



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GEREDE (BOLU) VE ÇEVRESİNİN
STRATİGRAFİSİ VE YAPISAL
ÖZELLİKLERİ

Hüdayi YILDIZ

YÜKSEK LİSANS

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Hüdayi YILDIZ tarafından hazırlanan “Gerede ve Çevresinin Stratigrafisi ve Yapısal Özellikleri” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri**İmza****Başkan**

Unvanı Adı SOYADI
(Üniversitesi)

.....

Danışman

Prof. Dr. Yaşar EREN
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI
(Üniversitesi)

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI
(Üniversitesi)

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI
(Üniversitesi)

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

İmza

Hüdayi YILDIZ

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ GEREDE (BOLU) VE ÇEVRESİNİN STRATİGRAFİSİ VE YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Hüdayi YILDIZ

Konya Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yaşar EREN

2025, ... Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Yaşar EREN

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Armutlu-Almacık-Arkotdağı zonu ile Sakarya zonu içerisinde yer alan inceleme alanında, temelinde Mesezoyik (Orta Jura-Alt Kretase) yaşlı Soğukçam formasyonu yer almaktadır. Bu birimin üzerine ise Üst Kretase yaşlı Abant formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir. Bu birimleri Kışlaköy formasyonu açılı uyumsuz olarak üstelemektedir. Alt-Orta Miyosen yaşlı Kirazdağı volkanitleri, Orta Miyosen yaşlı Ilıcadere volkanitleri ve Deveören volkanitleri ise bu birimleri kesmektedir. İnceleme alanının en genç birimi olan Kuvaterner yaşlı Alüvyonlar ise bu birimleri açılı uyumsuz olarak örtmektedir.

İnceleme alanında yer alan kayaçlar Alp (Alpin) orojenezi (Kretase-Paleojen) ve Neotektonik dönemdeki güncel tektonizmadan önemli ölçüde etkilenmiştir. Alpin orojenezi ile Kretase-Eosen yaşlı kayaçlar deforme olarak kıvrımlanmış ve kırıklı yapılar kazanmışlardır.

İnceleme alanından Dünya'nın ve Türkiye'nin en bilinen ve önemli faylarından biri olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) geçmektedir. Doğrultu atımlı sağ yanal yönlü aktif bir fay olan KAFZ inceleme alanında DKD-BGB yönünde bir uzanım sağlar. İnceleme alanında bulunan kırık ve çatlakların daha çok KAFZ'nun kuzey kesiminde ve güneydoğusunda yoğunlaştığı gözlenmiştir. Çatlak takımlarının ise genel olarak KB-GD yönünde geliştiği ve bunun dışında da faya paralel ikinci bir çatlak takımının da olduğu tespit edilmiştir. İnceleme alanında morfotektonik analizler kapsamında havza şekilli indisi (Bs), akarsu uzunluk gradyan indisi (SL), vadi tabanı genişliğinin vadi yüksekliğine oranı indisi (Vf), havza asimetri faktörü indisi (Af), dağ önü eğrisellik oranı indisi (Smf), hipsometrik integral (Hi) indisleri incelenmiştir. Bunlara bağlı olarak KAFZ'nun inceleme alanındaki göreceli tektonik aktivitesi irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gerede, Jeoloji, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Lineasyon, Morfo-tektonik.

ABSTRACT

MS THESIS

STRATIGRAPHY AND STRUCTURAL FEATURES OF GEREDE (BOLU) AND ITS SURROUNDINGS

Hüdayi YILDIZ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Yaşar EREN

2025, ... Pages

Jury

Prof. Dr. Yaşar EREN

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

In the study area, located within the Armutlu-Almacık-Arkotdağı zone and the Sakarya zone, the Mesozoic (Middle Jurassic-Lower Cretaceous) Soğukçam formation lies at the base. The Upper Cretaceous Abant formation unconformably overlies this unit. The Kışlaköy formation overlies these units with an angular unconformity. Lower-Middle Miocene Kirazdağı volcanics, Middle Miocene Ilıcadere volcanics, and Deveören volcanics cut these units. Quaternary alluvium, the youngest unit in the study area, overlies these units with an angular unconformity.

The rocks in the study area were significantly affected by the Alpine orogeny (Cretaceous-Paleogene) and recent tectonism during the Neotectonic period. During the Alpine Orogeny, the Cretaceous-Eocene rocks were deformed, folded, and acquired fractured structures.

The North Anatolian Fault Zone (KAFZ), one of the most well-known and important faults in Turkey and the world, passes through the study area. The NAFZ, an active strike-slip right-lateral fault, extends in an ENE-WSW direction in the study area. The lineaments (Fractures and joints) in the study area are observed to be concentrated mostly in the northern and southeastern parts of the KAFZ. The crack sets generally develop in a NW-SE direction, with a second crack set parallel to the fault. Within the scope of morphotectonic analyses in the study area, the basin shape index (Bs), stream length gradient index (SL), valley floor width to valley height ratio index (Vf), basin asymmetry factor index (Af), mountain front curvature ratio index (Smf), and hypsometric integral (Hi) indices were investigated. Based on these, the relative tectonic activity of the NAFZ in the study area was examined.

Keywords: Gerede, Geology, North Anatolian Fault Zone, Lineation, Morphotectonics.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans çalışması kapsamında hazırlanmıştır. Tez çalışmamın tüm aşamalarında değerli bilgi ve önerileriyle bana yol gösteren, çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Yaşar EREN'e, teşekkür ederim.

Çalışmamın arazi çalışmaları aşamasında; Gerede Belediye Başkanı Mustafa ALLAR Bey başta olmak üzere, Halkla İlişkiler Müdürü Baki SUNGUR Bey'e, Su ve Kanalizasyon Müdürü İbrahim KARAŞ Bey'e, arazi çalışmaları esnasında her türlü desteğini esirgemeyen sevgili dostum Uğur ERTEN Bey'e katkılarından dolayı teşekkür ediyorum.

Labaratuvar çalışmaları kapsamında yine desteğini esirgemeyen Dr. Öğretim Üyesi Berkant COŞKUNER, Dr. Öğretim Üyesi Şeyda PARLAR hocalarıma, morfometri çalışmalarında destek olan Huzaely Latief SUNAN Bey'e de ayrıca teşekkür ediyorum.

Bu tez çalışmasının tüm aşamalarında benimle birlikte maddi ve manevi olarak sabır gösteren değerli eşim Berna YILDIZ ve sevgili çocuklarıma da teşekkürü bir borç biliyorum.

Hüdayi YILDIZ
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Bölgenin Tanıtımı	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Önceki Çalışmalar.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	6
3.1. Arazi Çalışmaları	6
3.2. Labaratuvar Çalışmaları.....	6
3.3. Büro Çalışmaları	6
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	7
4.1. STRATİGRAFİ	7
4. 1. 1. Soğukçam Formasyonu (Jks).....	9
4. 1.2. Abant Formasyonu (KTab)	11
4.1.3. Kışlaköy Formasyonu (Tek)	16
4. 1. 5. Kirazdağı Volkaniti (Tmki)	25
4. 1. 6. Ilıcadere Volkaniti (Tmi)	27
4. 1. 7. Deveören Volkaniti (Tmd).....	28
4.1.8. Alüvyon (Qal)	31
4.2. YAPISAL JEOLJİ	32
4.2.1. UYUMSUZLUKLAR	32
4.2.2. KIVRIMLAR.....	33
4.2.3. FAYLAR	37
4.2.4. Çatlaklar.....	45
4.3. İnceleme Alanının Morfotektonik Analizi.....	82
4.3.1. Metodlar.....	82
4.3.2. İnceleme alanındaki indislerin analizi	88
5. SONUÇLAR	99
KAYNAKLAR	101

EKLER	105
ÖZGEÇMİŞ	106



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru ve google earth haritaları (a ve b: yer bulduru haritaları, c: google earth haritası)	2
Şekil 1.2. Çalışma alanına ait kabartma (rölyef) haritası	3
Şekil 4.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti	8
Şekil 4. 2. Ahmetler Köyü kuzeyinde gözlenen gri-beyaz renkli kireçtaşları	9
Şekil 4. 3. Ahmetler Köyü kuzeyinde gözlenen gri-beyaz renkli kireçtaşları	10
Şekil 4. 4. Soğukçam Formasyonuna (Jks) ait kırıklı, breşik yapılı, iri kristalli mermerlere ait mikroskop görüntüleri	10
Şekil 4. 5. Yamanlar köyü güneyinde yer alan Abant Formasyonuna ait açık kahverengi, gri ve yeşilimsi renkli kumtaşları	12
Şekil 4. 6. Yamanlar Köyü Abant Formasyonuna ait birimlerde kumtaşları içerisinde gözlenen kalsit damarları	12
Şekil 4. 7. Yamanlar Köyü girişinde kumtaşlarında gözlenen yapraklanma (S1) yapıları	13
Şekil 4. 8. Yamanlar Köyü Abant Formasyonunda gözlenen çok sayıda çatlak takımının ölçümlerinin yapılması	13
Şekil 4. 9. Yamanlar köyü güneybatısında gözlenen karbonat bağlayıcılı kumtaşları ve silttaşları. Kuvars ve kalsit taneleri matriks içerisinde yüzer vaziyettedir. Ku: Kuvars, Kal: Kalsit	14
Şekil 4. 10. Yamanlar köyü güneybatısında karbonat bağlayıcılı, ince ve orta taneli gözlenen birbirine dik kalsit damarları Kal: Kalsit	15
Şekil 4.11. Koçumlar köyü Kıncallar mahallesi girişinde gözlenen kireçtaşları	17
Şekil 4.12. Kıncallar mahallesi girişinde yer alan breşleşmiş kireçtaşları	17
Şekil 4.13. Koçumlar köyü girişinde gözlenen kumtaşları ve çakıltaşları	18
Şekil 4.14. Koçumlar köyü yayla yolu boyunca gözlenen bol kırıklı kırmızı renkli kireçtaşları	18
Şekil 4.15. Koçumlar köyü yayla yolu boyunca gözlenen bol kırıklı kırmızı renkli kireçtaşları	19
Şekil 4.16. Koçumlar köyünün kuzeybatısında gözlenen kalsit bağlayıcılı kumtaşları. Kalsit taneleri bol miktardadır ve bireşik kuvarslardan oluşmuş taneler şeklindedir. Az miktarda feldispat gözlenmiştir. Ku: Kuvars, Fld: Feldispat	20
Şekil 4.18. Çayörengüney köyünde gözlenen fay aynası.	22
Şekil 4.19. Çayörengüney köyünde gözlenen sarımsı- kırmızımsı renkli ince-orta taneli yer yer tabakalı kumtaşları ve çamurtaşları	23
Şekil 4.20. Çayörengüney Köyü çevresinde andezit ve dasitler içerisinde gözlenen kalsit damarları	24
Şekil 4. 21. Doğanlar volkanit üyesine ait kalsit bağlayıcılı volkanik malzemece zengin kumtaşları. Taneler genelde köşeli ve yer yer de yuvarlaktır. Feldispat, ortaklaz ve kuvarslar gözlenmektedir. Ku: Kuvars, Fld: Feldispat, OKlaz: Ortaklaz	24
Şekil 4. 22. Ahmetler Köyü Kuzeybatısında gözlenen gri renkli andezitler ve çatlaklı boşlukların silis ile dolu olarak gözlenmesi	26
Şekil 4. 23. Kirazdağı Volkanitlerine (Tmki) ait andezit ve dasitler gözlenmektedir. Az miktarda biyotit de gözlenmiştir.	26
Şekil 4. 24. Sungurlar Köyü kuzeyinde gözlenen gri, kırmızı ve kahverengi renkli bazalt ve andezitler	27
Şekil 4. 25. Ilıcadere Volkanitlerine (Tmı) ait irili ufaklı feldispat minerallerinin olduğu, içi camsı malzemeli porfirik dokulu piroklastik kayalara ait ince kesit.	28

Şekil 4. 26. Ahmetler Köyü ve çevresinde gözlenen gri renkli, çatlaklı ve yer yer kalsit damarlı masif görünümlü dasitik volkanik kayalar.....	29
Şekil 4. 27. Deveören Volkanitlerinde (Tmd) gözlenen kireçtaşları. Siparit bağlayıcılı elipsoidik yuvarlak taneler mevcuttur.....	30
Şekil 4. 28. Deveören Volkanitlerinde (Tmd) gözlenen kireçtaşlarına ait ince kesitler. 31	
Şekil 4.29. Abant formasyonuna ait (66 adet) tabaka ölçümlerine ait nokta-kontur diyagramı. Egemen Kıvrım eksen konum (3): K78D, 25 KD	34
Şekil 4.30. Kışlaköy formasyonu ve Doğanlar volkanit üyesine ait ölçülen (179 adet) tabaka ölçümlerine göre kontur diyagramı. Kıvrım eksen konumları K56B, 8 GD	35
Şekil 4.31. Kışlaköy Formasyonuna ait Koçumlar köyü civarında gözlenen kıvrım yapısı.....	36
Şekil 4.32. Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar köyünde ölçülen (51 adet) tabaka ölçümlerine göre kontur diyagramı. Kıvrım eksen konumları K26D, 48 GB	37
Şekil 4.33. KAFZ'na ait bir kolun Gerede doğusundaki görünümü	39
Şekil 4.34. Gerede batısında 1944 Gerede depreminin oluşturduğu yüzey kırığına ait iz	41
Şekil 4.35. Gerede batısında Ibrıcak civarındaki alüvyal kayalar içinde gelişmiş sivilaşma yapıları	42
Şekil 4. 36. KAFZ üzerinde 1912-1999 yıl aralığında meydana gelen büyük depremler (İhsan Ketin ve Kuzey Anadolu Fayının Keşfi Makalesinden).....	43
Şekil 4. 37. KAF boyunca 20. yüzyılda olan depremlerin yüzey kırıkları ve bilinen tarihsel depremler ile onların lokasyonunu gösterir harita. (MTA Kuzey Anadolu Fayı Atlası).....	44
Şekil 4. 38. KAFZ boyunca Gerede segmentinde meydana gelen tarihsel depremler (Demirtaş, 2000; Sipahioğlu, 1987; Ambraseys ve Jackson, 1998).	44
Şekil 4.39. Abant formasyonuna ait Yamanlar Köyü çevresinde gözlenen çatlak takımları	45
Şekil 4.40. Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı güneybatısında gözlenen; kırıklı yapılar (a) ve küçük-orta taneli konglomera yapısı (b).....	46
Şekil 4.41. Abant formasyonuna ait Yamanlar Köyü çevresinde 66 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c).	46
Şekil 4. 42. Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı bölgesinde 44 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	47
Şekil 4. 43. Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı bölgesinde 39 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	48
Şekil 4. 44. Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı bölgesinde 46 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	49
Şekil 4. 45. Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı bölgesinde 51 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	50
Şekil 4.46. Kışlaköy formasyonuna ait Koçumlar yayla yolu üzerinde 51 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	51
Şekil 4.47. Kışlaköy formasyonuna ait tabakhaneler bölgesinde 51 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	52
Şekil 4.48. Kışlaköy formasyonuna ait tabakhaneler bölgesinde 43 adet kesme çatlağı ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	53
Şekil 4.49. Ilıcadere Volkanitlerine ait Bıçakçılar-Gaziler mevkiinde gözlenen çatlaklı yapılar.	54
Şekil 4. 50. Ilıcadere volkanitlerine ait Bıçakçılar-Gaziler mevkiinde 43 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	54

Şekil 4. 51. Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar köyünde 51 adet kesme çatlağı ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	55
Şekil 4. 52. Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar köyünde 48 adet kesme çatlağı ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	56
Şekil 4. 53. Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar köyünde 54 adet kesme çatlağı ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	57
Şekil 4. 54. Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar köyü kuzeydoğusunda 39 adet fay kırığı ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c).....	58
Şekil 4.55. Soğukçam Formasyonuna ait kireçtaşlarında gözlenen çatlak takımları	58
Şekil 4. 56. Soğukçam Formasyonuna ait Ahmetler köyü kuzeydoğusunda yer alan 53 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	59
Şekil 4.57. Soğukçam formasyonuna ait Ahmetler köyünde 49 adet kesme çatlağı ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	60
Şekil 4. 58. Doğanlar volkanit üyesine ait Ekmeller köyünde 57 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	61
Şekil 4. 59. Doğanlar volkanit üyesine ait Çayören köyünde 54 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	62
Şekil 4. 60. Doğanlar volkanit üyesine ait Çayören köyünde 48 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	63
Şekil 4. 61. Doğanlar volkanit üyesine ait Çayören köyünde 51 adet fay kırığı ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	64
Şekil 4.62. Çalışma alanında ölçülen tüm çatlak takımlarına ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)	65
Şekil 4.63. SYM görüntüsünden oluşturulan gölgeli kabartma (hillshade) haritası.....	67
Şekil 4. 64. a) Çalışma alanının 0° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. egemen çizgisellik doğrultuları N60°-80°E e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı	68
Şekil 4. 65. a) Çalışma alanının 45° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N20°W-N55°W e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı	69
Şekil 4. 66. a) Çalışma alanının 90° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N20°-25°E e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı	71
Şekil 4. 67. a) Çalışma alanının 135° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N30°-60°E e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı	72
Şekil 4.70. a) Çalışma alanının 270° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N5°-15°E e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı	75
Şekil 4. 71. a) Çalışma alanının 315° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N10W°-N70°E e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı.....	77

Şekil 4. 72. a) Çalışma alanının doğu (0° , 45° , 90° , 135°) için entegre gölgeli kabartma haritası b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları $N10^\circ-20^\circ W$ e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı	78
Şekil 4. 73. a) Çalışma alanının batı (180° , 225° , 270° , 315°) için entegre gölgeli kabartma haritası b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları $N10^\circ-20^\circ W$ e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı	79
Şekil 4. 74. a) SYM görüntüsünden oluşturulan slope (eğim) haritası b) Slope görüntüsünden türetilen çizgisellik haritası c) Slope görüntüsünden türetilen çizgisel yoğunluk haritası d) Slope görüntüsünden türetilen çizgiselliklere göre çizilen gül diyagramı. Egemen çatlak doğrultusu: $N72^\circ E$	81
Şekil 4.75. Havza şekli indisi (Bs)	82
Şekil 4.76. Akarsu uzunluk-gradyan indisi (SL)	83
Şekil 4.77. Vadi tabanı genişliğinin vadi yüksekliğine oranı indisi (Vf)	84
Şekil 4.78. Havza asimetri faktörü indisi (Af).....	85
Şekil 4.79. Dağ önü girintiliğinin (<i>mountain front sinuosity</i>) hesaplama yöntemi (Keller ve Pinter, 1996).	86
Şekil 4.80. Hipsometrik eğrinin oluşturulma yöntemi (Strahler, 1952).	87
Şekil 4.81. Akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL)	88
Şekil 4.82. Havza Şekli İndisi (Bs).....	89
Şekil 4. 83. Ana vadiler ve tepe/dağ yamaçlarını kesen veya bunlara paralel akan akarsular.....	90
Şekil 4. 84. AF – 50 değerleri 1 ile 35 arasında değişmektedir. Bu değerler, gözlemlenen değer ile stabil/netral değer (50) arasındaki farkı göstermektedir.....	91
Şekil 4.85. Hipsometry integral (Hi)	92
Şekil 4.86. Araştırma alanındaki Hipsometry integral (Hi) değerlerinin grafiksel değişimleri	93
Şekil 4.87. Dağ önü eğrisellik oranı indisi (Smf)	94
Şekil 4.88. Kod değerlerine göre Smf değerleri	94
Şekil 4. 89. Dağ önü eğrisellik oranı indisi (Smf)	95
Şekil 4.90. Smf ve Vf ortalama değerleri	96
Şekil 4. 91. Her bir segmentin dağ önü için Smf ile Vf'nin karşılaştırmalı grafiği ve çıkarılan aktivite sınıfları. Dikey çubuklar Vf değerlerinin standart sapmasını göstermektedir. Üst kısımdaki sayılar, Rockwell ve diğerleri (1984) tarafından elde edilen varsayılan yükselme hızlarını U (mm/yıl) ifade etmektedir.	97
Şekil 4.92. Kodlara göre hesaplanan Vf, Bs, Af ve Hi değerleri.....	98

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Φ	Doğrultu
Δ	Eğim açısı
Λ	Kayma açısı
r_0	Yerin yarıçapı (km)
M_w	Moment Magnitüd
c	Kohezyon
ϕ	İçsel sürtünme açısı
τ	Kesme gerilmesi
dr	Kesme hızı
ΔH	Boy değişimi
ΔP	Yük değişimi
Δv	Hacim değişimi
$\Delta \sigma$	Gerilme değişimi
σ'_{xx}	X yönündeki normal gerilme
σ'_{yy}	Y yönündeki normal gerilme
T	Sıcaklık (°C)
t	Toplam geçen zaman (sn)
V	Numune hacmi (cm ³)
V_0	Başlangıçtaki numune hacmi (cm ³)
P	Yük (kg)
PI	Plastisite indisi (%)
PL	Plastik Limit (%)
W	Numune ağırlığı (gr)
w	Su muhtevası (%)

Kısaltmalar

KAF	Kuzey Anadolu Fayı
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
DAFZ	Doğu Anadolu Fay Zonu
DAD	Deprem Araştırma Dairesi
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
AYM	Afet Yönetim Merkezi

1. GİRİŞ

1.1. Bölgenin Tanıtımı

Çalışma alanı Bolu iline bağlı Gerede ilçesi çevresi olup yaklaşık 200 km² lik bir alanı kapsamaktadır. Kuzeyinde Mengen, batısında Yeniçağa, güneydoğusunda Kızılcabamam ve Çamlıdere, kuzeydoğusunda ise Çerkeş ve Karabük illeri yer almaktadır. (Şekil 1.1)

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada; kuzeybatısında Yamanlar Köyü, güneybatısında Ahmetler Köyü, kuzeydoğusunda Koçumlar Köyü ile Kıncallar mahallesinin kuzeydoğusunda kalan alan, güneydoğusunda ise Sungurlar ve Çayörengüney köylerinin jeolojisi, stratigrafik özellikleri ve çalışma alanından geçen Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun bölgeye etkileri ve bölgede meydana gelmiş olan tarihsel depremleri ile potansiyel deprem tehlikesi ele alınmıştır.

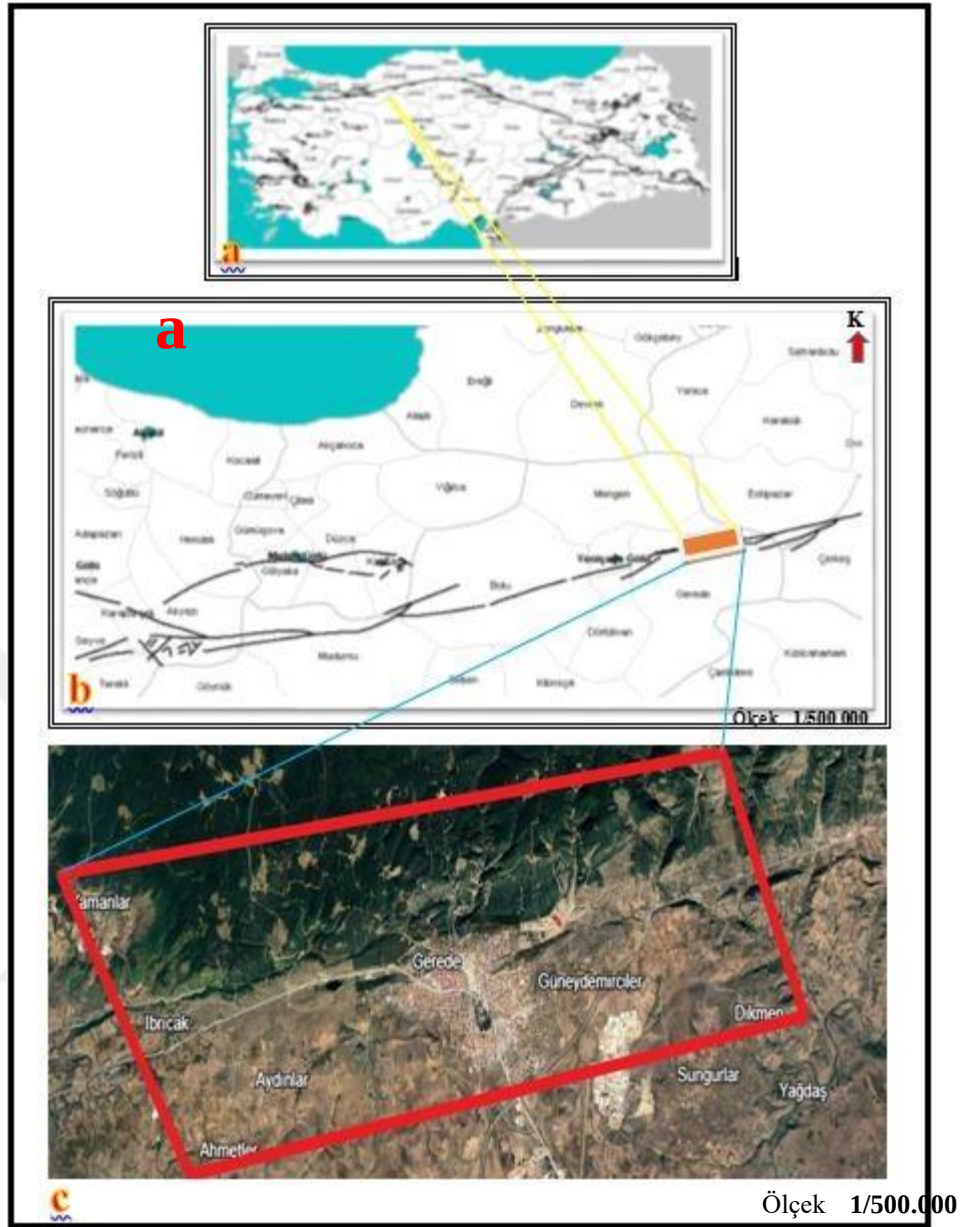
Çalışma alanında arazi çalışmaları yapılmış, bölgenin jeolojisi ve stratigrafisi çalışılmış, stratigrafik kolon kesiti oluşturulmuş ve çalışma alanında yer alan farklı kayalar numuneleri ile laboratuvarında ince kesitler yapılarak incelemeler gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca çalışma alanından geçen Kuzey Anadolu Fay Zonu morfolojik olarak tespit edilmiş, tarihte meydana getirdiği depremler incelenmiş ve gelecekte muhtemel riskleri araştırılmıştır. Fay zonu üzerinde daha önce meydana gelmiş kırıkların izlerine halen rastlamak mümkündür. Büyük fayların ana belirteçleri olan basınç sırtlarına ve fay gölcüklerine özellikle Gerede-Yeniçağa arasında rastlamak mümkündür.

Çalışma alanı içerisinde Gerede Gölü, kuzeydoğusunda Koçumlar Köyü deresi yer almaktadır (Ek-1). Kuzeydeki dağlık alanın 1600-1900 metre yüksekliklerinde düz şeritler halinde Gerede yaylaları yer almaktadır. Çalışma alanının kuzeyinde yer alan Arkot Dağı'nın yüksekliği 1877 metredir. Çalışma alanı tektonik bir alan olduğundan dolayı tektonik hareketlere bağlı olarak oluşmuş ondülasyonlu bir yapı mevcuttur. Birçok alanda ani düşüm ve ani yükselimler izlenmektedir. Ayrıca genel yükselim güneyden kuzeye doğru artmaktadır (Şekil 1.2).

Bölgede kışlar soğuk ve bol yağışlı, yazlar serin geçer. Bitki örtüsü, kuzey ve güneydeki dağlar çam, köknar, kayın, meşe ve kavak gibi orman ağaçları ile kaplıdır.

Bölge ekonomisi başta dericilik olmak üzere tekstil, tarım ve hayvancılık üzerinedir. Ayrıca bölgede mobilya imalatı ve marangozluk da gelişmiş durumdadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru ve google earth haritaları (a ve b: yer bulduru haritaları, c: google earth haritası)



Şekil 1.2. Çalışma alanına ait kabartma (rölyef) haritası

1.2. Çalışmanın Amacı

Bolu iline bağlı Gerede ilçesi ve çevresinin stratigrafi ve yapısal özelliklerinin tespit edilmesi, fay güzergâhının belirlenmesi, tarihte meydana gelmiş olan depremlerin araştırılması ve olası deprem risklerinin çalışılması amaçlanmaktadır.

Ayrıca Gerede ve yakın çevresindeki yapısal unsurların genel yönü KD-GB doğrultusundadır. Bu da bölgedeki sıkışmanın KB-GD yönlü olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda da çalışma alanının yapısal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı içerisinde Türkiye jeolojisi açısından önem arz eden Armutlu-Almacık- Arkotdağı zonu ile Sakarya zonuna ait kayaçlar yer almaktadır. Genel çalışmalar dışında bu alanlarda sadece bölgeyi kapsayan çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Kışlaköy formasyonu, Saner ve diğ. (1980) tarafından adlandırılan Mıcık, Çingiller, Kışlaköy ve Alkısarak formasyonlarını kapsamaktadır. Kışlaköy formasyonu ile uyumlu, Sakarya zonunda Soğukçam formasyonu ile uyumsuz gelen Deveören volkanit üyesi Öztürk ve diğ. (1984) tarafından tanımlanan Sarıyer liparit daykı ile deneştirilebilir. Çeşitli cins, köken ve yaşta bloklar içeren türbiditik çökeller, moloz akma çökelleri, pelajik çamurtaşları, mikrit ve marnlardan oluşan Abant formasyonu İkisü formasyonu, Bakacak olistosromu, Asmalidere formasyonu, Çankaya formasyonu, Kazamiye graniti, Kirazlı kuvarsiti ve Yörüktepe mermeri (Yılmaz ve diğ., 1990), Bakacak formasyonu (Göncüoğlu ve diğ., 1986), Abant karmaşığı (Yılmaz ve diğ., 1981), Arkotdağı formasyonu (Tokay, 1973), Soğucak formasyonu (Erendil ve diğ., 1991), Melanj (Saner ve diğ., 1980) formasyonları ile deneştirilebilir.

Pembe, siyah, gri ve grimsi yeşil renklerde, ince-kalın katmanlı, akma yapılı porfirik dokulu andezit ve piroklastiklerden oluşan Kirazdağı Volkanitleri Türkecan ve diğ. (1991) tarafından isimlendirilmiştir. Gri, siyah, yeşil, kahverenkli genelde levhamsı akmalı, yer yer masif görünümlü; dasit, andezit türü lavlar ile tuf ve aglomeralardan oluşan Deveören Volkanitleri Türkecan ve diğ. (1991) tarafından tip kesitinin Kıbrısçık ilçesine bağlı Deveören Köyü civarında gözlenmesi sebebiyle Deveören Volkaniti olarak isimlendirilmiştir.

Bölgeden Kuzey Anadolu Fay Hattı' nın geçmesi nedeni ile fay ve hareketleri, deprem jeolojisi alanında da birçok çalışma bulunmaktadır. Taşman (1944) 1944 depreminden sonra yayımladığı Gerede-Bolu Depremi hakkındaki raporu, depremin bölgede oluşturduğu hasarın boyutlarının görülmesi açısından önem arz etmektedir. Ketin (1948) 1944 Bolu-Gerede depremi ve depremin neden olduğu formasyonları detaylı şekilde incelemiştir. Tokay ve diğ. (1974), "Arkotdağ Formasyonu'nun litolojisi, kökeni ve Kuzey Anadolu Fay Zonu ile muhtemel bağlantısı" adlı çalışmasında KAFZ üzerinde yapılmış ilk stratigrafik arazi içerikli çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Şaroğlu

(1988), Eosen yaşı volkanitlerin sağ yanal yönde 25 km kadar ötelendiğini, KAFZ' nin oluşum yaşının da Pliyosen olduğunu belirtmiştir. Koçyiğit (1989), batıda Yeniçağa ile doğuda Kapaklı arasında Miyosen yaşı volkanitlerin Gerede segmenti tarafından Lütésiyen yaşı volkanosedimanter bir istif ile tektonik olarak karşı karşıya getirildiğini vurgulamıştır. Okumura ve diğ. (1990), Gerede' nin 12 km doğusunda Ardıçlı mevkiinde hendek çalışmaları yapmışlar ve bu çalışma sonucunda 2000 yıllık bir sürede sekiz adet depremin olduğunu tespit etmişlerdir. Özmen (2000) 12 Kasım 1999 Bolu depremi akabinde yayımladığı deprem raporu da bölgede meydana gelen çok sayıda vatandaşımızın hayatını kaybettiği ve büyük ölçüde maddi kayıp oluşturan bölgedeki büyük depremlerden birine ışık tutmuştur. Yine 12 Kasım 1999 Bolu depremi akabinde Tatar ve diğ.' nin (2000) hazırlamış olduğu "12 Kasım 1999 Bolu Depremi ve Bölgesel Tektonik Anlamı" isimli çalışma da önemlidir. Nurlu. ve diğ., (2000) "12 Kasım 1999 Düzce depreminin tektonik özellikleri" isimli çalışması ve aynı yıl Demirtaş ve diğ. (2000) tarafından yayımlanan 12 Kasım 1999 depremi yüzey kırık geometrisi, atım miktarı dağılımı ve gelecek deprem potansiyeli isimli çalışması ile Kuzey Anadolu Fay Zonunun Abant-Gerede arasında kalan bölümünün Neotektonik özellikleri ve paleosismisitesi isimli çalışması da konuyla ilgili faydalanılabilecek çalışmalar arasında yer almaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma alanında yüzeyleyen birimlerden kayaç numuneleri alınarak birimlerin litolojik, paleontolojik, petrografik ve yapısal analizleri yapılmıştır. Fay ve kırıklı yapılar harita üzerinde belirtilmiştir. Her türlü birincil ve ikincil düzlemsel ve çizgisel yapıların konum ve eğimleri ölçülerek bunların birbirleri ve ana yapılarla olan ilişkileri belirlenmiştir. Belli alanlarda ölçülü stratigrafik kesitler hazırlanmıştır.

3.2. Labaratuvar Çalışmaları

Çalışma alanında farklı birimlerden alınan kayaç numuneleri ile laboratuvarda ince kesitler hazırlanmıştır. Hazırlanan ince kesitlerin mikroskobik, petrografik ve paleontolojik özellikleri incelenmiştir. Petrografik inceleme ile kayaç tanımlamaları yapılarak varsa metamorfizma durumu tespit edilmiştir. Çalışma alanında tespit edilen kıvrım, klivaj ve kırık sistemlerine ilişkin tüm yapılar dinamik ve kinematik açıdan değerlendirilerek etkiyen gerilme yönleri belirlenmeye çalışılmıştır.

3.3. Büro Çalışmaları

Çalışma alanı ile ilgili hazırlanan jeolojik haritalar Coğrafi Bilgi Sistemleri ile sayısallaştırılmıştır. Bölgenin sayısallaştırılmış yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuş ve bu modellerden kabartılı, gölgeli ve eğim haritaları hazırlanmıştır. Konumları ölçülen her türlü düzlemsel yapı öğelerinin analitik olarak değerlendirilmesi için uygun programlar kullanılarak analizleri yapılmış, tektonik özellikleri belirlenmiştir. Bu analizler ile yüzeyleyen birimlerin stratigrafik ve yapısal özellikleri tespit edilerek alanın Paleotektonik ve Neotektonik özellikleri de belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Stratigrafi

Bu bölümde çalışma alanının stratigrafik ve yapısal özellikleri incelenmiştir. Önceki çalışmalar incelenerek, arazi gözlemleri ile yerinde incelenmiştir.

İnceleme alanının tabanında Göncüoğlu ve diğ. (1996) tarafından adlandırılan; Alt-Orta Jura yaşlı; beyaz, gri renkli kil ara katmanlı, yarı pelajik kireçtaşlarından oluşan, Sakarya zonuna ait Soğukçam formasyonu yer almaktadır. Bu birimin üzerine ise; Almacık-Armutlu-Arkotdağı zonunun en alt birimi olan Üst Kretase yaşlı; açık kahverengi, gri ve yeşilimsi renklerde gözlenen kumtaşı, silt, marn ve konglomeralardan oluşan Abant formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir.

Abant formasyonunun üzerine ise; Karabük-Safranbolu havzasının tabanını oluşturan Senozoyik (Alt-Orta Eosen) yaşlı; gri, yeşilimsi renklerde gözlenen konglomera, marn, kumtaşı, kiltası, silttaşı ve kırmızı renkte gözlenen kireçtaşları ile temsil edilen Kışlaköy formasyonu ile bu formasyonla girik vaziyette bulunan yine Alt-Orta Eosen yaşlı; beyazımsı, yeşilimsi gri, pembe renklerde dasitik, andezitik lav ve tüfler ile kumtaşları ve çamurtaşlarından oluşan Doğanlar volkanit üyesi uyumsuz olarak gelmektedir.

Bu birimleri ise üç farklı özellikte volkanik topluluk kesmektedir. Bunlar Alt-Orta Miyosen yaşlı; gri ve siyah renkli andezit ve piroklastiklerden oluşan Kirazdağı volkanitleri; Orta Miyosen yaşlı gri, siyah, kahverengi renklerde andezit, bazalt ve piroklastik kayalardan oluşan Ilıcadere volkanitleri; Orta Miyosen yaşlı gri, siyah, yeşil, kahverengi renkli dasit, andezit ve piroklastik kayalardan oluşan Deveören volkanitleri şeklindedir.

Bu birimlerin hepsinin üzerinde de Kuvaterner yaşlı çamur, kum ve çakıl çökelleri şeklinde alüvyonlar uyumsuz olarak yer almıştır. (Ek-1, Ek-2 ve Şekil 4.1)

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENEZOYİK	KUVATERNER	HOLOSEN		ALÜVYON	Qal	Alüvyon
				DEVEÖREN VOLKANİTİ	Tmd	Dasit, andezit, piroklastik kayaç
	NEOJEN	MİYOSEN	ORTA	İLİCADERE VOLKANİTİ	Tmi	Andezit, bazalt, piroklastik kayaç
				KIRAZDAĞI VOLKANİTİ	Tmki	Andezit, piroklastik kayaç
			ALT	KIŞLAKÖY FORMASYONU	Tek	Konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı
	PALEOJEN	EOSEN	ALT-ORTA	DOĞANLAR VOLKANİT ÜYESİ	Tekd	Andezit, dasit, aglomera
				ABANT FORMASYONU	KTab	Bloklu fliş; bloklar Paleozoyik kireçtaşı-mermer
	KRETASE		ORTA	SOĞUKÇAM FORMASYONU	Jks	Yarı pelajik çörtlü kireçtaşı, kalsitürbitid
	JURA		ALT-ORTA			

Şekil 4.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti

4. 1. 1. Soğukçam Formasyonu (Jks)

Beyaz, gri renkli, porselenimsi görünümlü, çörtlü, kil ara katmanlı, yarı pelajik kireçtaşlarından meydana gelen istif, Altınlı (1973) tarafından Soğukçam kireçtaşı olarak tanımlanmıştır. Daha sonra Tuna (1974), Gözübol (1978), Saner (1980), Yılmaz ve diğ. (1981), Soğukçam kireçtaşı, Göncüoğlu ve diğ. (1996), Soğukçam formasyonu adı altında incelemişlerdir. Bu çalışmada da istif içerisinde kireçtaşları ile birlikte farklı litolojilerin de yer alması nedeni ile Soğukçam formasyonu ismi verilmiştir (Şekil 4.2).

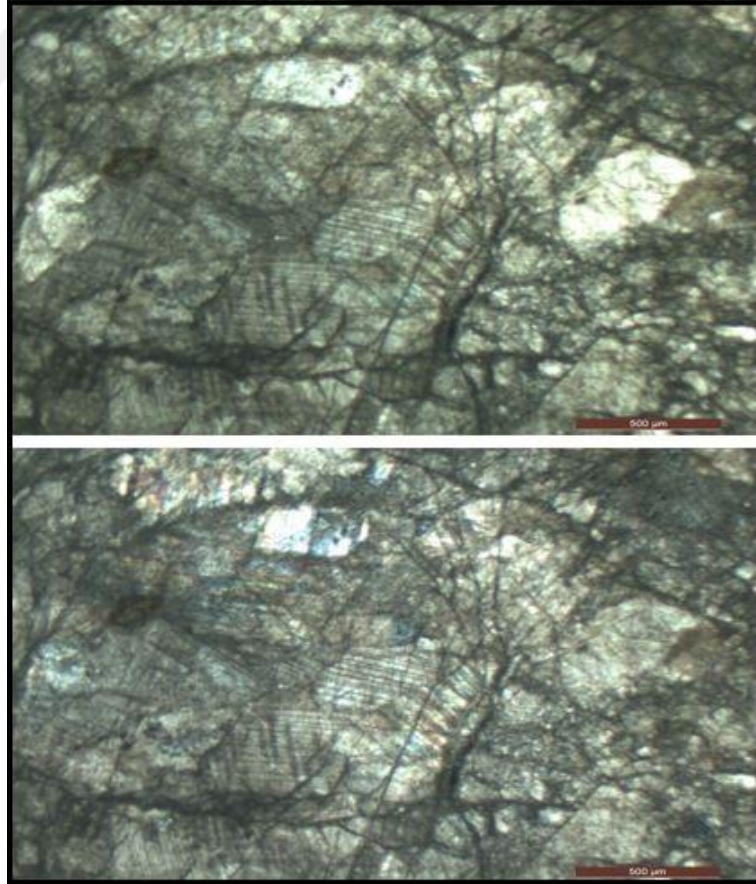
Soğukçam Formasyonu; Ahmetler Köyü' nün kuzey ve kuzeybatısında, Kütüklü tepesinin kuzeyinde ve Aksu deresinin güneyinde yer almaktadır (Ek-1). Gri-beyaz renkli masif görünümlü kireçtaşlarında yer yer bireşik yapıli dokular tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Soğukçam formasyonu Ahmetler köyünde damarlarda breşleşmeler görölmüştür. Birimden alınan ince kesitlerde iri kalsit kristallerinden oluştuğu görölmektedir. Deformasyon lamelleri gelişmiştir. Ezilme zonu gözlenmiştir (Şekil 4.4)



Şekil 4. 2. Ahmetler Köyü kuzeyinde gözlenen gri-beyaz renkli kireçtaşları



Şekil 4. 3. Ahmetler Köyü kuzeyinde gözlenen gri-beyaz renkli kireçtaşları



Şekil 4. 4. Soğukçam Formasyonuna (Jks) ait kırıklı, breşik yapılı, iri kristalli mermerlere ait mikroskop görüntüleri

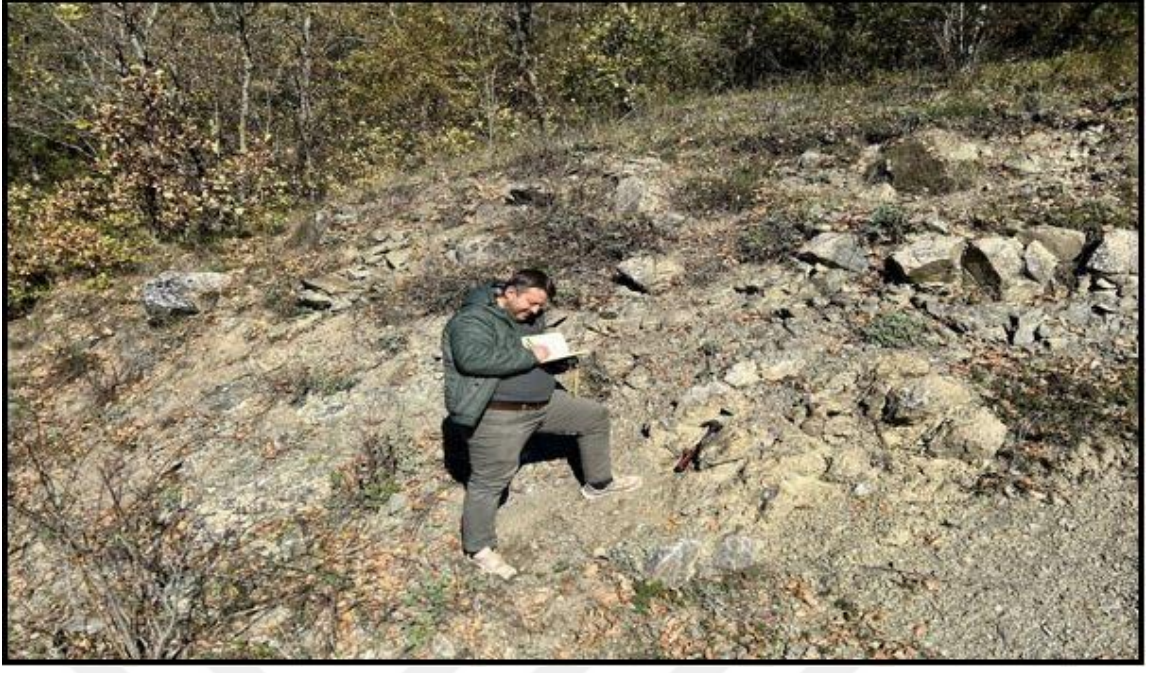
Alt-Orta Jura yaşı, yarı pelajik çörtlü kireçtaşlarından oluşan Soğukçam formasyonu çalışma alanının tabanını oluşturmaktadır. Orta Kretase yaşı, bloklu konglomera, kumtaşı, silt, marn vb. kaya türlerinden oluşan Abant formasyonu birimin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir.

Formasyonda planktonik ve bentik fosil oldukça boldur. Kireçtaşlarında pelajik özellikteki fosiller (Calpionellid, Radiolaria ve Trocholina sp.) saptanmıştır (Saraç, 1995). Soğukçam formasyonunun kireçtaşları Abdüsselamoğlu (1959) ve Altınlı (1953)' e göre Geç Jura-Erken Kretase yaşıdır. Birim dalga tabanı altındaki düşük enerjili ortamda yavaş olarak oluşmuş şelf çökelidir (Saner, 1980).

4. 1.2. Abant Formasyonu (KTab)

Birim; bloklu konglomera, kumtaşı, silt, marn vb. kaya türlerinden oluşmuştur. Çalışma alanı içinde Armutlu-Almacık-Arkotdağı zonunun en alt birimidir.

Çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Ibrıcak Köyü' nün kuzey ve kuzeydoğusunda, Yamanlar Köyü' nün güney ve güneydoğusunda, Seviller ve Hacıveli yaylalarının çevresinde izlenir (Ek-1). Abant Formasyonu (KTab) sınırları içerisinde kalan bölgede açık kahverengi, sarımsı ve yeşilimsi gri renkli kumtaşları (Şekil 4.5), kumtaşları içerisinde kalsit damarları (Şekil 4.6), içerikli birimler gözlenmiştir. Ayrıca kumtaşlarında yapraklanmalar (S1) da gözlenmiştir. (Şekil 4.7)



Şekil 4. 5. Yamanlar köyü güneyinde yer alan Abant Formasyonuna ait açık kahverengi, gri ve yeşilimsi renkli kumtaşları

Ayrıca birim içerisinde bloklı konglomeralar da gözlenmiştir. Konglomerayı oluşturan gri, açık kahverengi ve yeşilimsi renkli kumtaşlarının içerisinde kalsit damarları tespit edilmiştir.

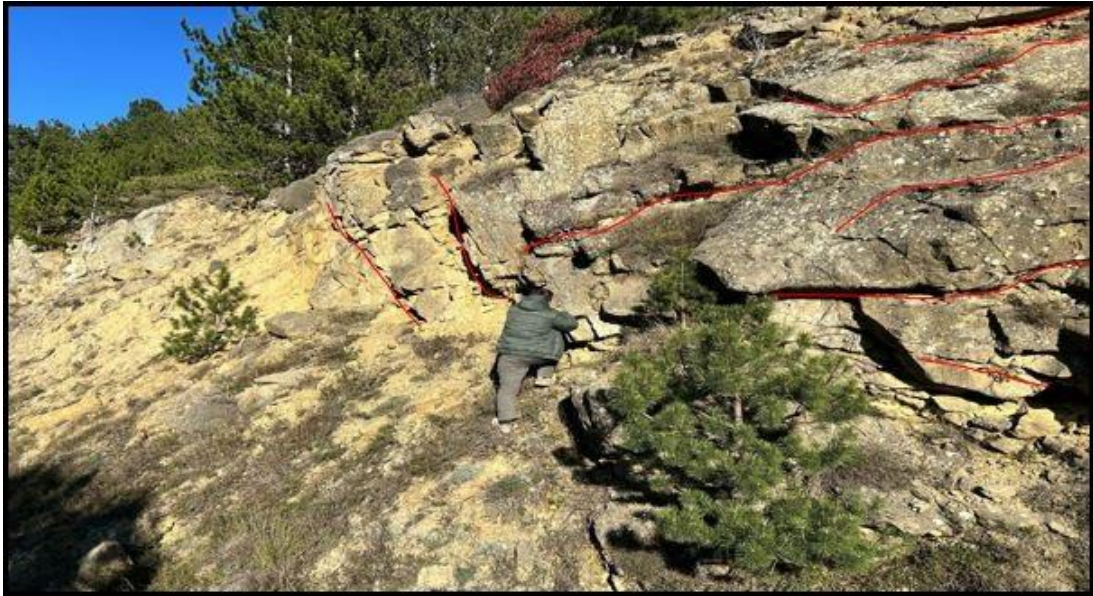


Şekil 4. 6. Yamanlar Köyü Abant Formasyonuna ait birimlerde kumtaşları içerisinde gözlenen kalsit damarları

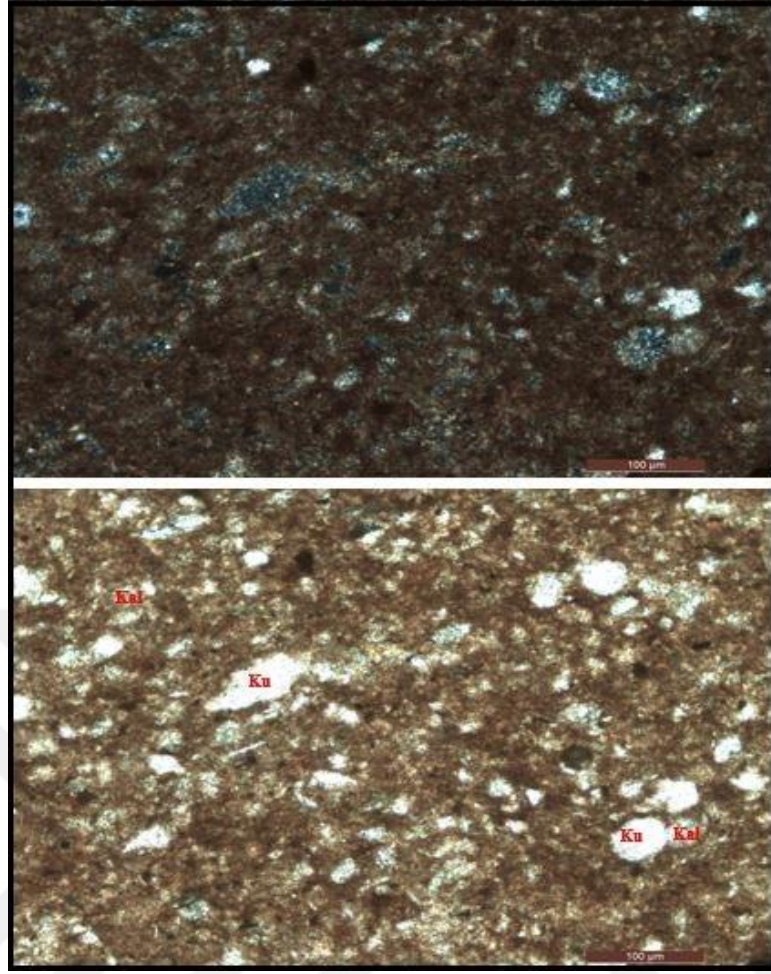


Şekil 4. 7. Yamanlar Köyü girişinde kumtaşlarında gözlenen yapraklanma (S1) yapıları

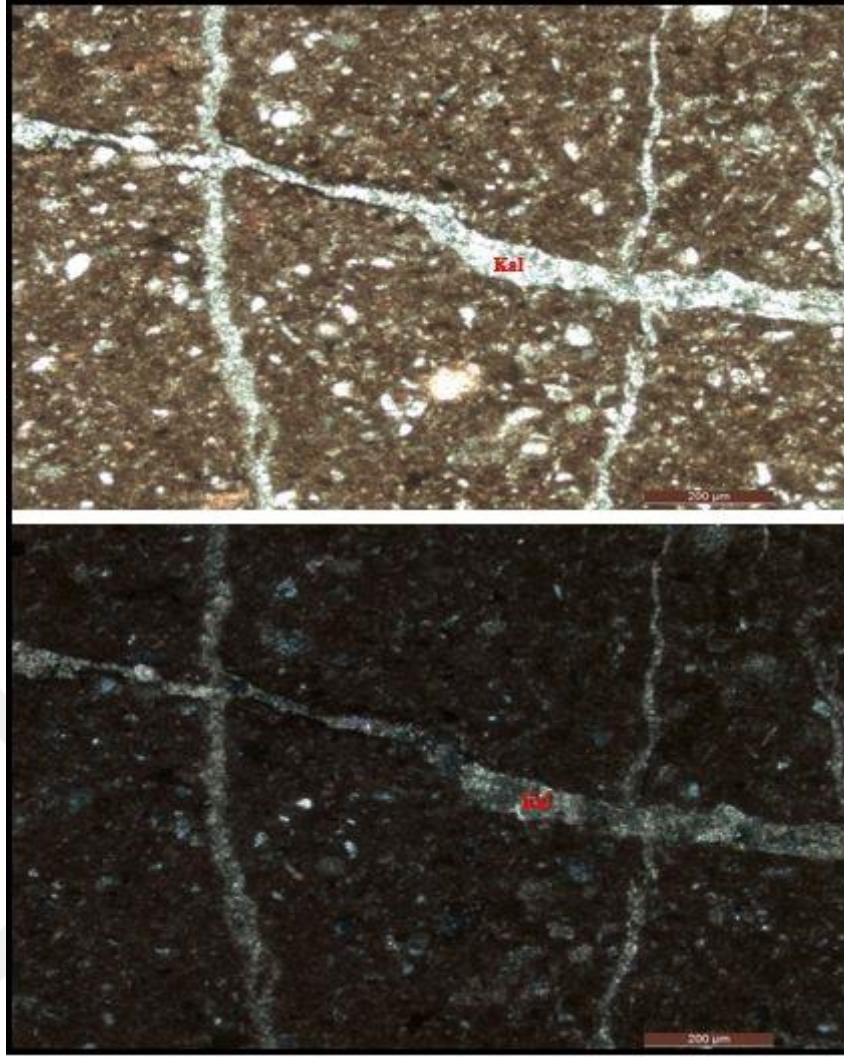
Yine bölgede kumtaşlarında ve silttaşlarında çok sayıda çatlak sistemi gözlenmiştir (Şekil 4.8)



Şekil 4. 8. Yamanlar Köyü Abant Formasyonunda gözlenen çok sayıda çatlak takımının ölçümlerinin yapılması



Şekil 4. 9. Yamanlar köyü güneybatısında gözlenen karbonat bağlayıcı kumtaşları ve silttaşları. Kuvars ve kalsit taneleri matrisinde yüzer vaziyettedir. Ku: Kuvars, Kal: Kalsit



Şekil 4. 10. Yamanlar köyü güneybatısında karbonat bağlayıcılı, ince ve orta taneli gözlenen birbirine dik kalsit damarları Kal: Kalsit

Abant formasyonu; alt-orta Jura yaşlı yarı pelajik çörtlü kireçtaşlarından oluşan Soğukçam formasyonunun üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Ayrıca birim içerisinde paleozoyik kireçtaşları yer almaktadır. Abant formasyonunun üzerine ise alt-orta Eosen yaşlı andezit, dasit ve aglomeradan oluşan Doğanlar volkanit üyesi uyumsuz olarak gelmektedir. Kretase-Paleosen birimler üzerinde tektonikle yer alan birimde Göncüoğlu ve diğ.(1986) buldukları, *Lepidorbitoides* sp., *Siderolites* sp., *Orbitoides* sp., *Sirtina* cf. *Orbitoidiformis* BRÖNNIMAN, *Orbitoides* cf., *medius* (d'ARCHIAC) fosillerine göre Maastrichtiyen yaşını elde etmişlerdir.

Çalışma alanında Paleosen yaşlı birimlerle uyumsuzlukla üzerlenen, çalışma sahasında ise Batıda Armutlu bölgesinde Alt Eosen yaşı da elde edilen Abant formasyonu çalışma alanında çökelimini Üst Kretase sonunda tamamlamış ve Üst

Daniyen-Tanesiyen yaşlı çökellerle uyumsuz olarak örtülmüştür. Abant formasyonu self-yamaç ortamında çökelmiştir. (MTA, Türkiye Jeoloji Haritaları)

4.1.3. Kışlaköy Formasyonu (Tek)

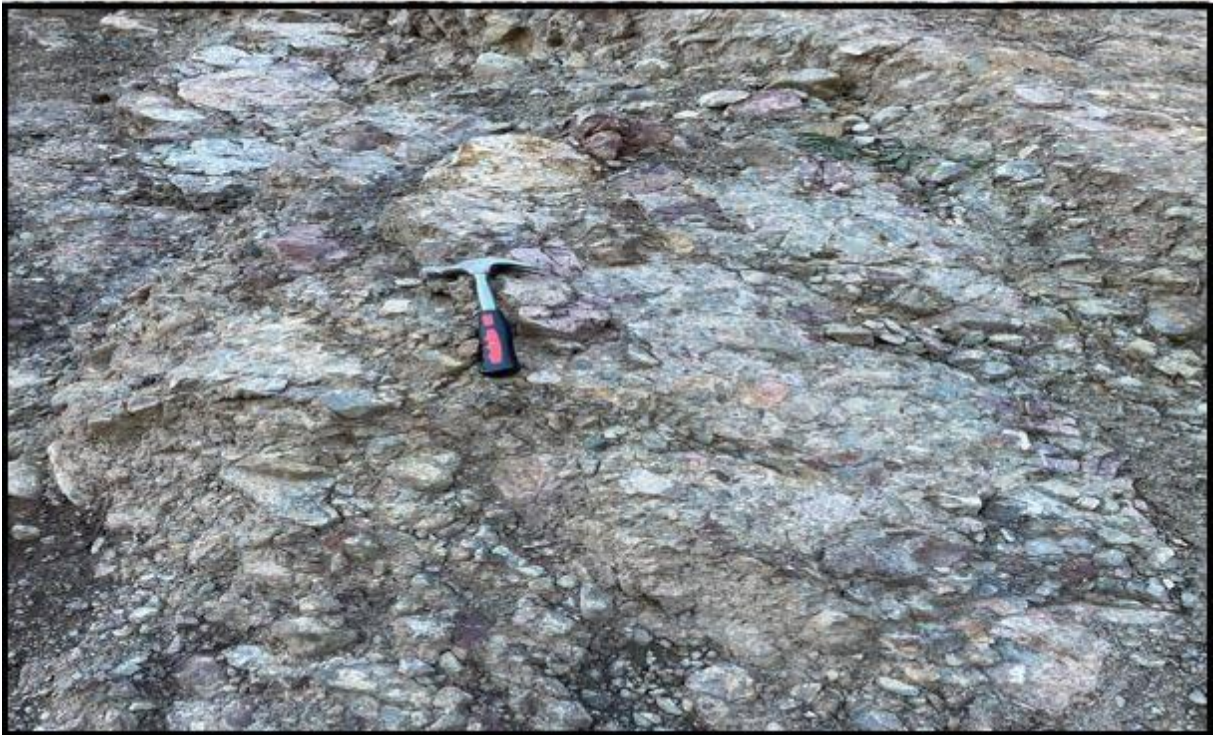
Karabük-Safranbolu Tersiyer havzasının tabanını oluşturan konglomera, marn, kumtaşı, kireçtaşı, silttaşı ve kilaşları ile temsil edilen istif, Kışlaköy formasyonu ismiyle incelenmiştir (Timur, E. 2002). Ayrıca, formasyon içindeki andeziti dasit ve aglomeralardan oluşan seviye Doğanlar volkanit üyesi olarak adlandırılmıştır (MTA G26 pafta stratigrafisini hazırlayan heyet tarafından bu çalışmada adlandırılmıştır). Burada tanımlanan Kışlaköy formasyonu, Saner ve diğ. (1980) tarafından adlandırılan Mıcık, Çingiller, Kışlaköy ve Alkısarak formasyonlarının tamamına karşılık gelmektedir. Birimin kalınlığı 300 m' yi aşar.

Birim Gerede ilçesinin kuzey ve kuzeydoğusu boyunca uzanmaktadır. İnceleme alanının kuzeydoğusunda yer alan Koçumlar köyü ve Koçumlar köyünün Kıncallar mahallesi boyunca yüzeylemektedir (Ek-1). Ayrıca Esentepe, Keçikalesi Tepesi, Ahlatça sırtı ve Sulu deresi yine birim içerisinde yer almaktadır.

Çalışma alanında gri, sarı ve açık kahverenkli, ince tabakalı ve yer yer breşleşmiş kireçtaşları gözlenmiştir. (Şekil 4.11 ve 4.12) Ayrıca bol kırıklı kırmızı renkli kireçtaşları (Şekil 4.15) ile iri taneli mikrit bağlayıcılı konglomeralar gözlenmiştir. (Şekil 4.14) Birimlerde yer yer dönme yapıları da tespit edilmiştir. (Şekil 4.13)



Şekil 4.11. Koçumlar köyü Kıncallar mahallesi girişinde gözlenen kireçtaşları



Şekil 4.12. Kıncallar mahallesi girişinde yer alan breşleşmiş kireçtaşları

Çalışma alanında farklı lokasyonda Koçumlar köyü girişinde ise ince taneli kumtaşları ve onların üzerine gelen çakıltaşları tespit edilmiştir.



Şekil 4.13. Koçumlar köyü girişinde gözlenen kumtaşları ve çakıltaşları

Koçumlar köyü kuzeyinde yer alan yayla yolu boyunca kırmızı renkli kırıklı breşik kireçtaşları gözlenmiştir.

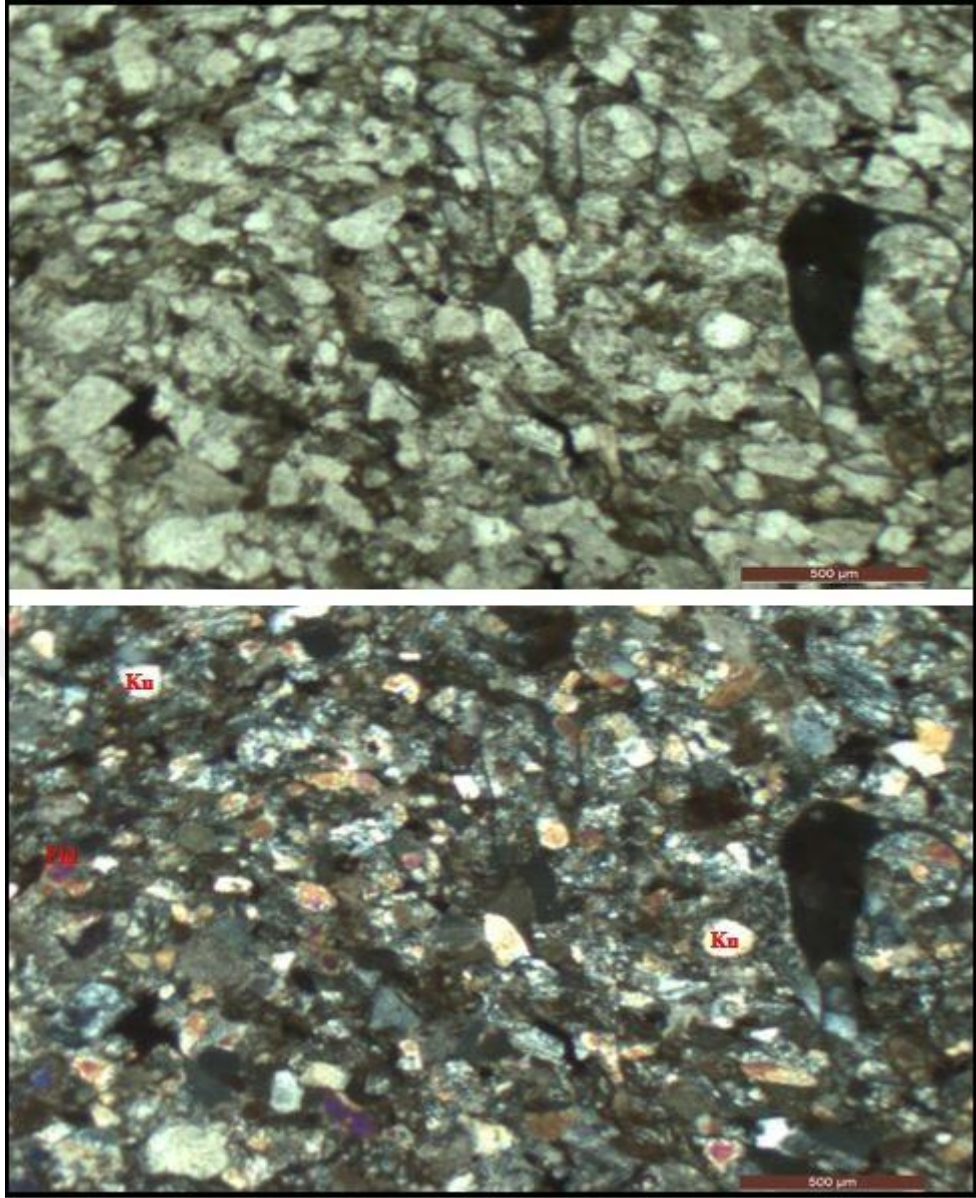


Şekil 4.14. Koçumlar köyü yayla yolu boyunca gözlenen bol kırıklı kırmızı renkli kireçtaşları



Şekil 4.15. Koçumlar köyü yayla yolu boyunca gözlenen bol kırıklı kırmızı renkli kireçtaşları

Farklı lokasyonlarda gri-beyaz renkli çakıltaşları ve iri taneli konglomeralar gözlenmiştir. Bağlayıcı olarak killi-kumlu matriks tespit edilmiştir.



Şekil 4.16. Koçumlar köyünün kuzeybatısında gözlenen kalsit bağlayıcılı kumtaşları. Kalsit taneleri bol miktardadır ve bireşik kuvarslardan oluşmuş taneler şeklindedir. Az miktarda feldispat gözlenmiştir. Ku: Kuvars, Fld: Feldispat

Alt-orta Eosen yaşlı kumtaşı, çakıltaşları ve breşleşmiş kireçtaşlarından oluşan Kışlaköy formasyonu; yine alt-orta Eosen yaşlı andezit ve dasitlerden oluşan Doğanlar volkanit üyesi ile girik durumda üstünde yer almaktadır. Kışlaköy formasyonunun üzerinde ise uyumsuz olarak alt-orta Miyosen yaşlı andezit ve piroklastik kayalardan oluşan Kirazdağı volkanitleri yer almaktadır.

Kışlaköy formasyonu içerdiği Globigerina ve Globorotalia türlerine göre Alt Paleojen yaşındadır. (Saner ve diğ., 1979, Yergök ve diğ., 1987.)

Kışlaköy Formasyonunun alt seviyeleri hızlı akarsu yığılması ile tektonik olarak alçalan bir alanda çökelmiş alüvyon yelpazesi çökellerinden oluşmakta olup, yaşı Paleosen olarak belirlenmiştir (Sevin ve Aksay, 2002).

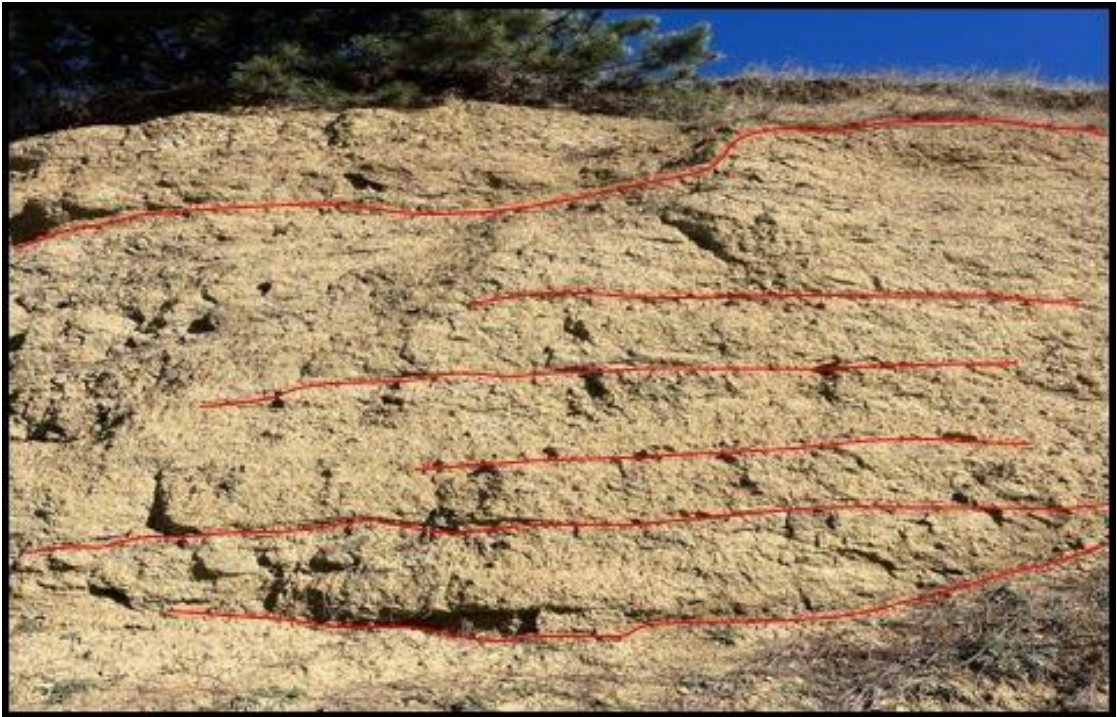
4. 1. 3.1. Doğanlar Volkanit Üyesi (Tekd)

Birim beyazımsı-yeşilimsi gri, gri, pembe alacalı renklerde dasitik-andesitik lav ve az olarak da tüflerden oluşan kumtaşları ve çamurtaşlarından meydana gelmiştir. Dasit lav mostraları dayk görünümlü olup soğuma çatlakları sütunsal görünüm kazanmıştır. Seyrek olarak rastlanan tüfler andesitik lavlarla birlikte görülür. Birim 150-250 m. aralığında kalınlık göstermektedir.

Petrografik tanımlamalarında andezit ve dasit türü volkanik kayalar olarak Aksay ve diğ. tarafından tanımlanmışlardır.

Doğanlar volkanit üyesi (Tekd), Çayören ve Çayörengüney köyleri çevresinde gözlenmektedir. Sungurlar köyünün kuzeydoğusunda ve Yağdaş köyünün kuzeyinde yer almaktadır. Sulu ve Unan dereleri bölgeden geçmektedir. Şekercik tepesi ve Kilicek sırtı yine bölgede yer almaktadır.

Çayören köyü çevresinde yapılan çalışmada köy çıkışında volkanik arazide çamurtaşları, kumtaşları ve tüflere rastlanılmıştır. Birimlerde tabakalanmalar gözlenmiştir (Şekil 4.17).



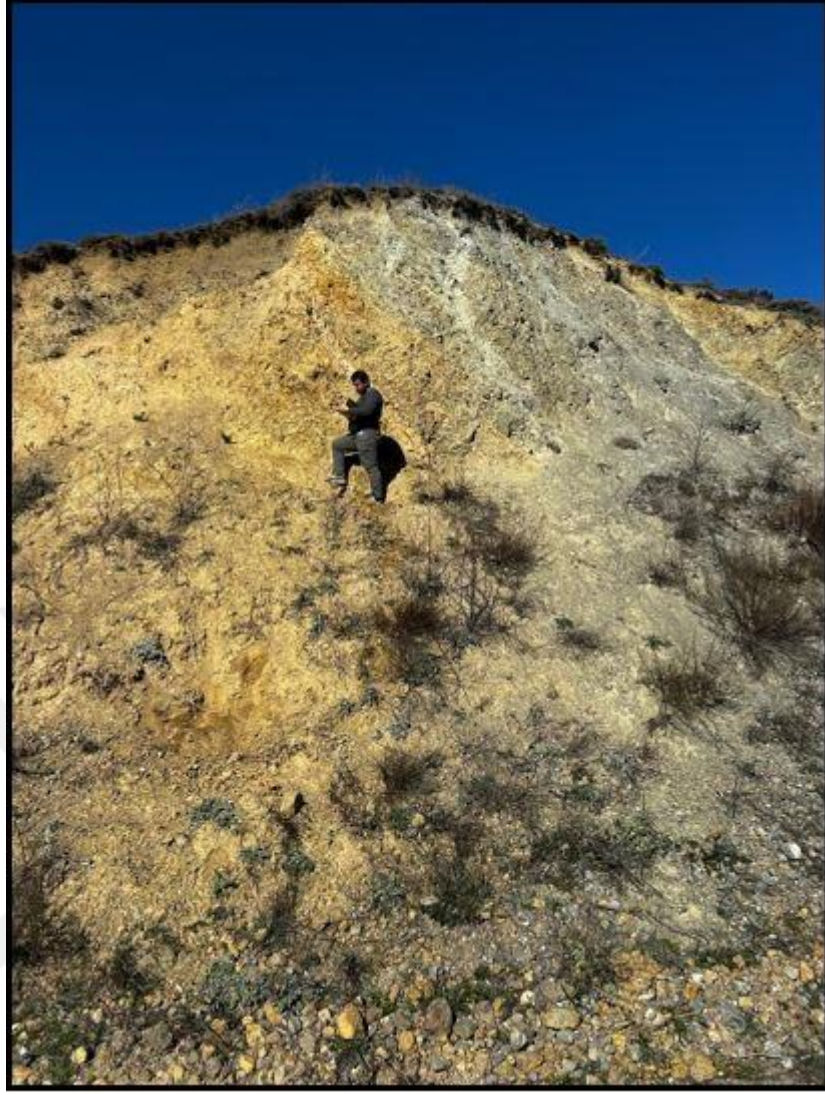
Şekil 4.17. Çayörengüney köyünde gözlenen tabakalı çamurtaşları ve kumtaşları

Çalışma alanında ayrıca fay ve fay aynası tespit edilmiştir. Fayın doğrultu ve eğimi tespit edilmiş ve ölçülmüştür. Ayrıca tuf ve çamur içerikli moloz akması şeklinde birimler gözlenmiştir. Küçük bloklar şeklinde yer yer tabakalı gri kumtaşları tespit edilmiştir. Ayrıca birimlerde kumtaşları ve çamurtaşlarından oluşan birim içerisinde faylanmalar da tespit edilmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Çayöregüney köyünde gözlenen fay aynası.

Çayören köyü doğusunda sarımsı- kırmızımsı renkli ince-orta taneli yer yer tabakalı kumtaşları ve çamurtaşları gözlenmiştir. (Şekil 4.19)



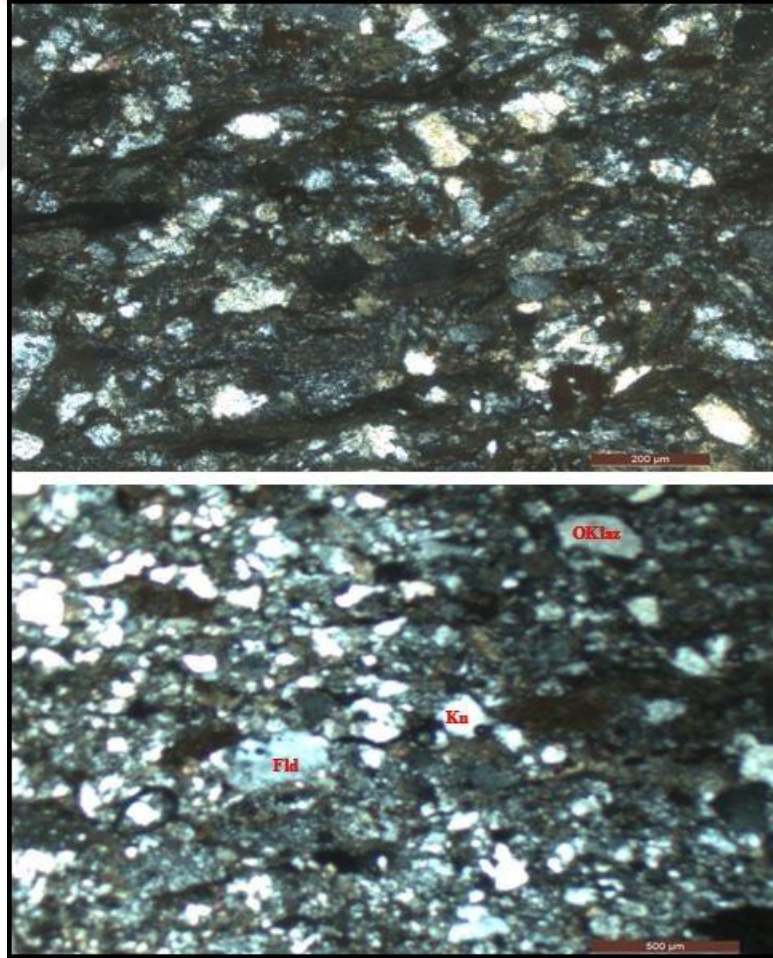
Şekil 4.19. Çayörengüney köyünde gözlenen sarımsı- kırmızımsı renkli ince-orta taneli yer yer tabakalı kumtaşları ve çamurtaşları

Tabaka içinde çizgisel beyaz renkli kalsit damarları tespit edilmiştir. Damarın tabaka içerisindeki ölçümü yapılmıştır. (Şekil 4.20)

Doğanlar volkanit üyesine ait birimlerden yapılan ince kesitte birimin kalsit bağlayıcılı ve volkanik malzemece zengin kumtaşları özelliğinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.21).



Şekil 4.20. Çayörengüney Köyü çevresinde andezit ve dasitler içerisinde gözlenen kalsit damarları



Şekil 4. 21. Doğanlar volkanit üyesine ait kalsit bağlayıcılı volkanik malzemece zengin kumtaşları. Taneler genelde köşeli ve yer yer de yuvarlaktır. Feldispat, ortaklaz ve kuvarslar gözlenmektedir. Ku: Kuvars, Fld: Feldispat, OKlaz: Ortaklaz

Doğanlar volkanit üyesi üzerine geldiği Abant formasyonunun erken Eosen' de çıkması ve örtüldüğü Safranbolu formasyonunun alt yaşının da erken Eosen olması dolayısıyla birimin yaşı erken Eosen olarak belirlenmiştir. (Gedik ve Aksay, 2002).

İnceleme alanında andezit, dasit ve dasitik-andesitik lav ve az olarak da tüflerden oluşan kumtaşları ve çamurtaşları şeklinde gözlenen Alt Eosen yaşlı birim Abant formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Kışlaköy formasyonu ile girik vaziyette gözlenen birimin üzerine; andezit ve piroklastik kayalardan oluşan Kirazdağı volkanitleri uyumsuz olarak gelmektedir.

4. 1. 5. Kirazdağı Volkaniti (Tmki)

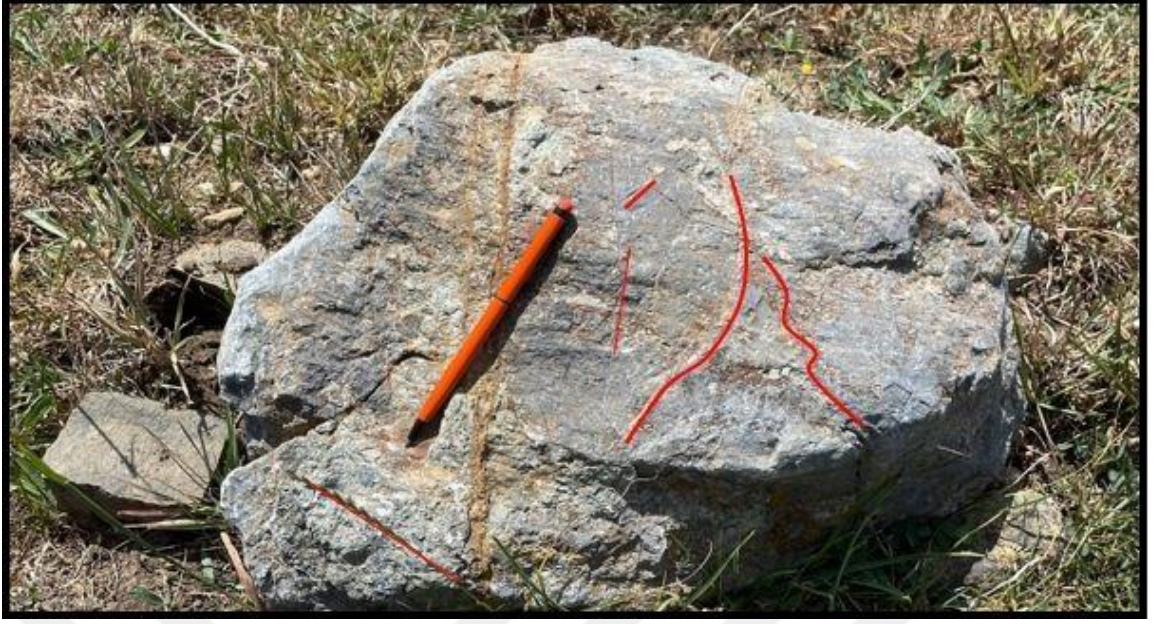
Andezit ve piroklastiklerden oluşan birim, Türkecan ve diğ. (1991) tarafından adlandırılmıştır. Çalışma alanında Ahmetler Köyü' nün kuzeybatısında gözlenmektedir (Ek-1)

Kirazdağı volkaniti çalışma alanında gri ve siyah renkli lavlardan oluşmakta olup, ince-kalın katmanlı, akma yapılı, porfirik dokulu, çatlaklı ve çatlakları silisli oluşuklar ile doldurulmuştur. (Sevin ve Aksay, 2002).

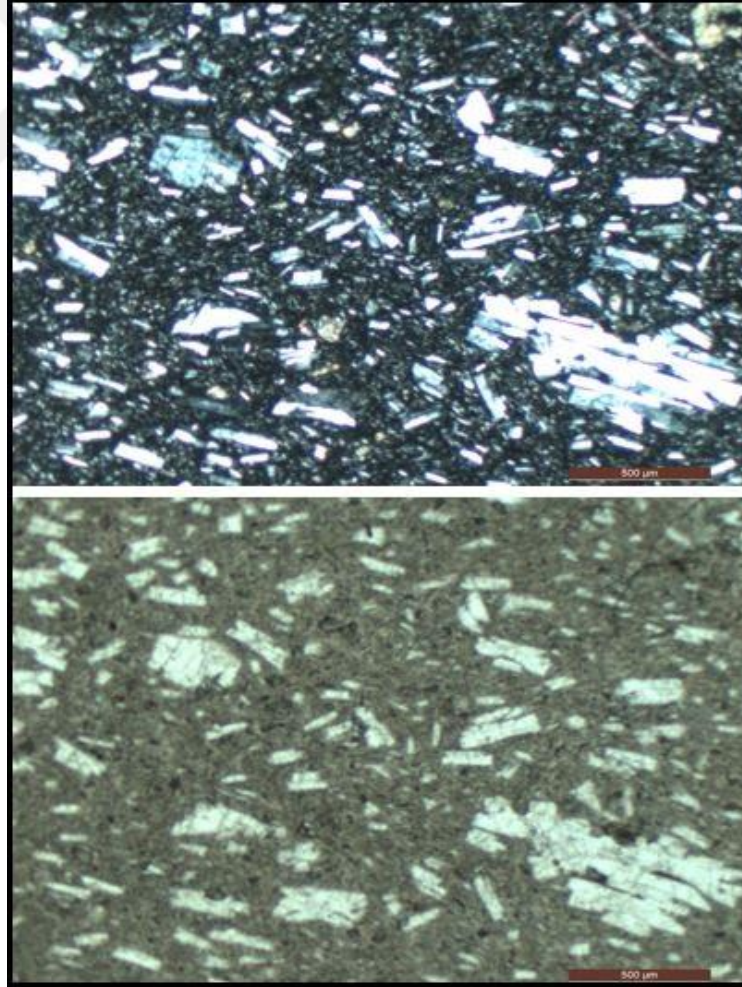
Uludere piroklastikleri içinde andezit ve piroklastik kayalar şeklinde gözlenen birim Kışlaköy formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Andezit, bazalt ve piroklastik kayalardan oluşan Ilıcadere ve Deveören volkanitleri ile girik vaziyette yer almaktadır. Birimin üzerinde ise uyumsuz olarak gelen alüvyonlar yer almaktadır. Birim çalışma alanında Gerede ilçesinin batısında yer almaktadır. Ibrıcak tepesinin güneybatısında yer almaktadır. Kuzeyinde Aksu ve doğusunda ise Ağıl dereleri yer almaktadır.

Çalışma alanında Ahmetler Köyü' nün kuzeybatısında gözlenen andezit ve piroklastiklerden oluşan birim gri, grimsi yeşil renklere, çatlaklı ve çatlakların silisli oluşukların doldurması şeklinde tespit edilmiştir (Şekil 4.22).

Birimden yapılan ince kesitlerde feldispat minerallerinin volkanik cam hamuru ve mikrolitler içinde yüzer vaziyette olduğu görülmüştür (Şekil 4.23).



Şekil 4. 22. Ahmetler Köyü Kuzeybatısında gözlenen gri renkli andezitler ve çatlaklı boşlukların silis ile dolu olarak gözlenmesi.



Şekil 4. 23. Kirazdağı Volkanitlerine (Tmki) ait andezit ve dasitler gözlenmektedir. Az miktarda biyotit de gözlenmiştir.

Karasal ortamda oluşan birimden K/Ar yöntemi ile yaş tayini yapılmış Türkecan ve diğ. (1991) Kirazdağı volkanitinin Erken Miyosen’ de oluştuğunu belirlemişlerdir.

4. 1. 6. Ilıcadere Volkaniti (Tm1)

Gri, siyah, kırmızı, kahverengi renklerde, masif, bloklu, cüruf biçimlerinde görünen lavlar, bazalt ve bazaltik andezit türündendir. Bazaltik, andezitik lavlar ve aglomeralardan oluşan birimi Türkecan ve diğ. (1991) Kıbrısçık ilçesinin batısındaki Ilıcadere de adlandırılmıştır.

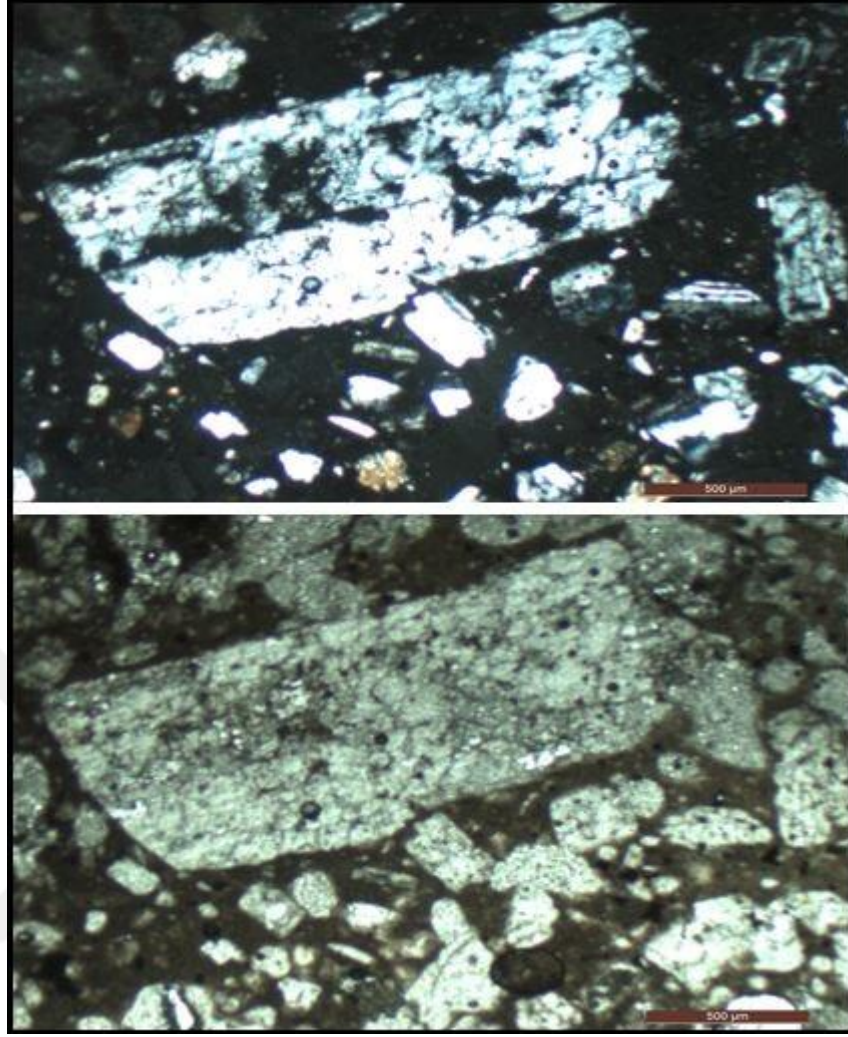
Birim inceleme alanında Gerede ilçesinin güney ve güneydoğusunda yer alır. Sungurlar ve Yağdaş köyleri ve yakın çevresi inceleme alanı içerisinde bulunur. Yumruçalı, Göyüncek, Abazındoruk ve Büyük Tepe yine birim içerisinde yer alan yükseltilerdir. Ayrıca Sungurlar Köyü’nün doğusunda da Sulu Deresi yer almaktadır.

Sungurlar Köyü’ nün kuzeyinde geri, kırmızı ve kahverengi renkli bazalt ve andezitler gözlenmiştir. (Şekil 4.24)



Şekil 4. 24. Sungurlar Köyü kuzeyinde gözlenen gri, kırmızı ve kahverengi renkli bazalt ve andezitler

Ilıcadere Volkanitlerine (Tm1) ait ince kesitte irili ufaklı feldispat minerallerinin olduğu ve bağlayıcıyı camsı malzemenin oluşturduğu porfirik doku görülmüştür (Şekil 4. 25).



Şekil 4. 25. Ilıcadere Volkanitlerine (Tmı) ait irili ufaklı feldispat minerallerinin olduğu, içi camsı malzemeli porfirik dokulu piroklastik kayalara ait ince kesit.

Andezit, bazalt ve piroklastik kayalardan oluşan birim, Kirazdağı volkanitleri üzerine uyumlu olarak gelmekte ve bu volkanitlerle girik ilişki sunmaktadır. Birimi üzerleyen Deveören volkanitleri ise dasit, andezit ve piroklastik kayalardan oluşmakta olup bölgesel olarak bu daha yaşlı volkanik örtüleri kesen lav akıntıları içermektedir.

Birime Türkecan ve diğ. (1991) Orta Miyosen yaşını vermiştir.

4. 1. 7. Deveören Volkaniti (Tmd)

Dasit, andezit türü lavlar ile tuf ve aglomeralardan ve ara katkılar şeklinde kireçtaşlarından oluşan birim, Türkecan ve diğ. (1991) tarafından tip kesitinin Kıbrısçık ilçesine bağlı Deveören köyü civarında gözlenmesi nedeniyle Deveören volkaniti olarak isimlendirilmiştir.

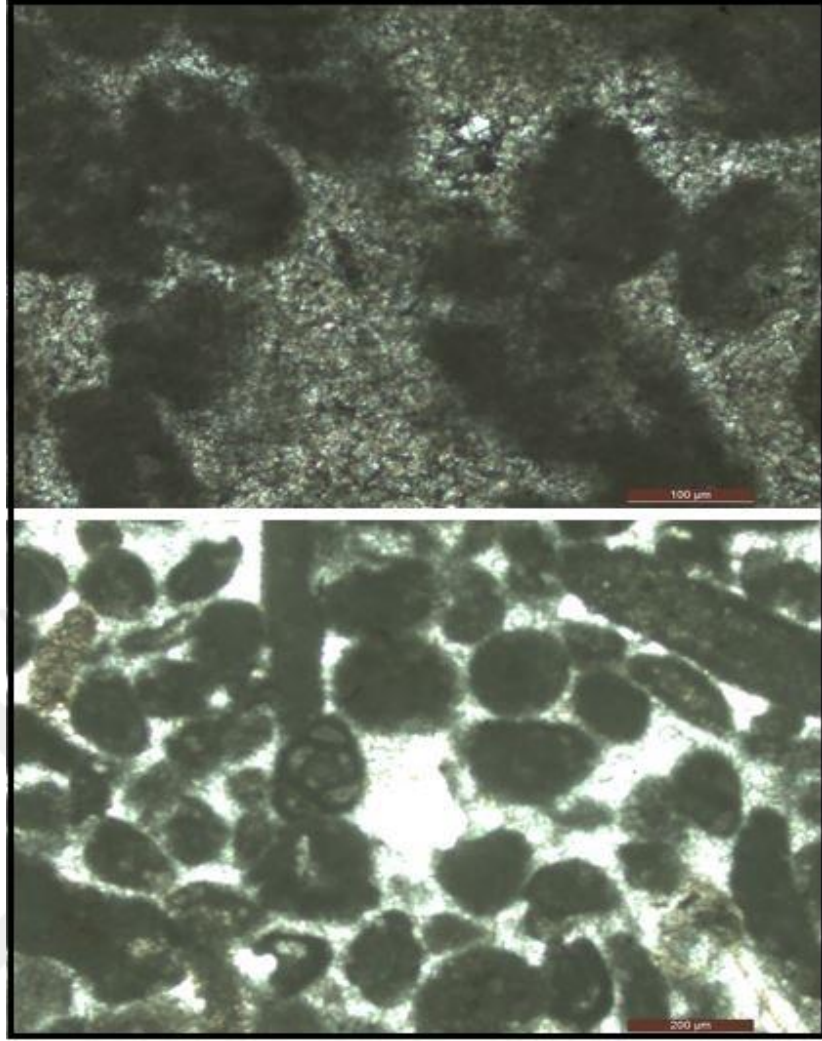
Birim inceleme alanında Gerede ilçesinin batı ve güneybatısında yer almaktadır (Ek-1).

Çalışma alanında Ahmetler Köyü ve çevresinde çoğunlukla gri renkli, yer yer kalsit damarlı ve masif görünümlü olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.26). Ibrıcak Tepesi ve Ağıl Deresi birim içerisinde gözlenmektedir.

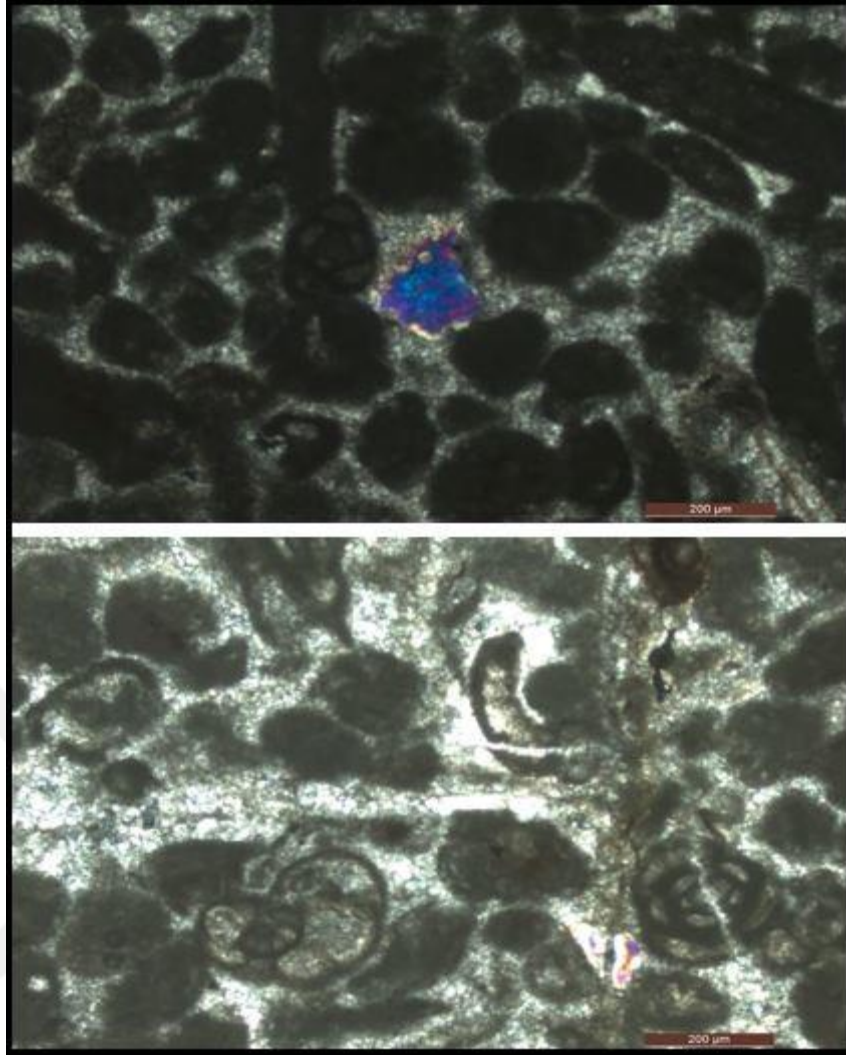
Gri, siyah, yeşil, kahverengi renkli genelde levhamsı akmalı, yer yer masif görünümlü kriptokristalen dokulu olan lavlar, hamurlarında bol miktarda cam içermekte ve kimyasal analizlerine göre dasitik bir volkanizma karakterinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 26. Ahmetler Köyü ve çevresinde gözlenen gri renkli, çatlaklı ve yer yer kalsit damarlı masif görünümlü dasitik volkanik kayalar



Şekil 4. 27. Deveören Volkanitlerinde (Tmd) gözlenen kireçtaşları. Sıparit bağlayıcılı elipsoidik yuvarlak taneler mevcuttur.



Şekil 4. 28. Deveören Volkanitlerinde (Tmd) gözlenen kireçtaşlarına ait ince kesitler

Birim içindeki kireçtaşı ara katkılarından yapılan ince kesitlerde taneleri oolitler ve numulit fosilleri oluşturmaktadır. Genellikle sparit bağlayıcı bulunmaktadır. Yer yer kalsit damarları mevcuttur. Deforme olmuş kısımlarda bol kırıklar mevcuttur (Şekil 4.27 ve 4.28). Deveören volkanitleri, Ilıcadere volkanitleri üzerinde Bakacaktepe lavlarının altında yer alıp Orta Miyosen yaşındadır. (Sevin ve Aksay, 2002)

4.1.8. Alüvyon (Qal)

Kuvaterner yaşlı birimler genellikle, akarsu-göl çökelleri, yamaç döküntüleri, molozlar, fay breşleri, travertenler, alüvyonlar ve yelpazelerini bünyelerinde barındırırlar. Günümüzde çökmesini devam ettiren Kuvaterner yaşlı birimler, inceleme alanında Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) boyunca fayın denetimi ile çökelmişlerdir. İnceleme alanında eski alüvyon malzemeleri (Qal) Gerede ilçesinin

içerisinde, güneyinde ve güneybatısında yer almaktadır (Ek-1). Bunlar genelde çakıl, kum ve çamur birikintilerinden oluşmakta olup, yatak değiştiren akarsuların yakınlarında ve/veya az uzağında hafif eğimli tepecikler halinde görülürler (Sevin ve Aksay, 2002).

4.2. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanının stratigrafik gelişimine bakıldığında zaman yöredeki kayaçların Alpin dağ oluşumu ve Neotektonik hareketlerden yaygın olarak etkilendiğini göstermektedir (Şekil 4.1 ve Ek-1)

Alpin hareketlere bağlı olarak Jura-Paleosen yaşlı kayaçlar deforme olmuş kıvrımlanmış ve kırılanmıştır. Arabistan levhasının Avrasya levhasına çarpması ve sonrasında Anadolu levhasının batıya kaçıışı ile oluşan Kuzey Anadolu Fay Zonunun hareketleri inceleme alanındaki kayaçları yoğun olarak etkilemiştir. İnceleme alanındaki yapısal unsurla bu gelişime uygun olarak anlatılacaktır.

4.2.1. Uyumsuzluklar

İnceleme alanının en yaşlı uyumsuzluğunu Jura yaşlı Soğukçam formasyonu ile Kretase yaşlı Abant formasyonu arasında açısal uyumsuzluk oluşturmaktadır. Bu uyumsuzluğun oluşmasında kıtasal çarpışma ve sıkışma rejimi önemli rol oynamıştır (Şekil 4.1 ve Ek-1 ve Ek-2)

İnceleme alanında yer alan ikinci uyumsuzluk Kretase yaşlı Abant formasyonu ile Eosen yaşlı Kışlaköy formasyonu oluşturmaktadır. Bu uyumsuzluğun meydana gelmesi Alpin orojenezinin son evresi ile ilişkilidir.

İnceleme alanında gözlenen bir diğer uyumsuzluk ise Alt-Orta Eosen yaşlı Kışlaköy formasyonu ile Alt-Orta Miyosen yaşlı Kirazdağı-Ilıcadere ve Deveören volkanitleri arasında gözlenmiştir.

İnceleme alanında gözlenen en genç uyumsuzluk ise Kuvaterner yaşlı Alüvyonların tabanında gözlenmektedir. Bu uyumsuzlukla alüvyonlar kendinden önce gelen tüm birimleri açılı uyumsuzluk ile örtmektedir.

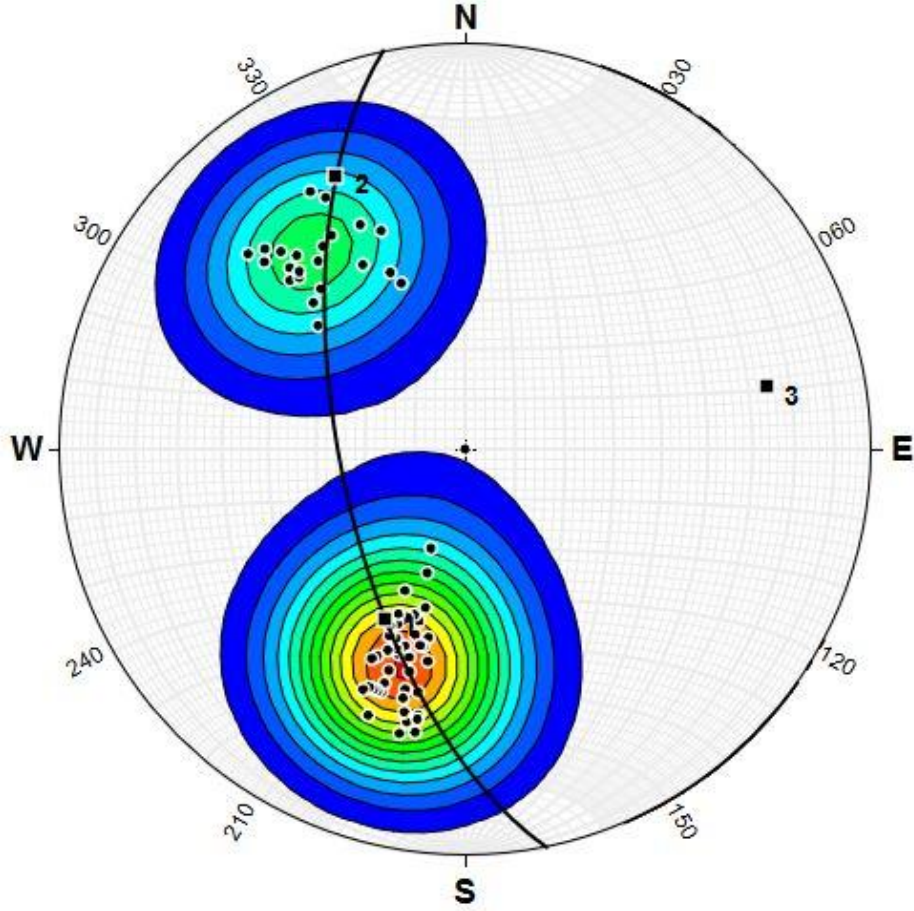
4.2.2. Kıvrımlar

Çalışma alanında temeli oluşturan Sakarya Zonu içerisinde yer alan Orta-Üst Jura ve Alt Kretase yaşlı Soğukçam Formasyonu, Orta Kretase yaşlı Abant formasyonu ve Eosen yaşlı Kışlaköy formasyonu İzmir-Ankara Erzincan Kenet zonunun oluşumuna bağlı olarak deforme olmuş ve kıvrımlanmışlardır (E. Pandeli vd. 2017) Bu nedenle söz konusu birimler içinde kıvrımlara rastlanılmaktadır.

İnceleme alanındaki kıvrımlı yapılar uyumsuzluklara bağlı olarak anlatılacak ve arazide ölçülmüş tabaka konumlarına göre analiz edilecektir.

Jura-Kretase yaşlı Soğukçam formasyonu inceleme alanında çok az yayılım sunduğu için bu birimde diyagram yapılamamıştır. Ancak literatüre göre asimetrik ve kapalı kıvrımlar içermektedir. Armutlu-Almacık-Arkotdağı Zonu içerisinde yer alan ve Orta-Üst Kretase yaşlı Abant Formasyonu; Soğukçam Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Açık ve asimetrik kıvrımlar içeren birim, Kuzey Anadolu Fay Zonu' na paralel ve KD-GB doğrultulu ve genelde kuzeye devrik durumdadır. Katmanlarda bükülme ve tabaka içi kaymalar gözlenmektedir.

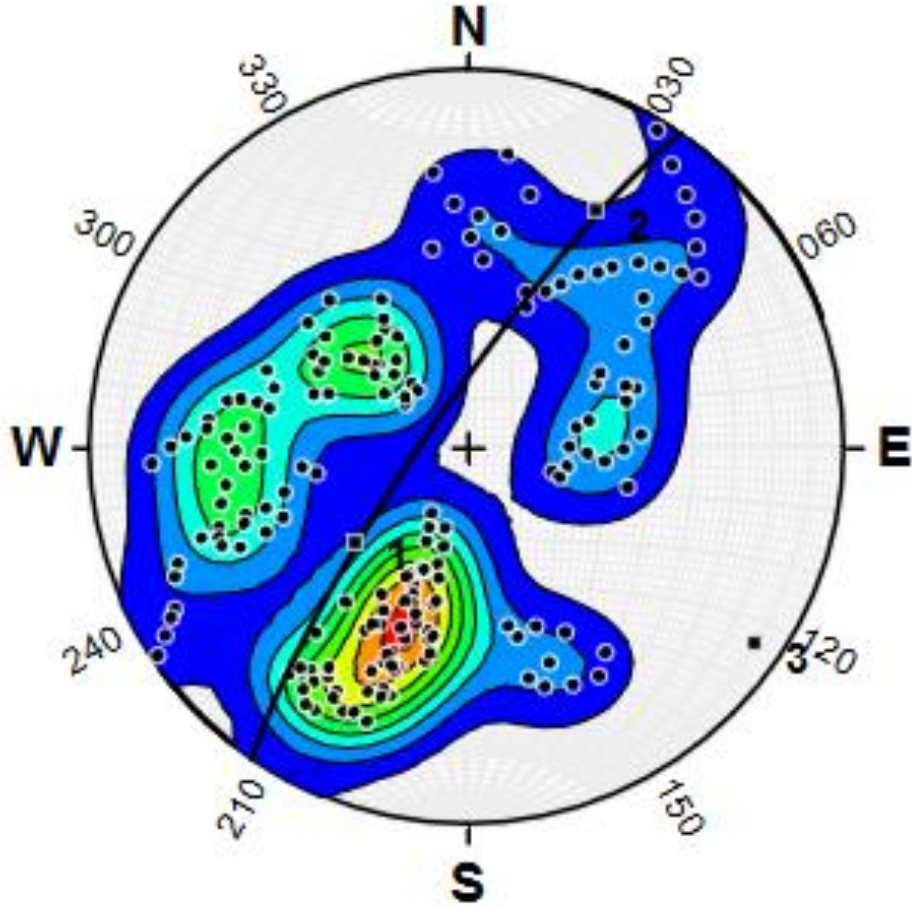
Abant formasyonundan alınan 66 adet tabakalanmaya ilişkin nokta-kontur diyagramı tektonik eksen gidişinin K78D, 25KD olduğunu göstermektedir (Şekil 4.29) Buna göre Abant formasyonuna ait birimler KKB-GGD gidişli kabuksal kısalmalardan etkilenmiştir.



Şekil 4.29. Abant formasyonuna ait (66 adet) tabaka ölçümlerine ait nokta-kontur diyagramı. Egemen Kıvrım eksen konum (3): **K78D, 25 KD**

Armutlu-Almacık-Arkotdağı Zonu içerisinde yer alan ve Alt Eosen yaşlı Doğanlar Volkanit Üyesi; Abant Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Andezit, dasit ve aglomeralardan oluşan birimde açık kıvrımlar ve yer yer blok ezilmeleri gözlenmektedir. Ayrıca lav akıntıları arası tabakalanma düzeylerinde bükülmeler gözlenmektedir.

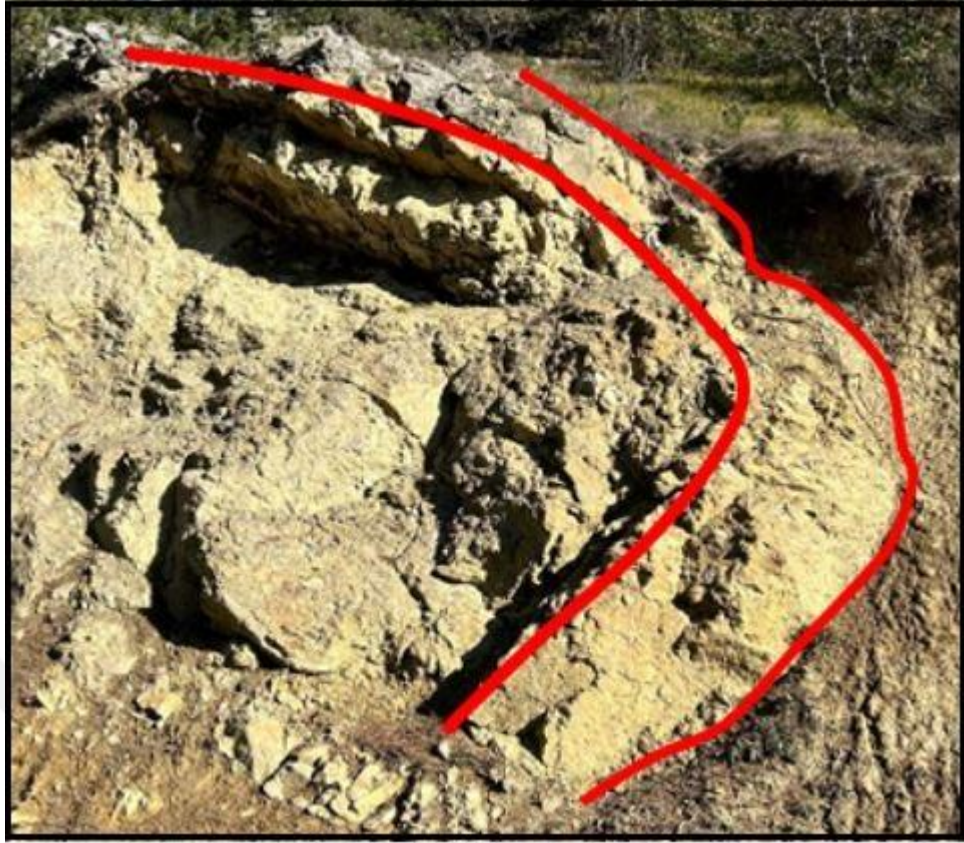
Kışlaköy formasyonundan alınan 179 adet tabakalanmaya ilişkin nokta-kontur diyagramı tektonik eksen gidişinin K56B, 8 GD olduğunu göstermektedir (Şekil 4.30)



Şekil 4.30. Kışlaköy formasyonu ve Doğanlar volkanit üyesine ait ölçülen (179 adet) tabaka ölçümlerine göre kontur diyagramı. Kıvrım eksen konumları **K56B, 8 GD**

Armutlu-Almacık-Arkotdağı Zonu içerisinde yer alan ve Orta Eosen yaşlı konglomera, marn, kumtaşı, kireçtaşı, silttaşı ve kilttaşlarından oluşan Kışlaköy Formasyonu; Kapalı-devrik kıvrımlar içeren birim KAFZ' nin kenet zonu etkisiyle şiddetli kıvrılmıştır. Bazı kıvrımlar eksenleri faylarla kesilmiştir.

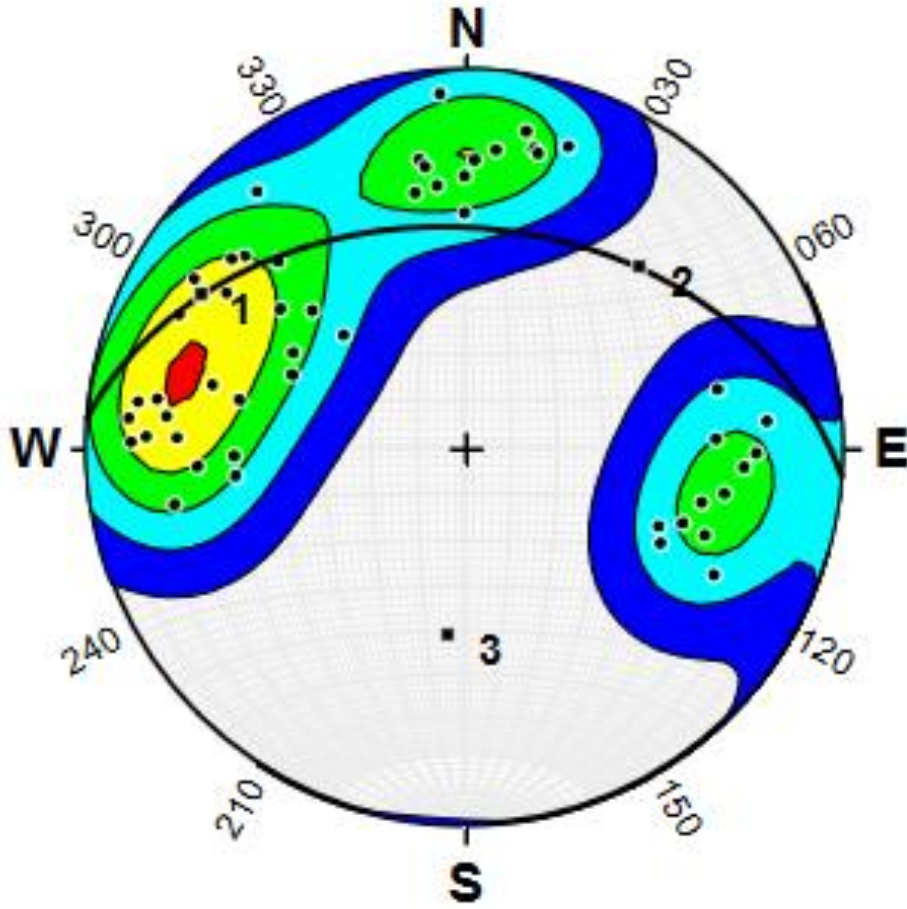
Armutlu-Almacık-Arkotdağı Zonu içerisinde yer alan ve Orta Eosen yaşlı konglomera, marn, kumtaşı, kireçtaşı, silttaşı ve kilttaşlarından oluşan Kışlaköy Formasyonu; Kapalı-devrik kıvrımlar içermektedir. Birim İAE kenet zonunun etkisiyle şiddetli kıvrılmıştır (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Kışlaköy Formasyonuna ait Koçumlar köyü civarında gözlenen kıvrım yapısı

Miyosen yaşlı Ilıcadere volkanitleri içindeki volkanoklastiklere ait 51 adet tabaka ölçümü eşit-alan izdüşüm diyagramlarında değerlendirilmiştir. Bu diyagrama ilişkin nokta-kontur diyagramı söz konusu birimlerin K26D, 48 GB konumlu egemen bir tektonik eksen gidişi etrefında kıvrımlanarak deforme olduklarını göstermektedir (Şekil 4.32).

Buraya kadar yapılan geometrik analizler Miyosen-Oligosen öncesinde Kretase ve Jura yaşlı birimler, İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonunun oluşumuna bağlı olarak yaklaşık DKD-BGB gidişli bir tektonik eksen etrafında kıvrımlanmıştır. KKB-GGD yönelimli kabuksal sıkışmalara bağlı olarak gelişen kıvrımlanmalar aynı zamanda yöredeki bindirmelerde paraleldir (Ek-1 ve Ek-2). Devam eden kabuksal kısalmalar Miyosen öncesinde KB-GD gidişli olarak tekrar kıvrımlanmışlardır. Bu evredeki kabuk kısalması yönelimi ise yaklaşık KD-GB'dır. Pliyosen-Miyosen dönemindeki Neotektonik hareketler ise KD-GB yönelimli kıvrımlanmalar ve yaklaşık D-B gidişli kısalmalar oluşturmuştur.



Şekil 4.32. Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar köyünde ölçülen (51 adet) tabaka ölçümlerine göre kontur diyagramı. Kıvrım eksen konumları **K26D, 48 GB**

4.2.3. Faylar

İnceleme alanında bindirme ve doğrultu atımlı faylara rastlanılmaktadır. (Ek-1ve Ek-2)

4.2.3.1 Bindirmeler

İnceleme alanının orta kesimlerinde bindirme fayına rastlanılmaktadır. (Ek-1 ve Ek-2) Yaklaşık D-B gidişli bu bindirme ile Kretase yaşlı Abant formasyonu, Eosen yaşlı Kışlaköy formasyonu üzerine bindirmiştir. Yaklaşık 15 km uzunluğundaki bu bindirme Eosen'den sonra ve Miyosen 'den önce gelişmiştir.

4.2.3.2 Doğrultu Atımlı Faylar

İnceleme alanından Dünyanın ve Türkiye'nin en bilinen ve önemli faylarından biri olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) geçmektedir.

4.2.3.2.1 Kuzey Anadolu Fay Zonu 'nun (KAFZ) Yapısı ve Güzergâhı

Kuzey Anadolu Fay Zonu, doğrultu atımlı ve sağ yanal yönlü aktif bir faydır. Anadolu plakasının kuzey sınırını oluşturmaktadır. KAFZ Doğu Anadolu' da Karlıova' dan başlar ve batıya doğru Erzincan, Suşehri, Niksar, Taşova, Ilgaz, Tosya, Gerede ve Bolu üzerinden Mudurnu vadisi batı çıkışına kadar belirgin bir şekilde devam etmektedir. Bolu' nun batısında, Mudurnu vadisinde Dokurcun ile Beldibi arasında, KAF' ın güney kolu olarak bilinen, diğer önemli bir kırık Geyve ve İzmit' ten Gemlik Körfezine doğru uzanır. Burada tekrar kollara ayrılan fay en güneyde üçüncü bir kol oluşturacak şekilde Bursa' dan Gönen' e ve oradan da Yenice' ye kadar uzanır. En kuzeydeki KAF zonunun ana kolu Karapürçek' ten Arifiye, Sapanca Gölü, İzmit Körfezi ve Gölcük üzerinden Kuzey Marmara çukurluklarını takiben Gelibolu Yarımadası ve Saros Körfezine ulaşır. KAF' ın doğuda Karlıova ve batıda Saros Körfezi arasındaki toplam uzunluğu yaklaşık 1400 km' dir. Oluşan bir deprem ile fay zonunun tüm uzunluğu kırılmamakta, her bir depremde zonun belirli bölümleri kırılmaktadır. Nitekim geçtiğimiz yüzyılda KAF boyunca, Erzincan ile Mudurnu Vadisi batı çıkışı arasındaki alanda altı büyük deprem meydana gelmiştir. Bu depremler oluş sırasına göre 1939 Erzincan depremi (M=8.0), 1942 Niksar depremi (M=7.0), 1943 Tosya-Ilgaz depremi (M=7.3), 1944 Gerede-Bolu depremi (M=7.3), 1957 Abant depremi (M=7.0) ve 1967 Mudurnu Vadisi depremidir. Bu depremler sırasında KAF zonunun Erzincan ile Sapanca Gölü arasındaki bölümü kırılmıştır. KAF zonu boyunca kırılmanın henüz daha gerçekleşmediği Gölcük-Arifiye arasındaki alanın gelecekte olacak yıkıcı bir deprem ile kırılacağı da yıllar önce öne sürülmüştü (Toksöz ve diğ. 1979, Herece 1985, Stein ve diğ. 1997). Beklenen deprem 17 Ağustos 1999 tarihinde gerçekleşmiş ancak deprem sırasında gerçekleşen kırılmanın doğu uzantısı Sapanca Gölü doğusundan sürpriz bir şekilde Gölyaka-Düzce' ye uzanmıştır. Bu takiben 12 Kasım 1999 tarihinde Düzce Ovası' nı güneyden sınırlayan ve varlığı 1975 yılından itibaren bilinen kırık zonu yıkıcı bir deprem meydana getirmiştir. Düzce depremi sırasında gelişen kırılma 17 Ağustos depreminde gelişen kırılmanın ve sönümlendiği

Gölyaka' dan başlamış ve Bolu Dağı tünelinin Asarsu vadisi girişine kadar uzanmıştır. (Erdal Herece, 1999 Depremi ve Gerede makalesinden)

Çalışma alanında ise Kuzey Anadolu Fay Zone KD-GB yönünde bir uzanım sağlar. Batıda Ibrıcak Köyünden ve Yamanlar Köyü'nün güneyinden başlar ve Çayören Köyü' nün kuzeydoğusunda sona erer. KAFZ çalışma alanında yaklaşık olarak 20 km kadar uzanım sağlar (Ek-1). Fay Yamanlar Köyü güneyinde iki kola ayrılır; alttaki kol çalışma alanını geçerek Çerkeş' e doğru devam ederken, üstteki kol ile Koçumlar Köyü' nün kuzeyine kadar devam eder (Şekil 4. 33, 34 ve 35) Alttaki kol yine Ibrıcak Köyü yakınlarından bir segment ile ayrılarak Ahmetler Köyü' ne doğru uzanmaktadır. Yine Ahmetler Köyü' nün kuzeyinde de bu segment dört farklı segmente ayrılmış durumdadır. Kuzey Anadolu Fay Zonu bu güzergahta yüzlek vermemiş olup morfolojik olarak gözlenmektedir (Ek-1).



Şekil 4.33. KAFZ'na ait bir kolun Gerede doğusundaki görünümü

4.2.3.3. Fayın Özelliği

Kuzey Anadolu Fay Zonu tek bir düzlem şeklinde olmayıp, çoklu parçalardan meydana gelmiştir ve yerine göre, genişliği 500 -1000 m olan fay zonu şeklindedir. Bu zonda kayaçlar parçalanmış, ezilmiş, yer yer sıcak veya soğuk su kaynakları oluşmuş, baraj gölleri meydana gelmiş, eski kaynaklar etrafında travertenler meydana gelmiş ve volkanik erüpsiyonlar oluşmuştur.

Fayın bütün parçalarında sağ yönlü yatay kayma hareketleri gözlenmiş olmuş, aynı zamanda daha küçük ölçüde, düşey hareketler de kendini göstermiştir. Her defasında, fayın kuzeyinde kalan arazi, güneydekilere nazaran, izafî olarak sağa ve aşağı doğru kaymıştır (doğrultu atımlı - sağ yönlü fay). Depremler esnasında ölçülen yatay kayma miktarları 1.5 - 4.3 m, düşey kaymalar ise 0.40- 1.00 m arasında gözlenmektedir. Hareketin genellikle sağ yönlü oluşu, depremlerden sonra müşahade edilen yol ve duvarların bu yönde yer değiştirmeleri veya arazi üzerinde kademeli olarak oluşan tansiyon çatlakları veya genç dere yataklarının fay hattını kestiği yerlerdeki sağ yönlü ötelenmeleri gibi olaylardan faydalanmak suretiyle tespit edilmiştir.



Şekil 4.34. Gerede batısında 1944 Gerede depreminin oluşturduğu yüzey kırığına ait iz

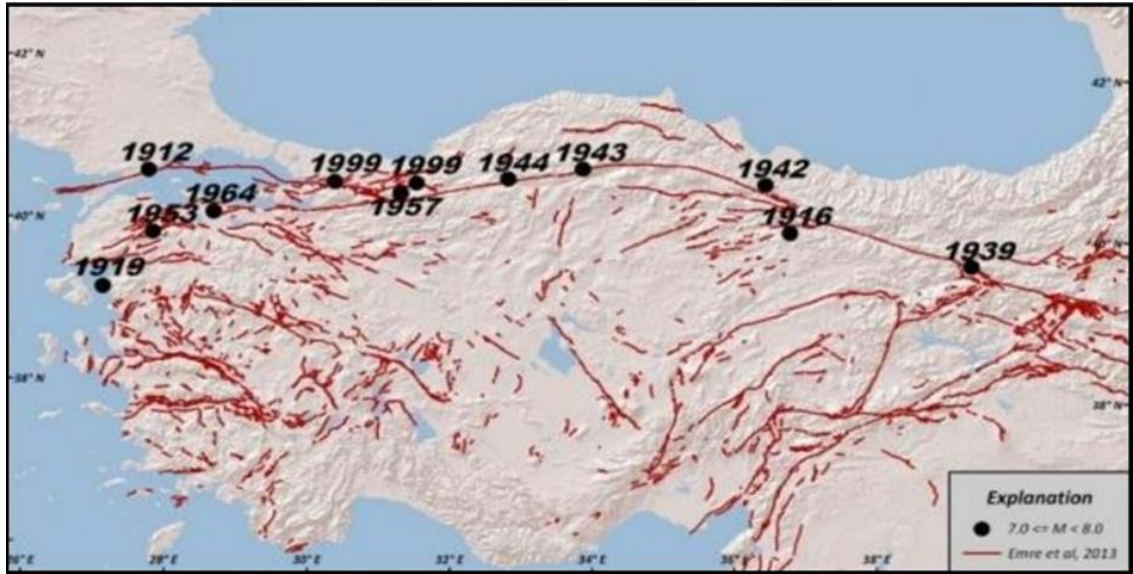


Şekil 4.35. Gerede batısında İbricak civarındaki alüvyal kayalar içinde gelişmiş sıvılaşma yapıları

4.2.3.4. Tarihsel Depremler

Tarihsel kayıtlara göre, Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun batı bölümünde 967-1035 ile 1668 yıllarında iki ayrı depremsellik dönemi yaşanmıştır (Ambraseys 1970). İlk dönemde, 2 Eylül 967 akşamında, Bolu ile Çerkeş arasındaki alan etkilenmiş, 3 Mayıs 1035'de Gerede doğusunda Hamamlı, Bayındır ve Çerkeş Çayı boyunca 60 km uzunluğunda yüzey kırığı oluşmuştur.

Bölgedeki ikinci depremsellik dönemi 1668 yılında meydana gelmiştir. Bu depremin büyüklüğü ve geliştiği alan konusunda farklı görüşler olmasına karşın deprem batıda İstanbul'dan doğuda Erzincan'a kadar hissedilmiş, Bolu, Ilgaz, Merzifon, Tokat, Niksar ve Amasya'da ağır hasar meydana getirmiştir. Tarihsel kayıtlarda, 1668 depremiyle ilgili bilgi ya hiç bulunamamakta ya da bu deprem 3 Temmuz–13 Eylül 1668 arasında Anadolu'nun değişik bölgelerinde gelişmiş belirsiz deprem serileri olarak isimlendirilmektedir. Sieberg (1932) kaynakça ve olayı doğrulayıcı bilgileri vermeksizin 1668 depremini üç ayrı ana depreme ayırmaktadır. Bunlar 10 Temmuz İzmir, 18 Ağustos Bolu- Kastamonu ve 13 Eylül 1668 Konya depremleridir. Pınar ve Lahn (1952), bir katalog hazırlamışlar ve 1668 depremini merkez üsleri değişik bölgelerde olan dört büyük deprem olarak belirlemişlerdir. Ergin vd. (1967)'nin kataloğu, ek veri ilave edilmeksizin, Pınar ve Lahn (1952)'a benzer bilgiler sunmaktadır. Soysal vd. (1981) çalışmasında ise tüm eski ve ikinci kaynakları toplayarak 1668 depremini Türkiye'nin değişik bölgelerinde olmuş 7 büyük deprem olarak tanımlamışlardır.



Şekil 4. 36. KAFZ üzerinde 1912-1999 yıl aralığında meydana gelen büyük depremler (İhsan Ketin ve Kuzey Anadolu Fayının Keşfi Makalesinden)

Son yıllarda 1668 depremiyle ilgili geniş çapta araştırmalar Ambraseys ve Finkel (1986) tarafından yapılmıştır. Deprem hakkındaki bilgiler ise deprem sırasında Türkiye'de bulunan Avrupalıların yazdıkları günlükler ve Eylül 1668'de Avrupa basınında çıkan mektuplardan oluşturulmuştur. Bu araştırmalar; Erzincan ile Bolu arasında etkili olan ana depremin 17 Ağustos 1668 tarihinde meydana geldiğini, ancak 3 Temmuz- 13 Eylül arasında çok sayıda yıkıcı öncü ve artçı depremlerin oluştuğu

Aletsel dönem içinde inceleme alanında oluşan en büyük deprem 1944 Bolu-Gerede depremidir (Taşman, 1944). Bolu-Gerede veya Gerede-Çerkeş depremi olarak adlandırılan bu deprem 1 Şubat 1944 tarihinde yerel saat ile 05.22'de meydana gelmiştir. Taşman'a (1944) göre saat : 6.21 de oluşmuştur. Deprem büyüklüğü Ms: 7.4 büyüklüğündedir. Deprem. Çerkeş, Mengen, Gerede ve Boluda büyük komşu Ankara, Zonguldak illerinde de dikkate değer hasarlara neden olmuştur. Saptanan ölü sayısı yedi bine yakındır. Depremde, yıkılan ve ağır hasar alan ev sayısı yirmi üç binden fazladır (Taşman, 1944).

4.2.4. Çatlaklar

Çalışma alanında farklı lokasyonlardan tabaka, çatlak (Şekil 4.40 ve 4.41), fay, damar, kesme gibi çizgisel yapılardan elde edilen veriler ile; doğrultu, eğim yönü ve eğim miktarları gül diyagramları oluşturularak gösterilmiştir.

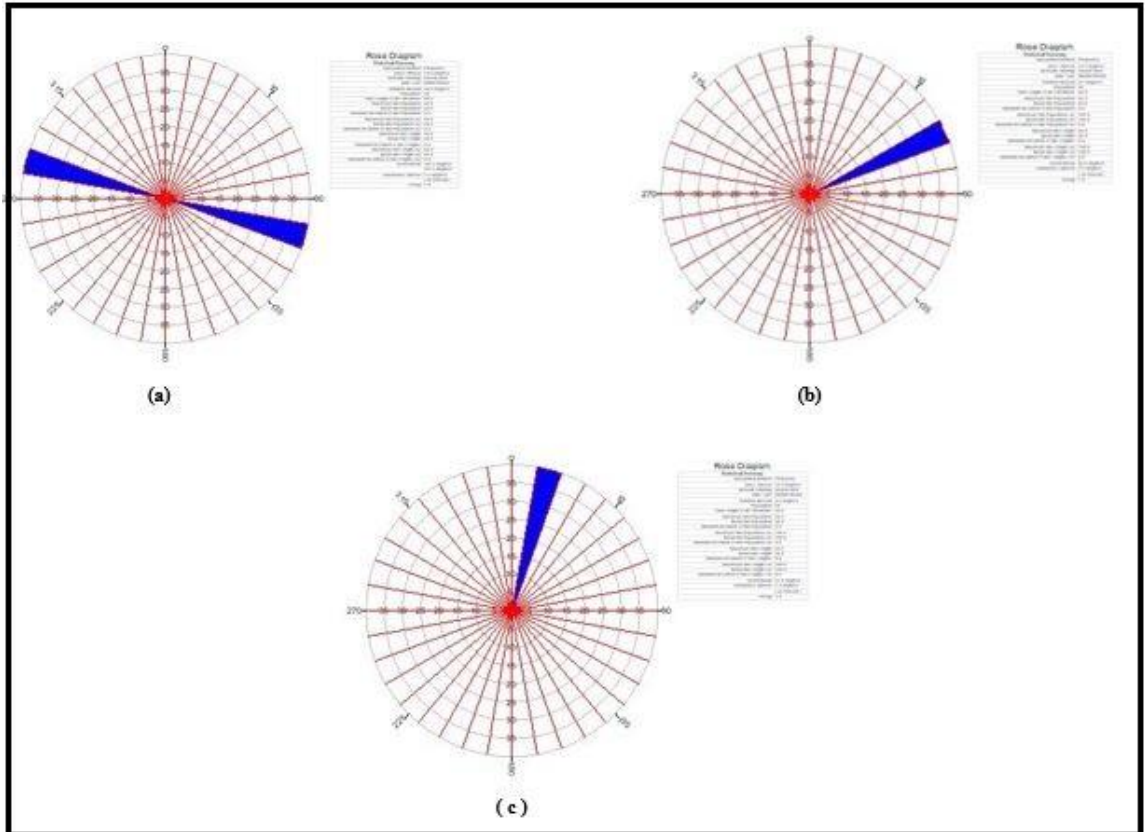
Abant formasyonuna ait Yamanlar Köyü çevresinde 66 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K75B bulunmuştur (Şekil 4.41a). Eğim miktarı 60 elde edilmiştir (Şekil 4.41b). Egemen eğim yönü ise KD 'dur. (Şekil 4.41c).



Şekil 4.39. Abant formasyonuna ait Yamanlar Köyü çevresinde gözlenen çatlak takımları

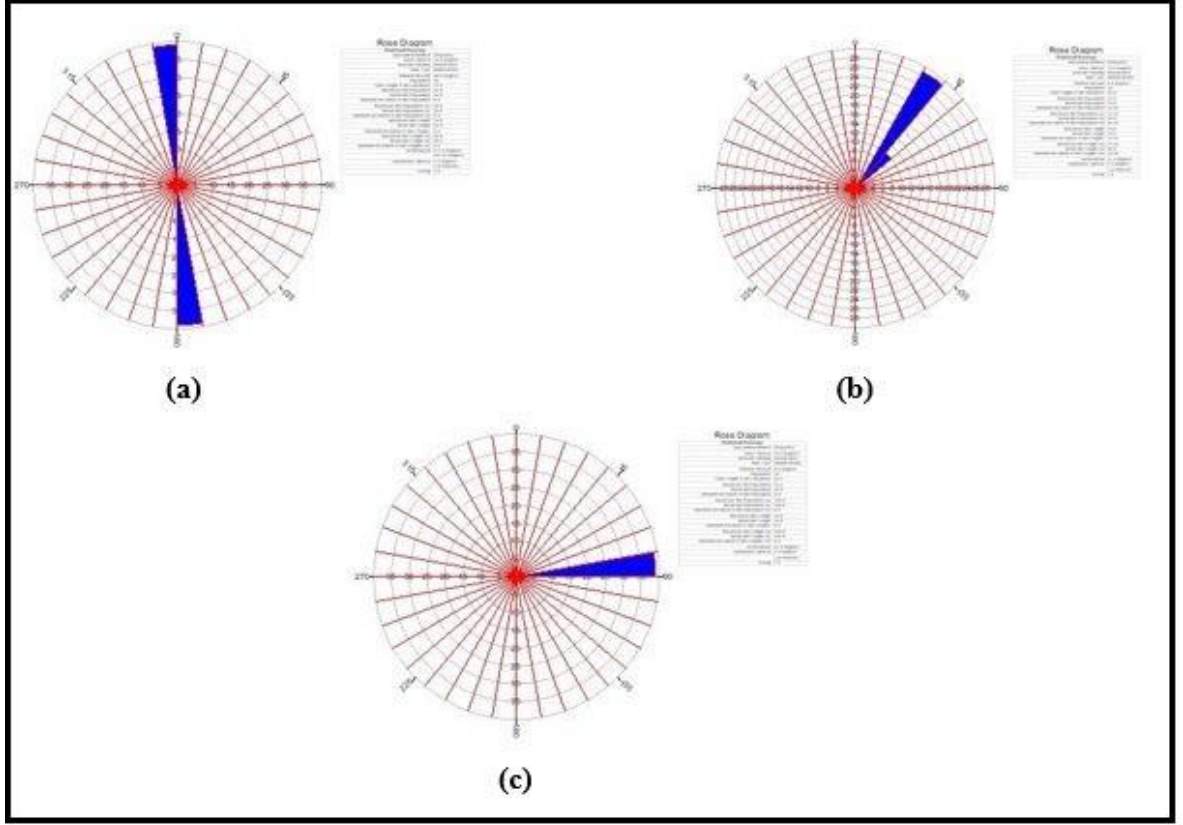


Şekil 4.40. Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı güneybatısında gözlenen; kırıklı yapılar (a) ve küçük-orta taneli konglomera yapısı (b)



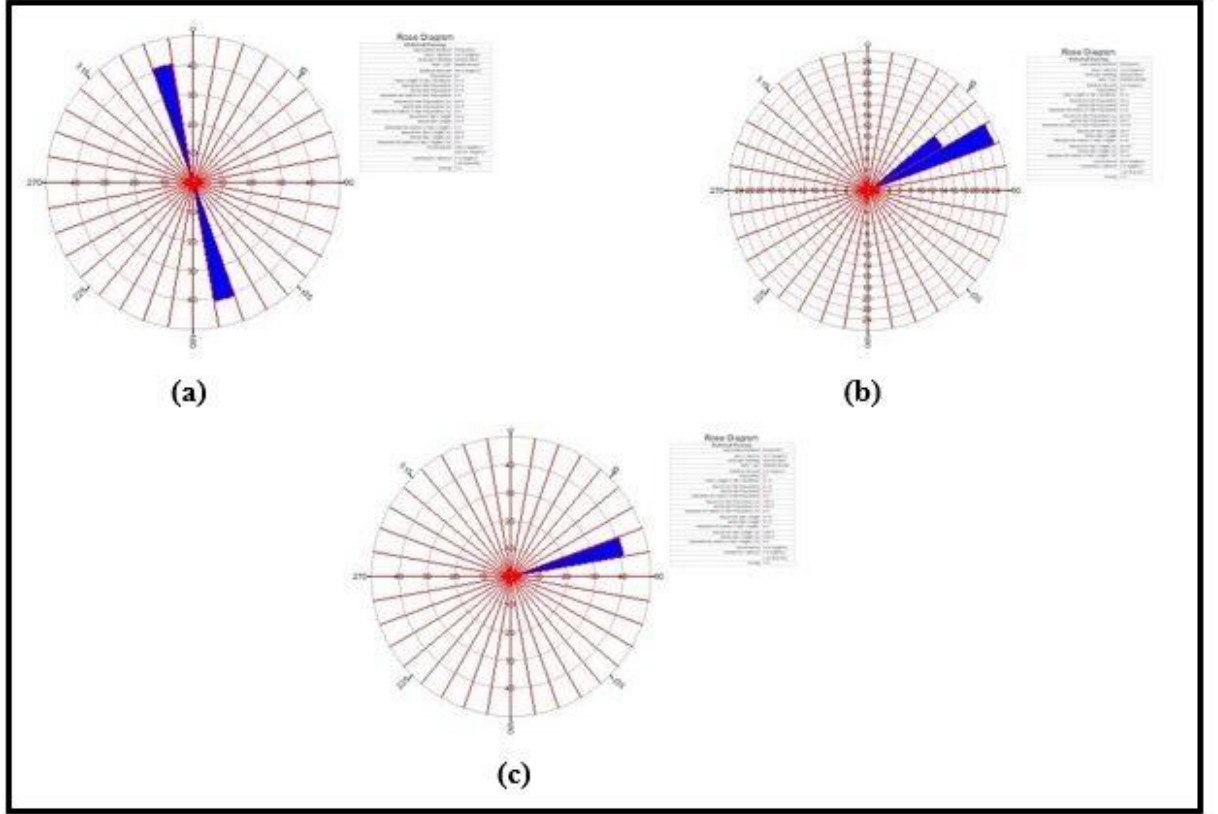
Şekil 4.41. Abant formasyonuna ait Yamanlar Köyü çevresinde 66 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c).

Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı çevresinde 44 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K7B bulunmuştur (Şekil 4.42a). Eğim miktarı 36 elde edilmiştir (Şekil 4.42b). Egemen eğim yönü ise KD ‘dur. (Şekil 4.42c)



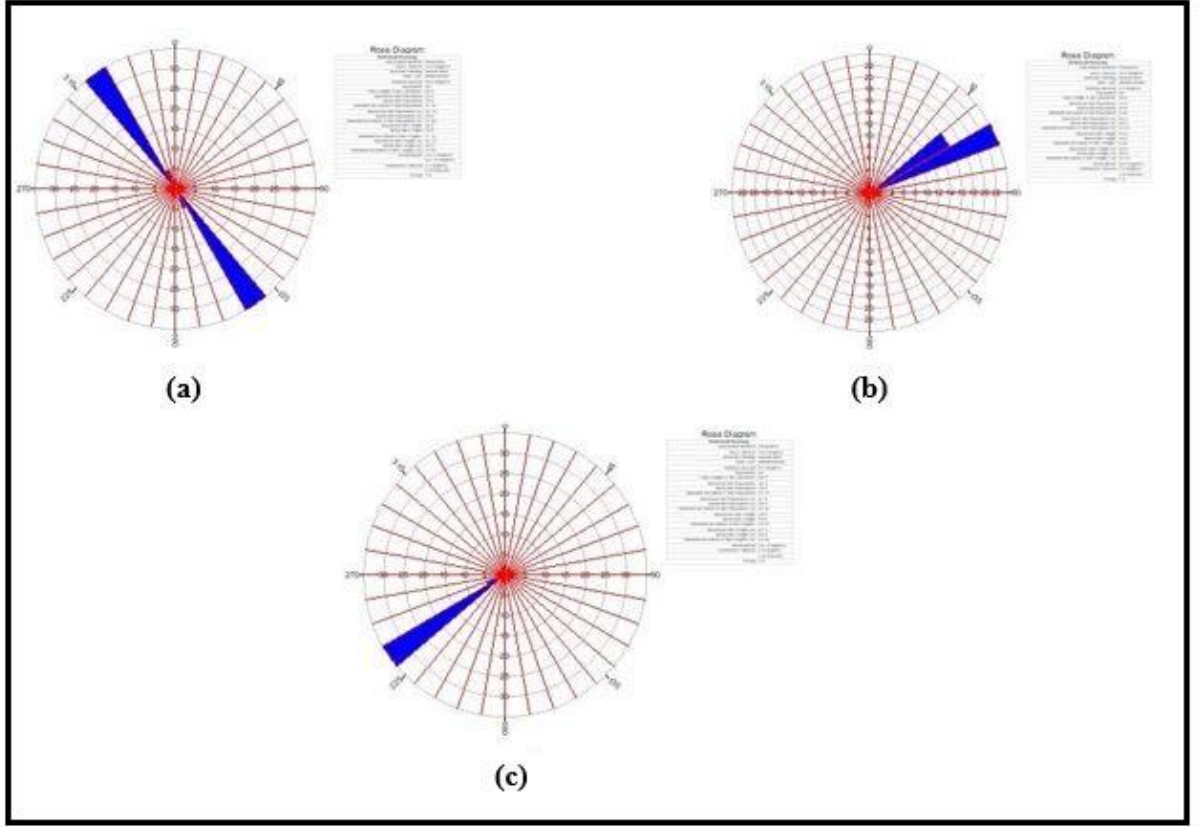
Şekil 4. 42. Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı bölgesinde 44 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı çevresinde 39 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K14B bulunmuştur (Şekil 4.43a). Eğim miktarı 76 elde edilmiştir (Şekil 4.43b). Egemen eğim yönü ise KD ‘dur. (Şekil 4.43c)



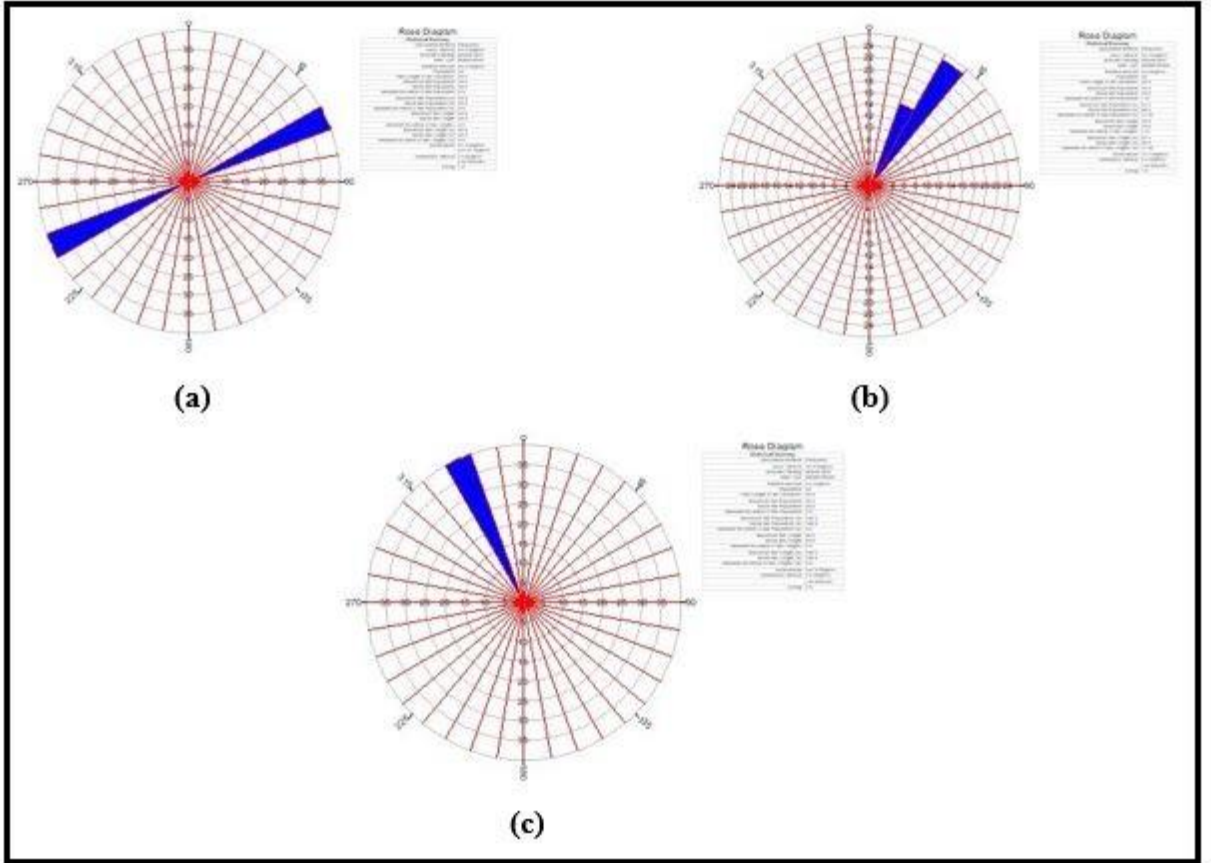
Şekil 4. 43. Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı bölgesinde 39 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı çevresinde 46 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu G31D bulunmuştur (Şekil 4.44a). Eğim miktarı 56 elde edilmiştir (Şekil 4.44b). Egemen eğim yönü ise GB 'dır. (Şekil 4.44c)



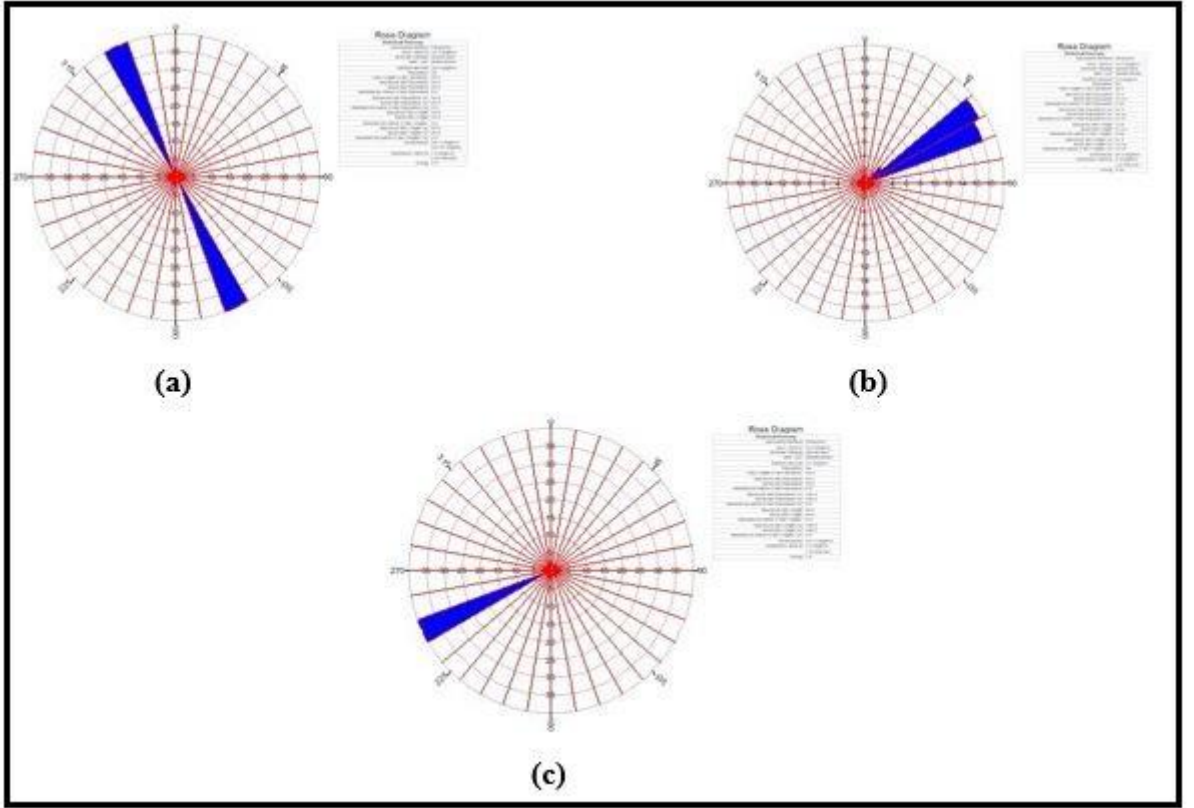
Şekil 4. 44. Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı bölgesinde 46 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Kışlaköy formasyonuna ait Gerede Kent Ormanı çevresinde 51 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K67D bulunmuştur (Şekil 4.45a). Eğim miktarı 38 elde edilmiştir (Şekil 4.45b). Egemen eğim yönü ise KB'dır. (Şekil 4.45c)



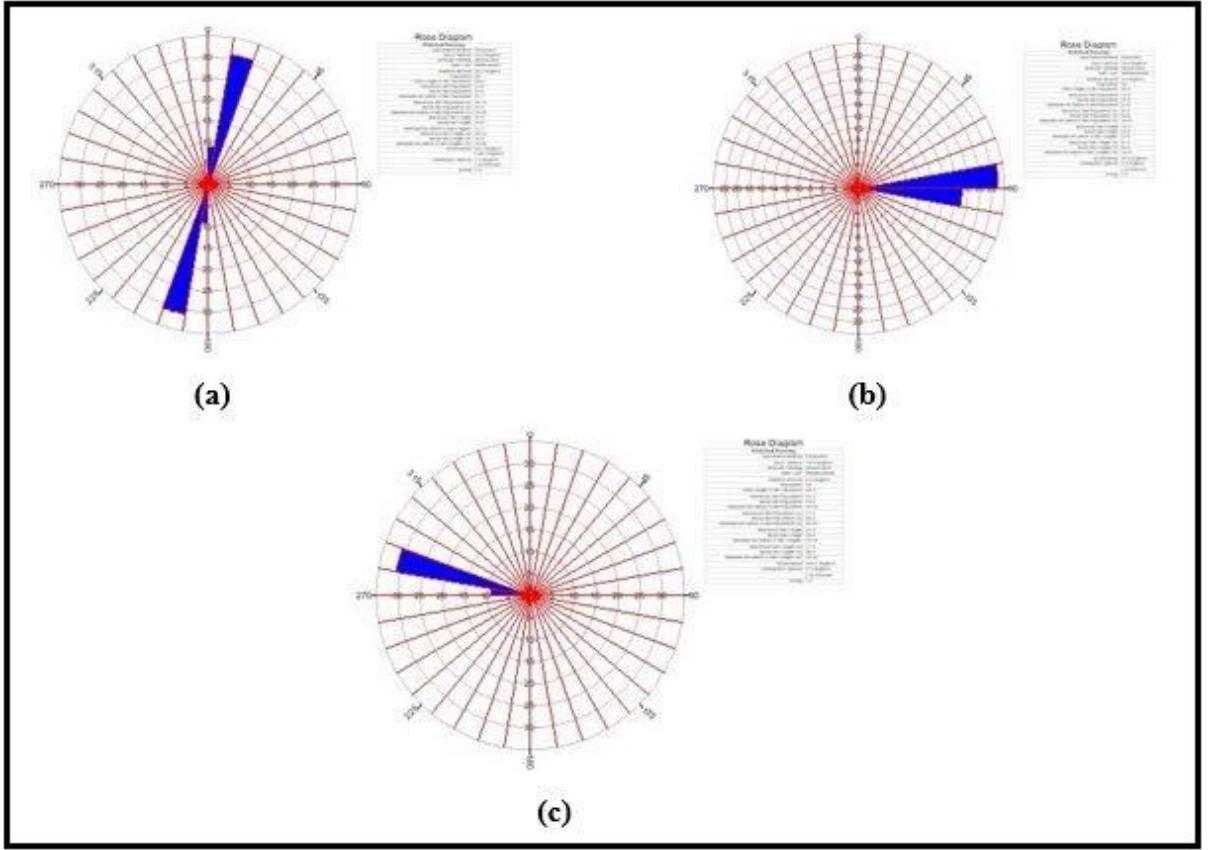
Şekil 4. 45. Kışlaköy formasyonuna ait Gerece Kent Ormanı bölgesinde 51 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Kışlaköy formasyonuna ait Koçumlar yayla yolu üzerinde 51 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K22B bulunmuştur (Şekil 4.46a). Eğim miktarı 65 elde edilmiştir (Şekil 4.46b). Egemen eğim yönü ise GB'dır. (Şekil 4.46c)



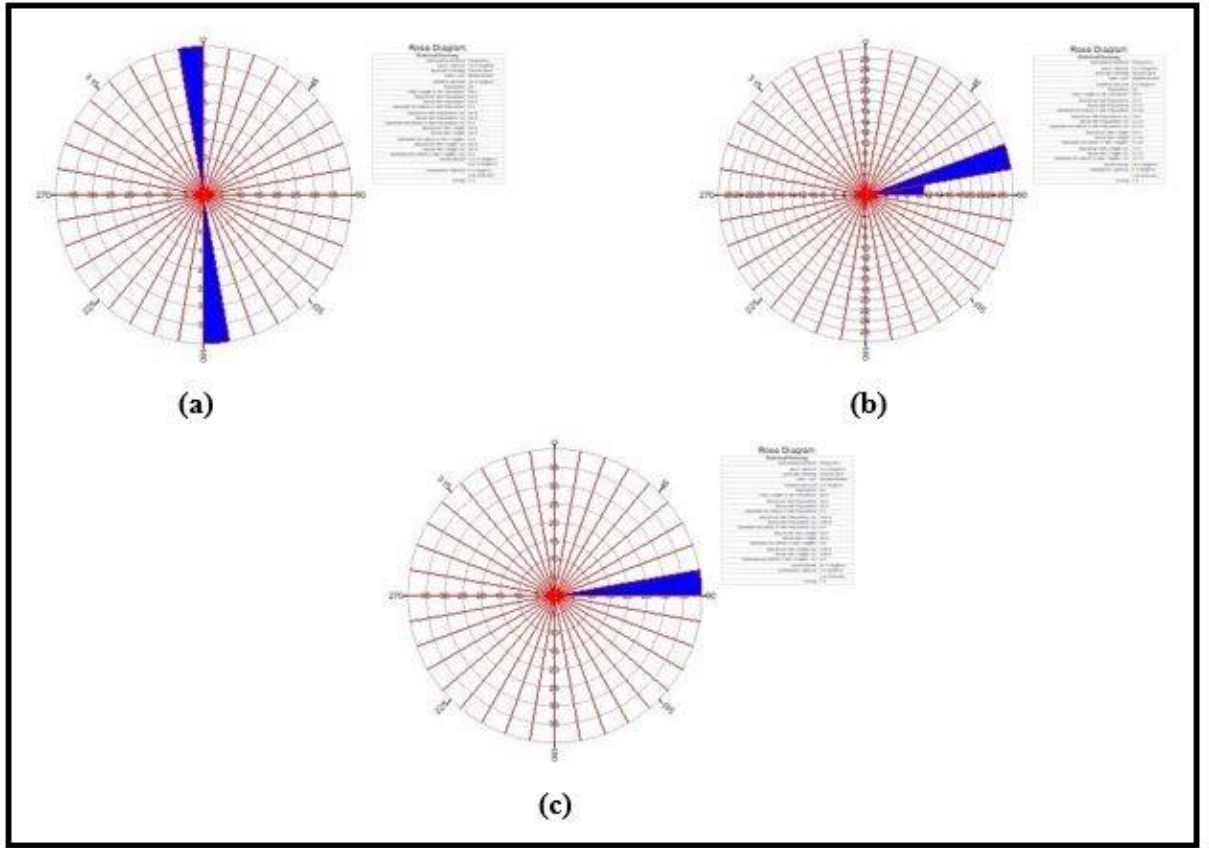
Şekil 4.46. Kışlaköy formasyonuna ait Koçumlar yayla yolu üzerinde 51 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Kışlaköy formasyonuna ait Tabakhaneler çevresinde 51 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K11D bulunmuştur (Şekil 4.47a). Eğim miktarı 88 elde edilmiştir (Şekil 4.47b). Egemen eğim yönü ise KB'dır. (Şekil 4.47c)



Şekil 4.47. Kışlaköy formasyonuna ait tabakhaneler bölgesinde 51 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Kışlaköy formasyonuna ait Tabakhaneler çevresinde 43 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K8B bulunmuştur (Şekil 4.48a). Eğim miktarı 73 elde edilmiştir (Şekil 4.48b). Egemen eğim yönü ise KD 'dur (Şekil 4.48c) dir.

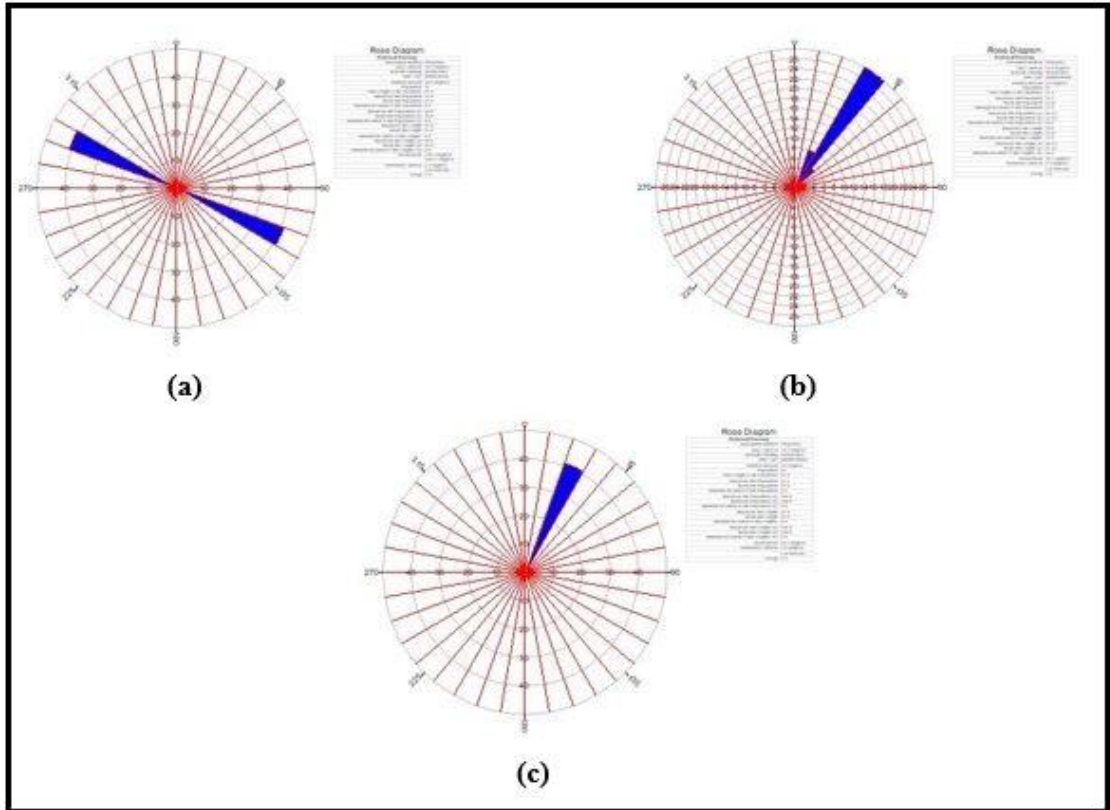


Şekil 4.48. Kışlaköy formasyonuna ait tabakhaneler bölgesinde 43 adet kesme çatlağı ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Ilıcadere volkanitlerine ait Bıçakçılar-Gaziler çevresinde (Şekil 4.50) 43 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K62B bulunmuştur (Şekil 4.51a). Eğim miktarı 32 elde edilmiştir (Şekil 4.51b). Egemen eğim yönü ise KD ‘dur. (Şekil 4.51c).

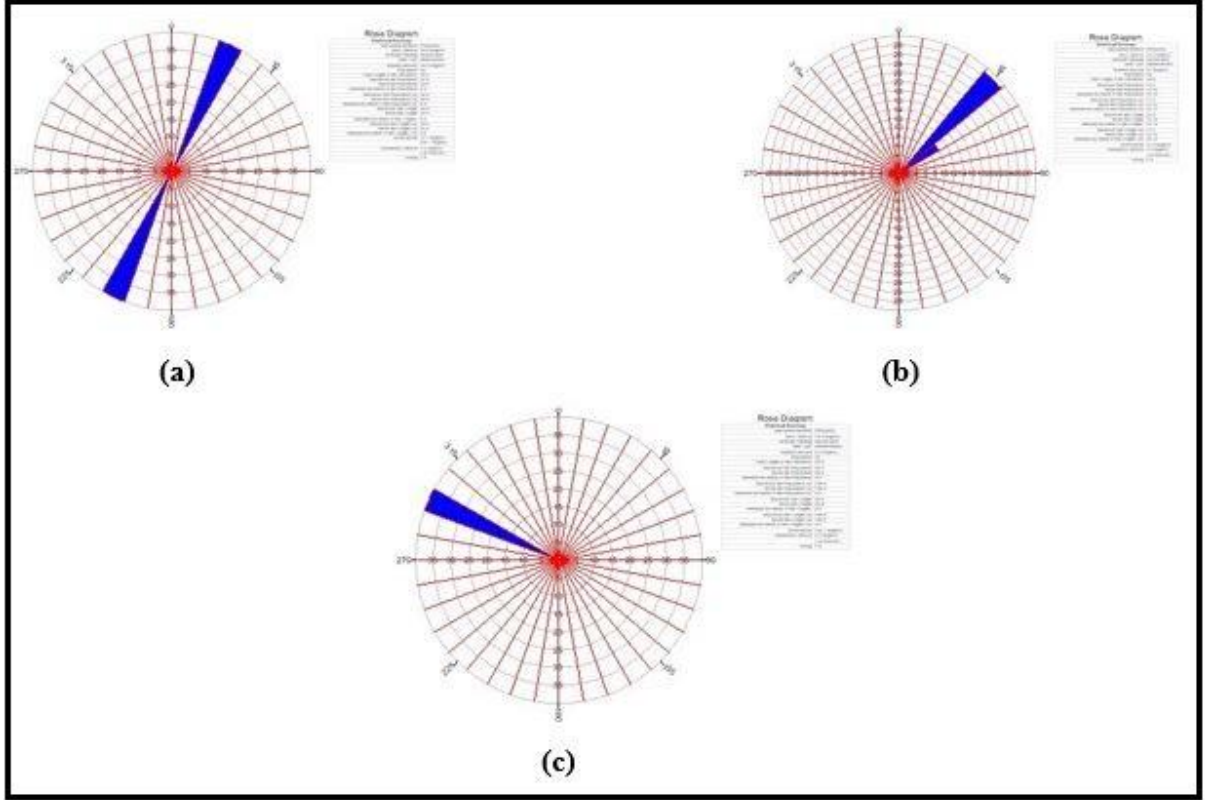


Şekil 4.49. Ilıcadere Volkanitlerine ait Bıçakçılar-Gaziler mevkiinde gözlenen çatlaklı yapılar.



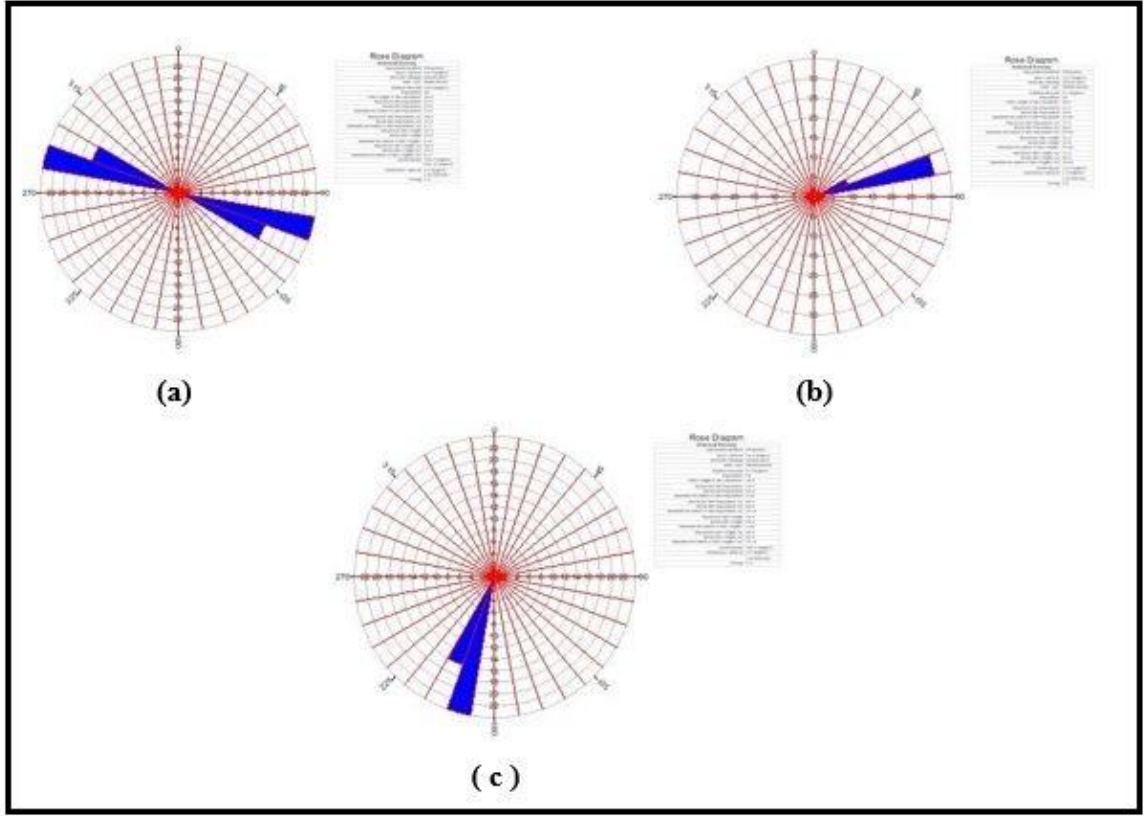
Şekil 4. 50. Ilıcadere volkanitlerine ait Bıçakçılar-Gaziler mevkiinde 43 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar Köyü çevresinde 51 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K22D bulunmuştur (Şekil 4.51a). Eğim miktarı 46 elde edilmiştir (Şekil 4.51b). Egemen eğim yönü ise KB'dır. (Şekil 4.51c)



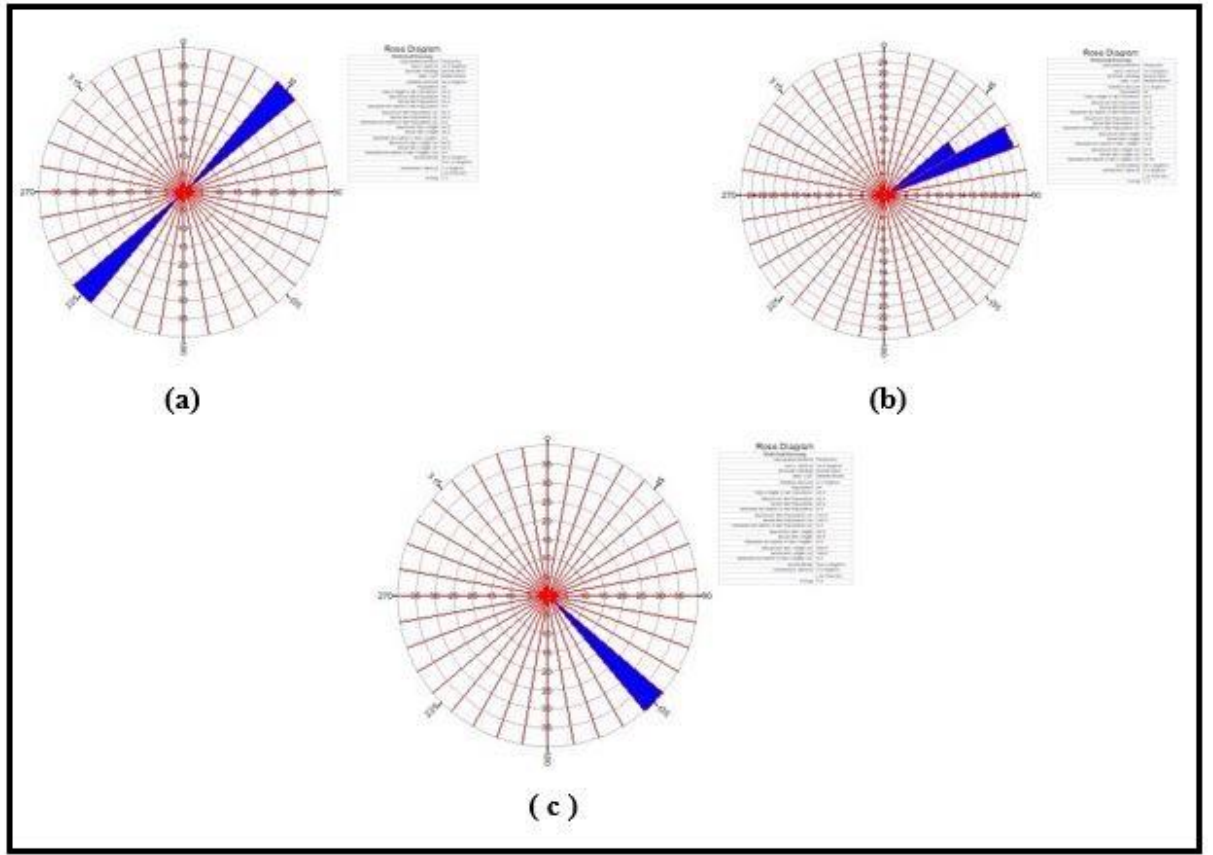
Şekil 4. 51. Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar köyünde 51 adet kesme çatlağı ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar Köyü çevresinde 48 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K72B bulunmuştur (Şekil 4.52a). Eğim miktarı 73 elde edilmiştir (Şekil 4.52b). Egemen eğim yönü ise GB'dır. (Şekil 4.52c).



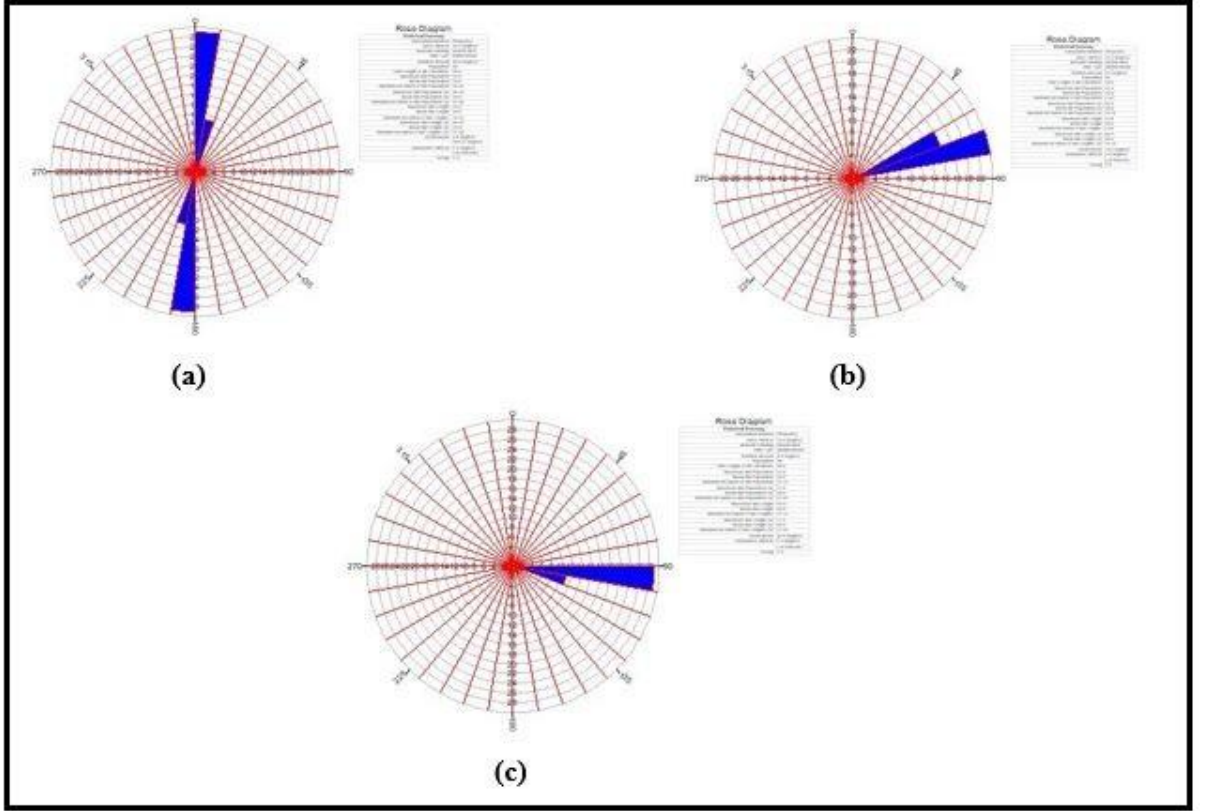
Şekil 4. 52. Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar köyünde 48 adet kesme çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar Köyü çevresinde 54 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K44D bulunmuştur (Şekil 4.53a). Eğim miktarı 58 elde edilmiştir (Şekil 4.53b). Egemen eğim yönü ise GD'dur (Şekil 4.53c).



Şekil 4. 53. Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar köyünde 54 adet kesme çatlağı ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar Köyü çevresinde 39 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K9D bulunmuştur (Şekil 4.54a). Eğim miktarı 71 elde edilmiştir (Şekil 4.54b). Egemen eğim yönü ise GD'dur (Şekil 4.54c).

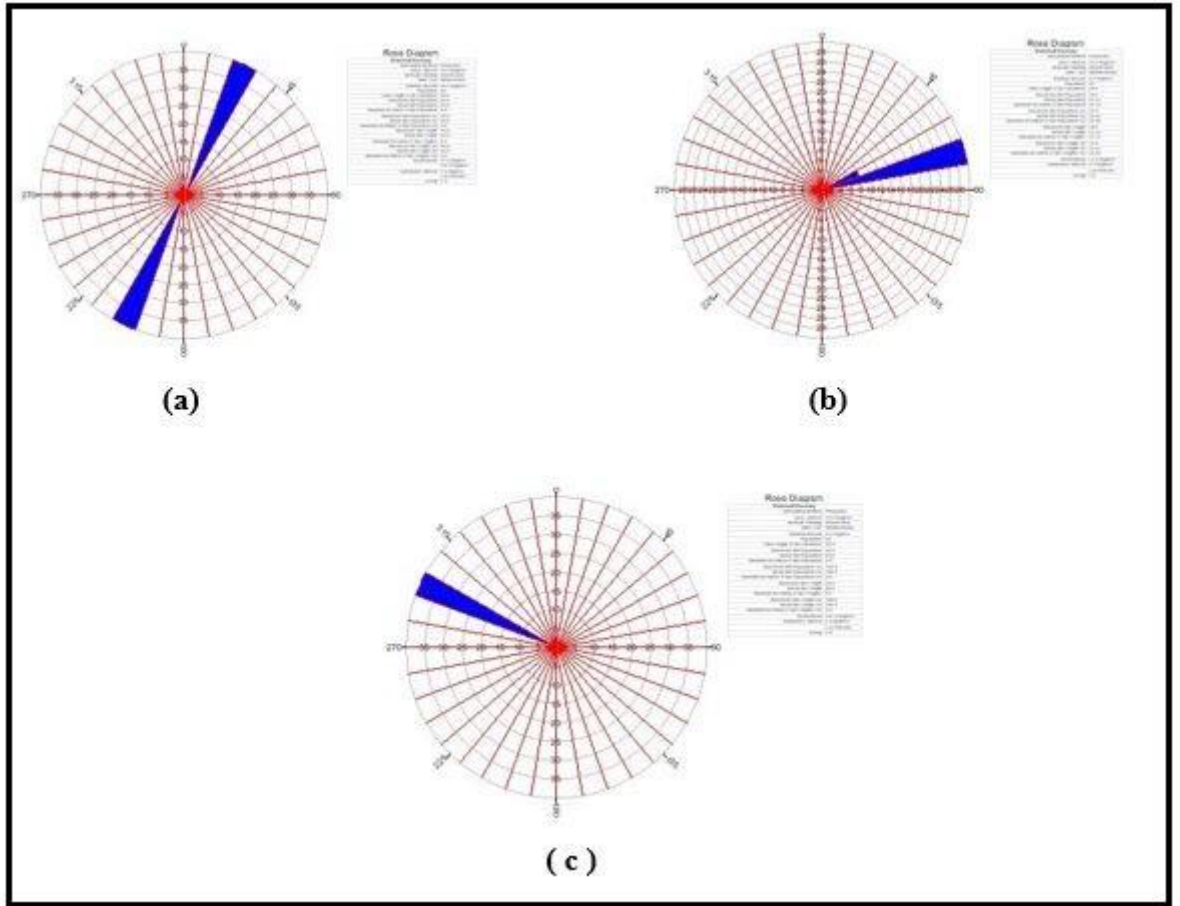


Şekil 4. 54. Ilıcadere volkanitlerine ait Sungurlar köyü kuzeydoğusunda 39 adet fay kırığı ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Soğukçam formasyonuna ait Ahmetler Köyü çevresinde (Şekil 4.56) 53 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K26D bulunmuştur (Şekil 4.56a). Eğim miktarı 78 elde edilmiştir (Şekil 4.56b). Egemen eğim yönü ise KB'dır (Şekil 4.56c).

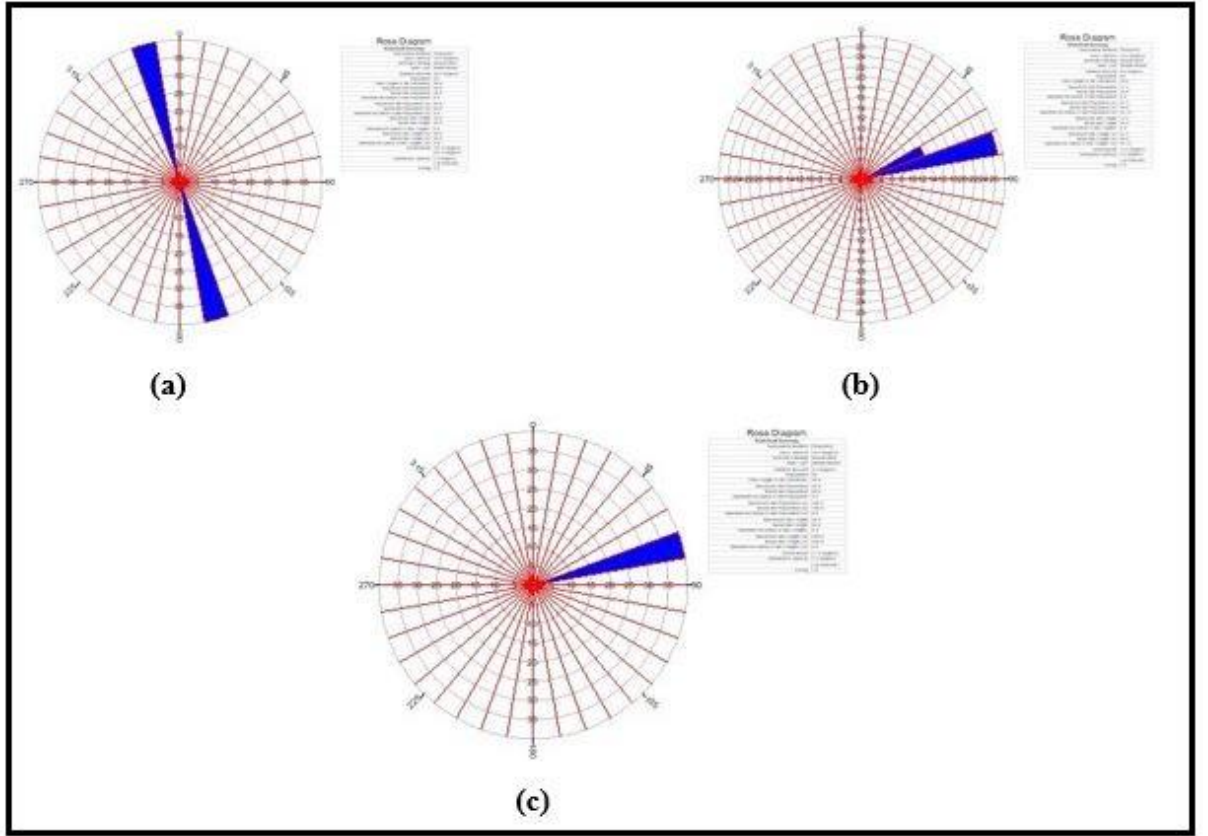


Şekil 4.55. Soğukçam Formasyonuna ait kireçtaşlarında gözlenen çatlak takımları



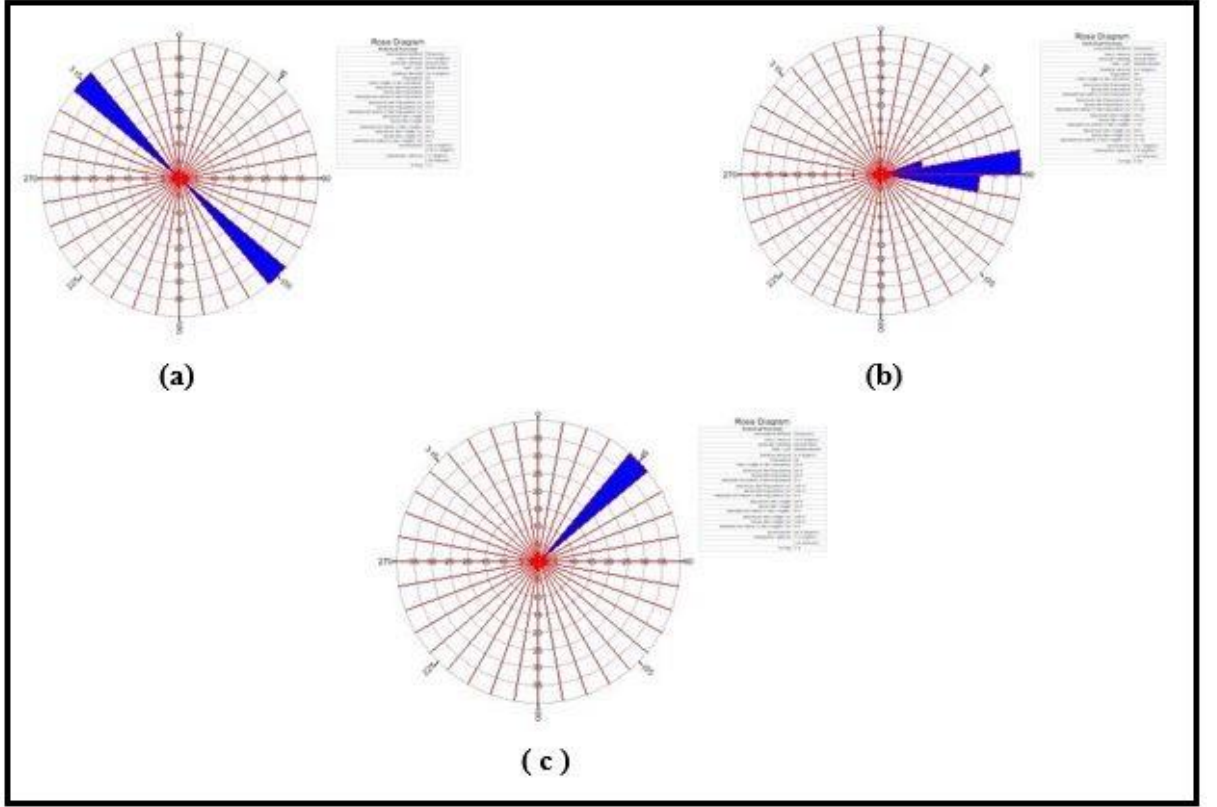
Şekil 4. 56. Soğukçam Formasyonuna ait Ahmetler köyü kuzeydoğusunda yer alan 53 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Soğukçam formasyonuna ait Ahmetler Köyü çevresinde 49 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K14B bulunmuştur (Şekil 4.57a). Eğim miktarı 71 elde edilmiştir (Şekil 4.57b). Egemen eğim yönü ise KD ‘dur (Şekil 4.57c).



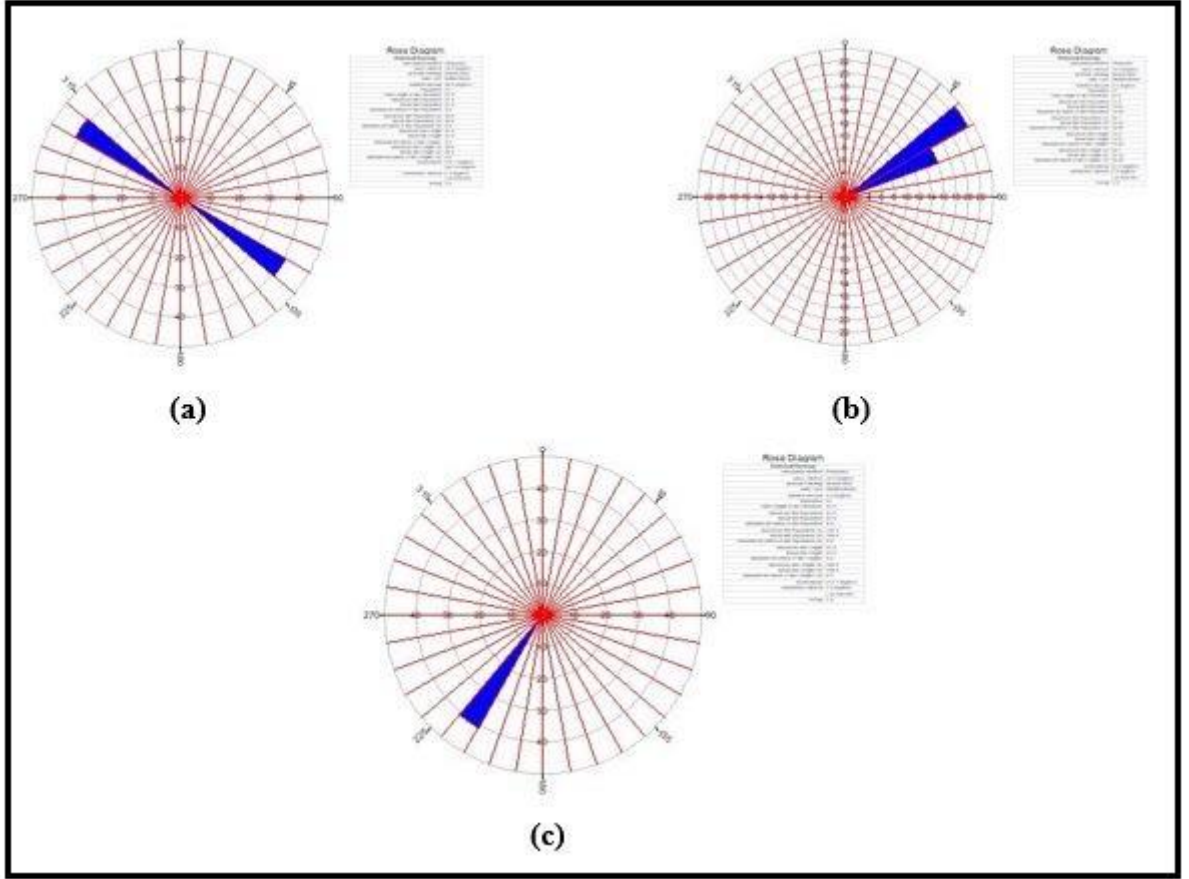
Şekil 4.57. Soğukçam formasyonuna ait Ahmetler köyünde 49 adet kesme çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Doğanlar Volkanit Üyesine ait Ekmeller Köyü çevresinde 57 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K26D bulunmuştur (Şekil 4.58a). Eğim miktarı 78 elde edilmiştir (Şekil 4.58b). Egemen eğim yönü ise KB'dır (Şekil 4.58c).



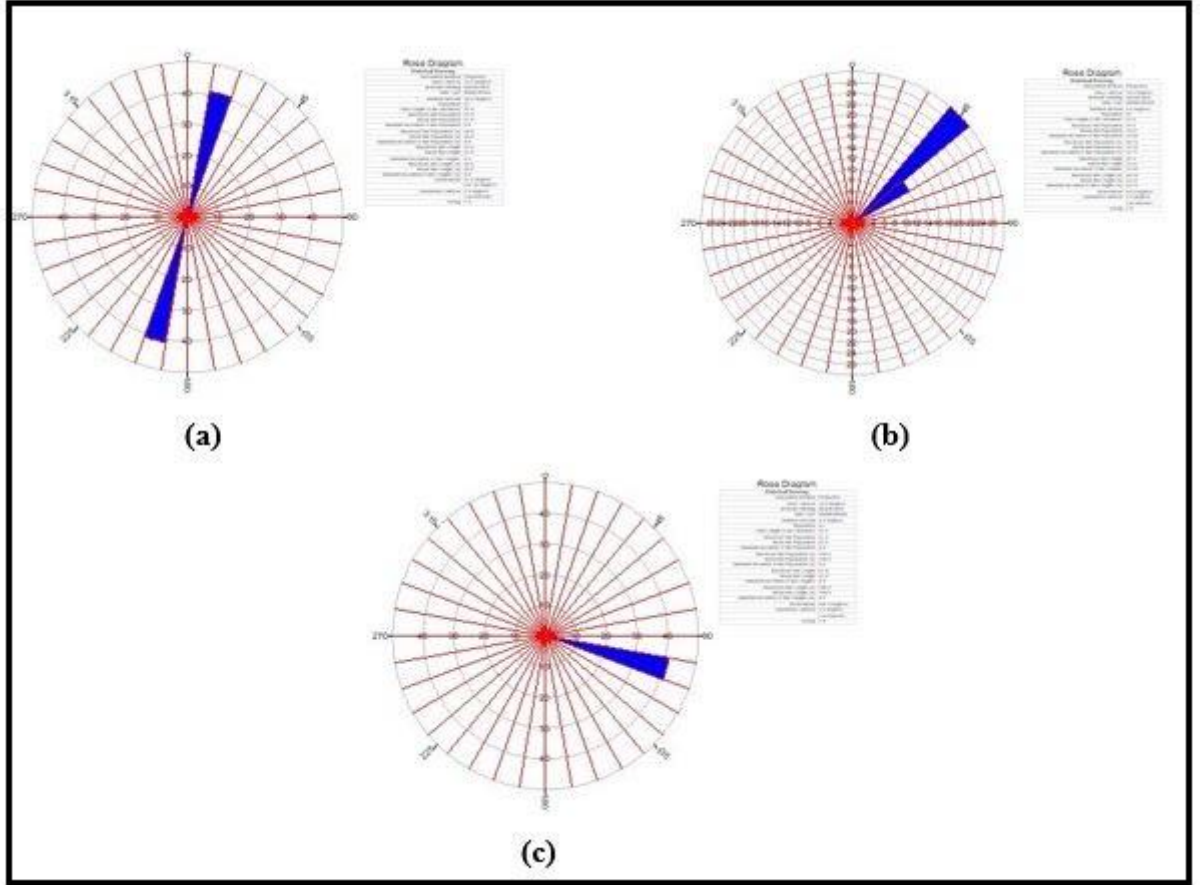
Şekil 4. 58. Doğanlar volkanit üyesine ait Ekmeller köyünde 57 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Doğanlar Volkanit Üyesine ait Çayören Köyü çevresinde 54 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K51B bulunmuştur (Şekil 4.59a). Eğim miktarı 57 elde edilmiştir (Şekil 4.59b). Egemen eğim yönü ise GB'dır. (Şekil 4.59c)



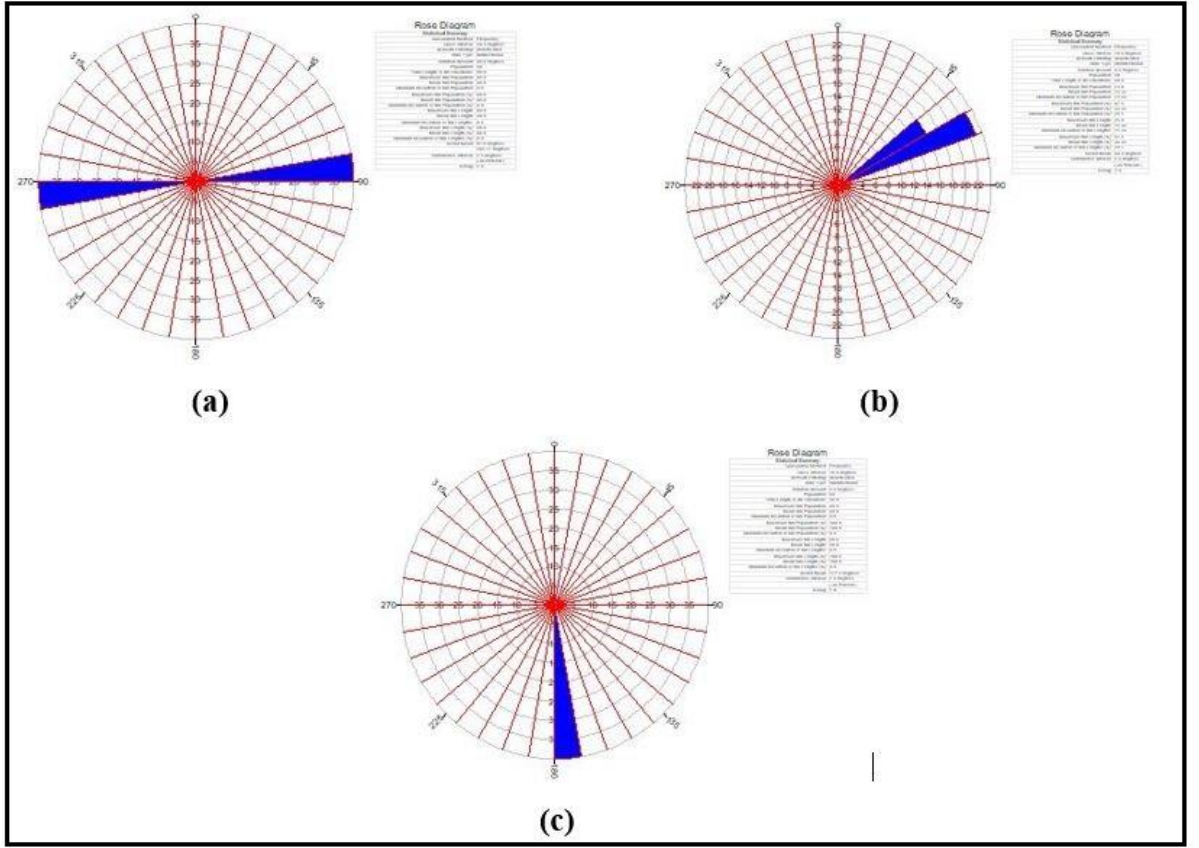
Şekil 4. 59. Doğanlar volkanit üyesine ait Çayören köyünde 54 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı.
Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Doğanlar Volkanit Üyesine ait Çayören Köyü çevresinde 48 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K17D bulunmuştur (Şekil 4.60a). Eğim miktarı 44 elde edilmiştir (Şekil 4.60b). Egemen eğim yönü ise GD'dur. (Şekil 4.60c).



Şekil 4. 60. Doğanlar volkanit üyesine ait Çayören köyünde 48 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramı.
Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

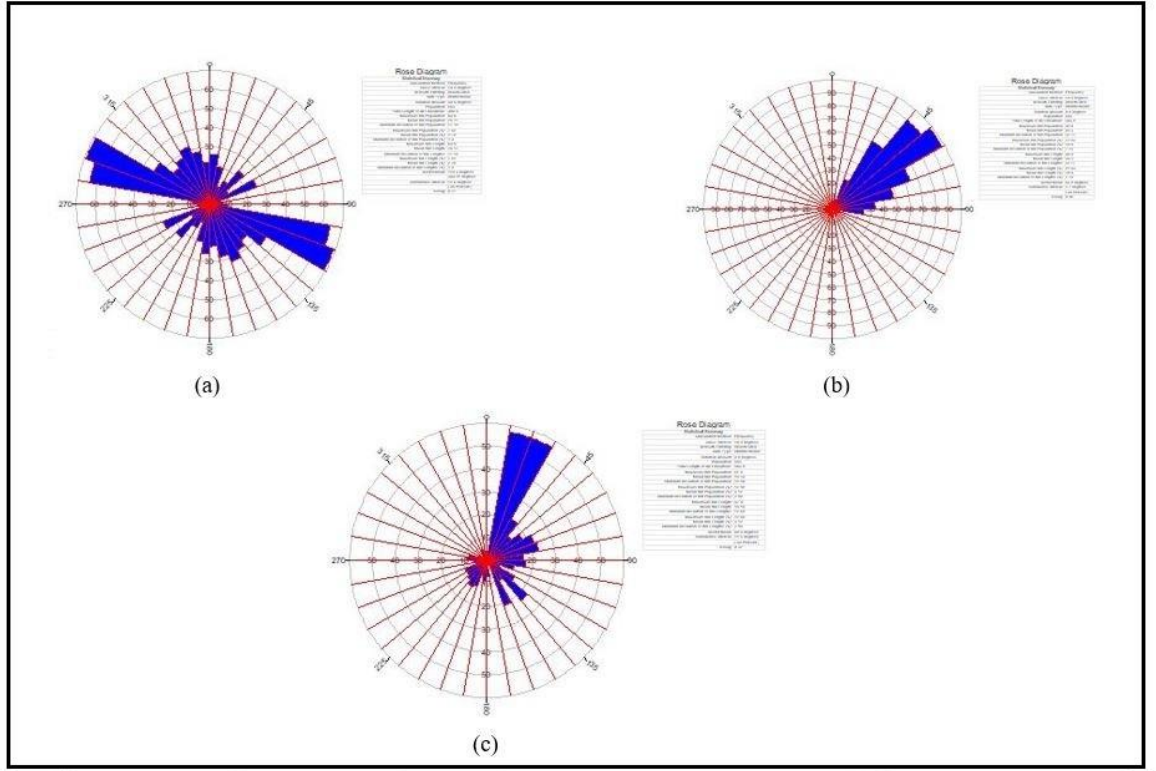
Doğanlar Volkanit Üyesine ait Çayören Köyü çevresinde 51 adet çatlak ölçümüne ait gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre bu yerde egemen doğrultu K81D bulunmuştur (Şekil 4.61a). Eğim miktarı 59 elde edilmiştir (Şekil 4.61b). Egemen eğim yönü ise GD 'dur. (Şekil 4.61c)



Şekil 4. 61. Doğanlar volkanit üyesine ait Çayören köyünde 51 adet fay kırığı ölçümüne ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

Sonuç olarak çalışma alanına genel olarak baktığımızda çatlak takımlarının genel olarak KB-GD doğrultulu geliştiği gözlenmiştir. (Şekil 4.62) Bunun yanında Kuzey Anadolu Fay Zonu ve kollarına paralel olarak KD-GB yönlü ikinci bir çatlak takımının varlığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanında özellikle Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun kuzey ve kuzeydoğu kesimlerinde çatlak yoğunluğunun, Kuzey Anadolu Fay Zonu 'nun güney kesimine göre daha yoğun olduğu gözlenmiştir. Fayın güney kesiminde ise; yoğunlaşmanın doğu yönünde, batı kısmına göre daha fazla olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.62. Çalışma alanında ölçülen tüm çatlak takımlarına ait gül diyagramı. Doğrultu (a), Eğim miktarı (b), Eğim yönü (c)

4.2.4.1. Çizgisellik Analizleri

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), arazinin üç boyutlu morfolojisini sayısal olarak gösteren, topoğrafik analizlerin temelini oluşturan bir veri setidir. Sayısal yükseklik modeli verileri kullanılarak üretilmiş olan gölgeli kabartma (hillshade) görüntüleri, arazi yüzeyinin farklı yönlerden aydınlatılmasıyla rölyefin görsel olarak vurgulanmasını sağlar. Bu yöntem, özellikle çizgiselliklerin, kıvrımların, fay hatlarının ve morfolojik unsurların belirgin hale getirilmesinde etkilidir. Bu çalışmada da bölgenin morfolojik yapısının detaylı biçimde analiz edilebilmesi için bölgenin SYM ve SYM görüntüsünden türetilen hillshade görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 4.64).

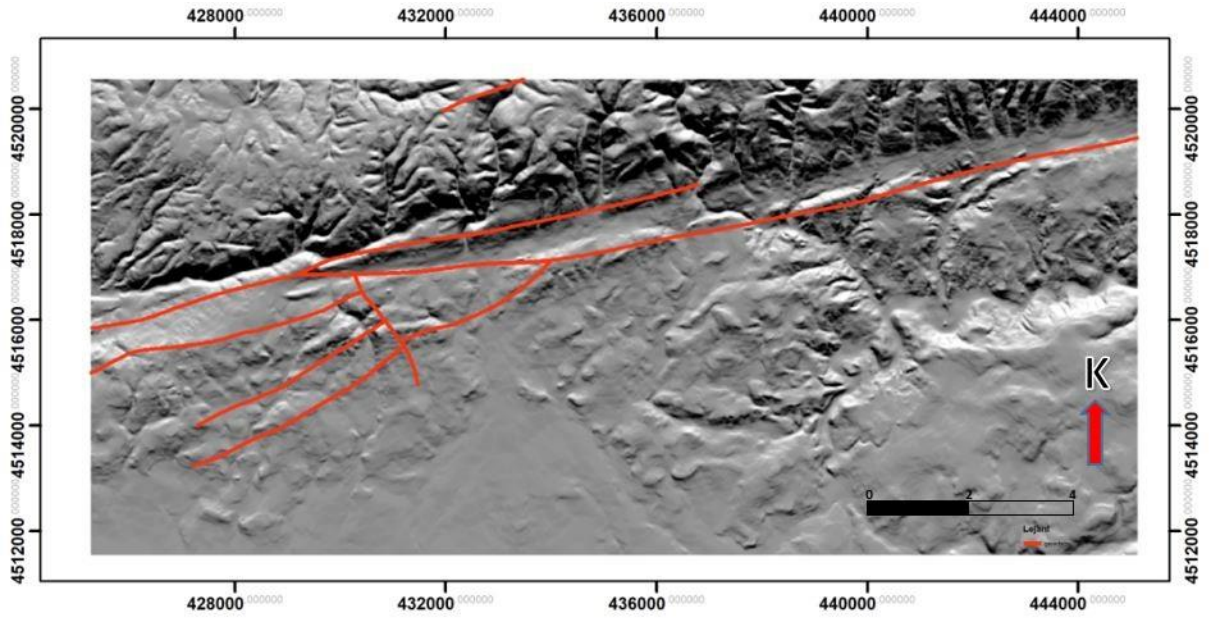
Arazi topografyasının farklı açılardan aydınlatılması, yüzeydeki morfolojik detayların daha belirgin hale gelmesini sağlar. Bu amaçla, 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° ve 315° azimut değerlerine karşılık gelen sekiz farklı hillshade görüntüsü üretilmiştir. Her bir görüntüde görsel olarak belirgin hale gelen çizgisellikler, manuel ya da yarı otomatik dijitalleştirme yöntemleriyle sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılan bu çizgisellikler daha sonra çizgisellik yoğunluk haritalarının oluşturulmasında kullanılmıştır.

Akabinde elde edilen hillshade görüntüleri kullanılarak 0° , 45° , 90° , 135° azimut değerlerine sahip görüntüler ile 180° , 225° , 270° , 315° azimuta sahip görüntüler kombine edilerek iki temel hillshade görüntüsü meydana getirilmiştir. Bu görüntülerde belirgin olan çizgisellikler sayısallaştırılıp yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Yoğunluk haritaları, çizgisel yapıların belirli bir alan içerisinde ne kadar sıklaştığını gösteren tematik haritalardır. Bu haritalar, çizgiselliklerin birim alana düşen uzunluklarını veya sayılarını hesaplayan bir yoğunluk analizi ile oluşturulur. Yeşil renkler, çizgiselliklerin az olduğu, yani yapısal olarak daha az deforme olmuş veya morfolojik olarak daha düz alanları gösterirken, sarı ve kırmızı renkli alanlar ise, çizgiselliklerin çok yoğun olduğu (birbirine yakın ve çok sayıda olduğu) alanları temsil eder. Kırmızı ile gösterilen yüksek yoğunluklu zonlar, genellikle yoğun tektonik aktivitenin, kırılmanın veya parçalanmanın olduğu bölgelere işaret eder. Bu alanlar, büyük fay zonları, makaslama zonları veya yoğun çatlak sistemlerinin bulunduğu yerler olabilir. Bu haritalar, bölgedeki ana deformasyon kuşaklarının ve yapısal koridorların belirlenmesi için kritik bir araç olarak düşünülmüştür.

Elde edilmiş olan çizgisellik verileri, yapısal yönelim analizleri için gül diyagramlarıyla görselleştirilmiş ve bölgedeki dominant yapısal yönelimler ortaya

konulmuştur. Bu sayede, çok yönlü aydınlatma temelli görsel analiz yöntemi ile bölgedeki jeolojik yapılar hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir. Bu yöntem, görsel analizlerdeki insan kaynaklı hataları minimize etme potansiyeli sebebiyle tercih edilmiştir.

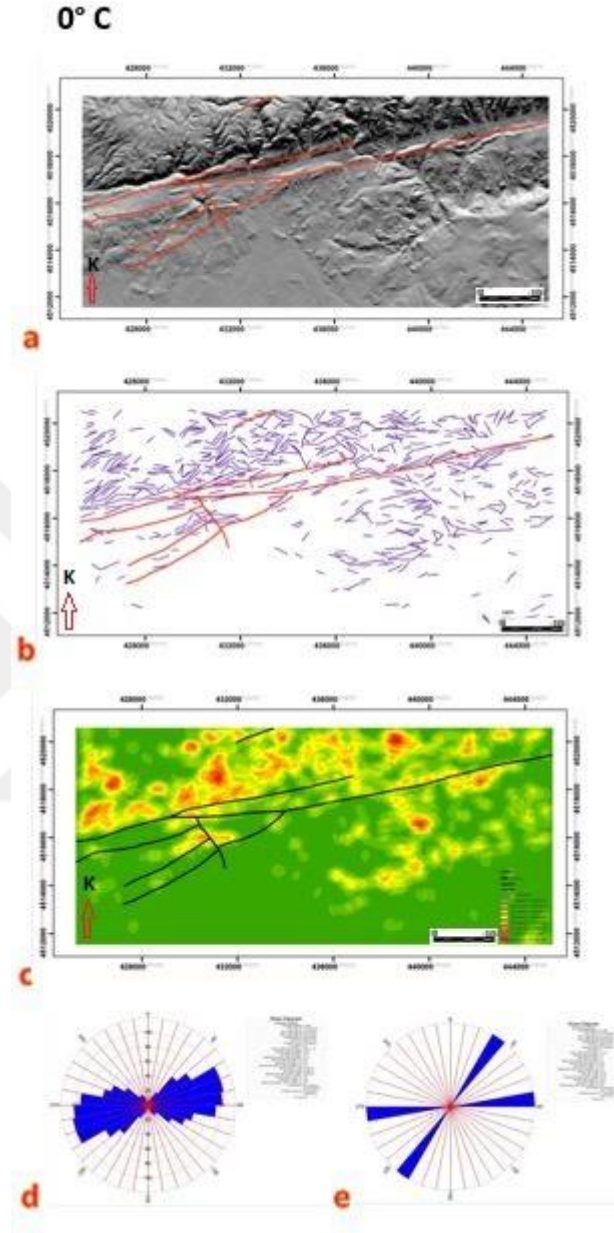
Bu kapsamda, çok açılı hillshade görüntüleri kullanarak çizgisellikler tanımlanmış, bu çizgiselliklerin yönelim ve yoğunluk ilişkisi ortaya konulmuş ve saha verileriyle karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 4.63. SYM görüntüsünden oluşturulan gölgeli kabartma (hillshade) haritası

0° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü kuzeyden bakışı temsil etmektedir ve E-W gidişi olan yapıları en iyi şekilde aydınlatmaktadır (Şekil 4.65a). Bu hillshade görüntüsüne göre çizilen çizgisel yoğunluk haritasına göre çizgisel yapıların çalışma alanının özellikle kuzey-kuzeybatı ve güneydoğu kesimlerinde yoğunlaştığını göstermektedir (Şekil 4.65b). Deformasyon, kırmızı ile işaretlenen ve genellikle E-W gidişli görünen koridorlar boyunca kümelenmiştir (Şekil 4.65c). Alanın merkezi ve güneybatı kesimleri yapısal olarak daha stabil görünmektedir. 0° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü baz alınarak çizilen gül diyagramına göre genel olarak çizgisellikler N60°E – N80°E arasında yoğunlaşmıştır (Şekil 4.65d). Bu diyagramdan elde edilen veriler, arazideki ana fay sistemlerinden biri olan NE-SW (Şekil 4.65e) doğrultusu ile örtüşmektedir. Ancak topoğrafya NE-SW uzanımlıyken, baskın çatlak sistemi N/NW-

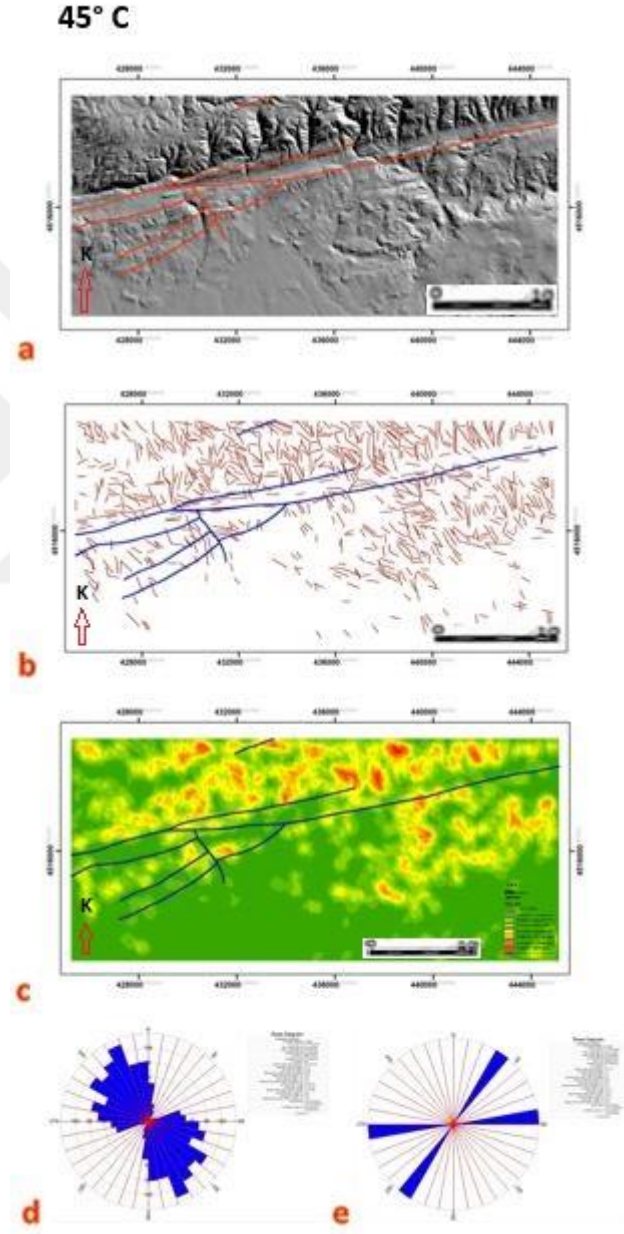
SE uzanımlıdır. 0° bakış yönü bölgedeki ana fay sistemlerini temsil etmede kısmen başarılı olsa da çatlak sistemlerini temsil etmemektedir.



Şekil 4. 64. a) Çalışma alanının 0° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. egemen çizgisellik doğrultuları N60°-80°E e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı

45° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü özellikle NW-SE gidişli çizgisellikleri ortaya çıkarmak için ideal bir açıdır. (Şekil 4.66a). Bu hillshade görüntüsü ile oluşturulan çizgisel yoğunluk haritasına göre yoğunlaşma daha çok çalışma alanının kuzey ve güneydoğu kesimlerinde yoğunlaştığını göstermektedir. (Şekil 4.66b) Alanın

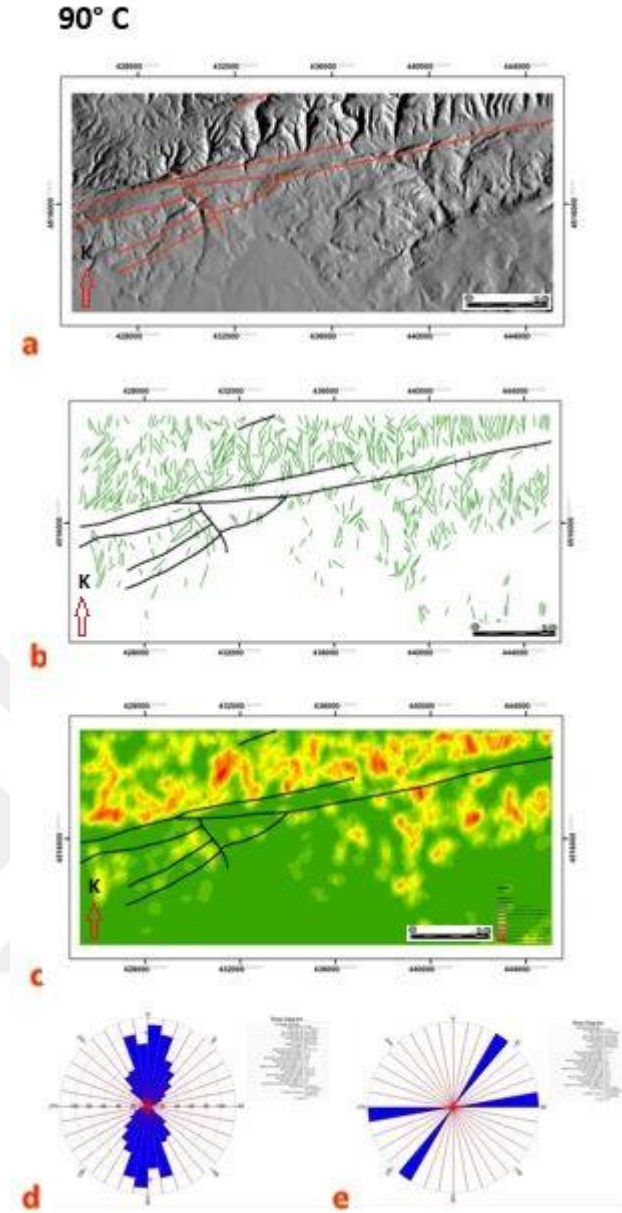
merkezi ve güney kesimleri yapısal olarak daha stabil görünmektedir (Şekil 4.66c). Bu diyagramdan elde edilen veriler, arazideki ana fay sistemine NE-SW (Şekil 4.66d) doğrultusu ile örtüşmektedir. 45° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü baz alınarak çizilen gül diyagramına göre genel olarak çizgisellikler N20°W – N55°W arasında yoğunlaşmıştır. Topoğrafya NW-SE uzanımlıyken, baskın çatlak sistemi NNE-SE uzanımlıdır (Şekil 4.66e)



Şekil 4. 65. a) Çalışma alanının 45° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N20°W-N55°W e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı

90° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü özellikle N-S doğrultulu çizgisellikleri aydınlatmak için kullanılır (Şekil 4.67a). Bu hillshade görüntüsüne göre oluşturulan çizgisel yoğunluk haritasına göre yoğunlaşma çalışma alanının özellikle merkezi-batı ve doğu kesimlerinde çizgisellikler E-W gidişli zonlarda toplanmıştır. (Şekil 4.67b). Alanın merkezi ve güney kesimleri yapısal olarak daha stabil görünmektedir (Şekil 4.67c). 90° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü baz alınarak çizilen gül diyagramına göre genel olarak çizgisellikler N20°W – N25°E arasında yoğunlaşmıştır. Bunun yanında topoğrafyadan ölçülen çatlak sistemi NNW-SSE uzanımlıyken, baskın çatlak sistemi de NNW-SSE doğrultuludur (Şekil 4.67d). 90° bakış yönü bölgedeki ana fay sistemlerinin medyanına karşılık gelirken çatlak sistemlerini tam olarak temsil etmektedir.

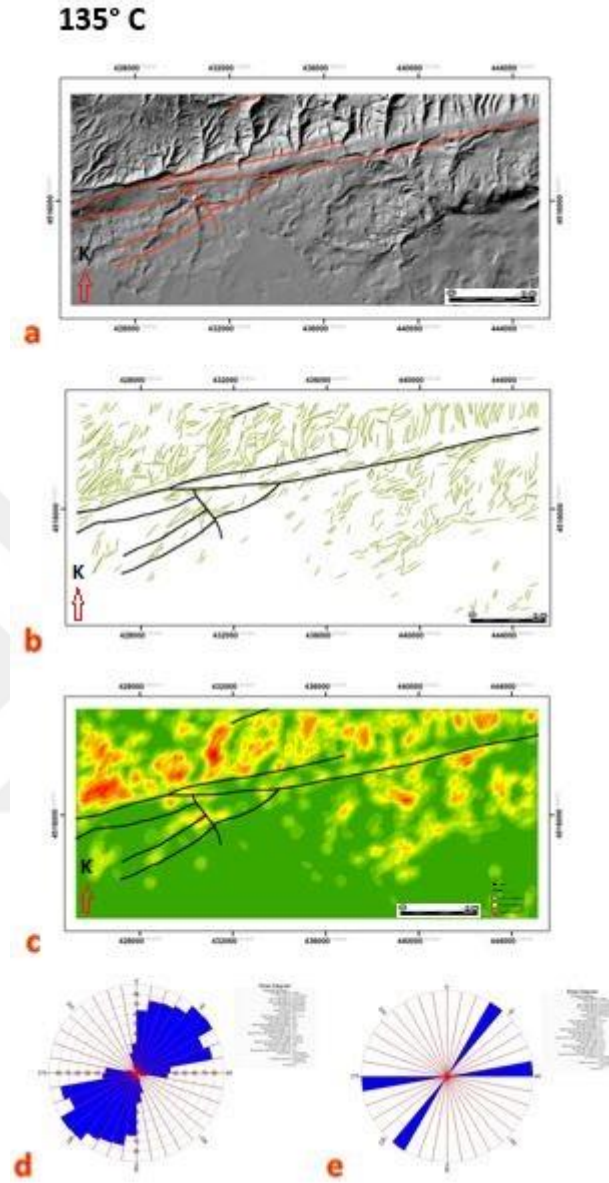




Şekil 4. 66. a) Çalışma alanının 90° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N20°-25°E e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı

135° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü NW' ye bakan yamaçları aydınlatarak özellikle NE-SW doğrultulu çizgisellikleri aydınlatmak için etkilidir (Şekil 4.68a). Bu hillshade görüntüsüne göre oluşturulan çizgisel yoğunluk haritasına göre yoğunlaşma çalışma alanının özellikle merkezi-batı ve doğu kesimlerinde görülmektedir (Şekil 4.68b). Alanın güney kesimleri yapısal olarak daha stabil görünmektedir (Şekil 4.68c). 135° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü baz alınarak çizilen gül diyagramına göre genel olarak çizgisellikler N30°-60°E arasında yoğunlaşmıştır. Topoğrafya NE-SW

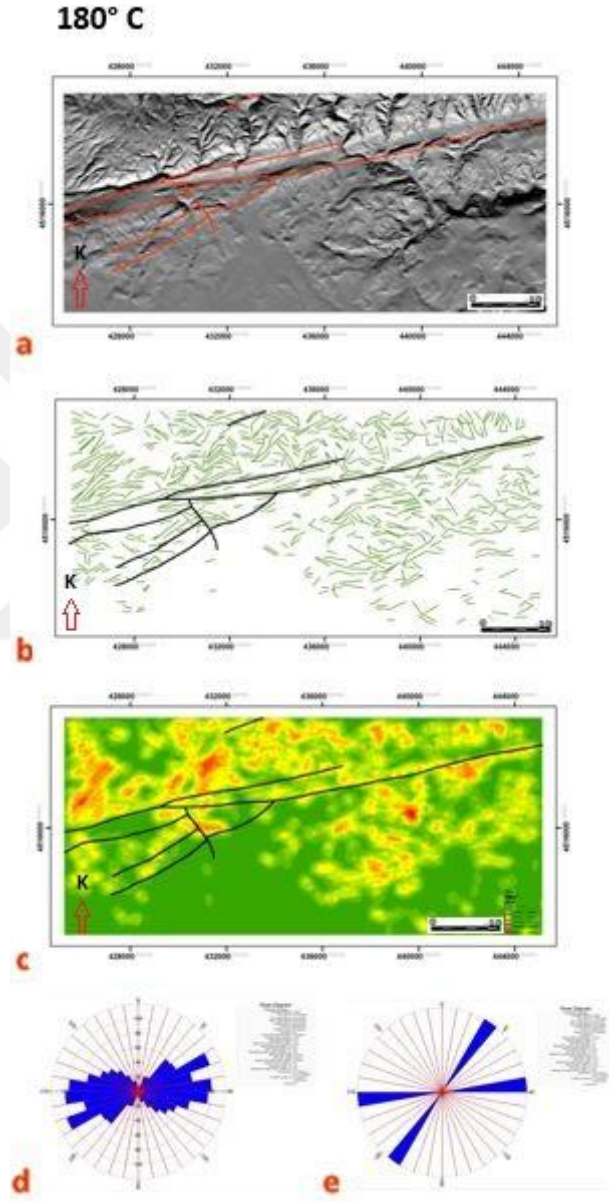
uzanımlıyken, baskın çatlak sistemi NNE-SSW uzanımlıdır (Şekil 4.68d). 135° bakış yönü bölgedeki ana fay sistemlerini temsil ederken çatlak sistemleri ile örtüşmemektedir.



Şekil 4. 67. a) Çalışma alanının 135° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N30°-60°E e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı

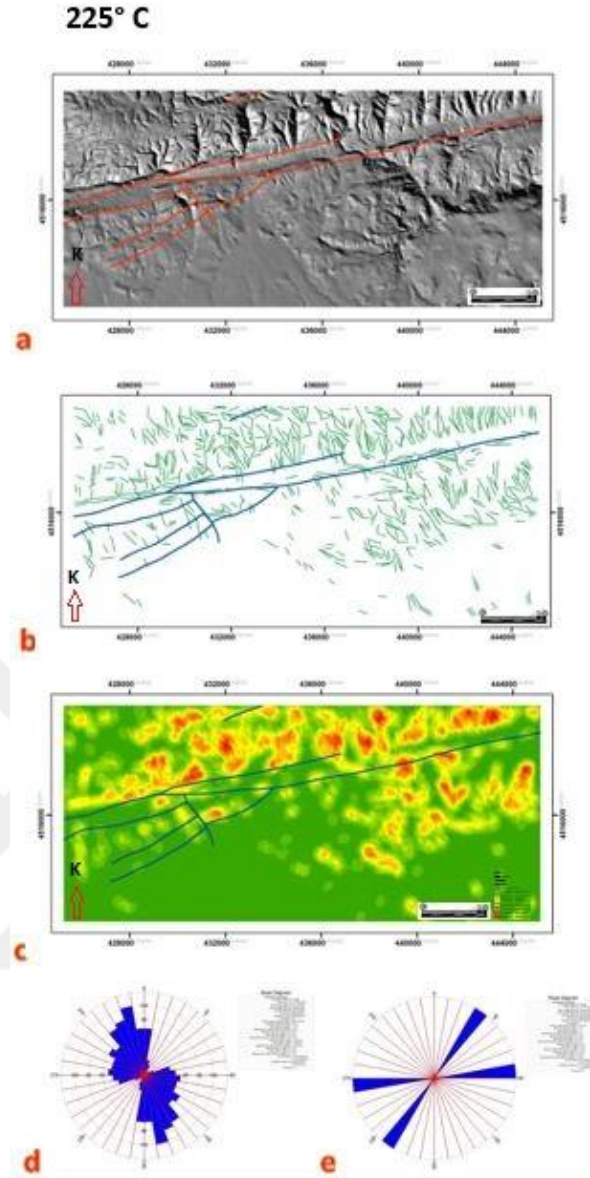
180° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü güneye bakan yamaçları aydınlatarak özellikle E-W doğrultulu çizgisellikleri aydınlatmak için uygundur (Şekil 4.69a). Bu hillshade görüntüsüne göre oluşturulan çizgisel yoğunluk haritasına göre yoğunlaşma çalışma alanının özellikle kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde görülmektedir. Alanın güneybatı kesimleri yapısal olarak daha stabil görünmektedir (Şekil 4.69b ve c). Bu

diyagramdan elde edilen veriler, arazide ölçülen ikincil fay sistemlerinden E-W bileşenini başarıyla tespit etmiştir (Şekil 4.69e). 180° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü baz alınarak çizilen gül diyagramına göre genel olarak çizgisellikler N60°E – N80°W arasında yoğunlaşmıştır. Ayrıca topoğrafya E-W uzanımlıyken, baskın çatlak sistemi NNE-SSW doğrultuludur (Şekil 4.69d). 180° bakış yönü bölgedeki fay sistemleri ile neredeyse 45° açı vermekte ve örtüşmemektedir.



Şekil 4. 68. a) Çalışma alanının 180° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N60°E-N80°W e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı

225° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü NW-SE doğrultulu çizgisellikleri aydınlatmak için uygundur (Şekil 4.69a).

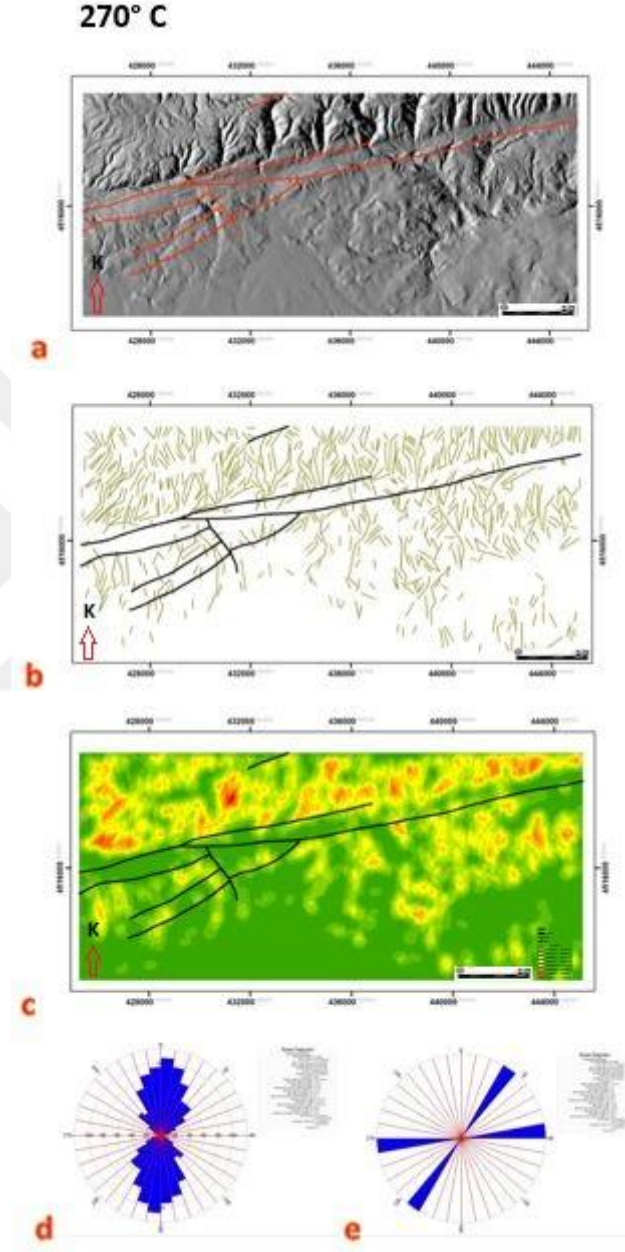


Şekil 4. 69. a) Çalışma alanının 225° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N10°-35°W e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı

Bu hillshade görüntüsü 45°'lik bakış açısına benzer şekilde bir pattern oluşturmaktadır. Buna göre oluşturulan çizgisel yoğunluk haritasına göre yoğunlaşma çalışmanın özellikle kuzey ve güneydoğu kesimlerinde görülmektedir. Alanın güneybatı kesimleri yapısal olarak daha stabil görünmektedir (Şekil 4.70b). 225° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü baz alınarak çizilen gül diyagramına göre genel olarak çizgisellikler N10°-35°W arasında yoğunlaşmıştır. Bu diyagramdan elde edilen veriler, arazideki ana fay sistemi olan NE-SW (Şekil 4.70e) doğrultusu ile örtüşmemektedir.

Topoğrafya NW-SE uzanımlıyken, baskın çatlak sistemi NNW-SSE doğrultuludur (Şekil 4.70d). 225° bakış yönü bölgedeki ana fay sistemi ile örtüşmezken çatlak sistemleri ile kısmi olarak örtüşmektedir.

270° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü özellikle N-S doğrultulu çizgisellikleri aydınlatmak için iyi sonuç vermiştir (Şekil 4.71a).

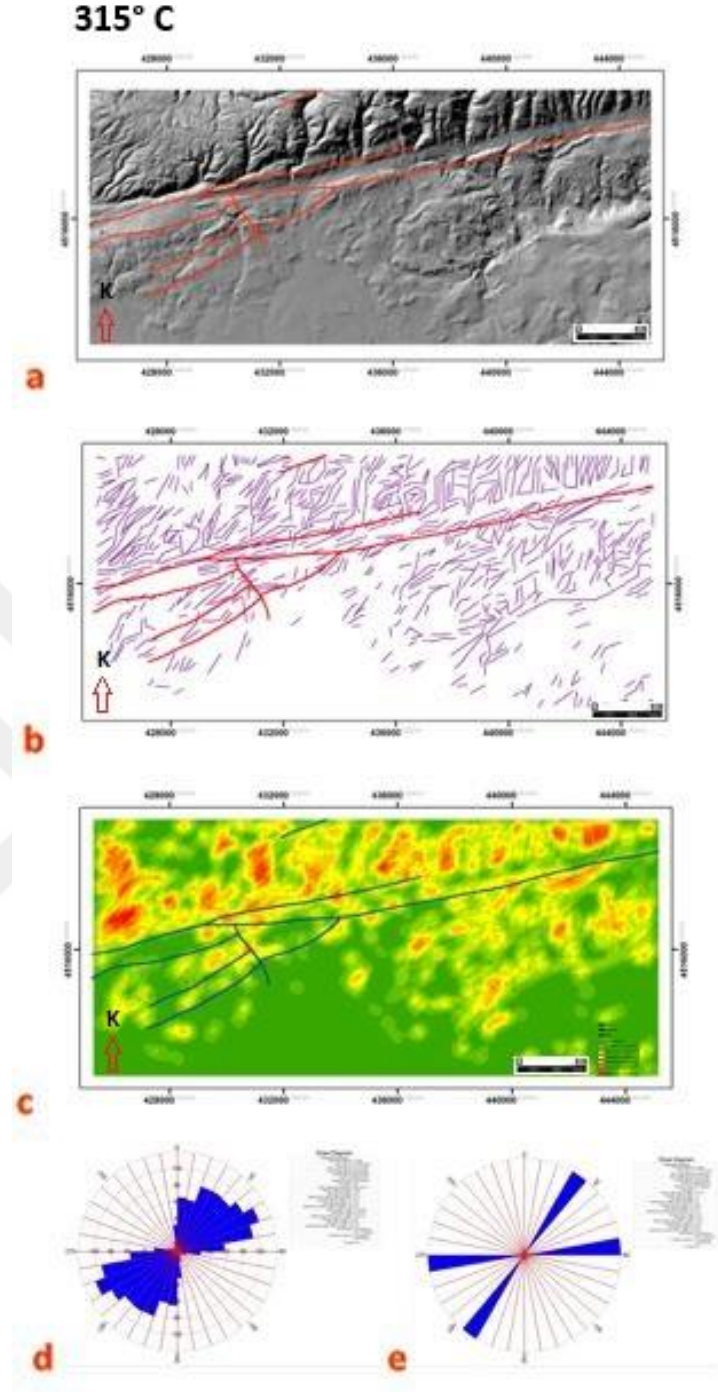


Şekil 4.70. a) Çalışma alanının 270° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölöf haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N5°-15°E e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı

Bu hillshade görüntüsüne göre oluşturulan çizgisel yoğunluk haritasına göre yoğunlaşma çalışma alanının özellikle merkezi-batı ve kuzeydoğu kesimlerinde

toplanmıştır (Şekil 4.71b). Alanın merkezi ve güneybatı kesimleri yapısal olarak daha stabil görünmektedir (Şekil 4.71c). 270° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü baz alınarak çizilen gül diyagramına göre genel olarak çizgisellikler N10°W – N40°W arasında yoğunlaşmıştır. Bunun yanında topoğrafyadan ölçülen çatlak sistemi NNW-SSE uzanımlıyken, baskın çatlak sistemi de NNW-SSE doğrultuludur (Şekil 4.71d). 270° bakış yönü bölgedeki ana fay sistemlerinin medyanına karşılık gelirken çatlak sistemlerini tam olarak temsil etmektedir.

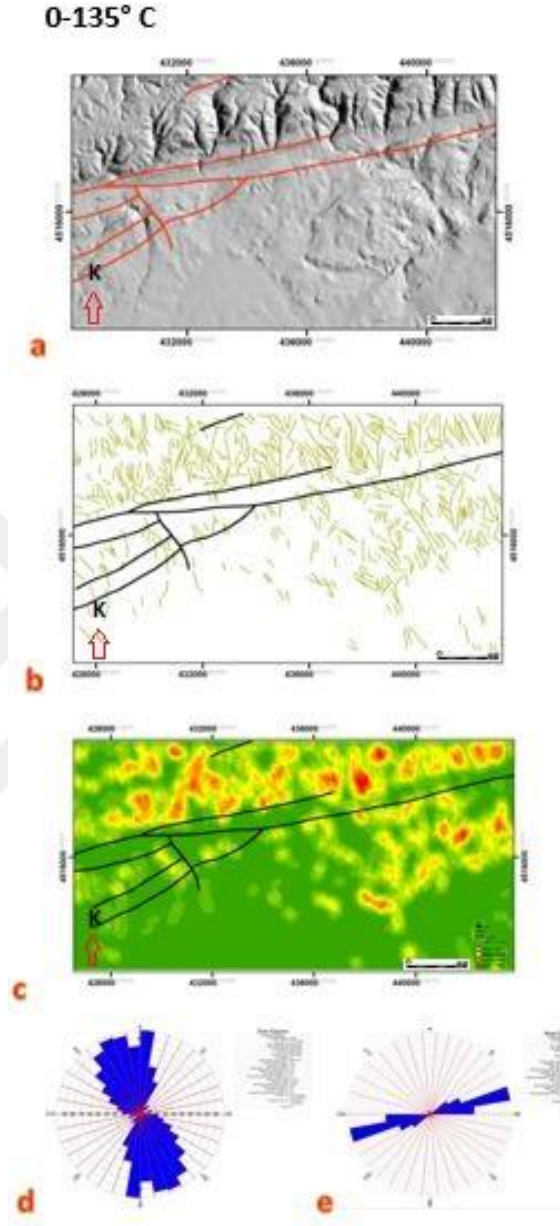
315° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü 135°'ye benzer şekilde NE-SW doğrultulu çizgisellikleri aydınlatmak için kullanılır. Ancak farklı olarak SE' ye bakan yamaçları aydınlatarak farklı bir yönden bakış uygulanır (Şekil 4.72a). Bu hillshade görüntüsüne göre oluşturulan çizgisel yoğunluk haritasına göre yoğunlaşma, 0° ve 135°'ye benzer şekilde çalışma alanının özellikle merkezi-batı ve kuzeydoğu kesimlerinde görülmektedir. Alanın güney kesimleri yapısal olarak daha stabil görünmektedir (Şekil 4.72b). Bu diyagramdan elde edilen veriler, arazideki ana fay sisteminin N75°E doğrultulu fay sistemi ile örtüşmektedir (Şekil 4.72e). 315° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü baz alınarak çizilen gül diyagramına göre genel olarak çizgisellikler N10°W – N70°E arasında yoğunlaşmıştır (Şekil 4.72d). Ayrıca topoğrafya NE-SW uzanımlıyken, baskın çatlak sistemi NNE-SSW uzanımlıdır. 315° bakış yönü bölgedeki ana fay sistemini temsil ederken çatlak sistemleri ile örtüşmemektedir.



Şekil 4. 71. a) Çalışma alanının 315° bakış yönüne ait gölgeli kabartma haritası, b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası, c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N10W°-N70°E e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı

0°–135° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü 0°, 45°, 90° ve 135° azimut değerleriyle üretilmiş hillshade görüntüleri birleştirilerek NE ve E yönlerinden aydınlatılmış topoğrafyanın bütüncül bir temsili elde edilmiştir (Şekil 4.73a). Bu

hillshade görüntüsüne göre oluşturulan çizgisel yoğunluk haritasına göre yoğunlaşma, çalışma alanının özellikle batı ve kuzeydoğu kesimlerinde görülmektedir (Şekil 4.73b).

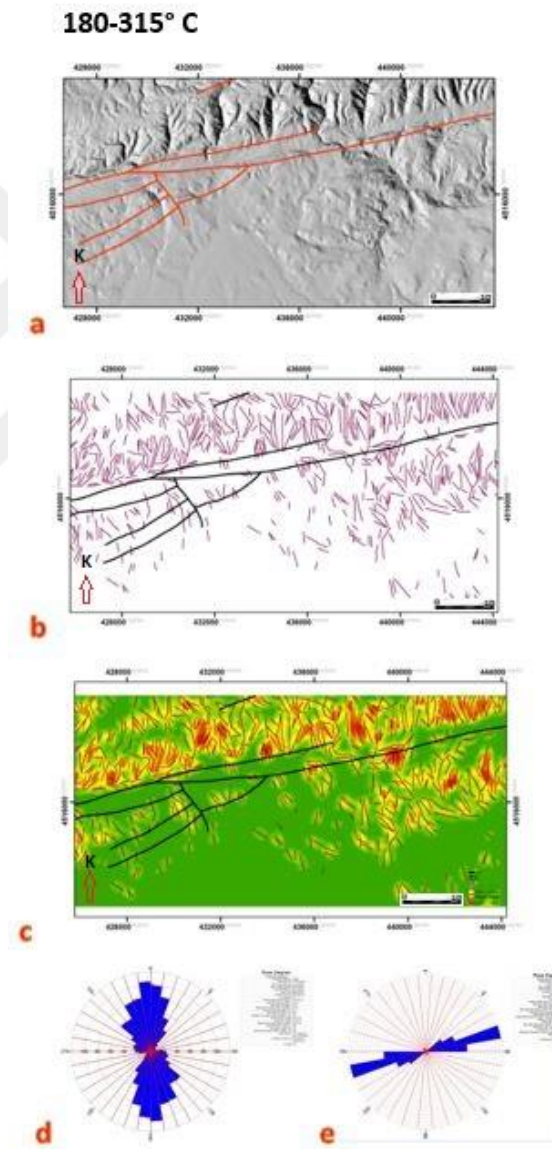


Şekil 4. 72. a) Çalışma alanının doğu (0°, 45°, 90°, 135°) için entegre gölgeli kabartma haritası b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N10°-20°W e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı

Bu nedenle 0°–135° aralığındaki hillshade görüntüleri, birbirini tamamlayan ışık açılarının sunduğu farklı morfolojik vurgular sayesinde, arazi üzerindeki tüm ana çizgisellik setlerini tespit etmede yüksek verimlilik sağlar ve çok yönlü bir jeolojik yorumlama süreci oluşturur (Şekil 4.73c). Bu diyagramdan elde edilen veriler, arazideki

ana fay sisteminin N80°E doğrultulu fay sistemi ile örtüşmektedir (Şekil 4.73e). 0°-315° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü baz alınarak çizilen gül diyagramına göre genel olarak çizgisellikler N25°W – N10°E arasında yoğunlaşmıştır (Şekil 4.73d). Ayrıca topoğrafya NE-SW uzanımlıyken, baskın çatlak sistemi NNW-SSE uzanımlıdır. 0°-315° bakış yönü bölgedeki ana fay sisteminin temsili ederken çatlak sistemleri ile örtüşmektedir.

180°-315° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü 180°, 225°, 270° ve 315° azimut değerleriyle oluşturulan görüntüler birleştirilerek SW ve W yönlerinden gelen ışık koşulları altında topografyanın alternatif bir görünümü sağlanmıştır (Şekil 4.74a).

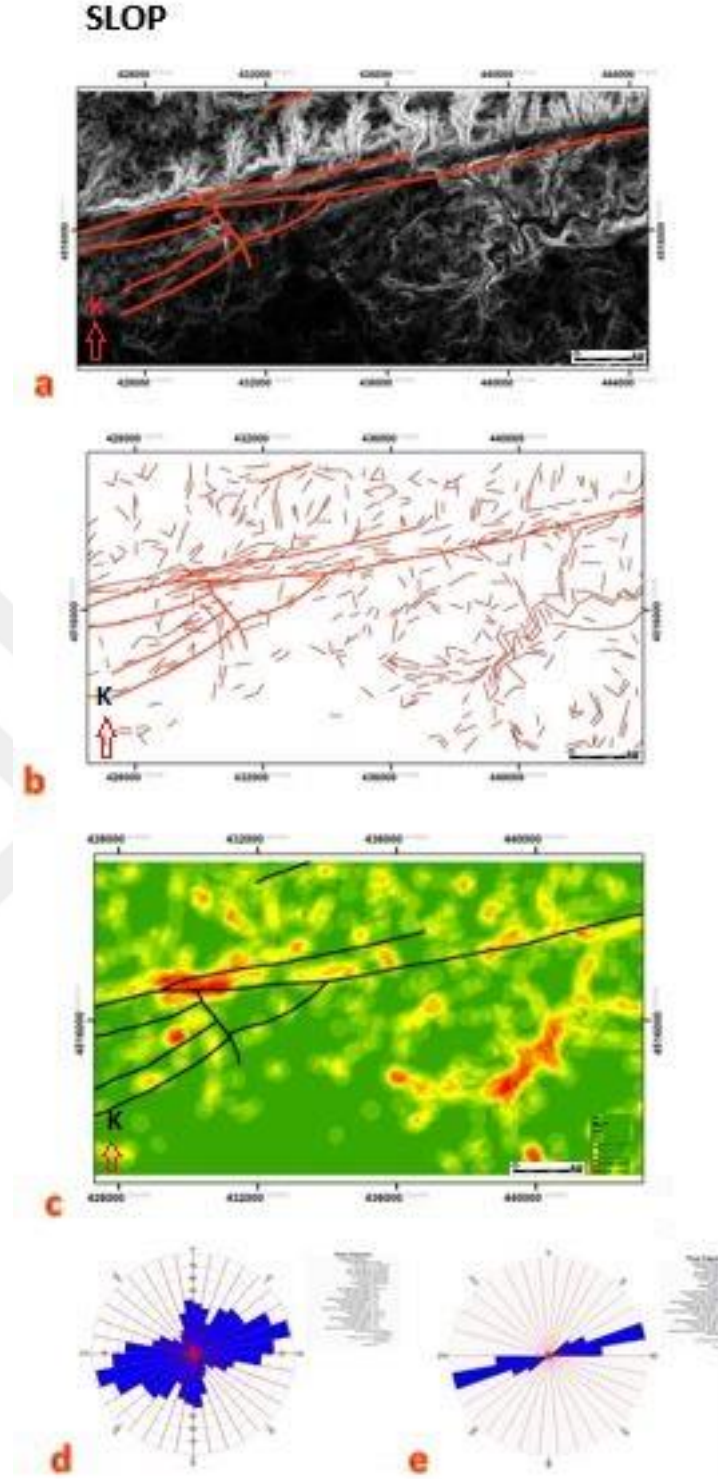


Şekil 4. 73. a) Çalışma alanının batı (180°, 225°, 270°, 315°) için entegre gölgeli kabartma haritası b) Rölyef haritasına göre çizilen çizgisellik haritası c) Çizgisel yoğunluk haritası d) Çizgisellik haritasına göre oluşturulan gül diyagramı. Egemen çizgisellik doğrultuları N10°-20°W e) Çalışma alanındaki fay ölçümlerine göre çizilen gül diyagramı

Bu hillshade görüntüsüne göre oluşturulan çizgisel yoğunluk haritasına göre yoğunlaşma, çalışma alanının özellikle NW-SW arasında kalan kesimlerinde görülmektedir (Şekil 4.74b). Bu nedenle 180°-315° hillshade aralığı, farklı doğrultulardaki çizgiselliklerin tamamlayıcı biçimde ortaya çıkmasını sağlayarak jeolojik yapıların çok yönlü ve güvenilir biçimde analiz edilmesine önemli katkı sunar. (Şekil 4.74c). Bu diyagramdan elde edilen veriler, arazideki ana fay sisteminin N75°E doğrultulu fay sistemi ile örtüşmektedir. (Şekil 4.80e). 180°-315° bakış yönüne ait hillshade görüntüsü baz alınarak çizilen gül diyagramına göre genel olarak çizgisellikler N10°W – N15°E arasında yoğunlaşmıştır (Şekil 4.74d). Ayrıca topoğrafya NE-SW uzanımlıyken, baskın çatlak sistemi NNW-SSE uzanımlıdır. 180°-315° bakış yönü bölgedeki ana fay sistemini temsil ederken çatlak sistemleri ile örtüşmektedir.

Slope (eğim) haritaları, sayısal yükseklik modelinden (SYM) türetilmiş arazinin eğim değerlerini gösterir. Eğim haritası, her pikselin komşularına göre ne kadar dik olduğunu göstermektedir. Yamaç kırıkları, ani yükseklik değişimleri, dere yatakları gibi ani değişimleri renk skalasıyla vurguladığı için çizgisellik analizi için temel katman sağlar. Yüksek eğimler, dağlık alanlarda, yamaçlarda veya fay zonlarının kenarlarında yer alır. Haritalardaki bu renk kontrastları, çizgiselliklerin tanımlanmasına yardımcı olur. Oluşturulan slope haritasına göre deformasyon, çalışma alanının tüm kuzey yarısında ve güneydoğu kesiminde, yani topoğrafik olarak yüksek ve eğimin fazla olduğu bölgelerde toplandığı net bir şekilde görülmektedir (Şekil 4.75a_b_c).

Eğim gradyanı haritasından türetilmiş çizgisellik haritasına ait gül diyagramı, çizgiselliklerin K70-80D ve yaklaşık K-G gidişlerinde yoğunlaşmış iki gidiş vermektedir (Şekil 4.75d). K70-80D yönelimli egemen gidiş Kuzey Anadolu Fay Zonunun ortalama gidişine paraleldir.



Şekil 4. 74. a) SYM görüntüsünden oluşturulan slope (eğim) haritası b) Slope görüntüsünden türetilen çizgisellik haritası c) Slope görüntüsünden türetilen çizgisel yoğunluk haritası d) Slope görüntüsünden türetilen çizgiselliklere göre çizilen gül diyagramı. Egemen çatlak doğrultusu: N72°E

Hem 90° ve 270° entegre gölgeli kabartma haritaları hem de slope haritalarından türetilen çizgisellik haritaları baz alınarak çizilen gül diyagramları ile arazi verileri kullanılarak çizilen gül diyagramı örtüşmektedir.

4.3. İnceleme Alanının Morfotektonik Analizi

4.3.1. Metodlar

Bu çalışmada temel morfolojik özellikler analiz edilmektedir. Jeomorfolojik ve morfometrik analizler arazi çalışmaları ve sayısal yükseklik modelleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde, tektonik ve litoloji dâhil olmak üzere altı ana parametre kullanılmıştır.

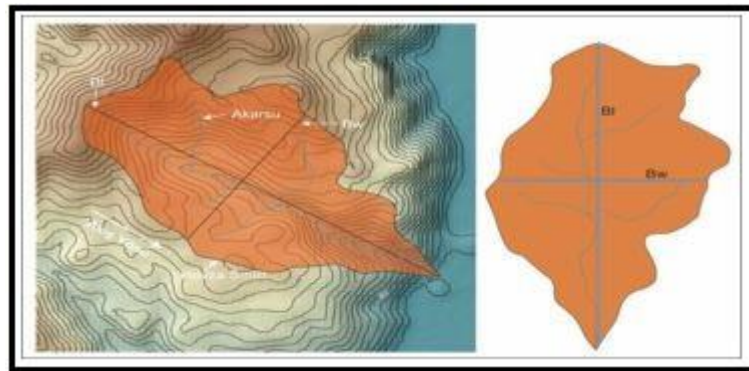
4.3.1.1. Havza şekli indisi (Bs)

Akarsu drenaj ağları topografyadaki değişikliklere cevap vererek karakteristik dokular oluşturmaktadır. Örneğin tektonik yükselmeye meydana gelen dik yamaçlarda paralel akarsu dokusu görülmektedir. Litolojik özelliklerde göz önünde bulundurularak yapılacak analizler aktif tektonikle ilişkilendirilebilir. Görece aktif yükselen bölgelerde akarsu drenaj havzaları eliptik (uzamış) bir şekil alırken inaktif alanlarda ise daha yuvarlak bir şekil almaktadır. Havza şekli indisi (Bs) bunları nicel olarak ortaya koyar ve havzalar arasındaki ayrımı yapmayı sağlar (Ramirez-Herrera, 1998).

Bs havza uzunluğunun genişliğine oranı olarak ifade edilir (Şekil 4.76) ve

$$Bs = \frac{Bl}{Bw}$$

Maksimum eksen (Bl), Minimum eksen (Bw)

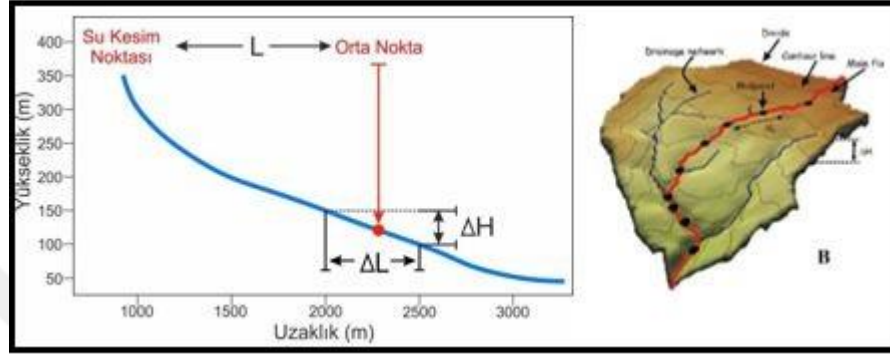


Şekil 4.75. Havza şekli indisi (Bs)

4.3.1.2. Akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL)

Nehir eğim indeksi (SL indeksi), bir bölgedeki akarsuyun uzunluğu ile yükseklik farkı ve akarsu uzunluğu esas alınarak hesaplanan bir parametredir. SL değeri, topografya haritalarından aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir (Şekil 4.77):

$$SL = \frac{\Delta H}{\Delta L} \times L$$



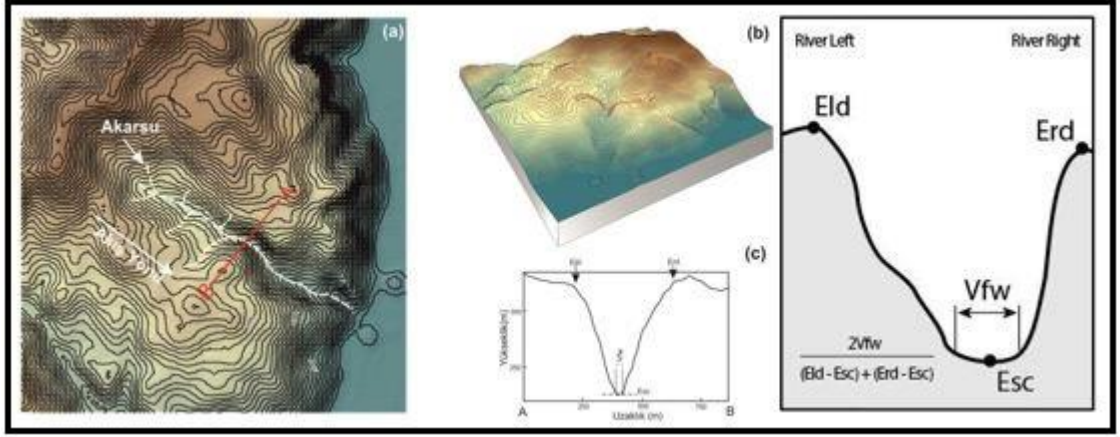
Şekil 4.76. Akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL)

ΔH , hesaplanacak noktadaki yükselti farkını ifade eder. ΔL , hesaplanacak noktaya kadar olan akarsu uzunluğunu ifade eder. L , hesaplanacak noktadan yukarı yönde akarsuyun toplam uzunluğunu ifade eder. SL değeri, vadi eğimindeki değişimlere karşı oldukça hassastır. Bu hassasiyet derecesi, aktif tektonik, kayaç direnci ve topografya arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için kullanılabilir.

4.3.1.3. Vadi tabanı genişliğinin vadi yüksekliğine oranı indeksi (V_f)

Vadi tabanı genişlik-yükseklik oranı (V_f indeksi), bir bölgedeki vadinin genişliği ile yüksekliği arasındaki oranın değerini ifade eder. Vadi tabanı genişlik-yükseklik oranı (V_f) aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir (Şekil 4.78):

$$V_f = 2 V_{fw} / (E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})$$



Şekil 4.77. Vadi tabanı genişliğinin vadi yüksekliğine oranı indisi (Vf)

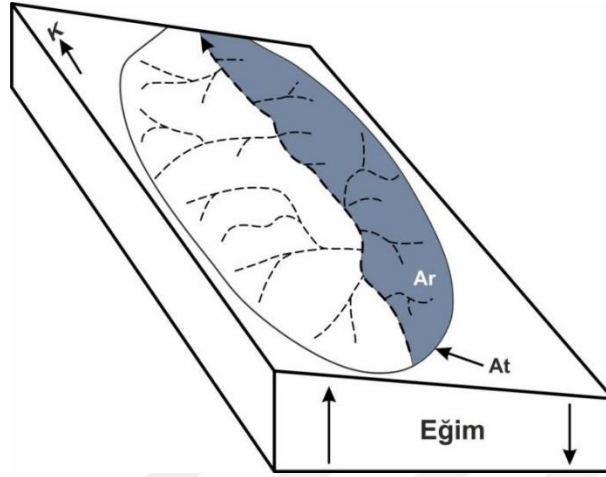
Vfw, vadi tabanı genişliğini; Eld ve Erd, vadinin sol ve sağ yamaçlarının yükseltilerini; Esc ise vadi tabanının yükseltisini ifade eder. Yüksek Vf değerleri, düşük yükselme hızları ile ilişkilidir. Bu durumda akarsu, vadi tabanında daha geniş bir şekilde oyma yapar ve vadinin şekli giderek genişler. Vadiler bu koşullarda genellikle “U” harfi biçiminde gelişir. Düşük Vf değerleri ise derin vadileri yansıtır, vadiler “V” harfi biçiminde gelişir ve akarsu aktivitesindeki artışı gösterir. Bu durum daha yüksek yükselme hızları ile ilişkilidir.

4.3.1.4. Havza asimetri faktörü indisi (A_f)

Havza Asimetrisi (AF indeksi), bir havzanın belirli bir bölümünün alanı ile havzanın toplam alanı arasındaki oranı ifade eder. Bu çalışmada hesaplamalarda, akarsu akış yönüne göre sağ tarafta kalan havza bölümü kullanılmıştır. Bir havzanın sağ ve sol kısımlara ayrılması, ana akarsu yönüne göre yapılır ve böylece havza ikiye bölünür: sağ ve sol kısımlar. Akarsu havzaları, desen ve geometrilerinin incelenmesi yoluyla aktif tektonik deformasyon hakkında bilgi sağlayabilir. AF değeri, küçük veya geniş ölçekli havzalarda tektonik eğim süreçlerini (tectonic tilting) tespit etmek amacıyla kullanılan nicel analiz yöntemlerinden biridir (Keller ve Pinter, 1996; Pinter, 1996). AF indeksi, jeomorfolojik tektonik çalışmalarında, yapıları kesen akarsu havzalarındaki tektonik kökenli eğimleri belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Hesaplama yöntemi ise şu şekildedir (Şekil 4.78):

Havza asimetri faktörü;

$$AF = \frac{Ar}{At} \times 100$$



Şekil 4.78. Havza asimetri faktörü indisi (Af)

Keller & Pinter (2002)'ye göre, $AF = 50$ değeri bir bölgenin göreceli olarak stabil olduğunu göstermektedir. Ancak, AF değerinin 50'den daha düşük veya yüksek olması, bölgede eğimlenmenin varlığını ve bölgenin tektonik olarak aktif olduğunu işaret eder. El Hamdouni (2008), AF hesaplama sonuçlarını aşağıdaki sınıflara ayırmıştır:

sınıf I : $(Af-50) \geq 15$

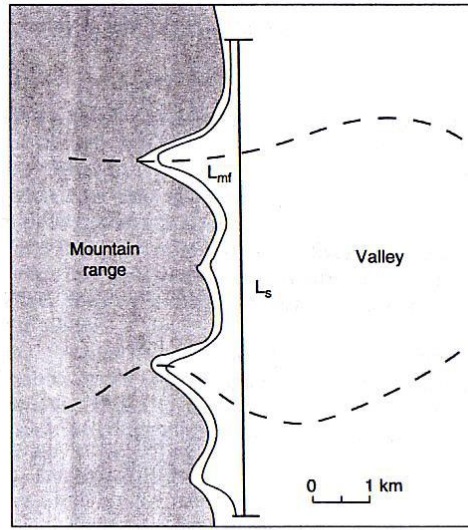
sınıf II : $7 \leq (Af-50) \leq 15$

sınıf III : $(Af-50) \leq 7$

4.3.1.5. Dağ önü eğrisellik oranı indisi (Smf)

Dağ önü girintililiği (*mountain front sinuosity*), Smf sembolü ile gösterilmekte olup, dağ sırasının ova alanlarına bakan ön kısmını ifade etmektedir. Dağ önü, dağ cephesi boyunca ölçülen kavisli uzunluğun, belirli bir referans noktasına olan doğrusal mesafe ile karşılaştırılması yoluyla hesaplanmaktadır. Dağ önü girintililiğini (Smf) hesaplamak için kullanılan denklem şu şekildedir (Şekil 4.80).

$$S_{mf} = \frac{L_{mf}}{L_s}$$



$$\begin{aligned} \text{Mountain front sinuosity} \\ = S_{mf} \frac{L_{mf}}{L_s} = \frac{10.5 \text{ km}}{8.5 \text{ km}} = 1.2 \end{aligned}$$

Şekil 4.79. Dağ önü girintililiğinin (*mountain front sinuosity*) hesaplama yöntemi (Keller ve Pinter, 1996).

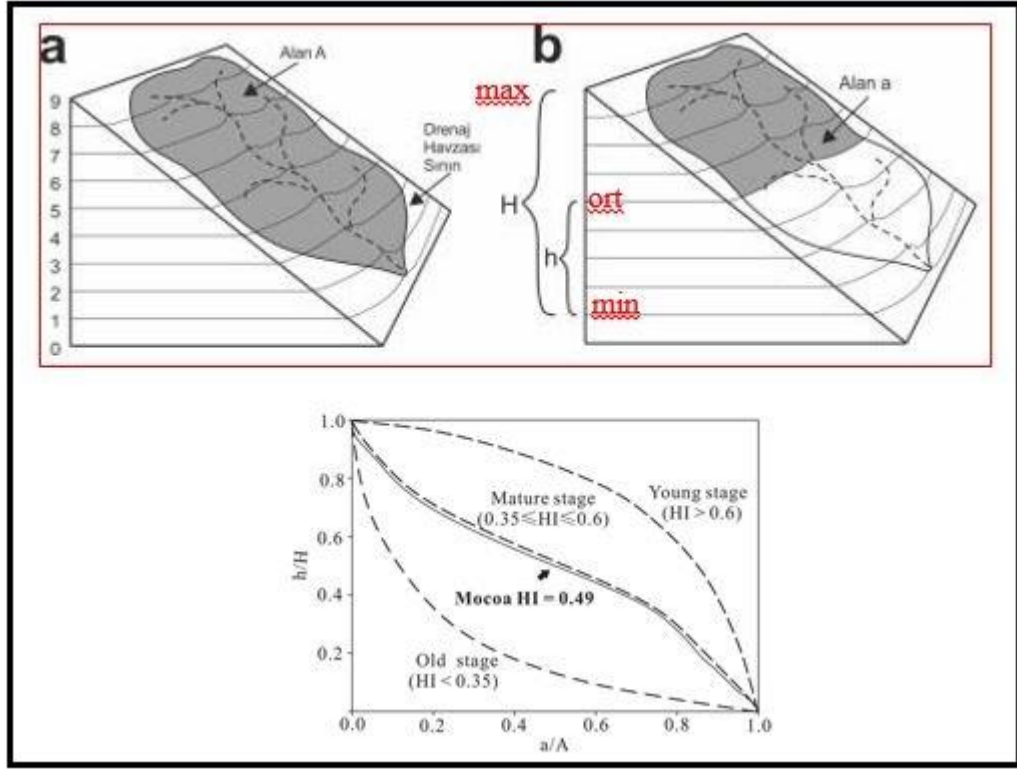
L_{mf} , dağ önü yüzeyinin alt kesimlerindeki kavisli uzunluğu ifade eder. L_s ise dağ önünün doğrusal uzunluğunu göstermektedir. S_{mf} değerinin hesaplanması, topografya haritaları ya da diğer uzaktan algılama verileri (uydu görüntüleri vb.) kullanılarak oldukça kolay bir şekilde gerçekleştirilebilir. S_{mf} , erozyonun dağ önü boyunca kesme eğilimi göstererek girintiler oluşturması ile doğrudan dağ önünü şekillendiren ve aktif fay zonları ile ilişkili tektonik kuvvetler arasındaki dengeyi yansıtan bir değerdir. Düşük S_{mf} değerleri, aktif tektonik süreçler ve doğrudan yükselme ile ilişkilidir. Yükselme hızının azalması durumunda, erozyon süreçleri baskın hale gelir, dağ önü düzensiz şekilde aşındırılır ve S_{mf} değeri artış gösterir. S_{mf} , büyük ölçekli ve yüksek çözünürlüklü topografya haritaları veya hava fotoğraflarından kolaylıkla hesaplanabilmektedir.

4.3.1.6. Hipsometrik integral (H_i)

Hipsometrik integral (H_i) bir jeolojik yapının yapıcı ve yıkıcı kuvvetlerden hangisinin daha baskın olduğunu belirlemek için, başka bir değişle yapının aşınım döngüsü içindeki yerinin tayininde kullanılan hızlıca üretilebilecek bir veridir. Buna göre; (Şekil 4.81)

$$H_i = \frac{H_{ort} - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$$

formülüyle hesaplanır (Strahler 1952).

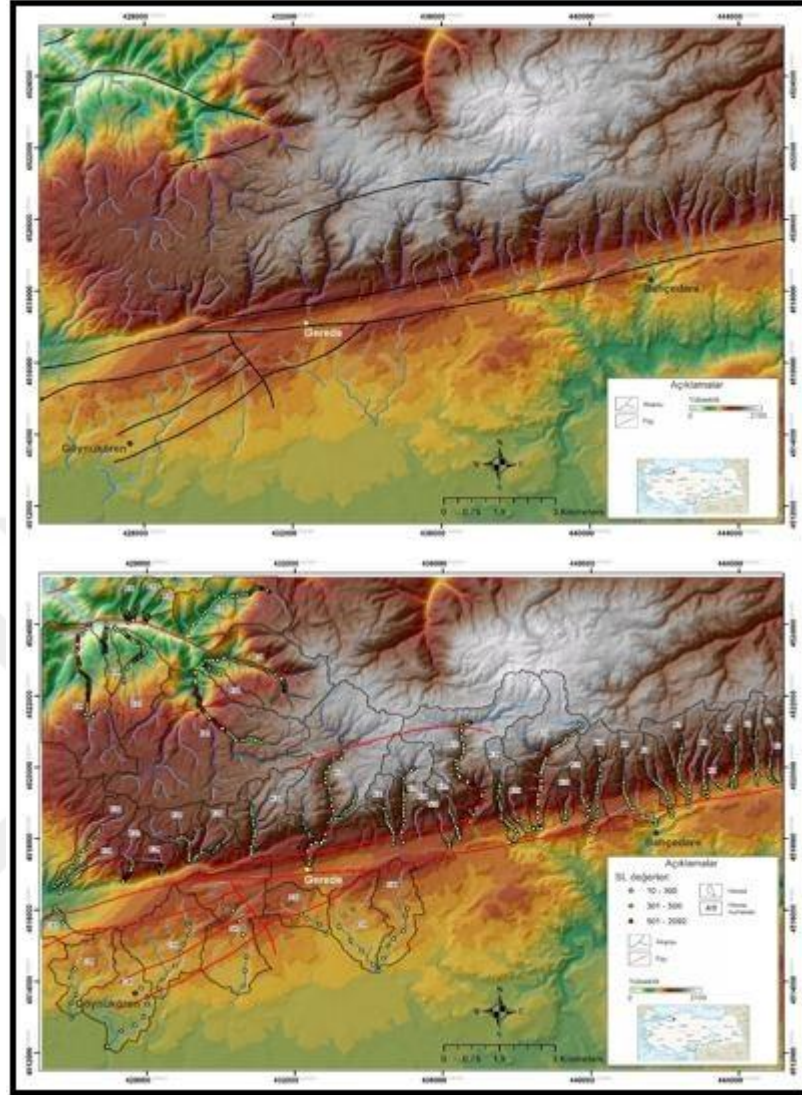


Şekil 4.80. Hipsometrik eğrinin oluşturulma yöntemi (Strahler, 1952).

Formüldeki Ortalama yükseklik (Hort) sayısal yükseklik modelinden (SYM) hesaplanabilmektedir. Maksimum (Hmax) ve minimum (Hmin) yükseklikler ise doğrudan SYM üzerinden ya da bir topoğrafik haritadan bulunabilir (Keller ve Pinter 2002). Hipsometrik integral jeolojik bir yapının gençlik, olgunluk ya da yaşlılık aşamalarından oluşan teorik evrim aşaması içerisinde hangisine daha yakın olduğunu göstermektedir.

Buna göre yüksek integral değerleri jeolojik bir yapının gençlik aşamasını başka bir deyişle yapıcı kuvvetlerin daha etkin olduğunu gösterirken, daha düşük integral değerleri ise yıkıcı kuvvetlerin etkisi ile yaşlılık aşamasını göstermektedir (örn. Keller ve Pinter, 2002).

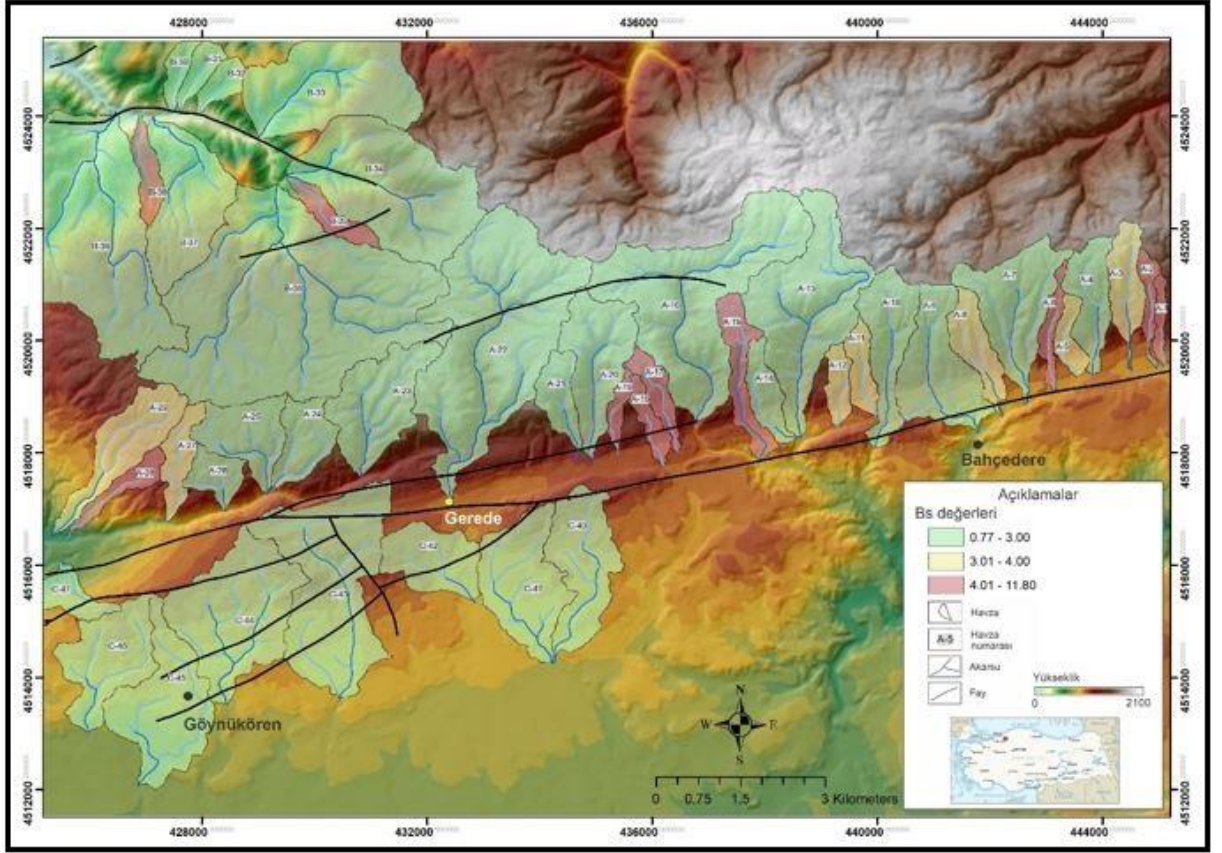
4.3.2. İnceleme alanındaki indislerin analizi



Şekil 4.81. Akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL)

Hesaplamalar sonucunda elde edilen SL değerleri, fay zonu boyunca akarsu güzergâhlarında 10 ile 2.092 arasında değişmektedir (Şekil 4.82). El Hamdouni (2008)'e göre, araştırma alanı 3 sınıfa ayrılmaktadır. Bazı drenaj havzalarının orta ile yüksek SL değerlerine sahip olduğu görülmektedir (A-13, A-16, A-22, B-36, B-37 ve B-39). En düşük indeks değerleri genellikle drenaj havzalarının yukarı kesimlerinde yer alırken, orta ve yüksek SL değerleri ise orta kesimlerden aşağıya doğru (mansaba) doğru başlamaktadır.

4.3.2.1. Bs (Havza şekli indisi)



Şekil 4.82. Havza Şekli İndisi (Bs)

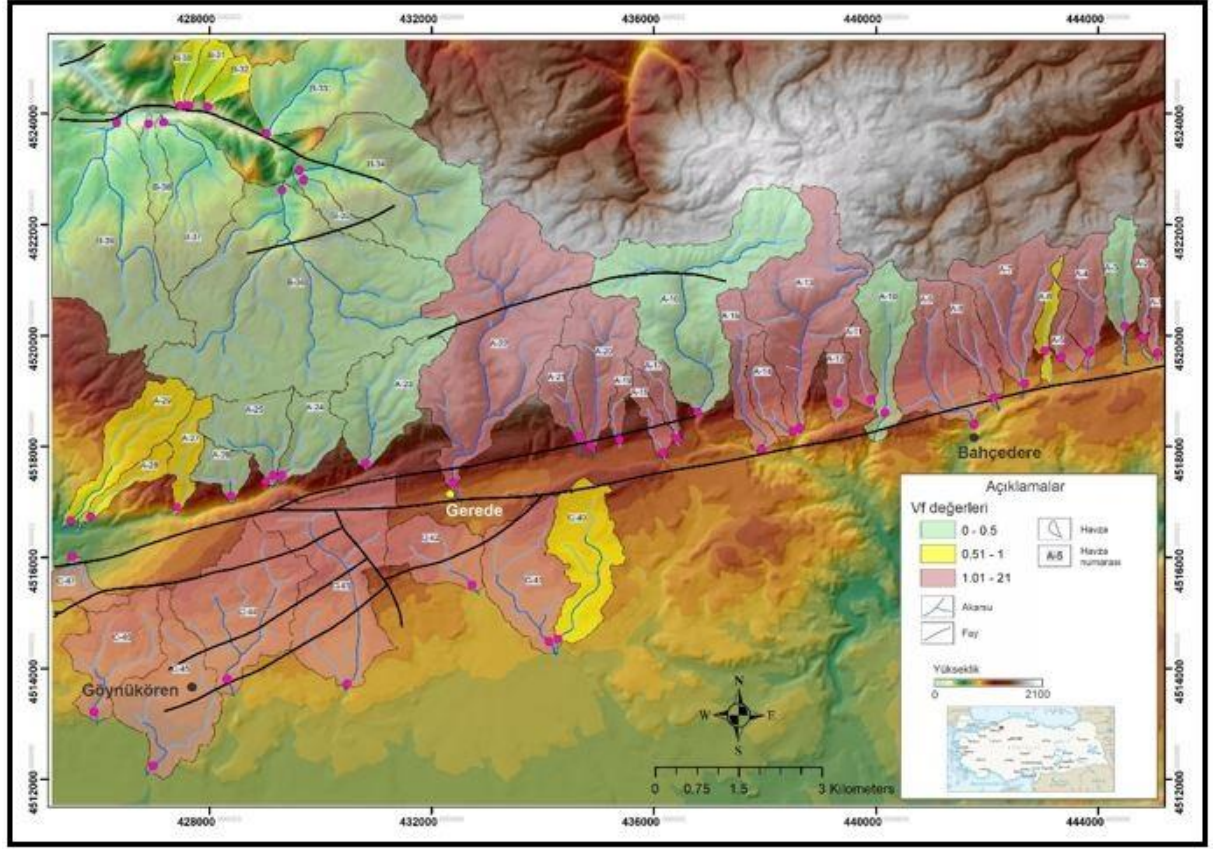
Bs değeri, bir drenaj havzasının uzun eksen ile kısa ekseninin oranı olarak hesaplanmaktadır. Araştırma alanında Bs değerleri 0,77 ile 11,80 arasında değişmektedir. Bu durum, araştırma alanının düşükten yükseğe kadar üç sınıfta tektonik aktivite seviyelerine ayrılabilceğini göstermektedir (Şekil 4.83).

- Sınıf I (yüksek tektonik aktivite):
 - Blok A: A-1, A-2, A-6, A-15, A-17, A-18, A-19, A-28
 - Blok B: B-35, B-38
- Sınıf II (orta tektonik aktivite):
 - Blok A: A-3, A-5, A-8, A-11, A-12, A-27, A-29
- Sınıf III (düşük tektonik aktivite):

Şekil 4. 86. Havza şekli indisi (Bs)

- Blok B: B-30, B-31, B-32, B-33, B-34, B-36, B-37, B-39
- Blok C: C-40, C-41, C-42, C-43, C-44, C-45, C-46, C-47

4.3.2.2. Vf (Vadi tabanı genişliğinin vadi yüksekliğine oranı indisi)



Şekil 4. 83. Ana vadiler ve tepe/dağ yamaçlarını kesen veya bunlara paralel akan akarsular.

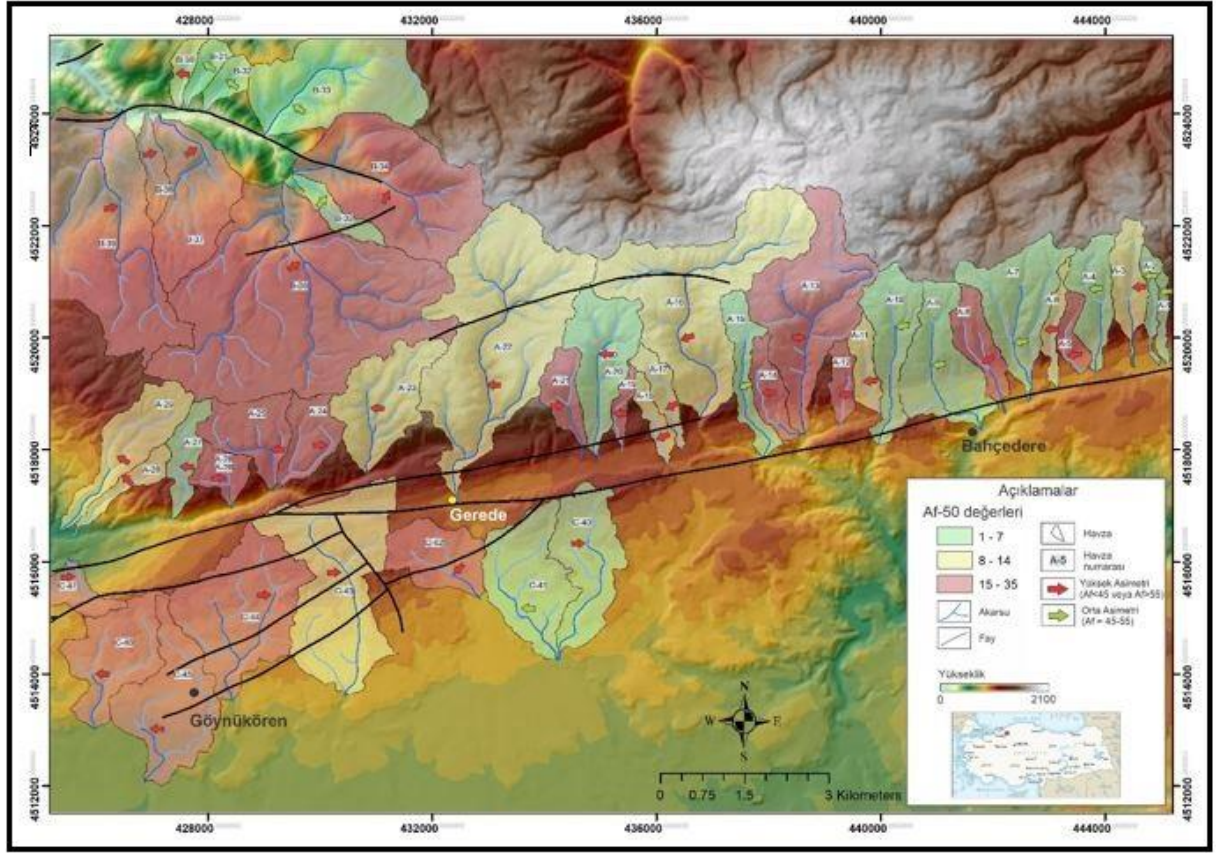
Vf indeksi hesaplamalarında kullanılmıştır. Vf değerleri, kaya türü, akarsu debisi ve drenaj havzası boyutlarından önemli ölçüde etkilenmektedir.

Tablo ve Şekil 4.84'e göre:

- Blok A: Vf değerleri 0,17 – 21,05 arasında değişmektedir.
- Blok B: Vf değerleri 0,18 – 0,70 arasında değişmektedir.
- Blok C: Vf değerleri 0,81 – 8,62 arasında değişmektedir.

En düşük ortalama Vf değeri Blok B'de, en yüksek ortalama değer ise Blok A'da gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, her bir blokta fay/tektonik aktivitenin değerlendirilmesi için iyi bir gösterge olarak kullanılabilir.

4.3.2.3. Af (Havza asimetri faktörü indisi)

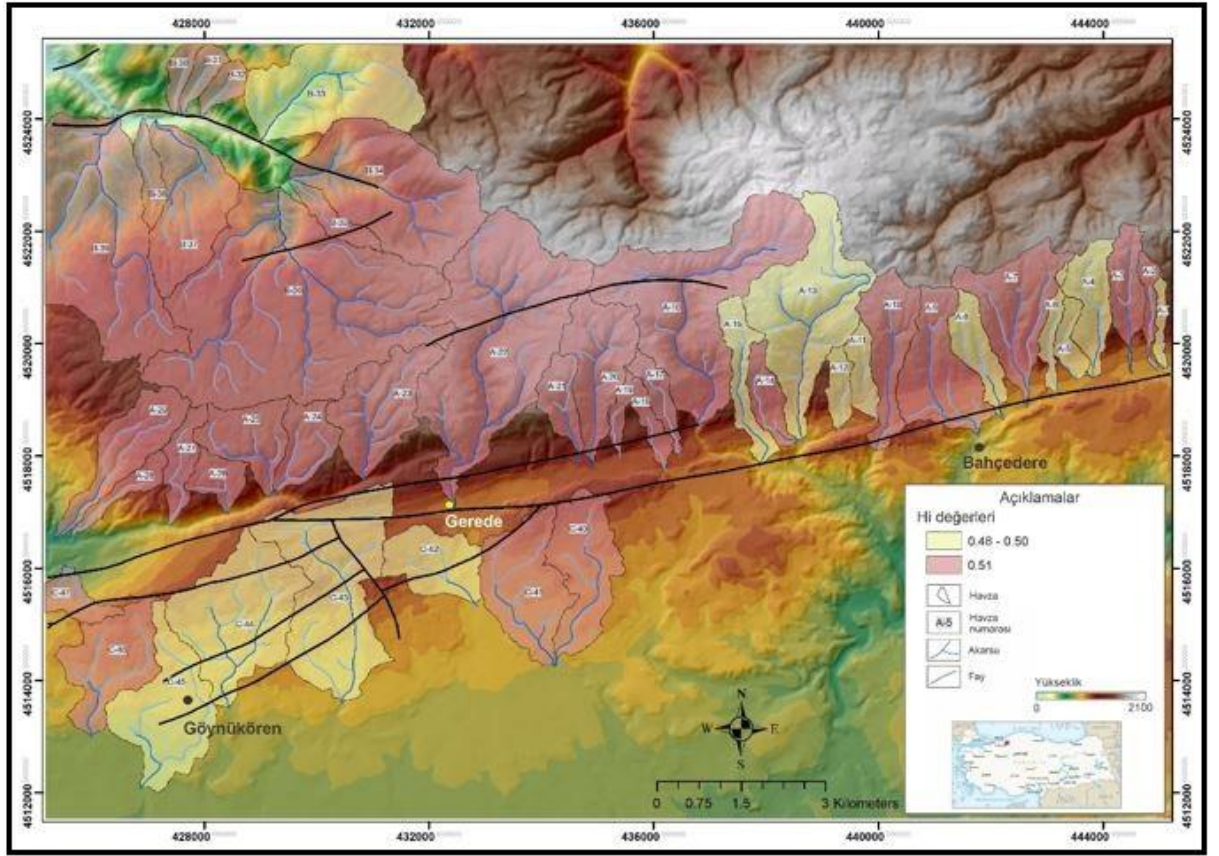


Şekil 4.84. AF – 50 değerleri 1 ile 35 arasında değişmektedir. Bu değerler, gözlemlenen değer ile stabil/netral değer (50) arasındaki farkı göstermektedir.

Aşağıdaki tabloya göre, drenaj havzaları El Hamdouni (2008) sınıflamasına göre üç sınıfa ayrılmaktadır (Şekil 4.85):

- Sınıf I (yüksek tektonik aktivite):
 - Blok A: A-5, A-8, A-12, A-13, A-14, A-21, A-24, A-25, A-26
 - Blok B: B-34, B-36, B-37, B-39
 - Blok C: C-42, C-44, C-45, C-46, C-47
- Sınıf II (orta tektonik aktivite):
 - Blok A: A-3, A-6, A-11, A-16, A-17, A-18, A-22, A-23, A-28, A-29
 - Blok B: B-30
 - Blok C: C-43
- Sınıf III (düşük tektonik aktivite):
 - Blok A: A-1, A-2, A-4, A-7, A-9, A-10, A-15, A-20, A-27
 - Blok B: B-31, B-32, B-33, B-35
 - Blok C: C-40, C-41

4.3.2.4. Hi (Hypsometry integral)

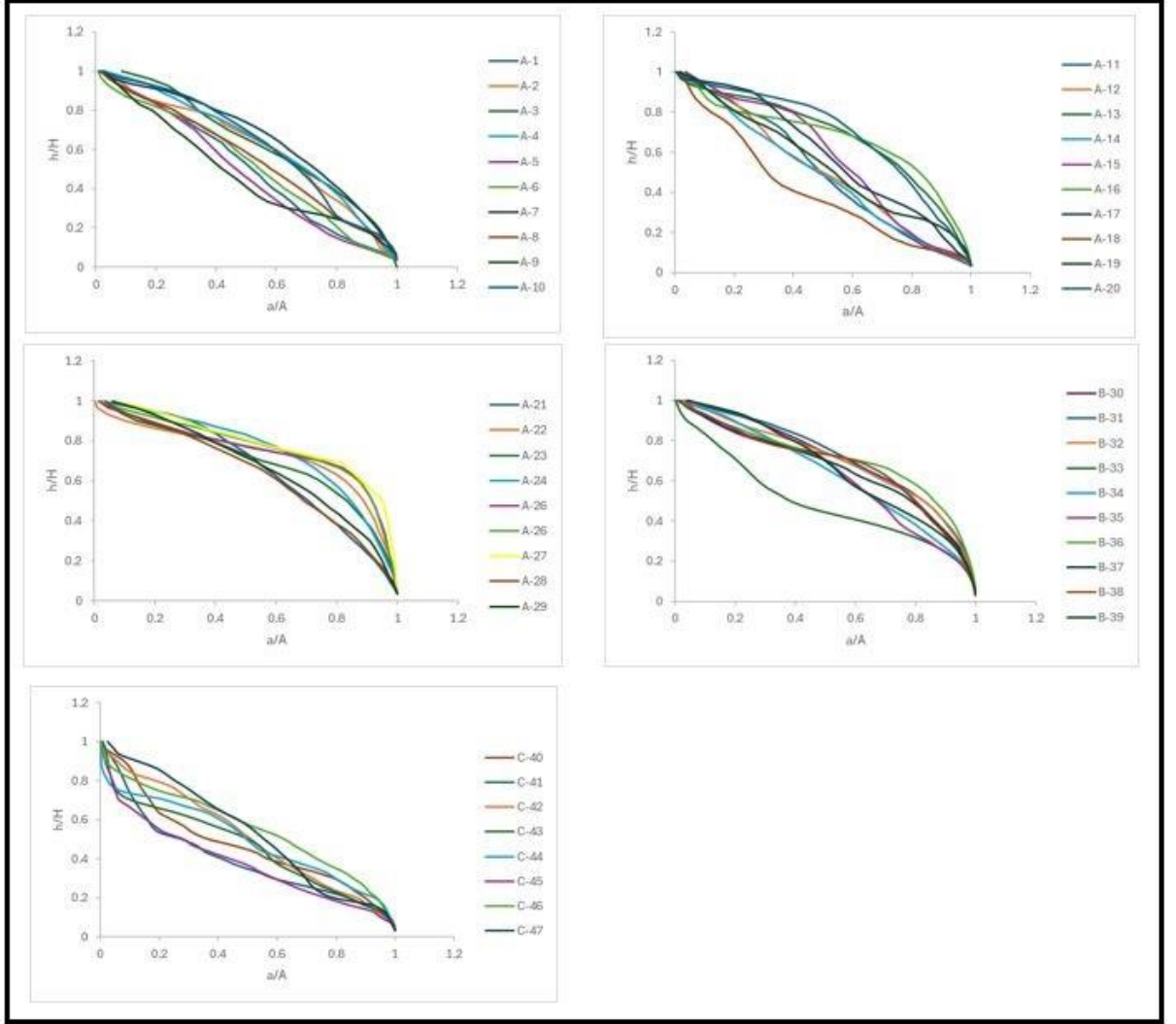


Şekil 4.85. Hipsometry integral (Hi)

Araştırma alanındaki Hi değerleri 0,488 – 0,513 arasında değişmektedir. El Hamdouni (2008) sınıflamasına göre, araştırma alanının morfolojisi tektonik aktivite ve erozyondan etkilenmiş olup, orta (Sınıf II) ve yüksek (Sınıf I) kategorilere ayrılmaktadır (Şekil 4.86 ve 4.87).

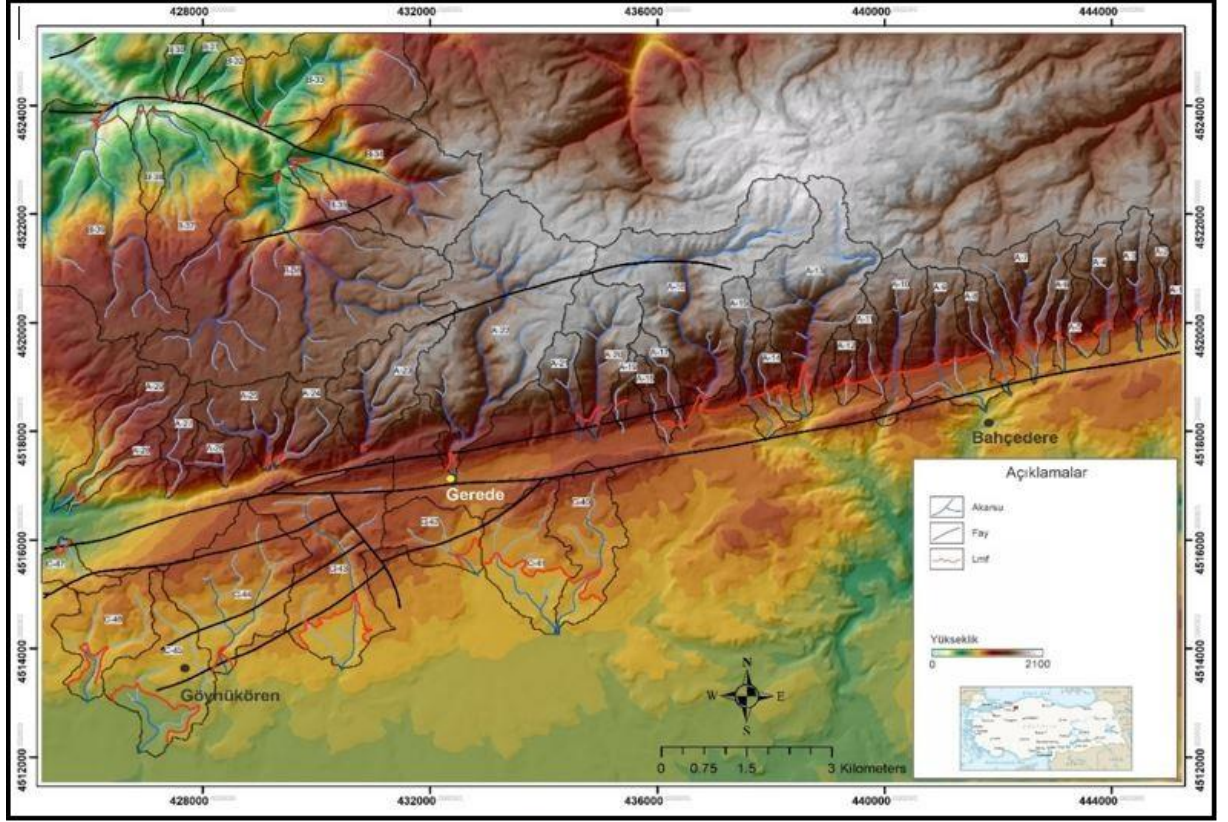
- Sınıf I (yüksek):
 - Blok A: A-2, A-3, A-7, A-9, A-10, A-14, A-16, A-17, A-18, A-19, A-20, A-21, A-22, A-23, A-24, A-25, A-26, A-27, A-28, A-29
 - Blok B: B-30, B-31, B-32, B-33, B-34, B-35, B-36, B-37, B-38, B-39
 - Blok C: C-40, C-41, C-46, C-47
- Sınıf II (orta):
 - Blok A: A-1, A-4, A-5, A-6, A-8, A-11, A-12, A-13, A-15
 - Blok C: C-42, C-43, C-44, C-45

Sınıf I'deki H_i değerleri, yüksek arazilerin henüz büyük ölçüde erozyona uğramadığını ve daha genç bir morfolojiye sahip olduğunu, muhtemelen daha aktif veya baskın tektonik etkiler altında oluştuğunu göstermektedir. Sınıf II (orta) kategorisi ise, tektonik ve erozyon etkilerinin her ikisinin birden arazinin şekillenmesinde rol oynadığını göstermektedir.



Şekil 4.86. Araştırma alanındaki Hipsometry integral (H_i) değerlerinin grafiksel değişimleri

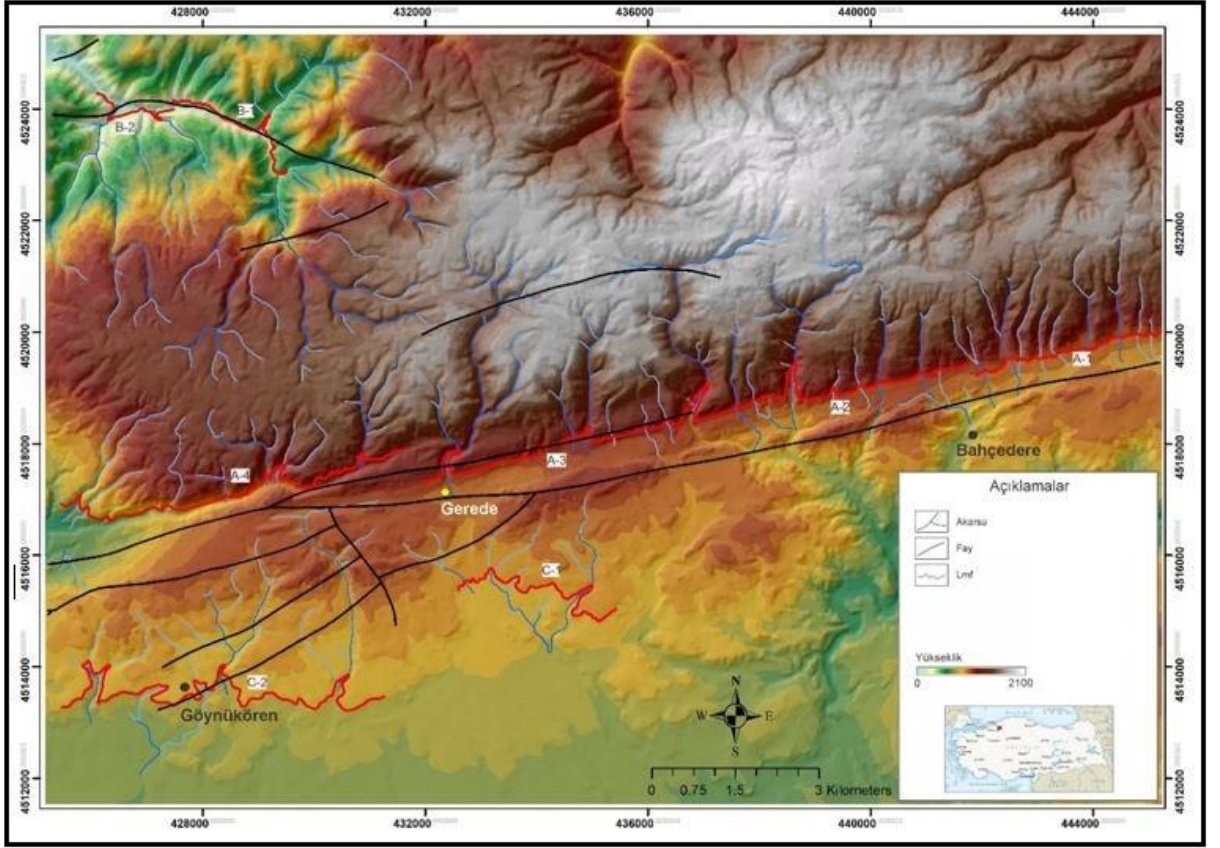
4.3.2.5. Dağ önu eğrisellik oranı indisi (Smf) (Şekil 4.88, 4.89 ve 4.90)



Şekil 4.87. Dağ önu eğrisellik oranı indisi (Smf)

Kod	Smfdeğerleri	Kod	Smfdeğerleri	Kod	Smfdeğerleri	Kod	Smfdeğerleri	Kod	Smfdeğerleri
A-1	1.12	A-11	1.17	A-21	2.11	A-31	1.19	A-41	1.54
A-2	1.74	A-12	1.43	A-22	3.22	A-32	1.54	A-42	1.98
A-3	1.89	A-13	3.50	A-23	2.44	A-33	3.99	A-43	3.18
A-4	1.64	A-14	1.47	A-24	2.61	A-34	7.15	A-44	2.82
A-5	1.16	A-15	1.14	A-25	2.29	A-35	2.06	A-45	2.60
A-6	1.82	A-16	1.80	A-26	1.63	A-36	4.95	A-46	4.78
A-7	1.48	A-17	1.22	A-27	1.09	A-37	1.83	A-47	2.47
A-8	1.23	A-18	1.17	A-28	1.97	A-38	1.62		
A-9	1.07	A-19	1.05	A-29	1.90	A-39	3.92		
A-10	1.14	A-20	3.15	A-30	1.39	A-40	2.42		

Şekil 4.88. Kod değerlerine göre Smf değerleri



Şekil 4. 89. Dağ önü eğrisellik oranı indisi (Smf)

4.3.2.6. Vf (Vadi tabanı genişliğinin vadi yüksekliğine oranı indisi) vs Smf (Dağ önü eğrisellik oranı indisi)

Bull (1977b, 1978), dağ önü kuşaklarında (*mountain fronts*) göreceli tektonik aktivite düzeylerini sınıflandırmıştır. En aktif sınıf (**Sınıf 1**), düşük **Smf** (*mountain front sinuosity*) ve **Vf** (*valley floor width-to-height ratio*) değerleri ile, ayrıca baş kısımlarda konsolide olmamış alüvyal yelpazeler ve Holosen çökellerinin varlığı ile karakterize edilmektedir. Bu sınıfta tektonik yükselme (*uplift*) hızı, kanal oyulması (*channel downcutting*) ve piedmont birikim hızlarından daha büyüktür. **Sınıf 2, 3 ve 4**, daha düşük tektonik aktiviteyi temsil eder; bu durumda, piedmont birikimine kıyasla kanal erozyonu baskın süreçtir. Bu sınıflarda tipik morfoloji, Pleistosen yaşlı alüvyal yelpazelerle ilişkili olarak oyulmuş V-şekilli vadilerdir. **Smf** ve **Vf** değerleri, Sınıf 1'e kıyasla belirgin derecede daha yüksektir (Şekil 4.91 ve 4.92).

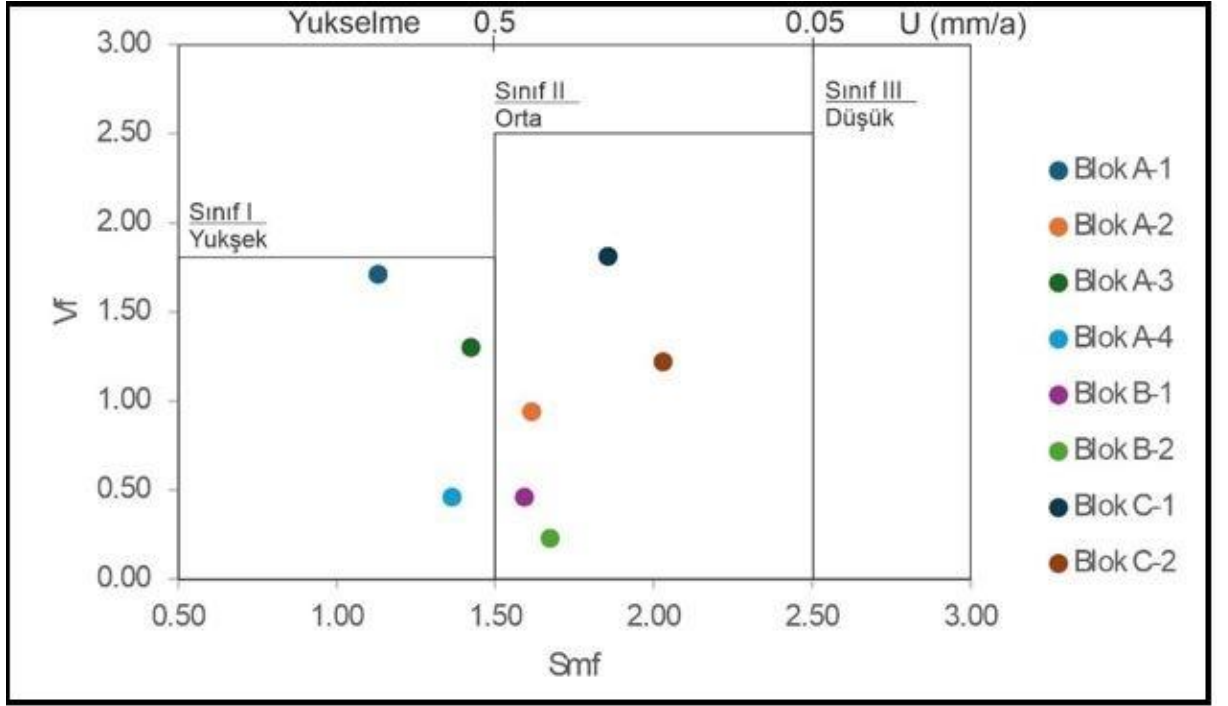
- **Sınıf 2:** Kanal tabanının aşağı doğru oyulma (*channel downcutting*) hızının, fay veya kıvrımla oluşmuş dağ önü segmentlerinin yukarı kesimlerinde V-şekilli vadilerin korunmasına yetecek düzeyde olmasıyla tanımlanır.
- **Sınıf 3:** Daha düşük tektonik aktivitenin gözlemlendiği alanları yansıtır. U-şekilli vadiler gelişmeye başlar; ancak dağ-piedmont birleşim zonu görece düzgündür.
- **Sınıf 4:** Zayıf ya da yok denecek kadar az tektonik aktivitenin bulunduğu durumları temsil eder. Bu sınıfta U-şekilli vadiler ve girintili dağ önleri (*embayed mountain fronts*) ortaya çıkar; bu da erozyon süreçlerinin tektonik yükselmeden daha baskın olduğunu gösterir.
- **Sınıf 5:** Tektonik olarak pasif ya da inaktif bölgelerdeki dağ önlerini ifade eden jeomorfolojik birliktelikleri kapsar.

Bull (1978), her tektonik sınıf için ortalama uplift hızlarını da tahmin etmiştir:

- **Sınıf 1:** ~1–5 mm/1000 yıl
- **Sınıf 2:** ~0,5 mm/1000 yıl
- **Sınıf 3:** ~0,05 mm/1000 yıl

Dag	Smf	Vf _{ort}
Blok A-1	1.13	1.71
Blok A-2	1.61	0.94
Blok A-3	1.42	1.30
Blok A-4	1.36	0.46
Blok B-1	1.59	0.46
Blok B-2	1.67	0.23
Blok C-1	1.86	1.81
Blok C-2	2.03	1.22

Şekil 4.90. Smf ve Vf ortalama değerleri



Şekil 4. 91. Her bir segmentin dağ önü için Smf ile Vf'nin karşılaştırmalı grafiği ve çıkarılan aktivite sınıfları. Dikey çubuklar Vf değerlerinin standart sapmasını göstermektedir. Üst kısımdaki sayılar, Rockwell ve diğerleri (1984) tarafından elde edilen varsayılan yükselme hızlarını U (mm/yıl) ifade etmektedir.

İnceleme alanındaki morfometrik indislere ait Vf, Bs, Af ve Hi değerleri aşağıdaki şekilde özetlenmiştir (Şekil 4.92)

Code	Vf	Bs	AF	Hi	
A-1	13.62	11.80	4.11	0.495	ABlok
A-2	2.10	5.04	1.34	0.503	
A-3	0.36	3.96	10.43	0.504	
A-4	2.22	2.88	1.54	0.497	
A-5	2.17	3.07	14.48	0.488	
A-6	0.60	7.92	11.00	0.495	
A-7	21.05	1.63	2.30	0.505	
A-8	2.82	3.50	20.34	0.496	
A-9	9.60	1.81	1.61	0.506	
A-10	0.30	2.84	1.72	0.505	
A-11	5.26	3.60	8.78	0.498	
A-12	1.33	3.20	20.62	0.495	
A-13	1.46	2.23	18.98	0.495	
A-14	1.22	2.97	16.13	0.504	
A-15	1.14	4.12	3.46	0.497	
A-16	0.17	1.02	11.55	0.502	
A-17	3.17	4.57	7.07	0.501	
A-18	4.00	4.17	13.43	0.503	
A-19	1.67	5.07	14.13	0.507	
A-20	3.73	2.25	6.95	0.501	
A-21	1.03	2.79	23.71	0.509	
A-22	1.21	2.20	8.38	0.505	
A-23	0.42	1.73	12.41	0.504	
A-24	0.29	1.83	21.20	0.503	
A-25	0.38	1.00	24.62	0.503	
A-26	0.30	1.08	24.95	0.504	
A-27	0.52	3.13	5.30	0.509	
A-28	0.70	5.08	9.61	0.505	
A-29	0.60	3.92	11.31	0.511	

Code	Vf	Bs	AF	Hi	
B-30	0.70	2.89	14.00	0.505	B Blok
B-31	0.69	2.85	2.89	0.504	
B-32	0.57	2.09	1.01	0.507	
B-33	0.29	1.15	4.20	0.500	
B-34	0.18	2.05	15.17	0.504	
B-35	0.32	6.08	3.13	0.511	
B-36	0.22	0.77	22.63	0.510	
B-37	0.24	2.45	15.14	0.502	
B-38	0.24	4.53	17.38	0.503	
B-39	0.20	2.42	27.00	0.513	

Code	Vf	Bs	AF	Hi	
C-40	0.81	2.27	5.49	0.507	C Blok
C-41	2.81	1.70	1.52	0.507	
C-42	8.62	1.44	18.34	0.494	
C-43	1.03	1.36	11.84	0.498	
C-44	1.60	1.43	16.91	0.491	
C-45	4.02	1.69	34.74	0.495	
C-46	1.03	1.48	18.43	0.501	
C-47	1.25	1.46	25.68	0.506	

Şekil 4.92. Kodlara göre hesaplanan Vf, Bs, Af ve Hi değerleri

Sonuç olarak; Hesaplamalar sonucunda elde edilen SL değerleri, fay zonu boyunca akarsu güzergâhlarında 10 ile 2.092 arasında değişmektedir

Vadi tabanı genişlik-yükseklik oranı (Vf)

- Blok A: Vf değerleri 0,17 – 21,05 arasında değişmektedir.
- Blok B: Vf değerleri 0,18 – 0,70 arasında değişmektedir.
- Blok C: Vf değerleri 0,81 – 8,62 arasında değişmektedir.

Havza asimetrisi (Af),

Drenaj havzaları El Hamdouni (2008) sınıflamasına göre üç sınıfa ayrılmaktadır:

- Sınıf I (yüksek tektonik aktivite):
 - Blok A: A-5, A-8, A-12, A-13, A-14, A-21, A-24, A-25, A-26
 - Blok B: B-34, B-36, B-37, B-39
 - Blok C: C-42, C-44, C-45, C-46, C-47
- Sınıf II (orta tektonik aktivite):
 - Blok A: A-3, A-6, A-11, A-16, A-17, A-18, A-22, A-23, A-28, A-29
 - Blok B: B-30
 - Blok C: C-43

5. SONUÇLAR

Bolu ili Gerede ilçesi ve çevresinde, yaklaşık 200 km² lik çalışma alanı içerisinde jeolojik amaçlı yapılan bu çalışmada, stratigrafik ve yapısal özellikler bakımından aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1) Çalışma alanının MTA' nın hazırladığı 1/200.000 ölçekli haritası kullanılarak inceleme alanında yer alan formasyonlar ve diğer birimler gösterilmiştir. (Şekil 4.1)

2) Çalışma alanının stratigrafik dikme kesiti önceki çalışmalar da göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. (Şekil 4.2)

3) Çalışma alanının enine jeolojik kesitleri çıkartılmıştır. (Ek-2)

4) Çalışma alanının temelini, Orta Jura- Alt Kretase yaşlı, Soğukçam Formasyonu oluşturmaktadır. Bu formasyonun üzerine ise Üst Kretase yaşlı Abant Formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir.

5) Abant Formasyonu üzerinde ise Alt-Orta Eosen yaşlı Doğanlar Volkanit Üyesi uyumsuz olarak yüzeylemiştir. Doğanlar Volkanit Üyesi ise üzerine gelen Kışlaköy Formasyonu ile girik vaziyettedir.

6) Alt-Orta Miyosen yaşlı Kirazdağı Volkanitleri ise Kışlaköy Formasyonunun üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır.

7) Kirazdağı Volkanitleri ile Orta Miyosen yaşlı Ilıcadere ve Deveören Volkanitleri birbirine girik şekilde yer almaktadır. Deveören volkanitleri içerisinde oolit ve numulit fosilleri gözlenmiştir.

8) Deveören Volkanitlerinin üzerine ise uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gelmektedir.

9) Buraya kadar yapılan geometrik analizler Miyosen-Oligosen öncesinde Kretase ve Jura yaşlı birimler, İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonunun oluşumuna bağlı olarak yaklaşık DKD-BGB gidişli bir tektonik eksen etrafında kıvrımlanmıştır. KKB-GGD yönelimli kabuksal sıkışmalara bağlı olarak gelişen kıvrımlanmalar aynı zamanda yöredeki bindirmelerede paraleldir (Ek-1 ve Ek-2). Devam eden kabuksal kısalmalar Miyosen öncesinde KB-GD gidişli olarak tekrar kıvrımlanmışlardır. Bu evredeki kabuk kısalması yönelimi ise yaklaşık KD-GB'dir. Pliyosen-Miyosen dönemindeki Neotektonik hareketler ise KD-GB yönelimli kıvrımlanmalar ve yaklaşık D-B gidişli kısalmalar oluşturmuştur.

10) Kuzey Anadolu Fay Zonu; çalışma alanının içerisinde yaklaşık 20 km kadar KD-GB doğrultulu olarak uzanmaktadır. Fay uzanımı boyunca belli yerlerde

segmentlere ayrılmıştır. Fayın güzergâhı inceleme alanında çıplak gözle morfolojik olarak gözlenebilmektedir.

11) İnceleme alanında bulunan birimler için doğrultu, eğim yönü ve eğim miktarına ait 20 farklı lokasyon için gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagramlara göre egemen doğrultunun KB-GD olduğu tespit edilmiştir.

12) Sahadan alınan numune örnekleri, laboratuvarında ince kesitler haline getirilmiş ve ilgili birimler içerisinde yorumlanmıştır.

13) Çizgisellik analizlerinde; 0-45-90-135-180-225-270 ve 315 açılarına ait her birinden ayrı ayrı çizgisellik ve yoğunluk haritaları hazırlanmıştır. Ayrıca yine bu açı değerleri için ayrı ayrı gül diyagramları hazırlanmıştır.

14) Analiz sonuçlarına göre; 0°-45°-90°-225° ve 270° sonucunda elde edilen veriler çalışma alanında yer alan çatlak sistemleri ile örtüşürken; 135°-180° ve 315° çatlak sistemleri ile örtüşmemektedir.

15) Çalışma alanına ait eğim haritası hazırlanmıştır. Burada yine çizgisellik, yoğunluk haritaları ve gül diyagramı hazırlanmıştır. Oluşturulan eğim haritasına göre deformasyon, Kuzey Anadolu Fay Zonunun gidişine uygun olarak yönlendiği gözlenmiştir.

16) Morfometrik analizler sonucu inceleme alanındaki havzaların büyük bir bölümü Sınıf-1 ve Sınıf-2 kategorisinde 0,05 mm/yıl dan daha fazla yükselme hızına sahiptir.

17) İnceleme alanında morfotektonik analizler havza şekli indisi (Bs), akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL), vadi tabanı genişliğinin vadi yüksekliğine oranı indisi (Vf), havza asimetri faktörü indisi (Af), dağ önü eğrisellik oranı indisi (Smf), hipsometrik integral (Hi) olmak üzere altı başlık altında incelenmiştir.

18) Havza asimetrisi (Af) düşük, orta ve yüksek tektonik aktivite olmak üzere üç sınıfta incelenmiştir.

KAYNAKLAR

- Abdüsselamoğlu, M.Ş. , 1959. Almacıkdağı ile Mudurnu ve Göynük civarının jeolojisi: İstanbul Fen Fakültesi Monografileri, İstanbul.
- Ambraseys, N.N., 1970. Some characteristics features of the Anatolian fault zone, Tectoniphsics, 9, 143-145.
- Ambraseys N., Finkel C., 1986. Iseismic maps for earthquakes in the northeast Mediterranean region, 1899-1983. Imperial College, Report Eng. Seismol. Earthq. Eng., ESEE 86.8, London.
- Ambraseys N. and Finkel C. (1988) The Saros-Marmara Earthquake of 9 August 1912, f. Earthq. Eng. & Struct. Dyn., 15, 189-211.
- Altınlı, I.E., 1973, "Bilecik Jurasîği." Cumhuriyet'in 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Tebliğler, pp.103-111.
- Bull, WB (1978) San Gabriel Dağları'nın Güney Cephesinin Jeomorfik Tektonik Sınıfları. ABD Jeolojik Araştırma Sözleşme Raporu 14-08-001-G-394, Depremler, Volkanlar ve Mühendislik Ofisi, Menlo Park.
- Demirtaş, R., 2000, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Abant-Gerede arasında kalan bölümünün neotektonik özellikleri ve paleosismisitesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 191s.
- Demirtaş, R., Erkmen, C., Yaman, M., 2000, 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: Yüzey Kırık Geometrisi, Atım Miktarı Dağılımı ve Gelecek Deprem Potansiyeli s:61- 99, 12 Kasım Düzce Depremi Raporu (Editör: Bülent Özmen ve Günruh Bağcı),
- Demirtaş, 2000; Sipahioğlu, 1987; Ambraseys ve Jackson, 1998: KAFZ boyunca Gerede segmentinde meydana gelen tarihsel depremler.
- Deprem Araştırma Dairesi, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara. Emre, Ö., Erkal, T., Tchapylyga, A., Kazancı, N., Keçer, M. ve Ünay, E., 1998, Doğu Marmara'nın Neojen ve Kuvaterner'deki evrimi; MTA Derg., 120. Emre, Ö., Duman, T.Y., Doğan, A., Ateş, Ş., Keçer, M., Erkal, T., Özalp, S., Yıldırım,
- EL Hamdouni, R. ve diğerleri (2008) Sierra Nevada'nın (Güney İspanya) Güneybatı Sınırlarındaki Göreceli Aktif Tektoniğin Değerlendirilmesi. Jeomorfoloji, No. 969, 150-173.
- E. Pandeli vd. 2017; Relationships between the Sakarya Zone and the Ankara–Erzincan suture (central-northern Turkey): geological and petrographic data from the Ankara–Çankırı, Çorum and Amasya areas.
- Eren, Y., Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ders Sunumları.

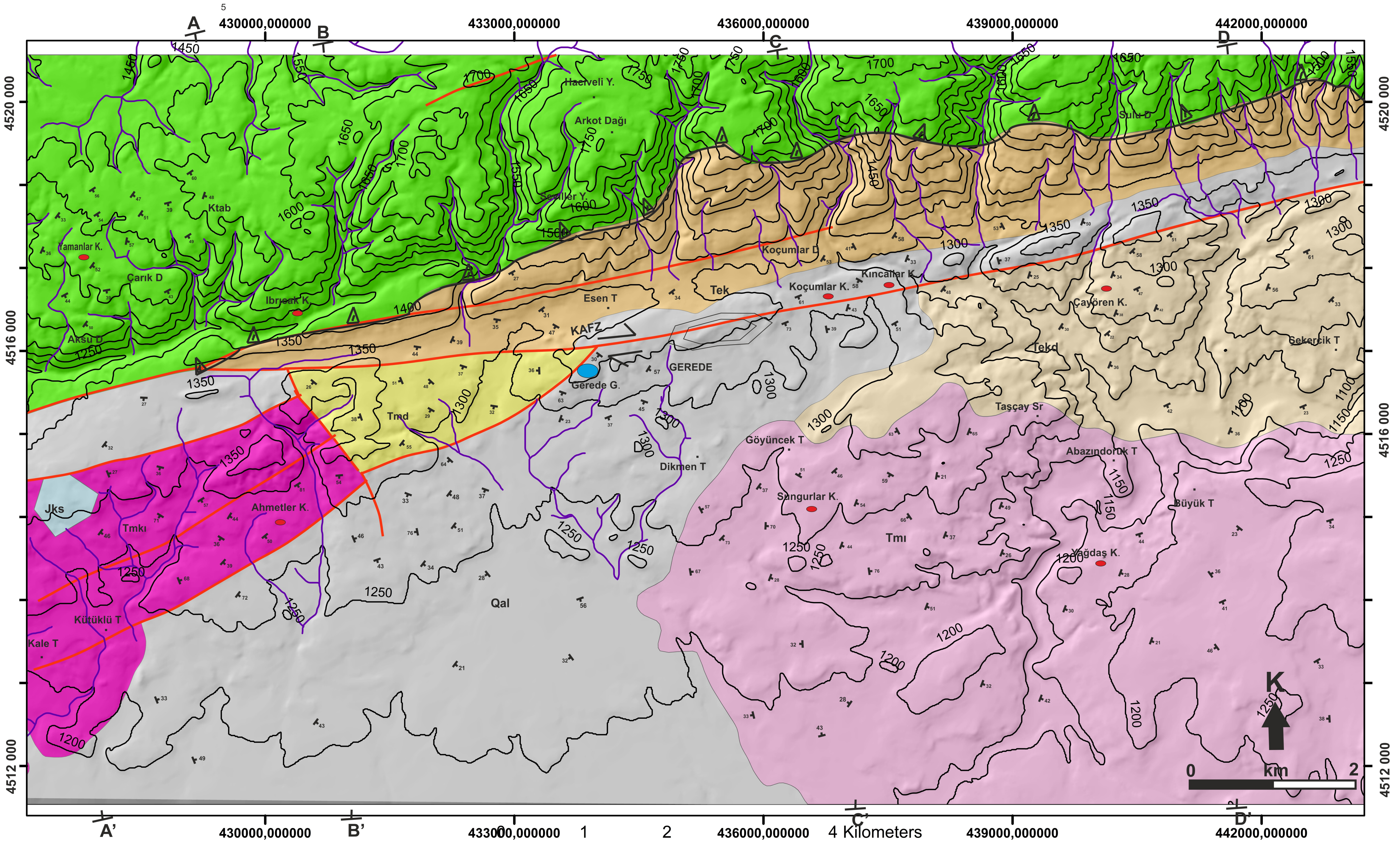
- Erendil, M., Göncüoğlu, M.C., Tekeli, O., Aksay, A., Kuşçu, İ., Ürgün, B., Tunay, G. ve Temren, A., 1991. Armutlu Yarımadasının jeolojisi, MTA Rap., 9165.
- Ergin, K.; Güçlü, U. and Uz, Z., 1967, A catalogue of earthquakes for Turkey and surrounding area (11 A.D. to 1964 A.D.) Tech. Univ. Istanbul Mining Eng. Fac. Publ. 24,1 - 169.
- Gedik, İ. ve Aksay, A., 2002. 1: 100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Adapazarı-G25 paftası. No:32. MTA Gen. Müd. Ankara
- Göncüoğlu ve diğ. 1986, Göncüoğlu, M.C., 1986, Orta Anadolu Masifinin güney ucundan jeokronolojik yaş bulguları: MTA Dergisi, 105/106, 111-124.
- Gözübol, A.M., 1978. Mudurnu-Dokurcun-Abant alanının jeoloji incelemesi ve Kuzey Anadolu Yarılmının yapısal özellikleri, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bil. Fak. Tatbiki Jeoloji Kürsüsü, İstanbul
- Herece, E., 1985, The fault trace of 1953 Yenice-Gönen Earthquake and Some Examples of Recent Tectonic Events in the Biga Peninsula of Northvvest Turkey: Penn State University, Ms. S. Thesis 143 s. (yayımlanmamış).
- Herece, E. ve Akay, E., 2003. Kuzey Anadolu Fayı (KAF) atlası, MTA. Gen. Müd., Ankara. 61 sf.
- Herece, E. 2016; MTA Genel Müdürlüğü, Gerede-Yeniçağa Çöküntü Alanları ile Bolu Pliyosen Havzasının Fayları ve Genç Çökel Kalınlıkları.
- Ketin, İ., 1948. Son on yılda Türkiye' de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında, TJK Bült., cilt 2, sayı 1, say., 1-13.
- Ketin, İ., Kuzey Anadolu Fayının Keşfi Makalesinden; KAFZ üzerinde 1912-1999 yıl aralığında meydana gelen büyük depremler.
- Keller, EA ve Pinter, N. (1996) Aktif Tektonik: Depremler, Yükselme ve Manzara. Prentice Hall Yayıncıları, Upper Saddle River, NJ, 338.
- Keller, EA ve Pinter, N. (2002) Aktif Tektonik, Depremler, Yükselme ve Manzara. 2. Baskı, Prentice Hall, Upper Saddle River, 362 s.
- Koçyiğit, A., (1989). Suşehri Basin: an Active Fault-Wedge Basin on the North Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics, 167, pp.13-29.
- MTA, M. Sevin, A. Aksay, Türkiye Jeoloji Haritası, Bolu G-28 Paftası.
- MTA, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) Atlası.
- Nurlu, M., (2000) 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin Tektonik Özellikleri.
- H. Ohgushi, M. Okumura, S. Tarnai, E.C. Shors, and A. I. Caplan, "Marrow cell-induced osteogenesis in porous hydroxyapatite and tricalcium phosphate: A

- comparative histomorphometric study of ectopic bone formation," J. Biomed. Mater. Res., 24, 1563-1570 (1990).
- Özmen, B., 1998, Türkiye'nin Deprem Tehlikesi Işığında Ankara'nın Depremselliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 115s.
- Özmen, B., 2000, Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu'nun Bölgesel Düzenlemesi, Türkiye Deprem Vakfı Yayınları, 81 s.
- Pınar, N. and Lahn, E., 1952, Türkiye depremleri izahlı ka-> taloğlu, Bayındırlık Bakanlığı, Yapı İmar İşleri Reisliği Yayınları, Seri 6,36, Ankara.
- Ramirez-Herrera, M.T. 1998, Meksika Volkanik Kuşağı'ndaki Acambay Grabeni'ndeki Aktif Tektoniğin Jeomorfik Değerlendirmesi. Dünya Yüzey Süreçleri ve Arazi Şekilleri, 23, 317e332.
- Rockwell ve diğ., 1984, Ventura, Kaliforniya Yakınlarındaki Alüvyon Yelpazelerinin ve Dağ Cephelerinin Tektonik Jeomorfolojisi. Morisawa M, editörler. Tektonik Jeomorfoloji Sempozyumu Bildirileri. Allen ve Unwin Yayınları, Boston. 183-207.
- Öztürk ve diğ. 1984, Aladağlar-Zamantı (Doğu Toroslar) Bölgesinde Misisipi Vadisi Tipi (Mvt) Zn-Pb Yatakları: Ayraklı Ve Denizovası Zn-Pb Yatakları, Türkiye
- Saner ve diğ.,1980, Mudurnu-Göynük Havzasının Jura ve sonrası çökelim nitelikleriyle paleocoğrafya yorumlaması: T.J.K. Bült., 23 (1), 39-52.
- Pehlivan Ş., Bilginer E., Aksay A., 2002. 1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, No:33 Adapazarı G26 Paftası.
- Saraç, N., 1995. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Dokurcun (Adapazarı)-Taşkesti (Bolu)kesiminde deformasyon mekanizmasının incelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- Sevin, M. ve Aksay, A. (2002). *1: 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No: 35 – Bolu (G-28 Paftası)*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Ankara.
- Sieberg, A. (1932) *Erdbebengeographie. Handbuch der Geophysik*, 4, 708-744.
- Strahler, A. (1952) Jeomorfolojinin Dinamik Temelleri. Amerika Jeoloji Derneği Bülteni, 63, 923-938.
- Stein R.S, Barka A.A, Dieterich, J.H. 1997. Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 earthquake stress triggering: Geophys. J. Int., 128, 594-604.
- Şaroğlu, F., (1988). Age And Offset of the North Anatolian Fault, METU Journal of Pure and Applied Sci., 21, 13, pp 65-79.
- Taşman, C., 1944, Gerede-Bolu Zelzelesi Hakkında Rapor, DAD, AT/46.

- Taşman, C., 1994. Gerede- Bolu depremi, MTA 1/31 say., 134-139.
- Tatar, O., (2000), 12 Kasım 1999 Bolu Depremi ve Bölgesel Tektonik Anlamı.
- Tatar, O. ve diğ. (2012), Türkiye ve Çevresinin Tektonik Konumu.
- Timur, E., 2002. Üst Paleosen-Alt Eosen Kışlaköy Formasyonu, Karabük-Safranbolu.
- Tokay, M., 1973, Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede ile Ilgaz arasındaki kısmında Jeolojik gözlemler, Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Sempozyumu, MTA Enstitüsü Yayını, 12-29.
- Toksöz, M.N., Shakal, A.F. and Michael, A.J., 1979. Spacetime migration of earthquakes along the North Anatolian fault zone and seismic gaps. Pageoph 117. 1258-1270.
- Tuna, D. (1974). VI. Bölge litostratigrafi birimleri adlamasının açıklayıcı raporu. Türkiye 2. Petrol Kongresi Tebliğleri, 183-192.
- Türkecan, A., Dinçel, A., Hepşen, N., Papak, İ., Akbaş, B., Sevin, M., Özgür, İ. B., Bedi, Y., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E., Saraç, G. Ve Karataş, S., 1991, Bolu-Çankırı (Köroğlu Dağları) arasındaki Neojen yaşlı volkanitlerin stratigrafisi ve petrolojisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 6, 85-103.
- Yergök, A. F., Akman, Ü., İplikçi, E., Karabalık, N.N., Armağan, F., Erdoğan, K., N.N., Armağan, F., Kaymakçı, H., Çetinkaya, A., Keskin, İ., Mengi, H., Umut, M., 1987, Batı Karadeniz Bölgesi Jeolojisi, MTA Jeolojik Etütler Dairesi, 207 s., Ankara.
- Yılmaz, Y., Gözübol, A., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., 1981 Abant-Dokurcun arasında Kuzey Anadolu Fay Zonunun kuzey ve güneyinde kalan tektonik birliklerin jeolojik evrimi, İÜ Yerbilimleri Dergisi, 2, 131-261
- Yılmaz ve diğ. 1990, Kuzeybatı Anadolu'nun Geç Mezozoik kıta kenarının jeolojik evrimi.

EKLER**EK-1 GEREDE (BOLU) VE ÇEVRESİNİN JEOLojİ HARİTASI****EK-2 GEREDE (BOLU) VE ÇEVRESİNİN JEOLojİK ENİNE KESİTLERİ**

GEREDE (BOLU) VE ÇEVRESİNİN JEOLojİ HARİTASI (MTA Jeoloji Haritasından Faydalanılarak Hazırlanmıştır)



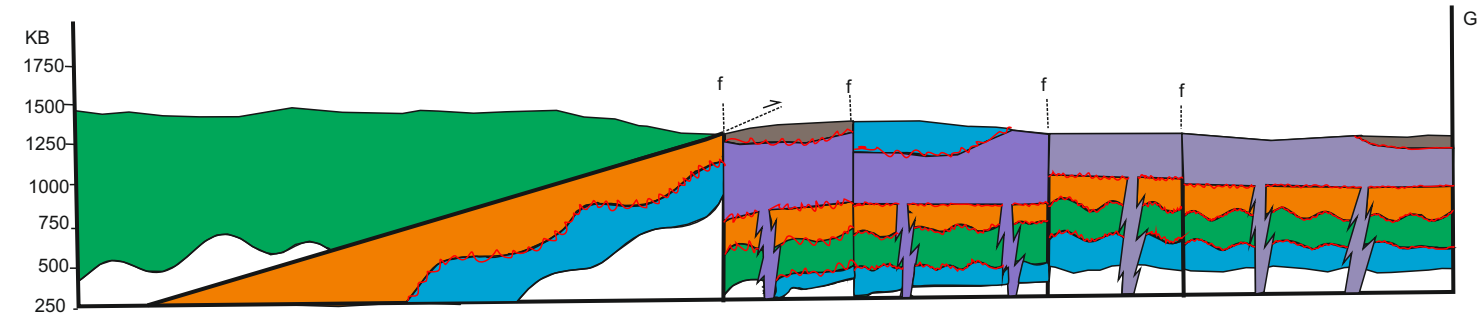
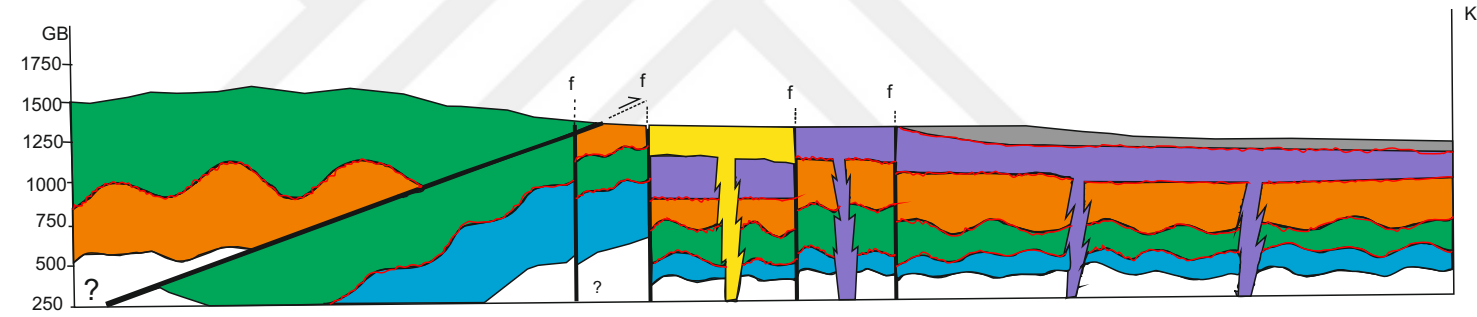
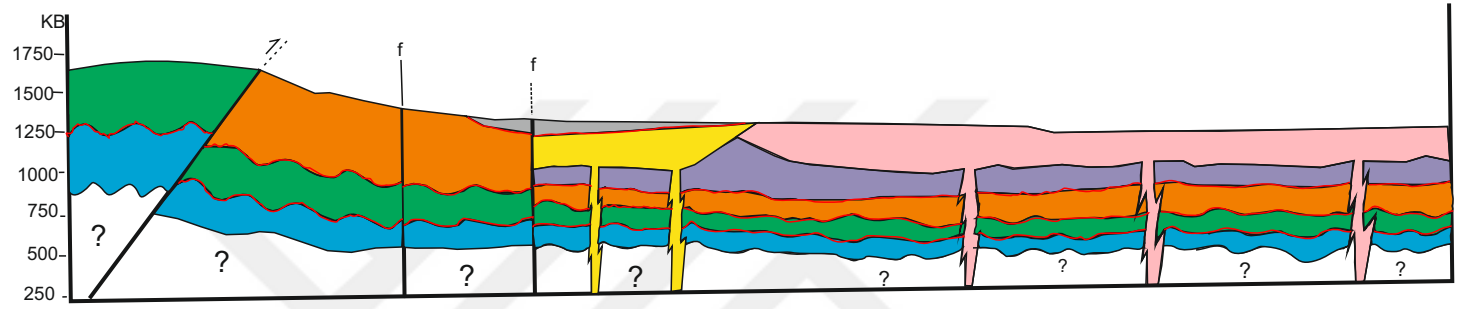
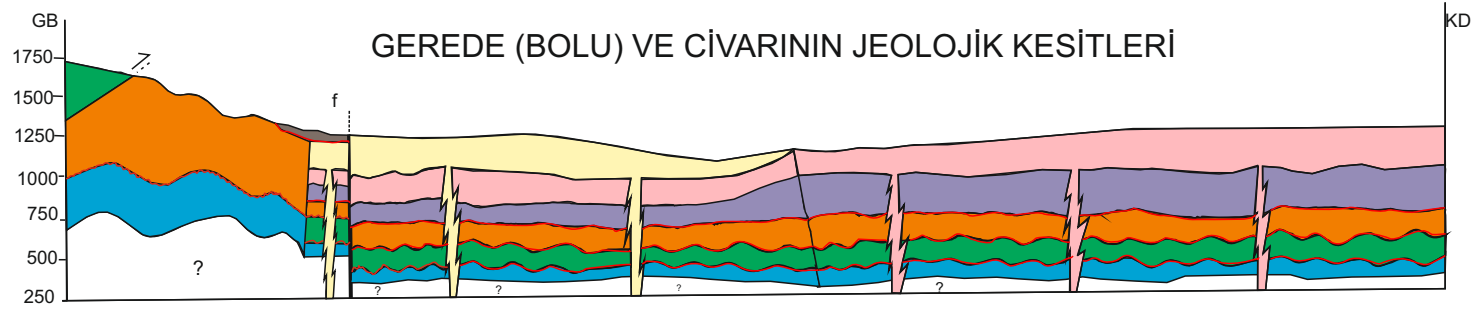
LEJANT

	Alüvyon		Kuvaterner
	Deveören Volkanitleri		Orta Miyosen
	Ilıcadere Volkanitleri		Alt-Orta Miyosen
	Kirazdağ Volkanitleri		Alt Miyosen
	Kışlaköy Formasyonu		Alt-Orta Eosen
	Doğanlar Volkanit Üyesi		Alt Eosen
	Abant Formasyonu		Orta Kretase
	Soğukçam Formasyonu		Alt-Orta Jura

AÇIKLAMALAR

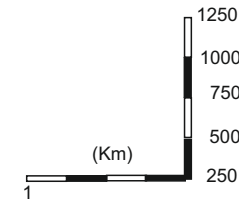
	Yerleşim yeri
	Tepe
	Formasyon sınırı
	Tabaka konumu
	Doğrultu atımlı fay
	Bindirme
	Kesit hattı

GEREDE (BOLU) VE CİVARININ JEOLJİK KESİTLERİ



AÇIKLAMALAR

	Alüvyon	KUVATERNER
	Deveören Volkanitleri	ORTA MİYOSEN
	Ilıcadere Volkanitleri	ALT ORTA MİYOSEN
	Kirazdağı Volkanitleri	ALT MİYOSEN
	Kışladağ Formasyonu	ALT ORTA EOSEN
	Doğanlar Volkanit Üyesi	ALT EOSEN
	Abant Formasyonu	ORTA KRETASE
	Soğukçam Formasyonu	ALT ORTA JURA
	Bindirme Fayı	
	Doğrultu Atımlı Fay	



HÜDAYİ YILDIZ
2025