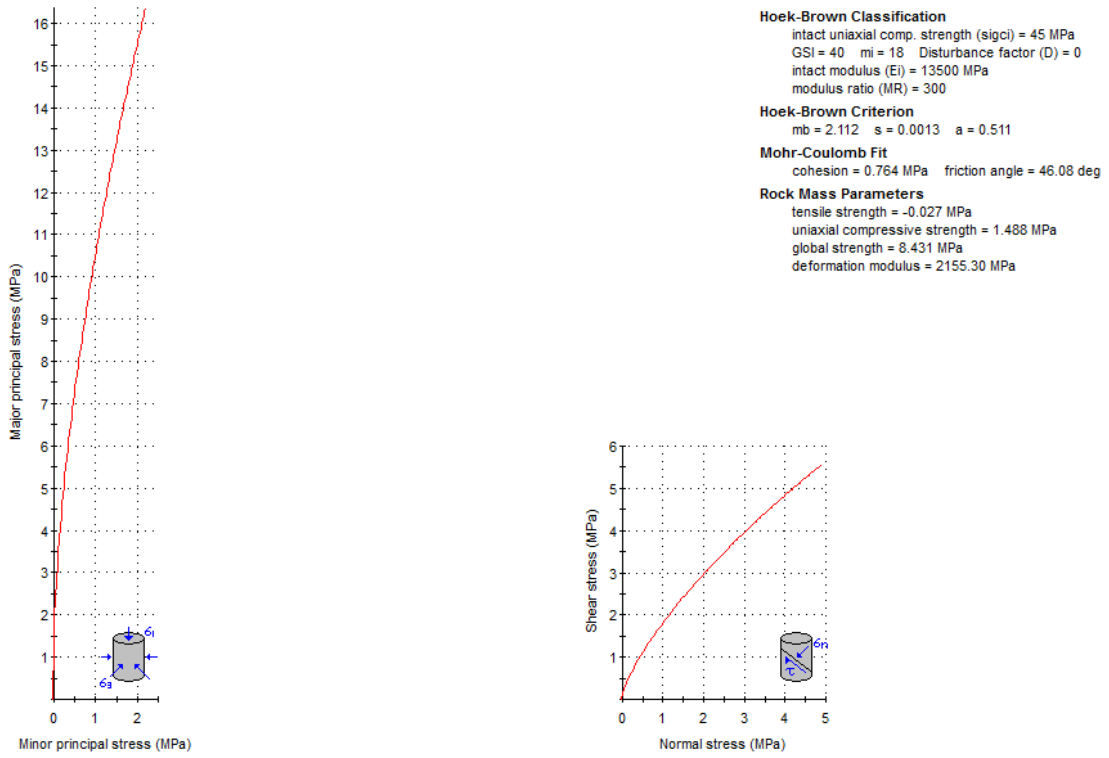
Şekil 4.34. Şev 5 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



Şekil 4.35. Şev 5 için suya doymun durumda yapılan Slope/W analizi

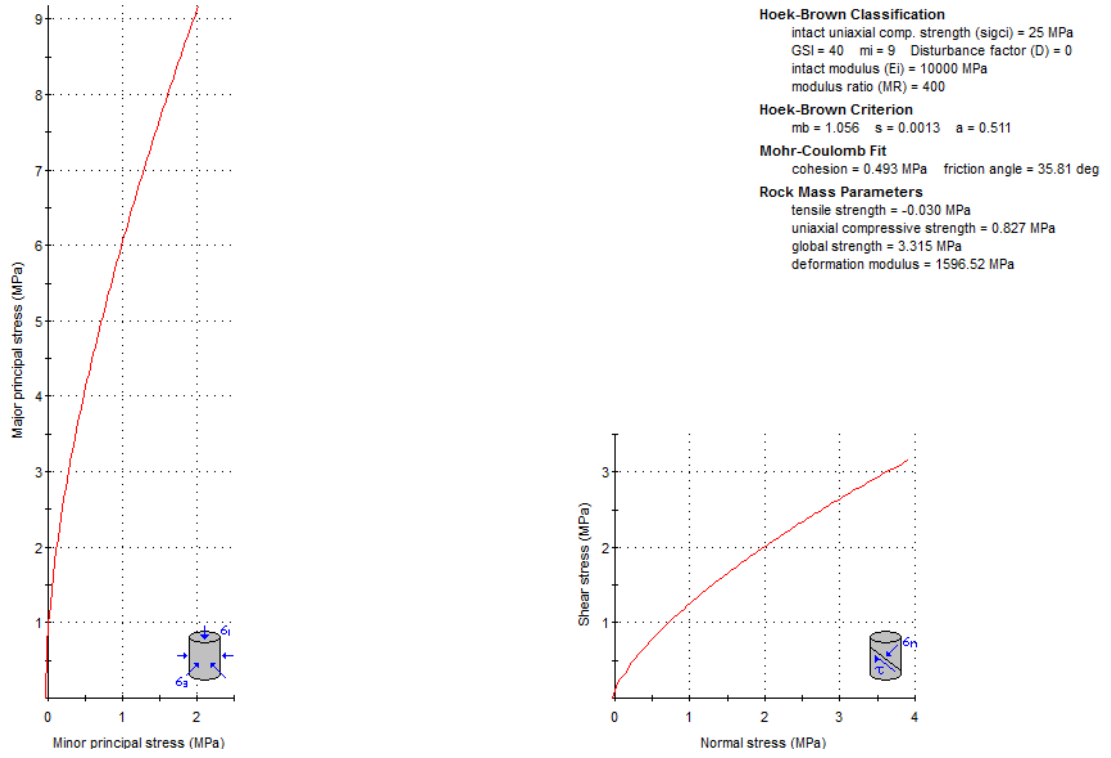
#### 4.4.1.6. Şev 6 için duraylılık analizleri

Cebri boru hattının üzerinden geçeceği şev 6'da, Beyreli formasyonunun kireçtaşları üzerinde gözlemlenen Çamiçi formasyonunun konglomeralarının tek eksenli basınç dayanımı 45 MPa, jeolojik dayanım indeksi 40 (Bkz. Şekil 4.9), kaya malzemesi sabiti 18, örselenme faktörü 0, elastisite modülü 13500 MPa, birim hacim ağırlığı 23 kN/m<sup>3</sup> alınarak; içsel sürtünme açısı 46,08°, kohezyon ise 0,764 MPa olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.36).



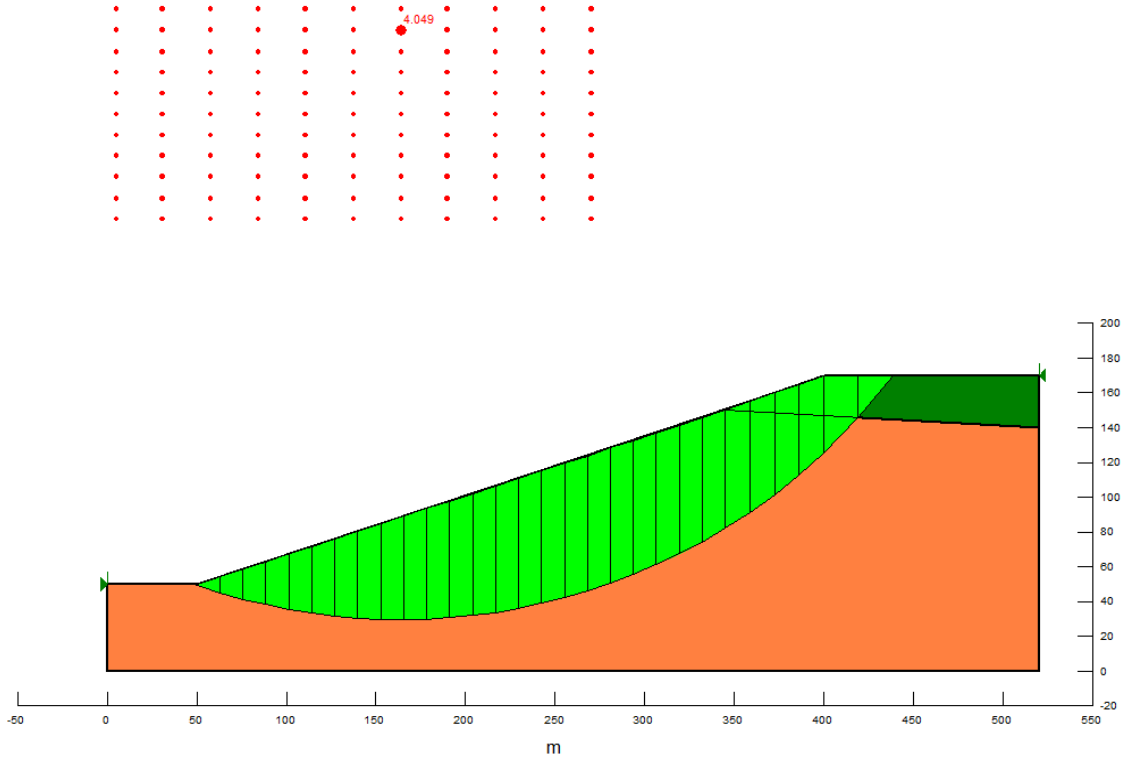
Şekil 4.36. Çamiçi Formasyonu için yapılan RocLab analizi

Beyreli formasyonunun kireçtaşlarının bu şeve ait içsel sürtünme açısı 35,81°; kohezyonu ise 0,493 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 4.37).

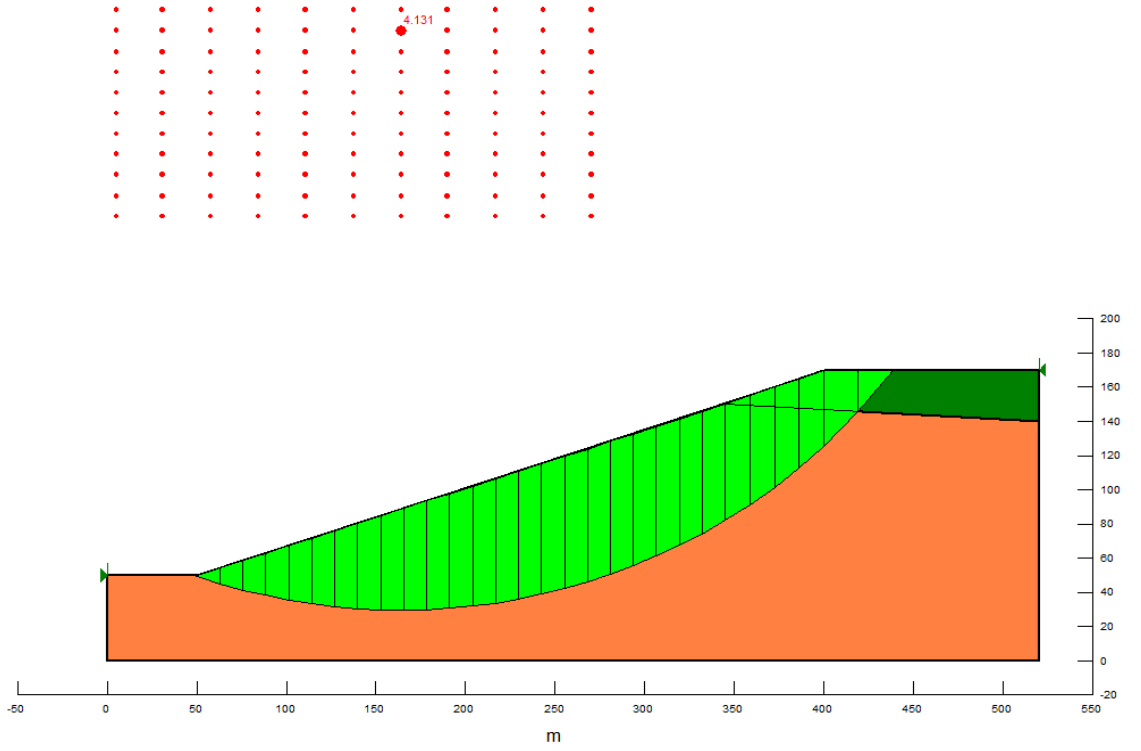


Şekil 4.37. Beyreli Formasyonu (Şev 6) için yapılan RocLab analizi

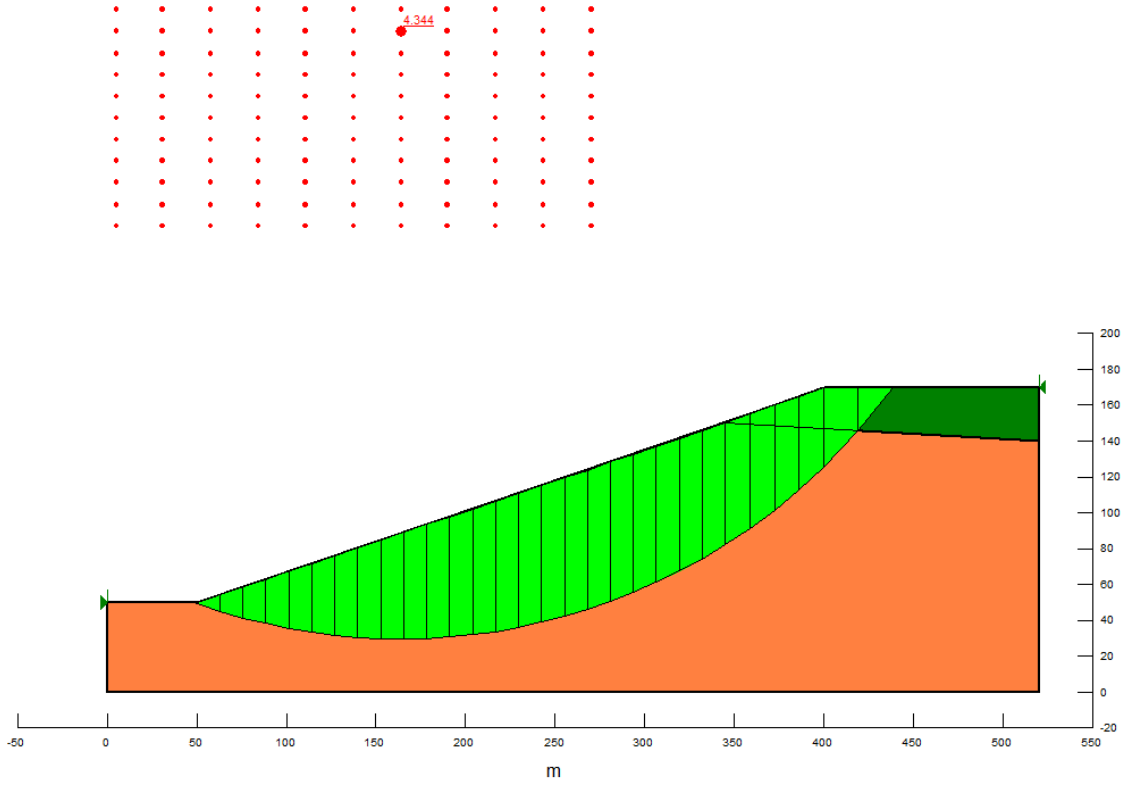
Şev 6 için yapılan duraylılık analizleri sonucunda, kuru durumda Janbu yöntemine göre güvenlik katsayısı 4,049 (Şekil 4.38), Ordinary yöntemine göre 4,131 (Şekil 4.39), Bishop yöntemine göre (Şekil 4.40), suya doymun durumda ise 2,778 olarak bulunmuştur (Şekil 4.41). Bu durum, şevi oluşturan birimlerin boşlukları tamamen su ile dolu olsa bile, boşluk suyu basıncı etkisinin, şevde herhangi bir duraysızlık sorunu yaratmayacağını göstermektedir.



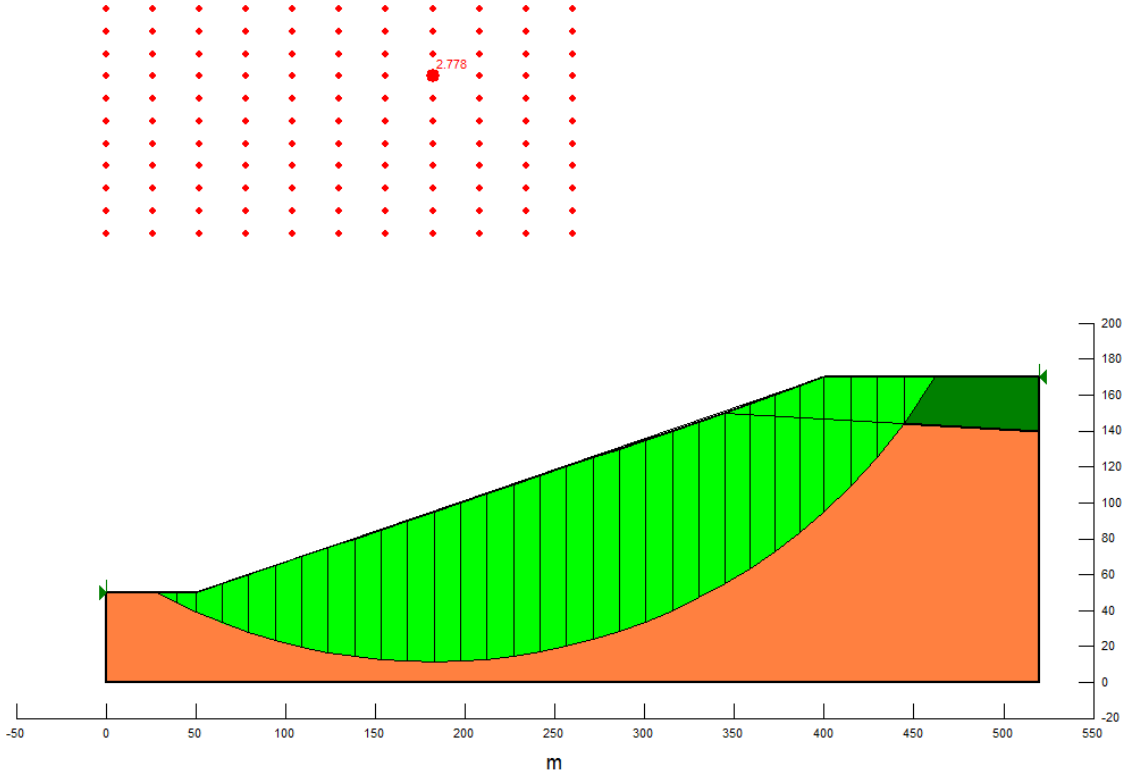
Şekil 4.38. Şev 6 için Janbu yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



Şekil 4.39. Şev 6 için Ordinary yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



Şekil 4.40. Şev 6 için Bishop yöntemine göre yapılan Slope/W analizi



Şekil 4.41. Şev 6 için suya doymun durumda yapılan Slope/W analizi

Çalışma alanında incelemesi yapılan tüm şevler için bulunan kayma dayanım parametreleri Çizelge 4.1’de ve kullanılan yöntemlere göre hesaplanan güvenlik katsayıları ise Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Birimlere ait kayma dayanım parametreleri

	Kohezyon (MPa)	İçsel sürtünme açısı (°)
<b>Pk (Şev 1)</b>	0,594	35,50
<b>Tgt (Şev 2)</b>	0,492	42,70
<b>Tga (Şev 3)</b>	0,432	42,75
<b>Tb (Şev 4)</b>	0,493	35,81
<b>Tb (Şev 5)</b>	0,496	36,47
<b>Tb (Şev 6)</b>	0,764	46,08
<b>Jç (Şev 6)</b>	0,493	35,81

Çizelge 4.2. Analizi yapılan şevlerin güvenlik katsayıları

	Güvenlik Katsayısı			
	Janbu Yöntemi		Ordinary Yöntemi	Bishop Yöntemi
	Kuru	Doymun		
<b>Şev 1</b>	2,173	1,423	2,137	2,161
<b>Şev 2</b>	5,237	3,724	5,371	5,689
<b>Şev 3</b>	5,739	3,996	5,869	6,176
<b>Şev 4</b>	3,413	2,387	3,500	3,717
<b>Şev 5</b>	4,699	3,205	4,793	5,067
<b>Şev 6</b>	4,049	2,778	4,131	4,344

#### 4.4.2. Kaya kütlelerinin sınıflaması

Kaya kütlesi sınıflama sistemleri, kaya mühendisliğinde, tasarımın ayrılmaz bir parçasıdır. Bu nedenle uygulamada çok sayıda sınıflama sistemi olmasına karşın, bu çalışmada, kullanımının basit oluşu ve sınıflama parametrelerinin kaya yüzleklerindeki hat etütleriyle belirlenebilmesi nedeniyle RMR sistemi kullanılmıştır.

Bu çalışmada, proje sahasındaki birimlerin tek eksenli sıkışma dayanımı, RQD, yer altı suyu durumu, eklemlerin ara uzaklığı, eklem durumu ve yönelimi parametreleri girdi

olarak kullanılmış, RMR (Bieniawski 1989) sistemine göre sınıflamaları yapılmıştır. Kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımı, Hoek ve Bray (1981) 'in önerdikleri Schmidt geri sıçrama değeri arasındaki ilişki kullanılarak, RQD değerleri ise Palmstrom (1974)'a göre hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki birimlerin tek eksenli sıkışma dayanımları ve RQD değerleri

	Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)	RQD (%)
Pk	37	81
Tgt	31	15
Tgs	28	34
Tga	30	12
Tb	25	61
Jç	45	81

Süreksizlik özelliklerinin belirlenmesi ise arazide yapılan hat etütleri ile gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.4'de RMR kaya kütle sınıflamasında kullanılan parametreler verilmiştir.

Çizelge 4.4. Süreksizliklerin özellikleri

	Devamlılık (m)	Açıklık (mm)	Pürüzlülük	Dolgu	Bozunma	Süreksizlik Aralığı (m)
Pk	3-10	> 5	Pürüzlü	Sert > 5mm	Az bozunmuş	0.6-2
Tgt	3-10	> 5	Pürüzlü	Sert > 5mm	Orta derecede bozunmuş	0.2-0.6
Tgs	3-10	> 5	Pürüzlü	Sert > 5mm	Orta derecede bozunmuş	0.2-0.6
Tga	3-10	> 5	Pürüzlü	Sert > 5mm	Orta derecede bozunmuş	0.2-0.6
Tb	1-3	> 5	Düz	Sert > 5mm	Orta derecede bozunmuş	0.2-0.6
Jç	3-10	> 5	Pürüzlü	Yumuşak > 5	Orta derecede bozunmuş	0.2-0.6

Çizelge 4.4’de verilen süreksizlik parametrelerine, kayaçların RQD değerleri ve tek eksenli sıkışma dayanımları ile su durumu da eklenerek birimlerin RMR’ye göre sınıf puanları belirlenmiş ve Çizelge 4.5’de toplu olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.5. İnceleme alanındaki birimlere ilişkin RMR kaya kütle sınıflaması

Sınıflama Parametresi	Puan (Derecelendirme)					
	Pk	Tgt	Tgs	Tga	Tb	Jç
Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)	4	4	4	4	4	4
RQD (%)	17	3	8	3	13	17
Süreksizlik aralığı (m)	15	10	10	10	10	10
Süreksizlik durumu	14	12	12	12	10	10
Yeraltı suyu durumu	15	15	15	15	15	15
Süreksizlik yönelimine göre düzeltme	-5	-5	-5	-5	-5	-5
RMR	60	39	44	39	47	51

Bieniawski (1989) jeomekanik kaya kütle sınıflamasına göre yapılan değerlendirmeler sonucunda;

Pk (Kuşakdağı formasyonu): Orta kaya

Tgt (Tepeçayır üyesi): Zayıf kaya

Tgs (Sivritömek üyesi): Orta kaya

Tga (Aliefendi üyesi): Zayıf kaya

Tb (Beyreli formasyonu): Orta kaya

Jç (Çamiçi formasyonu): Orta kaya

olarak belirlenmiştir.



## 5. SONUÇ

Çalışma alanında, alüvyonla kaplı regülatör yeri sağ sahilinde Kuşakdağı formasyonuna, sol sahilinde Tepeçayır üyesine ait birimler bulunmaktadır. İletim hattında Göztaş formasyonuna ait Tepeçayır üyesi, Sivritömek üyesi, Aliefendi üyesi ve Beyreli formasyonu yüzlek vermektedir. Yükleme havuzu Çamiçi formasyonunun üzerinde yer alacaktır. Cebri boru hattında altta Beyreli formasyonu, üstte Çamiçi formasyonu, santral yapısının planlandığı yerde ise alüvyon bulunmaktadır.

İnceleme alanında yapılan süreksizlik ölçümleri kontur ve gül diyagramlarında değerlendirilmiştir. Buna göre; Kuşakdağı formasyonunda 4, Göztaş formasyonu, Beyreli formasyonu ve Çamiçi formasyonunda 3'er adet eklem seti belirlenmiştir. Bu eklem setlerinin bölgedeki faylarla uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Süreksizlikler genellikle orta derecede devamlı, çok geniş açıklıklı, orta derecede aralıklı, dalgalı ve düzlemsel pürüzlü, orta derecede ayrılmıştır. Süreksizlik dolguları kalsit ve kildir. Çok eklemlili yapı sunan birimler, tek eksenli basınç dayanımına göre "orta-düşük" dayanımlıdır. RMR sistemine göre yapılan kaya kütle sınıflamasında Kuşakdağı formasyonu, Beyreli formasyonu, Çamiçi formasyonu ve Sivritömek üyesinin "orta kaya", Tepeçayır ve Aliefendi üyelerinin "zayıf kaya" niteliğinde olduğu belirlenmiştir.

Yapı yerlerinde, iletim hattı ve cebri borunun geçeceği birimlerde, duraysızlık açısından sorun yaratabilecek 6 adet şev belirlenmiş ve kayma dayanım parametreleri RocLab yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Şev analizleri, limit denge yöntemini kullanan Slope/W yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. İncelenen şevlerde herhangi bir duraysızlık sorunu beklenmemekle birlikte, aşırı yağış koşullarının oluşması durumunda şev 1'de boşluk suyu basıncına bağlı olarak, yenilmelerin gerçekleşebileceği tespit edilmiştir. Söz konusu bölgelerde, uygun destek sistemlerinin projelendirilerek uygulanması gerekmektedir.

Regülatörün yapılacağı yerdeki alüvyon kalınlığı 5 m'yi geçmemekle birlikte, yüksek geçirimlidir. Bu nedenle, regülatör yapısının alüvyon kaldırılarak, Kuşakdağı formasyonu ve Tepeçayır üyesi kireçtaşlarının üzerine oturtulması gerekmektedir. Sağ ve sol yamaçtaki birimler, çok kırık ve çatlaklı olmaları nedeniyle geçirgen özellikte olduklarından, geçirimsizliğin sağlanması için uygun enjeksiyon yöntemleri uygulanmalıdır. Yükleme havuzunun yapılacağı yerde, yaklaşık 5-10 m kalınlığında, Çamiçi formasyonunun ayrıışmış kısımları bulunmaktadır. Bu nedenle yükleme havuzu yapısının ayrıışmış olan kısım kaldırılarak, aynı formasyonun konglomeraları üzerine yapılması gerektiği belirlenmiştir. Benzer biçimde, santral yerindeki, kalınlığı 5-10 m arasında değişen alüvyonun kaldırılarak, santral binasının Çamiçi formasyonu üzerine oturtulması gerekmektedir.

Yapı yerleri ve iletim hatlarında bulunan birimlerin, kesin kalınlıklarının ve jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, temel sondajları, araştırma çukurları ve jeofizik çalışmalar yapılmalıdır.

## 6. KAYNAKLAR

- AKAY, E., UYSAL, Ş., POISSON, A., CRAVATTE, J. ve MULLER, C. 1985. Antalya Neojen Havzası'nın Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28:105-119.
- AKAY, E. and UYSAL, S. 1988. Post-Eocene Tectonics of the Central Taurus; *MTA Bülteni*, (in Turkish), 108:57-68, Ankara.
- AYHAN, A. ve LENGERANLI, Y. 1986. Yahyalı-Demirkazık (Aladağlar yöresi) arasının tektonostratigrafik özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 27:31-45.
- AYTEKİN, M. ve HALILOĞLU, S.B. 1998. Heyelan Analizinde Kullanılan Yöntemler ve Bazı Bilgisayar Uygulamaları. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 7. Ulusal Kongresi, YTÜ, ss. 382-392 İstanbul.
- BIENIAWSKI, Z. T. 1988. Rock Mass Classification as a Design Aid in Tunnelling. *Tunnels and Tunnelling*, 29:19-2.
- BIENIAWSKI, Z. T. 1989. Engineering Rock Mass Classifications. John Wiley and Sons, 237p.
- BLUMENTHAL, M. 1941. Niğde ve Adana vilayetleri dahilinde Torosların jeolojisine umumi bakış. *Maden Tetkik Arama Ens.*, 8:48, Ankara.
- BLUMENTHAL, M. 1944. Bozkır güneyinde Toros Sıradağları'nın serisi ve yapısı. *İ.Ü.F.F. Mec. Seri B*, 9(2): 95-125, İstanbul.
- BLUMENTHAL, M. ve GÖKSU, E. 1949. Akseki civarındaki dağlarda boksit zuhuratı, bunların Jeolojik durumu ve jenezi hakkında izahat (Die Bauxit-Vorkommen der Berge um Akseki Erörterungen über ihre geologische Position, Ausmasse und Genese). MTA yayınları, 14:59, Ankara.
- BLUMENTHAL, M. 1951. Batı Toroslarda Alanya ard ülkesinde jeolojik araştırmalar. *Maden Tetkik Arama Ens.*, 5:194, Ankara.
- BLUMENTHAL, M. 1952. Toroslarda yüksek Aladağ silsilesinin coğrafyası, stratigrafisi ve tektoniği hakkında yeni etüdler. *Maden Tetkik Arama Ens.*, 6:136, Ankara.
- CODUTO, D.P. 2006. Geoteknik Mühendisliği İlkeler ve Uygulamalar (Çevirmen: Mollamahmutoğlu, M., Kayabalı, K.), Gazi Kitabevi, 759 ss.
- DEERE, D. U. 1968. Geological considerations. In: Rock Mechanics in Engineering Practice (Chp.1), K.G. Stagg and O.C. Zienkiewicz (eds.), Wiley, New York, pp.1-20.
- DEMİRTAŞLI, E. 1976. Toros Kuşağının Petrol Potansiyeli. *Türkiye 3. Petrol Kongresi Bildiriler Kitabı*, ss. 55-61, Ankara.

- GEDİK, A., BİRGİLİ, Ş., YILMAZ, H. ve YOLDAŞ, R. 1979. Mut-Ermenek-Silifke Yöresinin Jeolojisi ve Petrol Olanakları. *TJK Bülteni*, 22:7-26.
- GÖKTEPE, G. ve GÜVENÇ, T. 1997. Hadim Napı Üst Permiyen Stratigrafisi ve Paleontolojisi. Çukurova Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20.Yılı Sempozyumu, Bildiri Özeleri, ss.213-214.
- GRACIANSKY, P. C. 1968. Teke yarımadası (Likya) Torosları'nın üst üste gelmiş ünitelerinin stratigrafisi ve Dinaro-Toroslar'daki yeri. *MTA Dergisi*, 71:73-92.
- HOEK, E. and BRAY, J. W. 1981. Rock Slope Engineering. The Institution of Mining and Metallurgy, Stephen Austin and Sons Ltd, 3rd edition, 358 pp, London.
- HOEK, E. and BROWN, E. T. 1998. Practical estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics*, 34 : 1165–1186.
- ISRM. 1981. ISRM suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring. E.T. Brown (ed.), Pergamon Press, 211pp, London.
- KERSTEN, R. W. O. 1990. The stress distribution required for fault and joint development. *Proceedings of the International Conference on Mechanics of Jointed and Faulted Rock*, Vienna, Australia, H.P. Rossmanith (ed.), Balkema, Rotterdam, pp. 639-646.
- KETİN, İ. 1977. Türkiye'nin Başlıca Orojenik Olayları ve Paleocoğrafik Evrimi. *MTA Dergisi* , 88: 1-5.
- ÖNALP, A. ve AREL E. 2004. Geoteknik Bilgisi II, Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği. Birsen Yayınevi, ss. 414, İstanbul.
- ÖZGÜL, N. 1971. Orta Toroslar'ın Kuzey Kesiminin Yapısal Gelişiminde Blok Hareketlerinin Önemi. *T.J.K. Bülteni*, 14 (1): 85-101.
- ÖZGÜL, N. 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri. *T.J.K. Bülteni*, 19 (1): 65-67.
- ÖZMEN, B., NURLU, M. ve GÜLER, H. 1997. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Deprem Bölgesi İncelenmesi. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- PALMSTROM, A. 1974. Characterization of jointing density and the quality of rock masses. *Internal Report*, A.B. Berdal (ed.), in Norwegian, 26p, Norway.
- PALMSTROM, A. 1982. The volumetric joint count a useful and simple measure of the degree of jointing. *Proceedings of the 4th International Congress of IAEG*, 5:221-228, New Delhi.

- PALMSTROM, A. 1996. RMI-a system for characterizing rock mass strength for use in rock engineering. *Journal of Rock Mechanics and Tunelling Technology*, 1(2):69-108, India.
- ROCLAB. 2007, Scientific Software-Rock Mass Strength Parameters,Version 1.031, Rocscience Inc., Canada, 25 p.
- SINGH, R. N. and GAHROOEE, D. R. 1989. Application of rock mass weaking coefficient for stability asesment of slopes in heavily jointed rock masses. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 3:207-19.
- SLOPE/W. 2007. Version 7.17, Student Licence, Geo-Slope International Ltd., Calgary, Alberta, Canada.
- ŞENGÖR, A. M. C. 1984. Türkiye'nin tektonik tarihinin yapısal sınıflaması. Türkiye Jeoloji Kurumu, Ketin Simp., ss.37-62.
- TURAN, A. 1990. Toroslar'da Hadim ve Güneybatısının Jeolojisi, Stratigrafisi ve Tektonik Gelişimi. S.Ü. Fen Bil. Ens., Doktora tezi (yayınlanmamış), 229ss.
- TURAN, A. 2000. Karaköy (Gündoğmuş)-Hadim Arasındaki Toroslar'ın Stratigrafisi. *DEÜ Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 2(1):61-89.
- TURAN, A. 2001. Karaköy (Gündoğmuş-Antalya)-Taşkent-Hadim (Konya) Arasının Morfotektonik Özellikleri. *C.Ü. Müh. Fak. Dergisi*, 18(2):113-122.
- ULUSAY, R. 1999. Kentleşme sürecinde yerleşimi ve depreme dayanıklı yapı inşasında jeolojik-jeoteknik etütlerin önemi ve işlevi. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları:51, Teknik kılavuzlar serisi, 6:23.
- ULUSAY, R. 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 38, Genişletilmiş 4.Baskı, 385 ss.
- ULUSAY, R. ve SÖNMEZ, H. 2007. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 60, Genişletilmiş 2.Baskı, 292 ss.
- VARNES, D. J. 1978. Slope Movement Types and Processes. In Special Report 176:Landslides: Analysis and Control. R.L. Schuster and R.J. Krizek (eds.), TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.12-33.
- YILMAZER, İ. 1990. Güzergah seçimi ve bu seçimde jeolojinin önemi. Jeoloji Mühendisliği, 36:37-45.
- YILMAZER, İ., YILMAZER, Ö., ÖZKÖK, D. ve GÖKÇEKUŞ, H. 1999. Jeoteknik tasarıma giriş. Yılmaz Eğitim ve Mühendislik, 210 ss.

## ÖZGEÇMİŞ

Neslihan ÜNAL PINAR 1982 yılında Antalya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Antalya'da tamamladı. 2003 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden 2008 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2009 yılında atandığı Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak görevini sürdürmektedir.