T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Paleotetis Yitim-Yığışım Kompleksinin Gelişiminde Topçam Formasyonu'nun Tektonik Önemi, Tokat, Orta Pontidler

Murat TABAK

DANIŞMAN
Prof. Dr. Timur USTAÖMER

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2020

Bu çalışma 29.01.2020 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği ProgramıYüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Prof. Dr.Timur USTAÖMER (Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr.Hayrettin KORAL
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr.Fahri ESENLİ
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin FYL-2018-30742 numaralı projesi ile desteklenmiştir.
Bu tez, 115Y213 numaralı TUBİTAK projesi ile desteklenmiştir.

TEŞEKKÜR

Lisans öğrenimimin tez sunumu sonrasında bana ‘’mutlaka yüksek lisans yapmalısın’’ diyerek bu mecrada bana ilham olan, araştırıp sorgulamamı, farklı arazi çalışmalarında bulunarak kendimi geliştirmemi, bilimin ışığında ilerlememi sağlayıp, engin bilgi ve birikimini benle paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Timur USTAÖMER’e en içten dileklerimle sonsuz teşekkür ederim.

Bütün arazi çalışmalarımda yanımda bulunan ve maddi manevi her türlü desteğiyle bana güç kuvvet olan değerli babama çok teşekkür ederim.

Evdeki tez çalışmalarımda uzaktan gelerek bana sevgisi ve enerjisiyle güç, kuvvet olan değerli anneme çok teşekkür ederim.

Lisans dönemimden beri aynı kaderi yaşadığımız, sevincimizi ve hüznümüzü beraber paylaştığımız canım arkadaşım Aybikehan KABAAĞIL’a çok teşekkür ederim.

İlk arazi çalışmalarımda uzaklardan gelerek bana enerjisi ve desteğiyle yardımcı olan değerli arkadaşım Muratcan ÖZDEN’e ve ikinci arazi çalışmalarımda desteklerini ve yardımlarını esirgemeyerek yanıma gelen, her türlü fikir alışverişinde bulunabildiğim, enerjisiyle bana güç katan değerli arkadaşım Eralp BOZKIR’a çok teşekkür ederim.

XRD çalışmalarında ve yorumlamalarında bana yardımcı olan, her türlü bilimsel sohbet yapabildiğim ve bilimin yolunda ilerleyen değerli arkadaşım Ersin KAYGISIZ’a ve bilgisayar programları ile jeokimyasal analiz süreçlerinde yardımcı olan, neşesiyle bana enerji veren değerli arkadaşım Can BAYHAN’a çok teşekkür ederim.

Kendisiyle her türlü jeoloji sohbeti içerisinde bulunabildiğim ve bana bu süreç içerisinde yol gösterip yardımlarını benden esirgemeyen değerli dostum Ümitcan ERBİL'e çok teşekkür ederim.

Yürütücüsü olduğu TUBİTAK projesine beni 01.05.2017 tarihinden itibaren bursiyer olarak alan Prof. Dr. Petek Ayda USTAÖMER'e yüksek lisans çalışmama sağladığı katkı ve yardımlarından ötürü çok teşekkür ederim.

Her türlü laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan Doç. Dr. Namık AYSAL ve ince kesit çalışmalarımda sabırla bana yardımcı olup yol gösteren Arş. Gör. O. Gökçen UĞURCAN'a çok teşekkür derim.

Yüksek lisans çalışmamın proje kapsamında katkı ve desteklerinden dolayı İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne çok teşekkür ederim.

Çalışma arazim boyunca misafirperverliğini ve güler yüzlülüğü hiç eksik etmeyen Tokat halkına teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ocak 2020 Murat TABAK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

Teşekkür ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **vi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **x**
TABLO LİSTESİ ..... **xxi**
KISALTMA LİSTESİ ..... **xxii**
ÖZET ..... **xxiii**
SUMMARY ..... **xxv**
1. GİRİŞ **27**
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI 33
2. GENEL KISIMLAR **34**
2.1. BÖLGESEL JEOLOJİ 34
2.1.2.TOKAT BÖLGESİ 35
2.2.ÖNCEKİ İNCELEMELER 37
2.3. TEZ DÜZENİ 42
2.3. ÇALIŞMA ALANININ COĞRAFİ NİTELİKLERİ 42
2.3.1. Yükselim Alanları 43
2.3.2. Akarsular ve Vadiler 44
2.3.3. İklim ve Bitki Örtüsü 44
2.3.4. Ekonomik Durum 45
2.3.5. Ulaşım 45
3. MALZEME VE YÖNTEM **46**
3.1. SAHA ÇALIŞMALARI 46
3.1.1. Yönlü Örnek Alımı 46
3.2. PETROGRAFİK İNCELEMELER 46
3.3. XRD ÇALIŞMASI 47
3.4. JEOKİMYASAL ANALİZLER 47
3.4.1. Örnek Hazırlama 48
3.5. ICP-OS VE LA-ICP-MS ANALİZLERİ 48
4. BULGULAR **49**
4.1. TEKTONO – STRATİGRAFİ 49

4.1.1. Topçam Formasyonu 51
4.1.1.1 Tanım ve Ad *51*
4.1.1.2. Yayılım ve kalınlık *52*
4.1.1.3. Dokanak ilişkileri *52*
4.1.1.4. Başvuru Kesit Yeri *53*
4.1.1.5. Kaya Türü ve Özellikleri *54*
4.1.1.6. Yaş *64*
4.1.2. Yayladalı Metamorfiti 66
4.1.2.1.Tanım ad *66*
4.1.2.2. Kalınlık ve Yayılım *66*
4.1.2.3. Dokanak ilişkileri *66*
4.1.2.4. Başvuru Kesit Yeri *67*
4.1.2.5. Kaya Türü özellikleri *67*
4.1.2.6. Yaş *69*
4.1.3. Tekneli Metamorfiti 70
4.1.3.1 Tanım Ad *70*
4.1.3.2. Kalınlık ve Yayılım *70*
4.1.3.3. Dokanak ilişkileri *70*
4.1.4.4. Başvuru Kesit Yeri *70*
4.1.4.5 Kaya türü ve özellikleri *70*
4.1.4.6 Yaş *71*
4.1.4. Eskiköy Formasyonu 72
4.1.4.1. Tanım ve Ad *72*
4.1.4.2. Kalınlık ve Yayılım *72*
4.1.4.3. Dokanak ilişkileri *73*
4.1.2.4. Başvuru ve Kesit Yeri *74*
4.1.4.5. Kaya Türü ve Özellikleri *75*
4.1.4.6. Yaş *77*
4.1.5. Turhal Metaofiyoliti 78
4.1.5.1. Tanım ve Ad *78*
4.1.5.2. Kalınlık ve Yayılım *78*
4.1.5.3. Dokanak İlişkileri *79*
4.1.5.4. Başvuru Kesit Yeri *80*
4.1.5.5. Kaya Türü özellikleri *80*

4.1.5.6. Yaş.....*87*
4.2. PETROGRAFİ.....88
4.2.1. Topçam Formasyonu'na ait birimlerin Petrografisi.....88
4.2.1.1. Yastık lav.....*88*
4.2.1.1 Dayk.....*91*
4.2.1.3. Masif Lav.....*92*
4.1.2.4. Metavolkanoklastik sedimentler.....*93*
4.2.2. Yayladalı Metamorfiti'nin Petrografisi.....98
4.2.2.1. Metabazit.....*98*
4.2.2.2. Kuvarsit (Metaçört).....*100*
4.2.3. Tekneli Metamorfiti'nin Petrografisi.....102
4.2.3.1. Metapelit.....*102*
4.2.3.2 Metakumtaşı.....*103*
4.2.3.3. Metaçört.....*104*
4.2.3.4. Dayk.....*104*
4.2.4. Eskiköy Formasyonu'nun Petrografisi.....108
4.2.4.1. Metapsamit.....*108*
4.2.4.2. Metapelit.....*110*
4.2.4.3. Metakarbonat.....*111*
4.2.4.4. Dayk.....*111*
4.2.5. Turhal Metaofiyoliti'nin Petrografisi.....115
4.2.5.1. Metabazit.....*115*
4.2.5.2. Çört.....*115*
4.2.5.2. Kumtaşı.....*116*
4.2.6. Nokta Sayımı.....117
4.3. JEOKİMYA.....121
4.3.1. Jeokimyasal Sınıflama.....127
4.3.3. Tektonik Ortam.....128
4.4. YAPISAL JEOLOJİ.....131
4.4.1. Faylar.....131
4.4.2. Kıvrım.....134
4.4.3. Foliasyon.....139
4.4.4. Lineasyon.....145
4.4.5. Budinler.....148

4.4.6. Makaslama yapıları 149
4.4.7. Yönlü Örnekler 152
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 153
5.1 SONUÇLAR 163
KAYNAKLAR 165
ÖZGEÇMİŞ 1

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Karakaya Kompleksi ve ilişkili birimlerin tektono-stratigrafisi (Robertson ve Ustaömer, 2012) 28

Şekil 1.2: Tokat Masifi'nin ve çevresindeki birimlerin jeoloji haritası (Yılmaz vd. 1997'den değiştirilerek alınmıştır). 29

Şekil 1.3: Yeşilırmak Gurubu'nun stratigrafik sütun kesiti (Yılmaz vd.1997'den değiştirilerek alınmıştır). 30

Şekil 1.4: Tokat Masifi'ndeki metamorfik kayaçların sıralı jeolojik evrimi (Yılmaz vd, 1997'ye göre değiştirilmiştir). 32

Şekil 2.1: Türkiye'nin kenet kuşaklarını ve Karakaya Kompleksi'ne ait birimlerin dağılımını gösteren harita (Okay ve Göncüoğlu, 2004). 34

Şekil 2.2: Amasya-Tokat-Sivas bölgeleri arasında yer alan birimlerin basitleştirilmiş jeolojik haritası (Yılmaz ve Yılmaz, 2004'ten değiştirilerek alınmıştır.) 35

Şekil 2.3: a) Almus Fay Zonu'nun basitleştirilmiş neotektonik haritası (Koçyiğit ve Bozkurt, 1991'den sonra düzenlenmiştir). **b)** Kazova Havzası'nın sınırlarını ve inceleme alanını gösteren, Google Earth'ten 3D olarak hazırlanmış harita. 37

Şekil 2.4: Alt ve Üst Karakaya Kompleksinin oluşum modeli (Tetiker & Göncüoğlu, 2015). 40

Şekil 2.5: Mamudağı ofiyolitinin oluşumu ve yerleşimini açıklayan tektonik model (Çelik ve diğ. 2019). Mor boyalı kısım bu tez çalışmasının da konusunu oluşturan Tokat Masifi'dir. 41

Şekil 2.6: Çalışma Alanının Yer bulduru haritası 43

Şekil 2.7: Çalışma alanının gösterildiği 3B dijital yükselti haritas 44

Şekil 2.8: İnceleme alanındaki bitki örtüsünden genel görünüm. UTM: 90410 77150 45

Şekil 4.1: İnceleme alanının tektono-stratifisi. Dikme kesitler ölçeksiz çizilmiş olup sahada bulundukları yapısal seviye ve coğrafik yöne göre konumlandırılmıştır. 50

Şekil 4.2: İnceleme alanında yer alan Topçam Formasyonu'nun genelleştirilmiş stratigrafik kesiti 52

Şekil 4.3: Birimlerin gözlendiği başlıca tepe ve yerleşke alanları. 54

Şekil 4.4: Meta-volkanoklastik sedimentlerin çalışma arazisinde yapılan ölçülü stratigrafik kesiti. Tabanda kolay ayrışan, protoliti pelitik olan litolojilerden stratigrafik olarak üste doğru tane boyu kabalaşan litolojilere geçiş görülmektedir. 55

Şekil 4.5: a) Taban seviyesinden yaklaşık 100 metre kalınlılığa kadar uzanan ince taneli iyi yapraklanmalı, açık- koyu yeşil, turkuaz tonlarında olan meta-volkanoklastik sedimentler (UTM:92209 74480). **b)** Sert kırılan ve kalın foliasyonlu düzlemler gösteren meta tüf (UTM:88931 75040). **c)** İnce taneli meta-volkanoklastik kaba taneli volkanoklastik kumtaşının dokanağı. Şekildeki fotoda çekiçli kısım ince taneli birimi, üst kısmı ise meta-volkanoklastik kumtaşlarından oluşmaktadır (UTM:92800 74992). 56

Şekil 4.6: Topçam Formasyonu içerisinde gözlenen volkanik konglomeraların stratigrafik kesiti. 57

Şekil 4.7: a) Topçam Formasyonu içerisindeki ufak taneli volkanik konglomera (UTM: 92166 74986). **b)** Volkanik konglomeraya ait el örneği **c)** Orta taneli volkanik konglomerada çakıllar bazik kaya parçalarından oluşur (UTM: 92500 76100). **d)** Volkanik konglomeralı istifinin orta kesiminde yer alan iri taneli çakıllar. Çakılların kum boyutlu bir volkanojenik matriks içinde yüzer durumda olduğuna dikkat ediniz. (UTM: 92623 75403).....58

Şekil 4.8: Volkanik konglomeraların alt ve üst dokanaklarını gösteren ölçekli enine kesit.....59

Şekil 4.9: a) Yoğun miktarda kalsitleşmenin gerçekleştiği mavimsi–açık yeşil tonların egemen olduğu masif lav mostrası (UTM: 92260 76460). **b)** Kalın foliasyonlu, sert kırılan ve akt + ept + klrt mineral parajenezi sayesinde yeşil tonların hakim olduğu masif lav mostrası (UTM:84276 74270). 60

Şekil 4.10: a) Kristalize kireçtaş- çakıllı meta- konglomeralar. UTM:81905 75011 **b)** Masif lavların arasında yer alan meta-çört örneğinin yakından görünümü (UTM:83095 74896). 61

Şekil 4.11: Bozatalan köyü kuzeyinde gözlenen yastık lavlar (**a**,**b**). (UTM 81849 74628).**c)** Yastık lavların belirli bir kısmında gözlenen variyotik doku. 62

Şekil 4.12: a) Tepeyurt civarında yastık yapısını kısmen korumuş lav. **b)** Aynı bölgede yer alan yastık lavın yakından görünümü ve şematik çizimi. **c)** Yastık lavın iç kısmında gözlenen gaz boşlukları (UTM:91100 78784). 63

Şekil 4.13: a) Sırçalı yolu üzeri gözlenen yastık yapısı kısmen korunmuş yastık lav (UTM: 89943 77258). **b)** Tekneli Mahallesi kuzey doğusunda yer alan ve yastık yapısı iyi korumuş yastık lav. **c)** Tekneli Mahallesi kuzey doğusunda gözlenen yastık lavların *''Üst''* kısımlarını ve oluşumuna dair çizilen ölçeksiz şematik şekil (UTM: 90610 77080). 64

Şekil 4.14: Yayladalı Metamorfiti ile Turhal Metaofiyoliti'nın tektonik ilişkisini gösteren enine kesit. Yayladalı köyü'nün kuzeybatısında bulunan Turhal Metaofiyoliti, Yayladalı Maetamorfiti tarafından üzerlenmektedir. 66

Şekil 4.15: Çalışma arazisinde gerçekleştirilen ölçülü dikme ve enine kesitler. Görülmekte olan ölçülü kesitte istifin genel stratigrafisinin tabanında 9 metre kalınlığa sahip metabazitler, üzerinde 8 metrelik kalınlıkta kuvarsit ve en sonda da 3 metre kalınlığına sahip metakırıntılar yer almaktadır. 67

Şekil 4.16: a) İnceleme alanında gözlenen ve yaklaşık 10 metre kalınlığa sahip kuvarsit (UTM: 87987 73391). **b)** Sünek deformasyon sonucu ince katmanlı kuvarsitlerde kıvrımlı yapılar gözlenmektedir. Birim aynı zamanda ikincil kuvars damarları ile de kesilmektedir (UTM: 87895 73774)**. c)** Soluk açık yeşil ve turkuaz tonlarında gözlenen, iyi foliasyonlanmaya sahip metabazitler (UTM: 89146 73900). **d)** Şistoz yapı kazanmış metapelitler (UTM: 87990 73450) **e)** Ribekit minerallerinin varlığıyla mavimsi tonlara sahip metabazitler (UTM: 89065 73900). 68

Şekil 4.17: a) Çalışma arazisinde ince katmanlı olarak yer alan meta kumtaşları. UTM: 84580 73288 **b)** Meta-çört bloğu. UTM:84452 73952 **c)** Çalışma arazisinde gözlenen fillatların görünümü. UTM: 84200 73150 71

Şekil 4.18: Eskiköy Formasyonu'nun kapladığı bölgeleri gösteren jeolojik harita. 72

Şekil 4.19: Meta-pelit, meta-psamit ardalanmasından oluşan Eskiköy Formasyonu'nun tabandan tavana içerdiği birimleri gösteren kaya türlerini gösteren dikme kesit. 73

Şekil 4.20: Eskiköy Formasyonu'nun üst sınırını gösteren, KD-GB yönlü şematik enine kesit.....74

Şekil 4.21: Eskiköy Formasyonu'nun, başvuru kesit yerlerinin bulunduğu, yaklaşık 3,5 km'lik şematik enine kesiti. Kesit güzergahı için şekil 4.18'e bakınız. 74

Şekil 4.22: Çalışma arazisinde gözlenen Eskiköy Formasyonu'na ait; a) Meta-kumtaşı, b) Meta-karbonat c) Fillat d) diyabaz daykınına ait fotoğraflar. 75

Şekil 4.23: Çalışma alanında fillatlar ile ardalanan meta-kumtaşları istif içerisinde kalın tabakalar halinde gözlenmektedir. Fotoğrafta yer alan meta-kumtaşları KB'ya doğru eğimlidir. UTM: 84437 75849 76

Şekil 4.24 a-b) Keten Dere vadisinde metakırıntılı birimleri kesen diyabaz dayklarının saha görüntüleri. Sırasıyla UTM: 82686 76286, 75900 83100 77

Şekil 4.25: Tokat'ın güneyinden Topçam dağlarına bakış. Turhal Metaofiyoliti Topçam Formasyonu'nun yapısal olarak altında yer almaktadır. 79

Şekil 4.26: a) Bozatalan Köyü'nün kuzeybatısında Topçam Formasyonu'na ait yastık lavların Tokat ofiyolitik melanjına ait birimler ile olan tektonik dokanağı. Bakış yönü Batı. UTM: 81994 73880 **b)** Tektonik dokanakta bulunan iki birimin, arazide çizilmiş şematik enine kesiti.....80

Şekil 4.27: Çalışma arazisinde yer alan Turhal Metaofiyoliti'nin genelleştirilmiş stratigrafisi 81

Şekil 4.28: Melanj içerisinde ara seviye ve blok halde bulunan çörtlerin saha görüntüleri. UTM: 92740 73000 **a)** Radyolaryalı çörtler (A) düşük dereceli

metamorfik kayaçlar ile uyumlu halde bulunurken, masif lavlar (B) tektonik olarak bu birimlerin üzerlerine yerleşmiştir. Tüm birim ise normal faylar tarafından kesilmiştir.Bu mostrada ki yapısal unsurlar yapısal jeoloji kısmında ayrıntılı olarak açıklanacaktır. **b)** blok halde bulunan ve yaklaşık 4-5 metre kalınlığında olan radyolaryalı çörtler. 82

Şekil 4.29: Melanj içerisindeki epidot-klorit-muskovit şistlerin saha görüntüleri ve el örnekleri. Yukarıdan aşağıya (UTM: 92850 72720), (92830 72845). 83

Şekil 4.30: a) Makaslama sonucu oluşmuş mor renkli çamurtaşı merceği (UTM: 97310 72663). **b)** Tane boyutu değişken olan ve ince taneli bir matrikse sahip olan, çakıltaşı. Çakıllar başlıca kireçtaşlarından türemiş olup hafif bir yönlenme gösterirler. Birim bir moloz akıntısı çökeli olarak yorumlanmıştır (UTM: 72550 90850).....84

Şekil 4.31: Meta-volkanik konglomera bloğunun, epidot-klorit şistler ile beraber bulunması ve volkanik kırıntılı matriks içerisindeki bazik volkanojenik çakıllar. 85

Şekil 4.32: Melanj içerisinde yer alan; kumtaşı, radyolaryalı çörtlü pelajik çamur, volkanojenik kayaç, çamurtaşı ve konglomeralı birimlerin kendi aralarında tektonik ilşkisini gösteren şematik enine kesit. **a)** Sıkışma ve makaslamanın olarak oluşan kumtaşı fakoidleri. **b)** Şiddetli makaslama sonucu çamurtaşlarında klivaj gelişimi ve kumtaşlarının uzayarak fakoid haline dönüşümü. **c)** Çamurtaşı ve radyolaryalı çörtlerin yakından görümü. (UTM:82456 72403).....86

Şekil 4.33: Topçam Formasyonu içerisinde bulunan, TM:39 numaralı yastık lav örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Porfiroblastik doku gösteren yastık lav örneğinde bulunan amfibol ve epidot minerallerinin görünümü. Hamur çoğunlukla aktinolit ve opak minerallerinden oluşmaktadır – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Protolit kayaçta kalıntı mineral olarak bulunan ve albit ikizlenmesi gösteren plajioklaz kristali. Üzerinde ince, çubuksu aktinolit mineralleri bulunmaktadır – çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Merkezde anormal mavi girişim rengine sahip zoisitler ve sol altta çubuksu amfibolden dönüşen klorit mineralleri – çift nikol**. f)** Tek nikol**.**.....89

Şekil 4.34: Topçam Formasyonu içerisinde bulunan, MT:19 numaralı yastık lav örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Yüksek girişim rengine sahip, euhedal-subhedral epidotlar ve bunların arasını dolduran koyu mavi girişim rengine sahip kloritler (pennin)– çift nikol. **b)** Tek nikollerde sarı renkli ve yüksek rölyefli epidotlar ile bunların arasını dolduran yeşil renkli kloritler. **c)** İğnemsi aktinolitler ve bunların arasını dolduran klorit mineralleri–çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Çoğunlukla varyotik doku gösteren kesitin uzaktan mikroskop görüntüleri – çift nikol **f)** Tek nikol. **g)** Araziden alınan örneğin makroskobik görünümü. 90

Şekil 4.35: Topçam Formasyonu içerisinde yastık lavların arasında bulunan, MT-18 numaralı bazik dayk örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Granonematoblastik doku gösteren bazik dayk örneğinde, amfibol ve epidot minerallerinin görünümü – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Kayaç içerisinde bol miktarda bulunan öz şekilsiz sfenlerin yanında albit ikizlenmesi gösteren plajioklazlar ve yer

yer öbekler halinde klorit grubundan pennin mineralleri gözlenmektedir – çift nikol. **d)** Tek nikol. 91

Şekil 4.36: Topçam Formasyonu içerisinde bulunan, MT:10 numaralı masif lav örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Matriksi çoğunlukla klorit ve sıralanmış aktinolitlerden oluşan, nematoblastik doku gösteren kesitin görünümü – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Aktinolit + epidot + klorit parajenezinden oluşan ve yeşilşist fasiyesine ait minerallerin bir arada olduğunu gösteren mikroskobik görünüm – çift nikol. – çift nikol. **d)** Tek nikol.....92

Şekil 4.37: Topçam Formasyonu içerisinde bulunan, TM:11a ve TM:24 numaralı volkanik konglomera örneğinin matriksine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Rekristalize olmuş matriks içinde, çakıl veya konglomera boyutlu volkanik kaya parçaları ve plajiyoklas mineral parçaları- çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Aktinolitler ile sarmalanmış şekilde yer alan bazik kaya parçası ile kuvarsça zengin metamorfik kaya parçası – çift nikol. **d)** Tek nikol.**e)** Kesit içerisinde aynı zamanda metamorfizmaya uğramış, matriksi aktinolitçe zengin olan metavolkanik kaya parçası da gözlenmektedir– çift nikol. **f)** Tek nikol. 94

Şekil 4.38: Topçam Formasyonu içerisinde bulunan: Mt:19 numaralı volkanik konglomera çakılı örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Camsı boşluklar içeren ve mikrolitli matriksi kısmen aktinolitlere dönüşmüş volkanik çakılın çift nikol görünümü – çift nikol **b)** Tek nikol. **c)** Volkanik hamur içerisinde aktinolit minerallerin yönelimsiz dağılımı – çift nikol. **d)** Tek nikol.....95

Şekil 4.39: Topçam Formasyonu içerisinde yer alan, Örnek no: TM-34 numaralı meta-volkanoklastik sedimenter örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri **a)** Kayaca şistozite ve nematoblastik doku kazandıran mavi ribekit ve aktinolitler arasında deforme olmuş kümeler şeklinde gözlenen kuvars ve kalsitler– çift nikol. **b)** Tek nikolde gözlenen koyu mavimsi girişim rengine sahip ribekit mineralinin görünümü **c)** Şistozite düzlemleri arasında yönelmiş iğnemsi ribekit ve aktinolitler ile sigmoidal yapı kazanmış kalsit. Ribekitin tek nikoldeki mavi rengi, çift nikol girişim rengini maskelemektedir– çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Klorit minerallerinin arasında yer yer mızrak ucu şeklinde sfen mineralleri gözlenmekle beraber fenokristalen halde albitlerde gözlenmektedir – çift nikol. **f)** Tek nikol.....96

Şekil 4.40: Topçam Formasyonu içerisinde yer alan, Örnek no: TM-33 numaralı meta-volkanoklastik sedimenter örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri **a)** Yoğunluk sırasına göre klorit + albit + kuvars + aktinolit + kalsit ve opak minerallerinden oluşan kayacın ince kesit görünümü – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Uzun prizmatik şekilli, koyu mavi bir renk ve kuvvetli pleokroizma gösteren ribekit minerali. 0° ile -3° arasında paralele yakın sönme göstermektedir – çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Kesitte gözlenen ribekit mineralinin bilgisayar çizimi. Ribekit mineralinde yer alan dilinimler görülmektedir.....97

Şekil 4.41: Yayladalı Metamorfiti içerisinde yer alan, MT:92 numaralı metabazit örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri **a)** kesit içerisindeki minerallerde buruşma klivajı eksenlerinin varlığı gözlenmektedir – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Kesit içerisinde gözlenen aktinolit minerallerinin yönelimli (Nematoblastik) bir

doku göstermesi – çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Yarı öz şekilli halde yer alan ve ikizlenme gösteren albit minerali – çift nikol. **f)** Tek nikol.....99

Şekil 4.42: Yayladalı Metamorfiti içerisinde yer alan, MT:94 numaralı metabazit örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri **a)** Kayaç içerisinde yer alan ve yaklaşık aynı tane büyüklüğüne sahip kuvars+albit+aktinolit+ opak minerallerinin lepidoblastik bir doku sergilediği gözlenmektedir – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Kuvars ve albit mineralleri arasında yer alan amfibol grubu ribekit minerali – çift nikol. **d)** Tek nikol.....100

Şekil 4.43: Yayladalı Metamorfiti içerisinde yer alan, TM:13 numaralı kuvarsit örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri **a)** Mikalı kuvarsit biriminde, klivaj düzlemlerini oluşturan ince kristalli beyaz mikalar ve arasındaki rekristalize kuvars baskın düzeylerin ardalanımı– çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Mikalı kuvarsitlerin, mikro düzeyde iki klivaj düzlemi arasında, asimetrik olarak kıvrımlanmış rekristalize kuvarslar– çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Milonitik doku kazanmış kesimlerde, sigmoidal yapıya sahip kuvars porfiroklastı– çift nikol. **f)** Tek nikol. **g)** Son kesitteki kuvars mineralinin bilgisayarda çizilmiş hali. Ō yapısına sahip kuvars porfiroklastı sağ yönlü bir makaslama etkisi altında olduğu görülmektedir. 101

Şekil 4.44: Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, Örnek no: MT-91 numaralı fillat örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Blastopelitik doku gösteren fillatların klastik görünümünü halen koruduğu, yoğunluk bakımından sırasıyla mika (muskovit, serizit), kuvars, plajioklaz ve opak mineraller gözlenmektedir – çift nikol. **b)** Tek nikol.....102

Şekil 4.45: Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, MT-90 numaralı meta-kumtaşı örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Genellikle Blastopsamitik doku ve yönlenme gösteren meta-kumtaşı başlıca, kötü boylanmalı mono ve polikristalli kuvars taneleri, kayaç parçaları ve az oranda feldspat minerallerinden meydana geldiği gözlenmektedir – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Taneler arası girift sınır ilişkisi gözlenen polikristalli kuvars – çift nikol. **d)** Tek nikol.....103

Şekil 4.46: Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, MT-12 numaralı meta-çört örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri **a)** İnce taneli kuvars minerallerinden ve içini yeniden kristalleşen kuvars minerallerin doldurduğu çatlaklardan oluşan çört örneğinin uzaktan görünümü – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Yuvarlak, oval görünümlü radyolarya kalıntılarının içi kuvars mineralleri ile yeniden kristalleşmiş olup, yer yer karbonlu madde (siyah) içeren silis çimentosu ile bağlantılı olduğu görülmektedir – çift nikol. **d)** Tek nikol.....104

Şekil 4.47: Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, Örnek no: MT-11 numaralı dayk örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Kesit içerisinde bulunan mineraller yüksek oranda alterasyona uğradığı ve kalsit mineralleri ile klorit minerallerinin çoğunlukta olduğu gözlenmektedir – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Kısmen seçilebilen yarı öz şekilli plajioklaz minerali ile koyu yeşil tonlardaki klorit minerallerinin görünümü – çift nikol. **d)** Tek nikol. 105

Şekil 4.48: MT-11 numaralı dayk örneğinin X-Işını Diffraksiyonu (XRD) verileri. 106

Şekil 4.49: MT-11 no'lu dayk örneğinin X-Işını Diffraksiyonu (XRD) kaydında ayrı ayrı mineral spektrumları. 107

Şekil 4.50: Eskiköy Formasyonu içerisinde bulunan, MT: 22 numaralı metapsamit örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Bileşenleri orta-kötü yuvarlanmış, orta-iyi boylanmaya sahip meta-kumtaşının genel görünümü. – çift nikol. **b)** Tek nikol **c)** Yaklaşık eş boyutlu tanelerden oluşan polikristalli kuvars – çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Metapsamit içerisinde yer almakta olan muhtemelen bazik kökenli volkanik kaya parçası – çift nikol **f)** Tek nikol. **g)** Fillosilikatlardan mika (muskovit) ve klorit (pennin) – çift nikol. **h)** Tek nikol. 109

Şekil 4.51: Eskiköy Formasyonu içerisinde bulunan, MT: 14 numaralı fillat örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. a) Milonitik doku gösteren fillatın içerisinde yoğunlukla gözlenen mika + kuvars + opak mineralleri + klorit mineralleri ile polikristalen halde bulunan, merceksi – ''fish'' yapısı kazanmış, sol yönlü kuvars minerali – çift nikol. b) Tek nikol. c) Milonitik doku içerisinde yönlenme gösteren opak mineraller – çift nikol. d) Tek nikol.....110

Şekil 4.52: Eskiköy Formasyonu içerisinde bulunan, MT: 28 numaralı meta-karbonat örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri a) Öz şekilsiz iyi dilinimli kalsit mineralleri – çift nikol. b) Tek nikol. 111

Şekil 4.53: Eskiköy Formasyonu içerisinde bulunan, MT:41 ve MT-23 numaralı diyabaz dayk örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri **a)** MT-41 numaralı Porfiri doku gösteren ve hamuru plajioklaz minerallerinden oluşan, albit ikizlenmesine sahip plajioklazların dağılımı – çift nikol **b)** Tek nikol **c)** Plajioklaz kristallerinin çatlaklarını dolduran klorit mineralleri ve klorit minerallerinde gözlenen mikro fay – çift nikol **d)** Tek nikol. **e)** MT-23 numaralı örnekte Ofitik doku içerisinde Öbekler halinde yer alan klorit minerallerinin, ikizlenme gösteren plajioklaz kristalleri ile olan ilişkisi – çift nikol. **f)** Tek nikol **g)** Etrafı kloritler ile çevrili olan plajioklaz kristalinin çatlaklarının içini doldurmuş kuvars mineralleri – çift nikol. **h)** Tek nikol. **ı)** Kesitlerde gözlenen testere şeklinde, körfezlenme yapısına sahip plajioklaz kristali. 112

Şekil 4.54: MT-23 numaralı diyabaz örneğiniz X-Işını Diffraksiyonu (XRD) verileri. 113

Şekil 4.55: MT-23 no'lu diyabaz örneğinin X-Işını Diffraksiyonu (XRD) kaydında ayrı ayrı mineral spektrumları. 114

Şekil 4.56: Turhal Metaofiyoliti içerisinde bulunan, TM:2 numaralı metabazit örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** İğnemsi ve yapraksı forma sahip aktinolit mineralleri ile koyu yeşil tonlara sahip klorit minerali yönlü doku göstermektedir- çift nikol. **b)** Tek nikol.....115

Şekil 4.57: Turhal Metaofiyoliti içerisinde bulunan, TM:1 numaralı radyolaryalı çört örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri **a)** Kayaç tipik merceksi – yuvarlak radyolarya fosilleri ve kalsedon çatlakları içermektedir – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)**– çift nikol. 116

Şekil 4.58: Turhal Metaofiyoliti içerisinde bulunan, MT: 95 numaralı kumtaşı örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri **a)** Feldspatik litarenit sınıfında yer alan, yarı yuvarlaklaşmış kuvars taneleri ve aralarında yer alan volkanik kaya parçası – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Karbonat çimentolu kumtaşı içerisinde volkanik kayaç parçalarının yanı sıra yönlü doku gösteren, mika ve kuvars mineralleri içeren metamorfik kayaç parçaları da yer almaktadır – çift nikol. **d)** Tek nikol.....117

Şekil 4.59: Eskiköy Formasyonu, Turhal Metaofiyoliti ve Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan kumtaşlarının sınıflaması (Petthjohn, 1975'e göre tekrar düzenlenmiştir). Sınıflamada görüldüğü üzere feldspat miktarı %10-25 aralığında, kayaç kırıntıları ve kuvars taneleri ise %50'nin üzerindedir.....118

Şekil 4.60: a) Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, MT-5 numaralı meta-kumtaşı örneğine ait polikristalen kuvarsın mikroskop görüntüleri. Tane içerisindeki kuvars tanelerinin birbirleri ile kenetlenmiş sınırlar yerine çoğunlukla düz sınırlar göstermesi ve kısmen poligonal doku göstermesi bu tanenin orta – düşük dereceli bir meta-kumtaşı veya kuvarsitten türediğini işaret etmektedir- çift nikol. **b)** TM-68 numaralı meta-kumtaşı örneğine ait polikristalen kuvarsın mikroskop görüntüleri. Metamorfik kökenli polikristalen kuvars tanesinin bileşenleri uzanımlı ve düz olması tanenin metamorfik kökenli olduğunu işaret etmektedir-çift nikol. **c)** Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, MT-90 numaralı meta-kumtaşı örneğine ait polikristalen kuvarsın mikroskop görüntüleri. Polikristalen kuvars taneleri bileşenlerinin eşboyut ve girik kristalli olması polikristalen kuvars kökeninin yüksek dereceli bir metamorfik kayaca ait olduğunu göstermektedir – çift nikol. **d)** Turhal Metaofiyoliti içerisinde yer alan, MT-95 numaralı kumtaşı örneğine ait polikristalen kuvarsın mikroskop görüntüleri. Polikristalen kuvars bileşenleri uzanımlı ve sütürlü olması metamorfik kökenki bir kayaçtan türediğini göstermektedir – çift nikol. **e)** Eskiköy Formasyonu içerisinde yer alan, TM:53 numaralı meta-kumtaşı örneğine ait polikristalen kuvarsın mikroskop görüntüleri. Polikristalen kuvars bileşenlerinin girik ve ''chessboard'' yapısı göstermesi, yüksek dereceli gnaysoidik bir kayaçtan türediğini işaret etmektedir- çift nikol. **f)** Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, TM-69 numaralı meta-kumtaşı örneğine ait polikristalen kuvarsın mikroskop görüntüleri. Diğer polikristalen tanelerinden farklı olarak bu polikristalen kuvars tanesinin hem girik hem düz sınırlar göstermekte ve çoğunlukla poligonal doku göstermektedir. Bu polikristalen tanenin metamorfik kaynak alandan türediğini işaret etmektedir – çift nikol.....119

Şekil 4.61: Metamorfizma sırasında hareketli ve kısmen hareketsiz olan elementlerin davranışı. 123

Şekil 4.62: İnceleme alanında yer alan birimler Zr/Ti – Nb/Y adlandırma diyagramına (Winchester ve Floyd 1977) ve Pearce 1982 diyagramına göre sınıflaması. 128

Şekil 4.63: Çalışma arazisinde yer alan kayaçların sınıflandırması. **a)** Pearce (2008) **b)** Pearce (2008) göre birimlerin dağılımı **c)** Meshede (1986) (AI, AII: WPB; B: P-MORB, C: VAB, WPB; D: N-MORB, VAB) **d)** Hollocher (2012)'ye göre birimlerin dağılımı.....129

Şekil 4.64: İnceleme alanındaki birimlerin N-MORB'a göre normalize çoklu element diyagramı (Pearce, 1983).....130

Şekil 4.65: Çalışma arazindeki Topçam Formasyonu ile Yayladalı Metamorfiti'nin tektonik dokanağı (UTM:92664 73640).....133

Şekil 4.66: a) Topçam Formasyonu içerisinde yer alan volkanojenik kayaçlar ile Tekneli Metamorfiti'nin tektonik dokanağı (UTM: 83540 73550) b) Yayladalı Metamorfiti ile Tekneli Metamorfiti'nin tektonik dokanağı (UTM: 90112 74750). c) Turhal Metaofiyoliti içerisinde yer alan birimler normal faylar ile kesilmektedir. A: Çört, B: Volkanik kayaç (UTM: 92870 77222). 133

Şekil 4.67: Tekneli Metamorfiti içerisindeki şematik kesi ve ölçülen kıvrım ekseni (UTM: 85913 73613). 135

Şekil 4.68: Tekneli Metamorfiti içerisinde mostra ölçeğindeki kıvrım. Bu yapının şematik kesit ve ölçülen kıvrım ekseni stereonette gösterilmesi (UTM:87634 73704).....136

Şekil 4.69: Yayladalı Metamorfiti'nde gözlenen mostra ölçeğindeki kıvrım (UTM:87857 73372). 136

Şekil 4.70: Tekneli Metamorfiti içerisinde mostra ölçeğindeki kıvrım. Bu yapıların şematik kesit ve ölçülen kıvrım eksen (UTM:76442 73070). 137

Şekil 4.71: İnceleme alanında mostra ölçeğinde ölçülen kıvrım eksen gidiş ve dalımları. a) Eskiköy Formasyonu'na ait birimlerin kıvrım eksen gidiş ve dalımları. b) Yayladalı Metamorfiti'ne ait kıvrım eksen gidiş ve dalımları. c)Tekneli Metamorfiti'nde yer alan birimlerin kıvrım eksen gidiş ve dalımları. 138

Şekil 4.72: Topçam Formasyonu'na ait 200 adet volkanojenik birimlerin foliasyon ölçümlerinin nokta ve kontur diyagramları. 139

Şekil 4.73: Volkanik konglomeralarda yer alan ikincil foliasyon düzlemleri (UTM: 92820 76350).....140

Şekil 4.74: Yayladalı Metamorfiti'ne ait 58 adet birimin foliasyon ölçümlerinin nokta ve kontur diyagramları. 141

Şekil 4.75: Tekneli Metamorfiti'ne ait 91 adet birimin foliasyon ölçümlerinin nokta ve kontur diyagramları. 142

Şekil 4.76: Turhal Metaofiyoliti'ne ait 26 adet birimin foliasyon ölçümlerinin nokta ve kontur diyagramları 143

Şekil 4.77: Eskiköy Formasyonu'na ait 123 adet birimin foliasyon ölçümlerinin nokta ve kontur diyagramları. 144

Şekil 4.78 a) Topçam Formasyonu içerisinde yer alan meta-volkanoklastik sedimentlerin 7 adet buruşma klivajı lineasyon ölçümlerinin kontur diyagramı**.b)** volkanoklastik sedimentler ve yüzeyinde gözlenen buruşma klivajı lineasyonu (UTM:74750 92050). 145

Şekil 4.79: Yayladalı Metamorfitleri içerisindeki fillatlarda gözlenen buruşma klivajı lineasyonu ve 7 adet lineasyon ölçümlerinin kontur diyagramı. UTM: 87758 73600. 146

Şekil 4.80: Tekneli Metamorfiti içerisindeki fillatlarda gözlenen buruşma klivajı lineasyonu ve 16 adet lineasyon ölçümünün kontur diyagramı. UTM: 84868 73 64 ...147

Şekil 4.81: Eskiköy Formasyonu içerisindeki fillatlarda gözlenen buruşma klivajı lineasyonu ve 16 adet lineasyon ölçümünün kontur diyagramı. UTM: 87137 7580 148

Şekil 4.82: İnceleme alanındaki Tekneli Metamorfiti içerisindeki fillatların sünek deformasyon sonucu oluşan ve GB-KD gidişli kuvarslı budin. GPS: 86442 73070.....148

Şekil 4.83: Porfiroblastlarda gözlenen makaslama belirteçleri. Passchier & Simpson, 1986'dan değiştirilerek alınmıştır.....149

Şekil 4.84: Tekneli Metamorfiti ve Yayladalı Metamorfiti birimlerinde gözlenen makaslama belirteçleri. **a)** Kuvarsitler ile tektonik Tekneli Metamorfitindeki fillatlar içerisindeki kuvarsların, GB-KD doğrultusunda uzamış merceksi yapısı (UTM: 86574 72695). **b)** Fotoğrafta görülen Kuvarsit sol yönlü σ tipi makaslama yapısı (UTM: 86720 72800).....150

Şekil 4.85: Eskiköy Formasyonu'nda yer alan fillatlar içerisindeki kuvarslarda görülen balık yapısı (UTM: 81300 76352).....151

Şekil 4.86: Turhal Metaofiyolitinde bulunan ve fay zonu içerisinde yüksek basınç altında fokoid yapısı kazanmış çamurtaşı (UTM:97310 72663).....151

Şekil 4.87: Topçam Formasyonu ve Eskiköy Formasyonu'nda yönlenme gösteren kayaçların mikroskop görüntüleri**. a)** Eskiköy Formasyonu içerisindeki TM-52b numaralı yönlü örneğe ait ince kesit görüntüsü. Fillosilikatlar kayacın foliasyon yapısını oluştururken, kuvars porfiroklastı sağ yönlü makaslama yönünü işaret etmekte olup, ince kesit yönüde dikkate alındığında üst bloğun G-GB yönünde hareket ettiği tespit edilmiştir – çift nikol. **b)** Topçam Formasyonu içerisindeki TM-67 numaralı meta-volkanoklastik sedimenterin yönlü örneğe ait ince kesit görüntüsü. Yönlü örnekte görüldüğü üzere klorit porfiroklastı sağ yönlü makaslama yönünü işaret etmekte olup, mikro-yapısal incelemeler ise üst bloğun güneye hareket ettiği makaslama zonlarının varlığını göstermektedir – çift nikol.....152

Şekil 5.1: Topçam Formasyonu'nda yer alan birimlerin Thompson vd., (1983)'e göre tektonik ortamları. 154

Şekil 5.2: İnceleme alanında yer alan birimlerin Condie (2005) tarafından geliştirilen bazalt tektonik ortam ayırt diyagramlarındaki konumu. 155

Şekil 5.3: Seamount modellleri **a)** Bir denizaltı volkanik adasında gözlenen volkanik-volkanosedimenter kaya stratigrafisi (Pickett ve Robertson, 2004)**. b)** OIB tipi bazaltlardan oluşan seamount'ların tepede başlıca neritik kireçtaşları, yamaçlarda ise kaba ve ince taneli kırıntılı birimler yer almaktadır. **c)** Kireçtaşları seamount'arın daha çok tepelerinde oluşurken derinlere indikçe demirce zengin çörtlere geçişler başlamaktadır (Safanove ve Santosh, 2014'ten değiştirilerek alınmıştır). 158

Şekil 5.4: a) Denizaltı volkanik adasının (Topçam Formasyonu, Yayladalı Metamorfiti) Lavrasya aktif kenarına eklenmesi **b)** Birimlerin K-G hattı boyunca aralarındaki tektonik ilişkiyi gösteren ölçeksiz şematik kesit. 159

Şekil 5.5: Kumtaşlarının oluştuğu havzaları gösteren şematik levha tektoniği diyagramı (Dickinson ve Suczek 1979'a göre düzenlenmiştir).....160

Şekil 5.6: Tokat Masifi içerisinde yer alan D-B uzanımlı ofiyolitik dilimler.....162

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1: İnceleme alanında yer alan birimlerin gps koordinantları…….……...….89

Tablo 2: İnceleme alanında yer alan kayaçların jeokimyasal analiz sonuçları……...125

Tablo 3: İnceleme alanında yer alan birimlerin gps koordinantları……128

KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar **Açıklama**

Plj: Plajioklaz
Klst: Kalsit
Klrt: Klorit
Opk: Opak
Kvrs: Kuvars
Pkvrs: Polikristalen kuvars
Mskvt: Muskovit
Kyç: Kayaç Parçası
Rbkt: Ribekit
Akt: Aktinolit
Amf: Amfibol
Sfen: Sfen
Ep: Epidot
Prk: Piroksen
OIB: Okyanus Adası Bazaltı
WPB: Levha içi Bazaltı
LREE: Nadir Toprak Elementler
LIL: Uyumsuz Elementler

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Paleotetis Yitim-Yığışım Kompleksinin Gelişiminde Topçam Formasyonu'nun Tektonik Önemi, Tokat, Orta Pontidler

Murat TABAK

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Timur USTAÖMER

Tokat Masifi, Amasya – Reşadiye bölgeleri arasında geniş bir yayılım gösteren metamorfik kayaçalar ile temsil edilmektedir. Tokat Masifi'nin önemli bir bileşeni başlıca meta-volkanojenik kayalardan oluşan Topçam Formasyonu'dur. Tokat vadisinin kuzeyindeki yükselim alanlarında yüzlek veren Topçam Formasyonu'nun yapısal olarak tabanında güneyde Yayladalı Metamorfiti, kuzeyinde ise metakırıntılı çökel istifinden oluşan Eskiköy Formasyonu yer alır. En üst yapısal seviyede ise başlıca meta-kırıntılı çökellerden oluşan Tekneli Metamorfiti bir bindirme dilimi olarak bulunmaktadır. Tokat Masifi Neotetis okyanusuna ait yaklaşık D-B gidişli bir dizi ofiyolitik melanj dilimi de içermektedir. Bunlardan biri inceleme alanının güneyinde, metamorfik kaya topluluğunun yapısal tabanında yer alır. Topçam Formasyonu'nu oluşturan meta-volkanojenik kayaçlar (meta-bazalt, meta-volkanoklastik sedimentler, yastık lav) tipik yeşilşist fasiyesine ait mineral parajenezi içerir (aktinolit + albit + klorit + epidot ± kuvars). Meta-volkanoklastik sedimentlerde gözlenen ribekit minerallerinin varlığı metamorfizma sırasında basıncın arttığını işaret eder. Topçam Formasyonu'nun altında yer alan ve ilk kez bu çalışmada ayırtlanan Yayladalı Metamorfiti esasen metabazit-kuvarsit (metaçört)-fillatlardan oluşan bir stratigrafinin yapısal olarak tekrarlandığı bir kaya topluluğudur. Yayladalı Metamorfiti üst yeşilşist – alt mavişist mineral fasiyesine ait mineral parajenezi içerir. En üst bindirme dilimini oluşturan Tekneli Metamorfiti ise düşük dereceli bir metamorfizma sergileyen kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşur. Kumtaşlarının matriksi mika ve kloritlerden oluşur. Tekneli Metamorfiti'ne çok benzeyen.Eskiköy Formasyonu ise ana olarak meta-pelitik ve meta-psamitik kayalardan oluşur. İstif içerisinde tane boyu tabandan tavana

doğru azalır. Eskiköy Formasyonu'nu yaşı bilinmeyen diyabaz daykları keser. Yan kayalar foliasyonlu iken diyabaz dayklarında foliasyon gelişmemiştir. Ancak dayklar içerisinde ikincil mineral olarak klorit + kalsit ve kuvarsa rastlanır. Son olarak tektonik olarak tabanda yer olan Turhal Metaofiyoliti, volkanojenik kayaçlar, çörtler, çamurtaşları, kumtaşları ve yer yer de düşük dereceli metamorfik kayaçlardan meydana gelmekte olup inceleme alanında güneyde doğu – batı uzanımlı bir birim olarak yer almaktadır. Topçam Formasyonu ve Yayladalı Metamorfiti'ne air meta-volkanojenik kayaçların oluştukları tektonik ortamı saptamak amacıyla seçilen örnekler üzerinde jeokimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen veriler volkanik kayaçların herhangi bir yitim bileşeni içermediğini ve levha içi ortamında oluştuğunu göstermiştir. Bazı kritik element oranları da volkanik kayaların kıta kabuğundan kirlenmediğine işaret etmektedir. Tüm veriler Topçam Formasyonu ile Yayladalı Metamorfiti'nin okyanusal bir levhada, levha sınırlarından uzakta meydana geldiğini, bazı element oranları da volkanizmanın okyanusal plato değil deniz altı volkanı ürünü olduğunu göstermiştir.Meta-pelitik meta-psamitik kayaları kesen diyabaz daykları da benzer şekilde levha içi ortamını vermiştir. Elde edilen yapısal veriler inceleme alanındaki birimlerin en az iki kez deformasyona uğrayıp kıvrımlandığına işaret etmektedir. Mikro-yapısal incelemeler ise üst bloğun güneye hareket ettiği makaslama zonlarının varlığını göstermektedir. İnceleme alanındaki birimlerin yaşına ilişkin bu çalışma sırasında herhangi bir veri elde edilememiştir. Önceki çalışmalarda çalışılan birimlerin Triyas döneminde riftleşmiş bir kıta kenarı çökel prizması olduğu öne sürülmüştür. Meta-kırıntılı birimler içinde yapılan detrital zirkon U-Pb yaşlandırmalarına göre Eskiköy Formasyonu ile Turhal Metaofiyolitindeki kumtaşlarının maksimum çökelme yaşı Geç Triyastır. İnceleme alanının doğusunda Reşadiye çevresinde yüzeyleyen yüksek basınç metamorfizmasına uğramış şistlerdeki mikalardan Liyas yaşları alınmıştır ancak bu kayaların Tokat Masifi'nin bir uzantısı olup olmadığı tartışmalıdır. İnceleme alanının yakın çevresinde Üst Jura-Alt Kretase yaşlı neritik kireçtaşları metamorfik kayaları uyumsuz olarak örtmektedir. Tokat Masifi pek çok çalışmada Karakaya Kompleksi'nin eşleniği olduğu yaygınca kabul edilmektedir. Karakaya Kompleksi'nin matriksini oluşturan kumtaşlarının Geç Triyas yaşlı olduğu en genç zirkonların yaşları ile Liyas yaşlı örtü birimlerinin varlığından söylenebilmektedir. Tokat Masifi'ne ait Topçam Formasyonu'ndan toplanan veriler bu birimin Alt Karakaya Kompleksi'ni oluşturan Nilüfer Birimi'ne stratigrafik dizilim ve jeokimyasal açıdan benzediğini ortaya koymaktadır. Nilüfer Birimi Alt-Orta Triyas döneminde Paleotetis okyanusu içinde oluşmuş bir denizaltı volkanı ya da okyanusal plato olarak yorumlanmaktadır. Benzer şekilde Topçam Formasyonu da bir deniz altı volkanıdır. Bu volkan büyük olasılıkla bir denizaltı volkan dizisinin üyesi olmalıdır. Bu volkan dizisi Paleotetis okyanusunun dalımı sonucunda aktif kenar ile çarpışmış, eklenir prizmanın altına girerek derine gömülmüş ve hem deformasyon hem de metamorfizma geçirmiştir. Tekneli Metamorfiti ile Eskiköy Formasyonu'nun eklenir prizmaya ait kırıntılı çökeller olduğu düşünülmektedir. Yayladalı Metamorfiti'ni oluşturan bazalt-çört-çamurtaşı dizisinin de denizaltı volkanına bitişik okyanus kabuğu birimleri olduğu, yitim zonunda bu dizinin dilimlendiği düşünülmektedir. Tokat Masifi Amasya-Tokat illeri çevresinde K-G yönünde yaklaşık 55 km, D-B yönünde ise yaklaşık 100 km lik bir alan kaplamaktadır. Bu alan içinde en yaygın birim olan Topçam Formasyonu D-B gidişli, birbirine paralel kuşaklar oluşturur. Masif içinde Topçam Formasyonu yanında metamorfik melanjlar ve meta-kırıntılı birimler de yer alır ancak daha az bir yer tutar. Bu da denizaltı volkanlarının aktif kenarlara eklenmesinin eklenir prizmayı büyüttüğüne işaret etmektedir.

Haziran 2019, 175 sayfa.

Anahtar kelimeler: Meta-volkanojenik, yeşilşist, Neotetis, tektonik konum, parajenez

SUMMARY

M.Sc. THESIS

Tectonic Significance of the Topçam Formation for the Development of Palaeotethyan Subduction-Accretion Complex, Tokat, Centre Pontides

Murat TABAK

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Geological Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Timur USTAÖMER

The Tokat Massif is represented by metamorphic rocks with a wide spread between the Amasya - Reşadiye regions. An important component of the Tokat Massif is the Topçam Formation, consisting mainly of meta-volcanogenic rocks. Located at the south of the Topçam Formation, which outcrops in the elevation areas in the north of the Tokat valley is Yayladalı Metamorphite and at the north of it is the Eskiköy Formation consisting of metamorphic sedimentary deposit. At the top structural level, Tekneli Metamorphite, consisting mainly of meta-clastic sediments, is found as an overlap. The Tokat Massif also includes a series of ophiolitic melange slices with an approximate D-B trend belonging to the Neotethys ocean. One of them is located at the south of the study area, at the structural base of the metamorphic rock community. The meta-volcanogenic rocks (meta-basalt, meta-volcanoclastic sediments, pillow lava) that form the Topçam Formation contain mineral paragenesis of typical greenschist facies (actinolite + albite + chlorite + epidote ± quartz). The presence of ribekite minerals observed in meta-volcanoclastic sediments indicates that the pressure increases during metamorphism. Yayladalı Metamorphite, located under the Topçam Formation and characterized for the first time in this study, is a rock group in which a stratigraphy consisting of metabasite-quartzite (metachert) - phyllite is structurally repeated. Yayladali Metamorphite contains mineral paragenesis belonging to the upper greenschist - lower blueschist mineral facies. On the other hand, Tekneli Metamorphite, which forms the top thrust section, consists of sandstone and mudstones that exhibit a low grade metamorphism. The matrix of sandstones consists of mica and chlorites.

The Esikiköy Formation, which is very similar to the boat metamorphite, consists mainly of meta-pelitic and meta-psamitic rocks. The grain size decreases from floor to ceiling within the stack. Eskiköy Formation includes diabase dykes whose ages are unknown. While the side rocks were foliated, no foliation has developed in the diabase dykes. However, chlorite + calcite and quartz are encountered as secondary minerals in dykes. Finally, Turhal Metaophiolite, which is tectonically located at the base, consists of volcanogenic rocks, cherts, mudstones, sandstones and low grade metamorphic rocks in the area, and it is located as a unit extending in the east-west direction in the study area. Geochemical analyzes were carried out on the samples selected from Topçam Formation and Yayladalı Metamorphite to determine the tectonic environment in which air meta-volcanogenic rocks are formed. The data obtained showed that the volcanic rocks do not contain any subduction components and are formed in the plate environment. Some critical element ratios also indicate that volcanic rocks are not contaminated from the continental crust. Overall, the data showed that Topçam Formation and Yayladalı Metamorphite occur in an oceanic plate, away from the plate boundaries, and some element ratios are the product of the volcanism, not the oceanic plateau, but the submarine volcano. The structural data obtained indicate that the units in the study area are deformed and folded at least twice. Microstructural studies show the existence of shear zones in which the upper block moves to the south. No data were obtained during this study regarding the age of the units in the study area. It has been suggested that the units studied in the previous studies were a continental edge sedimentary prism that had been ripped in the Triassic period. According to the detrital zircon U-Pb aging peformed in meta-clastic units, the maximum precipitation age of the sandstones in Eskiköy Formation and Turhal Metaophiolite is Late Triassia. Liassic ages were taken from the micas in the schists subjected to high pressure metamorphism surfacing around Reşadiye to the east of the study area, but whether these rocks are an extension of the Tokat Massif is controversial. In the immediate vicinity of the study area, Upper Jurassic-Lower Cretaceous neritic limestones unconformably cover the metamorphic rocks. It has been widely accepted that Tokat Massif is the conjugate of Karakaya Complex in many studies. Based on said from the age of the youngest zircons and the Liassic cover units, it appears that the sandstones forming the matrix of the Karakaya Complex are Late Triassic. The data collected from the Topçam Formation of the Tokat Massif reveal that this unit is similar to the Stratigraphic sequence and geochemistry in the Nilüfer Unit, which forms the Lower Karakaya Complex. The Nilüfer Unit is interpreted as an undersea volcano or an oceanic plateau formed in the Paleotetis ocean during the Lower-Middle Triassic period. Similarly, Topçam Formation is an underwater volcano. This volcano should probably be a member of a submarine volcano series. This series of volcanoes collided with the active edge as a result of the dip of the Paleotethys ocean, entered under the prism, buried deep and underwent both deformation and metamorphism. It is thought that the Tekneli Metamorphite and Eskiköy Formation are clastic sediments of the prism. In addition it is believed that the basalt-chert-mudstone series, which constitutes Yayladali Metamorphite, are ocean crust units adjacent to the submarine volcano, and this series is sliced in the subduction zone. Tokat Massif covers an area of 55 km in the direction of K-G and around 100 km in the direction of D-B around the provinces of Amasya-Tokat. Topçam Formation, which is the most common unit in this area, forms parallel bands with D-B course. In addition to the Topçam Formation, metamorphic melanges and meta-clastic units are also included in the massif, but they take a smaller place. This indicates that the addition of submarine volcanoes to the active edges enlarges the prism.
June 2019, 175. Pages.

Keywords: Meta-volcanogenic, greenschist, Neotethys, tectonic position, paragenesis

1. GİRİŞ

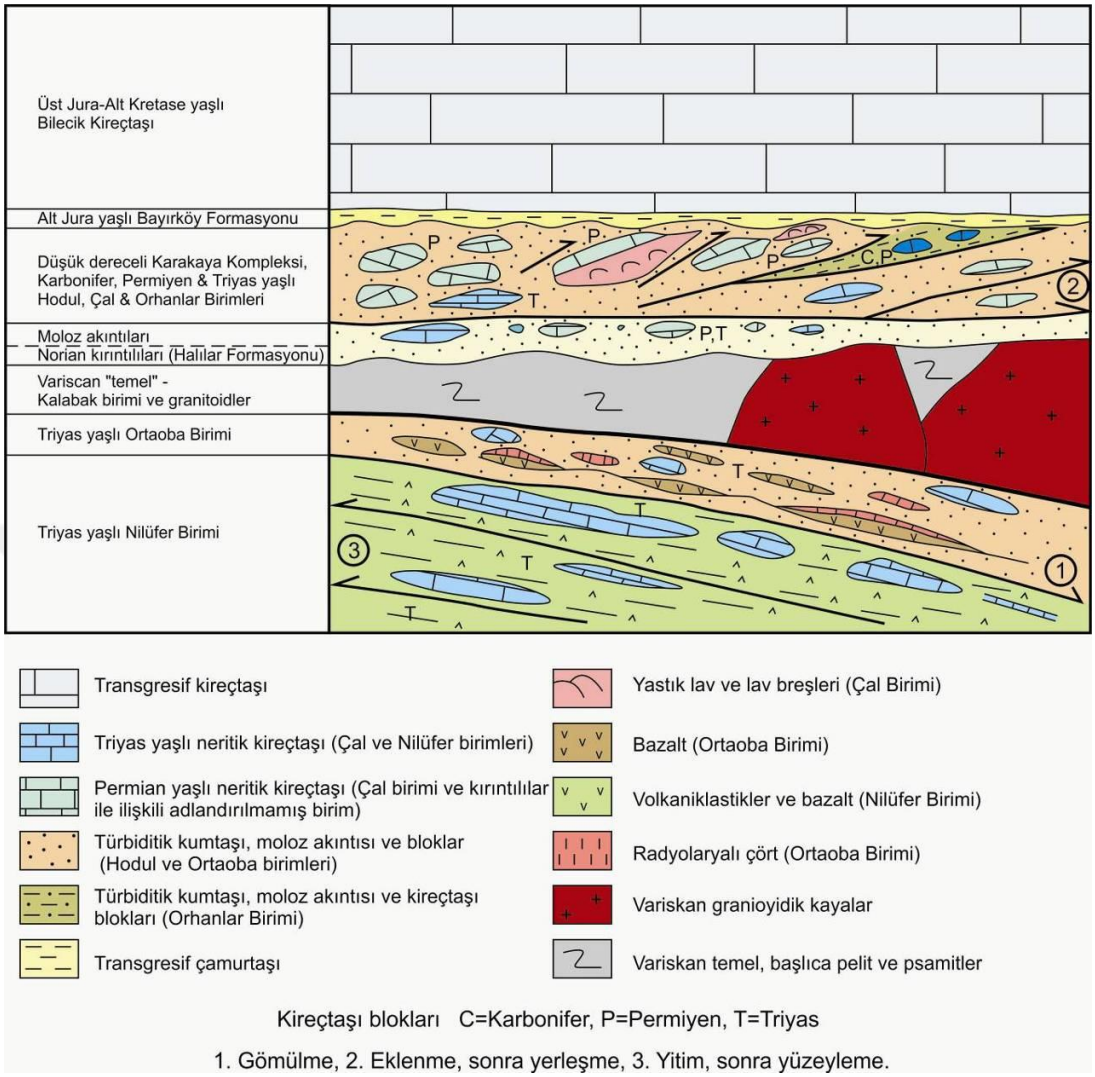
Pontid'lerin ana bileşenlerinden biri olan Sakarya Zonu iki kısıma ayrılmaktadır. Bunlar; (1) Variskan metamorfik birimleri (2) Permo-Triyas yaşlı metamorfik birimler ve variskan metamorfiklerini kesen Paleozoyik yaşlı granatoidler yer almaktadır (Delaloye & Bingöl 2000; Okay vd. 2002;2006; Topuz, 2004;2007).

Sakarya Zonu temelinde yüzeyleyen yüksek sıcaklık düşük basınç metamorfizmasına uğramış erken Karbonifer yaşlı metamorfik kayaçlar; paragnays, ortognays, migmatit, kuvarsit, amfibolit ve şistlerden oluşmaktadır (Okay 1996; Topuz vd. 2004a, 2007; Dokuz vd. 2011; Mayringer vd. 2011; Ustaömer vd. 2012, 2013).

Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi, Paleotetis okyanusunun yitimi ile ilişkilendirilen ve Devoniyen ile Triyas yaşlı sedimenter ve magmatik kayalara ait blokları içeren ve farklı metamorfizma derecesine sahip kaotik bir kaya topluluğudur (Tekeli 1981; Pickett & Robertson 1996; Okay & Monié 1997; Okay 2000; Okay *et al*. 2002; Okay & Göncüog˘lu 2004; Federici *et al*. 2010; Sayit *et al*. 2010; Robertson & Ustaömer ve diğerleri, 2016) (Şekil 1.1). Liyas yaşlı sedimenter kaya birimleriyle uyumsuz olarak örtülen bu kaotik kaya topluluğunun tip yeri Biga Yarımadası olup çok sayıda araştırma grubu tarafından ayrıntılı olarak çalışılmış ve tektono-stratigrafisi ortaya konmuştur (MTA Özel Yayın Serisi-2002). Buna göre Karakaya Kompleksi Alt Karakaya Kompleksi yüksek dereceli ve Üst Karakaya Kompleksi düşük dereceli olmak üzere ikiye ayrılmıştır (Okay ve Göncüoğlu 2004) (Şekil 1.1).

Alt Karakaya Kompleksi'ni temsil eden Triyas yaşlı metamorfik birimler başlıca metabazit, fillat, mermer ve az oranda da metaçört, metagabro ve serpantinitten oluşur ve Nilüfer olarak adlandırılır (Okay ve Göncüoğlu 2004). Birim çoğunlukla yeşil şist fasiyesine ait mineral topluluğu içermekte olup, Biga yarımadası ile Eskişehir kuzeyindeki yüzeylemelerinde mavişist ve eklojit dilimleri de saptanmıştır (Okay vd. 2002; Okay ve Göncüoğlu 2004). Öte yandan, Üst Karakaya Kompleksi ise çoğunlukla arkozik kumtaşları ile sarmalanan Üst Permiyen yaşlı neritik kireçtaşı bloklarından oluşur. Bloklar arasında volkanik kayalar, çörtler ve Karbonifer yaşlı kireçtaşları da yer alır (Çal ve Ortaoba Birimleri). Arkozik kumtaşları yanında vake türü kumtaşlarından oluşan bir birim de Karakaya Kompleksi içinde bulunur (Orhanlar Birimi). Bu birim içinde Devoniyen yaşlı çört ile Karbonifer ila Permiyen yaşlı neritik

kireçtaşı bloklarına da rastlanır (Pickett & Robertson 1996; Federici *vd*. 2010; Robertson & Ustaömer 2012) (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Karakaya Kompleksi ve ilişkili birimlerin tektono-stratigrafisi (Robertson ve Ustaömer, 2012)

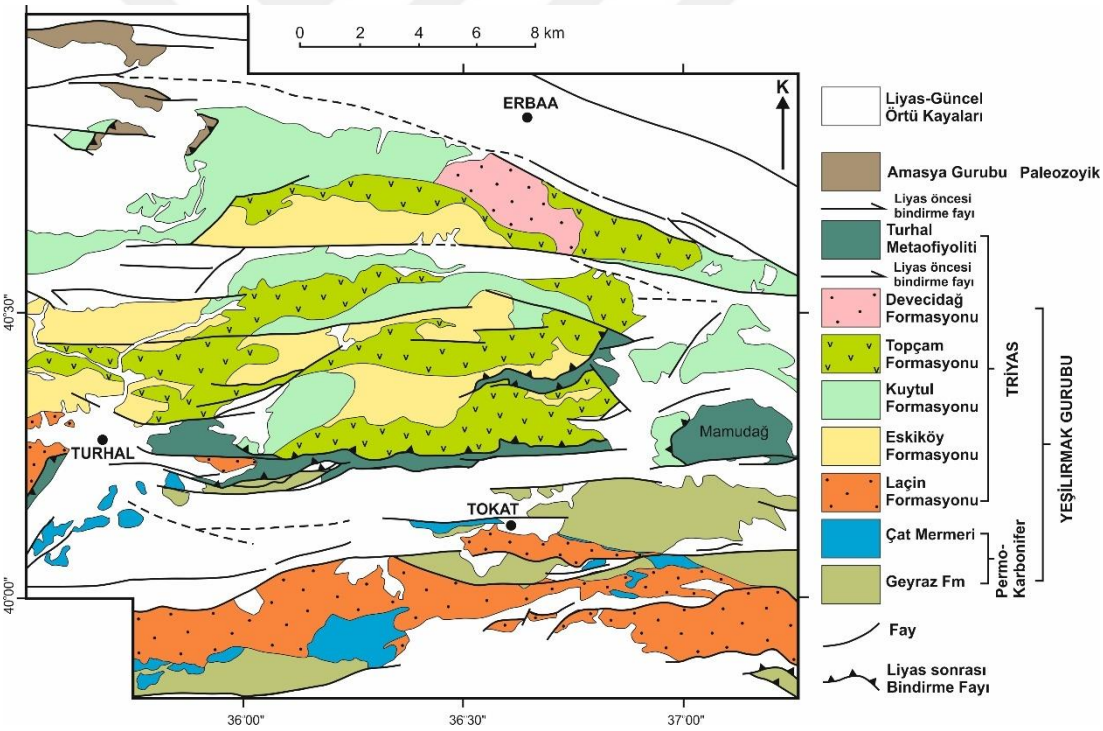
Karakaya Kompleksi'nin oluşumu hakkında alternatif tektonik modeller önerilmiştir. Bu modeller arasında kıtasal riftleşme (Koçyiğit 1987; Genç ve Yılmaz 1995), ve yitim-yığışım modelleri öne çıkmaktadır. Yitim-yığışım modelleri de Paleotetis okyanusunun kuzeye (Çapan ve Floyd 1985; Pickett ve Robertson 1996, Okay 2000, Eyüboğlu vd. 2011a) Avrasya altına ya da güneye, Gondwana altına doğru olduğu modeller olarak ikiye ayrılır Yaliniz ve Göncüoğlu 2002; Sayit vd 2010).

Karakaya Kompleksi Biga Yarımadası'ndaki tip lokalitesinden itibaren doğuya doğru Bursa, Bilecik ve Eskişehir çevresine kadar yaklaşık BKB-DGD doğrultulu bir kuşak olarak izlenir. Daha doğuda Ankara çevresinde tekrar ortaya çıkan Karakaya

Kompleksi bu alanda bükülerek KD-GB doğrultulu bir kuşak olarak izlenir (Ankara melanjı).

Daha doğuda, Amasya-Tokat çevresinde yüzeyleyen metamorfik kayalar da Karakaya Kompleksi'nin eşleniği olarak kabul edilir (Tüysüz 1996; Yılmaz ve diğ. 1997; Okay ve Göncüoğlu, 2004; Yılmaz ve Yılmaz 2004). Sakarya Zonu'nun orta kesimini oluşturan Tokat Masifi, düşük dereceli meta-volkanojenik kayalardan, meta-kırıntılardan ve bu birimlerin içinde bloklar halinde bulunan rekristalize kireçtaşları ve mermerlerden oluşmaktadır.

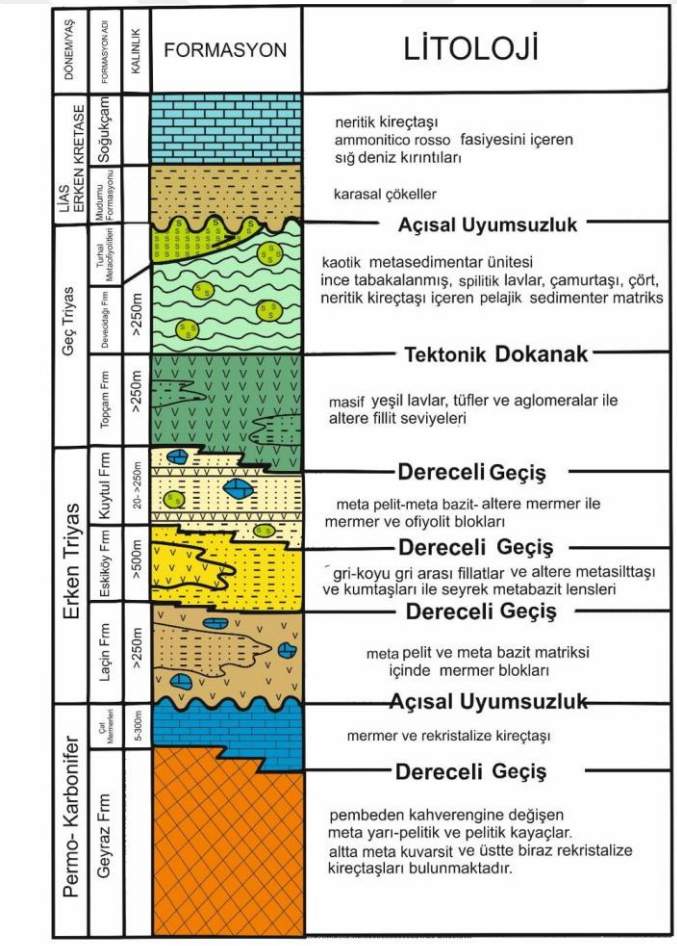
Tokat Masifi üzerinde en ayrıntılı çalışma Yılmaz ve diğ. (1997) tarafından yapılmış (Şek. 1.2), bölgenin stratigrafisi kurulmuş (Şek. 1.3) ve tektonik evrimi üzerine bir model önerilmiştir (Şek. 1.4). Bu çalışmaya göre araştırmacılar Tokat Masifi'ni üç ana bileşene ayırmışlardır. Bunlar; (1) Yeşilırmak Grubu; (2) Turhal Metaofiyoliti; (3) Amasya Grubu'dur (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Tokat Masifi'nin ve çevresindeki birimlerin jeoloji haritası (Yılmaz vd. 1997'den değiştirilerek alınmıştır).

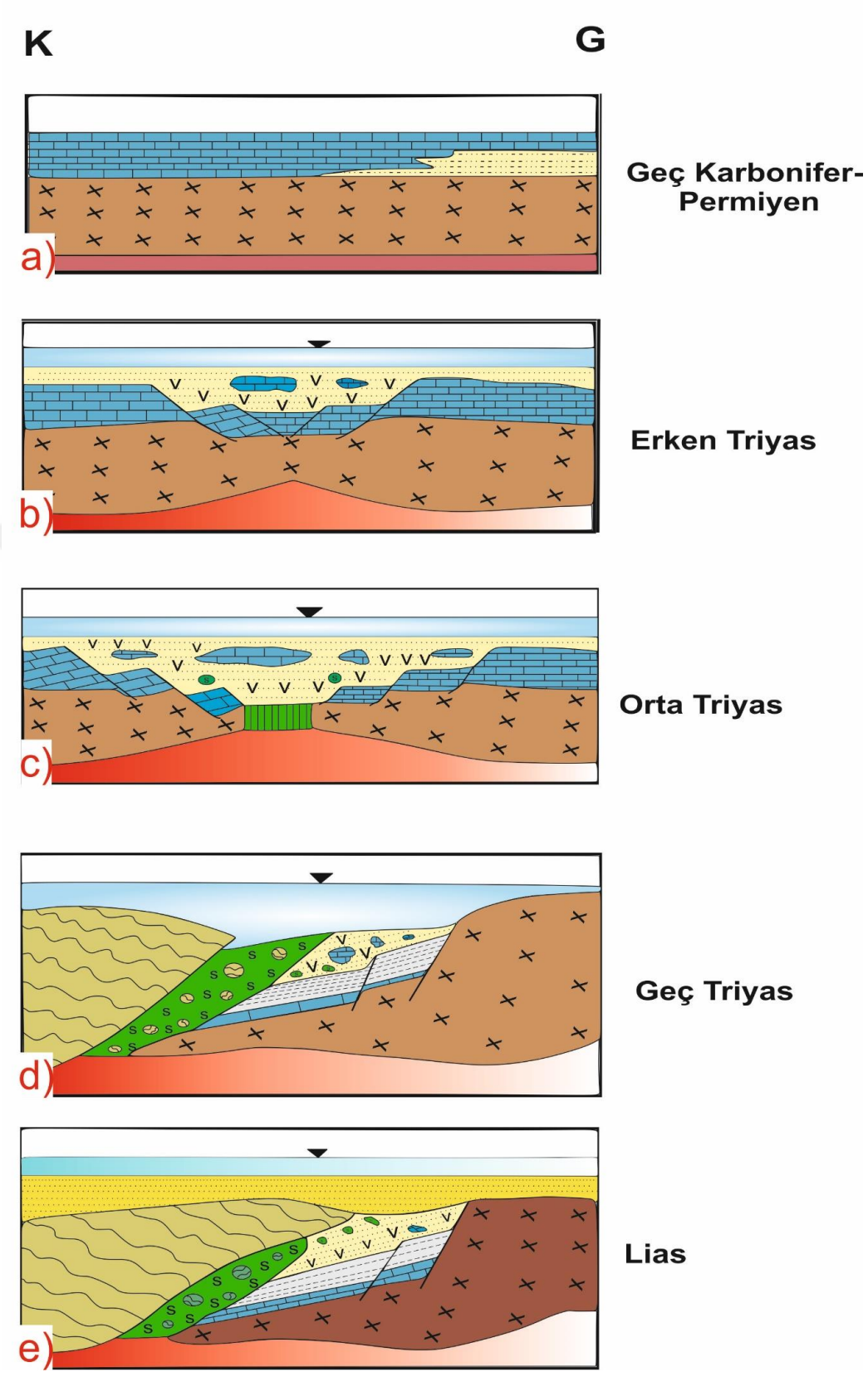
Yazarlara göre kuzeydeki Amasya Gurubu Silüryen yaşlı Lavrasya güney kenarını, Yeşilırmak Gurubu riftleşmiş Gondwana kuzey kenarı çökel prizmasını ve Turhal Metaofiyoliti ise Lavrasya ile Gondwana arasındaki okyanusal havzayı temsil eder. Yılmaz ve diğerleri (1997) Yeşilırmak Gurubu'nu, Geç Permiyen-Triyas aralığında

bölgesel metamorfizmaya uğrayıp çeşitli deformasyonlara uğrayan başlıca sedimenter ve volkanik özellikli kayalardan meydana geldiğin belirtmiştir. Yeşilırmak Gurubu'nun tabanında meta-kırıntılı kayalardan oluşan Geyraz Formasyonu yer alır. Meta-kırıntılıların üzerine uyumlu olarak ise Permiyen yaşlı Çat Mermeri yer almaktadır. Daha üstte uyumsuz olarak riftleşme sonucu oluşmuş bir dizi birim uyumlu olarak dizilir. Bu dizinin tabanında metapelitik ve metabazitik matriks içerisinde mermer blokların yer aldığı Laçin Formasyonu bulunur. Laçin Formasyonu'nun üzerine sırasıyla meta-kırıntılı kayalardan oluşan Eskiköy Formasyonu, ofiyolit blokları içeren Kuytul Formasyonu ve volkanojenik kayaların egemen olduğu Topçam Formasyonu yer alır. Pelajik sedimentler, çörtler, spilitik lavlar ve çamurtaşlarından oluşan Devecidağ Formasyonu ve ofiyolit dilimleri ise uyumlu dizinin en üstünde tektonik olarak bulunur. (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Yeşilırmak Gurubu'nun stratigrafik sütun kesiti (Yılmaz vd.1997'den değiştirilerek alınmıştır).

Yılmaz vd. (1997) tarafından önerilen modele göre Geç Karbonifer-Geç Permiyen'de Paleotetis okyanusu'nun güneye dalımı sonucunda Gondwana Kıtası riftleşmeye başladı ve Erken Triyas'da Gondwana Kııtası'nın riftleşmesi sonucunda yay ardı havzaya bağlı kıta kenarı çökelleri çökelirken volkanizma da çökelmeye eşlik etmiştir. Yazarlar Yeşilırmak Grubu'na ait Topçam Formasyonu'ndaki volkanojenik birimlerin bu volkanizma ürünü olduğunu belirtmişlerdir. (Yılmaz vd, 1997) (Şekil 1.4a, 1.4b). Riftleşme sonucunda havzada okyanusal kabuk gelişerek okyanus ortası bazaltik kayaçlar meydana gelmektedir (Şekil 1.4c). Kimmeriyen orojenezi ile okyanusal havza kapanmış, ofiyolitik melanj (Turhal Metaofiyolitleri), Geç Triyas'da, Triyas yaşlı kıta kenarı havzasına ait formasyonlara (Laçin Frm, Eskiköy Frm, Kuytul Frm, Topçam Frm, Devecidağı Frm.) tektonik olarak bindirmiştir. Okyanusun kapanması sonucu Amasya Gurubu ile Yeşilırmak Gurubu çarpışmış ve Kimmeriyen orojenezi gerçekleşmiştir. Liyas'da yaşlı sedimenter birimler Kimmeriyen orojenezinden etkilenen kaya birimlerini uyumsuz olarak örterken yeni bir tektonik rejimin başladığına da işaret eder. Bölgesel Jeoloji Bölümü'nde de değinileceği gibi yeni tektonik rejim altında Sakarya Zonu'nda Mesozoyik sonuna kadar volkano-sedimenter bir istif çökelmiş ve daha sonra bu istif üzerine ofiyolit ve ofiyolitik melanj dilimleri yerleşmiştir (Şekil 1.4d).



Şekil 1.4: Tokat Masifi'ndeki metamorfik kayaçların sıralı jeolojik evrimi (Yılmaz vd, 1997'ye göre değiştirilmiştir).

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

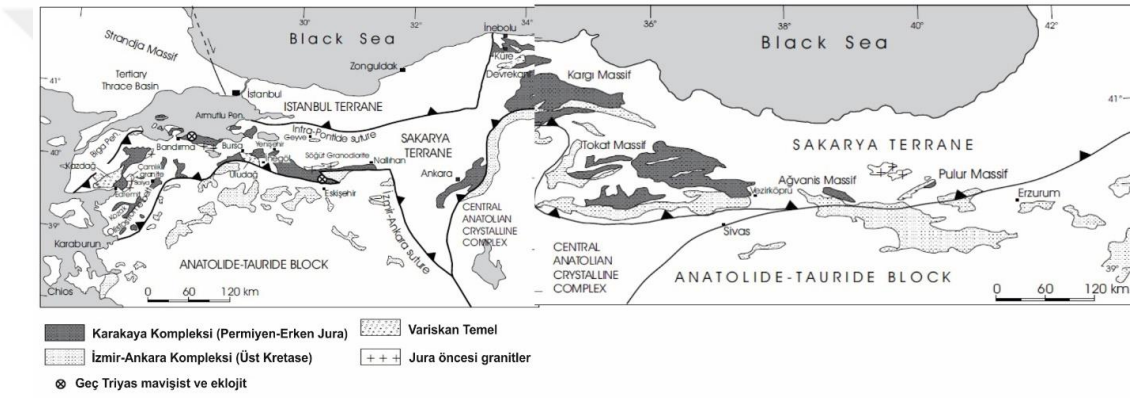
Tokat Masifi Sakarya Zonu'nun Permo-Triyas yaşlı, Düşük Sıcaklık/Düşük-Orta basınç metamorfizmasına uğramış metamorfik ünitelerinden biri olup, Tokat ili çevresinde geniş yüzlekler vermektedir. Bu bölgede Tokat Masifi Yeşilırmak Gurubu, Turhal Metaofiyoliti ve Amasya Gurubu olmak üzere üç kısıma ayrılmıştır. Paleotetis okyanusu ve bu okyanusa bitişik kıta kenarları olarak yorumlanan bu üç guruptan biri olan Yeşilırmak Grubu'nda yer alan Topçam Formasyonu, oldukça geniş yüzeylemeler sunan metavolkanojenik kayaçlardan, masif ve yastık lavlardan ve kırıntılı sedimanlardan oluşmaktadır. Bu çalışmanın birincil amacı Topçam Formasyonu'nun stratigrafisini kurmak ve birimi oluşturan volkanik kayaların püskürdüğü tektonik ortamı belirlemektir. Bu çalışma sırasında gerek Topçam Formasyonu gerekse ilişkili birimlerden elde edilecek petrografik, jeokimyasal ve yapısal veriler Paleotetis aktif kenarına eklenen tektonik dilimlerin/blokların kökeni sorununa ve bunların gömülme ve yüzeyleme tarihçelerine açıklık getirecektir.

Ayrıca Topçam Formasyonu'nda yapılacak olan detaylı stratigrafik çalışmalar ile meta volkanojenik birimlerin Alt Karakaya Kompleksi ile ne gibi benzerlik ya da farklılıkların olduğu tespit edilerek Topçam Formasyonu'nun oluşumuna ışık tutulacaktır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. BÖLGESEL JEOLOJİ

Türkiye'nin en önemli kenet kuşaklarından biri olan Geç Mesozoyik-Erken Senozoyik yaşlı İzmir-Ankara-Erzincan (İAE) kenet kuşağı, kuzeyde Pontid'leri güneyde ise Menderes Toros Bloğu ve Kırşehir Masifini birbirinden ayırmaktadır (Ketin, 1966; Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör, 1984; Okay ve Tüysüz, 1999) (Şekil 2.1). Pontid tektonik kuşağı Karadeniz güney kıyısı boyunca yaklaşık 1600 km doğu-batı doğrultulu bir şerit halinde uzanmaktadır ve üç kısıma ayrılmaktadır: Rodop-Istranca Zonu, İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu (Okay 1989; Okay ve Tüysüz 1999).

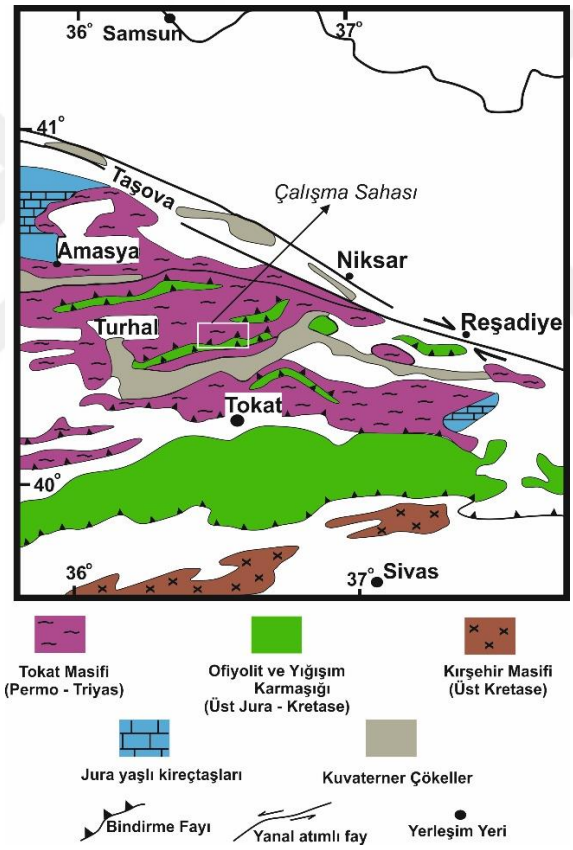


Şekil 2.1: Türkiye'nin kenet kuşaklarını ve Karakaya Kompleksi'ne ait birimlerin dağılımını gösteren harita (Okay ve Göncüoğlu, 2004).

Sakarya Zonu'nun Liyas öncesi yaşlı temeli genel olarak Variskan orajenezin egemen olduğu metamorfik kayaçlardan ve onları kesen Paleozoyik yaşlı granitoidler ve Permo-Triyas metamorfik birimlerden oluşmaktadır (Okay 1984; Topuz vd. 2004, 2007, 2010). Bu Permo-Triyas yaşlı birimlerin Paleo-Tetis okyanusu'nun Lavrasya Kıtası aktif kenarına dalıp eklenir veya Geç Permiyen'de Godwana kıstasının riftleşmeye başlayarak bu birimlerin oluşmaya başladığını ve Kimmerid orojenezi sonucu oluştuğu düşünülmektedir (Bingöl vd. 1973; Şengör vd. 1980; Tekeli 1981; Rojay 1995; Pickett ve Robertson 1996; Okay ve Monie 1997; Yılmaz vd. 1997a; Okay 2000; Okay vd. 2002; Göncüoğlu vd 2004; Topuz vd. 2004; Sayit ve Göncüoğlu 2009; Federici vd. 2010; Sayit vd. 2010; Robertson ve Ustaömer 2012; Sayit ve Göncüoğlu 2012).

2.1.2.TOKAT BÖLGESİ

Çalışma alanında yüzeylenen Tokat Masifi'ne ait birimler Karakaya Kompleksi'nin doğudaki uzantısının bir parçası olarak yorumlanmıştır (Şengör ve Yılmaz 1981; Şengör vd. 1984; Okay ve Göncüoğlu 2004). Batı Anadolu'dan doğuya doğru Ankara Melanjı (Bailey ve McCallien, 1950), Ağvanis Masifi (Okay,1984), Kargı Masifi (Tüysüz, 1990, 1993) ve Pulur Masifi'ne kadar uzanan birimler Sakarya Kıtası'nın orta kesimini oluşturmaktadır (Şekil 2.2). Tokat Masifi'nin güneyinde sırasıyla İzmir-Ankara-Erzincan (İAE) kenet kuşağı, Kırşehir Masifi (Göncüoğlu vd., 1997) ve kuzeybatı-güneydoğu kesimlerinde yüzeylenen Jura yaşlı kireçtaşları yer almaktadır (Alp, 1972) (Şekil 2.2)



Şekil 2.2: Amasya-Tokat-Sivas bölgeleri arasında yer alan birimlerin basitleştirilmiş jeolojik haritası (Yılmaz ve Yılmaz, 2004'ten değiştirilerek alınmıştır.)

Tokat yöresinde yer alan Permo-Triyas yaşlı Alt Karakaya Kompleksi (Tüysüz vd., 1990) kayaçlardan ve üzerinde uyumsuz olarak yer alan Liyas ve daha genç yaşlı örtü birimlerinden meydana gelmektedir. Bölgenin temelini oluşturan ve Liyas öncesi düşük dereceli meta-volkanojenik kayaçlarla temsil edilen Tokat Masifi (Blumenthal,

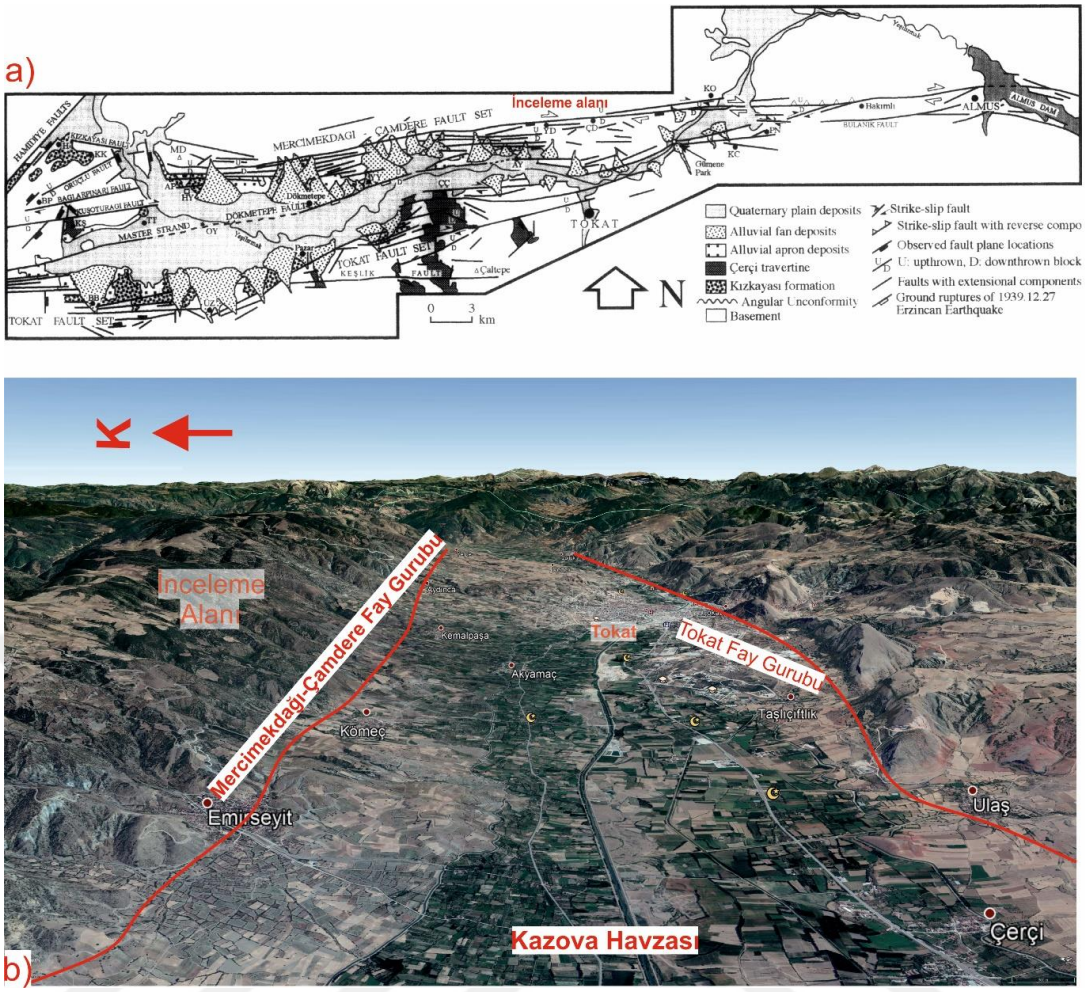
1950); metamorfik özellikte Turhal Metamorfitleri (Gökçe, 1983) (Alt Karakaya Kompleksi) ve bloklu Devecidağı Karmaşığı (Özcan vd., 1980; Yılmaz, 1980, 1982a, b) (Üst Karakaya Karmaşığı) olmak üzere farklı fasiyes-jeotektonik ortamı temsil eden kayaç türlerine sahip iki birimden oluşmaktadır.

Tokat bölgesinde yer alan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), morfolojik olarak belirgin ve sismik açıdan oldukça aktif, dünya da en iyi bilinen faylardan biridir. KAFZ yaklaşık olarak 1500 km uzunluğunda, Doğu Anadolu'dan Yunanistan'a kadar geniş yay şeklinde uzanan sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay zonudur. Zonun genişliği 100 m ile 40 km arasındadır. Bu fay, kuzeydeki Avrasya ve güneydeki Anadolu levhası arasındaki sınırın bir bölümünü oluşturan transform fay özelliğindedir. Karadeniz kıyılarına paralel olarak doğuda Karlıova'dan, batıda Saros körfezine kadar uzanmaktadır. Çoğu literatür fayın başlangıç yaşını Piliyosen olarak belirlemiştir (Tokay 1973, Arpat ve Şaroğlu, 1975; Dirik, 1991; Rojay, 1993).

Birçok doğrultu atımlı fay gibi KAFZ 1000-1500 km uzunluğu boyunca morfolojik olarak iyi gelişmiş yüzey yapıları içermektedir. Fay zonu boyunca zona paralel, yarı paralel, faylar, saç örgüsü geometrisi, çek-ayır havzaları (Pull-apart Basin), çökme gölleri, basınç sırtları, ötelenmiş dereler vb. gibi yapılar görülmektedir (Bozkurt, 2001).

Almus fay zonu (AFZ), Iğdır'ın batısından Reşadiye'nin doğusuna kadar uzanan, 150 km uzunluğa sahip aktif bir yanal atımlı fay sistemidir. Ayrıca yanal atımlı fay sonucu iyi gelişmiş sıkışma yapıları yer almaktadır. Fay zonunun genişliği birkaç yüz metreden 12 km kadar değişmektedir. AFZ'un morfolojisi basamaklı bir yapıya sahiptir. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun başlıca bileşenlerinden biri olan AFZ, Reşadiye'nin güneydoğusundan batıya doğru, doğu-batı yönlü ve 7-15 derecelik bir kıvrımla Bakımlı Köyü'ne doğru ilerlemekte ve güneybatıda ikiye ayrılarak Mercimekdağı-Çamdere fay ve Tokat Fay gurubunu oluşturmaktadır. AFZ'nin başlangıç yaşı ise, içerisinde yer alan Üst-Pliyosen yaşlı çökellerden dolayı Üst-Pliyosen olarak belirlenmiştir. (Bozkurt vd., 1995) (Şekil 2.3).

Kazova Havzası ise Almus Fay Zonu içerisinde yer alan, negatif çiçek yapısına sahip, 0.7 km genişliğine sahip, 60 km uzunluğunda, kuzeyde Mercimekdağı-Çamdere fay gurubu, güneyde Tokay Fay gurubu ile sınırlanmış ve Pliyosen öncesi temel üzerinde Pliyosen sonrası ve Kuvaterner yaşlı çökellerin yer aldığı havzadır (Bozkurt vd., 1996) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: a) Almus Fay Zonu'nun basitleştirilmiş neotektonik haritası (Koçyiğit ve Bozkurt, 1991'den sonra düzenlenmiştir). **b)** Kazova Havzası'nın sınırlarını ve inceleme alanını gösteren, Google Earth'ten 3D olarak hazırlanmış harita.

2.2.ÖNCEKİ İNCELEMELER

Yılmaz (1981). Tokat-Sivas arasında yapılan çalışmada Tokat metamorfitlerini iki üyeye ayırmıştır. Çalışma sahasının kuzeyinde yeşilşist ve bir bölümü Permiyen yaşta olan rekristalize kireçtaşı bloklarından oluştuğunu, güneyde yüzeylenen metamorfitlerin ise; altta yeşilşist ara katkılı kalkşist ve mermer, üstte kuvarsit olmak üzere iki düzeyden oluştuğunu tespit etmiştir. Ayrıca Tokat metamorfitleriyle, ofiyolitli karışık arasındaki ilişkinin tektonik nitelikli olduğunu belirlemiştir.

Yılmaz (1983), Tokat grubu metamorfitlerinin bir bölümünün olistostromal, bloklu, metavolkanotortul bir dizi olduğu ve bunun yer yer Permiyen yaşlı kireçtaşı düzeyleri ile arakatkılı olarak bulunduğunu belirlemiştir.

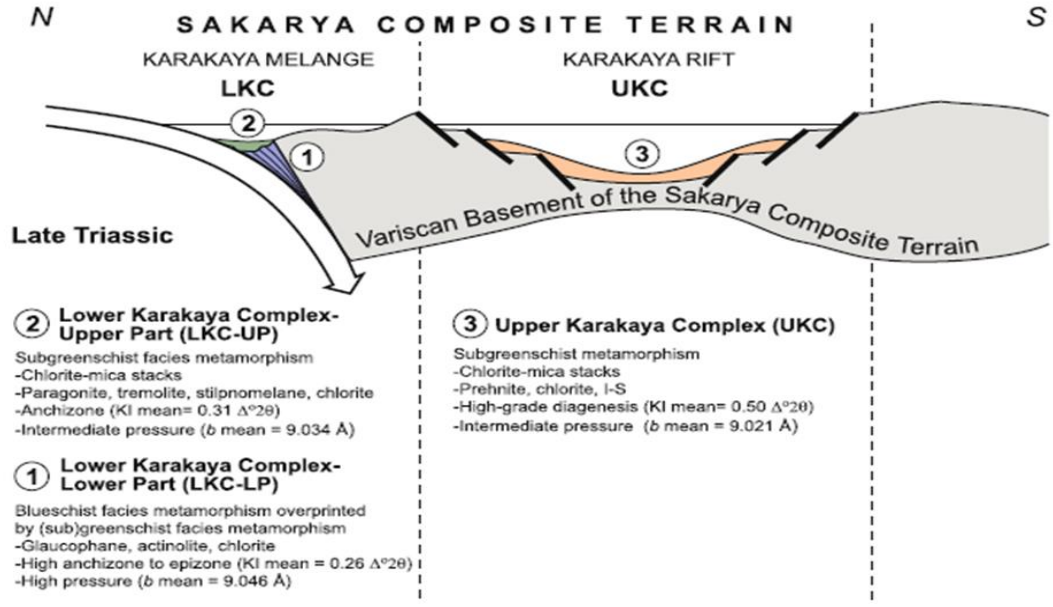
Özcan ve Aksay (1996), Tokat-Turhal-Almus-Çamlıbel yöresinde yapmış oldukları çalışmada, Tokat Metamorfitlerinin Liyas öncesi yaşlı Karakaya ve daha sonraki Alpin orojenezi etkilerini taşıdığını saptamıştır. Tokat Metamorfiti'nin Turhal grubu ve Devecidağ karışığı (Özcan ve Diğerleri,1980), Tozanlı grubu (Seymen,1975), Tokat grubu (Yılmaz,1982), Ağvanis grubu (Okay,1984) ve Tokat metamorfik topluluğu (Yılmaz vd. 1997) gibi bölgedeki aynı yaşlı birimler ile deneştirilebileceğini belirtmişlerdir. Ancak önceki çalışmalarda Tokat masifine ait metamorfik kayaların bütünü Karakaya kompleksi içinde düşünülmesine rağmen, bu yaklaşımın doğru olmayabileceğini, Tokat masifi metamorfik kayaları içinde Karakaya kompleksi dışında başka tektonik birliğe veya birliklere ait metamorfik kaya topluluklarının bulunabileceğini göz ardı edilmemesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Bozkurt, Holdsworth ve Koçyiğit (1997), Tokat bölgesinde, Tokat Masifi'nin düşük dereceli; metabazalt, metatüf ve epidot-şist gibi Topçam Formasyonu'na çok benzer metamorfik kayaçların içinde tespit ettikleri Jura yaşlı (Titoniyen) çörtlerin varlığının, Paleotetis değil Neotetis Okyanusu'ndan türemiş olduğunu ve Tokat Masifi içine Jura sonrasındaki bir dönemde tektonik olarak yerleşmiş olması gerektiğini söylemişlerdir.

Yılmaz ve Yılmaz (2004); Tokat Masifi'ni Karakaya Karmaşığı ile korele ederek iki temel birime ayırmışlardır. Bunlar; (1) Turhal Metamorfitleri ve (2) Devecidağı Karışığı'dır. Turhal Metamorfitleri'nin ağırlıklı olarak bir yay istifini yansıttığını, Devecidağı Karmaşığı'nın ise kimi zaman yitim karışığı, kimi zaman yay önü istifinin özelliklerini yansıtan ve ağırlıklı olarak yitim zonu ile yay-önü arasında gelişen heterojen bir kaya topluluğu ile temsil edildiğini önermişlerdir. D-B uzanımlı ve Kuzey Anadolu Fay Hattı'na paralel Kuzey Anadolu Ofiyolit Kuşağı'nı oluşturan ofiyolitli melanj prizması, başlangıçta hem kuzeye hem de güneye doğru yerleşmiş, melanj dilimleri daha sonraki sıkışma nedeni ile yükselmiş ve daha sonra neotekronik dönemde KAF ile ilişkili sıralı deformasyonlar ile günümüzdeki konumu aldığını dile getirmişlerdir. Hem Tokat Masifi'nin içinde ofiyolitlere ait tektonik dilimlerin olması hem de Kuzey Anadolu Ofiyolitik Kuşağı'nda Tokat Grubu'na ait kayaçların tektonik dilimler halinde bulunmasını bölgenin çok evreli sıkışma geçirdiğinin göstergesi olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca bölgede yapılan detaylı haritalama çalışmasında, Gondwana Kıtası'na ait hiçbir birimin olmadığını ve de Tokat Masifi içindeki ofiyolit dilimlerinin asla bir sütur zonu sunamayacağını belirtmişlerdir.

Tetiker (2009), KB Anadolu'da ki Üst Karakaya birliklerinde yer alan meta sedimenter ile Tokat-Tuhal yörelerinde yer alan, Turhal Metamorfitleri ve Devecidağı Melanjı'nda ki meta (sedimenter) kayaçlardan örnekler alıp, jeokimyasal ve petrografik özellikleri, kaynak alanı, bozunma ve bozuşması hakkında çalışma yapmıştır. Tokat yöresindeki Alt ve Üst Karakaya birimlerine ait kumtaşlarının ayırtman diyagramlarında farklı veriler elde edilmiş olmakla birlikte; çoğunlukla aktif kıta kenarı ve kıtasal yay ortamları işaret eden veriler elde edilmiştir. Ancak bu ortamlar, kumtaşlarının çökelme ortamlarından ziyade, provenans ve kaynak kayaç ile ilişkili olduğu düşüncesine varılmıştır. Ayrıca, inceleme alanı (meta-)kumtaşları; düşük-orta derecede yüzeysel bozunma ve bozuşma geçirmiş olup, iyi derecede boylandığı, diyajenetik süreçlerde özellikle neoformasyon, metamorfik süreçlerde ise transformasyon mekanizmalarından etkilendiği, Provenans' ta ki kaynak kayaçların çeşitliliği de yer yer heterojen verilerin ortaya çıkmasına neden olduğu kanısına varmıştır.

Tetiker (2010), Yaptığı bu çalışmada KB Anadolu ve Orta Pontidler'de Sakarya Zonu içerisinde yer alan Paleotetis ile ilişkili Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı birimlerindeki (meta)-magmatik kayaçların, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri ortaya koyarak, bu kayaçların köken ve tektono-magmatik konumlarına katkıda bulunulması amaçlamıştır. Tokat yöresinde Turhal ilçesi çevresinde yer alan Turhal Metamorfitleri'nden alınan iki gabro örneğine göre birimler E-Morb ve Devecidağı Karışığı'nın çoğunlukla levha içi olduğu ortaya çıkmıştır. Genel olarak vardığı kanıya göre ise; bazik karakterli magmatik kayaçların Alt Karakaya için okyanus ortası sırtı, buna karşın Üst Karakaya için levha içi jeotektonik ortamlarda geliştiği ileri sürmüştür (Şekil 2.2).



Şekil 2.4: Alt ve Üst Karakaya Kompleksinin oluşum modeli (Tetiker & Göncüoğlu, 2015).

Federici, Cavazza, Okay, Beyssac, Zattin, Corrado, Dellisanti (2010); değişik analitik yöntemler kullanılarak (kil mineralojisi, vitrinit yansıması, karbonca zengin malzemenin Raman spektrometresi) Permo-Triyas yaşındaki Karakaya Kompleksi'nin termal evrimi araştırılmıştır. Batıda Alt Karakaya Kompleksi'nin 340 ile 497°C arasında değişen maksimum sıcaklıklara maruz kaldığını; Bursa, Eskişehir ve Tokat bölgesinde ise en yüksek sıcaklık değeri 500° C olarak belirlenmiştir. Tokat bölgesinde yer alan Permo-Triyas yaşlı metavolkanik birimlerin de yeşilşist fasiyesinde ve yer yer mavişist fasiyesine yakın sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Üst Karakaya Kompleksi'nin ise zeolit ve yeşilşist fasiyesi (120−376°C) metamorfizma geçirdiği belirlenmiştir.

Catlos, Huber & Shin (2013); yaptıkları çalışmalarda, Tokat Masifi'ndeki meta-gabro ve metabazit örneklerinden yeni jeokimyasal ve yaş verileri elde etmişlerdir. Bu verilere göre Tokat Masifi'nin kökeni ve tektanomagmatik evriminin anlaşılmasına katkıda bulunmuşlardır. Elde ettikleri verileri aynı zamanda Neotetis'e ait metagabroların verileri ile karşılaştırarak oluşum koşulları hakkında önemli bilgiler sağlamışlardır. Karakaya metagabro örneklerinden yapılan çeşitli jeokimyasal veriler OIB ve E-MORB çıkarken, Neo-Tetis metagabroları ise IAT olarak belirlenerek birbirirleri arasındaki farklar ortaya konmuştur. Yapılan U/Pb yaş verilerine göre ise

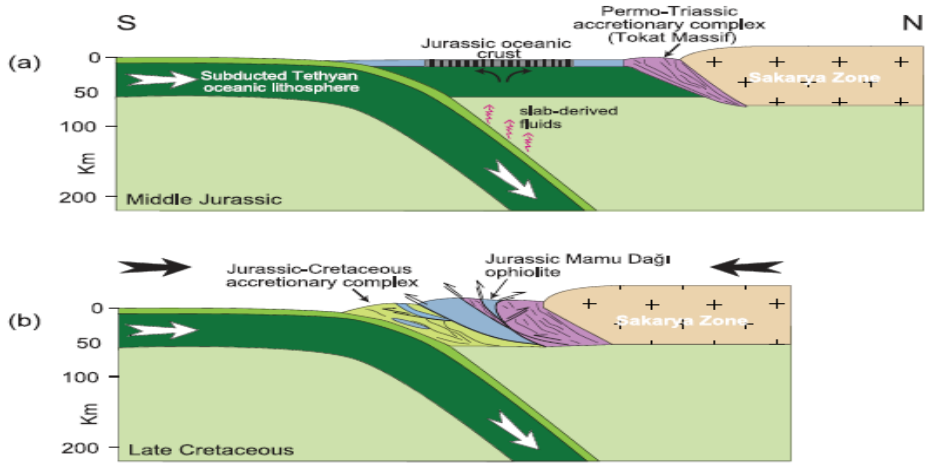
Tokat Masifi'ndeki meta-gabroların oluşum yaşı yaklaşık 250 my, metamorfizma ve deformasyon yaşı ise 200-135 my olarak tespit edilmiştir

P.A.Ustaömer vd. (2018); Karakaya Kompleksi'nin doğu uzantısı olarak yer alan Ankara Melanjı ve Tokat Masifi içerisinde yer alan kumtaşlarından kaynak alan çalışması yapılarak yaş verileri elde edilmiştir. Elde edilen analitik verilere göre, Triyas yay tipi kaynak alan detrital zirkonlardan elde edilen maksimum çökelme yaşlarının Noriyen yaşlı olduğu tespit edilmiştir.

Ö.F.Çelik, G.Topuz vd. (2019); Tokat'ın kuzeydoğusunda Almus'un kenar bölgelerinde yapılan saha çalışmalarında Mamudağı ofiyolitleri detaylı olarak çalışılmış ve bu ofiyolitin peridot, piroksenitler, gabrolardan, bazaltlardan ve onları kesen dolerit dayklarından meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Gabro ve bazaltlardan elde edilen normalleştirilmiş nadir toprak ve iz element diyagramlarına göre; negatif Ti, Zr anomalisi ve yüksek Ta anomolisi, pozitif europium anomalisi ile düşük SiO_2 içeriği Mamudağı Ofiyolitleri'nin, MORB veya manto kaynaklı bir alandan çok, okyanusal litosferin dalması sonucu türeyen mantodan kaynaklı olduğu sonucuna varmışlardır (yitim zonu üstü ofiyoliti) (Şekil 2.5)

Ayrıca gabrolardaki hornblend minerallerinden yapılan Ar/Ar yaş tayini gabroların kristalizasyon yaşının 159 ±1 olduğunu dolayısıyla yitim zonu üstü tipi bir ofiyolit olan Mamudağ ofiyolitini üreten yitimin orta-üst Jura döneminde gerçekleşmiş olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.5: Mamudağı ofiyolitinin oluşumu ve yerleşimini açıklayan tektonik model (Çelik ve diğ. 2019). Mor boyalı kısım bu tez çalışmasının da konusunu oluşturan Tokat Masifi'dir.

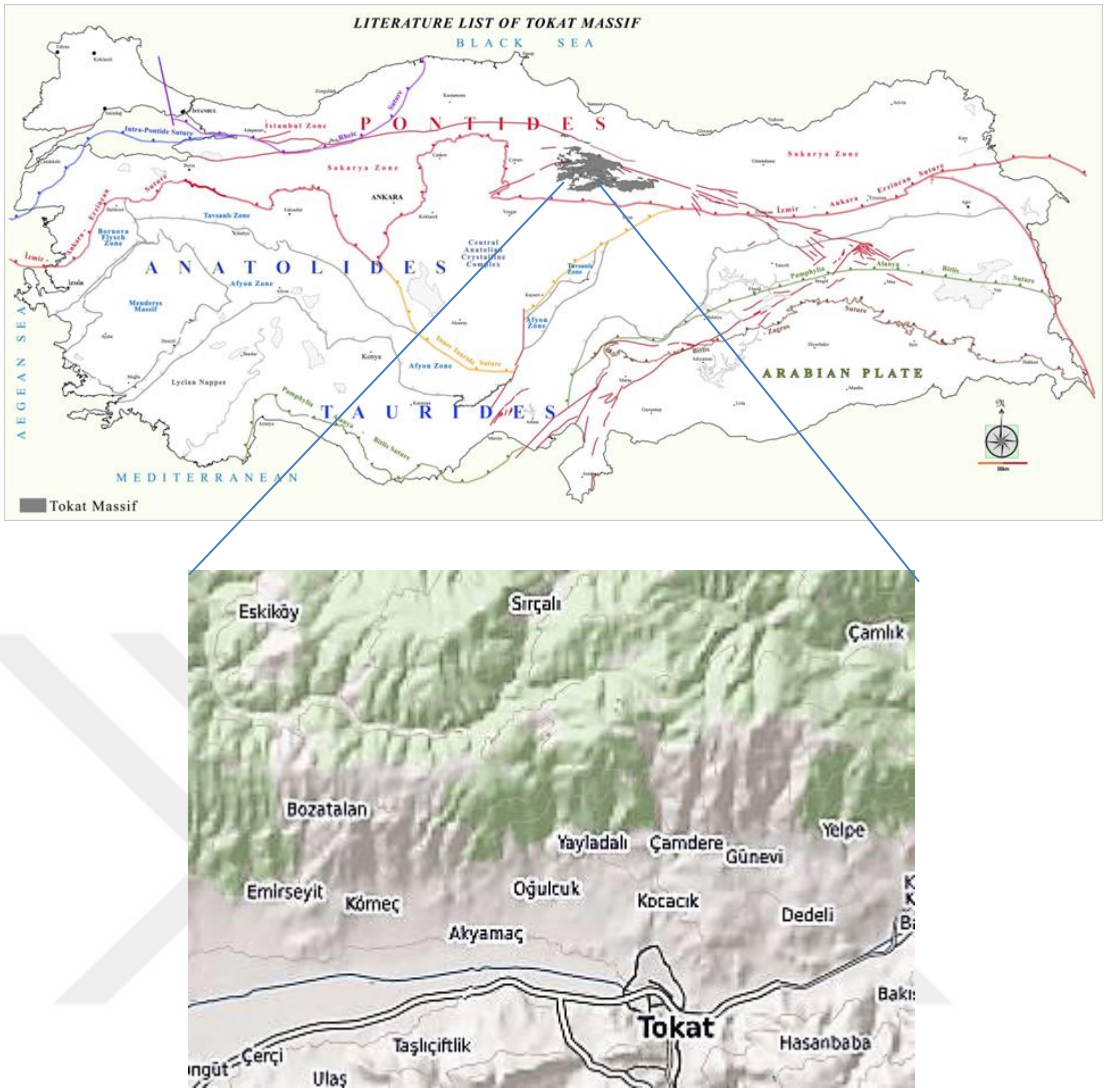
2.3. TEZ DÜZENİ

Bu bölüm beş temel bölümden oluşmaktadır. ‘’Giriş’’ bölümünde çalışma alanında jeolojik problemler üzerine yapılan geçmiş çalışmalar ve bu çalışmalar sonucu elde edilen bulgulara değinilmiştir. ‘’Genel Kısımlar’’ ise beş ayrı başlık altında tutulmaktadır. ‘’Bölgesel Jeoloji’’ Kısmında inceleme alanının Türkiye’nin tektonik birliklerinden hangi kısmında yer aldığını ve bölgenin geniş ölçekte jeolojik evriminden bahsedilmektedir. ‘’Önceki İncelemeler’’ başlığında Tokat ve çevresinde daha önce yapılmış olan çalışmalara yer verilmektedir. ‘’Çalışma alanının coğrafi nitelikleri’’nde bölgenin iklim, bitki örtüsü ve yükseltileri ‘’Malzeme ve Yöntem’’ kısmında ise arazide gerçekleştirilen saha çalışmaları ve inceleme alanından toplanan örneklerin Petrografik, XRD, Jeokimyasal Analiz Yöntemlerinden ne gibi çalışmalar yapıldığından bahsedilmiştir. ‘’Bulgular’’ kısmında ilk olarak birimlerin Tektono-stratigrafisi bahsedilerek, kaya türü özellikleri ve bu birbirleriyle olan ilişkilerinden bahsedilmektedir. ‘’Petrografi’’ bölümünde kayaların mikroskop altında mineral bileşimi, ‘’Yapısal Jeoloji’’ kısmında arazide yer alan makro ve mikro ölçekli yapısal unsurlar ve ‘’Jeokimyasal Analizler’’ kısmında ise kayaların kimyasal özelliklerinin hangi tektonik ortamları yansıttığı belirtilmiştir. Son olarak Tartışma ve Sonuçlar’’ kısmında elde edilen veriler ışığında çözülen problemler ve atılan yeni fikirler öne sürülmüştür.

2.3. ÇALIŞMA ALANININ COĞRAFİ NİTELİKLERİ

İnceleme alanı Türkiye’nin, Orta Karadeniz Bölgesi’nin doğusunda, Tokat şehir merkezinin kuzeyinde yer almaktadır.

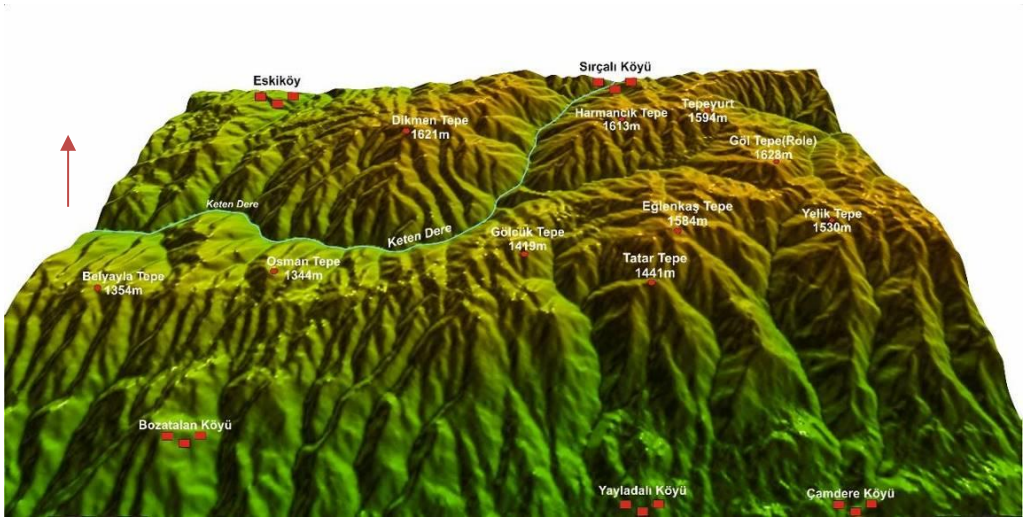
Bozatalan Köyü, Eskiköy, Sırçalı Köyü ve Çamdere köyleri arası ile çevre alanlarını içeren yaklaşık 94 km²’ lik bir alanı içermekte olup, 1/25.000’lik Tokat-H37 ve Tokat-H36 paftalarını kaplamaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Çalışma Alanının Yer bulduru haritası

2.3.1. Yükselim Alanları

Çalışma alanında ki yükseltiler ortalama 1300 metre civarındadır. İnceleme alanında oldukça engebeli bir morfoloji vardır. Çalışma alanından güneyden kuzeye ilerledikçe arazinin eğimi ve yükseltisi artmaktadır. İnceleme alanında ki en yüksek tepe 1628 metre ile Göl Tepedir (Şekil 2.7). Önemli yükseltilere sahip diğer tepeler ise; Dikmen Tepe (1621 m), Harmancık Tepe (1613 m), Tepeyurt (1594 m), Yelik Tepe (1513 m)'dir (Şekil 2.7). Topçam Formasyonu'nda yükseltinin az olduğu alanlarda çoğunlukla meta-volkanoklastik sedimentler yer alırken, yükselti arttıkça daha masif lavlara geçiş gözlenmektedir. Ayrıca yükseltinin az olduğu güney sınırlarında Turhal Metaofiyoliti yer alırken, kuzeyinde 1100 metrelik rakımdan 1600 metrelik rakıma kadar değişen, Eskiköy Formasyonu'na ait kayaçların varlığı da gözlenmektedir.



Şekil 2.7: Çalışma alanının gösterildiği 3B dijital yükselti haritası

2.3.2. Akarsular ve Vadiler

Çalışma alanı içerisinde yer alan başlıca akarsu vadisi, kuzey-kuzeybatıda yer alan Keten dere vadisidir. Diğer akarsular ise; Yayladalı Köyü kuzeyinde yer alan, Çetin Dere, Kemikli Dere ve Sulu Dere iken, Çamdere Köyü kuzeyinde yer alan, Geksi Dere ve Kurugöz deredir.

2.3.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Tokat'ın iklimi; Karadeniz iklimi ile iç Anadolu'daki step iklimi arasında bir geçiş iklimi özelliği taşır (www.tokat.gov.tr). Genel olarak yaz mevsimi alçak alanlarda sıcak-kurak, yüksek yerlerde serin yer yer yağışlı, kış mevsimi soğuk ve kar yağışlıdır. Tokat'ın iklim özelliğinde denize olan uzaklığın ve yüksekliğin etkisi önemlidir. Bu nedenle ikliminde kuzeyden güneye doğru önemli farklılıklar görülür. Güneye doğru kış mevsimi daha sert bir karakter gösterir. Tokat ili topraklarının %39'ı orman ve fundalıklarla %38'ı ekili-dikili alanlarla, %12 çayır ve meralarla kaplıdır (T.C. Tokat Valiliği). %1,9'u ise tarıma elverişsiz çorak alanlardan meydana gelmektedir. Tokat Türkiye'nin sayılı orman bölgelerinden biridir. Kuzeyde ve güneyde il topraklarına giren dağların hemen hepsi ormanlıktır (T.C. Tokat Valiliği) (Şekil 2.8)



Şekil 2.8: İnceleme alanındaki bitki örtüsünden genel görünüm. UTM: 90410 77150.

2.3.4. Ekonomik Durum

Tokat halkı geçimini tarım ve hayvancılıktan sağlamaktadır. Hayvancılıkta küçükbaş ve büyükbaş hayvancılık yer alırken, tarımsal üretime çok yatkın olan topraklarda başlıca vişne, domates, biber, üzüm ve kiraz yetiştirilmektedir.

2.3.5. Ulaşım

Çalışma alanı şehir merkezine 5 km, başkent Ankara'ya 367 km ve İstanbul'a 790 km uzaklıktadır. Tokat şehir Merkezine ulaşım, D.850-03 ve D.180-06 karayolları ile sağlanabilmektedir. Çalışma arazisine ulaşım ise; Çamdere, Yayladalı, Bozatalan ve Eskiköy'e giden köy yolları ile sağlanabilmektedir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında incelenen bölgenin 1/25.000'lik jeolojik haritası hazırlanmış olup, bölgedeki kayaçların mikro yapılarını polarizan mikroskobunda çalışılmak üzere yönlü örnekler alınmış, kumtaşı ve meta-kumtaşlarından nokta sayımı yapılmıştır. İnce kesitlerin incelenmesi neticesinde detaylı veriler için XRD analizine ihtiyaç duyulmuş ve gerçekleştirilmiştir. Topçam Formasyonu ve Yayladalı Metamorfiti içerisinde yer alan bazik kayaçların ve de Eskiköy Formasyonu'nda yer alan daykların paleo-tektonik ortamını tanımlamak için jeokimya analizleri yapılmıştır. Tez kapsamında kullanılan bu yöntemler ayrı başlıklar altında belirtilecektir

3.1. SAHA ÇALIŞMALARI

2017- 2018 yazları ve 2019 ara dönemlerinde toplam 54 gün yapılan saha çalışmaları sonucunda bölgenin 1/25.000'lik ve toplamda 94 km²'lik alanın jeoloji haritası hazırlanmıştır. Saha çalışması sırasında birimlerin dokanak sınırları takip edilmiş, tabandan tavana stratigrafileri ve sondaj logları hazırlanarak haritalama çalışmaları tamamlanmıştır. Tüm yapısal unsurlar Brunton ve Silva tipi pusulaları ile ölçülüp, fotoğrafları çekildikten sonra garmen tipi gps cihazı ile veriler haritaya işlenmiştir. Haritaya işlenemeyecek mikro boyuttaki yapısal unsurlar ölçülmüş ve şematik kesitler çizilmiştir. Ayrıca birimler arasındaki ilişkinin gözlendiği alanlarda da şematik enine kesitler çizilmiştir.

3.1.1. Yönlü Örnek Alımı

Harita çalışması sırasında Topçam Formasyonu ve Eskiköy Formasyonu arasında ki tektonik ilişkiyi belirlemek için, kayaç örnekleri sistematik olarak toplanmış, yerleri haritadan saptanmış ve GPS koordinantları ile yerleri belirlenerek. Silva pusulayla yönlü örnekler alınmıştır.

3.2. PETROGRAFİK İNCELEMELER

Arazi çalışmaları sırasında derlenen örneklerden ince kesit hazırlama işlemleri Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji İnce Kesit Laboratuvarında gerçekleşmiştir.

Örneklerden hazırlanacak ince kesit yüzeyleri genellikle foliasyona dik ve lineasyona paralel olarak belirlenmiştir.

3.2.1. MODAL ANALİZ

Meta-kumtaşlarına ait 8 ve kumtaşlarına ait 2 adet örneğin ince kesit petrografik olarak optik ölçü yöntemleri kullanılarak incelenmiş ve modal analizi yapılmıştır. Bu incelemeler, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Jeoloji Mühendisliği Bölümü Optik Araştırma Laboratuvar'ında Meiji MT9300 marka polarizan mikroskop ve modal analiz için James Swift marka mikroskop ve nokta sayma cihazı kullanılmıştır. Kesit başına 650 nokta olmak üzere toplamda 6500 nokta sayılmıştır. Mikroskop çalışmaları sırasında ışık şiddeti gözü yormayacak şekilde ayarlanıp, ışığın kesitin tamamını aydınlatacak şekilde gelmesi sağlanmıştır. Rölyef analizleri becke çizgisi yöntemi ile göreceli olarak tayin edilmiştir.

3.3. XRD ÇALIŞMASI

Tez çalışmasının ilerleyen adımlarında ince taneli birimlerin kesitlerinde tanımlanamayan mineral fazlarını tespit etmek için XRD analizleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümü yapılacak olan numuneler küçük miktarlarda kesilip, 150 mesh boyutuna gelene kadar agat havanda öğütülmüştür. Örnekler üzerinden yapılan XRD analizleri İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi, Mineraloji Petrografi Anabilim Dalı X-Işınları laboratuvarında yer almakta olan GNR marka APD 2000 Pro model cihazında, Cu-Ka radyasyonu ile 40 kV gerilim ve 30 mA akım altında 2θ=1°/dk gonyometre hızı ile yapılmıştır. Ölçümler 5°-65° ve 5°-70° arasında alınmış olup alınan XRD kayıtları Panalitical X'pert Highscore yazılımı kullanarak değerlendirilmiştir.

3.4. JEOKİMYASAL ANALİZLER

Bu çalışma sırasında toplam 28 adet volkanik kökenli kayanın jeokimyasal analizi ICP-OS ve LA-ICP-MS cihazları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örnekler önce kesilmiş, daha sonra öğütülerek analize hazırlanmıştır. Aşağıda bu işlemler sırasıyla anlatılmıştır.

3.4.1. Örnek Hazırlama

Analiz için hazırlanacak olan örnekler kırılarak ufak parçalar haline getirilmiş ve agat havanlarda 62 µ ve daha küçük tane boyutuna ulaşana kadar öğütülmüştür. Agat havanda öğütülen numuneler temiz kilitli poşetlere doldurulmuş ve numune örneklerinin üzerine örnek numarasının yazılı olduğu etiketler yapıştırılmıştır. Jeokimyasal analizler için hazırlanan örneklerin İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Jeoloji Bölümü Laboratuvarında ve Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Laboratuvarında yapılmış olup kalan örnekler ise ACME Jeokimya Laboratuarı, (Kanada'da) yapılmıştır. Majör elementler ICP-OES Perkin-elmer avio 200, iz elementler için Lazer Ablasyon Ünitesi ESİNWR-213, ICP-OES Ünitesi Perkin-Elmer NEXİON 2000B cihazı kullanılmıştır

3.5. ICP-OS VE LA-ICP-MS ANALİZLERİ

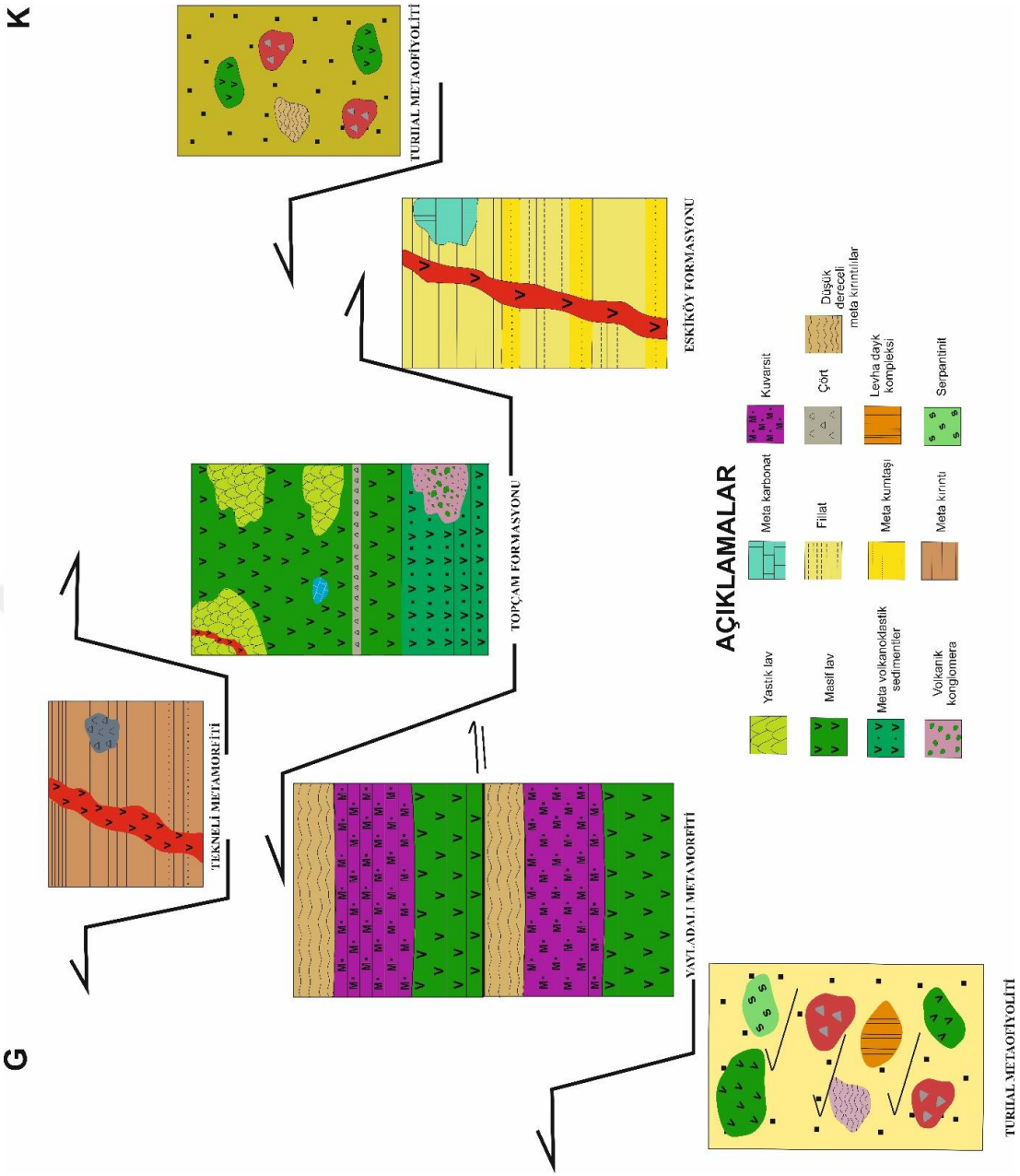
Kroze içerisine pudra halinde yer alan kayaç numunesi ve 1 gram lityum tetrakarbonat konularak homojen bir karışım elde edilecek şekilde karıştırılmıştır. Homojen karışım içerisinde olan numuneler toplam 15 dakika boyunca kül fırında 1100°C'de ergitilmiştir. Bu süre zarfında kullanılan tetraborat içerisinde akışkanlığı sağlayan iyadür mevcut değilse, yaklaşık 10 dakika içerisinde krozeler fırından çıkarılır ve çalkalanıp, amonyum iyadür eklenmiştir. İyadür eklendikten sonra krozeler tekrar fırına yerleştirilir ve 5 dakika daha beklenir. 15 dakika sonunda ergimiş halde yer alan numuneler fırından çıkırıldıktan hemen sonra %5'lik nitrik asit içerisine aktarılmıştır. Fırından çıkarılan numuneler birkaç kez çalkandıktan sonra 45 ml hacmindeki %5'lik ultra saf nitrik asit içerisine dökülmüştür. Manyetik karıştırıcı ile çözelti yaklaşık 10-15 dakika içerisinde homojen çözelti halini almaktadır. Manyetik karıştırıcının kullanılmasının amacı numunenin nitrik asitli çözelti içerisinde çöznünmesini sağlamaktır. Çözelti hacimsel olarak 50 ml'ye tamamlanmakta olup kütlesi ölçülmektedir. Analizler için kullanılan krozeler ise fırından çıkarıldıktan 1 dakika sonra oda sıcaklığına düşmekte ve platinyum krozeler 100 ml hacmindeki %10'luk sitrik asit çözeltisi içerisine konularak sonik banyoda temizleme işlemi gerçekleşmiştir. Temizleme işleminin son basamağında ise 5 dakika boyunca 200 ml hacminde ultra saf içerisinde sonik banyoda temizlenip yıkanan krozeler yaklaşık 50°'lik etüv içerisine yerleştirilerek kurutulmuştur.

4. BULGULAR

4.1. TEKTONO – STRATİGRAFİ

1:25.000 ölçekli jeolojik haritalama sonucunda inceleme alanında beş adet birim ayırtlanmış, dokanak ilişkileri saptanmış ve inceleme alanının tektonostratigrafisi oluşturulmuştur. Kuzeyde başlıca metapelitik-metapsamitik birimlerden oluşan Eskiköy Formasyonu üzerinde, güneyde ise yapısal olarak tekrarlanan metabazit-metaçört-metapelit paketlerinden oluşan Yayladalı Metamorfiti'nin üzerinde tektonik olarak yer alır. Tektono-stratigrafide en üst yapısal konumda Tekneli Metamorfiti bulunur. Üst Mesozoyik yaşlı olduğu düşünülen Turhal Metaofiyoliti'ne ait kaya birimleri gerek Eskiköy Formaysonu gerekse Yayladalı Metamorfiti ile tektonik dokanaklıdır (Şekil 4.1).

Aşağıdaki bölümde bu birimler çalışmanın ana konusunu oluşturan Topçam Formasyonu'ndan başlayarak tanıtılacaktır.



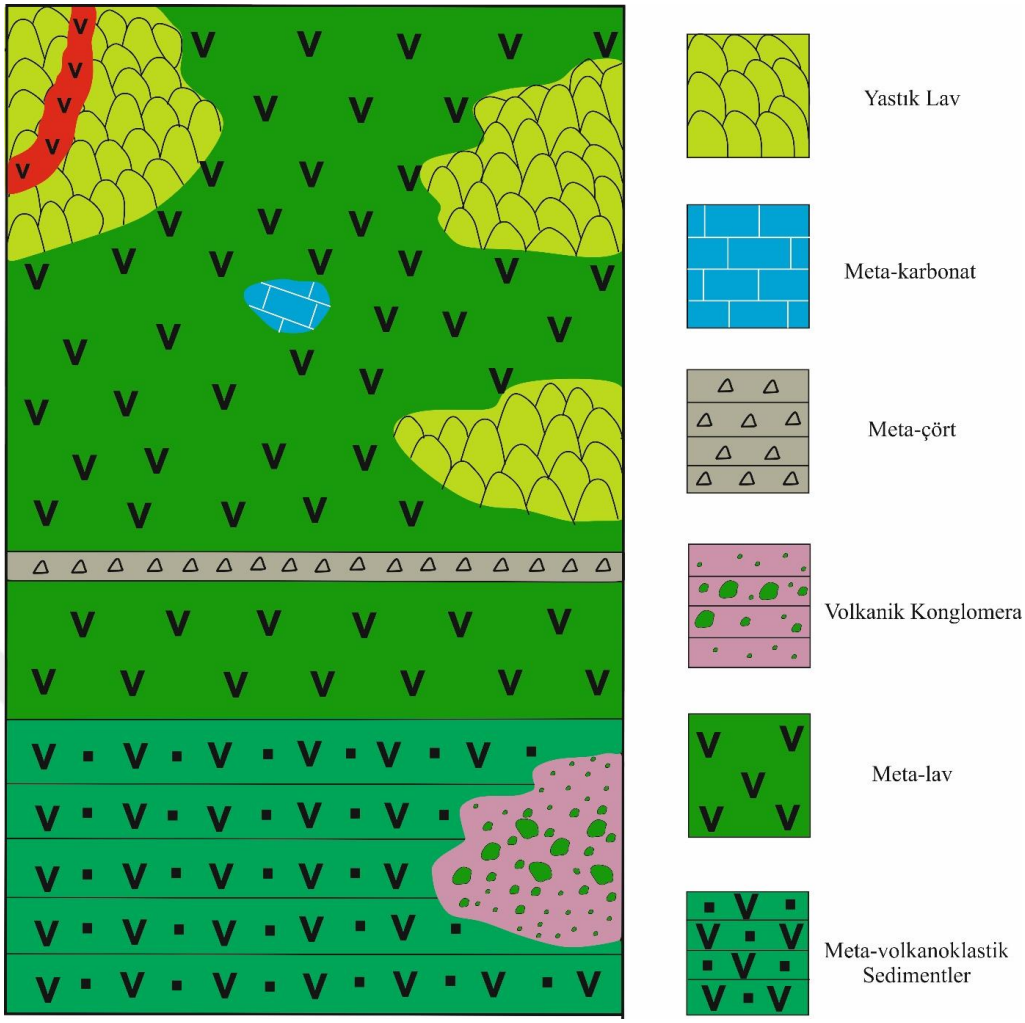
Şekil 4.1: İnceleme alanının tektono-stratifisi. Dikme kesitler ölçeksiz çizilmiş olup sahada bulundukları yapısal seviye ve coğrafik yöne göre konumlandırılmıştır.

4.1.1. Topçam Formasyonu

4.1.1.1 Tanım ve Ad

Bu tez çalışmasının ana konusunu oluşturan Topçam Formasyonu, meta-volkanojenik kayalardan oluşan bir istiftir. Birim ilk kez Yılmaz ve diğ. (1997) tarafından Topçam Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Tokat ili ve çevresinde geniş yayılım gösteren metamorfik istif ilk olarak Tokat Masifi (Blumental, 1950), Tozanlı Grubu (Seymen 1975), Çilehane Metamorfitleri (Terlemez ve Yılmaz, 1980), birimin batıya doğru olan bir bölümü Turhal Grubu (Özcan ve diğerleri, 1980), Tokat'ın güneyinde ki bölümü Tokat Formasyonu (Yılmaz, 1980), Tokat Grubu (Yılmaz, 1982), Tokat Kompleksi (Bozkurt ve Koçyiğit, 1995; Bozkurt ve diğerleri, 1997), Özcan ve Aksay (1996) Tokat metamorfitleri, Yılmaz ve Yılmaz (2004) ise Tokat Masifi'ni iki temel birime ayırarak, bu birimlerden alt yapısal konumda olanı Turhal metamorfitleri ve üst yapısal konumda olanı Devecidağı Karışığı olarak adlandırmıştır. Topçam Formasyonu, Tokat Masifi içinde D-B gidişli kuşaklar oluşturmaktadır. Çalışma arazisinde gözlenen meta volkanojenik kayaçlar ise D-B gidişli kuşağın en güneyindeki doğu kesiminde yer almaktadır (bknz sy. 32)

Birimi oluşturan meta-volkanojenik istif, masif ve yastık lavlar, meta-volkanoklastik sedimentler, meta-karbonat ve meta-çörtlerden oluşmaktadır (Şekil 4.2). Meta volkanojenik kayaların büyük bir bölümü ilksel volkanik özelliklerini koruduğundan dolayı köken kayacın adının başına ‘’meta’’ takısı koyulmuştur.



Şekil 4.2: İnceleme alanında yer alan Topçam Formasyonu'nun genelleştirilmiş stratigrafik kesiti

4.1.1.2. Yayılım ve kalınlık

Topçam Formasyonu çalışma alanının büyük bölümünü oluşturmakla beraber, doğu-batı gidişli yaklaşık 13 km uzunlukta ve 6 km genişlikte bir alanda yayılım gösterir. Kocacık Yaylası, İlbisti Yaylası, Yelik Tepe, Tatar Tepe, Geksi Yaylası, Göl Tepe, Gölgesi güzel Tepe, Alçakbel Tepe, Tepeyurt, Akçabel, Osman Tepe, Gölcük Tepe dolaylarında gözlenmektedir. Yapılan enine kesitler sonucu birimin kalınlığı >1550 m olarak tespit edilmiştir.

4.1.1.3. Dokanak ilişkileri

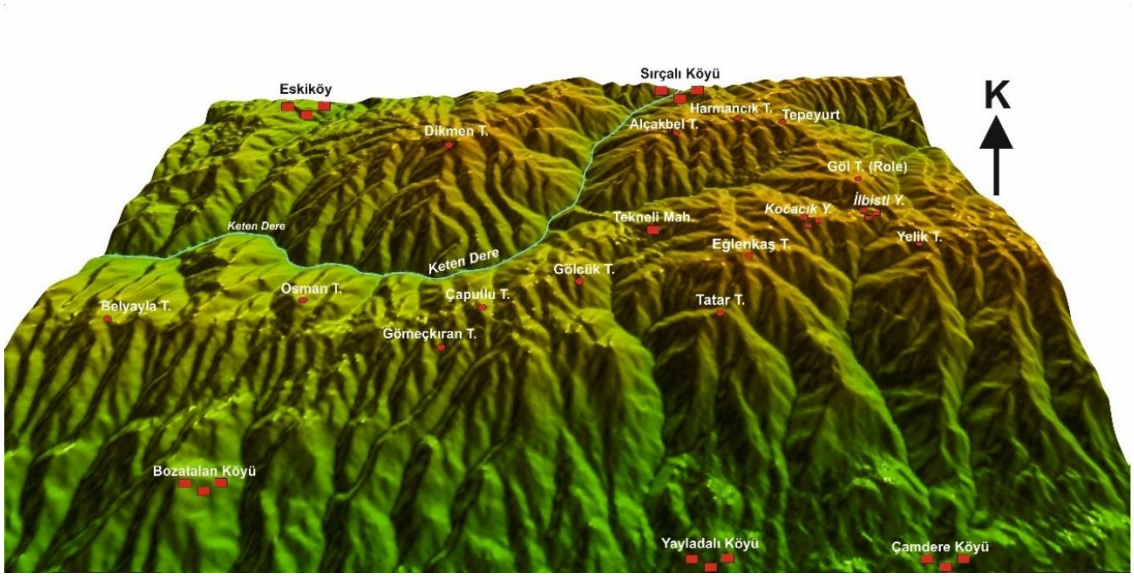
Topçam Formasyonu; Turhal Metaofiyoliti, Eskiköy Formasyonu, Yayladalı Metamorfiti ve Tekneli Metamorfiti ile tektonik dokanaklıdır.

Alt Dokanak; Topçam Formasyonu'nun alt dokanağında tektonik olarak Eskiköy Formasyonu, Yayladalı Metamorfiti ve Turhal Metaofiyoliti yer almaktadır (Şekil 4.1)

Üst Dokanak; Topçam Formasyonu'nun yapısal olarak üzerinde Tekneli Metamorfiti yer almaktadır. Turhal dolayında birimin üzerinde Ferhatkaya kireçtaşı ve Carcurum Formasyonu (Üst Jura- Alt Kretase); Tokat-Gökdere-Almus dolayında ise Çökelliktaşı Formasyonu (Orta Senomaniyen- Turoniyen) uyumsuz olarak yer aldığı saptanmıştır.

4.1.1.4. Başvuru Kesit Yeri

Topçam Formasyonu'na ait meta-volkanojenik birimlerden oluşmakla beraber değişik alanlarda iyi yüzeylemeler vermektedir. Meta-volkanoklastik sedimentlerin en iyi gözlendiği alanlar, Tekneli Mahallesi güneyi ve Çamdere Köyü'nden kuzeye doğru ilerleyen yol üzerinde gözlenmektedir. Ayrıca bu yol üzerinden kuzeye doğru devam ettikçe meta-volkanoklastik sedimentlerden meta-volkanik konglomeralara düzenli geçiş gözlenmekte olup bu konglomeraların en iyi gözlendiği bölgeler Karlı Tepe ve İlbisti Yaylası'nın güneydoğu yamacı ve Yelik Tepesi'nin zirvesidir (Ek-1). Çalışma alanının Kuzeyine çıktıkça volkanojenik istif, masif ve yastık lavlara geçiş gösterir. Gömeçkıran Tepesi'nin yakınından geçen toprak yol boyunca, Çapullu Tepe, Göl Tepe, Kocacık Yaylası'nın batı-kuzeybatı alanları, Harmancık Tepe ve Akçabel Tepelerini bağlayan patika yol üzerinde masif ve yastık lavlar geniş mostralar verir. Stratigrafik olarak istifin üst kısımlarında yer alan yastık lavlar üç farklı alanda bulunmakla beraber, başlıca Bozatalan Köyü'nün kuzey çıkışında yol üzerinde, Belyayla Tepe civarı, Tepeyurt, Alçakbel Tepe'nin batı-güney batı yamaçlarında ki yol yarmalarında güzel mostralar sergiler (Ek-1). İnce bir ara seviye olarak gözlenen meta-çört Osman Tepe'de gözlenmektedir (Şekil 4.3)



Şekil 4.3: Birimlerin gözlendiği başlıca tepe ve yerleşke alanları.

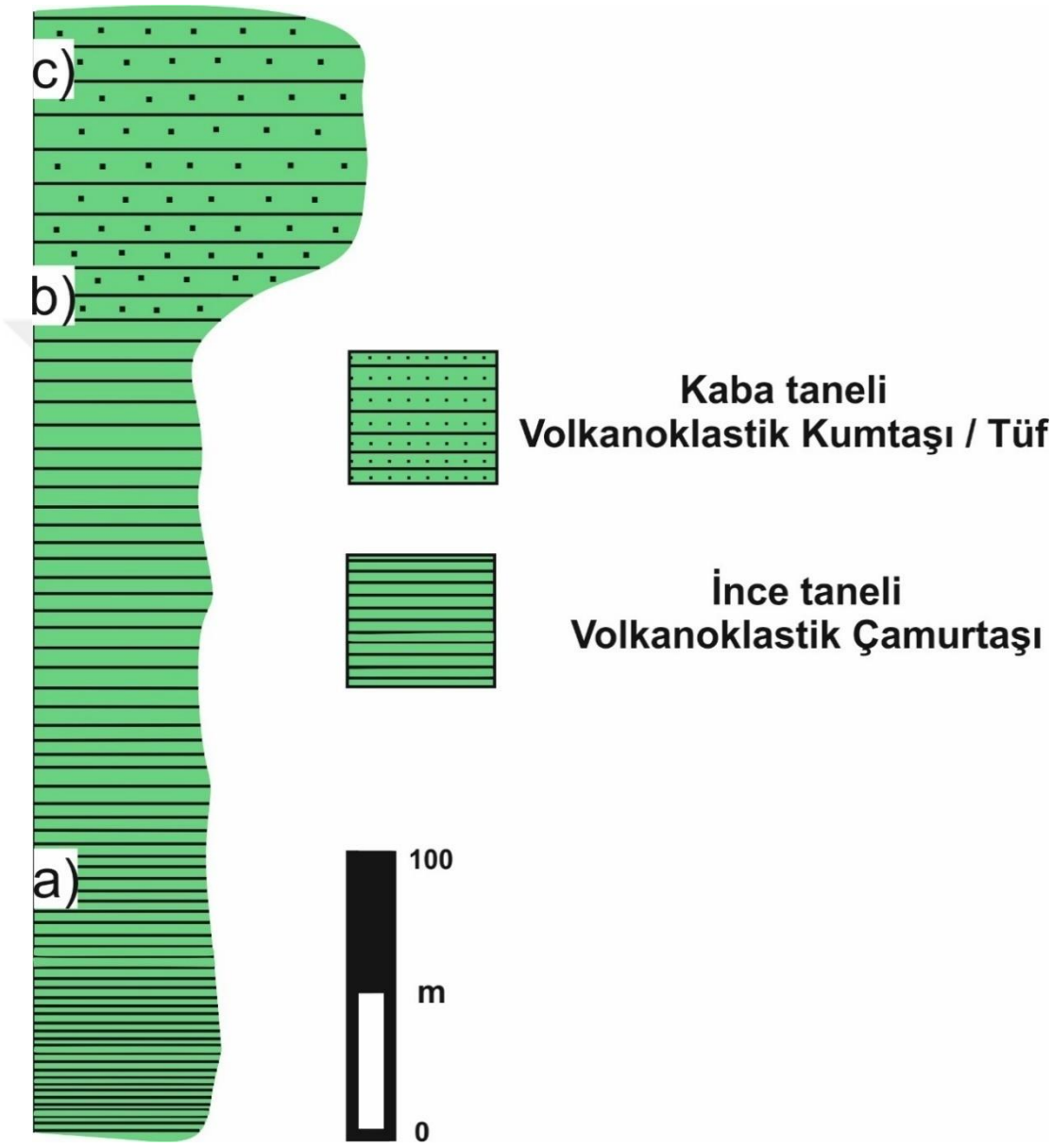
4.1.1.5. Kaya Türü ve Özellikleri

Meta-volkanoklastik sedimentler

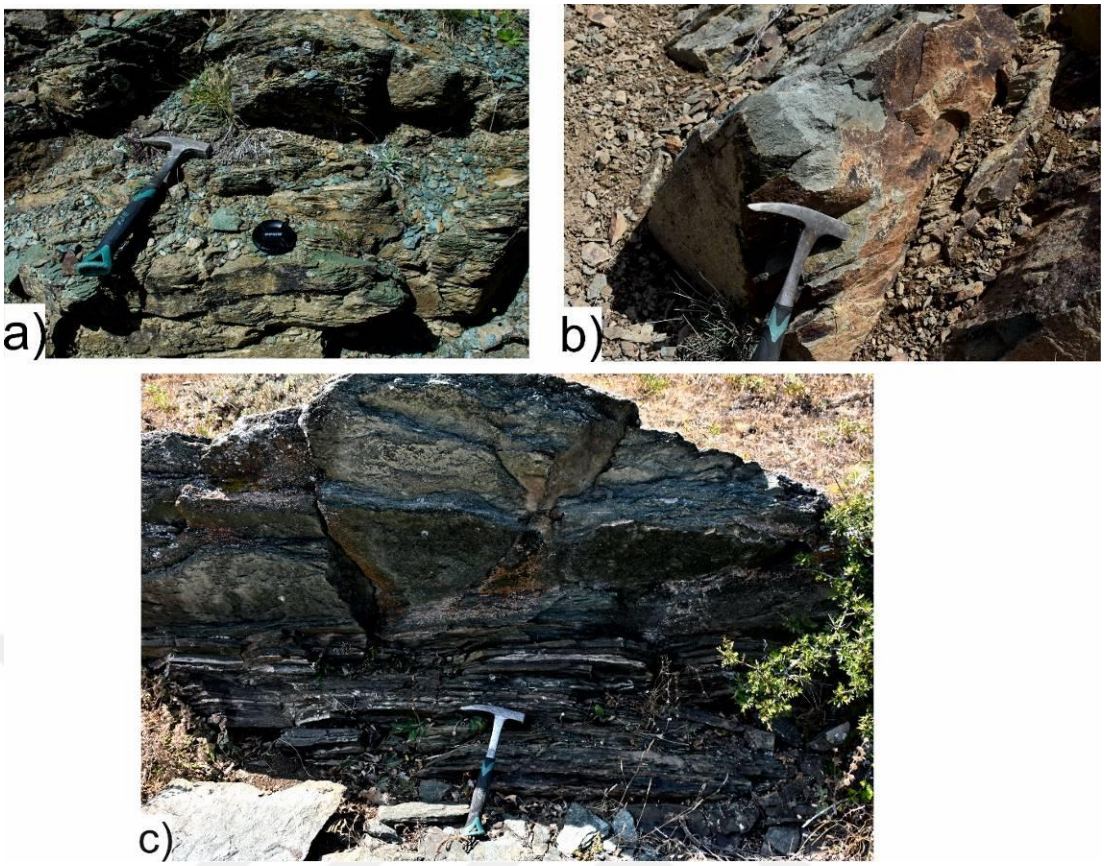
Topçam Formasyonu'nun içerisinde bulunan meta-volkanoklastik sedimentler çalışma alanının büyük bir bölümünü kaplamakta olup yapılan enine kesitler sonucu birimin yaklaşık yapısal kalınlığının 450 m olduğu saptanmıştır. Meta-volkanoklastik sedimentler kendi içerisinde uyumlu bir istif sunmakta olup, istifin taban kısımlarında iyi yapraklanmalı olarak gözlenmekte ve aralarında ender olarak 2-3 metre kalınlıklarında, açık yeşil tonları sahip masif lavlar yer almaktadır. Aynı zamanda meta-volkanoklastik sedimentler, yastık lavların ve masif lavların içerisinde de ara seviye olarak uyumlu bir şekilde yer almaktadır. Topçam Formasyonu'nun önemli kısmını oluşturan meta-volkanoklastik sedimentler çoğunlukla sarımsı-soluk yeşil, turkuaz, açık yeşil ve haki tonlarında gözlenmektedir. İstif içerisindeki birimlerin taban kesiminde protoliti volkanik çamurtaşı olmakla beraber, tavan kesimlerinde tüflü-kumlu litolojiye sahip meta-volkanoklastik sedimenter birimlerde tane boyutu artmakta ve tane boyları gözle görülebilecek boyutlara gelebilmektedir. Bu birimin en belirgin özelliği iyi yapraklanma ve ince taneli volkanojenik malzemeden dolayı kolay ufalanıp parçalanması, aynı zamanda masif lavlara ve diğer litolojilere göre çok daha düşük sertliğe sahip olması bu birimin haritalanmasında kolaylaştırıcı etmen olmuştur.

Arazide gözlenenen meta-volkanoklastik sedimentler tabanda 350 metrelik kısmı açık yeşil tonlarında koyu yeşil–turkuaz tonlarına kadar değişen, ince taneli, iyi

yapraklanmalı seviyelerden oluşur. İstifin üst kesimlerine çıktıkça yaklaşık 150 m'lik bölümde kayaç içerisinde ki tane boyutu gözle görülür bir şekilde artmakta ve orta-iri taneli meta-volkanoklastik kumtaşlarına geçiş gözlenmektedir (Şekil 4.4, 4.5). Ayrıca masif ve yastık lavların içerisinde 1-2 metre kalınlığında ince-orta taneli meta-volkanaklastik sedimentler ara seviye olarak görülebilmektedir.



Şekil 4.4: Meta-volkanoklastik sedimentlerin çalışma arazisinde yapılan ölçülü stratigrafik kesiti. Tabanda kolay ayrışan, protoliti pelitik olan litolojilerden stratigrafik olarak üste doğru tane boyu kabalaşan litolojilere geçiş görülmektedir.



Şekil 4.5: a) Taban seviyesinden yaklaşık 100 metre kalınlılığa kadar uzanan ince taneli iyi yapraklanmalı, açık- koyu yeşil, turkuaz tonlarında olan meta-volkanoklastik sedimentler (UTM:92209 74480). **b)** Sert kırılan ve kalın foliasyonlu düzlemler gösteren meta tüf (UTM:88931 75040). **c)** İnce taneli meta-volkanoklastik kaba taneli volkanoklastik kumtaşının dokanağı. Şekildeki fotoda çekiçli kısım ince taneli birimi, üst kısmı ise meta-volkanoklastik kumtaşlarından oluşmaktadır (UTM:92800 74992).

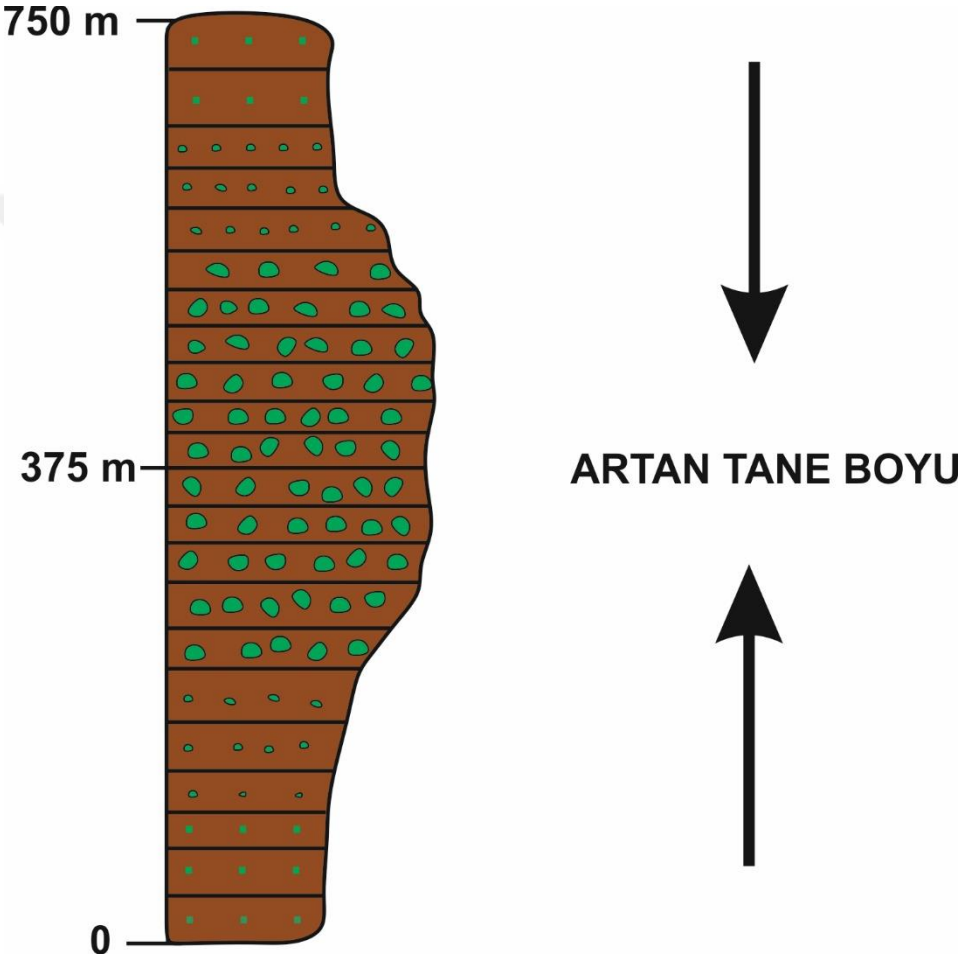
Volkanik konglomera

Topçam Formasyonu'nun bir diğer litolojisi volkanik çakıltaşlardır. Geçmiş yıllarda Yılmaz (1980) ve Özcan ve Aksay (1996) Tokat Masifi içinde bu birimin varlığını tespit etmiş, daha sonraki yıllarda Yılmaz ve diğ. (1997) bu birimin Yeşilırmak Grubu'nun Topçam Formasyonu içerisinde volkanik kayaçlarla beraber bulunduğunu belirtmiştir. Arazide en yoğun gözlendiği alanlar; Yelik Tepe ile Karlı Tepe arasında kalan bölge ile İlbisti Yaylası'nın güney yamaçlarıdır (EK-1). Yapılan ölçülü enine kesitler sonucunda birimin kalınlığı 750 m olarak tespit edilmiştir.

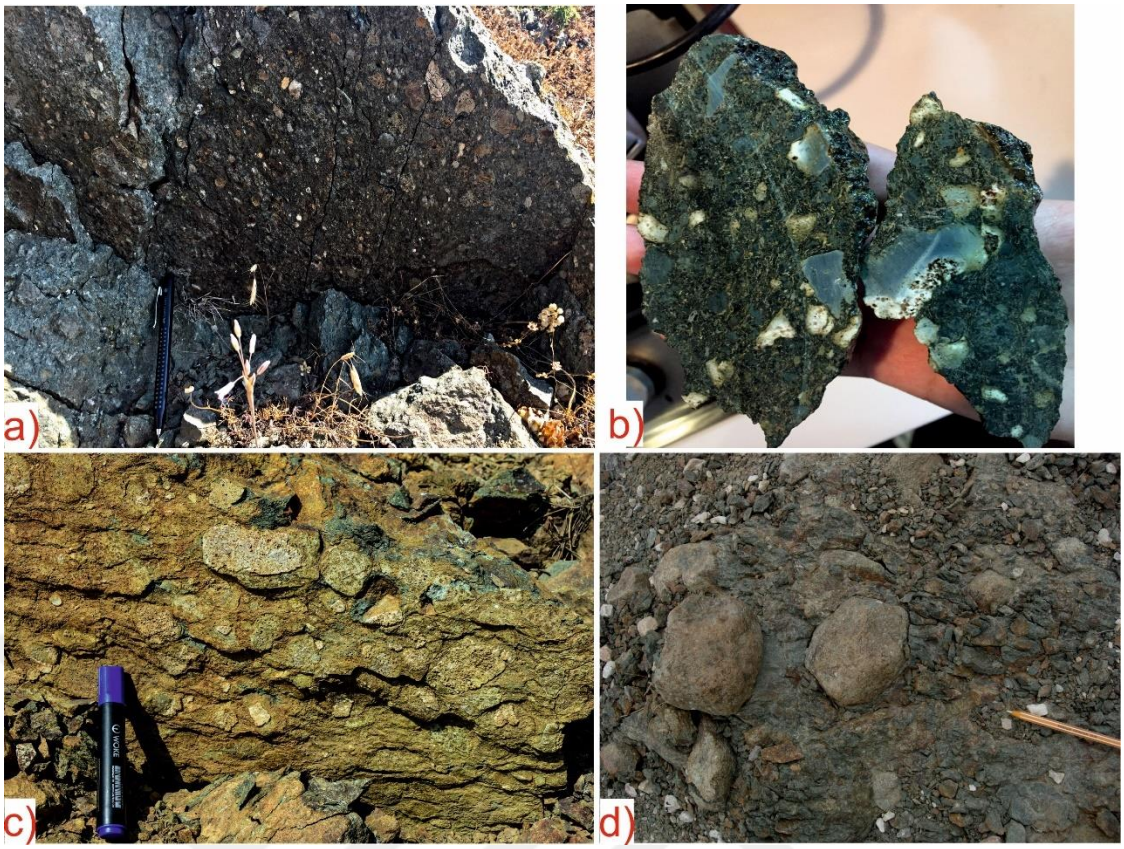
Topçam Formasyonu'na ait volkanik konglomeraların matriksi yeşil renkli kırıntılılardan ve pelitik sedimanlardan oluşmaktadır. Foliasyonları iyi bir şekilde gözlenebilen bu birimin yer yer ikincil oluşmuş foliasyon düzlemleri ile kesildiği

görülmüştür. Tane boyutları değişken olan bu birimin sınıflamasında Fisher (1961)'in sınıflaması esas alınmıştır.

Volkanik konglomeralara ait olan istif, kötü yuvarlaklaşmış 1-12 cm boyutlarında ufak, orta ve iri çakıllardan oluşmaktadır. Bu kırıntılı kayaların tabanından orta seviyelerine kadar düzenli bir şekilde tane boyutu artarken, daha üste doğru tane boyu tekrar küçülmektedir (Şekil 4.6, 4.7). Bu birime ait kayaların ayrışma yüzeyleri çoğunlukla yeşilimsi-kahve ve turuncuya yakın tonlara yakın olmakla beraber taze yüzeyleri açık koyu yeşil tonlarındadır.

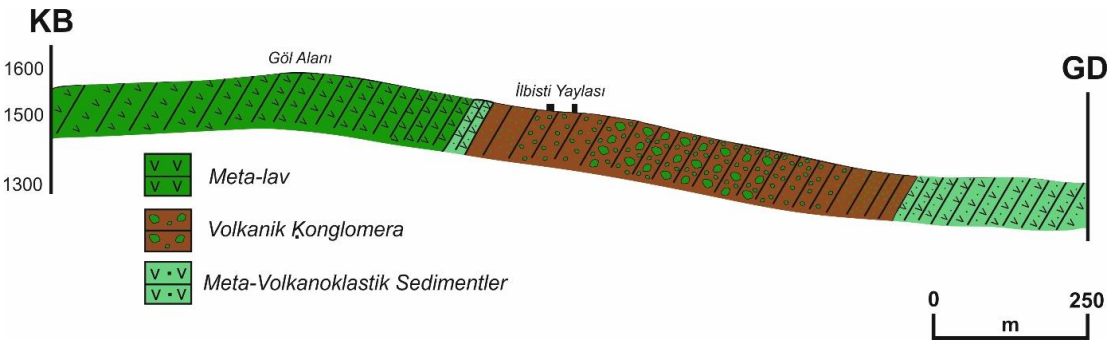


Şekil 4.6: Topçam Formasyonu içerisinde gözlenen volkanik konglomeraların stratigrafik kesiti.



Şekil 4.7: a) Topçam Formasyonu içerisindeki ufak taneli volkanik konglomera (UTM: 92166 74986). **b)** Volkanik konglomeraya ait el örneği **c)** Orta taneli volkanik konglomerada çakıllar bazik kaya parçalarından oluşur (UTM: 92500 76100). **d)** Volkanik konglomeralı istifinin orta kesiminde yer alan iri taneli çakıllar. Çakılların kum boyutlu bir volkanojenik matriks içinde yüzer durumda olduğuna dikkat ediniz. (UTM: 92623 75403).

Volkanik konglomeraların tabanında uyumlu olarak ince yapraklı ve ince taneli meta-volkanoklastik sedimentler yer alır. İri taneli istifin tavan seviyesinden sonra tekrar uyumlu olarak 3-4 metre kalınlığında çok ince yapraklanma gösteren ince taneli volkanik sedimentler gelmekte ve bunların üzerine de uyumlu olarak masif lavlar yer almaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Volkanik konglomeraların alt ve üst dokanaklarını gösteren ölçekli enine kesit.

Masif lav

Topçam Formasyonu içerisinde yer alan masif lavlar meta-volkanoklastik sedimentler ile beraber istifin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu birimin en yoğun gözlendiği alanlar Osman Tepe güneydoğusu, Güvenlikuş Tepe güneyi, Geksi yaylası ve Göl Tepe civarlarıdır (EK-1). Yapılan enine kesitlere göre lavların kalınlığı 300 m olarak belirlenmiştir. Meta-lavların üzerinde uyumlu olarak yastık lavlar bulunurken, alt dokanağında ise uyumlu meta-volkanoklastik sedimentler yer almaktadır. Bu birimin içerisinde ara seviye olarak 1-2 metre kalınlığa sahip meta-çört, 30-35 metre kalınlıklara sahip kristalize kireçtaşı çakıllı meta-konglomeralar ile meta-karbonat bloğu yer almaktadır.

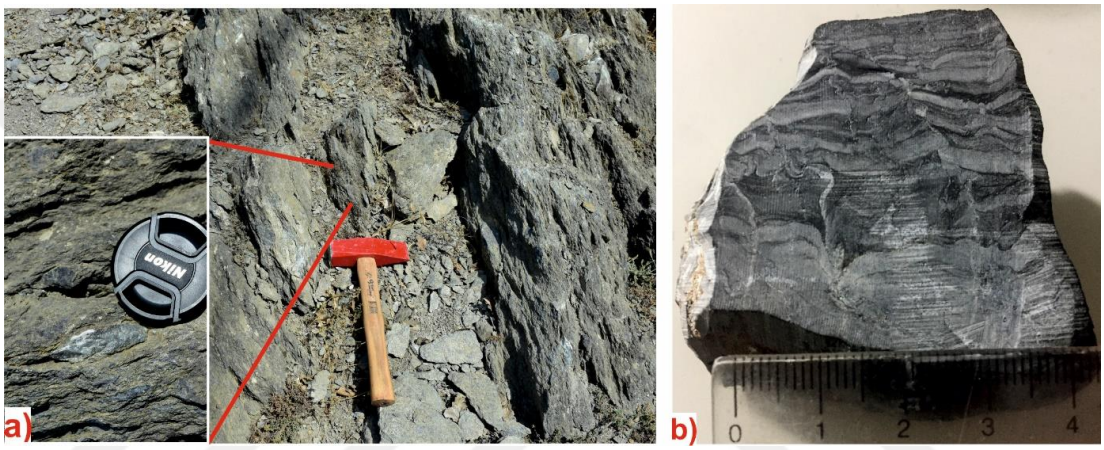
İnceleme alanında gözlenen masif lavlar soluk-koyu yeşil ve de yer yer kalsitleşmeden dolayı koyu yeşil-mavimsi tonlara sahiptir. Yer yer iyi foliasyonlanma gösterirken yer yer de masif bir yapıda gözlenmektedir. Masif yapıda yer alan lavlarda aktinolit mineralleri gözle görülebilecek boyutlardayken, yoğun kalsitleşmeden dolayı mavimsi tonlara yakın olan lavların dokusunda küçük gaz boşlukları gözlenir (Şekil 4.9)



Şekil 4.9: a) Yoğun miktarda kalsitleşmenin gerçekleştiği mavimsi–açık yeşil tonların egemen olduğu masif lav mostrası (UTM: 92260 76460). **b)** Kalın foliasyonlu, sert kırılan ve akt + ept + klrt mineral parajenezi sayesinde yeşil tonların hakim olduğu masif lav mostrası (UTM:84276 74270).

Meta-çört, meta-karbonat ve meta-konglomera

Topçam Formasyonu içinde kristalize kireçtaşı çakıllı meta-konglomeralar arazide soluk mavi – grimsi yeşil tonlarında değişkenlik gösterip, ince yapraklanmalı killi bir matriks içerisinde yer almaktadırlar. Meta-karbonatlar ise 6-7 metre genişliğinde bloklar halinde birim içerisinde yer almaktadır. Böylesi meta-karbonatlar koyu gri-mavimsi-beyaz tonlarda olup, iri kalsit kristallerinden oluşmuşlardır. Son olarak meta-lavların arasında uyumlu olarak yer alan ve zor kırılan meta-çörtlerin iç yüzeyi açık-koyu gri tonlarında, 2-3 metre kalınlıklarda, iyi foliasyonlu bir yapıda yer almaktadır (Şekil 4.10).



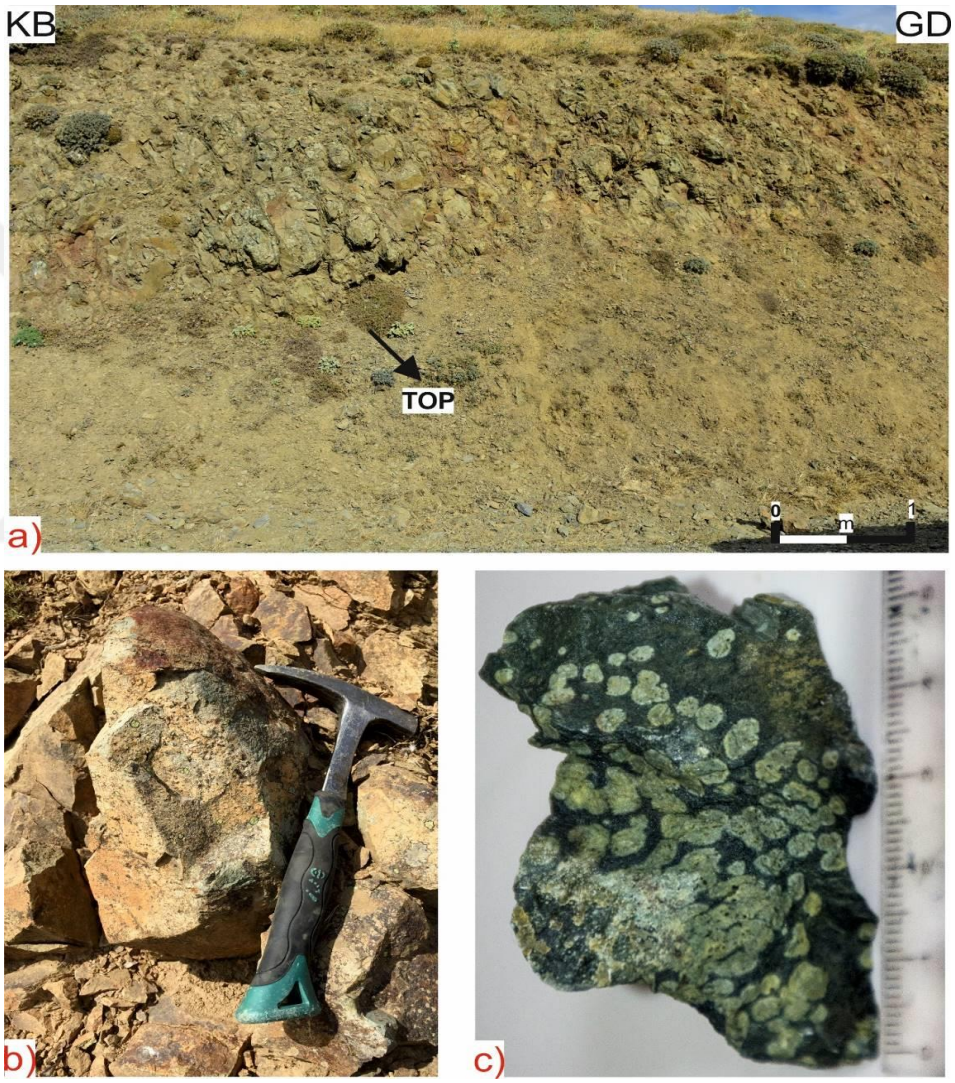
Şekil 4.10: a) Kristalize kireçtaş- çakıllı meta- konglomeralar. UTM:81905 75011 **b)** Masif lavların arasında yer alan meta-çört örneğinin yakından görünümü (UTM:83095 74896).

Yastık lav

Topçam Formasyonu içerisinde yer alan ve çalışma alanının üç farklı bölgesinde bulunan yastık lavlar istifin önemli unsurlarından biri olmakla beraber inceleme alanında geniş yayılım göstermektedir. Bu yastık lavların en iyi gözlendiği alanlar; Tepeyurt ve civarı, Tekmeli Mahallesi kuzeyi – Sırçalı yolu üzeri ve Bozatalan köyü civarıdır (EK-1).

Tepeyurt civarında bulunan yastık lavlar Eskiköy Formasyonu ile tektonik dokanaklıyken, Sırçalı yolu üzeri ve Bozatalan köyü civarında bulunan yastık lavların alt dokanağında masif lavlar gözlenmektedir.Yapılan arazi çalışmalarına göre, Sırçalı yolu üzerinde ki ve Tepeyurt civarında ki yastık lavların üzerinde uyumlu olarak masif lavlar gözlenirken, Bozatalan köyünde üst dokanak gözlenmemektedir.

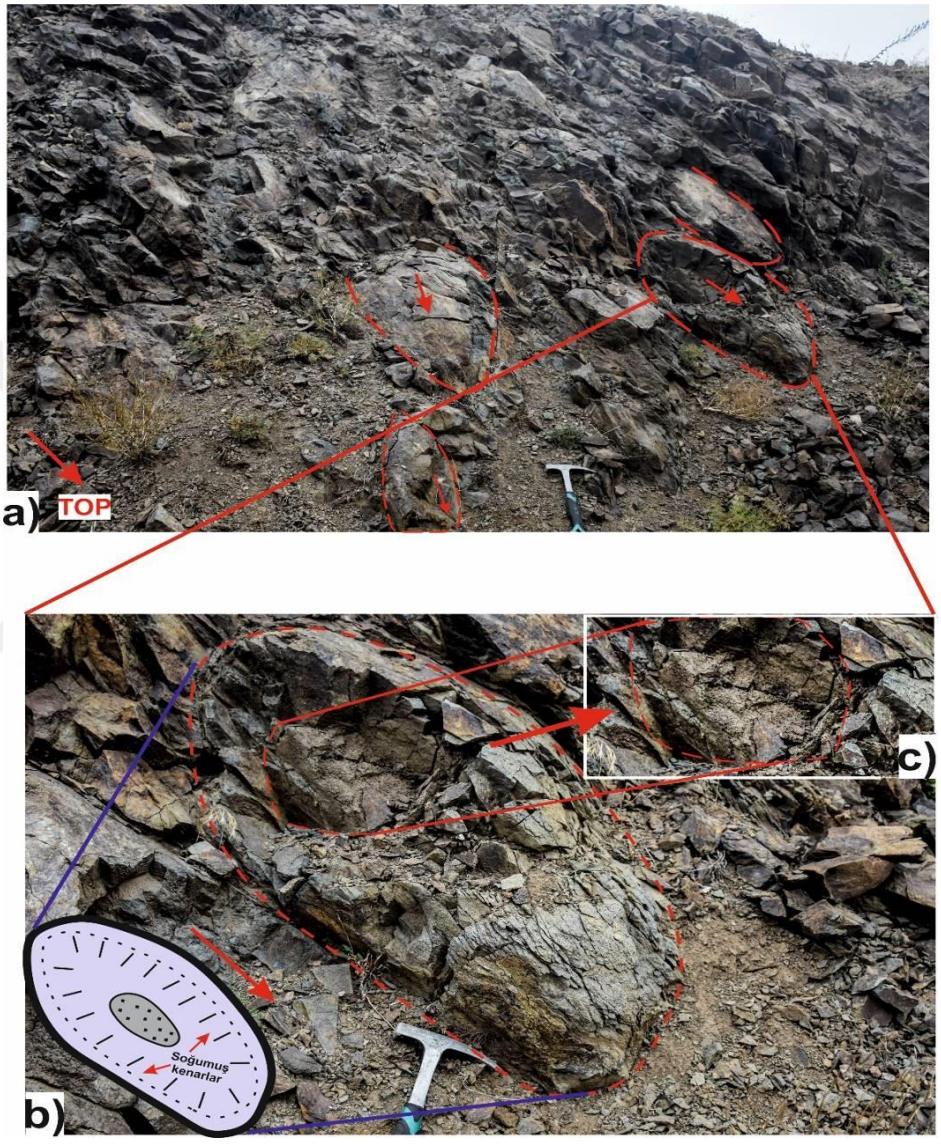
Üç farklı alanda gözlenen yastık lavlar bazı benzerlikler ve farklılıklar göstermektedir. Bozatalan Köyü civarında yer alan yastık lavlar çoğunlukla açık-koyu yeşil ve soluk yeşil tonlarında gözlenmekte olup dış yüzeyleri yer yer alterasyondan dolayı kahverengi tonlarına sahiptir. Çoğunlukla sert ve kırılması güç bu lavlar yer yer 0,5 mm kalınlığa varan ikincil kalsit damarlarıyla kesilmektedir. Dış görünümlerini kısmen koruyan yastık lavlar, yarı bombeli bir yapıya sahiptirler. Albit mineralleri kısmen gözle görülebilecek boyutlardayken yer yer bu lavlar variyotikli doku göstermektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: Bozatalan köyü kuzeyinde gözlenen yastık lavlar (**a**,**b**). (UTM 81849 74628).**c)** Yastık lavların belirli bir kısmında gözlenen variyotik doku.

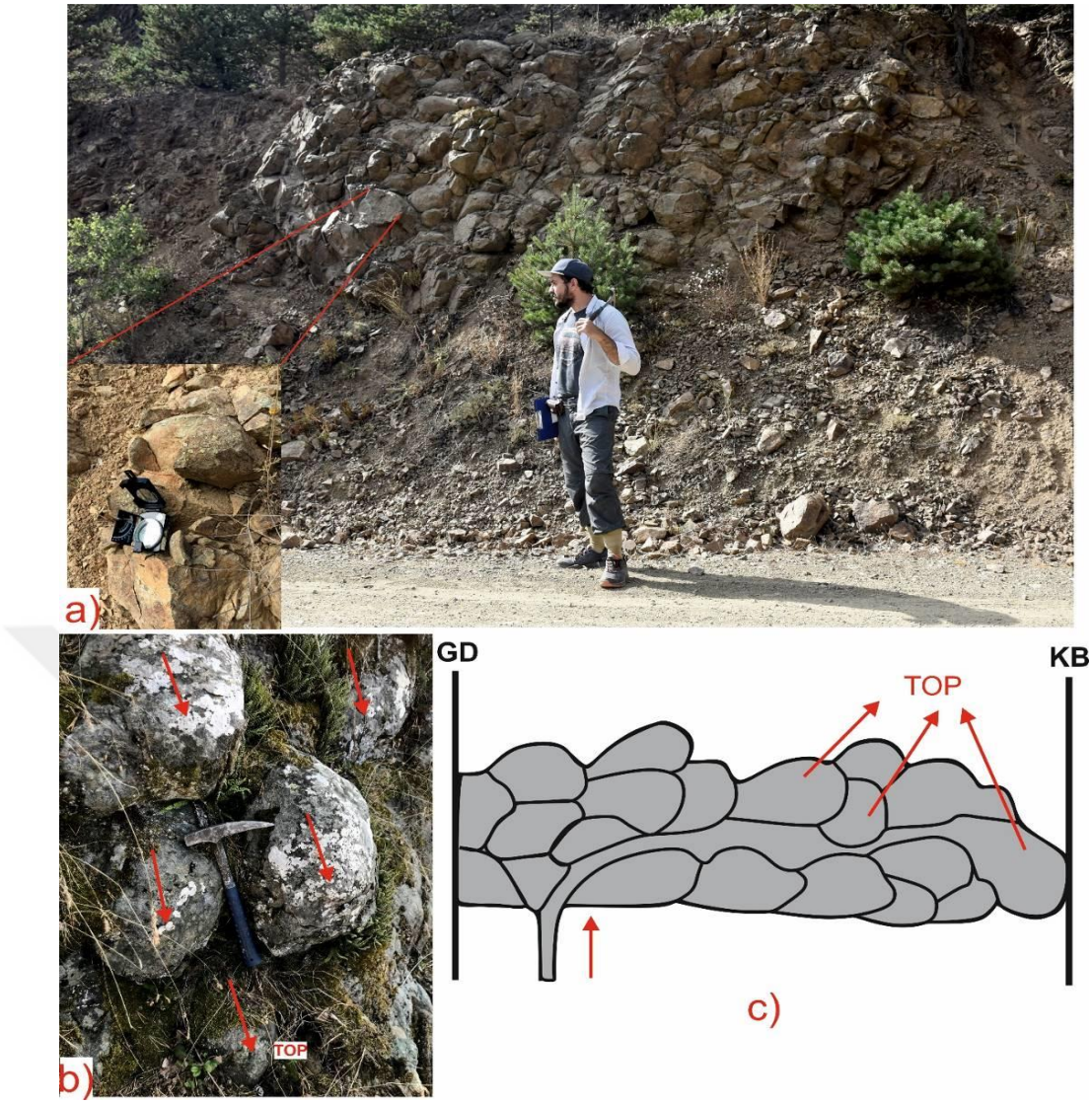
Tepeyurt ve çevresinde gözlenen yastık lavlar genellikle açık-soluk yeşil ve yer yer soluk mavi, gaz boşlukludur. Bu alanda gözlenen yastık lavların arasında yer yer 1-2 metre kalınlığına sahip meta-volkanolkastik sedimanlar gözlenmektedir. Gölgesigüzel

Tepe ve Tepeyurt civarında yastık lavların fiziksel yapıları büyük oranda korunmuştur. Tepeyurt civarındaki yastık lavlar çoğunlukla koyu yeşil ve mavi tonlarında iken bu alanda gaz boşluklu ve bu boşlukların içi yer yer kalsit mineralleri ile dolmuştur. Ancak Gelişigüzeltepe'ye doğru yaklaştıkça lavların rengi daha çok açık yeşilimsiden soluk yeşilimsiye doğru kayar ve lavlar giderek yerlerini masif lavlara bırakırlar (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: a) Tepeyurt civarında yastık yapısını kısmen korumuş lav. **b)** Aynı bölgede yer alan yastık lavın yakından görünümü ve şematik çizimi. **c)** Yastık lavın iç kısmında gözlenen gaz boşlukları (UTM:91100 78784).

Son olarak Tekneli Mahallesi kuzeyinde bulunan yastık lavlar, soluk mavi- soluk açık yeşil tonlarında gözlenmekte ve yastık yapısının büyük ölçüde korunduğu bir morfoloji sunmaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: a) Sırçalı yolu üzeri gözlenen yastık yapısı kısmen korunmuş yastık lav (UTM: 89943 77258). **b)** Tekneli Mahallesi kuzey doğusunda yer alan ve yastık yapısı iyi korumuş yastık lav. **c)** Tekneli Mahallesi kuzey doğusunda gözlenen yastık lavların *''Üst''* kısımlarını ve oluşumuna dair çizilen ölçeksiz şematik şekil (UTM: 90610 77080).

4.1.1.6. Yaş

Topçam Formasyonu kaya türü ve fasiyes özellikleri bakımından kuzeybatı Anadolu'da yer alan Nilüfer birimi (Pickett vd. 1995; Pickett & Roberson 1996), KD yer alan Pulur Masifi ile ilişkili Doğankavak Birimi ve Ağvanis Masifi (Topuz vd. 2013a) ile eş tutulmuştur. Kuzeybatı Anadolu'da metabazitler ve eklojitler üzerinden Ar/Ar yaş verilerine göre kayaçların metamorfizma yaşı 215 ile 203 milyon yıl (Okay ve Monie 1997; Okay vd. 2002), Pulur Masifi'deki meta-volkanojenik kayaçların

Ar/Ar ve Rb/Sr yaş verilerine göre metamorfizma yaşı 260 my ve Ağvanis masifinde yer alan metamorfik kayaçlar üzerinden yapılan Ar/Ar yaşlandırmasına göre ise metamorfizma yaşı >209 my yani geç Triyas olarak belirlenmiştir. Ayrıca Niüfer Ünitesinde Kozur ve diğerleri (1996) Alt-Orta Triyas radyolaryaların varlığını, Bursa'nın güneyinde ise Erken Triyas yaş aralığında konodontların varlığını tespit etmişlerdir (Kozur, 1998; Okay 2000). Edremit'in güneyinde yer alan, Kozak Masifi'nin Nilüfer Birimindeki bazik volkanojenik sedimenter kayaçlardan ise Orta Triyas yaşlı konodontların varlığı belirlenmiştir (Kaya & Mosler 1992; Altıner Koçyiğit 1993).

Topçam Formasyonu'ndan bu zamana kadar herhangi bir yaş verisi elde edilememiştir. Topçam Formasyonu'nun yukarıda belirtildiği gibi Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları ile uyumsuz olarak örtülmesi sadece bir minimum yaş verisi sağlamaktadır. Buna göre Topçam Formasyonu'nun Üst Jura öncesi yaşlı olduğu söylenebilmektedir.

4.1.2. Yayladalı Metamorfiti

4.1.2.1.Tanım ad

Bu tez çalışması sırasında ilk kez ayırtlanan ve haritalanan birim yapısal olarak tekrarlanan metabazit-kuvarsit (metaçört)-fillat dizisinden oluşur. Bu birim Yılmaz ve diğerleri (1997) tarafından Topçam Formasyonu içerisinde ele alınmıştır. Arazide gözlenen kayaç topluluğu en iyi Yayladalı Köyü kuzeyinde gözlendiği için Yayladalı metamorfitleri olarak adlandırılmıştır.

4.1.2.2. Kalınlık ve Yayılım

Çalışma arazisinin güney kesiminde yaygın olarak gözlenebilen birim, yaklaşık doğu-batı uzanımlıdır (EK-1). Yayladalı köyü'nün kuzey ve kuzey batısında daha geniş yayılımlar gösterirken, Çamdere köyü'ne yaklaştıkça tektonik örtü nedeniyle yayılım alanı incelir. Yapılan enine kesitler sonucu birimin yapısal kalınlığı 400 m olarak tespit edilmiştir.

4.1.2.3. Dokanak ilişkileri

İnceleme alanında yer alan Yayladalı Metamorfiti, Turhal Metaofiyoliti, Topçam Formasyonu ve Tekneli Metamorfiti ile tektonik dokanaklıdır.

Alt Dokanak: Yayladalı Metamorfitin tabanındaTurhal Metaofiyoliti tektonik olarak yer almaktadır (Şekil 4.14).

Üst Dokanak: Birimin üst dokanağında tektonik olarak Topçam Formasyonu ve Tekneli Metamorfiti yer almaktadır.



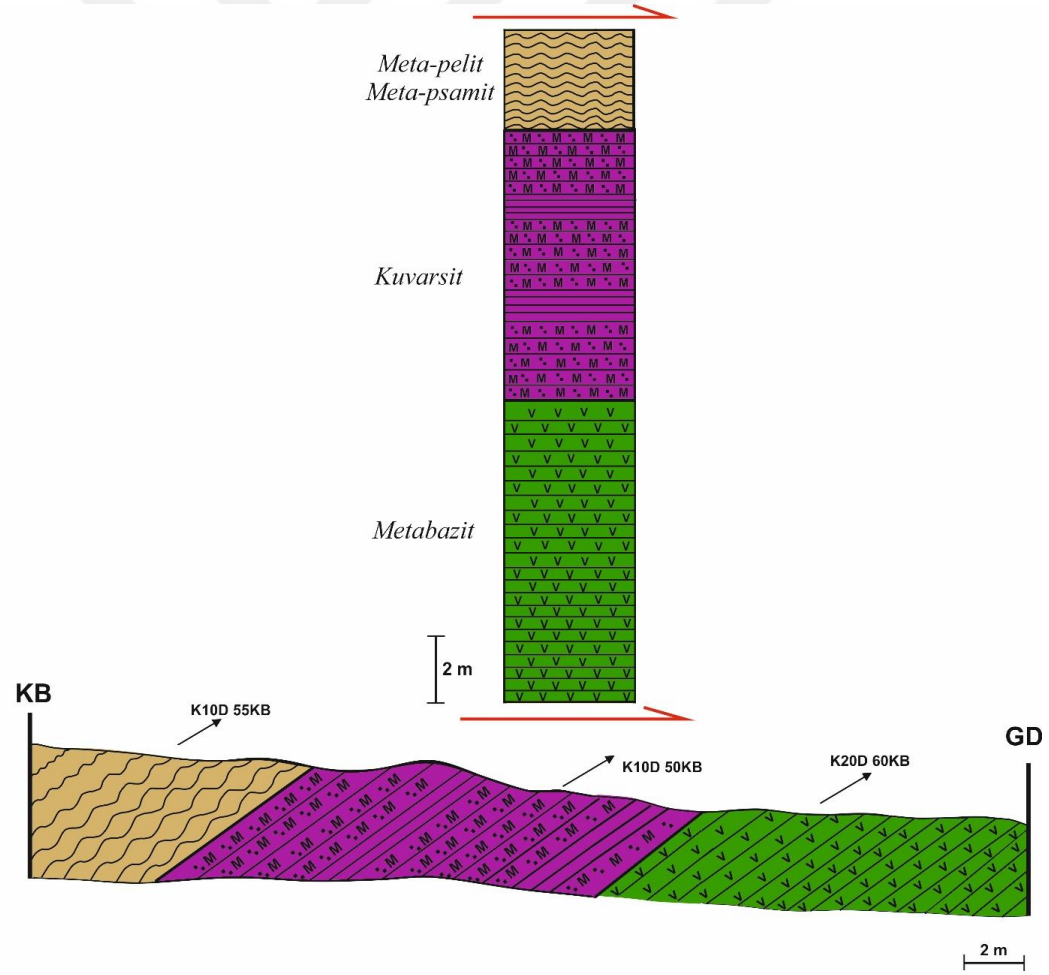
Şekil 4.14: Yayladalı Metamorfiti ile Turhal Metaofiyoliti'nın tektonik ilişkisini gösteren enine kesit. Yayladalı köyü'nün kuzeybatısında bulunan Turhal Metaofiyoliti, Yayladalı Maetamorfiti tarafından üzerlenmektedir.

4.1.2.4. Başvuru Kesit Yeri

Birimin en iyi gözlendiği bölgeler; Yayladalı Köyü'nün kuzeybatısı, kuzeyi ve Çamdere Köyü'nün kuzeyidir. Kuvarsitler (meta-çört) en iyi gözlendiği alanlar, Yayladalı Köyü'nün kuzeybatısında bulunmakta ve kalın istifler halinde yer almaktadır. Metabazitler tüm bölgede tabanı tektonik olarak gözlenebilmekte ve Yayladalı Köyü'nün kuzeyinde daha kalın bir istif sunmaktadır. Fillatlar ise çoğunlukla istifin en üst kısmında tektonik olarak yer almaktadır.

4.1.2.5. Kaya Türü özellikleri

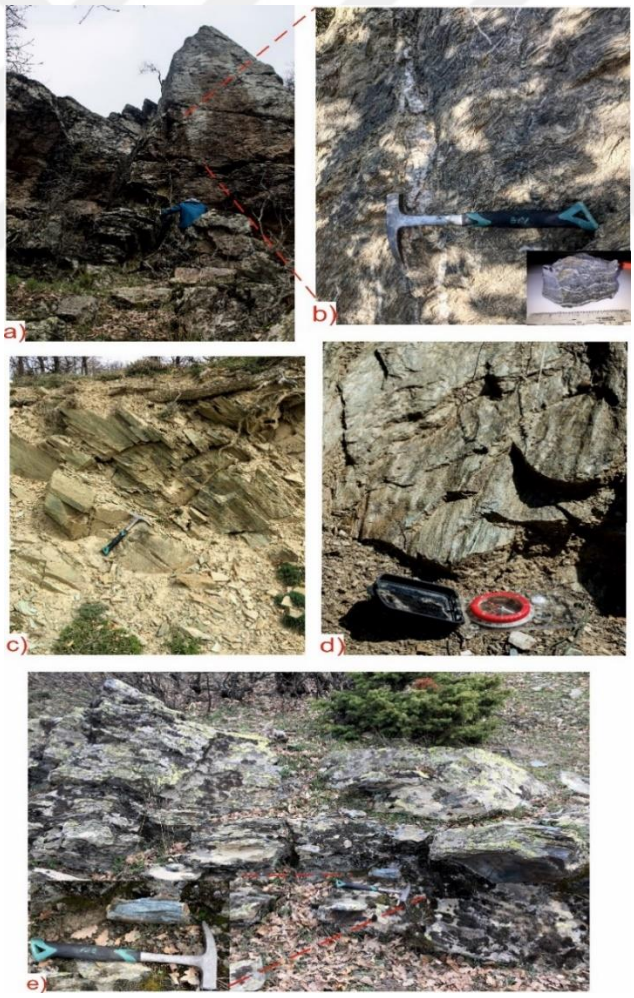
Yayladalı Metamorfitini oluşturan istif çoğunlukla metabazitler ile başlamakta, istifin orta seviyelerinde kuvarsitler yer almakta ve metakırıntılı birimler ile son bulmaktadır. İstif içerisinde yer alan birimler sürekli tektonik olarak tekrarlanır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15: Çalışma arazisinde gerçekleştirilen ölçülü dikme ve enine kesitler. Görülmekte olan ölçülü kesitte istifin genel stratigrafisinin tabanında 9 metre kalınlığa

sahip metabazitler, üzerinde 8 metrelik kalınlıkta kuvarsit ve en sonda da 3 metre kalınlığına sahip metakırıntılar yer almaktadır.

İstifin tabanında yer alan metabazitler genellikle meta-tüflerden oluşmakta ve yeşilimsi–turkuaz tonlarında gözlenmekte ve oldukça küçük taneli bir yapıda gözlenmektedir. Ayrıca ribekit minerallerin varlığıyla metabazitler yer yer açık mavimsi-turkuaz tonlarında yer almaktadır (Şekil 4.16). İyi foliasyonlanma gösteren metabazitlerin üzerine kuvarsitler uyumlu olarak gelir. Kuvarsitler (meta-çört) sahada çoğunlukla soluk pembemsi bej ve mavimsi-gri ve turkuaz tonlarında gözlenmektedir. Sert yapılarından dolayı güçlükle kırılmakta ve sünek deformasyonun etkisinden dolayı oldukça kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Son olarak meta-kırıntılı birimlerin yer aldığı istifte kayaçlar çoğunlukla iyi foliasyonlu ve yer yer basıncın ve deformasyonun artmasıyla şistoz yapıda gözlenmektedir. Çoğunlukla açık-koyu kahverengi bej renk tonlarında gözlenmektedir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16: a) İnceleme alanında gözlenen ve yaklaşık 10 metre kalınlığa sahip kuvarsit (UTM: 87987 73391). **b)** Sünek deformasyon sonucu ince katmanlı

kuvarsitlerde kıvrımlı yapılar gözlenmektedir. Birim aynı zamanda ikincil kuvars damarları ile de kesilmektedir (UTM: 87895 73774). **c)** Soluk açık yeşil ve turkuaz tonlarında gözlenen, iyi foliasyonlanmaya sahip metabazitler (UTM: 89146 73900). **d)** Şistoz yapı kazanmış metapelitler (UTM: 87990 73450) e) Ribekit minerallerinin varlığıyla mavimsi tonlara sahip metabazitler (UTM: 89065 73900).

4.1.2.6. Yaş

Bu çalışma sırasında ilk kez haritalanan Yayladalı Metamorfiti'nden yaş verisi alınamamıştır.

4.1.3. Tekneli Metamorfiti

4.1.3.1 Tanım Ad

Bu tez çalışması sırasında ilk kez ayırtlanan ve haritalanan bir diğer birim ise Tekneli Metamorfiti'dir. Tekneli Metamorfiti esasen meta-pelitik bir kaya topluluğudur. İstif içinde yer yer meta-psamit ara seviyeleri de bulunur. Birim içinde ender olarak meta-çört blokları gözlenir. İstif bazik dayklar ile kesilmektedir.

4.1.3.2. Kalınlık ve Yayılım

İnceleme alanının üç farklı kesiminde, birbirinden kopuk yüzeylemeler veren birimin, en geniş yüzeylemelerinin olduğu kesimde kalınlığı enine kesitten ölçümle 120 m olarak saptanmıştır. Ancak alt dokanaklarının tektonik üst dokanaklarının erozyonal olması nedeniyle bu kalınlık birimin inceleme alanındaki görünür kalınlığı olduğu dikkate alınmalıdır.

4.1.3.3. Dokanak ilişkileri

Alt Dokanak; Tekneli Metamorfiti, Yayladalı Metamorfitleri ve Topçam Formasyonu üzerinde bir klip şeklinde durmaktadır (EK-1).
Üst Dokanak; Birimin üst dokanağı erozyonal olup inceleme alanında gözlenmemektedir.

4.1.4.4. Başvuru Kesit Yeri

Tektonik faaliyetler sonucu oldukça kıvrımlı bir yapıya sahip olan Tekneli Metamorfiti'nin içindeki dayklar ve meta-çört bloğunun en iyi gözlendiği alan Bozatalan Köyü'nün yaklaşık 2,5 km batısı, kırıntılı birimlerin en iyi gözlendiği alanlar ise Gömeçkıran Tepe güneyi ve Kocacık Yaylası güneyi ve Tekneli Mahallesi'dir (EK-1).

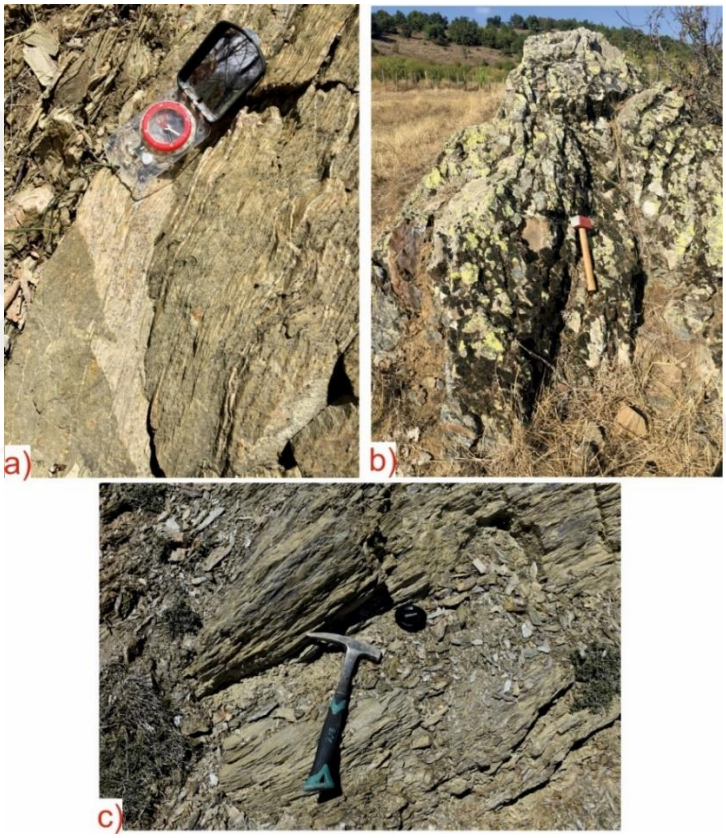
4.1.4.5 Kaya türü ve özellikleri

İstifin tabanında yer alan fillatlar meta-kumtaşları ile aradalanırken, orta ve üst seviyelerde yoğun miktarda fillatlar ve yer yer sleytlere geçişler gözlenmektedir. Fillat ve sleytler ince foliasyonlu ve kahverengimsi – gri tonlarda gözlenmektedir. Meta

kumtaşları ise fillat ile sleyler gibi aynı renk tonlarında ve ince katmanlı olarak yer gözlenir.

Kırıntılı istif içerisinde tek bir kütle halinde yer alan meta-çört bloğu koyu mavi-gri tonlarında gözlenmekte olup 5-6 metre kalınlığa sahiptir. Meta-çört bloğu oldukça sert ve kalın tabakalı olarak gözlenmektedir (Şekil 4.17).

Son olarak birim bazik dayklar tarafından kesilmektedir. Çevresinde yer alan foliasyon kazanmış meta-pelitleri kesen dayklarda herhangi bir foliasyon yapısı gözlenmemektedir. Çıplak gözle plajioklaz mineralleri gözlenebilen bu dayklardan yapılan petrografik ve jeokimyasal çalışmalara göre, birimin diyabaz türü yarı derinlik kayacı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.17: a) Çalışma arazisinde ince katmanlı olarak yer alan meta kumtaşları. UTM: 84580 73288 **b)** Meta-çört bloğu. UTM:84452 73952 **c)** Çalışma arazisinde gözlenen fillatların görünümü. UTM: 84200 73150

4.1.4.6 Yaş

Çalışma arazisindeki birim, Yılmaz ve diğerleri (1997) tarafından Topçam Formasyonu içerisinde değerlendirilmiş olup yaşını Triyas olarak öngörmüşlerdir.

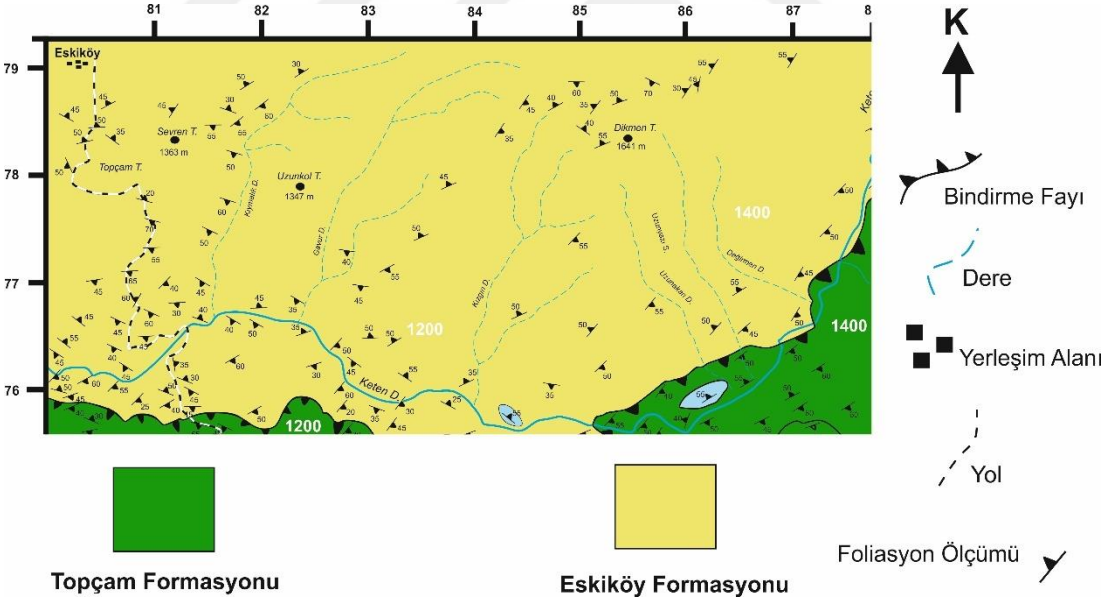
4.1.4. Eskiköy Formasyonu

4.1.4.1. Tanım ve Ad

Mafik dayklar ile kesilen ve meta-kırıntılı çökellerden oluşan bu birimin en iyi yüzeylemelerinin Eskiköy ve çevresi olması nedeniyle, Yılmaz vd. (1997) tarafından birim Eskiköy Formasyonu olarak adlandırmış ve Yeşilırmak Grubu içerisine yerleştirmiştir. Aynı birim Özcan vd. (1986) tarafından Turhal Metamorfitinin bir parçası olarak kabul edilmiştir.

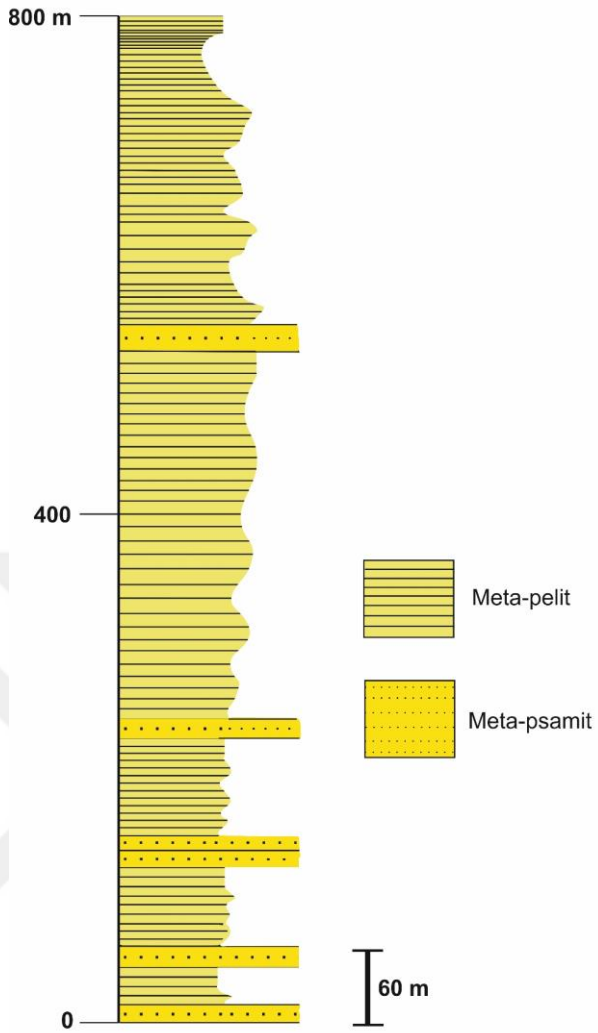
4.1.4.2. Kalınlık ve Yayılım

Çalışma alanının kuzey bölgelerinde yer alan Eskiköy Formasyonu'nun yayılım gösterdiği alanlar; Keten Dere vadisi ve kuzey alanları, Eskiköy çevresi ve Sırçalı Köyü'nün Güney bölgeleridir (Şekil 4.18). Doğu-batı uzanımlı olarak geniş bir yayılım gösteren Eskiköy Formasyonu, çalışma bölgesinin yaklaşık olarak 30 kilometre karelik bir alanını meydana getirmektedir.



Şekil 4.18: Eskiköy Formasyonu'nun kapladığı bölgeleri gösteren jeolojik harita.

Birimin stratigrafik kalınlığı oldukça kıvrımlı olmasından dolayı ölçülememiştir. Birimin kalınlığı enine kesitten yapılan ölçümle yapısal kalınlığı >800 m olduğu saptanmıştır (Şekil 4.19).



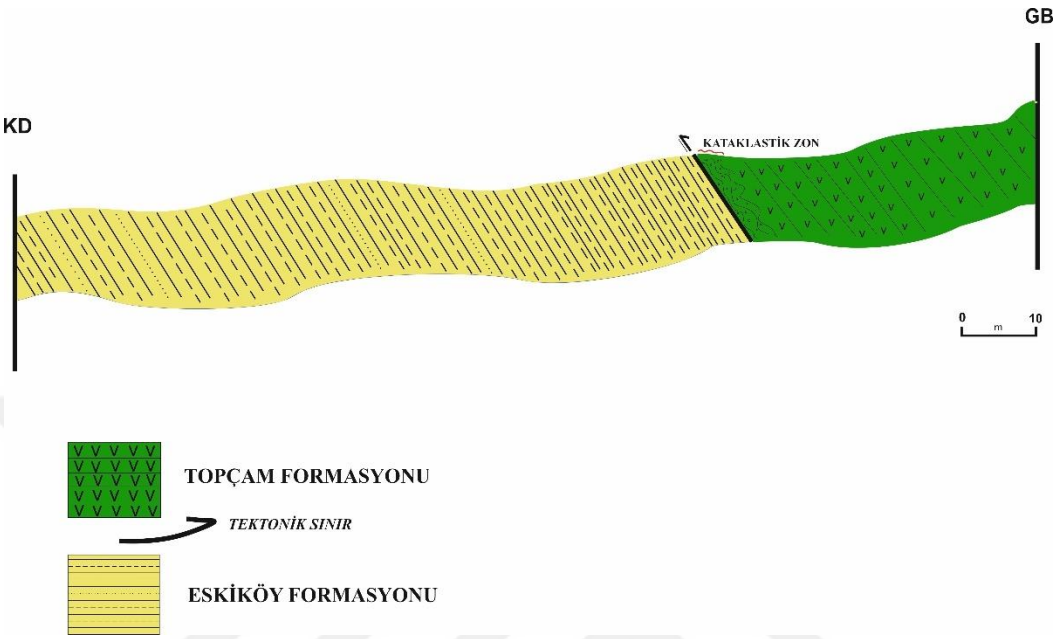
Şekil 4.19: Meta-pelit, meta-psamit ardalanmasından oluşan Eskiköy Formasyonu'nun tabandan tavana içerdiği birimleri gösteren kaya türlerini gösteren dikme kesit.

4.1.4.3. Dokanak ilişkileri

Eskiköy Formasyonu inceleme alanında, Topçam Formasyonu ile tektonik dokanaklıdır.

Alt Dokanak; Eskiköy Formasyonu'nun alt dokanağı çalışma sahasında gözlenmemektedir. Ancak Yılmaz vd. (1997) yaptıkları çalışmada, Eskiköy Formasyonu'nun tabanından Laçin Formasyonu'nun geçişli olarak yer aldığını öne sürmüşlerdir

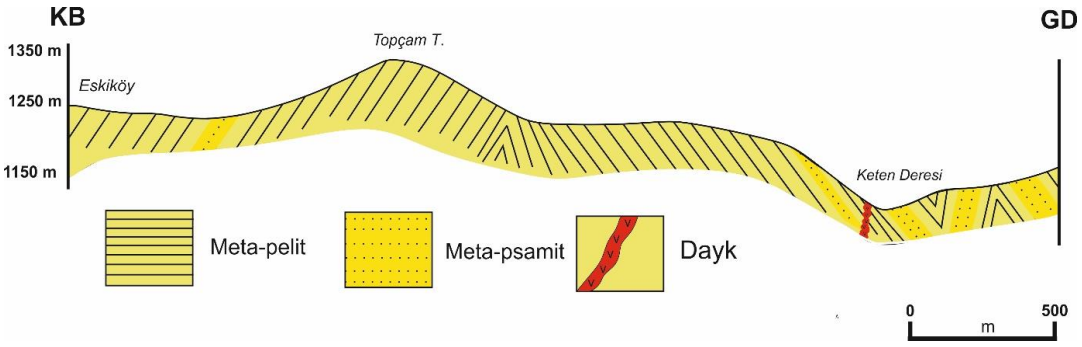
Üst Dokanak; Eskiköy Formasyonu'na ait metakırıntılar, Topçam Formasyonu'na ait metabazit kayaçları ve yastık lavları tarafından tektonik olarak üzerlenir. (Şekil 4.20). Ayrıca çalışma arazisinin dışında Sırçalı Köyü tarafında Turhal Metaofiyoliti tektonik olarak Eskiköy Formasyonu'nun üzerinde yer almaktadır.



Şekil 4.20: Eskiköy Formasyonu'nun üst sınırını gösteren, KD-GB yönlü şematik enine kesit.

4.1.2.4. Başvuru ve Kesit Yeri

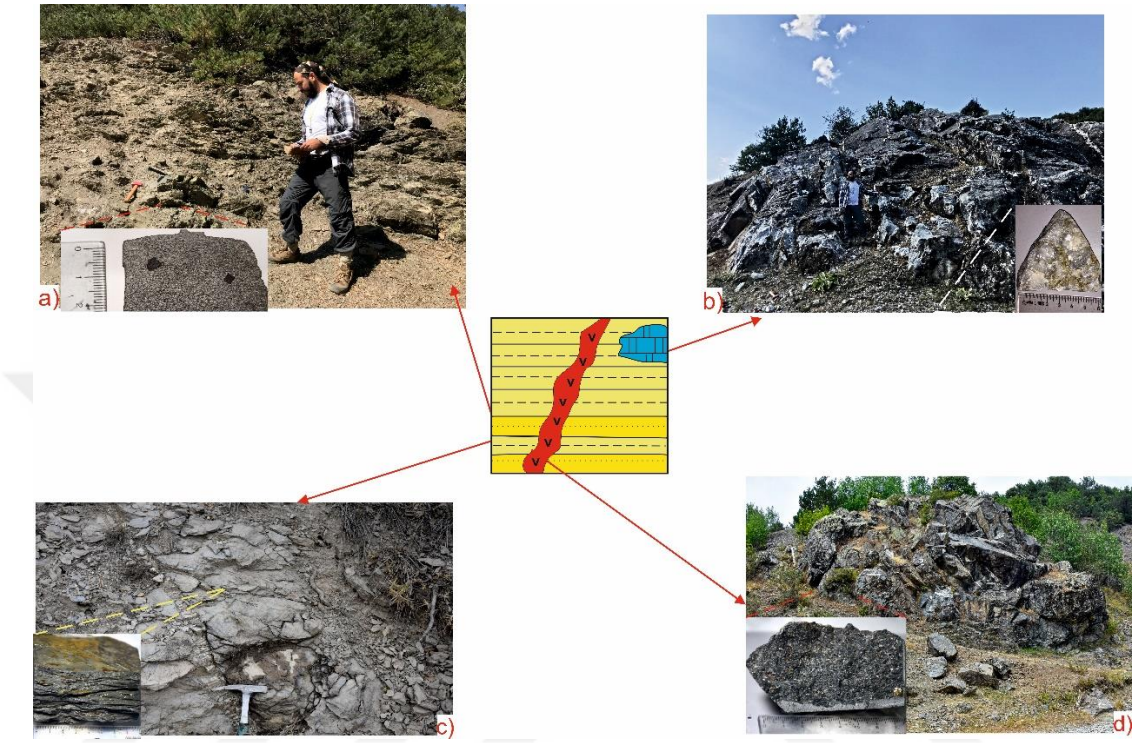
Eskiköy Formasyonu'nun en iyi gözlendiği bölge, ismini de aldığı yer olan Eskiköy ve çevresidir. Topçam Tepe, Sevren Tepe, Kabukludüz Tepe, Dikmen Tepe, Apalık Tepe ve Sırçalı Köyü'nün güneyi gibi yüksek rakımlı yerlerde fillatlar gözlenirken, Keten Dere Vadisi'nde meta-kumtaşları ve bunlarla ardalanmalı fillatlar gözlenmektedir. (Şekil 4.21).



Şekil 4.21: Eskiköy Formasyonu'nun, başvuru kesit yerlerinin bulunduğu, yaklaşık 3,5 km'lik şematik enine kesiti. Kesit güzergahı için şekil 4.18'e bakınız.

4.1.4.5. Kaya Türü ve Özellikleri

Eskiköy Formasyonu ana olarak meta-kırıntılı bir çökel istifi olup, yerel olarak metakarbonat blokları da içermektedir. İstif metapelit metapsamit ardalanmasından oluşur. Ancak istif içinde metapsamitlerin oranı değişim göstermektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: Çalışma arazisinde gözlenen Eskiköy Formasyonu'na ait; **a)** Meta-kumtaşı, **b)** Meta-karbonat **c)** Fillat **d)** diyabaz daykınına ait fotoğraflar.

Meta-kumtaşları arazide çoğunlukla gri, koyu gri, siyahımsı gri tonlarında gözlenmektedir (Şekil 4.22a). Birimin tabanında bulunan meta-kumtaşları, yaklaşık 10-15 metre kalınlığa sahipken, foliasyon düzlemleri iyi bir şekilde gözlenmekte ve fillatlar ile aradalanmalı halde yer almaktadır (Şekil 4.23). Meta-kumtaşları, çalışma alanından doğuya gittikçe yanal yönde azalma göstermektedir

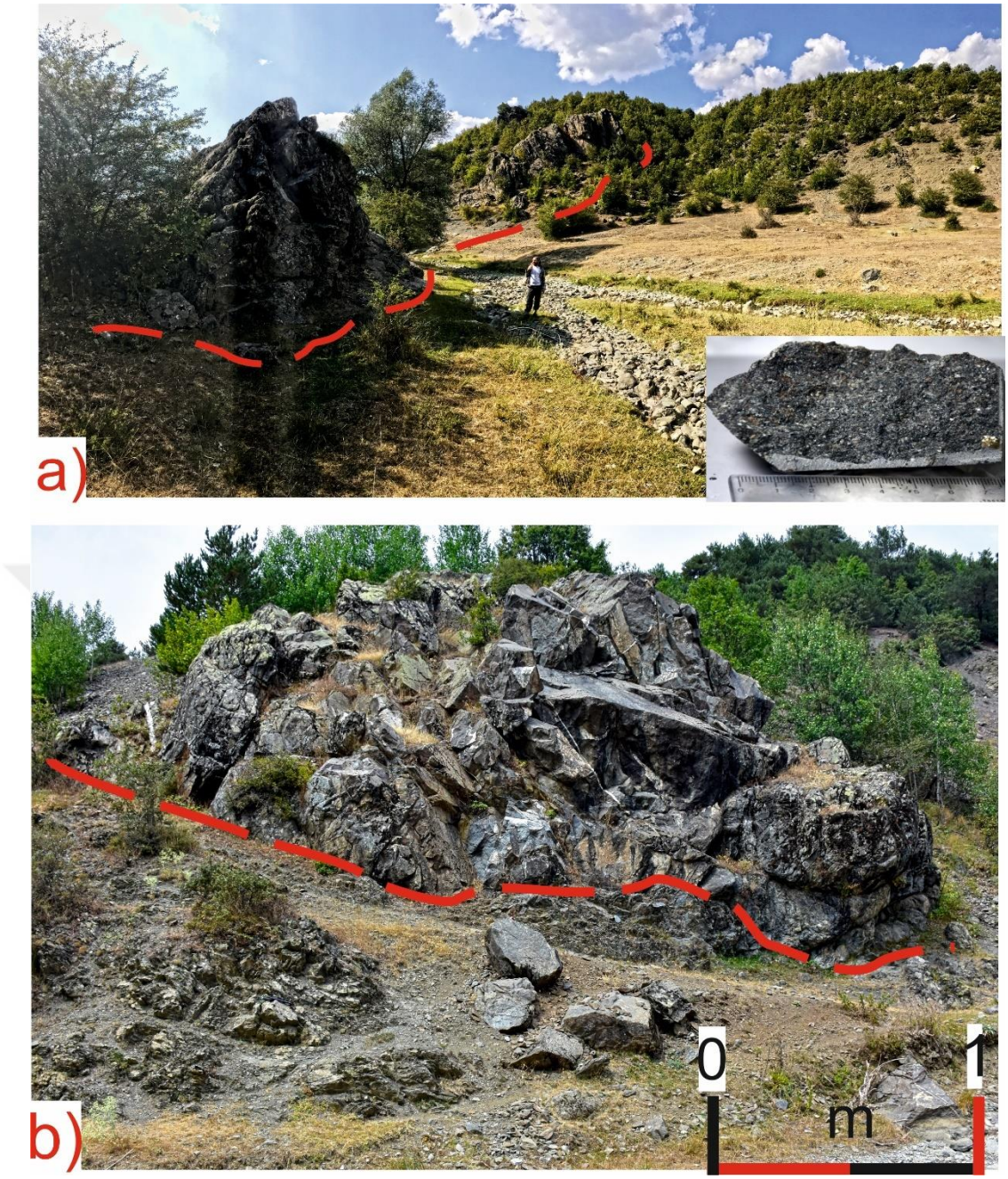


Şekil 4.23: Çalışma alanında fillatlar ile ardalanan meta-kumtaşları istif içerisinde kalın tabakalar halinde gözlenmektedir. Fotoğrafta yer alan meta-kumtaşları KB'ya doğru eğimlidir. UTM: 84437 75849.

Tabandan üste doğru orta seviyelere geldikçe fillat seviyeleri isitif içerisinde artmaktadır. Fillatların renkleri ise meta-kumtaşlarında olduğu gibi, gri-koyu gri tonlarında gözlenmektedir.

Yapısal olarak üste doğru fillatların kalınlığı artar. Böylesi kalın fillatların olduğu kesimlerde meta-karbonat blokları da bulunur. Meta-karbonatlar soluk mavi–beyaz tonlarında gözlenmektedir.

Eskiköy Formasyonu diyabaz daykları tarafından kesilmektedir. Diyabaz daykları, arazide çoğunlukla soluk yeşil ve mavimsi gri tonlarında gözlenmektedir. Keten vadisinde doğu-batı yönlü geniş bir yayılım gösteren diyabaz dayklarının kalınlığı <10 m boyutlarında yer almaktadır (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 a-b) Keten Dere vadisinde metakırıntılı birimleri kesen diyabaz dayklarının saha görüntüleri. Sırasıyla UTM: 82686 76286, 75900 83100.

4.1.4.6. Yaş

Çalışma arazisinde yer alan meta-kumtaşlarından elde edilen U-Pb zirkon yaş verilerine göre birimin maksimum çökelme yaşı Üst Triyas (Noriyen) olarak tespit edilmiştir (Ustaömer vd., 2019).

4.1.5. Turhal Metaofiyoliti

4.1.5.1. Tanım ve Ad

Doğu Pontidlerin en güneybatı ucunda, Tokat'ın kuzey – kuzeybatısı ve güney-güneydoğusunda Tokat Masifi ile tektonik ilişkili yaklaşık doğu-batı uzanımlı, dar ve uzun ofiyolitik dilimleri mevcuttur (Özcan vd., 1980; Özcan ve Aksay, 1996; Yılmaz vd., 1997b) (Şekil 2.2). Özcan ve diğerleri (1980) Artova Ofiyolitli Karışığı olarak adlandırmıştır. Ofiyolit dilimleri çoğunlukla ofiyolitik melanj şeklindedir. Yılmaz ve diğerleri (1997) bu birimi Turhal Metaofiyoliti olarak adlandırarak, serpantinşist ve çamurtaşından oluşan matriks içerisinde serpantinit, yastık ve masif lav, neritik-pelajik kireçtaşı ve çört bloklarının varlığını tespit etmiş ve ofiyolitik melanjın Paleotetis okyanusuna ait olduğunu öne sürmüşlerdir.

Bozkurt vd. (1997), birimin inceleme alanında yer alan Çamdere köyü civarındaki kırmızı çört düzeylerindeki radyolarya faunasına (*Mirifusus* cf. *Baileyi* Pesagno, *Thanarla conica* Aliev, *Eucyrtidiellum ptyctum* Riedel, *Eucyrtidiellum ozaiense* Aita) göre Titoniyen (Geç Jura) yaşlı olduğunu belirlemiş ve melanjın daha önce düşünülenin aksine Neotetis okyanusu ile ilişkili olması gerektiğini bildirmiştir.

Yıldırım Dilek ve diğerleri (2017), ''Türkiye Ofiyolitleri'' adı altında derledikleri MTA kitaplarında, ofiyolitik kuşakları içerinde Tokat bölgesin ki ofiyolitik melanjı, Turhal (Tokat) ofiyolitik Karışığı olarak adlandırılmıştır.

Bunların dışında, eşdeğerleri olarak Beşören ofiyolitli Karmaşığı (Koçyiğit, 1979a) Tekelidağ karışığı (Yılmaz 1982), Çamlıbel ofiyolit topluluğu ve İslimköy ofiyolitik melanjı (Yılmaz vd., 1993) belirtilebilir. Bu çalışmada yer alan ofiyolitik melanj için ise Yılmaz ve diğerleri'nin (1997) adlandırdıkları Turhal Metaofiyoliti öngörülmüştür.

4.1.5.2. Kalınlık ve Yayılım

Turhal Metaofiyolitleri çalışma arazisinin güney bölgelerinde Doğu-Batı uzanımlı bir şekilde yayılım göstermektedir. Bu ofiyolit karmaşığın en iyi gözlenebilindiği alanlar, Çamdere Köyü ve çevresi, Bozatalan Köyü ve Yayladalı Köyü'nün çevre alanlarıdır (EK-1). Birimin alt dokanağı inceleme alanı sınırları içerisinde gözlenemediğinden kalınlığı bilinmemektedir.

4.1.5.3. Dokanak İlişkileri

Turhal Metaofiyoliti, Topçam Formasyonu'na ait volkanojenikler ve Yayladalı Metamorfiti ile tektonik dokanaklıdır.

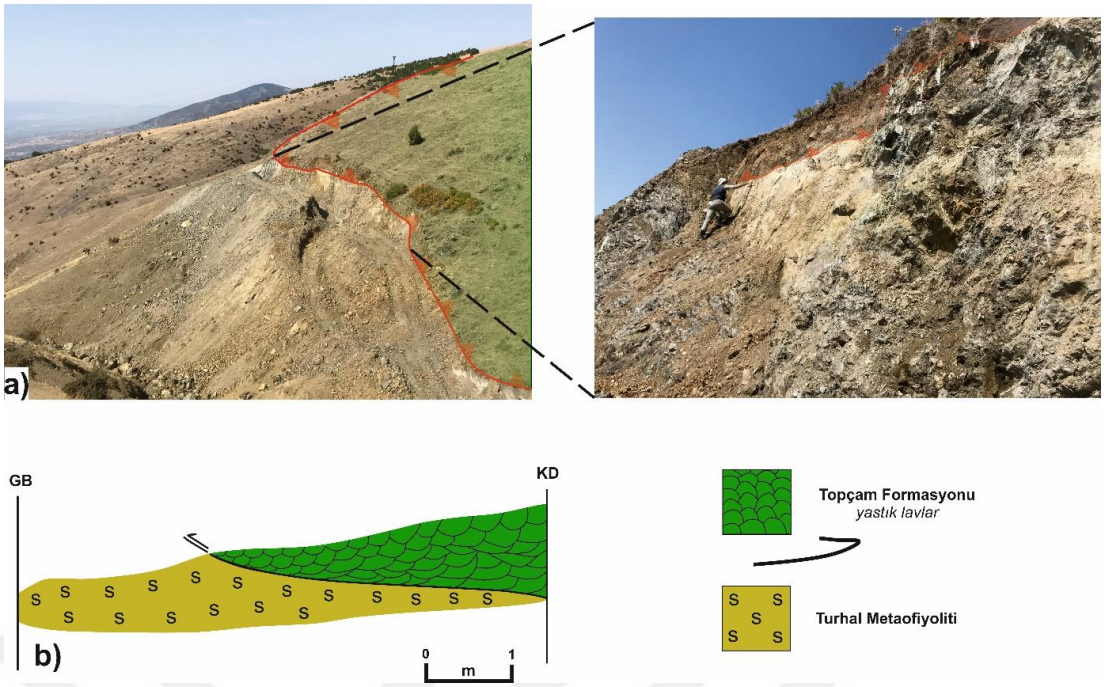
Alt dokanak; Birimin alt dokanağı çalışma alanı içerisinde gözlenmemiştir. Ancak Yılmaz ve diğerleri (1997) yaptıkları çalışmalara göre bu birim altında tektonik olarak Yeşilırmak grubuna ait Triyas yaşlı metamorfik birliğin varlığını tespit etmişlerdir.

Üst dokanak; Turhal Metaofiyolitine ait birimler, Topçam Formasyonu'na ait volkanojenik birimler ile Yayladalı Metamorfiti tarafından tektonik üzerlenmektedir (Şekil 4.25)



Şekil 4.25: Tokat'ın güneyinden Topçam dağlarına bakış. Turhal Metaofiyoliti Topçam Formasyonu'nun yapısal olarak altında yer almaktadır.

Bozatalan Köyü'nün kuzeybatısında, Turhal Metaofiyoliti Topçam Formasyonu ile tektonik ilişkilidir. Bu alanda birim Topçam Formasyonu'na ait yastık lavlar tarafından üzerlenir. Dokanak boyunca makaslama zonları yaygınca gelişmiştir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26: a) Bozatalan Köyü'nün kuzeybatısında Topçam Formasyonu'na ait yastık lavların Tokat ofiyolitik melanjına ait birimler ile olan tektonik dokanağı. Bakış yönü Batı. UTM: 81994 73880 **b)** Tektonik dokanakta bulunan iki birimin, arazide çizilmiş şematik enine kesiti.

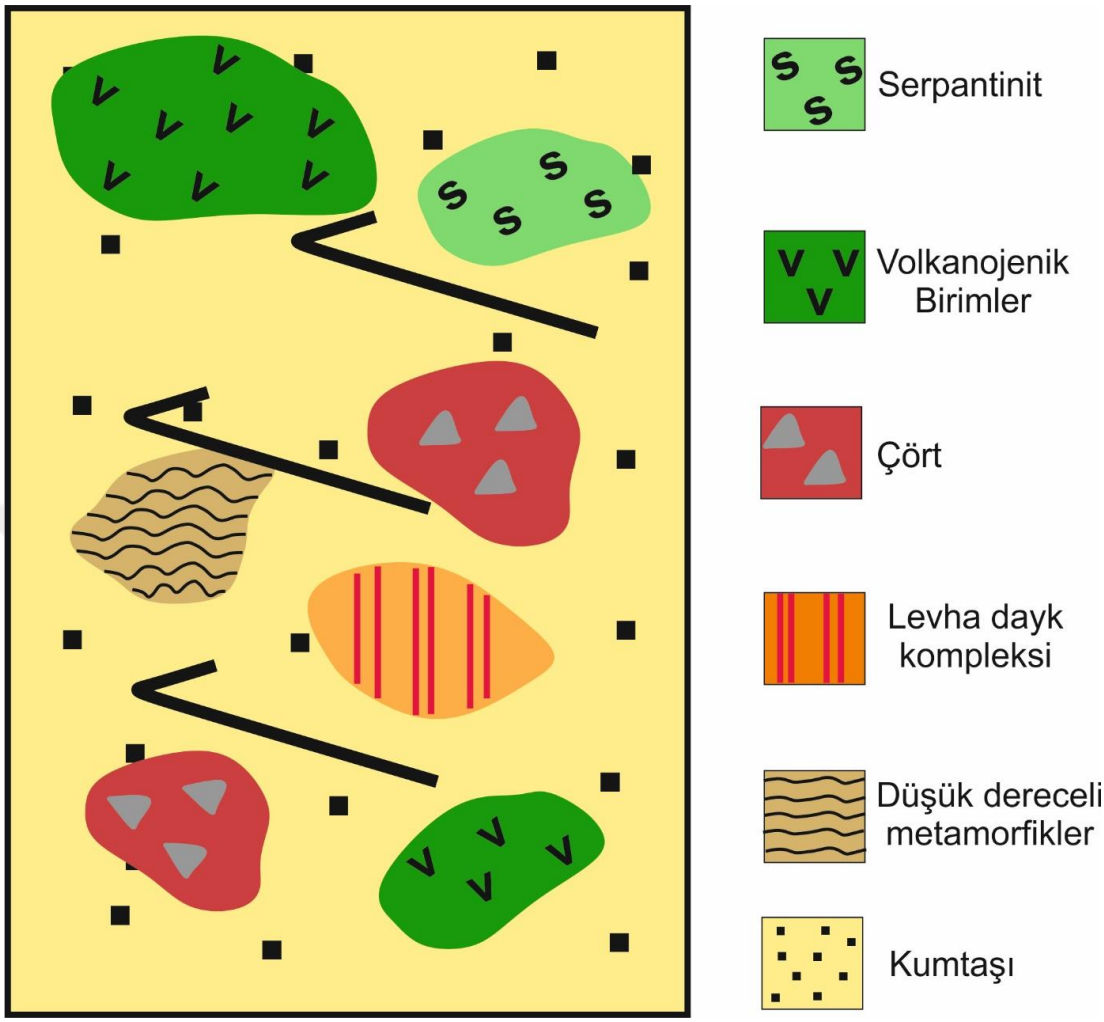
4.1.5.4. Başvuru Kesit Yeri

Ofiyolitik melanja ait birimlerin en iyi gözlendiği alan, çalışma sahasının güneydoğusunda yer alan Çamdere Köyü ve çevresidir. Bu bölgede ofiyolitik melanja ait volkanojenik birimler, konglomeralar, çört blokları ve kırıntılı kayalar gözlenmektedir. Çamdere Köyü'nden kuzeye doğru çıkıldıkça melanja ait birimler yol yarmalarında güzel mostralar vermektedir. Ayrıca Yayladalı Köyün'den KB istikametinde ilerlendiğinde melanja ait birimler ve makaslama zonları iyi görünür. D-B uzantılı bu ofiyolitik melanjın tektonik dokanağı ise en iyi Bozatalan Köyü'nde görülmektedir.

4.1.5.5. Kaya Türü özellikleri

Turhal Metaofiyoliti, birçok kaya türünü içerisinde barındıran, radyolaryalı çört serpantinit, yastık-masif lav, düşük dereceli metamorfiklerin, meta-konglomera, aglomera ve levha dayk kompleksine ait blokların, kırıntılı (çamurlu – kumlu) bir

hamur içerisinde ya da kendi aralarında tektonik ilişki içerisinde bulunduğu ve çoğunlukla makaslama yapıların gözlendiği bir melanjdır (Şekil 4.27).



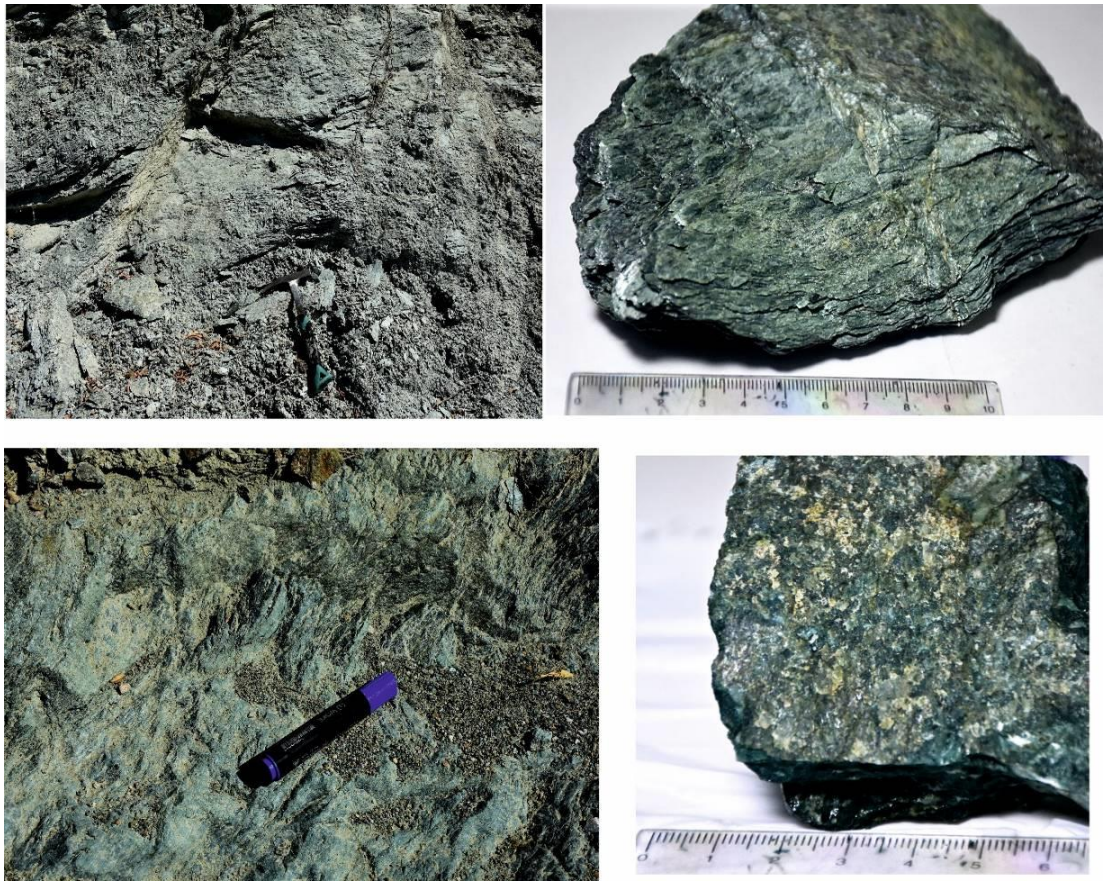
Şekil 4.27: Çalışma arazisinde yer alan Turhal Metaofiyoliti'nin genelleştirilmiş stratigrafisi

Melanj içerisinde bulunan çörtler kırmızı renkli olup, 5-6 metre kalınlığa sahip, yer yer bloklar halinde, kısmen de meta volkanojenik ve kırıntılı kayaçlar ile ara seviyeler halinde gözlenmektedir (Şekil 4.28).



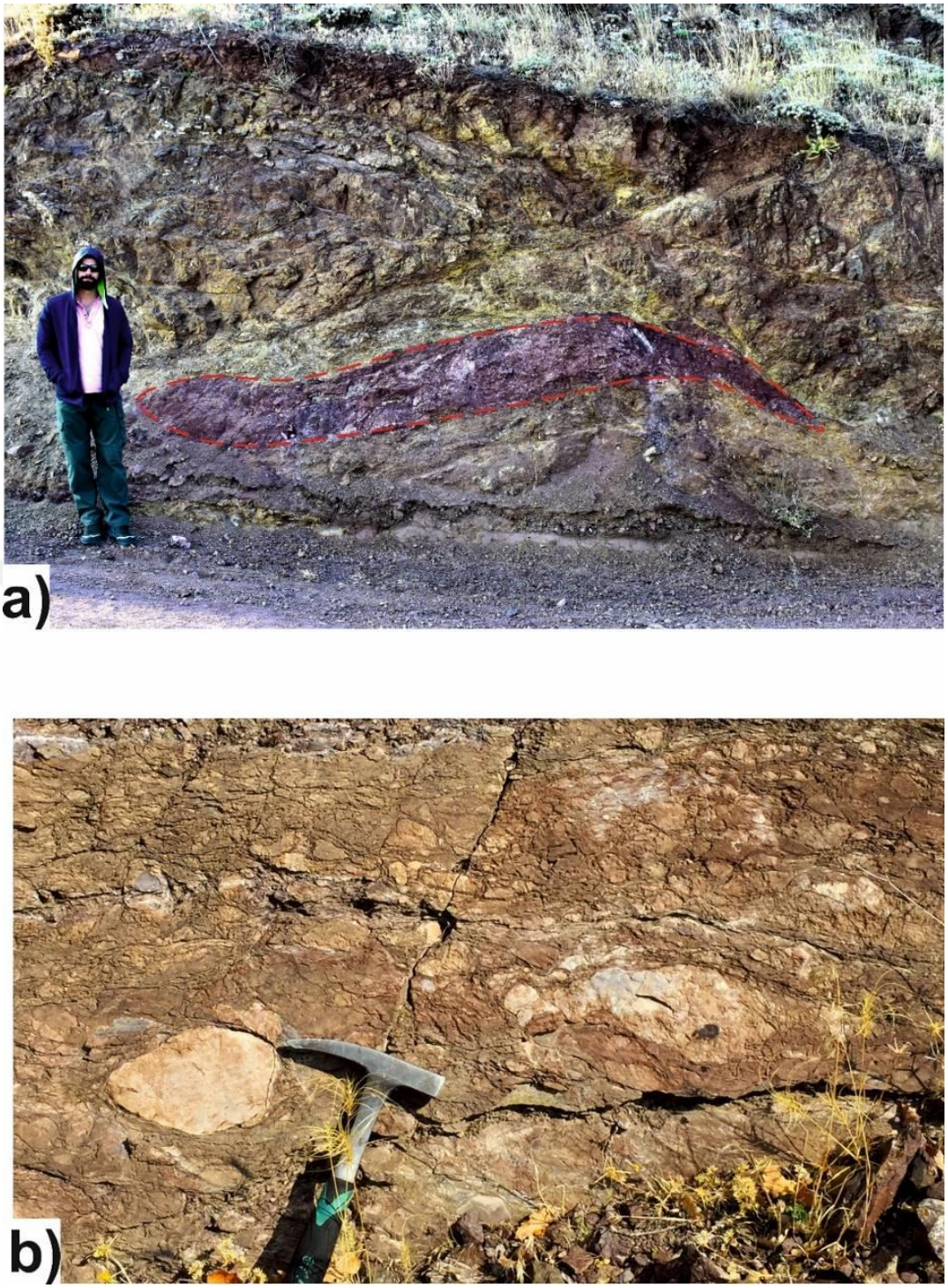
Şekil 4.28: Melanj içerisinde ara seviye ve blok halde bulunan çörtlerin saha görüntüleri. UTM: 92740 73000 **a)** Radyolaryalı çörtler (A) düşük dereceli metamorfik kayaçlar ile uyumlu halde bulunurken, masif lavlar (B) tektonik olarak bu birimlerin üzerlerine yerleşmiştir. Tüm birim ise normal faylar tarafından kesilmiştir.Bu mostrada ki yapısal unsurlar yapısal jeoloji kısmında ayrıntılı olarak açıklanacaktır. **b)** blok halde bulunan ve yaklaşık 4-5 metre kalınlığında olan radyolaryalı çörtler.

Çamdere Köyü çıkışından kuzey istikamete doğru çoğunlukla koyu yeşil- gri tonlarında olan epidot-klorit-muskovit şistler yer yer ardalanmalı olarak yer yer ise masif lavlar ile tektonik ilişkili olarak gözlenmektedir. Epidot-klorit-muskovit şistler arazide iyi yapraklanma ve yer yer kuvars damarları tarafından kesilmiş halde bulunur. Kuvars damarları tarafından kesilen kayaçlar daha zor kırılmakta ve deformasyonun etkisiyle kıvrımlı yapılar daha fazla bulunmaktadır. Kayaçlarda altere yüzeyler fazla olsa da taze yüzeyli mostralarda epidot ve klorit mineralleri gözle kolaylıkla görülebilmektedir (Şekil 4.29)



Şekil 4.29: Melanj içerisindeki epidot-klorit-muskovit şistlerin saha görüntüleri ve el örnekleri. Yukarıdan aşağıya (UTM: 92850 72720), (92830 72845).

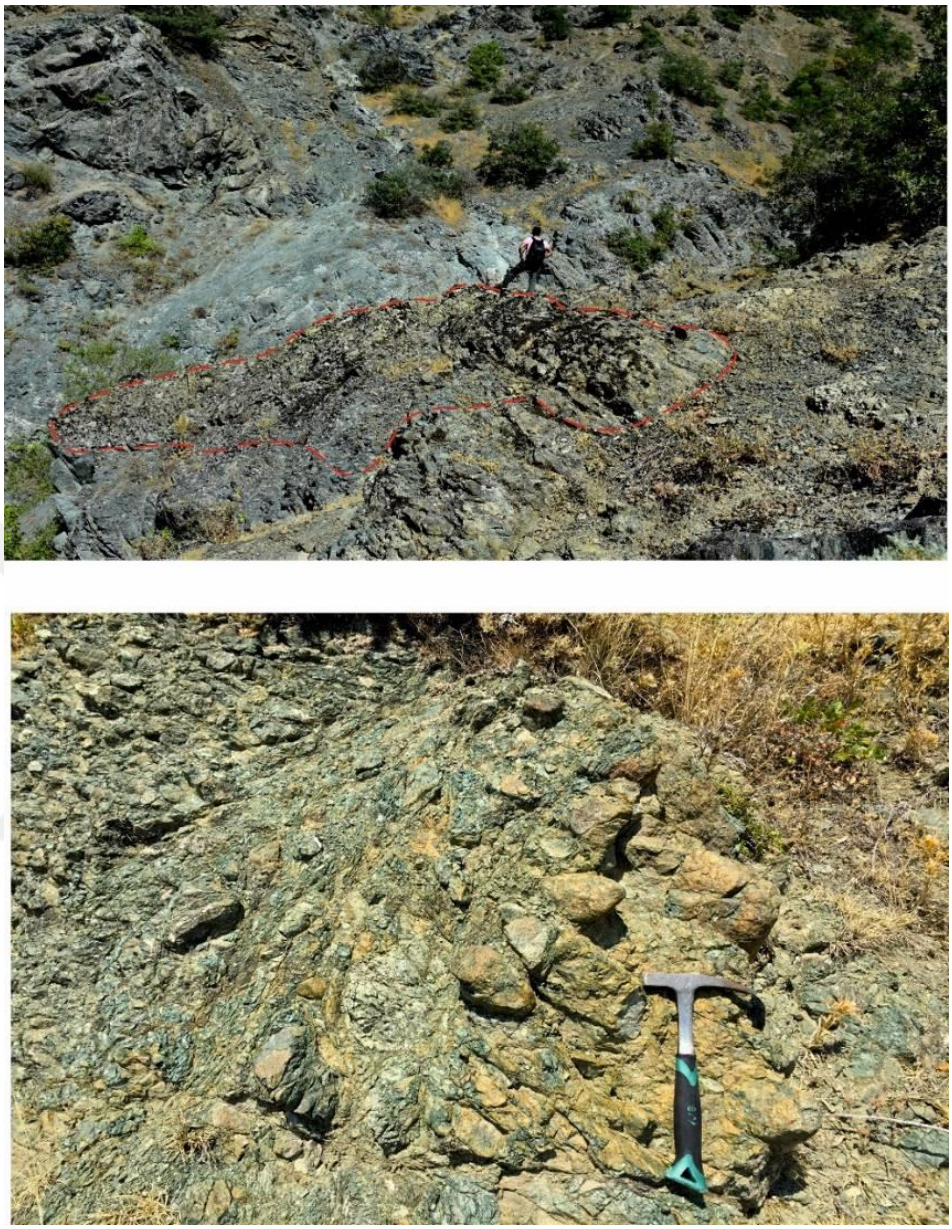
Çalışılan arazide yaklaşık 3-4 metre kalınlığa sahip olan kırmızı renkli çamurtaşları yer yer düzenli bir istif sunarken bazı bölgelerde makaslama sonucu merceksi yapılar halinde gözlenir (Şekil 4.31a) (Şekil 4.32). Çalışma alanında aynı zamanda kireçtaşı çakıllı-bloklu da gözlenir. İnce taneli bir matriks içinde çakılların boyutları 2 cm ile 15 cm arasında değişkenlik gösterir (Şekil 4.30).



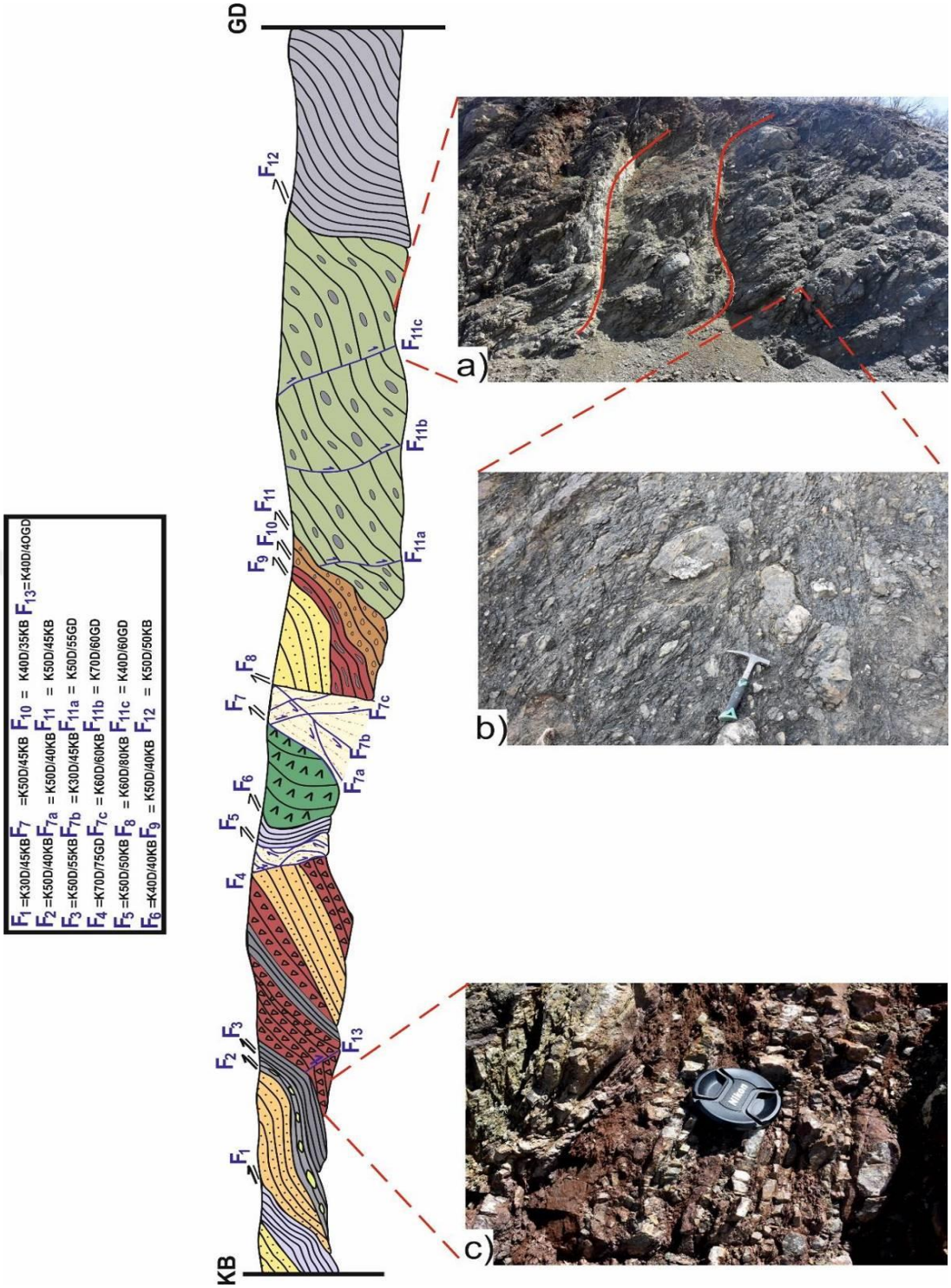
Şekil 4.30: a) Makaslama sonucu oluşmuş mor renkli çamurtaşı merceği (UTM: 97310 72663). **b)** Tane boyutu değişken olan ve ince taneli bir matrikse sahip olan, çakıltaşı. Çakıllar başlıca kireçtaşlarından türemiş olup hafif bir yönlenme gösterirler. Birim bir moloz akıntısı çökeli olarak yorumlanmıştır (UTM: 72550 90850).

Yayladalı köyü'nün kuzey kesiminde ve Çamdere Köyü'nün kuzey kesimlerinde meta-volkanoklastik sedimentler yer almaktadır. Bunlar boyutları 5 cm ile 10 cm

arasında değişen volkanik konglomeralardır. Bu volkanik konglomeralar, melanj içerisinde mega bloklar halinde yer alıp yaklaşık 20-25 metre kalınlığa sahiptir (Şekil 4.31).



Şekil 4.31: Meta-volkanik konglomera bloğunun, epidot-klorit şistler ile beraber bulunması ve volkanik kırıntılı matriks içerisindeki bazik volkanojenik çakıllar.



Şekil 4.32: Melanj içerisinde yer alan; kumtaşı, radyolaryalı çörtlü pelajik çamur, volkanojenik kayaç, çamurtaşı ve konglomeralı birimlerin kendi aralarında tektonik ilşkisini gösteren şematik enine kesit. **a)** Sıkışma ve makaslamanın olarak oluşan kumtaşı fakoidleri. **b)** Şiddetli makaslama sonucu çamurtaşlarında klivaj gelişimi ve kumtaşlarının uzayarak fakoid haline dönüşümü. **c)** Çamurtaşı ve radyolaryalı çörtlerin yakından görümü. (UTM:82456 72403).

4.1.5.6. Yaş

Bozkurt vd. (1997), Turhal Metaofiyoliti içerindeki çört megabloklarına ait radyolarya faunasından Titoniyen (Geç Jura) yaşı elde etmiş ve Neotetis okyanusu ile ilişkilendirmiştir. Bu çalışmalara ek olarak Mamudağı Ofiyoliti yay ilişkili toleyitik jeokimyasal özellik içermekte ve bu dizine ait gabrolardan 40Ar–39Ar jeokrolojisine göre 159 ±1 yaş verisi elde edilmiştir.

4.2. PETROGRAFİ

Bu bölümde inceleme alanında gözlenen birimlerin petrografik özellikleri tanıtılacaktır. Petrografik inceleme için alınan örneklerin koordinantları tablo 1'de gösterilmiştir.

Örnek No	UTM	Örnek No	UTM
TM-1	92870 72646	MT-18	82230 74450
TM-2	92776 73029	MT-19	82237 74457
TM-11a	92662 75295	MT-22	81100 76324
TM-13	92664 73642	MT-23	81112 76330
TM-19	92667 76076	MT-28	8423975627
TM-24	92667 76076	MT-41	93414 77033
TM-33	92800 74992	MT-90	73950 85230
TM-34	92800 74992	MT-91	73920 85200
TM-39	92001 77615	MT-92	87758 73600
MT-5	88640 76010	MT-94	87758 73600
MT-10	83590 74321	MT-95	82456 72403
MT-11	84314 73946	TM-68	88623 76110
MT-12	84452 73952	TM-69	88627 76120
MT-14	81750 77500		

Tablo 1: İnceleme alanında yer alan birimlerin gps koordinantları.

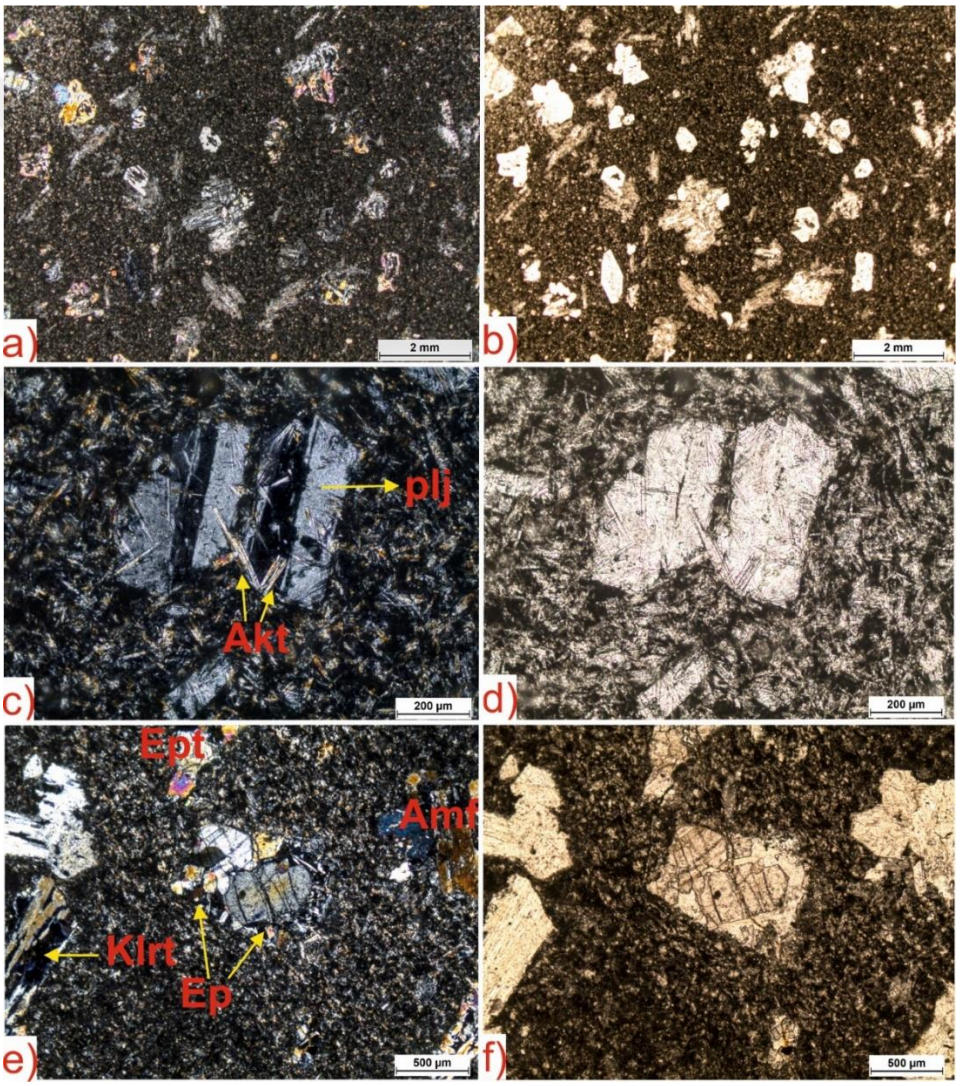
4.2.1. Topçam Formasyonu'na ait birimlerin Petrografisi

Bu çalışma sırasında Topçam Formasyonu'na ait masif-yastık lavlar ve meta volanoklastik sedimentlerin petrografik özellikleri çalışılmıştır. Porfiroblastik, granoblastik, granonematoblastik, nematoblastik ve mikrofibrogranoblastik doku gösteren birimler, üst yeşilşist-alt mavişist metamorfizmasına uğrayarak akt + ept + klrt + ab ± kvrs minerali topluluğundan oluşmaktadır.

4.2.1.1. Yastık lav

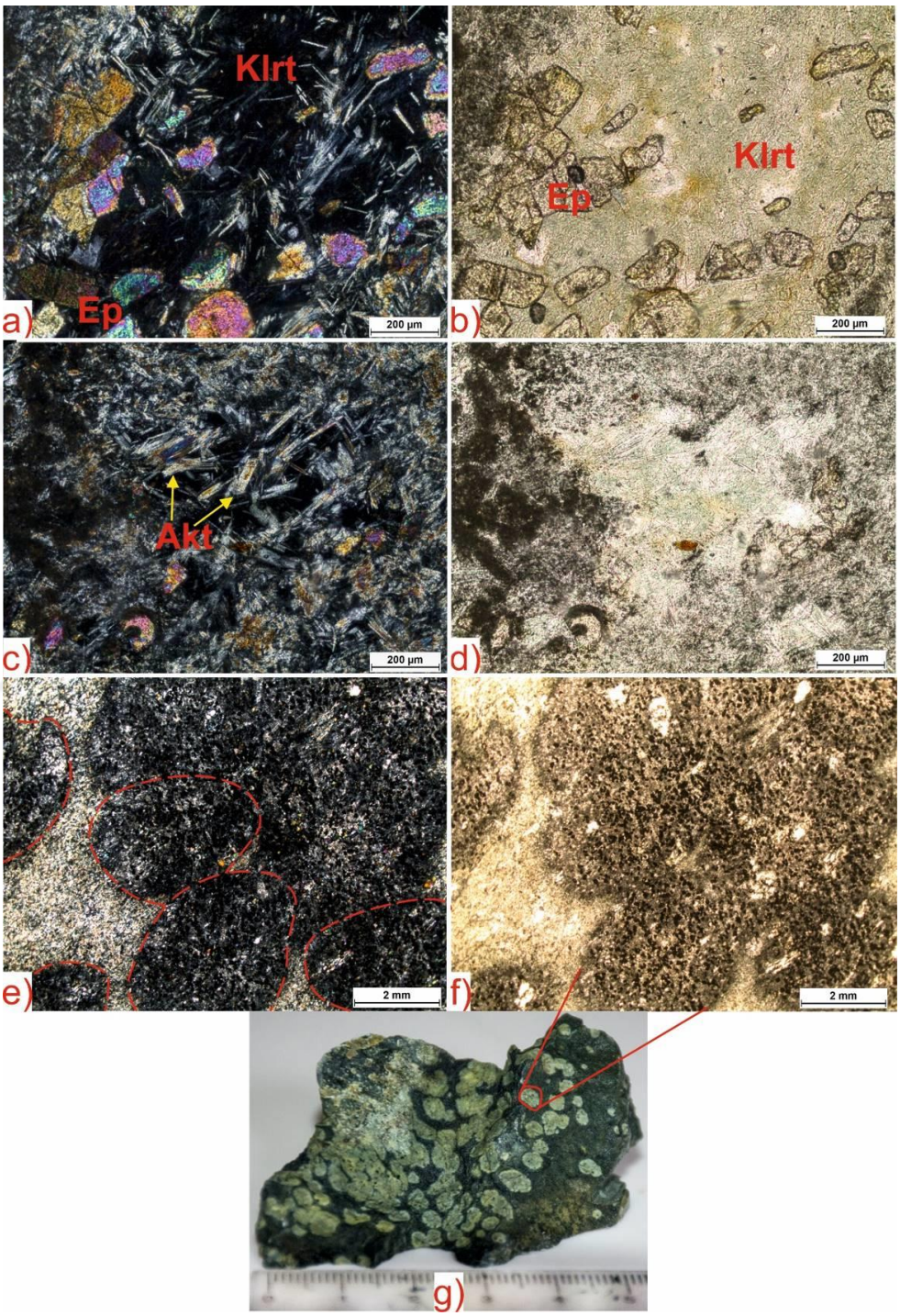
Yastık lavlarda gelişen metamorfik mineral parajenezi, azalan bolluk sırasına göre, amfibol, epidot, klorit ve kalsitten oluşmaktadır. Bununla birlikte, bazı örneklerde, piroksen ve plajiyoklas gibi ilksel magmatik kayaca ait korunmuş minerallere de rastlanılmaktadır. Magmatik plajiyoklaslar tipik olarak albit ikizlenmesi

göstermektedir (Şekil 4.33c). Metamorfik parajeneze ait amfiboller, kayaç içerisinde, ince iğnemsi kristaller şeklinde gözlenir (Şekil 4.34 a-c). Bu iğnemsi amfiboller,çift nikollerde I. ve II. sıranın girişim rengine sahip olup (Şekil 4.34 a-c), oldukça düşük bir açıyla eğik sönme gösterirler. Tek nikolde ise renksiz ya da çok soluk yeşil renkli olarak gözlenmektedirler (Şekil 4.34 b-d). Optik özellikleri baz alındığında parajenezdeki amfibollerin aktinolit türünde olduğu düşünülmektedir. Yüksek girişim rengine sahip olan epidotların formu euhedralden anhedrale kadar değişmektedir. Epidot kristalleri tek nikolde açıktan koyu sarıya kadar değişen pleokroizmaya sahiptir.Anormal koyu mavi girişim rengine sahip olan kloritler, epidot ve aktinolitlerin etrafını çevrelemiş şekilde gözlenirler. Kloritler tek nikolde tipik yeşil renge sahiptir.



Şekil 4.33: Topçam Formasyonu içerisinde bulunan, TM:39 numaralı yastık lav örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Porfiroblastik doku gösteren yastık lav örneğinde bulunan amfibol ve epidot minerallerinin görünümü. Hamur çoğunlukla aktinolit ve opak minerallerinden oluşmaktadır – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Protolit

kayaçta kalıntı mineral olarak bulunan ve albit ikizlenmesi gösteren plajioklaz kristali. Üzerinde ince, çubuksu aktinolit mineralleri bulunmaktadır – çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Merkezde anormal mavi girişim rengine sahip zoisitler ve sol altta çubuksu amfibolden dönüşen klorit mineralleri – çift nikol**. f)** Tek nikol**.**

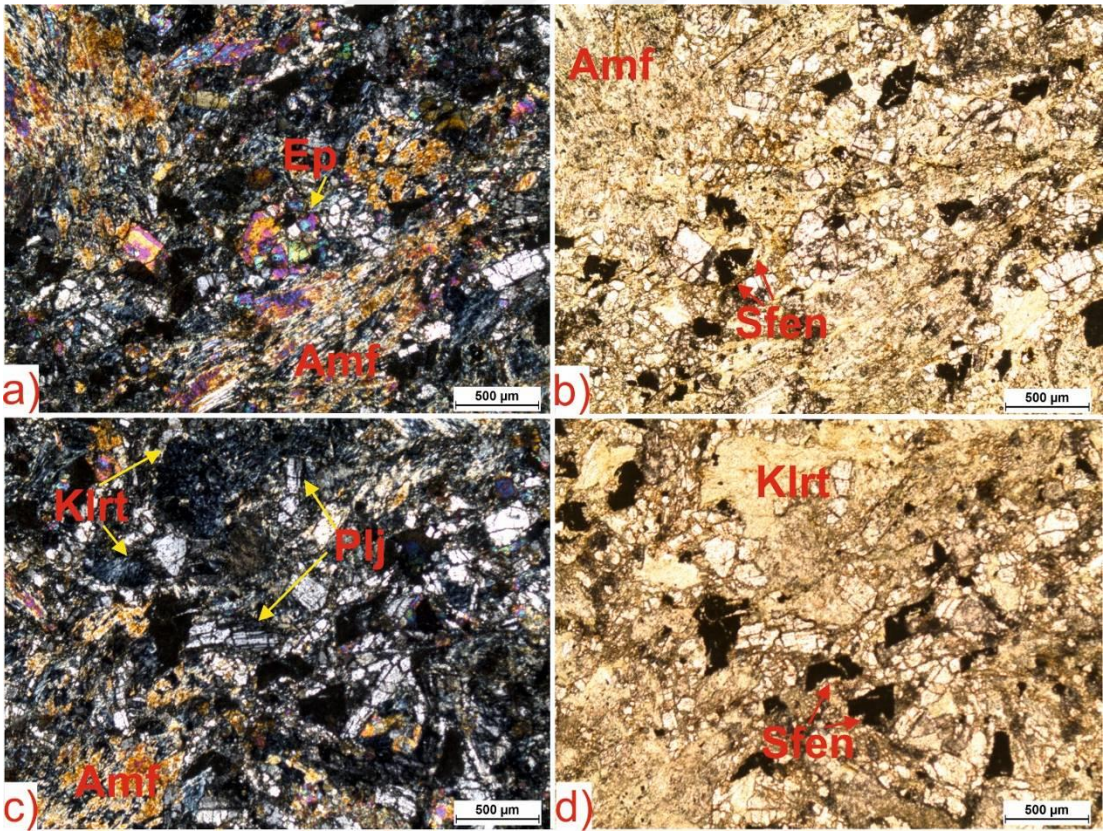


Şekil 4.34: Topçam Formasyonu içerisinde bulunan, MT:19 numaralı yastık lav örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Yüksek girişim rengine sahip, euhedal-subhedral epidotlar ve bunların arasını dolduran koyu mavi girişim rengine

sahip kloritler (pennin)– çift nikol. **b)** Tek nikollerde sarı renkli ve yüksek rölyefli epidotlar ile bunların arasını dolduran yeşil renkli kloritler. **c)** İğnemsi aktinolitler ve bunların arasını dolduran klorit mineralleri–çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Çoğunlukla varyotik doku gösteren kesitin uzaktan mikroskop görüntüleri – çift nikol **f)** Tek nikol. **g)** Araziden alınan örneğin makroskobik görünümü.

4.2.1.1 Dayk

Metabazik dayktaki amfiboller uzun çubuksu formda bulunmakta olup genellikle II. sıranın girişim rengini göstermektedirler. Sönme açıları oldukça düşük olup, tek nikollerde renksizdirler. Dolayısıyla, amfibollerin aktinolit türünde olduğu düşünülmektedir. Genellikle çubuksu ambibollerler kontak halinde ya da bunlarla iç içe geçmiş halde bulunan epidotlar genellikle anhedral formda gözlenmektedir. III. sıra yüksek girişim rengine sahip olan epidotlar, tek nikolde renksizdir. Anormal mavi girişim rengine sahip olan kloritler, epidot ve amfibollerin arasını doldurmuş olarak gözlenmektedir. (Şekil 4.35)

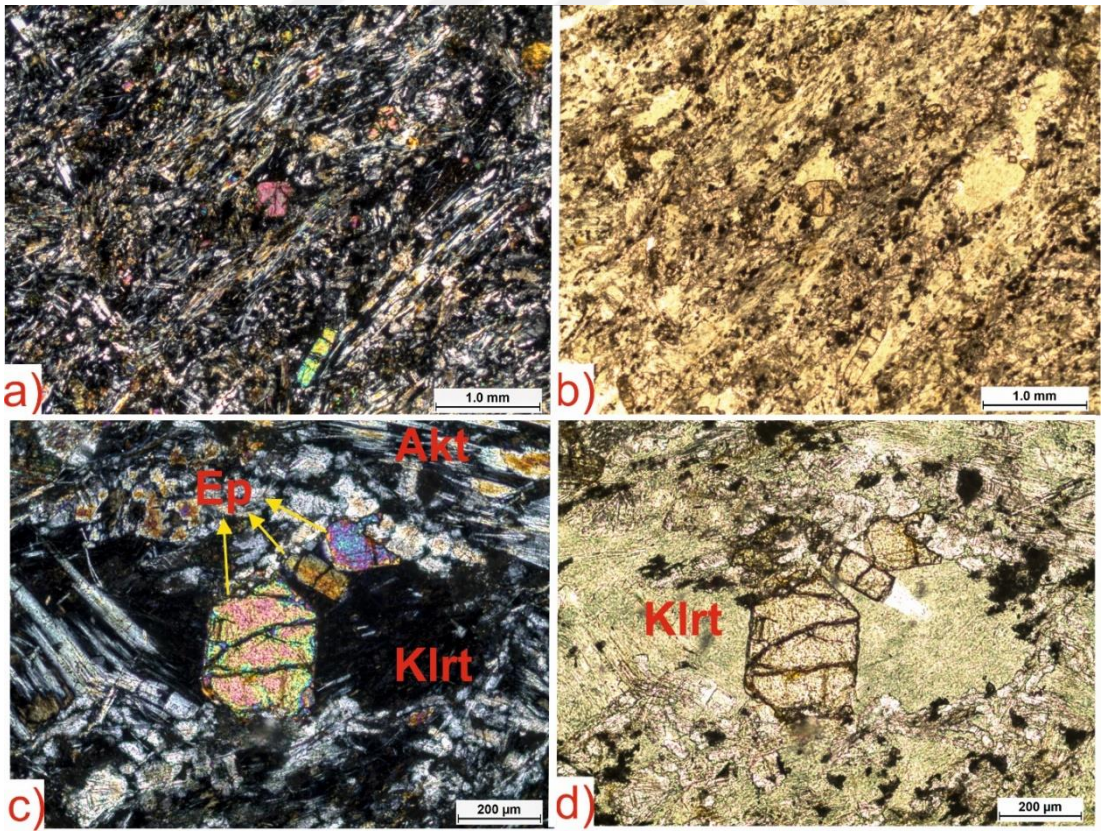


Şekil 4.35: Topçam Formasyonu içerisinde yastık lavların arasında bulunan, MT-18 numaralı bazik dayk örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Granonematoblastik doku gösteren bazik dayk örneğinde, amfibol ve epidot

minerallerinin görünümü – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Kayaç içerisinde bol miktarda bulunan öz şekilsiz sfenlerin yanında albit ikizlenmesi gösteren plajioklazlar ve yer yer öbekler halinde klorit grubundan pennin mineralleri gözlenmektedir – çift nikol. **d)** Tek nikol.

4.2.1.3. Masif Lav

Masif lav serisinde gözlenen metamorfik mineral topluluğu amfibol, epidot, klorit, ve sfenden oluşmaktadır. Kayaçta, amfibol ve kloritler belirli düzlemler boyunca yönelim göstererek kayaca şistozite kazandırmış olup, mikro ölçekte kalıntı magmatik bir dokuya rastlanmamaktadır. Kayaçtaki tüm amfibol mineralleri, ince-uzun iğnemsi kristaller şeklinde gözlenmektedir. I. ve II. sıraya ait girişim rengine sahip olan amfiboller, tek nikolde renksizdir. Sönme açıları oldukça düşüktür. Kristal formları ve optik özellikleri dikkate alındığında, amfibollerin aktinolit türünde olduğu düşünülmektedir. Aktinolit kristalleri kayacın bazı kesimlerinde belirli düzlemler boyunca yönelim göstererek kayaca 'nematoblastik doku' kazandırmaktadır (Şekil 4.36).

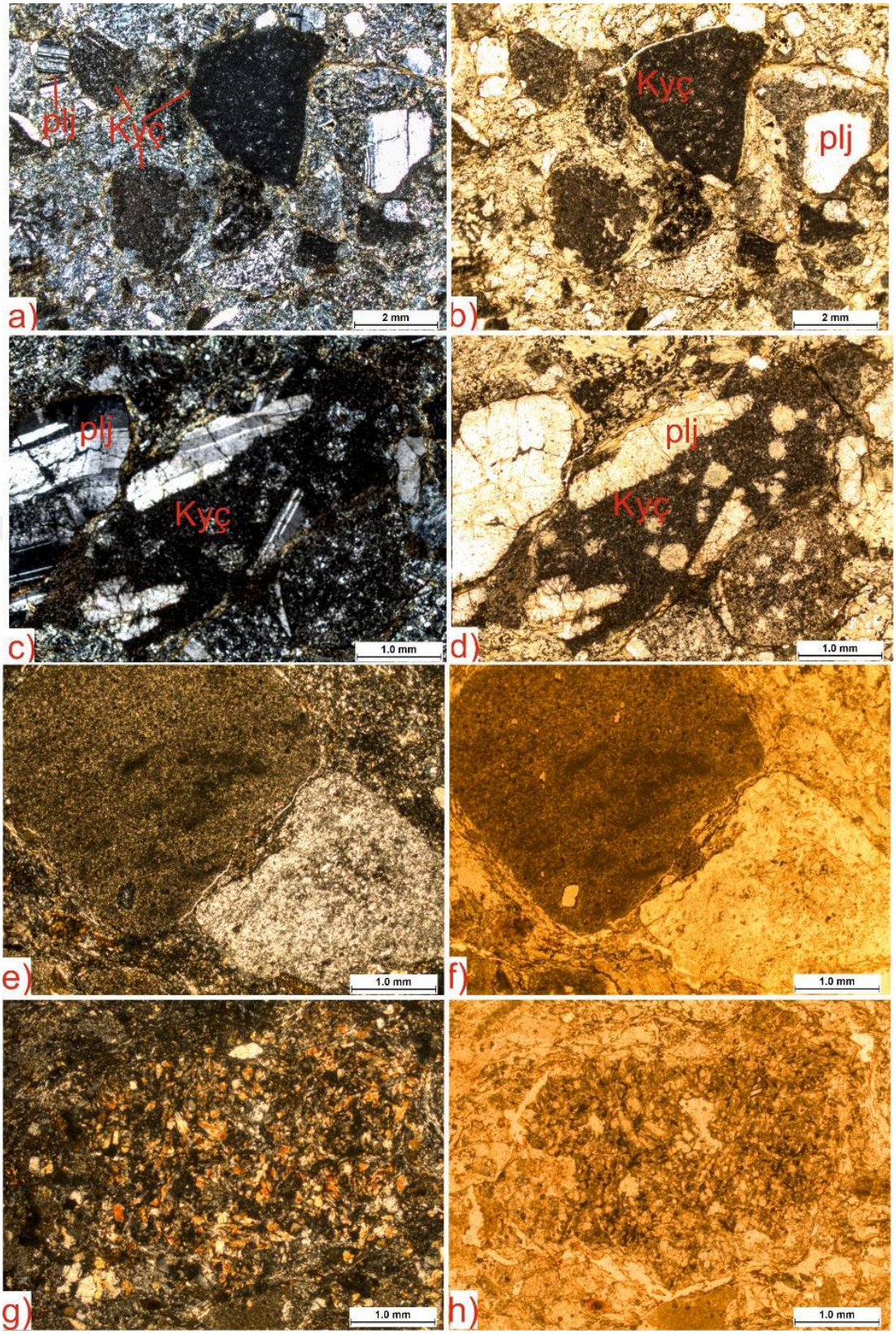


Şekil 4.36: Topçam Formasyonu içerisinde bulunan, MT:10 numaralı masif lav örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Matriksi çoğunlukla klorit ve

sıralanmış aktinolitlerden oluşan, nematoblastik doku gösteren kesitin görünümü – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Aktinolit + epidot + klorit parajenezinden oluşan ve yeşilşist fasiyesine ait minerallerin bir arada olduğunu gösteren mikroskobik görünüm – çift nikol. – çift nikol. **d)** Tek nikol.

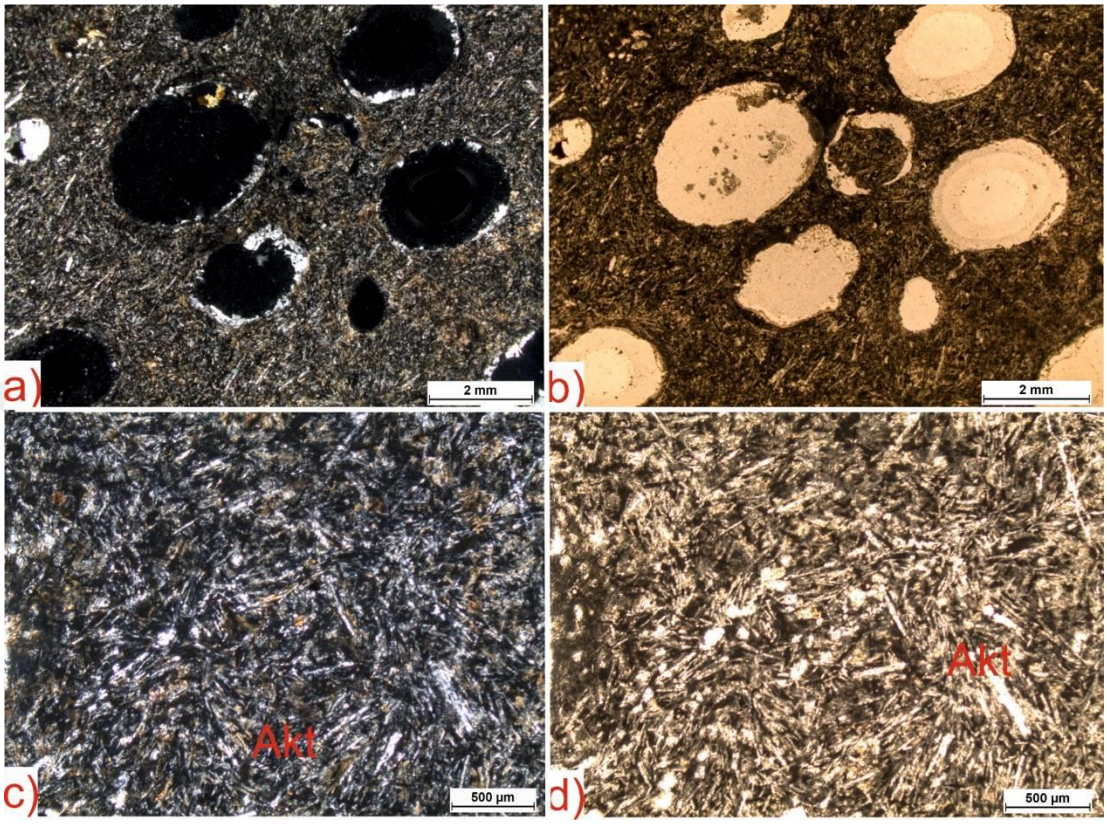
4.1.2.4. Metavolkanoklastik sedimentler

Meta-volkanoklastik sedimentlerde yer alan mineral topluluğu klorit + aktinolit + kuvars + albit + kalsit ve ribekit mineralinden oluşmaktadır. Kayacı oluşturan mineraller çoğunlukla aynı tane büyüklüğüne sahipken, aktinolit ve klorit kistalleri kayaca belirli düzlemler boyunca yönelim göstererek ‘’mikrofibrogranoblastik’’doku kazandırmaktadır (Şekil 4.39). Bazik ve ender olarak metamorfik kaya parçaları içeren volkanik konglomeralar kesit içerisinde aktinolit ve kloritli matrikse sahip olmakla beraber fenokristaller halinde albit ikizlenmesi gösteren plajioklazlar da gözlenmektedir (Şekil 4.37)

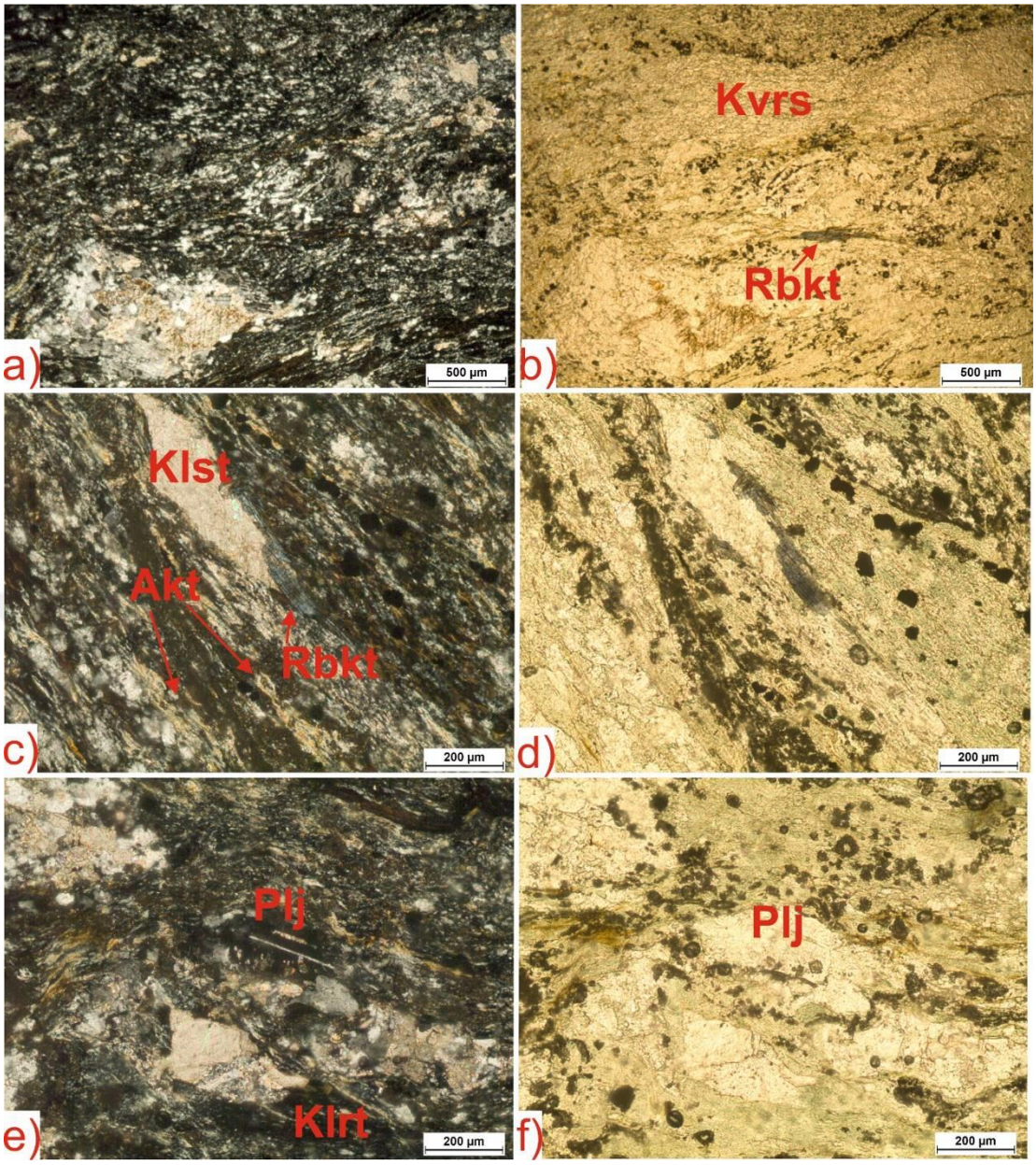


Şekil 4.37: Topçam Formasyonu içerisinde bulunan, TM:11a ve TM:24 numaralı volkanik konglomera örneğinin matriksine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Rekristalize olmuş matriks içinde, çakıl veya konglomera boyutlu volkanik kaya parçaları ve plajiyoklas mineral parçaları- çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Aktinolitler ile

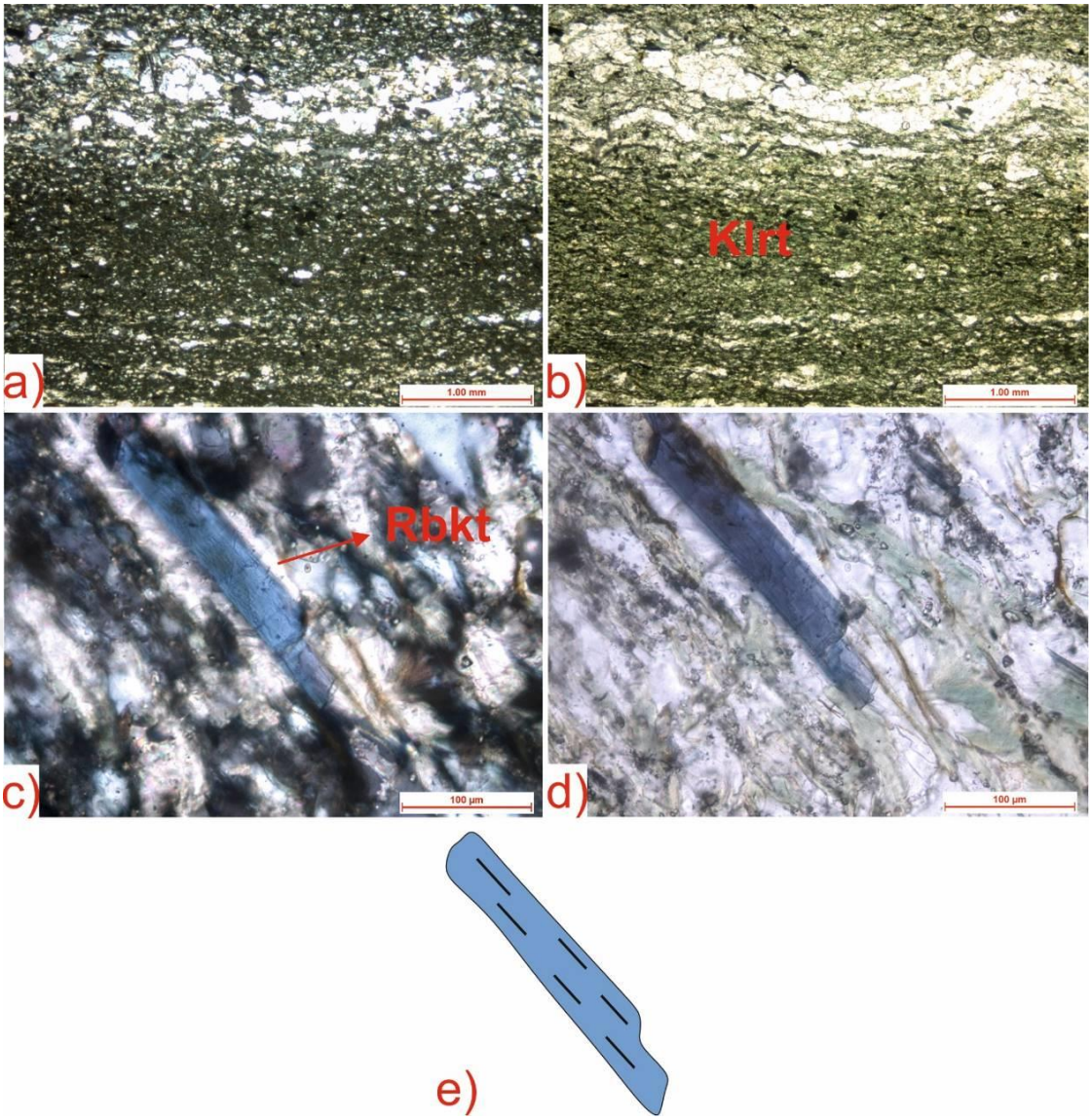
sarmalanmış şekilde yer alan bazik kaya parçası ile kuvarsça zengin metamorfik kaya parçası – çift nikol. **d)** Tek nikol.**e)** Kesit içerisinde aynı zamanda metamorfizmaya uğramış, matriksi aktinolitçe zengin olan metavolkanik kaya parçası da gözlenmektedir– çift nikol. **f)** Tek nikol.



Şekil 4.38: Topçam Formasyonu içerisinde bulunan: Mt:19 numaralı volkanik konglomera çakılı örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Camsı boşluklar içeren ve mikrolitli matriksi kısmen aktinolitlere dönüşmüş volkanik çakılın çift nikol görünümü – çift nikol **b)** Tek nikol. **c)** Volkanik hamur içerisinde aktinolit minerallerin yönelimsiz dağılımı – çift nikol. **d)** Tek nikol.



Şekil 4.39: Topçam Formasyonu içerisinde yer alan, Örnek no: TM-34 numaralı meta-volkanoklastik sedimenter örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Kayaca şistozite ve nematoblastik doku kazandıran mavi ribekit ve aktinolitler arasında deforme olmuş kümeler şeklinde gözlenen kuvars ve kalsitler– çift nikol. **b)** Tek nikolde gözlenen koyu mavimsi girişim rengine sahip ribekit mineralinin görünümü **c)** Şistozite düzlemleri arasında yönelmiş iğnemsi ribekit ve aktinolitler ile sigmoidal yapı kazanmış kalsit. Ribekitin tek nikoldeki mavi rengi, çift nikol girişim rengini maskelemektedir– çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Klorit minerallerinin arasında yer yer mızrak ucu şeklinde sfen mineralleri gözlenmekle beraber fenokristalen halde albitlerde gözlenmektedir – çift nikol. **f)** Tek nikol.



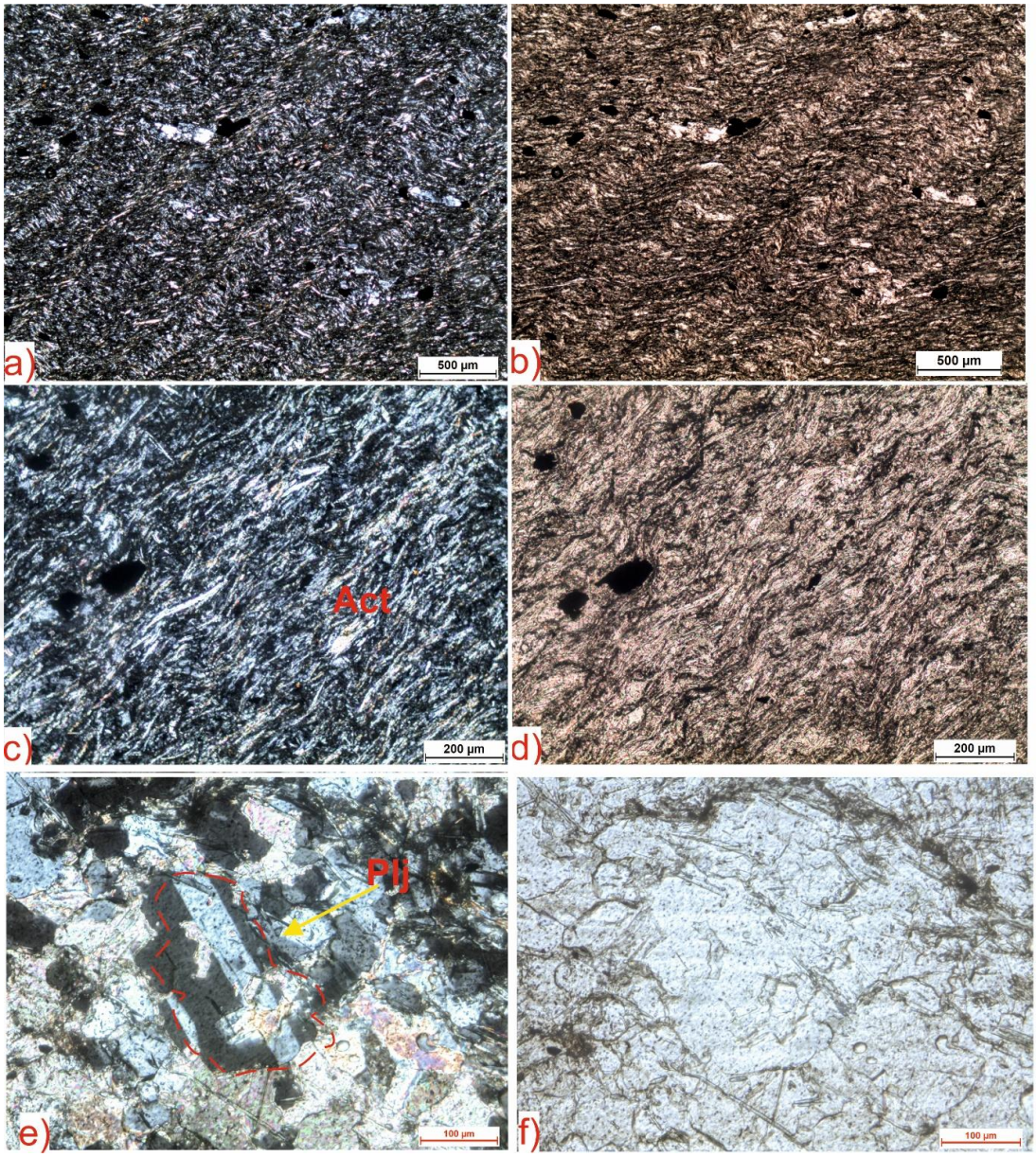
Şekil 4.40: Topçam Formasyon'u içerisinde yer alan, Örnek no: TM-33 numaralı meta-volkanoklastik sedimenter örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Yoğunluk sırasına göre klorit + albit + kuvars + aktinolit + kalsit ve opak minerallerinden oluşan kayacın ince kesit görünümü – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Uzun prizmatik şekilli, koyu mavi bir renk ve kuvvetli pleokroizma gösteren ribekit minerali. 0° ile -3° arasında paralele yakın sönme göstermektedir – çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Kesitte gözlenen ribekit mineralinin bilgisayar çizimi. Ribekit mineralinde yer alan dilinimler görülmektedir.

4.2.2. Yayladalı Metamorfiti'nin Petrografisi

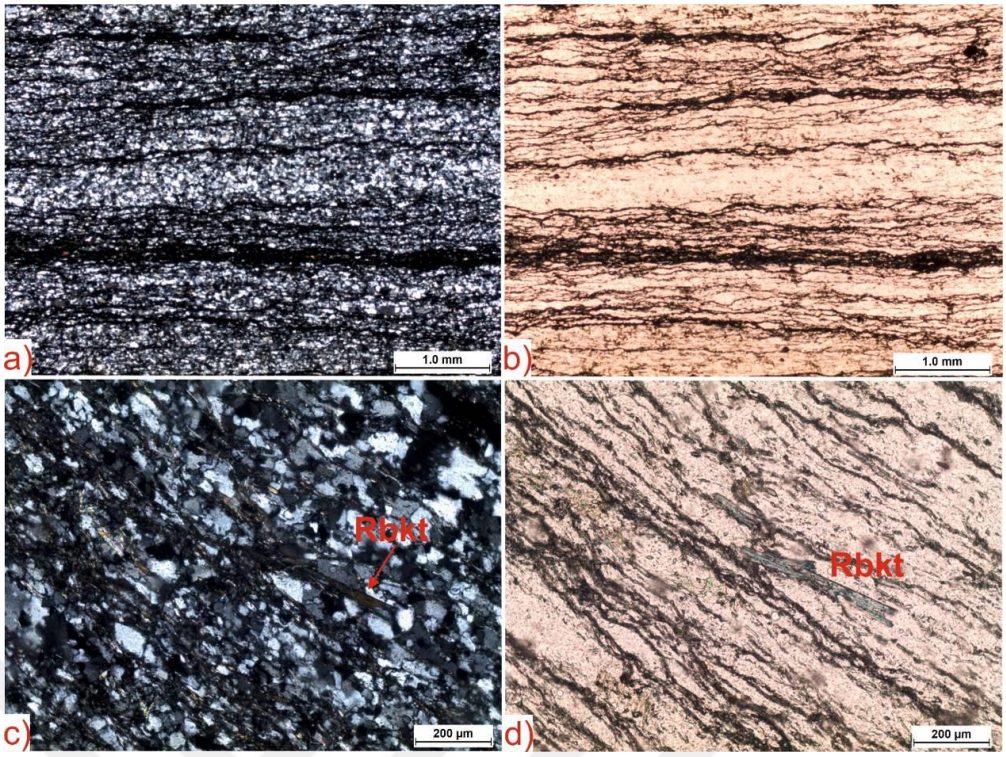
Bu birime ait kayaçlar üst yeşilşist – alt mavişist metamorfizmasına uğramış metabazit ve metapelitik ve kuvarsit (metaçört) kayaçlarından meydana gelmektedir.

4.2.2.1. Metabazit

Metabazik kayaçların mineral topluluğu akt + kuvars + ab + klrt ± klst ± ribekit minerallerinden meydana gelmektedir. Kayaçta metamorfizma sonucu oldukça şistoz bir yapı kazanmıştır. Aktinolit ve kloritlerin yönelimi şistozite düzlemlerini tanımlamaktadır.Bu şistozite düzlemlerinin kıvrımlanması, kayaca S2 krenulasyon klivajı kazandırmaktadır. İnce iğnemsi formda bulunan aktinolitler, çift nikolde I.sıra sarı-gri renkte girişim rengi gösterirler. Tek nikolde ise renksizdirler. Aktinolitlerin birçoğunda, muhtemelen kesilme yönüne bağlı olarak tek yönde dilinim gözlenmektedir. Aktinolitlerin kayaç içerisinde belirli düzlemlerde yönelim göstermesi, kayaca 'nematoblastik doku' kazandırmaktadır. Oldukça ince kristal boyutuna sahip olan kloritler, çift nikollerde I. sıranın oldukça soluk girişim renklerini göstermektedir. Tek nikollerde ise, oldukça soluk yeşil ya da renksizdirler. Kloritlerin belirli düzlemlerde yönelimi, kayaca 'lepidoblastik doku kazandırmaktadır'. Kayaçtaki kuvarslar, rekristalize anhedral mineraller şeklinde gözlenmektedir. Subhedral formda gözlenen, plajiyoklasların pek çoğunda albit ikizlenmesi gözlenmektedir (Şekil 4.41). Metabazitlerde gözlenen ribekit mineralleri ise uzun prizmatik, lifsi-iğnemsi yapılarda yer almakta ve koyu mavi renk tonunda gözlenmektedir (Şekil 4.42).



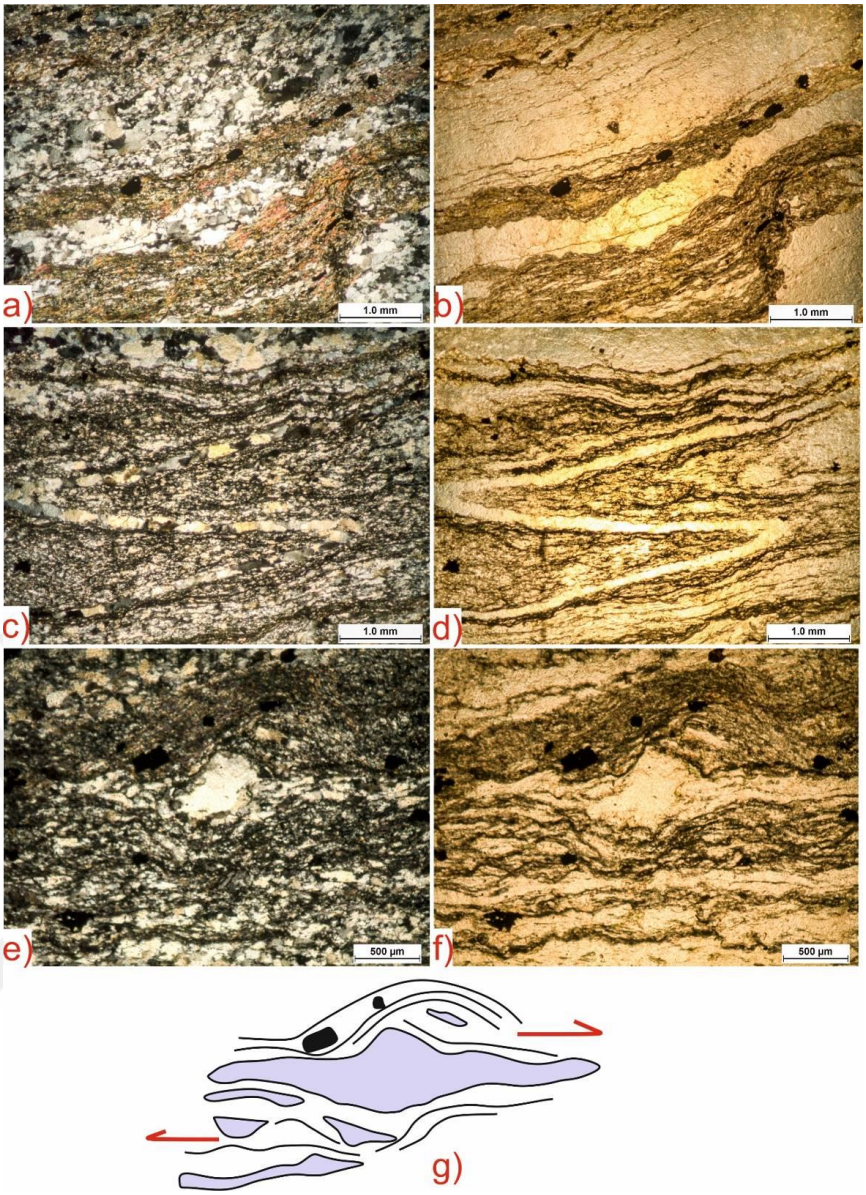
Şekil 4.41: Yayladalı Metamorfiti içerisinde yer alan, MT:92 numaralı metabazit örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** kesit içerisindeki minerallerde buruşma klivajı eksenlerinin varlığı gözlenmektedir – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Kesit içerisinde gözlenen aktinolit minerallerinin yönelimli (Nematoblastik) bir doku göstermesi – çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Yarı öz şekilli halde yer alan ve ikizlenme gösteren albit minerali – çift nikol. **f)** Tek nikol.



Şekil 4.42: Yayladalı Metamorfiti içerisinde yer alan, MT:94 numaralı metabazit örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Kayaç içerisinde yer alan ve yaklaşık aynı tane büyüklüğüne sahip kuvars+albit+aktinolit+ opak minerallerinin lepidoblastik bir doku sergilediği gözlenmektedir – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Kuvars ve albit mineralleri arasında yer alan amfibol grubu ribekit minerali – çift nikol. **d)** Tek nikol.

4.2.2.2. Kuvarsit (Metaçört)

Meta-kırıntılı istif baskın mineralojiye göre meta-pelitler ve kuvarsitlerden oluşmaktadır. Beyaz mika, kuvars ve albitten oluşan meta-pelitler, kuvars miktarının artmasıyla kuvarsitlere ya da mikalı kuvarsitlere geçiş gösterirler. Her iki litolojide de beyaz mikalar oldukça ince kristalli olup, muhtemelen muskovit ve serizit türündedirler. Mikro ökçekte yapılan incelemeler, gerek mikalı lepidoblastik kesimlerin gerekse kuvarslı düzlemlerin yaygın olarak kıvrımlandığı gözlenmektedir. Örneğin, Şekil 4.43 c-d'de S-tipinde asimetrik kıvrımlanan kuvarslı düzey görülmektedir. Kuvars mineralleri, dinamik rekristazasyon sonucu süturlu yapı kazanmışlardır. Milonitleşmeden etkilenen kesimlerde, bazı kuvars porfiroklastlarının sigmoidal yapı kazandıkları görülmektedir.



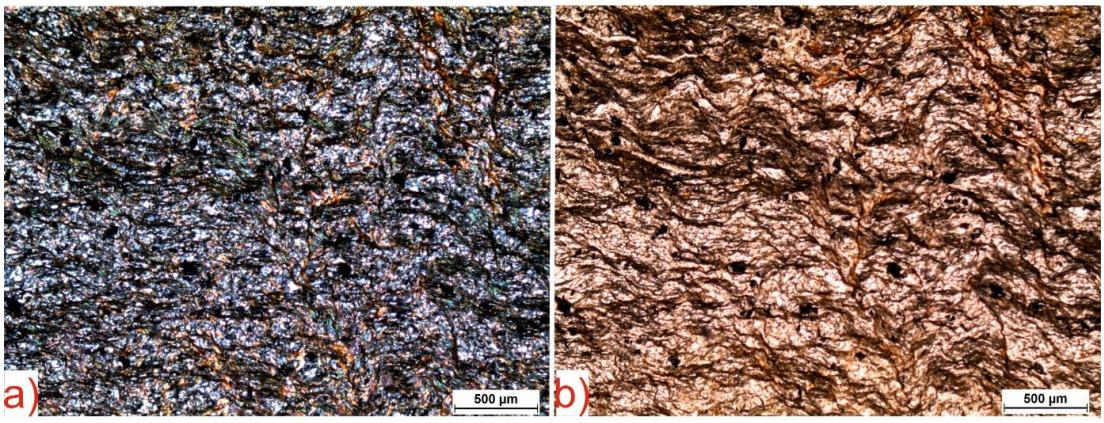
Şekil 4.43: Yayladalı Metamorfiti içerisinde yer alan, TM:13 numaralı kuvarsit örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Mikalı kuvarsit biriminde, klivaj düzlemlerini oluşturan ince kristalli beyaz mikalar ve arasındaki rekristalize kuvars baskın düzeylerin ardalanımı– çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Mikalı kuvarsitlerin, mikro düzeyde iki klivaj düzlemi arasında, asimetrik olarak kıvrımlanmış rekristalize kuvarslar– çift nikol. **d)** Tek nikol. **e)** Milonitik doku kazanmış kesimlerde, sigmoidal yapıya sahip kuvars porfiroklastı– çift nikol. **f)** Tek nikol. **g)** Son kesitteki kuvars mineralinin bilgisayarda çizilmiş hali. Ō yapısına sahip kuvars porfiroklastı sağ yönlü bir makaslama etkisi altında olduğu görülmektedir.

4.2.3. Tekneli Metamorfiti'nin Petrografisi

Tekneli Metamorfiti, metapelitik, metapsamit ardalanmasından oluşan çökel bir istif olup, içerisinde, meta-çört bloğu ve bu birimleri kesen dayklardan meydana gelmektedir. Yapılan arazi çalışmalarında bu birimlerin düşük dereceli metamorfizmaya uğradığını göstermekle beraber petrografik çalışmalarda bu düşünceyi desteklemektedir.

4.2.3.1. Metapelit

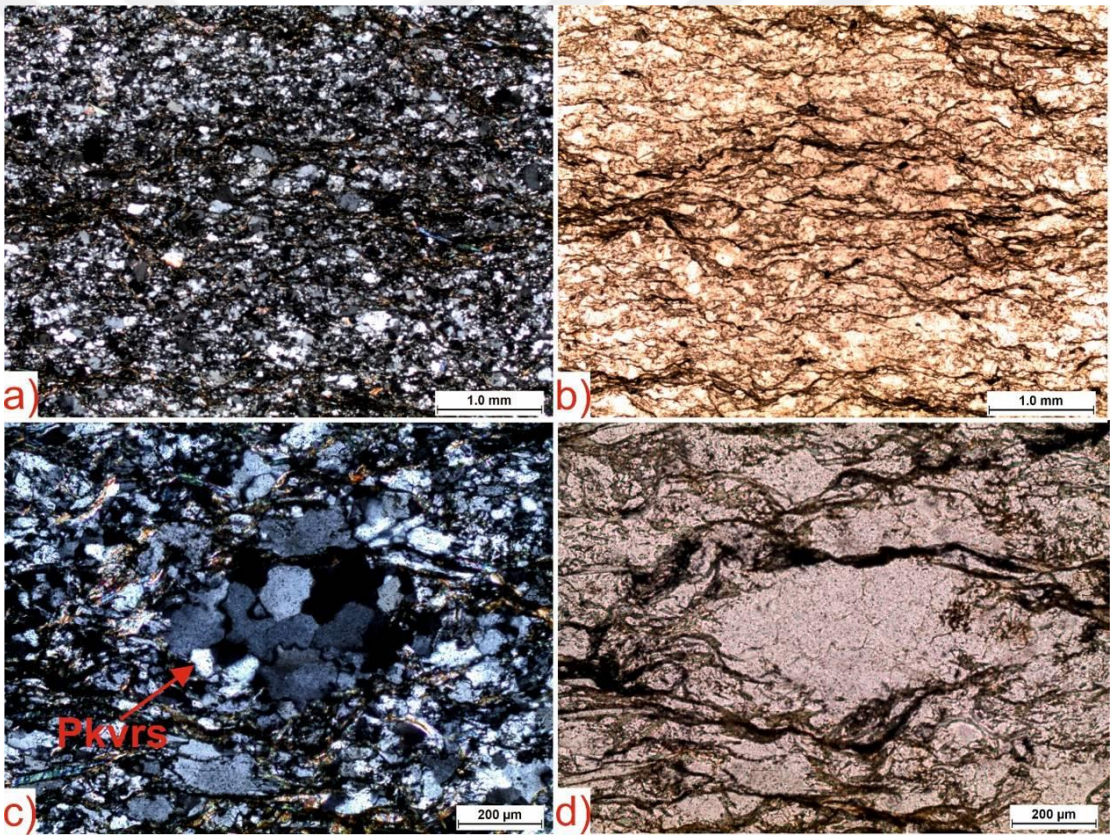
Metapelitik kayaçların mineralojisi beyaz mika+klorit+kuvars+biyotitlerden oluşmaktadır. Kayaç oldukça ince kristallidir. Beyaz mikalar oldukça yüksek girişim rengine sahip olup, klorit ve daha az miktardaki biyotitler ile birlikte dar aralıklı düzlemler boyunca yönlenerek kayaca klivaj düzlemleri kazandırmışlardır. Dolayısıyla, meta-pelitik kayaçların 'fillat' formu kazandıkları söylenebilir. I.sıra girişim renklerine sahip olan kloritler, tek nikollerde oldukça soluk yeşil renktedir. Kloritler, beyaz mikaların arasında ya da iç içe geçmiş şekildedir. Tek nikollerde kahverengi pleokroizmaya sahip olan biyotitlerin esas rengi, girişim rengini maskelemiştir. Muskovit, klorit ve biyotitlerin oluşturduğu klivaj düzlemlerinin kıvrımlanası, S1 düzlemlerini kesen S2 krenulasyon klivaj düzlemlerini oluşturmuştur. (Şekil 4.44).



Şekil 4.44: Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, Örnek no: MT-91 numaralı fillat örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Blastopelitik doku gösteren fillatların klastik görünümünü halen koruduğu, yoğunluk bakımından sırasıyla mika (muskovit, serizit), kuvars, plajioklaz ve opak mineraller gözlenmektedir – çift nikol. **b)** Tek nikol.

4.2.3.2 Metakumtaşı

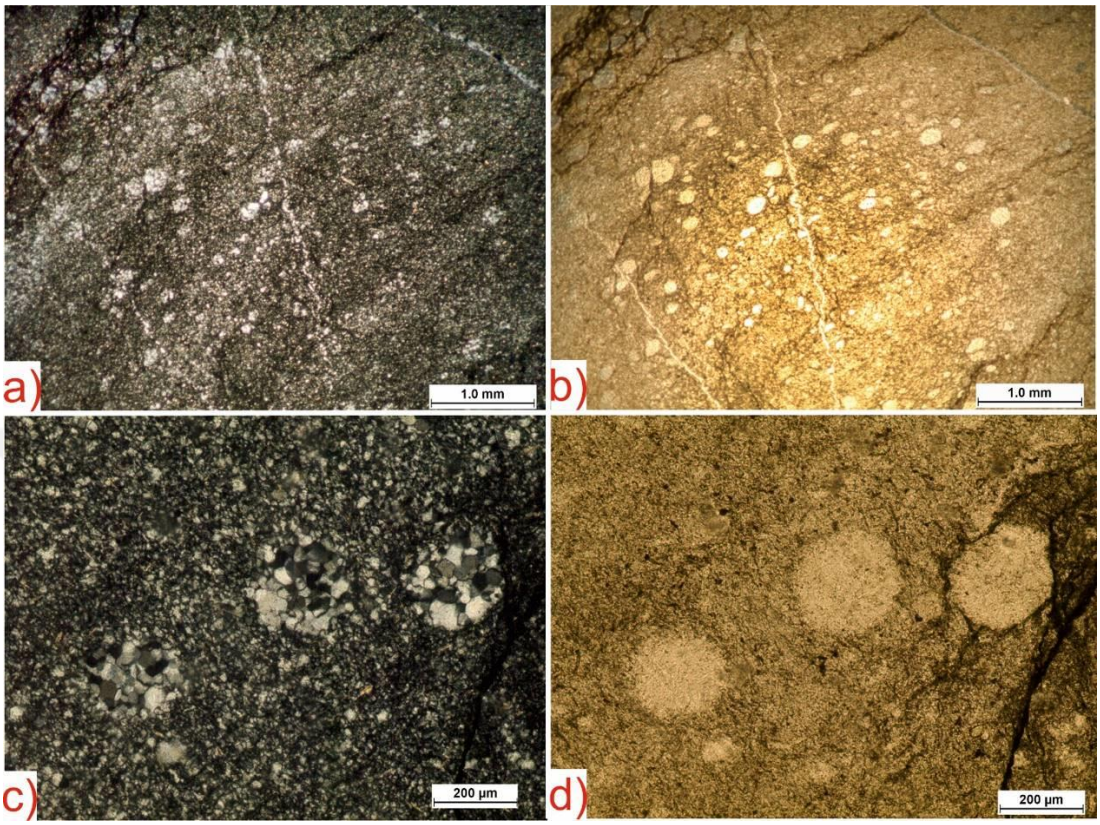
Metakumtaşlarının bileşenleri, çoğunluğu kuvars ve daha az miktarda feldispattan oluşan mineral parçaları ve polikristalen kuvarslardan oluşan kaya parçalarından oluşmaktadır. Polikristalen kuvars parçalarındaki, kuvars minerallerinin sınırları deformasyon etkisiyle tane sınır göçüne uğramış olup, süturlanmışlardır. Dolayısıyla polikristalen kuvarsların metamorfik kaya parçalarından taşındığı düşünülmektedir. Meta-kumtaşlarındaki orjinal matriks, oldukça ince kristalli beyaz mika ve kloritlere dönüşmüştür. (4.45). Tekneli Metamorfiti içerisindeki metakumtaşlarından yapılan nokta sayımlarına göre yüksek oranda kuvars ve az oranda feldspat miktarı tespit edilmiş ve birimler kumtaşı sınıflamasında litarenit ve sublitarenit kısmında yer almaktadır (Şekil 4.60)



Şekil 4.45: Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, MT-90 numaralı meta-kumtaşı örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Genellikle Blastopsamitik doku ve yönlenme gösteren meta-kumtaşı başlıca, kötü boylanmalı mono ve polikristalli kuvars taneleri, kayaç parçaları ve az oranda feldspat minerallerinden meydana geldiği gözlenmektedir – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Taneler arası girift sınır ilişkisi gözlenen polikristalli kuvars – çift nikol. **d)** Tek nikol.

4.2.3.3. Metaçört

Meta-çörtlerde ince taneli kuvars minerallerinden oluşmakta ve kuvars mineralleri çatlaklar boyunca yeniden kristalleşme göstermektedir (4.46).

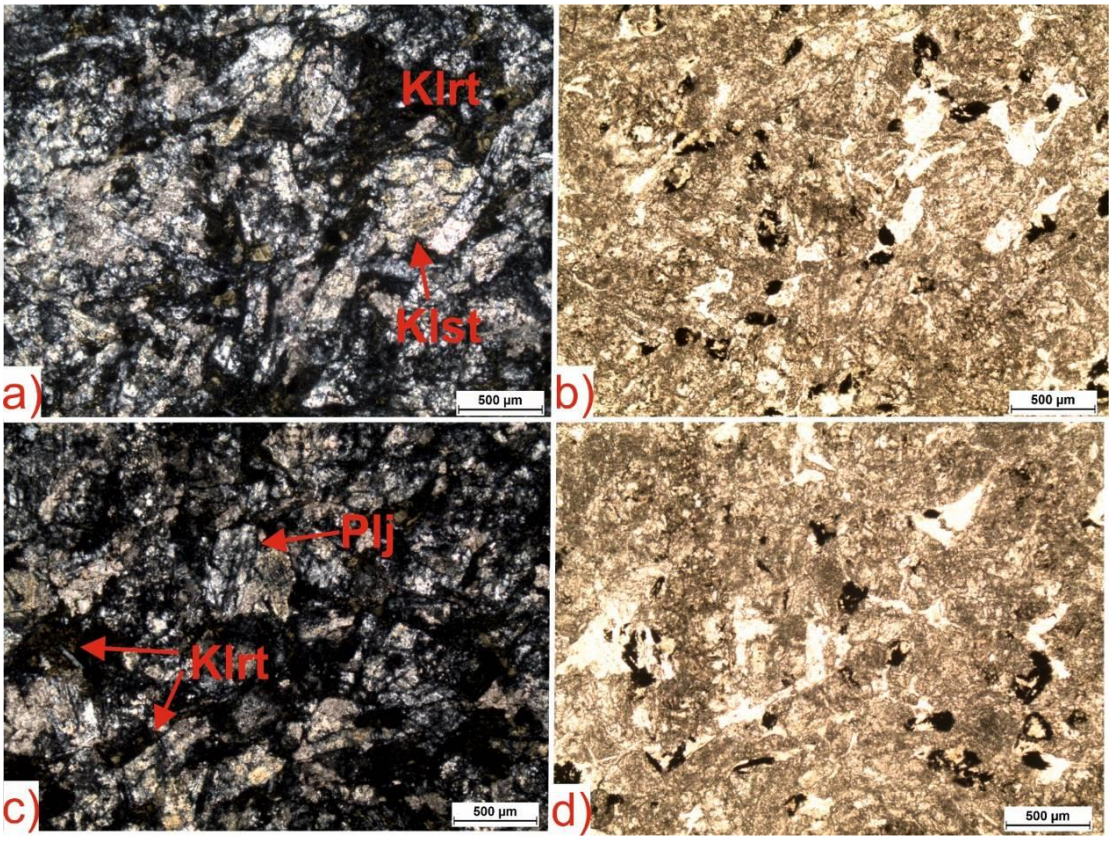


Şekil 4.46: Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, MT-12 numaralı meta-çört örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** İnce taneli kuvars minerallerinden ve içini yeniden kristalleşen kuvars minerallerin doldurduğu çatlaklardan oluşan metaçört örneğinin uzaktan görünümü – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Yuvarlak, oval görünümlü radyolarya kalıntılarının içi kuvars mineralleri ile yeniden kristalleşmiş olup, yer yer karbonlu madde (siyah) içeren silis çimentosu ile bağlantılı olduğu görülmektedir – çift nikol. **d)** Tek nikol.

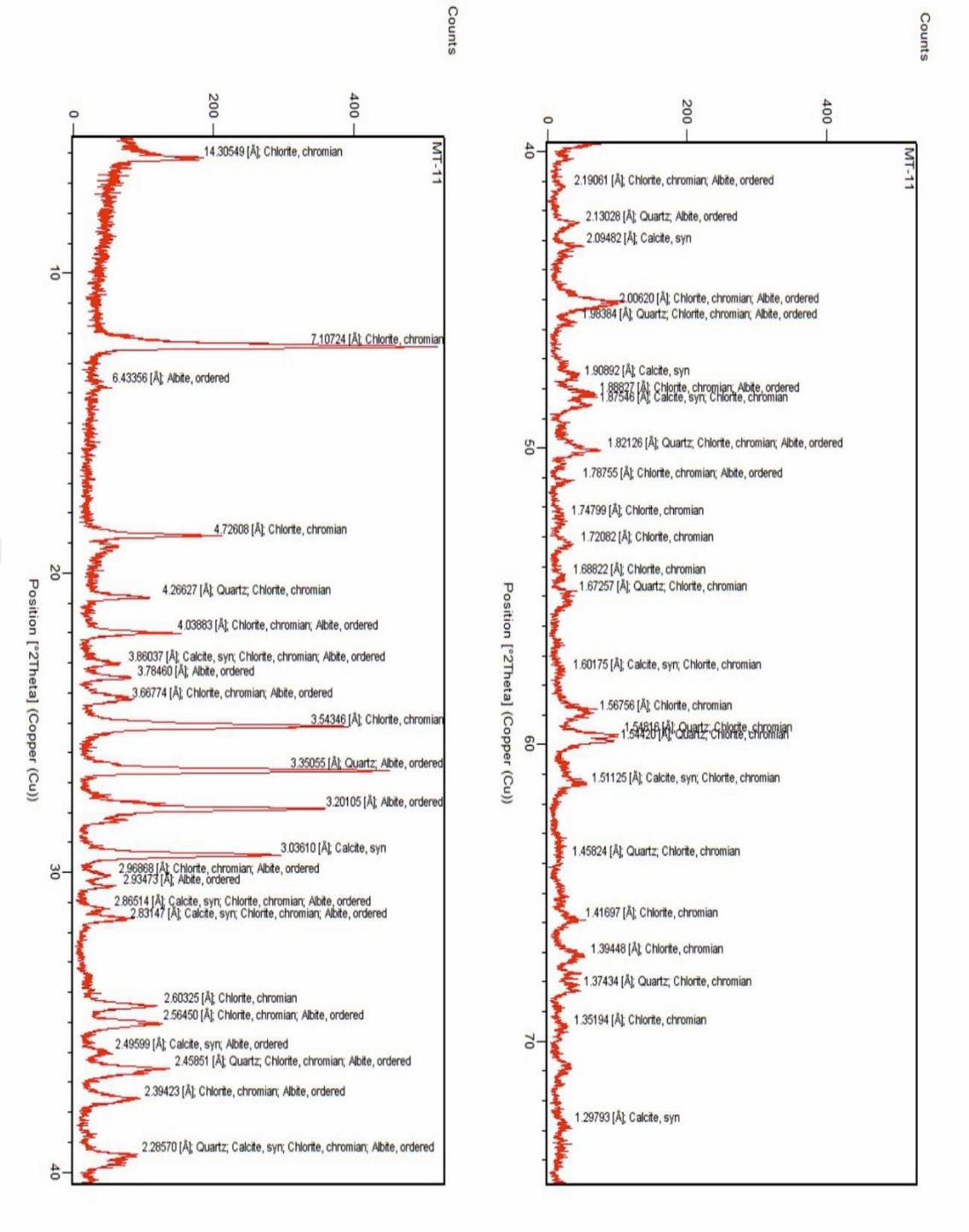
4.2.3.4. Dayk

Son olarak tüm birimi kesen bazik dayklar yer almaktadır. Bu daykların mineral topluluğu plajioklaz + klorit + opak mineraller ± kalsit ± kuvars minerallerinden oluşmaktadır. Kloritlerin bileşimindeki Fe miktarı attıkça yeşil ton renginin daha koyulaştığı, kahverengi-yeşil tonlarında gözlenmektedir. Çoğunlukla pulsu, yapraksı ve agregatlar halinde bulunmaktadırlar. Tüm kesitlerde kloritler paralel sönme göstermektedir. Plajioklazlar ise öz şekilli, iri kristalli ve büyük çoğunluğu paralel ince

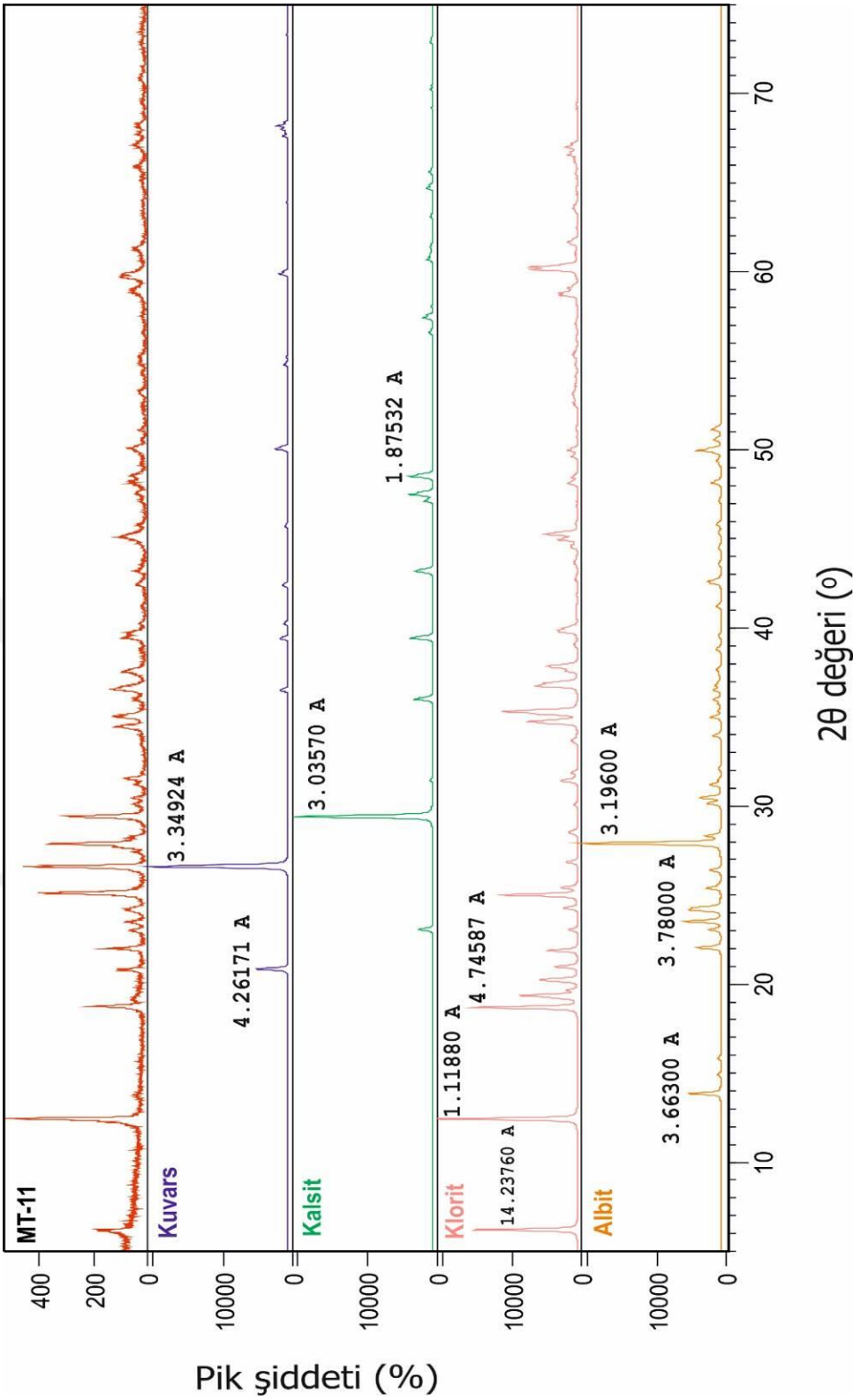
lameller şeklinde albit ikizlenmesi göstermektedir. Eğik sönme gösteren albitler, kesitin nikollerinin titreşim düzlemleri ile sağ veya sola 45° konuma getirilmesi ile aydınlanma/ ikizlenme gözlenebilmektedir. Son olarak kalsitler ise ince kesitlerde çatlak ve dolguların boşluklarını doldurmuş yapılar halinde bulunan kalsit mineralleri, birbirini iki yönde kesen iki dilinim izi şeklinde yer gözlenmektedir (4.47). Petrografik incelemeler sonucunda dayklarda yüksek oranda kalsitleşme görülmüş ve bunun sonucunda XRD çalışması yapılmıştır (4.48, 4.49)



Şekil 4.47: Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, Örnek no: MT-11 numaralı dayk örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Kesit içerisinde bulunan mineraller yüksek oranda alterasyona uğradığı ve kalsit mineralleri ile klorit minerallerinin çoğunlukta olduğu gözlenmektedir – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Kısmen seçilebilen yarı öz şekilli plajioklaz minerali ile koyu yeşil tonlardaki klorit minerallerinin görünümü – çift nikol. **d)** Tek nikol.



Şekil 4.48: MT-11 numaralı dayk örneğinin X-Işını Diffraksiyonu (XRD) verileri.



Şekil 4.49: MT-11 no'lu dayk örneğinin X-Işını Diffraksiyonu (XRD) kaydında ayrı ayrı mineral spektrumları.

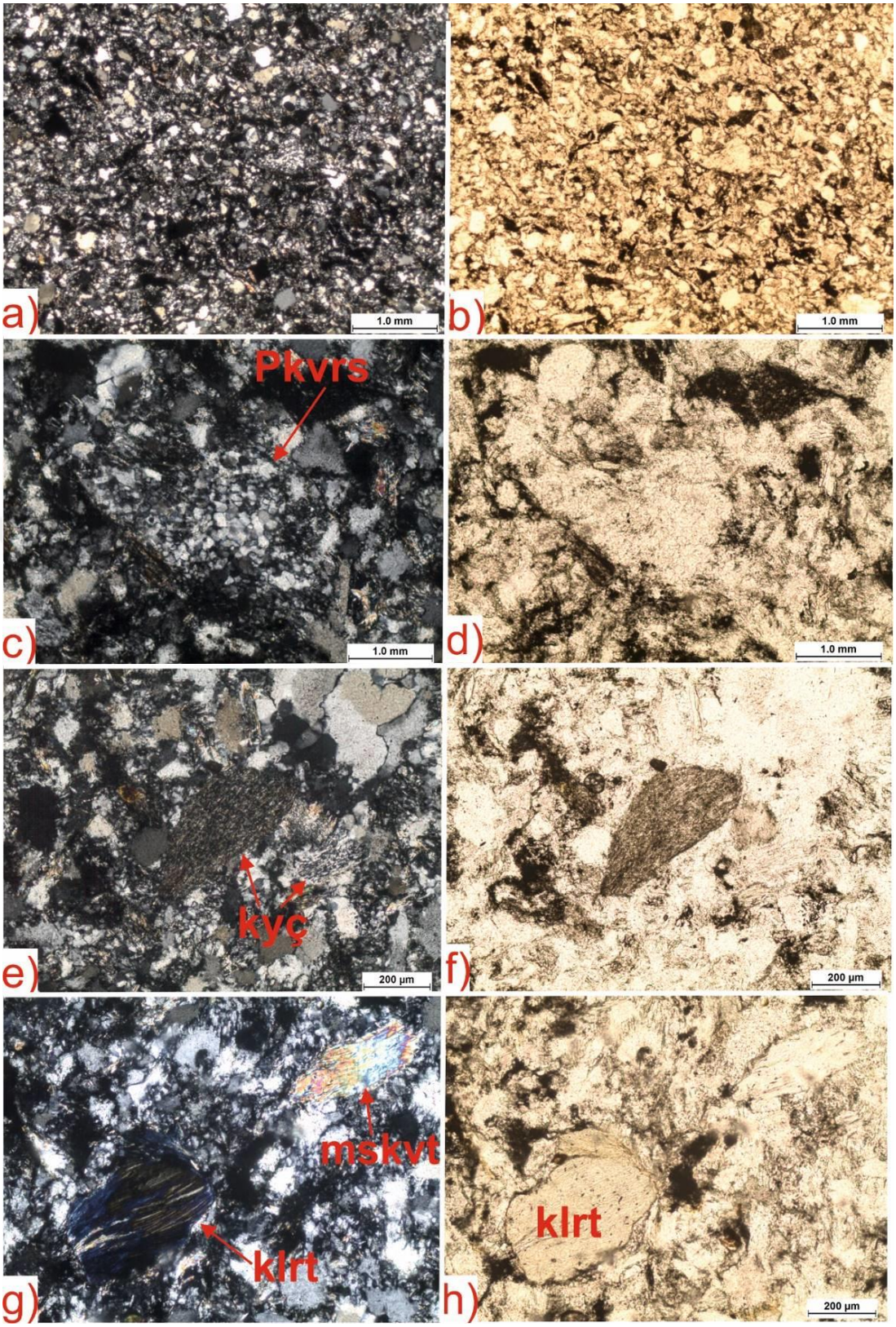
4.2.4. Eskiköy Formasyonu’nun Petrografisi

Eskiköy Formasyonu, metapelit, metapsamit, meta-karbonat bloklar ve bu birimleri kesen dayklardan oluşmaktadır. Yapılan petrografik çalışmalarda bu birimlerin düşük dereceli metamorfizmaya uğradığı göstermektedir.

4.2.4.1. Metapsamit

Eskiköy Formasyonu'na ait metapsamit birimi, çeşitli mineral ve kayaç parçalarından oluşmaktadır. Mineral parçaları başlıca monokrtistalen kuvarslar ile muskovit ve klorit türü mikalardan oluşmaktadır. Bu kloritler anormal mavi veya soluk yeşil girişim rengi göstermekte olup, tek nikollerde yeşil renklidir. Detrital mika mineralleri yaklaşık 200-300 mikron boyutunda olup, yapraksı/pulsu formları oldukça belirgindir. Kayaç parçaları ise başlıca metamorfik kaya parçası litolojilerinden oluşmaktadır.

Metamorfik kaya parçaları ise; 1-) çok ince kristalli mika ve kuvars minerallerinden 2) tane sınırları deformasyon etkisiyle süturlanmış polikristalen kuvarslardan oluşmaktadır. Detrital metamorfik parçalarda, belirli düzlemlerde yönelim göstermiş ince kristalli mikaların klivaj düzlemleri oluşturduğu gözlenmektedir. Metamorfik parçaların kristal boyutları, foliasyon türü ve mineralojisi göz önüne alındığında, bunların yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş sleyt ya da fillat türü bir kaynak alandan taşındığı düşünülmektedir (Şekjl 4.50). Eskiköy Formasyonu içerisindeki metapsamitlerden yapılan nokta sayımlarına göre yüksek oranda kuvars ve az oranda feldspat miktarı tespit edilmiş ve kumtaşı sınıflamasında litarenit kısmında yer almaktadır (Şekil 4.60)

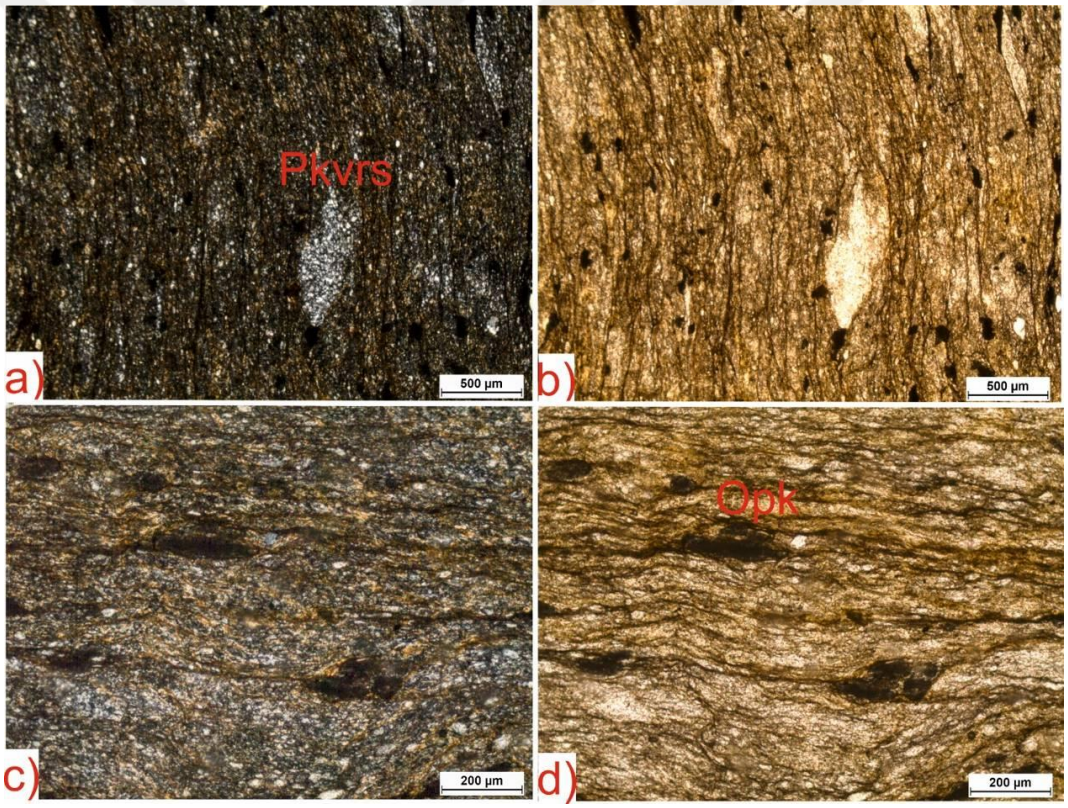


Şekil 4.50: Eskiköy Formasyonu içerisinde bulunan, MT: 22 numaralı metapsamit örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Bileşenleri orta-kötü yuvarlanmış, orta-iyi boylanmaya sahip meta-kumtaşının genel görünümü. – çift nikol. **b)** Tek nikol **c)** Yaklaşık eş boyutlu tanelerden oluşan polikristalli kuvars – çift nikol. **d)** Tek nikol.

e) Metapsamit içerisinde yer almakta olan muhtemelen bazik kökenli volkanik kaya parçası – çift nikol **f)** Tek nikol. **g)** Fillosilikatlardan mika (muskovit) ve klorit (pennin) – çift nikol. **h)** Tek nikol.

4.2.4.2. Metapelit

Meta-pelitik kayaçlar oldukça küçük kristalli mika mineralleri ve kuvarslardan oluşmaktadır. Kayaca klivaj düzlemleri kazandırmış olan bu mika mineralleri seriziti, klorit ve daha az oranda biyotitlerden oluşmaktadır. Bu çok ince klivaj düzlemleri arasında, rekristalize kuvars düzeyleri bulunmaktadır. Kayacın milonitleşmeden etkilendiği kesimlerde, ritmik kuvarslı düzeyler sigmoidal porfiroklastlara dönüştüğü gözlenmektedir (4.51).

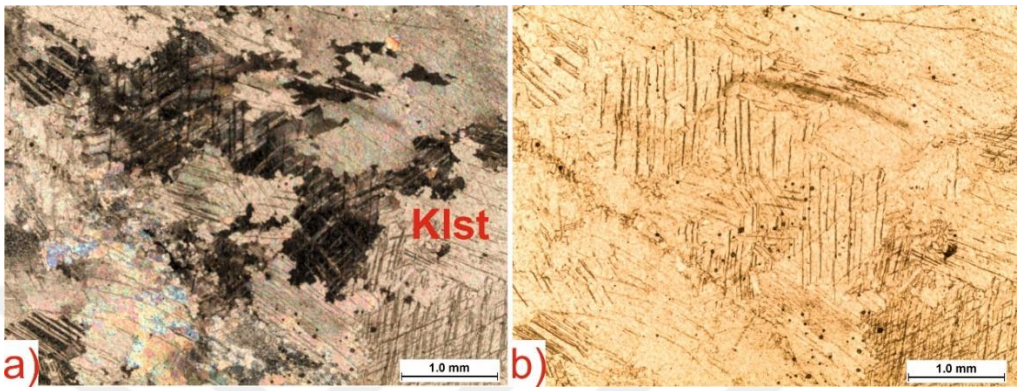


Şekil 4.51: Eskiköy Formasyonu içerisinde bulunan, MT: 14 numaralı fillat örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** Milonitik doku gösteren fillatın içerisinde yoğunlukla gözlenen mika + kuvars + opak mineralleri + klorit mineralleri ile polikristalen halde bulunan, merceksi – ‘’fish’’ yapısı kazanmış, sol yönlü kuvars

minerali – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Milonitik doku içerisinde yönlenme gösteren opak mineraller – çift nikol. d) Tek nikol.

4.2.4.3. Metakarbonat

Metakarbonatlar içerisinde yer alan kalsit mineralleri ince kesitlerde renksiz iri kristaller halinde gözlenmektedir (Şekil 4.52).



Şekil 4.52: Eskiköy Formasyonu içerisinde bulunan, MT: 28 numaralı meta-karbonat örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri **a)** Öz şekilsiz iki yönden iyi dilinimli kalsit mineralleri – çift nikol. b) Tek nikol.

4.2.4.4. Dayk

Eskiköy Formasyonu içerisinde tüm birimi kesen diyabaz daykları yer almaktadır. Bu daykların mineral topluluğu plajioklaz + klorit + opak mineraller ± kalsit ± kuvars minerallerinden oluşmaktadır (4.53). Daha detaylı bilgi almak ve kesitlerde tanımlanamayan mineral fazlarını tespit etmek için de XRD analizine ihtiyaç duyulmuş ve gerçekleştirilmiştir (4.54, 4.55). Diyabaz dayklarda yer alan klorit + kuvars ve kalsit minerallerinin okyanus ortasında gerçekleşen hidrotermal metamorfizması sonucu meydana gelmektedir. Böylesi bazaltik kayaçlarda bazaltik doku korunabildiği gibi yeni minerallerde meydana gelebilmektedir.

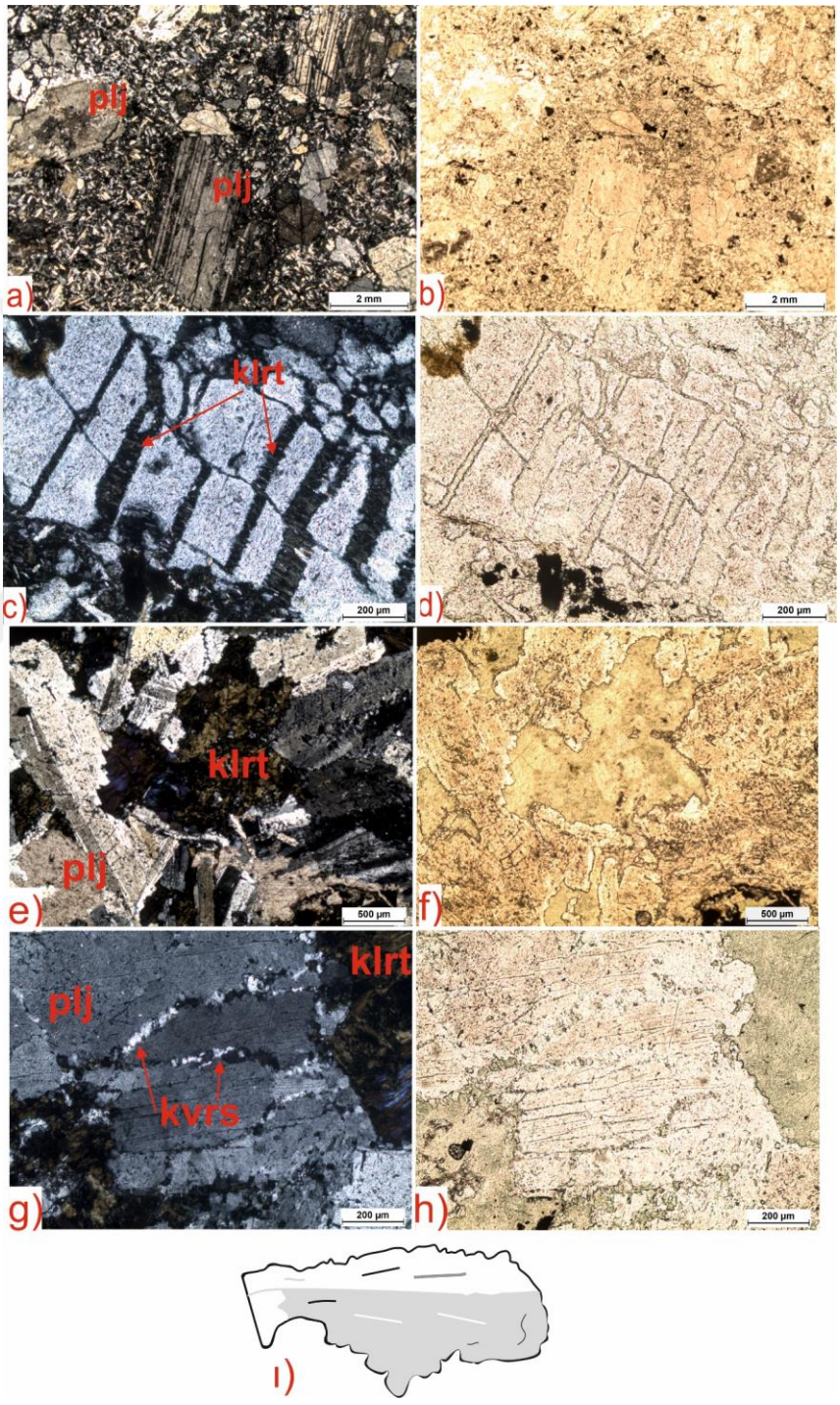
Plajioklaz: Öz şekilli, iri kristalli olan plajioklazlar büyük çoğunluğu paralel ince lameller şeklinde albit ikizlenmesi göstermektedir. Eğik sönme gösteren albit mineralleri, kesitin nikollerinin düzlemleri sağ veya sola 45°lik konumlara getirilmesi ile aydınlanma/ ikizlenme gözlenebilmektedir.

Klorit: Klorit mineralleri değişik koyulukta yeşil renk tonları göstermektedir. Özellikle yarı derinlik kayaçlarında bulunan kloritlerin bileşimindeki Fe miktarı

attıkça yeşil ton renginin daha koyulaştığı, kahverengi-yeşil tonlarda gözlenmektedir. Kloritler paralel sönme göstermektedir.

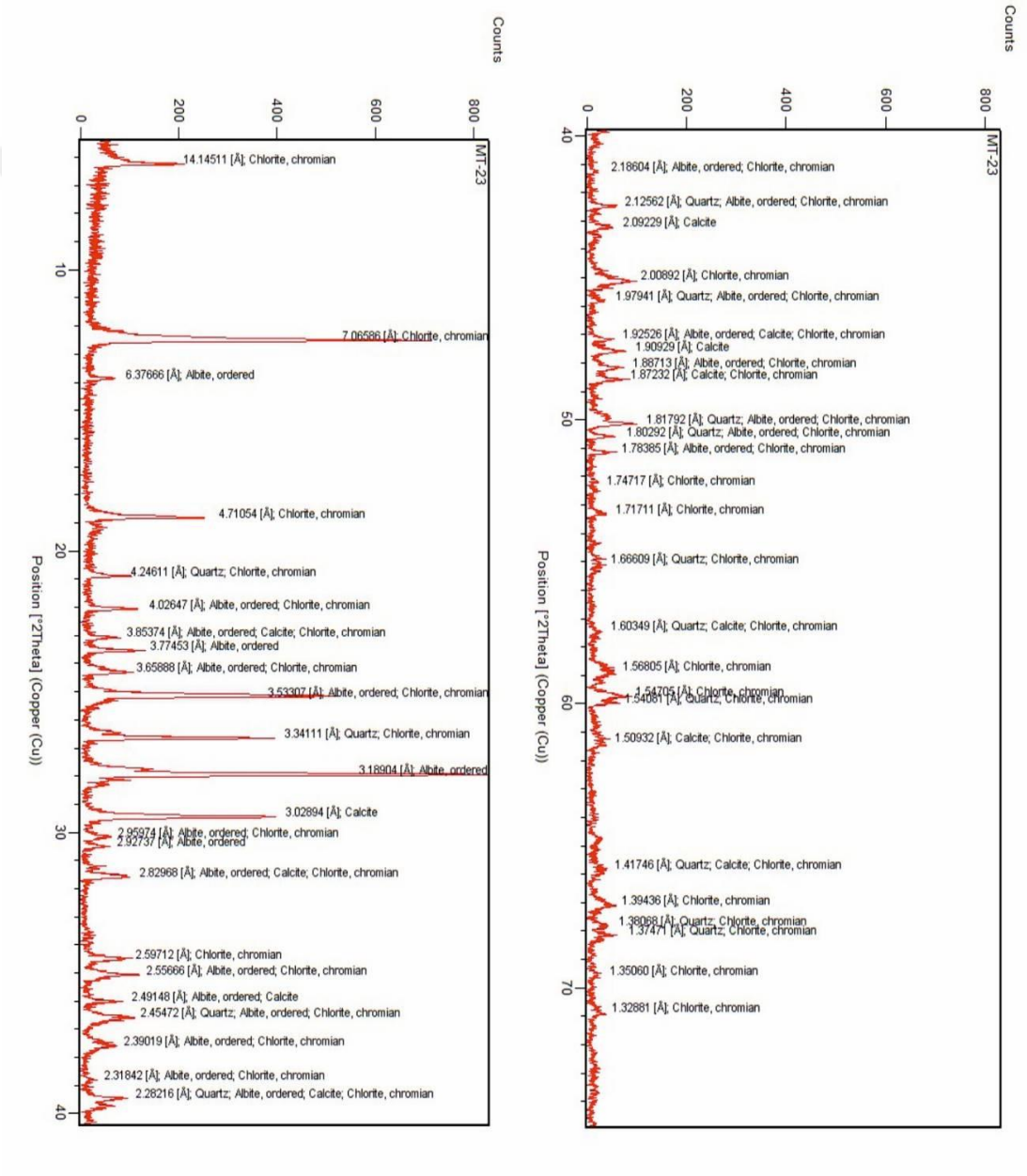
Kuvars: İnce kesitte renksiz görünümlere sahip olan kuvars mineralleri, ikincil oluşumlarda daima düzensiz agregatlar halinde yer almaktadır.

Opak mineraller: Metalik ve yarı metalik parlaklığa sahip olan mineraller kesitlerde ışığı absorbe ettiklerinden karanlık opak durumlarda gözlenmektedirler.

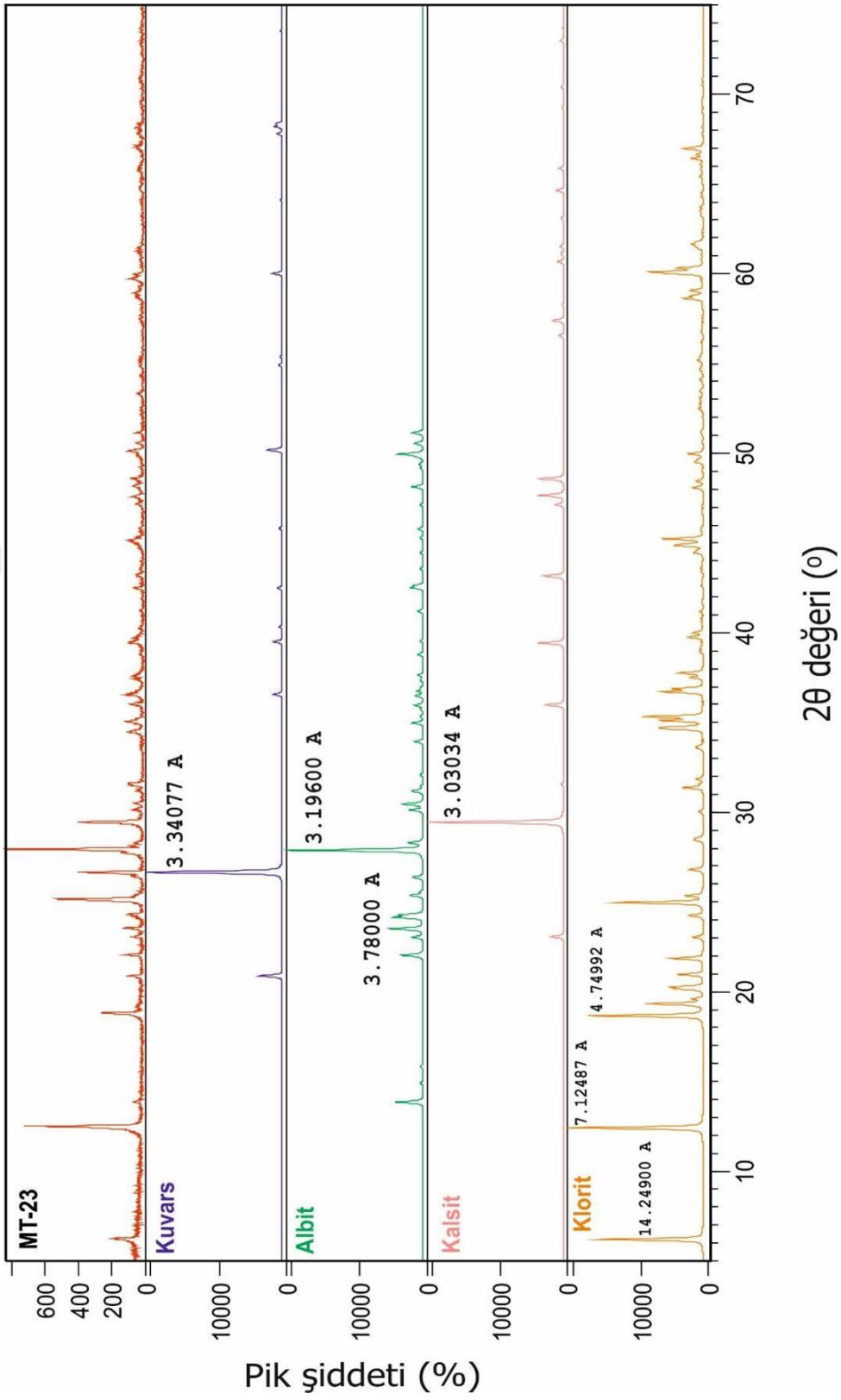


Şekil 4.53: Eskiköy Formasyonu içerisinde bulunan, MT:41 ve MT-23 numaralı diyabaz dayk örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** MT-41 numaralı

Porfiri doku gösteren ve hamuru plajioklaz minerallerinden oluşan, albit ikizlenmesine sahip plajioklazların dağılımı – çift nikol **b)** Tek nikol **c)** Plajioklaz kristallerinin çatlaklarını dolduran klorit mineralleri ve klorit minerallerinde gözlenen mikro fay – çift nikol **d)** Tek nikol. **e)** MT-23 numaralı örnekte Ofitik doku içerisinde Öbekler halinde yer alan klorit minerallerinin, ikizlenme gösteren plajioklaz kristalleri ile olan ilişkisi – çift nikol. **f)** Tek nikol **g)** Etrafı kloritler ile çevrili olan plajioklaz kristalinin çatlaklarının içini doldurmuş kuvars mineralleri – çift nikol. **h)** Tek nikol. **ı)** Kesitlerde gözlenen testere şeklinde, körfezlenme yapısına sahip plajioklaz kristali.



Şekil 4.54: MT-23 numaralı diyabaz örneğiniz X-Işını Diffraksiyonu (XRD) verileri.



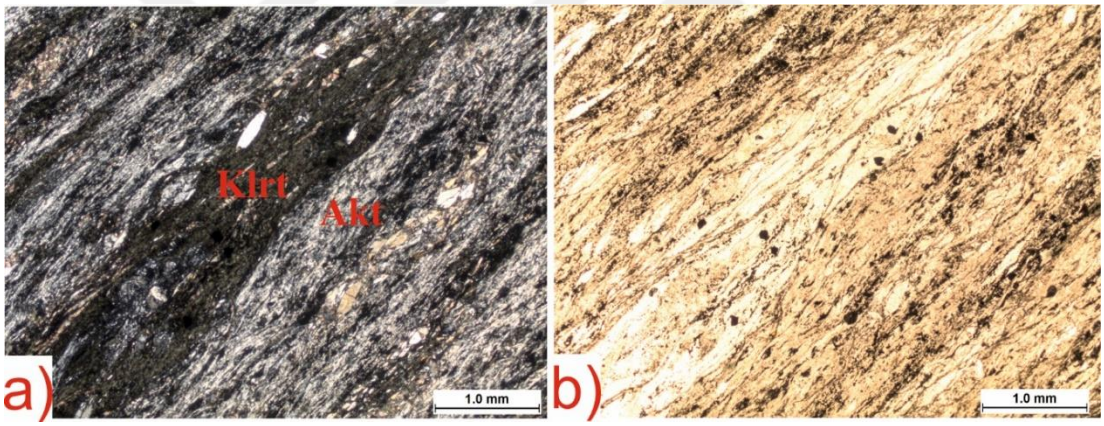
Şekil 4.55: MT-23 no'lu diyabaz örneğinin X-Işını Diffraksiyonu (XRD) kaydında ayrı ayrı mineral spektrumları.

4.2.5. Turhal Metaofiyoliti'nin Petrografisi

Bu çalışma sırasında Turhal Metaofiyoliti'ne ait sınırlı sayıda litolojinin ince kesiti yaptırılmış ve bu litolojilerin petrografik özellikleri çalışılmıştır.

4.2.5.1. Metabazit

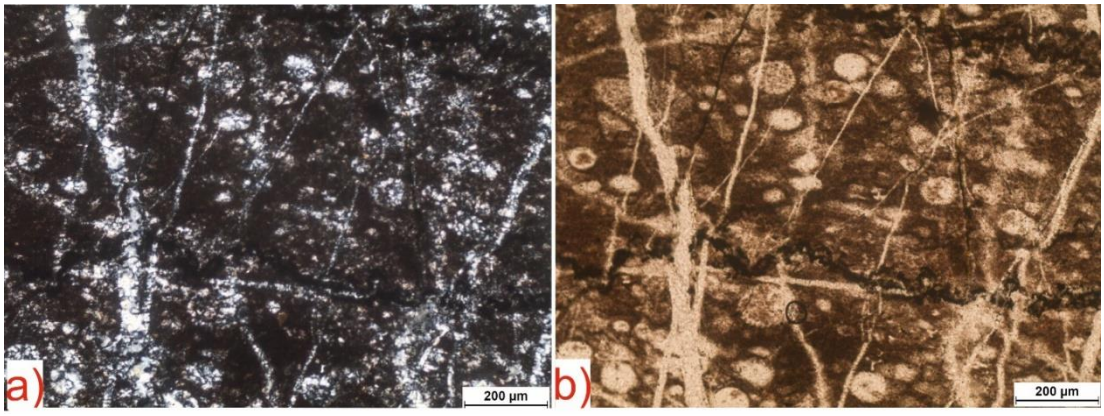
Turhal Metaofiyoliti'ne ait volkanojenik metabazitler klorit-aktinolit-epidot-plajiyoklas minerallerinden oluşmaktadır. Klorit ve aktinolitlerin belirli düzlemlerde dizilmesi, kayaca mükemmel bir şistozite kazandırmıştır. Klorit türü mikalar ve iğnemsi aktinolitlerin belirli düzlemlerde dizilmesi kayaca sırasıyla lepidoblastik ve nematoblastik doku kazandırmaktadır. Kloritler, çift nikollerde I.sıranın soluk gri yeşil girişim rengini göstermektedir. Tek nikollerde, çok açık yeşil renklidir. Aktinolitler I.sıranın soluk sarı girişim rengine sahiptir (Şekil 4.56). Bu birimler tipik olarak ve mafik bileşimli kayaçların yeşilşist fasiyesine ait mineral topluluklarını içermektedir.



Şekil 4.56: Turhal Metaofiyoliti içerisinde bulunan, TM:2 numaralı metabazit örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri. **a)** İğnemsi ve yapraksı forma sahip aktinolit mineralleri ile koyu yeşil tonlara sahip klorit minerali yönlü doku göstermektedir-çift nikol. **b)** Tek nikol

4.2.5.2. Çört

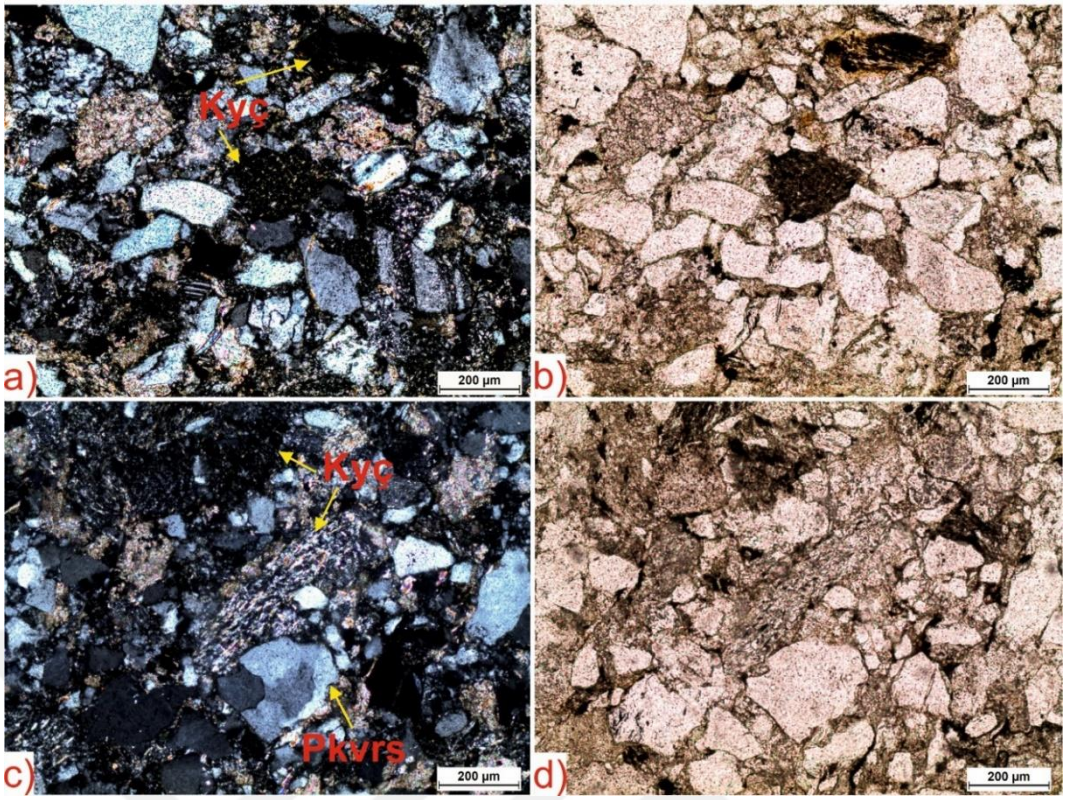
Radyolaryalı çörtler ince taneli kuvars mineralinden oluşmakta, çatlaklar boyunca damar şeklinde tekrar kristalleşmiş kuvars mineralleri gözlenmektedir. Çok küçük taneli olan kuvars minerallerinin mineralojik bileşimini belirlemek güçtür (Şekil 4.57).



Şekil 4.57: Turhal Metaofiyoliti içerisinde bulunan, TM:1 numaralı radyolaryalı çört örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri **a)** Kayaç tipik merceksi – yuvarlak radyolarya fosilleri ve kalsedon çatlakları içermektedir – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)**– çift nikol.

4.2.5.2. Kumtaşı

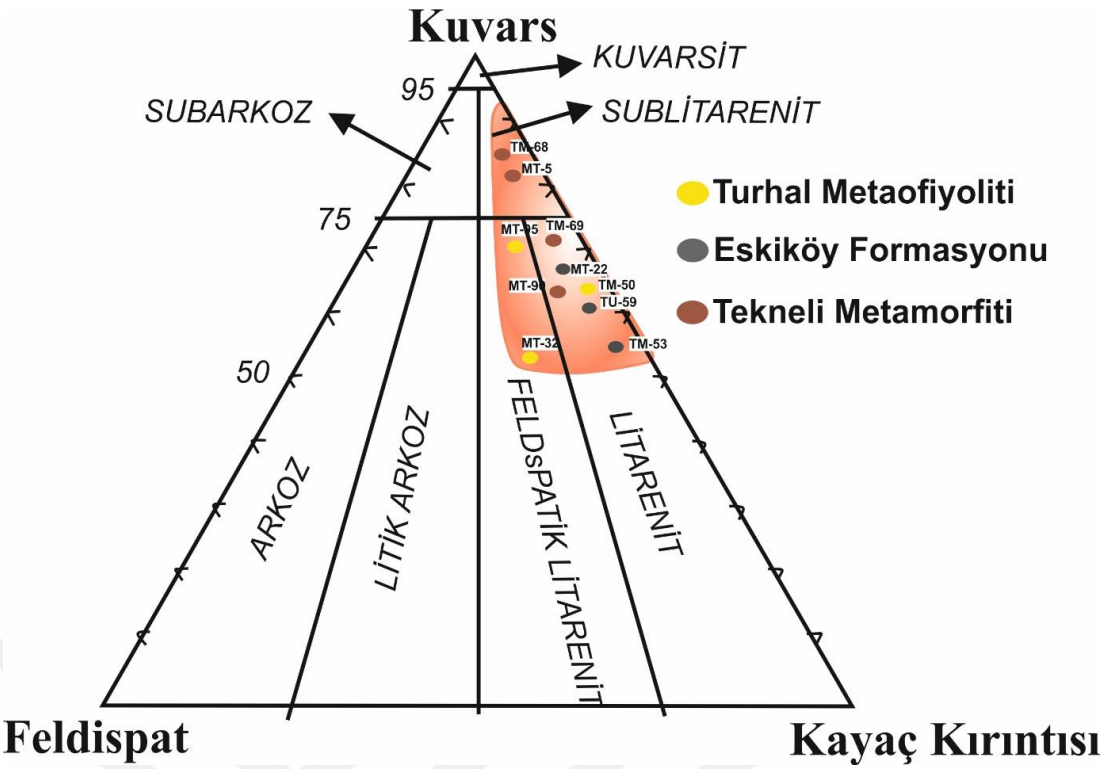
Kumtaşları ise feldspatik litarenit sınıfında yer almakta olup, karbonat çimentosu içerisinde yarı yuvarlaklaşmış ve köşeli kuvars taneleri ile kayaç parçaları içermektedir. Dokusal kriterler, kayaç parçalarının volkanik ve metamorfik bir kaynak alandan taşındığına işaret etmektedir. Volkanik kaya parçaları oldukça ince kristalli mikrolitler ya da tamamen volkanik hamurdan oluşmaktadır. Metamorfik kaya parçaları ise, şistoz yapıda olup beyaz mika ve kuvarstan oluşmaktadır (Şekil 4.58). Kumtaşları üzerinden yapılan nokta sayımına göre birimler feldspatik litarenit ve litarenit kısmında yer almaktadır (Şekil 4.59)



Şekil 4.58: Turhal Metaofiyoliti içerisinde bulunan, MT: 95 numaralı kumtaşı örneğine ait minerallerin mikroskop görüntüleri **a)** Feldspatik litarenit sınıfında yer alan, yarı yuvarlaklaşmış kuvars taneleri ve aralarında yer alan volkanik kaya parçası – çift nikol. **b)** Tek nikol. **c)** Karbonat çimentolu kumtaşı içerisinde volkanik kayaç parçalarının yanı sıra yönlü doku gösteren, mika ve kuvars mineralleri içeren metamorfik kayaç parçaları da yer almaktadır – çift nikol. **d)** Tek nikol.

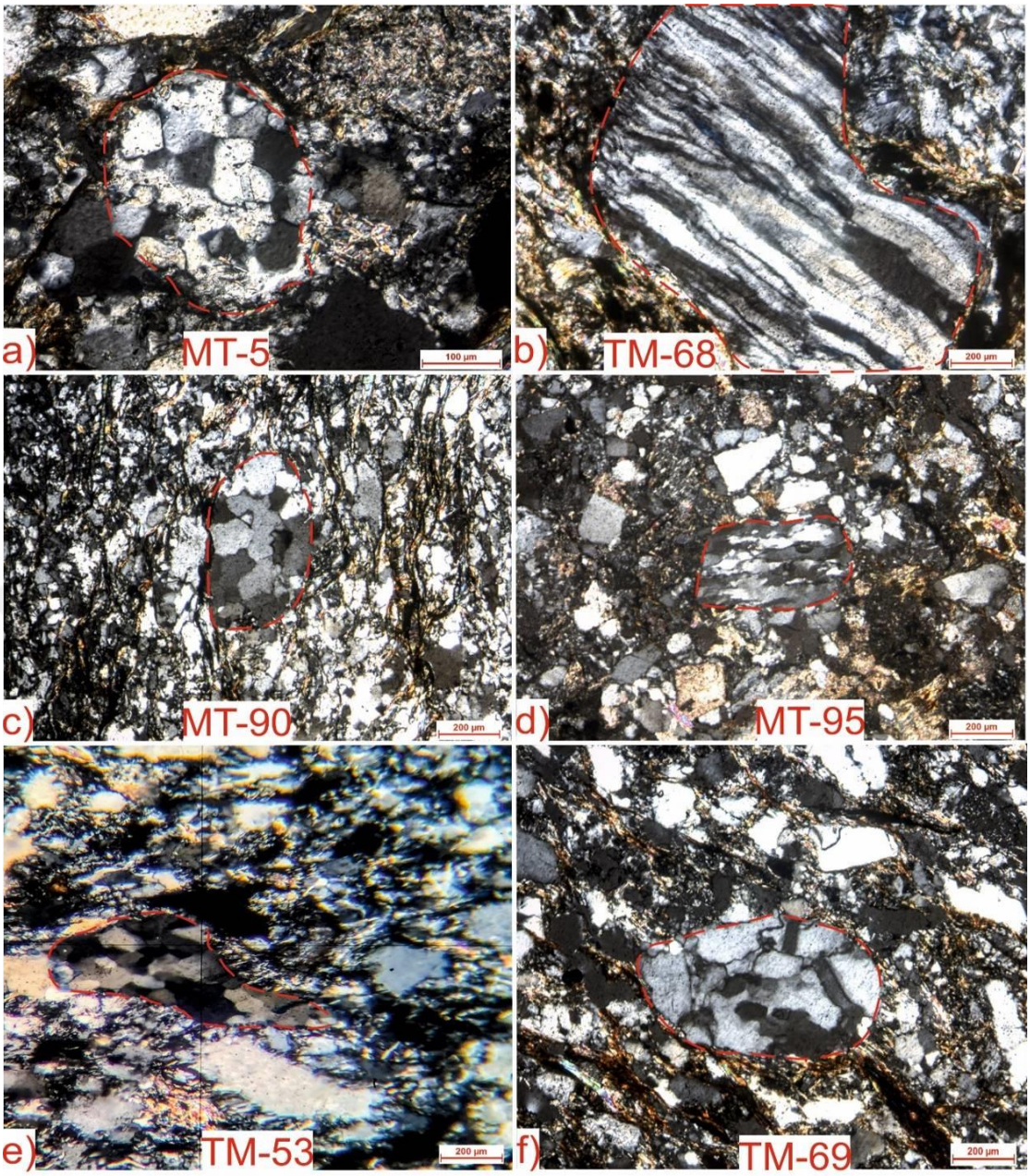
4.2.6. Nokta Sayımı

İnceleme alanında Eskiköy Formasyonu, Turhal Metaofiyoliti ve Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan 8 adet meta-kumtaşı ve 2 adet kumtaşı üzerinden nokta sayımı yapılmış ve gerçekleştirilen nokta sayımları ile kuvars + feldspat + kaya parçası + matriks/çimento sayıları/oranları tespit edilmiştir (Şekil 4.60).



Şekil 4.59: Eskiköy Formasyonu, Turhal Metaofiyoliti ve Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan kumtaşlarının sınıflaması (Petthjohn, 1975'e göre tekrar düzenlenmiştir). Sınıflamada görüldüğü üzere feldspat miktarı %10-25 aralığında, kayaç kırıntıları ve kuvars taneleri ise %50'nin üzerindedir.

İnce kesitlerde yer alan kuvars minerali tek kristal halinde olabileceği gibi, kaynak alanlar hakkında önemli ipuçları sağlayan polikristalen kristal kümeleri halinde de gözlenmektedir. Bu polikristalen kuvarslar metamorfik, plütonik veya düşük dereceli (yeniden kristalleşmiş) kayaçlardan türeyebilmektedir. Bunun yanı sıra volkanik kayaçlardan ve hidrotermal damarlardan mega kuvars yapıları halinde de gözlenmektedir. Çalışma arazisinde yer alan kumtaşı ve meta kumtaşlarının içerisinde gözlenen polikristalen kuvarslar incelenmiş ve ne çeşit kayaçlardan türedikleri tespit edilmiştir (Şekil 4.60).



Şekil 4.60: a) Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, MT-5 numaralı meta-kumtaşı örneğine ait polikristalen kuvarsın mikroskop görüntüleri. Tane içerisindeki kuvars tanelerinin birbirleri ile kenetlenmiş sınırlar yerine çoğunlukla düz sınırlar göstermesi ve kısmen poligonal doku göstermesi bu tanenin orta – düşük dereceli bir meta-kumtaşı veya kuvarsitten türediğini işaret etmektedir- çift nikol. **b)** TM-68 numaralı meta-kumtaşı örneğine ait polikristalen kuvarsın mikroskop görüntüleri. Metamorfik kökenli polikristalen kuvars tanesinin bileşenleri uzanımlı ve düz olması tanenin metamorfik kökenli olduğunu işaret etmektedir-çift nikol. **c)** Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, MT-90 numaralı meta-kumtaşı örneğine ait polikristalen kuvarsın mikroskop görüntüleri. Polikristalen kuvars taneleri bileşenlerinin eşboyut ve girik

kristalli olması polikristalen kuvars kökeninin yüksek dereceli bir metamorfik kayaca ait olduğunu göstermektedir – çift nikol. **d)** Turhal Metaofiyoliti içerisinde yer alan, MT-95 numaralı kumtaşı örneğine ait polikristalen kuvarsın mikroskop görüntüleri. Polikristalen kuvars bileşenleri uzanımlı ve sütürlü olması metamorfik kökenki bir kayaçtan türediğini göstermektedir – çift nikol. **e)** Eskiköy Formasyonu içerisinde yer alan, TM:53 numaralı meta-kumtaşı örneğine ait polikristalen kuvarsın mikroskop görüntüleri. Polikristalen kuvars bileşenlerinin girik ve ‘’chessboard’’ yapısı göstermesi, yüksek dereceli gnaysoidik bir kayaçtan türediğini işaret etmektedir- çift nikol. **f)** Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan, TM-69 numaralı meta-kumtaşı örneğine ait polikristalen kuvarsın mikroskop görüntüleri. Diğer polikristalen tanelerinden farklı olarak bu polikristalen kuvars tanesinin hem girik hem düz sınırlar göstermekte ve çoğunlukla poligonal doku göstermektedir. Bu polikristalen tanenin metamorfik kaynak alandan türediğini işaret etmektedir – çift nikol.

4.3. JEOKİMYA

Bu bölümde yukarıdaki tanıtılan farklı kaya birimlerinin stratigrafisinde yer alan ya da stratigrafiyi kesen bazik magmatik kayaların jeokimyasal özellikleri ele alınmaktadır. Burada amaç bazik magmatik kayaların oluştuğu tektonik ortamın belirlenmesidir.

Bu çalışma sırasında toplam 25 adet bazik magmatik kaya örneğinin ana-, iz- ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Bu örneklerin 18 tanesi Topçam Formasyonu'ndan, 2 tanesi de Yayladalı Metamorfiti'nden alınmıştır. Topçam Formasyonu'ndan alınan örneklerin 8 tanesi yastık lav, 4 tanesi masif lav, 6 tanesi ise volkaniklastik sedimanlar içindeki iri volkanik kaya bloklarıdır. Ayrıca gerek Topçam Formasyonu'nu gerekse Tekneli Metamorfiti ile Eskiköy Formasyonu'nu kesen bazik dayklardan da toplam 5 adet örnek analiz edilmiştir. Bu örneklerin GPS koordinatları Tablo 3'de verilmiştir. Jeokimyasal analizler sırasında kullanılan yöntemler tezin Materyal ve Metod bölümünde, analiz sonuçları ise Tablo 2'de verilmiştir.

Orojenik kuşaklardaki bazik volkanik kayaların püskürdüğü tektonik ortamlar jeokimyasal özelliklerine dayalı olarak belirlenebilmektedir. Bunun için tektonik ortamı araştırılan bazik volkanik kayanın jeokimyasal özellikleri, modern tektonik ortamlarda püsküren bazik lavlar ile karşılaştırılmalıdır. Bilindiği gibi bazaltlar çok farklı tektonik ortamlarda püskürebilmektedir. Bu ortamlar arasında kıta içi rift zonları, okyanusal plato ve adaları, okyanus ortası sırtlar ve yitim zonu üstü ortamları (yay, yay önü ve yay ardı havzalar) sayılabilir.

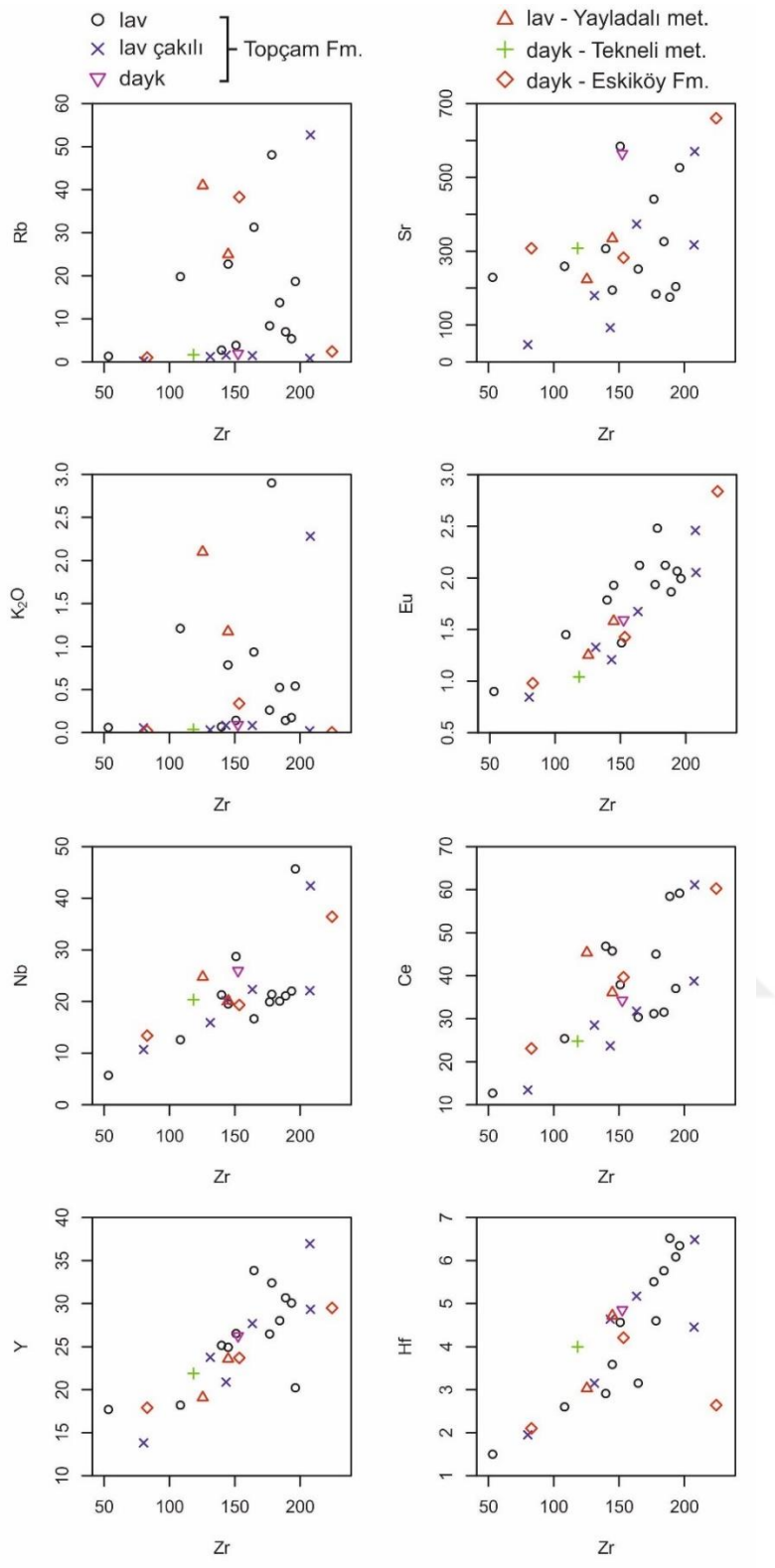
Temel problemlerden biri modern ortamlardaki bazaltlar son derece taze olmasına karşın orojenik kuşaklardaki bazaltların çok evreli alterasyon ve metamorfizma geçirmiş olabilmeleridir. Alterasyon ve metamorfizma sonucunda kayalar önemli miktarda kimyasal değişime uğrayabilirler. Bu süreçlerde bazı elementler kayayı terk ederken bazıları ise kayaya eklenir. Örneğin yeşilşist fasiyesi koşullarında SiO_2, Na_2O ve FeO kayaya eklenirken, Al_2O_3 kayadan uzaklaşabilmektedir (Pearce 1975; Cann 1979). K, Rb, Ba, Sr, Th ve Pb gibi büyük iyonlu litofil elementler de mobil elementlerdir. TiO_2 ise yeşilşist fasiyesi koşullarında duraylı, ayrışma sırasında ise duraysız olabilmektedir.

Lav jeokimyasında temel hedef birincil ergiyik bileşimini elde etmektir. Yukarıda açıklandığı gibi orojenik kuşaklardaki lavlar ise alterasyon ve metamorfizma sonucunda çoğun birincil bileşimlerini kaybederler. O nedenle hangi elementlerin

duraylılığını koruduğunu, bir başka deyişle ilkesel bileşimi yansıttığını, hangi elementlerin ise ilksel bileşim açısından güvenilmez olduğu belirlenmelidir.

Analiz edilen kayaçların kızdırma kaybı değerleri (LOI) %1.67 ile %10.06 arasında değişmektedir. Bu da çalışılan kayaların ciddi oranda alterasyona uğradığına işaret etmektedir. Ayrıca Eskiköy Formasyonu ve Tekneli Metamorfitini kesen dayklar hariç analiz edilen bazik magmatik kayaların tümü yeşilşist fasiyesi koşullarında metamorfizma geçirmiştir.

İncelenen kayalarda hangi elementlerin duraysız, hangi elementlerin duraylı olduğunu belirlemek amacıyla her bir elementin metamorfizma ve alterasyon sırasında duraylı olduğu bilinen Zr'a karşı değişim diyagramları incelenmiştir (Şek. 4.61). Yapılan inceleme sonucu Ti, P hariç çoğu ana oksitin yanında Büyük İyon Litofil Elementlerin de duraysız olduğu, bunun yanında Zr, Nb, Y gibi elementler ile La, Ce, Nd gibi Nadir Toprak Elementlerinin duraylı olduğu saptanmıştır. Tüm bu nedenler ile bu bölümde sadece duraylı elementlere dayalı olarak bir değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 4.61: Metamorfizma sırasında hareketli ve kısmen hareketsiz olan elementlerin davranışı.

TOPÇAM FORMASYONU									
Örnek no	**TM-37**	**TM-42**	**TM-63**	**MT-17**	**MT-18**	**MT-30**	**TM-19**	**TM-20**	**TM-35**
SiO2	47,46	39,48	41,0	43,7	47,8	45,0	48,9	49,2	50,2
TiO2	1,56	2,99	1,1	1,9	1,7	2,3	2,3	1,7	1,9
Al2O3	16,82	12,67	14,5	10,7	14,2	9,3	11,9	8,9	12,8
Fe2O3	8,91	10,56	11,7	13,9	15,2	11,6	10,7	11,3	13,0
MnO	0,11	0,13	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
MgO	6,39	2,73	2,7	6,3	6,0	13,4	4,9	12,4	5,2
CaO	11,17	14,93	16,5	15,3	7,7	11,8	12,6	10,1	10,2
Na2O	2,76	2,05	3,2	2,0	3,1	2,4	4,1	2,5	3,2
K2O	1,21	2,9	0,1	0,5	0,1	0,1	2,3	0,1	0,2
P2O5	0,17	0,73	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Cr	0,046	0,02	0,1	0,0	0,0	0,6	0,3	1,1	0,0
LOI	3,1	10,6	8,6	4,8	4,0	4,8	2,4	3,3	3,0
Total	99,78	99,82	99,9	99,7	100,2	101,7	100,8	101,1	100,1
Ni	106	51	228,0	283,2	116,4	233,4	122,6	578,2	69,8
Sc	29	25	23,0	25,0	31,9	32,6	42,6	48,6	36,7
Ba	147	257	140,0	83,6	50,3	39,6	160,9	50,0	64,7
Be	<1	<1	<1						
Co	32,3	23,4	46,8	54,6	41,8	58,6	44,4	66,8	46,8
Cs	0,4	1,6	<0.1	0,5	0,1	0,3	0,8	0,2	0,1
Ga	20,5	20,2	15,8						
Hf	2,6	4,6	1,5	6,3	4,9	5,2	6,5	4,6	6,1
Nb	12,6	21,4	5,7	45,7	26,0	22,3	42,4	20,2	22,0
Rb	19,8	48,1	1,3	18,7	1,9	1,5	52,7	1,6	5,4
Sn	<1	1	<1						
Sr	259	183,6	229,1	526,6	564,3	373,2	570,3	92,5	204,0
Ta	0,8	1,3	0,4	0,8	1,7	1,1	0,9	1,0	0,7
Th	1,1	1,7	0,5	4,1	2,1	1,4	3,7	1,3	1,5
U	0,2	0,7	0,1	0,9	0,5	0,3	0,8	0,3	0,3
V	212	233	205,0	262,1	328,7	336,7	263,4	321,0	401,3
W	<0.5	<0.5	<0.5						
Zr	108,3	178,3	53,2	196,3	152,5	163,4	207,9	143,3	193,4
Y	18,2	32,4	17,7	20,2	26,2	27,7	29,3	20,9	30,1
La	11,1	18,8	5,9	29,4	15,8	13,1	26,3	9,2	16,6
Ce	25,4	45	12,7	59,2	34,3	31,8	61,1	23,7	37,0
Pr	3,47	6,16	1,7	7,2	4,6	4,5	7,7	3,5	5,3
Nd	15	28	8,0	28,9	19,8	20,4	32,0	16,1	24,1
Sm	3,7	6,78	2,2	6,0	4,7	5,1	6,7	4,2	5,9
Eu	1,45	2,48	0,9	2,0	1,6	1,7	2,1	1,2	2,1
Gd	3,99	7,51	3,1	5,6	4,6	4,5	6,0	3,6	5,2
Tb	0,62	1,15	0,5	0,8	0,8	0,7	0,9	0,6	0,8
Dy	3,57	6,64	3,2	4,1	4,5	4,2	4,9	3,4	4,8
Ho	0,69	1,27	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,6	0,9
Er	1,9	3,27	1,8	1,6	2,3	2,1	2,3	1,7	2,4
Tm	0,27	0,42	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
Yb	1,51	2,7	1,4	1,3	2,0	1,7	1,9	1,5	2,0
Lu	0,21	0,39	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3

TOPÇAM FORMASYONU										
Örnek no	**TM-35a**	**TM-39**	**MT-20**	**MT-42**	**TM-32**	**MT-19a**	**MT-43a**	**TM-27**	**TM-10**	**MT-19**
SiO2	47,98	46,92	45,50	53,63	43,53	48,09	52,59	50,58	47,81	47,89
TiO2	1,50	2,23	2,30	1,55	1,51	1,22	2,03	2,23	2,39	1,36
Al2O3	13,05	13,34	16,11	9,78	11,19	9,71	13,42	13,55	13,04	10,84
Fe2O3	12,19	12,46	13,33	9,03	12,87	9,38	12,66	13,94	12,54	13,60
MnO	0,14	0,16	0,16	0,13	0,35	0,14	0,16	0,15	0,16	0,17
MgO	8,06	6,93	6,80	11,32	12,45	11,38	5,53	5,36	6,12	9,58
CaO	10,06	12,22	11,17	7,90	7,70	11,36	6,75	8,35	12,01	10,82
Na2O	1,98	2,47	2,64	3,93	0,00	3,45	4,97	3,30	2,09	1,98
K2O	0,26	0,52	0,03	0,06	0,02	0,14	0,07	0,14	0,79	0,94
P2O5	0,18	0,16	0,17	0,16	0,09	0,24	0,24	0,22	0,20	0,07
Cr	0,06	0,47	0,39	0,41	0,17	0,91	0,00	0,01	0,12	0,65
LOI	3,04	2,25	1,67	2,31	11,49	4,88	2,29	2,49	2,36	2,99
Total	98,52	100,14	100,28	100,21	101,38	100,92	100,70	100,31	99,62	100,88
Ni	269,73	126,32	95,47	63,50	69,23	433,97	52,49	69,72	75,58	311,19
Sc	29,87	52,91	36,87	28,55	50,32	27,79	30,13	41,94	45,66	22,75
Ba	106,17	89,73	12,85	4,80	20,29	77,79	96,44	61,44	248,14	166,24
Be										
Co	53,40	51,94	30,16	19,81	56,70	66,66	38,65	51,93	48,29	55,52
Cs	0,21	0,31	0,29	0,02	0,14	0,92	0,22	0,17	0,74	0,28
Ga										
Hf	5,51	5,76	3,15	1,95	4,45	4,56	2,91	6,52	3,59	3,15
Nb	19,93	20,09	15,91	10,70	22,11	28,72	21,29	21,10	19,54	16,67
Rb	8,38	13,77	1,25	0,19	0,81	3,82	2,71	6,99	22,72	31,27
Sn										
Sr	441,19	325,98	179,76	46,55	317,20	584,33	306,84	175,49	194,58	251,62
Ta	1,31	0,88	0,64	0,42	1,34	2,18	1,11	8,67	1,83	1,08
Th	1,39	1,28	1,20	0,75	2,02	4,81	2,26	3,20	3,67	2,61
U	0,33	0,37	0,30	0,16	0,75	0,30	0,36	0,66	0,65	0,26
V	398,18	412,01	256,46	207,22	524,00	294,82	309,02	426,37	414,39	387,72
W										
Zr	176,63	184,37	131,17	80,14	207,44	150,90	139,83	188,87	144,86	164,66
Y	26,47	28,02	23,76	13,82	36,96	26,52	25,15	30,68	24,93	33,85
La	12,72	12,46	14,67	5,92	15,54	16,78	16,96	24,70	17,09	14,94
Ce	31,18	31,53	28,52	13,44	38,76	37,90	46,84	58,45	45,75	30,38
Pr	4,52	4,70	4,20	2,10	5,01	4,23	5,18	7,03	5,89	4,93
Nd	20,55	21,70	18,58	9,20	22,65	18,60	21,27	24,18	22,53	20,40
Sm	4,95	5,47	4,32	2,72	6,32	4,49	4,85	5,28	5,22	5,78
Eu	1,93	2,12	1,33	0,84	2,46	1,37	1,79	1,86	1,93	2,12
Gd	4,43	4,71	5,31	3,43	6,16	3,22	4,86	5,50	3,92	3,73
Tb	0,73	0,78	0,86	0,67	0,92	0,84	0,89	1,16	0,94	0,54
Dy	4,23	4,47	4,30	2,79	4,51	3,70	4,39	5,01	4,51	5,75
Ho	0,78	0,82	0,85	0,56	1,05	0,87	0,96	1,11	0,99	1,14
Er	2,12	2,24	2,33	1,55	1,63	2,15	2,23	2,60	2,29	2,92
Tm	0,29	0,30	0,26	0,17	0,24	0,36	0,34	0,41	0,35	0,48
Yb	1,84	1,87	1,65	1,12	1,85	2,02	2,38	2,50	2,12	3,12
Lu	0,26	0,27	0,29	0,23	0,25	0,31	0,28	0,37	0,34	0,39

	ESKİKÖY FORMASYONU			TEKNELİ METAMORFİTİ	YAYLADALI METAMORFİTİ	
Örnek no	**TM-56**	**MT-41**	**MT-23**	**Mt-11**	**MT-92**	**MT-93**
SiO2	46,4	51,7	48,1	44,6	52,9	44,5
TiO2	1,6	1,4	1,2	1,9	1,7	2,0
Al2O3	16,4	18,1	13,2	14,2	11,5	10,5
Fe2O3	13,1	11,2	12,6	14,1	10,0	11,0
MnO	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
MgO	7,4	5,7	6,5	7,1	7,8	5,1
CaO	3,6	0,9	6,2	5,7	7,0	12,1
Na2O	3,8	6,1	3,5	3,0	4,1	3,7
K2O	0,0	0,3	0,0	0,0	1,2	2,1
P2O5	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3
Cr	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	0,2
LOI	7,2	4,3	9,0	8,6	4,3	8,1
Total	99,8	99,9	100,6	99,8	101,5	99,7
Ni	115,0	71,2	192,5	72,5	294,4	39,1
Sc	31,0	40,6	48,3	24,1	23,3	22,1
Ba	35,0	100,1	176,6	20,9	95,7	43,6
Co	39,1	30,8	83,7	31,4	55,0	19,0
Cs	<0.1	1,2	0,2	0,1	0,7	0,7
Hf	2,1	4,2	2,6	4,0	4,7	3,0
Nb	13,4	19,3	36,4	20,4	20,1	24,8
Rb	1,0	38,3	2,4	1,6	25,0	41,0
Sr	307,9	282,4	660,3	308,0	334,5	223,6
Ta	0,5	0,8	1,2	0,5	1,2	0,9
Th	1,3	1,1	2,7	1,8	2,0	2,5
U	0,2	0,4	0,6	0,4	0,5	0,6
V	252,0	395,9	424,0	364,1	258,7	167,5
Zr	82,9	153,4	224,4	118,4	144,9	125,4
Y	17,9	23,7	29,5	21,9	23,6	19,1
La	11,5	13,7	28,6	11,2	14,5	22,9
Ce	23,1	39,6	60,3	24,8	36,1	45,4
Pr	3,0	4,9	7,0	3,3	4,8	5,8
Nd	12,3	18,9	27,7	14,1	20,8	23,3
Sm	2,9	5,0	6,7	3,6	4,9	4,5
Eu	1,0	1,4	2,8	1,0	1,6	1,3
Gd	3,2	5,4	5,1	3,6	4,5	4,6
Tb	0,5	0,9	1,0	0,6	0,7	0,7
Dy	3,3	4,2	4,9	3,8	4,1	3,7
Ho	0,7	1,1	1,1	0,7	0,7	0,7
Er	1,9	2,7	2,4	2,0	2,0	1,8
Tm	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2
Yb	1,6	1,7	2,6	1,7	1,6	1,4
Lu	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2

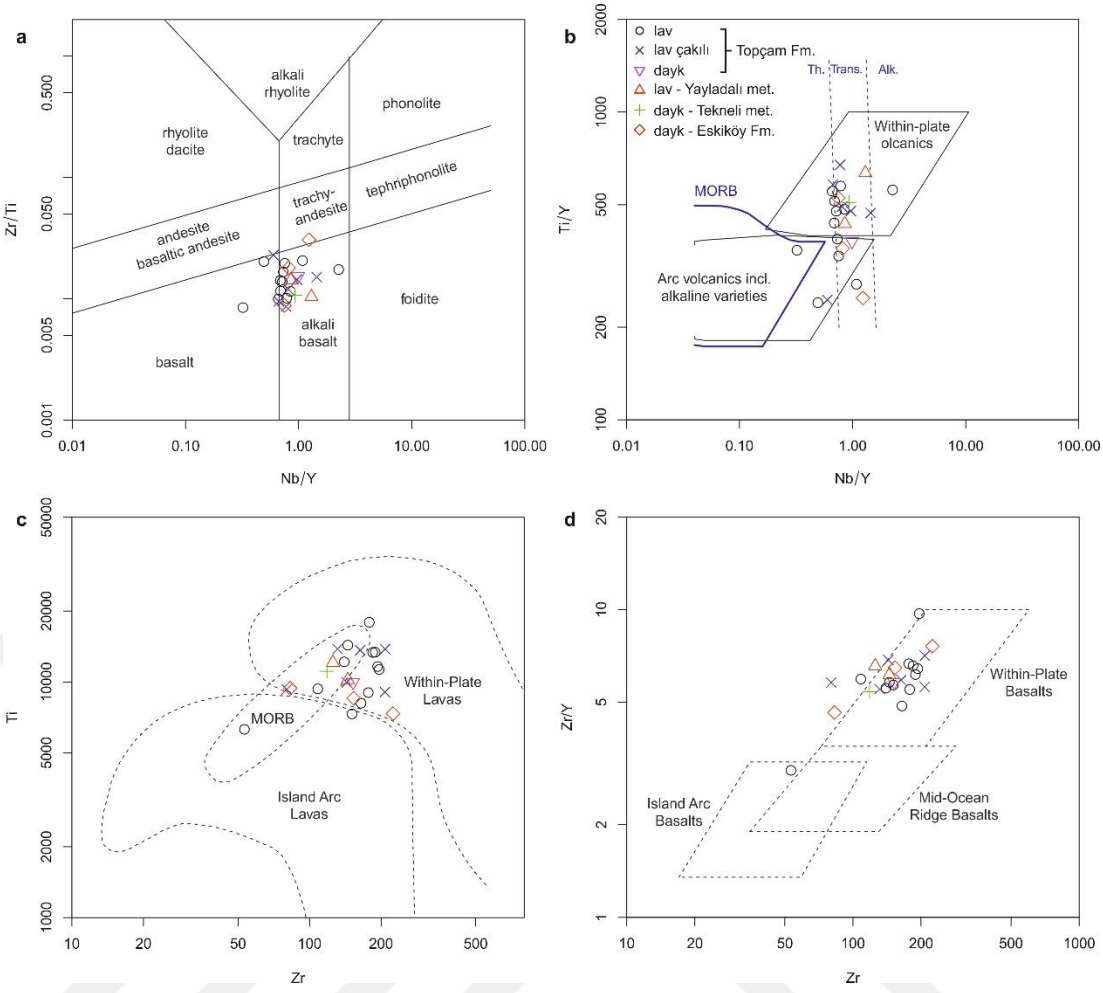
Tablo 2: İnceleme alanında yer alan kayaçların jeokimyasal analiz sonuçları.

Örnek No:	Lokasyon
TM-19	92667 76076
TM-20	92667 76078
TM-35	91619 76533
TM-27	92260 76460
TM-63	82311 73862
TM-42	91018 78704
TM-37	89943 77258
TM-35a	91619 76539
TM-39	92001 77615
TM-32	91240 75461
TM-10	92315 73945
MT-20	92515 75460
MT-42	93880 76200
MT-18	81500 74512
MT-17	81409 74456
MT-19a	82242 74461
TM-30	91730 75110
MT-43a	92275 77162
MT-19	82237 74450
TM-56	81310 76437
MT-41	93215 77182
MT-23	81100 76324
MT-11	84612 73850
MT-92	87758 73600
MT-93	87600 73512

Tablo 3: İnceleme alanında yer alan kayaçların gps koordinantları.

4.3.1. Jeokimyasal Sınıflama

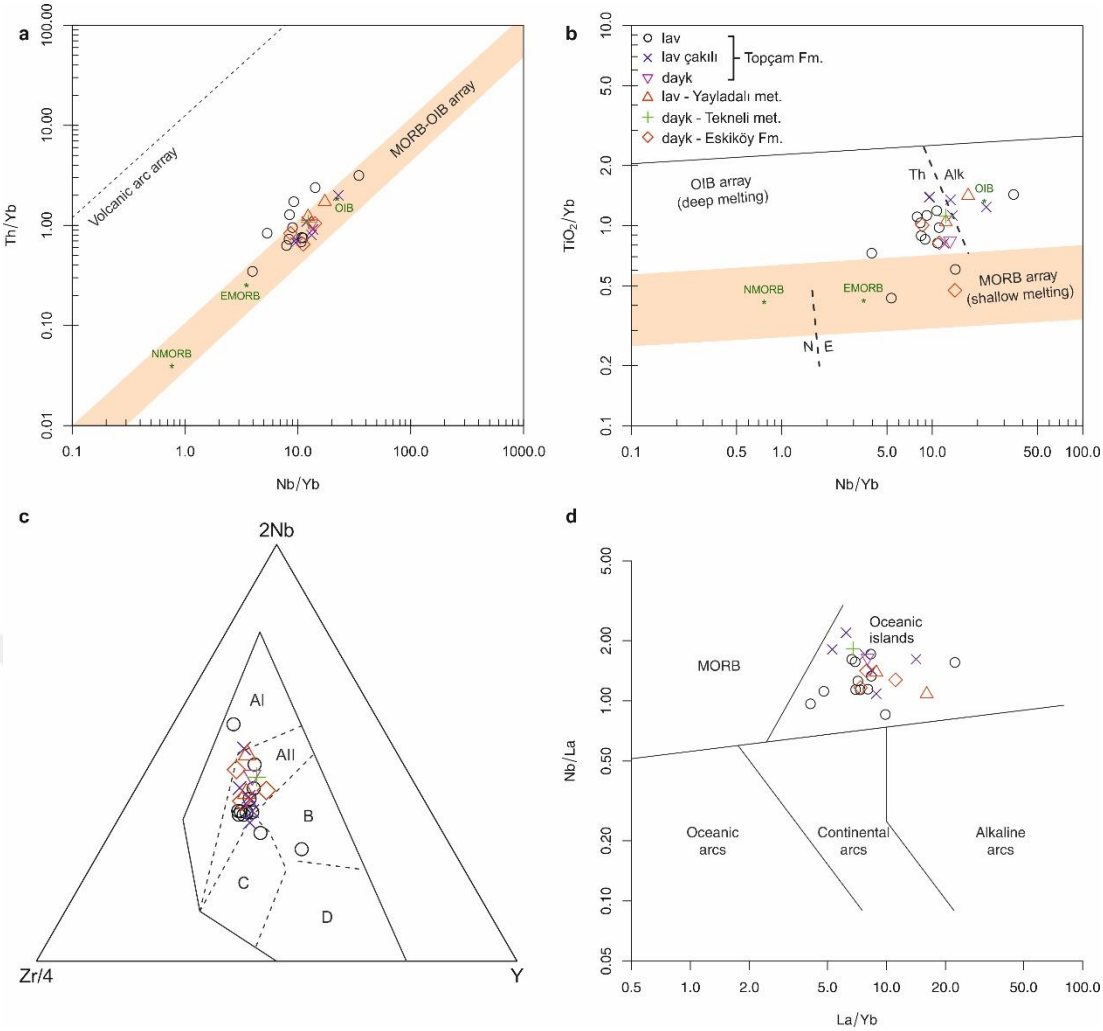
İnceleme alanında yer alan birimler Zr/Ti – Nb/Y adlandırma diyagramına (Winchester ve Floyd 1977) yerleştirildiğinde üç tanesi bazalt, bir tanesi trakiandezit, geri kalanları ise alkali bazalt alanına düşmüştür (Şek. 4.62a). Farklı lav dizilerini birbirinden ayırmada kullanılan Nb/Y a karşı Ti/Y diyagramında (Pearce 1982) örneklerin üç tanesinin toleyitik, bir tanesinin alkalen, geri kalanların ise toleyitik ile alkalen arasında geçiş bileşiminde olduğu anlaşılmaktadır (Şek. 4.62b).



Şekil 4.62: İnceleme alanında yer alan birimler Zr/Ti – Nb/Y adlandırma diyagramına (Winchester ve Floyd 1977) ve Pearce 1982 diyagramına göre sınıflaması.

4.3.3. Tektonik Ortam

Okyanus Ortası Sırt (MORB), Levha İçi (WPB) ve Yitim Zonu Üstü (IAT)) ortamlarında püsküren bazaltları ayırt etmek için bir dizi ayırt diyagramları kullanılmıştır. Zr a karşı Ti diyagramında (Pearce 1982) örneklerin bir kısmı MORB-WPB ortak alanında, bir kısmı MORB-IAT ortak alanında, bir kısmı da Levha İçi alanına düşmüştür (Şek. 4.62c). Levha İçi tektonik ortamını diğer iki ortamdan ayırt etmek için Zr a karşı Zr/Y diyagramı kullanılmıştır (Pearce ve Norry 1979). Bu diyagramda örneklerin çoğunluğu Levha İçi alanına, bir tanesi Ada Yayı Bazalt alanına, dört tanesi de tanımlanan alanların dışına düşmüştür.

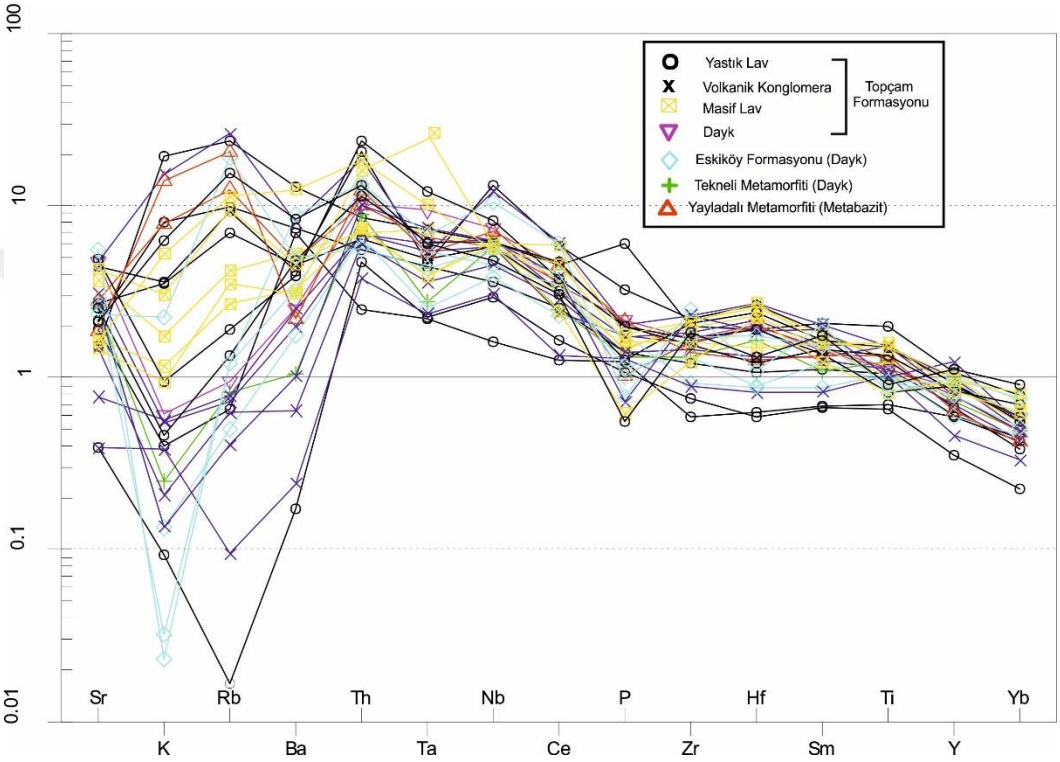


Şekil 4.63: Çalışma arazisinde yer alan kayaçların sınıflandırması. **a)** Pearce (2008) **b)** Pearce (2008) göre birimlerin dağılımı **c)** Meshede (1986) (AI, AII: WPB; B: P-MORB, C: VAB, WPB; D: N-MORB, VAB) **d)** Hollocher (2012)'ye göre birimlerin dağılımı.

Nb/Yb a karşı Th/Yb diyagramı (Pearce 2008) MORB-OIB eğilimli bazaltik kayaları yay türü bazaltlardan ayırt etmede kullanılır. Bu diyagramda dördü hariç örneklerin tümünün MORB-OIB bantı içine düştüğü, burada da E-MORB ile OIB bileşimleri arasında yer aldığı görülmektedir (Şek. 4.63a). MORB ile OIB alanlarını birbirinden ayırmak için Nb/Yb a karşı TiO_2/Yb grafiği oluşturulmuştur (Pearce 2008; Şek. 4.63b). Bu diyagramda örneklerin üç tanesi MORB bantında, geri kalanları ise OIB bantında yer almışlardır. OIB bantında yer alan örneklerin çoğunluğunun toleyitik bileşimde olduğu anlaşılmakla birlikte aslında bu örneklerin geçiş bileşiminde olduğu Nb/Y a karşı Ti/Y diyagramında görülmüştü (Şek. 4. 62b). Meschede tarafından geliştirilen 2Nb-Zr/4-Y ayırt diyagramında da (Şek. 4.63c) inceleme alanından alınan örneklerin çoğunun levha içi ortamı lavları ile benzeştiği görülmektedir. Benzer şekilde La/Yb a

karşı Nb/La diyagramında da (Şek. 4.63d) örneklerin tümü Okyanus Adası alanına düşmüştür.

Son olarak analizi yapılan örneklerin tümü N-MORB'a normalize edilerek örümcek diyagramı hazırlanmıştır (Şek. 4.64). Bu diyagramda sol taraftaki LIL elementlerinin alterasyondan etkilendiği, yitim zonu ortamların karakteristik özelliği olan Nb fakirleşmesinin çalışma alanı örneklerinde olmadığı, genel desenin Levha İçi bazaltlara özgü bir desen olduğu görülmektedir.



Şekil 4.64: İnceleme alanındaki birimlerin N-MORB'a göre normalize çoklu element diyagramı (Pearce, 1983).

4.4. YAPISAL JEOLOJİ

Bu bölümde inceleme alanında yüzeyleyen birimler; Topçam Formasyonu'na ait meta-volkanojenik, Tekneli Metamorfiti ve Eskiköy Formasyonu'na ait meta-kırıntı kayaçlardan ve Turhal Metaofiyoliti'ne içerisinde gözlenene meta-volkanojenik ve kırıntılı kayaçlardan oluşmaktadır. Formasyonlara ait birimlerin foliasyon, lineasyon, kıvrım ve fay gibi yapıları tespit edilmiş olup bu bölümde değerlendirileceklerdir. Ayrıca Turhal Metaofiyoliti içerisinde rastlanan fakoidler ile beraber Tekneli Metamorfitleri içerisindeki metapelitler ve Yayladalı Metamorfitlerindeki kuvarsitlerde gözlenen makaslama belirteçleri, birimlerin yoğun bir makaslama deformasyonuna uğradığının göstermektedir.

4.4.1. Faylar

Gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda bölgede büyük ölçekli bindirme fayları ve normal faylar tespit edilmiştir. Tektonik olarak yer alan Tekneli Metamorfiti, Topçam Formasyonu ve Yayladalı Metamorfiti üzerinde klip şeklinde yer alırken, Topçam Formasyonu Turhal Metaofiyoliti, Yayladalı Metamorfiti, Eskiköy Formasyonu ile tektonik olarak üzerlerinde yer almaktadır.

Bindirme faylarından en büyüğü keten deresi sınırları civarında yer alıp Sırçalı Köyü'ne uzanan ve oradan Tepeyurt civarlarından güneydoğuya kadar inen yaklaşık 17 km uzunluğuna sahip bindirme fayı, Topçam Formasyonu'na ait metavolkanojenik kayaçların, Eskiköy Formasyonu'na ait metakırıntılı kayaçlara 50 derecelik eğim açısı ile D-B/KB-GD doğrultu yönünde bindirmesi sonucu oluşmuştur (EK-1). Fay boyunca Topçam Formasyonu'na ait meta-volkanojenik birimlerin değişmesi ve tekrarlanmaması, Eskiköy Formasyonu'na ait metakırıntılılarda kıvrımlaşmaların gözlenmesi bindirme fayının saha içerisindeki varlığını göstermektedir. Ayrıca iki birimden alınan yönlü örnekler sonucunda, kesitlerde gözlenen yoğun deformasyon ve makaslama belirteçleri de bu iki birimin tektonik dokanaklı olduğunu ve bindirme fayının varlığını göstermektedir.

Bozatalan Köyü'nden başlayıp Çamdere Köyü'ne kadar uzanan bindirme fayı, Topçam Formasyonu'na ait volkanojenik kayaçların, Turhal Metaofiyoliti'na ait birimlere yaklaşık 45°'lik eğim açısı ve D-B doğrultu yönünde bindirmesi sonucu meydana gelmektedir (EK-1). İnceleme alanında fay düzlemleri iyi gözlenmemekle beraber, bindirme fayı boyunca Topçam Formasyonu'na ait meta-volkanojenik kayaçların ani değişmesi ve istifin tekrarlanmaması iki birimin tektonik dokanaklı ve Topçam Formasyonu'nun Turhal Metaofiyoli üzerinde yer aldığını göstermektedir.

Tekneli Köyü'nün yaklaşık 1 km güneyinde yer alan yaklaşık D-B doğrultu yönlü ve 40°'lik eğim açısına sahip bindirme fayı, Topçam Formasyonu'na ait volkanojenik kayaçların, Yayladalı Metamorfitine tektonik olarak bindirmesi sonucu meydana gelmektedir (Şekil 4.65) (EK-1). Fay boyunca Yayladalı Metamorfiti'ne ait birimlerin ani değişimi, kıvrımlı yapılar ve enine kesitler üzerinden yapılan incelemeler bu iki birimin tektonik dokanaklı olduğunu ve bindirme fayının varlığını göstermektedir.

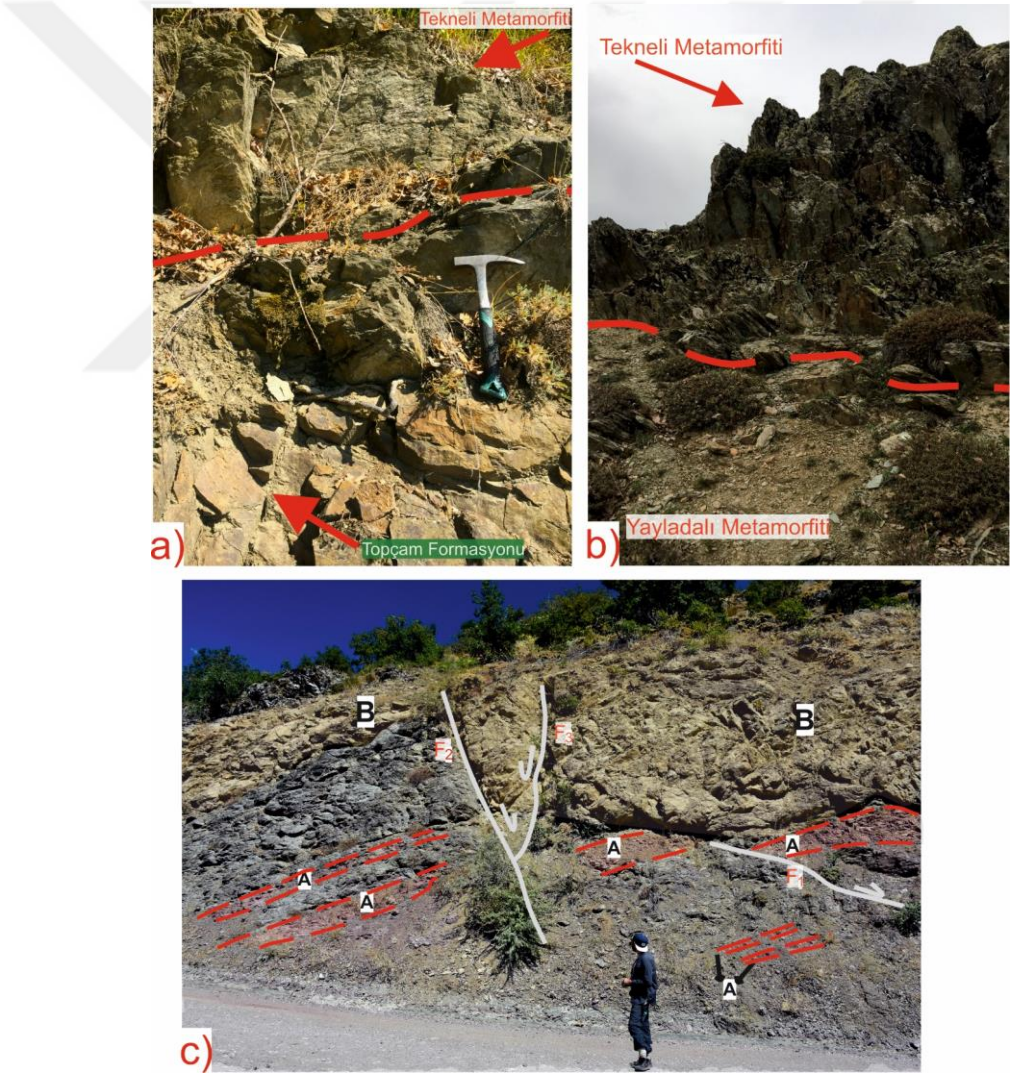
Tekneli Metamorfiti, Yayladalı Metamorfitleri ve Topçam Formasyonu üzerinde bir klip şeklinde durmaktadır. Bozatalan Köyü'nün 1,5 km kuzeybatısında ve Kocacık Yaylası'nın güneybatısında Tekneli Metamorfiti ile Topçam Formasyonu arasında bindirme fayı yer almaktadır. Bu faylar G/GD – K/KD doğrultu yönlü ve yaklaşık 45°-50°'lik eğim açısı ile meydana gelmektedir (Şekil 4.66a) (EK-1). İnceleme alanının yoğun bir şekilde ormanlık ve örtülü olması nedeniyle fay düzlemi iyi gözlenmemektedir. Ancak morfolojide ve birimler arasında gözlenen ani değişimler, enine kesitlerden elde edilen veriler, kayaçlar üzerinde yer alan makaslama belirteçleri iki birimin tektonik dokanaklı olduğunu ve Tekneli Metamorfitlerin Topçam Formasyonu üzerinde klip şeklinde yer aldığını göstermektedir.

Yayladalı Köyü'nün yaklaşık 1,5 km kuzeybatısında Tekneli Metamorfiti Yayladalı Metamorfiti üzerine tektonik olarak yerleşmekte olup, KD/K doğrultu yönlü ve 50°'lik eğime sahip bindirme gözlenmektedir (Şekil 4.66b). Bölgenin çoğunlukla ormanlık ve örtülü olmasından dolayı bu birimlerde de fay düzlemleri pek gözlenememektedir. Ancak fay zonu boyunca Yayladalı Metamorfitinden Tekneli Metamorfitindeki metakırıntılara geçişte birimlerin ani değişimi, kayaçlar üzerindeki makaslama belirteçleri ve milonitik yapıların varlığı bindirme fayının varlığını göstermektedir.

Son olarak Turhal Metaofiyoliti içerisinde küçük ölçekli normal faylar da yer almaktadır (Şekil 4.66c).



Şekil 4.65: Çalışma arazindeki Topçam Formasyonu ile Yayladalı Metamorfiti'nin tektonik dokanağı (UTM:92664 73640).

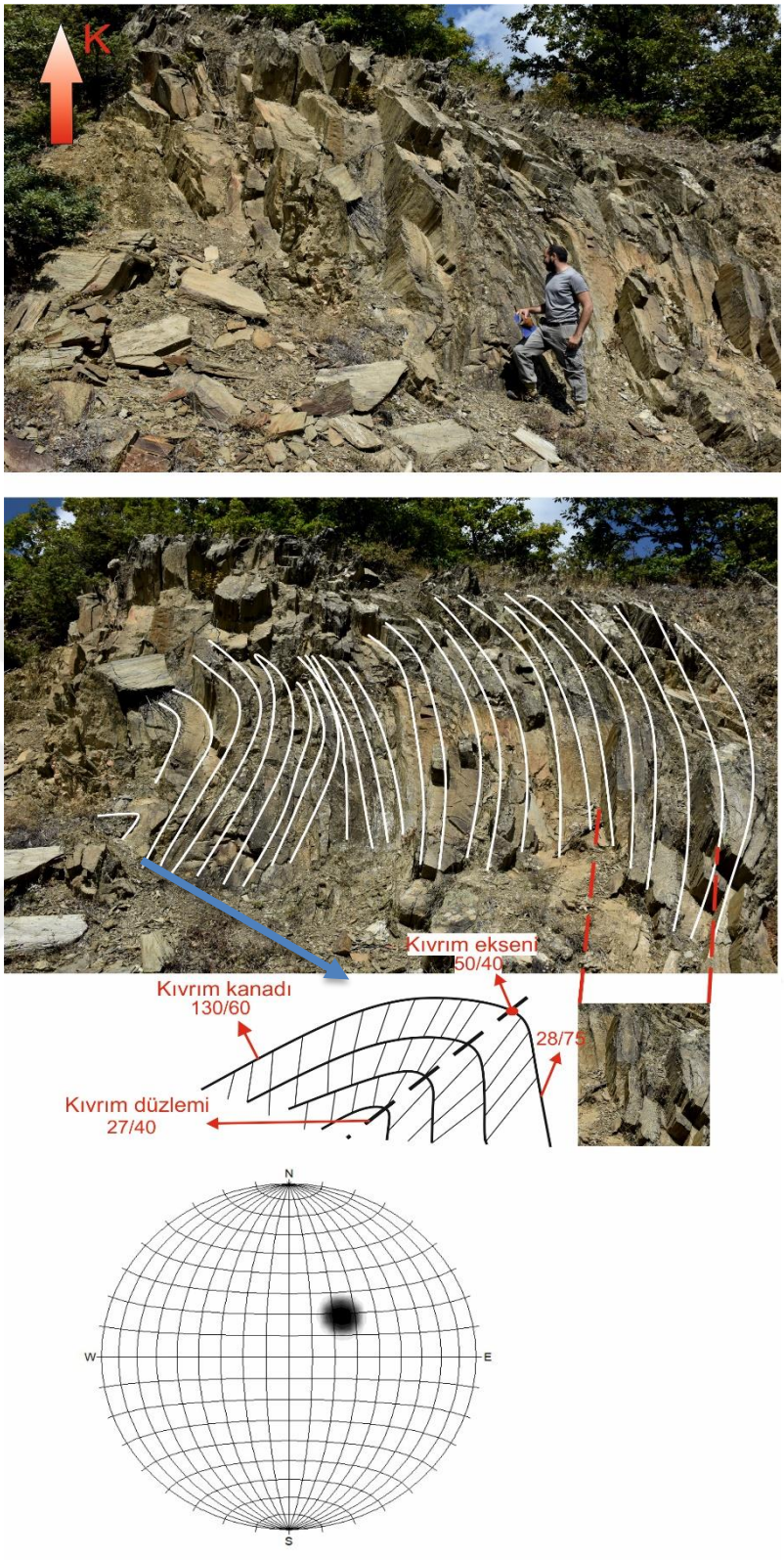


Şekil 4.66: a) Topçam Formasyonu içerisinde yer alan volkanojenik kayaçlar ile Tekneli Metamorfiti'nin tektonik dokanağı (UTM: 83540 73550). **b)** Yayladalı

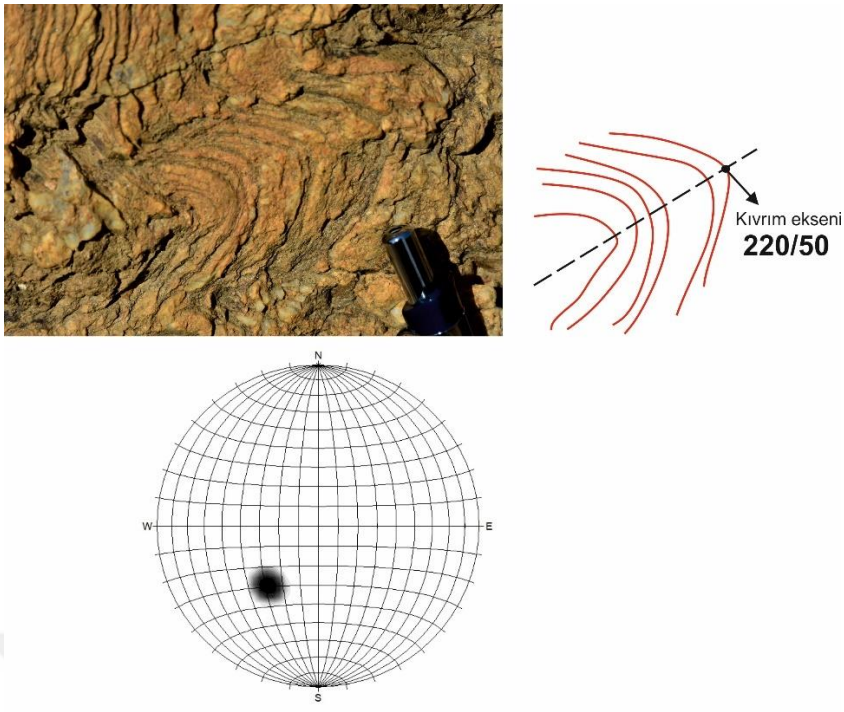
Metamorfiti ile Tekneli Metamorfiti'nin tektonik dokanağı (UTM: 90112 74750). **c)** Turhal Metaofiyoliti içerisinde yer alan birimler normal faylar ile kesilmektedir. A: Çört, B: Volkanik kayaç (UTM: 92870 77222).

4.4.2. Kıvrım

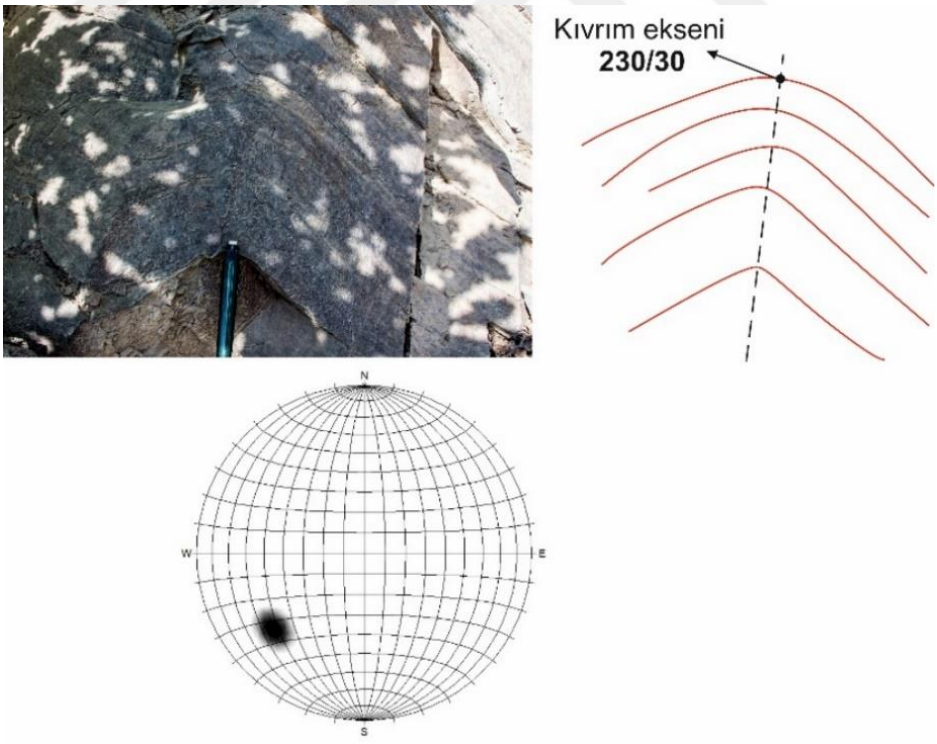
İnceleme alanında yer alan birimlerde mostra ölçeğinde kıvrımlar belirgindir. Ancak Topçam Formasyonunda yer alan meta-volkanojenik kayaçlarda mostra ölçeğinde kıvrımlara rastlanmamıştır. Diğer birimlerde gözlenen kıvrımlar morfolojik özelliklerine göre genellikle benzer kıvrım özelliği taşımaktadır. Özellikle Tekneli Metamorfiti'nde kıvrımlar oldukça fazladır. Aynı zamanda Yayladalı Metamorfiti içerisinde yer almakta olan metabazit ve kuvarsitlerde de mostra boyutunda kıvrımlar gözlenebilmektedir. İnceleme alanında geniş bir yüzlek veren Eskiköy Formasyonu'na ait fillatlar ise nispeten daha küçük ölçekte kıvrımlı yapılar sunmaktadır. Çalışma alanında birimlere ait kıvrımların arazide çizilmiş şematik kesitleri ile fotoğrafları ve stereografik projeksiyonları Şekil 4.67, 4.68, 4.69, 4.70'de gösterilmiştir. Foliasyonlardan elde edilen ana kıvrım eksen yönünün doğruluğunu kontrol etmek amacıyla saha çalışmaları sırasında mostra ölçeğinde ölçülen Tekneli Metamorfiti'nde yer alan fillatlardan 18 adet, Yayladalı Metamorfiti'nden 6 adet, Eskiköy Formasyonu'na ait fillatlardan ise 4 adet ve toplamda 28 adet kıvrım eksen gidiş ve dalımı Schimidt Ağında gösterilmiştir (Şekil 4.71).



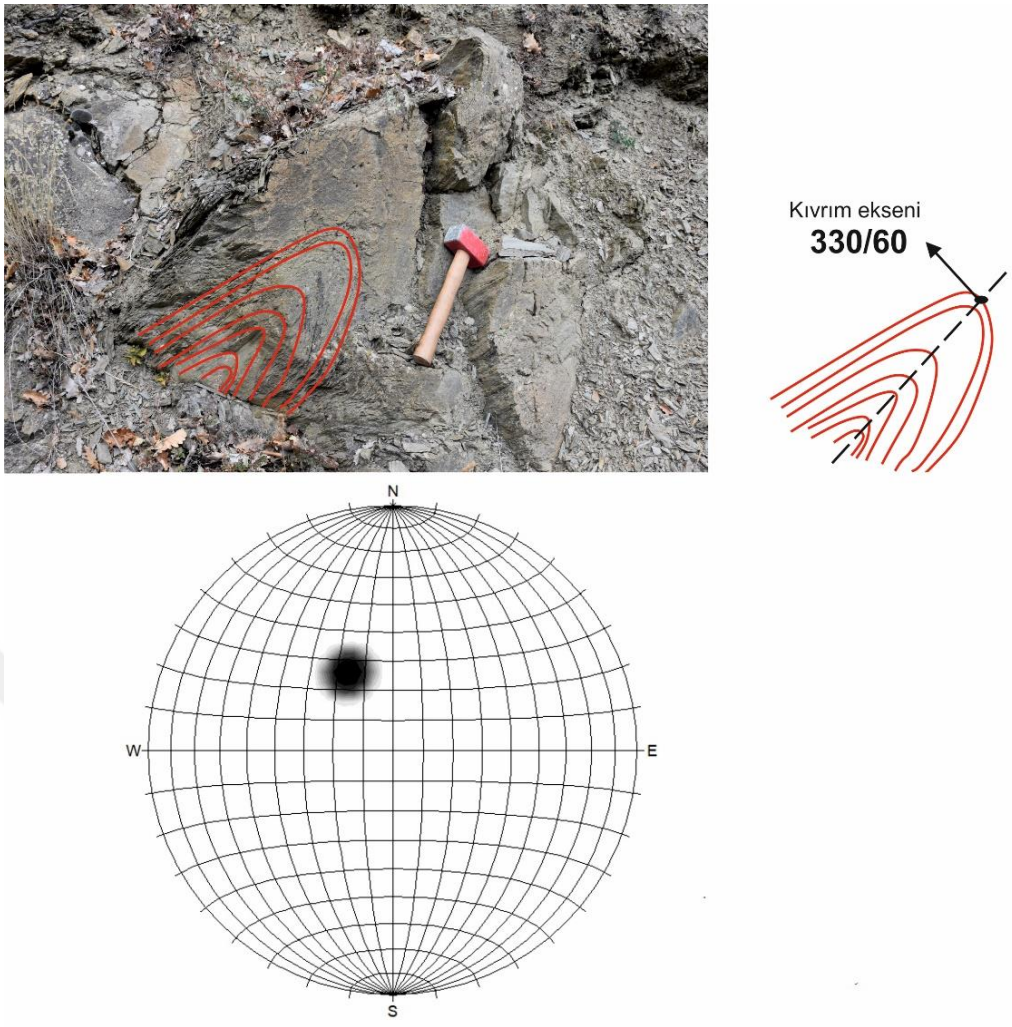
Şekil 4.67: Tekneli Metamorfiti içerisindeki şematik kesi ve ölçülen kıvrım ekseni (UTM: 85913 73613).



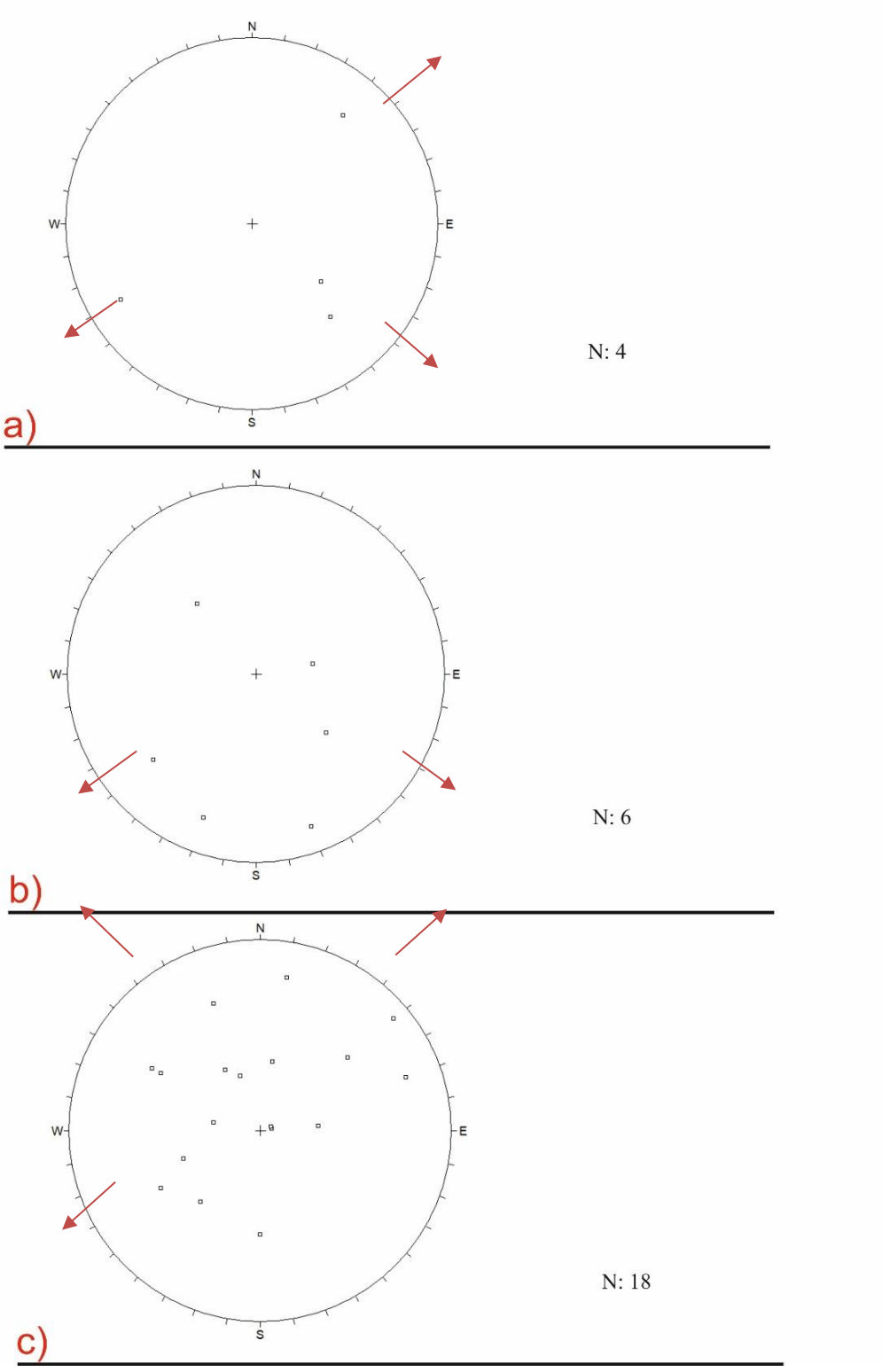
Şekil 4.68: Tekneli Metamorfiti içerisinde mostra ölçeğindeki kıvrım. Bu yapının şematik kesit ve ölçülen kıvrım ekseni stereonette gösterilmesi (UTM:87634 73704).



Şekil 4.69: Yayladalı Metamorfiti'nde gözlenen mostra ölçeğindeki kıvrım (UTM:87857 73372).



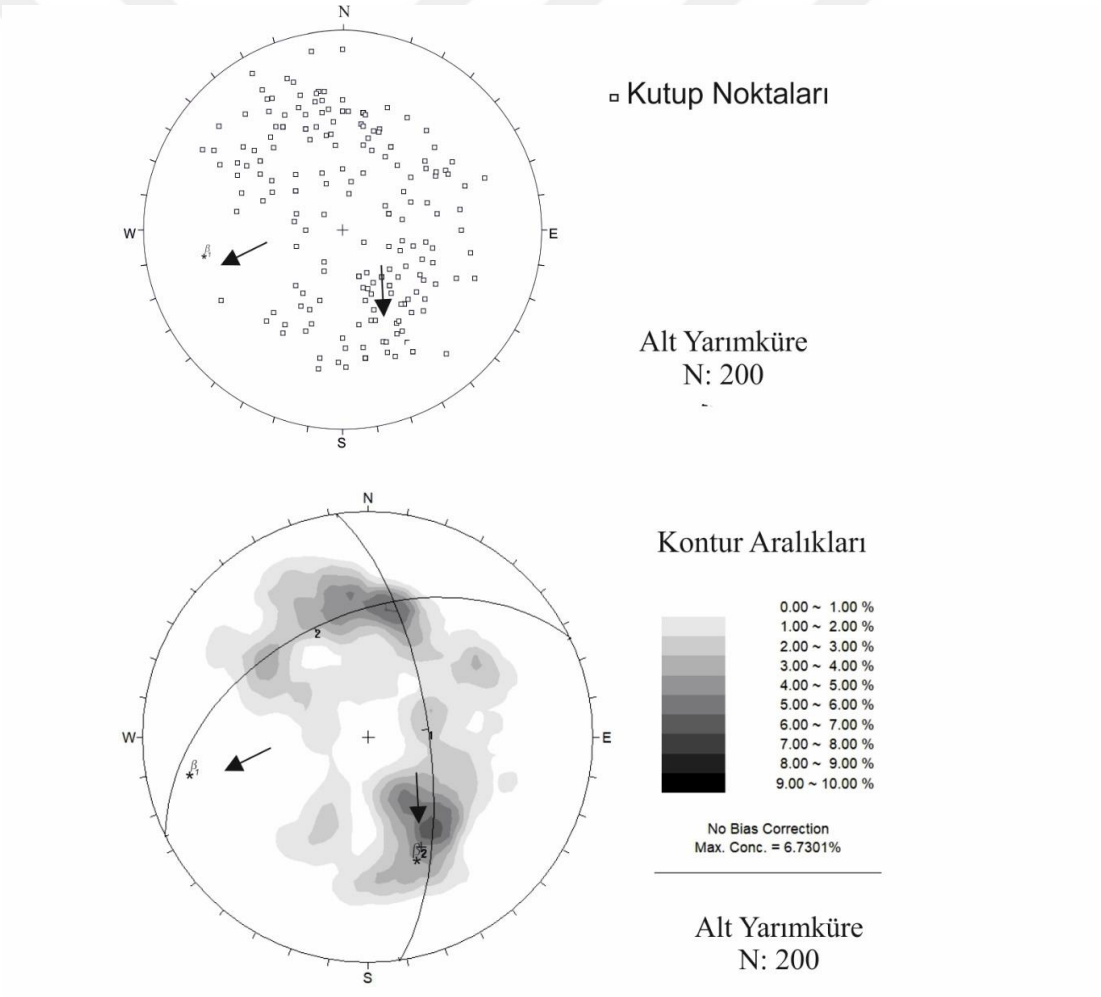
Şekil 4.70: Tekneli Metamorfiti içerisinde mostra ölçeğindeki kıvrım. Bu yapıların şematik kesit ve ölçülen kıvrım eksen (UTM:76442 73070).



Şekil 4.71: İnceleme alanında mostra ölçeğinde ölçülen kıvrım eksen gidiş ve dalımları. **a)** Eskiköy Formasyonu'na ait birimlerin kıvrım eksen gidiş ve dalımları. **b)** Yayladalı Metamorfiti'ne ait kıvrım eksen gidiş ve dalımları. **c)** Tekneli Metamorfiti'nde yer alan birimlerin kıvrım eksen gidiş ve dalımları.

4.4.3. Foliasyon

İnceleme alanında Topcam Formasyonu'na ait meta-volkanojenik kayaların foliasyonunu aktinolit ve klorit mineralleri oluşturmakta olup en iyi foliasyon düzlemleri meta-volkanoklastik sedimentlerde gözlenmektedir. Çalışma alanında tüm birimlerden ölçülen foliasyonlar ayrı ayrı Schmidt ağı üzerinde değerlendirilmiştir. Ölçülen foliasyon yoğunlaştığı alanları belirlemek için kontur diyagramları da hazırlanmıştır. Topçam Formasyonu'na ait meta-volkanoklastik sedimentler, masif lavlar, volkanik konglomera ve toplam 200 adet foliasyon ölçüsünün doğrultu ve eğimlerinin nokta ve kontur diyagramları Şekil 4.72'de gösterilmiştir. Kontur diyagramı üzerinde çizilen yaylardan elde edilen kıvrım eksenlerinin konumları β1 257/23 (K13B 23GB), β2 154/45 (K64D 45GD) olarak saptanmıştır.



Şekil 4.72: Topçam Formasyonu'na ait 200 adet volkanojenik birimlerin foliasyon ölçümlerinin nokta ve kontur diyagramları.

Topçam Formasyonu'na ait kutup noktaları çoğunlukla GD ikincil olarakta KB alanında toplanmıştır. Topçam Formasyonu'nun kuzeyinde yer alan konturlar geniş bir kuşak simetrisi sunarken, güney alandaki konturlar daha dar bir kuşak simetrisi sunmaktadır. Güney ve kuzey kuşakları, batı ve doğu uçlarında birbirlerinden dar bir boşluk ile ayrılırlar. Bu haliyle tüm alan için dom ve havza (*Dome and Basin*) türü kıvrımların varlığından söz etmek mümkündür. Dom ve küvet türü kıvrımlar birden fazla deformasyona uğramış bölgelerin tipik yapıları olup, çalışma alanının en az iki yönlü kıvrımlanma geçirdiğini işaret etmektedir.

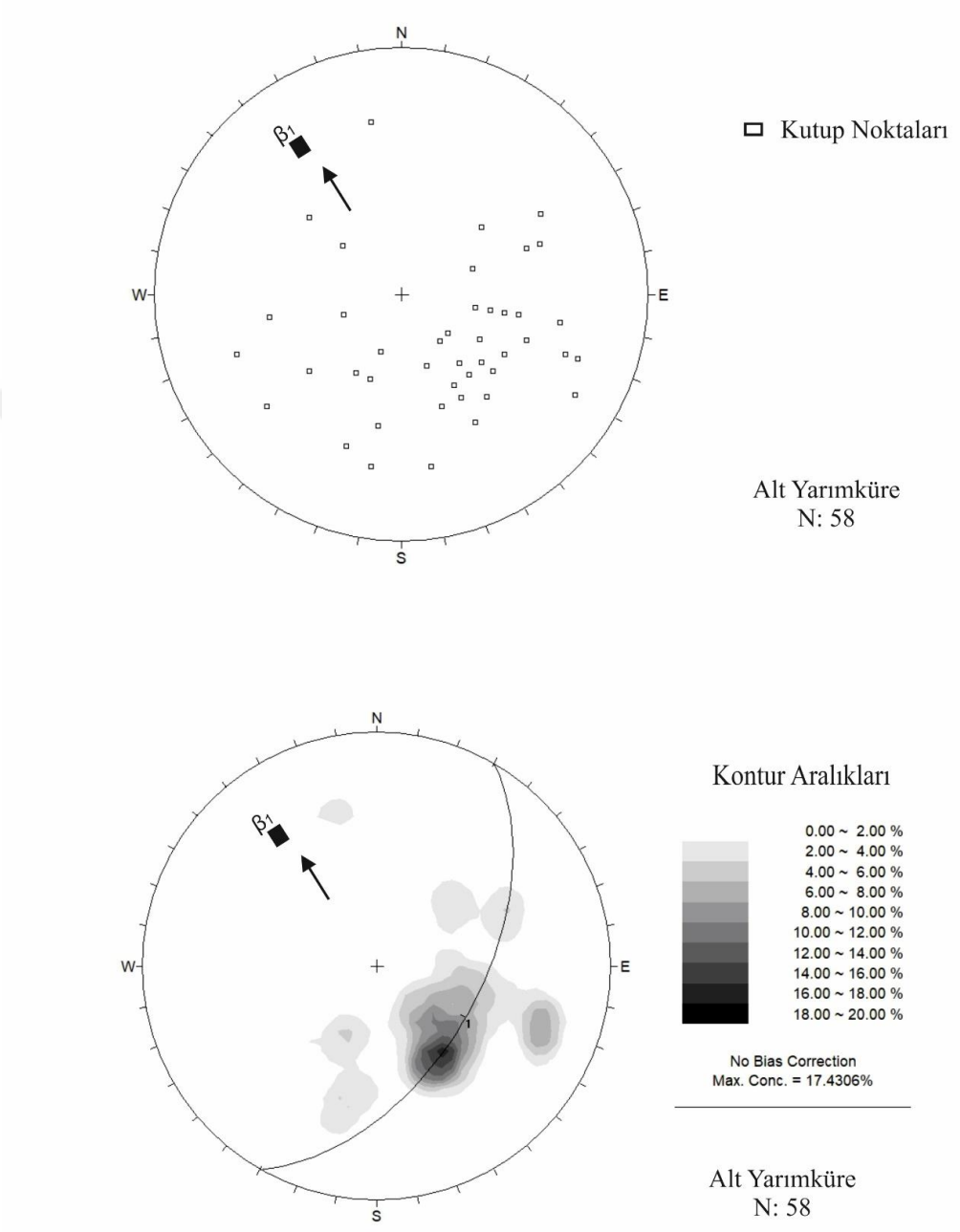
Son olarak volkanik konglomeralarda ender olarak birbirine kesen yapılar gözlenmiştir. Çoğunlukla KB'ya eğimli olan volkanik konglomeralarda, tektonizmanın etkisiyle ikincil G-GD'ya eğimli foliasyon düzlemleri meydana gelmiştir (Şekil 4.73).



Şekil 4.73: Volkanik konglomeralarda yer alan ikincil foliasyon düzlemleri (UTM: 92820 76350).

Yayladalı Metamorfiti içerisinde yer alan kuvarsit (metaçört), metabazit ve meta-kırıntıların foliasyon düzlemlerini; kuvarsitler için kuvars bantları, meta-kırıntılar için fillosilikatlar (mika, klorit) ve metabazitler için klorit-aktinolit mineralleri oluşturmaktadır. Yayladalı Metamorfiti'nden 58 adet foliasyon ölçüsünün doğrultu ve eğimlerinin nokta ve kontur diyagramları Şekil 4.74'de gösterilmiştir. Kontur diyagramı üzerinde çizilen yaylardan elde edilen kıvrım eksenin konumu β1 300/36

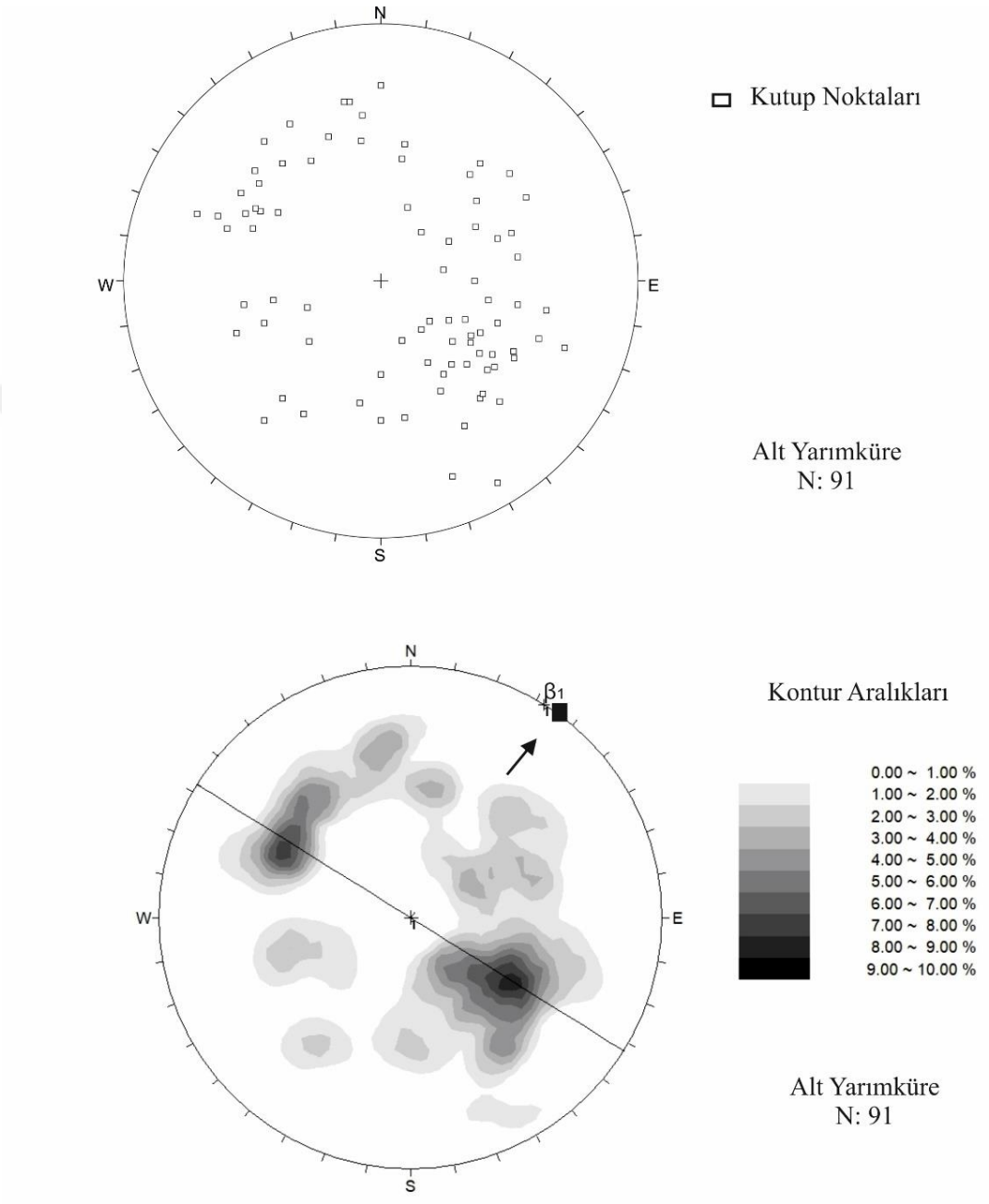
(K30D/36KB) olarak saptanmıştır. Verilere göre, kıvrım eksenin kuzeybatı dalımlı olduğu ve kuzey-kuzeybatı-güneydoğu gidişli olduğu görülmektedir. Sıkışma ise kuzeydoğu-güneybatı şeklindedir. Birimlerinde kontur diyagramlarında çoğunlukla tek bir nokta maksimumu (aksiyal doku simetrisi) gözlenmektedir.



Şekil 4.74: Yayladalı Metamorfiti'ne ait 58 adet birimin foliasyon ölçümlerinin nokta ve kontur diyagramları.

Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan metapelitlerin foliasyon düzlemleri fillosilikat minerallerinden (mika,klorit) oluşmakta ve çok iyi yapraklanmalar gözlenmektedir. Tekneli Metamorfiti'nden yapılan 91 adet foliasyon ölçüsünün doğrultu ve eğimlerinin

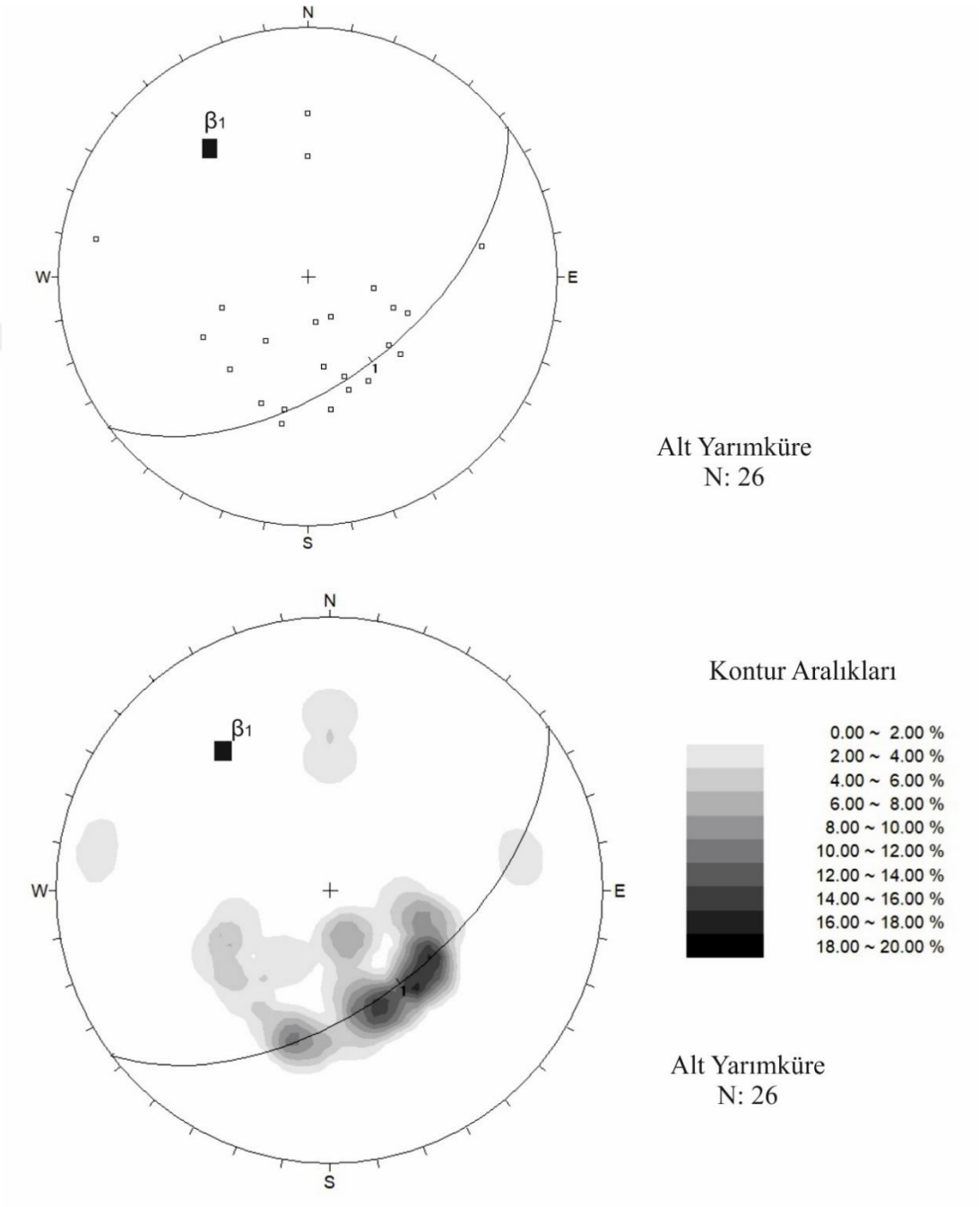
nokta ve kontur diyagramları Şekil 4.75'de gösterilmiştir. Kontur diyagramı üzerinde çizilen yaydan elde edilen kıvrım ekseninin konumu β1 35/5 (K55B 5KD)'dur. Verilere göre birimin Kıvrım ekseni KD-GB gidişli ve KD'ya dalımlıdır.



Şekil 4.75: Tekneli Metamorfiti'ne ait 91 adet birimin foliasyon ölçümlerinin nokta ve kontur diyagramları.

Turhal Metaofiyoliti içerisinde yer alan meta-volkanojenik birimlerin foliasyon düzlemleri klorit, aktinolit minerallerinden oluşurken, kırıntılı kayaçların foliasyon düzlemleri ise fillosilikat minerallerinden (klorit,mika) meydana gelmektedir.

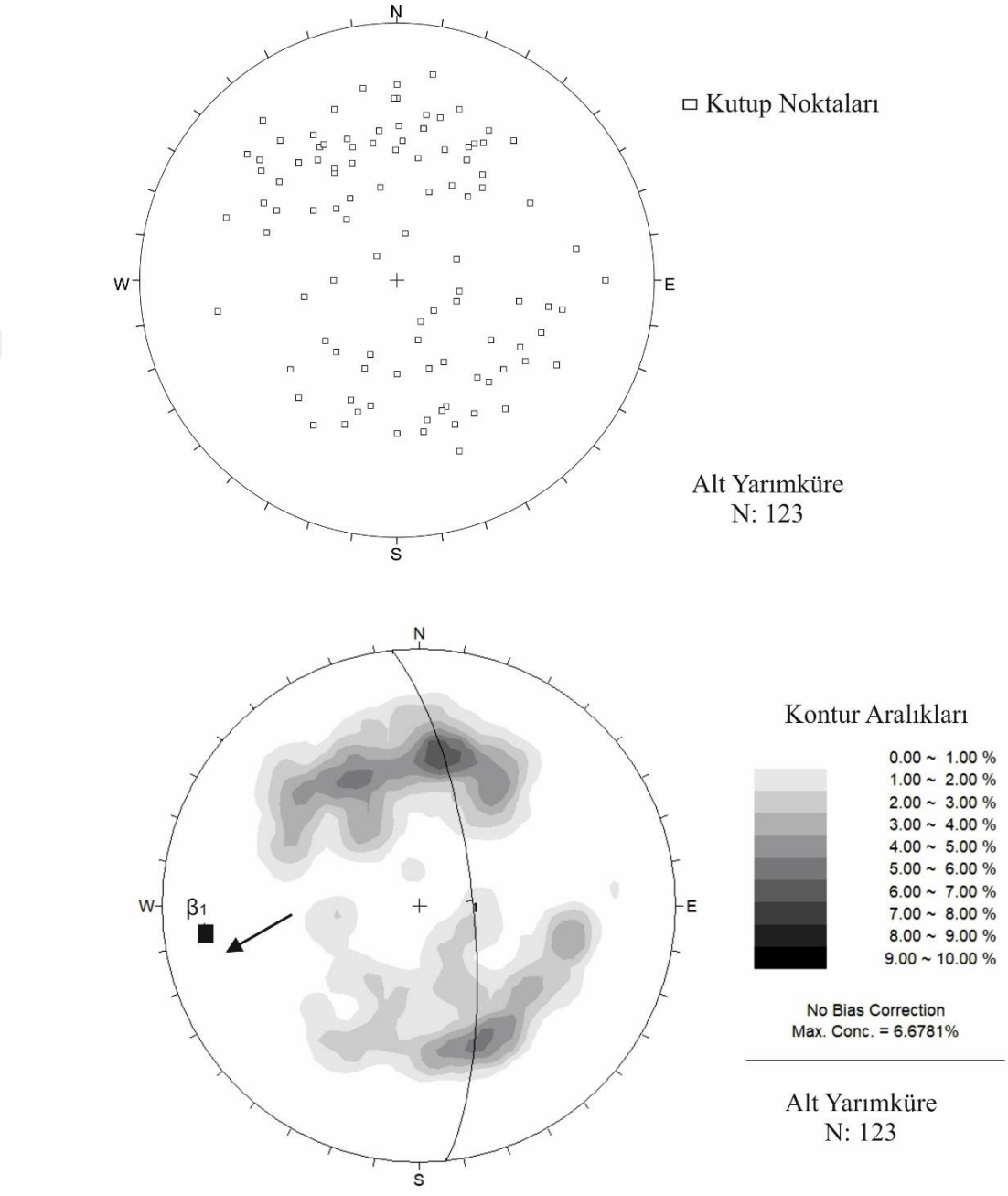
Birimlerden 26 adet foliasyon ölçüsünün nokta ve kontur diyagramları ise de Şekil 4.76'da gösterilmiştir. Kontur diyagramı üzerinde çizilen yaydan elde edilen kıvrım ekseninin konumu β1 323/35 (K53D 35KB) olarak saptanmıştır. Birimin kontur diyagramlarında çoğunlukla tek bir nokta maksimumu (aksiyal doku simetrisi) gözlenmektedir



Şekil 4.76: Turhal Metaofiyoliti'ne ait 26 adet birimin foliasyon ölçümlerinin nokta ve kontur diyagramları.

Son olarak Eskiköy Formasyonu içerisinde yer alan metapelit ve metapsamit kayaçların foliasyon düzlemleri fillosilikat minerallerinden (mika,klorit) oluşmakta ve

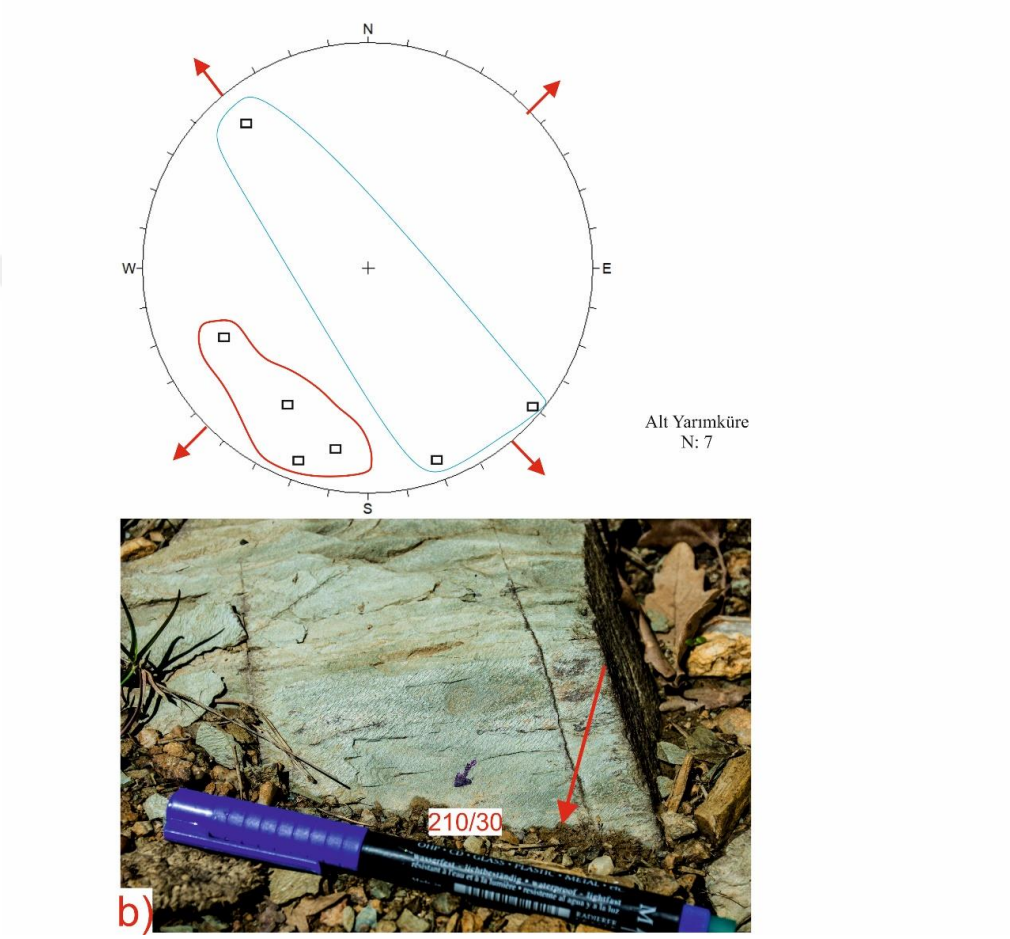
metapelitik kayaçlarda çok iyi yapraklanmalar gözlenmektedir. Eskiköy Formasyonu'na ait birimlerden yaklaşık 123 adet foliasyon ölçüsünün nokta ve kontur diyagramı Şekil 4.77'de gösterilmiştir. Kontur diyagramı üzerinde çizilen yaydan elde edilen kıvrım ekseninin konumu β1, 263/17 olarak saptanmıştır. Kıvrım ekseni GB'ya dalımlı ve KD-GB gidişlidir.



Şekil 4.77: Eskiköy Formasyonu'na ait 123 adet birimin foliasyon ölçümlerinin nokta ve kontur diyagramları.

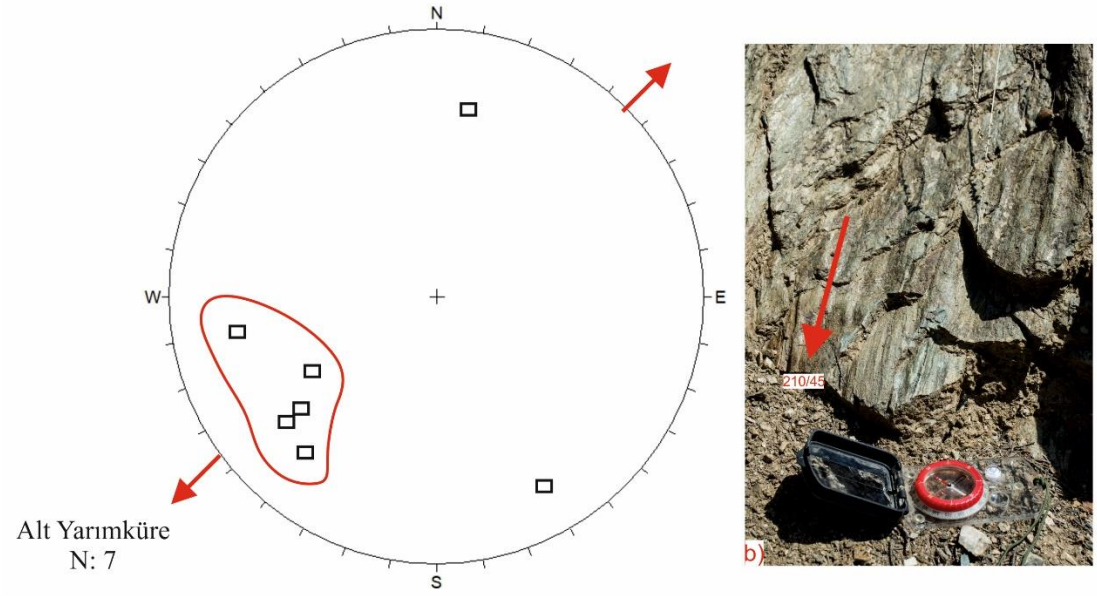
4.4.4. Lineasyon

Topçam Formasyonun içerisinde yer alan meta-volkanoklastik sedimentlerden toplamda 7 lineasyon ölçümü yapılmış olup bu kayaçlardaki lineasyonların buruşma klivajı lineasyonu olduğu tespit edilmiştir. Kontur diyagramında lineasyonların dördü GB-KD ve üç tanesi GD-KB gidişlidir. Bu lineasyonlar genel anlamda yukarıda kontur diyagramlarında saptanan kıvrım eksenleri ile paralellik göstermektedir (Şekil 4.78).



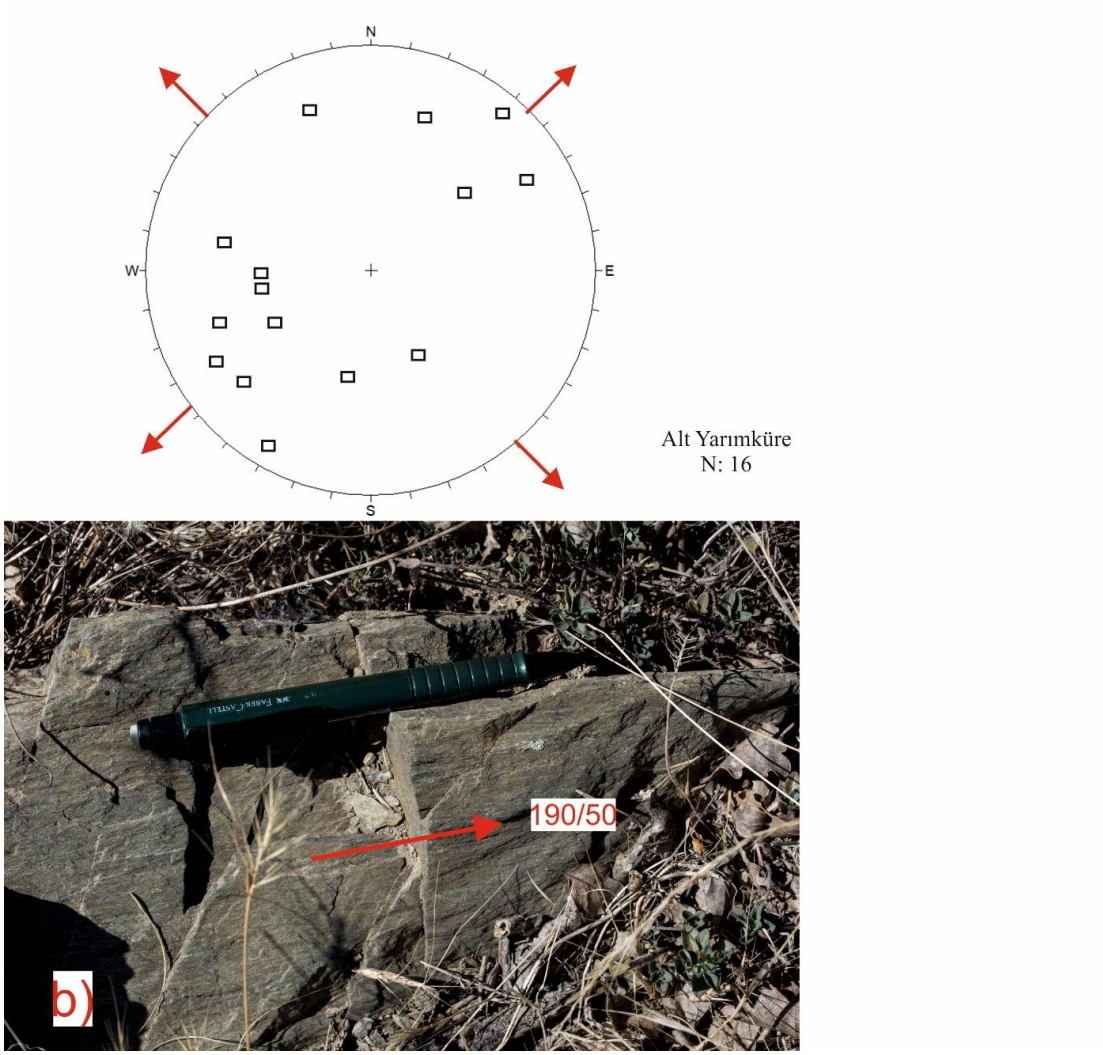
Şekil 4.78 a) Topçam Formasyonu içerisinde yer alan meta-volkanoklastik sedimentlerin 7 adet buruşma klivajı lineasyon ölçümlerinin kontur diyagramı. **b)** metavolkanoklastik sedimentler ve yüzeyinde gözlenen buruşma klivajı lineasyonu (UTM:74750 92050).

Yayladalı Metamorfiti içerisinde yer alan fillatlardan toplamda 7 lineasyon ölçümü yapılmış olup bu kayaçlardaki lineasyonların buruşma klivajı lineasyonu olduğu tespit edilmiştir. Kontur diyagramında lineasyonların altı tanesi GB-KD gidişli ve bir tanesi de GD-KB gidişlidir. Bu lineasyonlar genel anlamda yukarıda kontur diyagramlarında saptanan kıvrım eksenleri ile paralellik göstermektedir (Şekil 4.79)



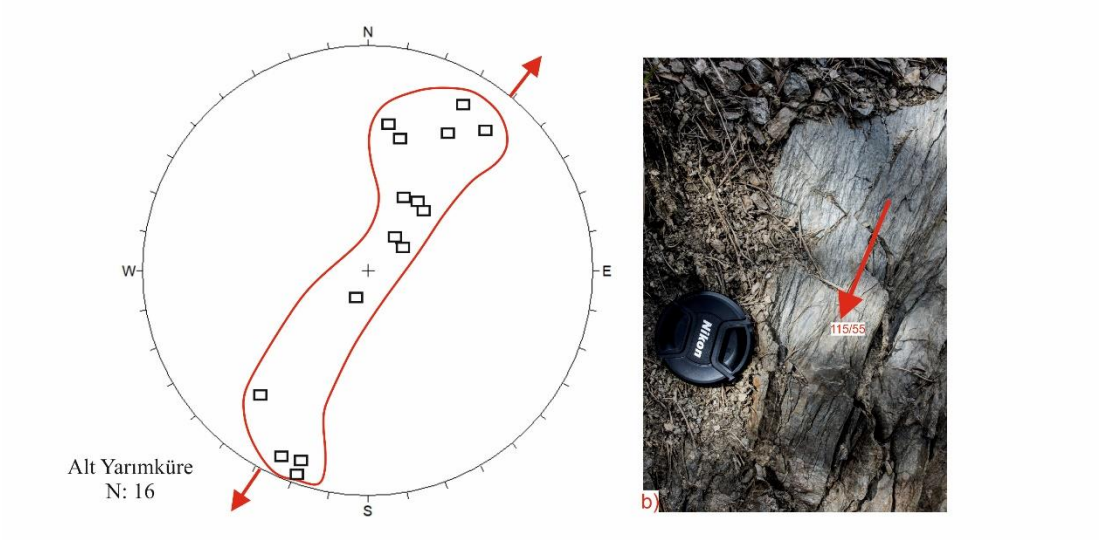
Şekil 4.79: Yayladalı Metamorfitleri içerisindeki fillatlarda gözlenen buruşma klivajı lineasyonu ve 7 adet lineasyon ölçümlerinin kontur diyagramı. UTM: 87758 73600.

Tekneli Metamorfiti içerisinde yer alan fillatlardan toplam 16 lineasyon ölçülmü yapılmış olup bu kayaçlardaki lineasyonların buruşma klivajı lineasyonu olduğu tespit edilmiştir. Kontur diyagramında lineasyonların on üç tanesi GB-KD gidişli ve üç tanesi de GD-KB gidişlidir. Bu lineasyonlar genel anlamda yukarıda kontur diyagramlarında saptanan kıvrım eksenleri ile paralellik göstermektedir (Şekil 4.80)



Şekil 4.80: Tekneli Metamorfiti içerisindeki fillatlarda gözlenen buruşma klivajı lineasyonu ve 16 adet lineasyon ölçümünün kontur diyagramı. UTM: 84868 73 646.

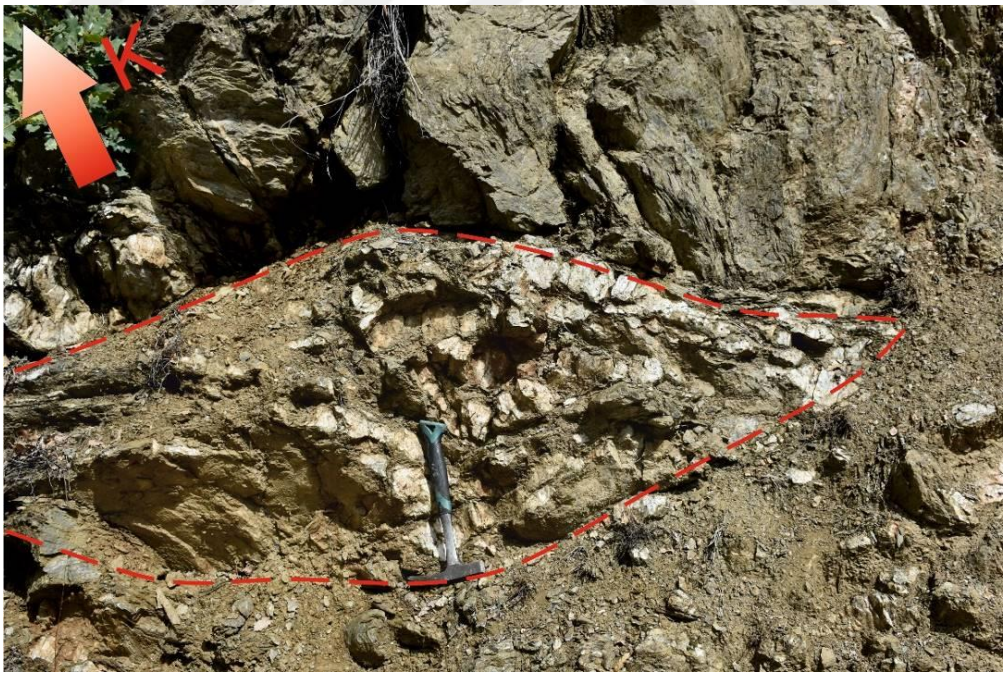
Eskiköy Formasyonu içerisinde yer alan fillatlardan toplamda 16 lineasyon ölçülmü yapılmış olup bu kayaçlardaki lineasyonların buruşma klivajı lineasyonu olduğu tespit edilmiştir. Kontur diyagramında lineasyonların on altı tanesi de GB-KD gidişlidir. Bu lineasyonlar genel anlamda yukarıda kontur diyagramlarında saptanan kıvrım eksenleri ile paralellik göstermektedir (Şekil 4.81)



Şekil 4.81: Eskiköy Formasyonu içerisindeki fillatlarda gözlenen buruşma klivajı lineasyonu ve 16 adet lineasyon ölçümünün kontur diyagramı. UTM: 87137 75801.

4.4.5. Budinler

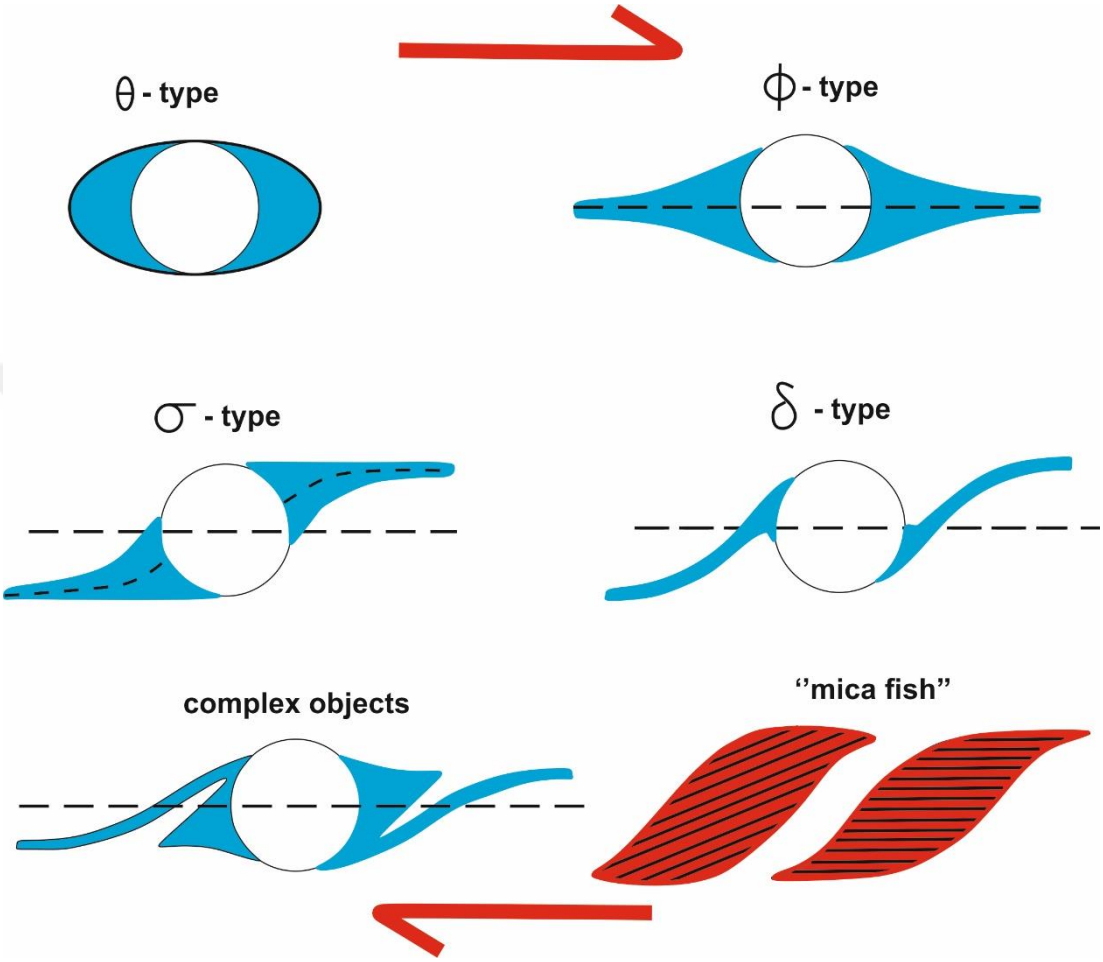
İnceleme alanında sünek deformasyonlara örnek olarak budinler gösterilebilir. Tekneli Metamorfiti içerisinde budinleşmiş kuvars damarı gözlenmektedir (Şekil 4.82).



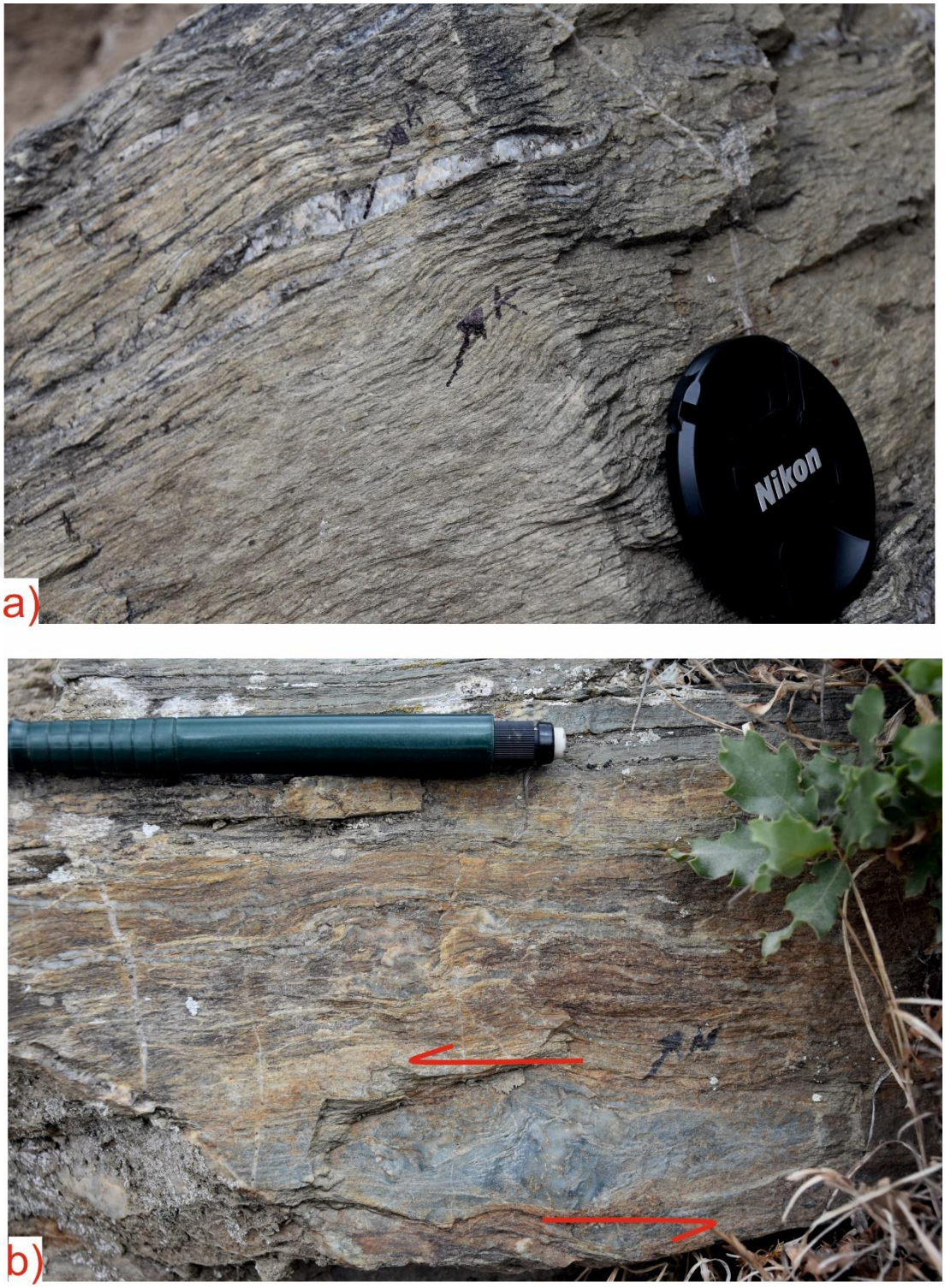
Şekil 4.82: İnceleme alanındaki Tekneli Metamorfiti içerisindeki fillatların sünek deformasyon sonucu oluşan ve GB-KD gidişli kuvarslı budin. GPS: 86442 73070

4.4.6. Makaslama yapıları

Tektonik sınırların olduğu alanlarda ve çoğunlukla milonitik kuvars mika balığı, σ tipi yapılar gözlenmektedir (Şekil 4.83). Mostralarda görülen bu uzamalar Şekil 4.84, 4.85, 4.86'da gözlenmektedir.



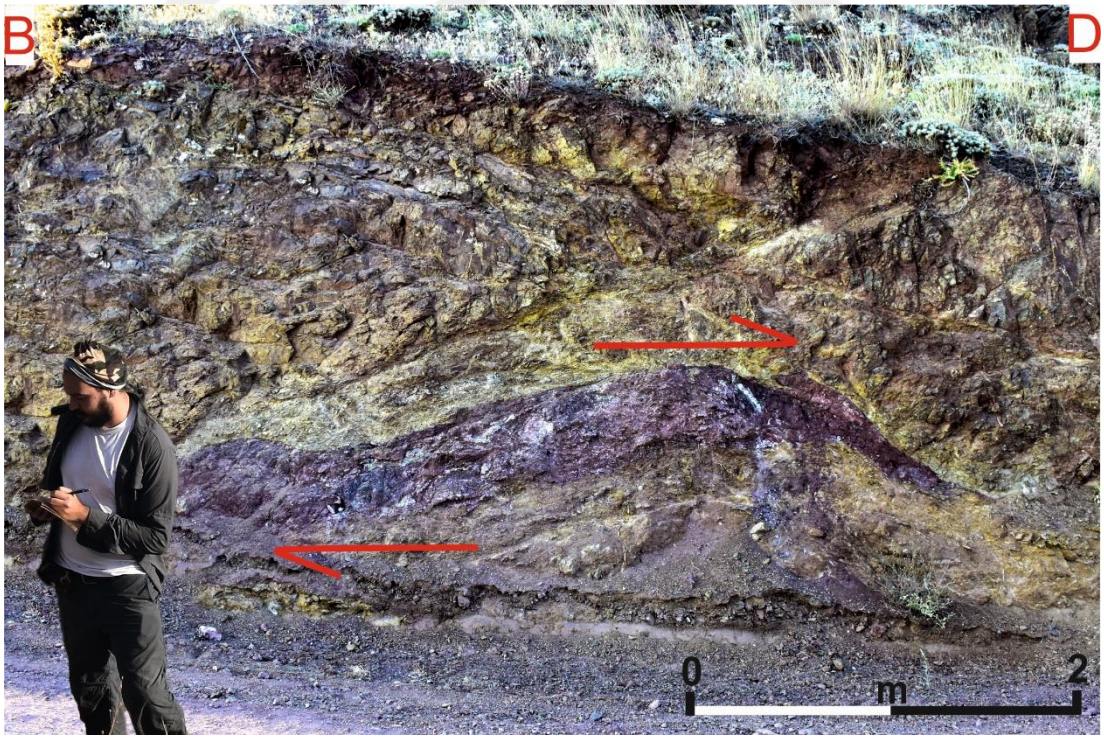
Şekil 4.83: Porfiroblastlarda gözlenen makaslama belirteçleri. Passchier & Simpson, 1986'dan değiştirilerek alınmıştır.



Şekil 4.84: Tekneli Metamorfiti ve Yayladalı Metamorfiti birimlerinde gözlenen makaslama belirteçleri. **a)** Kuvarsitler ile tektonik Tekneli Metamorfitindeki fillatlar içerisindeki kuvarsların, GB-KD doğrultusunda uzamış merceksi yapısı (UTM: 86574 72695). **b)** Fotoğrafta görülen Kuvarsit sol yönlü σ tipi makaslama yapısı (UTM: 86720 72800).



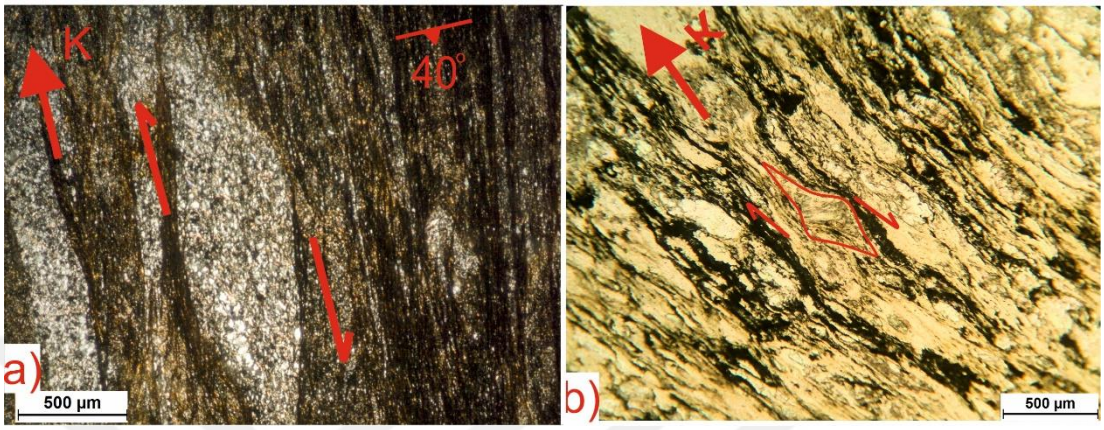
Şekil 4.85: Eskiköy Formasyonu'nda yer alan fillatlar içerisindeki kuvarslarda görülen balık yapısı (UTM: 81300 76352).



Şekil 4.86: Turhal Metaofiyolitinde bulunan ve fay zonu içerisinde yüksek basınç altında fokoid yapısı kazanmış çamurtaşı (UTM:97310 72663).

4.4.7. Yönlü Örnekler

İnceleme alanında Eskiköy Formasyonu içerisinde yer alan metapelitlerden ve Topçam Formasyonu içerisinde gözlenen metavolkanoklastik sedimenterlerden yönlü örnekler alınmış ve iki birimin tektonik ilişkisi incelenmiştir (Şekil 4.87).



Şekil 4.87: Topçam Formasyonu ve Eskiköy Formasyonu'nda yönlenme gösteren kayaçların mikroskop görüntüleri. **a)** Eskiköy Formasyonu içerisindeki TM-52b numaralı yönlü örneğe ait ince kesit görüntüsü. Fillosilikatlar kayacın foliasyon yapısını oluştururken, kuvars porfiroklastı sağ yönlü makaslama yönünü işaret etmekte olup, ince kesit yönüde dikkate alındığında üst bloğun G-GB yönünde hareket ettiği tespit edilmiştir – çift nikol. **b)** Topçam Formasyonu içerisindeki TM-67 numaralı meta-volkanoklastik sedimenterin yönlü örneğe ait ince kesit görüntüsü. Yönlü örnekte görüldüğü üzere klorit porfiroklastı sağ yönlü makaslama yönünü işaret etmekte olup, mikro-yapısal incelemeler ise üst bloğun güneye hareket ettiği makaslama zonlarının varlığını göstermektedir – çift nikol

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölümde saha ve laboratuar çalışmaları sırasında elde edilen bulgular önceki çalışmalarda sağlanan veriler de dikkate alınarak tartışılacak ve yorumlanacaktır.

İnceleme alanı Neotektonik dönemde oluşmuş Almus Fay Zonu ve bu fay zonu boyunca gelişmiş transtansiyonel Kazova havzasının kuzeyinde, Turhal Bloku üzerinde yer almaktadır. Turhal Blokunun Kazova havzası ile olan kenarı havza eksenine paralel çok sayıda fay ile kesilmiştir. Turhal Blokunun güney kenarının bir bölümünü oluşturan inceleme alanı yapılan haritalama çalışması sonucu bir dizi kaya birimine ayrılmış ve bölgenin tektono-stratigrafisi oluşturulmuştur.

Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan Topçam Formasyonu Tokat Masifi'nin önemli ve yaygın bir bileşenidir (Yılmaz ve diğ. 1997). Birim Turhal Blokunun Kazova Havzasına bakan, yanal yönde 35 km boyunca devamlılık gösteren dik yamaçlarında ve bu yamaçların kuzey devamındaki, sık ormanla kaplı yayvan topografyada (Topçam dağı zirveleri) mostra verir. Birim tümüyle meta-volkanojenik kayalardan oluşmuştur. Birim içinde ince stratigrafik düzeyler halinde meta-çört ve meta-karbonatlar da bulunur. Protoliti masif ve yastık lavlar ile volkaniklastik sedimentlerden oluşan Topçam Formasyonu yapılan haritalama sonucu ilk kez üyeler ayırtlanmıştır.

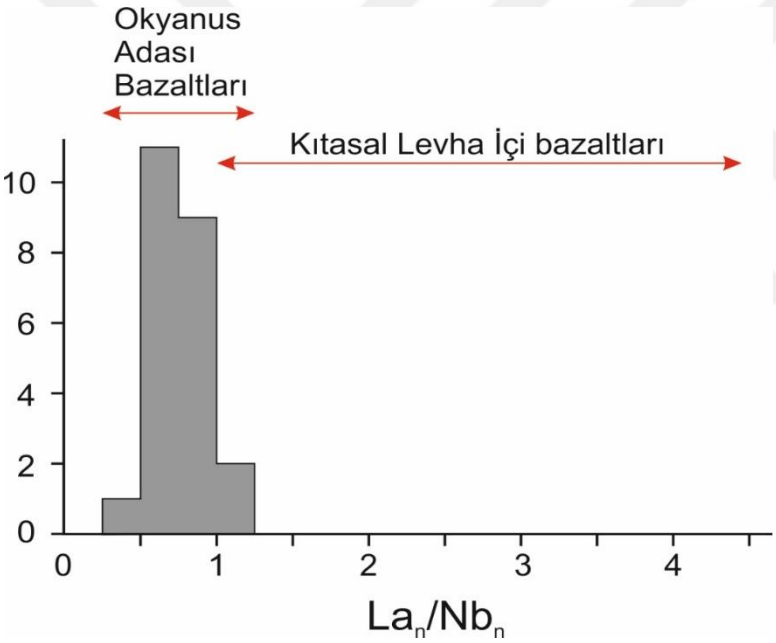
Saha, petrografik ve jeokimyasal veriler Topçam Formasyonu içindeki volkanojenik kayaların tümüyle bazik bileşimli kayalardan oluştuğunu göstermiştir. Birim içinde felsik ya da ortaç kayalara rastlanmamıştır. Birim içinde ara düzey olarak kuvarsca zengin kırıntılı kayalara da rastlanılmamıştır.

Jeokimyasal veriler birimin levha içi ortamında püskürdüğünü ortaya koymaktadır. Levha içi volkanizma ya kıta içi rift zonlarında ya da okyanusal levha üzerinde oluşabilmektedir. Her iki durumda da magmatizmanın kaynağı derin olup, astenosfer kökenlidir. Aralarındaki fark ise kıta içi rift zonlarında ergiyiklerin kıta kabuğundan kirlenmesidir. Kıta kabuğundan kirlenme en ideal olarak izotop analizleri ile mümkün olabilmektedir. Bu Yüksek Lisans tezinin sınırlı bütçesi izotop analizlerinin yapılmasına olanak vermemiştir. Araştırmalar bazik magmatik kayaların herhangi bir kıta kabuğundan kirlenip kirlenmediğinin bazı kritik element oranları ile de

anlaşılabileceğini ortaya koymuştur (Thompson vd., (1983). Kondrite normalize La/Nb oranları bu amaçla kullanılabilmektedir.

Önceki incelemeler bölümünde bahsedildiği gibi Yılmaz ve diğ. (1997) Topçam Formasyonu'nu stratigrafinin en üstüne koymuştur. Birimin içinde yer aldığı stratigrafi uyumsuz olarak Gondwana kıta kabuğu parçası üzerine oturmaktadır. Bu kabuk Permiyen yaşlı karbonatlar ve altındaki kristalen kayalardan oluşmaktadır. Bu kabuk parçası Gondwanadan riftleşerek ayrılmış, bu süreçte Triyas dönemi boyunca bir sedimenter istif gelişmiştir. Topçam Formasyonu da bu rift çökellerinin gelişiminin ileri aşamasında oluşmuştur.

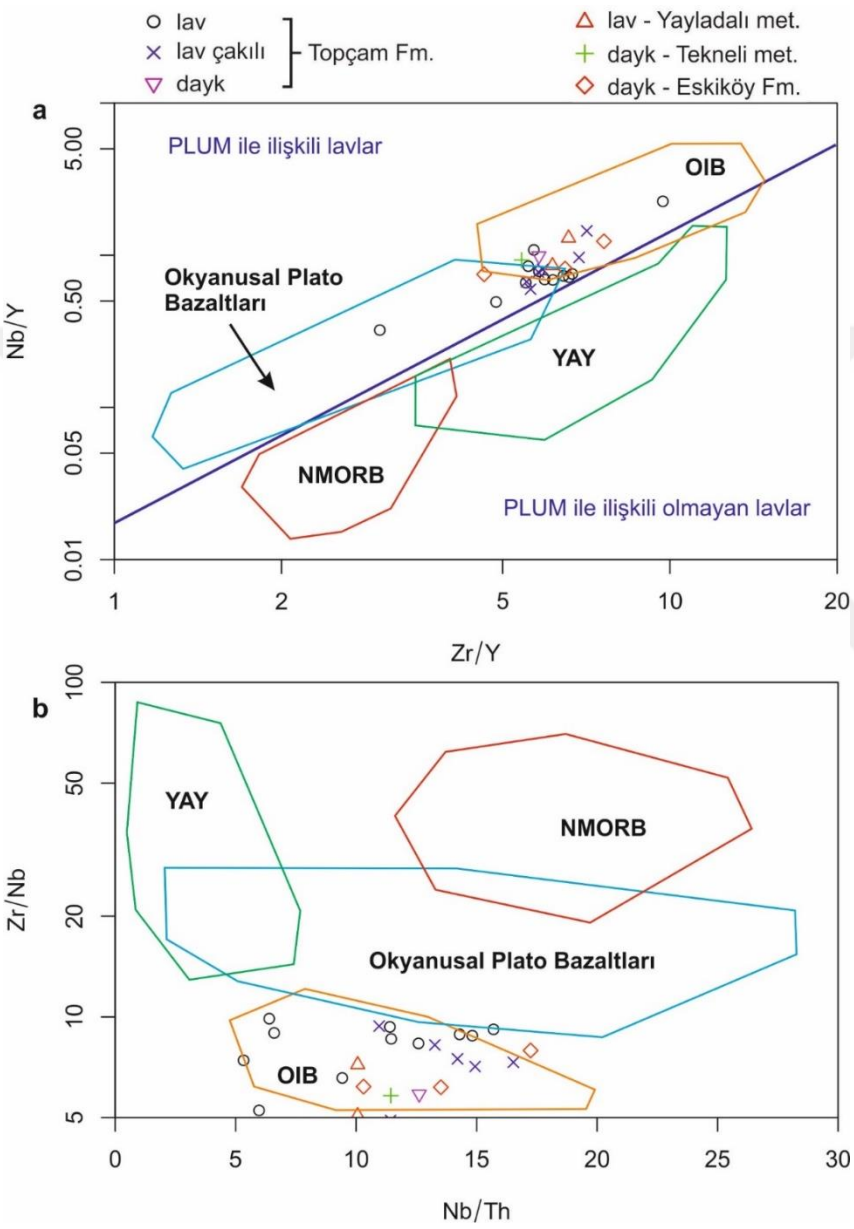
Topçam Formasyonu'nun kıta içi rift zonunda oluşup oluşmadığını kontrol etmek amacıyla mafik kayaların La_n/Nb_n oranlarının grafiği hazırlanmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1: Topçam Formasyonu'nda yer alan birimlerin Thompson vd., (1983)'e göre tektonik ortamları.

La_n/Nb_n oranı kıta içi rift zonlarında 1 ila 7 arasında olurken, okyanusal levha içi ortamlarında 0 ila 1.2 gibi oldukça dar bir aralıkta değişmektedir. Çalışma alanındaki volkaniklerin La_n/Nb_n oranı 0.5 ila 1.0 arasında pik yapmaktadır. Bu haliyle Topçam Formasyonu'nun okyanusal levha içi ortamında oluşmuş olduğu söylenebilmektedir. Topçam Formasyonu volkano stratigrafisi içinde ara seviye olarak karadan taşınmış kırıntılı sedimenter materyalin olmayışı da bu yorumu güçlendirmektedir.

Modern okyanusal levha içi püskürme ortamları okyanusal platolar ve okyanus adalarıdır (seamount). Bu iki ortamı birbirinden ayırt etmek amacıyla bazı uyumsuz element oranlarına dayalı tektonik ayırt diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 5.2). Condie (2005) tarafından geliştirilen bazalt ayırt diyagramları Nb, Zr ve Th gibi duraylı uyumsuz element oranlarına dayalıdır.



Şekil 5.2: İnceleme alanında yer alan birimlerin Condie (2005) tarafından geliştirilen bazalt tektonik ortam ayırt diyagramlarındaki konumu.

Gerek Zr/Y a karşı Nb/Y gerekse Nb/Th a karşı Zr/Nb diyagramlarında Topçam Formasyonu'na ait volkanik kayalar ana olarak Okyanus Adası ortamına düşmüşlerdir.

Bu kaya topluluklarının tümü Topçam Formasyonu içinde bulunmaktadır. Ancak Topçam Formasyonu'nda istif doğu alanlarda tabanda volkaniklastik sedimentler ile başlamakta, üste doğru masif ve yastık lavlara geçmektedir. Lav dizisi içinde piroklastik kayalar da yer alır. İstifteki bu tersine dizilim için üç alternatif söz konusudur. Bunlardan ilki tüm istifin devrik olması durumudur. Tokat Masifi'nin Mesozoyik ve Erken Senozoyik döneminde çok fazlı deformasyonları göz önüne alındığında istifin devrik olması olağandır. Saha çalışmaları sırasında istifin gençleşme yönünü verecek belirteçler meta-volkaniklastik birimlerde hep aranmış ancak iyi gelişmiş yapraklanma ve ince tane boyu nedeniyle derecelenmelere rastlanmamıştır. Yastık lav dizisinde ise istifin normal konumlu, bir başka deyişle kuzeye doğru gençleştiği saptanmıştır. İkinci alternatif lav dizisinin volkaniklastik istif üzerine tektonik olarak itilmiş olması durumudur. Bu alternatif de bölgenin geçirdiği deformasyonlar göz önüne alındığında olasıdır. Lav dizisinin yüzeylediği alanların düşük engebeli bir topogragyaya ve yoğun bir orman örtüsüne sahip olması nedeniyle volkaniklastik sedimentler ile olan dokanakları her zaman açık değildir. O nedenle bu alternatif göz ardı edilememektedir. Ancak gözlendiği yerlerde dokanağın tektonik olduğuna ilişkin emarelere rastlanmamıştır. Üçüncü alternatif ise okyanus adalarının bir dizi oluşturmasından gelmektedir. Örneğin Pasifik Okyanusu'ndaki Hawaii-Emparor deniz altı volkan dizisi birbiri ardına dizili çok sayıda adadan oluşmaktadır. Her bir ada volkanik bir çekirdek ve etrafındaki klastik fasiyeslerden oluşmaktadır. O nedenle bir adaya ait klastik fasiyesler üzerine komşu adanın volkanik çekirdeğini oluşturan lavlar gelebilir

Topçam Formasyonu'ndan bu çalışma sırasında herhangi bir yaş verisi elde edilememiştir. Topçam Formasyonu'nun inceleme alanı dışında Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları ile uyumsuz olarak örtülmesi birimin oluşum yaşına ilişkin minimum yaş verisi sağlamaktadır. Buna göre Topçam Formasyonu'nun Üst Jura öncesi yaşlı bir birim olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca birimin tektonik olarak altında yer alan meta-kırıntılı istiflerin maksimum çökelme yaşı U-Pb zirkon yaşlandırmasına göre Geç Triyastır (P.A. Ustaömer ve diğ. 2018).

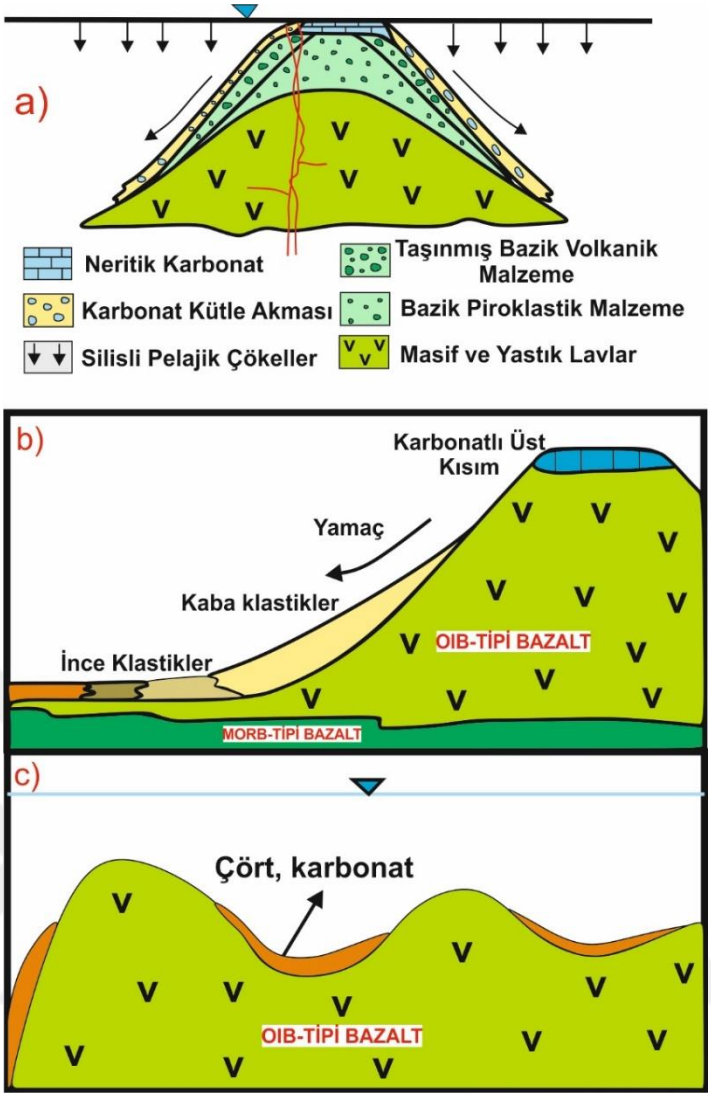
Topçam Formasyonu'na benzer birimler Karakaya Kompleksi'nin tip alanı olan Biga Yarımadası ve Bursa çevresinde yüzeylemektedir. Bu alanda Nilüfer Birimi olarak adlandırılan volkanojenik istif içindeki meta-karbonat düzeylerinden Alt-Orta Triyas yaşları alınmıştır (Pickett & Robertson 1996; Okay, 2000). Eğer Topçam Formasyonu

ile Nilüfer Birimi deneştirilebilirse Topçam Formasyonu'nun da Triyas yaşlı bir seamount olduğu söylenebilir. Ancak Topçam Formasyo ve ilişkili birimler ile Nilüfer Birimi arasında bazı farklılıklar söz konusudur. Örneğin Nilüfer Birimi başlıca meta-tüflerden oluşurken istif içinde lavlar seyrek olarak görülür (Robertson ve Ustaömer 2012). Topçam Formasyonu'nda ise lavlar istif içinde önemli bir yer tutmaktadır. Bir diğer farklılık batı alanlarda (Bursa-Balıkesir-Eskişehir çevresi) Nilüfer Birimi Karakaya Kompleksi'nin şistoz tek birimi iken Tokat Masifi'ndeki hemen hemen tüm birimler şistozdur (Ustaömer ve Ustaömer 2018). Tokat Masifi'nde şistoz melanj birimleri yaygın iken batı alanlarda benzeri yüksek dereceli melanj birimlerinin olmaması da bir diğer farklılıktır (Ustaömer ve Ustaömer 2018).

Modern Hawaii-Emperor deniz altı volkan dizisinin 81 My lık bir süreçte, Pasifik Levhasının Hawaii plümunun üzerinden geçmesi sonucu meydana geldiği bilinmektedir. Nilüfer Birimi ile Topçam Formasyonu'nun benzeri bir seamount dizisinin farklı yaş konağındaki bileşenleri olup olmadığı belirsizdir. Gelecekte yapılacak jeokronolojik çalışmaların bu sorunu çözeceği düşünülmektedir.

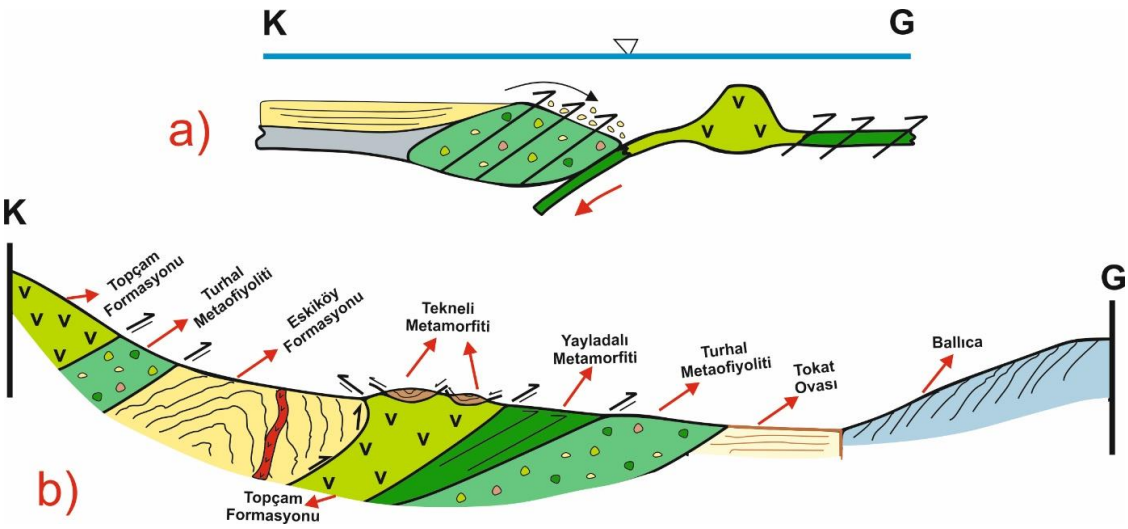
Petrografik incelemeler Topçam Formasyonu'na ait mafik kayalarda klorit + aktinolit + epidot + albit ± kuvars mineral parajenezinin geliştiği, dolayısıyla bu okyanus adası türü istifin yeşilşist fasiyesinde metamorfizmaya uğradığı anlaşılmaktadır. Meta-volkanoklastik sedimenterlerde gözlenen ribekit minerallerinin varlığı da basıncın artmasıyla birlikte yeşilşist fasiyesinden mavişist fasiyesine geçildiğini göstermektedir. Yüksek basınç metamorfizmasına yönelik bir diğer kanıt da Topçam Formasyonu'nun Necipköy (Turhal) çevresindeki yüzeylemelerinde jadeit mineralinin bulunmasıdır (Özcan ve diğ. 1986). Jadeitik sodik piroksenler mavişist fasiyesinin karakteristik piroksenlerindendir.

Topçam Formasyonu'nu temsil eden volkanik ada Paleotetis okyanus kabuğu üzerinde gelişmiş olmalıdır. Modern okyanuslarda kabuğun üst kesimi lavlar ve onları örten pelajik sedimentler ile örtülüdür. Pelajik sedimentler radyolaryalı çörtler, pelajik kireçtaşları ve pelajik killerden oluşur (Şekil 5.3). Metalik sedimentler de özellikle kara duman bacaları yakınında okyanus kabuğu üzerinde çökelirler.



Şekil 5.3: Seamount modellleri **a)** Bir denizaltı volkanik adasında gözlenen volkanik-volkanosedimenter kaya stratigrafisi (Pickett ve Robertson, 2004). **b)** OIB tipi bazaltlardan oluşan seamount'ların tepede başlıca neritik kireçtaşları, yamaçlarda ise kaba ve ince taneli kırıntılı birimler yer almaktadır. **c)** Kireçtaşları seamount'arın daha çok tepelerinde oluşurken derinlere indikçe demirce zengin çörtlere geçişler başlamaktadır (Safanove ve Santosh, 2014'ten değiştirilerek alınmıştır).

Topçam Formasyonu'nun yüksek basınç metamorfizmasına uğraması söz konusu okyanus adasının dalan Paleotetis okyanusal levhası ile birlikte aktif kenara sürüklendiği, burada derine gömülerek metamorfizmaya uğradığına işaret etmektedir (Şekil 5.4).



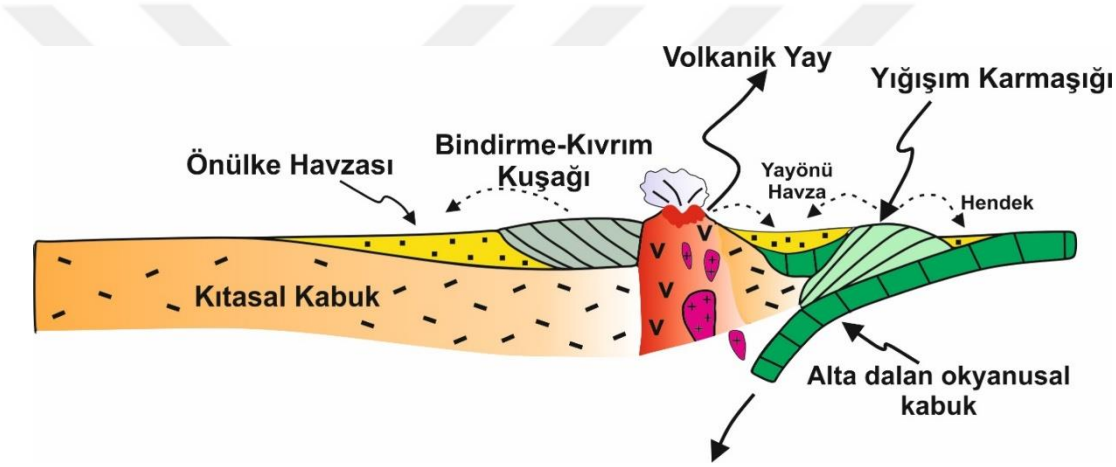
Şekil 5.4: a) Denizaltı volkanik adasının (Topçam Formasyonu, Yayladalı Metamorfiti) Lavrasya aktif kenarına eklenmesi **b)** Birimlerin K-G hattı boyunca aralarındaki tektonik ilişkiyi gösteren ölçeksiz şematik kesit.

Topçam Formasyonu'nu aktif kenara eklenmesinin ardından devam eden yitim okyanus adasının üzerinde geliştiği ve geride kalmış okyanus kabuğunu da yitime zorlayacaktır. Topçam Formasyonu'nun yapısal olarak altındaki Yayladalı Metamorfiti'nin bu süreçte oluştuğu düşünülmektedir. Yayladalı Metamorfiti'nin bazalt-çört-şeyl dizisi okyanus adasına bitişik okyanus kabuğunun üst kesimini temsil eder. Bu kabuk okyanus adasının aktif kenara eklenmesinin ardından yitime zorlanmış, bu süreçte dilimlenerek yapısal olarak kendini devam eden imbrike paket oluşmuştur (Şek. 5.4a).

Topçam Formasyonu Yılmaz vd. (1997) nin yaptıkları çalışmaya göre Tokat Masifi'nde D-B yönünde en fazla ~ 50 km uzunluklu ve K-G yönünde ~ 5-6 km genişlikli, birbirine paralel dört kuşak oluşturur (bknz. Şekil:1.2). Hem neotektonik faylar hem de Neotetis okyanusuna ait ofiyolitik melanj dilimleri de bu dört kuşağa paralel dizilim göstermektedir. O nedenle dört volkanik kuşağın birbiri ardına aktif kenara eklenmiş seamount dizisi mi yoksa aktif kenara eklenmiş bir seamountun daha sonraki deformasyonlar sonucu parçalanması ile mi ilişkili olduğu belirsizdir. Gelecekte yapılacak ayrıntılı çalışmalar ile bu sorunun da cevaplanabileceği düşünülmektedir. Günümüzdeki mostra dağılımıyla Topçam Formasyonu Tokat Masifi içinde en geniş alan kaplayan birimdir. Tüm Tokat Masifi'nin Paleotetis okyanusunun yitimi sonucu oluşmuş bir eklenir prizma olduğu düşünülürse Topçam

Formasyonu'nun aktif kenara eklenmesinin eklenir prizmayı en az 2 kat büyüttüğü söylenebilmektedir.

Topçam Formasyonu hem tabandan hem de tavandan meta-kırıntılı birimler ile tektonik olarak sınırlanmaktadır. Bu birimlerden alttaki Eskiköy Formasyonu meta-kumtaşı arakatkılı meta-pelitik kayalardan oluşmaktadır. Yılmaz ve diğ. (1997) Eskiköy Formasyonu'na ait kırıntılı kayaları filiş istifi olarak yorumlamıştır. Ustaömer ve Ustaömer (2018) ise bu filişoidal istifin içinde yabancı, ofiyolitik kaya blokları içermemesi nedeniyle melanj olmayıp bir yay önü havzada çökelen kırıntılı istif olarak yorumlamışlardır (Şekil 5.5). Bu kırıntılıların Triyas yaşlı magmatik zirkonlar içermesi Triyas yaşlı bir kıta kenarı yayından beslendiğini ortaya koymaktadır (P.A. Ustaömer ve diğ. 2018)

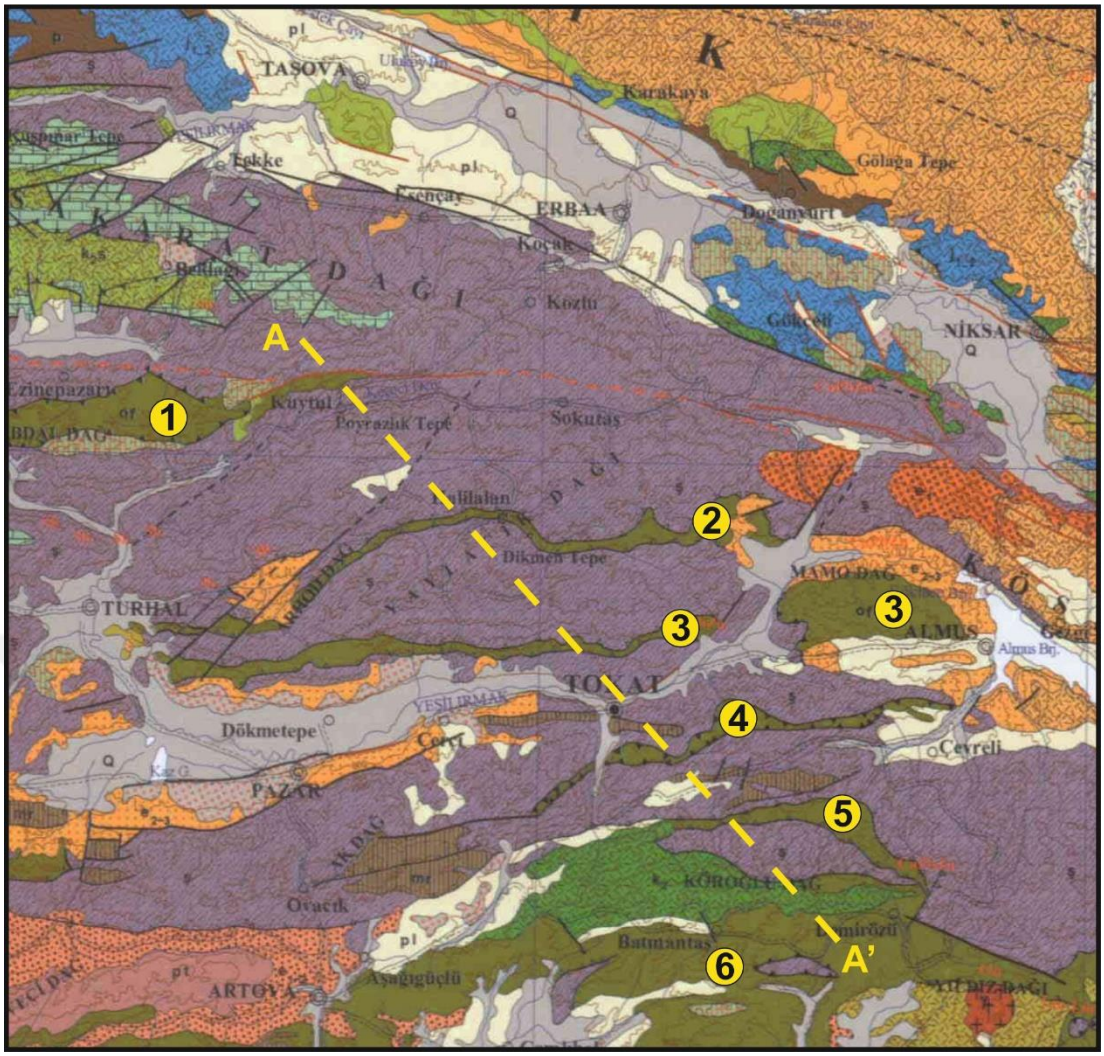


Şekil 5.5: Kumtaşlarının oluştuğu havzaları gösteren şematik levha tektoniği diyagramı (Dickinson ve Suczek 1979'a göre düzenlenmiştir).

Topçam Formasyonu üzerindeki Tekneli Metamorfiti de Eskiköy Formasyonu'na benzer meta-kırıntılılardan oluşmaktadır. Bu birimlerin birbirinin eşleniği olup olmadığı gelecekte yapılacak çalışmalar ile kontrol edilmelidir. Yukarıda da değinildiği gibi inceleme alanı çok fazlı deformasyonlara uğramıştır. O nedenle yapısal olarak altta yer alan Eskiköy Formasyonu'nun bir bölümü daha sonraki deformasyonlar sürecinde Topçam Formasyonu üzerine de itilmiş olabilir.

İnceleme alanından elde edilen yapısal veriler yukarıda tanımlanan tüm birimlerin benzer deformasyonlar geçirdiğini göstermiştir. Birimlerin dom ve havza (*Dome and Basin*) türü kıvrımlanması da çok fazlı deformasyonun bir diğer kanıtını oluşturmaktadır.

Bu bölümde son olarak inceleme alanındaki Turhal Metaofiyoliti'ne değinilecektir. Birim her ne kadar ofiyolit olarak adlandırılsa da esasen bir ofiyolitik melanjdır. Bu ofiyolitik melanj içinde Çamdere köyü kuzeyinde radyolaryalı çörtlerden elde edilen Üst Jura yaşı bu melanjın Paleotetis değil Neotetis okyanusu ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu ofiyolitik melanjın benzerleri Tokat Masifi içinde D-B gidişli altı kuşak oluşturur (Şekil 5.6). Her bir kuşak kuzeye eğimli bir bindirme dilimi olup Üst Jura yaşı alınan melanj dilimi ile litolojik benzerlik sergiler. Tokat Masifi içinde metamorfik kayalar ile birlikte ardalanan Neotetis melanj dilimlerinin kökeni bilinmemektedir. Tokat Masifi'nin kuzeyinde bir kenet kuşağı olmadığı var sayılır ise Neotetis melanjları Tokat güneyindeki İzmir-Ankara-Erzincan kenedinden türemiş olmalıdır. Bu durumda güneydeki İzmir-Ankara-Erzincan kenedinden çıkan büyük bir ofiyolit ve altındaki melanj nap şeklinde Tokat Masifini üzerlemiş olmalıdır. Bu nap yerleşimi hiç şüphesiz altındaki Tokat Masifi'ni de deformasyona uğratmıştır. Neotetise ait melanj dilimlerinin kuzeye eğimli olması ofiyolit napının yerleşiminin ardından ikinci bir deformasyonun daha meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Bu ikinci deformasyon sonucu üstteki ofiyolit ve melanj napı ile altındaki Tokat Masifi bu kez kuzeye eğimli bindirme fayları ile tekrar deformasyona uğramıştır. Üst Mesozoyik-Erken Senozoyik döneminde meydana gelen bu iki deformasyonun Paleotetisin evrimi sürecinde oluşan tektono-stratigrafiyi bozması ya da yeniden şekillendirmesi kaçınılmazdır. O nedenle inceleme alanındaki yapısal hatların ya da tektono-stratigrafik dizilimin tüm bölgesel deformasyonların bir sonucu olduğu unutulmamalıdır. Pliyosen döneminde meydana gelen doğrultu atım tektoniği de yapıyı daha da karmaşık hale getirmiştir.



Şekil 5.6: Tokat Masifi içerisinde yer alan D-B uzanımlı ofiyolitik dilimler.

5.1 SONUÇLAR

1. Bölgenin 1/25000 ölçekli jeoloji haritasının oluşturulmuştur. Topçam Formasyonu ilk kez üyelerine ayrılmış olup; meta-volkanoklastik sedimentler, volkanik konglomera, yastık lav, meta-karbonat bloğu ve masif lavlar olarak haritalanmıştır. Ayrıca önceki çalışmalarda Topçam Formasyonu içerisinde kabul edilen Yayladalı Metamorfitleri ve Tekneli Metamorfitleri inceleme alanında ilk kez adlandırılıp haritada ayırtlanmıştır.
2. Saha çalışması kapsamında her birimi temsili 95 ince kesit yapılmış olup, ince kesitlerin neticesinde toplamda 24 tanesinden jeokimya analizi yapılmıştır.
3. Hazırlanmış ince kesitlerin petrografik olarak incelenmesi ve yorumlaması yapılmış olup Topçam Formasyonu'na ait birimlerin aktinolit + klorit + epidot + albit ± kuvars ± ribekit minerallerinin varlığı ile birimin Üst Yeşilşit- Alt Mavişist metamorfizmasına maruz kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca kumtaşı ve metakumtaşları üzerinden yapılan nokta sayımları sonucunda birimlerin kumtaşı sınıflaması yapılmıştır.
4. Eskiköy Formasyonu ve Topçam Formasyonları'nın dokanağından alınan yönlü örnekler sonucunda Topçam Formasyonu'na ait üst bloğun G-GB yönünde hareket ettiği saptanmış ve bu Topçam Formasyonu'na ait metavolkanojenik birimlerin tektonik olarak Eskiköy Formasyonu'nun üzerinde yer aldığı tespit edilmiştir.
5. İnceleme alanındaki tüm birimlerin foliasyon ve lineasyon ölçümleri haritaya işlenerek elde edilen veriler ışığında inceleme alanının yapısal evrimi ortaya konmuştur.
6. Jeokimyasal analizler sonucundan Topçam Formasyonu'na ait metavolkanojenik birimlerin OIB (Okyanus adası bazaltları) tipi bazaltlar

olduğu ortaya çıkmış olup, kayaçların uyumsuz elementlerce zengin bir seamount (denizaltı volkanik adası)'da oluştuğu ve Paleotetis aktif kenarına eklenerek metamorfizmaya uğradığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Agrawal, S., & Verma, S. P. (2007). Comment on "Tectonic classification of basalts with classification trees" by Pieter Vermeesch (2006). *Geochimica et Cosmochimica Acta, 71*(13), 3388-3390.

Altıner, D., & Koçyiğit, A. (1993). An Anisian megablock in northern Central Anatolia: micropaleontologic, stratigraphic and tectonic implications for the rifting stage of Karakaya Basin, Turkey. *Revue de Paléobiologie, 12*, 1-17.

Arpat, E., & Şaroğlu, F. (1975). Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18*(1), 91-101.

Bingöl, E., Akyürek, B., & Korkmazer, B. (1973). Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri. *Cumhuriyetin, 50*, 70-77.

Blumenthal, M. M. (1950). *Beitraege zur Geologie der Landschaften am mittleren und unteren Yeşil Irmak (Tokat, Amasya, Havza, Erbaa, Niksar)*. Verlag nicht ermittelbar

Bozkurt, E., & Koçyiğit, A. (1995). Almus Fault Zone: its age, total offset and relation to the North Anatolian Fault Zone. *Turkish Journal of Earth Sciences, 4*, 93-104.

Bozkurt, E., & Koçyiğit, A. (1996). The Kazova basin: an active negative flower structure on the Almus Fault Zone, a splay fault system of the North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*, *265*(3-4), 239-254.

Bozkurt, E., Holdsworth, B. K., & Koçyiğ˘IT, A. (1997). Implications of Jurassic chert identified in the Tokat Complex, northern Turkey. *Geological Magazine*, *134*(1), 91-97.

Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey–a synthesis. *Geodinamica acta*, *14*(1-3), 3-30.

Bouma, A. H. (1972). Distribution of sediments and sedimentary structures in the Gulf of Mexico.

Bucher, K., & Frey, M. (2002). *Petrogenesis of metamorphic rocks*. Springer Science & Business Media. 377 p.

Catlos, E. J., Huber, K., & Shin, T. A. (2013). Geochemistry and geochronology of meta-igneous rocks from the Tokat Massif, north-central Turkey: implications for Tethyan reconstructions. *International Journal of Earth Sciences*, *102*(8), 2175-2198.

Cabanis, BRUNO, & Thieblemont, DENIS (1988). Kıtasal toleitlerin ve ark-bazaltların ayırt edilmesi; Yeni bir diyagram önerisi, Th-3xTb-2xTa üçgeni. *Fransa Jeoloji Derneği Bülteni*, *4* (6), 927-935.

Chatzaras, V., Xypolias, P., & Doutsos, T. (2006). Exhumation of high-pressure rocks under continuous compression: a working hypothesis for the southern Hellenides (central Crete, Greece). *Geological Magazine*, *143*(6), 859-876.

Çapan, U. Z., & Floyd, P. A. (1985). Geochemical and petrographic features of metabasalts within units of Ankara mélange, Turkey. *Ofioliti*, *10*(1), 3-18.

Deer, W. A., Howie, R. A., & Zussman, J. (1966). An introduction to the rock forming minerals, 528 p.

Delaloye, M., & BlNGOL, E. (2000). Granitoids from western and northwestern Anatolia: geochemistry and modeling of geodynamic evolution. *International Geology Review*, *42*(3), 241-268.

Dickinson, W. R., & Suczek, C. A. (1979). Plate tectonics and sandstone compositions. *Aapg Bulletin*, *63*(12), 2164-2182.

Dilek, Y., Sarıfakıoğlu, E., Sevin, M. (2017). Türkiye Ofiyolitleri, s. 39. MTA. Özel Yayın Serisi – 35.

Dirik, K. (1993). Geological history of the northward arched segment of the North Anatolian Transform Fault Zone. *Geological Journal*, *28*(3- 4), 251-266.

Dokuz, A. (2011). A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: the Köse composite pluton. *Gondwana Research*, *19*(4), 926-944.

Eyüboğlu, Y., Chung, S. L., Santosh, M., Dudas, F. O., & Akaryalı, E. (2011). Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: implications for slab window melting. *Gondwana Research*, *19*(2), 413-429.

Federici, I., Cavazza, W., OKAY, A., Beyssac, O., Zattin, M., Corrado, S., & Dellisanti, F. (2010). Thermal evolution of the Permo− Triassic Karakaya subduction-accretion complex between the Biga Peninsula and the Tokat Massif (Anatolia). *Turkish Journal of Earth Sciences*, *19*(4), 409-429.

Genç, Ş. C., & Yılmaz, Y. (1995). Evolution of the Triassic continental margin, northwest Anatolia. *Tectonophysics*, *243*(1-2), 193-207

Goldstein, R. M., Zebker, H. A., & Werner, C. L. (1988). Satellite radar interferometry: Two-dimensional phase unwrapping. *Radio science*, *23*(4), 713-720.

Göncüoğlu, M. C. (1997). Distribution of Lower Paleozoic rocks in the Alpine terranes of Turkey. *Early Paleozoic in NW Gondwana*, *3*, 13-23

Göncüoğlu, M. C., Sayit, K., & Tekin, U. K. (2010). Oceanization of the northern Neotethys: geochemical evidence from ophiolitic melange basalts within the Izmir–Ankara suture belt, NW Turkey. *Lithos*, *116*(1-2), 175-187.

Göncüoğlu, M. C., Marroni, M., Sayit, K., Tekin, U. K., Ottria, G., Pandolfi, L., & Ellero, A. (2012). The Ayli Dağ ophiolite sequence (central-northern Turkey): A fragment of middle Jurassic oceanic lithosphere within the Intra-Pontide suture zone. *Ofioliti*, *37*(2), 77-92.

Jolivet, L., Trotet, F., Monié, P., Vidal, O., Goffé, B., Labrousse, L., & Agard, P. (2010). Along-strike variations of P–T conditions in accretionary wedges and syn-orogenic extension, the HP–LT Phyllite–Quartzite Nappe in Crete and the Peloponnese. *Tectonophysics*, *480*(1-4), 133-148

Kaya, O. (2005). *Sedimantoloji*. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası. 128-128 s.

Ketin, I. (1966). Tectonic units of Anatolia. *Bull. Miner. Res. Exp.*, *66*, 23-34

Koçyiğit, A. (1979). Tekneli bölgesinin (Tokat güneyi) tektonik özelliği. *Tübitak Proje no TBAG-262*.

Koçyiğit, A. (1991). An example of an accretionary forearc basin from northern Central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neo-Tethys in Turkey. *Geological Society of America Bulletin*, *103*(1), 22-36.

Kozur, H., & Goncuoglu, M. C. (1998). Main features of the pre-Variscan development in Turkey. *ACTA-UNIVERSITATIS CAROLINAE GEOLOGICA*, (3/4), 459-464.

Kozur, H., Kaya, O., & Mostler, H. (1996). First evidence of Lower to middle Scythian (Dienerian-lower Olenekian) radiolarians from the Karakaya Zone of northwestern Turkey. *Geologisch-Palaontologische Mitteilungen Innsbruck, Sonderband*, *4*, 271-285.

Leven, E. J., & Okay, A. I. (1996). Foraminifera from the exotic Permo-Carboniferous limestone blocks in the Karakaya complex, northwestern Turkey. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, *102*(2).

Lister, G. S., & Snoke, A. W. (1984). SC mylonites. *Journal of Structural Geology*, *6*(6), 617-638

Mayringer, F., Treloar, P. J., Gerdes, A., Finger, F., & Shengelia, D. (2011). New age data from the Dzirula massif, Georgia: Implications for the evolution of the Caucasian Variscides. *American Journal of Science*, *311*(5), 404-441.

Meschede, M. (1986). A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb□ 1bZr□ 1bY diagram. *Chemical geology*, *56*(3-4), 207-218.

Mullen, E. D. (1983). MnO/TiO2/P2O5: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, *62*(1), 53-62.

Mutti, E., 1977. Distinctive thin-bedded turbidite facies and related depositional environments in the Eocene Hecho Group (southcentral Pyrenees, Spain). Sedimentology, 24: 107-131.4

Okay, A. I. (1989). Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey. In *Tectonic evolution of the Tethyan region* (pp. 109-116). Springer, Dordrecht.

Okay, A. I., Siyako, M., & Bürkan, K. A. (1991). Geology and tectonic evolution of the Biga Peninsula, northwest Turkey. *Bulletin of the Technical University of Istanbul*, *44*(1-2), 191-256

Okay, A. I. (1996). Paleo-and Neo-Tethyan events in northwest Turkey: geological and geochronological constraints. *Tectonics of Asia*, 420-441

Okay, A. I., & Monié, P. (1997). Early Mesozoic subduction in the Eastern Mediterranean: evidence from Triassic eclogite in northwest Turkey. *Geology*, *25*(7), 595-598

Okay, A. I., & Sahinturk, O. (1997). AAPG Memoir 68: Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. Chapter 15: Geology of the Eastern Pontides.

Okay, A. I., & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, *156*(1), 475-515.

Okay, A. I. (2000). Was the Late Triassic orogeny in Turkey caused by the collision of an oceanic plateau?. *Geological Society, London, Special Publications*, *173*(1), 25-41.

Okay, A. I., Monod, O., & Monié, P. (2002). Triassic blueschists and eclogites from northwest Turkey: vestiges of the Paleo-Tethyan subduction. *Lithos*, *64*(3-4), 155-178

Okay, A. I., & GÖNCÜOĞLU, M. C. (2004). The Karakaya Complex: a review of data and concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, *13*(2), 75-95

Özcan, A., Erkan, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M., & Tekeli, O. (1980). Kuzey Anadolu fayı-Kırşehir masifi arasının temel jeolojisi. *MTA Ens. Rapor*, (6722).

Özcan, A., & Aksay, A. (1996). Tokat-Turhal-Almus-Çamlıbel dolayının jeolojisi. MTA. Rapor, (9972).

Ustaömer, P.A, Ustaömer, T., Robertson, A.F.H., Gerdes., A., (2018). Tracing arc magmatism and related provenance variation along the Palaeotethyan active margin: Combined U-Pb and Lu-Hf isotopic evidence of detrial zircons in sandstones from the Tokat Massif (central Pontides) and the Ankara Melange (central Anatolia). Yayınlanmamış

Passchier, C. W., & Simpson, C. (1986). Porphyroclast systems as kinematic indicators. *Journal of Structural Geology*, *8*(8), 831-843

Passchier, C. W., & Trouw, R. A. (1996). Microtectonics. Heidelberg. *Berlin: Sopringer-Verlag*, *289*.

Pearce, J. A., & Cann, J. R. (1973). Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and planetary science letters*, *19*(2), 290-300.

Pearce, J. A. (1975). Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environments on Cyprus. *Tectonophysics*, *25*(1-2), 41-67.

Pearce, J. A., & Gale, G. H. (1977). Identification of ore-deposition environment from trace-element geochemistry of associated igneous host rocks. *Geological Society, London, Special Publications*, *7*(1), 14-24.

Pearce, J. A., & Norry, M. J. (1979). Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to mineralogy and petrology*, *69*(1), 33-47.

Pearce, J. A. (1982). Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. *Andesites*, *8*, 525-548.

Pearce, J. A. (2008). Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, *100*(1-4), 14-48.

Pearce, J. A. (2014). Immobile element fingerprinting of ophiolites. *Elements*, *10*(2), 101-108.

Pettijohn, F. J. (1975). Sedimentary rocks (Vol. 3). New York: Harper & Row.

Pickett, E. A., & Robertson, A. H. (1996). Formation of the Late Palaeozoic–Early Mesozoic Karakaya Complex and related ophiolites in NW Turkey by Palaeotethyan subduction–accretion. *Journal of the Geological Society*, *153*(6), 995-1009.

Reading, H.G. (1986). Sedimentary Environments and Facies. 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.

Ricci Lucchi, F., 1975. Depositional cycles in two turbidite formations of northern Apennines (Italy). J. Sediment. Petrol., 45: 3-43.

Robertson, A. H. F., Dixon, J. E., Brown, S., Collins, A., Morris, A., Pickett, E., & Ustaömer, T. (1996). Alternative tectonic models for the Late Palaeozoic-Early Tertiary development of Tethys in the Eastern Mediterranean region. *Geological Society, London, Special Publications*, *105*(1), 239-263.

Robertson, A. H. F., & Ustaömer, T. (2012). Testing Alternative Tectono-Stratigraphic Interpretations of the Late Palaeozoic--Early Mesozoic Karakaya Complex in NW Turkey: Support for an Accretionary Origin Related to Northward Subduction of Palaeotethys. *Turkish Journal of Earth Sciences*, *21*(6)

Rojay, F. B. (1993). Tectonostratigraphy and neotectonic characteristics of the southern margin of Merzifon-Suluova Basın (Central Pontides, Amasya).

Rojay, B. O. R. A. (1995). Post-Triassic evolution of central Pontides; evidence from Amasya region, northern Anatolia. *Geologica Romana*, *31*, 329-350

Ross, P. S., & Bédard, J. H. (2009). Magmatic affinity of modern and ancient subalkaline volcanic rocks determined from trace-element discriminant diagrams. *Canadian Journal of Earth Sciences*, *46*(11), 823-839.

Saccani, E. (2015). A new method of discriminating different types of post-Archean ophiolitic basalts and their tectonic significance using Th-Nb and Ce-Dy-Yb systematics. *Geoscience Frontiers*, *6*(4), 481-501.

Sayit, K., & Göncüoğlu, M. C. (2009). Geochemical characteristics of the basic volcanic rocks within the Karakaya Complex: a review. *Yerbilimleri*, *30*, 181-191

Şengör, A. M. C., & Yilmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, *75*(3-4), 181-241

Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y., & Sungurlu, O. (1984). Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Palaeo-Tethys. *Geological Society, London, Special Publications*, *17*(1), 77-112.

Shervais, J. W. (1982). Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *Earth and planetary science letters*, *59*(1), 101-118.

Tekeli, O. (1981). Subduction complex of pre-Jurassic age, northern Anatolia, Turkey. *Geology*, *9*(2), 68-72.

Terlemez, I., & Yılmaz, A. (1980). Unye-Ordu-Resadiye-Koyulhisar-Karacayır-Hafik arasında kalan boolgenin jeolojisi. *MTA Rap*, (6671).

T.C. Tokat Valiliği/http://www.tokat.gov.tr/tokatta-tarim-toprak-ve-turizm

Tetiker, S. (2010). KB Anadolu ve Tokat Yöresindeki Karakaya Karmaşığı (Meta)-Magmatik Kayaçlarının Mineraloji-Petrografisi ve Jeokimyası. *Cumhuriyet Yerbilimleri Dergisi, Seri A-, 27, 1, 18*.

Tetiker, S. (2009). Karakaya Karmaşığı Birimleri'nde (KB Anadolu ve Tokat Yöresi) (Meta)-Kumtaşlarının Jeokimyasal Özellikleri ve Kökeni. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri, 26, 1, 22*.

Tokay, M. (1973). Kuzey Anadolu Fay zonunun Gerede ile Ilgaz arasındaki kısmında jeolojik gözlemler. *Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Simpozyumu*, 12-29.

Topuz, G., Altherr, R., Satır, M., & Schwarz, W. H. (2004). Low-grade metamorphic rocks from the Pulur complex, NE Turkey: implications for the pre-Liassic evolution of the Eastern Pontides. *International Journal of Earth Sciences*, *93*(1), 72-91

Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W. H., Dokuz, A., & Meyer, H. P. (2007). Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex (Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey). *International Journal of Earth Sciences*, *96*(5), 861.

Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W. H., Zack, T., Hasözbek, A., & Şen, C. (2010). Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: the Gümüşhane pluton (NE Turkey). *Lithos*, *116*(1-2), 92-110

Tucker, M.E. (1991). *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks.* 2nd ed. Blackwell Science, Oxford, UK.

Tüysüz, O. (1990). Tectonic evolution of a part of the Tethyside orogenic collage: the Kargi Massif, northern Turkey. *Tectonics*, *9*(1), 141-160.

Yılmaz, A. (1981). Tokat ile Sivas arasındaki bölgede ofiyolitli karmaşığının yapısı ve yerleşme yaşı. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24, 31-36.

Yılmaz, A. (1983). Dumanlıdağ (Tokat) ile eltekdağ (Sivas) dolayının temel jeoloji özellikleri ve ofiyolitli karmaşığının konumu. Maden ve Tetkik Arama Dergisi, 99-100, 1-18.

Ustaömer, P. A., Ustaömer, T., & Robertson, A. (2012). Ion probe U-Pb dating of the Central Sakarya basement: a peri-Gondwana terrane intruded by late Lower Carboniferous subduction/collision-related granitic rocks. *Turkish Journal of Earth Sciences*, *21*(6), 905-932.

Ustaömer, T., Robertson, A. H., Ustaömer, P. A., Gerdes, A., & Peytcheva, I. (2013). Constraints on Variscan and Cimmerian magmatism and metamorphism in the Pontides (Yusufeli–Artvin area), NE Turkey from U–Pb dating and granite geochemistry. *Geological Society, London, Special Publications*, *372*(1), 49-74.

Yılmaz, Y., Gürpinar, O., Yigitbas, E., Yildirim, M., Genç, S. C., Gürer, Ö. E., & Serdar, H. S. (1993). Tokat Masifi ve yakin çevresinin jeolojisi. *Report no. 3390*, 429.

Yılmaz, Y., Serdar, H. S., Genc, C., Yigitbas, E., Gürer, Ö. F., Elmas, A., & Gürpinar, O. (1997). The geology and evolution of the Tokat Massif, south-central Pontides, Turkey. *International Geology Review*, *39*(4), 365-382.

Yılmaz, A., & Yılmaz, H. (2004). Geology and structural evolution of the Tokat Massif (eastern Pontides, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, *13*(2), 231-2

Yüzer, E., & Tunay, G. (2012). Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi. *Pozitif Matbaacılık Ltd. Şti, Maden Tetkik ve Arama Özel yayın serisi, 28*.

Wood, D. A. (1980). The application of a ThHfTa diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province. *Earth and planetary science letters*, *50*(1), 1

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Murat TABAK
Doğum Yeri	Lefkoşe
Doğum Tarihi	22.03.1990
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	0538 352 2065
E-Posta Adresi	murat__tabak@hotmail.com
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Jeoloji Bölümü
Mezuniyet Yılı	15.06.2015

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI, (ÖRGÜN ÖĞRETİM)

Makale ve Bildiriler