

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BAĞLARBAŞI-TEKKE (GÜMÜŞHANE) ARASINDAKİ KESİLMİŞ KAYA
ŞEVLERİNİN DURAYLILIĞININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ceren ÖZKİRİŞÇİ OKTAY

ARALIK 2014

GÜMÜŞHANE

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BAĞLARBAŞI-TEKKE (GÜMÜŞHANE) ARASINDAKİ KESİLMİŞ KAYA
ŞEVLERİNİN DURAYLILIĞININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ceren ÖZKİRİŞÇİ OKTAY

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20.11.2014

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 12.12.2014

ARALIK 2014



KABUL ve ONAY



Yrd. Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ danışmanlığında Ceren ÖZKIRIŞÇI OKTAY tarafından hazırlanan “BAĞLARBAŞI-TEKKE (GÜMÜŞHANE) ARASINDAKİ KESİLMİŞ KAYA ŞEVLERİNİN DURAYLILIĞININ İNCELENMESİ” isimli bu çalışma, jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan:

Yrd. Doç. Dr . Serhat DAĞ

Üye (Danışman):

Yrd. Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ

Üye:

Yrd. Doç. Dr. Hasan Tahsin BOSTANCI

ONAY

Bu tez 28/01/2015 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAĞLARBAŞI-TEKKE (GÜMÜŞHANE) ARASINDAKİ KESİLMİŞ KAYA ŞEVLERİNİN DURAYLILIĞININ İNCELENMESİ

Ceren ÖZKİRİŞÇİ OKTAY

Gümüşhane Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ

2014, 93 sayfa

Bu çalışmada, Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane) arasında yüzeyleme veren Geç Karbonifer Yaşlı Gümüşhane Granitoyidi'nde 7 farklı kesilmiş şevde RMR ve GSI kaya kütle sınıflamaları yapılmış olup, kesilmiş karayolu şevlerinin duraylılığı sayısal (sonlu elemanlar metodu) ve kinematik analiz yöntemleri kullanılarak incelenmiştir.

RMR sınıflamasına göre, her bir kaya şevine ait temel RMR puanları değerlendirildiğinde kaya kütle sınıflaması bütün şevler için 'Orta Kaya' özelliğinde olduğu belirlenmiştir. GSI sınıflamasına göre ise, her bir şev'e ait kaya kütle özellikleri 'Bloklu-Örselenmiş' özelliktedir. İncelenen her bir şev için, kaya kütle deformasyon modülü RMR ve GSI görgül sınıflamalarından faydalanılarak ampirik eşitliklerden belirlenmiş ve bu değerler 3.04-5.63 GPa arasında değişmektedir. Kesilmiş şevlerdeki

süreksizliklerde alınan yönelim ölçüleri değerlendirildiğinde Şev 2 ve Şev 5’de üç, diğer şevlerde ise dört süreksizlik seti belirlenmiştir. İncelenen her bir şev’in sayısal ve kinematik analiz yöntemleri ile duraylılıkları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda 3, 4, 5, 6 ve 7 nolu şevlerin duraysız olduğu belirlenmiştir. Şevlerin eğim yönleri değiştirilmeden sayısal analiz yöntemine göre kritik şev açıları değerlendirilmiş ve güvenlik katsayıları 1.5’in üzerinde olacak şekilde belirlenmiştir. Buna göre şevlerin eğim açıları sırasıyla; 48°, 40°, 55°, 44° ve 65° ye düşürülmesi ile hem süreksizliklere bağlı duraysızlık, hem de dairesel yenilme probleminin ortadan kalkacağı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gümüşhane Granitoyidi, GSI, Kinematik Analiz, RMR, Sayısal Analiz, Şev Duraylılığı

ABSTRACT

MS THESIS

ASSESSMENT OF THE STABILITY OF THE CUT ROCK SLOPES BETWEEN BAĞLARBAŞI-TEKKE (GÜMÜŞHANE)

Ceren ÖZKİRİŞÇİ OKTAY

Gümüşhane University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Selçuk ALEMDAĞ

2014, 96 pages

In this study, RMR and GSI rock mass classifications are made on seven different-cut slopes which outcropped Late Carboniferous Aged Gümüşhane Granitoid between Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane), as well as the examination of the stability of the highway slopes with the numerical (finite element method) and kinematic analysis methods.

According to the RMR classification, the Basic Rock Mass Rating was evaluated each of rock slopes, and was determined to be in the “Fair Rock” feature. In addition, according to the GSI classification, each rock slope has “Blocky/Disturbed” characteristic. For each slope examined, rock mass deformation modulus were calculated basing on RMR and GSI empirical classifications and empirical equations, and as the result, the modulus values varying between 3.04-5.63 GPa. The evaluation of the orientation measurements, which were taken from discontinuity of the cut rock slopes shows that there are three sets of discontinuity on Slope 2 and Slope 5, and four sets of discontinuity on the other slopes. Stability of each rock slope was calculated by numerical and kinematic analysis methods.

According to these evaluations, the number slopes 3, 4, 5, 6 and 7 which are determined to be unstable. Without changing the dip direction, critical slope angles of the mentioned slopes was evaluated basing on numerical analysis methods and safety coefficients was set above 1,5. According to this, if the slope angles are respectively reduced to; 48°, 40°, 55°, 44° and 65°, the instability issue will be eliminated. Thus, both instability issues depending upon the discontinuity and the circular failure issue will be prevented.

Keywords: Gümüşhane Granitoid, GSI, Kinematic Analysis, Numerical Analysis, RMR, Slope Stability

TEŞEKKÜR

“Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane) arasındaki kesilmiş kaya şevlerinin duraylılığının incelenmesi” başlıklı bu çalışma Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tez çalışması olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmamın her aşamasında yardımını ve desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ’a içtenlikle teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Serhat DAĞ’a, Prof. Dr. Orhan KARSLI’ya, Doç. Dr. Raif KANDEMİR’e, Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ’a, Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ’a ve Yrd. Doç. Dr. Hasan Tahsin BOSTANCI’ya ve Dr. Mehmet Ali GÜCER hocama teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım sırasında yardımları ile yanımda olan Jeoloji Mühendisleri Osman Barış ASLAN, Yusuf DEMİRAY, Metin BAKIRCI, Kenan KAYA, Aykut AKTÜRK, Celaleddin GEZER, Selçuk YENİPİNAR, Fatih ÇAKICI ve Ayşe OKUMUŞ’a teşekkür ederim.

Tez yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli eşim Tolga OKTAY’ a, kardeşim Mehmet Umur ÖZKİRİŞÇİ’ ye, Mimar Gül Ziba AKARCALI’ ya ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Kübra BAYRAM ŞAHİN’e teşekkür ederim.

Manevi desteği ile hep yanımda olan manevi annem Yıldız OKTAY’ a, manevi babam İsmail OKTAY’ a ve manevi kardeşim Özlem BİTLİS’ e teşekkür ederim.

Yaşamımın her aşamasında benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli annem Selen ÖZKİRİŞÇİ’ ye, babam Abdulkadir ÖZKİRİŞÇİ’ ye ve kardeşim İrem Ece ÖZKİRİŞÇİ’ ye şükranlarımı sunarım.

Ceren ÖZKİRİŞÇİ OKTAY
Gümüşhane, 2014

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	III
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜR	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş ve Amaç	1
1.2. Coğrafi Konum	1
1.3. İklim ve Bitki Örtüsü	3
1.4. Morfoloji	4
1.5. Önceki Çalışmalar.....	4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	7
2.1. Arazi Çalışmaları	7
2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	7
2.3. Büro Çalışmaları	7
3. BULGULAR ve İRDELEME.....	8
3.1. Çalışma Alanı ve Çevresinin Genel Jeolojisi.....	8
3.1.1. Gümüşhane Granitoyidi	11
3.1.1.1. Ad ve Yayılım.....	11
3.1.1.2. Litoloji.....	12
3.1.1.3. Alt-Üst Sınırlar.....	15
3.1.1.4. Yaş	15
3.1.1.5. Deneştirme	15
3.1.2. Şenköy Formasyonu.....	16
3.1.2.1. Ad ve Yayılım.....	16
3.1.2.2. Litoloji.....	17
3.1.2.3. Kalınlık	19
3.1.2.4. Alt-Üst Sınırlar.....	19
3.1.2.5. Fosil İçeriği ve Yaş	19
3.1.2.6. Deneştirme	20
3.1.3. Berdiga Formasyonu	20

3.1.3.1.	Ad ve Yayılım.....	20
3.1.3.2.	Litoloji.....	21
3.1.3.3.	Kalınlık	22
3.1.3.4.	Alt-Üst Sınırlar.....	22
3.1.3.5.	Fosil İçeriği ve Yaş	22
3.1.3.6.	Deneştirme	22
3.1.4.	Kermutdere Formasyonu	23
3.1.4.1.	Ad ve Yayılım.....	23
3.1.4.2.	Litoloji.....	23
3.1.4.3.	Kalınlık	25
3.1.4.4.	Alt-Üst Sınırlar.....	26
3.1.4.5.	Fosil İçeriği ve Yaş	26
3.1.4.6.	Deneştirme	26
3.1.5.	Alüvyon.....	26
3.2.	Mühendislik Jeolojisi	27
3.2.1.	Süreksizliklerin Özelliklerinin Belirlenmesi.....	27
3.2.1.1.	Süreksizlik Yönelimi	28
3.2.1.2.	Süreksizlik Ara Uzaklığı.....	30
3.2.1.3.	Süreksizliklerin Devamlılığı	32
3.2.1.4.	Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü	34
3.2.1.5.	Süreksizlik Yüzeylerinin Açıklığı ve Dolgu Malzemesinin Özelliği	37
3.2.1.6.	Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi	41
3.2.1.7.	Kaya Kalite Göstergesi (RQD)	42
3.2.1.8.	Hacimsel Eklem Sayısı	43
3.2.2.	Kaya Kütle Sınıflama Sistemleri.....	44
3.2.2.1.	RMR (Kaya Kütle Puanlaması) Sınıflama Sistemi.....	44
3.2.2.2.	GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi)	47
3.2.3.	Granitoidlerin Kütle Özellikleri	50
3.2.3.1.	Kaya Kütlelerinin Poisson Oranı (ν)	50
3.2.3.2.	Kaya Kütlelerinin Deformasyon Modülünün Belirlenmesi.....	51
3.2.3.3.	Tek Eksenli Basınç Dayanımının Belirlenmesi	52
3.2.4.	Karayolu Güzergahındaki Kesilmiş Şevlerin Duraylılık Analizleri	53
3.2.4.1.	Kinematik Analiz	53
3.2.4.1.1.	Kesilmiş Şevlerdeki Süreksizliklerin Makaslama Dayanımı.....	57

3.2.4.2.	Sayısal Analiz	71
3.2.4.2.1.	Kesilmiş Şevlerin İyileştirilmesi.....	80
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	83
5.	KAYNAKLAR	86
6.	EKLER.....	94
ÖZGEÇMİŞ		

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Çalışma alanına ait yer bulduru haritası	2
Şekil 3.1.	Çalışma alanı ve çevresine ait genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesit.....	9
Şekil 3.2.	Çalışma alanının jeoloji haritası	10
Şekil 3.3.	Çalışma alanına ait A-A' jeolojik kesiti	11
Şekil 3.4.	Gümüşhane Granitoyidi' nin topoğrafik görünümü	12
Şekil 3.5.	Gümüşhane Granitoyidi' ne ait iri taneli granitlerin mostrasından alınan fotoğraf	13
Şekil 3.6.	Gümüşhane Granitoyidi'nde gözlenen dokusal özelliklerin çift nikol mikroskop görünümü.....	14
Şekil 3.7.	Şenköy Formasyonu' nun Berdiga Kireçtaşları ve Kermutdere Formasyonu ile olan sınır ilişkilerinden topoğrafik görünüm	16
Şekil 3.8.	Şenköy Formasyonu içindeki a) Tortul istif, b) Volcano tortul istif, c) Andezit mostralardan alınan fotoğraflar.....	17
Şekil 3.9.	Şenköy Formasyonu içindeki bazaltlarda gözlenen mikrolitik porfirik doku	19
Şekil 3.10.	Berdiga Kireçtaşı ile Şenköy Formasyonu arasındaki sınır ilişkisini gösteren topoğrafik görünüm.....	20
Şekil 3.11.	Berdiga Kireçtaşları içindeki dolomitik kireçtaşlarından mikroskop altı çift nikol fotoğrafları.....	21
Şekil 3.12.	Kermutdere Formasyonu' nun Berdiga Kireçtaşı ile olan sınırının topoğrafik görünümü	23
Şekil 3.13.	Kermutdere Formasyonu' na ait a) Marn, kumtaşı ve kilitaşı ardışımı tortul istif, b) Arenalaşmış kumtaşları, c) Filişlerden görünüm.	24
Şekil 3.14.	Kermutdere Formasyonu içindeki a) ve b) Kırmızı kireçtaşlarına ait Globotruncana fosilleri, c) kumlu kireçtaşlarına ait kuvars ve feldispat mineralleri.....	25
Şekil 3.15.	Granitoidlerde yapılan hat etüdü çalışmaları	28
Şekil 3.16.	Granitoidlerde süreksizlik setlerini belirlemek için alınan yönelim ölçüleri	29
Şekil 3.17.	Hat etüdü ile süreksizlik ara uzaklığı tayini (ISRM,1981).....	30
Şekil 3.18.	Şevlere ait süreksizlik ara uzaklığı histogramları.....	31
Şekil 3.19.	Şevlere ait süreksizlik devamlılığı histogramları	33
Şekil 3.20.	Kaya şevlerindeki süreksizliklerden alınan pürüzlülük ölçüleri.....	34
Şekil 3.21.	Pürüzlülük profilleri ve bunlara karşılık gelen JRC değerleri aralığı.....	35
Şekil 3.22.	Şevlere ait süreksizliklerin pürüzlülük değerleri histogramları.....	36
Şekil 3.23.	Granitoidlerde gözlenen süreksizlik açıklığından bir görünüm.....	38

Şekil 3.24. Süreksizliklerde gözlenen kalsit ve kil dolgu	39
Şekil 3.25. Şevlerdeki süreksizliklerden alınan açıklık değerlerine ait histogramlar	40
Şekil 3.26. RMR sisteminin son versiyonunda tek eksenli sıkışma dayanımı, süreksizlik aralığı ve RQD parametrelerine ait puanları tanımlama grafikleri	46
Şekil 3.27. Niceliksel GSI Sınıflama Sistemi Abağı (Sönmez ve Ulusay, 2002).....	49
Şekil 3.28. Kaya şevlerinde düzlemsel kayma (A), kama türü (B) ve devrilme türü (C) duraysızlığın gelişebilmesi için gereken kinematik şartlar	56
Şekil 3.29. Kesilmiş şevlerin süreksizliklerine ait temel sürtünme açısı (ϕ_b) grafikleri	58
Şekil 3.30. Şev 1' den alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme dairesi	61
Şekil 3.31. Şev 2' den alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme dairesi	62
Şekil 3.32. Şev 3' den alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme dairesi	63
Şekil 3.33. Şev 4' den alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme dairesi	65
Şekil 3.34. Şev 5' den alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme dairesi	66
Şekil 3.35. Şev 6' dan alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme dairesi	68
Şekil 3.36. Şev 7' den alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme dairesi	69
Şekil 3.37. Şev 1' e ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri	73
Şekil 3.38. Şev 2'ye ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri	74
Şekil 3.39. Şev 3'e ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri	75
Şekil 3.40. Şev 4'e ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri	76
Şekil 3.41. Şev 5' e ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri	77
Şekil 3.42. Şev 6' ya ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri	78
Şekil 3.43. Şev 7' ye ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri	79
Şekil 3.44. Şev 3' ün duraylılığı için minimum şev açısını veren sayısal analiz kesitleri	81
Şekil 3. 45. Şev 4' ün duraylılığı için minimum şev açısını veren sayısal analiz kesitleri	81
Şekil 3. 46. Şev 5' in duraylılığı için minimum şev açısını veren sayısal analiz kesitleri	82
Ek 1. Şev 1'e ait pürüzlülük profilleri.....	94

Ek 2.	Şev 2 'ye ait pürüzlülük profilleri.....	96
Ek 3.	Şev 3 'e ait pürüzlülük profilleri.....	98
Ek 4.	Şev 4 ' e ait pürüzlülük profilleri.....	101
Ek 5.	Şev 5' e ait pürüzlülük profilleri.....	104
Ek 6.	Şev 6' nın pürüzlülük profilleri	107
Ek 7.	Şev 7' ye ait pürüzlülük profilleri.....	110
Ek 8.	Kesilmiş şevlere ait RMR sınıflama değerleri.....	111

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Şevlere ait şev yönelimleri ve eklem setleri tablosu.....	29
Tablo 3.2. Süreksizlik ara uzaklığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981).....	30
Tablo 3.3. Süreksizlik devamlılığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981)	32
Tablo 3.4. Süreksizlik açıklığının tanımlamasına ilişkin ölçütler (ISRM, 1981)	37
Tablo 3. 5. Süreksizliklerin bozunma derecesinin tanımlanması (ISRM, 2007)	41
Tablo 3.6. Kaya kütleleri için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçütleri.....	42
Tablo 3. 7. RQD sınıflaması (Deere, 1964)	42
Tablo 3.8. Şevlere ait kaya kalite göstergesi (RQD) değerleri	43
Tablo 3.9. Güncel J_v sınıflaması (Palmström, 1982 ve 1996).....	44
Tablo 3.10. RMR kaya kütle sınıflama sistemi (Bieniawski, 1989).....	45
Tablo 3.11. RMR sınıflama sistemine göre kaya sınıfları ve puanları	47
Tablo 3.12. Her bir şev' e ait süreksizlik özellikleri ve GSI değerleri.	50
Tablo 3.13. Gümüşhane Granitoyidi'ne ait V_p , V_s dalga hızları ve poisson oranları	51
Tablo 3.14. Farklı yazarlar tarafından önerilen RMR ve GSI' ye bağlı deformasyo modülü eşitlikleri	51
Tablo 3.15. Deformasyon modülü eşitliklerinde kullanılan parametrelere ait değerler.	52
Tablo 3.16. Granitlerin kaya kütle deformasyon modülünün (E_m , GPa) RMR ve GSI'ye bağlı istatistiksel değerlendirilmesi.....	52
Tablo 3.17. Her bir şev' e ait kaya malzemelerinin tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin istatistiksel değişimi	53
Tablo 3.18. Kesilmiş şevlere ait yönelim, süreksizlik setleri ve içsel sürtünme açıları.....	57
Tablo 3.19. Eklemlerin makaslama dayanımı değerleri	60
Tablo 3.20. Sayısal analizlerde kullanılan parametreler	72
Tablo 3.21. Şevlere ait sayısal analiz sonuçları	80
Tablo 3.22. Duraysız şevlerde yapılan iyileştirme sonucu belirlenen kritik şev açıları	82

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

- c : Kohezyon
- E_i : Kaya Malzemesinin Elastisite Modülü
- n : Porozite
- N : Schmidt geri sıçrama değeri
- V_p : P dalga hızı
- V_s : S dalga hızı
- ν : Poisson oranı
- γ : Birim hacim ağırlık
- σ_c : Tek eksenli sıkışma dayanımı
- ϕ : İçsel sürtünme açısı

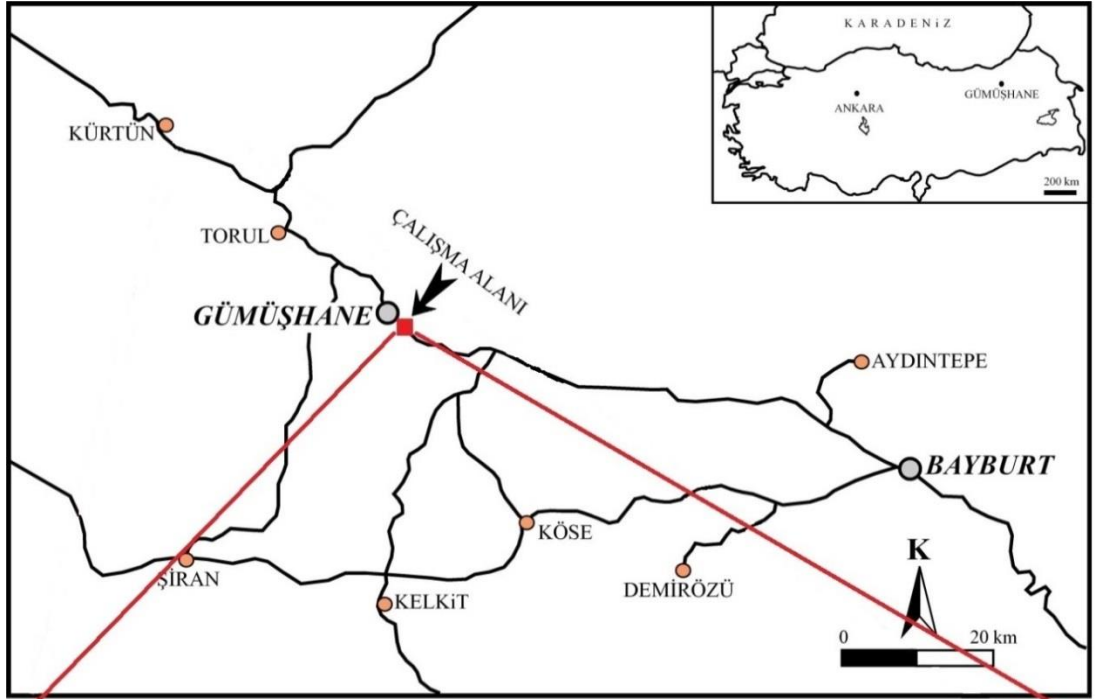
1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş ve Amaç

Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki İllerde (Trabzon, Rize ve Gümüşhane) meydana gelen şev duraysızlıkları incelendiğinde en etkili sebeplerin Trabzon ve Rize İlleri için; aşırı yağışlar, yüksek topoğrafik eğime sahip alanlar, akarsu aşındırmaları, heyelanlı alanlarda yüzeyleyen kaynak suları ve mühendislik projelerinin yapımında uygulanan yanlış kazı çalışmaları sebebiyle toprak akması şeklinde olduğu, Gümüşhane İli için ise; yüksek topoğrafik eğim, kayaçların aşırı derecede eklemlili ve ayrılmış olması, mühendislik projelerinin yapılmasında uygulanan yanlış kazı ve patlatmalar sonucunda daha çok moloz akması ve kaya düşmesi şeklinde kütle hareketlerine rastlanılmaktadır. Eğimin yüksek olduğu ve yağışlardan etkilenen yamaçlarda kütle hareketlerinin etkili olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum neticesinde karayollarında çoğu zaman can ve mal kaybına neden olabilecek kaya düşmesi, devrilme gibi kütle hareketleri meydana gelmektedir. Ülkemizde son yıllarda yapımı hızlı bir şekilde artan çift yönlü yol çalışmaları sebebi ile geçilecek yol güzergahlarındaki şevlerin tasarımında gerek kurumların, gerekse yüklenici firmanın şev tasarımlarında jeoteknik çalışmaların eksikliğinden ve hatalı değerlendirmelerin sonucunda tasarımı tamamlanmış (kesilmiş şev) şevlerde tekrar duraylılık problemleri görülmektedir. Ülkemizin farklı bölgelerinde bu tür problemler yaşanmakta olup, özellikle trafik yükünün yoğun olduğu, Doğu Karadeniz' i Doğu Anadolu'ya bağlayan tarihi İpek Yolu Güzergahı üzerinde yaklaşık 12km lik bir güzergahta 7 adet kesilmiş karayolu şevinin duraylılığı bu çalışmada değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane) arasındaki 7 adet kesilmiş karayolu şevinin duraylılığını sayısal (sonlu elemanlar metodu) ve kinematik analiz yöntemleri ile araştırmak, kaya kütle özelliklerini belirlemek ve duraysız şevleri duraylı hale getirecek kritik şev açılarını ve şev yönelimlerini belirlemektir.

1.2. Coğrafik Konum

Çalışma alanı, Tekke-Gümüşhane karayolunda, 1/25000 ölçekli H42-b2 paftası içerisinde yer almakta olup, yaklaşık 16 km² ' lik yer kaplamaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

Deniz seviyesinden yüksekliği 1150 m olan Gümüşhane İli Erzurum–Trabzon Karayolu üzerine kurulmuştur. İl, kuzeyde Trabzon, güneyde Erzincan, doğuda Bayburt, batıda Giresun illeriyle sınırlanmıştır. Şehrin topoğrafyası şehrin gelişimini engelleyecek özelliktedir. Şehri ortadan ikiye bölen ve GD-KB yönünde akan Harşit Çayı ‘dar V şekilli’ vadi oluşturduğundan, şehrin enine büyümesini engellemiştir. Bu nedenle yerleşme Harşit Vadisi boyunca olmuştur.

Çalışma alanı, Gümüşhane-Bayburt Devlet karayolu üzerinde yer almakta olup, inceleme alanına ulaşım asfalt yolla sağlanmaktadır. İnceleme alanına yaz kış ulaşım mümkündür.

1.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Gümüşhane İli her yönüyle olduğu gibi iklim özellikleri bakımından da Doğu Anadolu ile Doğu Karadeniz Bölümü arasında bir geçiş teşkil etmektedir. İl genelinde hem karasal, hem de Karadeniz ikliminin genel özellikleri görülmesine rağmen birbirine yakın kesimlerde bile iklimde geçişlere rastlanmaktadır. Karadeniz bölgesine oranla daha karasal iklim tipinde olup, yazları daha kurak kışları ise soğuk ve kar yağışlıdır. Bu da jeomorfolojik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Deniz seviyesinden yükseldikçe ve Doğu Anadolu Bölgesi’ne sınır teşkil eden yörelere ve Bayburt il sınırına yaklaştıkça karasal iklimin kendisini bariz şekilde hissettirdiği gözlenirken, aynı durum ilin iç kesimlerinde de görülmektedir. Merkez ilçeden batı ve kuzeybatıya doğru gidildikçe Harşit vadisi boyunca iklim elemanlarında bir geçiş özelliği gözlenmektedir.

Gümüşhane’ de ölçüm yapan tek istasyon olan merkez ilçedeki meteoroloji istasyon müdürlüğü rasat istasyonundan alınan rasat değerleri incelendiğinde; Gümüşhane’nin yıllık ortalama sıcaklığı 9.8 °C, en sıcak ay olan Ağustos ayının 19.9 °C, en soğuk ay olan Ocak ayının ise, -1.2 °C olduğu belirlenmiştir. İlde 20 °C ve daha üstündeki sıcaklık yılda ortalama 52 gündür. Yıl içerisinde sıcaklığın 0 °C’ nin altına düştüğü gün sayısı ise 64 gündür .

Gümüşhane İli karasal iklim ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş özelliği gösterdiğinden yağış rejimi de bu duruma uygunluk göstermektedir. Yıllık yağış miktarı ortalama 415mm olup, yıl içerisinde dağılışı oldukça düzenlidir. Ancak bu durum, il geneli için söylenebilir. Mikro ölçekte düzensizlikler görülebilmektedir. En fazla yağış ilkbahar

ve kış aylarında görülmektedir. Nisan ayı 58.9 mm' lik yağış ile en yağışlı ay olarak görülürken, Temmuz ayı 14.0 mm' lik yağış miktarı ile en kurak ay olarak izlenmektedir

Gümüşhane' nin ortalama rüzgâr hızı 10 m/sn dir. Kış mevsiminde batı (W) güneybatı (SW) diğer mevsimlerde ise genellikle W yönünden, sadece Mayıs aylarında ise SE yönünden hakim olarak esmektedir. Şimdiye kadar tespit edilen en hızlı rüzgar Nisan ayında 14.7 m/sn olup, batı (W) yönündedir. Gümüşhane' de fırtınalı günlerin sayısı ise yıllık ortalama 6 gün kadardır (Gümüşhane Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü, 2013).

İklimе bağılı olarak bitki örtüsü oldukça fakirdir. Yerleşime bağılı olarak yaygın meyve ağaçları bulunmasına rağmen, diğer kesimlerde çoğunlukla çalılık, az miktarda çam ve meşe ağacı gözlenmektedir.

1.4. Morfoloji

İlin % 59.6 lık bir bölümünü oluşturan dağlık alanlar genellikle il sınırları ile kuzey kesimlerini kaplarlar. Bu dağlar sıradağların uzantıları şeklinde olup, iç kesimlere doğru da tek dağlar olarak bulunurlar. Oldukça engebeli bir arazi üzerinde yer alan Gümüşhane'nin kuzeyini Zigana Dağları ile Trabzon Dağları' nın güney kısımları oluşturmaktadır.

1.5. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanını da içine alan bölgede çalışmanın amacına yönelik olarak geniş ölçekli birçok çalışma yapılmış olup, yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Erguvanlı (1950), "Trabzon-Gümüşhane arasındaki Pontidlerin bir kesiti" adlı araştırmasında; bölgenin 1/100000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak, Pontidlerde Senoniyen ve Lütesiyen yaşında iki kompleksin varlığından söz etmektedir.

Gattinger (1962), Gümüşhane yöresinde yüzeylenen kayaçların stratigrafik dizilimini Permiyen yaşlı metamorfik seriler ve granitler, Erken Jura yaşlı kireçtaşları, Geç Kretase yaşlı flişler ve Eosen yaşlı volkanik ve flişler serisi olarak sıralamıştır.

Ketin (1966), Pontid orojenik kuşağının doğusunda ve Doğu Pontid Güney Zonu'nda yer alan Gümüşhane ile Bayburt yörelerini kapsayan araştırma ile başlıca Mesozoyik yaşlı kayaçların çökel özellikleri ve birikim koşullarını ortaya koyarak havza geometrisinin şekillendirilmesi için çalışmalar yapmıştır.

Çoğulu (1970), “Gümüşhane ve Rize Plütonları’ nın Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronolojik Etüdü” isimli çalışmasında Gümüşhane-Rize bölgesinde geniş alanlara yayılmış granitik kayaçları petrolojik yönden incelemiştir. Bu çalışma ile Gümüşhane Plütonu’ nun yaşını Geç Paleozoyik olarak belirlemiş ve mikroskobik analizler sonucu plütonu; granit, granodiyorit ve kuvars monzonit olmak üzere üç birime ayırmıştır.

Yılmaz (1972), “Gümüşhane Graniti ve Çevre Kayaçların Yapısal ve Petrografik Etüdü” isimli çalışmasında; Gümüşhane ve dolaylarında ayrıntılı petrolojik çalışmalarla yöredeki magmatik kayaçları petrojenik açıdan incelemiştir. Yılmaz, Gümüşhane Granitoyidi’ni petrografik özelliklerine göre granit, monzogranit, kuvarsmonzonit ve granodiyorit olmak üzere dört ayrı fasiyeste incelemiştir.

Ağar (1977), “Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi” isimli Doktora Tezi çalışmasında, Berdiga Formasyonu’nda yaptığı çalışmalarla çökeltme ortamını belirlemiştir.

Pelin (1977) tarafından, Doğu Pontid Güney Zonu' nda geniş alanlarda yüzeylenen kireçtaşları tanımlanmış ve Berdiga Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Eren (1983), “Gümüşhane Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi” isimli çalışmasında Gümüşhane-Kale arasında mikrofasiyes incelemeleri yaparak, Kale yöresindeki Erken-Orta Jura yaşlı birimlere ‘Zimonköy Formasyonu’ adını vermiştir. Bu birimin Gümüşhane Graniti’ nin üzerine uyumsuzlukla geldiğini belirtmiştir.

Özdoğan (1983), Gümüşhane İli Kale Köyü Çevresinin Jeolojisi ve Tektoniği hakkında çalışmalar yapmıştır.

Türk-Japon Ekibi (1985), Yörenin 1/50000 ölçekli jeoloji haritalarını hazırlayarak intrüzif kayaçları yaşlarını Rb-Sr yöntemiyle tayin etmiş ve yaşlı intrüzif kayaçları 406 milyon yıl, genç intrüzif kayaçları ise 100 milyon yıl olarak tayin etmiştir.

Bergougnan (1987), Pontidler'de Jura öncesi yaşlı asitik mağmatiklerin bir yitim zonuna ilişkin olarak geliştiklerini ve bunlarda çeşitli yöntemlerle yapılan yaş tayinlerinde, bu mağmatiklerin Karbonifer-Permiyen zaman aralığında sokulum yaptıklarını belirlemiştir.

Güven (1993), Doğu Pontidler’in 1/250.000 Ölçekli Komplikasyonu’nu hazırlamıştır.

Tüdeş (2001), “Gümüşhane ve Yakın Çevresinin Yerleşime Uygunluk Açısından Araştırılması” isimli tez çalışmasında Gümüşhane Granitoyidi’ nin kaya kütle mühendislik özelliklerini belirlemiş ve yerleşime uygunluk açısından değerlendirmeler yapmıştır.

Kandemir (2004), ‘‘Gmhane ve Yakın Yöresindeki Erken-Orta Jura Yalı Şenköy Formasyonu’ nun çökel özellikleri ve Birikim Koşulları’’ isimli çalışmasında Gmhane ve yakın çevresindeki Erken-Orta Jura yalı volkano-tortul çökelleri ve birikim koşullarını inceleyip birime ‘‘Şenköy Formasyonu’’ adlandırmasını yapmıştır.

Topuz vd. (2010), Gmhane Granitoyidi’ nin yaını yaklaşık 320 My (Geç Karbonifer) olarak belirlemiŐlerdir. Yaptıkları çalışmalara göre Granit, granodiyorit ve felsik kayaçlar (mikrogranit, sferolitik dasit ve riyolit) granitoyidi oluşturan ana kayaç türleri olup, bu kayaçlar yüksek potasyumlu kalk alkalen bileŐimlidir.

Kaygusuz vd. (2012), DoĒu Pontid Kuzey Zonunda yüzeylenen Paleozoyik yalı granitlerin U-Pb Zirkon yalandırmasını yaparak Paleozoyik yalı granitleri deneŐtirmiŐtir.

Tüdeş vd. (2012), Gmhane İl Merkezi’ nde yapılan çalışmada; Őehir planlama, arazi kullanımı ve uygun yerleşim alanlarının seçimi üzerine çalışma alanındaki kaya birimlerini mühendislik jeolojisi açısından deĒerlendirmiŐlerdir.

AlemdaĒ vd. (2014), tarafından yapılan çalışmada; Gmhane (Mordut) bölgesindeki granitlerin kaya kütle mühendislik özellikleri belirlenmiş ve kaya Şevlerinin duraylılıĒı kinematik analiz, limit denge ve sayısal analiz yöntemleri kullanılarak deĒerlendirilmiŐtir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Arazi Çalışmaları

Bu çalışma kapsamında, Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane) arasındaki alanda yayılım gösteren birimlerin sınırlarını ve çalışılan birim ile ilişkisini belirlemek için jeoloji haritası hazırlanmıştır. İnceleme alanındaki 7 adet kesilmiş karayolu şevinin süreksizlik özelliklerinin belirlenmesinde hat etüdü yöntemi kullanılarak, süreksizliklere ait aralık, açıklık, pürüzlülük, devamlılık, dolgu, su durumu ve ayrışma derecesi özellikleri ISRM (1981) tarafından önerilen sınıflamalar dikkate alınarak belirlenmiştir. Ayrıca kaya malzemelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini laboratuvarında belirlemek için araziden blok örnekler alınmıştır.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Araziden alınan blok örnekler laboratuvar koşullarında ISRM (1981) standartlarında hazırlanarak fiziksel, dayanım ve elastik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca kaya kütleli süreksizliklerinden alınan blok örneklerde makaslama dayanımı testleri için numuneler hazırlanarak deformasyon kontrollü doğrudan makaslama deneyleri yapılmıştır.

2.3. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler yardımıyla kesilmiş karayolu şevlerinin duraylılığı kinematik ve sayısal analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Adobe Illustrator 10.0 çizim programı ile jeoloji haritası, kolon kesit ve enine kesit hazırlanmıştır. Arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarının sonunda, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünün yazım kurallarına göre bu tez hazırlanmıştır.

3. BULGULAR ve İRDELEME

3.1. Çalışma Alanı ve Çevresinin Genel Jeolojisi

Çalışma alanı olan Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane) Karayolu, Pontid Tektonik Birliği'nin (Ketin, 1966) doğusunda ve Doğu Pontid Güney Zonu'nda (Gedikoğlu vd., 1979) yer alır. Gümüşhane yerleşim alanında yüzeylenen farklı kayaç birlikleri Paleozoyik'ten Eosen'e kadar uzanan bir süreçte gelişmişlerdir (Şekil 3.1).

İnceleme alanındaki litostratigrafik birimler yaşlıdan gence doğru;

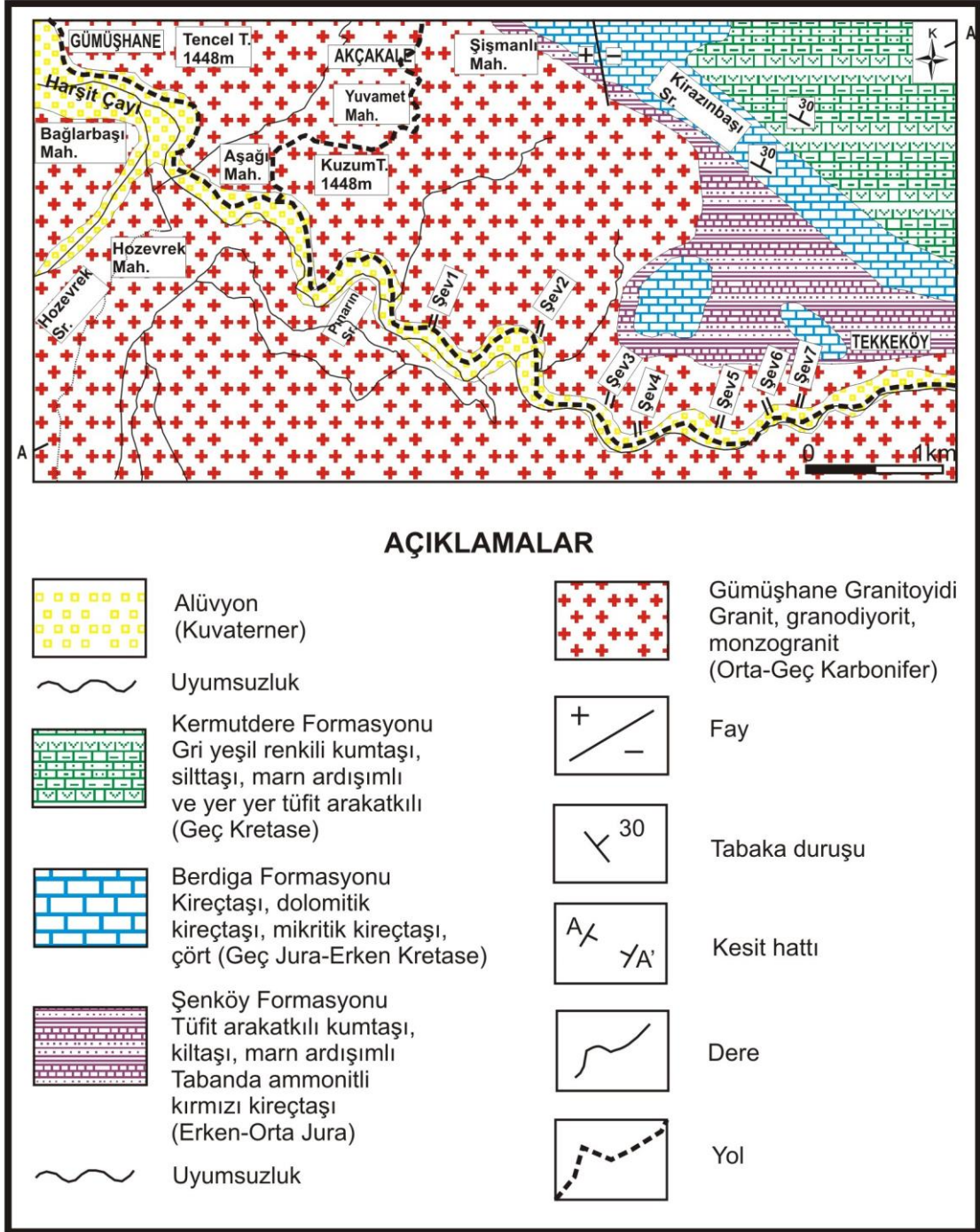
- | | |
|------------------------|--------------------------|
| -Gümüşhane Granitoyidi | (Orta-Geç Karbonifer) |
| -Şenköy Formasyonu | (Erken-Orta Jura) |
| -Berdiga Formasyonu | (Geç Jura-Erken Kretase) |
| -Kermutdere Formasyonu | (Geç Kretase) |
| -Alüvyon | (Kuvaterner) |

İnceleme alanının temelini Orta-Geç Karbonifer yaşlı Gümüşhane Granitoyidi (Topuz vd., 2008) oluşturur. Bu birim genelde orta derecede ayrılmış durumdadır. Gümüşhane Granitoyidi üzerine aşıl uyumsuzlukla Kuvaterner yaşlı Alüvyon gelmektedir.

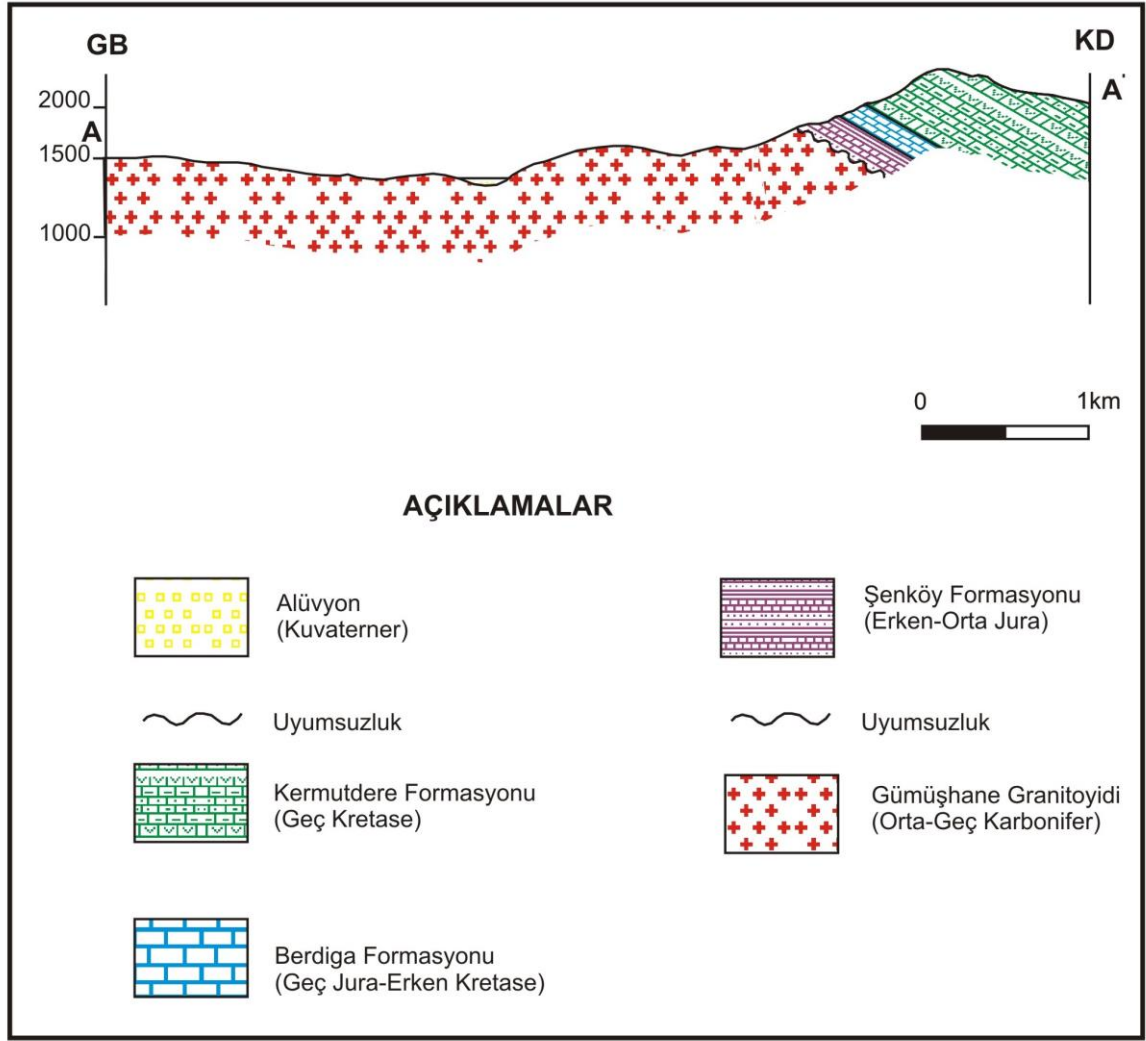
İnceleme alanı çevresinde Şenköy, Berdiga ve Kermutdere Formasyonları her ne kadar mevcut olsa da bu formasyonlara çalışma güzegağı boyunca rastlanılmamıştır.

PALEOZOYİK		MESOZOYİK				SEN.	ZAMAN
KARBONİFER		JURA		KRETASE		KUV.	DEVİR
ORTA-GEÇ KARBONİFER	ERKEN-ORTA JURA	GEÇ JURA	ERKEN KRETASE	GEÇ KRETASE	KERMUTDERE FORMASYONU		DEVRE
GÜMÜŞHANE GIRANİTOYIDI	ŞENKÖY FORMASYONU	BERDİGA FORMASYONU	BERDİGA FORMASYONU	BERDİGA FORMASYONU			FORMASYON
	~ 50 m		~ 100 m	~ 25 m			LİTOLOJİ
							AÇIKLAMALAR
							Alüvyon
							Gri yeşil renkli kumtaşı, silttaşı, marn ardışıklı ve yer yer tüfit arakatlı
							Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, mikritik kireçtaşı, çört
							Tüfit arakatlı kumtaşı, kiltası, marn ardışıklı
							Tabanda ammonitli kırmızı kireçtaşı
							Granit, granodiyorit, monzogranit
							Ölçeksizdir

Şekil 3.1. Çalışma alanı ve çevresine ait genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesit.



Şekil 3.2. Çalışma alanının jeoloji haritası



Şekil 3.3. Çalışma alanına ait A-A' jeolojik kesiti

3.1.1. Gümüşhane Granitoyidi

3.1.1.1. Ad ve Yayılım

İnceleme alanının da içinde yer aldığı Gümüşhane ve yakın yörelerindeki yüzeylenen granitik kayaçlar Yılmaz (1972) tarafından Gümüşhane Granitoyidi olarak adlandırılmıştır. Gümüşhane Granitoyidi Yılmaz (1972) tarafından ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve bu granitik kayaçlar granodiorit, adamellit (Çamlıca adamellit), porfirik granit ve mikrogranit şeklinde birimlere ayrılmıştır.

Benzer litolojik çalışmayı Bergougnan (1987) Gümüşhane Granitoyidi adı altında incelemiştir. Stratigrafi ilkeleri gereğince bu çalışmada da bu adlamaya sadık kalınmıştır.

İnceleme alanında geniş mostra veren granitoyidler, Hozevrek Mahallesi, Aşağı Mahalle, Yuvemet ve Şişmanlı Mahallesi' nde yayılım göstermektedir. Gümüşhane Granitoyidi inceleme alanında başlıca Harşit vadisi boyunca ve Bağlarbaşı Mahallesi' nde yüzeylenmektedir.

Gümüşhane Granitoyidi yer yer tamamen ayrılmış olup, yoğun eklemler içermektedir. Çatlaklı yapısı, iri kristalleri, pembemsi rengi ve altere olmuş görünümüyle arazide diğer birimlerden kolaylıkla ayırt edilmektedir (Şekil 3.4).

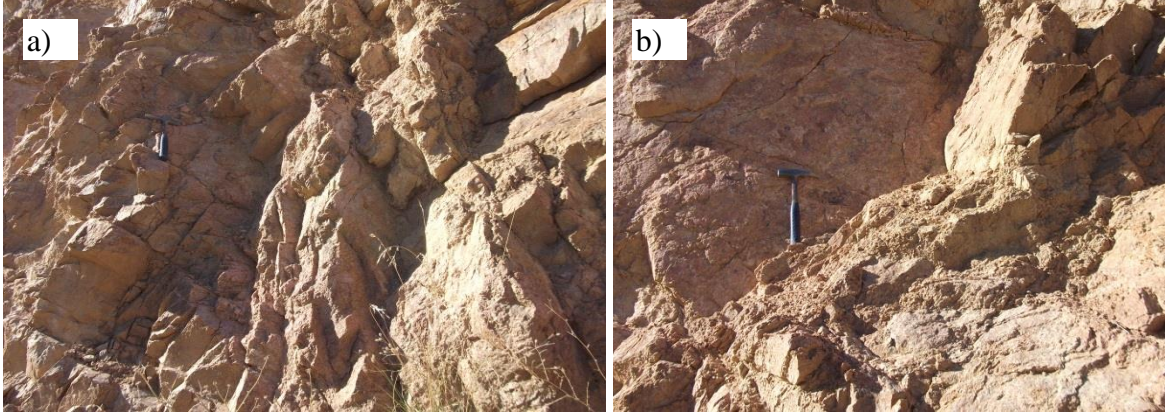


Şekil 3.4. Gümüşhane Granitoyidi' nin topoğrafik görünümü

3.1.1.2. Litoloji

Gümüşhane Granitoyidi çevre kayalardan renk tonu ve litolojik farklılık nedeniyle kolayca ayrılır. Genellikle pembe renkte ve bol çatlaklı olarak gözükmetedir. Çatlaklar boyunca orta derecede yüzeysel ayrışma gözükmetedir.

Çekiçle kırılmaları çok zor değildir. İri taneli yapısıyla tipiktir (Şekil 3.5). Makroskopik olarak kuvars, ortoklas ve pilajiyoklas gibi mineraller gözle görülebilmektedir. Kristal boyutları 0,5 ile 1 cm arasında değişmektedir. Çatlaklar yer yer ikincil kalsit ve kuvars tarafından doldurulmuştur.



Şekil 3. 5. Gümüşhane Granitoyidi' ne ait iri taneli granitlerin mostrasından alınan fotoğraf

Bu birimden alınan örneğin mikroskopik incelenmesinde ayrıntılı olarak şu özellikleri belirlenmiştir.

Kesit no: G-1

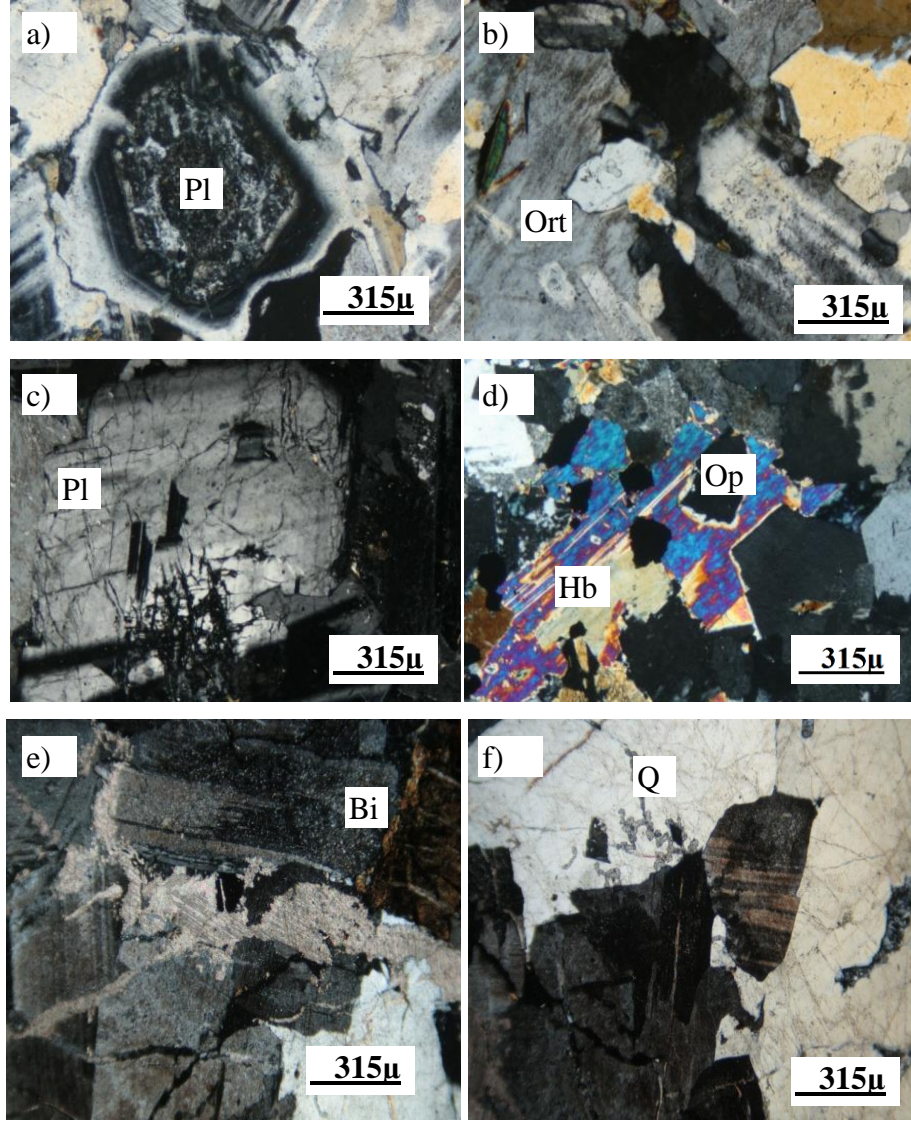
Alındığı Yer: Şev 4

Doku: Yer yer porfirik doku ve genellikle granüler doku görülmektedir.

Mineraller: Kayaçta ağırlıklı olarak kuvars, ortoklas, plajiyoklaz, biyotit, hornblend ve az oranda aksesuar mineralleri bulunmaktadır.

Ortoklas: Öz şekilsiz kristaller halinde, kuvarsla birlikte diğer minerallerin arasını doldurur. Kesitte yaklaşık olarak %25-30 oranında bulunur. Tek nikelde kirli beyaz görünümüyle diğer minerallerden kolaylıkla ayırt edilmektedir.

Kuvars: Genellikle iri taneli öz şekilsiz taneler halinde bulunmaktadır. Dalgalı sönme göstermektedir. Açık parlak rengi ve pürüzsüz yapısı ile kolaylıkla ayırt edilebilir. Röliyefi düşüktür. Tek nikelde renksiz ve berraktır. İncelenen kesitte yaklaşık % 30-35 oranında bulunmaktadır.



Şekil 3.6. Gümüşhane Granitoidi'nde gözlenen dokusal özelliklerin çift nikol mikroskop görünümü, a) Zonlu plajiyoklas, b) Poikilitik doku, c) İri plajiyoklas kristalleri içerisinde küçük plajiyoklas kristallerinin bulunması d) İri hornblend içinde küçük Pl ve opak mineral e) Biyotit f) Kuvars (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Ort: Ortoklas, Bi: Biotit, Hb: Hornblend, Op: Opak mineral, Q: Kuvars)

Biyotit: Öz şekilli ve yarı öz şekilli kristaller halinde bulunur. Tek nikolde koyu sarı ve koyu kahve renkli pleokroizma görülmektedir. İncelenen kesitte yaklaşık % 8-12 oranında bulunmaktadır.

Plajiyoklas: Yarı öz şekilli ve özşekilsiz taneler halinde görülmektedir. Polisentetik ikizlenme mevcuttur. İncelenen kesitte yaklaşık % 15-20 oranında bulunmaktadır. Kısmen serizitleşmiştir. Cins tayini yapılmamıştır.

Hornblend: Paleozoik yaşı Gümüşhane Granitoyidi kayaçları içinde hornblendler yaklaşık olarak % 4-5 oranında bulunmaktadır.

Ayrışma Mineralleri: Kırık ve çatlaklarda kalsit damarları bulunmaktadır. İkincil mineral olarak feldispat yoğun serizitleşmiş şekilde görülmektedir.

Kayaç Adı: Granit-Granitoyid (Şekil 3.6).

3.1.1.3. Alt-Üst Sınırlar

İnceleme alanında Gümüşhane Granitoyid'inden daha yaşlı birim yoktur. Bu nedenle alt sınırı görülemediği. Birimin üzerine ise Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu' na ait kırmızı kireçtaşı, killi kireçtaşı, kumtaşı-kiltaşı, andezit-bazalt ve piroklastları ve çört uyumsuz olarak gelmektedir.

3.1.1.4. Yaş

Gümüşhane Granitoyidi çalışma sahasının en yaşlı birimi olup, Orta-Geç Karbonifer yaşlıdır. Jeokronolojik yöntemlerle granitoyidin yaşı 298-338 milyon yıl olarak saptanmıştır (Çoğulu, 1970). Buna göre, Gümüşhane Granitoyidi' nin Permokarbonifer yaşlı olduğu ve Hersinyen orojenezi sırasında sokulum yaptığı ifade edilmiştir (Ketin, 1950). Ayrıca Baykal (1952) ve Çoğulu (1970) granitoyidin yaşını Geç Permokarbonifer olarak belirtmişlerdir. Söz konusu granitoyidlerin çalışmacılar tarafından Triyas süresince aşınmaya uğradığı belirtilmiştir. Topuz vd. (2008), Gümüşhane plütonunda yaptığı çalışmalarda granitoyidin yaşını 324 My (U- Pb) ve 320 My (Ar- Ar) olarak tespit etmiştir. Bu çalışmada da Orta-Geç Karbonifer yaşı benimsenmiştir.

3.1.1.5. Deneştirme

Gümüşhane Granitoyidi, yaşı ve litolojik içeriği ile benzerlik gösteren Geç Karbonifer yaşlı Köse Graniti olarak adlandırılan (Bergougnan 1987, Dokuz 2011), çoğunlukla alkali feldspat granit, granit ve daha az olarak granodiyorit bileşiminde kayaçlardan oluşan birim ile deneştirilebilir niteliktedir.

3.1.2. Şenköy Formasyonu

3.1.2.1. Ad ve Yayılım

Bu birimi tanımlamaya yönelik ilk çalışma Ağar (1977) tarafından Demirözü (Bayburt) yöresinde yapılmış ve birime Hamurkesen Formasyonu adı verilmiştir. Eren (1983) yakın yörede yapmış oldukları çalışmalarda Erken- Orta Jura yaşlı kayaçları Zimonköy Formasyonu olarak adlandırmıştır. Son olarak Kandemir (2004) Şenköy Formasyonu olarak adlandırmıştır. Tamamen benzer özelliklerinden dolayı inceleme alanındaki Erken- Orta Jura yaşlı kayaçlara bu adın verilmesi uygun görülmüştür.

Şenköy Formasyonu inceleme alanında Akçakale Mahallesi' nin kuzeydoğusunda ince bir bant halinde görülmektedir. Gümüşhane Granitoyidi ile Berdiga Formasyonu arasında yer alan birim topoğrafyada gri, koyu gri, morumsu veya yeşilimsi rengeyle ve yumuşak röllyefe sahip görüntüsüyle diğer birimlerden ayırt edilebilmektedir (Şekil 3.7).

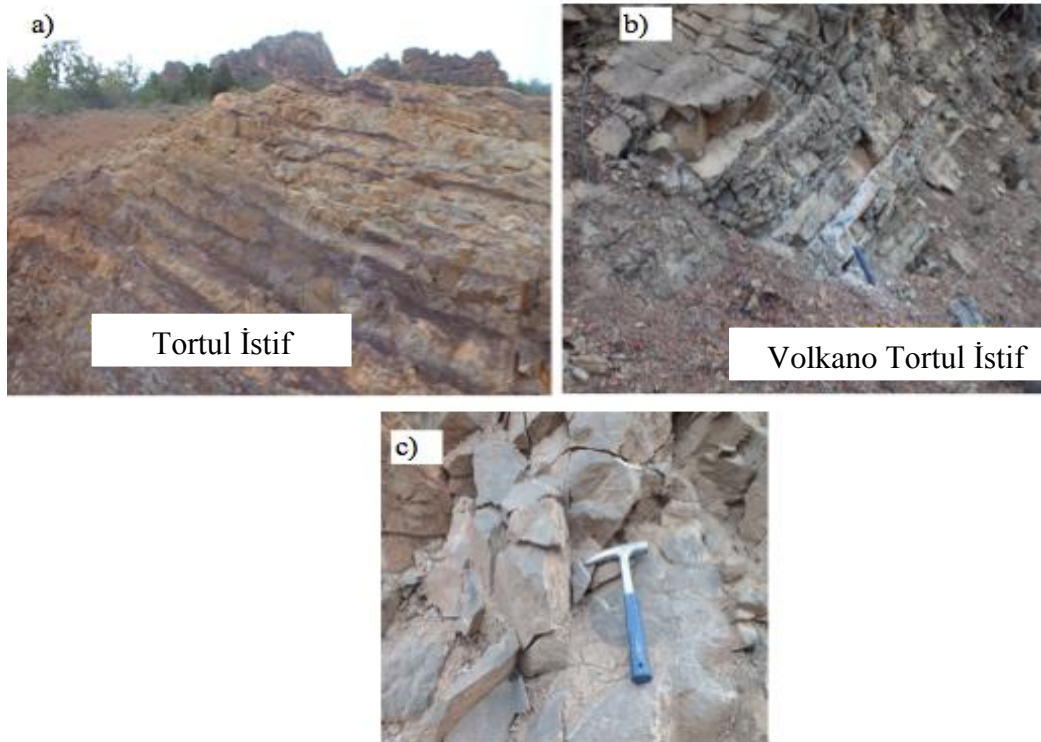


Şekil 3. 7. Şenköy Formasyonu' nun Berdiga Kireçtaşları ve Kermutdere Formasyonu ile olan sınır ilişkilerinden topoğrafik görünüm

3.1.2.2. Litoloji

Birim tabanını yer yer kırmızı renkte gözlenen kumlu çamur taşları ve beyaz renkli, kalın tabakalı çört ara düzeyleri oluşturmaktadır. Bu birimin üzerine gelen volkanik kayalar çok çatlaklı olduklarından dolayı aşırı derecede ayrışmaya uğramıştır. Tabakalar arasında laminalı seviyeler gözlenmektedir. Şenköy Formasyonunun üst seviyelerine doğru andezitler ve Berdiga Formasyonu ile arasında kömürlü seviye bulunmaktadır.

Şenköy Formasyonu' nun transgresyonlara bağlı gelişen tortul çökelimine volkanik faaliyetler yer yer eşlik etmiştir. Formasyon yeşilimsi gri marn, orta katmanlı kahverenkli dereceli kumtaşı, tüf, tüfit, marn, bazaltik ve andezitik lav ardışımından oluşan tipik bir volkano-tortul dizi özelliği göstermektedir (Şekil 3.8). Bu oluşum Şenköy Formasyonu' nun yarı bataklık, sığ ve duraysız denizel ortam koşullarında geliştiğini ortaya koymaktadır. Birim içindeki kaya türleri; geometri, çökel yapı ve dokusal özellikleri bakımından Geç Jura süresince kumtaşlarının çok iyi tabakalı yapı göstermesine karşın, volkanik kayalar çatlaklı yapılar kazanmış, aşınma ve ayrışma olaylarına maruz kalmışlardır.



Şekil 3.8. Şenköy Formasyonu içindeki a) Tortul istif, b) Volkano tortul istif, c) Andezit mostralarından alınan fotoğraflar

Bu birimden alınan örneğin mikroskobik incelenmesinde ayrıntılı olarak şu özellikleri belirlenmiştir.

Kesit No: S1

Alındığı Yer: Şişmanlı Mahallesi' nin kuzeyi

Mineraller: Kayaçta plajiyoklas, ojit, olivin, biyotit, apatit, opak mineraller ve ikincil minerallerin olduğu görülmüştür.

Bazaltların mikroskobik incelemelerinde mikrolitik porfiri doku gözlenmektedir.

Plajiyoklas: Genellikle öz şekilsiz-yarı özşekilli özellikte görülmekte olup, mikrolitik-porfirik doku özelliği göstermektedir. Latalar hamur içinde iğnemsî kristaller şeklinde yoğun olarak gözlenmektedir.

Ojit: Genellikle yarı öz şekilli ve şekilsiz ince-uzun prizmatik kristaller, daha az olarak da öz şekilli iri prizmatik kristaller halinde bulunur. Genellikle renksiz veya çok açık yeşil renktedir.

Olivin: Hem öz ve yarı öz şekilli levhamsı iri kristaller, hem de hamurda küçük kristaller halinde görülür. Genellikle iddingsit ve opak minerallere, daha az olarak da serpantin, klorit ve kalsite dönüşmüş olarak görülür.

Biyotit: Bazı kesitlerde görülür ve diğer ferromagnezyen minerallere oranla daha az olarak bulunur. Açık sarı-koyu kahverengi pleokroizma belirgindir. Genellikle yarı öz şekilli küçük prizmatik kristaller halindedir. (001) yüzeyine paralel dilinim belirgin ve bu dilinime göre paralel sönmelidir. Dilinim ve kenarları boyunca klorit ve opak minerallere dönüşmüş olarak görülür.

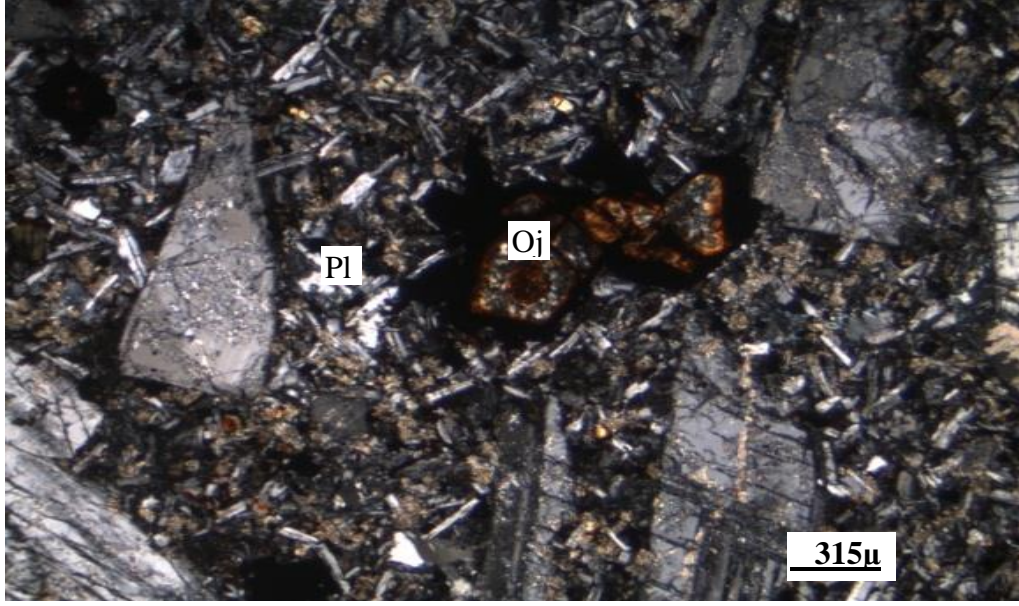
Apatit: Plajiyoklaslar üzerinde küçük, iğnemsî kristaller halinde bulunur. Genellikle berrak renkte ve dik sönmeye gösterir.

Opak mineral: Hem olivin, ojit ve biyotitin kenar kısımları boyunca, hem de hamurda köşeli, yuvarlaklaşmış taneler halinde bol miktarda bulunur.

İkincil mineraller: Kalsit, serizit, klorit, epidot ve iddingsit minerallerinden oluşurlar. Ayrışma ürünü ve çatlak dolgusu şeklinde ikincil olarak gelişmişlerdir.

Hamur: Plajiyoklas, ojit, olivin, biyotit ve opak minerallerin mikro ve kriptokristallerinden oluşmaktadır.

Kayaç adı: Bazalt (Şekil 3.9)



Şekil 3.9. Şenköy Formasyonu içindeki bazaltlarda gözlenen mikrolitik porfirik doku (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Oj: Ojit)

3.1.2.3. Kalınlık

Enine jeolojik kesitte Şenköy Formasyonu' nun kalınlığı yaklaşık 50 m olarak belirlenmiştir.

3.1.2.4. Alt-Üst Sınırlar

Şenköy Formasyonu kırmızı çamur taşları konglomera seviyesi ile Geç Karbonifer yaşlı Gümüşhane Granitoyidi üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Üst sınırı ise Berdiga Formasyonu' na ait dolomitik kireçtaşlarıyla uyumludur.

3.1.2.5. Fosil İçeriği ve Yaş

Birimi oluşturan kayalarda yapılan incelemelerde, birime yaş verebilecek herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Daha önceki çalışmalarda, kaynaklar Şenköy Formasyonu' nda saptanan makro ve mikro fosillere dayanarak bu birime Erken-Orta Jura yaşı vermiştir. Bu çalışmada da Şenköy Formasyonu' nun Erken-Orta Jura yaşı olduğu esas alınmaktadır.

3.1.2.6. Deneştirme

Şenköy Formasyonu, Gümüşhane yöresinde Eskibağlar Formasyonu (Tokel 1972), Bayburt Demirözü yöresinde Hamurkesen Formasyonu (Ağar 1977) ve yine Gümüşhane yöresinde Glaar Formasyonu (zdoğan 1983) ile hem litolojik hem de stratigrafik yönden benzemektedir.

3.1.3. Berdiga Formasyonu

3.1.3.1. Ad ve Yayılım

Alucra' nın (Giresun) güneydoğusunda, Berdiga Dağları boyunca en iyi Şekilde izlenen bu birim, ilk olarak Pelin (1977) tarafından Berdiga Formasyonu olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanındaki Geç Jura-Erken Kretase yaşlı kireçtaşlarıyla benzer özellik göstermesinden dolayı aynı formasyon adı bu birim içinde kullanılmıştır.

Birim KirazbaŐı Sırtı ve TrkmenkayaŐı civarında gözlenmektedir. Topoğrafyada genellikle ykselimlerin zirvesini oluşturmaktadır. Yüksek rölyefi, açık gri rengi ve kalın tabakalı ve masif görünümlü yapısıyla diğer birimlerden ayırt edilmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Berdiga Kireçtaşı ile Şenköy Formasyonu arasındaki sınır ilişkisini gösteren topoğrafik görünüm

3.1.3.2. Litoloji

Birim inceleme alanında gri-bej rengi ile kolaylıkla tanınabilmektedir. Taze kırık yüzeyi açık gri renkte olan dolomitler şeker dokusu göstermesiyle tipiktir. Dış yüzeyleri kirli gri kahverengi tonlarda gözlenmektedir. Ayrışma yüzeyleri ise kırmızımsı-kahverengi tonlarındadır ve yer yer erime boşlukları göstermektedir.

Birim tabanda dolomitik kireçtaşlarıyla başlayıp üst seviyelere doğru kalın-masif tabakalı açık renkli kireçtaşlarıyla son bulmaktadır. Tabaka kalınlıkları farklılık göstermekte ve kalınlıkları 0,1m-3m arasında değişmektedir. Tabakaların doğrultuları KB-GD olup eğimleri KD' ya doğrudur. Eğim açıları 16° ile 60° derece arasında değişmektedir.

Bu birimden alınan örneğin mikroskobik incelenmesinde ayrıntılı olarak şu özellikleri belirlenmiştir.

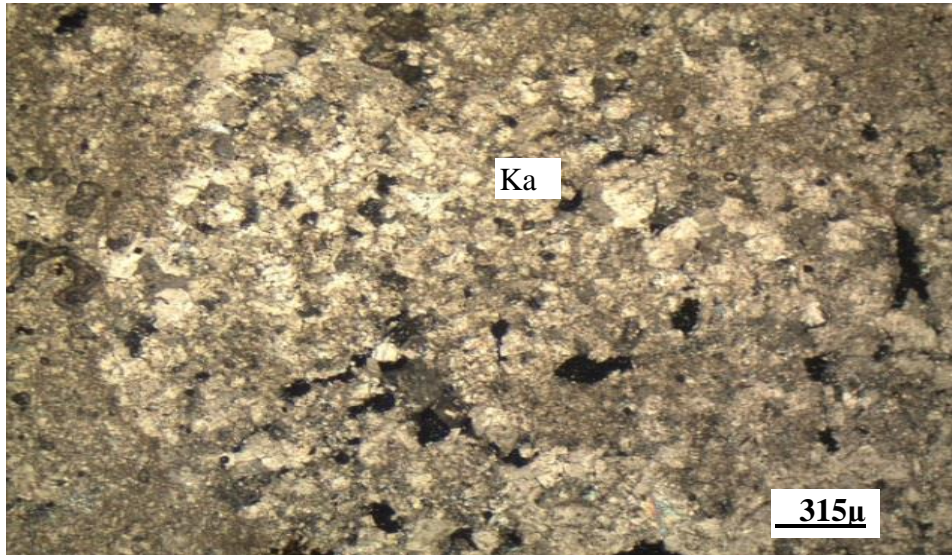
Kesit no: B-1

Alındığı Yer: Türkmen Kayası

Bileşenler: Kayaç içerisinde kalsit, dolomit kırıntılarına ve fosil kalıntılara rastlanmış olup diğer bileşenlere rastlanılmamıştır.

Doku: Sparitik dokuludur.

Kayaç Adı: Kireçtaşı (Şekil 3.11)



Şekil 3.11. Berdiga Kireçtaşları içindeki dolomitik kireçtaşlarından mikroskop altı çift nikol fotoğrafları (Ç.N. Ka: Kalsit).

3.1.3.3. Kalınlık

Enine jeolojik kesitten Berdiga Formasyonu'nun kalınlığı yaklaşık 100 m olarak belirlenmiştir.

3.1.3.4. Alt-Üst Sınırlar

Berdiga Formasyonu, alt sınırında Şenköy Formasyonu ve üst sınırında Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu ile uyumlu gözlenmektedir.

3.1.3.5. Fosil İçeriği ve Yaş

Berdiga Formasyonu Geç Kretase yaşlı kırmızı kireçtaşlarının altında yer alır. Ayrıca, Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu'nu uyumlu olarak üstlerler. Tüm bu veriler ve inceleme alanına yakın bölgede yapılan önceki çalışmalarla (Tokel, 1972; Pelin, 1977; Ağar, 1977) korele edilerek, kireçtaşlarının yaşının Dogger-Malm Erken Kretase olabileceği sonucuna varılmıştır.

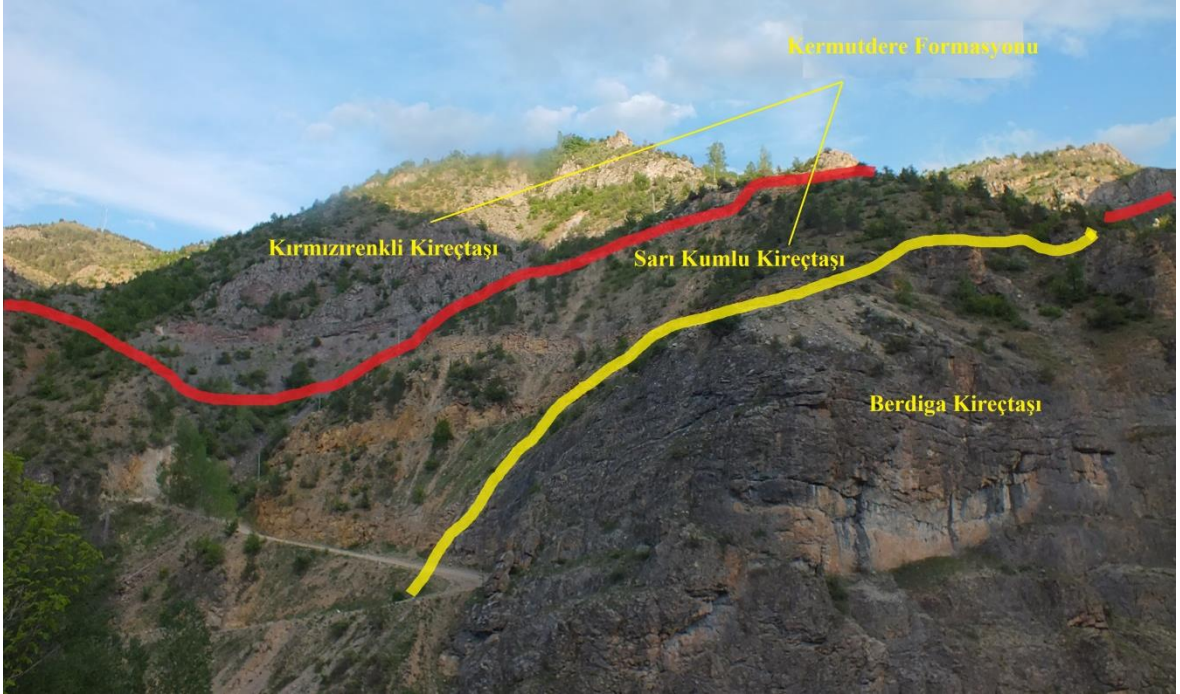
3.1.3.6. Deneştirme

Berdiga Formasyonu, Gümüşhane yöresinde Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Harşit Formasyonu (Tokel 1972); Demirözü ve Köse yöresindeki Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Hozbirik Yayla Kireçtaşı (Ağar, 1975); Reşadiye yöresinde Hankır Tepe Formasyonu (Seymen, 1975); Ünye-Ordu yöresinde Zinav Kireçtaşı (Terlemez ve Yılmaz, 1980); Maçka yöresinde Berdiga Kireçtaşı (Taslı, 1984); Trabzon-Maçka güneyi yöresinde Yarı Kristalize Kireçtaşı (Gülibrahimoğlu vd., 1985); Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Kuşakkaya Formasyonu (Türk-Japon Ekibi, 1985); Gümüşhane yöresinde Malm-Erken Kretase yaşlı Kuşakkaya Formasyonu (Türk-Japon Ekibi, 1985); Çaykara yöresinde Ataköy Formasyonu (Bulut, 1989); Artvin Yöresinde Kristalize Kireçtaşı (Van, 1990); Dereli (Giresun) yöresinde Sülü Formasyonu (Boynukalın, 1990) ve Güzelyayla (Maçka) yöresinde Kristalize Kireçtaşı (Yalçınalp, 1992) ile litolojik ve stratigrafik olarak benzer özellikler göstermektedir.

3.1.4. Kermutdere Formasyonu

3.1.4.1. Ad ve Yayılım

Bu formasyon ilk kez litostratigrafi kurallarına uygun olarak ilk kez Tokel (1972) tarafından tanımlanmış ve tipik yüzeylemesinin en iyi görüldüğü yer “Kermut Köyüne” (Gümüşhane) atfen Kermutdere Formasyonu olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanında benzer litolojik ve stratigrafik özellikteki birimler içinde aynı adlama kullanılmıştır (Şekil 3.12).

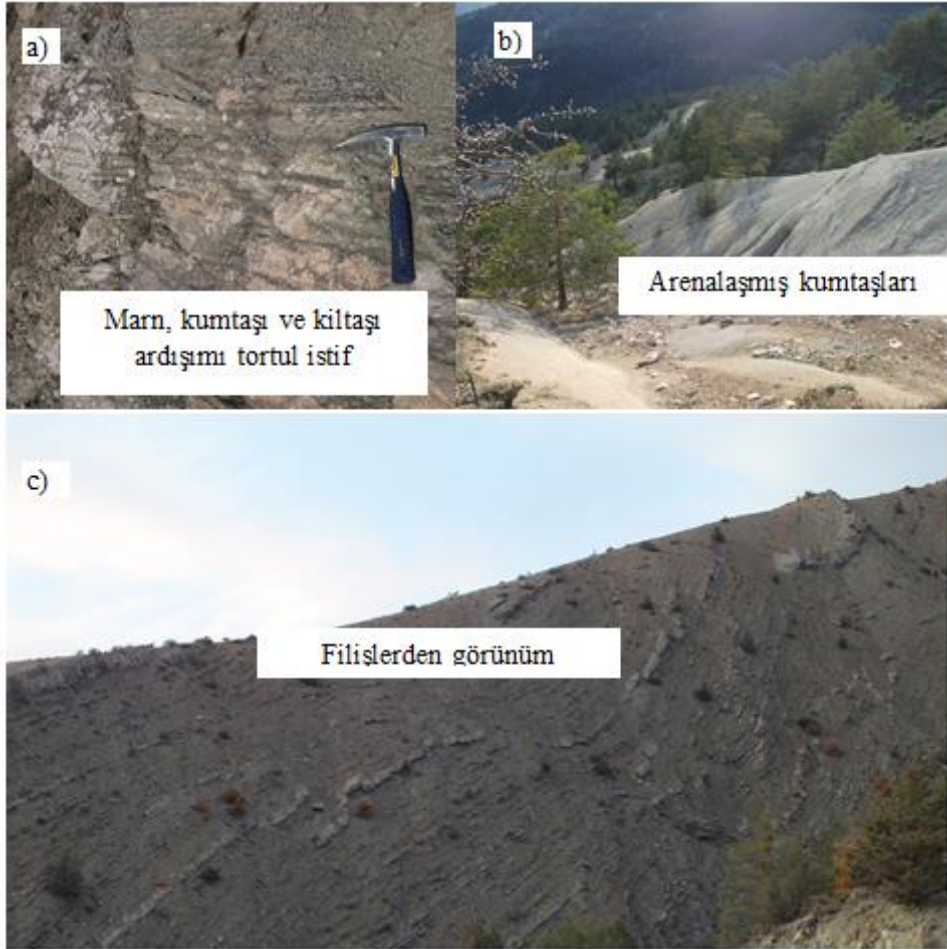


Şekil 3.12. Kermutdere Formasyonu' nun Berdiga Kireçtaşı ile olan sınırının topoğrafik görünümü

3.1.4.2. Litoloji

Kermutdere Formasyonu, tabanında sarı renkli kumlu kireçtaşı ile başlar ve bunun üzerine kırmızı renkli kireçtaşı ile devam eder. Bunların üzerine ise ince, orta katmanlı tüfit ara katkıları içeren kumtaşı-marn-kiltaşı ardışımından oluşan türbiditik istif gelmektedir. Bu istif içindeki kumtaşları genellikle yeşilimsi ve grimsi tonlarda olup diğer litolojilere oranla daha sağlam yapıya sahip oldukları için yamaçlarda çıkıntılar şeklinde

görülür. Türbidit istif içerisinde, tortul yapı olarak derecelenme ve laminalanma yaygın olarak görülmektedir. Marınlar kırıklı bir yapıya sahip olmaları ve kolaylıkla dağılmaları nedeniyle kumtaşları ve siltaşlarından ayırt edilirler (Şekil 3.13).



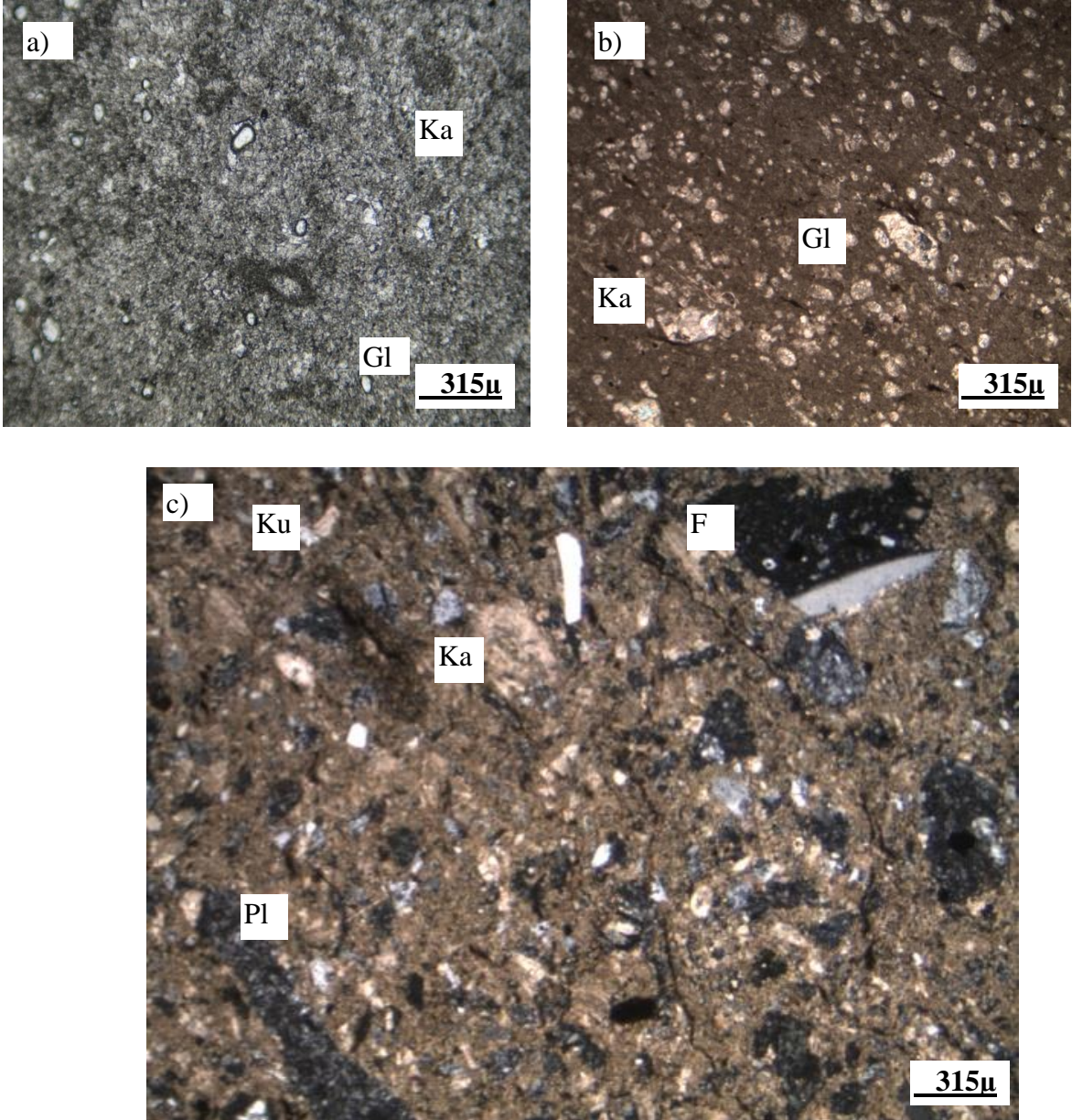
Şekil 3.13. Kermutdere Formasyonu' na ait a) Marın, kumtaşı ve kilitaşı ardışımı tortul istif, b) Arenalaşmış kumtaşları, c) Filişlerden görünüm.

Bu birimden alınan örneğin mikroskobik incelemelerinde şu özellikleri belirlenmiştir;

Kesit no: KD1

Alındığı Yer: Türkmen Tepesi' nin Kuzeyi

Kayaç Adı: Kumtaşı (Şekil 3.14)



Şekil 3.14. Kermutdere Formasyonu içindeki a) ve b) Kırmızı kireçtaşlarına ait Globotruncana fosilleri, c) kumlu kireçtaşlarına ait kuvars ve feldispat mineralleri (Ç.N. Pl: Plajiyoklas, Ku: Kuvars, F: Feldispat, Ka: Kalsit, Gl: Globotruncana)

3.1.4.3. Kalınlık

Çalışma alanında Kermutdere Formasyonu'nun kalınlığı yaklaşık 25 m civarındadır.

3.1.4.4. Alt-Üst Sınırlar

Kermutdere Formasyonu, Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Kermutdere Formasyonu üzerine gelen Alüvyon uyumsuz olarak örtmüştür.

3.1.4.5. Fosil İçeriği ve Yaş

Birim içerisinde gözlenen *Glabotruncana* sp., *Radiolaria* sp. Faunasına dayandırılarak, bu birime Geç Kretase yaşı verilmiştir (Eren 1983). Bu çalışma da birimin yaşı Geç Kretase olarak alınmıştır.

3.1.4.6. Deneştirme

Kermutdere Formasyonu, Mescitli yöresi Geç Kretase yaşlı Mescitli Formasyonu'nun üst seviyelerini oluşturan türbidit serileri (Güven 1993) ve Reşadiye dolaylarında Geç Kampaniyen-Maastrichtien yaşlı Kabaklı Formasyonu (Pelin 1977) ile hem litolojik olarak hemde stratigrafik olarak benzerdir.

3.1.5. Alüvyon

Kuvaterner yaşlı alüvyon özellikle Harşit Çayı boyunca görülmektedir. Harşit Çayı kollarını oluşturan diğer dere ve vadilere ulaşmıştır. Alüvyon içerisinde çevre kayaların blok boyutundan kil boyutuna kadar değişen boyutlarda malzemelerini gözlemek mümkündür. Malzemenin büyük bir çoğunluğunu yuvarlak ve az yuvarlak tane şekilleri gösteren, blok ve çakıl boyutunda kayalar oluşturmaktadır. Alüvyonların kalınlığı değişkenlik göstermekte olup, bunlar güncel olarak oluşmaya devam etmektedir. Çalışma sahasında alüvyonlar genellikle düzlük alanı oluşturmaktadır.

3.2. Mühendislik Jeolojisi

Bu çalışmada, Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane) arasındaki 7 adet kesilmiş karayolu şevinin duraylılığı incelenmiş olup, şevlerin duraylılık analizlerinde sayısal (sonlu elemanlar metodu) ve kinematik analiz yöntemleri kullanılarak kaya kütlelerinin duraylılığı araştırılmıştır. Bu kapsamda kaya kütle süreksizlik özelliklerinin belirlenmesinde hat etüdüleri yöntemi kullanılarak, süreksizliklere ait aralık, açıklık, pürüzlülük, devamlılık, dolgu ve ayrışma derecesi özellikleri ISRM (1981) tarafından önerilen sınıflamalar dikkate alınarak belirlenmiştir. Araziden alınan blok örnekler laboratuvar koşullarında ISRM (1981) standartlarında hazırlanarak fiziksel, dayanım ve elastik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca kaya kütlesi süreksizliklerinden alınan blok örneklerde makaslama dayanımı testleri için numuneler hazırlanarak deformasyon kontrollü doğrudan makaslama deneyleri yapılmıştır. Elde edilen arazi ve laboratuvar deney sonuçlarından yararlanılarak RMR ve GSI kaya kütle sınıflama puanları hesaplanmıştır.

Yukarıda belirtilen arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda derlenen veriler yardımıyla kesilmiş karayolu şevlerinin duraylılığı kinematik ve sayısal analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir.

3.2.1. Süreksizliklerin Özelliklerinin Belirlenmesi

Süreksizliklerin, özellikleriyle ilgili veri toplanmasında istatistiksel anlamda en tatmin edici sonuçların alındığı yöntem, hat etüdü yöntemidir. Jennings (1970) tarafından önerilen yöntem, daha sonra Piteau (1970) tarafından revize edilmiş, Fookes ve Denness (1969), Attewell ve Farmer (1976), Priest ve Hudson (1981) gibi araştırmacılar ile ISRM (1978) tarafından geliştirilmiştir ve sonraki yıllarda ISRM (2007) tarafından yapılan önerilerle bugünkü halini almıştır.

Geniş bir alanda kaya kütlelerinin incelenmesine ve süreksizliklerden doğrudan ölçüm alınmasına olanak kılın bu yöntemin ilk olarak süreksizlik ara uzaklığı ve devamlılığına bağlı olarak uygun uzunlukta mostra yüzeyleri seçilmiş ve farklı hatlarda ölçümler yapılmıştır (Şekil 3.15). Mostranın seçiminde süreksizliklerin en az %50 sinin ucu görünecek şekilde olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 3. 15. Granitoyidlerde yapılan hat etüdü çalışmaları

3.2.1.1. Süreksizlik Yönelimi

Süreksizliklerin uzaydaki konumları genellikle eğim ve doğrultuları veya eğim ve eğim yönü ile tanımlanır. Eğim, bir süreksizlik düzleminin yatay düzlemle yaptığı açıdır. Kuzeyden itibaren saat yönünde ölçülen ve kuzey yönü ile eğim çizgisinin yatay düzlemdeki izdüşümü arasındaki açı ise, eğim yönü açısı olarak tanımlanır. Süreksizlik düzlemlerinin konumlarını tanımlayan veriler eğim yönü- eğim açısı olarak kaydedilmiştir. Yönelimleri hemen hemen birbirleriyle aynı olan tekil süreksizliklerin oluşturduğu topluluğa ise "süreksizlik takımı" adı verilir. Kaya kütleleri çoğu kez birden fazla süreksizlik takımı içerirler. Bu nedenle, arazide ölçülmüş çok sayıdaki süreksizlik yöneliminin (Şekil 3.16) istatistiksel yöntemlerle değerlendirilerek, süreksizlik takımı sayısının belirlenmesi, mühendislik jeolojisi uygulamalarının ayrılmaz bir parçasıdır.

Bu çalışmada şev düzlemlerinden alınan yönelim ölçüleri (eğim yönü-eğim açısı) DIPS 5.01 (Rocscience, 2004) bilgisayar programında değerlendirilmiş ve yoğunlaşan kutup

noktalarına ait olan düzlemler belirlenmiştir. İncelenen her bir şev için süreksizlik setleri belirlenmiş olup, Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3.1. Şevlere ait şev yönelimleri ve eklem setleri tablosu

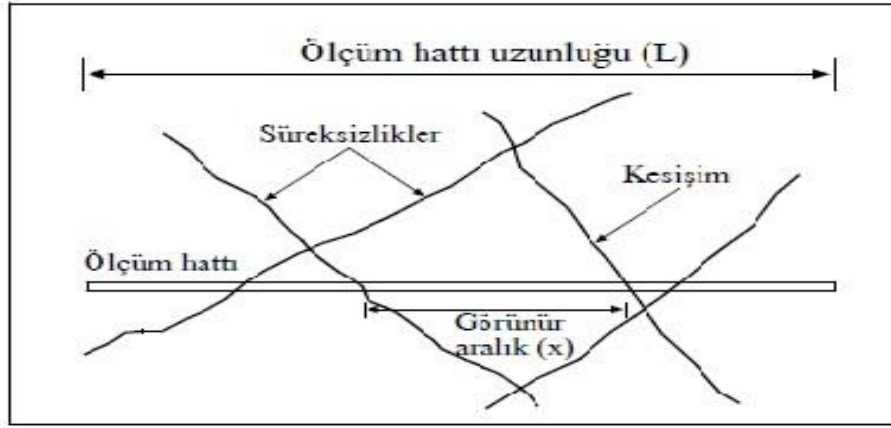
Şev Yönelimi		Kesilmiş Şevler						
		Şev 1	Şev 2	Şev 3	Şev 4	Şev 5	Şev 6	Şev 7
		208/48	352/71	165/72	160/60	170/66	130/64	175/68
Eklem Setleri	1	147/65	156/46	135/48	214/70	216/72	308/39	233/80
	2	116/68	214/52	182/75	177/78	138/55	140/44	264/53
	3	152/26	38/64	259/58	164/48	16/79	75/43	312/80
	4	282/82	-	3/87	134/59	-	78/81	39/84



Şekil 3.16. Granitoyidlerde süreksizlik setlerini belirlemek için alınan yönelim ölçüleri

3.2.1.2. Süreksizlik Ara Uzaklığı

Süreksizlik ara uzaklığı kaya kütlelerinde birbirine paralel eklemlerden oluşan bir süreksizlik takımındaki iki süreksizlik arasındaki dik mesafedir. Kaya kütlelerinin geçirgenliğini ve kaya kütlelerinde oluşan blokların boyutlarını denetleyen önemli bir özelliktir. Süreksizlik ara uzaklığı, mostra yüzeyinde süreksizlik doğrultusuna dik yönde serilen bir şerit metre boyunca gözlenen süreksizliklerin sayılması ile belirlenmektedir (Şekil 3.17). Süreksizlik ara uzaklığını değerlendirmede ISRM (1981) tarafından önerilen sınıflama kullanılmaktadır (Tablo 3.2).

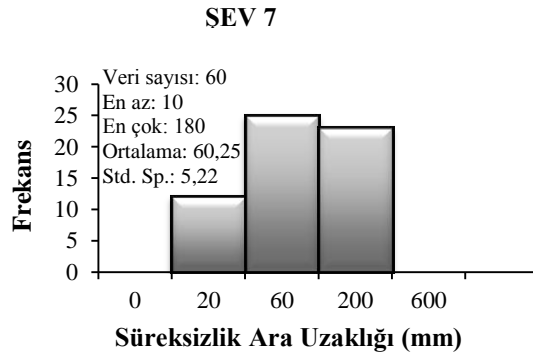
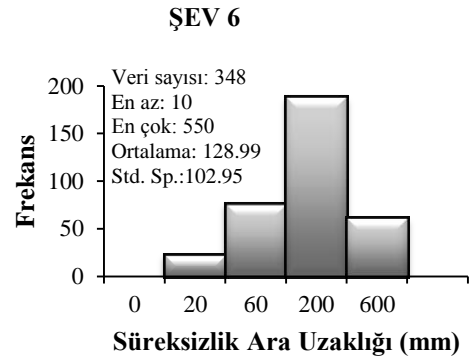
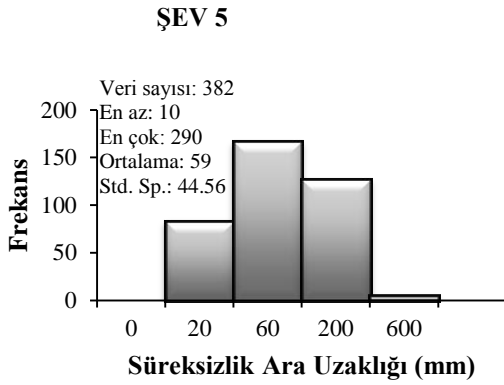
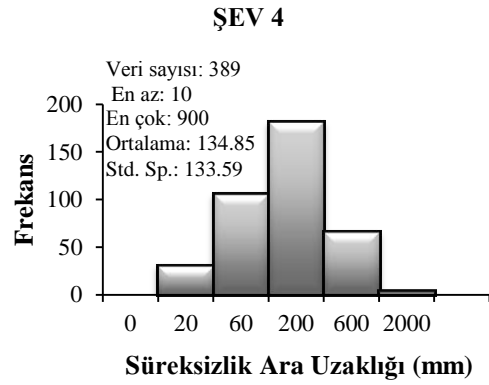
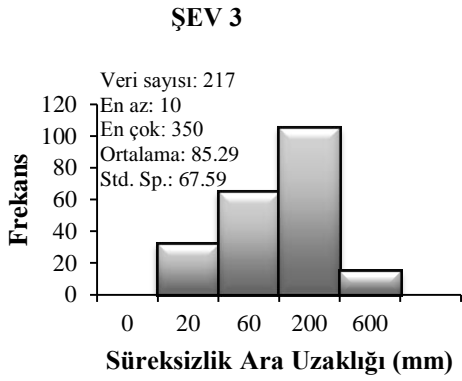
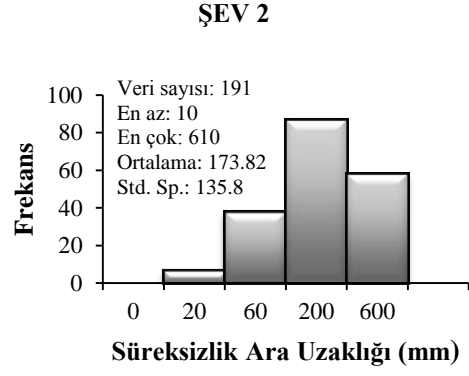
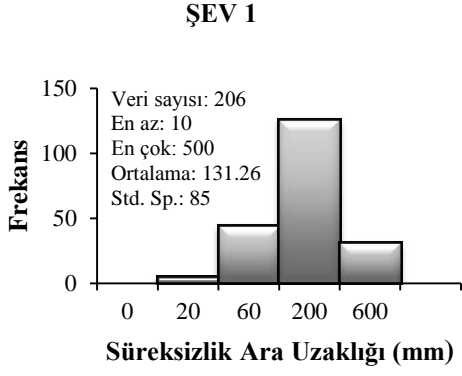


Şekil 3.17. Hat etüdü ile süreksizlik ara uzaklığı tayini (ISRM,1981)

Tablo 3.2. Süreksizlik ara uzaklığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981)

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

Bu çalışmada süreksizlik ara uzaklığı arazide hat etüdü yöntemi uygulanarak yakın ara uzaklıklı olarak belirlenmiş olup, her bir şeve ait ara uzaklık histogramları Şekil 3.18’ de verilmiştir.



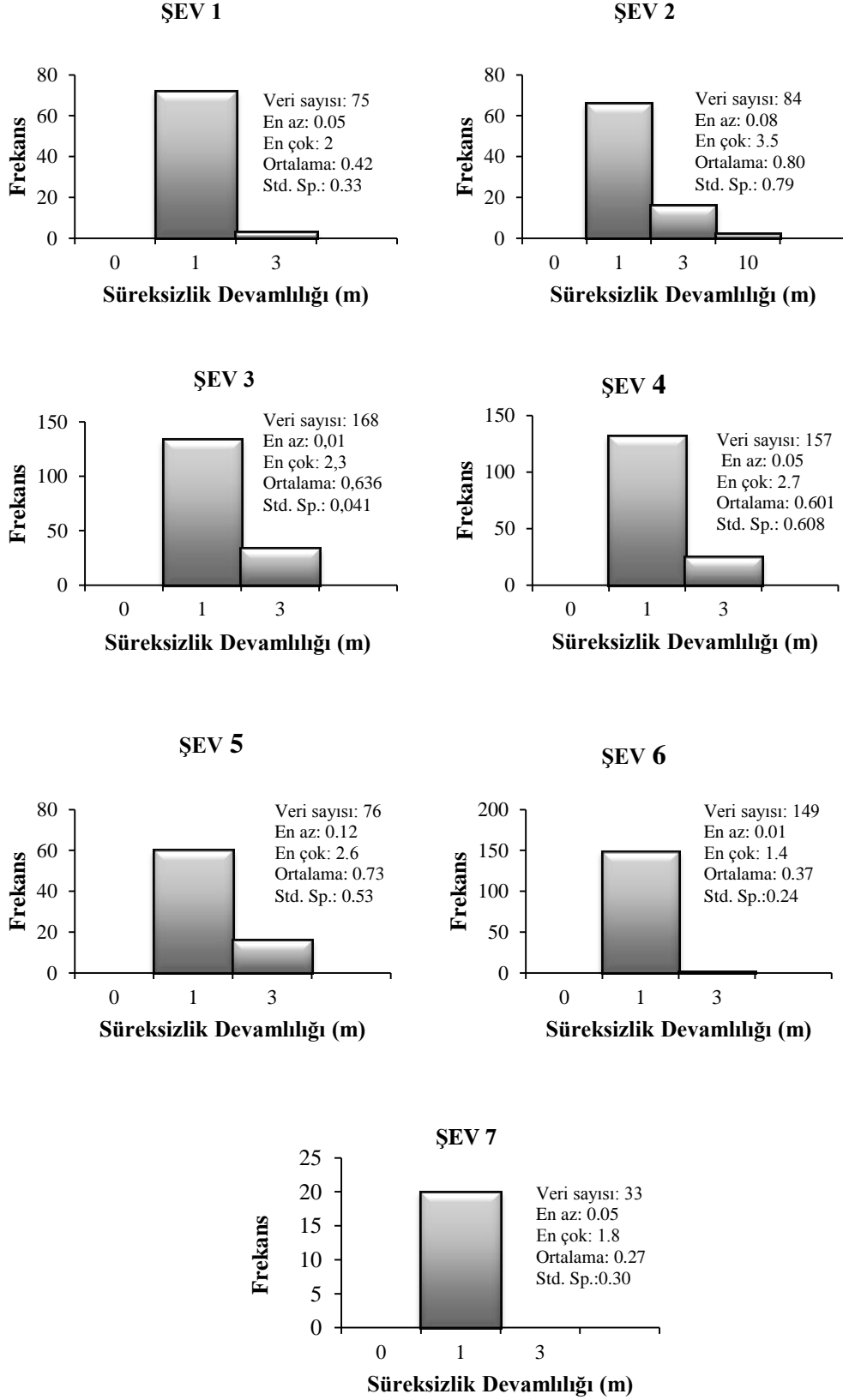
Şekil 3.18. Şevlere ait süreksizlik ara uzaklığı histogramları

3.2.1.3. Süreksizliklerin Devamlılığı

Süreksizliklerin devamlılığı, süreksizliklerin bir düzlemdeki alansal yayılımının göstergesi veya boyutları olup, duraylılığı etkileyen önemli bir özelliktir. Devamlılık alansal oran olarak tanımlanmasına karşın, alansal ölçümün zor olması nedeniyle genellikle mostradaki süreksizlik izinin ölçülmesiyle bulunmaktadır (ISRM, 1981). Bu durumda devamlılık, süreksizlik izi olarak ele alınmaktadır. Bu çalışmada devamlılık, ISRM (1981)'deki tanımlamalar esas alınarak (Tablo 3.3) doğrudan şerit metre ile mostra yüzeylerinde ölçülmüş ve tanımlamalar her şev için ayrı histogram şeklinde verilmiştir (Şekil 3.19).

Tablo 3.3. Süreksizlik devamlılığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981)

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



Şekil 3.19. Şevlere ait süreksizlik devamlılığı histogramları

3.2.1.4. Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü

Pürüzlülük ve dalgalılık sırasıyla, bir süreksizlik yüzeyinin küçük ölçekte (cm boyutunda) ve büyük ölçekte (m boyutunda) düzlemsellikten sapmasının bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (ISRM, 1981). Süreksizlik pürüzlülüğünün belirlenmesine yönelik değişik yöntemler önerilmiştir (ISRM, 1981).

Bu çalışmada pürüzlülük ölçümünde Barton ve Choubey (1977) tarafından önerilen ve arazide telli profilometre ile ölçülen süreksizlik yüzeyi profillerinin (Şekil 3.20), mevcut standart profillerle karşılaştırılması esasına dayanan bir yöntem kullanılmıştır.

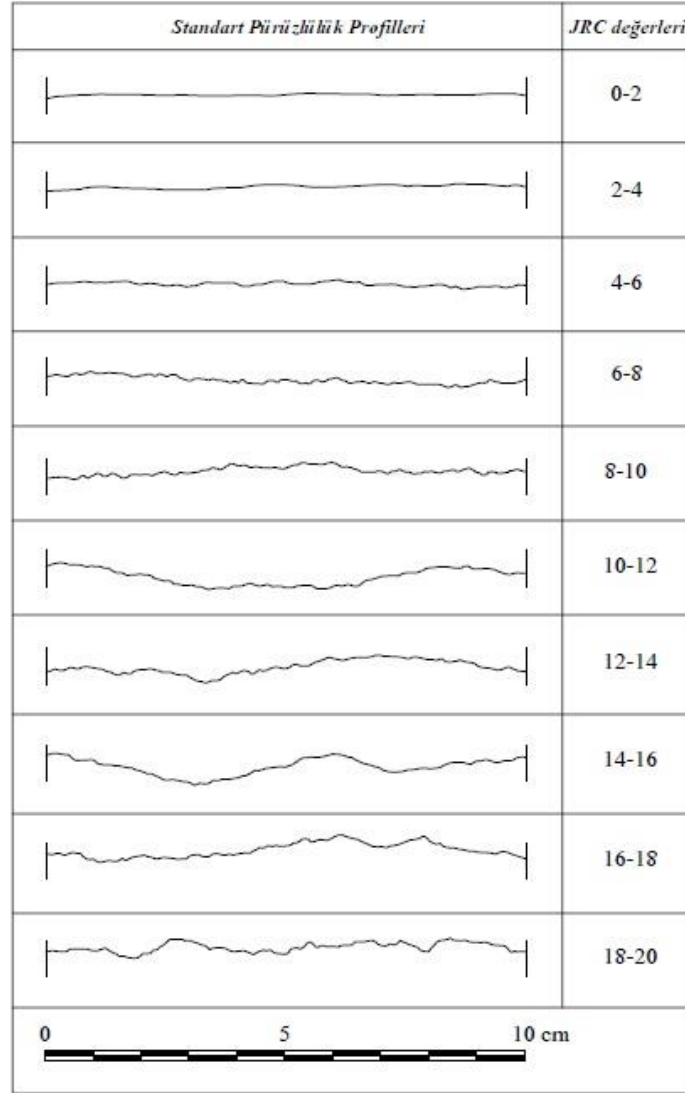


Şekil 3.20. Kaya şevlerindeki süreksizliklerden alınan pürüzlülük ölçüleri

Standart profillerde verilen süreksizlik yüzeyi pürüzlülük sayısı (JRC) değerleri 0-20 arasında değişmektedir (Şekil 3.21). Barton ve Bandis (1982), süreksizlik yüzeyinde

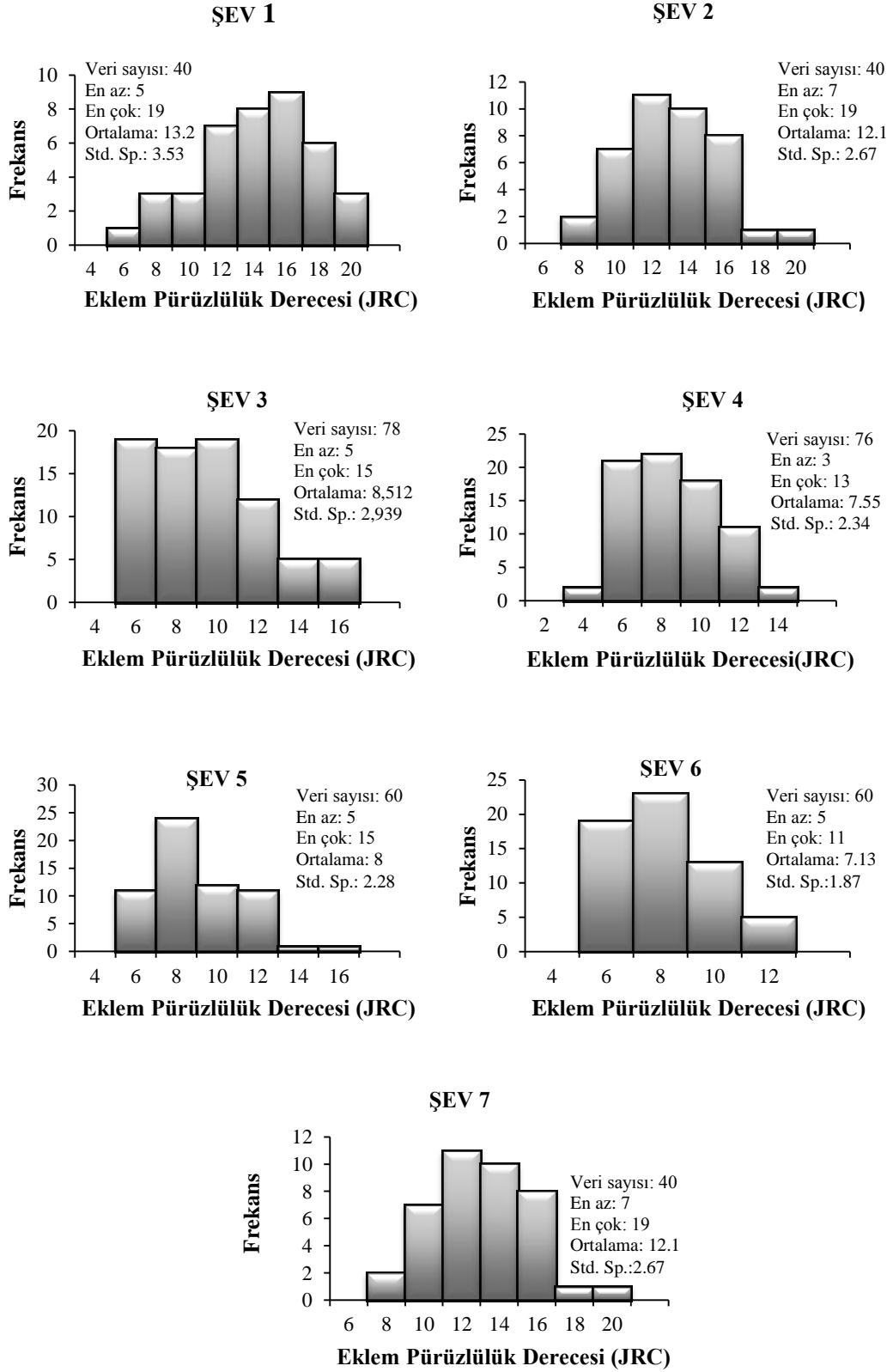
alınan değişik ölçüm uzunlukları için JRC değerini bulmak amacıyla pürüzlülük genliği ve ölçüm uzunluğundan yararlanılmışlardır.

Büyük ölçekte dalgalılığın dalga boyu ve genlik parametreleri ölçülmesi ile süreksizlik yüzey profilleri değerlendirilir. Bu yöntemde, 1 metre uzunluğunda bir cetvel süreksizlik yüzeyine dayanmış ve yüzeyin cetvele olan en uzak dik mesafesi ölçülmüştür.



Şekil 3.21. Pürüzlülük profilleri ve bunlara karşılık gelen JRC değerleri aralığı (Barton ve Choubey, 1977)

Barton ve Choubey (1977) tarafından önerilen pürüzlülük profilleri ile süreksizlik yüzeylerine ait pürüzlülük değerleri karşılaştırılarak JRC histogramları çizilmiştir (Şekil 3.22).



Şekil 3. 22. Şevlere ait süreksizliklerin pürüzlülük değerleri histogramları

Her bir şevye ait histogram ISRM (2007) sınıflamasına göre değerlendirildiğinde Şev 1, 2, 7 pürüzlü özellikte olup, Şev 3, 4, 5, ve 6 düz özelliktedir.

3.2.1.5. Süreksizlik Yüzeylerinin Açıklığı ve Dolgu Malzemesinin Özelliği

Açıklık, bir süreksizliğin birbirine bakan karşılıklı iki yüzeyi arasındaki dik uzaklık olup, boş olabileceği gibi su veya her hangi bir dolgu maddesi tarafından da doldurulmuş olabilmektedir (ISRM, 1981).

Bu çalışmada milimetre ölçekli şerit metrelerden yararlanarak, süreksizliklere ait açıklık değerinin ölçülmesiyle ortalama açıklık değeri belirlenmiştir. Süreksizliklerin açıklığı ISRM (1981) tarafından önerilen süreksizlik açıklığı tanımlama ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir (Tablo 3.4).

Çalışma alanında granitlerde gözlenen süreksizliklerin açıklık görünümü Şekil 3.23' de verilmiş olup, ölçülen süreksizlik açıklığı değerlerinden elde edilen sonuçlar histogramlar şeklinde her şev için ayrı olarak verilmiştir (Şekil 3.25).

Tablo 3.4. Süreksizlik açıklığının tanımlamasına ilişkin ölçütler (ISRM, 1981)

Açıklık (mm)	Tanımlama	
< 0.1	Çok sıkı	
0.1 - 0.25	Sıkı	Kapalı yapılar
0.25 - 0.5	Kısmen açık	
0.5 - 2.5	Açık	
2.5 - 10	Orta derecede geniş	Boşluklu yapılar
>10	Geniş	
10 - 100	Çok geniş	
100 - 1000	Aşırı geniş	Açık yapılar
>1000	Boşluklu	



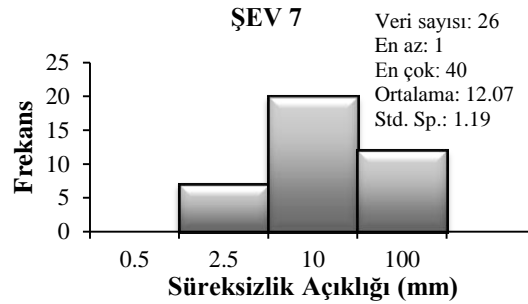
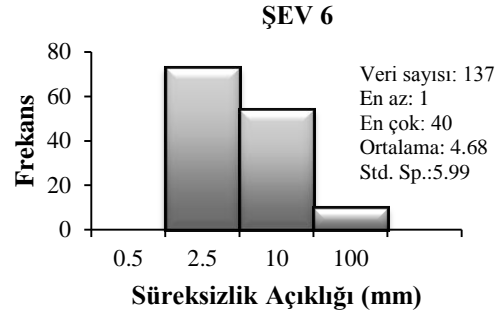
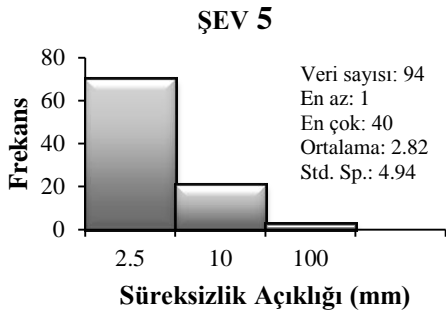
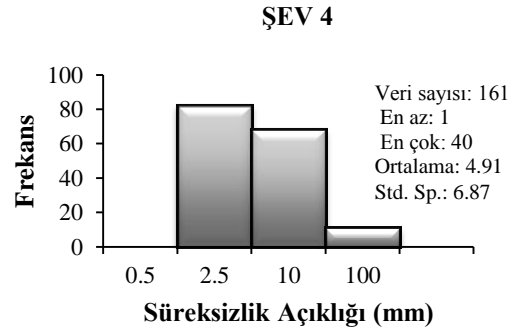
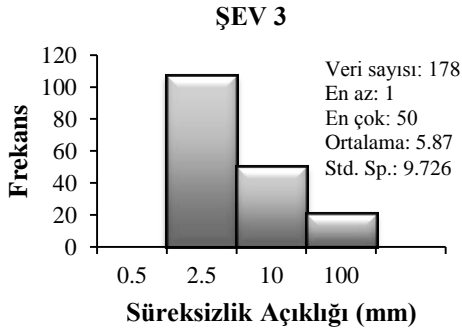
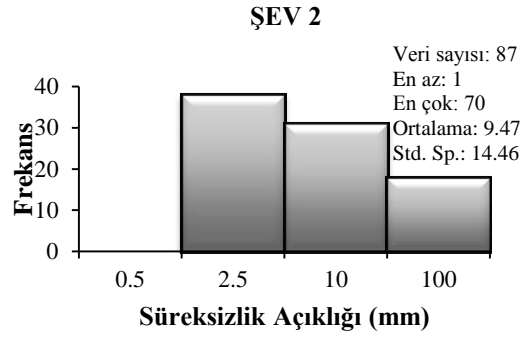
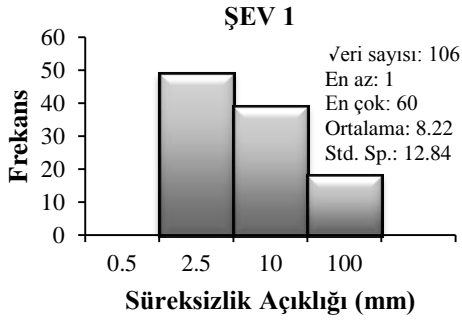
Şekil 3.23. Granitoyidlerde gözlenen süreksizlik açıklığından bir görünüm

Dolgu malzemesi, süreksizliğin karşılıklı iki yüzeyinin arasını dolduran ve genellikle ana kaya malzemesinden daha zayıf olan malzemedir. Kum, silt, kil, breş ve milonit tipik dolgu malzemeleridir. Dolgulu bir süreksizlikte süreksizliğin iki yüzeyi arasındaki dik uzaklık dolgunun kalınlığını verir. Kalsit, kuvars ve pirit gibi yüksek dayanıma sahip mineraller hariç tutulursa, dolgu içeren süreksizlikler dolgusuz veya pürüzlü yüzeylere oranla daha düşük makaslama dayanımına sahiptirler ve bu nedenle kaya kütlelerinin dayanımı üzerinde daha etkin bir rol oynamaları beklenir. Çalışma alanındaki granitlerde süreksizlik dolgu kalınlığı milimetre bölmeli çelik şerit metreyle ölçülmüştür. Dolgu özelliklerinin belirlenmesinde ISRM (1981) tanımlama ölçütlerinden faydalanılmıştır.

İnceleme alanındaki şevler değerlendirildiğinde; Şev1 3mm kil, Şev2 2mm kil, Şev3 4mm kil, Şev4 4mm kalsit, Şev5 4mm kil, Şev6 4mm kil ve Şev7 5mm kil dolgu özelliğindedir. Süreksizliklerde genellikle kil dolgu 2-5mm arasında değişirken, kalsit dolgu 2-4mm arasında değişmekte olup, yer yer 5cm çapında boşluk dolguları gözlenmektedir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Süreksizliklerde gözlenen kalsit ve kil dolgu



Şekil 3.25. Şevlerdeki süreksizliklerden alınan açıklık değerlerine ait histogramlar

3.2.1.6. Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi

Kaya kütleleri yüzeye yakın kesimlerde genellikle bozunmuş, daha derinlerde ise hidrotermal alterasyonun da etkisi ile ayrılmış olabilirler. Süreksizlik yüzeylerindeki bozunma derecesi ISRM (2007) tarafından önerilen ve arazi çalışması sırasında kolaylıkla belirlenebilen görsel bir sınıflamadır (Tablo 3.5).

Tablo 3. 5. Süreksizliklerin bozunma derecesinin tanımlanması (ISRM, 2007)

Tanım	Tanımlama Ölçütü	Bozunma Derecesi
Taze	Kayaçlarda bozunma gözlenmiyor, ana süreksizlik yüzeylerinde önemsiz bir renk değişimi olabilir.	I
Az Bozunmuş	Kaya malzemesi ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeni ile tüm kayacın rengi değişmiş ve kaya taze halinden daha zayıf olabilir.	II
Orta Derecede Bozunmuş	Kayanın yarısından daha az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrılmış veya parçalanmıştır. Kaya; taze ya da renk değişimine uğramış olup, sürekli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	III
İleri Derecede Bozunmuş	Kayanın yarısından daha fazla bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrılmış veya parçalanmıştır. Kaya; taze ya da renk değişimine uğramış olup ya bir süreksiz kütle ya da çekirdek taşı halindedir.	IV
Tamamen Bozunmuş	Kayanın tümü toprak zemine dönüşerek ayrılmış veya parçalanmıştır. Ancak orijinal kaya kütlelerinin yapısı halen korunmaktadır.	V
Artık Zemin	Kayanın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlelerinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmamakla birlikte zemin taşınmamıştır.	VI

Bu sınıflamalar tamamen gözleme dayalı oldukları için arazide kaya kütlelerini değerlendirmede oldukça kolaylık sağlamaktadır. Bu çalışmada, süreksizlik yüzeyi bozunma derecesi ISRM (2007) tarafından önerilen sınıflama dikkate alınmış olup, her şey'e ait kaya kütle sınıflamaları değerlendirilmiştir. Bu sınıflamaya göre çalışma alanındaki süreksizlik yüzeylerinin bozunma derecesinin ileri derecede bozunmuş özellikte olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.6. Kaya kütleleri için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçütleri (ISRM,1981)

Sızıntı sınıflaması	Tanımlama
1	Süreksizlik yüzeyleri kuru ve sızıntı yok
2	Çok az sızıntı gözleniyor
3	Orta derecede akış (bu durumda sürekli akışın gözlemlendiği süreksizlikle gözlenmelidir)
4	Önemli miktarda akış gözlenen süreksizlikler belirlenmelidir
5	Ender olarak yüksek miktarda su akışı gözlenmektedir

Arazi gözlemleri sonucunda süreksizlik yüzeylerinde su sızıntılarına rastlanmamıştır. ISRM (1981) tanımlama ölçütlerine göre süreksizlik yüzeyleri kuru ve sızıntı yok özelliğindedir.

3.2.1.7. Kaya Kalite Göstergesi (RQD)

Kaya kalite göstergesi (RQD), ilk olarak Deere (1964) tarafından sondajda alınan karot boylarından yararlanılarak temel kayaların kalitesini ifade etmek amacı ile tanımlanmış ve RQD değerlerinin değişim aralıkları esas alınarak kaya kalitesi tanımlamaları yapılmıştır (Tablo 3.7).

Tablo 3. 7. RQD sınıflaması (Deere, 1964)

RQD	Kaya kalite göstergesi
Çok zayıf	<25
Zayıf	25 - 50
Orta	50 - 75
İyi	75 -90
Çok iyi	90 - 100

Bu çalışmada RQD değeri, her bir şev alanında ölçülen (birbirine dik yönde yapılan ölçümlerle belirlenen) eklem sıklığı değerlerinden yararlanılarak hesaplanmıştır. İnceleme alanında sistematik eklemlerin yanı sıra düzensiz eklemlerin de gelişmiş olması nedeniyle RQD' yi belirlemek için Priest ve Hudson (1976) tarafından önerilen 3.1 nolu eşitlikten yararlanılmış olup, hesaplanan RQD değerleri Tablo 3.8' de verilmiştir.

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1) \quad (3.1)$$

Burada; λ : 1m deki eklem sayısıdır.

Tablo 3.8. Şevlere ait kaya kalite göstergesi (RQD) değerleri

Şevler	Eklem Sıklığı	λ (m ⁻¹)	%RQD
Şev 1	127/10	12.7	63.75
Şev 2	70/10	7	84.42
Şev 3	300/20	15	56
Şev 4	270/20	13.5	60.92
Şev 5	225/20	11.25	69
Şev 6	260/20	13	62.68
Şev 7	125/10	12.5	64.46

3.2.1.8. Hacimsel Eklem Sayısı

Palmström (1982, 1985 ve 1996) tarafından tanımlanan hacimsel eklem sayısı (J_v), birim hacimdeki yani 1m³' deki çatlak sayısını göstermektedir ve aşağıdaki formüllerle bulunmaktadır.

$$J_v = \frac{N_1}{L_1} + \frac{N_2}{L_2} + \frac{N_3}{L_3} + \dots + \frac{N_n}{L_n} \quad (3.2)$$

veya

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

Burada; N_n : gözlenen her bir eklem takımına dik yönde oluşturulan ölçüm hattı boyunca sayılan süreksizliklerin sayısı, L_n : gözlenen her bir eklem takımına dik yönde seçilmiş ölçüm hattının uzunluğudur. Yukarıdaki formüller dikkate alınarak ISRM (1981) ve Palmström (1982 ve 1996) tarafından önerilen tanımlama ölçütleri ve RQD değerlerine göre eşitlik 3.3' den hesaplanan J_v değerleri Tablo 3.9' de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde verilen J_v sınıflamasına göre kaya şevleri “çok eklemli” özelliktedir.

Tablo 3.9. Güncel J_v sınıflaması (Palmström, 1982 ve 1996).

Sınıf No	Eklem takımı	J_v tanımı	J_v (eklem/m ³)	Şev No	J_v
1	Masif	İleri derecede düşük	<0.3	1	15,68
2	Çok az eklemli	Çok düşük	0.3 - 1.0	2	9,41
3	Az eklemli	Düşük	1 - 3	3	18,03
4	Orta derecede eklemli	Orta derecede düşük	3 - 10	4	16,54
5	Çok eklemli	Yüksek	10 - 30	5	14,09
6	İleri derecede eklemli	Çok yüksek	30 - 100	6	16
7	Parçalanmış	Aşırı derecede yüksek	100 - 300	7	15,47

3.2.2. Kaya Kütle Sınıflama Sistemleri

Kaya kütlelerinde yapılan jeoteknik esaslı çalışmalarda uygulanan tasarım yöntemleri genel anlamda, analitik (sayısal), gözleme dayalı ve görgül (ampirik) olmak üzere üç ana başlıkta toplanabilir. Kaya mekaniği uygulamalarında kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla sınıflandırma sistemlerine gereksinim duyulmuştur. Mühendislik jeolojisi çalışmalarında tasarımın ayrılmaz bir parçası olan bu sistemler, uzun yıllar süren gözlemlere bağlı olarak geliştirilen ve istatistiksel değerlendirmeler esas alınarak önerilmiş yöntemlerdir. Bu çalışmada kesilmiş şevlerin tasarımı RMR ve GSI kaya kütle sınıflamaları kullanılarak değerlendirilmiştir.

3.2.2.1. RMR (Kaya Kütle Puanlaması) Sınıflama Sistemi

Görgül bir kaya kütle sınıflama sistemi olan RMR Sınıflama Sistemi, ilk kez 1972-1973 yılları arasında yapılan çalışmalar sonucunda Bieniawski (1973) tarafından geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda yöntem, eldeki bir çok mevcut durum ve karşılaşılan mühendislik probleminin amacına yönelik olarak modifiye edilmiş (Laubscher, 1977 ve 1984; Weaver, 1975; Olivier, 1979, Ghose ve Raju, 1981; Nakao vd., 1983; Kendorski vd., 1983; Ünal, 1983; Serafim ve Pereira, 1983; Gonzalez, 1983; Romana,1985) ve son halini 1989 yılında yapılan değişikliklerle almıştır (Bieniawski, 1989). RMR sistemine göre kaya kütlelerinin sınıflandırılmasında aşağıdaki parametreler kullanılmaktadır;

- Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı veya nokta yük dayanım indeksi,
- Kaya kalitesi göstergesi (% RQD)

- Süreksizlik ara uzaklığı
- Süreksizliklerin durumu (devamlılık, açıklık, pürüzlülük, dolgu ve bozunma)
- Yeraltı suyu durumu

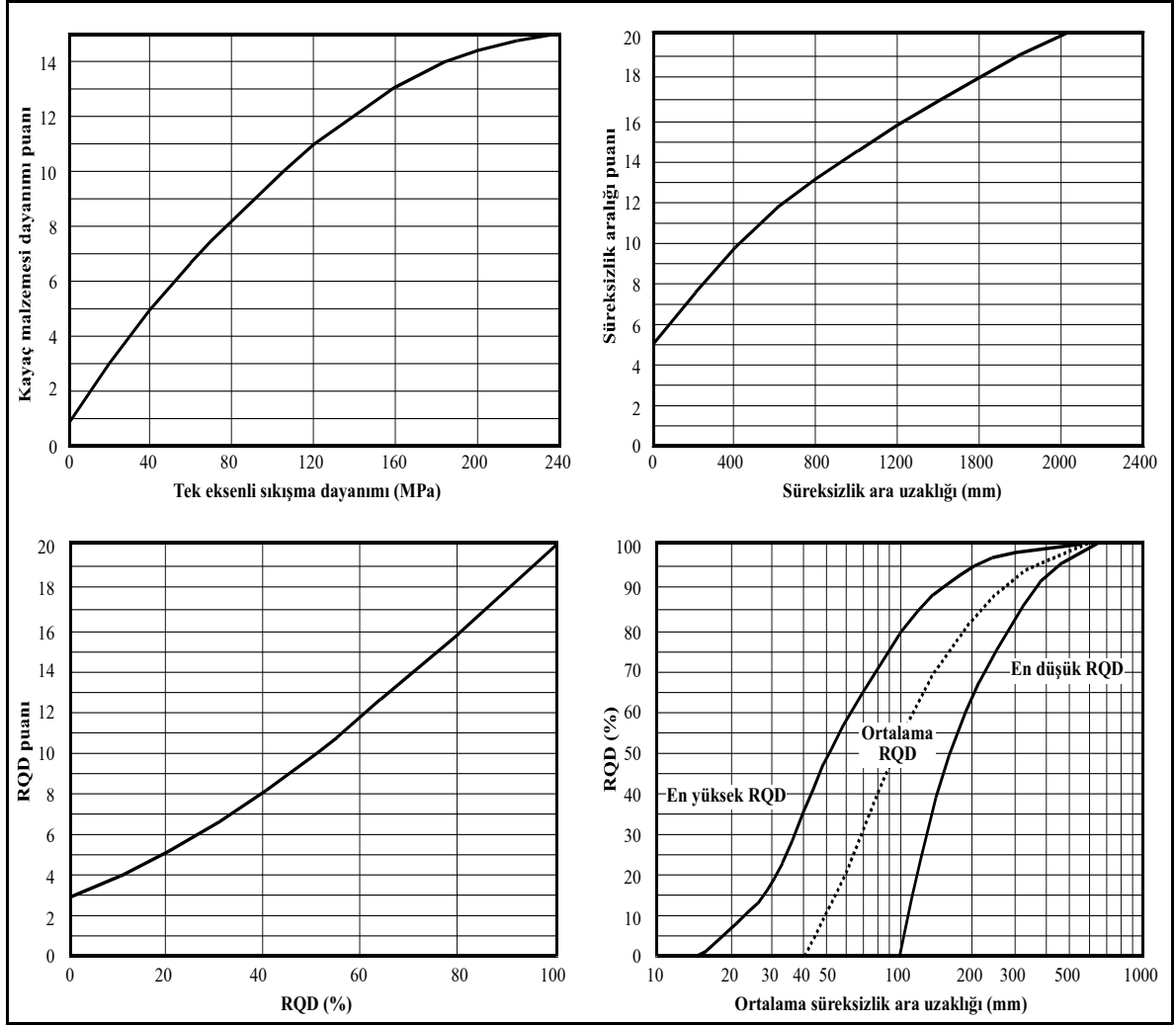
Sistemde bu parametrelerle beraber parametrelere ait puan değerleri yer almaktadır. Hat etüdlerinden ve bir dizi laboratuvar deneyinden elde edilen sonuçlara göre parametrelere verilen puanların toplamı kullanılarak kaya kütleleri sınıflandırılmaktadır. Tablo 3.10' da RMR sınıflama sisteminin 1989' daki son versiyonu görülmektedir.

Tablo 3.10. RMR kaya kütle sınıflama sistemi (Bieniawski, 1989).

1	Kaya Malzemesinin Dayanımı (MPa)	Nokta yük dayanım indeksi	> 10	4-10	2-4	1-2	Düşük aralıklar için tek eksenli dayanımı		
		Tek eksenli basınç dayanımı	> 250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
	Puan	15	12	7	4	2	1	0	
2	Kaya Kalite Göstergesi, RQD(%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Puan		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Ara Uzaklığı (cm)		>200	60-200	20-60	20-6	<6		
	Puan		20	15	10	8	5		
4	Süreksizlik Durumu	Devamlılık (m)	<1	1-3	3-10	10-20	>20		
		Puan	6	4	2	1	0		
		Açıklık (mm)	Yok	<0.1	0.1-1	1-5	>5		
		Puan	6	5	4	1	0		
		Pürüzlülük	Çok pürüzlü	Pürüzlü	Az pürüzlü	Düz	Kaygan		
		Puan	6	5	3	1	0		
		Dolgu	Yok	<5 mm (sert)	>5 mm (sert)	<5 mm (yumuşak)	>5 mm (yumuşak)		
		Puan	6	4	2	2	0		
5	Yeraltı suyu (lt/dk)	10 m'lik kısımdan gelen su	Yok	10	25	25-125	>125		
		Genel koşullar	Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı		
Puan		15	10	7	4	0			

RMR sınıflama sisteminin 1989' daki son versiyonuna kadar, sistemin ilk üç parametresi olan dayanım, % RQD ve süreksizlik aralığı için yapılan değerlendirilmelerde belli aralıklardaki parametrelere ilişkin puanlar, aralıkların sınır değerlerini de kapsamaktaydı ve uygulamada ise bu durum çeşitli hatalara neden olmaktadır. Bu üç parametre için daha hassas bir puanlamanın yapılabilmesi amacıyla Bieniawski (1989),

ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerini esas alarak, çeşitli grafikler geliştirmiştir (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. RMR sisteminin son versiyonunda tek eksenli sıkışma dayanımı, süreksizlik aralığı ve RQD parametrelerine ait puanları tanımlama grafikleri (Bieniawski, 1989).

Kaya kütlesi sınıfı, yukarıda belirtilen işlemlerin yapılmasıyla elde edilen RMR puanına göre Tablo 3.11' den belirlenmektedir.

Tablo 3.11. RMR sınıflama sistemine göre kaya sınıfları ve puanları (Bieniawski,1989)

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

Şevlere ait yapılan RMR sınıflaması puanları EK-8’ de verilmiş olup, incelenen bütün şevler orta kaya sınıfındadır.

3.2.2.2. GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi)

İlk kez Hoek vd. (1995) tarafından önerilen Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI), başlangıçta RMR ve Q değerleri ile ilişkilendirilmiş, daha sonra önerdikleri GSI sınıflama abağından belirlenmeye çalışılmıştır. GSI, arazi gözlemlerinden yararlanarak farklı jeolojik ve jeoteknik koşullara bağlı olarak kaya kütlesi dayanımının hesaplanması esasına dayanır. Kaya kütlesi karakterizasyonu, kaya yapısı, yani blokluluğu veya süreksizliklerin yüzey koşulları (pürüzlülük, bozunma ve dolgu vb.) gibi görsel izlenimlere bağlıdır. GSI yardımıyla kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özellikleri ve kütle sabitleri ampirik olarak belirlenebilmektedir.

Jeolojik Dayanım İndeksi’ nde 1997 yılında değişiklikler yapılarak RMR ve Q sistemlerinden bağımsız bir sistem haline getirilmiştir (Hoek ve Brown, 1997). Bir abak haline dönüştürülen GSI sınıflama sistemi; blokluluğu, çok blokluluğu, blokluluğu/örselelenmiş ve parçalanmış olmak üzere beş kaya grubundan oluşmaktadır (Şekil 3.27). Burada sisteme bir puanlama kavramı da dahil edilmiştir. GSI’ nin bir sınıflama sistemi olarak önerilmesinden sonra Hoek vd. (1998) ve Hoek (1999) GSI sınıflamasına foliasyonlu veya laminalanma düzlemleri içeren, sağlam veya masif kaya grubunu da ekleyerek GSI sınıflama sistemindeki kaya grubunu beşe çıkarmıştır. Ölçütün gerek 1995, gerekse 1997’ deki değişikliklerinde yer alan kaya kütle sabitlerinin hesaplanmasında kullanılan GSI küçük bir değişime uğradığında kaya kütlesi sabitlerini doğrudan etkilemektedir. Bu hususu göz önünde bulunduran araştırmacılar (Sönmez ve Ulusay, 1999; Ulusay ve Sönmez, 2000) süreksizlik yüzeyi koşulunun ve kaya kütlesi yapısının doğru ve duyarlı bir şekilde tayini amacıyla ölçülebilen veya tanımlanabilen bir puanlama sistemine geçilmesini ve bu amaçla Yapısal Özellik Puanı (SR) ve Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı (SCR) olarak tanımlanan iki özelliğin sisteme dahil edilmesi önerilmiştir. Süreksizlik Yüzey Koşulu puanı;

$$SCR = R_r + R_w + R_f \quad (3.4)$$

ifadesinden hesaplanmaktadır. Burada, R_r , R_w ve R_f sırasıyla; süreksizliklerin pürüzlülük, bozunma ve dolgu puanları olup, burada Bieniawski (1989) tarafından bu değişkenlere verilen puanlar kullanılmıştır. Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından önerilen Yapısal Özellik Puanı'nın (SR) belirlenmesi amacıyla eşitlik 3.5 kullanılmıştır.

$$SR = -17,5 \ln(J_v) + 79.8 \quad (3.5)$$

J_v için ISRM (1981) tarafından önerilen aralıklar esas alınmış ve ayrıntısı Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından verilen bir yaklaşımla Yapısal Özellik Puanı (SR) GSI sistemine uyarlanmıştır. Bu düzenlemeye göre SR ve SCR puanları esas alınarak Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından önerilen abakdaki kesim noktasından GSI belirlenir.

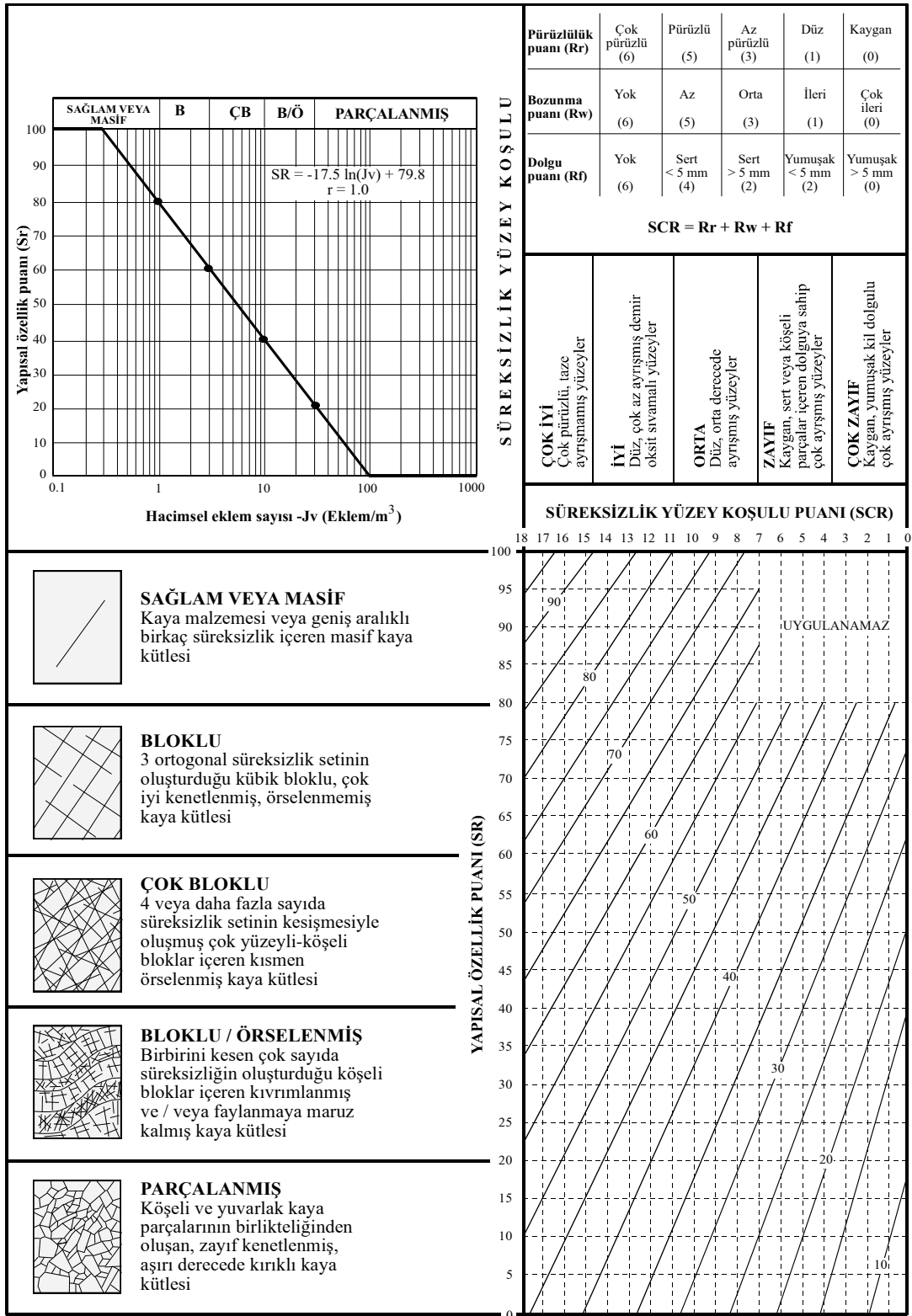
Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından önerilen sayısal GSI abağı, orijinal GSI abağına Hoek (1999) tarafından eklenen "sağlam veya masif kaya" sınıfı dikkate alınarak modifiye edilmiştir (Sönmez ve Ulusay, 2002). Hoek-Brown yenilme ölçütü en az üç eklem takımına sahip, homojen ve izotrop kaya kütleleri ile kaya malzemelerinin dayanımlarının belirlenmesi amacıyla önerilmiştir. Laminalı-foliasyonlu kaya kütlelerinde dayanım farklılığının (anizotropiye göre) daha da önem kazanması, ölçütün bu tür kaya kütlelerinde uygulanmasına olanak sağlamamaktadır. Bu nedenle, Sönmez ve Ulusay (2002) sayısal GSI abağıyla ilgili değişiklikleri yaparlarken laminasyonlu - foliasyonlu kaya kütlelerini dikkate almamışlardır. Ayrıca sayısal GSI abağında yer alan J_v -SR ilişkisi "sağlam veya masif kaya grubunu da içerecek şekilde ve ISRM (1982) tarafından $J_v < 1$ eklem/m³ olan kaya kütleleri için yapılan "çok geniş bloklar" tanımını da dikkate alınarak yeniden düzenlemişlerdir. Sayısal GSI sisteminin bu son şekli Şekil 3.27' de verilmiştir.

Bu çalışmada, Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane) Karayolu güzergahında bulunan 7 adet şev in her biri için GSI'nın hesaplanmasında Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından önerilen niceliksel GSI Sınıflama Sistemi kullanılmıştır. Ancak bu sınıflamada Yapısal Özellik Puanının (SR) belirlenmesinde kullanılan hacimsel eklem sayısı (J_v), Palmström (2000) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$J_v = 35 - \frac{RQD}{3.3} \quad (3.6)$$

J_v : Hacimsel eklem sayısı

RQD: Kaya kalite göstergesi



Şekil 3.27. Niceliksel GSI Sınıflama Sistemi Abağı (Sönmez ve Ulusay, 2002)

Çalışma alanından elde edilen süreksizlik ölçümleri değerlendirildiğinde her bir şev için GSI değerleri Tablo 3.12’ de verilmiş olup, kaya kütlesi özelliği bütün şevler için bloklu-örselenmiş özelliktedir.

Tablo 3.12. Herbir şev’ e ait süreksizlik özellikleri ve GSI değerleri.

Şev No	Pürüzlülük	Puan	Dolgu	Puan	Bozunma	Puan	%RQD	J _v	SR	SCR	GSI
1	Pürüzlü	5	3 mm kil	2	İleri	1	63,75	15,68	31,63	8	35
2	Pürüzlü	5	2 mm kil	2	İleri	1	84,42	9,41	40,56	8	38
3	Düz	1	4 mm kil	2	İleri	1	56	18,03	29,19	4	24
4	Düz	1	4 mm kalsit	4	İleri	1	60,92	16,54	30,70	6	29
5	Düz	1	4 mm kil	2	İleri	1	69	14,09	33,50	4	25
6	Düz	1	4 mm kil	2	İleri	1	62,68	16	31,27	4	24
7	Pürüzlü	5	5 mm kil	2	İleri	1	64,46	15,47	31,87	8	35

3.2.3. Granitoidlerin Kütle Özellikleri

3.2.3.1. Kaya Kütlesinin Poisson Oranı (ν)

Sismik kırılma yöntemi yardımıyla kaya kütlelerine ait poisson oranı dolaylı olarak belirlenebilmektedir. Bu yöntem, yeryüzünde veya çok sığ derinliklerde yapay olarak meydana getirilen sismik dalgaların yer içerisinde kırılarak yayıldıktan sonra yeryüzündeki alıcılara gelmeleri için geçen zamandan faydalanarak yer altının yapısı, farklı birimlerin devamlılığı, fiziksel ve elastik özellikleri hakkında fikir veren ve en çok tercih edilen bir jeofizik araştırma yöntemidir. Bu çalışmada kaya kütlesinin Poisson oranı Alemdağ vd. (2014) tarafından Gümüşhane Granitoyidi’nde yapılan çalışmadan elde edilen V_p ve V_s hızları kullanılarak Bowles (1988) tarafından önerilen eşitlik 3.7 yardımı ile hesaplanmıştır (Tablo 3.13).

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)} \quad (3.7)$$

Burada,

V_p = Birincil dalga hızı (m/s)

V_s = İkincil dalga hızı (m/s)

Tablo 3.13. Gümüşhane Granitoyidi'ne ait V_p , V_s dalga hızları ve poisson oranları (Alemdağ vd. 2014).

Sismik kırılma hatları	V_p (m/s)	V_s (m/s)	ν
1	685	375	0.29
2	715	382	0.30
3	698	360	0.32

3.2.3.2. Kaya Kütlesinin Deformasyon Modülünün Belirlenmesi

Doğal malzemelerin dayanım parametreleri, bu malzemelerden alınmış temsil edici büyüklükteki örneklerin laboratuvarında uygun şartlarda test edilmesi ile belirlenir. Ancak sık eklemli kaya kütlelerinden, sağlam kaya malzemesi ile birlikte süreksizlik sistemlerini de içerecek büyüklükte ve metre boyutuna varan örneklerin alınması genellikle mümkün olmamaktadır. Yeterli büyüklükte örnek alınsa bile, bu örneği laboratuvar ölçeğinde test edecek hücre ve ekipman geliştirilmemiştir (Alemdağ, 2010). Eklemli kaya kütlelerinin deformasyon modülünü (E_m) belirlemek için araştırmacılar tarafından çeşitli ampirik eşitlikler önerilmiştir. Bu eşitlikler Tablo 3.14' de verilmiştir.

Bu çalışmada kaya kütlesinin deformasyon modülünü belirlemek için Tablo 3.14' de önerilen eşitliklerden yararlanılmış olup, kullanılan parametrelere ait değerler Tablo 3.15' de, eşitliklerden hesaplanan deformasyon modülü değerleri ise Tablo 3.16' de verilmiştir.

Tablo 3.14. Farklı yazarlar tarafından önerilen RMR ve GSI' ye bağlı deformasyon modülü eşitlikleri

Araştırmacılar	Eşitlikler ve Sınırlama	Eşitlik No
Hoek ve Brown (1997)	$E_m = \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} 10^{\frac{GSI-10}{40}}$	(3.8)
Gökçeoğlu vd. (2003)	$E_m = 0.0736e^{0.0755 RMR}$	(3.9)
Chun vd. (2006)	$E_m = 0.3228\exp(0.0485RMR)$	(3.10)
Alemdağ (2010)	$E_m = 0.4758RMR - 20.082, RMR > 42$	(3.11)

RMR: Kaya Kütle Puanı, GSI: Jeolojik Dayanım İndeksi, σ_c : Tek eksenli sıkışma dayanımı

Tablo 3.15. Deformasyon modülü eşitliklerinde kullanılan parametrelere ait değerler.

Şev No	σ_c (MPa)	RMR	GSI
1	73.95	57.3	35
2	75.04	58.8	38
3	106	49.2	24
4	30.70	50.2	29
5	77.70	54.5	25
6	73.95	52.9	24
7	41.41	54	35

Tablo 3.16. Granitlerin kaya kütle deformasyon modülünün (E_m , GPa) RMR ve GSI'ye bağlı istatistiksel değerlendirilmesi

Şevler	Eşitlik 3.8	Eşitlik 3.9	Eşitlik 3.10	Eşitlik 3.11	Ortalama	Standard Sapma
Şev 1	3.63	4.55	5.20	7.18	5.14	1.50
Şev 2	4.34	4.67	5.59	7.90	5.63	1.61
Şev 3	2.30	3.02	3.51	3.33	3.04	0.53
Şev 4	1.65	3.26	3.68	3.80	3.09	0.99
Şev 5	2.09	4.51	4.54	5.85	4.25	1.57
Şev 6	1.93	3.99	4.20	5.09	3.80	1.34
Şev 7	2.71	4.29	4.43	5.61	4.26	1.19

3.2.3.3. Tek Eksenli Basınç Dayanımının Belirlenmesi

İnceleme alanındaki her bir şev' e ait kaya kütlelerinden alınan blok örnekler laboratuvarında standartlara uygun hale getirilerek (7x7x7cm, küp) tek eksenli sıkışma dayanımları belirlenmiş olup, istatistiksel dağılımı Tablo 3.17' de verilmiştir.

Tablo 3.17. Her bir şev' e ait kaya malzemelerinin tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin istatistiksel değişimi

Şevler	Deney Sayısı	En Az	En Çok	Ortalama σ_c (MPa)	Standard Sapma
Şev 1	15	40.31	120.44	73.95	27.46
Şev 2	10	30.72	115.83	75.04	27.46
Şev 3	8	14.06	191.85	106	61.06
Şev 4	13	11.36	63.42	30.70	15.57
Şev 5	7	53.91	124.48	77.70	28.14
Şev 6	10	27.37	102.36	73.95	15.15
Şev 7	17	4.0	80.64	41.41	20.57

3.2.4. Karayolu Güzergahındaki Kesilmiş Şevlerin Duraylılık Analizleri

Kaya kütlelerinde oluşturulan şevlerin duraylılığı konusunda günümüze kadar birçok çalışma yapılmıştır (McMahon, 1971, 1975; Markland, 1972; Goodman, 1976; Hocking, 1976; Piteau and Martin, 1977; Cruden, 1978; Baecher and Einstein, 1978; Marek and Savely, 1978; Lucas, 1980; Hoek and Bray, 1981; Priest and Brown, 1983; Matherson, 1988; Young, 1993; Jade and Sarkar, 1993; Öcal ve Özgenoğlu, 1997; Kliche, 1999; Mote et al., 2004; Eberhardt et al., 2004; Stead et al., 2006; Gurocak et al., 2008; Ceryan and Ceryan, 2008; Liu et al. 2009; Fu and Liao, 2010; Umrao et al., 2011; Shen et al., 2012; Alemdag et al., 2014).

Bu çalışmalarda kaya şevlerinde süreksizlik denetiminde veya dairesel gelişebilecek olan duraysızlık modelleri farklı yöntemler ile araştırılmış ve kaya şevlerinin duraylılığı incelenmiştir.

3.2.4.1. Kinematik Analiz

Kinematik analizler kaya şevlerindeki yenilmelerin süreksizlikler tarafından kontrol edildiği durumlarda, ayrıntılı analizlere başlamadan önce şevlerin duraylı veya duraysız olarak tanımlanması amacıyla uygulanan pratik bir yöntemdir. Jeoteknik çalışmalarda, genel tasarım prosedürü potansiyel olarak duraysız blokların teşhisi için kinematik analizin kullanılmasının ardından ayrıntılı sayısal analizlere geçilmesi esasına dayandırılmalıdır.

Düzlemsel kayma, kama tipi kayma ve devrilme türü yenilmelerin analiz edildiği bu yöntemde veri olarak süreksizliklerin yönelimi, şev yönelimi ve süreksizliklerin içsel sürtünme açısı parametreleri kullanılmaktadır.

Kaya şevlerinde meydana gelen duraysızlıklar, kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklere bağlı olarak gelişebilmekte ve bu duraysızlıklar, bir veya kesişen iki süreksizlik düzlemi boyunca oluşmaktadır. Ancak, kaya kütlelerinin süreksizlik içermesi her zaman süreksizlik düzlemlerine bağlı olarak herhangi bir duraysızlığın oluşabileceğini ifade etmez. Kaya şevlerinde meydana gelen duraysızlıklar, ancak kaya kütlelerinde duraysızlığa neden olabilecek yönelime sahip süreksizlik veya süreksizliklerin varlığı ile mümkün olabilmektedir. Kaya kütlelerinde oluşabilecek duraysızlıkların değerlendirilmesinde, prensipleri Hoek and Bray (1981) tarafından ortaya konulan Kinematik Analiz Tekniği kullanılmaktadır. Kinematik Analizler, stereografik izdüşüm yöntemi kullanılarak, şev yönelimi, süreksizlik yönelimi, kesişen süreksizliklere ait kesişme noktasının dalmı açısı ile süreksizlik düzleminin içsel sürtünme açısı arasındaki ilişkilerin incelenmesi esasına dayanmaktadır. Ancak hiçbir zaman unutulmaması gereken nokta, Kinematik Analiz Tekniği'nin bir olasılık analizi olduğudur. Kinematik analiz sonucunda, oluşabileceği ortaya konulan duraysızlıklar bir olasılıktan ibarettir ve duraysızlık olasılığı varsa, bu duraysızlığın gerçekleşip gerçekleşmeyeceği ancak yapılacak olan Limit Denge veya sayısal analizler ile kesin olarak ortaya konulabilmektedir.

Kaya kütlelerinde süreksizliklere bağlı olarak düzlemsel kayma, kama türü duraysızlık ve devrilme türü duraysızlık olmak üzere üç tür duraysızlık modeli mevcuttur (Hoek and Bray, 1981).

Düzlemsel kayma; kaya şevlerinde bir süreksizlik düzlemine bağlı olarak gelişen bir yenilme türüdür (Şekil 3.28a). Çünkü, kaymanın oluşabilmesi için birçok geometrik koşulun bir araya gelmesi gerekmektedir. Bu koşulları;

a) Şevin eğim açısının (ψ_f) süreksizliğin eğim açısından büyük, süreksizliğin eğim açısının (ψ_p) ise süreksizliğin içsel sürtünme açısından (ϕ_p) büyük olması,

$$(\psi_f) > (\psi_p) > (\phi_p)$$

b) Şevin eğim yönü açısı ile süreksizliğin eğim yönü açısı arasındaki farkın $\pm 20^\circ$ den büyük olmaması,

c) Kayan kütlelerin iki tarafında yenilmeye karşı çok az direnç gösteren yan yüzeylerin bulunması şeklinde sıralamak mümkündür.

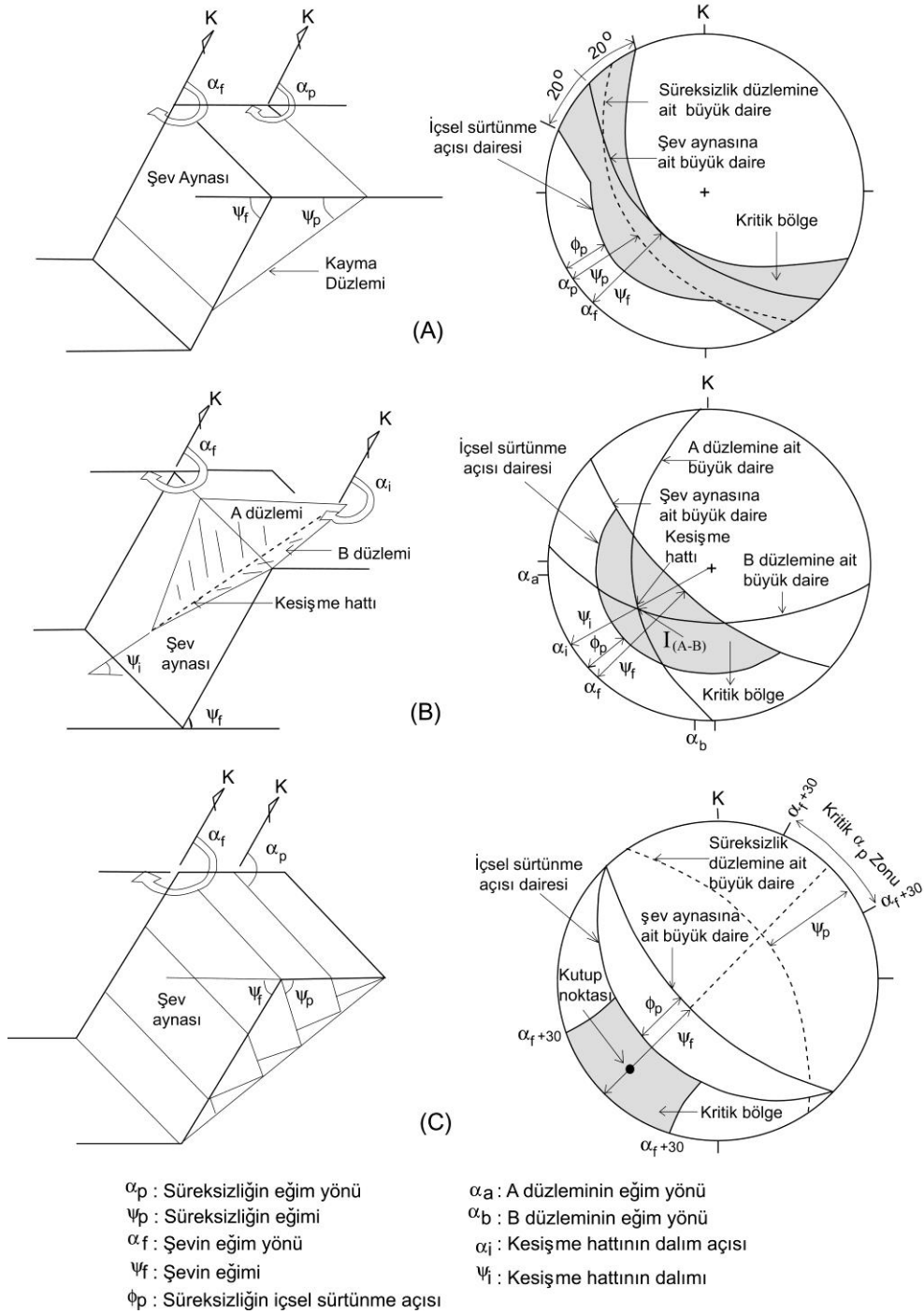
Kama türü duraysızlık; kesişen iki süreksizlik düzleminin oluşturduğu kamanın, bu kesişme doğrusu boyunca kayması şeklinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 3.28b). Ancak, kaya kütlelerinde kesişen süreksizliklerin varlığı her zaman kama türü duraysızlığa neden olmaz. Duraysızlığın oluşabilmesi için süreksizliklerin kesişme doğrusunun (I_{A-B}), stereografik iz düşümde içsel sürtünme açısı dairesi ile şev düzlemine ait büyük daire arasında kalan kritik bölgeye (Şekil 3.28b) düşmesi gerekmektedir. Kesişme doğrusunun kritik bölgeye düşmesi, kama türü duraysızlık için gerekli olan kesişme doğrusu dalım açısının (ψ_i) şevin eğim açısından (ψ_f) küçük, süreksizliğin eğim açısından (ψ_p) büyük olması şartını da sağlamış olacaktır.

Devrilme türü duraysızlık; şev eğim yönünün tersi yönde eğimli ve yüksek devamlılığa sahip süreksizlikler boyunca oluşabilmektedir (Şekil 3.28c). Devrilme türü duraysızlığın oluşabilmesi için;

$$\mathbf{a)} (90 - \psi_f) + \phi_p < \psi_p$$

$$\mathbf{b)} \alpha_\beta = (\alpha_f + 180) \pm 30^\circ$$

şartlarının sağlanması gerekmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli durum, süreksizliğin eğim yönünün (α_β) şevin eğim yönüne (α_f) zıt yönde olması gerektiğidir.



Şekil 3.28. Kaya şevlerinde düzlemsel kayma (A), kama türü (B) ve devrilme türü (C) duraysızlığın gelişebilmesi için gereken kinematik şartlar

İnceleme alanındaki kesilmiş şevlerin kinematik analiz yöntemi ile duraylılığının belirlenmesi için her bir şeve ait gerekli parametreler Tablo 3.18' de verilmiştir.

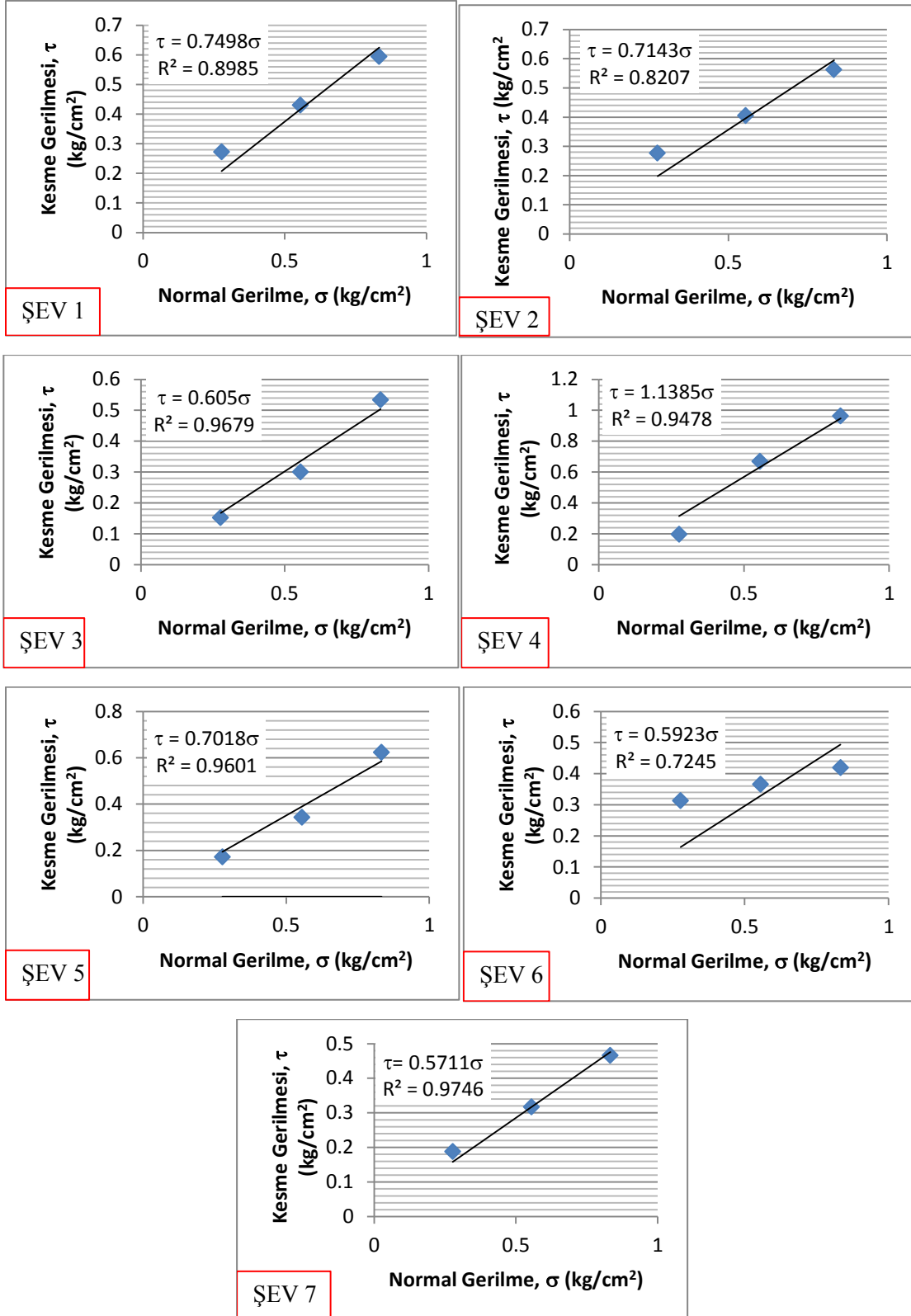
Tablo 3.18. Kesilmiş şevlere ait yönelim, süreksizlik setleri ve içsel sürtünme açıları

Kesilmiş Şevlerin Süreksizlik Özellikleri	Kesilmiş Şevler							
	Şev 1	Şev 2	Şev 3	Şev 4	Şev 5	Şev 6	Şev 7	
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ°)	49	49	45	59	44	39	47	
Şev Yönelimleri	208/48	352/71	165/72	160/60	170/66	130/64	175/68	
Süreksizlik Setleri	1	147/65	156/46	135/48	214/70	216/72	308/39	233/80
	2	116/68	214/52	182/75	177/78	138/55	140/44	264/53
	3	152/26	38/64	259/58	164/48	16/79	75/43	312/80
	4	282/82	-	3/87	134/59	-	78/81	39/84

3.2.4.1.1. Kesilmiş Şevlerdeki Süreksizliklerin Makaslama Dayanımı

İnceleme alanındaki granitlerde yol güzergahının tasarımı için kesilmiş şevlerin duraylılığını değerlendirmek amacıyla, kaya kütlelerini oluşturan süreksizliklerin içsel sürtünme açısının (ϕ) belirlenmesi gerekmektedir. CANMET (1977) tarafından önerilen yöntemle göre süreksizliklerde deformasyon kontrollü doğrudan makaslama deneyleri yapılarak ve Barton and Choubey (1977) görgül yenilme ölçütü kullanılarak bütün şevlere ait süreksizliklerin sürtünme açısı belirlenmiştir.

Deformasyon kontrollü doğrudan makaslama deneyinde, arazi çalışmaları sırasında derlenen blok granit örnekleri kullanılmış ve 6x6x1cm ebatlarında kesilerek yüzeyleri pürüzsüz hale getirilerek deneye uygun hale getirilmiş ve farklı normal gerilmeler altında üç adet makaslama deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deneylere ait normal gerilme (σ)-Kesme gerilmesi (τ) grafikleri çizilerek granitin temel sürtünme açısı (ϕ_b) belirlenmiştir (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Kesilmiş şevlerin süreksizliklerine ait temel sürtünme açısı (ϕ_b) grafikleri

Barton and Choubey (1977) makaslama gerilmesi ile normal gerilme arasındaki ilişkiyi;

$$\tau = \sigma_n \tan \left[JRC \log \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) + \phi_r \right] \quad (3.12)$$

eşitliği ile ifade etmektedir. Bu eşitlikte;

τ : Makaslama gerilmesi

σ_n : Süreksizlik düzlemine etki eden normal gerilme

JRC : Süreksizlik pürüzlülük katsayısı

JCS : Süreksizlik yüzeyinin dayanımı

ϕ_r : Rezidüel sürtünme açısıdır

ϕ_b : Süreksizliklerin temel sürtünme açısı

γ : Birim hacim ağırlığı

ϕ : İçsel sürtünme açısı

$$\phi_r = (\phi_b - 20) + 20(r/R) \quad (3.13)$$

R: Taze yüzeyin Schmidt geri sıçrama sertlik değeri

r: Bozunmuş yüzeyin Schmidt geri sıçrama sertlik değeri

Barton (1973) Görgül Yenilme Ölçütü' nde kullanılan parametrelerden süreksizlik pürüzlülük katsayısı (JRC), arazi çalışmaları sırasında eklem yüzeylerinden alınan pürüzlülük profillerinin Barton ve Choubey (1977) tarafından önerilen standard pürüzlülük profilleri ile deneştirilmesi sonucunda belirlenmiştir. JCS' nin belirlenmesinde Hoek and Bray (1977) tarafından önerilen abak yardımı ile Schmidt geri sıçrama sertlik değeri ve kayanın ortalama birim hacim ağırlığı kullanılarak belirlenmiştir (Tablo 3.19). Rocdata

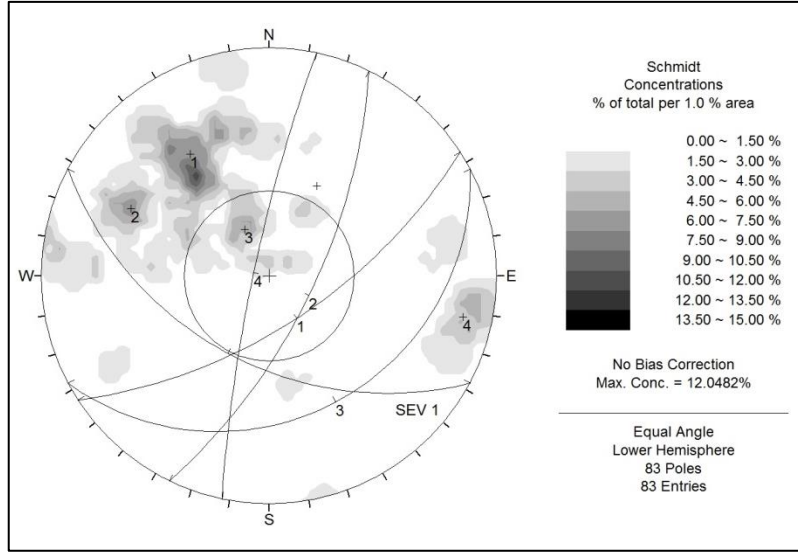
(2004) bilgisayar programı kullanılarak kaya şevlerine ait süreksizliklerin içsel sürtünme açıları belirlenmiştir (Tablo 3.19).

Tablo 3.19. Eklemlerin makaslama dayanımı değerleri

Şev No	Şev Yüksekliği (m)	Φ_b (°)	Φ_r (°)	JCS (MPa)	JRC	r (Bozunmuş)	R (Taze)	γ (kN/m ³)
Şev 1	20	37	30	37	13.2	38,8	62	24.71
Şev 2	12	36	29	34	12.1	28	43	25.3
Şev 3	25	31	29	90	8.5	49	55	26.38
Şev 4	25	49	48	43	7.5	40	58	26.09
Şev 5	15	35	29	55	8	44	63	25.30
Şev 6	22	31	27	57	7.13	47	57	24.50
Şev 7	15	30	25	58	12.1	46	60	24.60

Şev 1' e Ait Duraylılık Analizi

Çalışma alanından alınan eklem yönelimi ölçüleri Dips 5.01 (Rocscience, 2004) bilgisayar programında değerlendirilmiş olup, yoğunlaşan kutup noktalarına ait düzlemler (süreksizlik setleri), Şev 1 'e ait yönelim ve süreksizlere ait içsel sürtünme açısı dairesi Şekil 3.30' da verilmiştir. Ayrıca süreksizlik setleri, Şev 1' e ait yönelim değerleri ve süreksizliklere ait içsel sürtünme açısı değerleri ise Tablo 3.18' de verilmiştir. Bu verilerden faydalanarak şevlere ait duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.



Şekil 3.30. Şev 1' den alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme dairesi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı

* 1, 2, 3 ve 4 no lu süreksizlikler üzerinde düzlemsel kayma gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı

* 1 ve 2 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 145.9 / 64.9

Kama türü yenilme I_1 ve I_2 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 1 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 235.5 / 3.14

Kama türü yenilme I_1 ve I_3 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 1 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 201.9 / 50.9

Kama türü yenilme I_1 ve I_4 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 2 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 198.1 / 18.6

Kama türü yenilme I_2 ve I_3 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 2 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 195.6 / 24

Kama türü yenilme I_2 ve I_4 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 3 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 194.8 / 19.6

Kama türü yenilme I_3 ve I_4 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

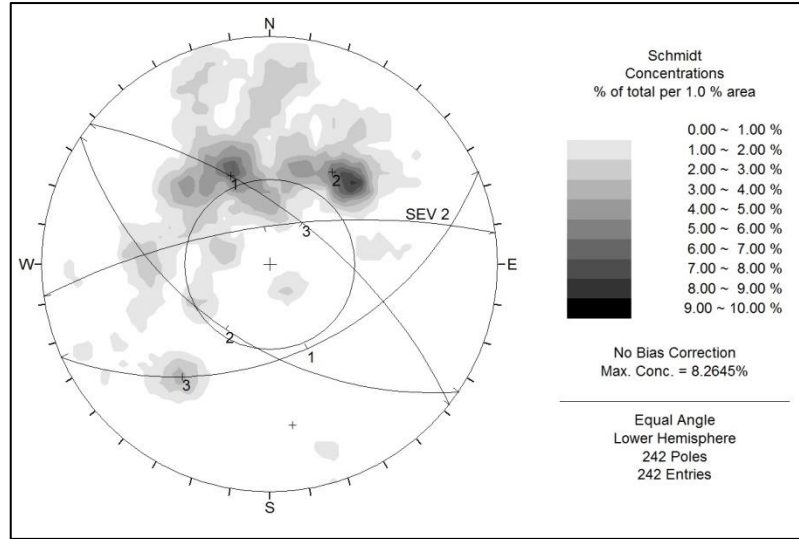
-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı

* Devrilme türü yenilme 1, 2, 3 ve 4 nolu süreksizlik boyunca gerçekleşmez.

Yapılan değerlendirme sonucunda Şev 1 için süreksizlik denetimli herhangi bir duraysızlık beklenmemektedir.

Şev 2' ye Ait Duraylılık Analizi

Çalışma alanından alınan eklem yönelimi ölçüleri Dips 5.01 (Rocscience, 2004) bilgisayar programında değerlendirilmiş olup, yoğunlaşan kutup noktalarına ait düzlemler (süreksizlik setleri), Şev 2' ye ait yönelim ve süreksizlere ait içsel sürtünme açısı dairesi Şekil 3.31' de verilmiştir. Ayrıca süreksizlik setleri, Şev 2' ye ait yönelim değerleri ve süreksizliklere ait içsel sürtünme açısı değerleri ise Tablo 3.18' de verilmiştir. Bu verilerden faydalanarak şevlere ait duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.



Şekil 3.31. Şev 2' den alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme dairesi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı

*Düzlemsel kayma 1, 2 ve 3 no lu süreksizlikler boyunca gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı

* 1 ve 2 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 174.2 / 44.5

Kama türü yenilme I_1 ve I_2 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 1 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 108.1 / 34.8

Kama türü yenilme I_1 ve I_3 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 2 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 126.4 / 3.14

Kama türü yenilme I_2 ve I_3 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

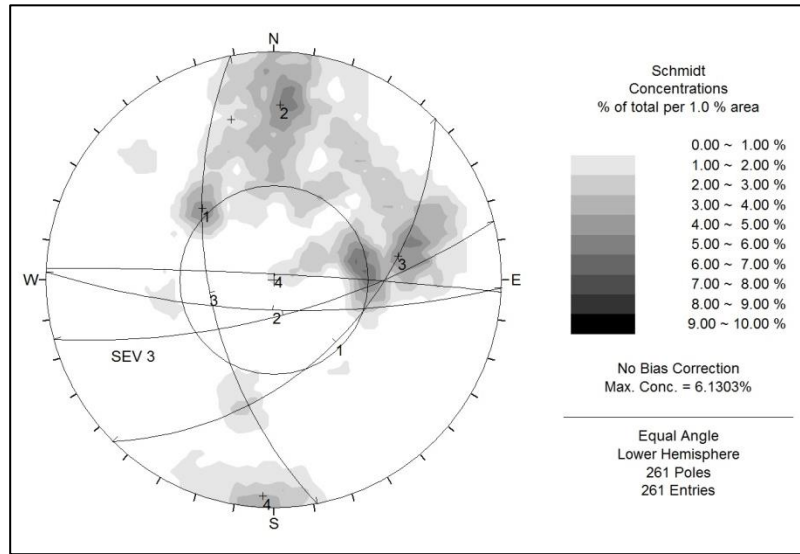
-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı

* Devrilme türü yenilme 1, 2 ve 3 no lu süreksizlik boyunca gerçekleşmez.

Yapılan değerlendirme sonucunda Şev 2 için süreksizlik denetimli herhangi bir duraysızlık beklenmemektedir.

Şev 3' e Ait Duraylılık Analizi

Çalışma alanından alınan eklem yönelimi ölçüleri Dips 5.01 (Rocscience, 2004) bilgisayar programında değerlendirilmiş olup, yoğunlaşan kutup noktalarına ait düzlemler (süreksizlik setleri), Şev 3' e ait yönelim ve süreksizlere ait içsel sürtünme açısı daireleri Şekil 3.32' de verilmiştir. Ayrıca süreksizlik setleri, Şev 3' e ait yönelim değerleri ve süreksizliklere ait içsel sürtünme açısı değerleri ise Tablo 3.18' de verilmiştir. Bu verilerden faydalanarak şevlere ait duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.



Şekil 3.32. Şev 3' den alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme daireleri

-Düzlemsel Kayma Olasılığı

*Düzlemsel kayma 1, 2, 3 ve 4 no lu süreksizlikler boyunca gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı

* 1 ve 2 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 107.2 / 44.5

Kama türü yenilme I_1 ve I_2 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 1 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 191.5 / 31.4
Kama türü yenilme I₁ ve I₃ kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 1 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 90.61 / 38.4
Kama türü yenilme I₁ ve I₄ kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 2 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 247.1 / 57.4
Kama türü yenilme I₂ ve I₃ kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 2 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 92.83 / 3.11
Kama türü yenilme I₂ ve I₄ kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 3 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 277.5 / 56.6
Kama türü yenilme I₃ ve I₄ kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı

* Devrilme türü yenilme 1, 2 ve 3 no lu süreksizlik boyunca gerçekleşmez.

Devrilme türü yenilme 4 no lu süreksizlik boyunca gelişebilir.

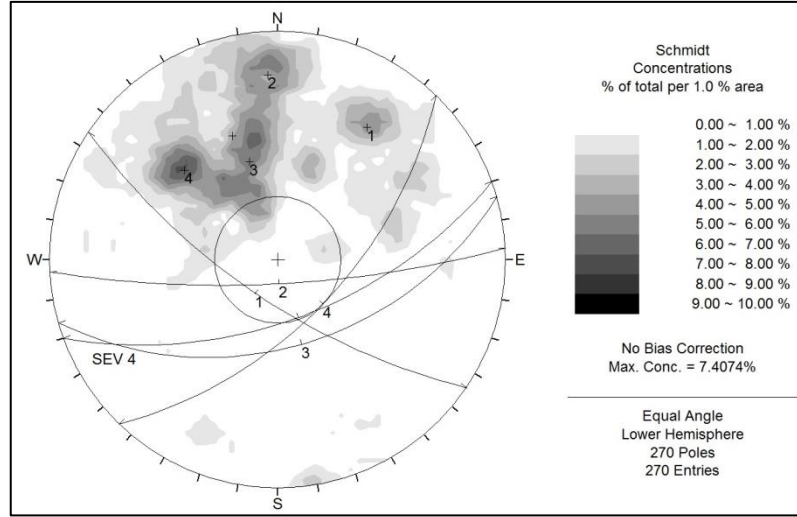
En büyük güvenli şev açısı: 48 (mevcut eğim yönünde)

Güvenli şev eğim yönleri: 153 veya 213 (mevcut eğimle)

Yapılan değerlendirme sonucunda Şev 3 için 4 nolu süreksizlik setlerinde devrilme türü duraysızlığın olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının 48° ye düşürülmeyi veya şev eğim yönü açılarının mevcut eğimde 153 veya 213 olarak alınması ile önlenilebileceği belirlenmiştir.

Şev 4' e Ait Duraylılık Analizi

Çalışma alanından alınan eklem yönelimi ölçüleri Dips 5.01 (Rocscience, 2004) bilgisayar programında değerlendirilmiş olup, yoğunlaşan kutup noktalarına ait düzlemler (süreksizlik setleri), Şev 4' e ait yönelim ve süreksizlere ait içsel sürtünme açısı dairesi Şekil 3.33' de verilmiştir. Ayrıca süreksizlik setleri, Şev 4' e ait yönelim değerleri ve süreksizliklere ait içsel sürtünme açısı değerleri ise Tablo 3.18' de verilmiştir. Bu verilerden faydalanarak şevlere ait duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.



Şekil 3.33. Şev 4' den alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme dairesi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı

* 1, 2, 3 ve 4 no lu süreksizlik üzerinde düzlemsel kayma gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı

* 1 ve 2 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 233.6 / 68.8
Kama türü yenilme I_1 ve I_2 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 1 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 146.7 / 46.6
Kama türü yenilme I_1 ve I_3 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 1 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 157.6 / 56.7
Kama türü yenilme I_1 ve I_4 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 2 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 90.94 / 17.9
Kama türü yenilme I_2 ve I_3 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 2 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 105 / 55.5
Kama türü yenilme I_2 ve I_4 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 3 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 185.6 / 45.9
Kama türü yenilme I_3 ve I_4 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

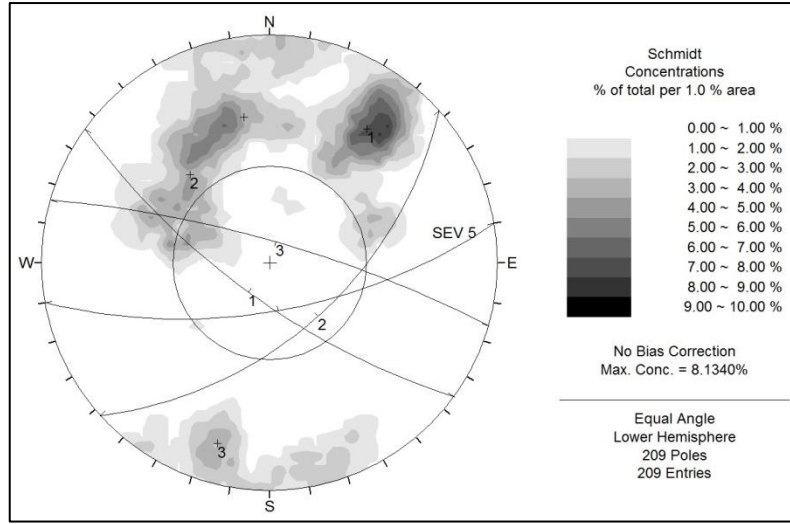
-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı

* Devrilme türü yenilme 1, 2, 3 ve 4 nolu süreksizlik boyunca gerçekleşmez.

Yapılan değerlendirme sonucunda Şev 4 için süreksizlik denetimli herhangi bir duraysızlık beklenmemektedir.

Şev 5' e Ait Duraylılık Analizi

Çalışma alanından alınan eklem yönelimi ölçüleri Dips 5.01 (Rocscience, 2004) bilgisayar programında değerlendirilmiş olup, yoğunlaşan kutup noktalarına ait düzlemler (süreksizlik setleri), Şev 5' e ait yönelim ve süreksizlere ait içsel sürtünme açısı daireleri Şekil 3.34' de verilmiştir. Ayrıca süreksizlik setleri, Şev 5' e ait yönelim değerleri ve süreksizliklere ait içsel sürtünme açısı değerleri ise Tablo 3.18' de verilmiştir. Bu verilerden faydalanarak şevlere ait duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.



Şekil 3.34. Şev 5' den alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme daireleri

-Düzlemsel Kayma Olasılığı

* 1,2 ve 3 nolu süreksizlik üzerinde düzlemsel kayma gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı

* 1 ve 2 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 152.6 / 54.1

Kama türü yenilme I_1 ve I_2 kesişim hattı boyunca gerçekleşebilir.

Güvenli en büyük şev açısı: 55 (mevcut eğim yönünde)

Güvenli şev yönelimleri: 204.7 veya 100.6 (mevcut eğimle)

* 1 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 293.4 / 33.7

Kama türü yenilme I_1 ve I_3 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 2 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 94.40 / 45.9

Kama türü yenilme I_2 ve I_3 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

-*Devrilme Türü Yenilme Olasılığı*

* Devrilme türü yenilme 1 ve 2 nolu süreksizlik boyunca gerçekleşmez.

Devrilme türü yenilme 3 no lu süreksizlik boyunca gelişebilir.

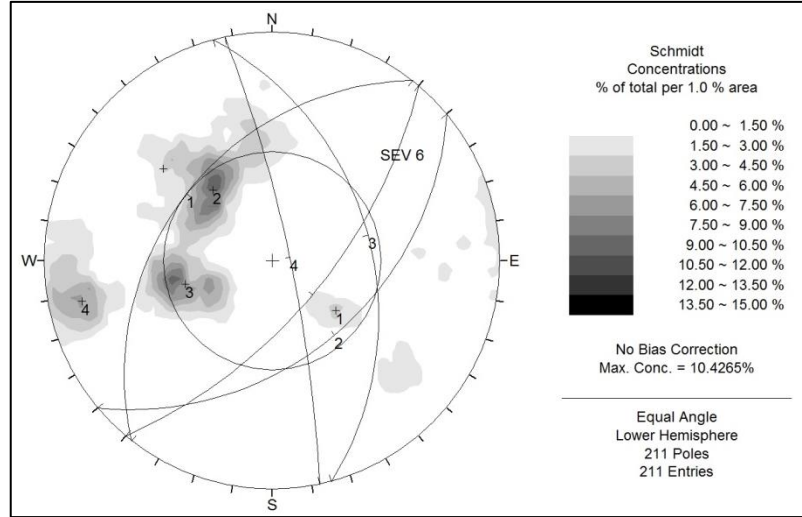
En büyük güvenli şev açısı: 56 (mevcut eğim yönünde)

Güvenli şev eğim yönleri: 166 veya 226 (mevcut eğimle)

Yapılan değerlendirme sonucunda Şev 5 için I_1 ve I_2 kesişim hattı boyunca kama türü yenilme gerçekleşebileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının 55° ye düşürülmesi veya şev eğim yönü açılarının mevcut eğimde 204.7 veya 100.6 olarak alınması ile önlenebileceği belirlenmiştir. Buna ek olarak, 3 nolu süreksizlik setinde devrilme türü duraysızlığın olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının 56° ye düşürülmesi veya şev eğim yönü açılarının mevcut eğimde 166 veya 226 olarak alınması ile önlenebileceği belirlenmiştir.

Şev 6' ya Ait Duraylılık Analizi

Çalışma alanından alınan eklem yönelimi ölçüleri Dips 5.01 (Rocscience, 2004) bilgisayar programında değerlendirilmiş olup, yoğunlaşan kutup noktalarına ait düzlemler (süreksizlik setleri), Şev 6' ya ait yönelim ve süreksizlere ait içsel sürtünme açısı dairesi Şekil 3.35' de verilmiştir. Ayrıca süreksizlik setleri, Şev 6' ya ait yönelim değerleri ve süreksizliklere ait içsel sürtünme açısı değerleri ise Tablo 3.18' de verilmiştir. Bu verilerden faydalanarak şevlere ait duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.



Şekil 3.35. Şev 6' dan alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme dairesi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı

* Düzlemsel kayma 1 no lu süreksizlik üzerinde gerçekleşmez.

* Düzlemsel kayma 2 no lu süreksizlik üzerinde gelişebilir.

Güvenli en büyük şev açısı: 44 (mevcut eğim yönünde)

Güvenli şev yönelimleri: 160 veya 120 (mevcut eğimle)

* Düzlemsel kayma 3 no lu süreksizlik üzerinde gerçekleşmez.

* Düzlemsel kayma 4 no lu süreksizlik üzerinde gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı

* 1 ve 2 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 224.5 / 5.26

Kama türü yenilme I_1 ve I_2 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 1 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 9.488 / 21.1

Kama türü yenilme I_1 ve I_3 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 1 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 353.1 / 29.7

Kama türü yenilme I_1 ve I_4 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 2 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 105.9 / 38.6

Kama türü yenilme I_2 ve I_3 kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 2 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 159.7 / 42.2

Kama türü yenilme I_2 ve I_4 kesişim hattı boyunca gelişebilir.

Güvenli en büyük şev eğimi: 46° (mevcut eğim yönünde)

Güvenli şev eğim yönleri: 223.4 veya 96.04 (mevcut eğimle)

* 3 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 348.5 / 3.27

Kama türü yenilme I₃ ve I₄ kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

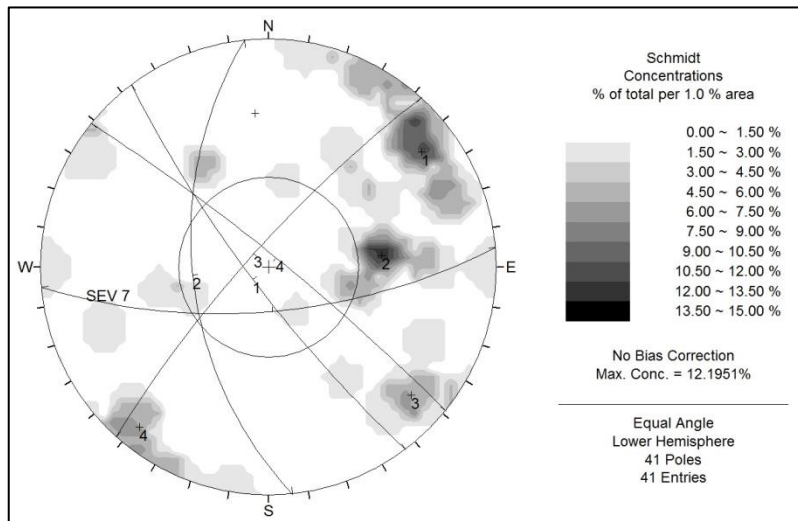
-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı

* Devrilme türü yenilme 1, 2, 3 ve 4 nolu süreksizlik boyunca gerçekleşmez.

Yapılan değerlendirme sonucunda Şev 6 için 2 nolu süreksizlik setinde düzlemsel kayma olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının mevcut eğim yönünde 44° ye düşürülüp, şev eğim yönü açılarının ise mevcut eğimde 160 veya 120 olarak alınması ile önlenebileceği, buna ek olarak 2 ve 4 nolu süreksizliklerin kama türü duraysızlık oluşturacağı belirlenmiş olup, mevcut eğim yönünde en büyük şev açısının 46° olabileceği ve mevcut eğimde güvenli şev yönelimlerinin 223 veya 96 olabileceği belirlenmiştir.

Şev 7' e Ait Duraylılık Analizi

Çalışma alanından alınan eklem yönelimi ölçüleri Dips 5.01 (Rocscience, 2004) bilgisayar programında değerlendirilmiş olup, yoğunlaşan kutup noktalarına ait düzlemler (süreksizlik setleri), Şev 7' ye ait yönelim ve süreksizlere ait içsel sürtünme açısı daireleri Şekil 3.36' da verilmiştir. Ayrıca süreksizlik setleri, Şev 7' ye ait yönelim değerleri ve süreksizliklere ait içsel sürtünme açısı değerleri ise Tablo 3.18' de verilmiştir. Bu verilerden faydalanarak şevlere ait duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.



Şekil 3.36. Şev 7' den alınan süreksizlik yönelimlerine ait kontur diyagramı, şev yönelimi ve içsel sürtünme daireleri

-Düzlemsel Kayma Olasılığı

* 1, 2, 3 ve 4 no lu süreksizlik üzerinde düzlemsel kayma gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı

* 1 ve 2 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi: 314.4 / 40.2

Kama türü yenilme I₁ ve I₂ kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 1 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi: 272.4 / 77.1

Kama türü yenilme I₁ ve I₃ kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 1 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi: 314.2 / 40.8

Kama türü yenilme I₁ ve I₄ kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 2 ve 3 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi: 233.6 / 48.8

Kama türü yenilme I₂ ve I₃ kesişim hattı boyunca gelişebilir.

Güvenli en büyük şev eğimi: 65.4 (mevcut eğim yönünde)

Güvenli şev eğim yönleri: 296.0 veya 171.2 (mevcut eğimle)

* 2 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi: 314.1 / 40.3

Kama türü yenilme I₂ ve I₄ kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

* 3 ve 4 no lu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi: 340.5 / 78.6

Kama türü yenilme I₃ ve I₄ kesişim hattı boyunca gerçekleşmez.

-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı

* Devrilme türü yenilme 1, 2, 3 ve 4 nolu süreksizlik boyunca gerçekleşmez.

Yapılan değerlendirme sonucunda Şev 7 için 2 ve 3 nolu süreksizliklerin kama türü duraysızlık oluşturacağı belirlenmiş olup, mevcut eğim yönünde en büyük şev açısının 65° olabileceği ve mevcut eğimde güvenli şev yönelimlerinin 296 veya 171 olabileceği belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki kesilmiş şevler kinematik analiz sonuçlarına göre değerlendirildiğinde; Şev 3, 5, 6 ve 7 nolu şevlerde süreksizliklere bağlı duraysızlık oluşabileceği belirlenmiştir.

Yapılan değerlendirme sonucunda;

Şev 3 için; 4 nolu süreksizlik setinde devrilme türü duraysızlığın olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının 48° ye düşürülüp, şev eğim yönü açılarının ise mevcut eğimde 153 veya 213 olarak alınması ile önlenebileceği belirlenmiştir.

Şev 5 için; I1 ve I2 kesişim hattı boyunca kama türü yenilme gerçekleşebileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının 55° ye düşürülüp, şev eğim yönü açılarının ise mevcut eğimde 204 veya 100 olarak alınması ile önlenebileceği belirlenmiştir. Buna ek olarak, 3 nolu süreksizlik setinde devrilme türü duraysızlığın olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının 56° ye düşürülüp, şev eğim yönü açılarının ise mevcut eğimde 166 veya 226 olarak alınması ile önlenebileceği belirlenmiştir.

Şev 6 için; 2 nolu süreksizlik setinde düzlemsel kayma olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının mevcut eğim yönünde 44° ye düşürülüp, şev eğim yönü açılarının ise mevcut eğimde 160 veya 120 olarak alınması ile önlenebileceği, buna ek olarak 2 ve 4 nolu süreksizliklerin kama türü duraysızlık oluşturacağı belirlenmiş olup, mevcut eğim yönünde en büyük şev açısının 46° olabileceği ve mevcut eğimde güvenli şev yönelimlerinin 223 veya 96 olabileceği belirlenmiştir.

Şev 7 için; 2 ve 3 nolu süreksizliklerin kama türü duraysızlık oluşturacağı belirlenmiş olup, mevcut eğim yönünde en büyük şev açısının 65° olabileceği ve mevcut eğimde güvenli şev yönelimlerinin 296 veya 171 olabileceği belirlenmiştir.

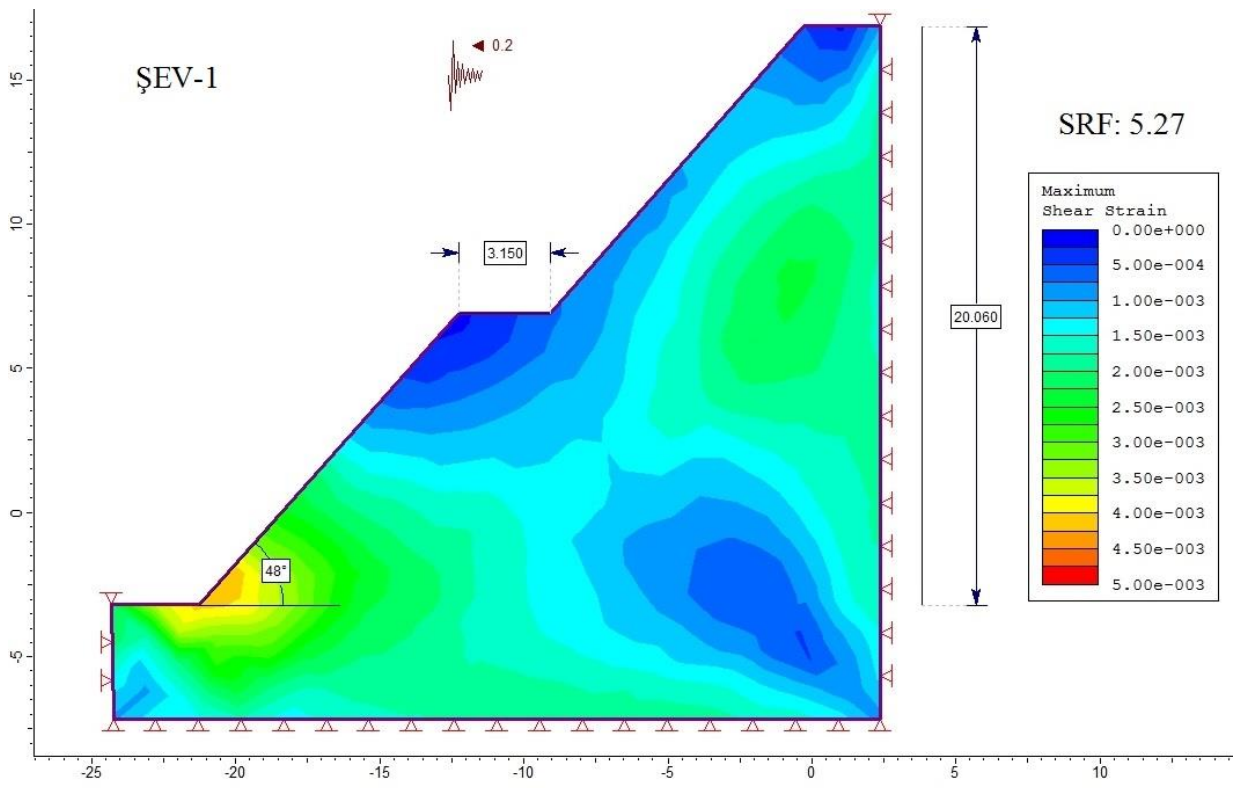
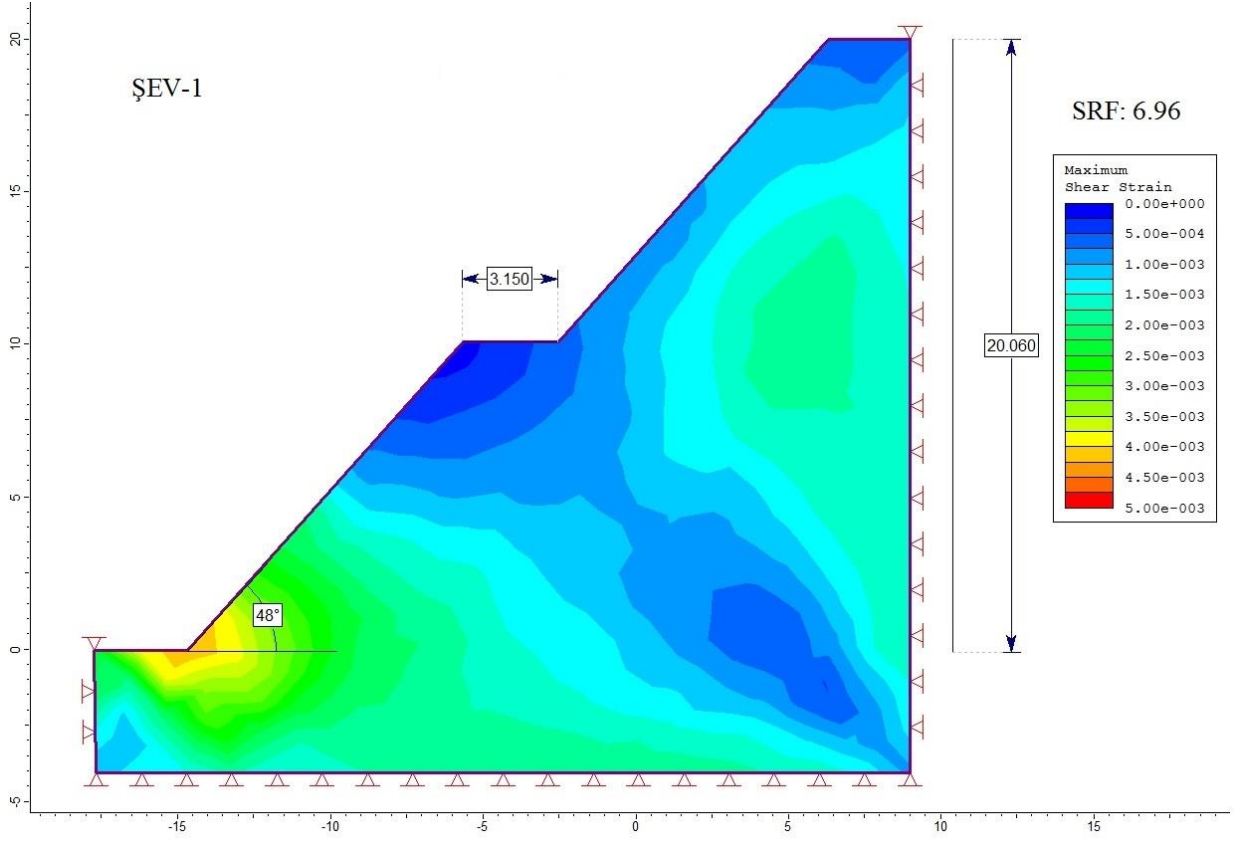
3.2.4.2. Sayısal Analiz

Bağlarbaşı-Tekke yol güzergahındaki kesilmiş kaya şevlerinde gelişebilecek dairesel kayma türü duraysızlıkları belirlemek için sonlu elemanlar yöntemi tabanlı “Phase² v6.0” (Rocscience, 2007) programından yararlanılmış ve şevlere ait kazı sonrası durum için kritik SRF (Gerilme azaltma faktörü) değerleri belirlenmiştir. Oluşturulan modellerde Hoek vd. (2002) tarafından önerilen yenilme kriteri kullanılarak gerilme-deformasyon analizleri yapılmış ve plastik yenilmeler bütün şevler için araştırılmıştır. Sayısal analizlerde sismik yükler de dikkate alınmış ve üç düğüm noktalı üçgen sonlu elemanlar kullanılmıştır. Şevlerin düzenlendiği granitik kaya kütlelerinde kontrollü patlatma ve mekanik kazı uygulandığı için örselenme faktörü (D) 0.7 olarak alınmış olup, kullanılan diğer parametreler Tablo 3.20’ de verilmiştir.

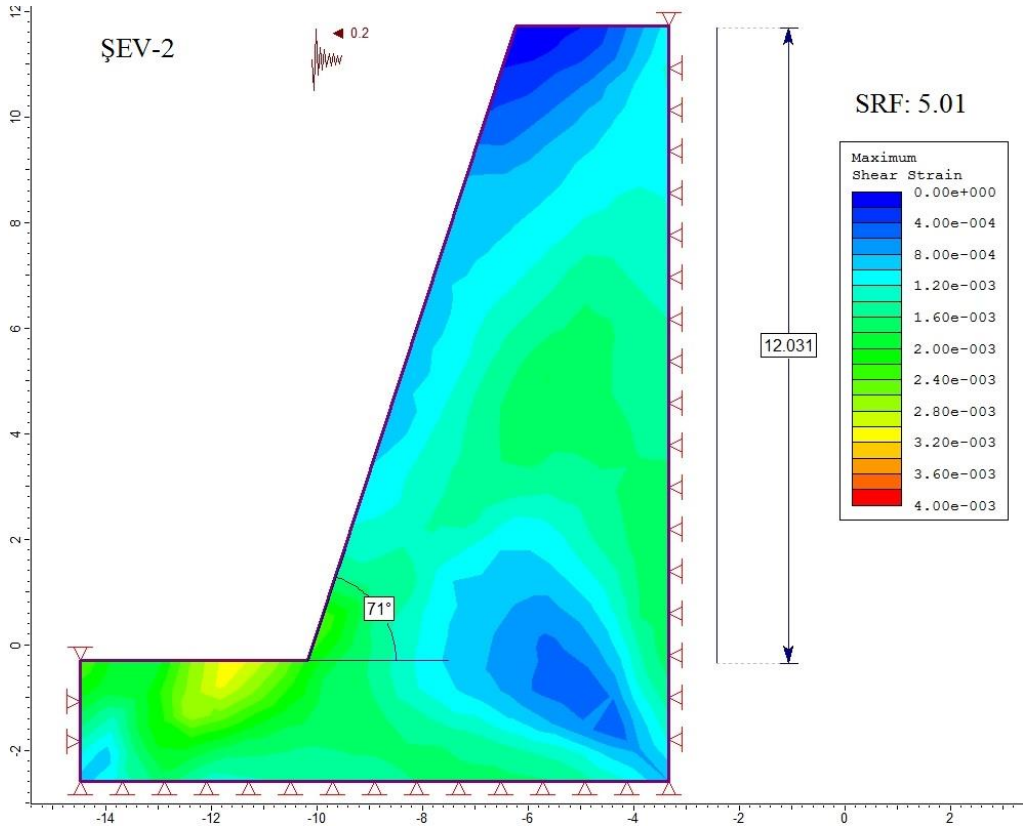
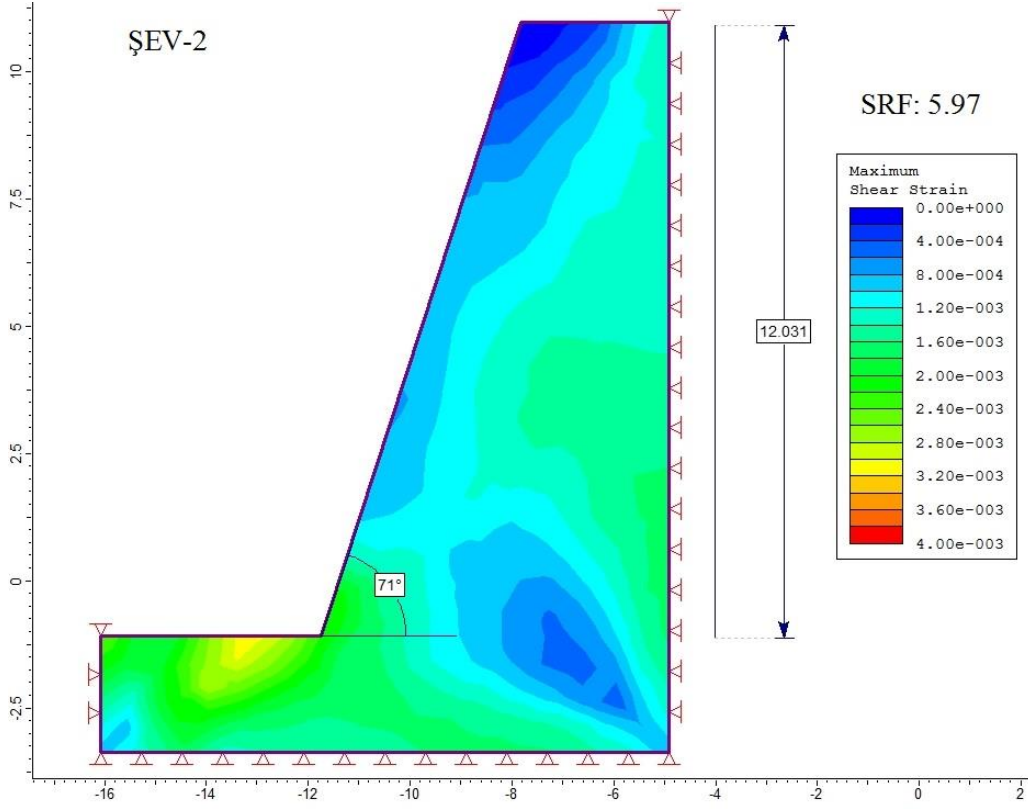
Tablo 3.20. Sayısal analizlerde kullanılan parametreler

Gümüşhane Graniti	GSI	σ_{ci} (MPa)	mi	γ (kN/m ³)	ν	D	E_m (GPa)	Şev yüksekliği (m)	Yatay yer ivmesi (gal)	Hoek – Brown sabitleri		
										mb	s	a
PATLATMALI KAZI SONRASI DURUM												
ŞEV 1	35	73.95	32	24.71	0.32	0.7	5.14	20	0.2	0.900	0.0001	0.516
ŞEV 2	38	75.04	32	25.30	0.32	0.7	5.63	12	0.2	1.061	0.0001	0.513
ŞEV 3	24	106	32	26.38	0.32	0.7	3.04	25	0.2	0.492	0.0000165	0.533
ŞEV 4	29	30.70	29	26.09	0.29	0.7	3.09	25	0.2	0.586	0.000034	0.524
ŞEV 5	25	77.70	32	25.30	0.32	0.7	4.25	15	0.2	0.519	0.000019	0.531
ŞEV 6	24	73.95	32	24.50	0.32	0.7	3.80	22	0.2	0.492	0.0000165	0.533
ŞEV 7	35	41.41	32	24.60	0.32	0.7	4.26	15	0.2	0.900	0.0001	0.516

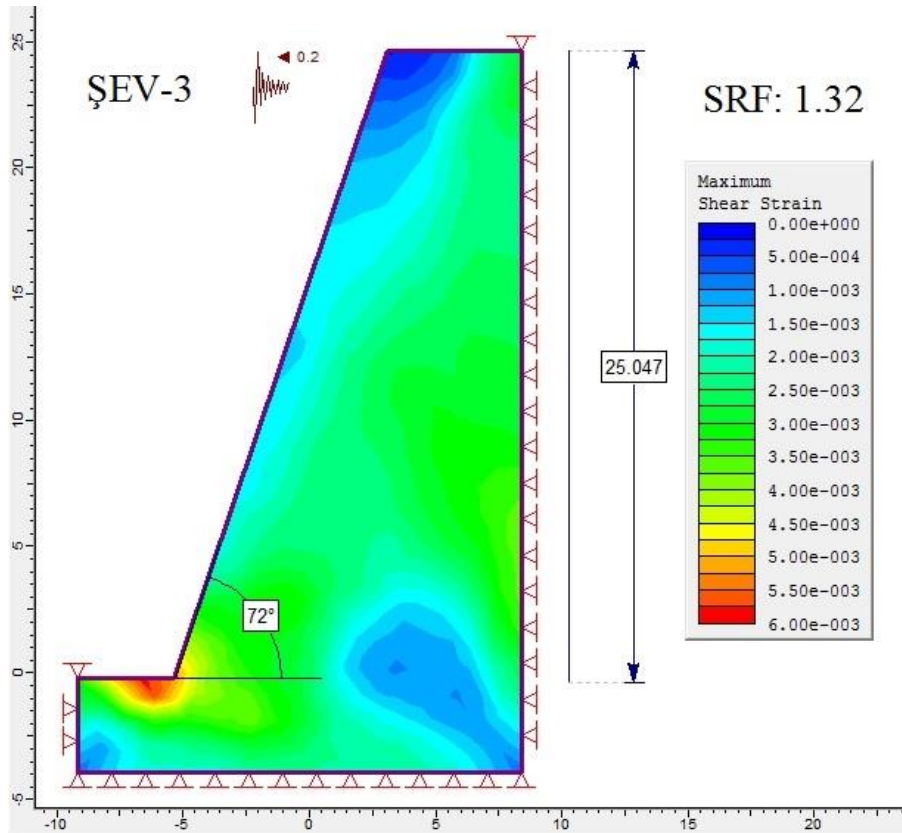
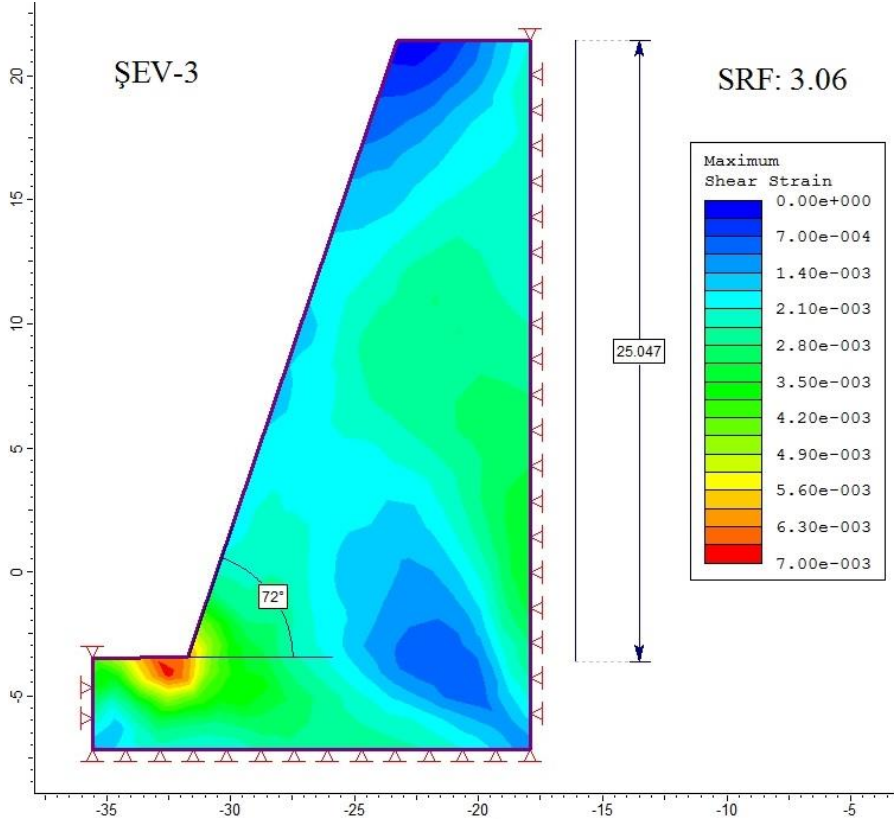
Şekil 3.37, Şekil 3.38, Şekil 3.39, Şekil 3.40, Şekil 3.41, Şekil 3.42, Şekil 3.43’deki şevlere ait maksimum kesme gerilmeleri 0.2 gal etkin yer ivmeside dikkate alındığında daha düşük güvenlik katsayıları (SRF) elde edilmiş olup, bütün şevlerin sismik yüklü ve sismik yüksüz duraylılık değerlendirmeleri aşağıda her bir şev için incelenmiştir.



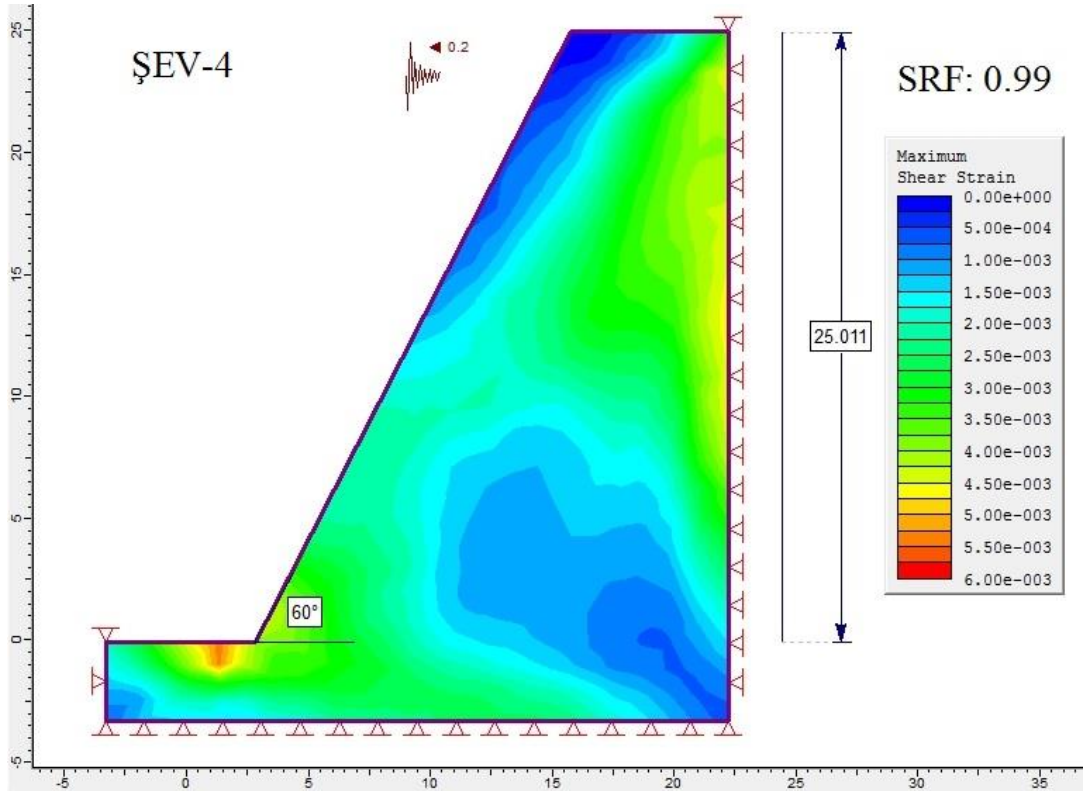
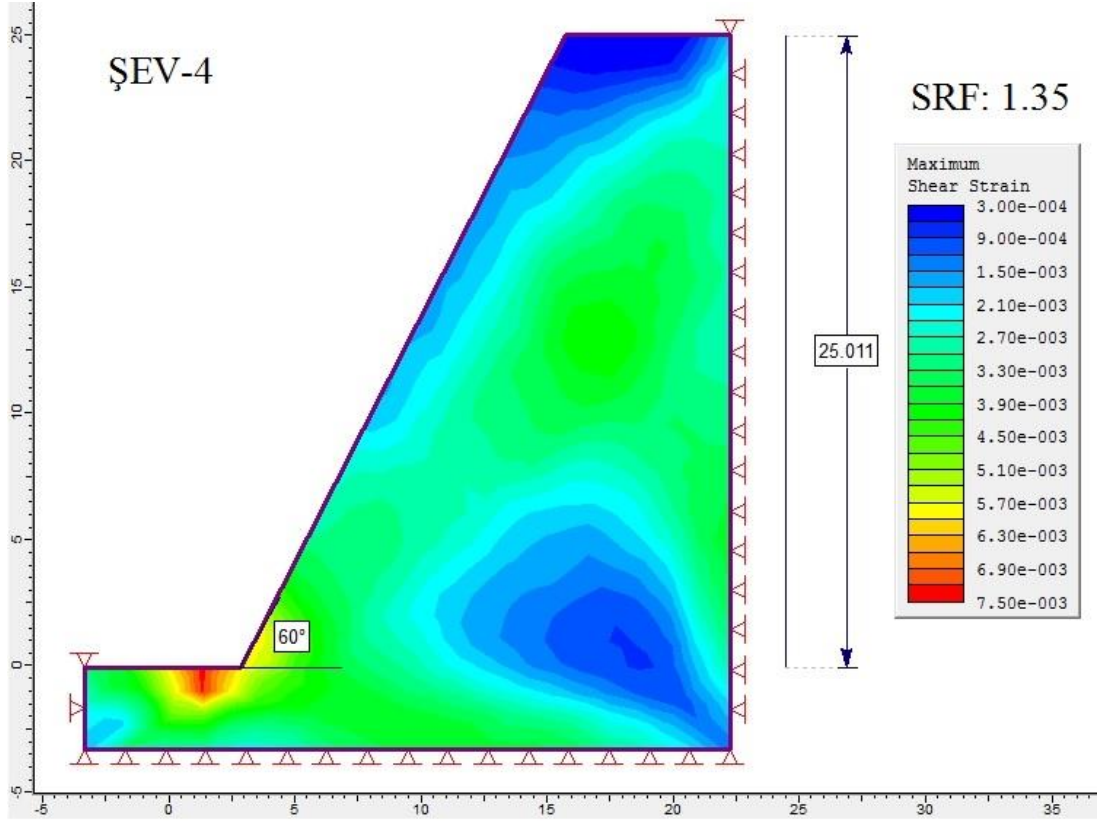
Şekil 3.37. Şev 1' e ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri



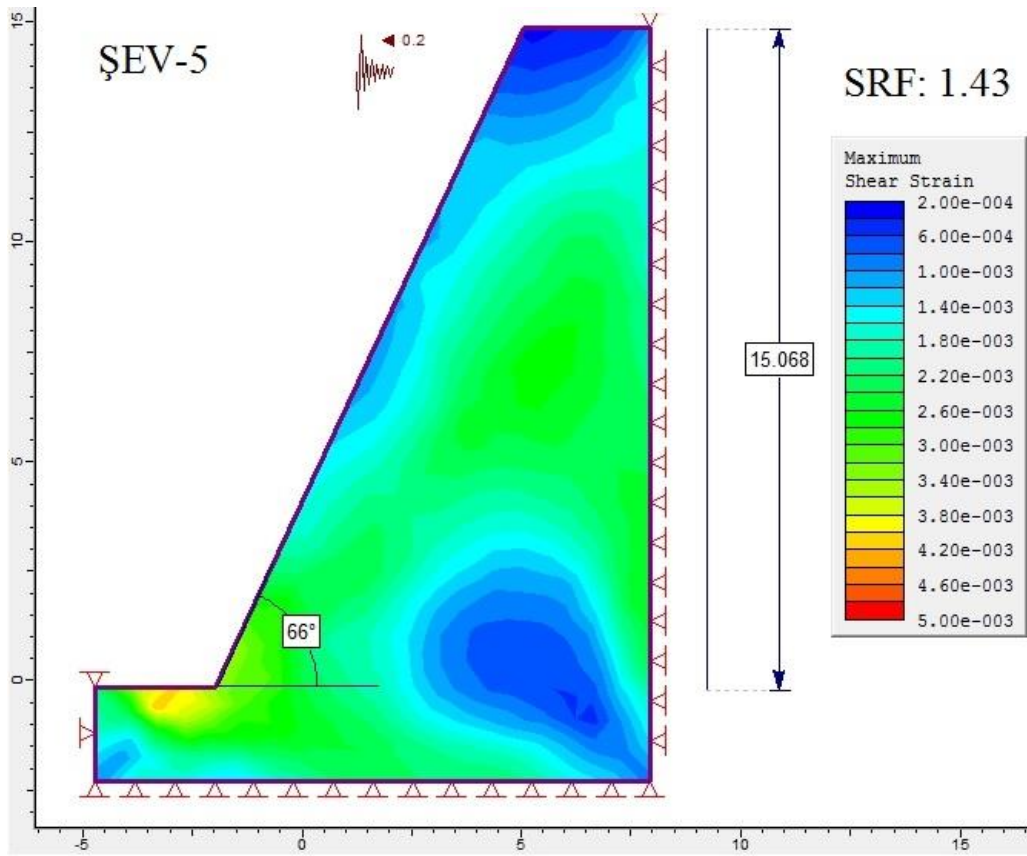
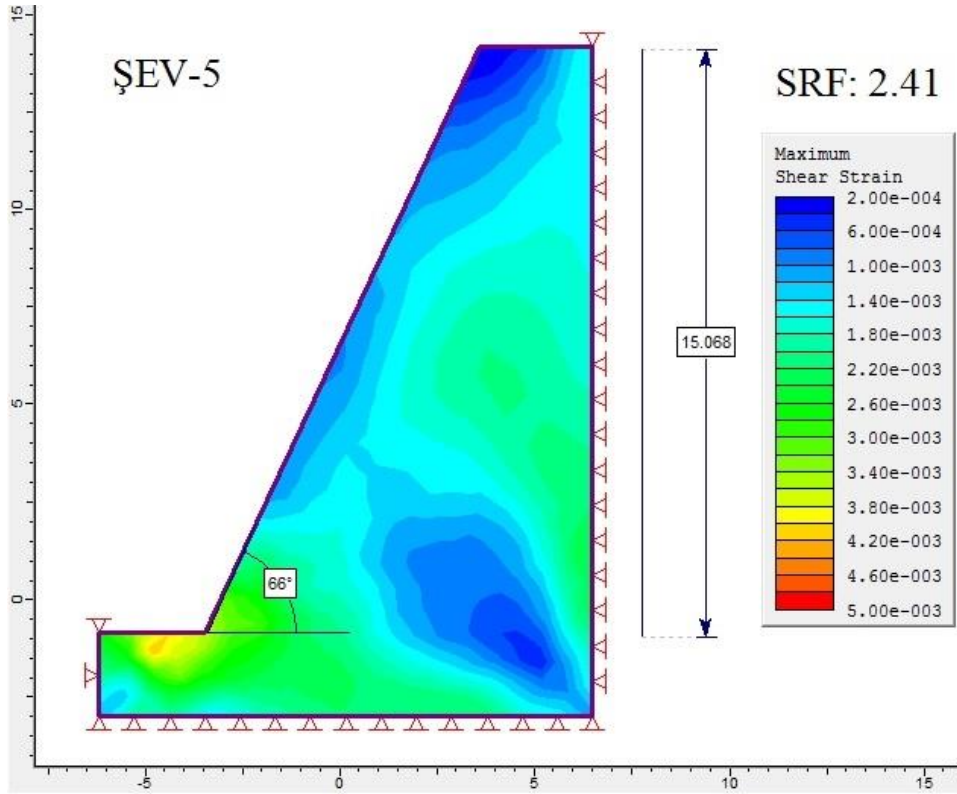
Şekil 3.38. Şev 2'ye ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri



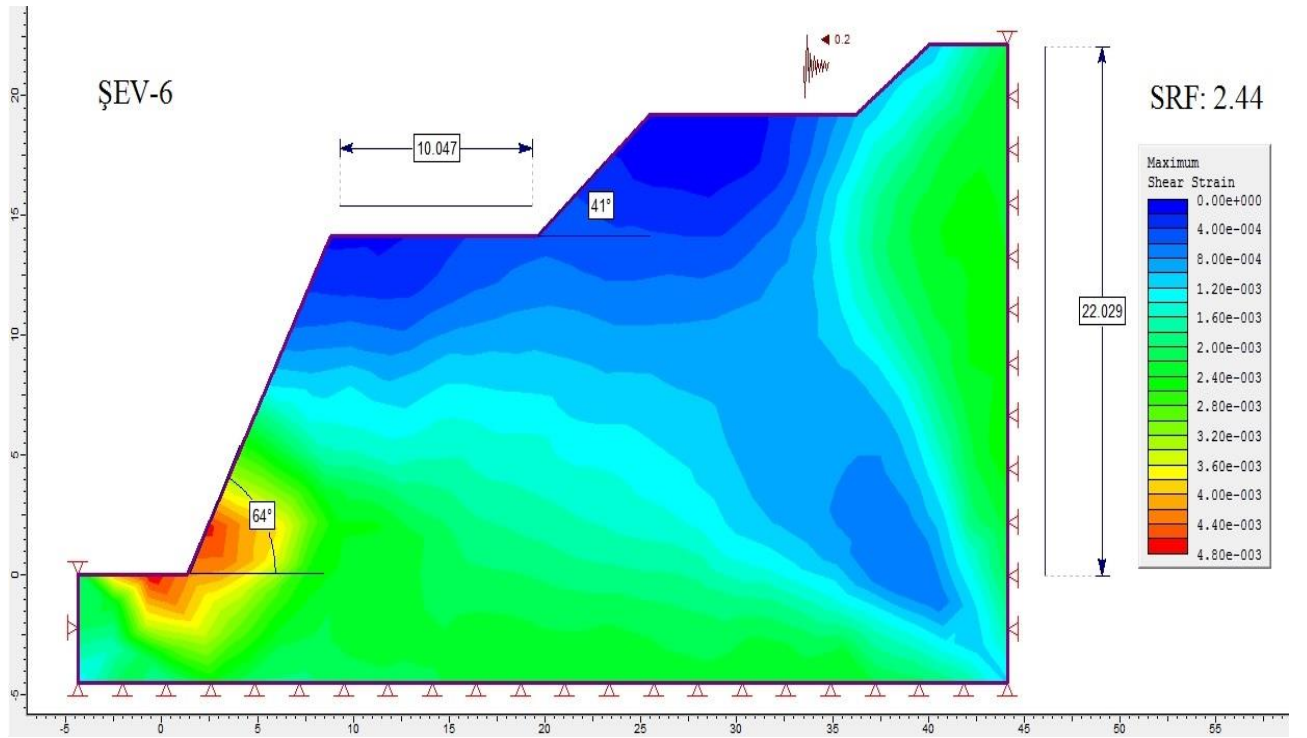
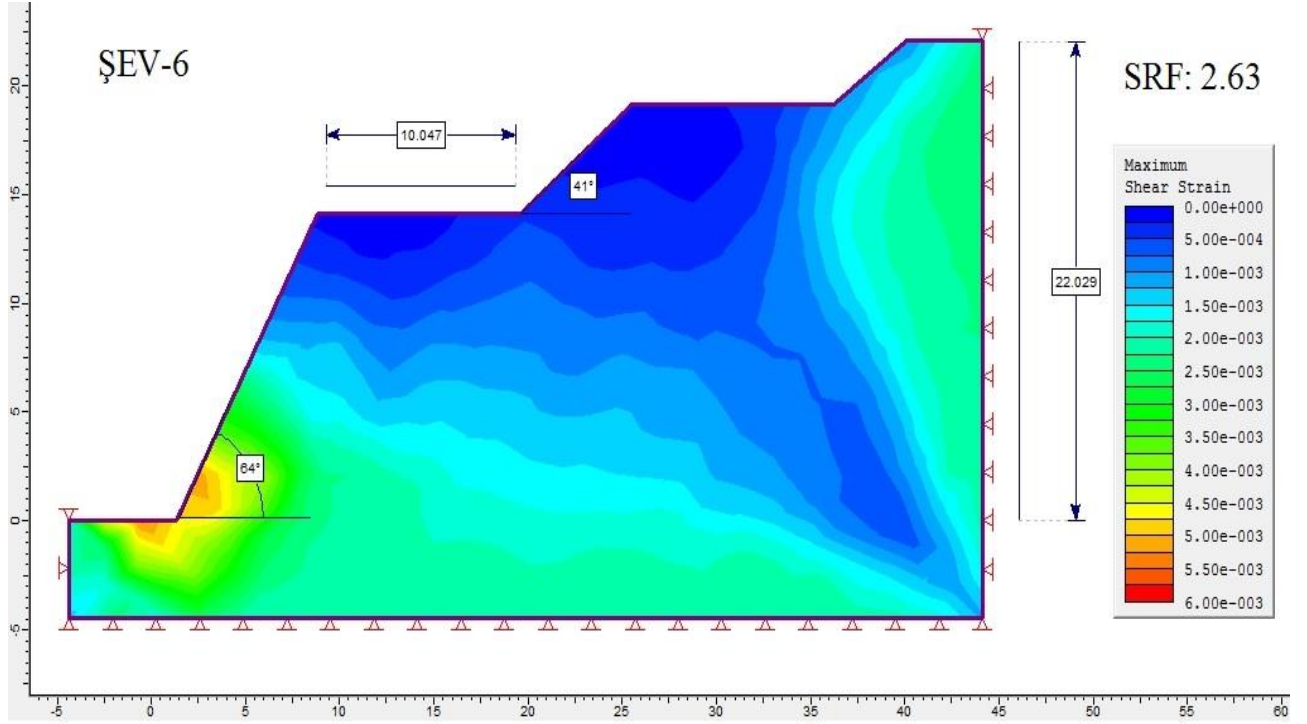
Şekil 3.39. Şev 3'e ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri



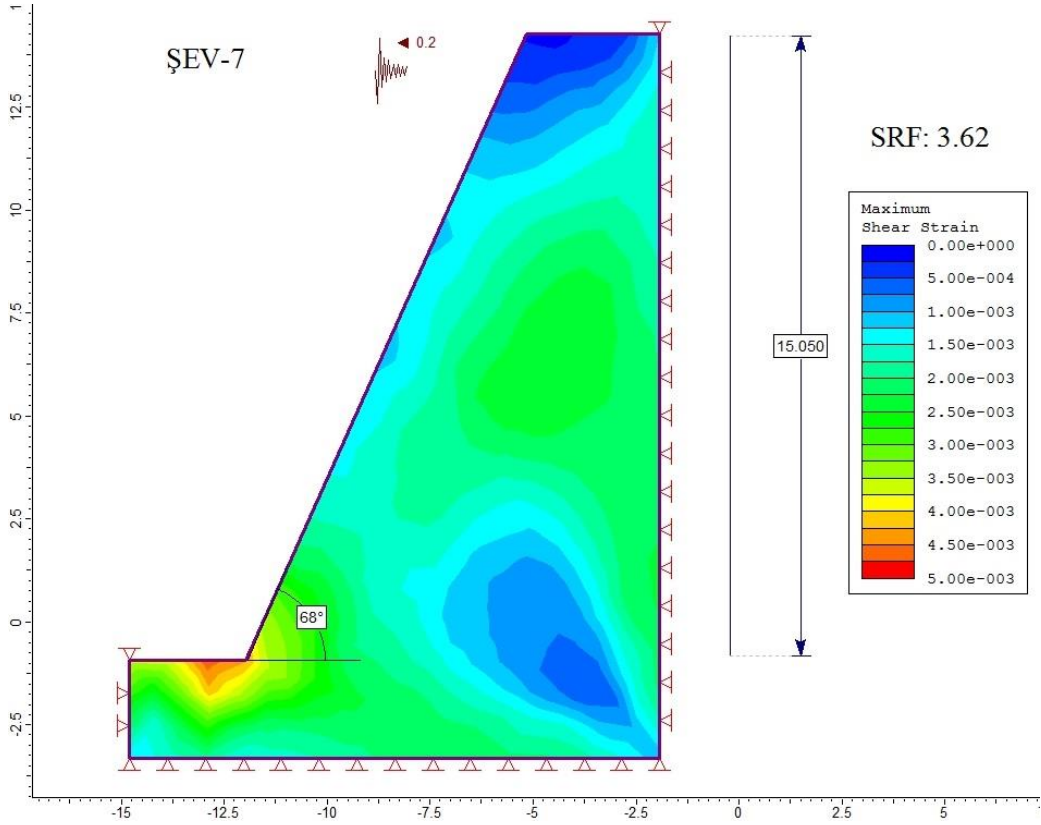
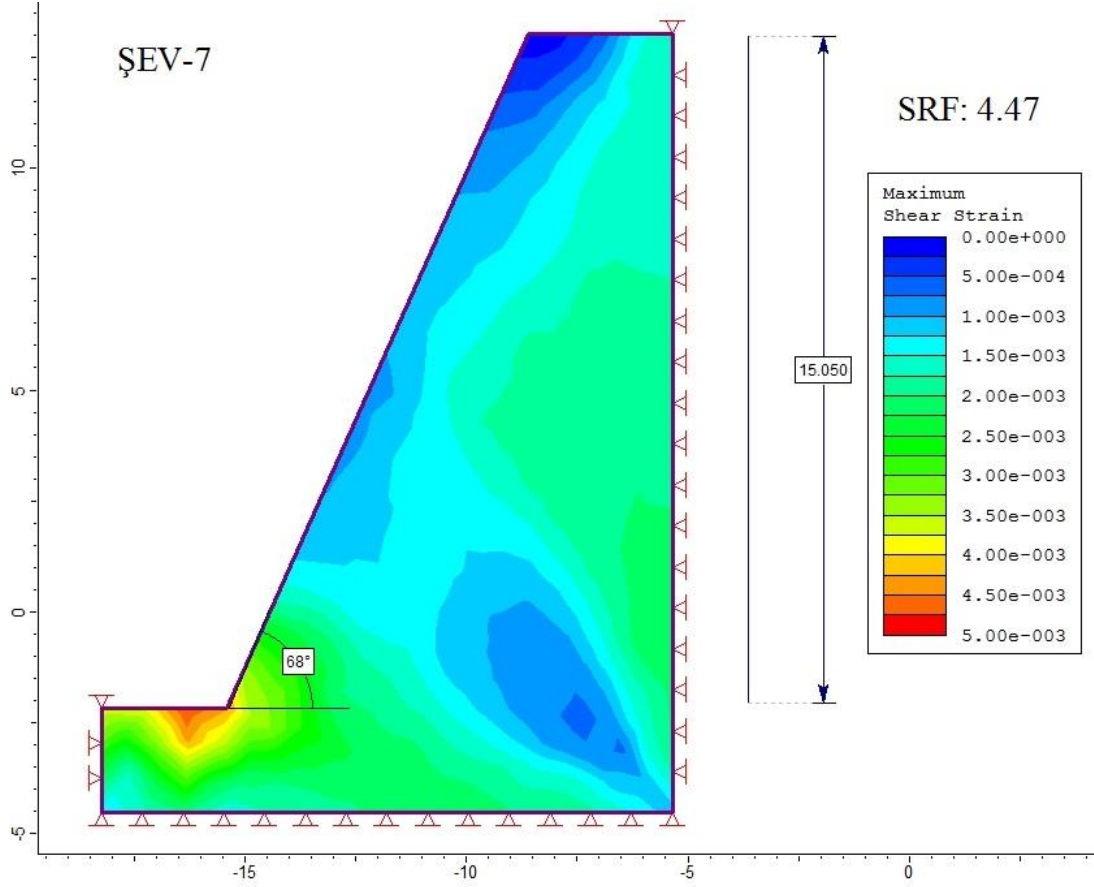
Şekil 3.40. Şev 4'e ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri



Şekil 3.41. Şev 5' e ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri



Şekil 3.42. Şev 6' ya ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri



Şekil 3.43. Şev 7' ye ait maksimum kesme gerilmesi kesitleri

Yapılan analizler sonucunda şevlere ait SRF değerleri Tablo 3.21’ de verilmiştir.

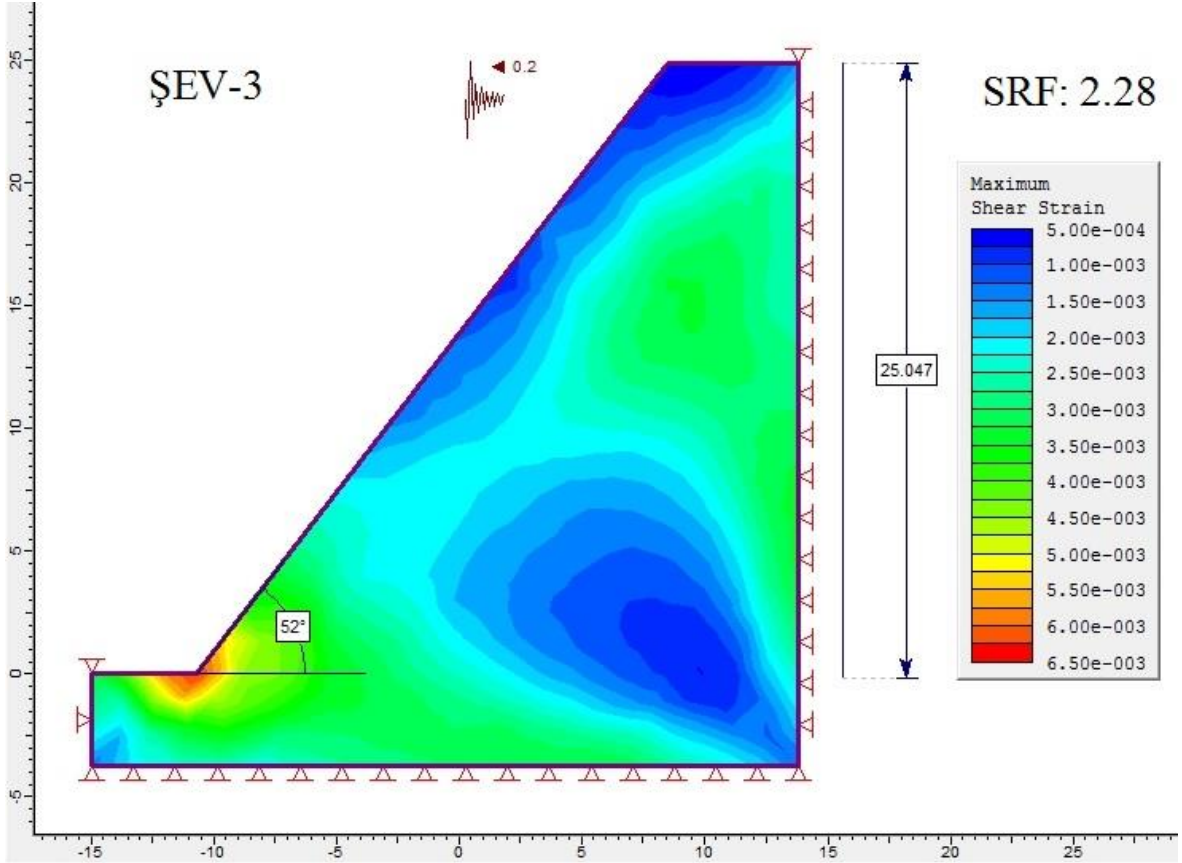
Tablo 3.21. Şevlere ait sayısal analiz sonuçları

Şevler	Güvenlik Katsayısı (Sismik Yüksüz)	Güvenlik Katsayısı (Sismik Yüklü)	Duraylılık
ŞEV 1	6.96	5.27	Duraylı
ŞEV 2	5.97	5.01	Duraylı
ŞEV 3	3.06	1.32	Duraysız
ŞEV 4	1.35	0.99	Duraysız
ŞEV 5	2.41	1.43	Duraysız
ŞEV 6	2.63	2.44	Duraylı
ŞEV 7	4.47	3.62	Duraylı

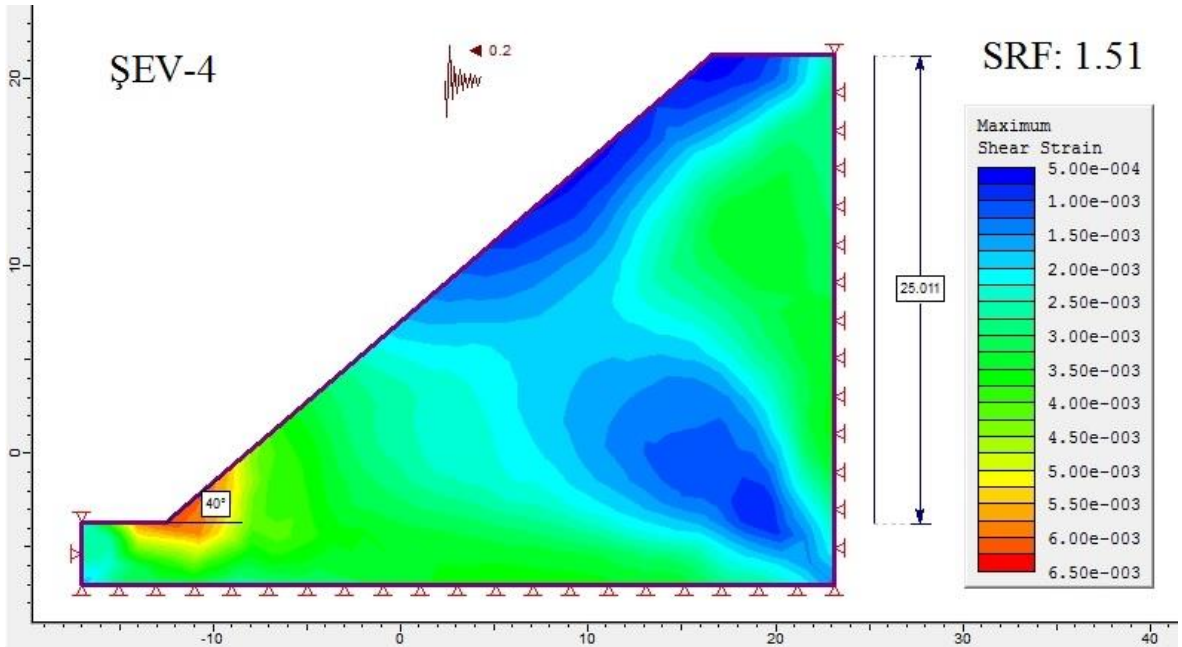
Buna göre Şev 3, 4 ve 5’ de güvenlik katsayısı değerleri bölgenin depremselliği de dikkate alındığında ($a= 0.2$ gal) karayolu şevleri için güvenli sayılan 1.5 güvenlik katsayısının altında kaldığı belirlenmiştir. Phase² v6.0 programıyla yapılan sayısal analizlerde şevlerin duraylı olarak kabul edilmesi için $SRF > 1.5$ olması gerekmektedir (Rocscience, 2007). Şevlere ait güvenlik katsayıları değerlendirildiğinde Şev 3, 4 ve 5 numaralı şevlerin duraysız olduğu belirlenmiştir.

3.2.4.2.1. Kesilmiş Şevlerin İyileştirilmesi

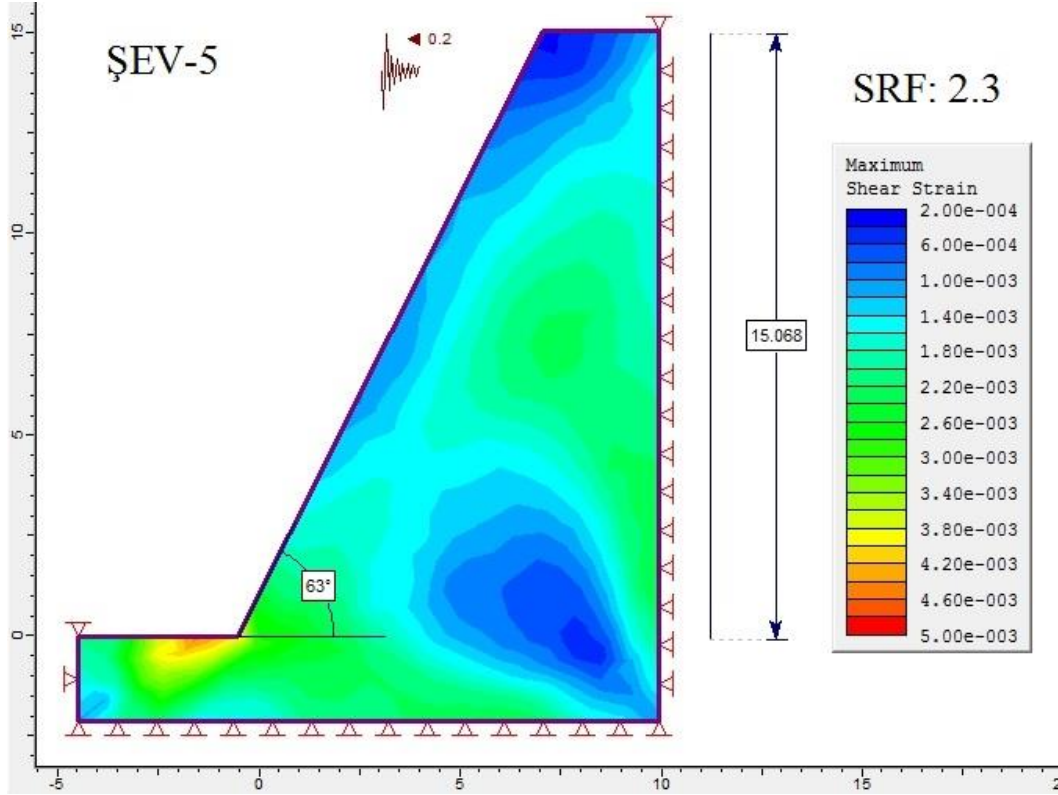
Kaya şevlerinde olası duraysızlıkları ortadan kaldırmak için istinat duvarı, kaya blonu, ankraj, püskürtme beton, şev açısını düzenleme, yamaç yükünü hafifletme (palyeleme) gibi çeşitli iyileştirme yöntemleri uygulanmaktadır. Bu uygulamalar yapılırken en ekonomik ve güvenli olanı seçilmelidir. İnceleme alanındaki şevlerin duraylılığı sayısal ve kinematik analiz yöntemleri ile değerlendirilmiş ve duraysızlık oluşturacak şevler belirlenmiştir. Buna göre sayısal analiz sonuçları değerlendirildiğinde; Şev 3, 4 ve 5’ de kazı sonrası sismik yükler altındaki durumları dikkate alındığında, bu şevlerin mevcut durumu ile duraysızlık oluşturacağı belirlenmiştir. Bu çalışmada duraysızlık gösteren şevlerin doğrultuları değiştirilmeden şev açıları değiştirilerek, güvenlik katsayısı (SRF) 1.5 in üzerindeki güvenli minimum şev açıları belirlenmiştir (Şekil 3.44, Şekil 3.45, Şekil 3.46).



Şekil 3.44. Şev 3' ün duraylılığı için minimum şev açısını veren sayısal analiz kesitleri



Şekil 3. 45. Şev 4' ün duraylılığı için minimum şev açısını veren sayısal analiz kesitleri



Şekil 3. 46. Şev 5' in duraylılığı için minimum şev açısını veren sayısal analiz kesitleri

İnceleme alanında şevlerde meydana gelebilecek dairesel yenilmeleri değerlendirmek amacıyla yapılan sayısal analizler sonucunda duraysız olarak belirlenen Şev 3, 4 ve 5 nolu şevler, doğrultuları değiştirilmeden şev açıları düşürülerek yapılan değerlendirmede (Tablo 3.22) güvenli olabilecek minimum şev açıları belirlenerek güvenlik katsayıları 1.5' in üzerine çıkarılarak duraylılıkları sağlanmıştır.

Tablo 3.22. Duraysız şevlerde yapılan iyileştirme sonucu belirlenen kritik şev açıları

Şevler	Şev Açısı	Güvenlik Katsayısı (Sismik Yüklü)	Duraylılık
ŞEV 3	52	2.28	Duraylı
ŞEV 4	40	1.51	Duraylı
ŞEV 5	63	2.30	Duraylı

Tablo 3.22'ye göre Şev 3'ün eğim açısı 52° ye, Şev 4'ün 40° ve Şev 5'in 63° ye düşürülmesi sonucunda sayısal analiz yöntemine göre herhangi bir duraysızlık probleminin gerçekleşmeyeceği belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gümüşhane'nin GD'sunda Bağlarbaşı-Tekke arasında yayılım gösteren Gümüşhane Granitoyidi'nde kesilmiş 7 adet karayolu şevinde yapılan jeoteknik çalışmalar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Gümüşhane Granitoyidi'nde kesilmiş olan şevlerin eğim yönü/eğim açısı cinsinden yönelimleri belirlenmiş olup, Şev 1: 208/48, Şev 2: 352/71, Şev 3: 165/72, Şev 4: 160/60, Şev 5: 170/66, Şev 6: 130/64, Şev 7: 175/68 dir.

2. Gümüşhane Granitoyidi'nde kesilmiş olan şevlerdeki süreksizliklerin yönelim özellikleri değerlendirildiğinde; Şev 2 ve Şev 5'de üçer adet süreksizlik seti belirlenmişken, Şev 1, 3, 4, 6 ve 7 nolu şevlerin her birinde dört adet süreksizlik seti belirlenmiştir.

3. İnceleme alanındaki granitik kütlede yapılan RMR sınıflamasına göre, temel RMR puanları değerlendirildiğinde her bir şevi oluşturan kaya kütlelerinin 'Orta Kaya' özelliğinde olduğu belirlenmiştir.

4. GSI sınıflamasına göre, her bir şev'e ait kaya kütle özellikleri değerlendirilmiş olup, "Bloklu-Örselenmiş" kaya özelliğindedirler.

5. İncelenen her bir şevi oluşturan kaya kütlelerinde, deformasyon modülü RMR ve GSI görgül sınıflamalarından faydalanılarak ampirik eşitlikler yardımı ile belirlenmiş ve bu değerler 3.04-5.63 GPa arasında değişmektedir.

6. İncelenen her bir şev'in sayısal ve kinematik analiz yöntemleri ile duraylılıkları değerlendirilmiş olup, Şev 1 ve 2' de herhangi bir duraysızlık probleminin oluşmayacağı belirlenmiştir.

7. İnceleme alanındaki şevlerin duraylılığı, Kinematik Analiz Yöntemine göre değerlendirilmiş olup, analiz sonucunda Şev 1, Şev 2 ve Şev 4 için süreksizlik denetimli herhangi bir duraysızlık beklenmemektedir.

8. Yapılan duraylılık analizi sonucunda Şev 3 için, 4 nolu süreksizlik setinde devrilme türü duraysızlığın olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının 48° ye düşürülüp, şev eğim yönü açılarının ise mevcut eğimde 153 veya 213 olarak alınması ile önlenilebileceği belirlenmiştir.

9. Şev 5 için, 1 ve 2 nolu süreksizlik setlerinin kesişim hattı boyunca kama türü duraysızlık, 3 nolu süreksizlik setinde ise devrilme türü duraysızlığın gerçekleşebileceği

belirlenmiş olup, güvenli şev açısının 55° ye düşürülmesi ile her iki duraysızlığın önlenileceği belirlenmiştir.

10. Şev 6 için, 2 nolu süreksizlik setinde düzlemsel kayma olasılığı, 2 ve 4 nolu süreksizlik setlerinin kesişimiyle de kama türü duraysızlık oluşabileceği belirlenmiştir. Güvenli şev açısının mevcut eğim yönünde 44° ye düşürülmesiyle her iki duraysızlık probleminin ortadan kalkacağı belirlenmiştir.

11. Şev 7 için, 2 ve 3 nolu süreksizlik setlerinin kesişimiyle kama türü duraysızlık oluşturacağı belirlenmiş olup, mevcut eğim yönünde şev açısının 65° ye düşürülmesiyle duraysızlık probleminin ortadan kalkacağı belirlenmiştir.

12. İnceleme alanında şevlerde meydana gelebilecek dairesel yenilmeleri değerlendirmek amacıyla yapılan sayısal analizler sonucunda, bölgenin deprenselliği dikkate alınmadığı zaman sadece Şev 4'de duraysızlık sözkonusu iken, bölgenin deprenselliği dikkate alındığında ($a=0.2$ gal sismik yük etki ettirilerek) Şev 3 ve 5'in de duraysız olduğu belirlenmiştir.

13. Şevlerin değerlendirilmesinde kullanılan sayısal analiz yönteminde sismik yükler etki ettirilerek yapılan çözümlerde duraysız olarak belirlenen 3, 4 ve 5 nolu şevler, doğrultuları değiştirilmeden şev açıları düşürülerek yapılan deneme çözümlerinde güvenli olabilecek kritik şev açıları belirlenerek; Şev 3 (52°), Şev 4 (40°) ve Şev 5 (63°) güvenlik katsayıları 1.5'in üzerine çıkarılarak duraylılıkları sağlanmıştır.

14. İnceleme alanında kesilmiş şevlerin sayısal analiz ve kinematik analiz yöntemleri ile muhtemel duraysızlık durumları incelendiğinde, 3, 4, 5, 6 ve 7 nolu şevlerin duraysız olduğu belirlenmiş olup, bu şevlerin eğim yönleri değiştirilmeden her iki analiz yöntemine göre kritik şev açıları güvenlik katsayıları 1.5'in üzerinde olacak şekilde belirlenmiştir. Buna göre; **Şev3= 48° , Şev4= 40° , Şev5= 55° , Şev6= 44° , Şev7= 65°** ye düşürülmesi duraysızlık problemini ortadan kaldıracaktır. Böylece hem süreksizlik denetimli bir duraysızlık, hemde dairesel yenilme problemi oluşmayacaktır.

15. Bütün bu yapılan değerlendirmeler ışığında şu sonuca varılmıştır. Kaya kütlelerinin duraylılık, dayanım ve deformasyon özelliklerini birinci derecede denetleyen faktörler süreksizlik ve ayrışma parametreleridir. Bu parametreler kaya kütlelerinde anizotropik ve heterojen ortam koşullarını oluşturması sebebi ile, kaya kütlelerinin duraysızlık problemi değerlendirileceği zaman, süreksizlik denetimli çalışan kinematik analiz yönteminin yanı sıra dairesel yenilmeler olabileceği düşünülerek (özellikle 3 ve daha fazla eklem setleri içeren kütlelerde) mutlaka sayısal analiz yöntemleri de

uygulanmalıdır. Bu çalışmada şevlerin duraylılığını değerlendirirken her iki analiz yöntemine ait sonuçların ortak değerlendirilmesi ile duraysızlık problemi görülen şevlerde güvenli şev açılarının belirlenebileceği görülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1975. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Fak. İstanbul, 59 s.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, Trabzon.
- Alemdağ, S., 2010. Simaki Formasyonu Siltaşlarının (Elazığ) Kaya Kütle Deformasyon Özellikleri, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Alemdag, S., Akgun, A., Kaya, A., and Gokceoglu, C., 2014. A large and rapid planar failure: causes, mechanism and consequences (Mordut, Gumushane, Turkey). Arab. J. Geosci., 7 (3), 1205-1221.
- Attewell, P.B. and Farmer, I.W., 1976. Principles of Engineering Geology, Chapman and Hall, London, 1045.
- Barton, M.R., 1973. Review of a new shear strength criterion for rock joints. Engineering Geology, 7, 287-332.
- Barton, M.R. and Choubey, V., 1977. The shear strenght of rock and rock joints. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 13, 255-279.
- Barton, N. and Bandis, S., 1982. Effect of Block Size on the Shear Behavior of Jointed Rock, Issue in Rock Mechanic, 23rd U.S. Symposium on Rock Mechanic, Berkeley, California , Society of Mining Engineers of AIME.
- Baykal, F., 1952. Kelkit Şiran Bölgesindeki Jeolojik Araştırmalar M.T.A. Raporu, 2205, Ankara.
- Bergougnan, H., 1987. Elides Geoloques dans l'est Anatolien, Universite P. , et M. Curie Memories des Sciences de la Terre, these de doctorat etat, Paris, p.606.
- Baecher, G.B. and Einstein H.H., 1978. Slope Stability models in pit optimisation, Proc. 16 Apcom Symp., Tucson, AZ, USA, Golden Press, 16: 501-512
- Bieniawski, Z.T., 1973. Engineering Classification of Jointed Rock Masses, Transactions, South African Institution of Civil Engineers, 15, pp 335-344.
- Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classifications. John Wiley and Sons, New York. 237 pp.
- Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi

ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Bowles, J.E., 1998. Foundation Analysis and Design, Mc Graw-Hill, 56799 9346, Newyork, USA.

Bulut, F., 1989. Çambaşı (Çaykara-Trabzon) Barajı ve Uzungöl Hidroelektrik Santral Yerlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

CANMET, 1977b. Laboratory tests for design parameters. In Pit Slope Manual of CANMET, Supplement 3-2, Canada Centre for Mineral and Energy Technology Report 77-26, 74pp.

Ceryan, N. and Ceryan, S., 2008. An application of the interaction matrices method for slope failure susceptibility zoning: Dogankent settlement area (Giresun, NE Turkey). Bull Eng Geol Environ 67(3):375–385

Chun, B., Lee, Y., Seo, D. and Lim, B., 2006. Correlation of Deformation Modulus by PMT with RMR and Rock Mass Condition. Tunnelling and Underground Space Technology 21, (3-4), 231-232.

Cruden, D.M., 1978. Discussion of G. Hocking's paper "A method for distinguishing between single and double plane sliding of tetrahedral wedges". Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. 15, 217.

Çoğulu, E., 1970. Gümüşhane ve Rize Granitoyidik Plütonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçentlik Tezi, İ.Ü. Maden Fakültesi, 186 s. İstanbul.

Deere, D.U., 1964. Technical description of rock cores for engineering purposes. Rock Mech. Rock Eng 1, 17-22.

Dokuz, A., 2011. A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: The Köse composite pluton. Gondwana Research.

Eberhardt, E., Stead, D. and Coggan, J.S., 2004. Numerical analysis of initiation and progressive failure in natural rock slopes—the 1991 Randa rockslide. Int J Rock Mech Min Sci 41(1):69–87.

Eren, M., 1983. Gümüşhane Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi. Master Tezi, KTÜ, Trabzon.

Erguvanlı, K., 1950. Görele-Espiye-Gümüşhane Arasındaki Bölgenin Jeolojik Etüdü Hakkında Rapor, Rapor No: 262, 24 M.T.A., Ankara.

Fookes, P.G. and Denness, B., 1969. Observational studies on fissure patterns in Cretaceous sediments of southeast England. Geotechnique, 19 (4), 453-77.

- Fu, W. and Liao, Y., 2010. Non-linear shear strength reduction technique in slope stability calculation. *Computers and Geotechnics*, 37:288-98.
- Gattinger, T., 1962. 1 :500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Trabzon paftası izahnamesi: MTA Yayl. , Ankara.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. and Özsayar, T., 1979. The main lines of geotectonic development in the East Pontids in the Mesozoic areas : *Geochome-I*, 555-580.
- Ghose, A.K. and Raju, N.M., 1981. Characterization of Rock Mass Vis-A-Vis Application of Rock Bolting in Indian Coal Measures, Proc. 22 Nd U.S. Symp. Rock Mechanics. , MIT, Cambridge, MA, 422-427.
- Goodman, R.E., 1976. *Methods of Geological Engineering in Dis-continuous Rocks*. West Publishing, San Francisco.
- Goodman, R.E., 1980. *Intorduction to Rock Mechanics*. John Wiley&Sons, 362pp.
- Gonzalez De Vallejo, LI., 1983. A New Rock Classification System for Underground Assessment Using Surface Data, Proc. Int. Symp, Eng. Geol. Underground Constr. LNEC, Lisbon, 1, 85-94.
- Gökçeoğlu, C., Sönmez, H. and Kayabaşı, A., 2003. Predicting the deformation module of rock masses. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*,40 (5), 703-12.
- Gurocak, Z., Alemdag S., and Zaman M., 2008. Rock Slope Stability and Excavatability Assessment of Rocks at the Kapıkaya Dam Site, Eastern Turkey, *Eng. Geol.*, 96(1-2), 17-27
- Gülibrahimoğlu, İ., Nalbantoğlu, AK., Saraloğlu. A., Doksanbir, T., Yağcı, A. ve Kırıcı, M., 1985. Trabzon-Maçka güneyi yöresinin jeoloji raporu. MTA proje no: jd 383.
- Güven, İ.H., 1993. *Doğu Pontidler'in 1/250 000 Ölçekli Kompilasyonu*, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Hocking, G., 1976. A method for distinguishing between single and double plane sliding of tetrahedral wedges. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.* 13, 225–226.
- Hoek, E., Bray, J.W., 1981. *Rock Slope Engineering* Institution of Mining and Metallurgy, Stephen Austin and Sons Ltd., London, 3rd edition, 358 p.
- Hoek, E., Kaiser, P.K. and Bawden, W.F., 1995. Support of under-ground excavations in hard rock. A.A. Balkema, Rotterdam, p. 215.
- Hoek, E. and Brown E.T., 1997. Practical estimates of rock mass strength. *Int J Rock Mech Min Sci* 3(8):1165–1186.

- Hoek, E., Marinos, P. and Benissi, M., 1998. Practical estimates of rock mass strength. *Int J Rock Mech Min Sci* 34 : 1165–1186.
- Hoek, E., 1999. Putting Numbers to Geology - an Engineer's Viewpoint. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 32, 1-19.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C.T. and Corkum, B., 2002. Hoek–Brown failure criterion-2002 edition. In: *Fifth North American rock mechanics sym. proc.* , vol 1, pp 267–273.
- ISRM, 1978. Suggested Methods for The Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses, *International Rock Mechanics and Mining Science* ,Geomech. Abstr. 15, 319-368.
- ISRM, 1981. *Rock Characterization, Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods*, Brown ET (editor), Pergamon Press, Oxford, p 211.
- ISRM, 1982. *Rock Characterization, Testing and Monitoring*, International Society for Rock Mechanics, Pergamon Press, Oxford.
- ISRM, 2007. *The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. Suggested Methods prepared by the Commission on Testing Methods*, ISRM, R. Ulusay and J.A. Hudson (eds.), Kozan Ofset, Ankara, 628s.
- Jade, S. and Sarkar, S., 1993. Statistical models for slope instability classification. *Eng Geol* 36:91–98.
- Jenning, J.E., 1970. A Mathematical Theory for the Calculation of the Stability of Slopes in Open Cast Mines, *Proc. Symp. On Planning Open Pit Mines*, Cape Town, Balkema, 87-112.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve Yakın Yöresindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonunun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kaygusuz, A., Arsan M. ve Sipahi F., 2012. Doğu Pontid Kuzey Zonunda yüzeylenen Paleozoyik yaşlı granitlerin U-Pb zirkon yaşlandırması, Sr-Nd-Pb-O izotop sistematiği ve jeodinamik evrimi, TÜBİTAK PROJESİ, Proje No: 112Y015, Proje yöneticisi, (Devam ediyor).
- Kendorski, F.S., Cummings, R.A., Bieniawski, Z.T. and Sinner, E.H., 1983. Rock Mass Classification for Block Caving Mine Drift Support, *Proc. 5 Th Int. Cong. Rock Mech. ISRM*, Melbourne, B51-B63.
- Ketin, İ., 1950. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi. MTA Enstitüsü, Derleme, Rapor No. 1949, (yayınlanmamış).

- Ketin, İ., 1966. Tectonic Units of Anatolia. Bull. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, 66, 22-34.
- Kliche, C.A., 1999. Rock slope stability. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME), Littleton.
- Laubscher, D.H., 1977. Geomechanics Classification of Jointed Rock Masses-Mining Applications, Transactions of The Institution of Mining and Metallurgy, Section A, Mining Industry, 86, 1-8.
- Laubscher, D.H., 1984. Design Aspects and Effectiveness of Support Systems in Different Mining Conditions, T. Min. Metal A. , 93, A70-A81.
- Liu, C.H., Jaksa, M.B. and Meyers, A.G., 2009. A transfer coefficient method for rock slope toppling. Can. Geotech. J. ,46(1), 1–9.
- Lucas, J.M., 1980. A general stereographic method for determining possible mode of failure of any tetrahedral rock wedge. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. 17, 57–61.
- Marek, J. and Savely J.P., 1978. Probabilistic analysis of plane shear failure mode in: Proc. 19th US Symp. On Rock Mech., Nevada, USA. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 40-44
- Markland, J.T., 1972. A useful technique for estimating the stability of rock slopes when the rigid wedge sliding type of failure is expected. Imp. Coll. Rock Mech. Res. Rep. 19, 10.
- Matherson, G.D., 1988. The collection and use of field discontinuity data in rock slope design. Q. J. Eng. Geol. 22, 19–30.
- McMahon, B.K., 1971. A statistical method for the design of rock slopes. Proceedings of 1st Australia-New Zealand Conference on Geomechanics, Melbourne, pp. 314–321.
- McMahon, B.K., 1975. Probability of Failure and expect volume of failure in high rock slopes, Proc. 2nd Australia – New Zealand Conf. on Geomech., Brisbane, Australia, 308 – 314.
- Mote, T., Morley, D., Keuscher, T. and Crampton T., 2004. GIS-based kinematic slope stability analysis. The ESRI user conference In: Proceedings 24th annual ESRI international user conference, August 9–13, San Diego.
- Nakao, K., Iihoshi, S. ve Koyama, S., 1983. Statistical Reconsiderations On The Parameters for Geomechanics Classification, Proc. 5th Int. Congre. Rock Mech, ISRM, Melbourne, 1, 13–16.
- Olivier, H.J., 1979. Applicability of Geomechanics Classification to The Orange-Fish Tunnel Rock Masses, Civ. Eng. S. Afr. , 21, 179–185.
- Öcal, A. and Özgenoğlu, A., 1997. Determination of sliding mode of tetrahedral wedges in jointed rock slopes. Rock Mech. Rock Eng. 30, 161 – 165.

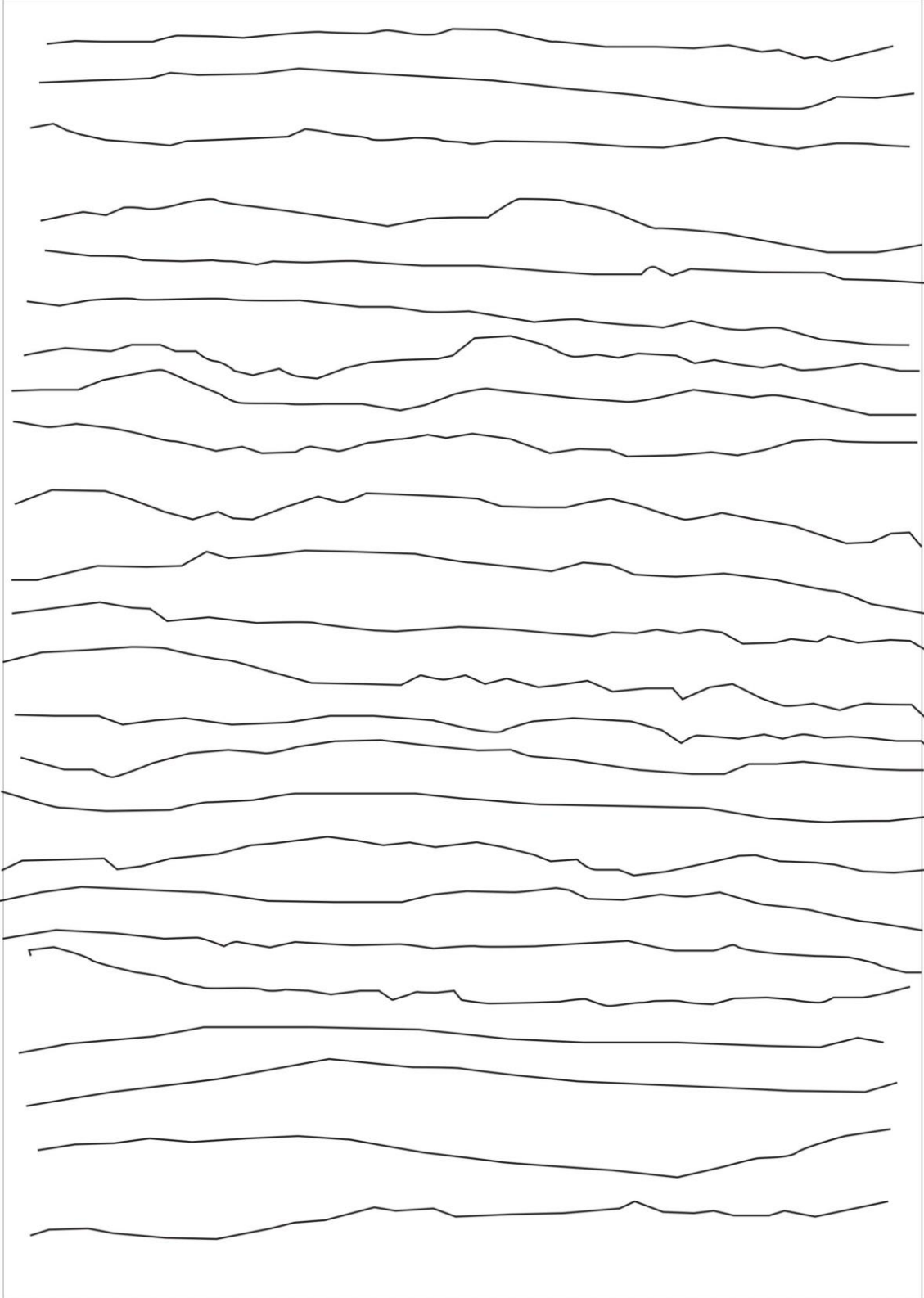
- Özdoğan, K.,1983. Gümüşhane İli-Kale Bucağı Çevresinin Jeolojisi ve Tektoniği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Palmström, A., 1982. The Volumetric Joint Count-A Useful and Simple Measure of the Degree of Jointing, 4th International Congress of the IAEG, November, New Delhi, Proceedings book: 221-228.
- Palmström, A., 1985. Application of the Volumetric Joint Count as a Measure of Rock Mass Jointing, International Symposium on Fundamentals of Rock Joints, September, Sweden, Proceedings book: 103-110.
- Palmström, A., 1996. Rmi-A System for Rock Mass Strength for Use in Rock Engineering, Journal of Rock Mechanics and Tunnelling, 2, L, 69-108.
- Palmström, A., 2000. Recent Developments in Rock Support Estimates by the Rmi, Journal of Rock Mechanics and Tunnelling Technology, 6, 1, 1-19.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydogu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelenmesi, K.TÜ. Yayinlari, 87, 103s, Trabzon.
- Piteau, D.R., 1970. Geological Factors Significant to The Stability of Slopes Cut in Rock. Proc. of The Symp. on Planning Open Pit Mines, S.A. Inst. Min. and Metall., Johannesburg, 33-53.
- Piteau, D.R. and Martin D.C., 1977. Slope stability analysis and design based on probability techniques at Cassiar Mine., Can. Min. Metall. J. (March), 1 – 12.
- Priest, S.D. and Hudson, J.A., 1976. Discontinuity Spacings in Rock.: International Journal of Rock Mechanics and Mineral Science & Geomechanics Abstract, 13 .135-148.
- Priest, S.D. and Hudson, J.A., 1981. Estimation of Discontinuity Spacing and Trace Length Using Scanline Surveys, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 18, 183-97.
- Priest, S.D. and Brown, ET., 1983. Probabilistic stability analysis of variable rock slopes. Trans Inst Min Metall 92:1–12.
- Romana, M., 1985. New Adjustment Ratings for Application of Bieniawski Classification to Slopes. International Symposium On The Role of Rock Mechanics, Zacatecas, ISRM. 49–53.
- Serafim, J.L. and Pereira, J.P., 1983. Considerations on the Geomechanical classification of Bieniawski. In: Proceedings of the symposium on engineering geology and underground openings. Portugal: Lisboa. p. 1133-44.
- Seymen, İ., 1975. Kelkit Vadisi kesiminde Kuzey Fay Zonunun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Yayını, 192s. , İstanbul.

- Shen, J., Priest, S.D. and Karakus, M., 2012. Determination of Mohr–Coulomb shear strength parameters from Generalized Hoek–Brown criterion for slope stability analysis. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 45:123-9.
- Sönmez, H. and Ulusay, R., 1999. Modifications to the geological strength index(GSI) and their applicability to stability of Slopes.
- Sönmez, H. ve Ulusay, R., 2002. A Discussion On The Hoek-Brown Failure Criterion and Suggested Modification to The Criterion Verified by Slope Stability Case Studies, *Yerbilimleri*, 26, 77-9.
- Stead, D., Eberhardt, E., Coggan J.S., 2006. Developments in the characterization of complex rock slope deformation and failure using numerical modeling techniques. *Eng. Geol.* 83(3):217–235.
- Taşlı, K., 1984. Hamsiköy (Trabzon) yöresinin jeolojisi, *K.Ü. , Dergisi*, 3, 69-76.
- Terlemez, İ. ve Yılmaz, A., 1980. Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan bölgenin stratigrafisi, *TJK Bülteni*, 23, 2. 179-191.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region, N.E. Turkey, *Universty Colloge, London*.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M., ve Şen, C., 2008. Doğu Pontidler’ de Geç Karbonifer yaşlı yüksek K’ lu Kalkalen Plütonizma: Gümüşhane Batoliti, 61. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri*, Ankara.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasözbeç, A., Barth, M., Satır, M. and Şen, C., 2010. Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey) *Lithos* 116, 92-110.
- Tüdeş, Ş., 2001. Gümüşhane ve Yakın çevresinin yerleşime uygunluk açısından araştırılması. *KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 272 s.
- Tüdeş, Ş., Ceryan, Ş. and Bulut, F. 2012. Geoenvironmental evaluation for planning: an example from Gumushane City, close to the North Anatolia Fault Zone, NE Turkey. *Bull Eng Geol Environ* DOI 10.1007/s10064-012-0439-2.
- Türk Japon Ekibi, 1985. The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1, *Metal Mining Agency of Japon*.
- Ulusay, R. ve Sönmez, H., 2000. Hoek-Brown Görgül Yenilme Ölçütüne İlişkin Değişiklik Önerileri ve Bunların Uygulanabilirliği. *Jeoloji Mühendisliği*, 23/24 (1), 1-21.
- Ulusay, R. ve Sönmez, H., 2002. Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, No:60, Ankara.

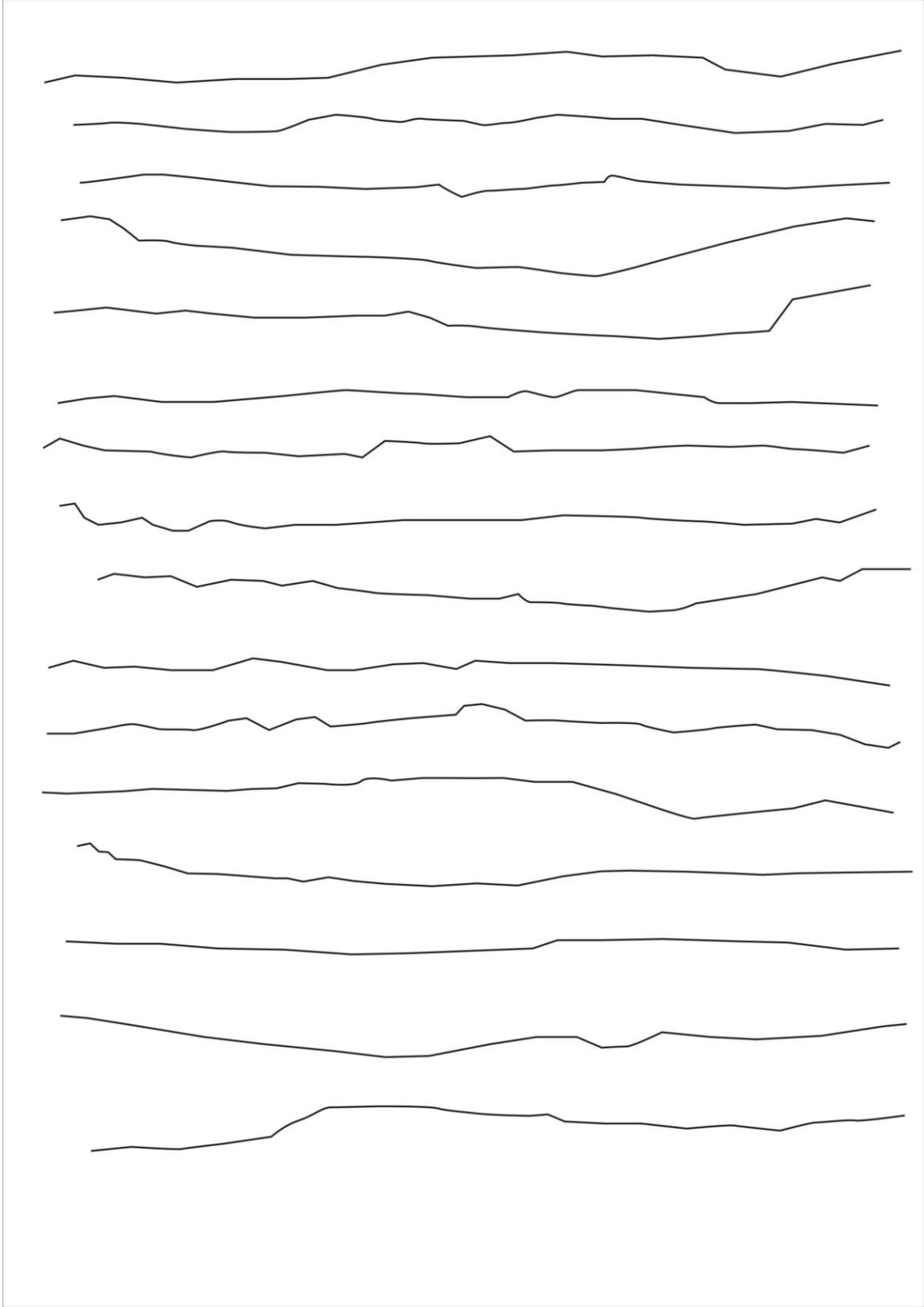
- Umrao, R.K., Singh, R., Ahmad, M. and Singh, TN., 2011. Stability analysis of cut slopes using continuous slope mass rating and kinematic analysis in Rudraprayag district, Uttarakhand. *Geomaterials* 1:79-87. doi:10.4236/gm.2011.13012.
- Ünal, E., 1983. Design Guidelines and Roof Control Standards for Coal Mine Roofs. Ph. D. Thesis, Pennsylvania State University, University Park, 355.
- Van, A., 1990. Doğu Pontid kuşağında Artvin bölgesinin jeokimyası, petrojenezi ve masif mineralizasyonları, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Weaver, J.M., 1975. Geological factors significant in the assessment of rippability, *The Civil Engineering in South Africa*, 17(12), 313-316.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-TRABZON) Porfiri Cu-Mo cevherleşmesinin jeolojik yerleşimi ve jeokimyası, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yılmaz, Y., 1972. Geology of the Gümüşhane Granitoidi (petrography). *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Seri B*, 157-172, İstanbul.
- Young, D.S., 1993. Probabilistic slope analysis for structural failure. *Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.* 30 (7), 1623-1629.

6. EKLER

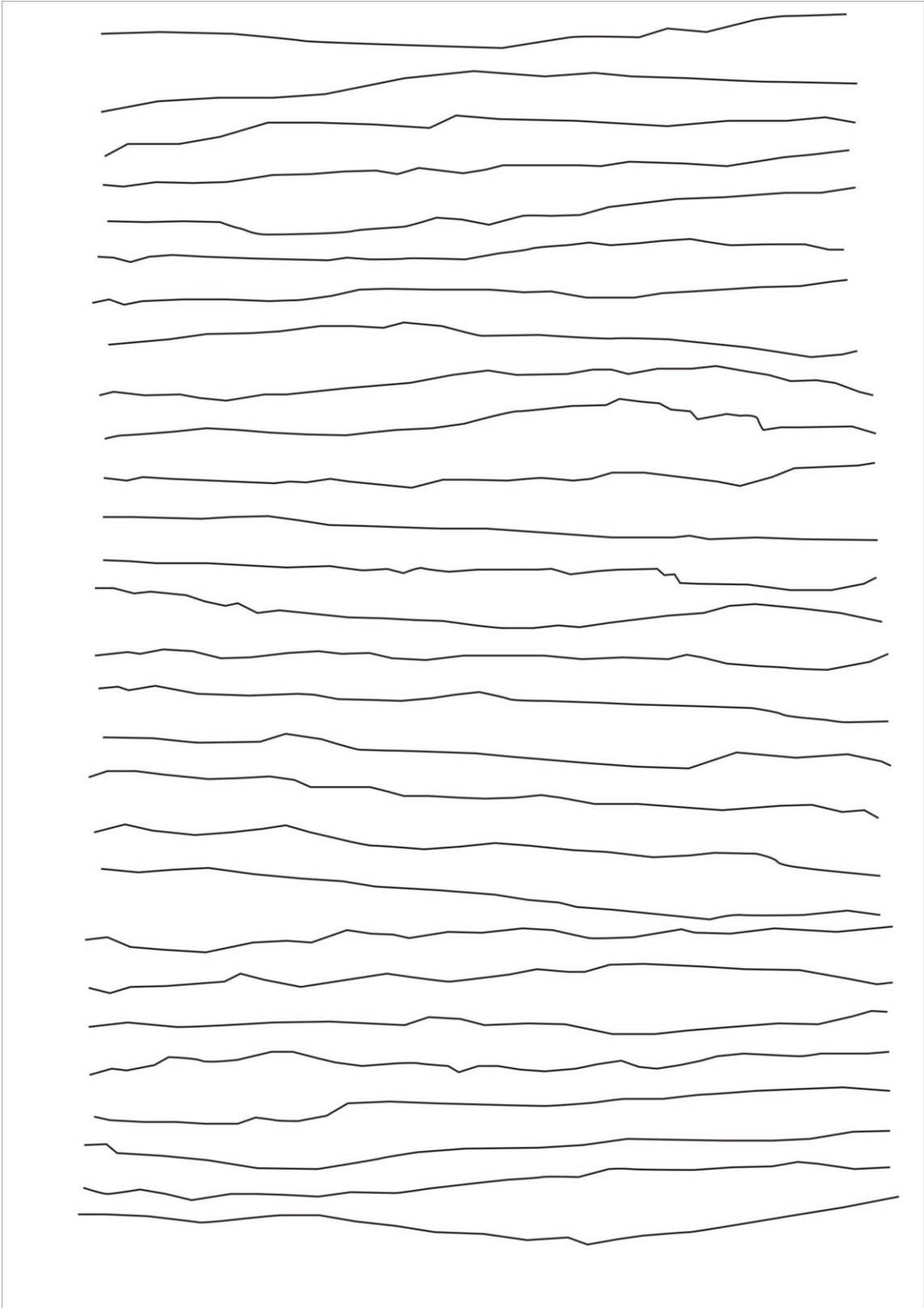
Ek 1. Şev 1'e ait pürüzlülük profilleri



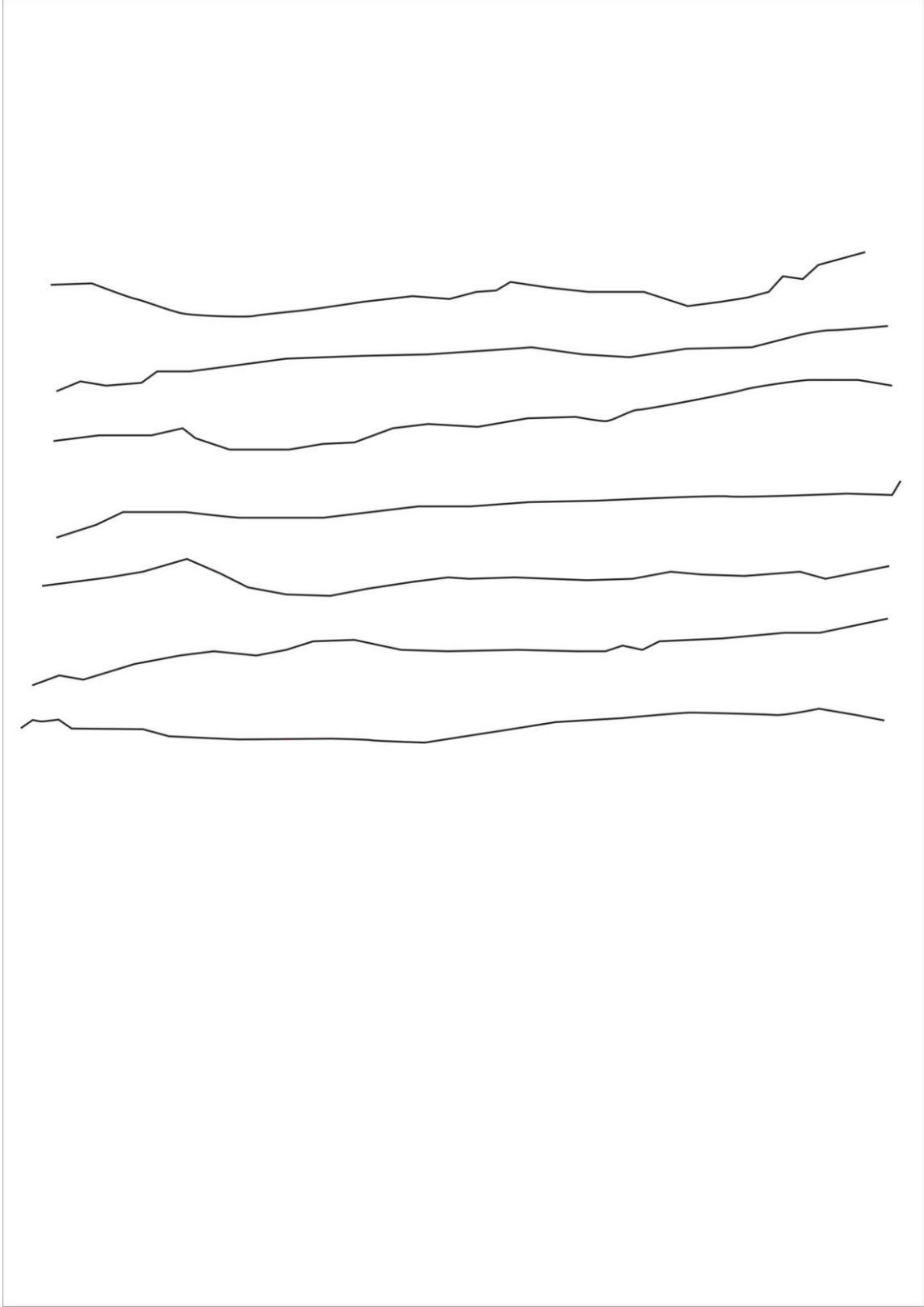
Ek-1 'in devamı



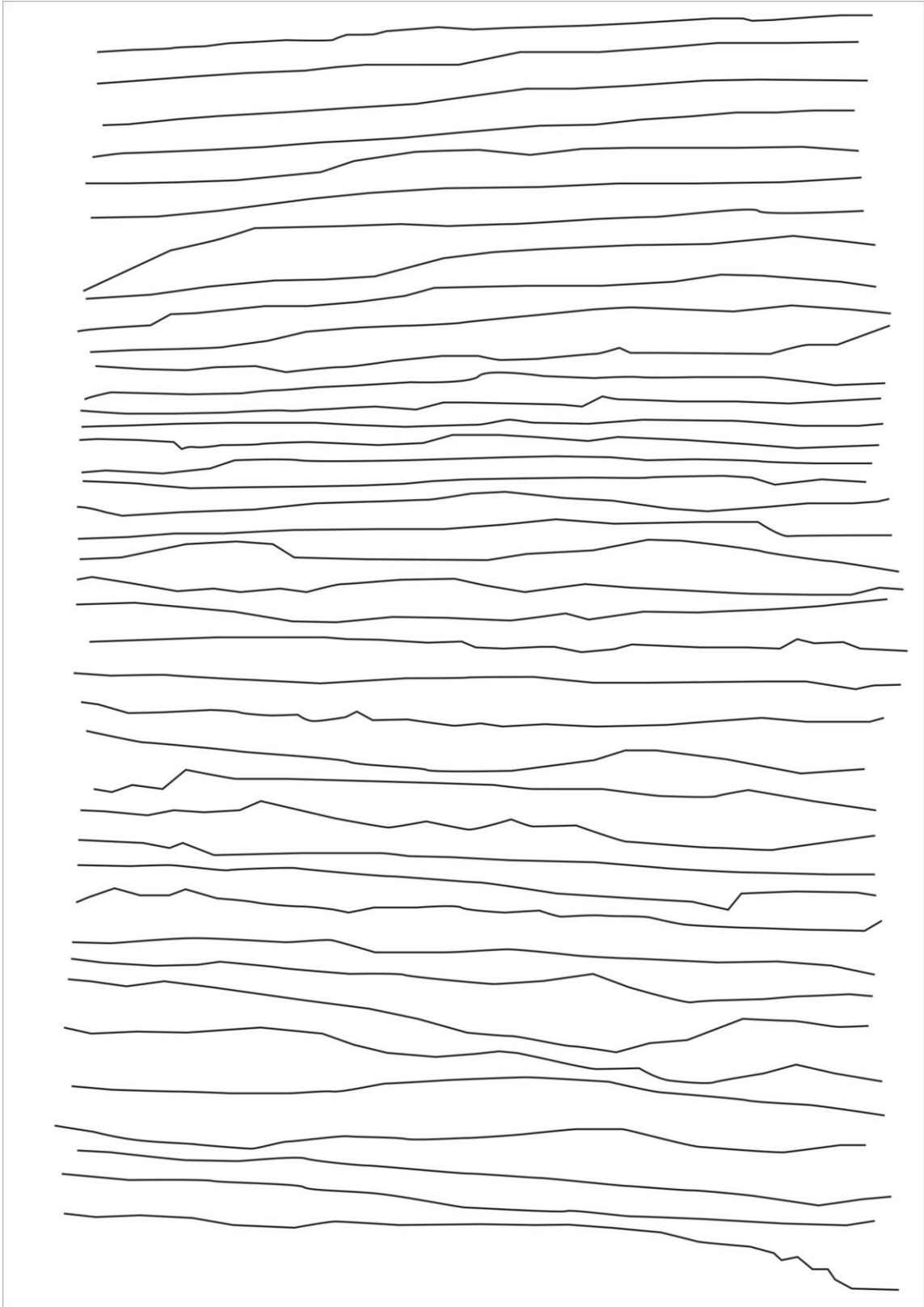
Ek 2. Şev 2 'ye ait pürüzlülük profilleri



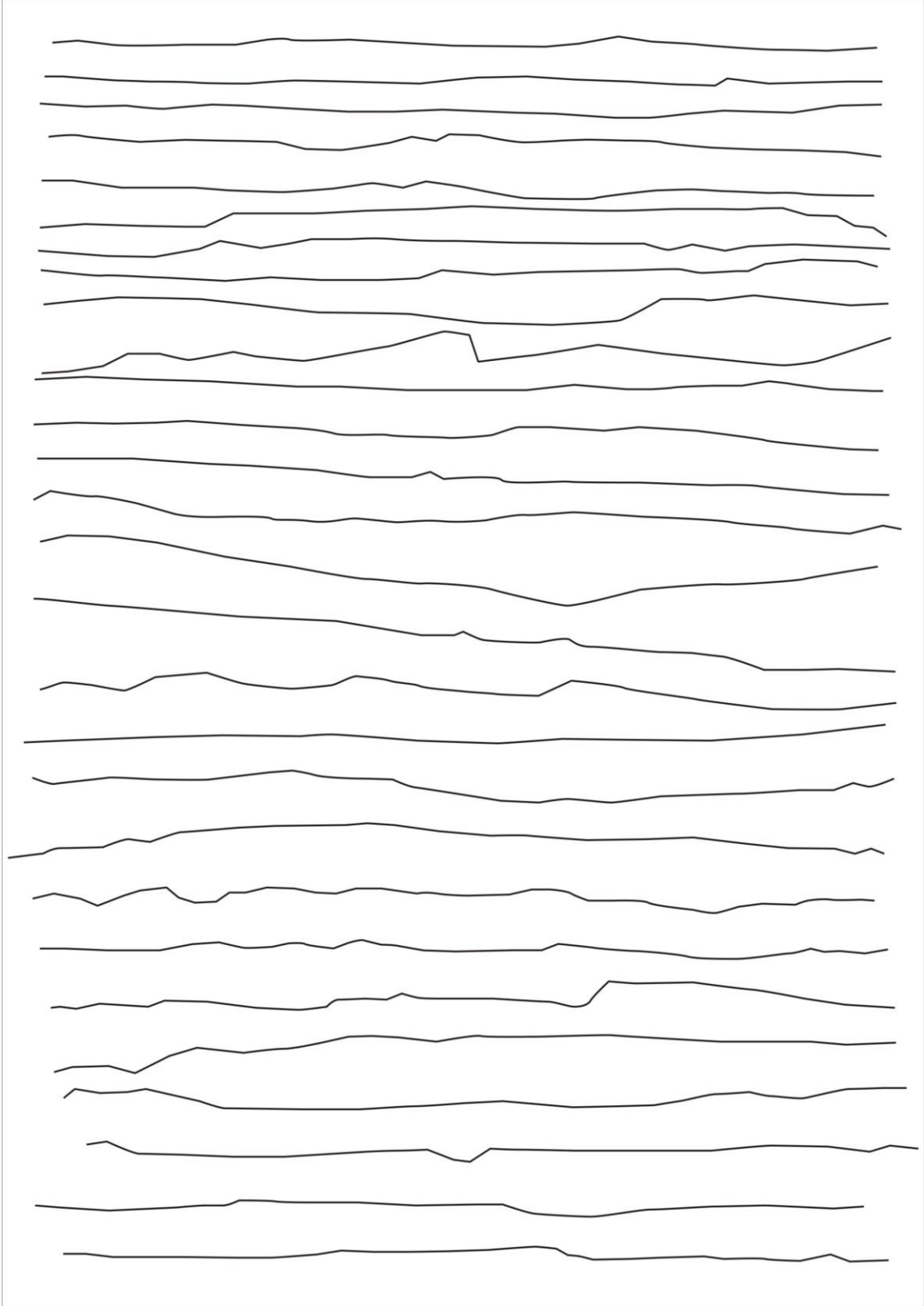
Ek-2 'nin devamı



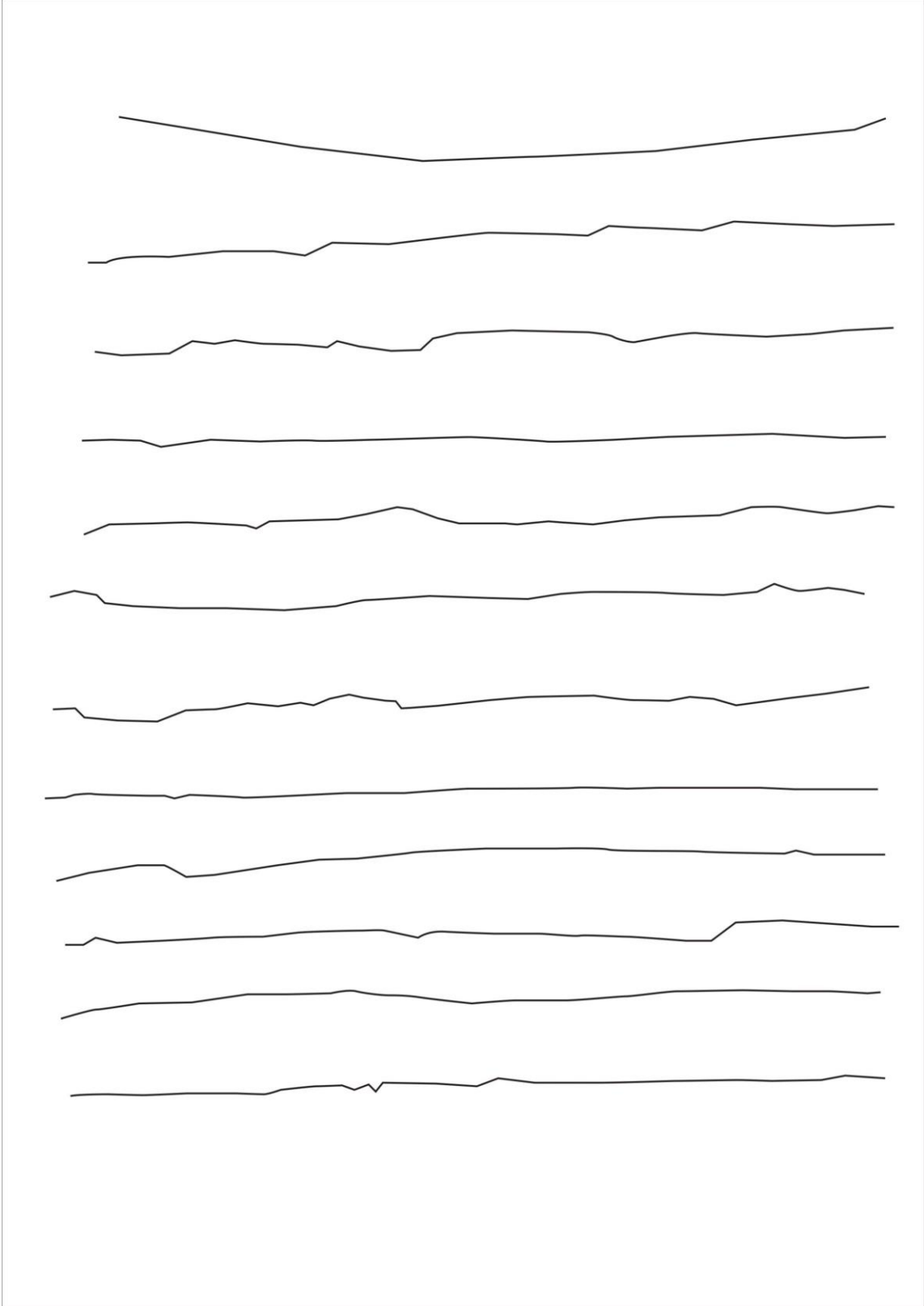
Ek 3. Şev 3 'e ait pürüzlülük profilleri



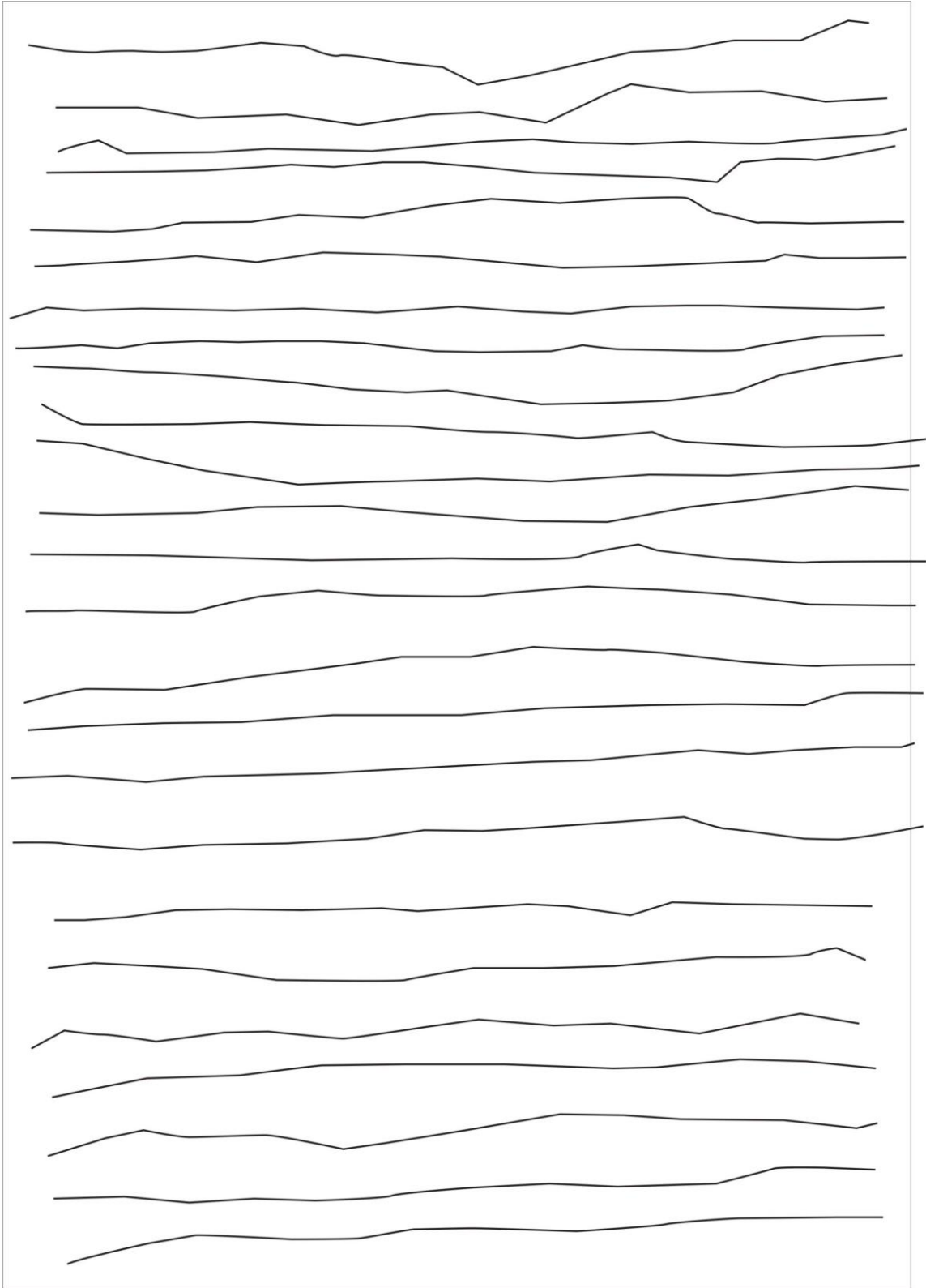
Ek-3 ' ün devamı



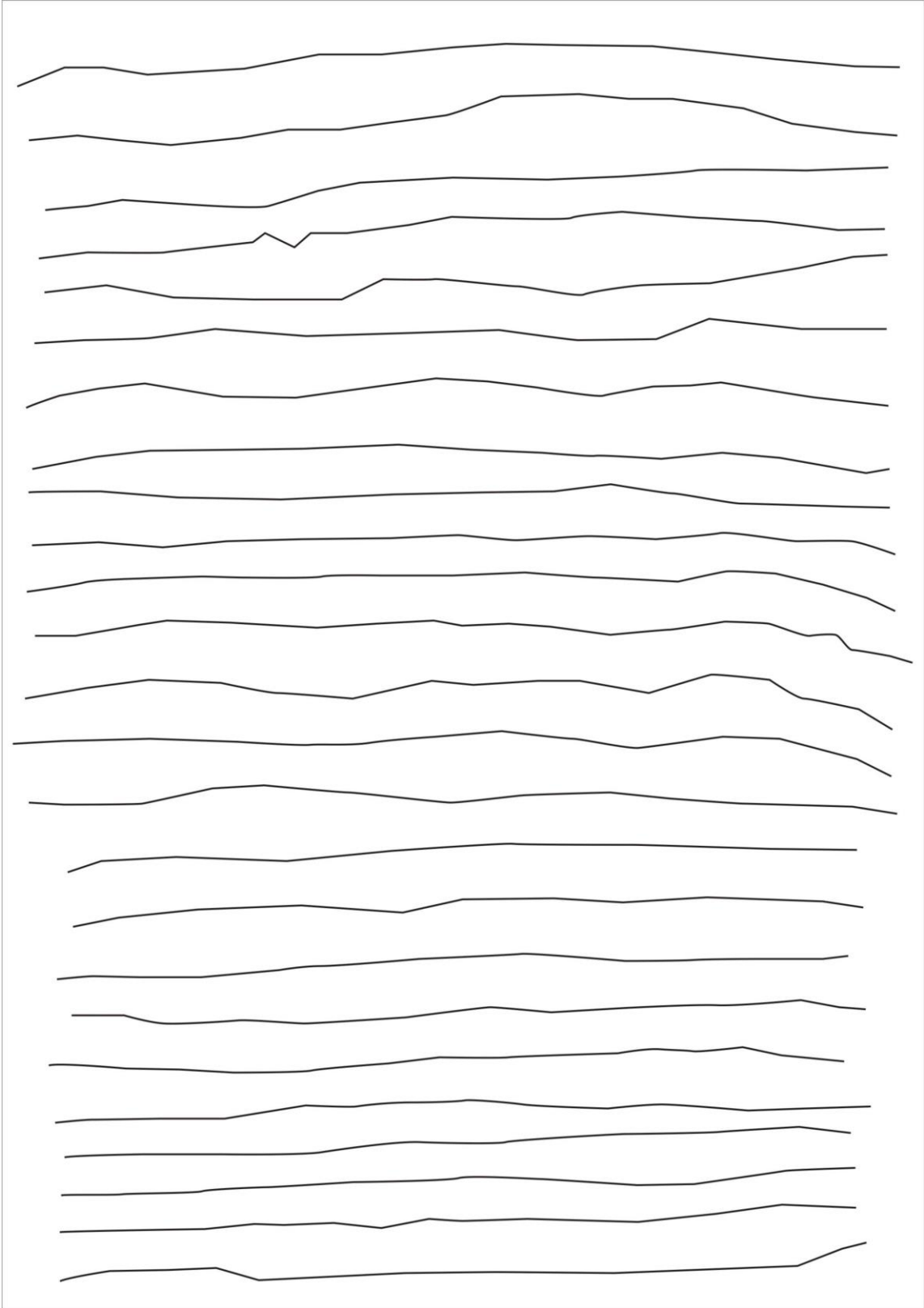
Ek-3 'ün devamı



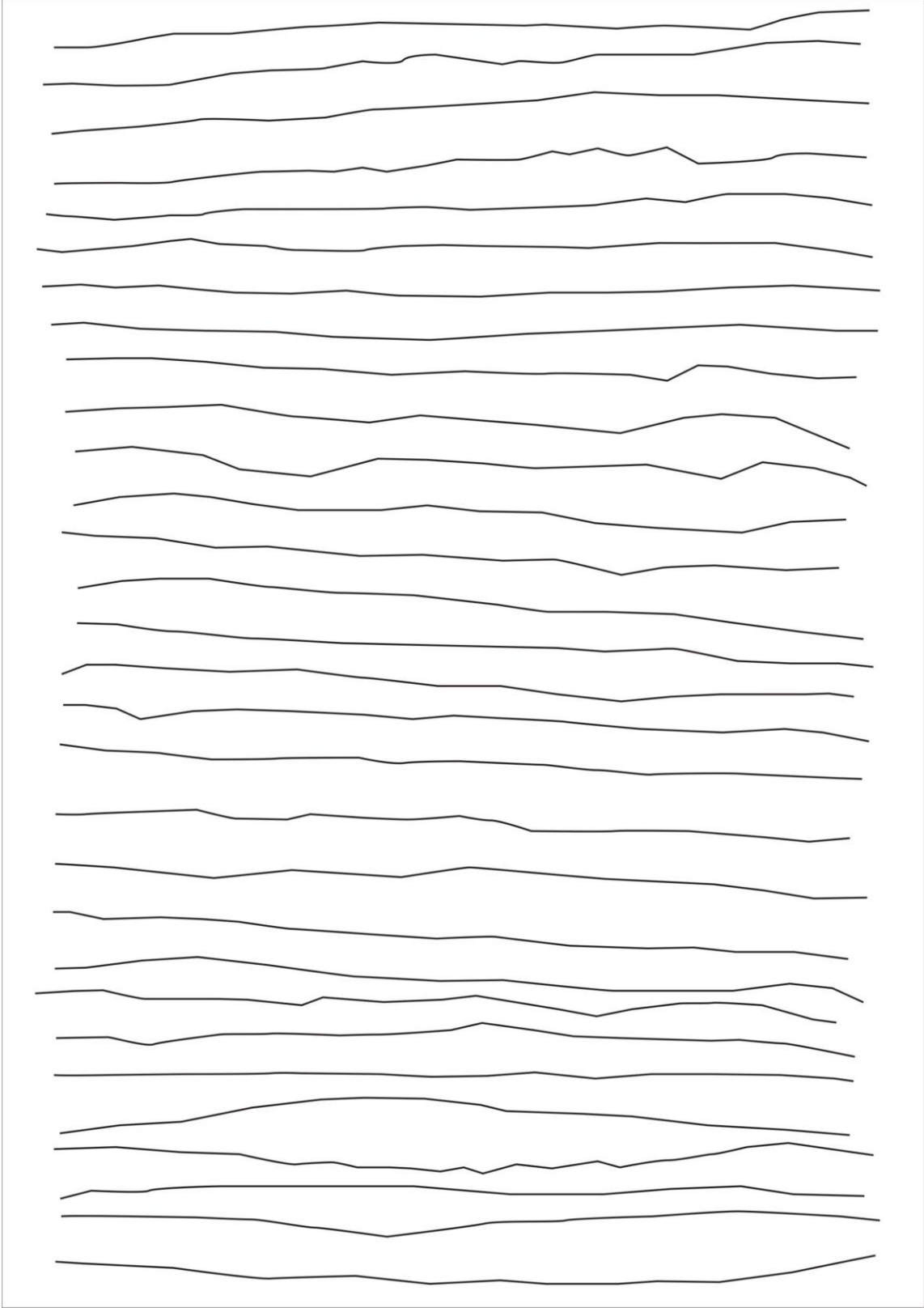
Ek 4. Şev 4 ' e ait pürüzlülük profilleri



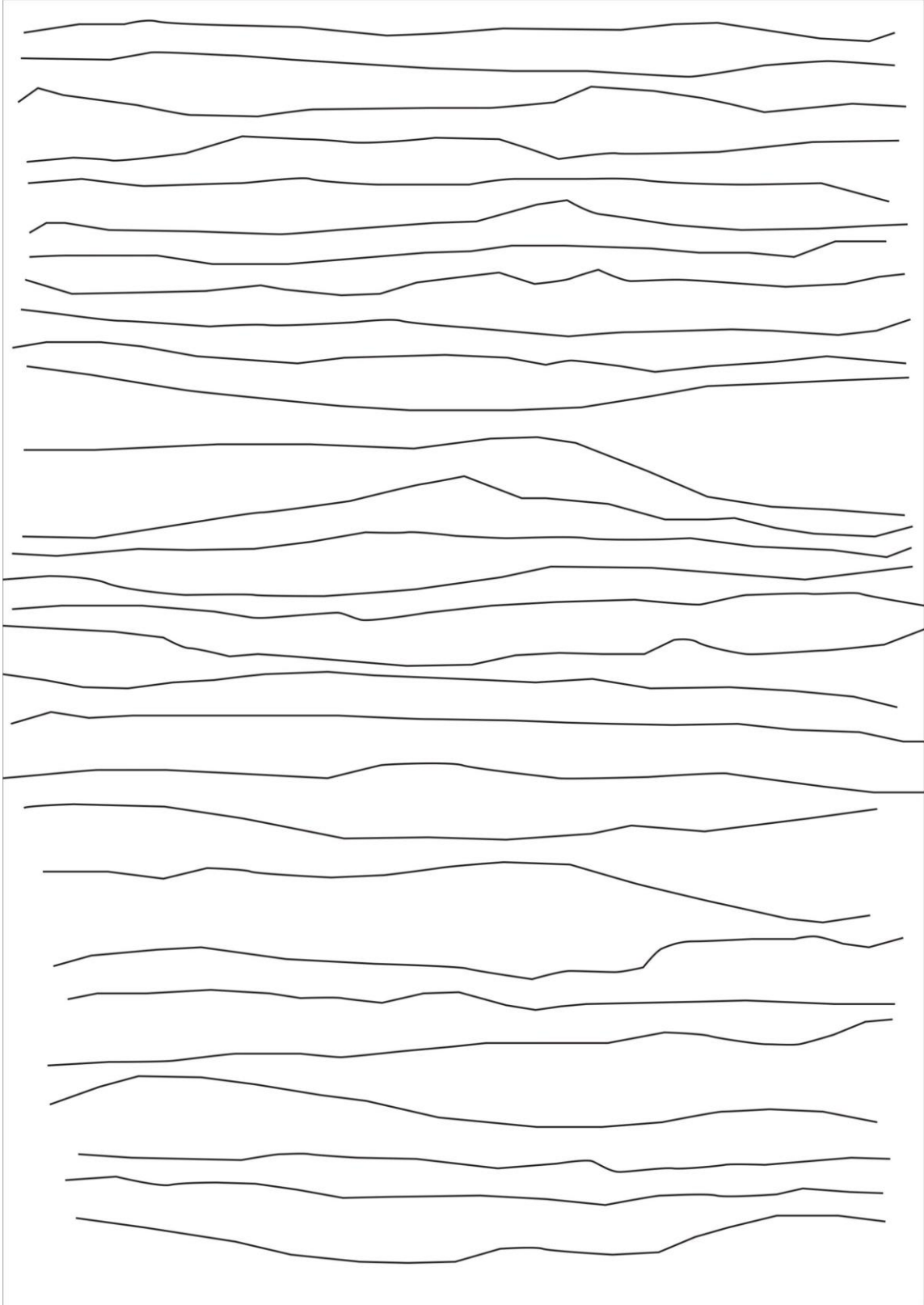
Ek-4 ' ün devamı



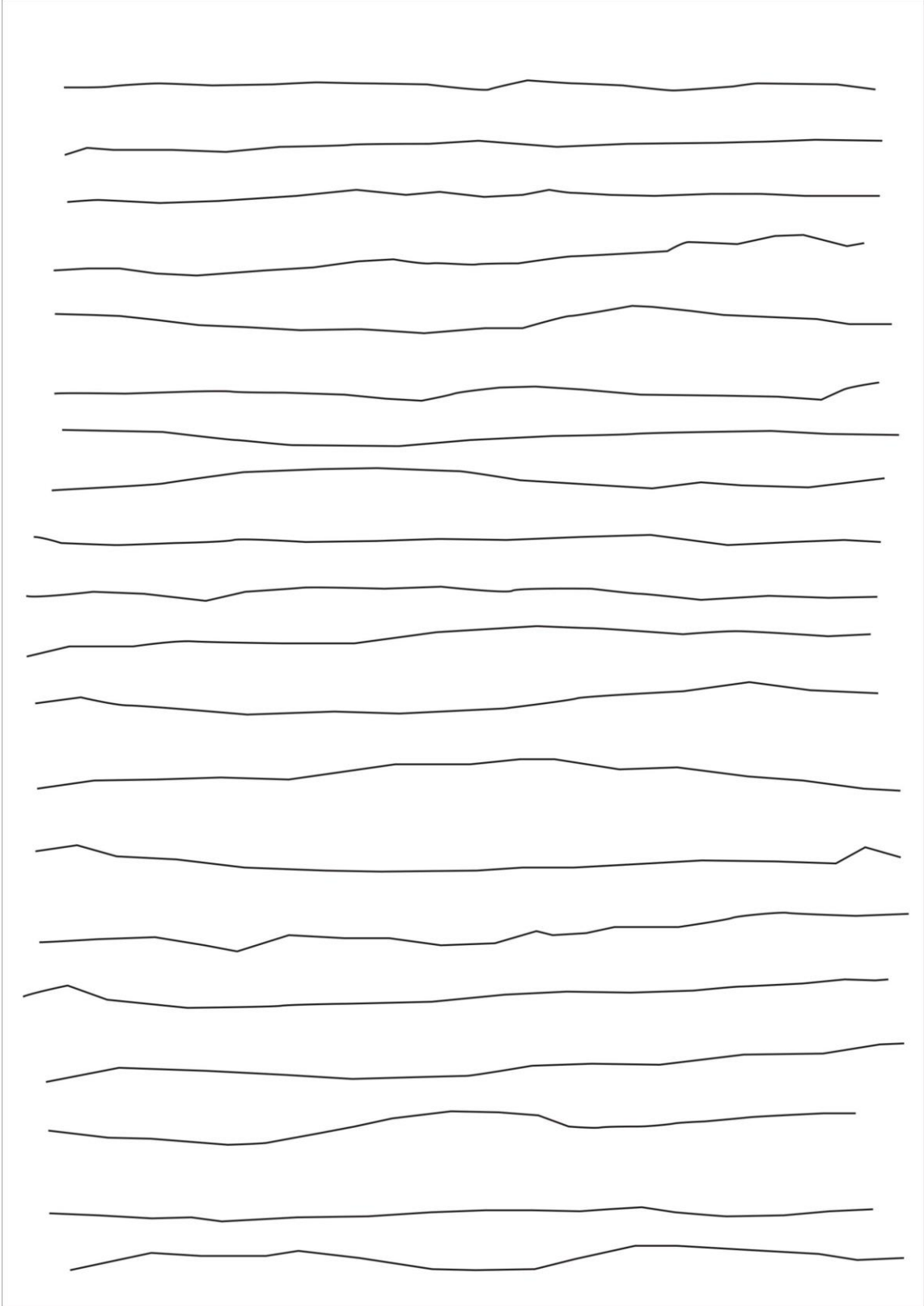
Ek-4 ' ün devamı



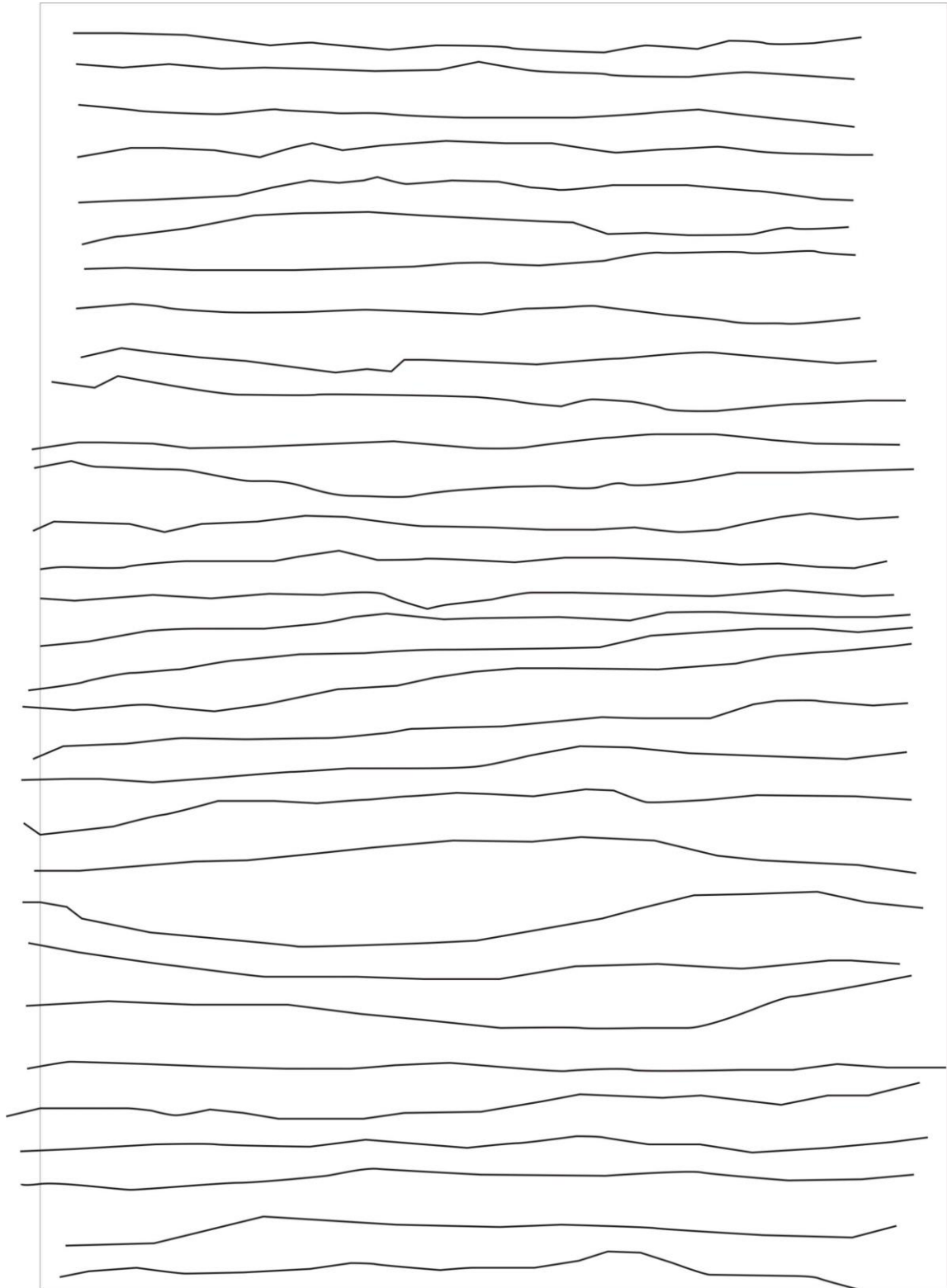
Ek 5. Şev 5' e ait pürüzlülük profilleri



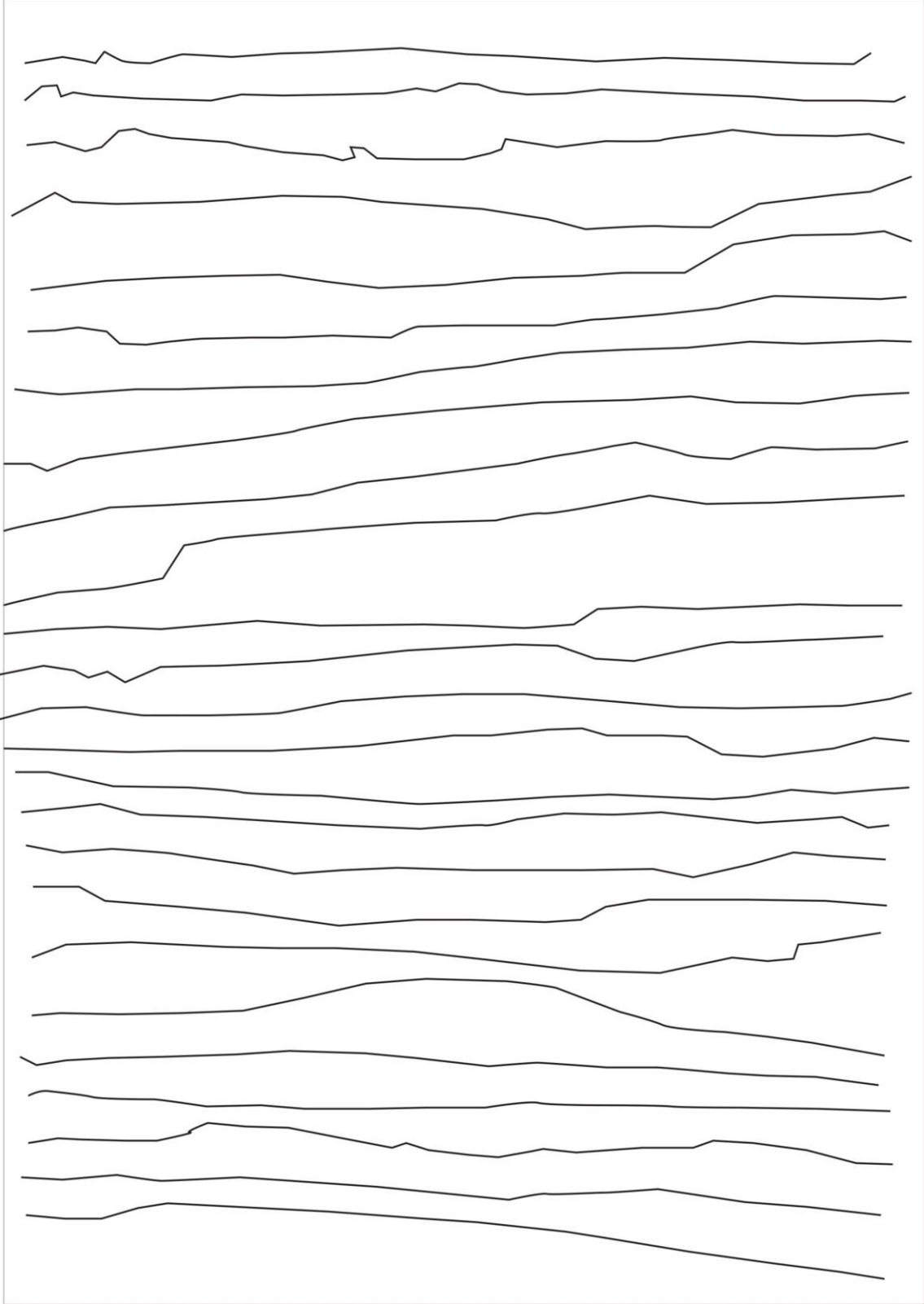
Ek-5 ' in devamı



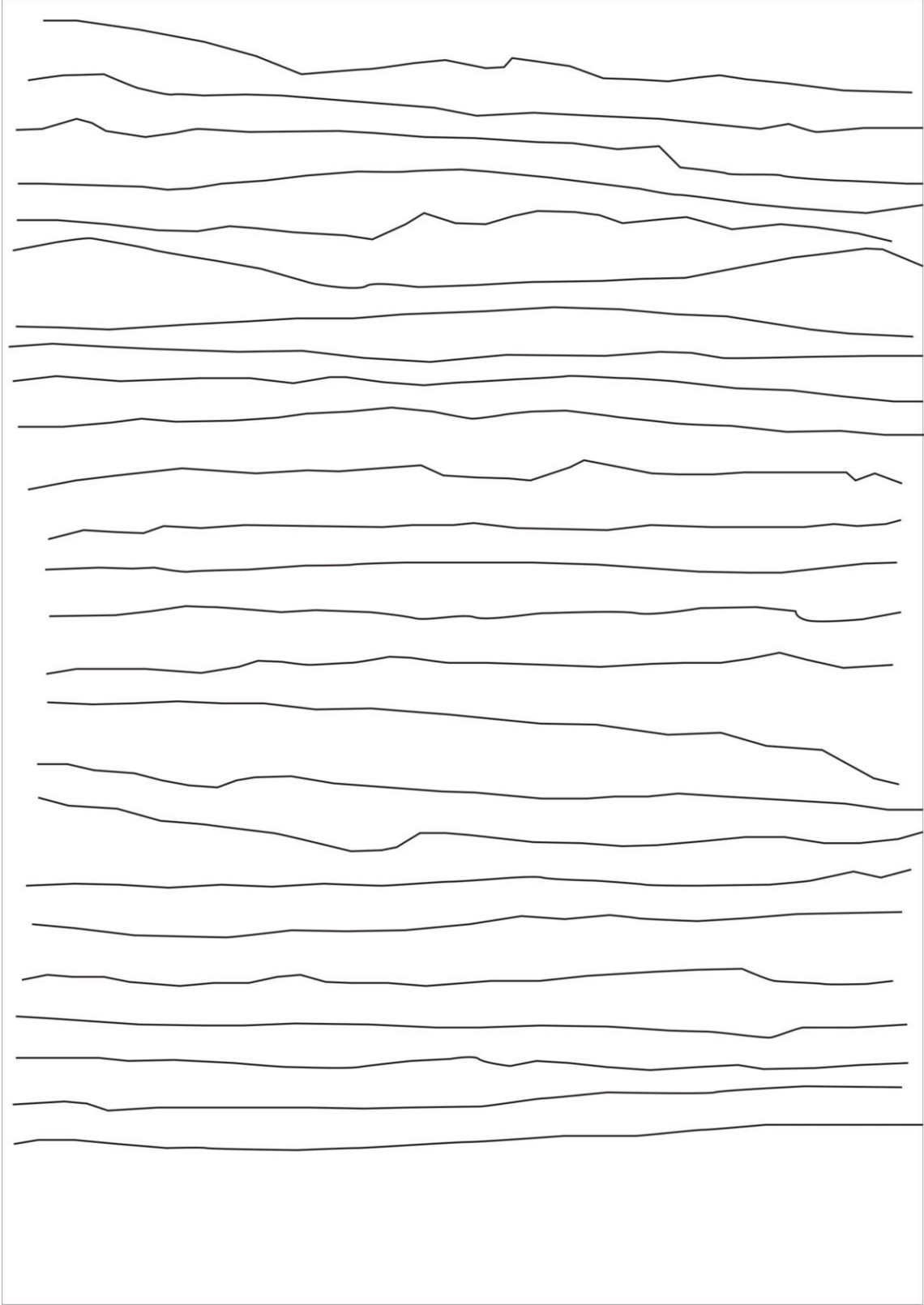
Ek-5 ' in devamı



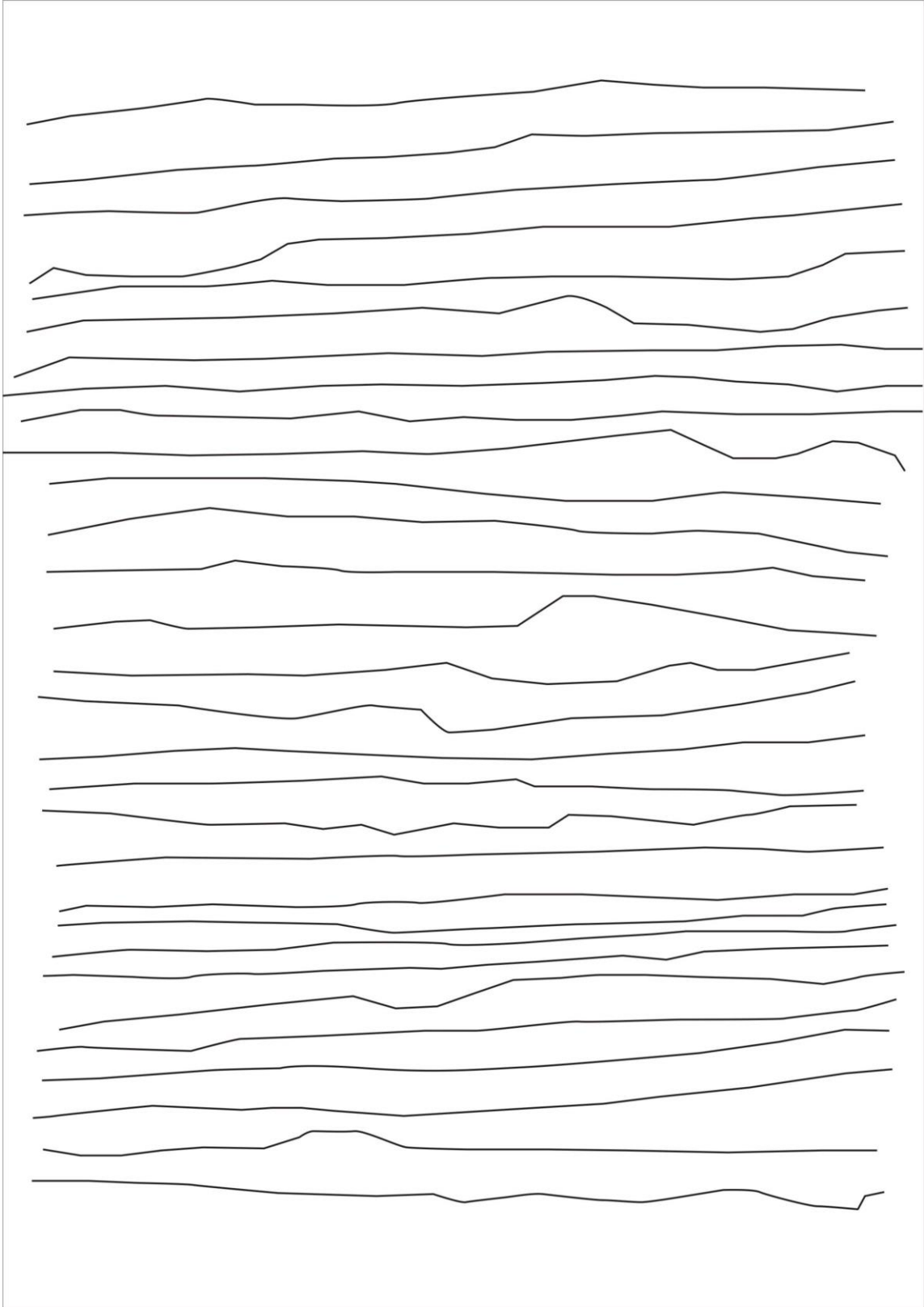
Ek 6. Şev 6' nın pürüzlülük profilleri



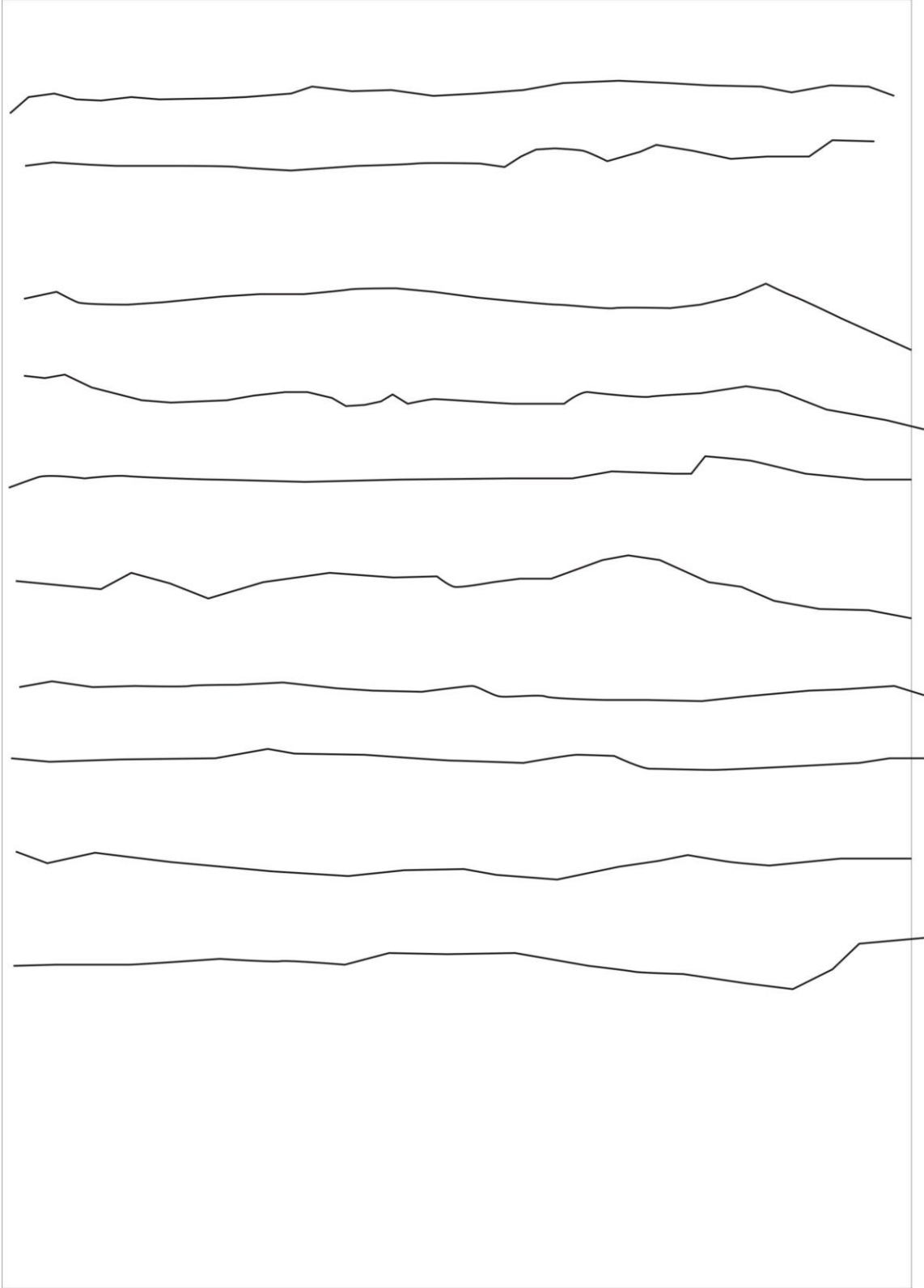
Ek-6' nın devamı



Ek-6' nın devamı



Ek 7. Şev 7' ye ait pürüzlülük profilleri



Ek 8. Kesilmiş şevlere ait RMR sınıflama değerleri

Şev No	σ_c (MPa)	Puan	RQD (%)	Puan	Ara Uzaklık (cm)	Puan	Devamlılık (m)	Puan	Açıklık (mm)	Puan	Dolgu	Puan	Pürüzlülük	Puan	Bozunma	Puan	Yeraltı Suyu	Puan	RMR
1	73.95	7.8	63.75	13	13.1	6.5	0.42	6	3	1	3 mm kil	2	Pürüzlü	5	Bozunmuş	1	Yok	15	57.3
2	75.04	7	84.42	15.8	17.3	7	0.8	6	10	0	2 mm kil	2	Pürüzlü	5	Bozunmuş	1	Yok	15	58.8
3	106	9	56	10	8.5	5.2	0.6	6	5.8	0	4 mm kil	2	Düz	1	Bozunmuş	1	Yok	15	49.2
4	30.7	4.1	60.92	12	13.4	6.1	0.6	6	2	1	4 mm kalsit	4	Düz	1	Bozunmuş	1	Yok	15	50.2
5	77.7	9.5	69	14	5.9	5	0.7	6	2.8	1	4 mm kil	2	Düz	1	Bozunmuş	1	Yok	15	54.5
6	73.95	7.5	62.68	12.5	12.8	6.9	0.37	6	4.6	1	4 mm kil	2	Düz	1	Bozunmuş	1	Yok	15	52.9
7	41.41	5	64.46	14	6	5	0.2	6	1.2	1	5 mm kil	2	Pürüzlü	5	Bozunmuş	1	Yok	15	54

ÖZGEÇMİŞ

Ceren ÖZKİRİŞÇİ OKTAY, 1983 yılında Erzincan' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Erzincan' da tamamladı. 2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü' nü kazandı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Okulu' nda lisans öncesi İngilizce hazırlık programının ardından lisans eğitimini tamamladı. 2010 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı' nda yüksek lisans eğitimine başladı.