

**ORTA – GEÇ JURA YAŞLI BİRİMLERİN HİDROKARBON  
POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ (KARADENİZ,  
TÜRKİYE)**

**EVALUATION OF HYDROCARBON POTENTIAL OF THE  
MIDDLE - LATE JURASSIC UNITS (BLACK SEA,  
TÜRKİYE)**

**CÜNEYT BAYRAKTAROĞLU**

**PROF.DR. İSMAİL HAKKI DEMİREL**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

DOKTORA TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2023

## ÖZET

### ORTA – GEÇ JURA YAŞLI BİRİMLERİN HİDROKARBON POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ (KARADENİZ, TÜRKİYE)

**Cüneyt BAYRAKTAROĞLU**

**Doktora, Jeoloji Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof.Dr.İsmail Hakkı DEMİREL**

**Haziran 2023, 208 sayfa**

Bu çalışma, Batı ve Orta Karadeniz Bölgesi'ndeki Orta – Geç Jura yaşlı kaynak kayaçların hidrokarbon potansiyelini belirlemek amacı ile yapılan büro, saha ve laboratuvar analizleri çalışmalarını kapsamaktadır. Yapılan saha çalışmalarında alınan 87 adet örnek farklı setler halinde XRD – Tüm Kayaç, XRD – Kil Fraksiyonu, Rock – Eval Pirolizi, Toplam Karbon - Kükürt ve Organik Petrografi analizlerine tabi tutulmuştur.

Yapılan XRD - Tüm Kayaç analizlerinde Himmetpaşa Formasyonu şeyllerinde kil minerallerinin hâkim olduğu (%46,2), kil minerallerini kuvars (%35,1) ve mika (%9,7) minerallerinin takip ettiği, XRD – Kil Difraksiyonu analizinde tespit edilen kil mineralleri bulunma oranlarına göre ise kaolinitin hâkim olduğu (%70,8), illitin (%23,1) kaoliniti takip ettiği görülmüştür. İllit kristalinitesi, keskinlik oranı ve klorit kristalinitesi ölçümlerinde diyajenez ile metajenez arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir. Dogger yaşlı Himmetpaşa Formasyonu şeyllere uygulanan Rock – Eval Piroliz analizi değerlendirmelerinde TOC açısından oldukça iyi değerler elde edilse de örneklerin büyük bir kısmı S<sub>2</sub> değerlerinin düşük olması sebebi ile Tip IV kerojen olarak sınıflanmış, ancak örnek seti içerisinde hidrokarbon üretme potansiyeli olan örnek de saptanmıştır.

Triyas – Liyas yaşlı Akgöl Formasyonu şeyllerinde gerçekleştirilen XRD – Tüm Kayaç analizlerinde bulunma oranlarına göre kil minerallerinin hâkim olduğu (%36,3), kuvars (%19,2) ve kaolinit minerallerinin (%8,3) takip ettiği, XRD – Kil Difraksiyonu analizlerinde ise tespit edilen en bol kil mineralinin illit (%55,5) olduğu, illit kil mineralini kaolinit (%34,6) ve kloritin (%5,6) takip ettiği görülmüştür. İllit kristalinitesi, keskinlik oranı ve klorit kristalinitesi ölçümlerinde diyajenez ile metajenez arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir. Rock – Eval Piroliz analizi değerlendirmelerinde genel olarak gerek TOC gerekse S<sub>2</sub> açısından Akgöl Şeylleri'nin aktüel olarak hidrokarbon üretme potansiyellerinin oldukça zayıf olduğu görülmüştür. Baskın kerojen tipi Tip IV olsa da 6 örnek Tip III kerojen olarak sınıflanmıştır. Akgöl Formasyonu örnekleri arasında hidrokarbon üretme potansiyeli olan bir örneğe rastlanmamıştır.

Triyas – Liyas yaşlı Akgöl Formasyonu'nda ayrıca formasyonun genç kısımlarına yani Liyas'a (özelde Torsiyen) doğru gidildikçe TOC miktarının artıp artmadığı test edilmeye çalışılmış, bu yolla T-OAE'nin (Torsiyen Okyanusal Anoksik Olayı) Karadeniz Bölgesi'nde varlığına da bir ipucu sağlanmak istenmiştir. Bu amaçla yapılan örneklemelelerde ipucu niteliğinde şüphe uyandırıcı sonuçlara ulaşılmış olsa da yapılan bu değerlendirme gerçekleştirilecek yeni çalışmalar ile teyide muhtaçtır.

Triyas yaşlı Çakrazboz Formasyonu'nda XRD – Tüm Kayaç analizi sonuçlarına göre kil minerallerinin bulunma oranının %44,2, kalsit mineralinin bulunma oranının %28,6 olduğu belirlenmiştir. XRD - Kil Difraksiyonu analizlerinde de hakim kil minerallerinin sırası ile İllit (%50,2), Vermikulit (%21,5) ve Kaolinit (%11,97) olduğu görülmüştür. XRD – Kil diftogramlarından gerçekleştirilen termal olgunlaşma ölçümlerinde üç örnek diyajenetik zon, bir örnek de diyajenetik zon sınırına yakın ancak ankizon'da yer almıştır. Rock – Eval Piroliz analizleri sonucunda, hidrokarbon üretme potansiyeline sahip, “çok iyi” kaynak kaya olarak sınıflanan, Tip II kerojen içeren ve petrol penceresinde yer alan bir örnek saptanmıştır.

Tez konusu kapsamı içerisinde olmasa da saha çalışmasındaki bütünlüğün sağlanması amacıyla alınan Çağlayan ve Cankurtaran Formasyonlarına ait örneklerin de analizleri yapılmış ve değerlendirmeleri tez içerisinde verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Himmetpaşa Formasyonu, Akgöl Formasyonu, Çakrazboz Formasyonu, Jura, Kaynak kaya potansiyeli, Organik jeokimya, XRD difraksiyonu

## **ABSTRACT**

### **EVALUATION OF HYDROCARBON POTENTIAL OF THE MIDDLE - LATE JURASSIC UNITS (BLACK SEA, TURKEY)**

**Cüneyt BAYRAKTAROĞLU**

**Doctor of Philosophy, Department of Geological Engineering**

**Supervisor: Prof.Dr.İsmail Hakkı DEMİREL**

**June 2023, 208 pages**

This study aims to determine the hydrocarbon potential of Middle-Late Jurassic source rocks in the Western and Central Black Sea regions through office, field, and laboratory analyses works. A total of 87 samples collected during fieldwork were subjected to XRD-Whole Rock, XRD-Clay Fraction, Rock-Eval Pyrolysis, Total Carbon-Sulfur, and Organic Petrography analyses in different sets.

XRD-Whole Rock analysis revealed that clay minerals were dominant in the Himmetpaşa Formation shales (%46.2), followed by quartz (%35.1) and mica (%9.7). XRD-Clay Diffraction analysis indicated that kaolinite was dominant (%70.8), followed by illite (%23.1), based on the occurrence rates of clay minerals. Illite crystallinity, sharpness ratio, and chlorite crystallinity measurements yielded results that varied between diagenesis and metagenesis. While the Rock-Eval Pyrolysis analysis of the Himmetpaşa Formation shales yielded quite good results in terms of TOC, most of the samples were classified as Type IV kerogen due to low S<sub>2</sub> values. However, one sample with hydrocarbon production potential have been identified in the sample set.

In the Triassic – Liassic Akgöl Formation shales, XRD-Whole Rock analysis showed that clay minerals were dominant (%36.3), followed by quartz (%19.2) and kaolinite minerals

(%8.3) based on their occurrence rates. XRD-Clay Diffraction analysis revealed that illite was the most abundant clay mineral (%55.5), followed by kaolinite (%34.6) and chlorite (%5.6). Illite crystallinity, sharpness ratio, and chlorite crystallinity measurements yielded results that varied between diagenesis and metagenesis. Generally, the Rock-Eval Pyrolysis analysis of the Akgöl shales indicated that their current hydrocarbon generation potential were quite poor in terms of both TOC and S<sub>2</sub>. Although the dominant kerogen type was Type IV, 6 samples have been classified as Type III kerogen. No sample with hydrocarbon production potential was found among the Akgöl Formation samples.

Furthermore, in the Triassic-Liassic Akgöl Formation, attempts were made to test whether the TOC value increases towards the younger parts of the formation, specifically the Toarcian age, to provide a clue for the existence of the T-OAE (Toarcian Oceanic Anoxic Event) in the Black Sea region. Although some results that raised suspicion were obtained from the samples taken for this purpose, this evaluation requires confirmation with new studies.

According to the results of XRD – Whole Rock analysis in the Triassic Çakrazboz Formation, the dominant clay minerals were 44.2% and calcite minerals were 28.6%. XRD - Clay Diffraction analysis revealed that the dominant clay minerals were Illite (50.2%), Vermiculite (21.5%), and Kaolinite (11.97%) respectively. Thermal maturation measurements conducted from the XRD - Clay diffractograms showed that three samples were in the diagenetic zone, and one sample was near the diagenetic zone boundary but still within the anchizone. The result of the Rock – Eval Pyrolysis analyzes identified a sample with hydrocarbon generation potential, classified as a “very good” source rock, containing Type II kerogen and is in the oil window.

In addition to the above formations, although not within the scope of the thesis, the samples from the Çağlayan and Cankurtaran Formations taken in order to ensure the integrity of the field work were also analyzed and their evaluations were given in the thesis.

**Keywords:** Himmetpaşa Formation, Akgöl Formation, Çakrazboz Formation, Jurassic, Source rock potential, organic geochemistry, XRD Diffraction

## TEŞEKKÜR

Doktora tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın oluşum aşamasında;

Beni doktora öğrencisi olarak kabul ederek bu sürecin tamamında bilimsel katkı, yönlendirme, eleştiri ve destekleriyle yanımda olan tez danışmanım Prof. Dr. İsmail Hakkı DEMİREL'e,

Değerli bilgileri ile tezin gelişimine yardımcı olarak organik petrografi ve toplam karbon – kükürt analizlerini gerçekleştiren Prof. Dr. Ali İhsan KARAYİĞİT'e,

Her daim bilgi, fikir ve desteklerini esirgemeyerek XRD Tüm Kayaç ve XRD Kil Difraksiyonu analizlerini gerçekleştiren, Prof. Dr. Abidin TEMEL'e,

Katkı ve desteklerinden dolayı tez jüri üyelerim Prof. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY ve Doç.Dr. Fatma HOŞ ÇEBİ'ye,

Arazi çalışmamda bana eşlik ederek gerektiğinde bilgi ve yardımlarını eksik etmeyen arkadaşım Levent BAYRAM ve katkılarından dolayı Dr. Rıza Görkem OSKAY'a,

Örnek hazırlama ve analizlerin yapılmasında emeği geçen Sayın Gülay Kılınç ve Sayın Osman KÜÇÜKKURT'a,

23 yıldır içerisinde bulunduğum ERG Şirketler Grubuna ve çalışma arkadaşlarıma,

Ve elbette, başta hayat arkadaşım Yeliz olmak üzere bugüne kadar bana verdikleri sevgi ve destek için aileme ve dostlarıma teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

<b>TEŞEKKÜR</b> .....	v
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	vi
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	xii
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xix
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR</b> .....	xxiii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Çalışmanın Amacı .....	4
1.2. Çalışma Alanı ve Coğrafik Özellikleri .....	4
1.3. Önceki Çalışmalar .....	6
1.3.1. Hidrokarbon Aramacılığında Jura Döneminin Önemi ve Okyanusal Anoksik Olaylar .....	6
1.3.2. Mesozoyik Dönemindeki Okyanusal Anoksik Olaylar .....	7
1.3.2.1. Jura Dönemindeki Okyanusal Anoksik Olaylar .....	7
1.3.2.2. Erken Torsiyen Dönemi Okyanusal Anoksik Olayı (T-OAE) .....	9
1.3.3. Lavrasya’da Jura’nın Hidrokarbon Potansiyeli .....	12
<b>2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ</b> .....	17
2.1. Giriş .....	17
2.2. Bölgenin Tektonik ve Jeolojik Evrimi.....	17
2.3. İstanbul Zonu Tektonik Birliği’nde Kalan Çalışma Alanının Jeolojisi.....	26
2.3.1. Giriş .....	26
2.3.2. Stratigrafi .....	29
2.3.2.1. Karadon Formasyonu (Cka) .....	30
2.3.2.2. Çakraz Formasyonu (PTRÇ) .....	31
2.3.2.3. Çakrazboz Formasyonu (TRÇ).....	32
2.3.2.4. Himmetpaşa Formasyonu (Jh).....	33

2.3.2.5. Bürnük Formasyonu (Jb).....	35
2.3.2.6. İnalıt Formasyonu (JKi) .....	36
2.3.2.7. ağlayan Formasyonu (Ku).....	38
2.3.2.8. Kilimli Formasyonu (Kk) .....	40
2.3.2.9. Kapanboğazı Formasyonu (Kyk).....	40
2.3.2.10. Yemişliçay Formasyonu (Ky) .....	41
2.3.2.11. Akveren Formasyonu (Kta).....	41
2.3.2.12. Atbaşı Formasyonu (Tpea).....	43
2.3.2.13. Kusuri Formasyonu (Te).....	43
2.3.2.14. Safranbolu Formasyonu (Tes) .....	44
2.3.2.15. Karabük Formasyonu (Teka).....	45
2.3.2.16. Yamaç Molozu (Qym).....	46
2.3.2.17. Alüvyon (Qal).....	46
2.4. Sakarya Zonu Tektonik Birliği'nde Kalan alışma Alanının Jeolojisi.....	46
2.4.1. Giriş .....	46
2.4.2. Stratigrafi .....	47
2.4.3. Kuzey İstifi .....	49
2.4.3.1. Bekirli Formasyonu (TRJb).....	49
2.4.3.2. Mesozoyik Ofiyolit (Mof) .....	52
2.4.3.3. Akgöl Formasyonu (TRJa) .....	53
2.4.3.4. Devrakani Metamorfiti (Pd) .....	54
2.4.3.5. Gürleyik Gnaysı (Pdg).....	55
2.4.3.6. Başakpınar Metakarbonatı (Pdb).....	55
2.4.3.7. Granitoyid (Jg).....	56
2.4.3.8. Bürnük Formasyonu (Jb).....	57
2.4.3.9. İnalıt Formasyonu (JKi) .....	57
2.4.3.10. ağlayan Formasyonu (Ku).....	58



2.4.3.11. Kapanboğazı Formasyonu (Kk).....	58
2.4.3.12. Yemişliçay Formasyonu (Kcv).....	59
2.4.3.13. Cankurtaran Formasyonu (Kc).....	59
2.4.3.14. Akveren Formasyonu (KTa).....	60
2.4.3.15. Atbaşı Formasyonu (Tpea).....	60
2.4.3.16. Kusuri Formasyonu (Tek).....	61
2.4.3.17. Tekkeköy Formasyonu (Tet).....	61
2.4.3.18. Sarikum Formasyonu (plQs).....	62
2.4.3.19. Eski Akarsu Çökeli (Qeal).....	62
2.4.3.20. Plaj Çökelleri (Qp).....	62
2.4.3.21. Alüvyon (Qal).....	63
2.4.4. Kastamonu – Taşköprü - Boyabat Havzası.....	63
2.4.4.1. Pervanekaya Formasyonu (KTpp).....	64
2.4.4.2. Ilıca Formasyonu (Te1).....	64
2.4.4.3. Martlı Formasyonu (Tem).....	65
2.4.4.4. Sakızdağı Formasyonu (Toms).....	66
2.4.5. Güney İstifi.....	67
2.4.5.1. Beşpınar Formasyonu (KTPEb).....	67
2.4.5.2. Kargı Ofiyoliti (Kok).....	68
2.4.5.3. Saraycık Formasyonu (Ks).....	71
2.4.5.4. Çalarasın Formasyonu (Kç).....	71
2.4.5.5. Neritik Kireçtaşı (JKk).....	72
2.4.5.6. Meryemdere Formasyonu (Teme).....	72
2.4.5.7. Köprübaşı Formasyonu (Tomk).....	73
2.4.5.8. Hacılı Formasyonu (Tmh).....	74
2.4.5.9. Yedikır Formasyonu (Tmply).....	75
2.4.5.10. Eski Alüvyon (Qeal).....	75

2.4.5.11. Alüvyon (Qal).....	75
3. ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ.....	76
3.1. Büro Çalışmaları.....	76
3.2. Arazi Çalışmaları.....	78
3.2.1. 1. Arazi Çalışması .....	78
3.2.2. 2. Arazi Çalışması .....	87
3.3. Laboratuvar Çalışmaları .....	96
4. MİNERALOGİK ANALİZLER.....	97
4.1. Tüm Kayaç XRD Analizleri.....	97
4.1.1. Çakrazboz Formasyonu’nda Bulunan Minerallerin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri.....	102
4.1.2. Himmetpaşa Formasyonu’nda Bulunan Minerallerin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri.....	104
4.1.3. Akgöl Formasyonu’nda Bulunan Minerallerin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri .....	106
4.1.4. Cankurtaran Formasyonu’nda Bulunan Minerallerin Ortalaması ve Örnek Serilerine göre Değişimleri.....	112
4.1.5. Çağlayan Formasyonu’nda Bulunan Minerallerin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri .....	113
4.1.6. Tüm Formasyonların Ortalama Mineral İçeriklerinin Karşılaştırılması.....	117
4.2. Kil Mineralojisi XRD Analizleri.....	119
4.2.1. Çakrazboz Formasyonu’nda Bulunan Kil Minerallerinin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri.....	122
4.2.2. Himmetpaşa Formasyonu’nda Bulunan Kil Minerallerinin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri.....	123
4.2.3. Akgöl Formasyonu’nda Bulunan Kil Minerallerinin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri.....	124
4.2.4. Cankurtaran Formasyonu’nda Bulunan Kil Minerallerinin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri.....	126

4.2.5. Çağlayan Formasyonu'nda Bulunan Kil Minerallerinin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri.....	127
4.2.6. Tüm Formasyonların Ortalama Kil Minerali İçeriklerinin Karşılaştırılması ..	128
4.3. Kil Minerallerinden Termal Olgunlaşma Tayini.....	130
4.3.1. İllit – Kristalinite İndeksi (IC).....	130
4.3.2. Weaver Keskinlik Oranı (SR).....	133
4.3.3. Klorit Kristalinitesi (ChC).....	135
4.3.4. İllit Kristalinite – İllit Keskinlik Oranı – Klorit Kristalinite Değerlerinin Karşılaştırılması.....	138
5. ORGANİK JEOKİMYA .....	142
5.1. Rock-Eval Piroliz .....	143
5.1.1. S <sub>1</sub> (mgHC/g kayaç).....	144
5.1.2. S <sub>2</sub> (mgHC/g kayaç).....	145
5.1.3. S <sub>3</sub> (mgCO <sub>2</sub> /g kaya).....	145
5.1.4. S <sub>4</sub> (mgC/g kaya).....	146
5.1.5. T <sub>max</sub> (°C).....	146
5.1.6. Toplam Organik Karbon (TOC).....	147
5.1.7. Hidrojen İndeksi (HI).....	150
5.1.8. Oksijen İndeksi (OI).....	151
5.1.9. Üretim İndeksi (PI).....	152
5.1.10. S <sub>1</sub> /TOC Oranı .....	153
5.1.11. Pirolize Karbon (PC).....	154
5.1.12. Kalıntı Karbon (RC).....	154
5.1.13. S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> .....	154
5.1.14. T <sub>max</sub> Değeri İle Vitrinit Yansıtmasının Hesaplanması (%Ro).....	155
5.2. Rock – Eval Pirolizi Analiz Sonuçları ve Hidrokarbon Potansiyeli.....	155
5.2.1. 1. Arazi Çalışması Rock – Eval Pirolizi Analiz Sonuçları.....	155

5.2.1.1. Analiz Sonuçlarının Kaynak Kaya Potansiyeli Açısından Değerlendirilmesi .....	158
5.2.1.2. Analiz Sonuçlarının Kerojen ve Hidrokarbon Türü Açısından Değerlendirilmesi .....	161
5.2.1.3. Analiz Sonuçlarının Olgunlaşma Seviyeleri Açısından Değerlendirilmesi .....	165
5.2.2. 2. Arazi Çalışması Rock – Eval Pirolizi Analiz Sonuçları .....	169
5.2.2.1. Analiz Sonuçlarının Kaynak Kaya Potansiyeli Açısından Değerlendirilmesi .....	171
5.2.2.2. Analiz Sonuçlarının Kerojen ve Hidrokarbon Türü Açısından Değerlendirilmesi .....	173
5.2.2.3. Analiz Sonuçlarının Olgunlaşma Seviyeleri Açısından Değerlendirilmesi .....	176
5.3. Hidrokarbon Kaynak Kaya Potansiyellerinin Değerlendirilmesi .....	180
5.3.1. Himmetpaşa Formasyonu Hidrokarbon Kaynak Kaya Potansiyeli .....	180
5.3.2. Akgöl Formasyonu Hidrokarbon Potansiyeli .....	184
5.4. Toplam Karbon – Kükürt Analizleri .....	189
6. ORGANİK PETROGRAFI .....	191
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	196
8. KAYNAKLAR .....	201
9. EKLER .....	209

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. 1994 – 2019 yılları arası için dünya enerji tüketiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı. ((BP, 2020) raporundan düzenlenmiştir).....	2
Şekil 1.2. 2040 yılına kadar dünya enerji tüketiminin enerji kaynaklarına göre dağılımının projeksiyonu. ((IEA, 2020) raporundan düzenlenmiştir) .....	3
Şekil 1.3. 2013- 2022 yılları arası Türkiye’de Petrol ithalatı ve Petrol üretimi ((TP, 2023) raporundan derlenmiştir) .....	4
Şekil 1.4. Çalışma alanının kabartma haritası üzerinde gösterimi .....	5
Şekil 1.5. Dünyadaki kaynak ve rezervuar kayaların stratigrafik dağılımı. Klemme ve Ulmişek (1991)’den değiştirilmiştir. ....	6
Şekil 1.6. Mesozoyik dönemdeki OAE’ler (Jenkyns, 2010).....	10
Şekil 1.7. Geç Jura-Erken Kretase karbon izotop stratigrafisinin derlemesi, ana volkanik olaylar, siyah şeyl episodları ve deniz biyokalsifikasyon krizleri. Siyah şeyller: JA, Niveau Jacob; LS, Selli Seviyesi; BA, Barrem siyah şeylleri; FA, Faraoni Seviyesi; WE, Weissert Olayı veya Barrande Katmanları (Emeis ve Weissert, 2009).....	11
Şekil 1.8. Erken Torsiyen yaşlı organik maddece zengin şeyllerin ve/veya manganlı karbonatlarının Alp – Akdeniz Kuşağı’ndaki dağılımı (Jenkyns, 1988).....	12
Şekil 1.9. Paratetis hidrokarbon kaynaklarının 1/5.000.000 ölçekli jeoloji haritası üzerinde gösterimi (Boote ve ark., 2018).....	13
Şekil 1.10 Paratetis’teki petrol sistemlerinin rezervleri ve kaynak kaya dağılımları. (Boote ve ark., 2018)’dan derlenmiştir. ....	14
Şekil 2.1. Çalışma alanının tektonik kuşaklara ayrılmış hali ile kabartma haritası üzerinde gösterimi .....	17
Şekil 2.2. İstanbul ve Sakarya Zonları’nı gösterir Orta Pontidler’in genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Okay ve ark., 2015).....	21
Şekil 2.3. Permiyen – Erken Jura arası olaylarının ve ilgili dönemlere ait Türkiye’nin tektonik birlikteliklerinin yaş cetveli üzerinde gösterimi .....	22
Şekil 2.4. Orta Jura – Erken Kretase arası olaylarının ve ilgili dönemlere ait Türkiye’nin tektonik birlikteliklerinin yaş cetveli üzerinde gösterimi .....	23
Şekil 2.5. Geç Kretase – Erken Eosen arası olaylarının ve ilgili dönemlere ait Türkiye’nin tektonik birlikteliklerinin yaş cetveli üzerinde gösterimi .....	24

Şekil 2.6. Geç Eosen – Kuvaterner arası olaylarının ve ilgili dönemlere ait Türkiye'nin tektonik birlikteliklerinin yaş cetveli üzerinde gösterimi.....	25
Şekil 2.7. Karadeniz çevresinde yer alan tektonik birlikleri gösterir harita (Okay ve ark., 1994).....	26
Şekil 2.8. Karadeniz bölgesinin Albiyen – Senomoniyen (A) ve Santoniyen – Kampaniyen (B) dönemleri için paleocoğrafik rekonstrüksiyonları. Oklar plakaların sabit Lavrasya'ya göre hareket yönlerini, “R” Doğu Karadeniz Bloğu'nun rotasyon merkezini göstermektedir (Okay ve ark., 1994). ....	27
Şekil 2.9. İstanbul Zonu'nda, E29 1/100.000'lik pafta içerisinde kalan çalışma alanının jeoloji haritası (Gedik ve Aksay, 2002).....	28
Şekil 2.10. İstanbul Zonu içerisindeki Zonguldak - E29 paftasının genelleştirilmiş ölçeksiz dikme kesitleri (Gedik ve Aksay, 2002).....	30
Şekil 2.11. Karadon Formasyonu içerisindeki çakıltası seviyeleri (Kanar ve ark., 2019) ..	31
Şekil 2.12. Çakraz Formasyonu içerişimde görülen dalga izleri (Tüysüz, 2022) .....	32
Şekil 2.13. Çakraz ve Çakrazboz Formasyonları geçiş zonunda görülen bordo ve beyaz çamurtaşları ardalanması (Tüysüz, 2022).....	34
Şekil 2.14. Başköy civarından Himmetpaşa Formasyonu mostrası (Tüysüz, 2022).....	35
Şekil 2.15. Karakteristik kırmızı rengi ile Bürnük Formasyonu (2021 Haziran arazi çalışmasından) .....	37
Şekil 2.16. Amasra – Kurucaşile yolu güneyinde İnaltı Formasyonu'na ait kireçtaşları (Tüysüz, 2022).....	38
Şekil 2.17. Akveren Formasyonu'nun şiddetli deformasyondan etkilenmiş, türbiditik kireçtaşı ve marnlarındaki devrik ve bindirmeli yapısının, klivajlarının izlenebildiği, Kapısuylu plajından çekilmiş bir fotoğraf (Tüysüz, 2022).....	42
Şekil 2.18. Kusuri Formasyonu türbiditleri (Tüysüz, 2022).....	45
Şekil 2.19. Tez çalışma alanının içerisinde kalan hem İstanbul hem de Sakarya Zonu'na ait dikme kesitlerin korelasyonu (Aydın ve ark., 1986) .....	48
Şekil 2.20. Çalışma alanının İstanbul Zonu'nun içerisinde kalan 1/100.000'lik jeoloji haritalarının kabartma haritası üzerinde gösterimi. (Uğuz ve Sevin, 2007, 2008, 2009b, c)'den derlenmiştir.....	49
Şekil 2.21. Çalışma alanının Sakarya Zonu içerisinde kalan alanın kuzey kesiminin genelleştirilmiş stratigrafik istifi. (Uğuz ve Sevin, 2007, 2008, 2009b, c)'den derlenmiştir. ....	50

Şekil 2.22. Tez çalışma alanının Sakarya Zonu’nda yer alan Kastamonu - Taşköprü - Boyabat Havzası çökellerinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti. (Uğuz ve Sevin, 2007, 2008, 2009b)’den derlenmiştir. ....	51
Şekil 2.23. Abana – Devrakani yolu üzerindeki bir örnek noktasında Akgöl Formasyonu	54
Şekil 2.24. Kastamonu – Taşköprü - Boyabat Havzasının jeoloji haritası üzerinde gösterimi. ....	63
Şekil 2.25. Güney İstifi’nin jeoloji haritası üzerinde gösterimi. ....	67
Şekil 2.26. Güney istifi genelleştirilmiş stratigrafi kesiti. (Uğuz ve Sevin, 2009b, c)’den derlenmiştir. ....	70
Şekil 3.1. Büro çalışmalarında hazırlanan vektörel formasyonları, 1.Arazi çalışmasında gidilmesi planlanan mostra ve rotaların kabartma haritası üzerinde gösterimi. ....	77
Şekil 3.2. Himmetpaşa Formasyonu’ndan alınan örneklerin kabartma haritası üzerine bindirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi. ....	78
Şekil 3.3. Tüysüz (2022) ve Gedik ve Aksay (2002) jeoloji haritalarındaki Himmetpaşa Formasyonu farkının haritalar üzerinde gösterimi. a: Tüysüz (2022) jeoloji haritası; b: Gedik ve Aksay (2002) jeoloji haritası. ....	79
Şekil 3.4. HP01 lokasyonu (a: HP01-1 ve HP01-2; b: HP01-3; c: HP01-4; d: HP01-5; e: kumtaşı - şeyl ar dalanmasından oluşan istifin görünümü) ....	80
Şekil 3.5. HP2A lokasyonu (a: HP2A-1; b: HP2A-2; c: HP2A-3; d: HP2A-4; e: HP2A-5; f: HP2A-9; g: kumtaşı – şeyl ar dalanmasından oluşan istifin görünümü) ....	81
Şekil 3.6. HP6 lokasyonu (a: HP6-1; b: HP6-2; c: kumtaşı – şeyl ar dalanmasından oluşan istifin görünümü) ....	82
Şekil 3.7. Çatalzeytin – Çatak arasında kalan örnek noktalarının kabartma haritası üzerine bindirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi. ....	83
Şekil 3.8. Çatalzeytin – Çatak arasında alınan bazı örneklerin fotoğrafları (a: JK4-2; b: JK4-4; c: JK5-1; d: TJ3-3; e: TJ5-2; f: TL3A-2; g: TL3A-3; g: TL3A-4) ....	84
Şekil 3.9. Ayancık – Vezirköprü arasında kalan örnek noktalarının kabartma haritası üzerine bindirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi. ....	85
Şekil 3.10. Ayancık – Vezirköprü arasında kalan bölgeden alınan bazı örneklerin fotoğrafları (a: TJ9-1, aynı zamanda Akgöl – İnaltı dokanağı görülüyor; b: JK18-5; c: XTJ1-1; d: XTJ1-2; e: XTJ lokasyonunun panoramik fotoğrafı, aynı zamanda Akgöl – İnaltı dokanağı da görülüyor) ....	86
Şekil 3.11. Himmetpaşa Formasyonu’ndan alınan şeyl örnekleri (a: HP7-1; b: HP7-2) ....	87
Şekil 3.12. Himmetpaşa Formasyonu’ndan alınan şeyl örnekleri (a: HP7-3; b: HP7-6) ....	88

Şekil 3.13. Himmetpaşa mostrası ölçülü stratigrafik kesiti.....	89
Şekil 3.14. Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örnekler (a: HP7-7; b: HP8).....	90
Şekil 3.15. 2. Kocakaya ve Çeşnigir köylerinde gidilen noktaların kabartma haritası üzerine bindirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi.....	90
Şekil 3.16 Kocakaya Köyü'nde Akgöl Formasyonu'ndan alınan şeyl örnekleri (a: KCY-1; b: KCY-2; c: KCY-3; d: KCY-4).....	91
Şekil 3.17. Çeşnigir Köyü'nde Akgöl Formasyonu'ndan alınan şeyl örnekleri (a: CSN-1; b: CSN-3; c: CSN-2 İstif). ....	92
Şekil 3.18. 2. Bozkurt güneyinde gidilen noktaların kabartma haritası üzerine bindirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi .....	93
Şekil 3.19. BZK-1 ve BZK-2 örneklerinin alındığı Akgöl - Bürnük Formasyonları kontağı .....	93
Şekil 3.20. BZK-3 - BZK-6 örneklerinin alındığı mostra (a: BZK-5; b: BZK-6; c: BZK-3 – BZK-6 arasındaki örneklerin alındığı istif). ....	94
Şekil 3.21. BZK-7 - BZK-10 örnekleri (a: BZK-7; b: BZK-8; c: BZK-9; d: BZK-10; e: BZK-10 istif).....	95
Şekil 4.1. HP01-2 örneğine ait XRD tüm kayaç analizi çekimi ham çıktısı .....	98
Şekil 4.2. HP01-2 örneğine ait mineral ayrıştırması yapılmış XRD tüm kayaç analizi çekimi çıktısı .....	98
Şekil 4.3. Çakrazboz Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları .....	102
Şekil 4.4. Çakrazboz Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinin ortalamalarının karşılaştırmalı grafiği.....	103
Şekil 4.5. Çakrazboz ve Himmetpaşa Formasyonlarından alınan ve XRD Tüm Kayaç analizi karşılaştırmaları yapılan örnek konumlarının kabartma harita üzerine giydirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi. HP1 ve HP2A ile işaretlenmiş olan noktalar Çakrazboz, HP6, HP7 ve HP8 ile işaretlenmiş noktalar Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örnek konumlarını göstermektedir.....	104
Şekil 4.6. Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları .....	105
Şekil 4.7. Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinin karşılaştırmalı grafiği .....	106
Şekil 4.8. Akgöl Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları.....	107



Şekil 4.9. Akgöl Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinin ortalamalarının karşılaştırmalı grafiği.....	110
Şekil 4.10. Akgöl Formasyonu'ndan alınan ve XRD Tüm Kayaç analizi karşılaştırmaları yapılan örnek konumlarının kabartma harita üzerine giydirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi .....	111
Şekil 4.11. Cankurtaran Formasyonu'ndan alınan örnek serisinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları.....	112
Şekil 4.12. Cankurtaran Formasyonu'ndan alınan ve XRD Tüm Kayaç analizi karşılaştırmaları yapılan örnek konumlarının kabartma harita üzerine giydirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi .....	113
Şekil 4.13. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan örnekler ve örnek serisinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları .....	114
Şekil 4.14. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinin ortalamalarının karşılaştırmalı grafiği.....	115
Şekil 4.15. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan ve XRD Tüm Kayaç analizi karşılaştırmaları yapılan örnek konumlarının kabartma harita üzerine giydirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi .....	116
Şekil 4.16. Tüm Kayaç XRD Analizlerinde tespit edilen minerallerin formasyonlara göre ortalama bulunma yüzdelerinin radar grafik üzerinde gösterimi.....	118
Şekil 4.17. Örneklenen formasyonlarda bulunan minerallerin ortalama bulunma oranlarının formasyonlara göre karşılaştırmalı grafiği .....	119
Şekil 4.18. HP8 örneğine ait XRD kil analizi çekimi ham çıktısı.....	120
Şekil 4.19. HP8 örneğine ait kil minerali ayrıştırması yapılmış XRD kil analizi çekimi çıktısı .....	120
Şekil 4.20. Çakrazboz Formasyonu'nda tespit edilen kil minerallerinin grafik üzerinde gösterimi .....	122
Şekil 4.21. Himmetpaşa Formasyonu'nda tespit edilen kil minerallerinin grafik üzerinde gösterimi .....	123
Şekil 4.22. Akgöl Formasyonu'nda XRD kil analizlerinde tespit edilen kil minerallerinin radar grafik üzerinde gösterimi.....	125
Şekil 4.23. Cankurtaran Formasyonu'nda XRD kil analizlerinde tespit edilen kil minerallerinin radar grafik üzerinde gösterimi.....	127
Şekil 4.24. Çağlayan Formasyonu'nda XRD kil analizlerinde tespit edilen kil minerallerinin radar grafik üzerinde gösterimi.....	128

Şekil 4.25. XRD Kil Analizlerinde tespit edilen kil minerallerinin formasyonlara göre karşılaştırmalı ortalama bulunma yüzdelerinin grafik üzerinde gösterimi.....	129
Şekil 4.26. Aşağıya doğru artan bir metamorfik derece ile çeşitli litolojilerden gelen spektrumlar üzerinde IC ölçümleri (Kubler ve Jaboyedoff, 2000).....	131
Şekil 4.27. Diyajenetik, çok düşük ve düşük dereceli metamorfik ortamlarda mineral fasiyeslerimim, illit kristalinite bölgeleri ve kömür sınıflaması ile karşılaştırılması (Arkai ve ark., 2003).....	132
Şekil 4.28. İllit kristalinite değerlerine göre metamorfik zon, fasiyes ve tahmini sınır sıcaklıkları (Verdel ve ark., 2012).....	132
Şekil 4.29. XRD Kil analizi yapılan örneklerin illit kristalinite değerleri.....	133
Şekil 4.30. İllit keskinlik oranı ölçüm metodu (Weaver, 1960).....	134
Şekil 4.31. XRD Kil analizi yapılan örneklerin illit keskinlik oranları değerleri.....	135
Şekil 4.32. Klorit kristalinitelerinin illit kristalinitesi, vitrinit yansıtması, metabazit mineral fasiyesleri ve konodont renk alterasyonu indeksi ile korelasyonu (Arkai, 1991).....	136
Şekil 4.33. XRD Kil analizi yapılan örneklerde klorit kristalinite değerleri.....	137
Şekil 4.34. İllit kristalinite, keskinlik oranı ve klorit kristalinite sonuçlarının kendi değer sınırları içerisinde görelî ölçek ile karşılaştırması.....	141
Şekil 5.1. Rock – Eval pirolizinde ölçülen değerler ve organik maddenin analiz edilen fraksiyonları (Lafargue ve ark., 1998). (Arslan, 2019)’dan alınmıştır.....	143
Şekil 5.2. Organik madde türüne göre $T_{max}$ sınır değerleri ve hidrokarbon türümleri (Bordenave, 1993). (Şen, 2005)’ten alınmıştır.....	148
Şekil 5.3. Pseudo Van Krevelen diyagramı (AAPG_Wiki, 2016).....	152
Şekil 5.4. 1. Saha örneklerin TOC sonuçlarına göre kaynak kaya potansiyeli.....	159
Şekil 5.5. Pseudo Van Krevelen diyagramı üzerinde HI ve OI değerlerine göre örneklerin dağılımı.....	164
Şekil 5.6: S <sub>2</sub> - TOC diyagramına göre örneklerin kerojen tipi dağılımı.....	165
Şekil 5.7. HI - $T_{max}$ diyagramı üzerinde örneklerin hidrokarbon türü, kerojen tipi ve olgunlaşma zonlarına dağılımı.....	167
Şekil 5.8. Örneklerin TOC sonuçlarına göre kaynak kaya potansiyeli.....	173
Şekil 5.9. Pseudo Van Krevelen diyagramı üzerinde HI ve OI değerlerine göre örneklerinin dağılımı.....	174
Şekil 5.10: S <sub>2</sub> - TOC diyagramına göre örneklerin kerojen tipi dağılımı.....	176
Şekil 5.11. HI - $T_{max}$ diyagramı üzerinde örneklerin hidrokarbon türü, kerojen tipi ve olgunlaşma zonlarına dağılımı.....	179

Şekil 5.12. TOC, $T_{max}$ , $S_2$ ve HI verileri ile birlikte HP7 ÖSK .....	181
Şekil 5.13. Himmetpaşa Formasyonu örnekleri HI - $T_{max}$ grafiği .....	183
Şekil 5.14. Saha Akgöl Formasyonu kesit örneklerinin yükseklik profili üzerinde gösterimi .....	185
Şekil 5.15. Akgöl Formasyonu örnekleri HI - $T_{max}$ grafiği .....	188
Şekil 6.1. Çakrazboz Formasyonu'na ait HP2A-2'nin parlak kesitinde; (A) normal ışık altında (B) floresan ışık + portakal rengi filtre altında dağınık organik madde (vitrit), ölçülen yansıtma değeri $\%Ro = 0,7$ . Floresan ışık + portakal rengi filtre altında (C, D, E) tanımlanan liptinit (Eskudanitit?) maserali ve (F) normal ışık altında tanımlanan inertinit maserali.....	192
Şekil 6.2. Himmetpaşa Formasyonu'na ait HP6-1'in parlak kesitinde normal ışık altında tanımlanan vitrit (A, B, C) ve vitrit (telinit) maseralleri. ....	193
Şekil 6.3. Himmetpaşa Formasyonu'na ait HP6-1 örneğinin parlak kesitinde normal ışık altında tanımlanan inertinit (A) ve inertinit (füsinit) (B).....	194
Şekil 6.4. Himmetpaşa Formasyonu'na ait HP7-1 örneğinin parlak kesitinde normal ışık altında Xylitic içerisinde (A) resinit, telinit, kolotelinit maseralleri. Cotelinitten ölçülen $\%Ro = 0,55$ .....	194
Şekil 7.1. Himmetpaşa ve Çakrazboz Formasyonlarının ortalama mineral ve ortalama kil minerali bulunma değerlerinin karşılaştırması .....	196

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Son 5 yıl için Dünya ve Türkiye’de enerji tüketimlerinin exajoule biriminden değerleri. ((BP, 2020) raporundan düzenlenmiştir).....	1
Çizelge 1.2. 2018- 2022 yılları arası Türkiye doğal gaz tüketim ve üretim değerleri ((EPDK, 2023b) verilerinden derlenmiştir).....	3
Çizelge 3.1. Himmetpaşa Formasyonu’ndan alınan örneklerin ve kodlarının listesi.....	82
Çizelge 3.2. Çatalzeytin – Çatak arasında kalan bölgeden alınan örneklerin ve kodlarının listesi.....	83
Çizelge 3.3. Ayancık – Vezirköprü arasında kalan bölgeden alınan örneklerin ve kodlarının listesi.....	85
Çizelge 3.4. Gerçekleştirilen analizler, gerçekleştirildikleri yerler ve örnek sayıları .....	96
Çizelge 4.1. Çakrazboz Formasyonun’dan alınan HP01 ve HP2A serisindeki örneklerde saptanan mineraller ve bulunma yüzdeleri .....	99
Çizelge 4.2. XRD Tüm Kayaç Analizinde saptanan mineraller ve bulunma yüzdeleri ....	100
Çizelge 4.3. XRD Tüm Kayaç Analizlerinde tespit edilen minerallerin formasyonlara göre ortalama bulunma yüzdeleri .....	117
Çizelge 4.4. XRD Kil Analizi mineral ayrıştırmalarına göre kil minerallerinin örneklerde bulunma yüzdeleri .....	121
Çizelge 4.5. XRD Kil Analizlerinde tespit edilen kil minerallerinin formasyonlara göre ortalama bulunma yüzdeleri .....	128
Çizelge 4.6. İllit keskinlik oranının karşılık geldiği metamorfizma dereceleri (Flawn ve ark., 1960).....	134
Çizelge 4.7. Sadeleştirilmiş illit keskinlik oranı - metamorfizma derecesi çizelgesi .....	134
Çizelge 4.8. İllit kristalinite, illit keskinlik oranı ve klorit kristalinite hesaplamalarının sonuçları ve zon karşılıkları.....	139
Çizelge 4.9. İllit kristalinite, illit keskinlik oranı ve klorit kristalinite sonuçlarının uyum oranları.....	140
Çizelge 5.1. Kerojen tipleri ve ayırt edici özellikleri (Tissot ve Welte, 1984).....	142
Çizelge 5.2. Rock – Eval pirolizinde ölçülen ve hesaplanan değerler .....	144
Çizelge 5.3. S <sub>2</sub> değerine göre kaynak kaya potansiyeli sınır değerleri (Espitalie, 1982)..	145
Çizelge 5.4. Olgunlaşma seviyelerine göre T <sub>max</sub> sınır değerleri (Espitalie, 1982) .....	147
Çizelge 5.5. Organik madde türüne göre T <sub>max</sub> sınır değerleri (Espitalie ve ark., 1985)....	147

Çizelge 5.6. Farklı çalışmacılara ait TOC sınır değerleri ve petrol potansiyelleri (Arslan, 2019).....	149
Çizelge 5.7. TOC, S <sub>1</sub> ve S <sub>2</sub> sınır değerlerine göre petrol potansiyelleri.....	149
Çizelge 5.8. HI değerlerine göre kerojen tipi sınıflaması (Jones, 1984).....	150
Çizelge 5.9. HI ve S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> oranına göre hidrokarbon tipi sınıflaması (Peters, 1986).....	150
Çizelge 5.10. Olgunluk seviyelerine göre PI sınır değerleri (Espitalie, 1982).....	153
Çizelge 5.11. Olgunluk seviyelerine göre PI ve T <sub>max</sub> sınır değerleri.....	153
Çizelge 5.12. S <sub>1</sub> /TOC değerlerine göre kayaç potansiyeli ve kirlenme derecesi (Jarvie ve Baker, 1984).....	153
Çizelge 5.13. PC sınır değerlerine göre organik madde tipi (Espitalie, 1982).....	154
Çizelge 5.14. S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> oranının kerojen tiplerine göre sınır değerleri (Clementz ve ark., 1979).....	155
Çizelge 5.15. İlk saha çalışmasına ait Rock – Eval Piroliz analizi yapılan örneklerin ölçülen ve hesaplanan değerleri .....	157
Çizelge 5.16. Analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre kaynak kaya potansiyeli açısından değerlendirme sonuçları.....	160
Çizelge 5.17. Analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre kerojen ve hidrokarbon tipi açısından değerlendirme sonuçları .....	162
Çizelge 5.18. Analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre olgunlaşma açısından değerlendirme sonuçları .....	166
Çizelge 5.19. İkinci saha çalışmasına ait Rock – Eval Piroliz analizi yapılan örneklerin ölçülen ve hesaplanan değerleri.....	170
Çizelge 5.20. 2. Arazi çalışması analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre kaynak kaya potansiyeli açısından değerlendirme sonuçları.....	172
Çizelge 5.21. 2. Arazi çalışması analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre kerojen ve hidrokarbon tipi açısından değerlendirme sonuçları.....	175
Çizelge 5.22. Analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre olgunlaşma açısından değerlendirme sonuçları .....	178
Çizelge 5.23. Himmetpaşa Formasyonu’na ait örneklerin kaynak kaya potansiyeli, hidrokarbon türü, kerojen tipi ve olgunlaşma seviyesi sınıflamaları .....	182
Çizelge 5.24. Akgöl Formasyonu’na ait örneklerin kaynak kaya potansiyeli, hidrokarbon türü, kerojen tipi ve olgunlaşma seviyesi sınıflamaları .....	187
Çizelge 5.25. Toplam Karbon – Kükürt - Rock – Eval Piroliz TOC sonuçları ile karşılaştırması.....	190

Çizelge 6.1. Maseral çeşidine göre kerojen tipi ve orijinal organik maddeler (Waples, 1985)

..... 191



## SİMGELER ve KISALTMALAR

### Simgeler

Å	Angstrom
θ	Teta
δ <sup>13</sup> C	Karbon 13 izotopu
°C	Santigrad derece
C	Karbon
Cu	Bakır
H	Hidrojen
K	Potasyum
KD, KB, GD, GB	Kuzeydoğu, Kuzeybatı, Güneydoğu, Güneybatı
Pb	Kurşun
R <sub>0</sub>	Vitrinit Yansıtma Değeri
S	Kükürt
S <sub>1</sub>	Serbest Hidrokarbonlar
S <sub>2</sub>	Kaynak Kayanın Aktüel Potansiyeli
S <sub>3</sub>	Oksijenli bileşenler
S <sub>4</sub>	Artık/Okside Olmuş Karbon
Sm <sup>3</sup>	Standart metreküp, 1 Sm <sup>3</sup> = 9155 kcal
U	Uranyum

### Kısaltmalar

AAPG	American Association of Petroleum Geologists
ASTM	American Society for Testing and Materials
Bkz.	Bakınız
ChC	Klorit Kristalinite İndeksi
et al.	ve diğerleri
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
HI	Hidrojen İndeksi
HC	Hidrokarbon
K/Ar	Potasyum/Argon yaşlandırma metodu
OAE	Okyanusal Anoksik Olay
OI	Oksijen İndeksi
Ö.S.K.	Ölçülü Stratigrafik Kesit



$\mu\text{m}$ , mm, m, km	Mikrometre, Milimetre, Metre, Kilometre
mg, g, kg	Miligram, Gram, Kilogram
MTA	Maden Tetkik Arama Genel M¼d¼rl¼g¼
$T_{\text{max}}$	Isısal Olgunlaşma İndeksi
PI	¼retim İndeksi
RC	Residual Karbon (Artık Karbon)
SEM	Scannig Electron Microscope/Taramalı Elektron Mikroskopu
SR	Keskinlik Oranı
T-OAE	Torsiyen okyanusal anoksik olayı
TOC	Toplam Organik Karbon
TP	T¼rkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
vd.	ve diğerleri
WI	Weaver İndeksi
XRD	X-Ray Difraksiyonu

# 1. GİRİŞ

Dünya'nın enerji ihtiyacı hem nüfusun hem de enerji ihtiyacı duyan makinelerin kullanımının artmasına paralel olarak her yıl biraz daha artmaktadır. BP (2020) (British Petroleum) raporuna göre, 2019 yılında dünyadaki enerji tüketimi 583,9 Exajoule olarak gerçekleşmiş ve bir önceki yıla göre %1,3, 10 yıl öncesine göre ise %20,1 artış göstermiştir. Aynı dönem içerisinde Türkiye'nin enerji tüketimi 6,49 Exajoule olarak gerçekleşmiş ve bir önceki yıla göre %3,2, 10 yıl öncesine göre ise %51,6 artış göstermiştir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Son 5 yıl için Dünya ve Türkiye'de enerji tüketimlerinin exajoule biriminden değerleri. ((BP, 2020) raporundan düzenlenmiştir)

	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Türkiye</b>	5,72	6,01	6,37	6,29	6,49
<b>Dünya</b>	543,17	550,6	560,42	576,23	583,9

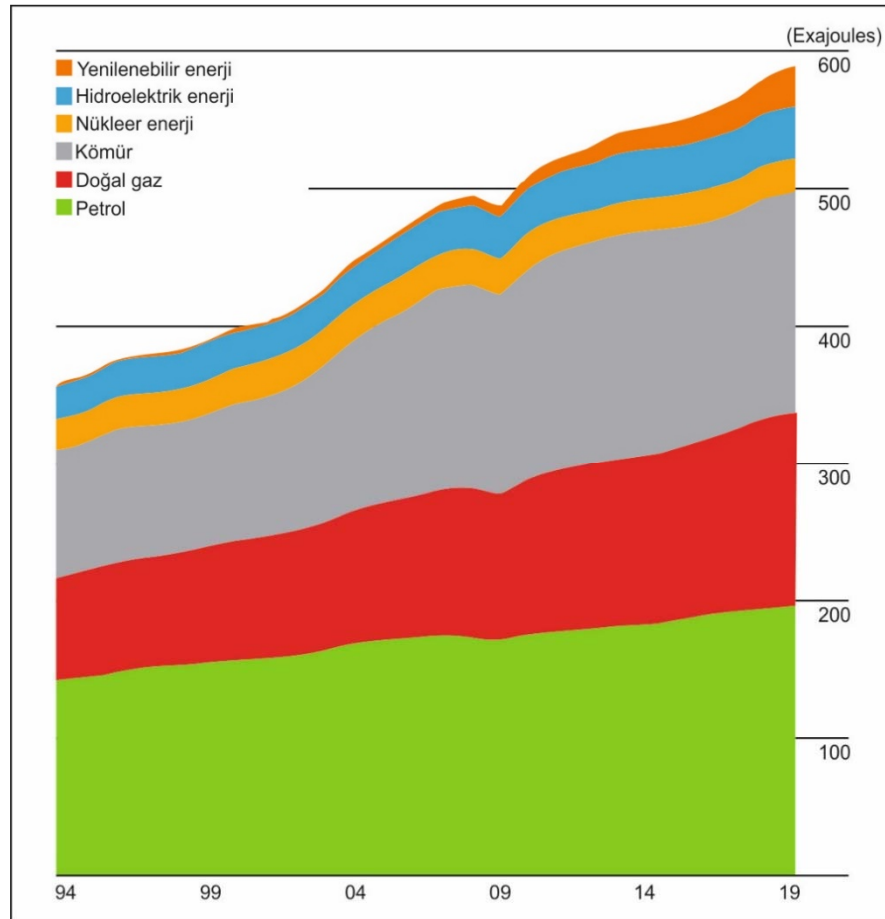
2019 yılı içerisinde dünyada tüketilen 583,9 exajoules enerjinin 334,48 exajoule'ü petrol ve doğalgazdan, 157,86 exajoule'ü kömürden, 24,92 exajoule'ü nükleer santrallerden, 37,66 exajoule'ü hidroelektrik santrallerden, 28,98 exajoule'ü ise yenilenebilir enerji santrallerinden karşılanmış, petrol ve doğalgazın toplam enerji tüketimine katkısı %57,28 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 1.1).

IEA (2020) (International Energy Agency) raporunda verilen 20 yıllık projeksiyonda ise, iklim değişikliği, hava kalitesi gibi uluslararası kabul edilmiş ve uzlaşma sağlanmış politikaları da içine alan "SKS: Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu" projeksiyonuna göre petrol ve doğalgazdan elde edilen enerjinin toplam tüketime oranı 2030 yılında %55, 2040 yılında ise %46 olarak öngörülmüştür. Aynı oranlar, ülkelerin "MEPS: Mevcut Enerji Politikaları Senaryosu" projeksiyonuna göre 2030 ve 2040 yılları için sırasıyla yaklaşık %54 ve %53'e ulaşmaktadır. Bu oranlar, iklim değişikliği ve hava kalitesi konuları dikkate alınarak üretilen ve enerji tüketimini düşürme eğilimindeki politikalarda dahi doğal gaz ve petrolün dominant kaynak rolünde kalacağını öngörmektedir (Şekil 1.2).

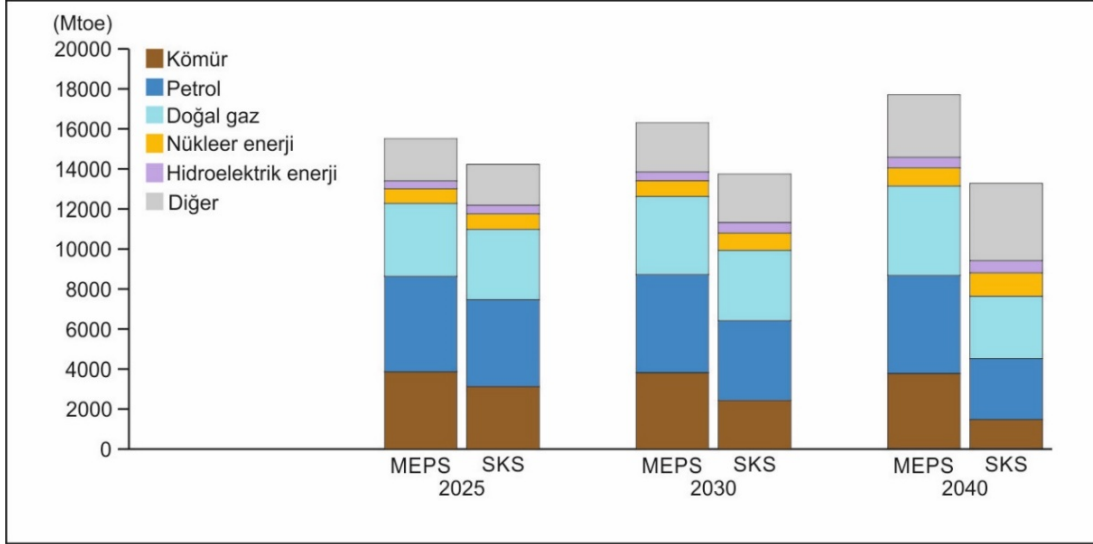
Hidrolik çatlatma teknolojisinin gelişimi ile şeyl gaz da günümüzün önemli bir enerji kaynağı haline gelmiş ve hidrokarbon kaynakları arasında yerini almıştır. Şeyl seviyeleri içerisinde su, kum ve kimyasalların enjekte edilmesi yolu ile yaratılan çatlaklar aracılığı ile

Üretilen Şeyl gaz oldukça yüksek bir ivme ile enerji kaynakları içerisindeki ağırlığını arttırmıŐtır. Amerika BirleŐik Devletleri'nde 2007 yılında yaklaşık 660 Milyar m<sup>3</sup> olan ispatlanmış Şeyl gaz rezervleri 2021 sonu itibari ile yaklaşık 17 kat artarak 11 Trilyon m<sup>3</sup>'e ulaŐmıŐtır (IEA, 2023). Benzer Şekilde, 2010 yılında dünyada 0,5 Milyar m<sup>3</sup> olan Şeyl gaz üretimi 2021 yılı sonu itibari ile 1,2 Trilyon m<sup>3</sup>'e, toplam gaz üretimindeki payı da ~%29'a yükselmiŐtir. Şeyl gazın toplam gaz üretimindeki payının 2030 yılında ~%30'a yükselmesi beklenmektedir (IEA, 2022).

Türkiye özelinde ise EPDK (2023a) 2022 Yılı Elektrik Piyasası Gelişim Raporu'na göre, 2022 yılında doğal gaz santrallerinin kurulu glerinin toplam kurulu gücün %26,52'sini oluşturduğu, 2022 yılında tüketilen elektriğin ise %22,71'inin doğal gaz santralleri tarafından üretildiği açıklanmıŐtır.



Şekil 1.1. 1994 – 2019 yılları arası için dünya enerji tüketiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı. ((BP, 2020) raporundan düzenlenmiştir)



Şekil 1.2. 2040 yılına kadar dünya enerji tüketiminin enerji kaynaklarına göre dağılımının projeksiyonu. ((IEA, 2020) raporundan düzenlenmiştir)

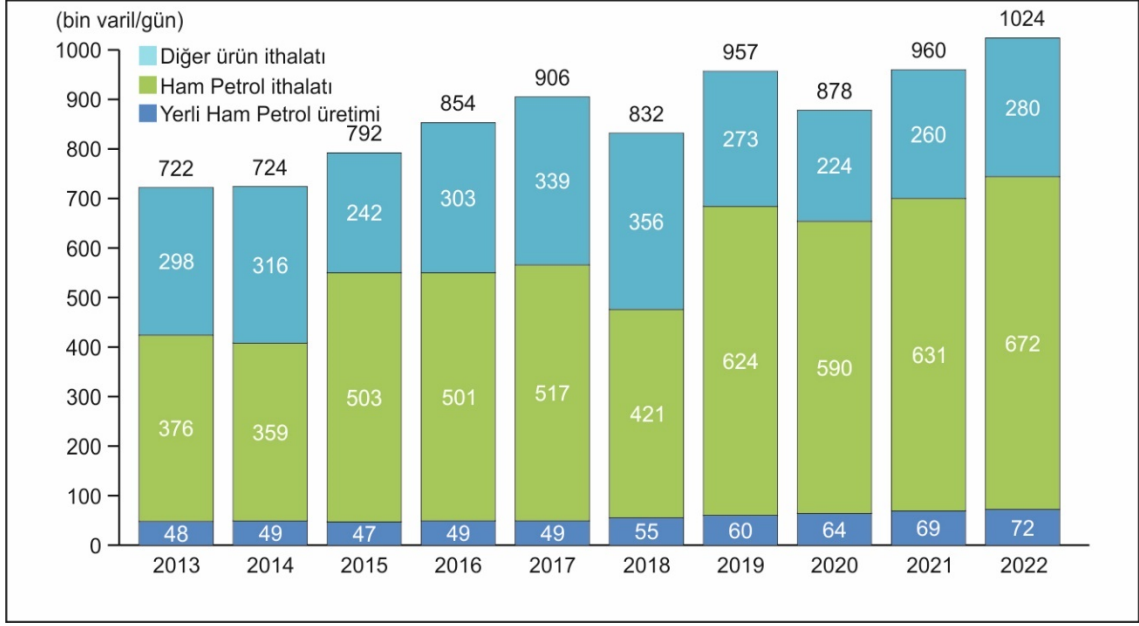
EPDK (2023b) Doğal Gaz Piyasası 2022 Yılı Sektör Raporu'na göre 2022 yılında Türkiye'de 53.521,06 milyon Sm<sup>3</sup> tüketim gerçekleşirken, üretim 379,81 milyon Sm<sup>3</sup> olmuş ve toplam tüketimin %0,71'ini karşılayabilmiştir (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. 2018- 2022 yılları arası Türkiye doğal gaz tüketim ve üretim değerleri ((EPDK, 2023b) verilerinden derlenmiştir)

	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Tüketim (milyon Sm<sup>3</sup>)</b>	49.204,14	45.285,50	48.261,35	59.854,17	53.521,06
<b>Üretim (milyon Sm<sup>3</sup>)</b>	428,17	473,87	441,27	394,44	379,81
<b>Üretimin tüketimi karşılama oranı</b>	%0,87	%1,05	%0,91	%0,66	%0,71

TP (2023) 2022 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu'na göre 2022 yılında Türkiye'de gerçekleştirilen petrol üretimi tüketimin %7,03'ünü karşılayabilmiştir (Şekil 1.3)

Dünyada yenilenebilir enerji üretimi her geçen yıl artış gösterse de fosil yakıtların dünya enerji ihtiyacındaki rolü uzun süreli projeksiyonlarda dahi önemini korumaktadır. Resmi kurum verilerine göre Türkiye'de üretimi yapılan petrol ve doğalgazın toplam tüketimleri karşılama oranı çok düşüktür ve dışa bağımlılığın azaltılması için yeni petrol sistemlerinin ve dolayısı ile kaynakların bulunmasına ihtiyaç vardır.



Şekil 1.3. 2013- 2022 yılları arası Türkiye’de Petrol ithalatı ve Petrol üretimi ((TP, 2023) raporundan derlenmiştir)

### 1.1. Çalışmanın Amacı

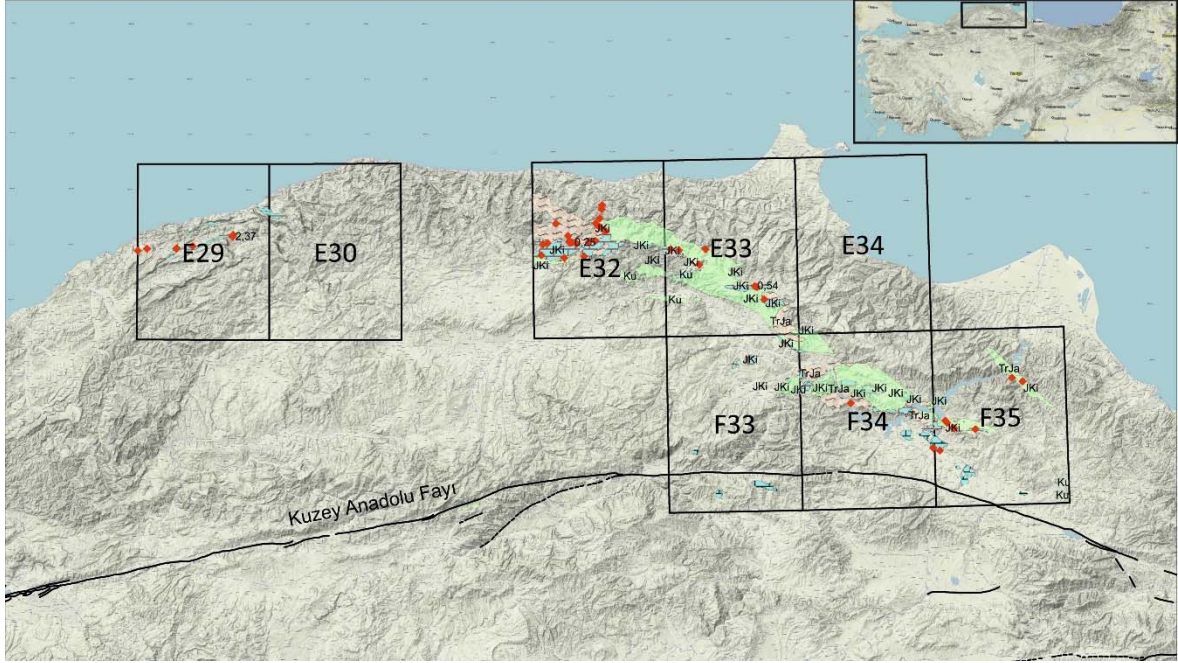
“Giriş” bölümü altında bahsedilen petrol ve doğalgaz kaynaklarının enerjideki önemli konumu ve Türkiye’de bu kaynakların eksikliğinden hareketle; Lavrasya’da etkin olan Orta – Üst Jura kaynaklı Petrol Sisteminin, Karadeniz’in eskiden Lavrasya’nın bir parçası olan Orta-Batı Karadeniz Bölgesi’nde kaynak kaya potansiyeli açısından incelenmesi, bölgede ilgili dönem içerisinde yaşanmış olası anoksik olayların araştırılması ve Orta – Geç Jura yaşlı birimlerin kaynak kaya potansiyelinin tanımlanarak Türkiye’deki hidrokarbon aramacılığına katkı sağlanması bu tezin nihai amacını oluşturmaktadır.

### 1.2. Çalışma Alanı ve Coğrafik Özellikleri

Çalışma alanı Batı ve Orta Karadeniz kara alanında bulunmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı’nın kuzeyinde, doğuda Kavak/Samsun’dan başlayarak batıda Bartın/Zonguldak’a kadar uzanan bölgede Orta – Geç Jura yaşlı birimlerin yüzlek verdiği E29, E30, E32, E33, E34, F33, F34, F35 1/100.000’lik paftalarını kapsamaktadır (Şekil 1.4).

Çalışma alanının yeryüzü şekillerini Alpin Orojenezi sonucu oluşan yükseltiler ve çökteliler oluşturmaktadır. Dağların yükseltileri yaklaşık 900 – 1800 metre arasında değişmektedir. Bölgenin önemli nehirlerinden olan Kızılırmak ve Yeşilirmak akarsularının Karadeniz’e

döküldüğü yerlerde oluşmuş Çarşamba ve Bafra deltalarının dışında kıyı bölgeleri genellikle diktir. Samsun ve Sinop limanları bölgenin önemli limanlarıdır.



Şekil 1.4. Çalışma alanının kabartma haritası üzerinde gösterimi

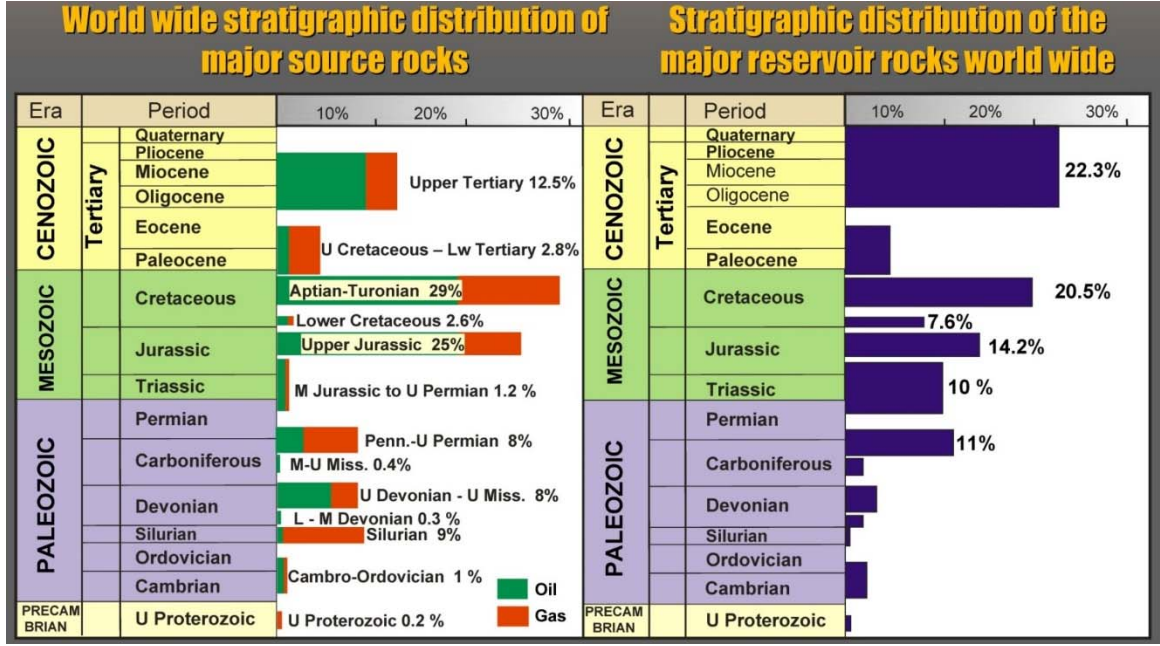
Kıyı bölgelerinde Karadeniz iklimi görülür, yazlar serin kışlar ılıktır. En yüksek sonbahar, en düşük ilkbaharda olmak üzere her mevsim yağış alır. Kıyıya paralel yükselen dağlar sebebi ile yağışlar oluşum bakımından çoğunlukla yamaç yağışı şeklindedir. Aynı sebepten nemli havalar kütleleri çoğunlukla kıyı kesiminde kalır. Bölgede nemliliğin yüksek olmasından dolayı orman gelişimi fazla, orman yangınları oldukça azdır. Dağların güney kesimlerinde ise nemli hava kütlelerinin kıyı tarafında kalması sebebi ile karasal iklim hakimdir.

Çalışma alanında nüfus yoğunluğu Türkiye ortalamasının altındadır. Nüfus dağılımı engebeli arazi sebebi ile dağınık olup genellikle düzlük alanlarda yoğunlaşmış, dağlık alanlarda ise dağınık ve seyrek.

### 1.3. Önceki Çalışmalar

#### 1.3.1. Hidrokarbon Aramacılığında Jura Döneminin Önemi ve Okyanusal Anoksik Olaylar

Klemme ve Ulmişek (1991), çalışmasında, dünyadaki ana kaynak ve rezervuar kayaların stratigrafik dağılımlarını göstermişlerdir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Dünyadaki kaynak ve rezervuar kayaların stratigrafik dağılımı. Klemme ve Ulmişek (1991)'den değiştirilmiştir.

Bu stratigrafik dağılıma göre, dünyadaki hidrokarbon rezervlerinin %25'i Jura yaşlı kaynak kayalardan türemekte ve bu da Jura dönemini hidrokarbon aramacılığı için çok önemli bir hale getirmektedir.

Organik madde birikimi ve korunması için hayati öneme sahip olan ve Şekil 1.4'te verilen kaynak kaya dağılımının ana sebebi durumundaki okyanusal anoksik olaylar (OAE), ilk kez Jenkyns (1976)'da, Güney merkez ve Batı Kuzey Pasifik bölgelerinde yapılan derin deniz sondajlarında ulaşılan Barremian – Apsiyen ve Senomoniyen – Turoniyen yaşlı organik maddece zengin kaynak kayaların geniş ölçekli yayılımının görülmesinin sonrasında, bu geniş coğrafik yayılımın zayıf oksijen kaynaklı bir “olay” sonucunda oluşabileceği şeklinde telaffuz edilmiş, sonrasında bu yayılımın dünya çapında okyanusal bir olay olabileceği Jackson ve Schlanger (1976)'da belirtilmiştir. Nihayet Schlanger ve Jenkyns (1976),

stratigrafik olarak sınırlandırılmış organik maddece zengin katmanların yapısal – topoğrafik izolasyonlardan ziyade, okyanuslarda gelişen, geniş zayıf oksijenli zonların sonucunda oluştuğunu söylemiş ve bunu da “okyanusal anoksik olay” olarak adlandırmıştır.

OAE’ler, gezegenin iklimsel ve paleo-oşinografik durumundaki ve küresel karbon döngüsündeki büyük değişiklikleri temsil etmektedirler (Jenkyns, 2010).

### **1.3.2. Mesozoyik Dönemindeki Okyanusal Anoksik Olaylar**

Mesozoyik’te Tetis Okyanusu’nda büyük kimyasal değişikliğe neden olan OAE’ler aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Jenkyns, 2010);

- Erken Torsiyen (Posidonienschiefer olayı, T-OAE, ~183 My),
- Erken Apsiyen (Selli olayı, OAE 1a, ~120 My),
- Erken Albiyen (Paquier olayı, OAE 1b, ~111 My),
- Senomaniyen-Turoniyen (Bonarelli olayı, C/T OAE, OAE 2, ~93 My)

Mesozoyik dönemde gerçekleşen OAE’ler ayrıca Şekil 1.6’da verilmiştir.

Mevcut veriler, OAE’lerin arkasındaki ana tetikleyici fonksiyonunun, volkanojenik ve/veya metanojenik kaynaklardan atmosfere hızlı CO<sub>2</sub> akışıyla indüklenen sıcaklıktaki ani artış olduğunu göstermektedir (Jenkyns, 2010).

#### **1.3.2.1. Jura Dönemindeki Okyanusal Anoksik Olaylar**

Jenkyns (2010)’a göre Jura döneminde sadece Erken Torsiyen’de OAE görülmektedir. Jenkyns ve ark. (2002)’ye göre de Jura dönemi içerisinde anormal derecede yüksek konsantrasyonlarda organik karbon içeren seviyeler görülse de bu seviyeler Britanya Adaları ve Kıta Avrupası’ndaki bazı örnekler ile sınırlıdır ve sadece Torsiyen dönemine ait siyah şeyller global bir dağılıma sahiptir.

Ancak bu görüşten farklı olarak, Norveç – Grönland deniz yolu üzerinden örnekler ile anlatılan yüksek kuzey enlemlerindeki Geç Jura yaşlı siyah şeyl seviyelerinin (Riboulleau ve ark., 2003) ve Rusya Platformu’nda Volga Baseninde bulunan ve Kuzey Denizi ile Batı



Sibirya petrol kaynak kayalarının yanal eşdeğeri olduğu söylenen Geç Jura yaşlı Kaspir Petrol Şeylleri'nin anlatıldığı (Riboulleau ve ark., 2003) gibi farklı çalışmalar da bulunmaktadır.

Nozaki ve ark. (2013), anoksik koşullar altında kararlı olan siyah çamurtaşı ve siyah şeyl gibi organik karbonca zengin tortulların geniş yayılımında bulunmasıyla tespit edilen OAE'lerin (Isozaki, 1997; Jenkyns, 1988; Menegatti ve ark., 1998), özellikle bu kayaçların derin deniz sedimanter çökellerinde yaygın bir şekilde bulunması, derin deniz sedimanlarının kıta alanlarından uzak ve açık okyanus ortamı hakkında temsili bilgi sağlamasından, global ölçekli OAE'ler için güçlü bir kanıt olarak görüldüğünü söylemiştir (Isozaki, 1997; Kato ve ark., 2002; Menegatti ve ark., 1998).

Benzer şekilde, sülfür mineralleri redoksa duyarlıdır ve oksijenli koşullar altında deniz suyunda kolayca çözünür (De Ronde ve ark., 2003; Herzig ve Hannington, 1995; Williamson ve Rimstidt, 1994). Modern Pasifik ve Atlantik gibi açık okyanusların oksijenli pelajik derin deniz bölgelerinde deniz tabanındaki hidrotermal sülfür yatakları hızla çözülür veya demir-oksit veya oksihidroksit mineralleri ile yer değiştirir (De Ronde ve ark., 2003; Herzig ve Hannington, 1995), ve bu nedenle genellikle korunmaz. Bundan dolayı, yaygın yığılma komplekslerinde bulunan, eski bir pelajik derin deniz tabanında oluşmuş ve korunmuş masif sülfür yatakları da bir OAE'nin güçlü bir göstergesi olarak kabul edilebilir (Nozaki ve ark., 2013).

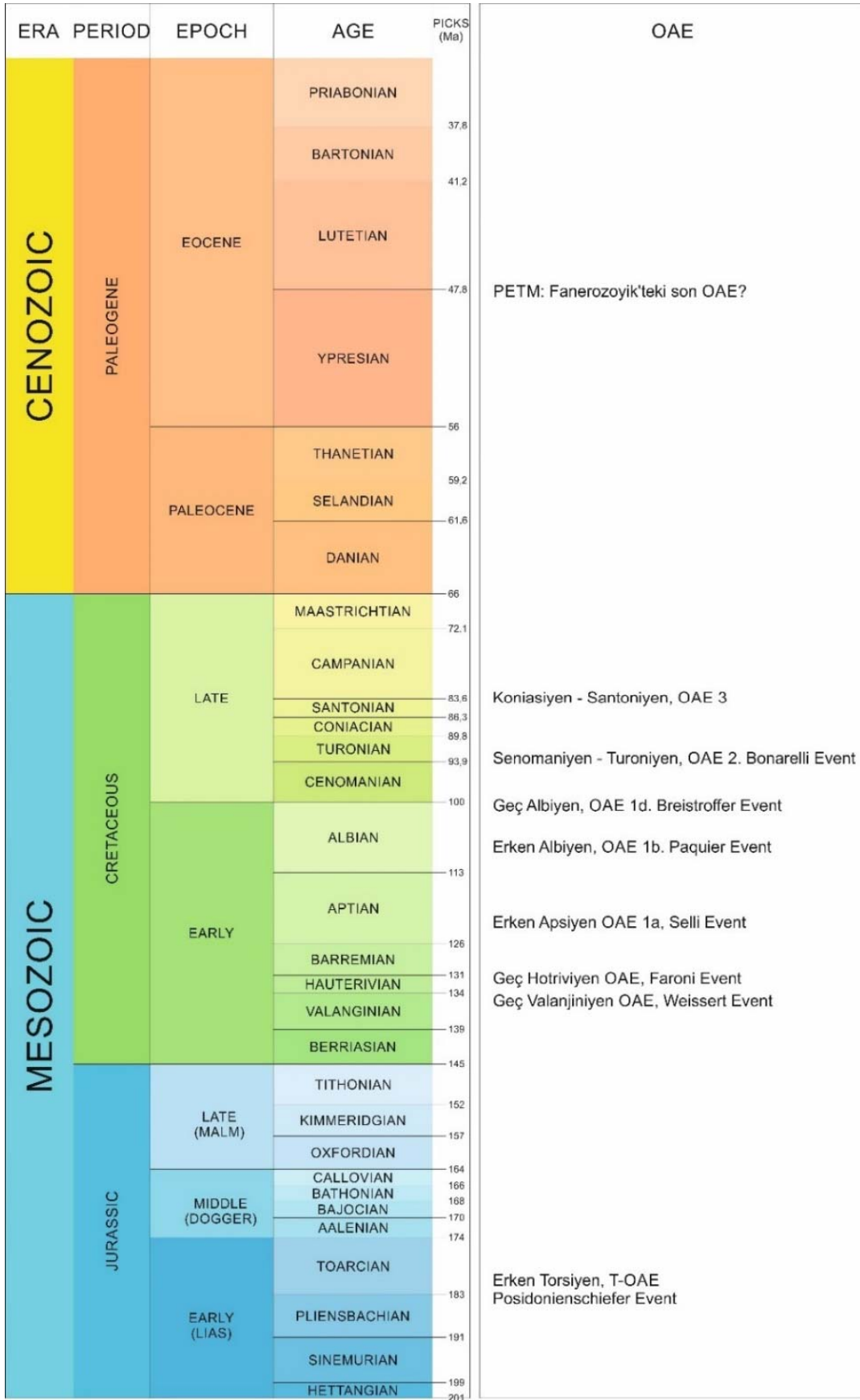
Japonya için yüksek ekonomik değer taşıyan ve 1970'lerden beri bakır üretimi yapılan Sangbawa metamorfiklerinde yaklaşık 750 kilometrelik çizgisel bir mesafe içerisinde 11 farklı sülfür yatağından 118 sülfür örneği alınmış, Re-Os yaşlandırma metodu ile yaşlarına bakılmış ve tamamının Geç Jura'ya denk gelen 144 milyon yıl ile 155,4 milyon yıl aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bu tespite binaen, Geç Jura'daki yoğun okyanus ortası sırt hidrotermal ve volkanik aktivitenin, küresel ısınmaya ve pelajik ortamda sülfürlerin korunmasını destekleyen anoksik derin deniz ortamına yol açan büyük sülfür birikintileri ve yüksek miktarda CO<sub>2</sub> gazı emisyonları ürettiği, aynı zamanda deniz tabanı volkanizması tarafından tetiklenen okyanus anoksizmasının  $\delta^{13}\text{C}$  artışı ile uyumlu olması ve bu yaş aralığına ait yaygın petrol kaynak kayalarının, siyah şeyllerin bulunması ile de tutarlı olmasından dolayı, Geç Jura'da bir OAE olduğu kanısına varılmıştır (Nozaki ve ark., 2013).

Tetis – Akdeniz Mesozoyik organik karbonca zengin siyah şeyllerin incelendiği Emeis ve Weissert (2009)'da, Geç Jura'daki  $\delta^{13}\text{C}$  artışı Weissert ve Erba (2004)'den uyarlanan bir şekil ile gösterilmiştir (Şekil 1.7).

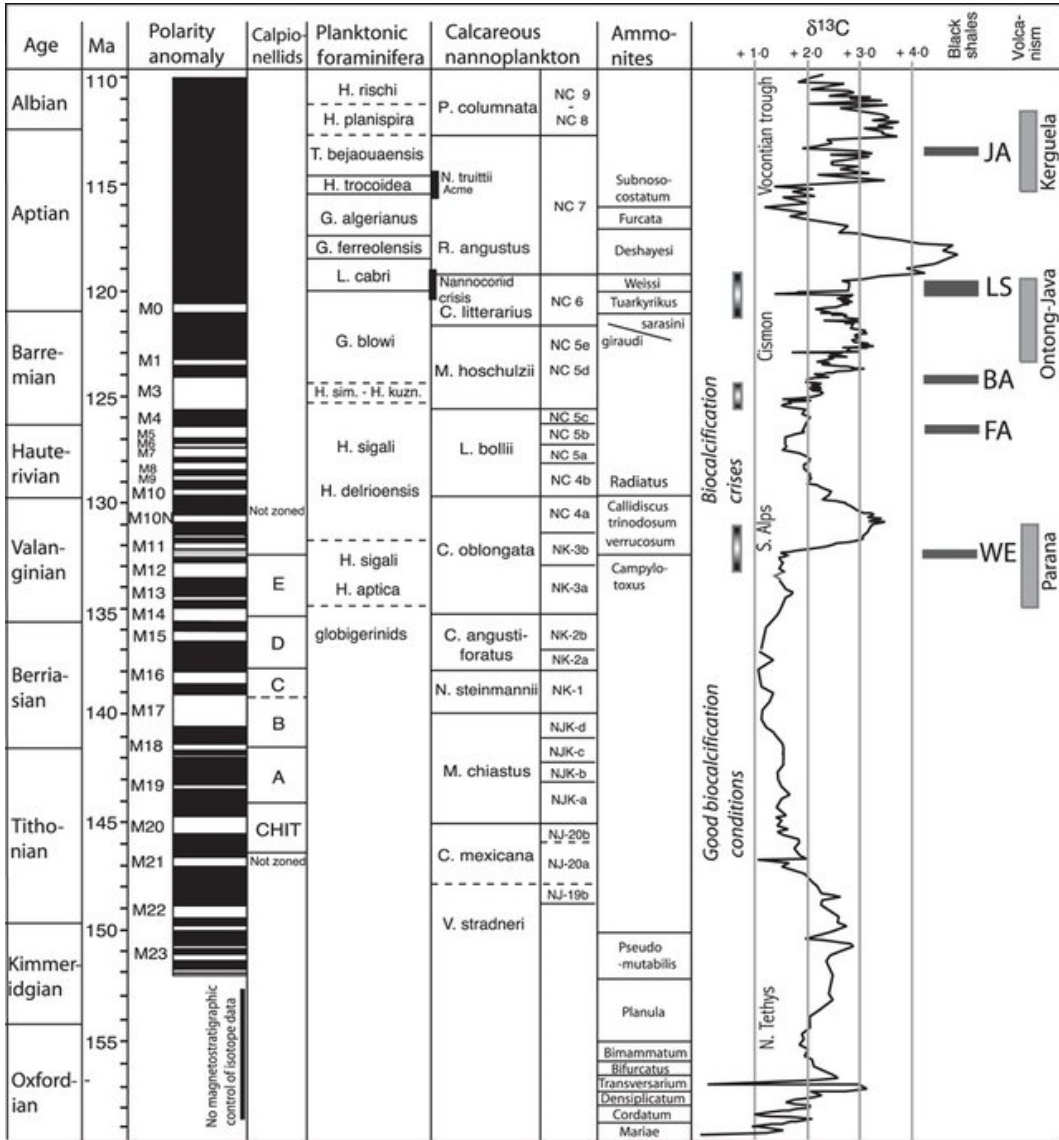
### **1.3.2.2. Erken Torsiyen Dönemi Okyanusal Anoksik Olayı (T-OAE)**

Yoğun bir global ısınmanın yaşandığı ve günümüzden 5-10 °C derece daha sıcak kısa bir dönem olan Erken Torsiyen (~ 183 my) (Serrano ve ark., 2015), sırası ile Hallam ve Bradshaw (1979), Jenkyns (1980), Hallam (1981) ve Jenkyns (1985) tarafından olası bir OAE adayları olarak önerilmiş, ve nihayetinde Jenkyns (1988) Erken Torsiyen'in Falciferum zonunu OAE olarak değerlendirmiştir.

Avusturya – Almanya, İtalya, Yunanistan, Hırvatistan ve Tunus'ta görünen, Tetis'in Jura yaşlı derin deniz organik maddece zengin şeylleri ve manganlı karbonatları esas olarak Torsiyen' in Falciferum zonuna aittir. Erken Falciferum'da karbon içermeyen Tetis kesitlerinde yapılan karbon izotop stratigrafi çalışmaları  $\delta^{13}\text{C}$  artışı gösterir ve buna göre okyanus rezervinden organik karbon çıkışının artışı Erken Falciferum'da gerçekleşmiştir. Falciferum siyah şeyllerinin Batı Kanada, Arktik Yamacı, Japonya, Madagaskar, Arjantin ve olasılıkla Batı Avustralya açıkları gibi dünyanın çok çeşitli yerlerinde görülmesi sebebi ile bu olay yaklaşık yarım milyon yıl süren bir Okyanusal Anoksik Olay olarak değerlendirilebilir (Jenkyns, 1988).



Şekil 1.6. Mesozoyik dönemdeki OAE'ler (Jenkyns, 2010)



Şekil 1.7. Geç Jura-Erken Kretase karbon izotop stratigrafisinin derlemesi, ana volkanik olaylar, siyah şeyl episodları ve deniz biyokalsifikasyon krizleri. Siyah şeyller: JA, Niveau Jacob; LS, Selli Seviyesi; BA, Barrem siyah şeylleri; FA, Faraoni Seviyesi; WE, Weissert Olayı veya Barrande Katmanları (Emeis ve Weissert, 2009).

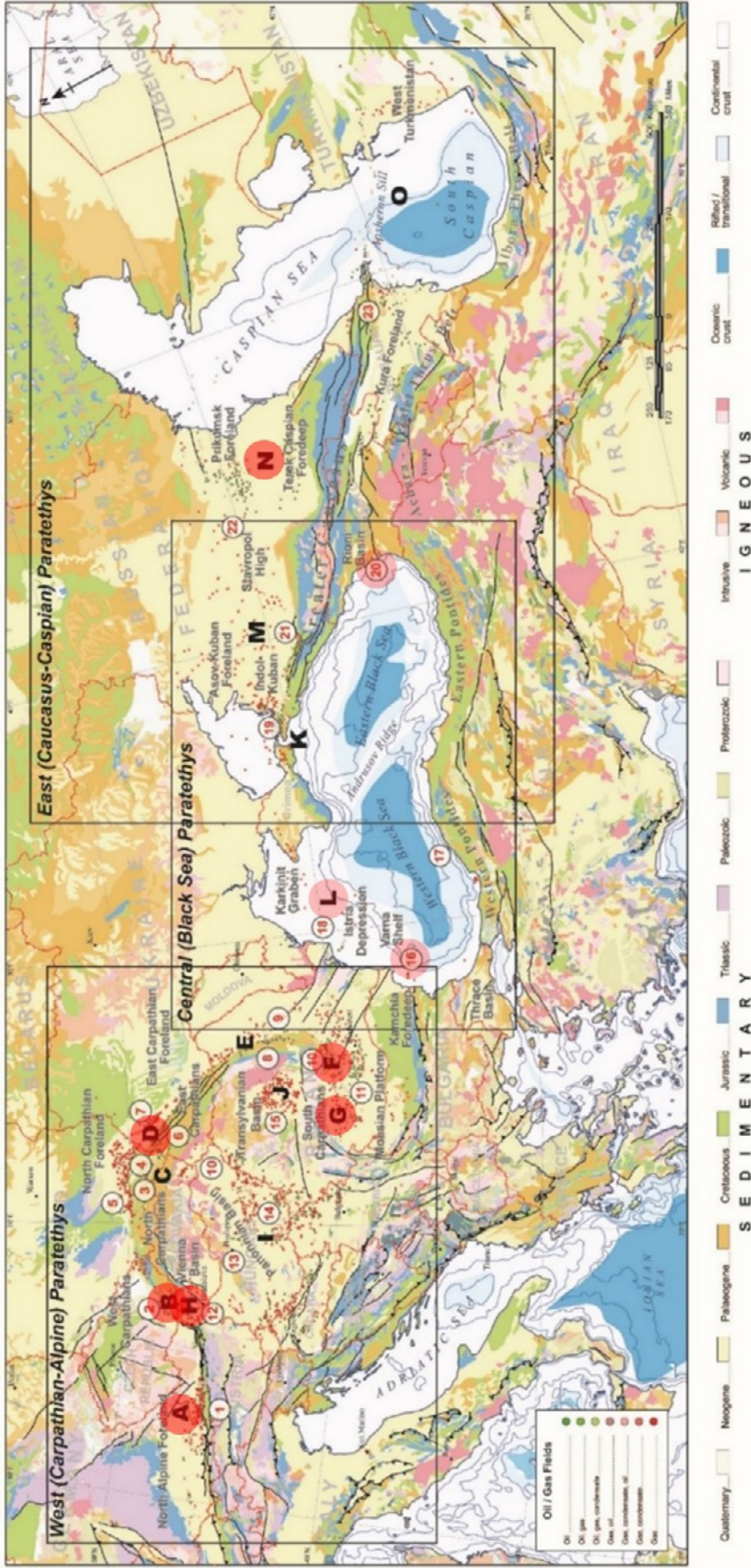


Şekil 1.8. Erken Torsiyen yaşlı organik maddece zengin şeyllerin ve/veya manganlı karbonatlarının Alp – Akdeniz Kuşağı'ndaki dağılımı (Jenkyns, 1988).

### 1.3.3. Lavrasya'da Jura'nın Hidrokarbon Potansiyeli

Boote ve ark. (2018) Paratetis'teki hidrokarbon kaynaklarını derlemiş, Şekil 1.9'da verilen haritada (A-O) harfleri ile gösterdiği petrol sistemlerinin enine kesitlerini çalışma içerisinde ayrıca vermiş ve bu petrol sistemlerinin büyük kısmında Jura'nın kaynak kaya olduğunu göstermiştir. Çalışmada değinilen petrol sistemlerinin kaynak kayalarını gösteren tablo, Jura yaşlı kaynak kayalar ayrıca belirtilecek şekilde tekrar düzenlenerek Şekil 1.10'da sunulmuştur.

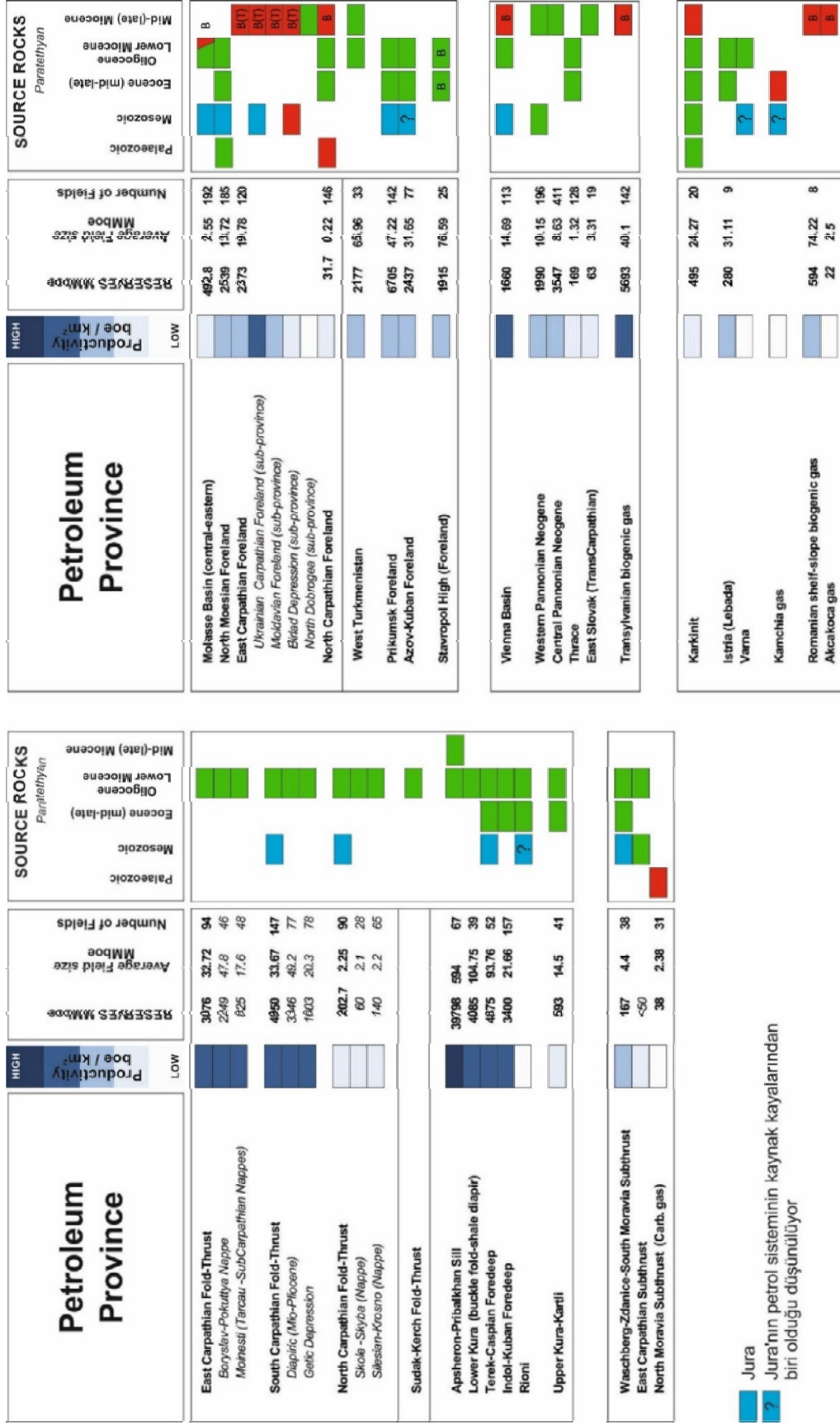
Şekil 1.10'da görülebileceği üzere Lavrasya kıtasındaki petrol sistemlerinin kaynak kaya dağılımında Jura oldukça önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 1.9. Paratetis hidrokarbon kaynaklarının 1/5.000.000 ölçekli jeoloji haritası üzerinde gösterimi (Boote ve ark., 2018)

(A-O) çalışma içerisinde ayrı ayrı gösterilen petrol sistemi enkesit bölgelerini, (1-23) çalışma içerisinde verilen kronostratigrafik kolon kesit yerlerini göstermektedir.

Koyu kırmızı işaretler Jura yaşlı kaynak kaya içeren basenleri, açık kırmızı işaretler ise Jura yaşlı kaynak kaya içerdiğinden şüphelenilen basenleri göstermektedir.



Şekil 1.10 Paratetis'teki petrol sistemlerinin rezervleri ve kaynak kaya dağılımları. (Boote ve ark., 2018)'dan derlenmiştir.

Okay ve ark. (1994) İstanbul Zonu'nun Geç Kretase – Paleosen süresince Moesya platformundan ayrılıp, Odessa'dan güneye doğru, sağ yanal Batı Karadeniz ve sol yanal Batı Kırım transform fayları boyunca hareket edip Erken Eosen'de Kimmerid Zonu ile çarpışarak Batı Karadeniz'deki genişlemeyi sonlandırdığını söylemiştir. Buna göre İstanbul Zonu Geç Kretase'den önce Moesya Platformunun bir parçasıdır.

Pene ve ark. (2006) Moesya Platformundaki hidrokarbon kaynaklarını değerlendirdiği çalışmada, jeolojik, jeofizik ve petrol verilerinin analizlerinin platformda (1) Paleozoyik, (2) Mesozoyik, (3) Neojen olmak üzere en az üç etkili petrol sistemini gösterdiğini, Mesozoyik sistemin kaynak kayacının da %1,2-2,0 TOC değerlerine sahip, Tip II/Tip III kerojen içeren Dogger yaşlı siyah şeyller olduğunu belirtmiştir.

Ruebsam ve ark. (2016) iyi korunmuş sondaj karotları üzerinde yaptıkları çalışmalarda Torsiyen (Erken Jura) yaşlı batı Tetis sığılığında çökelen Posidonia siyah şeyllerinin içerisindeki farklı seviyelerin hidrokarbon potansiyellerinin çalışmış ve açık gri - koyu gri olmak üzere iki farklı litotip belirlemiştir. Belirlediği litotiplerin mineralojik açıdan farklılık gösterdiği gibi organik madde içeriği ve kalitesi açısından da farklılık gösterdiğini, açık gri seviyelerin ortalama TOC içeriği %3,9 ve hidrojen indeksi 550 mg HC/g TOC iken koyu gri seviyelerin ortalama TOC içeriğinin %7,8 ve hidrojen indeksinin de 780 mg HC/g TOC olduğunu söylemiştir.

Zakrzewski ve ark. (2022) Polonya Baseni'nde organik madde açısından zengin Orta Jura yaşlı siliklastiklerin varlığına rağmen bugüne kadar neden Orta Jura Petrol Sistemi'nden kaynaklı bir rezerve ulaşılamadığını araştırmıştır. Yapılan Rock – Eval Piroliz analizlerinde, Orta Jura içerisinde belirlenen Aalenian, Bajocian ve Bathonian katmanlarında sırasıyla ortalama; 4,97, 2,56 ve 1,81, % ağ. TOC; 425, 429 ve 431°C T<sub>max</sub>; 3,99, 1,7, 0,98 mg HC/g kaya S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub> ve 82, 68, 43 mg HC/g TOC HI değerlerine ulaşılmıştır. Yüksek TOC ve düşük HI değerleri paleo yangınlar sebebi ile oluşan pirolitik kalıntı organik maddeye, yüksek TOC içeriğine rağmen zayıf hidrokarbon potansiyeli de kömürleşen organik madde içeriğine bağlanmıştır.

Derman ve ark. (1997) Karadeniz Bölgesi'nde aralarında Dogger yaşlı Himmetpaşa Formasyonu'nun da bulunduğu kaynak kayalar ile ilgili genel bilgi ve jeokimyasal analizleri derlemiştir, Himmetpaşa Formasyonu'nun görüldüğünden daha fazla doğruya doğru uzanıyor



olabileceğini söylemiştir. Çalışmada gerçekleştirilen Rock – Eval Piroliz analizlerine göre, TOC değerleri 0,25 – 3,92 %ağ., hidrojen indeksleri 4 - 68 HC/g TOC, T<sub>max</sub> değerleri 428 – 475 °C, olgunlaşma değerleri 0,68 – 0,86 % Ro aralığında, kerojen tipleri ise formasyonun alt ve üst kesimlerinde ağırlıklı olarak Tip III ve Tip IV olarak tespit edilmiş, orta kesimlerinde ise Tip II kerojene rastlanıldığı söylenmiştir.



Orta Pontidler, Karadeniz'in Geç Kretase'de açılmasından önce, Lavrasya'nın güney kenarının bir parçasını oluşturuyordu (Okay ve ark., 2015). Gondwana ve Lavrasya kıtalarının çarpışmasının neden olduğu bindirmelerden dolayı, Gondwana kıtasına ait Paleozoyik birlikler, Erken Dogger zamanında, az metamorfik fliş fasiyesi ve ofiyolit – meta ofiyolitlerden kurulu Paleotetis birlikleri üzerine, güney – güney batı'dan, kuzey – kuzey doğu'ya doğru bindirmişlerdir. Üst Liyas'tan genç birimler, bu tektonizmayı ve yaşlı birimleri örtmüşler, transgresyon da Paleosen'e kadar devam etmiştir. Adayayı volkanizması, Albien öncesinde, kuzeye eğimli Neotetis dalma – batma zonunun Pontidler altına dalması ile başlamıştır. Eosen birimleri açılmal uyumsuzluk ile kendinden yaşlı birimleri örtmüş, Neojen döneminde karasal birimler oluşmuş, bunları da genç alüvyonlar takip etmiştir (Aydın ve ark., 1986).

Sakarya Zonu'nda, altta, ofiyolit ve Erken – Orta Triyas yaşlı pelajik kireçtaşları üzerine çökelmiş Geç Triyas yaşlı türbiditlerden meydana gelen Akgöl Formasyonu'ndan oluşan Küre kompleksi bulunur (Okay ve ark., 2013). Daha önceleri, Çangaldağ Kompleksi'nin kuzeyinde açılan, Paleo – Tetis' in bir yay ardı havzası olarak yorumlanan Triyas yaşlı Küre Kompleksi'nin, Çangaldağ Kompleksi ve Orta Pontid Süperkompleksi'nin Jura veya daha genç olduğu göz önünde bulundurulduğunda bir yay ardı havzadan ziyade, Paleo – Tetis' in kuzey aktif kenarında, hendek içerisinde gelişmiş havza konumunda olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu konumu ile Karakaya Kompleksi'ne benzerlik gösteren Küre Kompleksi'nin en önemli birimi olan Akgöl Formasyonu'nda tespit edilen ve Üst Triyas'ın önemli indeks fosillerinden olan lamellibrans *Monotis Salinaria*, formasyonun Üst Karakaya Kompleksi (Hodul Birimi) ile eş yaşlı olduğunu göstermektedir (Okay ve ark., 2014).

Okay ve ark. (2013), Erken – Orta Jura döneminde bölgede önemli termal olaylar yaşandığını ve sonrasında Orta Jura'da Küre Kompleksi'ni ve oluşan metamorfik kayaları kesen irili ufaklı magmatik sokulumların bölgeye yerleştiğini, Okay ve ark. (2014) ise bölgede yapılan Ar-Ar mika yaş tayinlerine göre, Ilgaz, Kargı ve Daday Masiflerinde gerçekleşen metamorfizmanın Orta Jura ve Erken Kretase'de olduğunu söylemiştir.

Küre Kompleksi ve Jura kristalen kayaları üzerine uyumsuz olarak gelen sığ denizel kireçtaşlarından oluşan Üst Jura – Alt Kretase yaşlı İnaltı Formasyonu, İstanbul Zonu'nda Paleozoyik ve Triyas yaşlı sedimanter kayaların üzerinde bulunmaktadır. Sakarya ve İstanbul Zonları arasında derin denizel Üst Jura sedimanlarının görülmemesi, Sakarya ve

İstanbul Zonlarının Geç Triyas ile Geç Jura arasındaki bir zamanda, muhtemelen Orta/Geç Jura sınırında (Geç Kalloviyen - Oksfordiyen) bir araya geldiğine işaret etmektedir. Sakarya ve İstanbul Zonları arasındaki dokanak, Karadeniz kıyısından güneye Araç – Devrekani - Hanönü hattına kadar uzanan ve burada da düşük dereceli metamorfik kayalar üzerinde faylı olarak yer alan Alt Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu'nun türbiditleri ve yamaç fasiyesi çökelleri ile örtülüdür (Okay ve ark., 2013). Bu türbiditlerin metamorfik eşleniği, Orta Pontid Süperkompleksi olarak adlandırılan geniş metamorfik alanın kuzey kesimlerinde bulunmaktadır. Orta Pontidler'in kuzey kesimlerinde ise aynı yaşlı Çağlayan ve Ulus Formasyonu olarak bilinen türbiditler geniş mostralara vermektedir. Yapılan jeolojik saha çalışmaları, zirkon U-Pb yaş tayinleri bu iki formasyonun aynı havzada çökeldiğini ve bu havzanın önemli ölçüde Doğu Avrupa Platformu ve Ukrayna Kalkan'ından, yani Karadeniz kuzeyinden beslendiğini ortaya çıkartmıştır (Okay ve ark., 2014).

Orta Pontidler'in güney kesimlerinde, zirkon U-Pb verilerine göre Orta Jura yaşında olan Çangaldağ Kompleksi yer almakta ve daha kuzey kesimlerdeki sığ granitik sokulumlar ile birlikte Orta Jura yaşlı bir ada yayını tanımlamaktadır. Bu ada yayının derin kesimlerine ait, Sillimanit – kordiyerit - granat parajenezleri ile karakterize, Orta Jura yaşlı yüksek sıcaklık – düşük basınç metamorfikleri İnebolu güneyinde yüzlek verir (Okay ve ark., 2014).

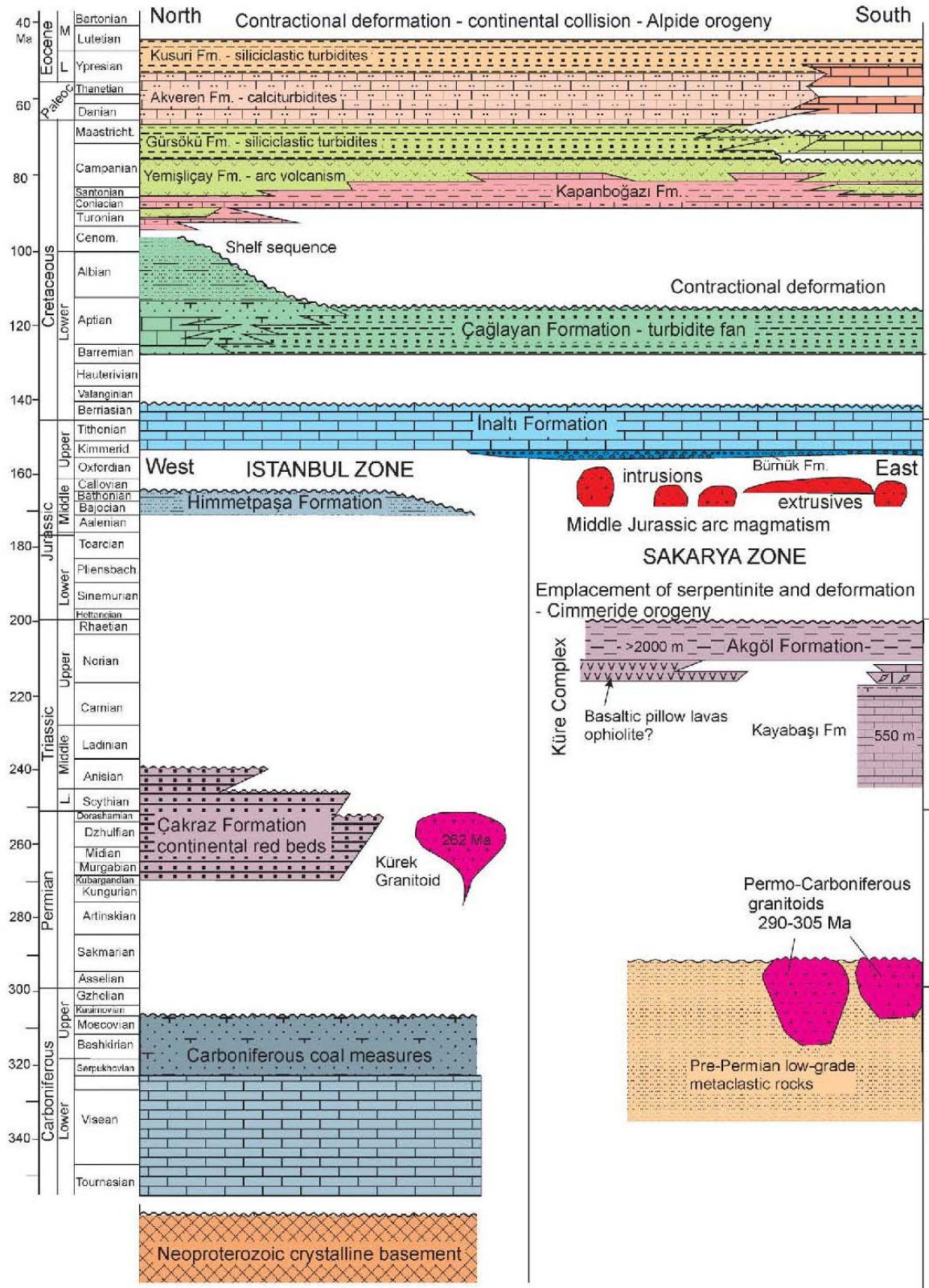
Pontidler'in geniş bir bölümünü, stratigrafileri ve tektonik evrimi farklı, okyanuslar ile birbirlerinden ayrılmış kıta parçacıkları olan İstanbul ve Sakarya Zonları oluşturur (Şekil 2.2). Geç Prekambriyen yaşlı granitik ve metamorfik kayaların temeli oluşturduğu İstanbul Zonu'nda, bu temelin üzerine Ordovisiyen – Karbonifer yaşlı, kalınlığı beş kilometreyi aşan, Lavrasya'nın güneye bakan pasif kıta yamacında çökelen İstanbul Paleozoyiği olarak bilinen sedimanter bir istif gelmektedir. Karbonifer'de Hersiniyen orojenezi sırasında deforme olan bu istif, Alt Triyas yaşlı karasal konglomera ve kumtaşları ile uyumsuzlukla örtülmüş ve arada önemli boşluklar içeren Jura, Kretase ve volkanik kayalar ile günümüze kadar çökelmeye devam etmiştir (Okay ve ark., 2013).

Temelini, Karbonifer'de amfibolit ve granülit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan Uludağ, Kazdağ ve Pulur Masiflerinde mostra veren kayaların oluşturduğu, bu temel üzerine tektonizma ile Paleo – Tetis'in eklenir prizması olarak yorumlanan Karakaya Kompleksi'ne ait birimlerin geldiği ve Karakaya Kompleksinin de Jura'dan başlayan bir istif ile uyumsuz

olarak örtüldüğü Sakarya Zonu'nda, İstanbul Zonu'ndan farklı olarak, otokton Paleozoyik sedimanter kayalar genellikle görünmez (Okay ve ark., 2013).

Bölgenin tektonik evrimindeki önemli olayları Şengör ve Yılmaz (1981)'den alınan ilgili dönemlere ait Türkiye'nin tektonik birliklerini gösteren haritaları yine Şengör ve Yılmaz (1981), Aydın ve ark. (1986) ve Nikishin ve ark. (2015)'den alınan bilgiler ile birlikte derleyen görseller 4 bölüm halinde Şekil 2.3, Şekil 2.4, Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'da verilmiştir.

Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de de görüldüğü üzere çalışma alanı iki farklı tektonik zon üzerinde bulunduğu için çalışma alanının stratigrafik bilgilerinin de iki kısımda verilmesi uygun görülmüştür.



Şekil 2.2. İstanbul ve Sakarya Zonları'nı gösterir Orta Pontidler'in genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Okay ve ark., 2015)

ZAMAN DÖNEM	SERİ	KAT	PIK (Ma)	Dönemlere göre Türkiye'nin tektonik evrimi (Şengör ve Yılmaz, 1981'den düzenlenmiştir)	Kaynaklar (1) Nikişin, 2015 (2) Aydın, 1986 (3) Şengör ve Yılmaz, 1981		
MESOZOIC	JURASSIC	TOARCIAN	174	ERKEN JURA		Neotetis'in açılmaya başlaması (3)	
		PLIENSBAICHIAN	183				
		SINEMURIAN	191				
	TRIASSIC	HETTANGIAN	HETTANGIAN	199	PERMO - TRIYAS		Karakaya çanağının kapanması (3)
			RHAETIAN	201			
		LATE	NORIAN	209			
			CARNIAN	228			
		MIDDLE	LADINIAN	237			
			ANISIAN	241			
		EARLY	OLENEKIAN	247			
INDUAN	250						
CHANGHSINGIAN	252						
PALEOZOIC	LOPINGIAN	WUCHIAPINGIAN	254	PERMO - TRIYAS		Karakaya çanağının kapanması (3)	
		CAPITANIAN	260				
	GUADALUPIAN	WORDIAN	265				
		ROADIAN	269				
	CISURALIAN	KUNGURIAN	272				
		ARTINSKIAN	279				
		SAKMARIAN	290				
		ASSELIAN	296				
			299				

Şekil 2.3. Permiyen – Erken Jura arası olaylarının ve ilgili dönemlere ait Türkiye'nin tektonik birlikliklerinin yaş cetveli üzerinde gösterimi

ZAMAN DÖNEMİ	SERİ	KAT	PIK (Ma)	Dönemlere göre Türkiye'nin tektonik evrimi (Şengör ve Yılmaz, 1981'den düzenlenmiştir)	Kaynaklar (1) Nikishin, 2015 (2) Aydın, 1986 (3) Şengör ve Yılmaz, 1981	
MESOZOİK	CRETACEOUS	ALBİAN	100		<p>Vulkanik adayıyının oluşması (1)</p> <p>Kıtasal riftleşme (1)</p> <p>Neotetis dalma-batma zonunun Pontidler altına dalmasıyla, adayıyı volkanizmasının başlaması (2)</p>	
		APTİAN	113			
		BARREMIAN	126			
		HAUTERİVİAN	131			
		VALANGİNİAN	134			
		BERRİASİYAN	139			
		TİTHONİYAN	145			
	LATE (MALM)	KİMMERİDİYAN	152		<p>İstanbul ve Sakarya zonlarının bir araya gelmesi (1)</p>	
		OKSİRDİYAN	157			
		CALLOVİYAN	164			
	JURASSIC	MIDDLE (DOGGER)	BATHONİYAN	166		<p>Ada Yayı arkası rift baseninin açılması (1)</p> <p>Paleotetis'in kapanmaya başlaması</p>
			BAJOCİYAN	168		
			AALENİYAN	170		
				174		

Şekil 2.4. Orta Jura – Erken Kretase arası olaylarının ve ilgili dönemlere ait Türkiye'nin tektonik birlikliklerinin yaş cetveli üzerinde gösterimi



ZAMAN DÖNEMİ	SERİ	KAT	PİK (Ma)	Dönemlere göre Türkiye'nin tektonik evrimi (Şengör ve Yılmaz, 1981'den düzenlenmiştir)	Kaynaklar	
CENOZOIC	PALEOGENE	LUTETIAN	41,2	ERKEN - ORTA EOSEN	Istanbul Boğazi'nin açılması (1)	
		EOCENE	YPRESIAN			47,8
			PALEOGENE			THANETIAN
	SELANDIAN	59,2				
	DANIAN	61,6				
	MESOZOIC	CRETACEOUS	MAASTRICHTIAN			66
LATE			CAMPANIAN	83,6		
			SANTONIAN	86,3		
			CONIACIAN	89,8		
TURONIAN			93,9			
CENOMANIAN			100			
<p>Okyanus kabuğu yayılımının tamamlanmasını takiben geniş ölçekli Kretase volkanlarının oluşması (1)</p> <p>Batı &amp; Doğu Karadeniz riftleşmesi (1)</p> <p>Batı &amp; Doğu Pontidlerin havzalarında riftleşme ve yayılımın başlaması (1)</p> <p>Dalma - Batma olayının başlaması (3)</p>						

Şekil 2.5. Geç Kretase – Erken Eosen arası olaylarının ve ilgili dönemlere ait Türkiye'nin tektonik birlikliklerinin yaş cetveli üzerinde gösterimi

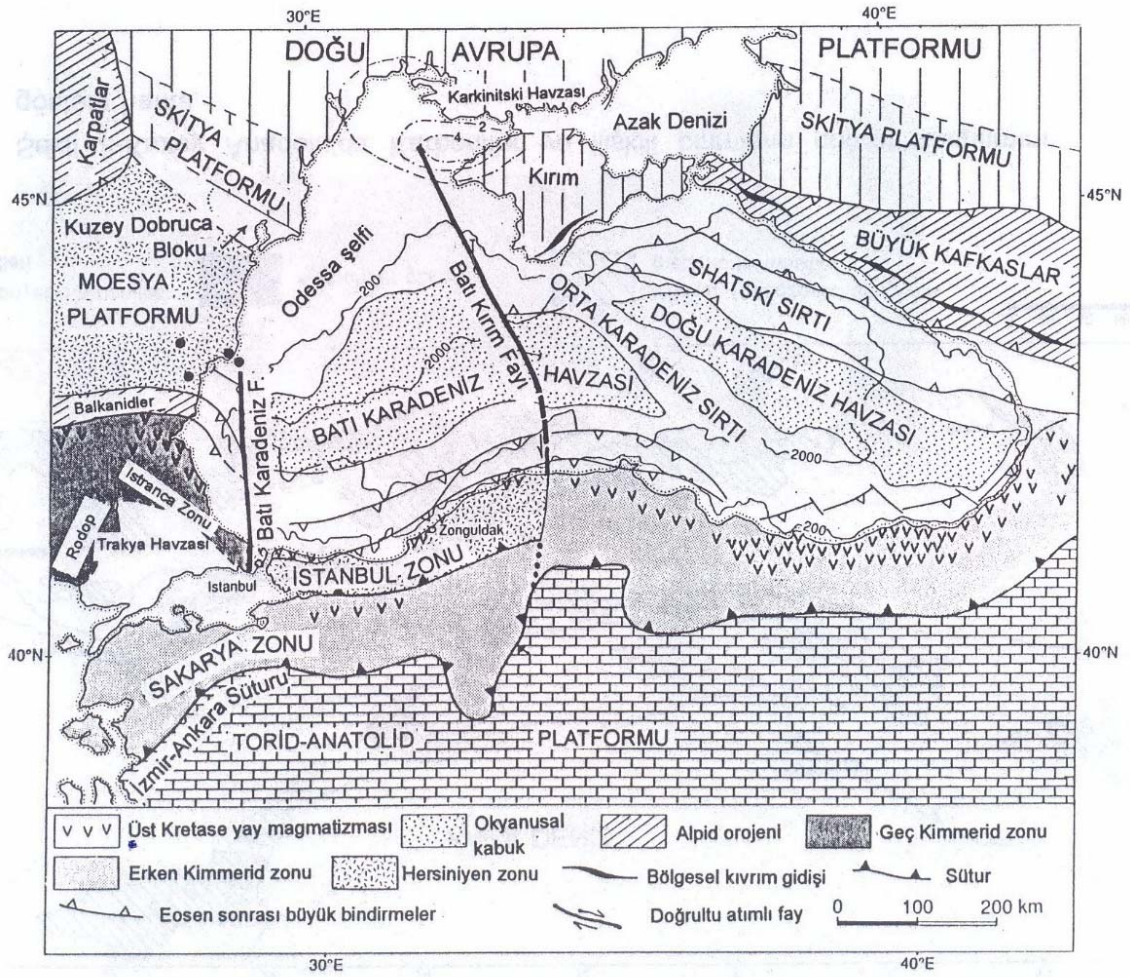
ZAMAN DÖNEMİ	SERİ	KAT	PIK (Ma)	Dönemlere göre Türkiye'nin tektonik evrimi (Şengör ve Yılmaz, 1981'den düzenlenmiştir)	Kaynaklar	
CENOZOIC	QUAT.	PLEISTOCENE	0,01		(1) Nikishin, 2015 (2) Aydın, 1986 (3) Şengör ve Yılmaz, 1981	
		HOLOCENE	2,8			
	PLIOCENE	PIACENZIAN	3,6			
		ZANCLEAN	5,3			
		MESSINIAN	7,2			
	MIOCENE	TORTONIAN	11,6			
		SERRAVALLIAN	13,8			
		LANGHIAN	16			
		BURDIGALIAN	20,4			
		AQUITANIAN	23			
	PALEOGENE	OLIGOCENE	CHATTIAN			28,1
			RUPELIAN			33,9
		EOCENE	PRIABONIAN			37,8
			BARTONIAN			41,2
				Deniz seviyesinin hızla düşmesi (1)		
				Cüngüş havzasının tüpüyle kapanması ve Bitlis kenet kuşağı boyunca Arabistan - Avrasya çarpışmasının başlaması (3).		
				Istanbul Boğazı'nın açılması (1)		

Şekil 2.6. Geç Eosen – Kuvaterner arası olaylarının ve ilgili dönemlere ait Türkiye'nin tektonik birlikliklerinin yaş cetveli üzerinde gösterimi

## 2.3. İstanbul Zonu Tektonik Birliği'nde Kalan Çalışma Alanının Jeolojisi

### 2.3.1. Giriş

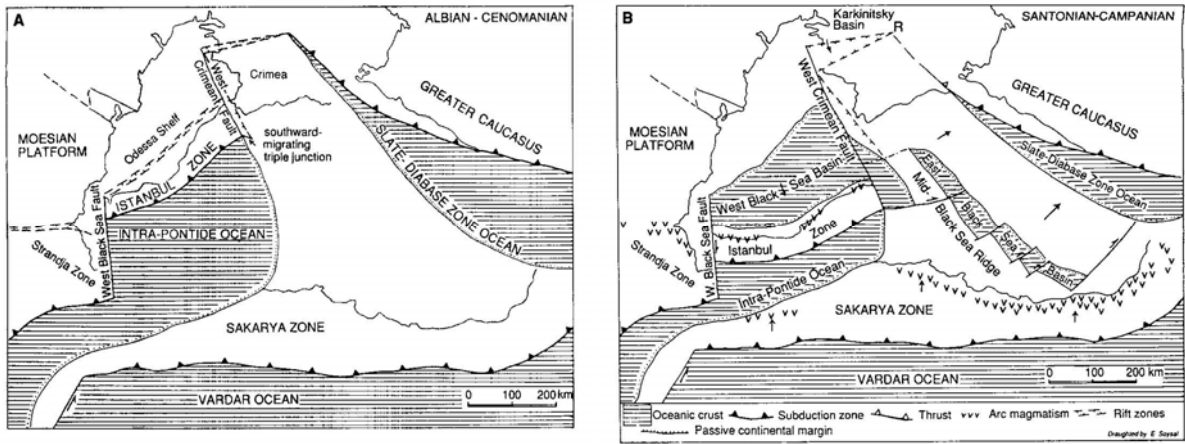
Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından Rodop – Pontid Fragmanı olarak adlandırılan Pontidler, Türkiye'nin en kuzeyde yer alan ana tektonik birliğidir (Ketin, 1966). Daha sonra Okay (1989) tarafından Pontidler'in Kastamonu – İstanbul arasında kalan kısmı İstanbul Zonu olarak adlandırılmıştır. İstanbul Zonu'nun temelinde bulunan Paleozoyik yaşlı çökel istif bu zonu Pontidler'in diğer bölgelerinden ayıran en önemli özelliktir (Görür ve ark., 1995).



Şekil 2.7. Karadeniz çevresinde yer alan tektonik birlikleri gösterir harita (Okay ve ark., 1994)

Karadeniz, Orta Karadeniz Sirtı'yla ayrılmış iki okyanus havzasından oluşur. Doğu – batı yönelimli Batı Karadeniz Havzası Kretase'de İstanbul Zonu'nu günümüz Odessa sahanlığından ayırarak bir yay arkası çukurluğu olarak açılmıştır. Başlangıçta Batı'da Moesya platformu ile bitişik olan İstanbul Zonu, Geç Kretase – Paleosen boyunca

Odessa'dan güneye doğru, sağ yanal Batı Karadeniz ve sol yanal Batı Kırım transform fayları boyunca hareket etmiştir (Şekil 2.8). Erken Eosen' de güneyde Kimmerid Zonu ile çarpışan İstanbul Zonu, bu çarpışma ile Batı Karadeniz'deki genişlemeyi sonlandırmıştır (Okay ve ark., 1994). Okay ve ark. (2013), İstanbul ve Sakarya zonlarının hangi zamanda bir araya geldikleri ile ilgili, Jura – Triyas, Kretase ve Eosen olmak üzere üç farklı görüş olduğunu belirtmiş, kendi çalışmalarının sonucunda da İstanbul ve Sakarya zonlarının İnaltı Formasyonu'nun çökeliminden önce, Geç Kalloviyen – Oksfordiyen'de biraraya geldiğini vurgulamışlardır.



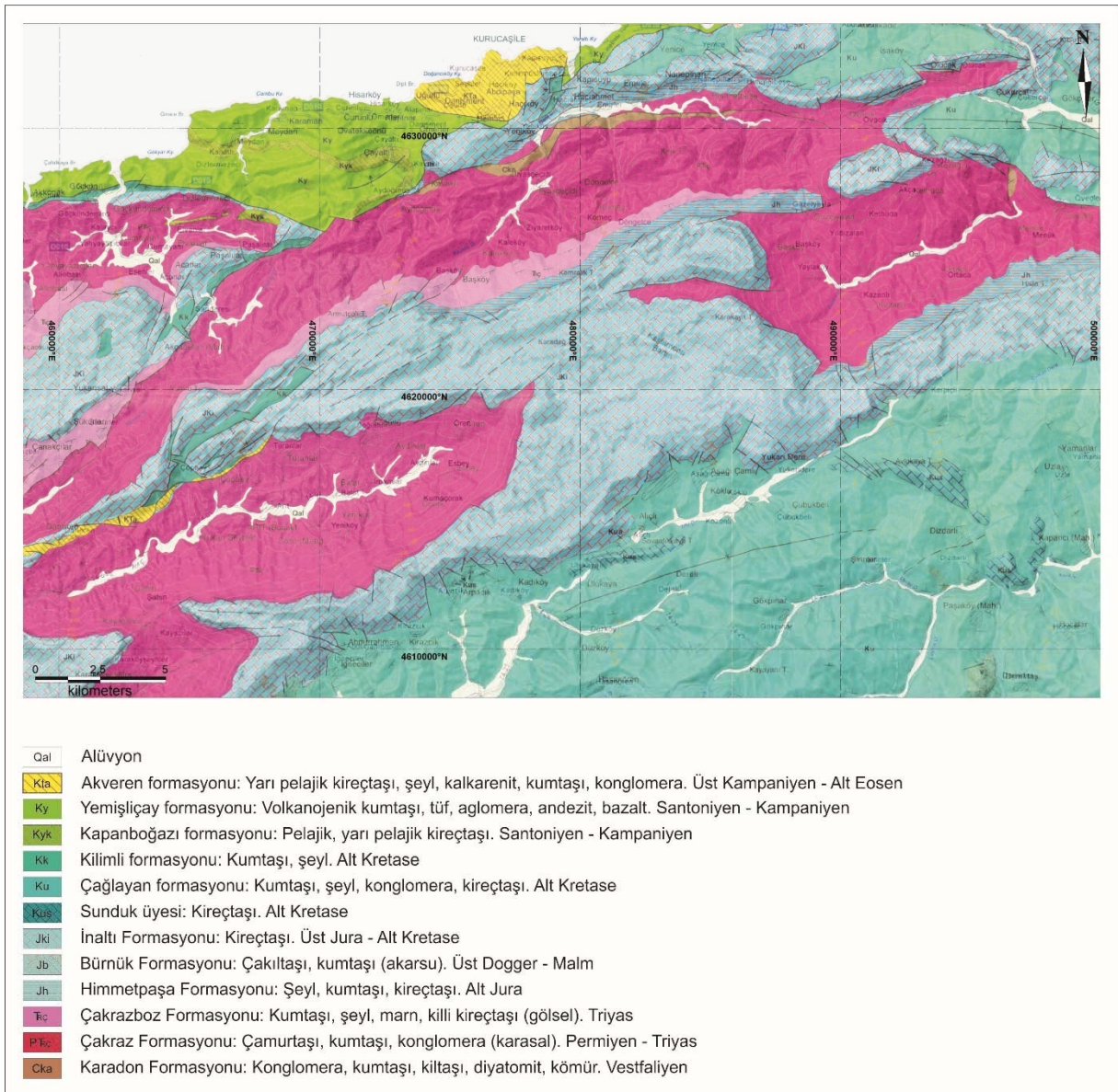
Şekil 2.8. Karadeniz bölgesinin Albiyen – Senomoniyen (A) ve Santoniyen – Kampaniyen (B) dönemleri için paleocoğrafik rekonstrüksiyonları. Oklar plakaların sabit Lavrasya'ya göre hareket yönlerini, "R" Doğu Karadeniz Bloğu'nun rotasyon merkezini göstermektedir (Okay ve ark., 1994).

Özetle, Karadeniz ve çevreleyen alanlardan elde edilen jeolojik, jeofizik ve jeomorfolojik veriler, İstanbul Zonu'nun Karbonifer döneminde Odesa Şelfi boyunca Moesya Platformu ve Kırım arasında yer aldığını, bugünkü konumunu Albiyen – Erken Eosen döneminde Batı Karadeniz Havzası'nın gelişimi esnasında iki ana transform fayla kazandığını işaret etmektedir (Görür ve ark., 1995).

İstanbul Zonu'nun içerisinde bulunan, Kurucaşile ve Cide ilçelerini de içine alan çalışma alanından Kretase ve sonrası birimler, Karadeniz Havzası çökelleri, Ulus Havzası çökelleri ve Karabük Havzası çökelleri olmak üzere üç farklı havzada oluştuğu görülmektedir. Karadeniz Kıyısı Havzası ve Karabük Havzası çökellerinin tabanını Vestfaliyen yaşlı karasal

ve Triyas yaşlı gösel kırıntılılar ile bunlar üzerinde uyumsuz olarak bulunan Liyas – Dogger yaşlı denizel kırıntılılar oluşturur.

Erken – Orta Eosen yaşlı karbonat ve kırıntılılardan oluşan Karabük – Safranbolu Havzası çökellerinin temelini oluşturan Ulus Havzası çökellerinin üzerinde, Karadeniz kıyısı çökellerinin Kampaniyen – Maastrihtiyen yaşlı derin deniz karbonatları açısız uyumsuzlukla yer alır (Gedik ve Aksay, 2002). Çalışma alanının jeoloji haritası Şekil 2.9’da verilmiştir.

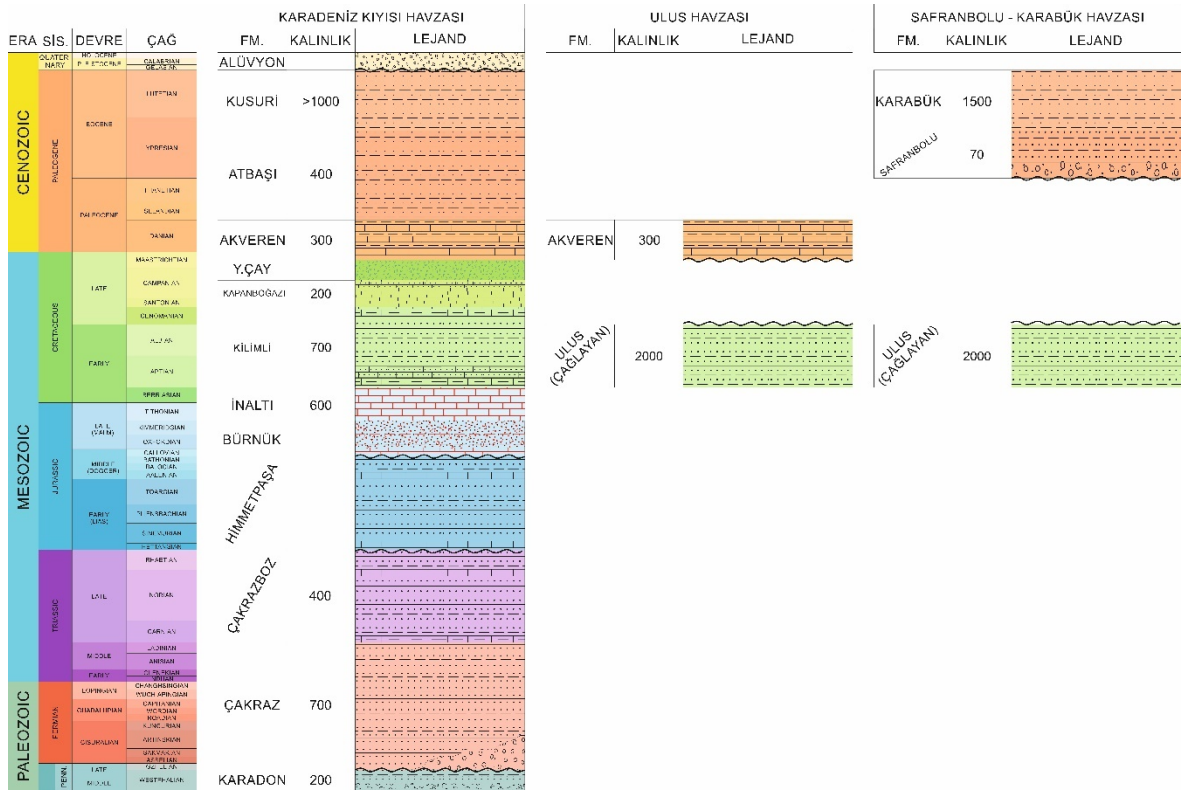


Şekil 2.9. İstanbul Zonu’nda, E29 1/100.000’lik pafta içerisinde kalan çalışma alanının jeoloji haritası (Gedik ve Aksay, 2002)

### 2.3.2. Stratigrafi

Çalışma alanında Vestfaliyen yaşlı Karadon Formasyonu, Permo - Triyas yaşlı Çakraz Formasyonu, Triyas yaşlı Çakrazboz Formasyonu ve Liyas - Dogger yaşlı Himmetpaşa Formasyonu, Geç Dogger - Malm yaşlı Bürnük ile Malm - Erken Apsiyen yaşlı İnaltı Formasyonları temeli oluşturur. İnaltı Formasyonu üzerinde iki farklı çökel istifli yer almaktadır. Bunlardan Karadeniz kıyısı boyunca gözlenen Erken Kretase yaşlı Kilimli Formasyonu, Geç Kretase yaşlı Yemişliçay Formasyonu, Geç Kampaniyen - Erken Eosen yaşlı Akveren Formasyonu ve Erken-Orta Eosen yaşlı Çaycuma (Kusuri) Formasyonlarıdır (Gedik ve Aksay, 2002).

Erken Kretase yaşlı Ulus Formasyonu, İnaltı Formasyonu'nun üzerinde yanal ve dikey geçişli olarak yer almakta, Erken – Orta Eosen yaşlı Safranbolu Formasyonu da Ulus Formasyonu'nun üzerine açısız uyumsuz olarak gelmektedir. Safranbolu Formasyonu ile aynı yaşlı Karabük Formasyonu ise Safranbolu Formasyonu'nun üzerini yanal ve dikey geçişli olarak örtmektedir. Bazı kesimlerde Akveren Formasyonu, Çakraz, İnaltı, Ulus ve Kilimli Formasyonlarının üzerlerine açısız uyumsuzlukla yer alır. Bölgenin genelleştirilmiş dikme kesitleri Şekil 2.10'da verilmiştir. (Gedik ve Aksay, 2002).



Şekil 2.10. İstanbul Zonu içerisindeki Zonguldak - E29 paftasının genelleştirilmiş ölçeksiz dikme kesitleri (Gedik ve Aksay, 2002)

### 2.3.2.1. Karadon Formasyonu (Cka)

Tip yeri Zonguldak bölgesi olan Karadon Formasyonu, Kurucaşile güneydoğusundaki Pelit Ovasında yüzeyler. Sarımsı gri renkli, ince – kalın tabakalı konglomera, kumtaşı, kiltası ve şeyllerden oluşan birim, diatomit ile refrakter kil içerir. En önemli özelliği kömür bantları içermesi olan birimin kalınlığı değişken olsa da 200 m civarındadır (Gedik ve Aksay, 2002). Kumtaşları kaba taneli ve çakıllıdır (Kanar ve ark., 2019).

Tektonik aktivitenin olduğu örgülü akarsu ortamında çökelen birimdeki ince kömür tabakaları, tektonik aktivitenin geçici duraksamalarını işaret eder.

Palinolojik çalışmalara göre Karadon Formasyonu'nun yaşı, Yergök ve ark. (1987) Vestfaliyen A,B,C, Dil ve Konyalı (1978) Vestfaliyen B,C,D, Kerey (1984) ise Vestfaliyen B,C olarak kabul etmiştir (Gedik ve Aksay, 2002).



Şekil 2.11. Karadon Formasyonu içerisindeki çakıltaşı seviyeleri (Kantar ve ark., 2019)

### 2.3.2.2. Çakraz Formasyonu (Pırç)

Karadeniz kıyısında, Amasra İlçesi'nin doğusunda yer alan Çakraz Köyü civarında tipik yüzlekleri bulunan, ağırlıklı olarak koyu kırmızı renkli, yer yer kırmızı – yeşil renk ardalı laminalı şeyl, ince tabakalı çamurtaşı ve kumtaşından oluşan, yer yer mercerler halinde kırmızı renkli konglomeralar içeren birim, Akyol ve ark. (1974) tarafından Çakraz Kumtaşı, Yergök ve ark. (1987) tarafından ise Çakraz Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Kumtaşlarında çapraz tabakalanma ve dalga izleri gözlenen formasyonun çalışma alanındaki kalınlığı 600 – 700 m dolayındır. Formasyondaki çamurtaşı ve şeyller taşkın ovası, mercersel konglomera ve çapraz tabakalı kumtaşları ise akarsu ortamı çökelleridir (Gedik ve Aksay, 2002).

Egemen litolojisi kumtaşı ve çamurtaşı olan birimin taban seviyelerinde, başlıca kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, kuvars, granit ve metamorfik kaya çakıllarından oluşan, kırmızımsı, alacalı, yuvarlak taneli ve kötü boylanmalı çakıl taşları da görülür. Üst seviyelere doğru tane boyu inceler ve çakıltaşları yerini kumtaşı, çamurtaşı ve kilitaşı ardalılamasına bırakır. Üste doğru birimlerin rengi alacalıdan kırmızıya dönmesi, kanal yapılarının azalması, tabakaların daha düzenli hale gelmesi, simetrik dalga izlerinin az da olsa görülmesi, tabandaki düzensiz örgülü akarsu çökellerinden tavana doğru daha düzenli menderesli akarsu – taşkın ovası çökellerine geçildiğini göstermektedir (Tüysüz, 2022).





Şekil 2.12. Çakraz Formasyonu içerişimde görülen dalga izleri (Tüysüz, 2022)

Fosil içermeyen birime farklı çalışmacılar tarafından Erken Permiyen, Geç Permiyen, Permiyen, Erken Triyas, Geç Triyas, Triyas ve Permo – Triyas gibi farklı yaşlar verilmiştir. Bu verilere göre formasyonun yaşı Permo – Triyas olmalıdır (Gedik ve Aksay, 2002).

### 2.3.2.3. Çakrazboz Formasyonu (Trç)

Amasra'nın doğusunda, Çakrazboz Köyü civarında yüzeyleyen, şeyl, kıltaşı, marn, seyrek olarak kumtaşı ve kireçtaşından oluşan gölsel çökellerden oluşan formasyonun ismi ilk kez Alişan ve Derman (1995) tarafından kullanılmıştır. Aynı birimleri Akyol ve ark. (1974) ile Yergök ve ark. (1987) formasyonun tabanında yer alan çapraz tabakalı kumtaşları ile birlikte Himmetpaşa Formasyonu olarak adlandırmış, Derman ve Sayılı (1995) ise Çakraz Grubu içerisinde Çakrazboz Formasyonu olarak değerlendirmiştir (Gedik ve Aksay, 2002).

Ahmetler Köyü ve Başköy civarlarında en iyi gözlenen formasyon, alttan taban birimi niteliğinde kahverengimsi sarı, yer yer kırmızı renkli, çapraz tabakalı, iyi boylanmalı, ince – orta taneli kuvars kumtaşı ile başlar. Bu kumtaşlarının içerisindeki çapraz tabakalı kumtaşları Derman ve Sayılı (1995) ve Akman (1993) tarafından büyük ölçekli çapraz tabakalı rüzgâr çökelleri olarak tanımlanmış, hem alttaki Çakraz Formasyonu hem de üstteki gölsel çökellerle tedrici geçişli olması sebebiyle göl sahil çökeli olabileceği şeklinde

değerlendirilmiştir. Kumtaşlarının üzerine seyrek kumtaşı ara tabakalı, yeşil, yeşilimsi gri ve yer yer kırmızı renkli, ince – orta tabakalı, yer yer varırlı şeyl ve marnlar devam eder. Üst seviyelere çıkıldıkça ince – orta tabakalı, kirli beyaz ve bej renkli killi kireçtaşı ara tabakaları içerir (Gedik ve Aksay, 2002). Marnlar çoğunlukla açık gri, yeşilimsi, özellikle istifin alt kısımlarında sarımsı ve kırmızımsı renktedir. Yer yer kömürleşmiş, organik madde açısından zengin ince bantlar da görülür (Tüysüz, 2022).

300 – 400 m civarında kalınlığı olan Çakrazboz Formasyonu, altındaki Çakraz Formasyonu ile tedrici geçişli (Şekil 2.13), üstte Himmetpaşa, Bürnük ve İnaltı Formasyonları tarafından uyumsuz olarak örtülüdür (Gedik ve Aksay, 2002). Çakraz Formasyonu ile geçişli olduğu kısımlarda yaygın olarak görülen kilttaşları koyu sarımsı, soluk kırmızı – bordo renklerdedir (Tüysüz, 2022).

Palinolojik verilere göre birimin yaşı Alişan ve Derman (1995) tarafından Geç Triyas olarak belirlenmiş, Zaninetti ve Dağır (1978) ise aynı birimin Kocaeli yarımadasında Erken Triyas ile başladığını söylemiştir (Gedik ve Aksay, 2002).

#### **2.3.2.4. Himmetpaşa Formasyonu (Jh)**

Himmetpaşa Formasyonu Cide'nin güneyi, Aydos Fayı'nın hemen kuzeyinde yüzeyleyen ve Akyol ve ark. (1974) tarafından adlandırılmış (Aydın ve ark., 1986) olan birim üstte regresif altta transgresif kırıntılılardan oluşmaktadır (Tüysüz, 2022). Kumtaşı, şeyl, silttaşı, yer yer kireçtaşı ve çakıl taşı litolojilerinden oluşan birimin (Şekil 2.14), Aydın ve ark. (1986) denizel – derin denizel ortamda, Okay ve ark. (2013) ise sığ denizel ve yer yer karasal ortamda çökeldiğini söylemiştir. Tüysüz (2022) ise birimin alt kesimlerinin kıyı ve kıyı yakını çökeller ile başlayıp üste doğru gidildikçe kıyı koşullarından açık deniz koşullarına geçildiğini, en üst kesimde ise karasal çökellerin bulunduğunu belirtmektedir.



Şekil 2.13. Çakraz ve Çakrazboz Formasyonları geçiş zonunda görülen bordo ve beyaz çamurtaşları ardalanması (Tüysüz, 2022).

Formasyonun tabanı, gri ve sarı renkli düşük düşük açılı çapraz tabakalanmalı ve kötü boylanmalı, kiltası, şeyl, tabakalı kuvars kumtaşından meydana gelmiştir. Altta, Çakrazboz Formasyonu ile olan dokanağında kömür tabakaları ve kömürleşmiş kökler, tabaka yüzeylerinde kömürleşmiş yoğun bitki parçaları bulunur (Gedik ve Aksay, 2002). Birimin Kirazlıdere güneyindeki mostralarında, tabanda yer yer işletilmiş kömür seviyeleri bulunmaktadır (Tüysüz, 2022).

Himmetpaşa Formasyonu altta Çakraz ve Çakrazboz Formasyonları ile uyumsuzdur. Üstte de İnaltı Formasyonu ile açısız uyumsuz olan Himmetpaşa Formasyonu'nun İnaltı Formasyonu ile arasındaki uyumsuzluğunda büyük bir hiyatus olmadığı düşünülmektedir. Yalnızca Cide ve Cide'nin Amasra'ya kadar olan yakın çevresinde gözlenen Himmetpaşa Formasyonu, bu bölgedeki Üst Liyas – Dogger dönemindeki bölgesel bir çökmeyi işaret etmektedir. Aydos Fayı'nın güney ve doğu kesimlerinde karasal Bürnük Formasyonu'nun çökeldiği sırada kuzey ve kuzeybatısında da Himmetpaşa Formasyonu çökelmiş, Üst Kretase'nin sonlarına doğru gerçekleşen Alpin Orojenezi sonucu oluşan Aydos Fayı ile de bu iki formasyon birbirine doğru yaklaşmıştır (Aydın ve ark., 1986).

Birime Akyol ve ark. (1974) ve Yergök ve ark. (1987) tarafından ammonit fosil içeriğine dayanarak Liyas – Dogger yaşı verilmiş, ancak Derman ve Sayılı (1995) palinomorf içeriğine dayanarak birimin Liyas'ı içermediğini ve Dogger yaşında olduğunu söylemiştir. Gedik ve Aksay (2002) ise İnaltı Formasyonu'nun alt yaş sınırı olan Malm'ı da değerlendirerek birimin yaşını Liyas – Dogger olarak kabul etmiştir.



Şekil 2.14. Başköy civarından Himmetpaşa Formasyonu mostrası (Tüysüz, 2022)

#### **2.3.2.5. Bürnük Formasyonu (Jb)**

Genellikle dağlar arası alüvyon yelpazesi ortamında çökelen birim (Ergun, 1980) ilk kez Sinop yöresinde Ketin ve Gümüş (1963) tarafından adlandırılmıştır. Alüvyal -Flüviyal bir ortamın üste doğru sığ denizel ortama geçişi temsil eden birim E29 paftası içerisinde Ulus İlçesi'nin batısında ve kuzeybatısında görülür (Gedik ve Aksay, 2002).

Bürnük Formasyonu karakteristik olarak kırmızı, yer yer sarı renkli, şeyl, kumtaşı, diyabaz, gabro, granit, granodiyorit, metavolkanit, dolomit ve mermer (Aydın ve ark., 1986) litolojileri gibi yaşlı ve farklı birimlere ait kötü boylanmış konglomera, kumtaşı, silttaşı ve karbonatlı kumtaşından oluşur. Birimin tabanı konglomeralar ile temsil edilirken üst seviyelerde ince – orta tabakalı karbonatlı kumtaşı ve kalkarenitler dominanttır (Gedik ve

Aksay, 2002). Konglomera içerisinde bulunan intrüzif parçalar çoğunlukla Orta Jura magmatik intrüzifleri kaynaklıdır (Okay ve ark., 2015).

Gedik ve Aksay (2002) Birimin kalınlığının 50 metreye ulaştığını, kendinden yaşlı birimleri aşısız uyumsuzluk ile örttüğünü söylemiştir. Birimin kendinden daha genç birimlerle olan kontakları için Derman ve Sayılı (1995) Himmetpaşa Formasyonu ile geçişli olduğunu, Aydın ve ark. (1986) ise Himmetpaşa Formasyonu ile Bürnük Formasyonu'nun aynı yaş konağında farklı ortamlarda çöktüğünü söylemiştir. Birim üstte İnaltı Formasyonu ile geçişlidir. Birimin yaşı ise tüm çalışmalarda Geç Dogger – Malm olarak kabul edilir (Gedik ve Aksay, 2002).

### **2.3.2.6. İnaltı Formasyonu (JKi)**

Beyaz, bej ve gri renkli, tümü ile sığ denizel platform kireçtaşlarında ile temsil edilen (Tüysüz, 2022) İnaltı Formasyonu, Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Sinop güneyindeki İnaltı Köyü'nden adlandırılmıştır. Tabanda kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve dolomit ve/veya dolomitleşmiş kireçtaşı ile temsil edilen birimin orta ve üst kesimleri tamamı ile karbonatlardan oluşur. Yer yer intraformasyonel konglomera içeren birim Çağlayan (Ulus) ve Kilimli Formasyonları ile yanal olarak girift dokanakta olduğu kısımlar ile resif ilerisi bölgelerinde detritik kireçtaşı yapısındadır (Gedik ve Aksay, 2002).

Kimi bölgelerde alt kesimlerinde resifal karakterli ya da mercan içeren seviyeleri de bulunan birimin içerisinde spari-kalsit çimentolu, intraklastlı ve oolitik seviyeler de bulunmaktadır. Tipik özelliklerinden biri de karstlaşma olan İnaltı Formasyonu'nda Başköy güneyi ve Arıt Irmağı kuzeyindeki yüksek tepelerde erime ve çökmeler sebebi ile huni şekilli derin karstik paleo obruklar görülmektedir (Tüysüz, 2022).

Kalınlığı en fazla 600 m olan birim, altta Bürnük Formasyonu dışında kendinden yaşlı birimler ile aşısız uyumsuz, Bürnük Formasyonu ile geçişlidir. Üstte ise gerek yanal gerek dikey olarak Kilimli ve Ulus (Çağlayan) Formasyonları ile geçişlidir (Gedik ve Aksay, 2002).



Şekil 2.15. Karakteristik kırmızı rengi ile Bürnük Formasyonu (2021 Haziran arazi çalışmasından)

İnaltı Formasyonu, açık rengi, tabakalı ve karstik yapısı, sarp tepeler oluşturması gibi karakteristikleri ile kolayca ayırt edilebilirken (Şekil 2.16), üzerine uyumsuz olarak gelen benzer nitelikteki Erken Kretase yaşlı kireçtaşları ile karıştırılabilmektedir. Devrakani Çayı, Cide – Azdavay yolu birimin özelliklerinin iyi takip edilebildiği ve geniş yayımlı olduğu bölgelerdir (Tüysüz, 2022).

Birçok farklı araştırmacı yaptıkları çalışmalarda tespit ettikleri fosillere göre İnaltı Formasyonu'na Orta Jura – Erken Kretase arasında yaşlar vermişlerdir. Bu çalışmalar haricinde Aydın ve ark. (1987) Geç Jura – Erken Kretase, Gedik ve Korkmaz (1984) Orta – Geç Jura, Saner ve ark. (1981) Orta Jura – Erken Kretase, Tüysüz (1993) Kaloviyen – Barremiyen ve Derman (1990) Geç Oksfordiyen – Berriasiyen yaşlarını vermişlerdir (Gedik ve Aksay, 2002). Bu çalışmalarda verilmiş olan yaşların tamamı Orta Jura – Erken Kretase aralığındadır.

İnaltı Formasyonu'nun taban seviyeleri gel git arası – gel git altı, orta ve üst seviyeleri ise resif ve resif civarı karbonat düzlüğü ortamlarında oluşmuştur (Sayılı ve ark., 1992). Çağlayan (Ulus) Formasyonu ile girift olduğu kısımları resif ilerisi – yamaç başlangıcı çökel karakterindedir (Gedik ve Aksay, 2002).



Şekil 2.16. Amasra – Kurucaşile yolu güneyinde İnaltı Formasyonu'na ait kireçtaşları (Tüysüz, 2022)

### **2.3.2.7. Çağlayan Formasyonu (Ku)**

Türbiditik kumtaşı ve şeyl ardalanmasından oluşan Alt Kretase kırıntılıları ilk kez Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Daha sonra Akyol ve ark. (1974) aynı birimin batıdaki devamını Ulus Formasyonu olarak, Yoldaş ve ark. (1985) ise gene aynı birimin daha doğu tarafında kalan kısmını Kavak Formasyonu olarak adlandırmışlardır (Gedik ve Aksay, 2002).

Batı ve Orta Karadeniz bölgesinde çok geniş bir yayılıma sahip olan, benzer yaş ve benzer litolojilerden oluşan Alt Kretase kırıntılıları (Okay ve ark., 2013) bu tez çalışması içerisinde Çağlayan Formasyonu olarak anılacaktır.

Birim gri, grimsi yeşil ve yer yer siyah renkli, ince orta tabakalı türbiditik kumtaşı ve şeyl aralanmasından oluşur. Dereceli (Ta), paralel (Tb) ve konvolüt laminalı (Tc) olan kumtaşlarında tabaka altı yapıları da gözlenmektedir. Tabanda dereceli geçişli olduğu İnaltı Formasyonu ile olan dokanağı boyunca yaygın olmak üzere polijenik konglomeralar içerir. Ahmetusta Üyesi olarak ayrılan bu konglomeralar, gri, sarı, kahverengi sarı renkli, orta – kalın tabakalı, kötü boylanmalı, genellikle çok bileşenli yer yer ise tek bileşenli, karbonat ve kil çimentoludur. Formasyonun karakteristik kaya türünü de İnaltı Formasyonu’ndan taşınan karbonat çamuru, karbonat kırıntısı, köşeli kireçtaşı çakıl ve blokçuklarının yeniden çökmesi ile oluşan merceksel kireçtaşları oluşturur. Sunduk Üyesi olarak ayrılan bu kireçtaşları, beyaz, gri ve bej renkli, ince – kalın tabakalı ve masif görünümlüdür (Gedik ve Aksay, 2002).

İnaltı Formasyonu ile hem dikey hem yanal geçişli olan birim doğuda Bürnük Formasyonu’nun üzerine de geçişli olarak yer alır ve bu durum yanal geçişin İnaltı Formasyonu’nun tabanına kadar indiğini gösterir. Birim, Bürnük Formasyonu’nun olmadığı yerlerde de Akgöl Formasyonu ile geçişlidir (Şengün ve ark., 1981). Formasyon batıda Kapanboğazı Formasyonu, çalışma alanında ise Akveren Formasyonu ile uyumsuz olarak örtülür. Ayrıca Safranbolu Formasyonu da birimin üzerinde açısız uyumsuz olarak bulunur (Gedik ve Aksay, 2002).

Yamaç ve yamaç altı havza ortamında çökelen birimin şeyllerinde geniş alanlarda gerçekleştirilen nano fosil analizleri birimin yaşının Barremiyen – Geç Apsiyen olduğunu göstermiştir (Hippolyte ve ark., 2010). Bu sonuçlar Gedik ve Korkmaz (1984) ve Tüysüz (1999) çalışmaları ile de uyumludur. Ancak, birimin İnaltı, Bürnük ve hatta Triyas – Liyas yaşlı Akgöl Formasyonları ile geçişli olması taban yaşının stratigrafik olarak daha erken dönemlere uzanabileceğini gösterir (Gedik ve Aksay, 2002). Aydın ve ark. (1986) da şeyl ve marnlarda saptanan *Rotalipora subticinensis* GADOLFÎ, *Rotalipora ticinensis* GODALFÎ, *Ticinella cf. roberti* GADOLFÎ, *Praeqlotruncana* sp., *Calcisphaerula* sp., *Lituolidae*, *Textularidae*, *Dictyomictra* sp. ’ye göre birimin yaşını Apsiyen – Senomaniyen olarak vermiştir.

Tahmini kalınlığı Gedik ve Aksay (2002) tarafından 2000 m olarak verilen birim, Karabük kuzeyinde TPAO tarafından açılan Ulus-1 kuyusunda 2850 m kalınlıkta kesilmiştir (Derman, 2002).



### **2.3.2.8. Kilimli Formasyonu (Kk)**

Saner ve ark. (1981) tarafından, Zonguldak doğusundaki Kilimli İlçesi'nden adlandırılan birim, grimsi yeşil renkli, ince-orta tabakalı şeyl, marn, sarımsı gri renkli, ince- orta tabakalı kumtaşı ve kumlu – killi kireçtaşı ardalannasından oluşur. Şeyl ve marnlar birim içerisinde ağırlıklı olarak yer alır ve birim içerisindeki demir konkresyonları olağandır (Gedik ve Aksay, 2002).

Çalışma alanında tekdüze görülen birim Zonguldak bölgesinde farklı kaya türleri içerir ve bu bölgelerde önceki çalışmacılar tarafından Velibey, Sapça ve Tasmaca adlarıyla formasyon seviyesinde adlandırılmıştır.

500 – 700 m arasında kalınlığa sahip olup çalışma alanı içerisinde Kurucaşile- Cide yol güzergahında iyi gözlemlenebilen Kilimli Formasyonu, altta İnaltı Formasyonu üstte ise Yemişliçay Formasyonu ile geçişlidir. Ulus Formasyonu benzeri yanal değişim gösterir (Gedik ve Aksay, 2002).

Çökelim ortamı şelften başlayarak yamacın üst bölümüne kadar uzanan birimin yaşını, Tokay (1952) Zonguldak civarındaki Velibey Formasyonu olarak adlandırdığı formasyonda saptadığı ammonit türleriyle, Yergök ve ark. (1987) gene aynı bölgede Sapça Formasyonu olarak adlandırdığı formasyondaki ammonit türleriyle Erken Kretase olarak belirlemişlerdir.

### **2.3.2.9. Kapanboğazı Formasyonu (Kyk)**

Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Sinop'un Kapanboğazı Köyü'nden adlandırılan birim, Akyol ve ark. (1974) tarafından Unaz Kireçtaşı Üyesi, Yılmaz (1980) tarafından Daday – Devrekani kuzeydoğusunda Kirensökü Formasyonu, Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından ise Ünye – Ordu – Reşadiye arasında Nebişeyh Kireçtaşı Üyesi olarak adlandırılmıştır. Birim Gedik ve Aksay (2002) tarafından Yemişliçay Üyesi olarak kabul edildiyse de, bir çok farklı çalışmacı tarafından formasyon mertebesinde incelenmiştir. Bir kılavuz seviye olması sebebi ile bu tez çalışmasında da birim formasyon mertebesinde ele alınmıştır. Aydın ve ark. (1986) birimi Karadeniz Bölgesinde, litolojisi ve kalınlığı hemen hemen hiç değişmeden devam eden, kuzey kesimlerde tuf-tüfit ara katkıları içeren, pembemsi kırmızı-gri renkli mikritiklerden oluşan bir formasyon olarak tanımlamıştır. Üstte Yemişliçay, altta ise Çağlayan Formasyonu ile geçişli olan birim, bej, kırmızı – pembe renkli, ince – orta tabakalı,

volkanit ara seviyeli, çört yumrulu biyomikrit ve şeyllerden oluşur. Kalınlığı 100 – 200 m aralığındadır ve en iyi Unaz Köyü’nde gözlemlenir. Yamaç ve/veya derin deniz ortamında çökelen birimin yaşı Akyol ve ark. (1974) tarafından Santoniyen – Kampaniyen olarak belirlenmiştir.

#### **2.3.2.10. Yemişliçay Formasyonu (Ky)**

Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Sinop’un Yemişliçay Köyü’nden adlandırılan Yemişliçay Formasyonu, volkanojenik kumtaşı, şeyl, piroklastik kayalar ve ilgili çalışmada Kapanboğazı Üyesi olarak incelenen pelajik – yarı pelajik kireçtaşlarından oluşur (Gedik ve Aksay, 2002).

En iyi Unaz Köyü dolayında gözlemlenebilen Yemişliçay Formasyonu, tabanda kahverengi ince-orta tabakalı volkanojenik kumtaşı, grimsi yeşil renkli, ince - orta tabakalı şeyl ve kumtaşı ardalınması, tüf, tüfit; orta kesimlerine gelindiğinde Kapanboğazı Üyesi olarak adlandırılan bej ve kırmızı - pembe renkli, ince-orta tabakalı pelajik - yarı pelajik killi kireçtaşı; üst kesimlerde ise kahve, koyu gri renkli aglomeralarla temsil edilen volkano sedimanter bir istifdir (Gedik ve Aksay, 2002).

Yemişliçay Formasyonu tabanda Kilimli Formasyonu ile tavanda ise Akveren Formasyonu ile geçişlidir. Neotetis okyanusunun kapanımı ile ilgili, adayayı volkanik aktivitesi ile başlayan ve Paleosen-Eosen uyumsuzluğu ile biten tüm birimleri kapsamına alan (Aydın ve ark., 1986) formasyon, derin deniz - sığ deniz aralığında çökeltmiştir. Aydın ve ark. (1987), birimin içerisinde saptadıkları fosillere göre birimin yaşını Geç Kretase olarak belirlemiştir (Gedik ve Aksay, 2002).

#### **2.3.2.11. Akveren Formasyonu (Kta)**

Sinop İli’nin güneyinde bulunan Akveren Köyü civarındaki kireçtaşı, beyaz marn, karbonatlı kumtaşı, karbonatlı şeyl ve çörtlü kireçtaşı mostralardan Ketin ve Gümüş (1963) tarafından isimlendirilmiş ve Ketin ve Gümüş (1962) tarafından Atbaşı Formasyonu olarak adlandırılan yeşil-mor renkli şeyl-marn ağırlıklı birimler de bu ad altında birleştirilmiştir. Bu tez çalışmasında Atbaşı Formasyonu ayrı olarak formasyon mertebesinde incelenecektir. Akveren Formasyonu, Yergök ve ark. (1987) tarafından Zonguldak yöresinde adlandırılan, Alaplı, Akyol ve ark. (1974) tarafından adlandırılan Hisarköy ve Akgüney, Hendek

İlçesi'nin kuzeyindeki Çamdağ alanında Kipman (1974) tarafından adlandırılan Darıçayırı ve Yurtsever (1982) tarafından adlandırılan Korucu Formasyonlarına karşılık gelmektedir (Gedik ve Aksay, 2002).

Kırmızı, hâkî, gri ve beyaz renklere kireçtaşı, marn, kiltası ve daha seyrek olarak kumtaşı ardalması ile temsil edilen birimin en iyi gözlemlendiği yer Kurucaşile çevresidir. Bu litolojiler genellikle Alpin Tektonizması etkisi ile ezilmiş, yapraklı, ince – orta kalınlıkta tabakalanmalı ve laminalıdır (Şekil 2.17). Birim alt kısımlarında mikritik kireçtaşı, marn ve kiltası gibi karbonatların daha hâkim olduğu litolojiler ile başlayıp üst kısımlara doğru ilerledikçe marn, kil taşı ve bunlarla ardalanan silttaşları gibi ince kırıntılıların hakimiyeti ile devam eder (Tüysüz, 2022).



Şekil 2.17. Akveren Formasyonu'nun şiddetli deformasyondan etkilenmiş, türbiditik kireçtaşı ve marnlarındaki devrik ve bindirmeli yapısının, klivajlarının izlenebildiği, Kapısuylu plajından çekilmiş bir fotoğraf (Tüysüz, 2022).

Kalınlığı 100 ile 300 metre arasında değişen ve yamaç ortamında çökelen birim altta Yemişliçay Formasyonu ile geçişli, Çakraz, İnaltı, Çağlayan ve Kilimli Formasyonları ile açısal uyumsuzdur (Gedik ve Aksay, 2002). Üstte ise Atbaşı Formasyonu ile geçişlidir (Tüysüz, 2022).

Akveren Formasyonu'nda Kocaeli ile, Kandıra İlçesi civarında saptanan fosil topluluklarına göre birimin yaşı Geç Kampaniyen – Erken Eosen'dir (Gedik ve Aksay, 2002).

### **2.3.2.12. Atbaşı Formasyonu (Tpea)**

Birime adını Ketin ve Gümüş (1962) Sinop – Ayancık yolu üzerindeki Atbaşı Mevkii’nden, Orta Pontidler’deki eşdeğerleri ile kıyaslayarak vermiştir (Tüysüz, 2022). Başlıca kireçtaşı tabakaları içeren, şeyllerden ve mor renkli marnlardan oluşan Atbaşı Formasyonu daha önce farklı araştırmaların çalışmalarında tanımlanan, Tangalı Alacalı Filişi, Kırmahal Tabakaları, Daniyen – Paleosen Tabakaları, Akgüney Formasyonu, Yahyalar Formasyonu ve Cide Formasyonu’nun kırmızı marn üyesi ile deneştirilir (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Oldukça homojen bir birim olan Atbaşı Formasyonu (Tüysüz, 2022) altta bej renkli killi-kumlu kireçtaşı ve bordo renkli marn aralanması ile başlar, kırmızımsı kahverengi marnlar ile devam eder. Killi – kumlu kireçtaşı ince – orta tabakalı, marnlar ise altlarda ince tabakalı, üst düzeylere çıkıldıkça kalın – çok tabakalıdır. Formasyonun üst düzeylerinde boz renkli ince tabakalı kumtaşı ile orta – kalın tabakalı ve gene boz renkli marn aralanması görünür (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Kalınlığı Gerze’nin batısındaki Tangal Köyü’nde Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından 538 m ölçülen, Aydın ve ark. (1986) tarafından Abana, Çatalzeytin dolaylarında 300 – 400 m olarak verilen Atbaşı Formasyonu, alttan Akveren üstten Kusuri Formasyonları ile geçişlidir (Uğuz ve Sevin, 2009c). Akveren Formasyonu ile benzer litolojilerden oluştuğu için Atbaşı Formasyonu tabanında iki formasyon arasında belirgin bir dokanak gözlemlenmemektedir (Tüysüz, 2022).

Düşük akış rejimli türbidit akıntılarla açık şelf – yamaç ortamında çökelen birimin yaşını Ketin ve Gümüş (1962) marnlı tabakalardan elde ettikleri foraminifer ve alglerden Paleosen – Erken Eosen, Aydın ve ark. (1986) Kastamonu dolaylarında yaptıkları çalışmada saptadıkları fosiller ile Paleosen - Erken Eosen, Gedik ve Korkmaz (1984) Kastamonu dolaylarında yaptıkları çalışmada saptadıkları fosillere göre Erken Eosen, Tüysüz (2022) ise Orta – Geç Paleosen olarak belirlemişlerdir.

### **2.3.2.13. Kusuri Formasyonu (Teç)**

Birim ilk olarak Tokay (1954-1955) tarafından, Zonguldak İli, Çaycuma İlçesi’nden Çaycuma Formasyonu olarak adlandırılmış, daha sonra benzer litolojili aynı yaşlı birimler Akyol ve ark. (1974) tarafından Cide Formasyonu, Sinop civarındaki eşlenikleri Ketin ve

Gümüş (1962) tarafından Kusuri Formasyonu, Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından ise Yenikonak Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Gedik ve Aksay, 2002).

Bu tez çalışmasında, özellikle Orta ve Doğu Karadeniz bölgesinde yaygın kullanılan Kusuri Formasyonu adı kullanılacaktır.

Alt kesimlerinde ince tabakalı kilitaşı – marn ardalanması üste doğru giderek artan kumtaşı ara katkıları içeriği ile kumtaşı-şeyl ardalanmasına dönüşen birimde (Tüysüz, 2022); alt ve ortalarda grimsi yeşil renkli, ince-orta tabakalı şeyl, karbonatlı şeyl ve seyrek olarak yeşil – mor renkli kireçtaşı, üst kesimlere doğru tüfit ara katkıları, en üstte de bol nummulitli kireçtaşı ara tabakalı şeyller bulunur ve birim çalışma paftası içerisinde en iyi Cide çevresinde gözlenmektedir. Formasyonun üst kısmı uyumsuz, alt kısmı ise Atbaşı Formasyonu ile geçişlidir (Gedik ve Aksay, 2002). Kuvars ve litik taneler açısından zengin olan kumtaşları gri, hâkî renkli, sert, belirgin tabakalıdır. Türbiditik nitelikli kumtaşlarının tabanında kaval yapıları ve yük kalıpları görülür (Tüysüz, 2022).

Güneyden beslenen bir ortamda Akveren ve Atbaşı Formasyonlarını takiben gelişen bir fliş istifli olan Kusuri Formasyonu'nun kalınlığı 1000 m'yi aşmaktadır (Tüysüz, 2022). Tabandan tavana doğru deniz-kara geçiş ortamından şelf ortamına kadar çökelen birim, tespit edilen fosillere göre Akyol ve ark. (1974) tarafından Erken – Orta Eosen olarak yaşlandırmıştır (Gedik ve Aksay, 2002). Saptadıkları fosil kapsamına göre birimin yaşını Aydın ve ark. (1986) Eosen, Tüysüz (2022) ise Erken – Orta Eosen olarak belirlemişlerdir.

#### **2.3.2.14. Safranbolu Formasyonu (Tes)**

İlk olarak Saner ve ark. (1980) tarafından Karabük İli, Safranbolu İlçesi'nde yüzeyleyen bol Nummulit'li kireçtaşları Safranbolu Kireçtaşları olarak adlandırılmıştır. Daha sonra yapılan çalışmalarda aynı birim Evri Kireçtaşı, Aşılık Formasyonu ve Sazlar Formasyonu adları altında da incelenmişlerdir. Birimin içerdiği kumtaşı, şeyl ve kilitaşıdan dolayı adının Safranbolu Formasyonu olarak değiştirilmesinin uygun olacağı düşünülmüştür (Gedik ve Aksay, 2002).



Şekil 2.18. Kusuri Formasyonu türbiditleri (Tüysüz, 2022)

Tabanda ince bir kumtaşı – çakıltaşı seviyesi ile başlayan birim üste doğru çıkıldıkça bu seviye yer yer çakıllı – kumlu kireçtaşına döner. Orta ve üst seviyelerde ise yer yer şeyl ve kıltaşı bantları ile merceksel çakıltaşı içeren, bol Nummulit’li yumrulu kireçtaşı – mikritik kireçtaşı karakterindedir (Gedik ve Aksay, 2002).

Önemli bir yanal değişim göstermeyen Safranbolu Formasyonu’nun kalınlığı 70 metre civarındadır. Ulus Formasyonu’nun üzerinde açısız uyumsuz olarak yer alan birim üstte ise Karabük Formasyonu ile geçişlidir (Gedik ve Aksay, 2002).

Formasyonun içerisinde saptanan fosillere göre yaşı Erken-Orta Eosen, fosil dağılımı ile birlikte kaya türlerine göre çökme ortamı da sığ denizeldir (Gedik ve Aksay, 2002).

#### **2.3.2.15. Karabük Formasyonu (Teka)**

Gri ve yeşil renkli, ince – orta tabakalı kumtaşı, şeyl, kıltaşı ve marn ardalanmasından oluşan, tip yüzeylemeleri Karabük İli çevresinde görülen formasyon ilk kez Saner ve ark. (1980) tarafından adlandırılmıştır. Alt seviyelerde hâkim olan litoloji marn iken orta kesimlere doğru çıkıldıkça kumtaşı artar ve üst seviyelerde tamamen kumtaşı egemen olur. En üst

kesimlerinde çakıllı olan kumtaşları, gevşek çimentolu, gözenekli, yarı yuvarlak – yuvarlak taneli ve iyi boylanmalıdır. Orta – kalın tabakalı olan kumtaşlarında tabaka altı yapıları, canlı eşeleme izleri, çapraz ve paralel laminalanma görülür (Gedik ve Aksay, 2002).

Kalınlığı 1500 metreye varabilen Karabük Formasyonu altta Safranbolu, üstte ise Çerçen Üyesi ile uyumludur. Birimin orta kesimlerindeki kumtaşları dış sahil, üsttekiler ise regresif sahil çizgisi ve deltayik ortamlarda çökelmiş formasyon için; Saner ve ark. (1980) saptadıkları fosillere göre Erken – Orta Eosen, Yergök ve ark. (1987) ise Orta Eosen yaşını vermiştir (Gedik ve Aksay, 2002).

#### **2.3.2.16. Yamaç Molozu (Qym)**

Dağ yamaçlarında veya dağ eteklerinde yer yer birikintiler halinde, az tutturulmuş veya tutturulmamış birikintiler halinde görülürler (Gedik ve Aksay, 2002).

#### **2.3.2.17. Alüvyon (Qal)**

Düz alanlarda, akarsu yatakların, eski çukurluklar üzerine gelişmiş çamur çökelleri şeklinde görülürler (Gedik ve Aksay, 2002).

### **2.4. Sakarya Zonu Tektonik Birliği'nde Kalan Çalışma Alanının Jeolojisi**

#### **2.4.1. Giriş**

İstanbul ve Sakarya Zonları'nın Pontidler'in büyük bir kısmını oluşturduğu, bu zonların birbirinden okyanuslar ile ayrılmış eski kıta parçacıklarını temsil ettiği, stratigrafi ve tektonik evrimlerinin birbirinden farklı olduğundan bu tez çalışmasının “2.2 Bölgenin Tektonik ve Jeolojik Evrimi” maddesinde bahsedilmiştir.

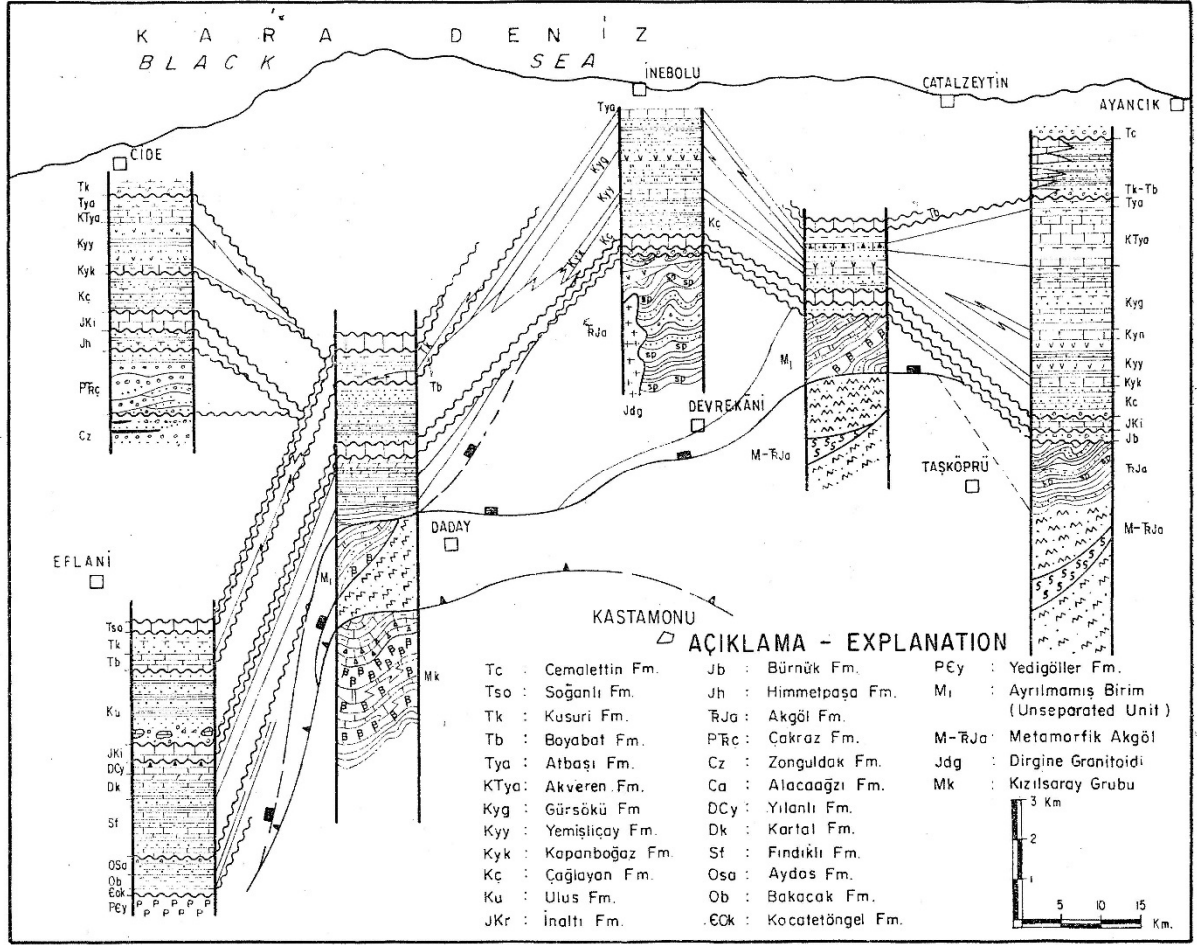
Tez çalışmasının bu bölümünde de İstanbul Zonu'ndan farklı olarak otokton nitelikli Paleozoyik sedimanter kayaların gözlenmediği Sakarya Zonu'nun (Şekil 2.19) tez çalışması alanı içerisinde kalan bölgelerinin stratigrafisi hakkında bilgiler derlenmiştir.

#### 2.4.2. Stratigrafi

Çalışma alanında Malm evveline yaşlandırılan temelin ofiyolitlerden oluşan okyanusal kısımları ile bu ofiyolitleri örten Triyas – Liyas yaşlı Akgöl Formasyonu, Akgöl Formasyonu'nun metamorfizma geçirmiş eşleniği olarak kabul edilen Bekirli Formasyonu'na doğru itilmiştir. Bu tektonik hareketler ile bir araya gelen kayaç toplulukları da Devrekani Metamorfitleri (Malm öncesi) tarafından gene tektonik bir ilişki ile örtülmüştür. Dogger yaşlı granitoidler, bahsedilen tektonik etkilerle bir araya gelmiş eski temeli keser ve Bürnük Formasyonu olarak adlandırılan Malm yaşlı çökeller de transgresif olarak temeli örter. Malm – Erken Kretase döneminde de devam eden transgresyon ile İnaltı Formasyonu olarak adlandırılan sığ denizel karbonat çökeli bölgede yaygın olarak gelişir ve bu çökelim sonucunda temelin sediman örtüsü tamamlanır. Erken Kretase'nin sonlarına doğru şelfin blok faylanmalar sonucu derinleşmesi ile önce kıta yamacı boyunca Çağlayan Formasyonu'nun kırıntılıları, daha sonra derinleşmenin artması ile de Senomaniyen – Erken Kampaniyen'de pelajik Kapanboğazı Formasyonu çökelmiştir. Çökel alanı Geç Kampaniyen'de sıkışma hareketlerinin etkisine girmiş ve önce fliş karakterli Cankurtaran Formasyonu ve volkanit üyesi, sonrasında Geç Maastrichtiyen - Paleosen'de marn ve killi kireçtaşı ardalanmalı Akveren, Geç Paleosen – Erken Eosen'de marn ve kumtaşı ardalanmalı Atbaşı, Lütesiyen'de de kumtaşı, siltaşı ve kiltası ardalanmalı Kusuri Formasyonları çökelmiştir (Şekil 2.21) (Uğuz ve Sevin, 2007).

Geç Kampaniyen'de sıkışmalı tektonik ile birlikte gerçekleşen volkanik etkinliklerden dolayı yükselen deniz dibi ile yer yer karalaşmalar oluşmuş ve Maastrichtiyen'de blok faylanmalarla geliştiği düşünülen deniz ilerlemesi sonucu Boyabat Havzası'nda Geç Maastrichtiyen – Paleosen'de sığ denizel karakterli karbonatlardan oluşan ve eski temel üzerine çökelen, Pervanekaya, ve bu çökelinin devamında Lütesiyen'de gerçekleşen yeni bir transgresyon ile gene sığ denizel karakterli karbonatlardan oluşan Ilıca Formasyonları çökelmiştir. Boyabat havzası bu tez çalışmasının Sakarya Tektonik Birliği'nde kalan bölümünün kuzeybatı kısmında Kastamonu E32 paftasında, Gökırmak Çayı'nın akışına paralel bir şekilde Gökçeabağ'tan Taşköprü'ye uzanan kuzeydoğu – güneybatı doğrultulu, Kastamonu – Taşköprü – Boyabat Havzası olarak isimlendirilen, daha büyük bir basenin/bütünün bir parçasıdır ve Tersiyer çökelleri ile doldurulmuştur (Şekil 2.22). Bu tersiyer çökelleri alüvyon yelpazesi ve akarsu ve göl çökellerinden oluşmuş Sakızdağı Formasyonu ile uyumsuz bir şekilde örtülmüştür (Uğuz ve Sevin, 2007).

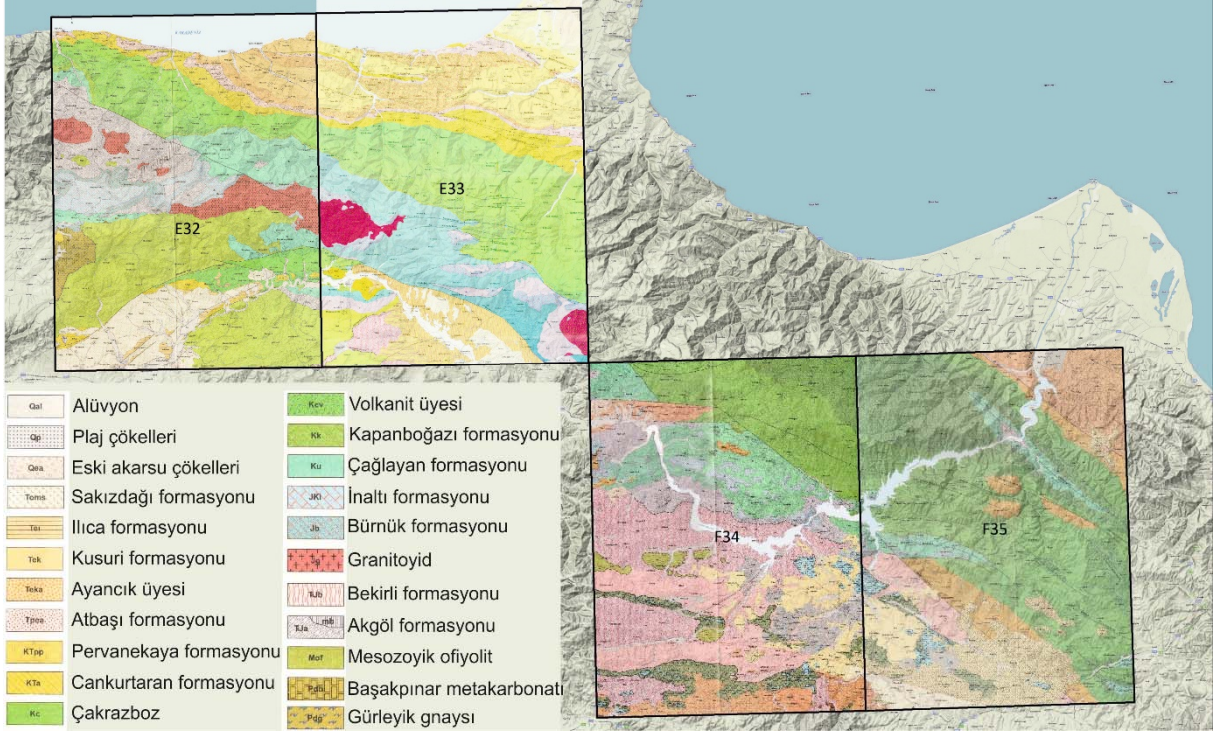




Şekil 2.19. Tez çalışma alanının içerisinde kalan hem İstanbul hem de Sakarya Zonu'na ait dikme kesitlerin korelasyonu (Aydın ve ark., 1986)

Tez alanının Sakarya Zonu tarafında kalan bölgenin en güney kısımlarında eski temel içerisinde yer alan Bekirli Formasyonu'nun üzerine, kuzeydeki istiften farklı olarak gelen Beşpınar Formasyonu, Kargı ofiyoliti, Saraycık Formasyonu, Çalarasin Formasyonu, Neritik kireçtaşı, Meryemdere Formasyonu, Köprübaşı Formasyonu, Hacılı Formasyonu ve Yedikır Formasyonlarının gelmesiyle oluşan Güney İstifi (Uğuz ve Sevin, 2009a) bulunmaktadır.

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan stratigrafik birimleri Kuzey İstifi, Kastamonu – Taşköprü – Boyabat Havzası İstifi ve Güney İstifi olmak üzere 3 ayrı başlık altında anlatılmıştır.



Şekil 2.20. Çalışma alanının İstanbul Zonu'nun içerisinde kalan 1/100.000'lik jeoloji haritalarının kabartma haritası üzerinde gösterimi. (Uğuz ve Sevin, 2007, 2008, 2009b, c)'den derlenmiştir.

### 2.4.3. Kuzey İstifi

#### 2.4.3.1. Bekirli Formasyonu (TKB)

Birim ilk kez Eren (1979) tarafından Domuzdağı Formasyonu olarak çalışılmış, sonrasında Yılmaz ve Tüysüz (1984) tarafından, Kastamonu İli Taşköprü İlçesi'nin güneyinde yer alan Bekirli Köyü'nden adlandırılmıştır. Esas olarak fillit, şist, gnays ve bu litolojilerin içerisinde yer alan kalkışist, mermer, metaserpantin, metadiyabaz, metagabro, metaçört bloklarından oluşan formasyon, çalışma alanı içerisindeki temel in otokton bölümünü oluşturur (Uğuz ve Sevin, 2007).

ERA	SİS.	DEVRE	ÇAĞ	FM.	ÜYE	KALINLIK	LEJAND	AÇIKLAMALAR							
CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE	CALABRIAN	SARIKUM		50		Eski & yeni akarsu çökeli							
		PLISTOCENE	SABELLIAN					Kumtaşı, silttaşı, çakıltaşı, kireçtaşı, yer yer tutturulmamış kuvars kumu							
	NEOGENE	PLIOCENE	ZANCLEAN	TEKKEKÖY		300		Aglomera, lav, tüf, volkanik kumtaşı							
			BARTONIAN					KUSURİ	1450 - 1925		Kumtaşı, silttaşı, kilttaşı				
	EOCENE	LUTETIAN	Kumtaşı, marn, az çakıltaşı												
	PALEOGENE	PALEOCENE	YPRESIAN	ATBAŞI	AYANCIK ÜYESİ	540		Kumtaşı, marn							
			THANFTIAN					AKVEREN	930		Kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn				
	SELIANDIAN	DANIAN	KANKURTARAN	1800		Kumtaşı, kilttaşı, çakıltaşı, volkanik ara düzeyler									
	CRETACEOUS					LATE	CAMPANIAN	KAPANBOĞAZI	VOLKANİK ÜYESİ (YEMİSLİĞAY)	800 - 1500		Andezitik, bazaltik, lav, tüf, aglomera			
	SANTONIAN	CONIACIAN	ULUS (ÇAĞLAYAN)	235 - 2000		Killi kireçtaşı, mikritik kireçtaşı, pelajik kireçtaşı, çamurtaşı, çört									
TURONIAN	GONOMANIAN	İNALTI				480		Neritik kireçtaşı							
ALBIAN	APTIAN		BÜRNÜK	500				Çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, kilttaşı, kireçtaşı							
BARREMIAN	HAUTERIVIAN	DEVREKANI				BAŞAKPINAR METAKARBONATI GÜRLÜYÜK GNAYSI	500	1250		Kalsit mermer, dolomit mermer / Mikagney, amfibolit gney, amfibolit					
VALANGINIAN	BERRIASIAN		AKGÖL	1000						Kayrak, fillat, şeyl, kumtaşı					
JURASSIC	LATE (M/LM)	KIMMERIDGIAN				OFİYOLİT				Peridotit, serpantin, metagabro, metadiyabaz, ve bazaltik lav akıntısı					
PRE-MALM	TOARCİAN	OXFORDIAN	BEKİRLİ								Meta-silttaşı, fillat, glokofanlı-granatlı şist (Eski temel)				
EARLY (LIAS)	PLIENSACHIAN	SINEMURIAN				JURASSIC	EARLY (LIAS)	TOARCİAN	PLIENSACHIAN		SINEMURIAN	HETTANGIAN	RHAETIAN	NORIAN	CARNIAN
MIDDLE	ANISIAN	OLENEKIAN	INDIAN												
EARLY	OLENEKIAN	INDIAN													
?PALEOZOYİK - MESOZOYİK															

Şekil 2.21. Çalışma alanının Sakarya Zonu içerisinde kalan alanın kuzey kesiminin geliştirilmiş stratigrafik istifi. (Uğuz ve Sevin, 2007, 2008, 2009b, c)'den derlenmiştir.

ERA	SİS.	DEVRE	AGE	FM.	KALINLIK	LEJAND	AÇIKLAMALAR
CENOZOİK	QUATERNARY	HOLOCENE	CALABRIAN	ALÜVYON			Kumtaşı, çakıltaşı
		PLEISTOCENE	GELASIAN	AKYÖRÜK BAZALTI			Bazalt
	NEOGENE	PLIOCENE	PIACENZIAN		SAKIZDAĞ	600	
			ZANCLEAN				
			MESSINIAN				
		MIOCENE	TORTONIAN				
			SERRAVALLIAN				
			LANGHIAN				
			BURDIGALIAN				
	OLIGOCENE	AQUITANIAN					
		CHATTIAN					
	PALEOGENE	EOCENE	LUTETIAN	MARTLI	2050		Kumtaşı, şeyl
			YPRESIAN	İLICA	10-75		Kireçtaşı
		PALEOCENE	THANETIAN			PERVANEKAYA	100
SELANDIAN				Kireçtaşı			
DANIAN				Kumlu kireçtaşı			
CRET.	LATE	MAASTRICHTIAN	ESKİ TEMEL			Çakıltaşı, kumtaşı	
					Eski temel		

Şekil 2.22. Tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda yer alan Kastamonu - Taşköprü - Boyabat Havzası çökellerinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti. (Uğuz ve Sevin, 2007, 2008, 2009b)'den derlenmiştir.

Çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan bölümü içerisinde kuzeyde kalan E32 ve E33, güneyde kalan F34 paftasında temelde görülen birimdir. Güneyde kalan F35 paftasında ise görülmemektedir.

Formasyonun alt seviyelerinde çokça görülen kuvars ve mika mineralleri açısından zengin kırıntılılar; beyazımsı gri, yeşilimsi, kahverenkli, ince – çok ince taneli, çok iyi yapraklanmalı, kimi yerlerde milonitik fillat ve ince – orta taneli, sert dokulu, ince – orta tabakalı, beyazımsı gri metakumtaşı - metasilttaşı şeklindedir. Bu litolojilerdeki hâkim mineraller zaman zaman kayacın %90'ını oluşturan kuvars ve sonrasında muskovittir. Alt seviyelerde ayrıca ince tabakalı, mikritik kalkıştı mercek ve ara tabakaları ile beyaz, beyazımsı gri renkli, kristalli iri mermer bloklarını sıkça, çört ve metadiyabaz bloklarını ise yer yer görmek mümkündür. Formasyonun üst kısımlarında ise iyi gelişmemiş yapraklanma ve karakteristik yeşil rengi ile metakumtaşı – fillat seviyelerinden kolayca ayırt edilen bazik volkanik bileşenli kırıntılılar yer alır. Orta seviyelerden üste doğru gidildikçe artan hem matriks hem de metaçört, serpantin, metadiyabaz ve metagabro blokları şeklinde ofiyolitik

kaynaklı beslenmeler görülür. Birimin alt ve üst seviyeleri birbirleri ile geçişlidir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Yalçın (2018) birim içerisinde Cu-Zn-Fe cevherleşmelerinin görüldüğünü söylemiştir.

Yılmaz ve Tüysüz (1984) tarafından Akgöl Formasyonu ile deneştirilen birim, çalışma alanı içerisinde ofiyolitik kayalar ile tektonik olarak üzerlenir. Taban ilişkisi gözlenemez.

#### **2.4.3.2. Mesozoyik Ofiyolit (Mof)**

Türbe Tepe'den Çördük Köyü'ne doğru Doğu – Batı ekseninde genişçe bir yayılıma sahip olan Mesozoyik Ofiyolit, Akgöl Formasyonu ile birlikte eski temel olarak tanımlanır. Esas olarak eklojitli ultramafit, preidodit, serpantinit, gabro, diyabaz, bazalt lavı, çört, radyolarit ve çamurtaşından oluşan birim, 1937 yılından itibaren farklı bir çok çalışmacı tarafından, Serpantin Serisi, İndifai Sahreler, Ofiyolitik Taşlar, Yeşil Sahreler, Küre İntüzif Kompleksi, Mesozoyik Ofiyolitli Seri, Çangal Metaofiyoliti, Elekdağı Serpantiniti, Kürüztepe Metagabrosu, Düzdağ Metadiyabazları, Fındıcak Metabazaltları, Elekdağı Metaofiyoliti, Ofiyolit, Yunus Metamorfitleri içinde Serpantinit Üyesi, Dibekdere Metaultramafiti, Karadere Metabazaltı gibi farklı isimler altında incelenmiştir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Elek Dağı tepesinin eksenine paralel, alt seviyelerinde olivin ve piroksenden oluşan masif ultramafitler ile başlayıp üst seviyelere doğru çıkıldıkça sırası ile peridodit, alttaki olivinli seviyelerde seyrek görünen serpantinlerin artması sonucu serpantinit, alacalı, siyah – beyaz renkli, iri kristalli gabro, gabroları kesen açık – koyu yeşil diyabaz ve önce yastık sonra masif yapıları bazalt lavları ile tamamlanan bir düzenli ofiyolit kesimi bulunmaktadır. Bazaltik lavlar üst kesimlerinde çört ve çamurtaşı katkıları içerir (Yılmaz ve Tüysüz, 1984).

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan bölümü içerisinde sadece kuzeydeki E32 ve E33 paftalarında görünen birim, güneyde Bekirli Formasyonu'nun üzerine itilmiştir ve dolayısı ile alt ilişkisi tektoniktir. Üst seviyelerindeki çörtlü ve çamurtaşlı bazaltik lav ise pelajik çökellere geçer ve Akgöl Formasyonu ile geçişli olarak örtülür. Çalışmasında birimi Çangal Metaofiyoliti olarak adlandıran Yılmaz (1979), birimin Malm yaşlı konglomeralar tarafından örtülmesi nedeni ile yaşının Jura öncesi, muhtemelen Paleozoyik olduğunu söylemiştir (Uğuz ve Sevin, 2007).

### 2.4.3.3. Akgöl Formasyonu (TrJ<sub>a</sub>)

Çalışma alanında ve Orta Pontidler’de yaygın olarak görülen birim ilk kez Ketin ve Gümüş (1962) tarafından Akgöl Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu isimlendirmeden önce farklı çalışmacıların yaptığı incelemelerde Akgöl Formasyonu ile deneştirilebilecek, Yeşilimtrak Şistler, Paleozoyik Şist, Kristalen Şistler, Kristalen Temel, Metamorfik Sahre, Şistli Fliş, Ekinveren - Küreçay Masifi, Liyas Flişi, Börümce Şistleri, Göynük Dağı Masifi, Yaşlı Fliş, Siyah Şeyller, Fliş Fasiyesinde Liyas, Börümce Formasyonu, Subgrovak-Siyah Şeyl isimleri de kullanılmıştır. Başlıca şeyl, kumtaşı ve fillat litolojilerini içerir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Tabanda Mesozoyik Ofiyolit’in çörtlü ve çamurtaşlı bazaltik lavları ile ardalanmış siyah renkli şeyller ile başlayan birim üstte doğru önce silttaşı ve kumtaşı ara tabakaları içermeye başlar ve sonrasında tamamen kumtaşı – silttaşı – şeyl ardalanmasına dönüşür. Gene üst kesimlere doğru önce karbonat çimentosu olarak başlayan karbonat girdisi daha üst kesimlerde yer yer mikritik kireçtaşı ve ince killi kireçtaşı seviyeleri şeklinde görünür. Şeyller siyah ve gri renkli, parlak, ince – çok ince taneli; kumtaşları ise karbonat çimentolu, sarımsı, kahverengi renkli, ince taneli ve serttir, çok yüksek miktarda kuvars içerirler (Uğuz ve Sevin, 2007).

Özellikle birimin taban seviyelerinde görünen metamorfizma sonucu oluşan mika ve kloritler şeyllerin parlak görünümüne sebep olsa da şeylin klivaj ve sıcaklığa bağlı mineral dizilimi değişiminde fazla bir etki yaratamamıştır. Üst kesimlerde belirgin bir metamorfizma etkisi görülmesine de Yılmaz ve Tüysüz (1984) bir ankimetamorfizma etkisi olduğunu ve bunun da birime sertlik kazandırdığını söylemişlerdir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Üst Jura ve daha genç birimlere temel oluşturan ve üstündeki birimlerle uyumsuz ilişkide olan Akgöl Formasyonu (Aydın ve ark., 1986), Malm yaşlı karasal kırıntılılar tarafından uyumsuz bir şekilde üzerlenir ve Dogger yaşlı granitler tarafından da kesilir. Devrakani yöresindeki çalışmasında Yılmaz (1980) birimin kalınlığı için 1000 metreye kadar çıktığını söylemiştir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan bölümü içerisindeki tüm paftalarda bulunan Akgöl Formasyonu, güneyde kalan F35 paftası içerisinde en temel olarak görünen birimdir.



Şekil 2.23. Abana – Devrakani yolu üzerindeki bir örnek noktasında Akgöl Formasyonu

1944 yılından beri birimde yapılan çalışmalarda çalışmacılar saptadıkları fosiller ile öncelikle Liyas yaşını vermişlerdir. Ancak Yılmaz ve Tüysüz (1984) birimin alt seviyelerinde yaşın Triyas'a kadar indiğini söylemiş ve birimin yaşı Triyas – Liyas olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, birim içerisinde bulunan gri renkli, orta – kalın tabakalı kireçtaşlarında farklı çalışmalarda saptanan fosiller ile de bu birimin yaşının Orta – Geç Triyas'a kadar indiği söylenmiştir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Paleotetis'in kapanımı süresinde de çökelimine devam eden Akgöl Formasyonu (Aydın ve ark., 1986) giderek derinliği azalan bir ortamda çökelmiş bir derin denizaltı yelpazesi çökelidir (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### **2.4.3.4. Devrakani Metamorfiti (Pd)**

Adını Kastamonu'nun 25 km kadar kuzeyinde yer alan Devrekani İlçesi'nden alan ve ilk kez Yılmaz ve Tüysüz (1984) tarafından adlandırılan formasyon başlıca gnays ve mermerlerden oluşmuştur. Farklı çalışmacılar tarafından aynı birim için Ebrek Metamorfiti, Billuri Seri, Daday Masifi, Daday-Ballıdağ Masifi, Kargı Masifi, Bekirli Grubu, Daday-Devrekani isimleri altında aynı birim için incelemeler yapmışlardır (Uğuz ve Sevin, 2007).

Çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan bölümü içerisinde sadece kuzeydeki E32 paftasında bulunan birimin tabanına, farklı çalışmacıların yaptığı incelemelerde Prekambriyen, Ordovisiyen, Siluriyen, Erken Devoniyen gibi farklı yaşlar verilmiştir. Ancak Aydın ve ark. (1995), birimin alt düzeylerinden aldıkları örneklerde yaptıkları K/Ar analizine göre Karbonifer ve Devrekani Metamorfiti'ni kesen granitoidlerden yapılan K/Ar analizine göre Dogger yaşını vermişlerdir. Diğer taraftan birimin yaşına ait en sağlam veri Malm yaşlı kayalar tarafından uyumsuzluk ile örtülmesidir ve bu nedenle birimin yaşı Malm Öncesi olarak değerlendirilmiştir (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### **2.4.3.5. Gürleyik Gnaysı (Pdg)**

Birime adını Yılmaz (1979) Devrekani İlçe'sinin kuzeydoğusunda bulunan Gürleyik Köyü'nden vermişlerdir. Beyaz renkli mika gnays, daha ince siyah renkli amfibol gnays ve amfibol ardalanmasından oluşan ve yer yer pegmatitik dokulu gnays ile üst seviyelerde kalsilikatik gnays ara katkıları içeren birim Devrekani metamorfiti'nin alt kesimini oluşturur. Farklı litolojiler içermesi nedeni ile daha önce Gürleyik Formasyonu olarak da adlandırılmıştır. Tüm seviyelerinde belirgin foliasyon gelişimleri gözlenir.

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan bölümü içerisinde sadece kuzeydeki E32 paftasında bulunan Gürleyik gnaysının yaşını Aydın ve ark. (1995) birimin tabanından aldıkları örneklere yapılan K/Ar yaşlandırma analizi sonucuna göre Karbonifer, Yılmaz ve Bonhomme (1991) ise muskovit, biyotit ve hornblendlerde yaptıkları K/Ar yaşlandırma analizlerine göre Erken – Orta Jura olarak vermişlerdir. En sağlam veri birimin Malm yaşlı kayalar tarafından uyumsuzluk ile örtülmesi olduğu için yaşı Malm Öncesi olarak değerlendirilmiştir.

Çangal Metaofiyoliti üzerine bindiren ve kalınlığı 1250 metreyi bulan birim üstte Başakpınar Metakarbonatı ile geçişlidir.

#### **2.4.3.6. Başakpınar Metakarbonatı (Pdb)**

Birime adını Yılmaz (1979), Kastamonu İli'ne bağlı Devrakani İlçesi'nin kuzeydoğusunda bulunan Başakpınar Köyü'nden vermiştir. Devrakani Metamorfiti'nin kalsilikatik gnays ve mermerlerinden itibaren, birimin alt kesimlerinde kalsilikatik mermer – mika



gnays ardalanması üst kesimlerine doğru kalsit mermer, dolomit – kalsit mermer ve dolomit görülmektedir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Metakarbonatın ilksel kayacının kimyasına ve mineralojine bağlı olarak içerisinde kuvars, plajiyoklaz, muskovit, biyotit, epidot, tremolit ve nadir olarak da diyopsit bulunur. Diyopsit ve tremolit mineralleri 500 °C derecenin üzerindeki sıcaklıklara işaret etmektedir. Dolayısı ile gerçekleşen metamorfizmanın fiziksel anlamda amfibolit fasiyesi koşullarında gerçekleştiği değerlendirilebilir. Metamorfizmanın basınç koşulları ile alakalı bir veri bulunmamaktadır (Uğuz ve Sevin, 2007).

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan bölümü içerisinde sadece kuzeydeki E32 paftasında bulunan, kalınlığı 500 metre olan (Yılmaz, 1980) birimin yaşı için farklı çalışmacılar incelemelerinde Prekambriyen, Siluriyen, Erken Devoniyen, Permo – Triyas, Orta – Geç Triyas yaşlarını vermişlerdir. Yılmaz ve Tüysüz (1984) birimin alttan geçişli olduğu Gürleyik gnaysında uyguladıkları K/Ar yaşlandırma yöntemi ile elde ettikleri Karbonifer yaşına istinaden Başakpınar metakarbonatının da Permiyen ve/veya Triyas yaşlarında olması gerektiğini değerlendirmişlerdir. Ancak, Yılmaz ve Bonhomme (1991)'in çalışmalarında Gürleyik Gnaysından elde ettikleri Erken – Orta Jura yaşı ve Devrekani Metamorfizmasının Malm çökelleri ile uyumsuz olarak örtüldüğü dikkate alındığında birimin yaşı Malm Öncesi olarak değerlendirilmiştir (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### **2.4.3.7. Granitoid (Jg)**

Çalışma alanının Sakarya Zonu içerisinde kalan bölümünün kuzey kesimindeki E32 ve E33 paftalarında, güneydoğu – kuzeybatı yönelimli yüzlekleri görülen birim, mikro granitten granodiyorite ve tonalite kadar değişen magmatik kökenli litolojiler içerir. 1925 yılından beri yapılan çalışmalarda birim, Hamitli Riyodasiti, Asarcık Diyoriti, Çangal Graniti, Dirgine Granitoyidi, Kastamonu Granitoid Kuşağı içinde Kürek Granitoyidi, Ağlı Plutonu ve Köfünanbarı Graniti gibi farklı isimler altında çalışılmıştır (Uğuz ve Sevin, 2007).

Genellikle ince orta taneli, porfirik doku ile tanesal doku arasında farklılıklar gösteren, beyazımsı, yeşilimsi, kırmızımsı, pembemsi, çoğunlukla som görünümlü olan birim içerisinde siyahımsı - yeşil hornblend, siyahımsı - kahverenkli biyotit, beyaz renkli plajiyoklaz, kırmızı – pembe ortoklaz ve araları dolduracak şekilde kuvars mineralleri

içermektedir. Hornblendler levhamsı – prizmatik, plajiyoklazlar çubuğumsu – prizmatik şeklindedir. Birim yüksek alterasyon sebebi ile birçok yerde tanınmaz haldedir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Yılmaz ve Tüysüz (1984) Yaşı Liyas'a kadar çıkan Akgöl Formasyonu'nu kestiği ve Malm yaşlı Bürnük Formasyonu veya Üst Jura yaşlı İnaltı Formasyonu tarafından transgresif bir şekilde üzerlendiği için birimin yaşını Dogger olarak değerlendirmiş, Aydın ve ark. (1995) ise çalışmalarında yaptıkları K/Ar analizleri sonucunda benzer şekilde Dogger yaşını elde etmişlerdir.

#### **2.4.3.8. Bürnük Formasyonu (Jb)**

Bürnük Formasyonu bu tez çalışmasının “İstanbul Zonu Tektonik Birliği'nde Kalan Çalışma Alanının Jeolojisi” bölümünün altında, “2.3.2.5 Bürnük Formasyonu (Jb)” başlığında anlatılmıştır.

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan alanın kuzey paftaları olan E32 ve E33'te, Yaralığöz Dağı çevresinde İnaltı Formasyonu ile geçişli olarak yüzlekler veren birim İstanbul Zonu'nda kalan alandan farklı olarak granitoyidler ile kesilir ve metamorfik ya da metamorfik olmayan temel üzerinde uyumsuz olarak bulunur (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### **2.4.3.9. İnaltı Formasyonu (JKi)**

İnaltı Formasyonu bu tez çalışmasının “İstanbul Zonu Tektonik Birliği'nde Kalan Çalışma Alanının Jeolojisi” bölümünün altında, “2.3.2.6 İnaltı Formasyonu (JKi)” başlığında verilmiştir.

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan alanında kuzeyde kalan E32 ve E33 paftalarında, güneyde kalan F34 ve F35 paftalarının da kuzey kesimlerinde görülen birim, Yaralığöz Dağı çevresi, Kuzeveren Köyü güneyi, Yenikayalı Köyü, Kavak Dağı civarı, Güngören Köyü kuzeyi gibi birçok yerde oldukça geniş alanlarda yüzlekler verir. Sakarya Zonu'nda Bürnük Formasyonu'nun olmadığı pek çok bölgede doğrudan temel kayaların üzerine uyumsuz olarak gelir ve üstten Erken Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Yaralığöz Dağı çevresinde birimin alt seviyelerinde saptanan fosiller

Kimmericiyen, üst seviyelerinde saptanan fosiller de Berriasiyen yaşlarını vermişlerdir (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### **2.4.3.10. Çağlayan Formasyonu (Ku)**

Çağlayan Formasyonu bu tez çalışmasının “İstanbul Zonu Tektonik Birliği’nde Kalan Çalışma Alanının Jeolojisi” bölümünün altında, “2.3.2.7 Çağlayan Formasyonu (Ku)” başlığında anlatılmıştır.

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu’nda kalan alanında kuzeyde kalan E32 ve E33 paftalarında, güneyde kalan F34 ve F35 paftalarının da kuzey kesimlerinde görülür. Elverdi Dağı çevresi, Sultanağaç Dağı çevresi, Bozkurt İlçesi çevresi, daha güneydoğuda Güngören Köyü, Cevizlibağ Köyü ve özellikle Yaslıdağ çevresi gibi birçok yerde oldukça geniş alanlarda yüzlekler veren birim Yılmaz ve Tüysüz (1984)’e göre İnaltı Formasyonu ile uyumsuzdur. Ayrıca Çağlayan Formasyonu’nun çökelişi sırasında deniz tabanında gelişen sıyrılmaya fayları ile açığa çıkan eski temel üzerine direk olarak çöklediği kesitler de bölgede görülebilir. Üstte ise Kapanboğazı Formasyonu ile geçişlidir (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### **2.4.3.11. Kapanboğazı Formasyonu (Kk)**

Kapanboğazı Formasyonu bu tez çalışmasının “İstanbul Zonu Tektonik Birliği’nde Kalan Çalışma Alanının Jeolojisi” bölümünün altında, “2.3.2.7 Kapanboğazı Formasyonu (Kyk)” başlığında verilmiştir.

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu’nda kalan alanında kuzeyde kalan E32 ve E33 paftalarında, güneyde kalan F34 ve F35 paftalarının da kuzey kesimlerinde görülür. Güneydoğu – kuzeybatı yönlü yüzlekleri bulunan birim kuzey batı tarafında Hacılı Köyü, Gökçealan Köyü ve Bakacak Tepe yakın güneyinde, güney doğu tarafında da İnözü ve Kuyumcular Antiklinali çevresinde görülür.

Volkanik etkinliklerin de gözlendiği oldukça sakin ve derin bir denizde çökelen Kapanboğazı Formasyonu, alttan Çağlayan, üstten de Yemişliçay Formasyonu ile geçişlidir. Gerçekleştirilen önceki çalışmalarda saptanan fosiller ile birime Geç Senomaniyen - Turoniyen - Erken Kampaniyen, Santoniyen - Kampaniyen, Santoniyen - Erken Kampaniyen, Senomaniyen - Turoniyen yaşları verilmiştir (Uğuz ve Sevin, 2007). Bu yaş

verisi “İstanbul Zonu Tektonik Birliği’nde Kalan alışma Alanının Jeolojisi” bölümünün altında, “2.3.2.7 Kapanboğazı Formasyonu (Kyk)” başlığında anlatılan ile de uyumludur.

#### **2.4.3.12. Yemişliçay Formasyonu (Kcv)**

Yemişliçay Formasyonu bu tez çalışmasının “İstanbul Zonu Tektonik Birliği’nde Kalan alışma Alanının Jeolojisi” bölümünün altında, “2.3.2.9 Yemişliçay Formasyonu (Ky)” başlığında anlatılmıştır.

Tez alışma alanının Sakarya Zonu’nda kalan alanında kuzeyde kalan E32 ve E33 paftalarında, güneyde kalan F34 ve F35 paftalarının da kuzey kesimlerinde görülür. Çalışma alanında güneydoğu – kuzeybatı eksenince uzanan birim, kuzeybatı kesimde Bozkurt İlçesi’nden güneydoğu yönündeki Sultanağaç Dağı’na kadar uzanan geniş bir alanda yüzlek verir. Çalışma alanının güneydoğu kesiminde ise Karakütük Senklineali boyunca geniş bir alanda yayılım gösterir.

Kalınlığı 800 ile 1500 metre arasında değişen formasyon üstte hem yanal hem dikey yönde Cankurtaran Formasyonu ile geçişlidir. (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### **2.4.3.13. Cankurtaran Formasyonu (Kc)**

İlk kez Badgley (1959) tarafından ye mertebesinde incelenen birim, Gedik ve ark. (1981) tarafından formasyon mertebesine taşınmıştır. İnce, ince-orta tabakalı, düzgün tabakalanmalı, sarımsı boz - yeşilimsi kl renkli kumtaşı, silttaşı, kilttaşı, kumlu kireçtaşı ve çakıltaşı ardalanmasından oluşan birimin kumtaşlarının içerisinde kireçtaşı blokları ve “volkanit yesi” olarak ayrılmış, bazaltik - andezitik lav, tf ve aglomeralardan oluşan volkanik ara düzeyler de bulunur. Birim daha önceki çalışmalarda, Orta Fliş, Asıl Andezit Erpsiyonları tavanındaki sahil serisi sedimanları, Grsk Formasyonu isimleri altında incelenmiş, hatta formasyonun Galiçya Karpatları ve Romanya Formasyonu ile çok benzer olduğu da söylenmiştir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Tez alışma alanının Sakarya Zonu’nda kalan alanında kuzeyde kalan E32 ve E33 paftalarında, güneyde kalan F34 ve F35 paftalarının da kuzey kesimlerinde görülen birim, güneydoğu – kuzeybatı ekseninde Bozkurt İlçesi’nin güneydoğu yönündeki Sultanağaç

Dağı'na kadar uzanan geniş bir alanda yüzlek verir. Çalışma alanının güneydoğu kesiminde ise Karakütük Senklinali boyunca geniş bir alanda yayılım gösterir.

Altta Kapanboğazı, üstte ise Akveren Formasyonları ile geçişli olan birimin kalınlığı 1800 metredir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Önceki çalışmalarda saptanan fosillere göre birime, Kampaniyen – Maastrichtiyen, Santoniyen – Kampaniyen, Geç Kampaniyen – Erken Maastrichtiyen gibi birbirlerine yakın yaşlar verilmiştir. Bir denizaltı yelpaze çökeli olan Cankurtaran Formasyonu, şelf içerisinde, volkanik etkinliklerin de bulunduğu bir alanda türbid akıntılarının etkisi ile oluşmuştur (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### **2.4.3.14. Akveren Formasyonu (KTa)**

Akveren Formasyonu bu tez çalışmasının “İstanbul Zonu Tektonik Birliği'nde Kalan Çalışma Alanının Jeolojisi” bölümünün altında, “2.3.2.10 Akveren Formasyonu (Kta)” başlığında anlatılmıştır.

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan alanında kuzeyde kalan E32 ve E33 ile güneyde kalan F35 paftasının da kuzey kesimlerinde görülürken F34 paftasında bulunmayan birim, kuzeybatıda Erdemli – Akçabük – Hamamlı Köyleri ekseninde, güneydoğuda da ise Alaçam Fayı'na paralel Çamaltı – Burunca – İlyaslı Köyleri ekseninde geniş alanlarda yüzlekler verir. İstanbul Zonu'ndan farklı olarak, kireçtaşlarının içerisinde volkanik ara katkılar görülmektedir (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### **2.4.3.15. Atbaşı Formasyonu (Tpea)**

Atbaşı Formasyonu bu tez çalışmasının “İstanbul Zonu Tektonik Birliği'nde Kalan Çalışma Alanının Jeolojisi” bölümünün altında, “2.3.2.11 Atbaşı Formasyonu (Tpea)” başlığında verilmiştir.

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan alanında kuzeyde kalan E32 ve E33 ile güneyde kalan F35 paftasının da kuzey kesimlerinde görülürken F34 paftasında bulunmayan birim, kuzeybatı kısmında Akveren Formasyonu'na paralel bir şekilde, Armutluyazı – Sazkışla – Oymakaya Köyleri ekseninde, güneydoğu kısmında ise Alaçam Fayı'nın hem düşen hem yükselen bloğunda Çakıldibi Tepe – Yeşilyurt Köyü ekseninde yüzlekler verir.

#### **2.4.3.16. Kusuri Formasyonu (Tek)**

Kusuri Formasyonu bu tez çalışmasının “İstanbul Zonu Tektonik Birliği’nde Kalan Çalışma Alanının Jeolojisi” bölümünün altında, “2.3.2.12 Kusuri Formasyonu (Teç)” başlığında verilmiştir.

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu’nda kalan alanında kuzeyde kalan E32 ve E33 ile güneyde kalan F35 paftasının da kuzey kesimlerinde görülürken F34 paftasında bulunmayan birim, kuzeybatıda Erfelek Senklinali’nin en kuzeybatı ucunda, Zaviye – Ayaz - Düzköy ve Turhan Köyleri ekseninde, güneydoğu kısmında ise Alaçam Fayı’nın kuzeyinde, düşen blok tarafında, Hacıoğlu Köyü civarında yüzlekler verir.

#### **2.4.3.17. Tekkeköy Formasyonu (Tet)**

Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından, Samsun’un 10 kilometre kadar güneybatısında yer alan Tekke Köyü’nden adlandırılan birim, tortul, volkano tortul ve volkanik kayalardan oluşur. Farklı araştırmacıların çalışmalarında, İlev Volkanit Üyesi, Yeşilce Formasyonu, Kusuri Formasyonu’nun Sürmeli Volkanit Üyesi ve Yığılca Formasyonu adı altında inceledikleri birimler ile denestirilebilir (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu kısmında kalan alanın güneydoğusunda, sadece F35 Sinop paftasında Alaçam Fayı’nın kuzeyinde yüzleği vardır.

Altta yeşilimsi – koyu kül renkli, ince tabakalı kiltası, silttaşı, karbonat çimentolu kumtaşı ve kalın tabakalı, yeşil – krem - beyaz renkli tüfit araldanması ile başlar. Kiltası – silttaşı – kumtaşı araldanması orta derecede tutturulmuş, paralel, yer yer çapraz laminalı ve fosillidir. Üste doğru düzensiz katmanlı, tüflü bir matriks içerisindeki kahverengimsi boz renkli, başlıca bazalt ve andezit parçaları içeren aglomera – tuf araldanmasına geçer. En üstte ise siyah renkli, seyrek fenokristal içeriği bulunan porfirik, som görünümlü olivinli bazik lav akıntıları – aglomera araldanması ile sona erer (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Kalınlığı 2000 metreyi bulan birimin alt düzeyleri derin denizel ortamdaki türbiditik akıntıların etkisinde çökelmiş ve buna volkanik bir etkinlik de eşlik etmiştir. Bu volkanizma etkisi ile gelişen bazik lav akıntıları ve püskürmeler sonucu ortam sığlaşmış, hatta yer yer karalaşmıştır. Altta Kusuri Formasyonu ile geçişli, üstte ise Sarıkum Formasyonu ile

uyumsuz ilişkiye sahiptir. Önceki çalışmalarda saptanan fosiller ile birime Lütesiyen – Bartoniye yaşı verilmiştir (Uğuz ve Sevin, 2009c).

#### **2.4.3.18. Sarıkum Formasyonu (plQs)**

Sarı renkli, gevşek kumtaşlarından oluşan ve kil – çamur mercikleri içeren birim ilk kez Badgley (1959) tarafından Sinop'un yaklaşık 18 km batısında yer alan Sarıkum Köyü'nden adlandırılmıştır (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan kısmının güney tarafında sadece F35-Sinop paftasının kuzeydoğu ucundaki Köseli Köyü'nün yaklaşık 2,5 km kuzeydoğusunda küçük bir alanda yüzlek vermektedir.

Sarı – sarımsı kahve renkli, çoğunlukla kötü çimentolu ve ince katmanlı, kaba taneli küçük – orta boy kanal dolguları bulunan ince kuvars kumundan oluşan birimin alt seviyelerinde yer yer gri renkli kil, çamur ve çakıl katkıları görülür. Güneye doğru renkli ve çamur katkıdır (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Yaklaşık kalınlığı 50 metre olan birim rüzgâr işlevinin de etkili olduğu bir akarsu ortamında çökelmiştir. Sinop Yarımadası'nda Geç Miyosen yaşlı Sinop Formasyonu'nu uyumsuz olarak üzerler ve gene aynı bölgede Geç Pleyistosen yaşlı Kale Formasyonu tarafından da uyumsuz olarak üzerlenir. Bu stratigrafik ilişkiye göre yaşı Geç Pliyosen – Erken Pleyistosen olmalıdır (Uğuz ve Sevin, 2009c).

#### **2.4.3.19. Eski Akarsu Çökeli (Qeal)**

Taşköprü ve Yaralıgöz Dağı güneyindeki Çatak Köyü civarında yüzeylemeleri bulunan birim, menderesli ırmak, örgülü akarsu ve taşkın ovası çökellerinden oluşur (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### **2.4.3.20. Plaj Çökelleri (Qp)**

Ezine çayının denize kavuştuğu civarlarda yüzeylemesi bulunan Holosen yaşlı birim, dalga hareketleri ile oluşmuş, oldukça iyi boylanmaya sahip, gri, beyaz ve siyah renklere kum ve çakıl boyu malzemeden oluşur (Uğuz ve Sevin, 2007).

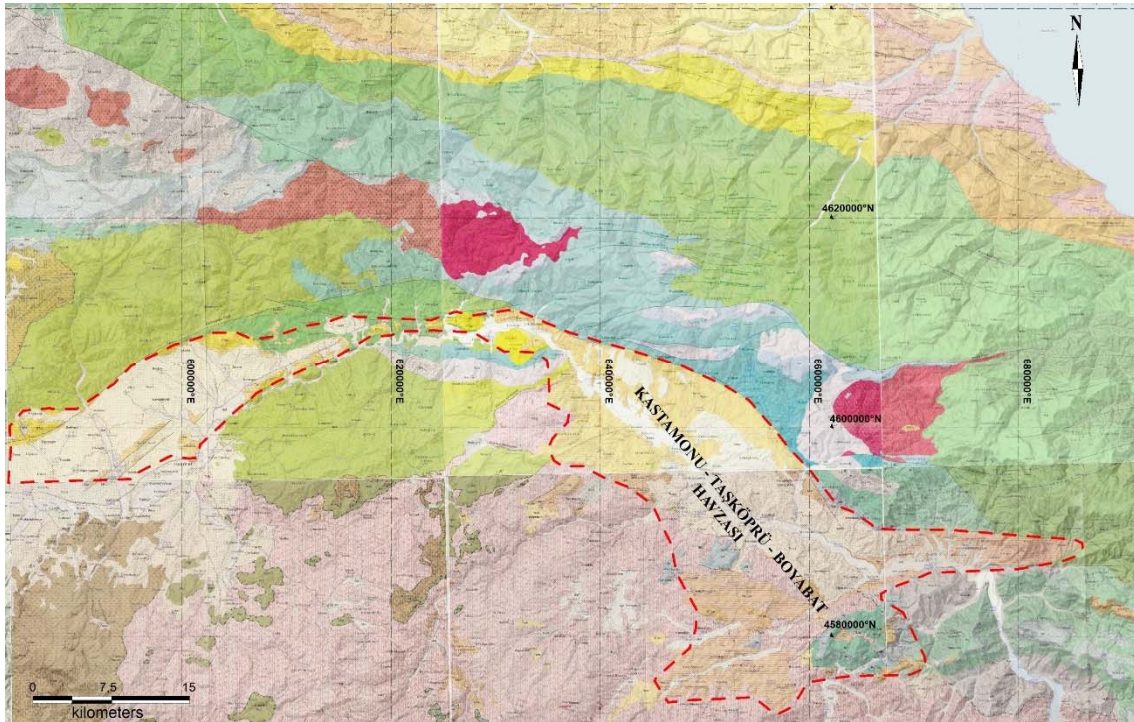
#### 2.4.3.21. Alüvyon (Qal)

Gökırmak Vadisi içerisindeki, Heladı, Çatalzeytin, Ezine, Hardı ve Kuzkütüğü Dereleri etrafında yüzeylemeleri bulunan birim, menderesli, ırmak, örgülü akarsu ve taşkın ovası fasiyeslerinin gözlemlendiği akarsu çökellerinden oluşur (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### 2.4.4. Kastamonu – Taşköprü - Boyabat Havzası

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu tarafında kalan alanın orta - güney kısımlarında yer alan, kuzeydoğu – güneybatı doğrultulu Gökırmak Çayı'nın akışına uygun biçimde uzanan bir çöküntü alanı olan havza Tersiyer yaşlı çökeller ile doludur. Yılmaz ve Tüysüz (1984) tarafından Kastamonu – Taşköprü - Boyabat Havzası olarak adlandırılmıştır (Şekil 2.24).

Araştırmacılar Ekinveren Ters Fayı'nın havzayı kuzeyden sınırladığını, havzanın yaklaşık olarak doğu-batı gidişli bir senklinele belirlendiğini, havza içi çökellerin Geç Kretase – Paleosen yaşlı kireçtaşları ile başladığını ve senklinal yapısı içinde kuzey ve güney kanatta oldukça farklı stratigrafik dizilimler sunduğunu öne sürmüşlerdir. Havza içerisinde eski temelin üzerine gelecek şekilde Pervanekaya, Ilıca, Marlı ve Sakızdağı Formasyonları bulunur.



Şekil 2.24. Kastamonu – Taşköprü - Boyabat Havzasının jeoloji haritası üzerinde gösterimi.



#### **2.4.4.1. Pervanekaya Formasyonu (KTpp)**

Adını Boyabat civarındaki Pervanekaya Tepe'den alan, çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan birim daha önce farklı çalışmacılar tarafından, Scaglia, Boyabat Kalkeri, Boyabat Kalker Kayaları, Boyabat Kireçtaşı, Boyabat Kalker Kretasesi, Kirensöküsü Formasyonu, Taşköprü - Boyabat Havzası içinde kırıntılı ve karbonat topluluğu adları altında, bazı araştırmacılar tarafından da Akveren Formasyonu adı altında incelenmiştir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Tabanda kırmızımsı – kahverengimsi renkli kötü çimentolu, ara tabakalar biçiminde çakıltaşı, çakıllı kumtaşı ve kumtaşı içeren çamurtaşı ile başlayan birim orta seviyelerde sarımsı beyaz – krem renkli kuvars çakıllı kumtaşı, karbonatlı kumtaşına geçer. Buradaki kuvars çakıltaşları iyi yuvarlaklaşmıştır. Üst seviyelere çıkıldıkça karbonat oranının artması ile önce orta tabakalı, sarımsı beyaz renkli, yer yer makro fosilli kumlu kireçtaşına, sonrasında beyaz - sarımsı beyaz renkli, kalın tabakalı ya da masif görünümlü ve yer yer dolomitleşmiş kireçtaşlarına geçer (Uğuz ve Sevin, 2007).

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu kısmında kalan alanın kuzeybatısında, E32 Kastamonu ve E33 Sinop paftalarında Ekinveren Fayı civarındaki Kuruoğlu, Kaygınca, Akseki, Sarıalan Köyleri civarı ve Kuzkayası Senklinalinin içerisinde, güneydoğusunda ise F34 ve F35 Sinop paftalarında Güngören, Karataş, Göve Köyleri ve Yazıçal Tepe civarında yüzlekleri vardır.

Kalınlığı yaklaşık 100 m olan birim için farklı çalışmalarda saptanan fosillere göre Maastrichtiyen – Paleosen yaşı verilmiştir. Metamorfik temeli ve Maastrichtiyen öncesi birimleri transgresif ilişki ile örten birim, üstten de Eosen yaşlı Ilıca Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Maastrichtiyen öncesi Geç Kretase'nin volkanik etkinlikleri ve tektonik etkiler sonucu ortaya çıkan sığlaşan ve yer yer karasallaşan alanlarda gelişen transgresyon sonucu oluşan sığ deniz ve kıyı ortamında çökelmiştir (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### **2.4.4.2. Ilıca Formasyonu (Tei)**

Birim ilk kez Ortynski ve Tromp (1942) tarafından, Boyabat'ın yaklaşık 10 km kuzeybatısında yer alan Ilıcaköy'den adlandırılmıştır. Farklı araştırmacılar aynı birimi, Boyabat Tersiyer'i içinde Kalker Asizleri, Kalker Fasiyesinde Eosen, Safranbolu

Formasyonu, Kaygunca Formasyonu'nun üst bölümü, Ilica Kireçtaşı Formasyonu, Taşköprü - Boyabat Havzasının güneyindeki istif içindeki Paleosen - Eosen yaşlı kireçtaşlarının üst düzeylerinde Örencik Formasyonu, Soğanlı Formasyonu, Araç Formasyonu ve Ilica Kireçtaşı gibi farklı isimler altında incelemişlerdir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Ilica Formasyonu altta sarımsı – boz renkli kumtaşı – çamurtaşı ardalanması ile başlar. Kumtaşları, orta – kalın tabakalı ve çapraz tabakalanmalıdır. Makro fosil kavkı ve kırıntıları içerir. Bu ardalanmanın üzerine sarımsı – beyaz renkli, orta tabakalı, hem makro hem mikro fosil içeren karbonatlı kumtaşları gelir. Kireçtaşları üstlere doğru daha da yoğunlaşır ve sarımsı beyaz – beyaz renkli, orta – kalın tabakalı, makro – mikro fosilli kireçtaşı tabakaları gelişir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu kısmında kalan alanın kuzeybatısında, E32 Kastamonu paftasında Ekinveren Fayı doğrultusu boyunca ve güneyindeki Eskiatça, Kornapa, Akçasu Köyleri etrafında, E33 Sinop paftasında Hacıahmetli, Yabanlı Köyleri etrafında ve güneyinde; tez çalışma alanının Sakarya Zonu kısmında kalan alanın güneydoğusunda ise F34 Sinop paftası içerisinde, Bahçeköy, Yandak, Yukarı Karacaören ve Olucak Köyleri etrafında yüzlekleri bulunur.

Kalınlığı 10 – 75 metre arasında değişen Gedik ve Korkmaz (1984) birim, Pervanekaya Formasyonu ve diğer yaşlı birimler üzerine transgresif olarak gelir ve üstten de Sakızdağı Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Tabandan tavana doğru alüvyon yelpazesi – yelpaze deltası – sığ su ortamında çökelen birime farklı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda saptadıkları fosillere göre, Orta – Geç Lütesiyen, Orta Eosen ve Lütesiyen yaşlarını vermişlerdir (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### **2.4.4.3. Martlı Formasyonu (Tem)**

Adını Boyabat'ın 8 kilometre kuzeybatısındaki Martlı Mahallesi'nden alan birim, şeyl, kumtaşı, çakıltaşı ardalanmasından oluşur. Farklı çalışmacılar birimi Martlı Mahallesi dolayındaki şeyl tabakaları, Genç Vadi Formasyonları, Martlı Şeyli, Maruf Gresli, Boyabat Çukurluğu'nu dolduran Tersiyer yaşlı konglomera, kumtaşı, kıltaşı tabakaları, Yabanlı Marnı, Martlı Serileri isimleri altında incelemiştir. Ayrıca, gene farklı çalışmalarda Eosen-

Oligosen Flişi, Karabük Formasyonu, Gökırmak Formasyonu, Cemalettin Formasyonu, Gazez Formasyonu ve Somatlar Formasyonu isimleri altında incelenen birimler ile de denestirilebilir (Uğuz ve Sevin, 2008).

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu kısmında kalan alanın kuzey kısmında, E33 Sinop paftasında, Gökırmak Vadisinde Ekinveren Fayı'nın güneyinde geniş bir yayılım gösterir.

Orta-kalın tabakalı, kirlı sarı renklı kumtaşı, çakıllı kumtaşı ile başlayan birim daha üstlere doğru açık gri renklı marn - silttaşı arđalanımına geçer. En üstte ise birimin asıl kalınlığını oluşturan, ince-orta tabakalı, gri - koyu gri renklı kumtaşı, kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı ve kiltası arđalanması yer alır. Tabandaki kumtaşları bol Nummulit ve makrofosil içerir. Yumuşak topoğrafyası ve kolay aşınması karakteristiktir (Uğuz ve Sevin, 2008).

Kalınlığı yaklaşık 2000 metre olan birim üstte ise Sakızdağı Formasyonu ile uyumsuz, altta Ilıca Formasyonu'nun kireçtaşları ile geçişlidir. Önceki çalışmalarda saptanan fosillere göre Geç – Orta Eosen yaşı verilen birim çökeltme derinliği fazla olmayan bir denizaltı yelpaze çökeltidir. (Uğuz ve Sevin, 2008)

#### **2.4.4.4. Sakızdağı Formasyonu (Toms)**

Adını Boyabat'ın 5 kilometre kuzeydoğusundaki Sakızdağı'ndan alan birim başlıca çamurtaşı, çakiltası ve kumtaşı arđalanmasından oluşur. Farklı araştırmacılar aynı birimi Canlar Konglomerası, Konglomera Kompleksi, Sakızdağı Konglomerası, Sakızdağı Serileri gibi farklı isimler altında incelemişlerdir. Gedik ve Korkmaz (1984) birimi Sakızdağı Formasyonu adı ile incelemiştir.

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu kısmında kalan alanın kuzeybatısında, Ekinveren Fayı'nın hemen güneyinde yüzlekleri olan birimin çalışma alanının güneydoğusunda da Karacaören – Hacıoğlan Köyleri arasında geniş yüzlekleri bulunmaktadır.

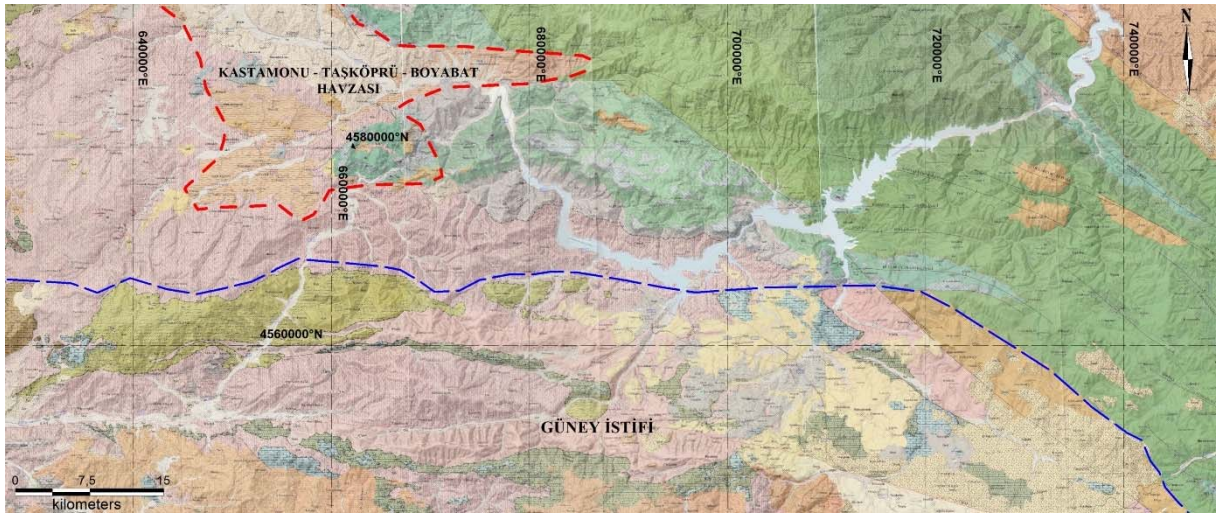
Sakızdağı Formasyonu altta kıvıl rengi ile tipik, kötü çimentolu çamurtaşı, beyazımsı – sarımsı boz renklı, çapraz tabakalanmalı çakıllı – kumlu çakiltası, kumtaşı ve az kiltası arđalanması ve üst seviyelere doğru beyaz - kirlı beyaz, yeşilimsi silttaşı, kiltası ve marn

ardalanmasından oluşur. Üst seviyelerde yer yer ince jips ve kömür bantlarına da rastlanır. Seviyeler birbirleri arasında dikey geçişlidir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Alüvyon yelpazesi, akarsu ve göl ortamında çökelen, kalınlığı 600 m civarında olan birim tabanda Martlı Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Martlı Formasyonu'nun üst seviyesinde saptanan fosiller Geç Eosen yaşını vermektedir. Buna göre birimin yaşı Geç Oligosen – Miyosen olarak değerlendirilmiştir (Uğuz ve Sevin, 2007).

#### 2.4.5. Güney İstifi

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu tarafında kalan bölgenin en güney kısımlarında doğu – batı ekseninde (Şekil 2.26), eski temel içerisinde yer alan Bekirli Formasyonu'nun üzerine, kuzeydeki istiften farklı olarak, üst düzeyleri bloklu fliş karakteristiğinde olan Geç Kretase – Erken Eosen yaşlı Beşpınar Formasyonu gelir. Beşpınar Formasyonu'nu Kuvaternere kadar sırası ile Kargı Ofiyoliti, Saraycık Formasyonu, Çalarasın Formasyonu, Neritik kireçtaşı, Meryemdere Formasyonu, Köprübaşı Formasyonu, Hacılı Formasyonu ve Yedikır Formasyonu takip eder (Şekil 2.27) (Uğuz ve Sevin, 2009a).



Şekil 2.25. Güney İstifi'nin jeoloji haritası üzerinde gösterimi.

##### 2.4.5.1. Beşpınar Formasyonu (KTPeb)

Yılmaz ve Tüysüz (1984) tarafından, Vezirköprü İlçesi'nin Beşpınar Mahallesi'nden adlandırılan birim, çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası, killi kireçtaşı ve marn ardanmasından oluşur. Birim farklı çalışmacılar tarafından Cankurtaran Formasyonu, Danabaşı Formasyonu

ve Eosen yaşlı kumtaşı – şeyl ardalanması gibi isimler altında incelenmiştir (Uğuz ve Sevin, 2009b).

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu’nda kalan alanın güney - güneydoğu kısmında, F34 ve F35 paftalarında, Kuzey Anadolu Fayı’nın güneyinde, doğu – batı doğrultusunda, Alibey, Kapaklıçeşme, Büyükkale Köylerinde, Kuzey Anadolu Fayı’nın kuzeyinde Çatmalıhavuz Tepe ve Habipfakı Köyü civarında, Gidirli – Kabalı Fayı’nın batısındaki yükselen blokta Güldere, Danabaş ve Kirenlik Köyleri civarında geniş yüzlekleri bulunur.

Birimin alt seviyelerinde, kalın tabakalı, oolitik ve foraminiferli kahve – kirli sarı renkli kireçtaşları ile yeşil, gri, kızıl renkli ince tabakalı kumtaşı ardalanması ile başlar. Daha üste doğru yine ince tabakalı, kızıl, kirli sarı kötü çimentolu silttaşı – marn ardalanması ve orta – kalın tabakalı gri renkli kireçtaşları ile devam eder. Üstte ise orta – kalın tabakalı, kirli sarı renkte karbonatlı kumtaşı, ince tabakalı yeşilimsi gri kiltası ve açık yeşil – grimsi beyaz renkli orta tabakalı şeyl– marn ardalanması bulunur. Üst seviyelerde yaygınca gözlenen andezitik – bazaltik bir ada yayı volkanizmasına ait lav, tuf ve aglomeraları ara düzeyler şeklinde bulunduran tabakalar bu ara düzeyler ile birlikte içlerinde Malm yaşlı neritik kireçtaşı blokları da içerir ve aynı zamanda bu neritik kireçtaşları blokları tarafından da tektonik bir ilişki ile üzerlenirler (Uğuz ve Sevin, 2009b).

Üst düzeylerine doğru volkanik etkinliklerin de gözlemlendiği bir denizaltı yelpaze çökeli olan birim altta Bekirli Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir. Üstte Geç Kretase yaşlı Çalarasın Formasyonu ile tektonik bir ilişki ile üzerlenir. Önceki çalışmalarda saptanan fosillere göre birime, Geç Kretase, Tanesiyen, Geç Paleosen - Erken Eosen, Paleosen - Erken Eosen yaşları verilmiştir. Buna göre birimin yaşı Geç Kretase – Paleosen – Erken Eosen olarak değerlendirilmiştir (Uğuz ve Sevin, 2009b).

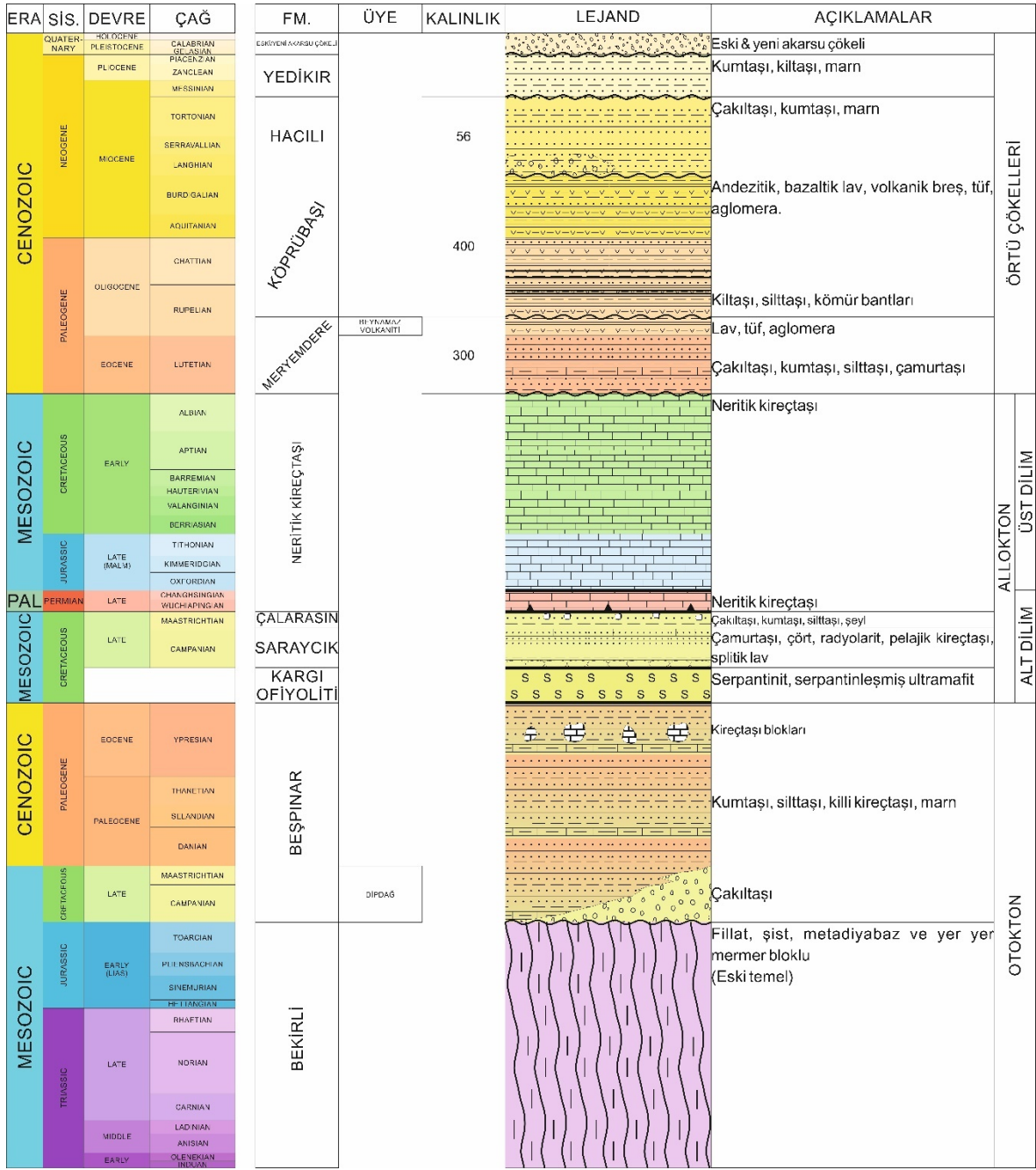
#### **2.4.5.2. Kargı Ofiyoliti (Kok)**

Kızılırmak Nehri vadisi içerisinde görülen, başlıca yeşil, siyahımsı yeşil renkli, yağsı parlaklıkta ve kaygan yüzeyli, mafik ve ultramafik kayaların değişiminden oluşan serpantin, masif gabrodan tabakalı gabroya kadar değişen, çoğunlukla kırıklı, yer yer serpantinleşmiş gabro ve yeşil – koyu yeşil, genellikle gabroyu kesen diyabazdan oluşan Kargı Ofiyoliti, Kuzey Anadolu Fayı’nın hemen kuzeyinde Yalmansaray Köyü, Meşe Dağı

ve Saraycık Dağı etrafında geniş yüzlekler verir (Uğuz ve Sevin, 2009a). Kargı ofiyoliti tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nun güneyindeki F34 ve F35 paftalarında görülmez.

Formasyon içerisinde başlıca kumtaşı, silttaşı ve marn ara katkıları içeren çakıltaşlarından oluşan ve yamaç ortamında türbiditik süreçlerde çökelmiş olan seviye Dipdağ Üyesi olarak ayrılmıştır.

Yılmaz ve Tüysüz (1984) birim kendi içerisinde fazlaca dilimlenmiş olsa da dilimlerin iç düzenleri uygun bir şekilde sıralandığında düzenli bir ofiyolitin tüm seviyelerinin bulunduğunu, eksik kalan ultramafik kayaçların ise Kuzey Anadolu'nun başka bölümlerinde yaygınca gözlendiğini söylemiştir. Birimin yaşı kendisini üzerleyen Saraycık Formasyonu'na göre Kampaniyen öncesi olmalıdır (Uğuz ve Sevin, 2009a).



Şekil 2.26. Güney istifi genelleştirilmiş stratigrafi kesiti. (Uğuz ve Sevin, 2009b, c)'den derlenmiştir.

#### **2.4.5.3. Saraycık Formasyonu (Ks)**

İsmi Vezirköprü'nün yaklaşık 25 km kuzeybatısındaki Saraycık Köyü'nden alan birim başlıca splitik lav, çört, radyolarit, çamurtaşı ve pelajik kireçtaşıdan oluşur. Saraycık Dağı, Korkut Dağı, Meşe Dağı, Saraycık Köyü ve Çorakdere Köyü etrafında geniş yüzlekleri vardır (Uğuz ve Sevin, 2009a).

Lavlar kırmızımsı siyah, siyah, siyahımsı kahverenkli, yastık yapılı ve gaz boşluklu, kızılımsı kahve renkli, sert yapılı, ince orta tabakalı çört ve radyolaritler ile aralanmalıdır. Bu gaz boşlukları çoğunlukla kalsit ile dolmuştur. En üst seviyelerde ise kırmızı, bordo - kahverenkli, katmanlanmalı ve çört ara katkılı pelajik kireçtaşları görülür. Ayrıca, birim içerisinde şelften taşınma kireçtaşı blokları da bulunur (Uğuz ve Sevin, 2009a).

Kargı Ofiyolitinin üzerinde bulunan, havza ve yamaç ortamında çökelen birim, Kargı Ofiyoliti ile birlikte yaşı Eosen'e kadar ulaşan Beşpınar Formasyonu'nun üzerine itilmiştir. Kargı Ofiyolitinin lav ve çökel kayalarının geçişi olan Saraycık Formasyonu üstten Çalarasın Formasyonu ile de geçişlidir (Uğuz ve Sevin, 2009a).

Yılmaz ve Tüysüz (1984) çalışmasında Saraycık Formasyonu'nun içerisindeki kireçtaşı bloklarında saptanan fosiller Jura – Erken Kretase, pelajik kireçtaşlarında saptanan fosiller ise Kampaniyen – Maastrichtiyen yaşını vermiştir.

#### **2.4.5.4. Çalarasın Formasyonu (Kç)**

Yılmaz ve Tüysüz (1984) tarafından Çorum İli'nin kuzey ucundaki Kargı İlçesi'nin 10 km kadar doğu - kuzeydoğusunda yer alan Çalarasın Mahallesi'nden adlandırılan birim, bol kireçtaşı blokları kapsayan kumtaşı, silttaşı ve şeyl aralanmasından oluşur.

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan alanın güney - güneydoğu kısmında F34 ve F35 paftalarında, yaklaşık doğu – batı doğrultusunda, doğuda, F35 paftasında, Kuşkonağı, Yürükçal Köyleri civarında başlayarak batıya doğru Elbeyi, Çamlıkonağ, Küçükkale, Çalköy Sofular, Kuz Hayat ve Maksutlu Köyleri ekseninde geniş yüzlekler verir (Uğuz ve Sevin, 2009c).



Ana birim olarak kızıl kahve – koyu gri – siyah renkli kumtaşı, silttaşı, şeyl ve çamurtaşı araldanmasından oluşan birimde yanall devamlılığı olmayan çakıltaşı ve çakıllı kumtaşı tabakaları ile sivri dişler ve tepecikler biçiminde kendini gösteren, değişik boyutlarda, beyazımsı gri - krem renkli, orta kalın tabakalı, Geç Jura-Erken Kretase yaşlı, neritik kireçtaşı blokları bulunur (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Bir denizaltı yelpazesi çökeli olan ve anki metamorfizma seviyesinde başkalaşım geçirmiş olan alarasın Formasyonu, altta Beşpınar Formasyonu üzerine tektonik olarak gelirken üstte de Geç Jura – Erken Kretase yaşlı neritik kireçtaşları tarafından gene tektonik olarak üzerlenir. Yılmaz ve Tüysüz (1984) tarafından Üst Kretase olarak yaşlandırılan birimin yaşı farklı çalışmalar ve kısıtlı da olsa fosil verilerine dayanılarak Geç Kretase olarak değerlendirilmiştir (Uğuz ve Sevin, 2009c).

#### **2.4.5.5. Neritik Kireçtaşı (JKk)**

Tez alışma alanının Sakarya Zonu kısmında kalan alanın güney – güneydoğu bölgelerinde, Örencik, Akören, Kayabaşı Köyleri, Otlu Tepe, Yürükal Tepe, Kocakaş Tepe, Otlu Tepe civarlarında görülebilen ve çok geniş yüzleklere sahip olmayan birim, beyaz, açık gri-gri renkli, genellikle kalın tabakalı, yer yer iri gastropod kavkılı, yer yer mercanlı ve algli, bol kalsit damarlı rekristalize neritik kireçtaşlarından oluşur (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Çalışma alanının güney ve güneydoğu bölgelerinde çoğunlukla Geç Kretase yaşlı alarasın Formasyonu'nun üzerine, Otlu Tepe'de Yılmaz ve Tüysüz (1984) tarafından Akgöl Formasyonu ile deneştirilen Triyas – Liyas yaşlı Bekirli Formasyonu'nun üzerine tektonik bir ilişki ile oturan birim İnal Köyü civarında ise Eosen yaşlı Meryemdere Formasyonu ile diskordanslı olarak üzerlenir. Önceki çalışmalarda birimde Malm – Erken Kretase yaşına işaret eden fosiller saptanmıştır (Uğuz ve Sevin, 2009c).

#### **2.4.5.6. Meryemdere Formasyonu (Teme)**

akıltaşı, kumtaşı, silttaşı, marn, çamurtaşı araldanması ve kireçtaşlarından oluşan birim ilk başta Kusuri Formasyonu içerisinde bir üye olarak tanımlanmış, daha sonra Dirik (1991) tarafından formasyon aşamasında değerlendirilmiştir. Adını Vezirköprü İlçesi'nin Meryemdere Köyü'nden almıştır (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu kısmında kalan alanın güney ve güneydoğusunda, F35 Sinop paftasının güney batı köşesindeki Meryemdere Köyü'nde, F34 Sinop paftasının güney kesimlerinde Elmalı, Yukarıbüyük, Güneşören, Dumanlı, Bademli Köyleri etrafında geniş yüzlekleri bulunmaktadır.

Altta çakıltaşı – kumtaşı ardalanması ile başlar. Çakıltaşları kırmızımsı, sarı alaca renkli, kalın – çok kalın tabakalı, kötü boylanmalı, kötü çimentolu ve orta yuvarlaklaşmalıdır. Üstlere doğru killi ve kumlu ara düzeyler başlar, gittikçe sıklaşır ve hâkim litoloji durumuna gelir. Kumtaşları çapraz tabakalanmalı ve bitki kırıntılıdır. Bu seviyelerde çakıltaşları artık kanal dolgusu biçimli küçük mercekle seviyelerinde görülür. Daha üst düzeylere çıkıldıkça tane boyları küçülür ve litoloji kumtaşı, sarımsı bej, yeşil renkli silttaşı marn ardalanmasına dönüşür. Çakıltaşı – kumtaşı, kumtaşı tabakaları içerisinde ara tabakalar halinde görünen kırmızımsı, sarımsı boz renkli çamurtaşları daha üstlere doğru egemen hale gelir, bej ve gastropod katkılı kireçtaşı tabakaları killi ve marnlı düzeylerle ardalanmaya başlar. Birimin kil, silt ve çakıllı tabakalarının içerisinde kömürlü seviyeler de bulunur. Birimin en üst seviyesinde bulunan, başlıca bazaltik, andezitik lav, tüf, aglomera ve tortul – volkanotortul ara düzeylerinden oluşan “Beynamaz Volkanit Üyesi (Temb)” olarak ayrılmıştır (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Yaklaşık 300 m kalınlığa sahip olan birim allohton konumlu kayaların üzerine uyumsuz olarak gelir. Üstte ise Beynamaz volkanit üyesi, Hacılı Formasyonu'nun Köprübaşı Volkanit Üyesi tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Yaşı, Sütçü ve ark. (1994) tarafından yapılan çalışmada saptanan fosillere göre Lütésiyan olarak saptanan birim karasal ortamı gösteren çökeller ile başlar ve üst seviyelere doğru içinde volkanik etkinlikleri gösteren kayalara da rastlanan sığ denizel çökellere geçer (Uğuz ve Sevin, 2009c).

#### **2.4.5.7. Köprübaşı Formasyonu (Tomk)**

Andezitik ve bazaltik bir volkanizmanın ürünü olan ve başlıca lav, aglomera ve tüflerden oluşan, önceki çalışmalarda Kusuri Formasyonu içinde Celil Üyesi olarak adlandırılan birim ilk kez Dirik (1991) tarafından formasyon mertebesinde çalışılmış ve Vezirköprü İlçesi'nin güneybatısındaki Köprübaşı Beldesi'nden adlandırılmıştır (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu kısmında kalan alanın F34 Sinop paftasının güneydoğu kısmında Tepeören ve Kıрма Köyleri civarında küçük yüzlekleri olan birim, F35 Sinop paftası içerisinde daha yaygın olarak görülmektedir. F35 Sinop paftasının güneybatı tarafında Gidirli – Kabalı Fayı'nın hem düşen hem de yükselen blok tarafında oldukça geniş yayılımı olan birimin, paftanın kuzeydoğu tarafında ise Alaçay Fayı etrafında da yüzlekleri bulunmaktadır.

400 metre kalınlığa ulaşabilen birim içerisindeki andezitler kırmızımsı boz ve pembe renkli ojit andezit, bazaltlar ise olivin bazalttır. Meryemdere Formasyonu'nun en üst seviyesindeki Lütesiyen yaşlı Beynamaz Volkanit Üyesinin üzerine uyumsuz olarak gelen birim Miyosen yaşlı Hacılı Formasyonu tarafından da uyumsuz olarak üzerlenir. Bu stratigrafik konuma göre birimin yaşı Oligo – Miyosen'dir (Uğuz ve Sevin, 2009c).

#### **2.4.5.8. Hacılı Formasyonu (Tmh)**

Karasal özellikli çakıltası, kumtaşı, silttaşı ve marn ardalanmasından oluşan birim önceki çalışmalarda Kusuri Formasyonu'nun bir üyesi olarak kabul edilmiş, daha sonra Dirik (1991) tarafından formasyon mertebesinde çalışılmış ve Vezirköprü İlçesi'nin Hacılı Köyü'nden adlandırılmıştır (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Tez çalışma alanının Sakarya Zonu kısmında kalan alanın F35 Sinop paftasının güneybatı tarafında Bahçekonak ve Çekalan Köyleri civarında, F34 Sinop paftasının güneydoğu tarafında Taşlıyük, Çamlıca, Yağınözü, Yukarınarlı, Narlısaray ve Göllüalan Köyleri civarında yüzlekleri görülebilir.

Bir iç basen özelliği gösteren bölgenin Orta Eosen'den sonra gitgide sığlaşması sonucunda oluşan bir göl ortamında çökelen birim taban seviyelerinde 1-2 metre kalınlığa ulaşan kömür tabakaları barındıran killi – siltli tabakalar ile başlar. Üste doğru sarımsı boz - gri renkli iyi yuvarlaklaşmış, volkanit çakıllı, kötü çimentolu, kalın tabakalı çakıltası, yeşilimsi renkli, ince – orta tabakalı, kötü çimentolu kumtaşı, silttaşı ve marn ardalanması şeklinde bir litolojiye dönüşür (Uğuz ve Sevin, 2009c).

Kalınlığı 56 metre olarak ölçülen birimde farklı araştırmacıların yaptığı çalışmalarda Geç Miyosen – Pliyosen ve Geç Eosen yaşları verilmiştir. Ancak, Oligo – Miyosen yaşlı

Köprübaşı Formasyonu da dahil olmak üzere kendinden yaşlı her birimi uyumsuz olarak üzerlediği dikkate alınarak stratigrafik konumundan dolayı yaşı Miyosen olarak değerlendirilmiştir. Birim Yedikır Formasyonu tarafından diskordanslı olarak üzerlenir (Uğuz ve Sevin, 2009c).

#### **2.4.5.9. Yedikır Formasyonu (Tmly)**

İlk kez Gümüşsu (1980) tarafından, Suluova İlçesi'nin 4 km kadar güneybatısında yer alan Yedikır Mevkii'nden adlandırılmıştır (Uğuz ve Sevin, 2009c). Tez çalışma alanının içerisindeki F35 Sinop paftasının ise güneybatı ucunda Dünderlı, Yazıkışla, Ağcamahmut Köyleri civarında yüzlekleri bulunurken F34 Sinop paftasında görülmez.

Birim başlıca çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, çamurtaşı ve marn aralanmasından oluşur. Çakıltaşları kirlili beyaz – krem renkli, düzensiz katmanlanmalı ve kötü çimentoludur. İçerisinde gastropod kalıntılara rastlanan kiltası – marn tabakaları ise beyaz, yeşilimsi beyaz, ince tabakalı ve laminalıdır.

Genellikle tatlı su ve/veya somatr ortamında çökelen birim kendisinden yaşlı birimlerin üzerine diskordan olarak gelir. Önceki çalışmalarda birimde saptanan fosiller hem tatlı su çökeltme ortamını hem de Geç Miyosen - Pliyosen yaşını işaret etmiştir.

#### **2.4.5.10. Eski Alüvyon (Qeal)**

Menderesli ırmak, örgülü akarsu ve taşkın ovası ortamlarında çökelen birim başlıca açık gri – bej renkli, gevşek tutturulmuş çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşur (Uğuz ve Sevin, 2009c). Çalışma alanının güney istifinde, Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzeyinde geniş yüzlekleri vardır.

#### **2.4.5.11. Alüvyon (Qal)**

Menderesli ırmak, örgülü akarsu ve taşkın ovası ortamlarında çökelen birim çakıl, kum, silt, çamur birikintilerinden oluşur (Uğuz ve Sevin, 2009c). Çalışma alanının güney istifinde, Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzeyinde yüzlekleri vardır.

### 3. ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

Orta ve Orta – Batı Karadeniz bölgesinde geniş bir alanda gerçekleştirilen ve Orta – Geç Jura yaşlı kayaların petrol potansiyelini araştıran bu tez çalışması, büro, arazi, laboratuvar olmak üzere üç bölümde sürdürülmüş ve tamamlanmıştır.

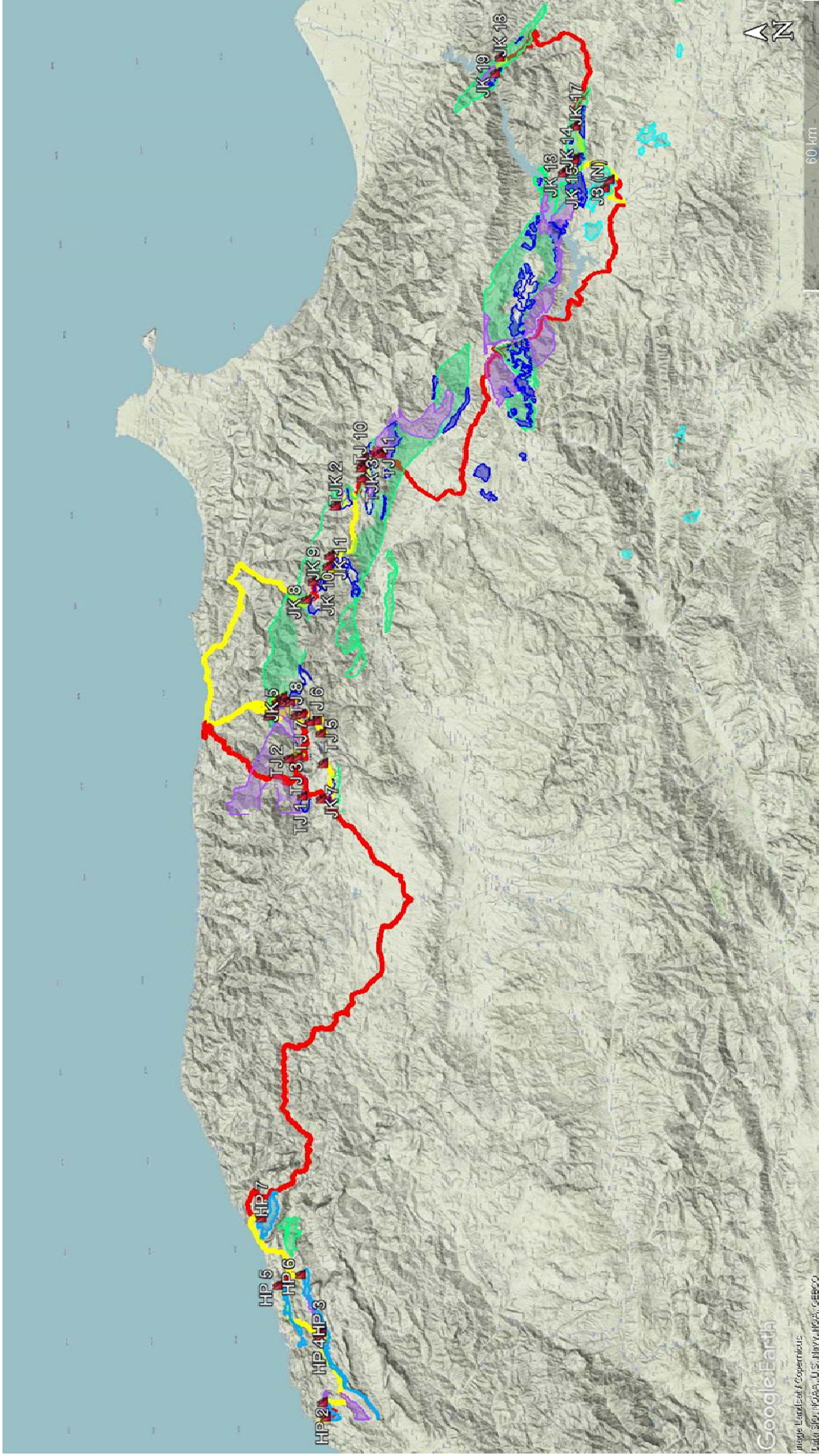
#### 3.1. Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları temelde tezin literatür tarama, araştırma, harita hazırlama, arazi hazırlığı, yorumlama ve yazım gibi her aşamasındaki çalışmaları içerir.

Tez çalışmasının ilk aşamasında önceden yapılmış özellikle gerek bölge jeolojisi gerekse Orta – Geç Jura kaynak kaya potansiyeli ile ilgili literatür taramaları yapılmıştır. Çalışılacak bölgenin 1/100.000'lik jeoloji haritaları MTA'dan temin edilerek taratılmış ve MapInfo ortamında koordinatlarına yerleştirilmiştir. Tez çalışmasının amacına uygun olarak, çalışma alanının içerisinde Orta – Üst Jura yaşlı kaynak kayaların görülebileceği tüm formasyonlar MapInfo ortamında sayısallaştırılmış ve 1/100.000'lik jeoloji haritaları ile birlikte Google Earth ortamına aktarılmıştır.

Arazi çalışmasına gidilmeden önce olası potansiyel birimler ve Geç Jura yaşlı İnalı Formasyonu'ndan genç birimlerin İnalı Formasyonu ile olan dokanak noktaları taranmış ve 44 adet nokta belirlenmiştir (Şekil 3.1). Belirlenen bu olası mostra/örnek noktalarının sıralaması, takip edilecek rotalar büro çalışmaları ile hazırlanmış ve arazi çalışması süresince kullanılmak üzere daha önce oluşturulmuş olan sayısal formasyon poligonları ile birlikte tablet üzerinden aktif olarak kullanılabilen MAPinr programına aktarılmıştır.

Arazi çalışmaları sonrasında alınan örneklerin hangi analizlere gönderileceği, gelen analiz sonuçlarının değerlendirilmesi, XRD analiz sonuçlarının mineral ve kil ayrıştırmaları, Rock -Eval Piroliz sonuçlarının grafiklere dökülmesi, tüm analiz sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi ve nihayetinde tezin yazılması büro çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmiştir.



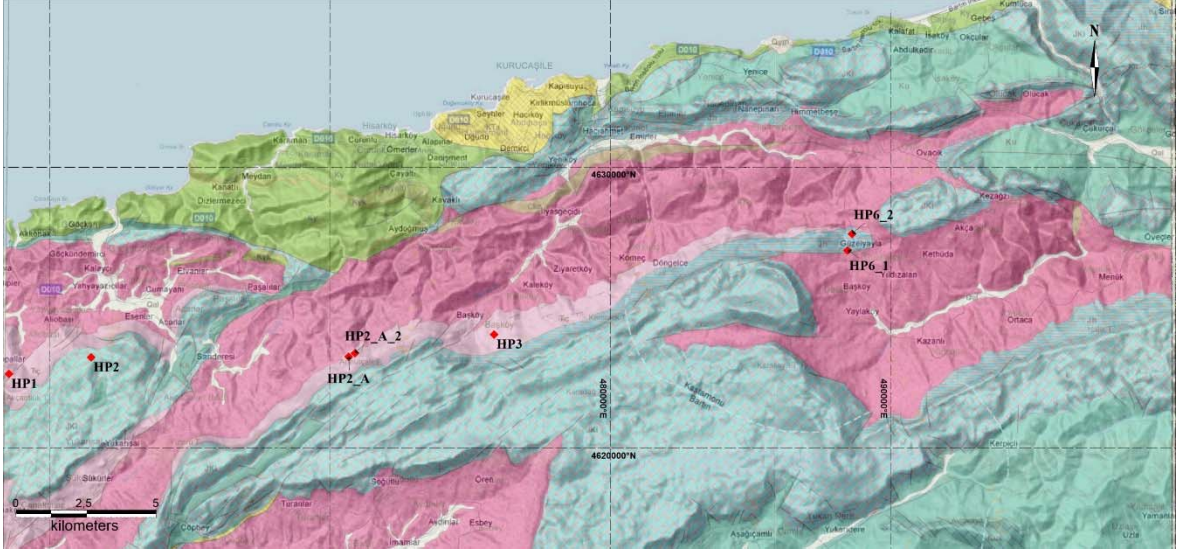
Şekil 3.1. Büro çalışmalarında hazırlanan vektörel formasyonları, 1.Arazi çalışmasında gidilmesi planlanan mostra ve rotaların kabartma haritası üzerinde gösterimi

### 3.2. Arazi Çalışmaları

Tez çalışması kapsamında Haziran 2021 ve Mayıs 2022 dönemlerinde olmak üzere iki adet arazi çalışması gerçekleştirilmiş, birinci arazi çalışmasında 64, ikinci arazi çalışmasında 25 adet olmak üzere toplam 89 örnek alınmıştır.

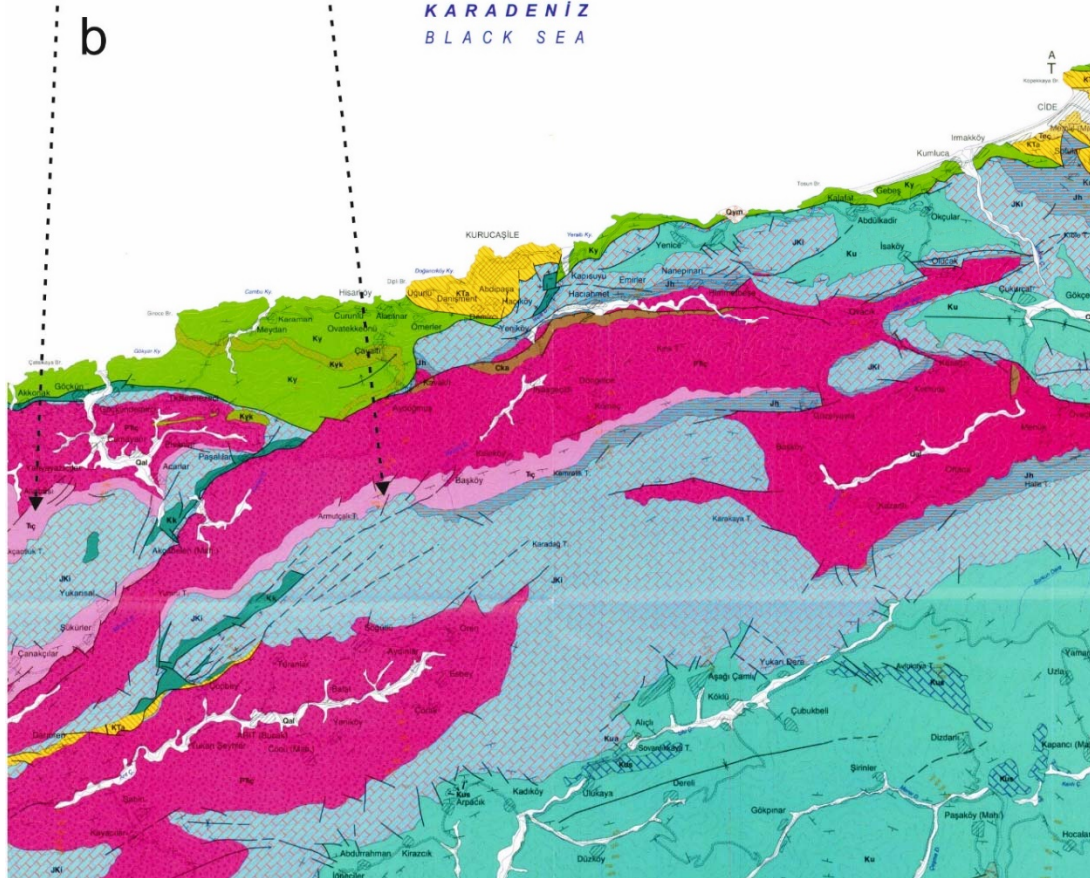
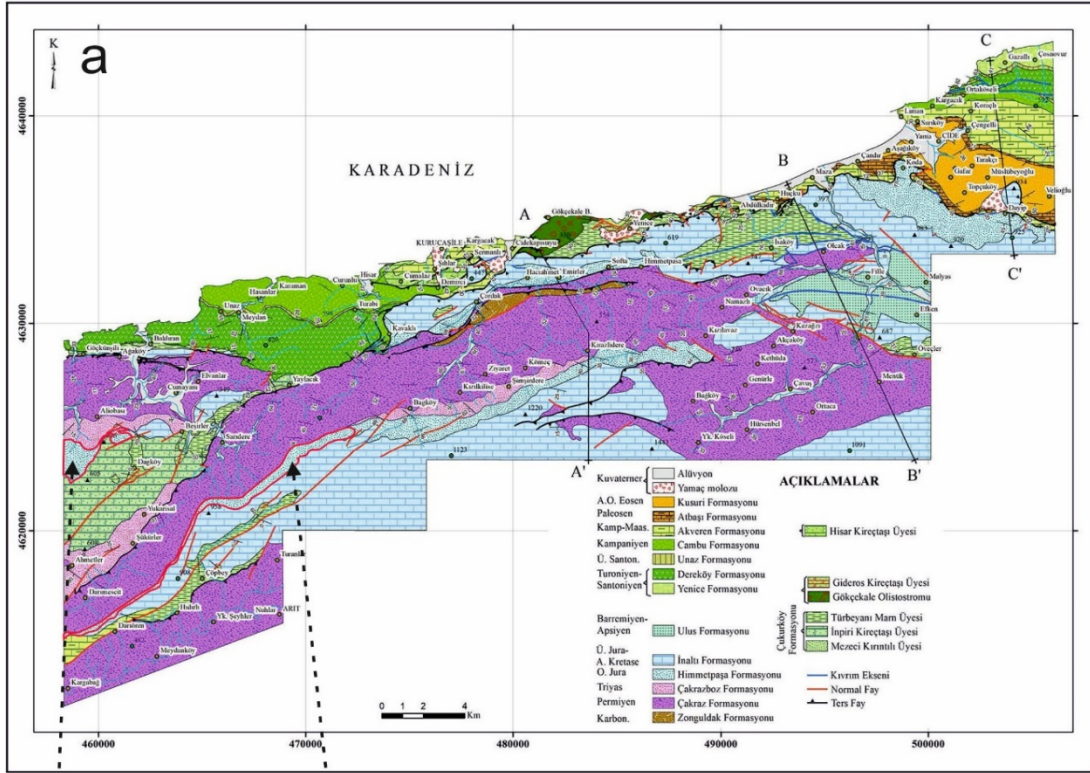
#### 3.2.1. 1. Arazi Çalışması

Büro çalışmalarında hazırlanan arazi programına göre hareket edilerek arazi çalışmasının ilk günü Amasra'nın yaklaşık 9,5 km doğusunda yer alan Topallar Köyü yakınındaki Dogger yaşlı Himmetpaşa Formasyonu'ndan 3 farklı mostrasından toplam 16 örnek alınmıştır (Şekil 3.2, Çizelge 3.1, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6).



Şekil 3.2. Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örneklerin kabartma haritası üzerine bindirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi.

Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan HP01 ve HP2A koduna sahip serideki örnekler Tüysüz (2022)'nin jeoloji haritasında Himmetpaşa Formasyonu olarak, Gedik ve Aksay (2002)'nin jeoloji haritasında ise Çakrazboz Formasyonu olarak görünen bölgelerden alınmıştır. Bu iki jeoloji haritası arasında Himmetpaşa Formasyonu açısından farklılık gösteren bölgeler Şekil 3.3'de jeoloji haritası üzerinde işaretlenerek karşılaştırmalı olarak verilmiştir. HP6 koduna sahip örneklerin alındığı lokasyonlar ise her iki haritada da Himmetpaşa Formasyonu olarak görülmektedir.



Şekil 3.3. Tüysüz (2022) ve Gedik ve Aksay (2002) jeoloji haritalarındaki Himmetpaşa Formasyonu farkının haritalar üzerinde gösterimi. a: Tüysüz (2022) jeoloji haritası; b: Gedik ve Aksay (2002) jeoloji haritası.





Şekil 3.4. HP01 lokasyonu (a: HP01-1 ve HP01-2; b: HP01-3; c: HP01-4; d: HP01-5; e: kumtaşı - şeyl ardalıktan oluşan istifin görünümü)



Şekil 3.5.HP2A lokasyonu (a: HP2A-1; b: HP2A-2; c: HP2A-3; d: HP2A-4; e: HP2A-5; f: HP2A-9; g: kumtaşı – şeyl ardalanmasından oluşan istifin görünümü)

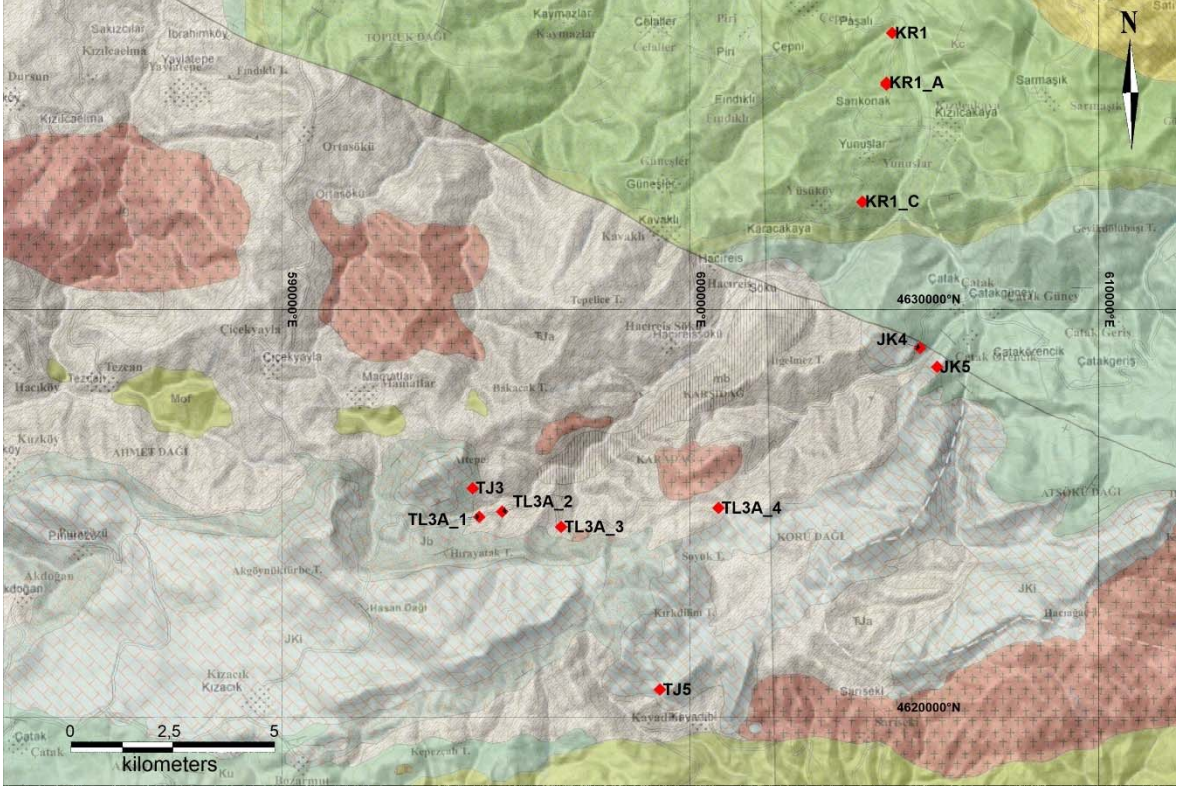


Şekil 3.6. HP6 lokasyonu (a: HP6-1; b: HP6-2; c: kumtaşı – şeyl ardalanmasından oluşan istifin görünümü)

Çizelge 3.1. Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örneklerin ve kodlarının listesi

Örnek Noktası	Örnek Sayısı	Örnek Kodları	Formasyon	Litoloji
HP01	5	HP01-1 – HP01-5	Himmetpaşa/Çakrazboz?	Şeyl
HP2A	9	HP2A-1 – HP2A-9	Himmetpaşa/Çakrazboz?	Şeyl
HP6	2	HP6-1 – HP6-2	Himmetpaşa	Şeyl

Himmetpaşa Formasyonu'ndaki çalışmanın tamamlanmasıyla tez çalışma alanının Sakarya Zonu'nda kalan kısmına geçilerek, Çatalzeytin – Çatak arasında kalan bölgeden 6 noktada toplam 32 örnek (Şekil 3.7, Çizelge 3.2, Şekil 3.8), Ayancık – Vezirköprü arasında kalan bölgeden 10 noktada toplam 16 örnek alınmıştır (Şekil 3.9, Çizelge 3.3, Şekil 3.10).



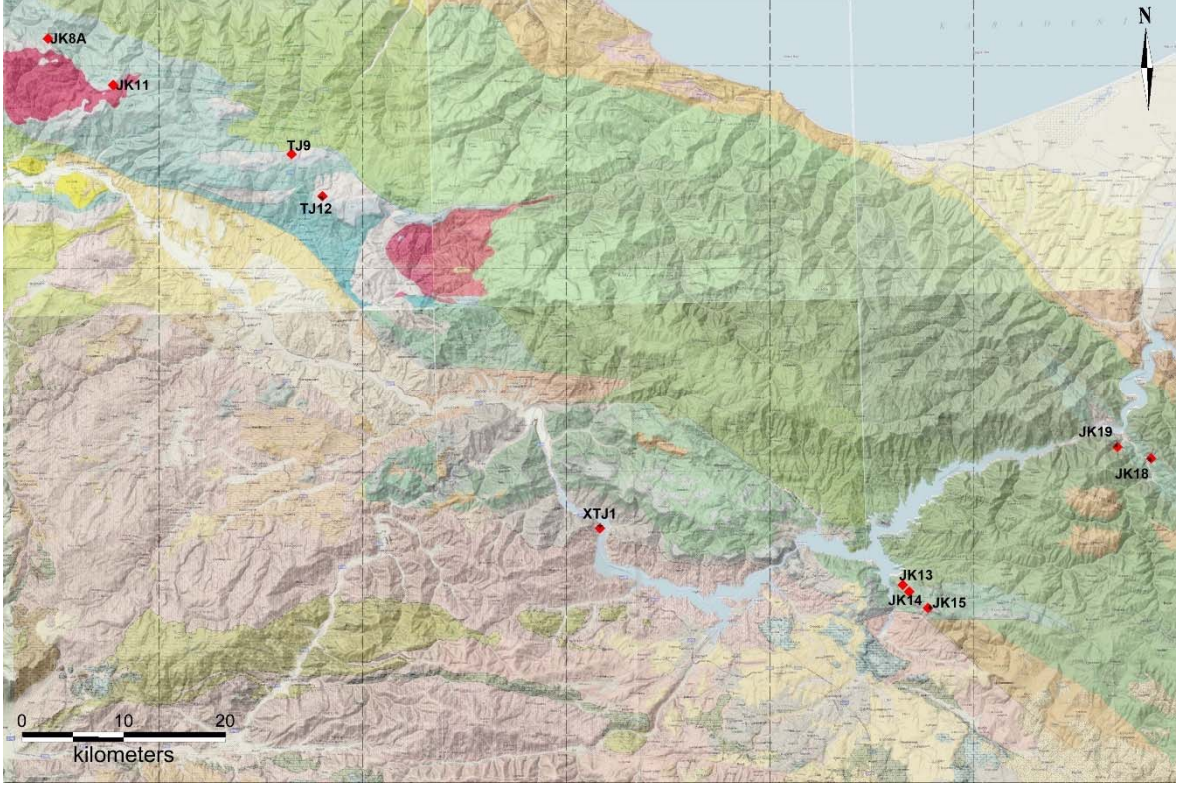
Şekil 3.7. Çatalzeytin – Çatak arasında kalan örnek noktalarının kabartma haritası üzerine bindirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi.

Çizelge 3.2. Çatalzeytin – Çatak arasında kalan bölgeden alınan örneklerin ve kodlarının listesi

Örnek Noktası	Örnek Sayısı	Örnek Kodları	Formasyon	Litoloji
JK4	4	JK4-1 – JK4-4	Akgöl	Şeyl
TJ3	5	TJ3-1 – TJ3-5	Akgöl	Şeyl
TL3A	4	TL3A-1 – TL3A-4	Akgöl	Şeyl
TJ5	3	TJ5-1 – TJ5-3	Akgöl	Şeyl
JK5	5	JK5-1 – JK4-5	Çağlayan	Şeyl
KR1	11	KR1-1 – KR1-11	Cankurtaran	Şeyl



Şekil 3.8. Çatalzeytin – Çatak arasında alınan bazı örneklerin fotoğrafları (a: JK4-2; b: JK4-4; c: JK5-1; d: TJ3-3; e: TJ5-2; f: TL3A-2; g: TL3A-3; g: TL3A-4)



Şekil 3.9. Ayancık – Vezirköprü arasında kalan örnek noktalarının kabartma haritası üzerine bindirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi.

Çizelge 3.3. Ayancık – Vezirköprü arasında kalan bölgeden alınan örneklerin ve kodlarının listesi

Örnek Noktası	Örnek Sayısı	Örnek Kodları	Formasyon	Litoloji
JK8A	1	JK8A-1	Akgöl	Şeyl
JK11	1	JK11-1	Çağlayan	Şeyl
TJ9	1	TJ9-1	Akgöl	Şeyl
TJ12	1	TJ12-1	Akgöl	Şeyl
XTJ1	2	XTJ1-1 – XTJ1-2	Akgöl	Şeyl
JK13	1	JK13-1	Çağlayan	Şeyl
JK14	1	JK14-1	Çağlayan	Şeyl
JK15	1	JK15-1	Çağlayan	Şeyl
JK18	5	JK18-1 – JK18-5	Akgöl	Şeyl
JK19	2	JK19-1 – JK19-2	Akgöl	Şeyl

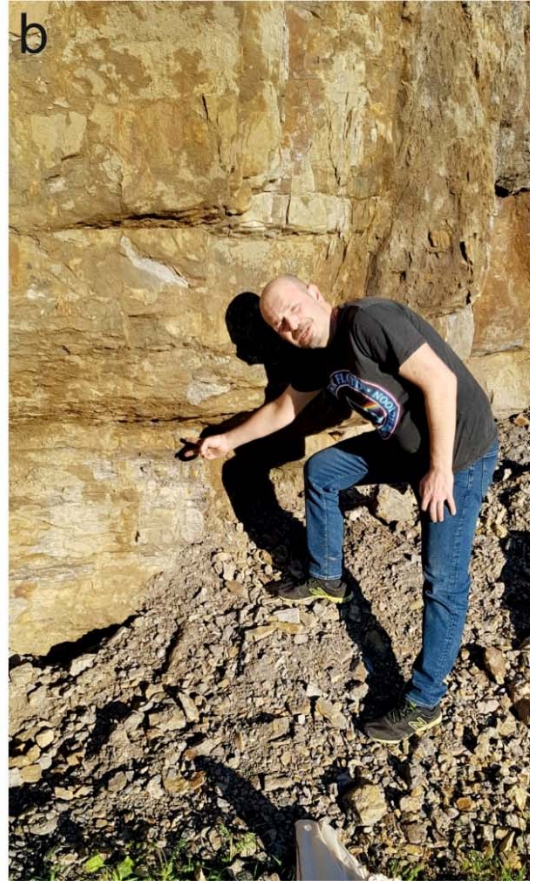


Şekil 3.10. Ayancık – Vezirköprü arasında kalan bölgeden alınan bazı örneklerin fotoğrafları (a: TJ9-1, aynı zamanda Akgöl – İnaltı dokanağı görülüyor; b: JK18-5; c: XTJ1-1; d: XTJ1-2; e: XTJ lokasyonunun panoramik fotoğrafı, aynı zamanda Akgöl – İnaltı dokanağı da görülüyor)

### 3.2.2. 2. Arazi Çalışması

İlk arazi çalışmasının ardından yaptırılan ve “3.3 Analizler” kısmında detaylı bir şekilde değinilecek olan analizlerin ardından Dogger yaşlı Himmetpaşa Formasyonu’ndan daha detaylı örnekleme ve ölçme ile ÖSK çıkarmak ve Triyas – Liyas olarak yaşlandırılmış Akgöl Formasyonu’nun içerisinde Jenkyns (1988) tarafından söylenen, Geç Liyas’ın Torsiyen katında gözlemlenen Okyanusal Anoksik Olay (T-AOE) ile ilgili Karadeniz’de bir ipucu yakalayabilme amacı ile görelî uzun Akgöl Formasyonu kesitlerinden tabandan – tavana örnekler alıp Liyas’a yaklaştıkça organik madde içeriğinin artması yönünde bir anomalinin varlığının test edilmesi için Mayıs 2022’de bir kez daha araziye gidilmiştir.

Arazi çalışmasının ilk gününde önceki arazi çalışmasında alınan örneklerin analizlerinden olumlu sonuçlar alınan HP6-1 ve HP6-2 örneklerinin alındığı konuma gidilerek hem kesit ölçülmüş hem de 8 adet yeni örnek alınmıştır.



Şekil 3.11. Himmetpaşa Formasyonu’ndan alınan şeyl örnekleri (a: HP7-1; b: HP7-2)



Büro çalışmalarında belirlenen konuma gidildiğinde yol kenarındaki mostranın içerisinde bir mağara görülmüş ve ilk örnek olan HP7-1 örneği buradaki kömürümsü siyah şeyllerden alınmış, daha sonra mostranın tavanına doğru devam edilmiştir.



Şekil 3.12. Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan şeyl örnekleri (a: HP7-3; b: HP7-6)

Alınan ölçü ve örneklerden sonra mostranın yaklaşık 15 metrelik ölçülü stratigrafik kesiti hazırlanmıştır (Şekil 3.13).

Tabanda kömürümsü şeyller ile başlayan istifin kumtaşı şeyl ardalanmasından oluştuğu görülmüştür. Kumtaşları sarı – sarımsı kahverenkli, iyi pekişmiş ve yer yer cm mertebesinde ince şeyl bantları içermektedir. Şeyller çoğunlukla siyah yer yer kahverengi – koyu kahverengi, iyi dilimli ve su etkisi ile altere olmuş şekildedir.

Kesit alma işlemi tamamlandıktan sonra orman yoluna girilerek farklı Himmetpaşa mostraları aranmış ve bulunan 1 mostradan daha HP8 kodu ile noktasal siyah şeyl örneği alınmıştır.

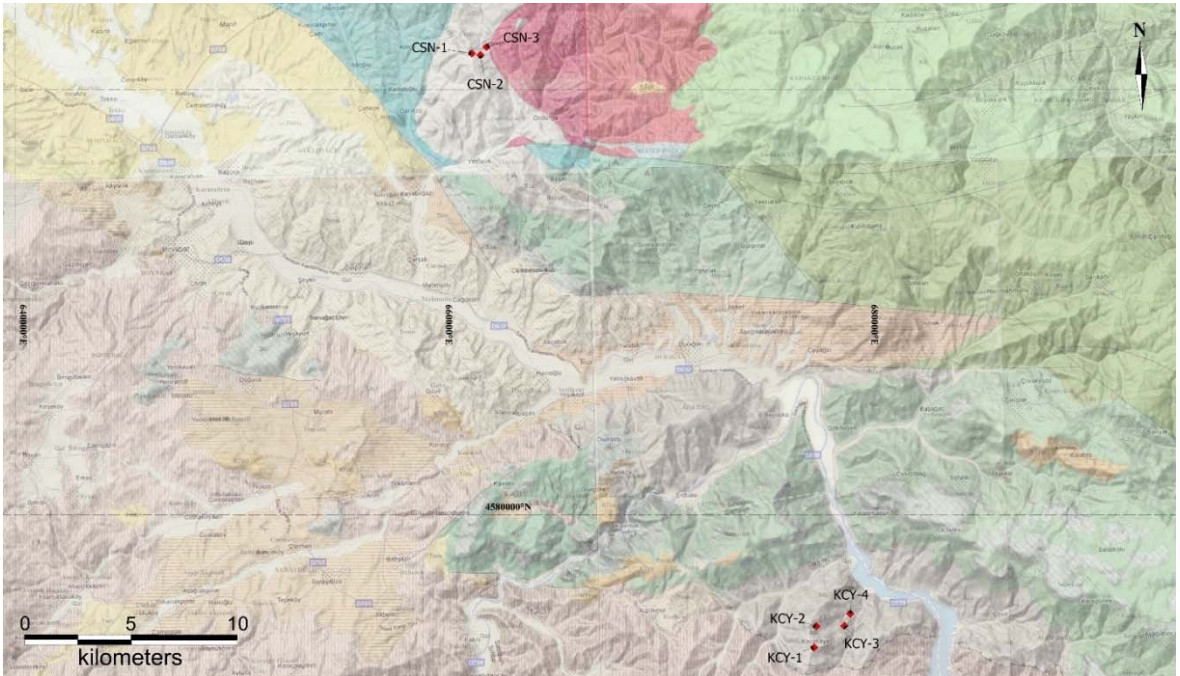
LİTOLOJİ	Örnek No	Tanımlamalar
	HP7-7	Kahve - siyah, killi, şeyl (50 cm)
14	HP7-6	Kahve - siyah, killi, şeyl (50 cm)
13		
12		Açık kahve siltli kumtaşı (300 cm)
11		
10	HP7-5	Siyah, killi, şeyl (20 cm)
9		
8		
7		Açık kahve siltli, yer yer cm mertebesinde şeyl bantları içeren kumtaşı (600 cm)
6		
5		
4	HP7-3	Siyah, killi, şeyl (20 cm)
3		Açık kahve siltli, yer yer cm mertebesinde şeyl bantları içeren kumtaşı (200 cm)
2	HP7-2	Siyah, killi, şeyl (4 cm)
1		Açık kahve siltli, yer yer cm mertebesinde şeyl bantları içeren kumtaşı (150 cm)
(m)	HP7-1	Parlak siyah, ince kömür bantları içeren şeyl (50 cm)

Şekil 3.13. Himmetpaşa mostrası ölçülü stratigrafik kesiti



Şekil 3.14. Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örnekler (a: HP7-7; b: HP8)

Himmetpaşa Formasyonu ile ilgili örnek ve kesit çalışmalarının tamamlanmasının ardından daha önce tespit edilen Çeşnigir ve Kocakaya Köyleri civarındaki Akgöl Formasyonu mostralarından şeyl örnekleri alınmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. 2. Kocakaya ve Çeşnigir köylerinde gidilen noktaların kabartma haritası üzerine bindirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi.

Kocakaya Köyü'ndeki Akgöl Formasyonu mostrası yaklaşık 200 m kottan 1000 m kota kadar takip edilen kumtaşı – şeyl ardalanması şeklindedir. Kumtaşları sarımsı kahverengi, yer yer siyahımsı, şeyller koyu kahverengi, siyah, parlak ve iyi dilimlidir. Hem kumtaşlarının hem de şeyllerin metamorfizma geçirdiği, özellikle bu etkinin yüksek kotlarda daha belirgin olduğu görülmüştür. Yol boyunca takip edilen formasyondan farklı kotlardan 4 adet şeyl örneği alınmıştır.



Şekil 3.16 Kocakaya Köyü'nde Akgöl Formasyonu'ndan alınan şeyl örnekleri (a: KCY-1; b: KCY-2; c: KCY-3; d: KCY-4)

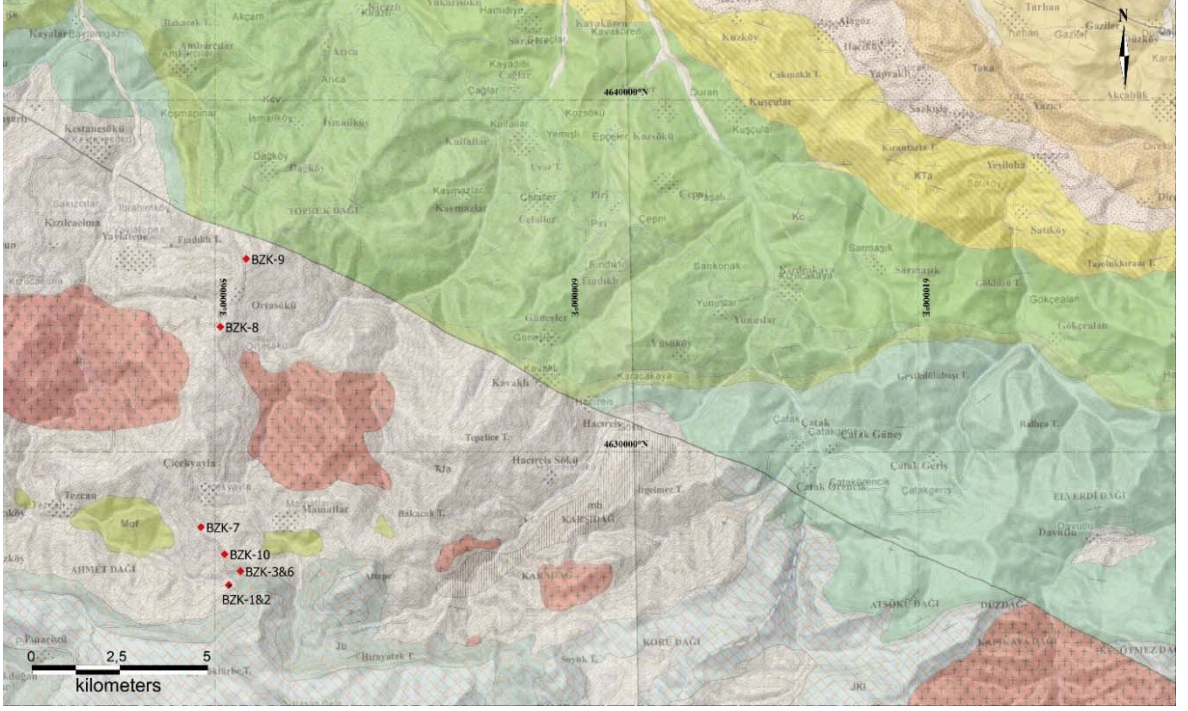
Çeşnigir Köyü civarındaki Akgöl Formasyonu mostrası 534 m kottan başlayarak 730 m kot yüksekliğine kadar yaklaşık 200 m orman yolundan takip edilen kumtaşı – şeyl ardalanması şeklinde ve genellikle örtülüdür. Kumtaşları sarımsı – kahverengimsi, iyi pekişmiş, şeyller kahverengimsi, koyu gri, siyah ve iyi dilimlidir. Kocakaya Köyü'ndeki mostradan farklı olarak metamorfizma etkisi burada daha az görülmektedir. Yol boyunca çoğunlukla örtülü olan birimden farklı kotlarda 3 adet şeyl örneği alınmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Çeşnigir Köyü'nde Akgöl Formasyonu'ndan alınan şeyl örnekleri (a: CSN-1; b: CSN-3; c: CSN-2 İstif).

Çeşnigir Köyü örneklerinin tamamlanmasının ardından Kastamonu'nun Bozkurt İlçesi'nde çalışılması planlanan, Triyas – Liyas yaşlı Akgöl, Orta Jura yaşlı Bürnük ve Geç Jura yaşlı İnaltı Formasyonu diziliminin görülebildiği çalışma lokasyonundaki örnekler için Bozkurt'a geçilmiştir.

Yaklaşık 1090 m kottan başlayarak en yüksek yerinde 1450 metreye ulaşan ve Abana – Devrekani yolu üzerinde yaklaşık 15 km takip edilen Akgöl Formasyonu kumtaşı – şeyl ardalanması şeklindedir. Kumtaşları sarımsı – kahverengi, siyahımsı, yer yer koyu gri renkli, iyi pekişmiş, yer yer masif görünümlü ve iyi tabakalanmalıdır. Şeyller ise çoğunlukla siyah, yer yer koyu gri ve iyi dilimlidir. Bozkurt istifinde Kocakaya Köyü'nde görüldüğü şekilde bir metamorfizma etkisi görülmemiştir. Bozkurt lokasyonunda 6 farklı noktadan toplam 10 şeyl örneği alınmıştır (Şekil 3.18 - Şekil 3.21).



Şekil 3.18. 2. Bozkurt güneyinde gidilen noktaların kabartma haritası üzerine bindirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi

İlk örnek olan BZK-1 ve BZK-2 örnekleri, Akgöl Formasyonu'nun Orta Jura yaşlı Bürnük Formasyonu kantağına en yakın olduğu yerlerden alınmıştır (Şekil 3.19) ve teorik olarak, Triyas – Liyas olarak yaşlandırılan Akgöl Formasyonu'nun Geç Liyas'taki katı olan Torsiyen'e ve dolayısı ile T-OAE'ye bu çalışma içerisinde en yakın olabileceğimiz örnekler olduğu düşünülerek alınmıştır.



Şekil 3.19. BZK-1 ve BZK-2 örneklerinin alındığı Akgöl - Bürnük Formasyonları kantağı

Akgöl Formasyonu'nda ölçülen doğrultu ve eğim K80B/32KD, Bürnük Formasyonu'nda ölçülen doğrultu ve eğim K20D/KB26 şeklindedir. Dolayısı ile Bürnük Formasyonu Akgöl Formasyonu üzerine tektonikle uyumsuz olarak gelmiştir.



Şekil 3.20. BZK-3 - BZK-6 örneklerinin alındığı mostra (a: BZK-5; b: BZK-6; c: BZK-3 – BZK-6 arasındaki örneklerin alındığı istif).

BZK-1 ve BZK-2 örneklerinden sonra şeyl yüzdesinin kumtaşına göre yaklaşık %65 / %35 oranında yüksek olduğu görülen bir istiftten 4 adet şeyl örneği alınmıştır. BZK-1 ve BZK-2 örneklerinin alındığı ilk örnek noktasında 30 derece civarında ölçülen eğim sadece 500 m kuzeydoğusunda bulunan bu noktada 81 derece ölçülmüştür. Neredeyse dik konumda olan bu tabaka eğiminin sebebinin tektonik olabileceği değerlendirilmiştir.



Şekil 3.21. BZK-7 - BZK-10 örnekleri (a: BZK-7; b: BZK-8; c: BZK-9; d: BZK-10; e: BZK-10 istif).

Abana – Devrakani yolu üzerinde 4 farklı noktadan daha BZK-7, BZK-8, BZK-9 ve BZK-10 siyah şeyl örnekleri alınmıştır.



### 3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları, sahada toplanan örneklerden tez çalışmasının amacı kapsamında gerekli değerlerin araştırılması amacı ile yapılan örnek ayırma, örnek hazırlama ve analiz işlemlerini kapsar.

Bu tez çalışmasında, örneklerin; mineral içerikleri ve yüzdelerinin belirlenmesi amacıyla tüm kayaç XRD analizleri; içerdiği kil mineralleri, kil minerallerinin bulunma yüzdeleri, olgunlaşma ve paleo - sıcaklıklarının tayini amacıyla illit kristalinitesi, keskinlik oranı ve klorit kristalinitesi hesaplamaları için kil mineralojisine yönelik XRD kil fraksiyonu analizleri; hidrokarbon potansiyeline yönelik toplam organik karbon (TOC) içeriği, organik maddenin tipi, ve olgunlaşma seviyesinin tespiti için Rock – Eval Piroliz ve Toplam Karbon - Sülfür Piroliz analizleri; organik madde içeriğinin tayini için organik petrografi analizleri olmak üzere 5 farklı analiz yöntemi ile toplam 199 adet analiz gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analizler, nerede gerçekleştirildikleri ve gerçekleştirilme adetleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Gerçekleştirilen analizler, gerçekleştirildikleri yerler ve örnek sayıları

<b>Analiz Türü</b>	<b>Örnek Hazırlama</b>	<b>Analizin Yapıldığı Kurum</b>	<b>Analizi Gerçekleştirilen Toplam Örnek Sayısı (1. Saha) + (2. Saha)</b>
<b>XRD – Tüm Kayaç</b>	Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü	Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü	(62) + (25) = 87
<b>XRD – Kil</b>	Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü	Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü	(19) + (8) = 27
<b>Organik Jeokimya Rock – Eval Piroliz</b>	Türkiye Petrolleri AR-GE Laboratuvarı	Türkiye Petrolleri AR-GE Laboratuvarı	(30) + (20) = 50
<b>Organik Jeokimya Toplam Karbon – Sülfür Piroliz</b>	Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü	Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü	(10) + (13) = 23
<b>Organik Petrografi</b>	Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü	Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü	(2) + (1) = 3

Çizelge 3-4’de bahsedilen tüm analizler ve sonuçları takip eden bölümlerde ana başlıklar halinde ayrı ayrı verilecektir.

## 4. MİNERALOGİK ANALİZLER

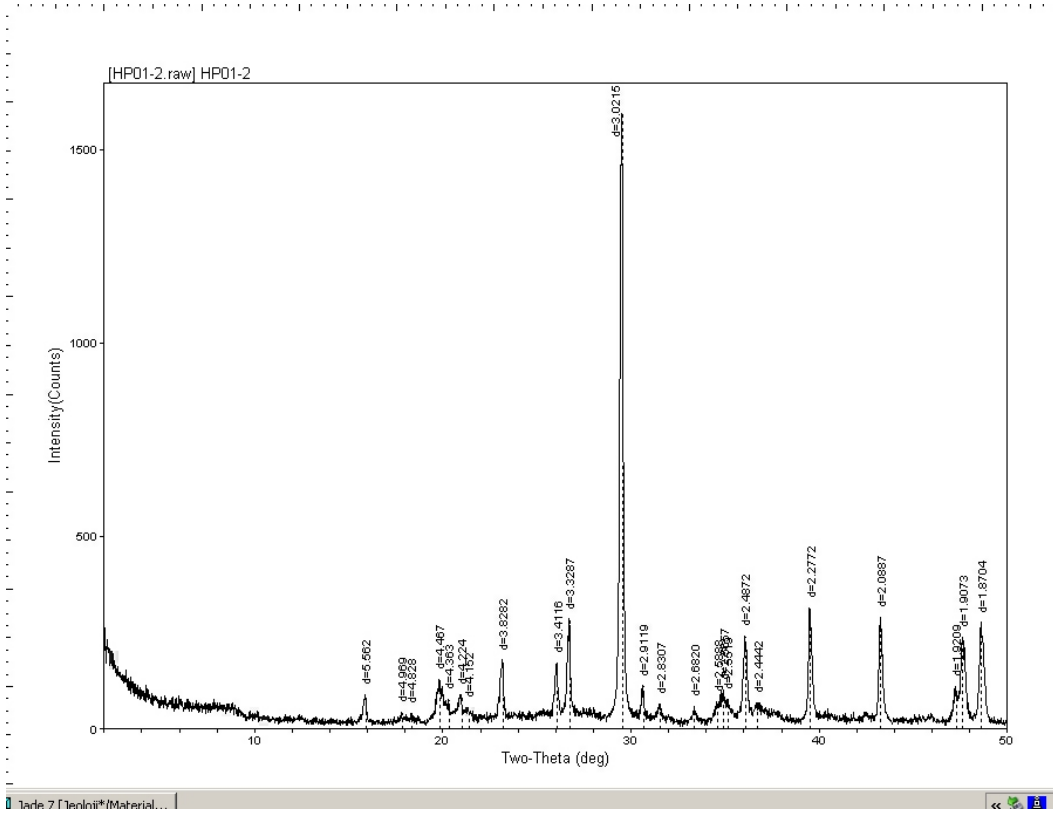
Mineralojik analizler kapsamında iki farklı analiz uygulanmıştır. İlk olarak saha çalışmalarında alınan örneklerin mineral içeriklerinin, minerallerin yarı kantitatif olarak yüzdesel dağılımlarının ve toplam kil içeriklerinin belirlenmesi amacıyla tüm kayaç XRD analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin ardından örnekler arasında toplam kil minerali yüzdesi yüksek olan örneklerde (>%30), içerdikleri kil minerallerinin ve saptanan bu kil minerallerinin bulunma oranlarının tayini amacı ile XRD kil fraksiyon analizi gerçekleştirilmiştir. XRD kil fraksiyon analizi ile aynı zamanda kayaç içerisindeki illit kristalinite, keskinlik oranı ve klorit kristalinitesi de belirlenerek bu değerlerle organik olgunlaşma ve paleo – sıcaklıklara ulaşılması amaçlanmıştır.

### 4.1. Tüm Kayaç XRD Analizleri

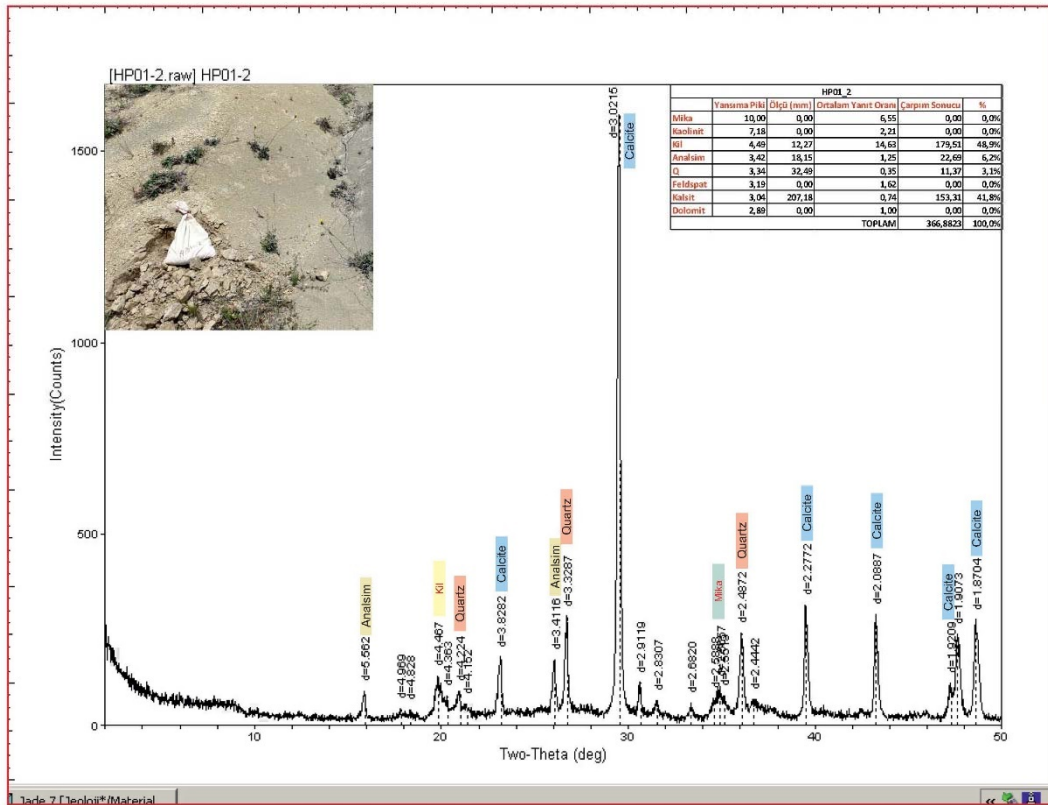
XRD tüm kayaç difraktogram çekimleri için örnekler öncelikle H.Ü. Jeoloji Mühendisliği bölümü örnek hazırlama laboratuvarında bulunan halkalı öğütücüde 250 µm'den daha küçük boyutlara öğütülmüş, daha sonra H.Ü. Jeoloji Mühendisliği bölümü XRD Laboratuvarı'nda bulunan Rigaku marka DMAX 2200 PC marka cihazla çekimler gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen çekimlerde CuKα tüp, 40 kV, 40 mA akım ve 0 – 50° 2θ aralığı konfigürasyonu kullanılmıştır.

Gerçekleştirilen çekimlerden elde edilen HP6-1 örneğine ait ham difraktogram örnek olarak Şekil 4.1'de, aynı örneğe ait (ASTM, 1972) kartlarındaki her bir mineralin karakteristik pik şiddetlerine göre gerçekleştirilmiş mineral tanımlamaları ile birlikte çözümlenmiş hali Şekil 4.2'de verilmiştir.

İlk arazi çalışmasında Himmetpaşa Formasyonu'nda HP01 ve HP2A serilerinde alınan 14 örneğin 12 adedinde analsim mineraline rastlanmış, bu serilerin dışında kalan hiçbir örnekte analsim mineraline rastlanılmamıştır. Bu sonuçlar “3.2.1. Haziran 2021 arazi çalışması” başlığı altında bahsedilen ve Şekil 3.3'de karşılaştırmalı olarak harita üzerinde verilen Himmetpaşa Formasyonu'nun farklı haritalandığı bölgelerden alındığı ve diğer tüm Himmetpaşa Formasyonu değerlerinden ayrıştığı için bu örneklerin alındığı formasyonun Tüysüz (2022)'de haritalandığı gibi Himmetpaşa Formasyonu olmadığı, Gedik ve Aksay (2002)'de haritalandığı şekli ile Çakrazboz Formasyonu olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 4.1. HP01-2 örneğine ait XRD tüm kayaç analizi çekimi ham çıktısı



Şekil 4.2. HP01-2 örneğine ait mineral ayrıştırması yapılmış XRD tüm kayaç analizi çekimi çıktısı

Analsim mineralinin saptandığı HP01 ve HP2A serilerinde saptanan mineraller ve bu minerallerin bulunma oranları Çizelge 4.1’de, diğer örneklerdeki mineraller ve bulunma oranları Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Eyüboğlu (2010) yüksek potasyum içeren volkaniklerin Geç Kretase içerisinde 2 döngüde üretildiğini ve Maastrihtiyen’de gerçekleşen ikinci döngünün de analsim içeren volkanik kayalarla temsil edildiğini söylemiştir. Bölgede analsimin taşınabileceği, içerisinde granitik ve metamorfik kaya çakılları bulunan Permo – Triyas yaşlı Çakraz Formasyonu, Santoniyen – Kampaniyen yaşlı, tuf – tüfit ara katkıları içeren Kapanboğazı formasyonu ve Geç Kretase yaşlı volkano sedimanterler içeren Yemişliçay Formasyonu bulunsa da örneklerin alındığı Çakrazboz Formasyonu’nun Çakraz Formasyonu ile tedrici geçişli olmasından dolayı HP01 ve HP2A serilerindeki analsimin kaynağı Çakrazboz Formasyonu olmalıdır.

Çizelge 4.1. Çakrazboz Formasyonun’dan alınan HP01 ve HP2A serisindeki örneklerde saptanan mineraller ve bulunma yüzdeleri

Örnek	Mika	Kaolinit	Kil	Analsim	Kuvars	Feldspat	Kalsit	Dolomit
HP01-1	4,3%	---	58,9%	---	3,3%	---	33,5%	---
HP01-2	---	---	48,9%	6,2%	3,1%	---	41,8%	---
HP01-3	6,6%	---	56,6%	---	3,9%	---	33,0%	---
HP01-4	7,8%	---	51,0%	3,2%	3,0%	1,6%	33,4%	---
HP01-5	5,6%	---	44,1%	8,9%	3,3%	---	38,0%	---
HP2A-1	4,9%	---	39,2%	6,8%	9,8%	2,3%	20,8%	16,2%
HP2A-2	6,9%	2,1%	24,9%	18,2%	9,0%	2,6%	20,9%	15,4%
HP2A-3	5,6%	1,2%	33,6%	17,3%	7,7%	1,8%	26,0%	6,9%
HP2A-4	4,4%	1,2%	53,8%	7,7%	5,2%	1,3%	17,5%	8,9%
HP2A-5	5,9%	2,7%	30,8%	20,0%	6,9%	1,9%	20,9%	10,8%
HP2A-6	5,9%	2,7%	30,8%	20,0%	6,9%	1,9%	20,9%	10,8%
HP2A-7	4,8%	0,9%	43,0%	9,7%	4,7%	2,3%	26,8%	7,8%
HP2A-8	5,8%	1,5%	47,8%	6,8%	5,1%	2,1%	18,5%	12,5%
HP2A-9	6,5%	1,1%	26,2%	23,8%	6,1%	1,5%	19,2%	15,6%

Çizelge 4.2. XRD Tüm Kayaç Analizinde saptanan mineraller ve bulunma yüzdeleri

Örnek	Formasyon	Mika	Kaolinit	Kil	Kuvars	Feldspat	Kalsit	Dolomit
HP6-1	Himmetpaşa	6,1%	4,0%	31,6%	58,3%	---	---	---
HP6-2	Himmetpaşa	12,9%	9,5%	52,4%	22,6%	2,6%	---	---
HP7-1	Himmetpaşa	6,6%	7,5%	59,3%	25,0%	1,5%	---	---
HP7-2	Himmetpaşa	5,9%	7,7%	41,9%	38,8%	5,7%	---	---
HP7-3	Himmetpaşa	11,7%	8,8%	39,5%	38,1%	1,8%	---	---
HP7-4	Himmetpaşa	8,6%	5,3%	26,0%	57,7%	2,4%	---	---
HP7-5	Himmetpaşa	9,3%	8,8%	41,4%	40,4%	---	---	---
HP7-6	Himmetpaşa	10,1%	5,6%	55,2%	27,9%	1,2%	---	---
HP7-7	Himmetpaşa	14,1%	5,8%	52,8%	24,0%	3,4%	---	---
HP8	Himmetpaşa	11,0%	8,2%	61,1%	17,2%	2,5%	---	---
JK4-1	Akgöl	11,3%	5,4%	29,9%	32,6%	14,8%	6,1%	---
JK4-2	Akgöl	12,7%	3,6%	26,8%	31,6%	18,2%	7,1%	---
JK4-3	Akgöl	9,3%	4,2%	26,4%	26,4%	27,3%	6,4%	---
JK4-4	Akgöl	12,1%	2,8%	33,1%	34,2%	12,6%	5,3%	---
JK8A-1	Akgöl	5,5%	1,2%	43,1%	40,8%	---	9,4%	---
JK18-1	Akgöl	---	---	---	6,2%	---	89,8%	4,0%
JK18-2	Akgöl	15,5%	8,3%	38,4%	32,4%	3,1%	---	2,3%
JK18-3	Akgöl	---	---	---	---	---	94,6%	5,4%
JK18-4	Akgöl	17,2%	7,6%	36,8%	26,6%	11,8%	---	---
JK18-5	Akgöl	13,9%	6,6%	48,6%	23,9%	2,5%	---	4,6%
JK19-1	Akgöl	24,4%	15,8%	31,8%	16,0%	9,2%	2,7%	---
JK19-2	Akgöl	29,2%	17,3%	39,4%	14,1%	---	---	---
TJ3-1	Akgöl	37,6%	2,4%	38,6%	19,8%	1,6%	---	---
TJ3-2	Akgöl	33,1%	1,2%	43,4%	20,6%	1,7%	---	---
TJ3-3	Akgöl	38,2%	4,3%	33,8%	21,2%	2,4%	---	---
TJ3-4	Akgöl	35,6%	3,4%	34,6%	24,2%	2,2%	---	---
TJ3-5	Akgöl	30,4%	7,7%	38,7%	21,5%	1,7%	---	---
TJ5-2	Akgöl	17,5%	4,1%	50,8%	23,4%	4,1%	---	---
TJ5-3	Akgöl	17,2%	8,3%	50,4%	18,7%	5,3%	---	---
TJ9-1	Akgöl	18,4%	5,3%	25,0%	15,0%	1,7%	19,5%	14,9%
TJ12-1	Akgöl	10,8%	---	29,2%	5,2%	1,7%	53,0%	---
TL3A-1	Akgöl	29,9%	5,0%	40,6%	22,1%	2,3%	---	---
TL3A-2	Akgöl	25,6%	15,2%	38,9%	18,6%	1,8%	---	---

Çizelge 4.2. XRD Tüm Kayaç Analizinde saptanan mineraller ve bulunma yüzdeleri (devamı)

Örnek	Formasyon	Mika	Kaolinit	Kil	Kuars	Feldspat	Kalsit	Dolomit
TL3A-3	Akgöl	24,6%	11,8%	42,9%	18,8%	1,8%	---	---
TL3A-4	Akgöl	19,3%	3,9%	51,3%	17,2%	8,3%	---	---
XTJ1-1	Akgöl	47,5%	30,1%	9,4%	9,3%	3,7%	---	---
XTJ1-2	Akgöl	36,8%	23,8%	16,4%	15,3%	7,6%	---	---
BZK-1	Akgöl	18,4%	3,0%	51,1%	20,1%	3,8%	3,6%	---
BZK-2	Akgöl	19,4%	11,7%	42,4%	19,2%	3,6%	3,8%	---
BZK-3	Akgöl	25,5%	20,2%	41,8%	9,7%	2,8%	---	---
BZK-4	Akgöl	18,3%	14,8%	49,0%	15,0%	2,9%	---	---
BZK-5	Akgöl	17,2%	17,1%	43,3%	16,0%	4,7%	---	1,7%
BZK-6	Akgöl	15,6%	14,4%	48,8%	17,1%	4,0%	---	---
BZK-7	Akgöl	17,3%	10,1%	53,3%	13,7%	5,5%	---	---
BZK-8	Akgöl	10,6%	3,4%	63,2%	17,3%	5,5%	---	---
BZK-9	Akgöl	---	---	48,5%	46,9%	---	4,6%	---
BZK-10	Akgöl	15,4%	19,6%	42,9%	17,1%	5,1%	---	---
KCY-1	Akgöl	48,5%	14,4%	18,7%	10,5%	8,0%	---	---
KCY-2	Akgöl	46,2%	1,8%	21,9%	22,4%	7,6%	---	---
KCY-3	Akgöl	48,2%	13,2%	24,5%	10,6%	3,6%	---	---
KCY-4	Akgöl	44,0%	10,5%	28,4%	11,4%	5,6%	---	---
CSN-1	Akgöl	8,0%	1,8%	54,8%	28,9%	2,4%	4,1%	---
CSN-2	Akgöl	19,7%	8,8%	41,6%	20,6%	7,6%	1,7%	---
CSN-3	Akgöl	12,2%	10,2%	59,4%	12,6%	5,7%	---	---
JK5-1	Çağlayan	18,3%	6,1%	50,0%	22,6%	3,0%	---	---
JK5-2	Çağlayan	13,4%	2,9%	32,6%	29,0%	14,2%	7,9%	---
JK5-4	Çağlayan	12,4%	1,7%	23,3%	35,8%	17,4%	9,3%	---
JK5-5	Çağlayan	9,7%	4,1%	33,4%	31,3%	13,9%	7,7%	---
JK11-1	Çağlayan	8,7%	14,6%	55,6%	16,7%	3,3%	---	1,1%
JK13-1	Çağlayan	14,2%	10,1%	39,5%	28,1%	7,5%	0,6%	---
JK14-1	Çağlayan	8,6%	1,9%	43,5%	39,5%	4,0%	2,5%	---
JK15-1	Çağlayan	12,0%	4,5%	25,2%	39,8%	18,5%	---	---
KR1-1	Cankurtaran	20,1%	10,4%	34,0%	7,4%	10,5%	17,5%	---
KR1-2	Cankurtaran	7,5%	5,7%	48,2%	5,0%	10,6%	23,0%	---
KR1-3	Cankurtaran	19,5%	12,7%	28,0%	8,8%	13,5%	17,5%	---

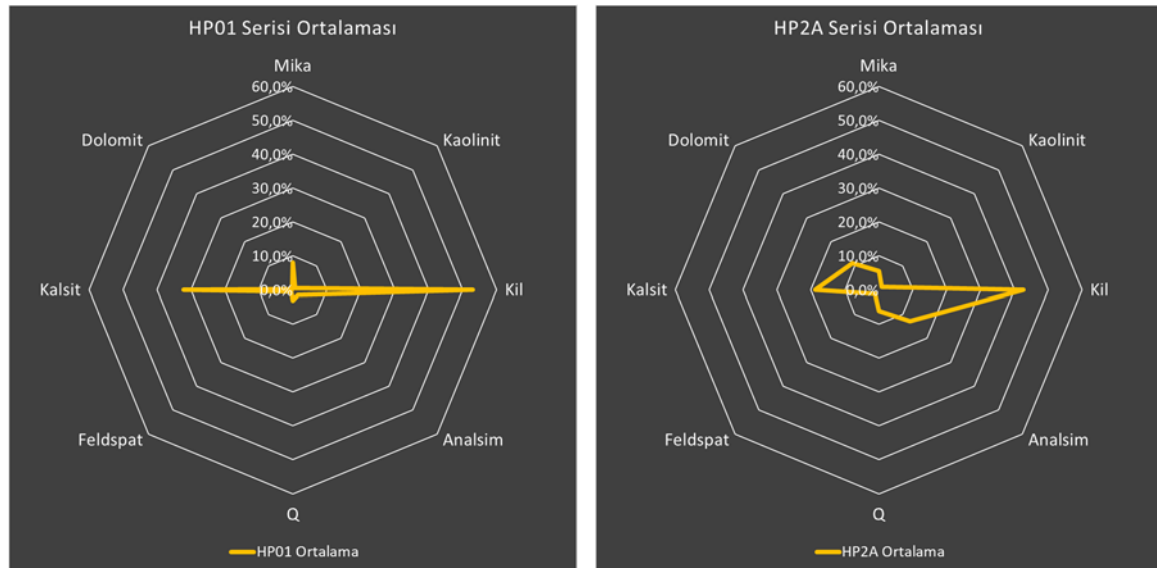
Çizelge 4.2. XRD Tüm Kayaç Analizinde saptanan mineraller ve bulunma yüzdeleri (devamı)

Örnek	Formasyon	Mika	Kaolinit	Kil	Kuvars	Feldspat	Kalsit	Dolomit
KR1-4	Cankurtaran	18,4%	7,5%	34,5%	7,7%	8,0%	23,7%	---
KR1-5	Cankurtaran	12,0%	6,7%	50,1%	4,4%	9,9%	17,0%	---
KR1-6	Cankurtaran	14,0%	3,0%	47,5%	6,1%	8,3%	21,1%	---
KR1-7	Cankurtaran	16,7%	2,7%	27,8%	9,4%	6,1%	37,4%	---
KR1-8	Cankurtaran	16,4%	5,7%	34,4%	8,1%	8,1%	27,3%	---
KR1-9	Cankurtaran	11,3%	7,2%	40,8%	5,2%	8,9%	26,6%	---
KR1-10	Cankurtaran	12,2%	2,3%	40,9%	9,3%	6,1%	29,1%	---
KR1-11	Cankurtaran	9,1%	8,1%	44,2%	4,8%	7,5%	26,3%	---

Gerçekleştirilen mineral ayrıştırmalarından sonra her bir örnek serisinin ortalamaları hesaplanmış, formasyonlardaki minerallerin bulunma oranlarının yanal değişimleri çalışılmıştır.

#### 4.1.1. Çakrazboz Formasyonu'nda Bulunan Minerallerin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri

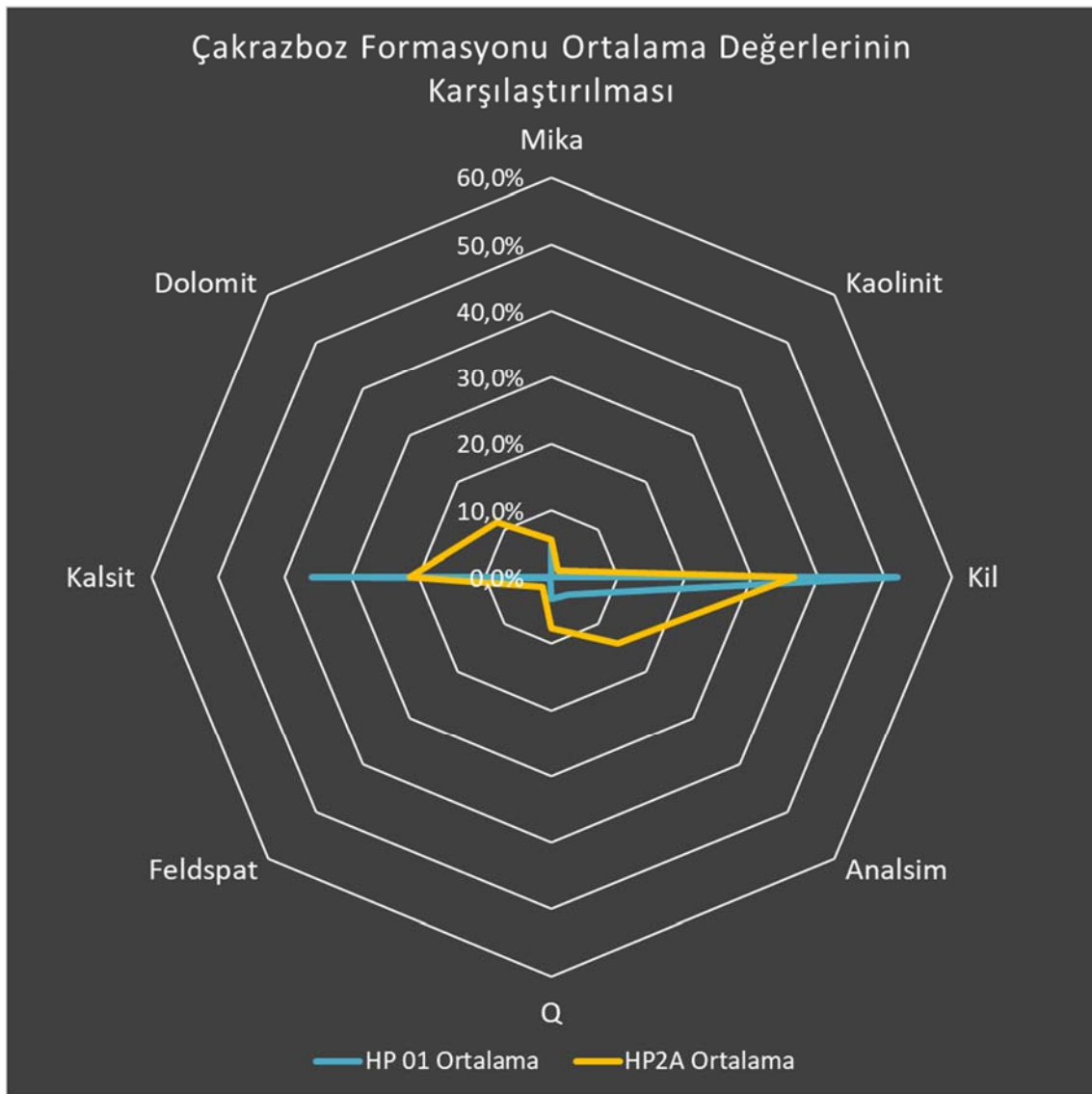
Farklı noktalardan alınan Çakrazboz örneklerinde ve örnek serilerinde bulunan minerallerin bulunma oranları Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Çakrazboz Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları

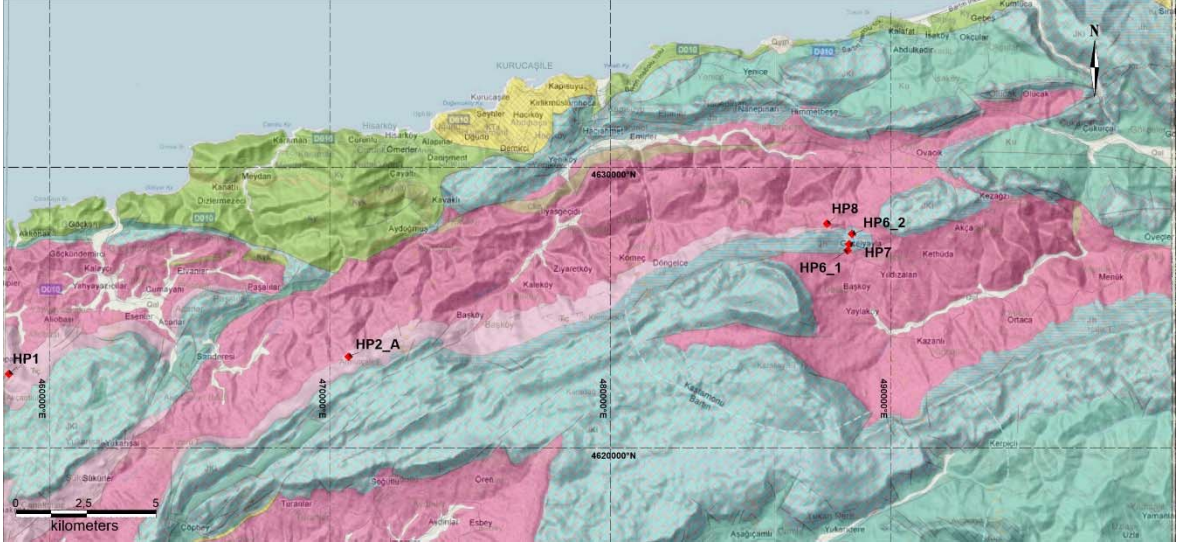
Ortalama değerlere göre bir karşılaştırma yapıldığında Çakrazboz Formasyonu'ndan alınan örneklerden doğu tarafında kalan HP2A serisi temelde ortalama %11,7 olan dolomit içeriği ile hiç dolomit barındırmayan HP01 serisinden ayrılmaktadır. Ayrıca HP2A serisinde ortalama %13,3 oranında analsim saptanmış iken aynı değer HP01 serisinde %3,7 olarak tespit edilmiştir.

Çakrazboz Formasyonu'ndan alınan örnek serilerinin ortalama değerlerinin karşılaştırma grafiği Şekil 4.4'de, Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örnekler ile bir arada gösterildiği Jeoloji haritası üzerindeki konumları da Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Çakrazboz Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinin ortalamalarının karşılaştırmalı grafiği





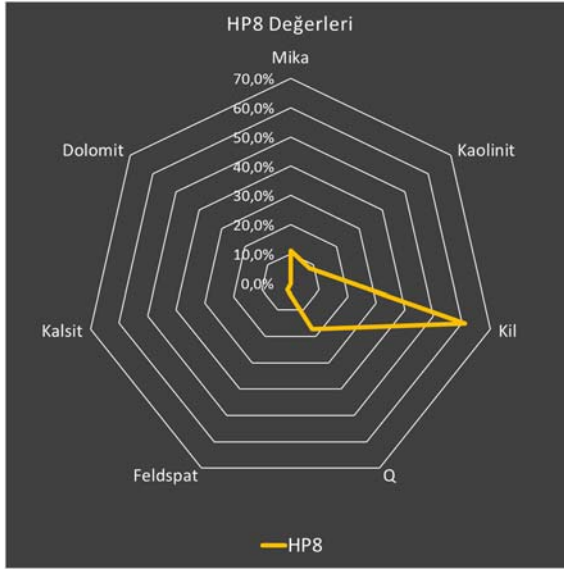
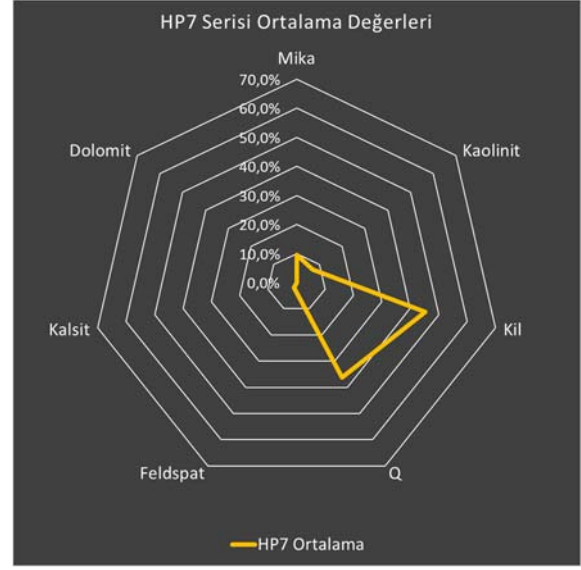
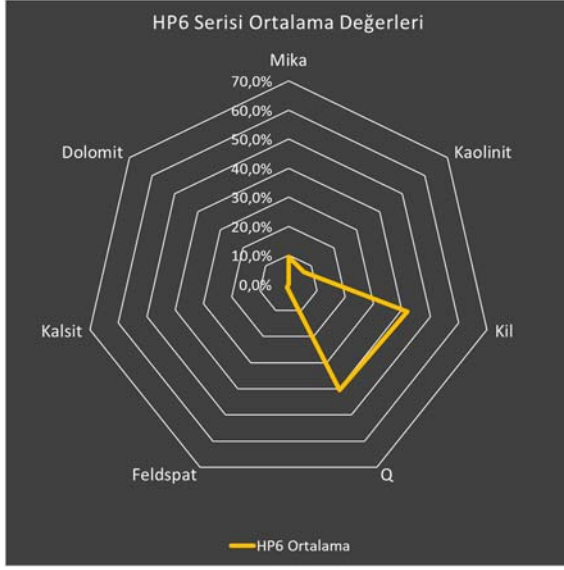
Şekil 4.5. Çakrazboz ve Himmetpaşa Formasyonlarından alınan ve XRD Tüm Kayaç analizi karşılaştırmaları yapılan örnek konularının kabartma harita üzerine giydirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi. HP1 ve HP2A ile işaretlenmiş olan noktalar Çakrazboz, HP6, HP7 ve HP8 ile işaretlenmiş noktalar Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örnek konularını göstermektedir.

#### 4.1.2. Himmetpaşa Formasyonu'nda Bulunan Minerallerin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri

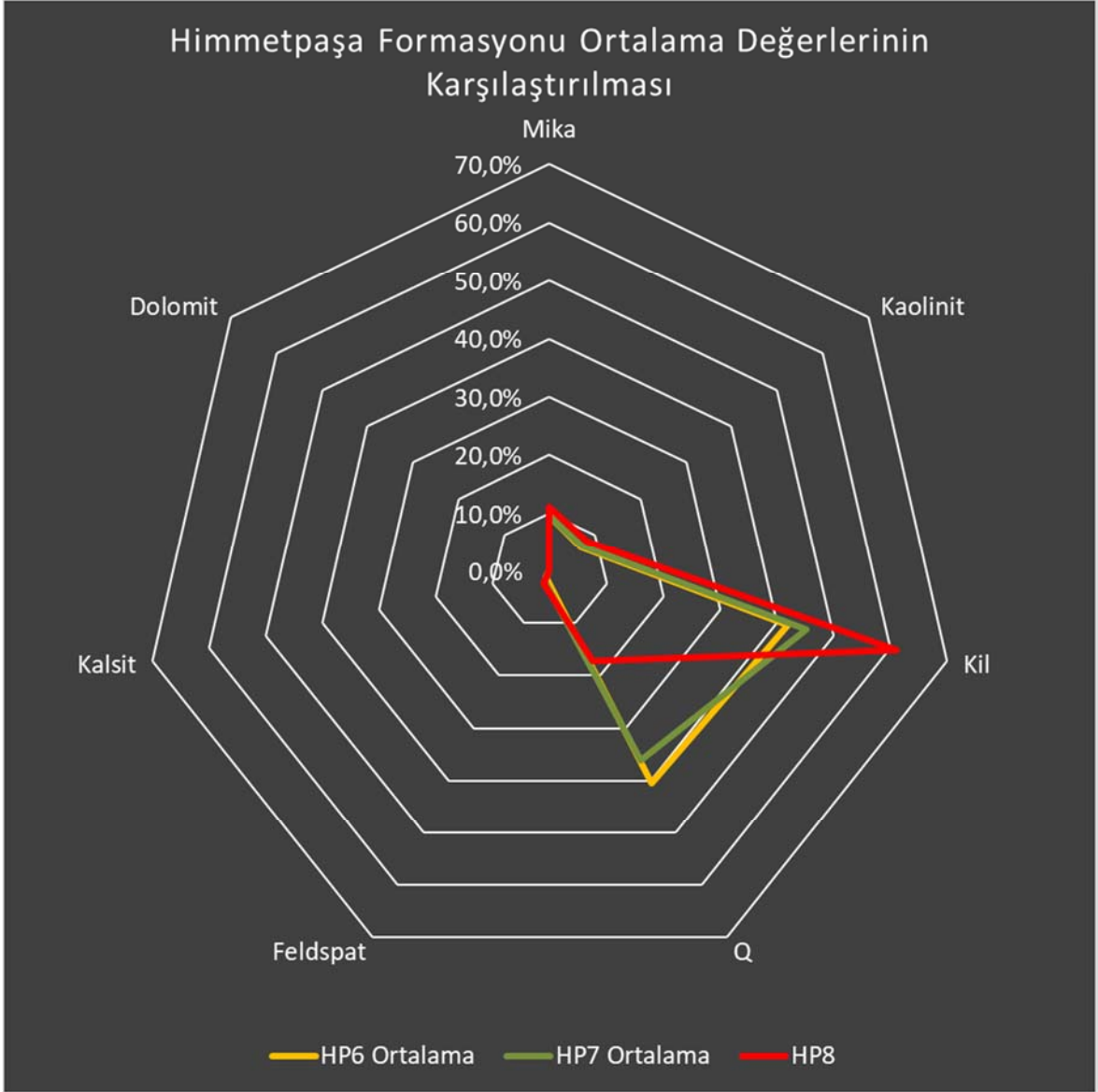
Farklı noktalardan alınan Himmetpaşa örneklerinde ve örnek serilerinde bulunan minerallerin bulunma oranları Şekil 4.6'da verilmiştir.

Grafiklerden de anlaşılacağı üzere Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örneklerde kil ve kuvars içeriği baskın görünmekte, bu minerallere %9,7 ortalama değeri ile mika mineralleri eşlik etmektedir. Birbirlerine çok yakın konumlarda bulunan HP6 ve HP7 örnek serilerinin ortalama değerleri neredeyse aynı iken yaklaşık 1 km kuzeybatıda bulunan HP8 örneği daha yüksek kil ve daha düşük kuvars içeriği ile diğer serilerden ayrılmıştır.

Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinin karşılaştırmalı grafiği Şekil 4.7'de Çakrazboz Formasyonu'ndan alınan örnekler ile bir arada gösterildiği Jeoloji haritası üzerindeki konuları da Şekil 4.5'de verilmiştir.



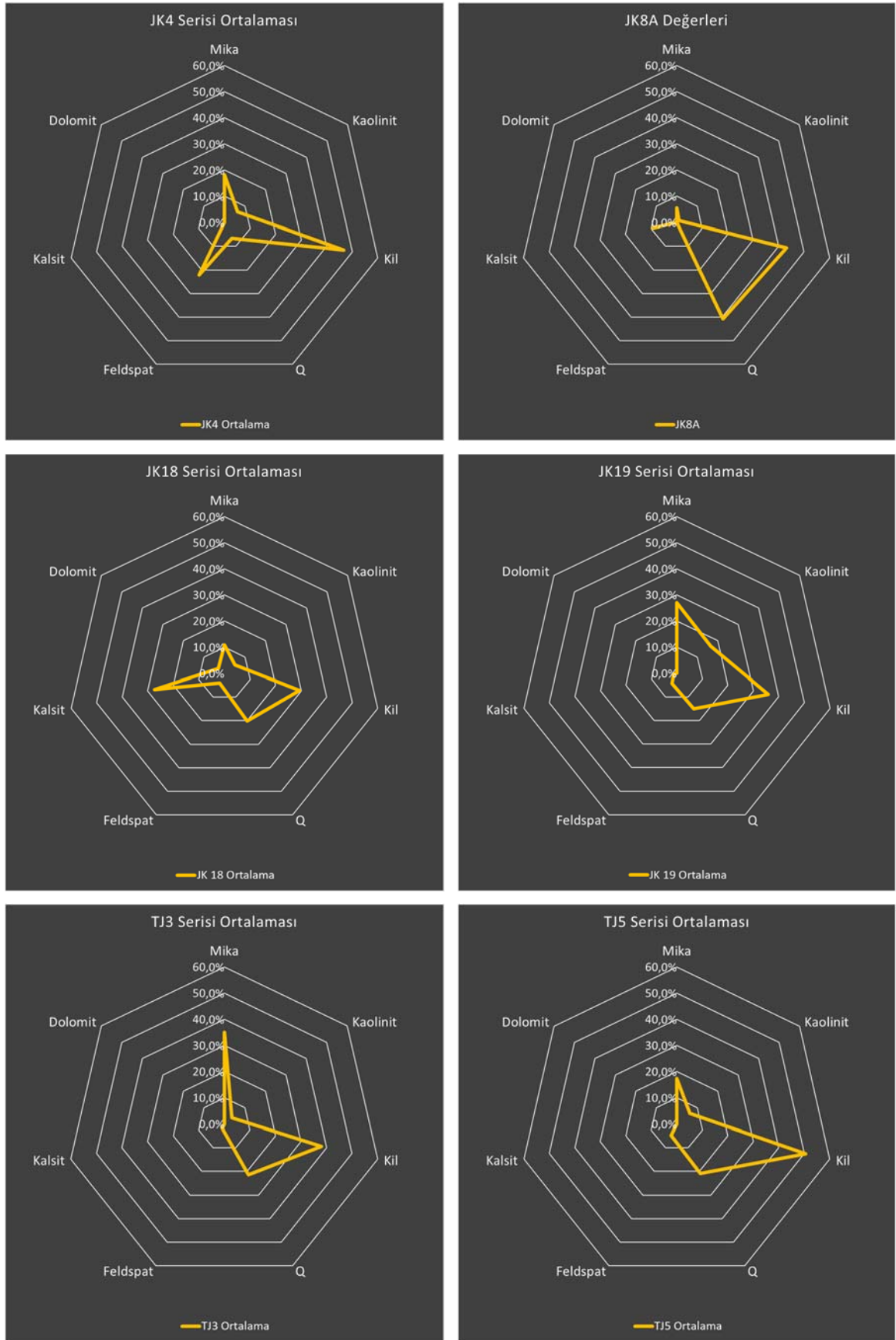
Şekil 4.6. Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları



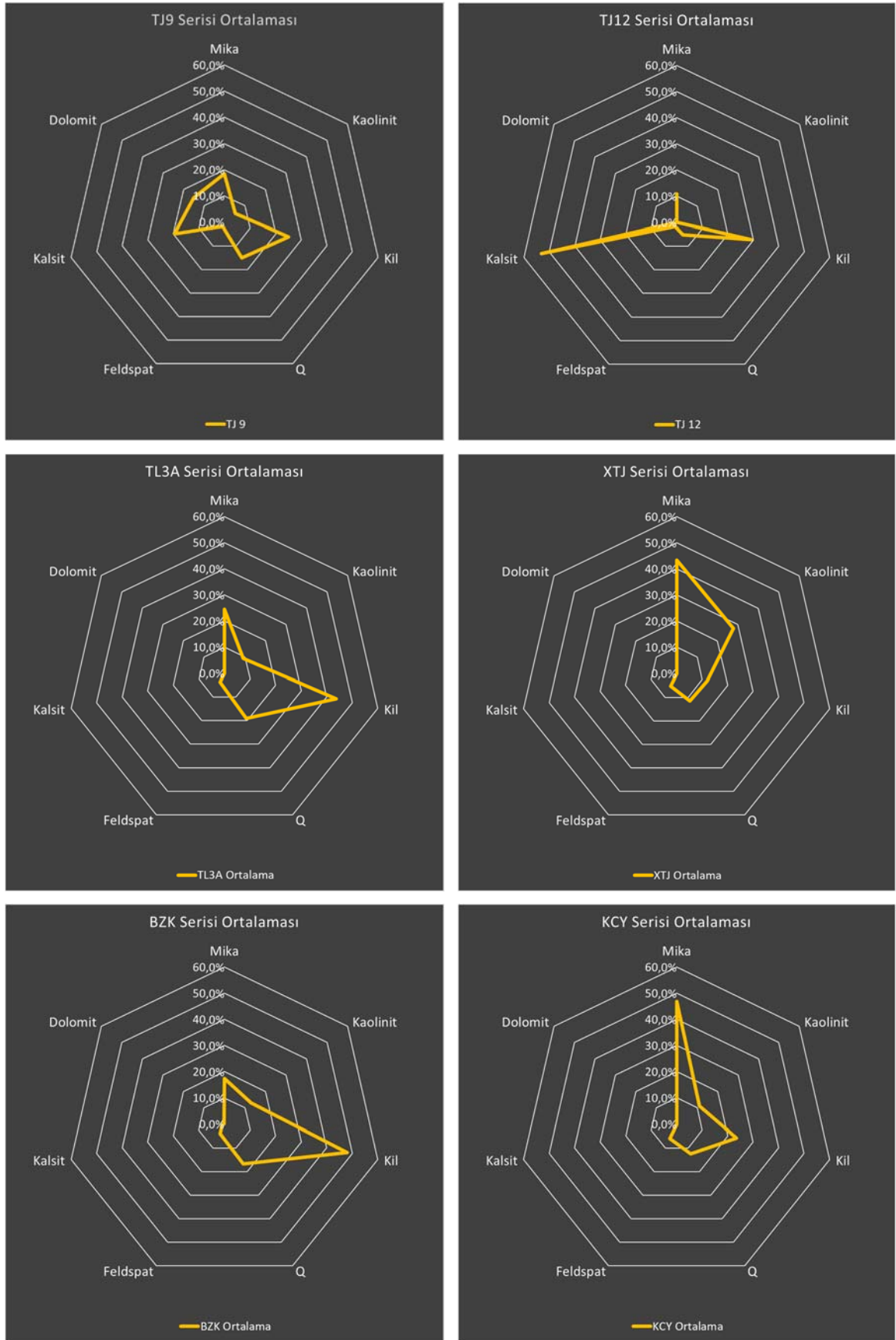
Şekil 4.7. Himmetpaşa Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinin karşılaştırmalı grafiği

#### 4.1.3. Akgöl Formasyonu'nda Bulunan Minerallerin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri

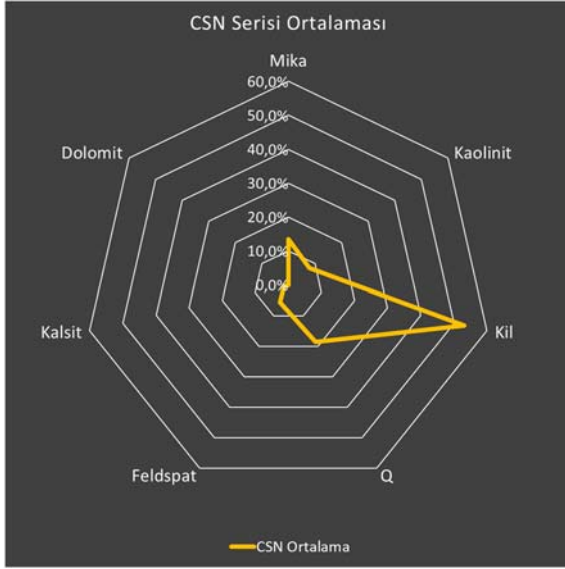
Farklı noktalardan alınan Akgöl örneklerinde ve örnek serilerinde bulunan minerallerin bulunma oranları Şekil 4.8'de radar grafikleri ile verilmiştir.



Şekil 4.8. Akgöl Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları

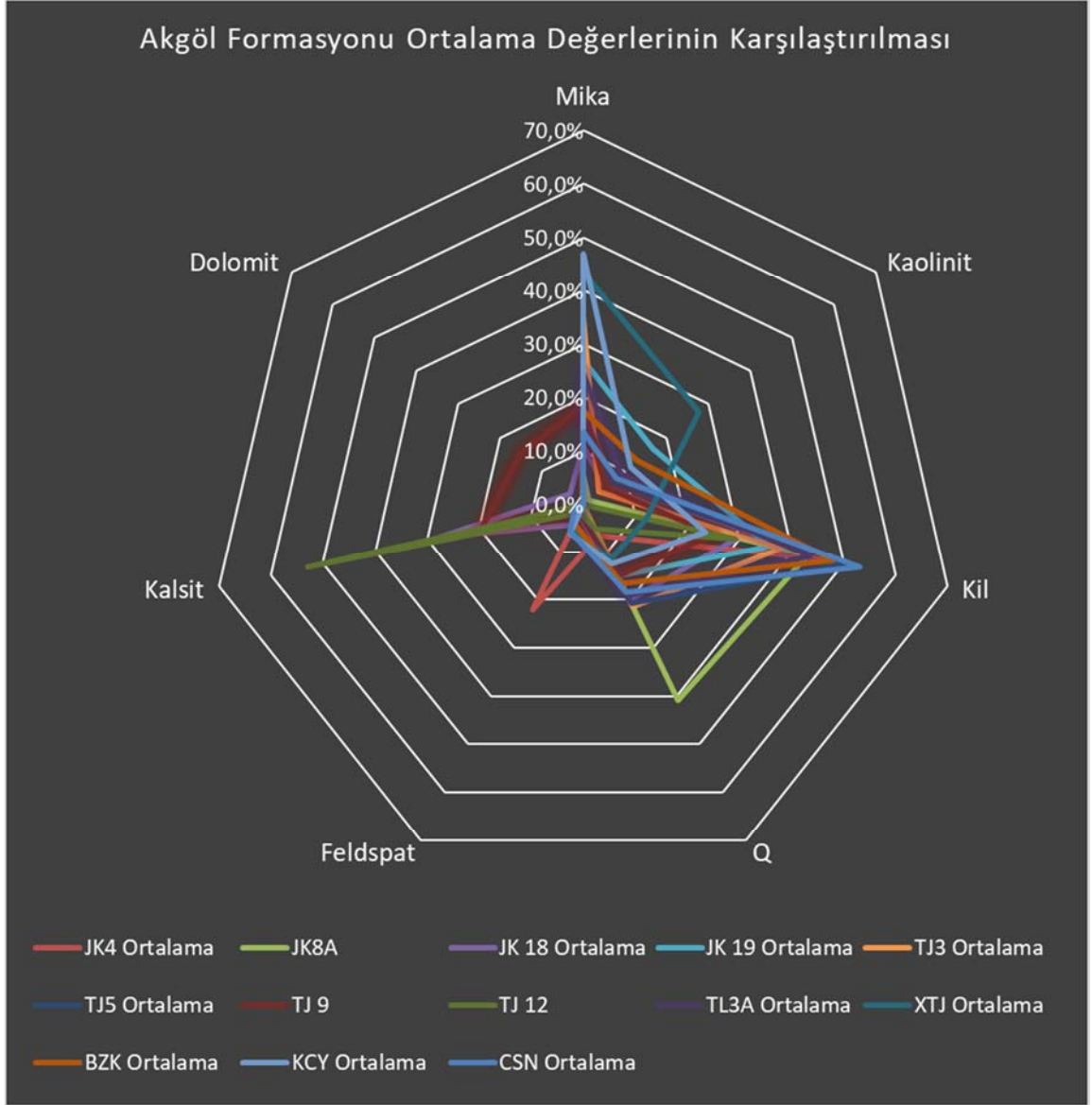


Şekil 4.8. Akgöl Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları (devamı)

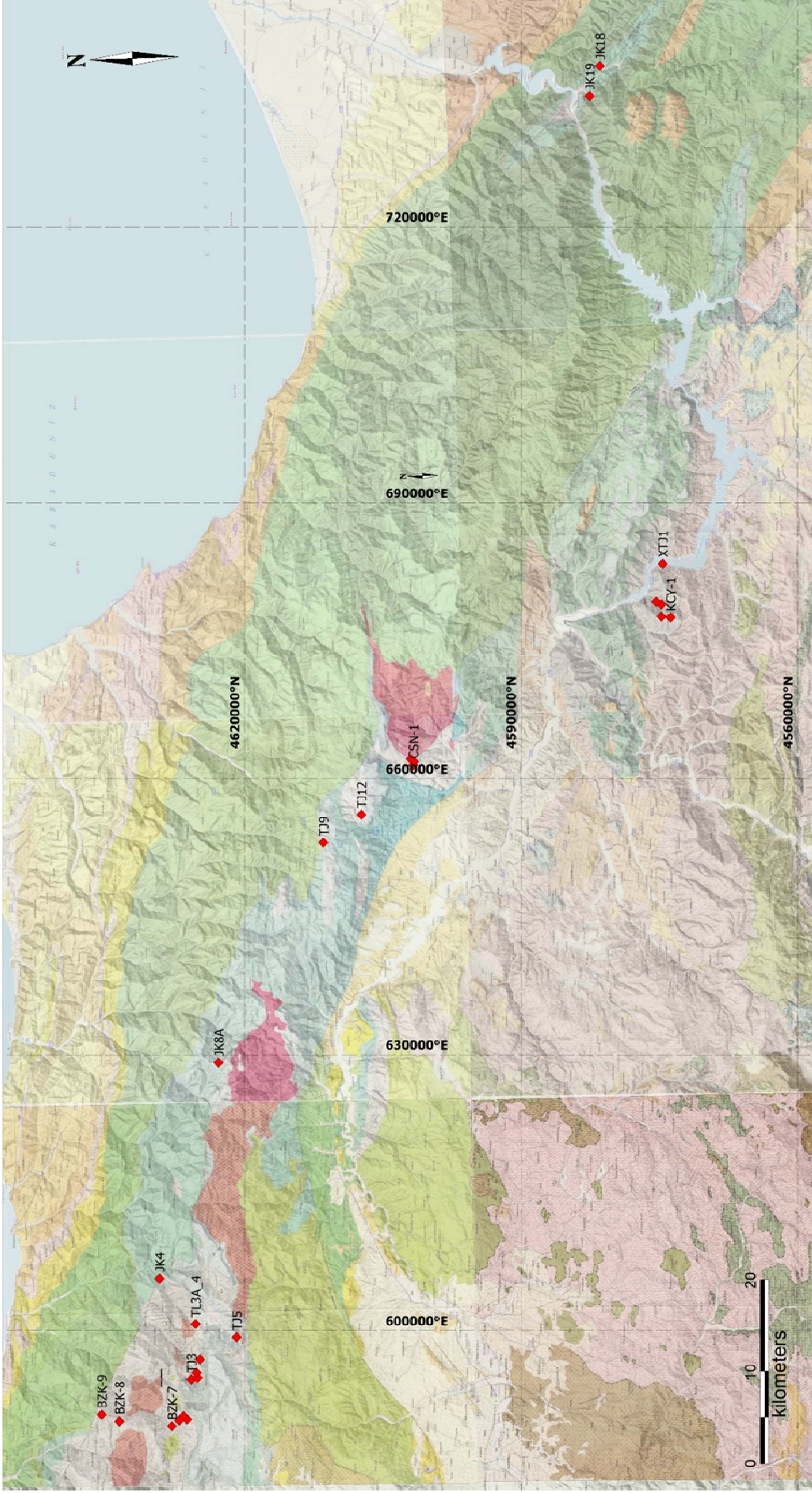


Şekil 4.8. Akgöl Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları (devamı)

Batıdan doğuya kuş uçuşu yaklaşık 160 kilometrelik diyagonal bir mesafe içerisinde birçok farklı noktadan alınmış olan Akgöl Formasyonu örneklerinin genelinde kalsit minerali olmasa da JK4, JK18, TJ9 ve TJ12 örnek serilerinde kalsit mineraline rastlanmıştır, TJ12 serisinde ise bulunma yüzdesinin %60'a yaklaştığı görülmüştür. Temelde kil, kuvars ve mika minerallerinin baskın olduğu görülmüş, mika minerallerinin de bulunma yüzdesinin formasyonun maruz kaldığı metamorfizma seviyesi ile alakalı olduğu değerlendirilmiştir. XTJ örnek serisi de görece yüksek kaolinit içeriği ile diğer serilerden ayrılmıştır. Akgöl Formasyonu'ndan alınan tüm örnek ve örnek serilerinin karşılaştırma grafiği Şekil 4.9'da Jeoloji haritası üzerindeki konumları da Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Akgöl Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinin ortalamalarının karşılaştırmalı grafiği

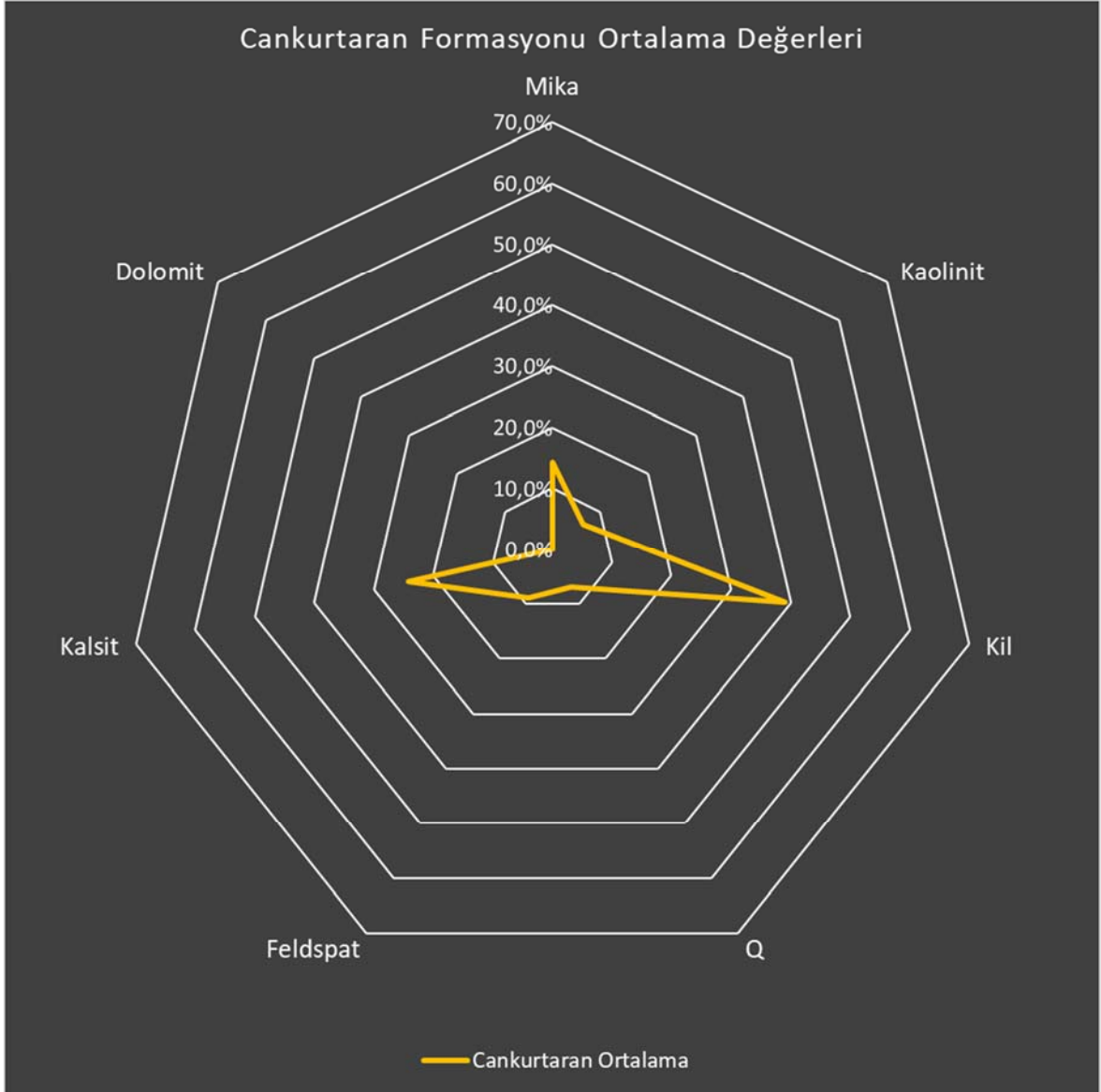


Şekil 4.10. Akgöl Formasyonu'ndan alınan ve XRD Tüm Kayaç analizi karşılaştırmaları yapılan örnek konumlarının kabartma harita üzerine giydirilmiş jeolojik haritası üzerinde gösterimi



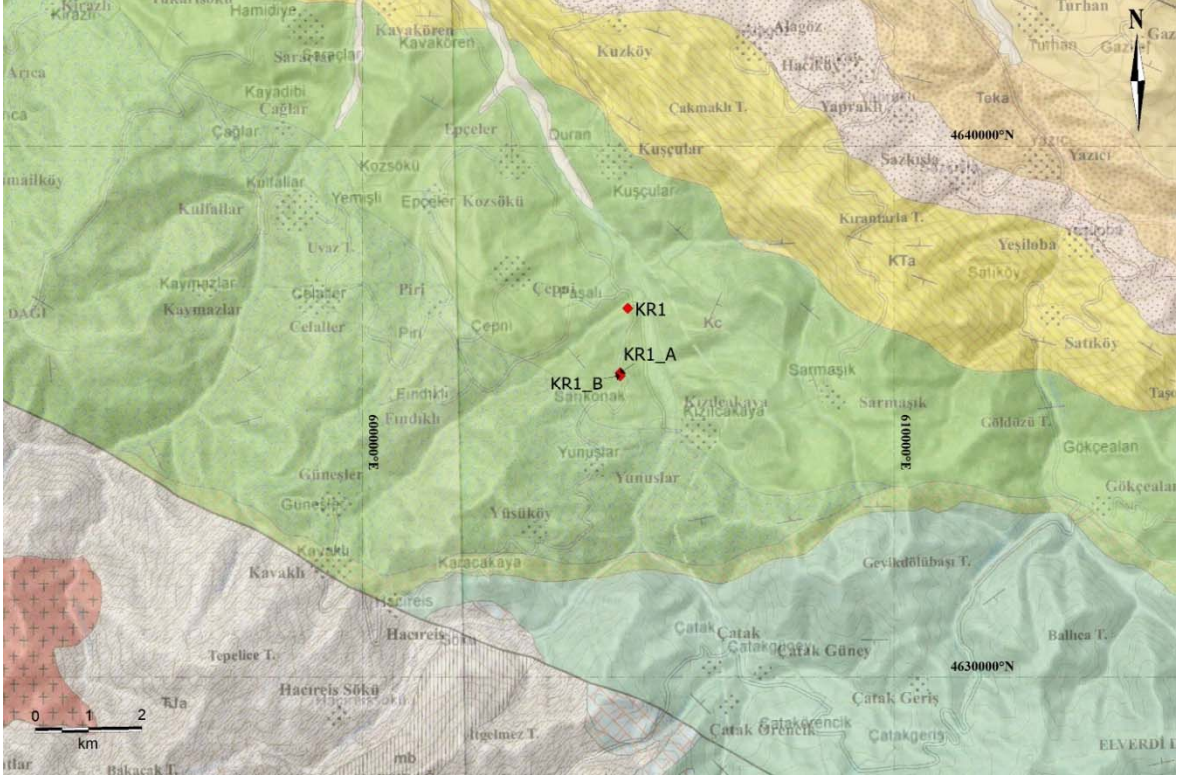
#### 4.1.4. Cankurtaran Formasyonu'nda Bulunan Minerallerin Ortalaması ve Örnek Serilerine göre Değişimleri

Yunuslar Köyü yolu üzerindeki takip edilen mostranın 3 farklı noktasından tek bir seri olarak alınan 11 adet Cankurtaran örnek serisinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11. Cankurtaran Formasyonu'ndan alınan örnek serisinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları

Genel olarak yüksek oranda kil, kalsit ve mika mineralleri ihtiva eden Cankurtaran örnek serisinin jeoloji haritası üzerindeki konumları Şekil 4.12'de verilmiştir.

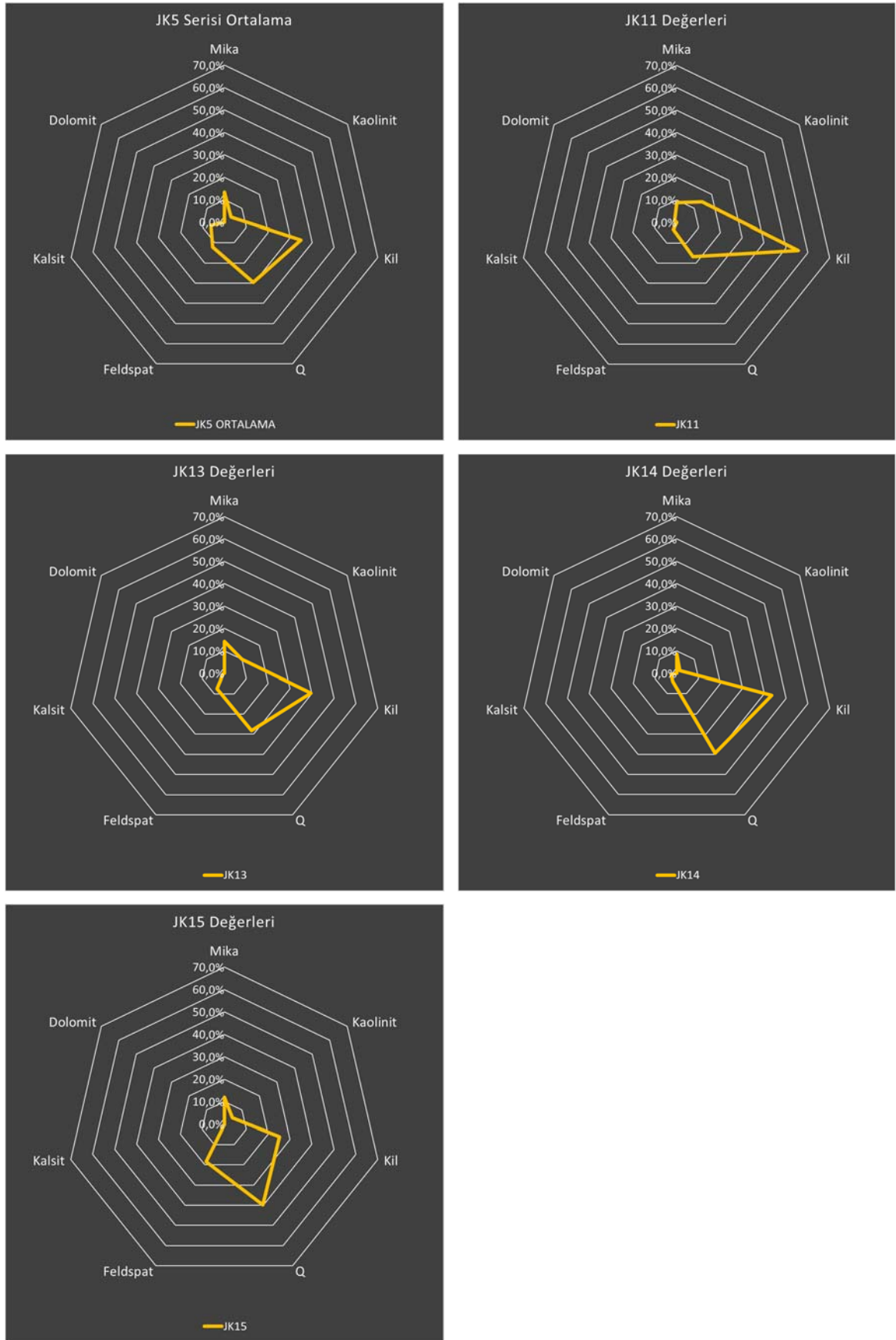


Şekil 4.12. Cankurtaran Formasyonu'ndan alınan ve XRD Tüm Kayaç analizi karşılaştırmaları yapılan örnek konumlarının kabartma harita üzerine giydirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi

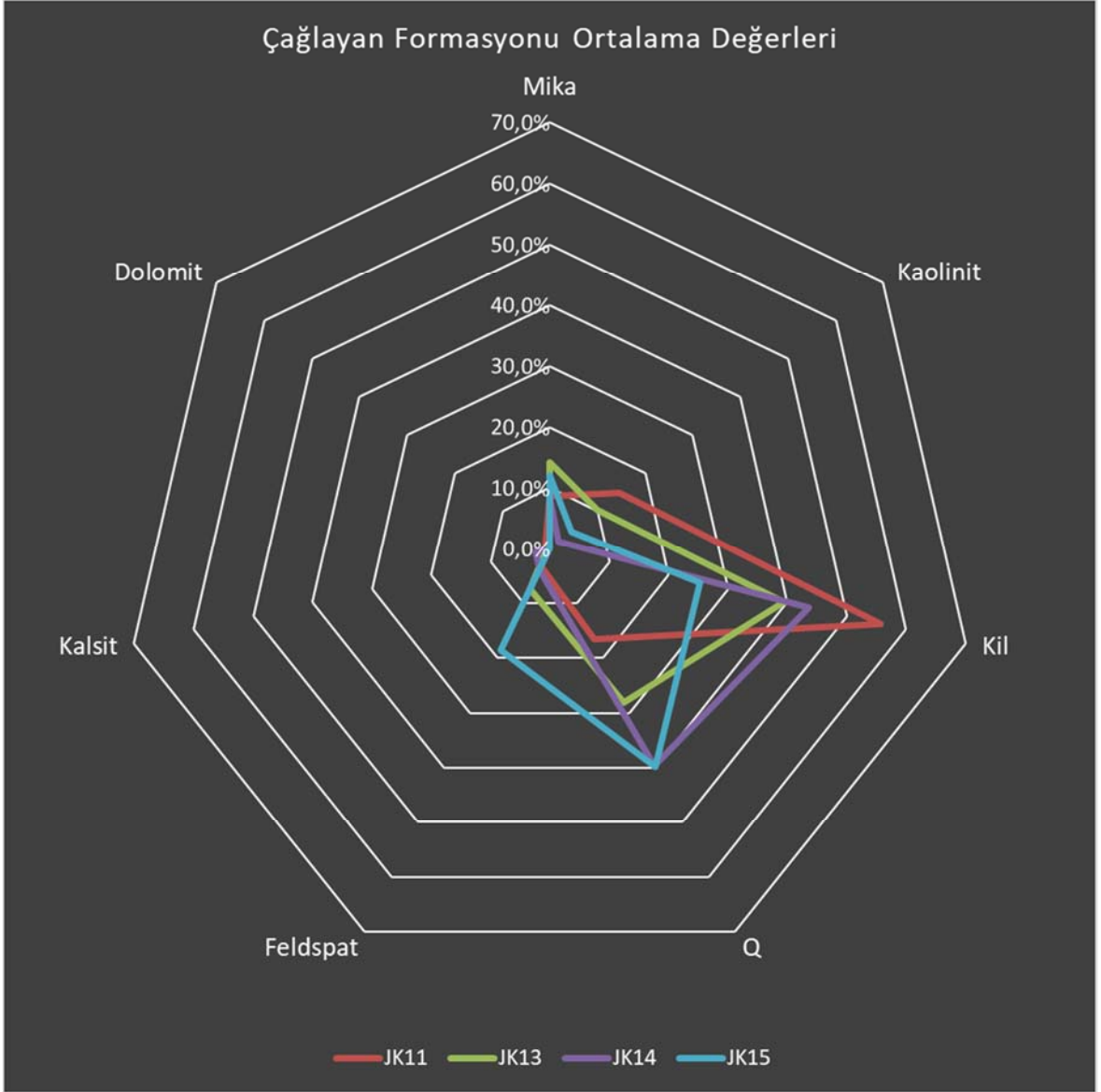
#### 4.1.5. Çağlayan Formasyonu'nda Bulunan Minerallerin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri

Batıdan doğuya kuş uçuşu yaklaşık 120 kilometrelik diyagonal bir mesafe içerisinde, temel olarak 3 farklı bölgeden alınmış 9 Çağlayan örneğinde bulunan minerallerin bulunma oranları Şekil 4.13'de grafikler ile verilmiştir.

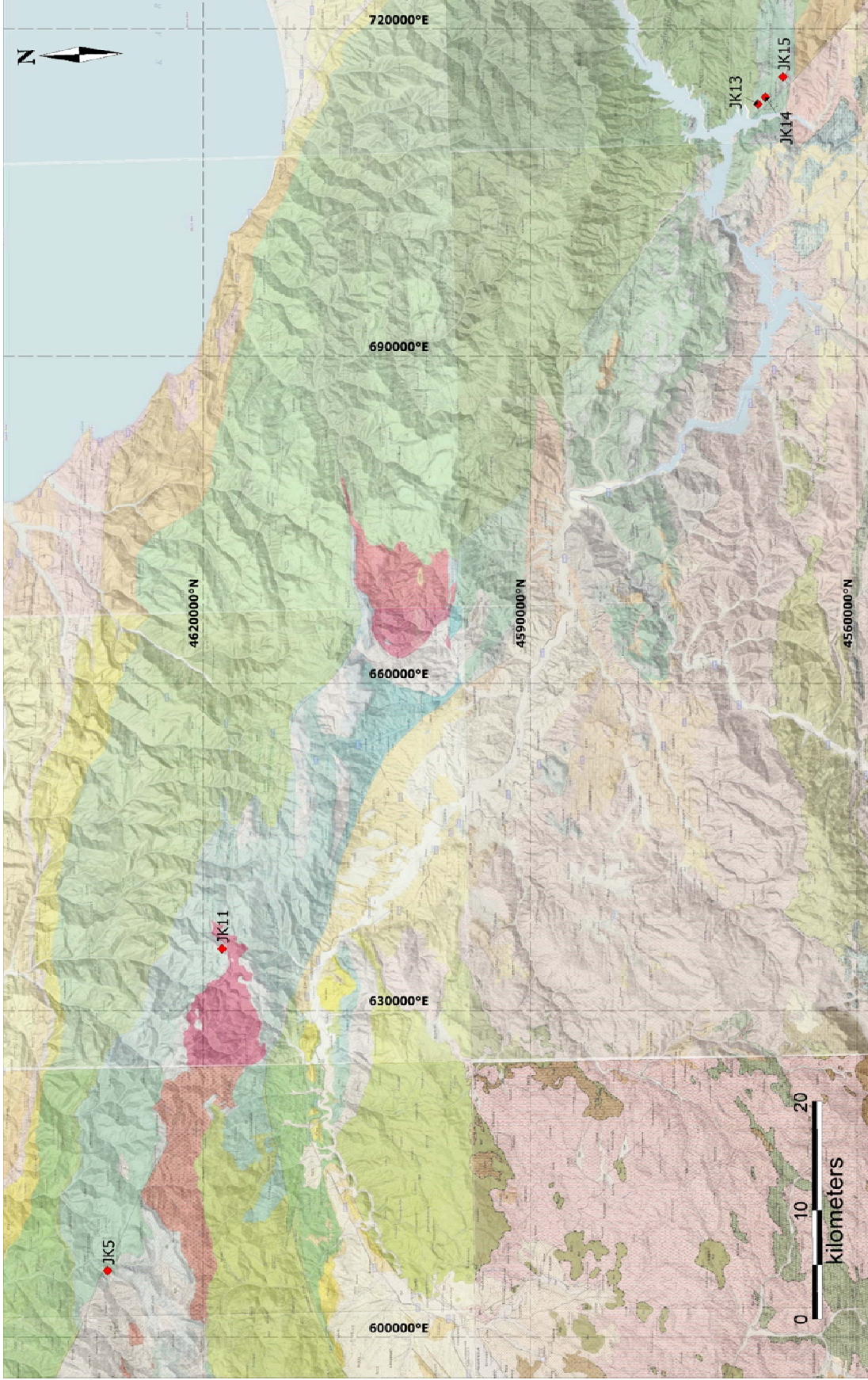
Genel olarak yüksek oranda kil ve kuvars minerallerini mika ve feldspat minerallerinin takip ettiği, JK15 serisinin feldspat içeriği ile JK11'in en yüksek kil ve kaolinit içeriği ile ayrıştığı örneklerin karşılaştırmalı grafiği Şekil 4.14'de, jeoloji haritası üzerindeki konumları Şekil 4.15'de verilmiştir.



Şekil 4.13. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan örnekler ve örnek serisinde bulunan minerallerin ortalama bulunma oranları



Şekil 4.14. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan örnek ve örnek serilerinin ortalamalarının karşılaştırmalı grafiği



Şekil 4.15. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan ve XRD Tüm Kayaç analizi karşılaştırmaları yapılan örnek konumlarının kabartma harita üzerine gjydirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi

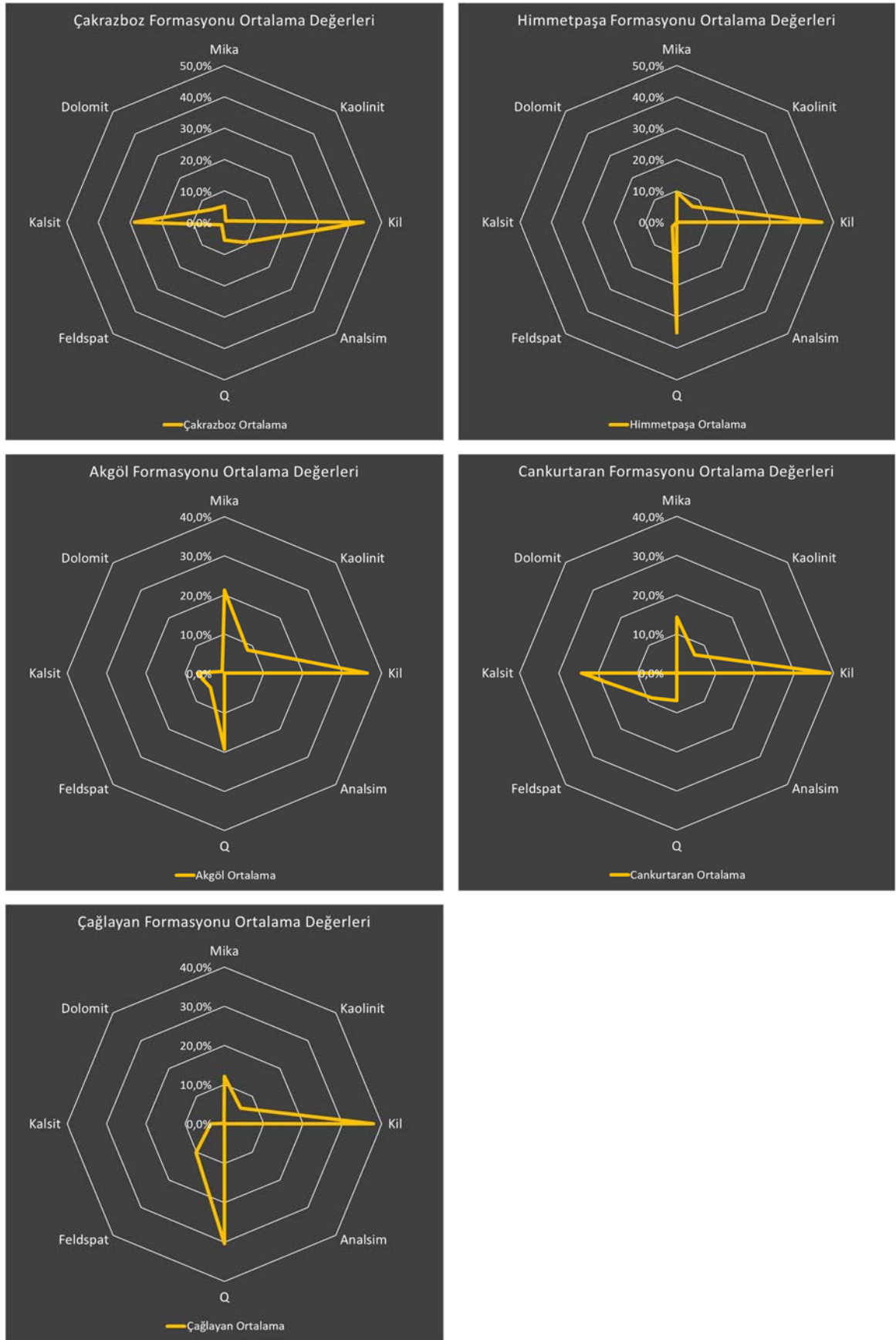
#### 4.1.6. Tüm Formasyonların Ortalama Mineral İçeriklerinin Karşılaştırılması

Örneklenen formasyonlara ait mineral içerikleri formasyon içerisinde seri ve tekil örnekler olarak karşılaştırıldıktan sonra formasyonların birbiri ile karşılaştırılması amacı ile her formasyona ait mineral yüzdelerinin ortalamaları hesaplanmış (Çizelge 4.3) ve daha sonra grafiğe dökülmüştür (Şekil 4.16).

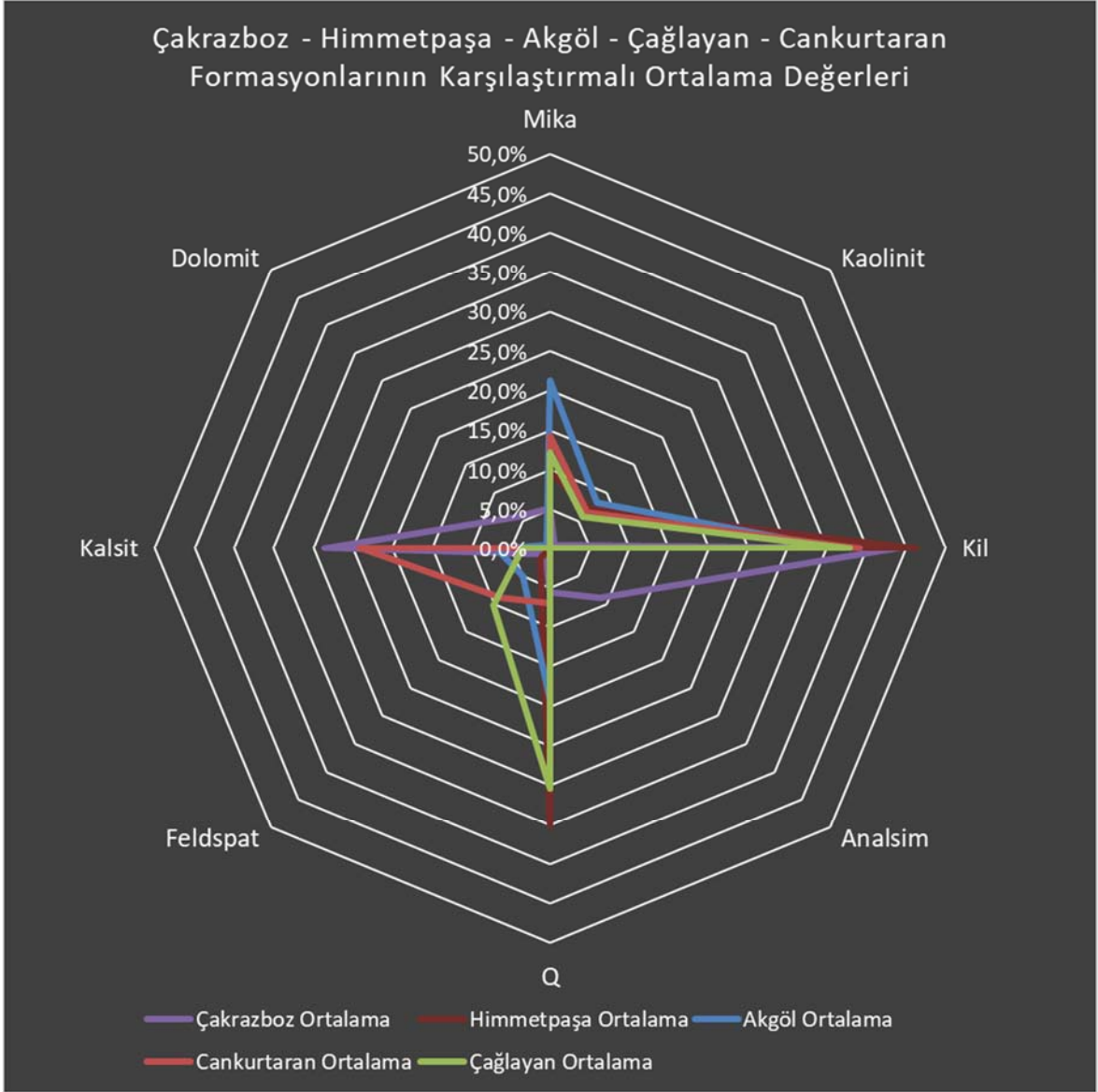
Çizelge 4.3. XRD Tüm Kayaç Analizlerinde tespit edilen minerallerin formasyonlara göre ortalama bulunma yüzdeleri

Mineral	Çakrazboz Formasyonu Ortalaması	Himmetpaşa Formasyonu Ortalaması	Akgöl Formasyonu Ortalaması	Cankurtaran Formasyonu Ortalaması	Çağlayan Formasyonu Ortalaması
Mika	5,2%	9,7%	<b>21,3%</b>	14,3%	12,2%
Kaolinit	0,7%	7,1%	<b>8,3%</b>	6,5%	5,7%
Kil	44,2%	<b>46,2%</b>	36,3%	39,1%	37,9%
Analsim	<b>8,8%</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kuvars	5,5%	<b>35,1%</b>	19,2%	6,9%	30,3%
Feldspat	1,1%	1,9%	5,0%	8,9%	<b>10,2%</b>
Kalsit	<b>28,6%</b>	0,0%	6,9%	24,2%	3,5%
Dolomit	<b>5,8%</b>	0,0%	0,7%	0,0%	0,1%

Şekil 4.16'da da görüldüğü gibi formasyonların ihtiva ettiği minerallerin bulundurma yüzdelerine bakıldığında tüm formasyonlarda kil minerallerinin baskın olduğu, kil minerallerini genellikle kuvars mineralinin takip ettiği görülmektedir. Ancak bu durum diğer formasyonlardan yüksek dolomit ve kalsit bulunma oranı ile ayrılan Çakrazboz ve yüksek kalsit bulunma oranı ile ayrılan Cankurtaran Formasyonları için geçerli değildir. En yüksek mika minerali bulundurma oranı Akgöl Formasyonu'nda görülmekte, bunun sebebinin de maruz kaldığı metamorfizma olduğu değerlendirilmektedir. Örneklenen formasyonlardaki mineral bulundurma yüzdelerinin karşılaştırmalı grafiği Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.16. Tüm Kayaç XRD Analizlerinde tespit edilen minerallerin formasyonlara göre ortalama bulunma yüzdelerinin radar grafik üzerinde gösterimi

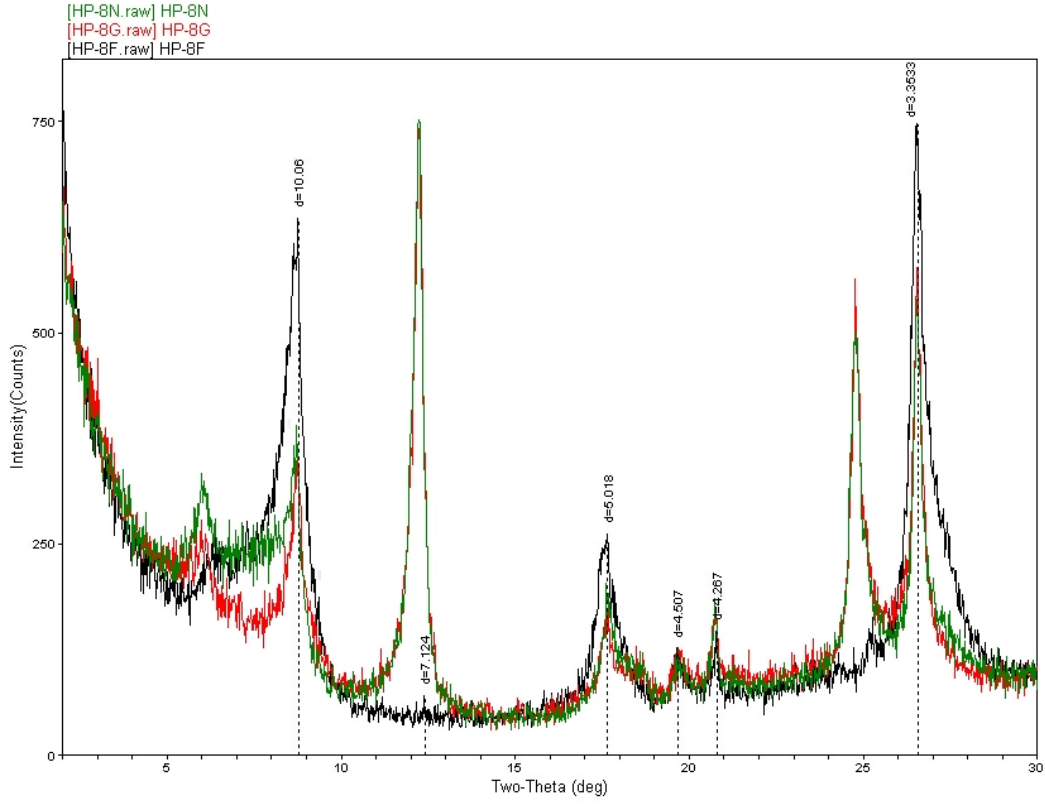


Şekil 4.17. Örneklenen formasyonlarda bulunan minerallerin ortalama bulunma oranlarının formasyonlara göre karşılaştırmalı grafiği

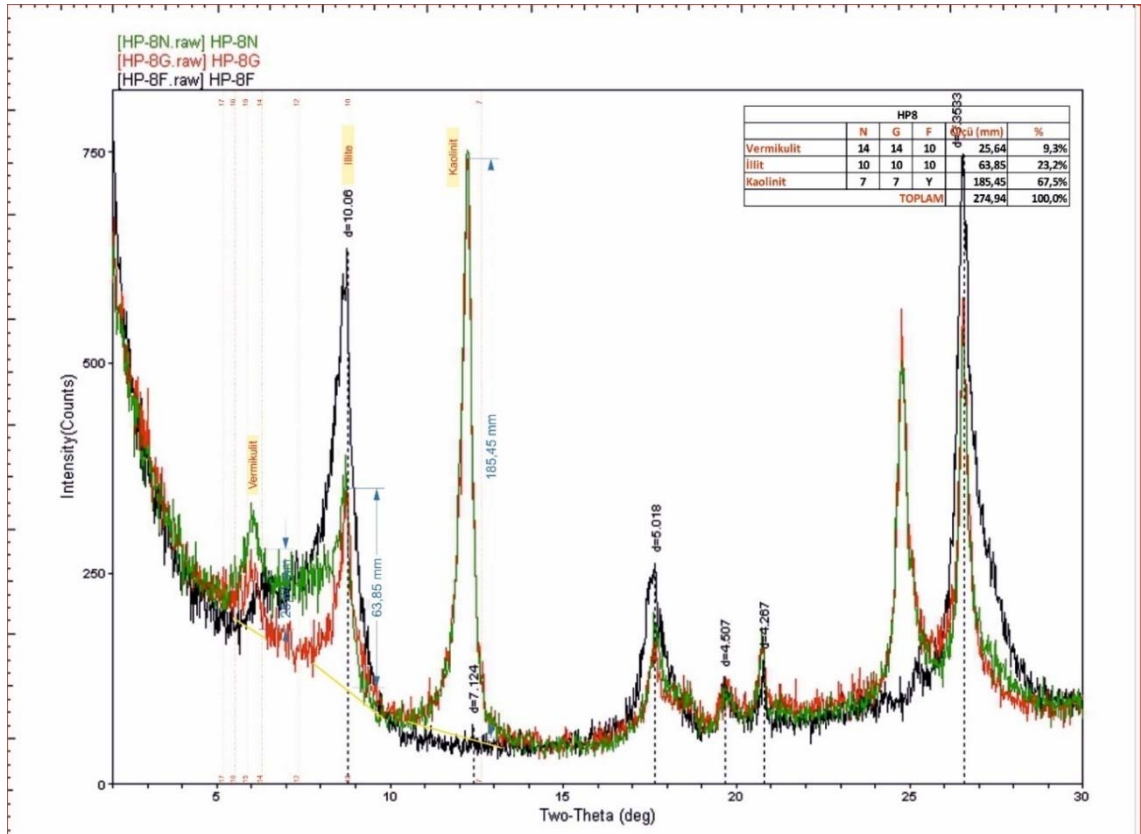
#### 4.2. Kil Mineralojisi XRD Analizleri

XRD Tüm Kayaç analizlerinden elde edilen sonuçlara göre kil minerallerinin bulunma oranı görece yüksek örnekler seçilerek, içerdikleri kil minerallerinin türlerinin ve bulunma oranlarının belirlenmesi amacı ile ilk saha çalışmasından 19 adet, ikinci saha çalışmasından 8 adet olmak üzere toplamda 27 adet XRD kil mineralojisi analizi yapılmıştır. XRD kil mineraloji analizleri normal, glikollü ve fırınlanmış olarak 3 ayrı çekim ile gerçekleştirilmiştir.





Şekil 4.18. HP8 örneğine ait XRD kil analizi çekimi ham çıktısı



Şekil 4.19. HP8 örneğine ait kil minerali ayrıştırması yapılmış XRD kil analizi çekimi çıktısı

Çizelge 4.4. XRD Kil Analizi mineral ayrıştırılmalarına göre kil minerallerinin örneklerde bulunma yüzdeleri

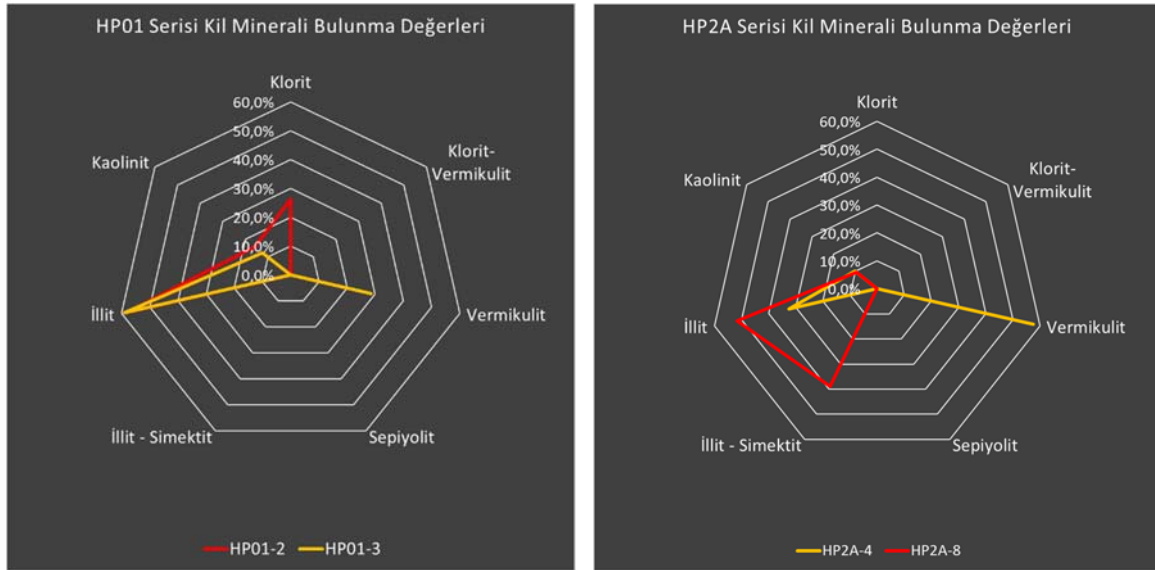
Örnek	Formasyon	Klorit	Klorit - Vermikülit	Vermikülit	Sepiyolit	İllit - Simektit	İllit	Kaolinit
HP01-2	Çakrazboz	26%	---	---	---	---	58%	16%
HP01-3	Çakrazboz	---	---	28%	---	---	59%	12%
HP2A-4	Çakrazboz	---	---	57%	---	---	32%	10%
HP2A-8	Çakrazboz	---	---	---	---	39%	52%	10%
HP6-1	Himmetpaşa	3%	---	---	---	---	25%	72%
HP6-2	Himmetpaşa	---	---	7%	---	---	25%	68%
HP7-1	Himmetpaşa	9%	---	---	---	---	14%	77%
HP7-2	Himmetpaşa	5%	---	---	---	---	22%	73%
HP7-3	Himmetpaşa	4%	---	---	---	---	29%	68%
HP8	Himmetpaşa	---	---	9%	---	---	23%	68%
JK5-1	Çağlayan	---	---	17%	---	---	56%	27%
JK5-2	Çağlayan	---	---	13%	---	---	63%	24%
JK18-5	Akgöl	---	---	---	---	5%	67%	28%
TJ3-3	Akgöl	---	---	4%	---	---	83%	13%
TJ3-4	Akgöl	---	18%	---	---	---	49%	33%
TJ5-2	Akgöl	---	17%	---	---	---	55%	28%
TJ9-1	Akgöl	10%	---	---	---	---	56%	34%
XTJ1-1	Akgöl	9%	---	---	---	---	44%	46%
XTJ1-2	Akgöl	7%	---	---	---	---	61%	32%
TL3A-2	Akgöl	6%	---	---	---	---	53%	40%
TL3A-3	Akgöl	13%	---	---	---	---	53%	34%
BZK-7	Akgöl	10%	---	---	---	---	48%	41%
BZK-9	Akgöl	---	---	---	12%	---	50%	38%
CSN-3	Akgöl	8%	---	---	---	---	35%	58%
KCY-4	Akgöl	9%	---	---	---	---	67%	24%
KR1-1	Cankurtaran	16%	---	---	---	---	45%	39%
KR1-2	Cankurtaran	16%	---	---	---	---	29%	55%

Gerçekleştirilen çekimlerden elde edilen HP8 örneğine ait ham difraktogram örnek olarak Şekil 4.18’de, aynı örneğe ait kil minerallerinin karakteristik pik şiddetlerine göre gerçekleştirilmiş tanımlamaları ile birlikte çözümlenmiş hali Şekil 4.19’da verilmiştir.

Çözümlemesi yapılan örneklerdeki kil mineralleri ve bulunma oranları Çizelge 4.4’de sunulmuştur. Çizelgenin bir bütünlük göstermesi amacıyla tüm XRD kil analizi ayırtmalarında saptanan 8 farklı kil minerali de çizelgeye konulmuş, örnekler içerisinde bulunmayan kil mineralleri %0 olarak belirtilmiştir.

#### 4.2.1. Çakrazboz Formasyonu’nda Bulunan Kil Minerallerinin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri

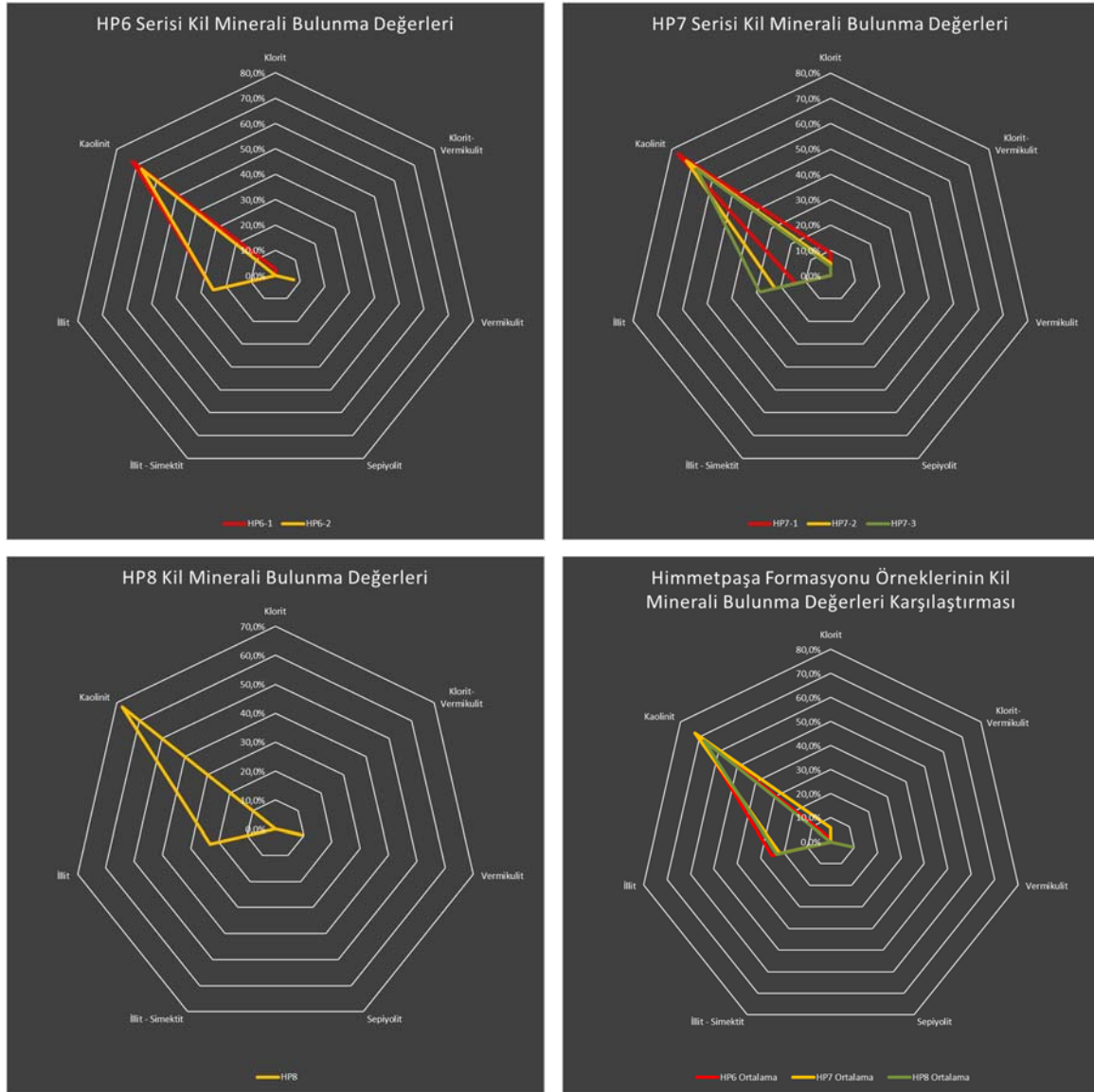
Elde edilen XRD tüm kayaç analiz sonuçlarında Çakrazboz Formasyonu örneklerinde görece daha yüksek kil içeriğine sahip olan 2 farklı örnek serisi içerisinde toplam 4 adet örnek belirlenmiştir. Çakrazboz Formasyonu’na ait örneklerde bulunan kil minerallerinin bulunma oranları Şekil 4.20’de radar grafikleri ile verilmiştir.



Şekil 4.20. Çakrazboz Formasyonu’nda tespit edilen kil minerallerinin grafik üzerinde gösterimi

#### 4.2.2. Himmetpaşa Formasyonu'nda Bulunan Kil Minerallerinin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri

XRD tüm kayaç analiz sonuçlarına göre belirlenen Himmetpaşa Formasyonu'na ait 3 farklı örnek ve örnek serisinden toplam 6 adet örnek seçilmiştir. Analizler sonrasında örneklerde tespit edilen kil minerallerinin bulunma oranları ve karşılaştırmaları Şekil 4.21'deki grafikler ile verilmiştir.



Şekil 4.21. Himmetpaşa Formasyonu'nda tespit edilen kil minerallerinin grafik üzerinde gösterimi

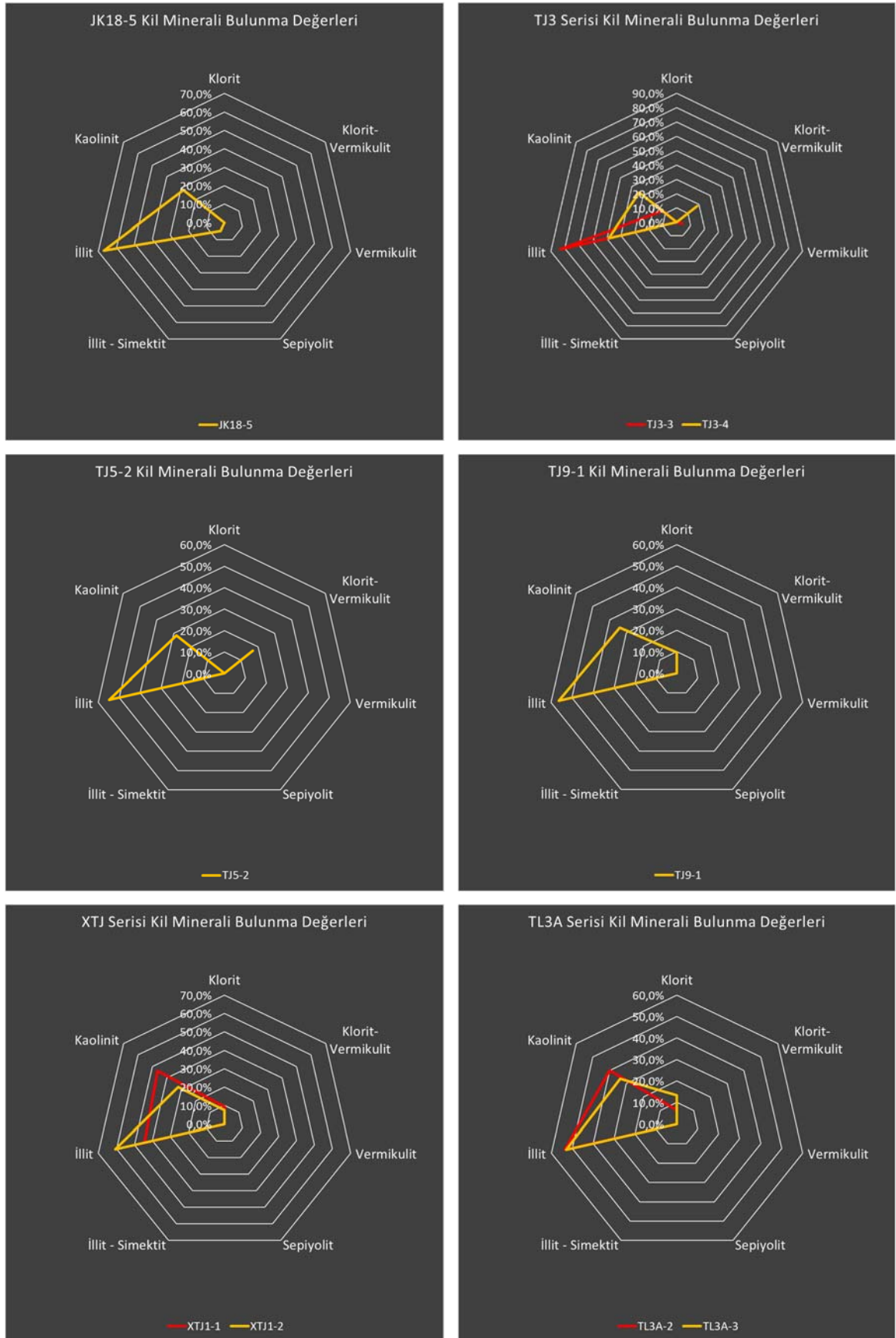
Birbirlerine göreli yakın mesafelerde bulunan HP6, HP7 ve HP8 örneklerinde (Şekil 4.5) saptanan kil mineralleri ve bulunma oranları grafiklerden de görülebileceği gibi birbirlerine

çok benzerdir. Tüm örneklerde ortalama %70,8 ile bulunma oranı en yüksek olan kil minerali kaolinittir. Kaoliniti ortalama %23,1 bulunma oranı ile illit takip etmektedir. HP6-2 ve HP8 örnekleri sırası ile %7,3 ve %9,3 oranında içerdikleri vermikülit minerali ile vermikülit bulundurmayan diğer Himmetpaşa Formasyonu örneklerinden ayrılmaktadır.

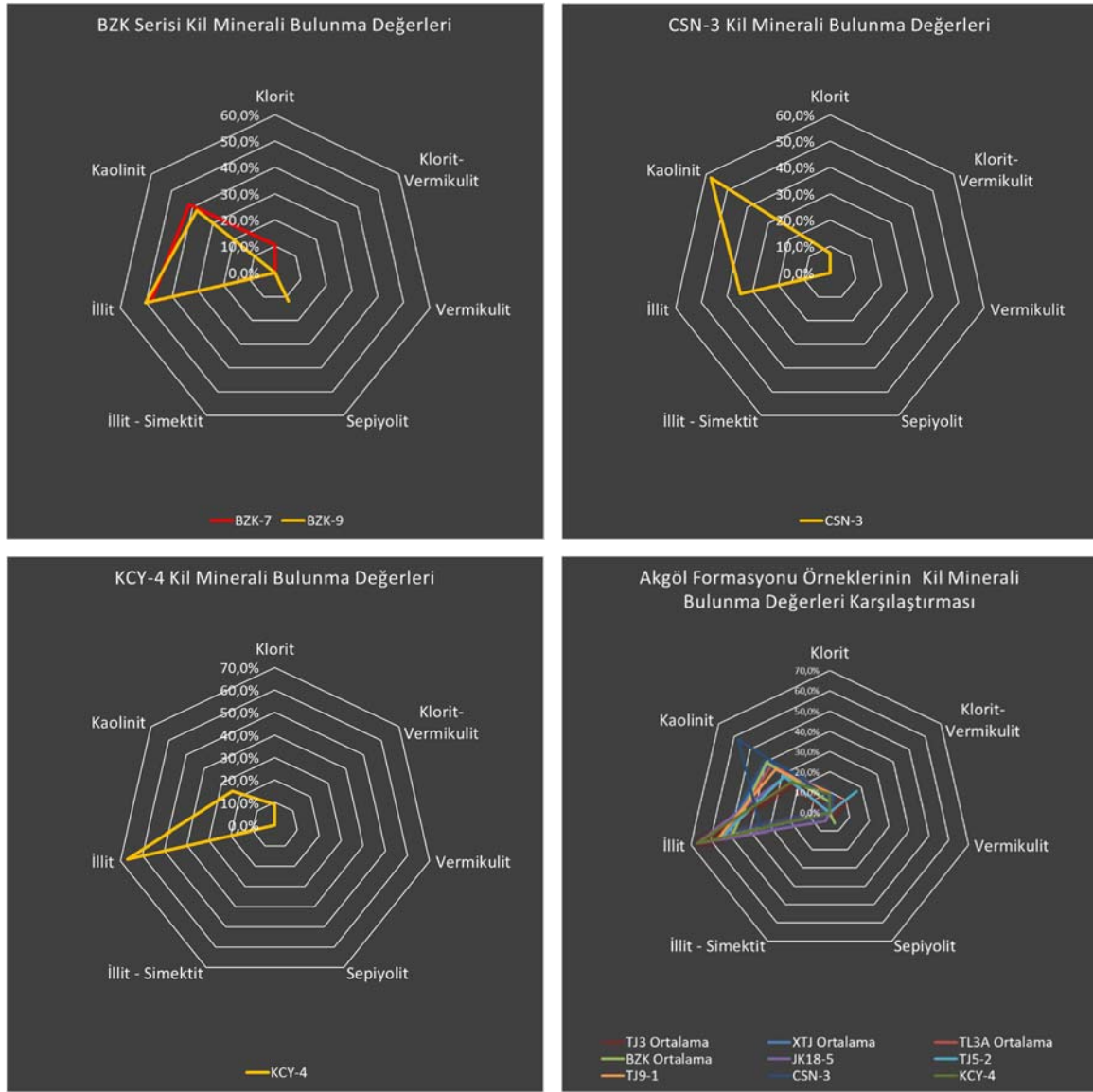
#### **4.2.3. Akgöl Formasyonu'nda Bulunan Kil Minerallerinin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri**

XRD tüm kayaç analiz sonuçlarına göre belirlenen Akgöl Formasyonu'na ait örneklerde bulunan kil minerallerinin bulunma oranları ve karşılaştırmaları Şekil 4.22'de radar grafikleri ile verilmiştir.

Batıdan doğuya kuş uçuşu yaklaşık 160 kilometrelik diyagonal bir mesafe içerisinde alınmış olan Akgöl örneklerinin (Şekil 4.10) XRD kil analizleri bir arada değerlendirildiğinde genel olarak illit ve kaolinit kil minerallerinin dominant olduğu, kloritin de bu kil minerallerini %7,4 - %13,3 arasındaki bulunma oranları ile takip ettiği görülmüştür. TJ3-4 ve TJ5-2 örneklerinde saptanan klorit – vermikülit ve BZK-9 örneğinde saptanan sepiyolit ise diğer örneklerde saptanmamıştır.



Şekil 4.22. Akgöl Formasyonu'nda XRD kil analizlerinde tespit edilen kil minerallerinin radar grafik üzerinde gösterimi

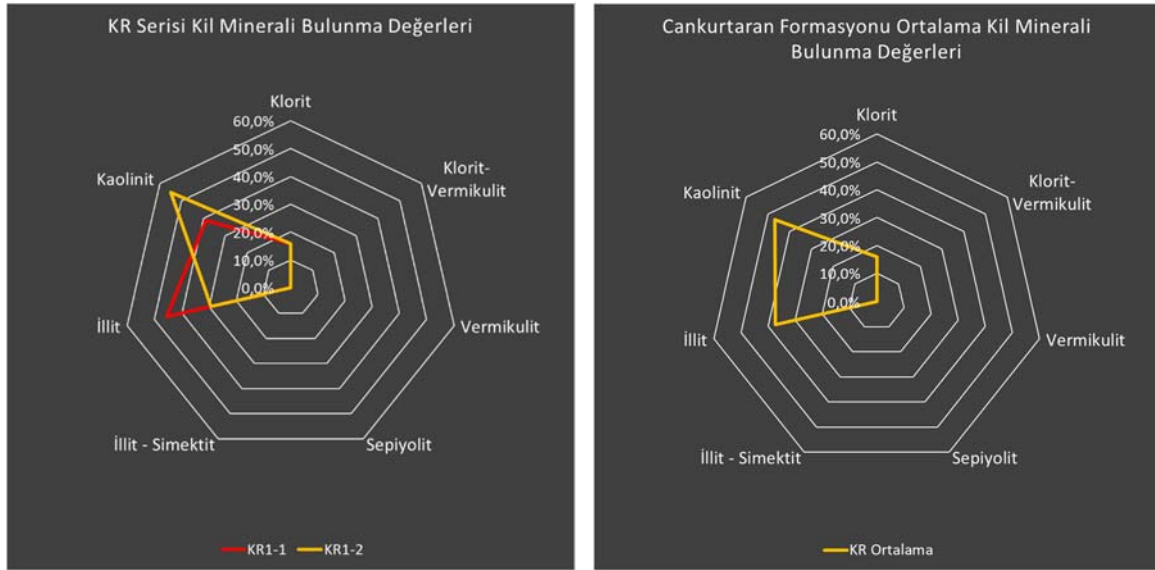


Şekil 4.22. Akgöl Formasyonu'nda XRD kil analizlerinde tespit edilen kil minerallerinin radar grafik üzerinde gösterimi (devamı)

#### 4.2.4. Cankurtaran Formasyonu'nda Bulunan Kil Minerallerinin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri

XRD tüm kayaç analiz sonuçlarına göre Cankurtaran Formasyonu'ndan aynı seriden 2 adet örnek belirlenmiştir. Aynı seriye ait örneklerde bulunan kil minerallerinin bulunma oranları Şekil 4.23'de radar grafikleri ile verilmiştir.

Cankurtaran Formasyonu'na ait örneklerde en yüksek bulunma oranının kaolinite ait olduğu, sırasıyla illit ve kloritin de takip ettiği görülmüştür.



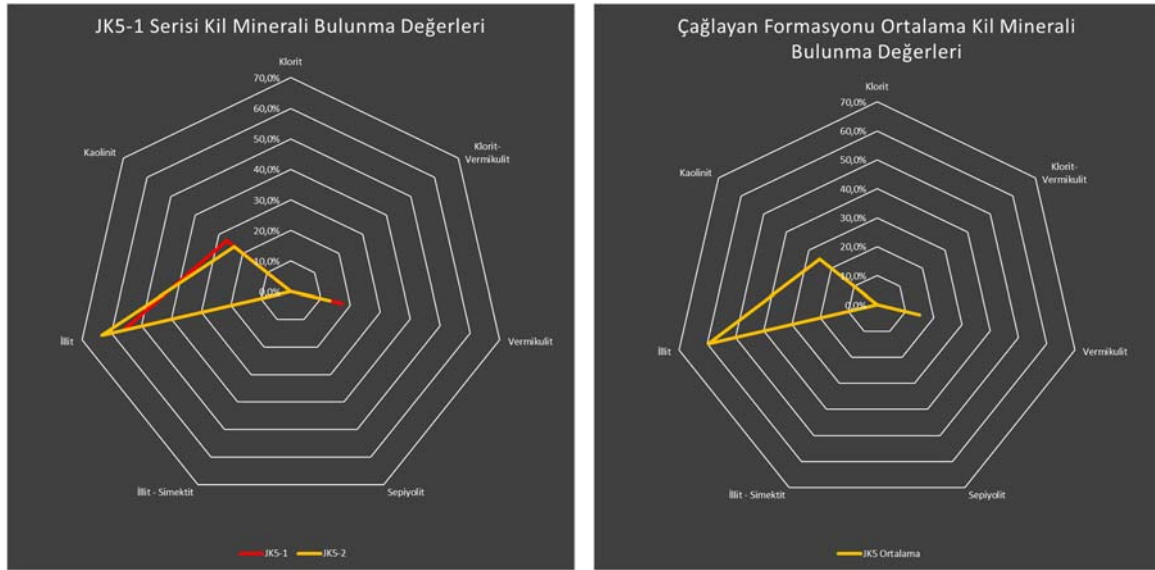
Şekil 4.23. Cankurtaran Formasyonu'nda XRD kil analizlerinde tespit edilen kil minerallerinin radar grafik üzerinde gösterimi

#### 4.2.5. Çağlayan Formasyonu'nda Bulunan Kil Minerallerinin Ortalaması ve Örnek Serilerine Göre Değişimleri

Çağlayan Formasyonu'na ait örnekler arasından XRD tüm kayaç analiz sonuçlarına göre aynı seriden seçilen 2 adet örneğin içerisinde tespit edilen kil minerallerinin bulunma oranları Şekil 4.24'de verilmiştir.

XRD kil analizi gerçekleştirilen Çağlayan Formasyonu örneklerinde ortalama %59,7 değeri ile en çok bulunan kil mineralinin illit olduğu, illiti de sırasıyla ortalama %25,18 bulunma oranına sahip olan kaolinit ve ortalama %15,2 bulunma oranına sahip olan vermikulitin takip ettiği görülmüştür.





Şekil 4.24. Çağlayan Formasyonu'nda XRD kil analizlerinde tespit edilen kil minerallerinin radar grafik üzerinde gösterimi

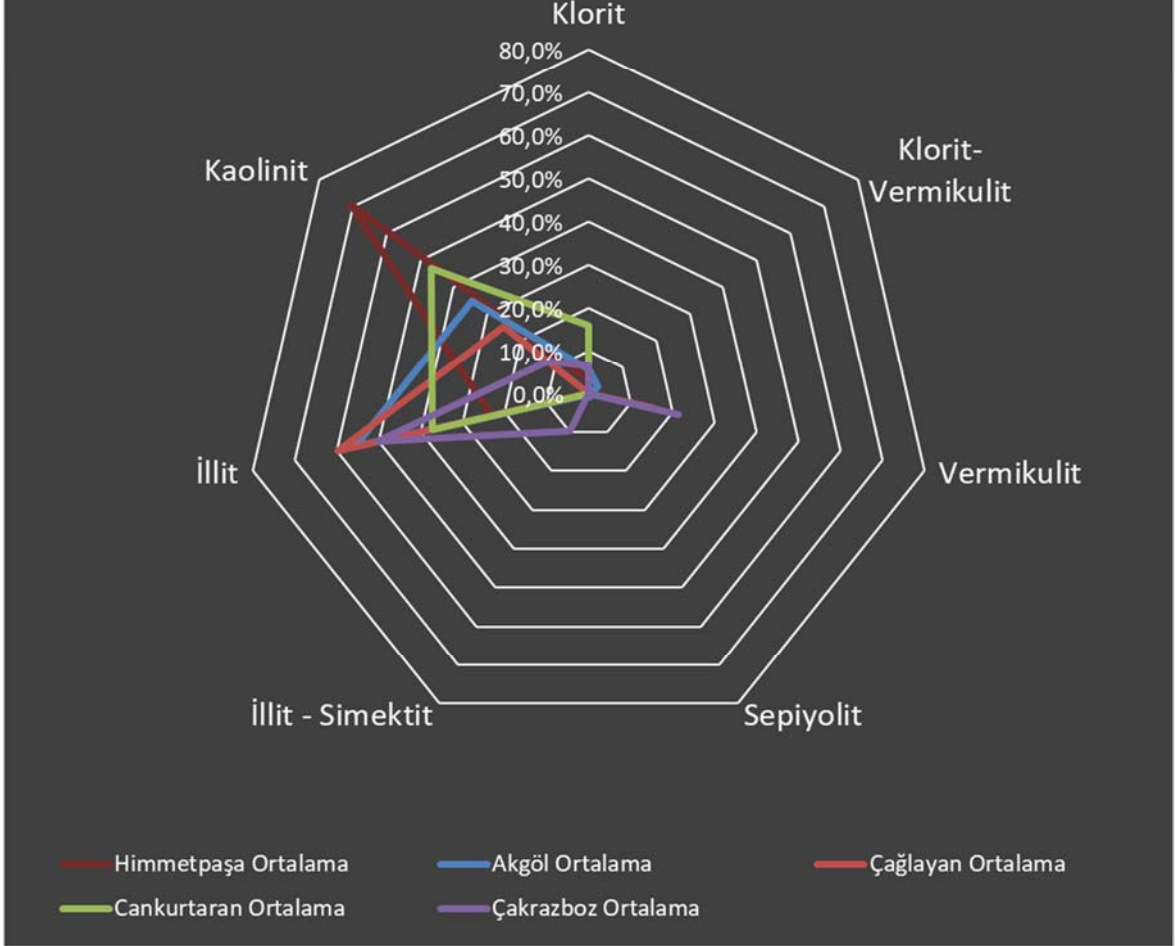
#### 4.2.6. Tüm Formasyonların Ortalama Kil Minerali İçeriklerinin Karşılaştırılması

XRD kil analizi yapılan örneklerin kil minerali içerikleri formasyonlar içerisinde seri ve tekil örnekler olarak karşılaştırıldıktan sonra formasyonların genel olarak karşılaştırılması amacı ile her formasyona ait kil minerali bulunma yüzdelerinin ortalamaları hesaplanmış (Çizelge 4.5) ve daha sonra grafiğe dökülmüştür (Şekil 4.25).

Çizelge 4.5. XRD Kil Analizlerinde tespit edilen kil minerallerinin formasyonlara göre ortalama bulunma yüzdeleri

Formasyon	Klorit	Klorit - Vermikülit	Vermükülit	Sepiyolit	İllit - Simektit	İllit	Kaolinit
Çakrazboz	6,6%	---	<b>21,5%</b>	---	<b>9,7%</b>	50,2%	12,0%
Himmetpaşa	3,3%	---	2,8%	---	---	23,1%	<b>70,8%</b>
Akgöl	5,6%	<b>2,7%</b>	0,3%	<b>0,9%</b>	0,4%	55,5%	34,6%
Çağlayan	---	---	15,2%	---	---	<b>59,7%</b>	25,2%
Cankurtaran	<b>15,8%</b>	---	---	---	---	37,3%	46,8%

Çakrazboz - Himmetpaşa - Akgöl - Çağlayan -  
Cankurtaran Formasyonlarının Karşılaştırmalı  
Ortalama Kil Minerali Bulunma Değerleri



Şekil 4.25. XRD Kil Analizlerinde tespit edilen kil minerallerinin formasyonlara göre karşılaştırmalı ortalama bulunma yüzdelerinin grafik üzerinde gösterimi

Formasyonların içerdikleri kil minerallerinin ortalama bulunma değerlerine bakıldığında ilk olarak Cankurtaran Formasyonu'nun diğer formasyonlardan görece yüksek klorit içeriği ile, Himmetpaşa Formasyonu'nun ise görece yüksek kaolinit içeriği ile ayrıştığı göze çarpmaktadır. Akgöl ve Çağlayan Formasyonları'nın kil içeriklerinin genel olarak benzeştiği ancak Çağlayan Formasyonu'nun kaolinit içeriği, Akgöl Formasyonu'nun da TJ3-3 örneğinden gelen vermikülit minerali ile ayrıştığı görülmüştür. Çakrazboz Formasyonu'nda saptanan vermikülit içeriği tüm diğer formasyonlardan fazladır.

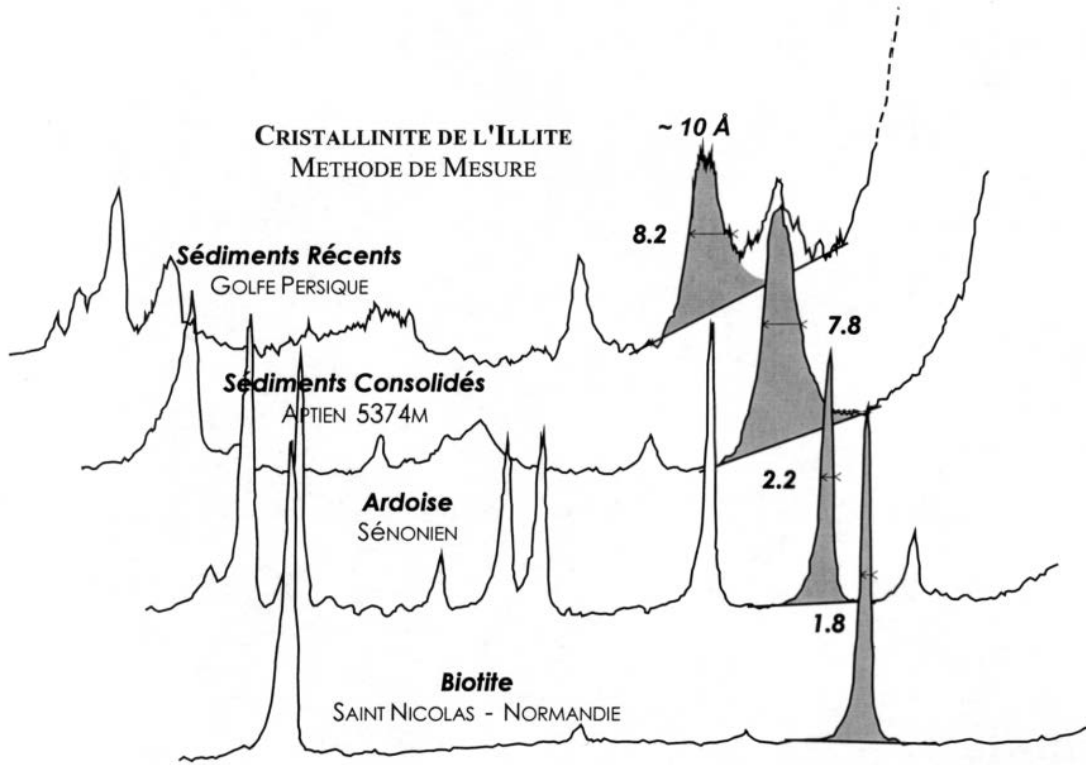
### **4.3. Kil Minerallerinden Termal Olgunlaşma Tayini**

Bu tez çalışmasında analizi yapılan örneklerinin termal olgunlaşma derecelerinin tayini için Kübler indeksi (İllit Kristalinitesi), Weaver Keskinlik Oranı ve Klorit Kristalinitesi olmak üzere 3 farklı metot kullanılmıştır.

#### **4.3.1. İllit – Kristalinite İndeksi (IC)**

Kübler indeksi (KI) olarak da bilinen İllit-kristalinite (IC) yöntemi 1960'ların başında önce Teksas'ta ve daha sonra Fransa'da geliştirilmiş, petrol araştırmalarında diyajenetik aşamaları, özellikle metamorfizmadan önceki nihai evrim aşamalarını karakterize etmek için kullanılmıştır. Kil mineralojistleri ve kristalografi bilim insanları için kesin teorik desteği olmayan bu ampirik yaklaşım, bilgisayarlı XRD metotlarının geliştirilmesiyle birlikte ankizonal sınırlar içerisinde en doğru yöntem haline gelmiştir. Özellikle petrol aramacılığında organik maddenin aşırı olgunlaşmasından kaynaklanan verimsiz kaynak kayaların belirlenmesi amacı ile geliştirilmiş olan bu yöntem sonraları genel bir jeolojik araç olarak da yaygın bir şekilde kullanılmıştır.

İlk illit piki ( $1 \text{ nm} = 10 \text{ \AA}$ ) azami uzunluğunun yarı değerindeki genişliğin santimetre değeri ile (FWHM: Full width at half maximum) ölçülür. İllit kristalinite ölçümünün farklı metamorfizma değerlerine sahip örnekler üzerinde gösterimi Şekil 4.26'da verilmiştir (Kubler ve Jaboyedoff, 2000).



Şekil 4.26. Aşağıya doğru artan bir metamorfik derece ile çeşitli litolojilerden gelen spektrumlar üzerinde IC ölçümleri (Kubler ve Jaboyedoff, 2000).

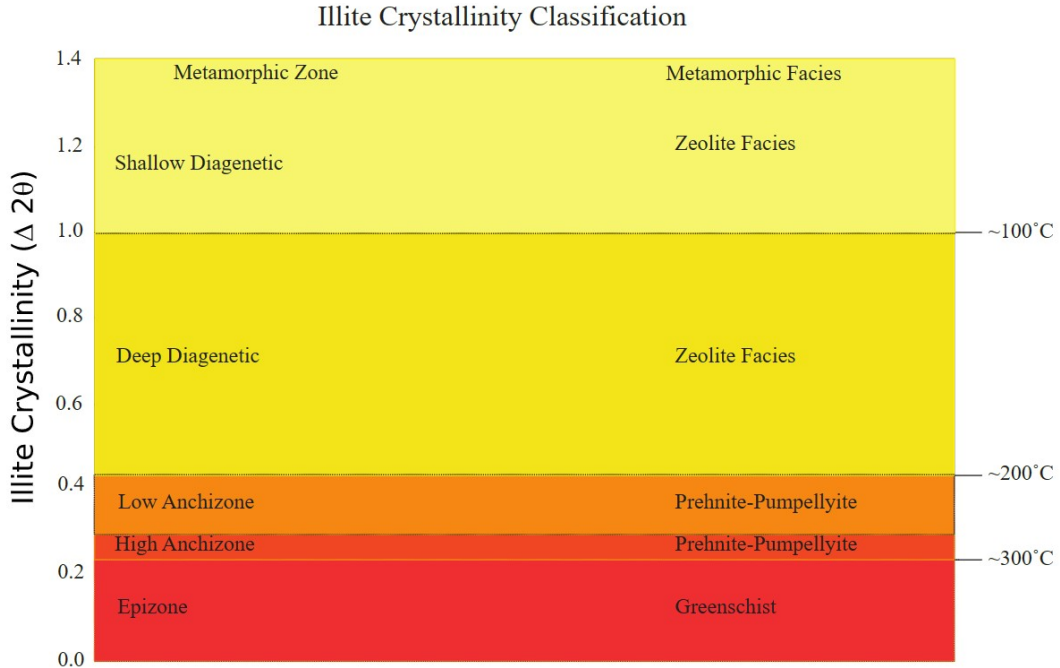
Şekil 4.26'dan da anlaşılacağı gibi İllit – Kristalinite ölçüm değeri azaldıkça metamorfizma derecesi artmakta ve dolayısıyla İllit – Kristalinite ile metamorfizma derecesi arasında ters orantı bulunmaktadır.

Arkai ve ark. (2003) Kubler'in illit kristalinite değerlerini vitrinit yansıtma değeri ve kömür sınıflaması ile bir araya getirmiştir.

metamorphic grade	mineral facies	illite K <sub>b</sub> ler-index (KI) zone	coal rank, R <sub>random</sub> % vitrinite reflectance
diagenesis	zeolite facies (incl. laumontite zone)	diagenetic zone (KI > 0.42 $\Delta$ 2 $\theta$ )	bituminous coal
very low-grade	prehnite-pumpellyite facies		2.0 - 2.5
	subgreenschist facies	anchizone (KI = 0.42 - 0.25 $\Delta$ 2 $\theta$ )	anthracite
	prehnite-actinolite facies		
	pumpellyite-actinolite facies		
	increasing pressure		
low-grade	greenschist facies	epizone (KI < 0.25 $\Delta$ 2 $\theta$ )	4.0 - 5.0 meta-anthracite graphite
	glaucophane schist facies		

Şekil 4.27. Diyajenetik, çok düşük ve düşük dereceli metamorfik ortamlarda mineral fasiyelerimim, illit kristalinite bölgeleri ve kömür sınıflaması ile karşılaştırılması (Arkai ve ark., 2003)

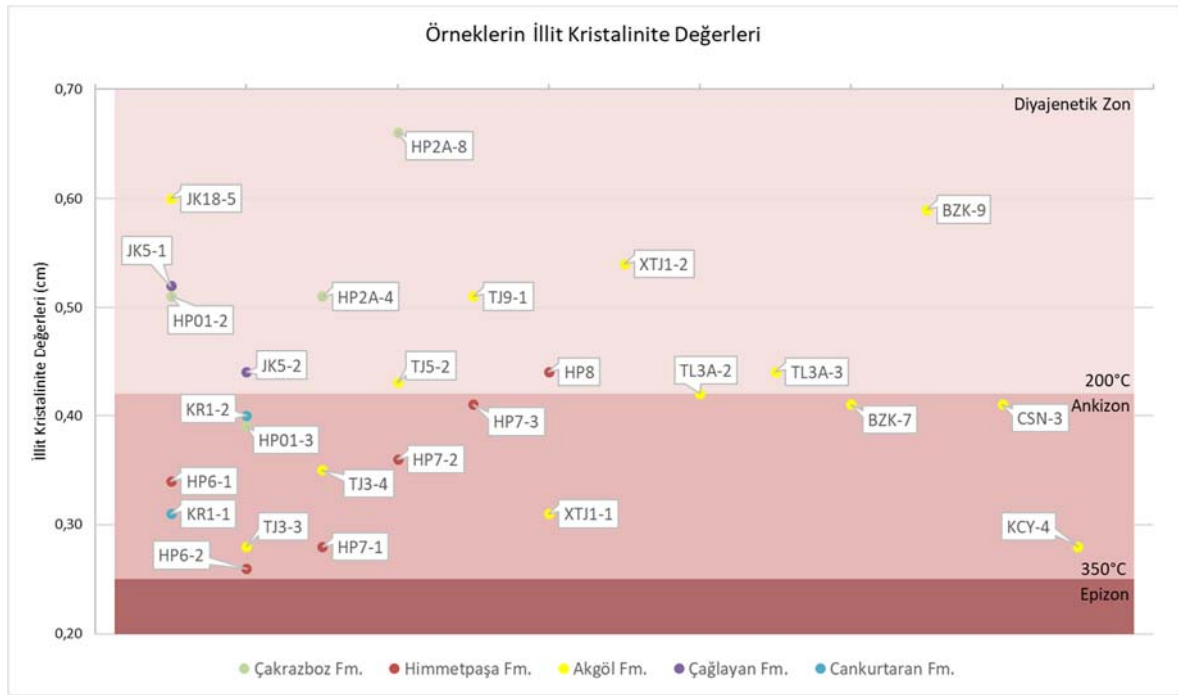
Verdel ve ark. (2012) diyajenez ve ankizon zonlarını da kendi içlerinde ikiye ayırıp illit kristalinite değerlerini metamorfik fasiyes ve tahmini tavan sıcaklıkları ile bir araya getirmiştir (Şekil 4.28)



Şekil 4.28. İllit kristalinite değerlerine göre metamorfik zon, fasiyes ve tahmini sınır sıcaklıkları (Verdel ve ark., 2012)

Kubler ve Jaboyedoff (2000)'de tarif edildiği şekli ile XRD kil analizi yapılmış 27 adet örnekte glikollü çekim üzerinde cm cinsinden illit kristalinite ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin sonuçları Şekil 4.29'da grafik halinde verilmiştir.

Grafikten de görülebileceği gibi illit kristalinite hesaplaması yapılan 27 örneğin 12 tanesi diyajenetik zona geri kalan 15 tanesi de ankizona düşmekte, epizon bölgesinde ise örnek bulunmamaktadır. Akgöl Formasyonu'na ait örneklerden 5 tanesi diyajenetik zonda, 4 tanesi ankizonda, Himmetpaşa Formasyonu'na ait örneklerin HP8 dışında kalan 5 tanesi ankizonda, HP8 ise diyajenetik zonda, Çağlayan Formasyonu'na ait 2 örnek diyajenetik zonda, Cankurtaran Formasyonu'na ait 2 örnek ankizonda, Çakrazboz Formasyonu'na ait 4 örneğin ise 3 tanesi diyajenetik zonda, 1 tanesi ankizonda yer almaktadır.

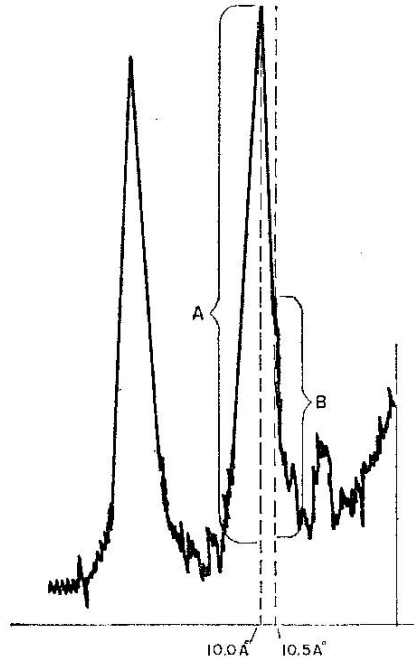


Şekil 4.29. XRD Kil analizi yapılan örneklerin illit kristalinite değerleri.

#### 4.3.2. Weaver Keskinlik Oranı (SR)

Weaver (1960) İllit mineralinin keskinlik oranı ile kayacın maruz kaldığı metamorfizma oranının tespit edileceğini söylemiş ve bu keskinlik oranının illit mineralinin 10 Å pikinin uzunluğunun 10,5 Å deki uzunluğa oranı olarak tarif etmiştir (Şekil 4.30). Keskinlik oranının karşılık geldiği metamorfizma derecelerini sınıflandırmak için Flawn ve ark. (1960) çalışmasında mikroskopik çalışmalarla elde edilen metamorfizma derecelerini kullanmış ve

Çizelge 4.6’da görülen sınıflamayı yapmıştır. Çizelge 4.7’de de aynı sınıflandırma sadeleştirilerek verilmiştir.



Şekil 4.30. İllit keskinlik oranı ölçüm metodu (Weaver, 1960)

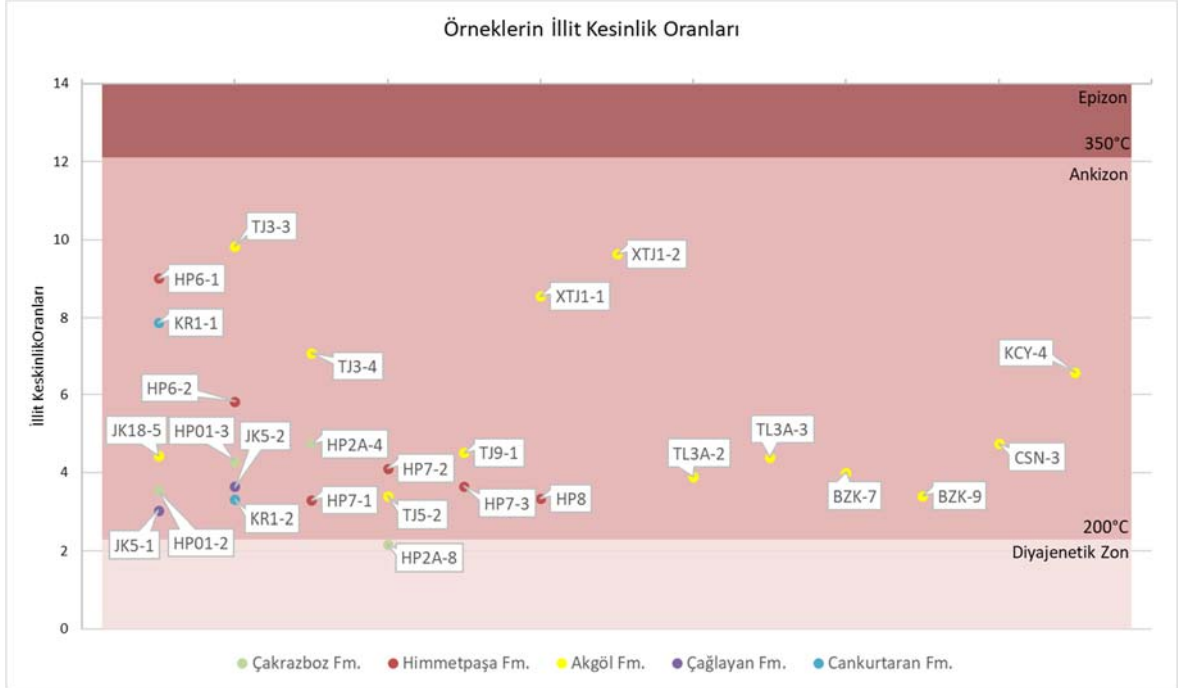
Çizelge 4.6. İllit keskinlik oranının karşılık geldiği metamorfizma dereceleri (Flawn ve ark., 1960)

Metamorfizma Derecesi	Keskinlik Oranı
Düşük dereceli metamorfizma	12,1
Zayıf – Çok Zayıf Metamorfizma	6,3
Metamorfizma Başlangıcı – Çok Zayıf metamorfizma	4,5
Metamorfizma Başlangıcı	2,3
Metamorfizma geçirmemiş Stanley Kumları	2,3
Metamorfizma geçirmemiş Atoka Kumları	1,8

Çizelge 4.7. Sadeleştirilmiş illit keskinlik oranı - metamorfizma derecesi çizelgesi

KeskinlikOranı	Metamorizma Zonu	Sıcaklık Aralığı
< 2,3	Diyajenez - Katajenez	< 200 °C
2,3 – 12,1	Metajenez	200 °C – 350 °C
>12,1	Epizon	> 350 °C

Weaver (1960)'da tarif edildiği şekli ile XRD kil analizi yapılmış 27 adet örnekte glikollü çekim üzerinden 10 Å piki ve 10,5 Å 'deki uzunluklar ölçülerek illit keskinlik oranları hesaplanmıştır. Yapılan ölçümlerin sonuçları Şekil 4.31'de grafik halinde verilmiştir.



Şekil 4.31. XRD Kil analizi yapılan örneklerin illit keskinlik oranları değerleri.

Şekil 4.31'deki grafikten de görülebileceği gibi illit keskinlik oranı hesaplaması yapılan 27 örnekten sadece Çakrazboz Formasyonu'na ait HP2A-8 örneği diyajenetik zonda, kalan örneklerin tamamı ankizonda bulunmaktadır.

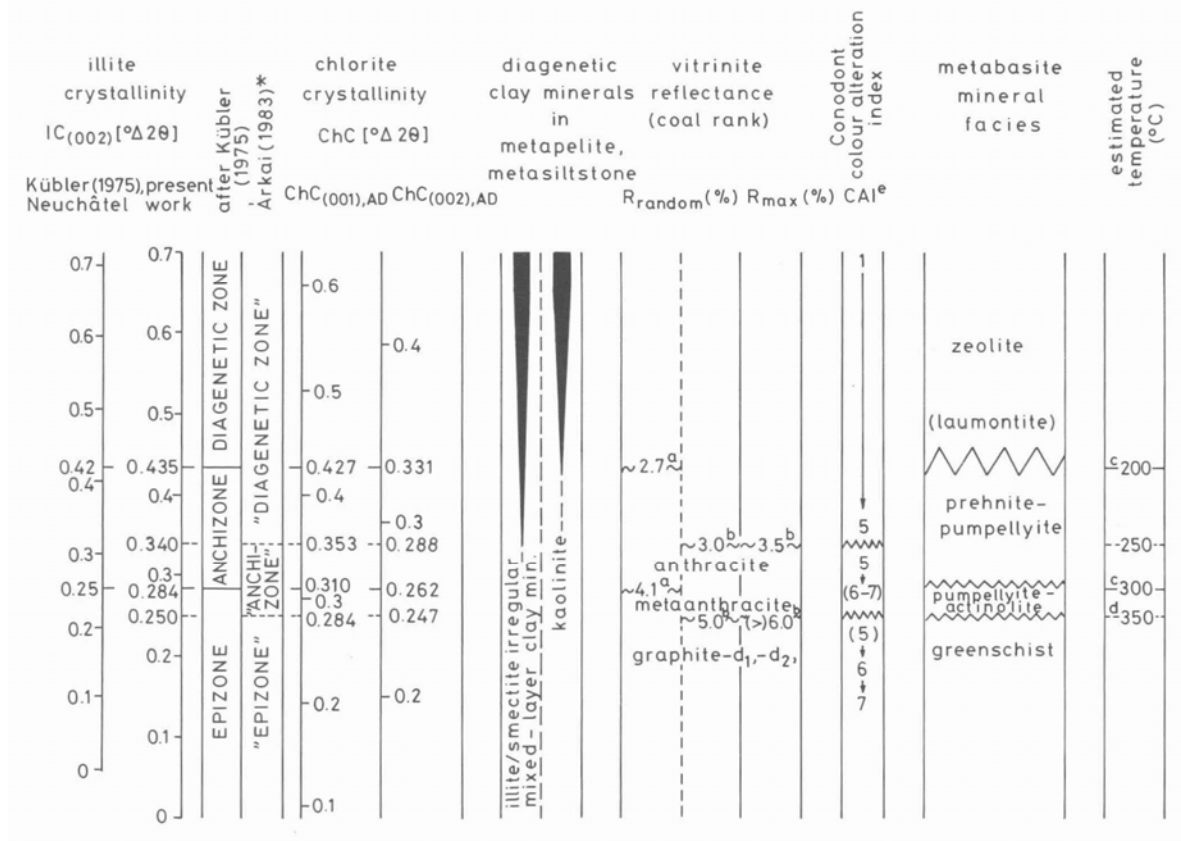
#### 4.3.3. Klorit Kristalinitesi (ChC)

İllit kristalinitesi kavramının yaygın başarılı uygulamalarından sonra, 1980'lerin sonlarından başlayarak klorit ve öncü mineralleri için benzer ilişkiler incelenmiştir. Klorit kristalinitesi (ChC) parametresinin ilk uygulamaları Frey (1987) tarafından kısaca gözden geçirilmiştir. Sonrasında Arkai (1991) illit-muskovit ve kloritin ilerleyen evrimini ilişkilendirirken, illit kristalinitesi ile klorit kristalinitesi arasında nispeten güçlü (%75 – %85) pozitif lineer korelasyonlar bulmuş, ayrıca IC, ChC, vitrinit yansıtması (VR), konodont renk (CAI) ölçekleri ve metabazit mineral fasiyeslerinin korelasyonu için genelleştirilmiş bir şema vermiştir (Şekil 4.32) (Arkai ve ark., 2000).



Arkai (1991) Kloritin hem 14 Å hem de 7 Å piklerinden kristalinite değerinin hesaplanabileceğini söylemiş ve korelasyon tablosuna her iki pike ait değerleri koymuştur.

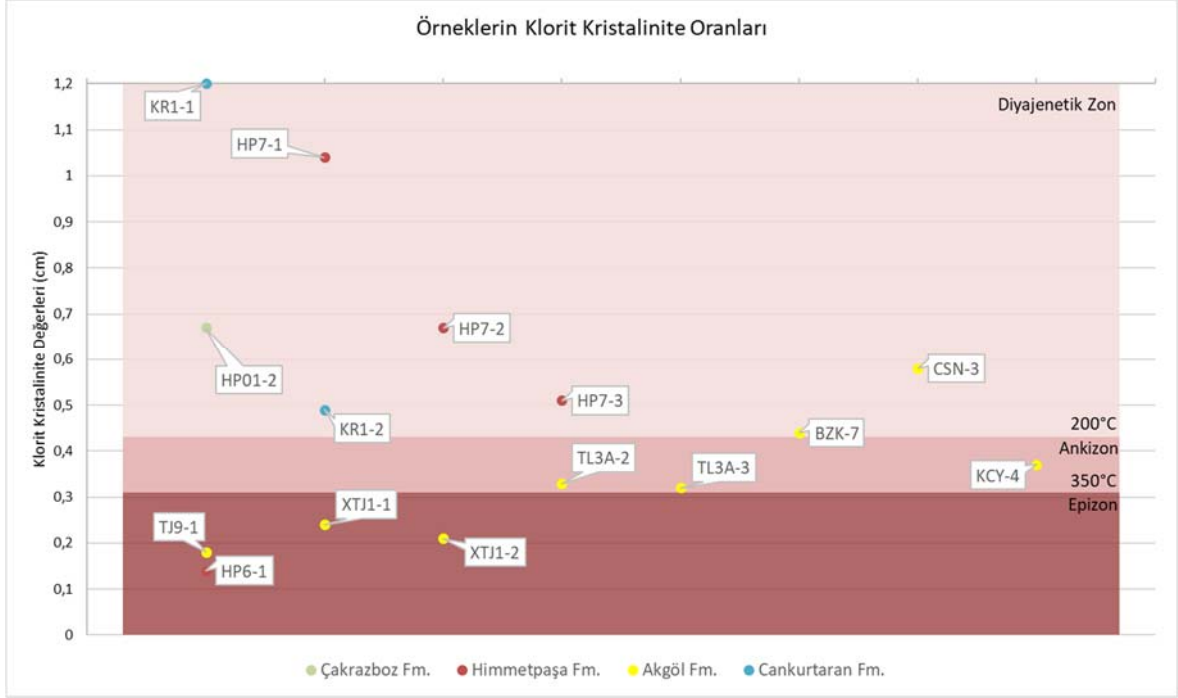
İllit kristalinitesi değeri hesaplanması ile aynı şekilde hesaplanan klorit kristalinitesi bu tez kapsamında klorit mineralinin 14 Å pikinden hesaplanmıştır.



Şekil 4.32. Klorit kristalinitelerinin illit kristalinitesi, vitrinit yansıtması, metabazit mineral fasiyesleri ve konodont renk alterasyonu indeksi ile korelasyonu (Arkai, 1991)

Arkai (1991)'de tarif edildiği şekli ile XRD kil analizi yapılmış 27 adet örnekte glikollü çekim üzerinden 14 Å pikinin yarı uzunluğundaki genişlik santimetre cinsinden ölçülerek klorit kristaliniteleri hesaplanmıştır. Yapılan ölçümlerin sonuçları Şekil 4.33'de grafik halinde verilmiştir.

Örnek setinin içerisinde klorit bulunmayan örnekler de bulunduğu için toplam 27 adet örneğin 15 tanesinden klorit kristalinitesi hesaplanabilmektedir. Klorit kristalinitesi hesaplanan örneklerden 1 tanesi Çakrazboz Formasyonu'na, 4 tanesi Himmetpaşa Formasyonu'na, 8 tanesi Akgöl Formasyonu'na ve 2 tanesi de Cankurtaran Formasyonu'na aittir. Çağlayan Formasyonu'na ait olan örneklerde klorit bulunmadığı için klorit kristalinitesi hesaplanamamıştır.



Şekil 4.33. XRD Kil analizi yapılan örneklerde klorit kristalinite değerleri.

Şekil 4.33'de görülebileceği gibi örneklerin 4 tanesi epizon, 3 tanesi ankizon ve 8 tanesi de diyajenetik zon içerisinde bulunmaktadır. Çakrazboz ve Cankurtaran Formasyonu'na ait örnekler diyajenetik zonda, Himmetpaşa Formasyonu'na ait örneklerin 3 tanesi diyajenetik zon 1 tanesi epizonda, Akgöl Formasyonu'na ait örneklerin ise 3 tanesi epizonda, 3 tanesi ankizonda, 2 tanesi de diyajenetik zonda yer almıştır.

Klorit bulunmayan HP2A-8 ve JK18-5 örneklerinin dışında kalan tüm örneklerde vermikulit minerali bulunmaktadır. Dypvik (1983)'e göre bu örnekler vermikülitik aşamayı geçtikleri için maruz kaldıkları sıcaklık da 230°C'nin üzerindedir. Dolayısı ile bu örnekler de diyajenetik zonda bulunamazlar.

#### **4.3.4. İllit Kristalinite – İllit Keskinlik Oranı – Klorit Kristalinite Değerlerinin Karşılaştırılması**

Yapılan illit kristalinite, illit keskinlik oranı ve klorit kristalinite hesaplamalarının toplu sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Toplu sonuçlar çıkarıldıktan sonra yöntemlerin birbirleri arasındaki uyumunun tespiti için ayrı bir çizelge hazırlanmış ve uyum oranları hesaplanmıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9’da görüleceği üzere en yüksek uyum %52 ile illit kristalinite ile keskinlik oranı sonuçları arasında en düşük uyum ise illit kristalinite ile klorit kristalinite sonuçları arasında görülmüştür.

Bu korelasyonların bir arada değerleri ile birlikte görülebilmesi ve görelili olarak kendi içerisindeki ölççekler nezdinde karşılaştırılabilmesi için ayrıca bir görsel hazırlanmıştır (Şekil 4.34). Hazırlanan bu görselde illit ve klorit kristalinite indeks değerlerinin diyajenetik zon tavan değeri 1,3, keskinlik oranının epizon taban değeri 15 alınmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında birbirleri ile en tutarlı iki yöntem olarak görünen illit kristalinite ve keskinlik oranı değerlerinin diyajenetik zon – ankizon sınırı etrafında yoğunlaştığı, dolayısıyla ilgili metotların zon aralığı sınır değerlerine göre farklı zonlara denk gelen sonuçların ekseriyetinin aslında birbirlerine yakın değerler olduğu, bu minvalde metotlar arasındaki tutarlılığın yüzdesel olarak hesaplanandan daha yüksek olduğu görülmüştür. HP8, TJ5-2, JK5-2, TL3A-3 bu duruma örnek olarak verilebilir.

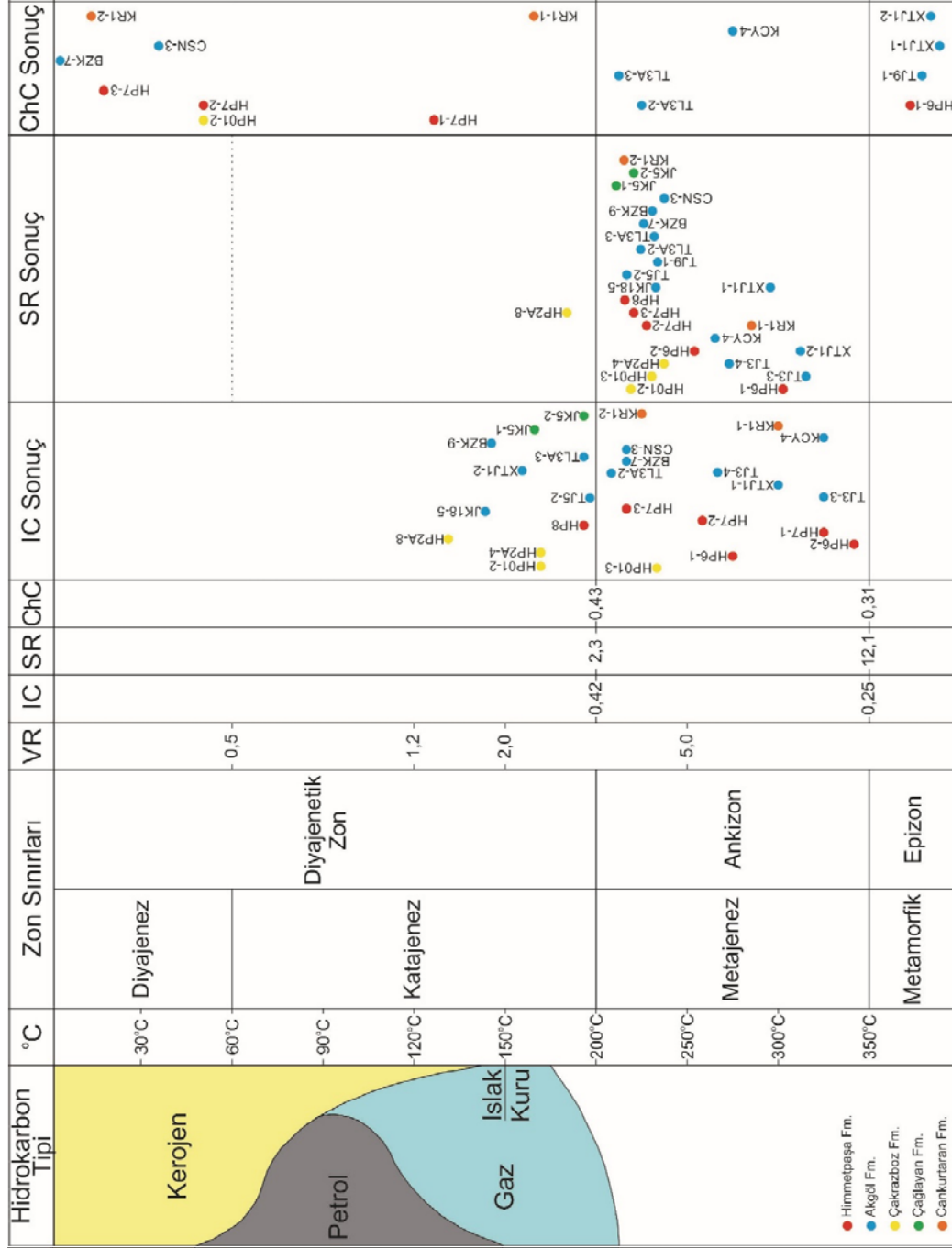
Klorit kristalinitesi sonuçları ise diğer iki yöntemle de uyumlu görülmemekte, yukarıda bahsi geçen zon sınırlarına yakın değerler durumu klorit kristalinite sonuçları için geçerli olmamaktadır. Bu tez çalışması kapsamında klorit kristalinite değerleri ileriki bölümlerde değerlendirilmeye alınmayacaktır.

Çizelge 4.8. İllit kristalinite, illit keskinlik oranı ve klorit kristalinite hesaplamalarının sonuçları ve zon karşılıkları

Örnek	Formasyon	İllit Kristalinite		İllit Keskinlik Oranı		Klorit Kristalinite	
HP01-2	Çakrazboz	0,51	Diyajenez	3,55	Metajenez	0,67	Diyajenez
HP01-3	Çakrazboz	0,39	Metajenez	4,29	Metajenez		
HP2A-4	Çakrazboz	0,51	Diyajenez	4,73	Metajenez		
HP2A-8	Çakrazboz	0,66	Diyajenez	2,18	Diyajenez		
HP6-1	Himmetpaşa	0,34	Metajenez	9,01	Metajenez	0,14	Metamorfizma
HP6-2	Himmetpaşa	0,26	Metajenez	5,83	Metajenez		
HP7-1	Himmetpaşa	0,28	Metajenez	3,29	Metajenez	1,04	Diyajenez
HP7-2	Himmetpaşa	0,36	Metajenez	4,11	Metajenez	0,67	Diyajenez
HP7-3	Himmetpaşa	0,41	Metajenez	3,65	Metajenez	0,51	Diyajenez
HP8	Himmetpaşa	0,44	Diyajenez	3,33	Metajenez		
JK18-5	Akgöl	0,6	Diyajenez	4,44	Metajenez		
TJ3-3	Akgöl	0,28	Metajenez	9,83	Metajenez		
TJ3-4	Akgöl	0,35	Metajenez	7,08	Metajenez		
TJ5-2	Akgöl	0,43	Diyajenez	3,40	Metajenez		
TJ9-1	Akgöl	0,51	Diyajenez	4,51	Metajenez	0,18	Metamorfizma
XTJ1-1	Akgöl	0,31	Metajenez	8,55	Metajenez	0,24	Metamorfizma
XTJ1-2	Akgöl	0,54	Diyajenez	9,63	Metajenez	0,21	Metamorfizma
TL3A-2	Akgöl	0,42	Metajenez	3,90	Metajenez	0,33	Metajenez
TL3A-3	Akgöl	0,44	Diyajenez	4,38	Metajenez	0,32	Metajenez
BZK-7	Akgöl	0,41	Metajenez	4,01	Metajenez	0,44	Diyajenez
BZK-9	Akgöl	0,59	Diyajenez	4,31	Metajenez		
CSN-3	Akgöl	0,41	Metajenez	4,74	Metajenez	0,58	Diyajenez
KCY-4	Akgöl	0,28	Metajenez	6,57	Metajenez	0,37	Metajenez
JK5-1	Çağlayan	0,52	Diyajenez	3,02	Metajenez		
JK5-2	Çağlayan	0,44	Diyajenez	3,65	Metajenez		
KR1-1	Cankurtaran	0,31	Metajenez	7,88	Metajenez	1,2	Diyajenez
KR1-2	Cankurtaran	0,4	Metajenez	3,30	Metajenez	0,49	Diyajenez

Çizelge 4.9. İllit kristalinite, illit keskinlik oranı ve klorit kristalinite sonuçlarının uyum oranları

	<b>İllit Kristalinite – Keskinlik Oranı</b>	<b>İllit Kristalinite – Klorit Kristalinite</b>	<b>Keskinlik Oranı – Klorit Kristalinite</b>
Uyumlu Örnek Sayısı	14	3	4
Toplam Örnek Sayısı	27	15	15
Uyum Oranı	%52	%20	%27



Şekil 4.34. İllit kristalinite, keskinlik oranı ve klorit kristalinite sonuçlarının kendi değer sınırları içerisinde görece ölççek ile karşılaştırması

## 5. ORGANİK JEOKİMYA

Bu bölümde, tez çalışması kapsamında sahada toplanan kaynak kaya örneklerinin hidrokarbon potansiyellerinin saptanabilmesi adına yapılan analizler hakkında kısa teorik bilgiler, sonrasında yapılan analiz sonuçları ve yorumları verilecektir.

Hidrokarbon türetmiş veya hidrokarbon türetebilecek kayalar kaynak kaya, bu kayacın organik çözücülerle çözünmeyen kısmı ise kerojen olarak tanımlanır (Tissot ve Welte, 1984). Kaynak kayanın sahip olduğu petrol potansiyelini belirleyen etkenlerden biri olan kerojen tipi, organik maddenin kökenine ve H/C ile O/C oranlarına bağlı olarak 4'e ayrılır. Kerojen tipleri ile ilgili Tissot ve Welte (1984) çalışmasından derlenen özet bilgi Çizelge 5.1'de verilmiştir.

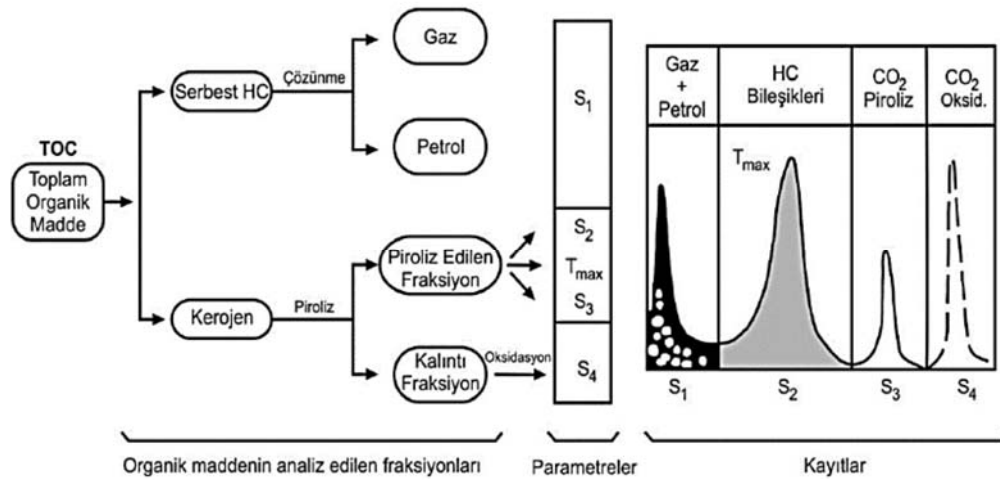
Çizelge 5.1. Kerojen tipleri ve ayırt edici özellikleri (Tissot ve Welte, 1984)

TİP I	TİP II	TİP III	TİP IV
Gölsel Kökenli	Denizel Kökenli	Karasal Ortam	---
Yüksek H/C oranı (>1,5), Düşük O/C oranı (<0,1),	Görel olarak yüksek H/C (< Tip I) ve düşük O/C (> Tip I) oranı,	Düşük H/C oranı (<1), Yüksek O/C oranı (>0,2),	Çok düşük H/C oranı (<0,6), Yüksek O/C oranı (>0,25),
Özellikle alifatik zincirler olmak üzere çok sayıda lipid materyal içerir,	Bol naftenik halkalar, orta uzunlukta alifatik zincirler içerir,	Önemli oranda poliaromatik çekirdekler ve hetero – atomic keton ve karboksilik asit grupları içerir,	Bol aromatic çekirdek ve oksijen içeren gruplar bulundurulur, alifatik zincirler bulundurmaz,
Başlıca algal lipidlerden oluşur,	Başlıca fitoplankton, zooplankton ve bakterilerden oluşur, Önemli oranda kükürt içerir,	Çoğunlukla yüksek karasal bitkilerden oluşur,	Diğer kerojen tiplerinin okside olmasından veya yeniden işlenmesiyle oluşur,
Yüksek petrol oluşturma kapasitesi vardır, Diğer kerojen tiplerine göre daha az rastlanır.	Petrol oluşturma kapasitesi < Tip I, Diğer kerojen tiplerine göre daha yaygındır.	Tip I & II'ye göre daha düşük petrol oluşturma kapasitesi vardır ancak çoğunlukla gaz oluşturlar.	Hidrokarbon oluşturmaz, ölü/kalıntı karbon olarak adlandırılır.

## 5.1. Rock-Eval Piroliz

Rock-Eval Pirolizi petrol arama çalışmalarında en temel soru olan olası kaynak kayaların petrol üretim potansiyellerinin tayini için yaklaşık 40 yıldır kullanılmakta (Romero-Sarmiento ve ark., 2016) ve bu analizle kayada o anda mevcut bulunan ve göçe uygun hidrokarbonlar ile kerojenin termal dönüşümü sonucu oluşabilecek hidrokarbon miktarının tespit edilmesi amaçlanmaktadır (Clementz ve ark., 1979). Rock-Eval Pirolizi, oksijensiz inert bir ortamda organik maddenin yavaş yavaş ısıtılmasıyla serbest organik bileşiklerin ve daha sonra da organik çözücülerle çözünmeyen organik maddenin pirolitik ürünlerinin (kerojen) açığa çıkarılması yolu ile kaynak kayada bulunan organik madde (OM) miktarı, türü ve termal olgunluğu hakkında bilgiler sağlar (Peters, 1986).

Rock - Eval Pirolizi analizi için örnekler 250 µm altına öğütüldükten sonra yaklaşık 100 mg miktarı piroliz fırınına yerleştirilmekte, ısıtmaya başlanan fırın 300 °C sıcaklığa geldiğinde bu fırın sıcaklığında 5 dakika bekletildikten sonra her bir dakikada 25°C olmak üzere fırının ısı 600°C dereceye kadar çıkarılmakta, 600°C derecede de 1 dakika süre ile bekletilmekte, bu ısıtma süreci içerisinde S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> ve T<sub>max</sub> değerleri ölçülmektedir (Şekil 5.1). Süreç içerisinde hidrokarbonlara ek olarak karbondioksit ve su da birincil ürün olarak açığa çıkmaktadır (Clementz ve ark., 1979). Ayrıca piroliz sonrası ayrı bir fırında kalıntı organik karbonun hava ile oksidasyonu sonucu olarak da S<sub>4</sub> değeri elde edilmektedir (Espitalie ve ark., 1985).



Şekil 5.1. Rock – Eval pirolizinde ölçülen değerler ve organik maddenin analiz edilen fraksiyonları (Lafargue ve ark., 1998). (Arslan, 2019)'dan alınmıştır.



Elde edilen bu değerler ve bu değerlerin birbirleri ile olan ilişkileri üzerine geliştirilmiş ampirik formüller ile kayaca ait Toplam Organik Karbon (TOC), Hidrojen İndeksi (HI), Oksijen İndeksi (OI), Üretim İndeksi (PI) ve Vitrit Yansıması (VR) gibi değerler de hesaplanarak kayacın organik maddenin miktarı, tipi ve termal olgunluğu hakkında bilgiler sağlanmaktadır.

Rock – Eval piroliz analizinden ölçülen ve hesaplanan değerleri Jarvie ve Tobey (1999) Çizelge 5.2’deki gibi özetlemiştir.

Çizelge 5.2. Rock – Eval pirolizinde ölçülen ve hesaplanan değerler

Ölçülen Değerler	Hesaplanan Değerler
TOC: Toplam organik karbon	Hidrojen İndeksi (HI): Kerojen tipi
S <sub>1</sub> : Serbest petrol içeriği	Oksijen İndeksi (OI): Kerojen tipi ve bozunma
S <sub>2</sub> : Hidrokarbon potansiyeli	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> : Kerojen tipi
T <sub>max</sub> : Isısal olgunluk	PI: Üretim indeksi

### 5.1.1. S<sub>1</sub> (mgHC/g kayacın)

Piroliz analizi sırasında kayacın ısıtılması ile 300 °C sıcaklığa kadar uçucu hale gelerek açığa çıkan, serbest haldeki ve ısı ile ayrıştırılabilen hidrokarbonlardır (Espitalie ve ark., 1977). Örnek içerisinde bulunan asfaltin ve resin gibi ağır serbest hidrokarbonlar ve hidrokarbon olmayan maddeler daha yüksek sıcaklıklarda buharlaşacağından, veya ısısal kırılmaya uğrayacağından, 300 °C sıcaklığa kadar kaydedilen S<sub>1</sub> eğrisinde değil, 300 °C - 600 °C aralığındaki S<sub>2</sub> eğrisinde kaydedilecektir (Clementz ve ark., 1979).

Farklı bir kaynaktan taşınmış hidrokarbonlar, nemli örneklerde oluşabilecek mantarlar (Peters, 1986), örnek alınan yüzeyde bulunan hidrokarbon kalıntıları veya petrol bazlı sondaj çamuru kullanılan kuyulardan alınan örnekler serbest hidrokarbon barındırdıkları için S<sub>1</sub> değerinin yükselmesine ve yanıltıcı sonuç vermesine sebep olur.

S<sub>1</sub> değerinden itibaren hesaplanan diğer bazı parametreler Üretim İndeksi (PI) ve S<sub>1</sub>/TOC oranıdır.

### 5.1.2. S<sub>2</sub> (mgHC/g kayaç)

Serbest haldeki ve ısı ile ayrıştırılabilen hidrokarbonlar 300°C sıcaklığa kadar ayrılıp S<sub>1</sub> değerini verdikten sonra ısıtma işleminin devam etmesi ile serbest hidrokarbonlar şeklinde açığa çıkamayan ağır hidrokarbon, kerojen, resin ve asfaltların buharlaşması ve parçalanması sonucu, kayaç içindeki kerojenin tam olarak termal dönüşüme uğraması ile açığa çıkabilecek hidrokarbon miktarını belirleyen ve kayacın güncel kaynak potansiyelini ifade eden S<sub>2</sub> değeri ölçülür (Clementz ve ark., 1979; Jarvie ve Tobey, 1999).

S<sub>2</sub> pikinin şekli organik madde tipleri ile karakteristiktir. Petrol eğilimli Tip 1 kerojenler çok dar pik şekillerine, Tip 2 kerojenler Tip 1 kerojenlere göre daha geniş pik şekillerine, Tip 3 veya oksijen açısından daha zengin kerojenler ise çok geniş S<sub>2</sub> piklerine sahiptirler (Jarvie ve Tobey, 1999).

S<sub>2</sub> değerleri bozunma sonucu düşen H/C oranı etkisi ile düşebilir (Van Krevelen, 1984). S<sub>2</sub> değeri kayacın güncel kaynak potansiyelini temsil eder, kayacın orijinal potansiyeli termal olgunlaşmaya bağlı olarak çok daha yüksek olabilir (Jarvie ve Tobey, 1999).

Espitalie (1982) kayacın S<sub>2</sub> değerine göre kaynak kaya potansiyeli sınır değerlerini Çizelge 5.3'deki gibi vermiştir.

Çizelge 5.3. S<sub>2</sub> değerine göre kaynak kaya potansiyeli sınır değerleri (Espitalie, 1982)

S <sub>2</sub> (mgHC/g kaya)	Kaynak Potansiyeli
0,00 – 2,00	Zayıf kaynak potansiyeli
2,00 – 5,00	Orta kaynak potansiyeli
>5,00	İyi kaynak potansiyeli

### 5.1.3. S<sub>3</sub> (mgCO<sub>2</sub>/g kaya)

S<sub>3</sub>, 390°C'ye kadar olan düşük sıcaklık pirolizinde termal iletkenlik tespiti (TCD) kullanılarak ölçülür ve bir gram kayaçtan açığa çıkan karbondioksit miktarını temsil eder

(Peters, 1986). Başka bir deyişle S<sub>3</sub>, kaynak kayanın içerdiği organik maddenin oksijenli bileşiklerce zenginliğinin ifadesidir. Ancak, kayacın bozunmuş olmasından veya mineral-matriks etkileşimleri gibi faktörlerden etkilenebilmektedir (Espitalie ve ark., 1977).

#### 5.1.4. S<sub>4</sub> (mgC/g kaya)

S<sub>4</sub>, piroliz sonrası ayrı bir fırında kalıntı organik karbonun hava ile oksidasyonu sonucu elde edilen (Espitalie ve ark., 1985), hidrojen eksikliği ve moleküllerin kimyasal yapısı sebebiyle hidrokarbon üretme potansiyeline sahip olmayan (Tissot ve Welte, 1984) kalıntı organik karbonu temsil eden kalıntı karbon (RC) değeridir.

Rock – Eval piroliz cihazı ile birlikte TOC oksidasyon fırınından elde edilen RC değeri Toplam Organik Karbon (TOC) değerini hesaplamak için pirolizde elde edilen karbona (PC) dahili olarak eklenir. Dolayısı ile, gerçek S<sub>4</sub> değerinin hesaplanabilmesi için pirolizde elde edilen karbon değerlerinin toplam organik karbon değerinden çıkartılması gerekmektedir. Kalıntı organik karbon miktarı da hesaplanan S<sub>4</sub> değerinin 1/10'una eşittir. (Jarvie ve Tobey, 1999).

$$S_4 = 10 \times \text{TOC} - [0.83(S_1 + S_2)]$$

$$\text{RC} = S_4 / 10$$

#### 5.1.5. T<sub>max</sub> (°C)

Organik maddenin olgunluğu hakkında bilgi veren T<sub>max</sub> değeri, S<sub>2</sub> pikinin maksimum noktasına ulaştığı, yani hidrokarbon dönüşümünün en yüksek olduğu anda ölçülen fırın sıcaklığıdır (Espitalie ve ark., 1977).

T<sub>max</sub> kalibre edilmiş bir sıcaklık olduğundan mutlak sıcaklık değerini temsil etmez, mutlak T<sub>max</sub> değeri Rock – Eval Piroliz analizi ile ölçülen değerden 35 – 40°C daha yüksektir. Zayıf organik madde içeriğinden etkilenen T<sub>max</sub> değeri, düşük (<0,5), geniş ve yatay S<sub>2</sub> piklerinin olduğu örneklerde güvenilir sonuçlar vermez. Bununla birlikte, S<sub>2</sub> değeri 2 civarında olan ancak organik maddece fakir killi sediman örneklerinde de T<sub>max</sub> değeri güvenilir olmayabilir. S<sub>2</sub> pikindeki ağır, serbest hidrokarbonların varlığı T<sub>max</sub> değerini olumsuz etkileyip anormal düşük (< 400°C) çıkmasına sebep olabileceği gibi, yeniden işlenmiş organik madde veya tuz

iyonizasyonu da  $T_{max}$  değerinin anormal yüksek ( $> 550^{\circ}C$ ) çıkmasına sebep olabilir (Jarvie ve Tobey, 1999).

%5'ten yüksek kükürt değerleri karbon – karbon bağlarının daha düşük sıcaklıkta kırılmasına ve dolayısı ile düşük  $T_{max}$  değerlerinin okunmasına sebep olur (Prof.Dr. İsmail Hakkı DEMİREL ile sözlü görüşme, 2022).

$T_{max}$  değerinin olgunlaşmaya karşı sınır değerleri Çizelge 5.4'de, hem organik madde tipi hem  $T_{max}$  değerinin olgunlaşmaya karşı sınır değerleri Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Bordenave (1993) çalışmasında  $T_{max}$  sınır değerlerini ve hidrokarbon türülerini olgunlaşma seviyelerine göre Şekil 5.2'deki gibi göstermiştir.

Çizelge 5.4. Olgunlaşma seviyelerine göre  $T_{max}$  sınır değerleri (Espitalie, 1982)

$T_{max}$	Olgunlaşma Seviyesi
$< 430 - 435^{\circ}C$	Olgunlaşmamış ( $Ro < 0,50$ )
$430 - 460^{\circ}C$	Petrol Penceresi ( $0,5 < Ro < 1,30$ )
$455 - 465^{\circ}C$	Gaz Penceresi ( $Ro > 1,30$ )

Çizelge 5.5. Organik madde türüne göre  $T_{max}$  sınır değerleri (Espitalie ve ark., 1985)

Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4
	$< 425^{\circ}C$	$< 435^{\circ}C$	Olgunlaşmamış
$440 - 448^{\circ}C$	$425^{\circ}C - 450^{\circ}C$	$435^{\circ}C - 465^{\circ}C$	Petrol Penceresi
	$> 450^{\circ}C$	$> 465^{\circ}C$	Gaz Penceresi

### 5.1.6. Toplam Organik Karbon (TOC)

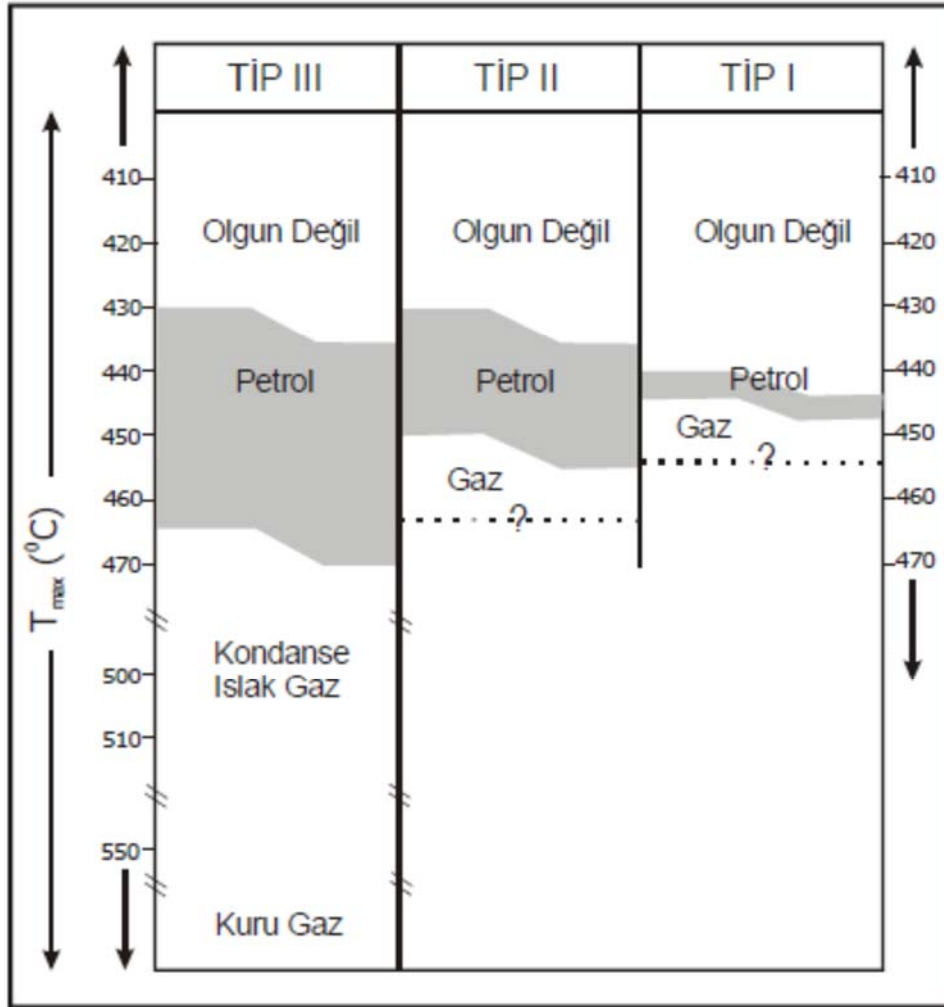
TOC, kaynak kayaç bünyesindeki organik maddenin kütlece yüzdesidir (% ağırlık). Önceki başlıklarda tarifi yapılan  $S_1$  (zaten oluşmuş, serbest hidrokarbon),  $S_2$  (güncel kaynak potansiyeli) ve  $S_4$  (hidrokarbon oluşturma potansiyeli bulunmayan ölü karbon) değerleri kullanılarak aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanır (Jarvie ve Tobey, 1999);

$$TOC = (CC + RC) = [(k \times (S_1 + S_2))/10] + [S_4/10]$$

CC: Dönüştürülebilir karbon,

RC: Kalıntı karbon

k: Hidrokarbonların içerdiği ortalama atomik ağırlık değeridir ve 0.83'e eşittir. İnerjite zengin örneklerde k değeri 0.89'a kadar çıkabilmektedir.



Şekil 5.2. Organik madde türüne göre  $T_{max}$  sınır değerleri ve hidrokarbon türümleri (Bordenave, 1993). (Şen, 2005)'ten alınmıştır.

Tissot ve Welte (1984) Ekonomik olarak petrol üretiminin yapılabilmesi için TOC değerinin  $>0,5\%$  olması gerektiğini söylemiştir. Arslan (2019) farklı çalışmacılara ait TOC sınır değerlerini Çizelge 5.6'daki şekilde bir araya getirmiştir.

Çizelge 5.6. Farklı çalışmacılara ait TOC sınır değerleri ve petrol potansiyelleri (Arslan, 2019)

Çalışma	TOC (% Ağırlık)	Kaynak Kaya Sınıfı
<i>Thomas (1979)</i>	<0,5	Zayıf
	0,5 – 1,0	Orta
	1,0 – 2,0	İyi
	2,0 – 4,0	Çok iyi
<i>Kraus ve Parker (1979)</i>	<0,5	Zayıf
	0,5 – 1,0	Orta
	1,0 – 4,0	İyi
	>4,0	Mükemmel
<i>Tissot ve Welte (1984)</i>	0,1 - 0,5	Zayıf
	0,5 – 1,0	Orta
	1,0 – 2,0	İyi
	2,0 – 10,0	Zengin
<i>Peters (1986)</i>	0,1 - 0,5	Zayıf
	0,5 – 1,0	Orta
	1,0 – 2,0	İyi
	>2,0	Çok iyi
<i>Jarvie (1991)</i>	<0,5	Yetersiz
	0,5 – 1,0	Orta
	>1,0	Yeterli

Peters (1986) Kaynak kaya potansiyelini S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> ve TOC sınır değerleri ile sınıflandırmıştır (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7. TOC, S<sub>1</sub> ve S<sub>2</sub> sınır değerlerine göre petrol potansiyelleri

Petrol Potansiyeli	TOC	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
Zayıf	0 – 0,5	0 -0,5	0 – 2,5
Yeterli	0,5 – 1	0,5 – 1	2,5 – 5
İyi	1 -2	1 – 2	5 – 10
Çok iyi	>2	>2	>10

### 5.1.7. Hidrojen İndeksi (HI)

Kerojen içerisindeki hidrojen miktarı, kaynak kayaların petrol üretme kapasitelerinin belirlenmesinde çok önemli bir yer tutmakta, hidrojen zengin olan organik madde genellikle hidrojen fakir olan organik maddeye göre daha fazla petrol üretmektedir. Kerojen içerisindeki hidrojen miktarının değerlendirilebilmesi için en yaygın kullanılan değerlerden biri hidrojen indeksi parametresidir (Baskin, 1997).

Hidrojen indeksi (mg HC/ g TOC) kayacın normalize edilmiş hidrojen içeriğini ifade eder ve S<sub>2</sub> pikinin % ağırlık olarak kaydedilen TOC değerine oranı ile hesaplanır.

$$HI = S_2 \times 100 / TOC$$

HI ile organik madde tipi belirlenebilmektedir. Kayacın olgunluk derecesi arttıkça düşük hidrojen indeksi Tip I kerojeninde yüksek, Tip III kerojeninde düşük, Tip II kerojeninde ise Tip I ve Tip II kerojenin arasında bulunmaktadır (bkz. Çizelge 5.1) (Jarvie ve Tobey, 1999). Jones (1984)'ün Hidrojen indeksi ile organik madde tipi sınıflaması Çizelge 5.8'deki, Peters (1986)'nın S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> oranını da kullanarak yaptığı sınıflama Çizelge 5.9'daki gibidir.

Çizelge 5.8. HI değerlerine göre kerojen tipi sınıflaması (Jones, 1984)

HI	Kerojen Tipi
<50	Tip IV (sadece gaz)
50 – 200	Tip III (çoğunlukla karasal, gaz & petrol)
200 – 350	Tip II / Tip III karışık (gaz & petrol)
350 – 700	Tip II (çoğunlukla denizel, sadece petrol)
>700	Tip I (çoğunlukla gösel, sadece petrol)

Çizelge 5.9. HI ve S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> oranına göre hidrokarbon tipi sınıflaması (Peters, 1986)

Hidrokarbon Türü	HI	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>
Gaz	< 100	<3
Gaz & Petrol	100 -200	3 – 5
Petrol & Gaz	200 – 350	5 – 10
Petrol	>350	>10

### 5.1.8. Oksijen İndeksi (OI)

Oksijen indeksi (mg CO<sub>2</sub>/ g TOC) kayacın normalize edilmiş oksijen içeriğini ifade eder ve S<sub>3</sub> pikinin % ağırlık olarak kaydedilen TOC değerine oranı ile hesaplanır. Tip III kerojenler genellikle Tip I ve Tip II kerojenlere göre daha yüksek OI değerine sahiptir. Her ne kadar bu yönü ile kerojen tipi belirlemede bir payı olsa da petrol veya gaz potansiyelini belirlemedeki temel ayırt edici faktör HI değeridir (Espitalie ve ark., 1977; Jarvie ve Tobey, 1999).

$$OI = S_3 \times 100 / TOC$$

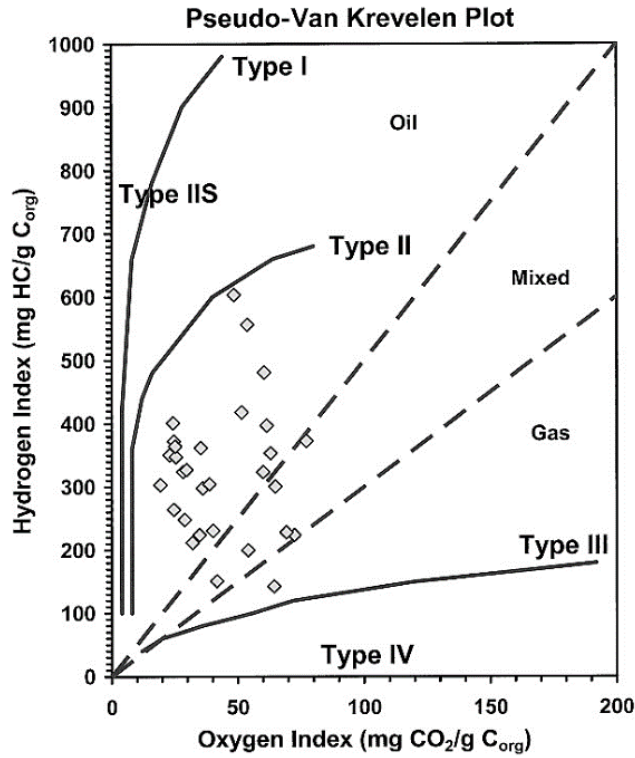
Oksijen indeksi, S<sub>3</sub> değerindeki artışla doğrudan ilişkilidir, dolayısıyla mineral matrisin ayrışması sonucu S<sub>3</sub> değerinin artması da OI değerindeki önemli bir artışa sebep olabilir. TOC değerinin %0.50'den az olduğu durumlarda oksijen indeksi anlamsız (Espitalie ve ark., 1977), OI değerinin 200'den büyük olduğu durumlarda ise OI değeri anormaldir ve güvenilir değildir (Jarvie ve Tobey, 1999). Ayrıca, S<sub>3</sub> değeri karbonat minerallerinden veya öğütme işlemi sırasında oluşabilecek bir oksidasyondan dolayı diğer piroliz parametreleri kadar güvenilir değildir. OI değerinin güvenilir olmadığı durumlarda HI – T<sub>max</sub> grafiği kullanılır (Espitalie ve ark., 1977).

### Van Krevelen Diyagramı

Kerojen tipi, atomik H/C oranının HI, atomik O/C oranının da OI değeri ile arasındaki yüksek korelasyon sebebiyle, organik madde miktarından bağımsız olarak HI ve OI değerlerinin bir arada kullanılmasıyla karakterize edilebilmektedir (Tissot ve Welte, 1984).

Van Krevelen (1961), kerojen tiplerini ayırt edip kömürleri karakterize etmek için atomik H/C – O/C oranını kullandığı bir diyagram yaratmıştır. Daha sonra Tissot ve ark. (1974) bu diyagramı hem HI ve OI değerlerinin kullanıldığı hem de sedimanter kayalardaki kerojen çeşitlerini içerecek şekilde modifiye etmiştir (Peters ve Cassa, 1994). Orijinal Van Krevelen diyagramından farklı olduğu için Pseudo Van Krevelen diyagramı olarak adlandırılır (Şekil 5.3).





Şekil 5.3. Pseudo Van Krevelen diyagramı (AAPG\_Wiki, 2016)

### 5.1.9. Üretim İndeksi (PI)

Üretim indeksi (PI), kayacın gömülmeye dayalı, olgunlaşma öncesindeki ısısal evrimi sırasındaki toplam hidrokarbon potansiyelinin ( $S_1+S_2$ ) ne kadarının henüz kayaçtan atılmamış serbest hidrokarbonlara ( $S_1$ ) dönüşmüş olabileceğini gösteren indekstir. Oluşan serbest hidrokarbonlar kayaçtan atılmadığında PI termal olgunluk ile doğru orantılı olarak artar (Espitalie ve ark., 1977; Jarvie ve Tobey, 1999). Başka bir deyişle, üretim indeksi kayaç içerisindeki serbest hidrokarbon miktarının toplam hidrokarbon miktarına oranıdır.

$$PI = S_1/(S_1+S_2)$$

Organik fasiyes değişimleri, sedimandan ve/veya sedimana gerçekleşen hidrokarbon göçü kayaç içerisindeki serbest hidrokarbon miktarını ( $S_1$ ) etkileyeceğinden PI değerinden anomalilere sebep olabilir.

Organik maddenin ısısal gelişimi ile yakından ilgili olan üretim indeksi ile olgunlaşma arasındaki sınır değerleri ilişkisini Espitalie (1982) Çizelge 5.10'daki gibi, Peters (1986) da Çizelge 5.11'deki gibi vermiştir.

Çizelge 5.10. Olgunluk seviyelerine göre PI sınır değerleri (Espitalie, 1982)

PI	Olgunluk
<0,08	Olgunlaşmamış
0,08 – 0,5	Petrol Penceresi
>0,5	Gaz Penceresi

Çizelge 5.11. Olgunluk seviyelerine göre PI ve  $T_{max}$  sınır değerleri

PI	$T_{max}$	Olgunluk
~0,1	~ 435 – 445	Petrol Penceresi Başlangıcı
~0,4	~ 470	Petrol Penceresi Bitişi

### 5.1.10. $S_1/TOC$ Oranı

Serbest hidrokarbonların ( $S_1$ ) toplam organik karbona (TOC) oranı rezervuar kayaçlarının veya sıkı kaynak kayaçların termal olgunluğunu belirlemek için kullanılabilir. Olgun kaynak kayaçlar genellikle olgunlaşmamış kaynak kayaçlara kıyasla daha yüksek  $S_1/TOC$  oranlarına, rezervuar kayalar ise genellikle 100 mg petrol/g TOC miktarını aşan çok yüksek  $S_1/TOC$  oranlarına sahiptir.  $S_1/TOC$  oranı ayrıca örnekte bulunan hidrokarbonların taşınmış olup olmadığı hakkında da bilgi verebilir. Ancak “5.1.1.  $S_1$ ” başlığı altında da bahsedildiği gibi, kayaç örneği kuyudan alındıysa petrol bazlı sondaj çamurunun yaratacağı kirliliğe dikkat edilmelidir (Jarvie ve Tobey, 1999).

Jarvie ve Baker (1984)  $S_1/TOC$  sınır değerlerinin kaynak kaya potansiyeli ve örneğin kirliliği ile arasındaki ilişkiyi Çizelge 5.12’deki gibi kurmuştur.

Çizelge 5.12.  $S_1/TOC$  değerlerine göre kayaç potansiyeli ve kirlenme derecesi (Jarvie ve Baker, 1984)

$(S_1/TOC) \times 100$	Kayaç Potansiyeli / Kirlenme Derecesi
<50	Zayıf
50 – 100	Olgun, sıkı kaynak kaya / Olası kirlenme
>100	Rezervuar kaya veya kirlenme

### 5.1.11. Pirolize Karbon (PC)

Potansiyel verim olarak da adlandırılabilen Pirolize Karbon (PC), kayaç içerisindeki serbest hidrokarbonların ( $S_1$ ) karbon içeriği ile ( $S_1 \times 0,83$ ) hidrokarbon üretme potansiyeline sahip hidrokarbonların ( $S_2$ ) karbon içeriğinin ( $S_1 \times 0,83$ ) toplamını ifade eder (Jarvie ve Tobey, 1999).

$$PC = 0.83 \times (S_1 + S_2) / 10$$

Petrol üretme eğilimi olan kaynak kayalarda PC değeri %30'dan düşüktür. Espitalie (1982) organik madde tipini PC değerlerine göre Çizelge 5.13'deki gibi belirlemiştir.

Çizelge 5.13. PC sınır değerlerine göre organik madde tipi (Espitalie, 1982)

PC Oranı	Organik Madde Tipi
>%80	Tip I
% 30 – % 80	Tip II
< % 30	Tip III

### 5.1.12. Kalıntı Karbon (RC)

Kalıntı karbon, kerojen içerisindeki petrol üretme potansiyeli çok düşük olan karbon miktarını ifade eder ve  $S_4$  miktarının  $1/10$ 'una eşittir (bkz."5.1.4.  $S_4$ "). Kalıntı karbon miktarı Tip III kerojenden Tip I kerojene doğru azalır. Önceleri her kerojen tipi için görece olarak sabit bir seviyede olduğu düşünülen kalıntı karbon değerinin Tip II kerojen kaynak kayalarda %20, Tip I kerojen kaynak kayalarda ise %50 oranında artış gösterdiği görülmüştür (Jarvie ve Tobey, 1999).

### 5.1.13. $S_2/S_3$

$S_2/S_3$  oranı Clementz ve ark. (1979) tarafından TOC değeri yokluğunda kerojen tipi tespiti için değerlendirilmiştir. Bu oran, hidrojenin oksijene olan oranını HI/OI oranına benzer şekilde ifade eder (Jarvie ve Tobey, 1999).

Clementz ve ark. (1979)  $S_2/S_3$  oranını kerojen tipi ile Çizelge 5.14'deki gibi sınıflandırmıştır.

Çizelge 5.14. S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> oranının kerojen tiplerine göre sınır değerleri (Clementz ve ark., 1979)

S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>	Kerojen Tipi
0,0 – 2,5	Tip III - Gaz Potansiyeli
2,5 – 5,0	Tip II – Gaz & Petrol Potansiyeli
> 5,0	Tip I veya Tip II – Petrol Potansiyeli

#### 5.1.14. T<sub>max</sub> Değeri İle Vitrinit Yansıtmasının Hesaplanması (%Ro)

Organik maddenin olgunluğu hakkında önemli bir parametre olan T<sub>max</sub> değeri vitrinit yansıtma değerleri gibi kinetik kontrollüdür. T<sub>max</sub> değeri kullanılarak hesaplanmış Vitrinit Yansıtma değerleri elde edilebilir (Jarvie ve ark., 2001).

$$\text{Cal. \%Ro} = 0,018 \times T_{\text{max}} - 7,16$$

Geleneksel olmayan şeyl gaz potansiyeli değerlendirmelerinde termal olgunlaşma indikatörü olarak kullanılan %Ro Tip I kerojen içeren kaynak kayalarda iyi sonuç vermemektedir (Jarvie, 2012; Jarvie ve ark., 2001).

## 5.2. Rock – Eval Pirolizi Analiz Sonuçları ve Hidrokarbon Potansiyeli

Bu tez çalışması kapsamında iki kez saha çalışması yapıldığı ve ikinci saha çalışmasında ilk saha çalışmasında elde edilen Rock -Eval Pirolizi analiz sonuçları etken olduğu için bu bölüm “1. Arazi Çalışması Rock – Eval Pirolizi Analiz Sonuçları”, “2. Arazi Çalışması Rock – Eval Pirolizi Analiz Sonuçları” ve “Rock – Eval Pirolizi Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi” başlıkları altında 3 kısımda incelenmiştir.

### 5.2.1. 1. Arazi Çalışması Rock – Eval Pirolizi Analiz Sonuçları

Haziran 2021 tarihinde oldukça geniş bir alanda gerçekleştirilen (bkz. Şekil 3.1) ilk arazi çalışmasında alınan örnekler arasından seçilen 30 adet örnekte Rock – Eval Piroliz analizi gerçekleştirilmiştir. Analizlerde ölçülen ve hesaplanan değerler Çizelge 5.15’de verilmiştir.

Analizi yapılan 30 adet örneğin 19 adedinde S<sub>2</sub> değerinin çok düşük olması sebebi ile güvenilir olmadığından T<sub>max</sub> değeri ve dolayısı ile T<sub>max</sub> değerine bağlı hesaplanan vitrinit yansıtması değerleri hesaplanamamıştır. Güncel petrol potansiyeline gösteren S<sub>2</sub> değerleri

arasından HP2A-2 değeri haricindeki tüm değerler 2 mgHC/g kayaç değerinin altındadır. Kerojen içerisindeki hidrojen miktarını ve dolayısı ile kayacın üretebileceği hidrokarbon türünü gösteren parametre olan HI değerlerinin yarıdan fazlası 50 mgHC/g TOC değerinin altında olup kuru gaz Tip IV kerojen, 10 tanesi gaz üretim potansiyeli olan Tip III kerojen, 1 tanesi hem gaz hem petrol üretebilecek Tip II/Tip III karışık kerojen ve 1 tanesi de petrol üretim potansiyeline sahip Tip II kerojen olarak görülmüştür.

Analiz sonucunda elde edilen bu değerler “5.1. Rock-Eval Piroliz” konusu altında açıklanan, farklı çalışmacıların belirlediği sınır değerlerine göre Kaynak Kaya Potansiyeli, Kerojen Tipi ve Olgunlaşma Seviyeleri açılarından sınıflandırılmıştır.

Çizelge 5.15. İlk saha çalışmasına ait Rock – Eval Piroлиз analizi yapılan örneklerin ölçülen ve hesaplanan değerleri

Örnek	Formasyon	TOC	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	T <sub>max</sub>	%R <sub>0</sub>	HI	OI	PI	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> /TOC
HP01-1	Çakrazboz	0,21	0,03	0,08	0,39	-	--	38	186	0,27	0,2	14
HP01-2	Çakrazboz	0,12	0,02	0,06	0,31	-	--	<b>50</b>	258	0,25	0,2	17
HP01-3	Çakrazboz	0,23	0,03	0,07	0,35	-	--	30	152	0,30	0,2	13
HP01-4	Çakrazboz	0,18	0,03	0,07	0,30	-	--	39	167	0,30	0,2	17
HP01-5	Çakrazboz	0,18	0,02	0,04	0,38	-	--	22	211	0,33	0,1	11
HP2A-1	Çakrazboz	0,26	0,05	0,13	0,27	437	0,71	<b>50</b>	104	0,28	0,5	19
HP2A-2	Çakrazboz	<b>2,05</b>	0,09	<b>12,27</b>	0,34	437	0,71	<b>599</b>	17	0,01	36,1	4
HP2A-3	Çakrazboz	0,28	0,02	0,13	0,39	433	0,63	46	139	0,13	0,3	7
HP2A-4	Çakrazboz	0,16	--	--	0,32	-	--	--	200	--	--	--
HP2A-5	Çakrazboz	<b>0,51</b>	0,03	0,41	0,37	431	0,60	<b>80</b>	73	0,07	1,1	6
HP2A-6	Çakrazboz	0,08	0,03	0,06	0,17	-	--	<b>75</b>	212	0,33	0,4	38
HP2A-7	Çakrazboz	0,03	0,02	0,06	0,20	-	--	<b>200</b>	667	0,25	0,3	67
HP2A-8	Çakrazboz	0,13	0,02	0,04	0,18	-	--	31	138	0,33	0,2	15
HP2A-9	Çakrazboz	<b>0,78</b>	0,06	<b>1,38</b>	0,31	429	0,56	<b>177</b>	40	0,04	4,5	8
HP6-1	Himmetpaşa	<b>2,37</b>	0,05	<b>1,35</b>	0,66	423	0,45	<b>57</b>	28	0,04	2,0	2
HP6-2	Himmetpaşa	<b>1,57</b>	0,06	0,24	1,65	456	1,05	15	105	0,20	0,1	4
JK3-2	Akgöl	0,48	0,01	0,05	0,18	-	--	10	38	0,17	0,3	2
JK4-2	Akgöl	0,38	0,02	0,20	0,28	453	0,99	<b>53</b>	74	0,09	0,7	5
JK4-4	Akgöl	0,41	0,03	0,25	0,26	465	1,21	<b>61</b>	63	0,11	1,0	7
JK5-1	Çağlayan	<b>0,64</b>	0,02	0,06	0,26	-	--	9	41	0,25	0,2	3
JK18-5	Akgöl	<b>1,46</b>	0,06	0,25	0,18	-	--	17	12	0,19	1,4	4
TJ12-1	Akgöl	0,12	0,02	0,06	0,35	-	--	<b>50</b>	292	0,25	0,2	17
TJ3-3	Akgöl	0,42	0,06	0,20	0,29	346	--	48	69	0,23	0,7	14
TJ5-2	Akgöl	<b>0,55</b>	0,05	0,18	0,33	-	--	33	60	0,22	0,5	9
TJ9-1	Akgöl	<b>0,54</b>	0,02	0,14	0,08	427	0,53	26	15	0,13	1,8	4
TL3A-2	Akgöl	0,25	0,01	0,05	0,09	-	--	20	36	0,17	0,6	4
TL3A-3	Akgöl	0,45	0,04	0,16	0,22	-	--	36	49	0,20	0,7	9
TL3A-4	Akgöl	<b>0,91</b>	0,04	0,16	0,23	-	--	18	25	0,20	0,7	4
XTJ1-1	Akgöl	0,27	0,05	0,17	0,28	-	--	<b>63</b>	104	0,23	0,6	19
XTJ1-2	Akgöl	<b>0,59</b>	0,07	0,17	0,18	-	--	29	31	0,29	0,9	12

### 5.2.1.1. Analiz Sonuçlarının Kaynak Kaya Potansiyeli Açısından Değerlendirilmesi

Örneklerin analiz sonuçları kaynak kaya potansiyeli açısından sınıflandırılırken 3 yöntem kullanılmıştır:

1. TOC değerine göre: Çizelge 5.6'da verilen TOC değerlerine göre farklı çalışmacıların belirlediği sınır değerleri arasından genel ortalamayı yansıttığı için Peters (1986)'nın sınır değerleri kullanılmıştır.
2. S<sub>2</sub> değerine göre (Espitalie, 1982): bkz. Çizelge 5.3
3. S<sub>1</sub>-S<sub>2</sub>-TOC değerlerine göre (Peters, 1986): bkz. Çizelge 5.7

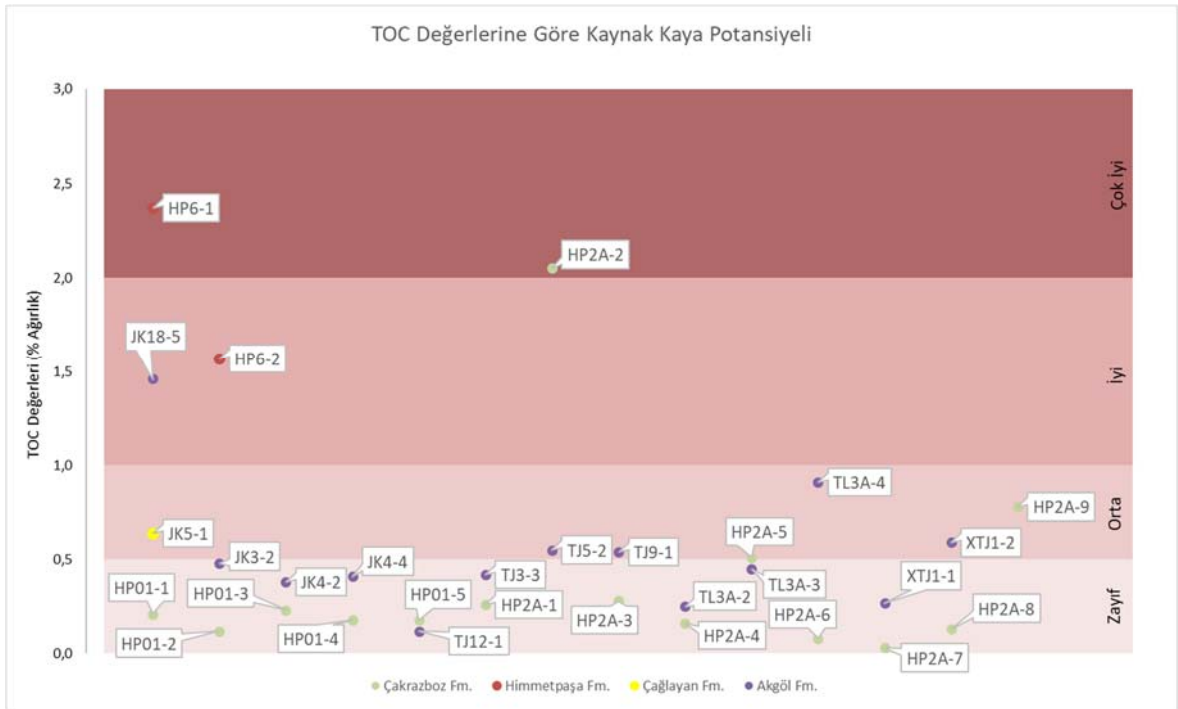
Sayılan yöntemlere göre yapılan sınıflandırmalar Çizelge 5.16'da, TOC sonucuna göre yapılan değerlendirme sonuçlarının grafiği Şekil 5.4'de, S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub> – TOC grafiği Şekil 5.5'te verilmiştir.

Üç farklı yöntemle göre yapılan kaynak kaya değerlendirme sonucunda;

- i. (Peters, 1986) TOC sınıflamasına göre yapılan değerlendirmede 14 adet Çakrazboz Formasyonu örneğinin HP2A-5 ve HP2A-9 olmak üzere 2 tanesinin “orta” ve HP2A-2'nin “çok iyi” derecede kaynak kaya potansiyeline; Himmetpaşa Formasyonu'na ait 2 örnekten HP6-1'in “çok iyi”, HP6-2'nin “iyi” kaynak kaya potansiyeline, Akgöl Formasyonu'na ait 13 adet örnekten TJ5-2, TJ9-1, TL3A-4 ve XTJ-2 olmak üzere 4 adedinin “orta”, JK3-2, JK18-5 olmak üzere 2 adedinin “iyi” derecede kaynak kaya potansiyeline, Çağlayan Formasyonu'na ait JK5-1 örneğinin “orta” derecede kaynak kaya potansiyeline, geriye kalan tüm örneklerin ise TOC sınıflamasına göre “zayıf” kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu,
- ii. Peters (1986)'nın S<sub>1</sub>-S<sub>2</sub>-TOC sınıflamasına göre yapılan değerlendirmede; Çakrazboz Formasyonu'na ait örneklerden sadece HP2A-2 örneğinin “yeterli”, Himmetpaşa Formasyonu'na ait örneklerden ikisinin de “yeterli” kaynak kaya potansiyeline, diğer tüm örneklerin S<sub>1</sub>-S<sub>2</sub>-TOC sınıflamasına göre “zayıf” kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu,
- iii. Espitalie (1982)'nin S<sub>2</sub> değerlerini kullanarak yaptığı sınıflamaya göre yapılan değerlendirmede Çakrazboz Formasyonu'na ait HP2A-2 örneğinin

“iyi” kaynak kaya potansiyeline diğer tüm örneklerin ise “zayıf” kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu görülmüştür.

Örneklerin kaynak kaya potansiyellerinin genel değerlendirmesinde Himmetpaşa Formasyonu’ndan alınan her iki örneğin de TOC ve S<sub>1</sub>-S<sub>2</sub>-TOC sınıflandırmalarına göre pozitif sonuç vermesi ve Akgöl Formasyonu örneklerinin de TOC değerlerine göre yarıya yakınının potansiyel görünmesi sebebi ile bu iki formasyon için ikinci bir saha çalışması düşünülmüştür.



Şekil 5.4. 1. Saha örneklerin TOC sonuçlarına göre kaynak kaya potansiyeli



Çizelge 5.16. Analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre kaynak kaya potansiyeli açısından değerlendirme sonuçları

Örnek	Formasyon	Kaynak Kaya Potansiyeli Değerlendirme Sonuçları		
		TOC (Peters, 1986)	S <sub>1</sub> – S <sub>2</sub> – TOC (Peters, 1986)	S <sub>2</sub> (Espitalie, 1982)
HP01-1	Çakrazboz	Zayıf	Zayıf	Zayıf
HP01-2	Çakrazboz	Zayıf	Zayıf	Zayıf
HP01-3	Çakrazboz	Zayıf	Zayıf	Zayıf
HP01-4	Çakrazboz	Zayıf	Zayıf	Zayıf
HP01-5	Çakrazboz	Zayıf	Zayıf	Zayıf
HP2A-1	Çakrazboz	Zayıf	Zayıf	Zayıf
HP2A-2	Çakrazboz	<b>Çok İyi</b>	<b>Yeterli</b>	<b>İyi</b>
HP2A-3	Çakrazboz	Zayıf	Zayıf	Zayıf
HP2A-4	Çakrazboz	Zayıf	Zayıf	Zayıf
HP2A-5	Çakrazboz	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf
HP2A-6	Çakrazboz	Zayıf	Zayıf	Zayıf
HP2A-7	Çakrazboz	Zayıf	Zayıf	Zayıf
HP2A-8	Çakrazboz	Zayıf	Zayıf	Zayıf
HP2A-9	Çakrazboz	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf
HP6-1	Himmetpaşa	<b>Çok İyi</b>	<b>Yeterli</b>	Zayıf
HP6-2	Himmetpaşa	<b>İyi</b>	<b>Yeterli</b>	Zayıf
JK5-1	Çağlayan	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf
JK3-2	Akgöl	<b>İyi</b>	Zayıf	Zayıf
JK4-2	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
JK4-4	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
JK18-5	Akgöl	<b>İyi</b>	Zayıf	Zayıf
TJ12-1	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
TJ3-3	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
TJ5-2	Akgöl	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf
TJ9-1	Akgöl	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf
TL3A-2	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
TL3A-3	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
TL3A-4	Akgöl	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf
XTJ1-1	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
XTJ1-2	Akgöl	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf

### 5.2.1.2. Analiz Sonuçlarının Kerojen ve Hidrokarbon Türü Açısından Değerlendirilmesi

Örneklerin analiz sonuçları kerojen ve hidrokarbon tipi açısından sınıflandırılırken 4 yöntem kullanılmıştır:

1. HI değerine göre(Jones, 1984): bkz. Çizelge 5.8
2. S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> değerine göre(Clementz ve ark., 1979): bkz. Çizelge 5.14
3. HI-S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> değerlerine göre (Peters, 1986): bkz. Çizelge 5.9
4. HI – OI değerine göre: Pseudo Van Krevelen diyagramı
5. S<sub>2</sub>-TOC değerine göre: S<sub>2</sub> - TOC diyagramı

Sayılan yöntemler arasından ilk 3 tanesinin sonuçları Çizelge 5.17’de, Pseudo Van Krevelen diyagramı Şekil 5.5’de, S<sub>2</sub>’ye karşı TOC diyagramı da Şekil 5.6’da verilmiştir.

Örneklerin hidrokarbon tipi değerlendirmelerine bakıldığında analizi yapılan kaynak kaya örneklerinin ekseriyetinin gaz üretmeye eğilimli olduğu, ancak HP2A-2 ve HP2A-9 örneklerinin istisna yarattığı görülmektedir.

Jones (1984)’ün HI sınıflamasına göre Çakrazboz Formasyonu’ndan HP01-2, HP2A-1, HP2A-6 ve HP2A-9 Tip III; HP2A-2 ve HP2A-7 örnekleri ise Tip II kerojendir. Himmetpaşa Formasyonu’ndan HP6-1, Akgöl Formasyonu’ndan JK4-2, JK4-4, TJ12-1, XTJ1-1 örneklerinin günümüz itibariyle Tip III kerojen, geriye kalan tüm örneklerin ise Tip IV kerojen olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.17. Analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre kerojen ve hidrokarbon tipi açısından değerlendirme sonuçları

Örnek	Formasyon	Kerojen ve Hidrokarbon Tipi Değerlendirme Sonuçları		
		HI (Jones, 1984)	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> (Clementz, 1979)	HI & S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> (Peters, 1986)
HP01-1	Çakrazboz	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP01-2	Çakrazboz	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP01-3	Çakrazboz	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP01-4	Çakrazboz	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP01-5	Çakrazboz	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP2A-1	Çakrazboz	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP2A-2	Çakrazboz	<b>Tip II - Çoğunlukla denizel, Petrol</b>	Tip I veya Tip II - Petrol Potansiyeli	Petrol
HP2A-3	Çakrazboz	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP2A-4	Çakrazboz	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP2A-5	Çakrazboz	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP2A-6	Çakrazboz	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP2A-7	Çakrazboz	<b>Tip II/Tip III karışık, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip III - Gaz Potansiyeli	---
HP2A-8	Çakrazboz	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP2A-9	Çakrazboz	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip II - Gaz & Petrol Potansiyeli	Gaz & Petrol
HP6-1	Himmetpaşa	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP6-2	Himmetpaşa	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
JK5-1	Çağlayan	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
JK3-2	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
JK4-2	Akgöl	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
JK4-4	Akgöl	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
JK18-5	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz

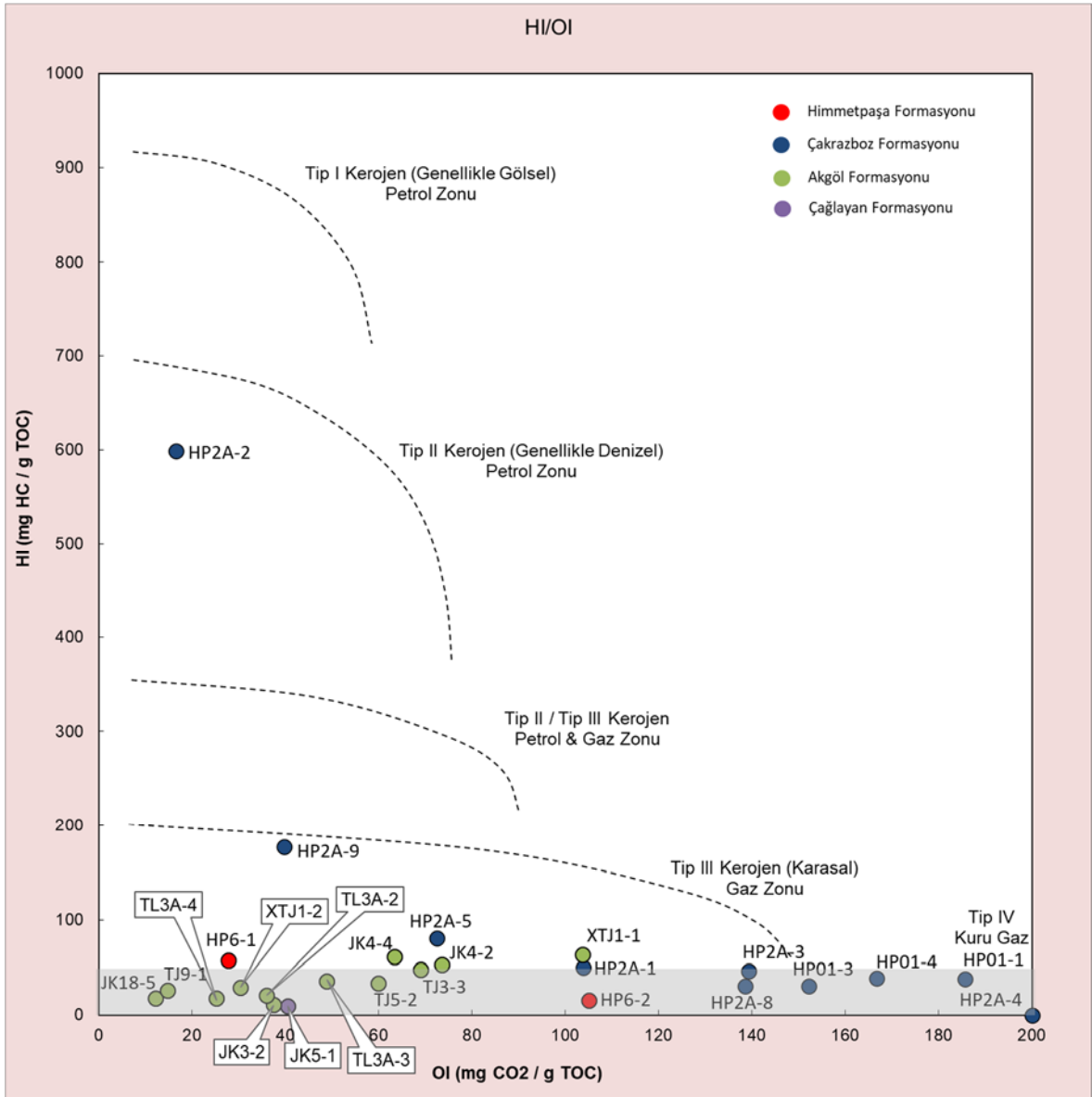
Çizelge 5.17. Analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre kerojen ve hidrokarbon tipi açısından değerlendirme sonuçları (devamı)

Örnek	Formasyon	Kerojen ve Hidrokarbon Tipi Değerlendirme Sonuçları		
		HI (Jones, 1984)	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> (Clementz, 1979)	HI & S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> (Peters, 1986)
TJ12-1	Akgöl	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
TJ3-3	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
TJ5-2	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
TJ9-1	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
TL3A-2	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
TL3A-3	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
TL3A-4	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
XTJ1-1	Akgöl	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
XTJ1-2	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz

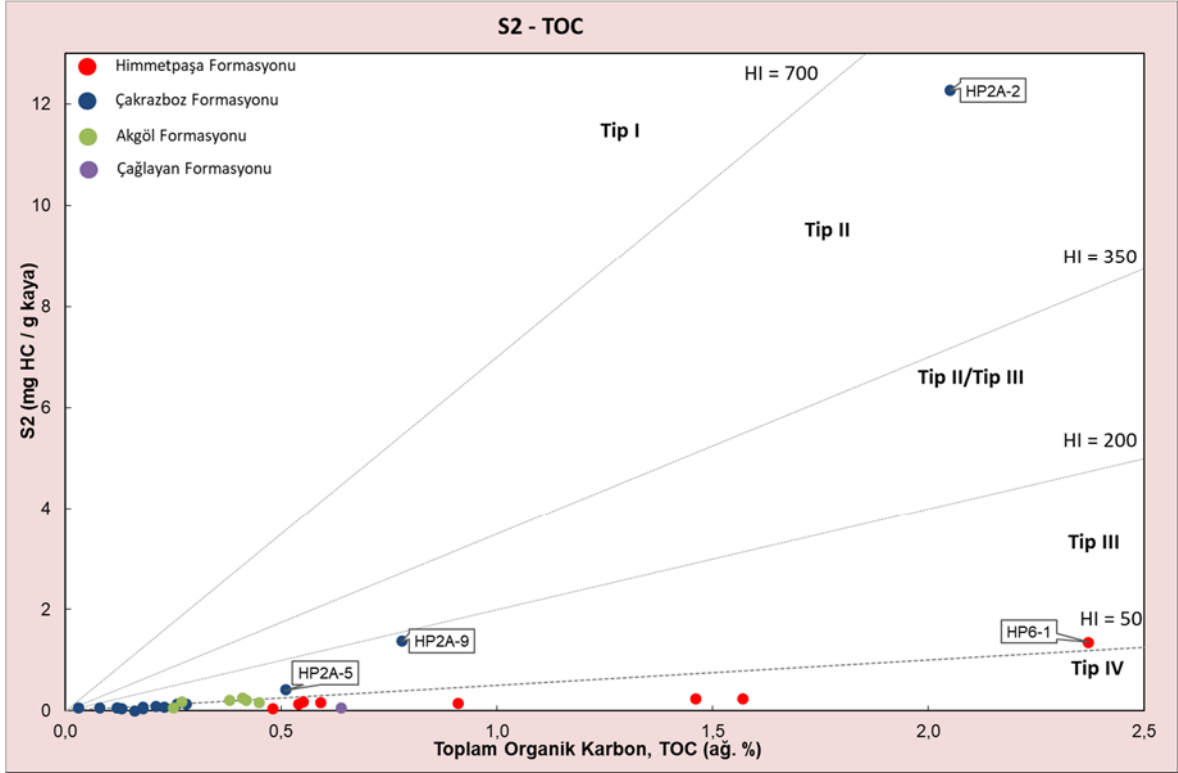
Clementz ve ark. (1979)'ün S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> sınıflamasına göre ise Çakrazboz Formasyonu'ndan HP2A-2 örneğinin Tip I veya Tip II kerojen, HP2A-9 örneği ise Tip II kerojen, geri kalan tüm örnekler Tip III kerojendir. Ancak bu sınıflama içerisinde Tip IV kerojenin yer almadığı ve bu sebeple Jones (1984)'ün sınıflamasında Tip IV olarak görünen kerojenlerin bu sınıflamada ayrılmadığı ve Tip III olarak görüldüğü unutulmamalıdır.

Yukarıda bahsi geçen (Jones, 1984) ve (Clementz ve ark., 1979) arasındaki Tip III – Tip IV farklılaşması dışında genel olarak 3 sınıflama yönteminden de gelen sonuçlar birbirleri ile tutarlı görülmüştür.

Pseudo Van Krevelen ve S<sub>2</sub>'ye karşı TOC diyagramlarından elde edilen sonuçlar, sınıflandırma yapılan diğer 3 yöntemle benzer sonuçlar vermiştir. Önceki sınıflamalarda da görüldüğü gibi HP2A-2 örneği bu diyagramlarda da Tip II kerojen, HP2A-5, HP2A-9, HP6-1 örnekleri de Tip III kerojen olarak sınıflanmıştır.



Şekil 5.5. Pseudo Van Krevelen diyagramı üzerinde HI ve OI değerlerine göre örneklerin dağılımı



Şekil 5.6: S<sub>2</sub> - TOC diyagramına göre örneklerin kerojen tipi dağılımı

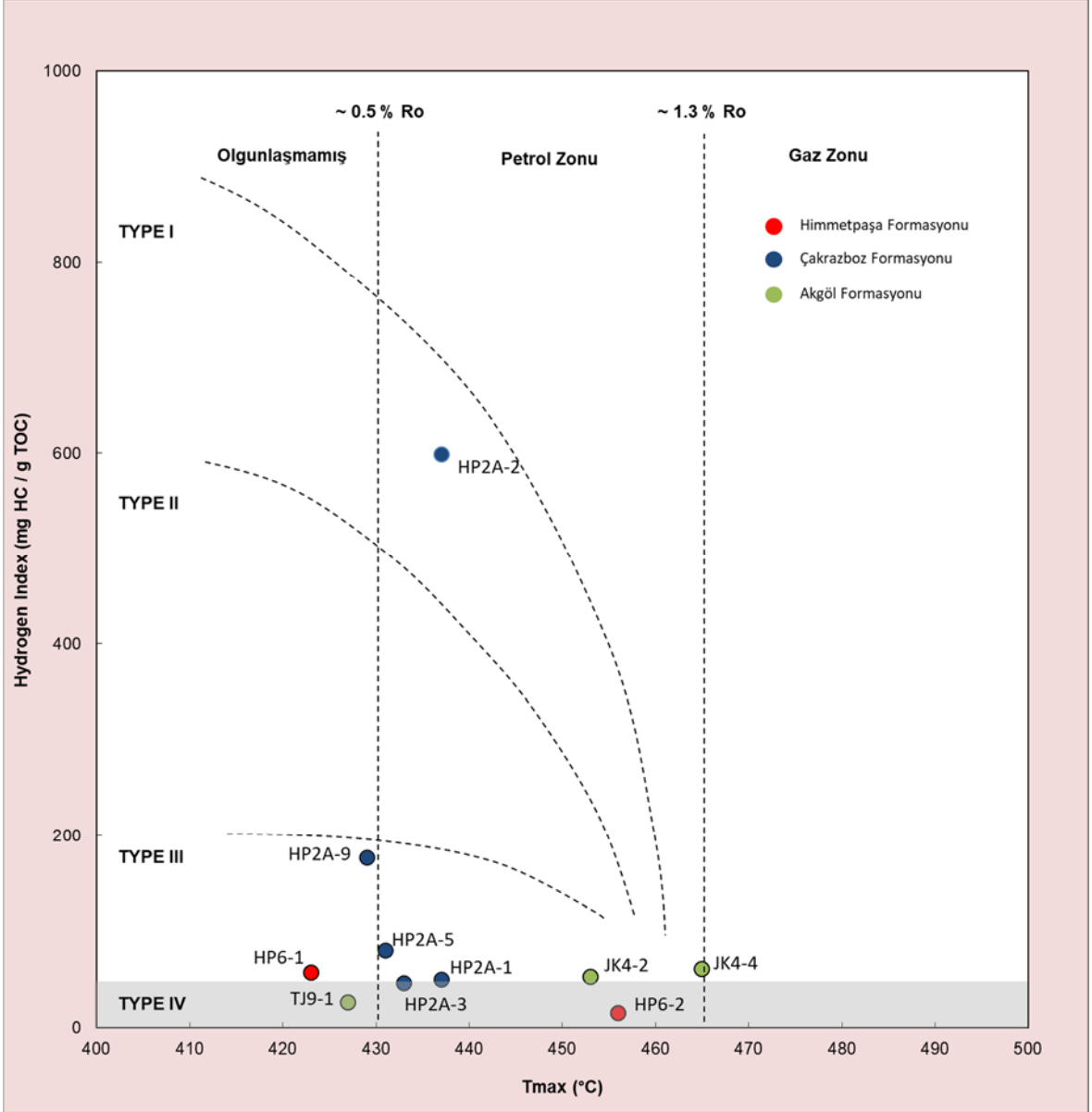
### 5.2.1.3. Analiz Sonuçlarının Olgunlaşma Seviyeleri Açısından Değerlendirilmesi

Örneklerin analiz sonuçları olgunlaşma seviyeleri açısından sınıflandırılırken 4 yöntem kullanılmıştır:

1. T<sub>max</sub> değerine göre (Espitalie, 1982): bkz. Çizelge 5.4
2. PI değerine göre (Espitalie, 1982): bkz. Çizelge 5.10
3. T<sub>max</sub> bazlı vitrinit yansıtması hesaplaması (Jarvie ve ark., 2001): bkz. Kısım “5.1.14”
4. HI – T<sub>max</sub> grafiği

Çizelge 5.18. Analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre olgunlaşma açısından değerlendirme sonuçları

Örnek	Formasyon	Olgunlaşma Seviyesi Değerlendirme Sonuçları		
		$T_{max}$ (Espitalie, 1982)	PI (Espitalie, 1982)	$T_{max}$ bazlı VR (Jarvie, 2001)
HP01-1	Çakrazboz	N/A	<b>Petrol Penceresi</b>	N/A
HP01-2	Çakrazboz	N/A	<b>Petrol Penceresi</b>	N/A
HP01-3	Çakrazboz	N/A	<b>Petrol Penceresi</b>	N/A
HP01-4	Çakrazboz	N/A	<b>Petrol Penceresi</b>	N/A
HP01-5	Çakrazboz	N/A	<b>Petrol Penceresi</b>	N/A
HP2A-1	Çakrazboz	<b>Petrol Penceresi (0,5&lt;Ro&lt;1,3)</b>	<b>Petrol Penceresi</b>	<b>Petrol Penceresi</b>
HP2A-2	Çakrazboz	<b>Petrol Penceresi (0,5&lt;Ro&lt;1,3)</b>	Olgunlaşmamış	<b>Petrol Penceresi</b>
HP2A-3	Çakrazboz	<b>Petrol Penceresi (0,5&lt;Ro&lt;1,3)</b>	<b>Petrol Penceresi</b>	<b>Petrol Penceresi</b>
HP2A-4	Çakrazboz	N/A	N/A	N/A
HP2A-5	Çakrazboz	<b>Petrol Penceresi (0,5&lt;Ro&lt;1,3)</b>	Olgunlaşmamış	<b>Petrol Penceresi</b>
HP2A-6	Çakrazboz	N/A	Petrol Penceresi	N/A
HP2A-7	Çakrazboz	N/A	Petrol Penceresi	N/A
HP2A-8	Çakrazboz	N/A	Petrol Penceresi	N/A
HP2A-9	Çakrazboz	Olgunlaşmamış (Ro<0,5)	Olgunlaşmamış	<b>Petrol Penceresi</b>
HP6-1	Himmetpaşa	Olgunlaşmamış (Ro<0,5)	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış
HP6-2	Himmetpaşa	<b>Petrol Penceresi (0,5&lt;Ro&lt;1,3)</b>	Petrol Penceresi	<b>Petrol Penceresi</b>
JK5-1	Çağlayan	N/A	Petrol Penceresi	N/A
JK3-2	Akgöl	N/A	Petrol Penceresi	N/A
JK4-2	Akgöl	<b>Petrol Penceresi (0,5&lt;Ro&lt;1,3)</b>	Petrol Penceresi	<b>Petrol Penceresi</b>
JK4-4	Akgöl	<b>Gaz Penceresi (Ro&gt;1,3)</b>	Petrol Penceresi	<b>Petrol Penceresi</b>
JK18-5	Akgöl	N/A	Petrol Penceresi	N/A
TJ12-1	Akgöl	N/A	Petrol Penceresi	N/A
TJ3-3	Akgöl	Olgunlaşmamış (Ro<0,5)	Petrol Penceresi	N/A
TJ5-2	Akgöl	N/A	Petrol Penceresi	N/A
TJ9-1	Akgöl	Olgunlaşmamış (Ro<0,5)	Petrol Penceresi	<b>Petrol Penceresi</b>
TL3A-2	Akgöl	N/A	Petrol Penceresi	N/A
TL3A-3	Akgöl	N/A	Petrol Penceresi	N/A
TL3A-4	Akgöl	N/A	Petrol Penceresi	N/A
XTJ1-1	Akgöl	N/A	Petrol Penceresi	N/A
XTJ1-2	Akgöl	N/A	Petrol Penceresi	N/A



Şekil 5.7. HI -  $T_{max}$  diyagramı üzerinde örneklerin hidrokarbon türü, kerojen tipi ve olgunlaşma zonlarına dağılımı

Çizelge 5.18’de olgunlaşma seviyeleri sınıflaması için kullanılan yöntemlerden (Espitalie, 1982)’nin  $T_{max}$  bazlı sınıflaması ile Jarvie ve ark. (2001)’in  $T_{max}$  değerinden hesaplanan VR sınıflaması sonuçlarının birbirleri ile yüksek oranda uyduğu, ancak Espitalie (1982)’nin PI bazlı sınıflaması genel olarak uyumlu olsa da  $T_{max}$  sonucu olmayan örneklerin sınıflamasında sonuç veremeyen diğer yöntemlerden farklı olarak “Petrol Penceresi” sonucunu verdiği görülmüştür.  $T_{max}$  değerlerine göre yapılan sınıflama ile  $T_{max}$  değerinden hesaplanan VR değerlerine göre yapılan sınıflama arasında görülen farklılıkların  $T_{max}$  değerinden hesaplanan VR değerlerinin sınır değerlere (0,5 ve 1,3) yakınlığından kaynaklandığı anlaşılmıştır.



$T_{max}$  sınıflamasına göre bakıldığında, Çakrazboz Formasyonu'na ait olgunlaşmamış görünen HP2A-9 örneği dışındaki örneklerin hepsinin petrol penceresinde olduğu, Himmetpaşa Formasyonu'na ait örneklerden HP6-1'in olgunlaşmamış, HP6-2'nin petrol penceresinde bulunduğu, Akgöl Formasyonu örneklerinden ise JK4-2'nin gaz penceresinde, JK4-4'ün petrol penceresinde, diğer 2 örneğin de olgunlaşmamış olarak sınıflandığı görülmüştür.

HI x  $T_{max}$  diyagramında da (Şekil 5.7) olgunlaşma seviyeleri ile birlikte alınan kerojen tipi sonuçlarının, kerojen ve hidrokarbon tipi açısından değerlendirmeleri verilen Çizelge 5.18'de alınan sonuçlar ile tam uyumlu olduğu görülmüştür.

Tüm örnekler bir arada değerlendirildiğinde, analizi yapılan örneklerin;

- i. Kaynak kaya potansiyellerinin genelinde düşük olduğu, ancak Çakrazboz ve Himmetpaşa Formasyonlarında “iyi” ve “çok iyi” olarak sınıflanan örneklerin bulunduğu,
- ii. Kerojen tiplerinin ekseriyetinin güncel olarak Tip IV olduğu, ancak çoğunluk Çakrazboz Formasyonu'nda olmak üzere her formasyonda Tip III kerojen örneklerin görüldüğü, Çakrazboz Formasyonu'nda ayrıca Tip II ve Tip II/Tip III karışık olarak sınıflanan örneklerin bulunduğu
- iii. Hidrokarbon türlerinin tamamının istisna olarak “petrol” görünen HP2A-2 örneğinin dışında “gaz” veya “gaz & petrol” olduğu,
- iv. Olgunlaşma seviyelerinin ise  $T_{max}$  sonucu olan örneklerde çoğunlukla “olgunlaşmamış” ve “petrol penceresi” seviyelerinde olduğu, Akgöl Formasyonu'na ait JK4-4 örneğinin bu duruma istisna olarak olgunluk seviyesinin “gaz penceresi” seviyesinde bulunduğu,

görülmüştür. Bu sonuçlar üzerine her ne kadar Çakrazboz Formasyonu öne çıksa da Erken Triyas – Geç Triyas yaş aralığında bulunduğundan bu tez çalışması kapsamında yapılacak ikinci saha çalışması için değerlendirilmeye alınmamış ancak daha sonra değerlendirilmek üzere ayrılmıştır.

Kaynak kaya potansiyeli olarak “iyi” ve “çok iyi”, Tip III ve Tip IV kerojen sonuçları görünen Orta Jura yaşlı Himmetpaşa Formasyonu ile yer yer “orta” ve “iyi” kaynak kaya potansiyeli ile birlikte Tip III kerojen sonuçları görünen ve yaşı Erken Jura'nın sonlarına

kadar uzanan Akgöl Formasyonu'nun hidrokarbon potansiyellerinin daha iyi incelenebilmesi için ikinci bir saha çalışması planlanmıştır.

### **5.2.2. 2. Arazi Çalışması Rock – Eval Pirolizi Analiz Sonuçları**

İkinci saha çalışması sırasında Himmetpaşa Formasyonu için 8, Akgöl Formasyonu için 17 olmak üzere toplam 25 adet örnek alınmıştır. Alınan 25 örnek arasından seçilen 20 adedinde Rock – Eval Piroliz analizi gerçekleştirilmiştir. Analizlerde ölçülen ve hesaplanan değerler Çizelge 5.19'da verilmiştir.

Himmetpaşa Formasyonu'nda ilk saha çalışmasında görülmüş bir mostradan 7 adet örnek olarak ÖSK hazırlanmıştır. Triyas – Liyas yaşlı Akgöl Formasyonu'nun ise Liyas yaşlı genç kısımlarına ulaşılması adına, ilk saha çalışmasında da yapıldığı gibi, üst sınır ilişkisi (İnalıtı Formasyonu, Bürnük Formasyonu) görülebilen ve görelî olarak uzun mostralar boyunca örnekler alınarak formasyonun genç kısımlarına gidildikçe hidrokarbon potansiyelinin artıp artmadığının tespiti hedeflenmiştir.

Analizi yapılan 20 adet örneğin 7 adedinde  $S_2$  değerinin çok düşük olması sebebi ile güvenilir olmadığından  $T_{max}$  değeri ve dolayısı ile  $T_{max}$  değerine bağlı hesaplanan vitrinit yansıtması değerleri hesaplanamamıştır. Güncel petrol potansiyelini gösteren  $S_2$  değerleri arasından HP7-1 değeri haricindeki tüm değerler 2 mgHC/g kayaç değerinin altındadır. KCY-1, BZK-5 ve BZK-7 örneklerinde  $S_2$  ve  $S_1$  ölçülemediştir. Kerojen içerisindeki hidrojen miktarını ve dolayısı ile kayacın üretebileceği hidrokarbon türünü gösteren parametre olan HI değerlerinin 17 tanesi 50 mgHC/g TOC değerinin altında olup kuru gaz Tip IV kerojen, 3 tanesi gaz üretme potansiyeli olan Tip III kerojen olarak görülmüştür.

Analiz sonucunda elde edilen bu değerler “5.1. Rock-Eval Piroliz” konusu altında açıklanan, farklı çalışmacıların belirlediği sınır değerlerine göre Kaynak Kaya Potansiyeli, Kerojen Tipi ve Olgunlaşma Seviyeleri açılarından sınıflandırılmıştır.

Çizelge 5.19. İkinci saha çalışmasına ait Rock – Eval Piroliz analizi yapılan örneklerin ölçülen ve hesaplanan değerleri

Örnek	Formasyon	TOC	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	T <sub>max</sub>	%R <sub>0</sub>	HI	OI	PI	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> /TOC
HP7-1	Himmetpaşa	<b>14,86</b>	0,14	<b>13,48</b>	4,67	428	0,54	<b>91</b>	31	0,01	2,9	1
HP7-2	Himmetpaşa	<b>2,64</b>	0,01	<b>1,25</b>	0,98	431	0,60	47	37	0,01	1,3	--
HP7-3	Himmetpaşa	<b>1,66</b>	0,01	0,67	0,60	430	0,58	40	36	0,01	1,1	1
HP7-5	Himmetpaşa	<b>1,06</b>	0,02	0,27	0,25	424	0,47	25	24	0,07	1,1	2
HP7-6	Himmetpaşa	0,48	0,02	0,05	0,98	475	1,39	10	204	0,29	0,1	4
HP7-7	Himmetpaşa	<b>0,57</b>	0,02	0,05	1,11	478	1,44	9	195	0,29	--	4
HP8	Himmetpaşa	<b>3,22</b>	0,01	0,66	1,51	435	0,67	20	47	0,01	0,4	--
KCY-1	Akgöl	0,02	--	--	0,29	--	--	--	1450	--	--	--
KCY-2	Akgöl	0,06	0,01	0,03	0,30	--	--	<b>50</b>	500	0,25	0,1	17
KCY-3	Akgöl	0,09	0,01	0,02	0,29	--	--	22	322	0,33	0,1	11
KCY-4	Akgöl	0,18	0,01	0,02	0,40	--	--	11	222	0,33	0,1	6
CSN-1	Akgöl	0,31	--	0,14	0,59	446	0,87	45	190	--	0,2	--
CSN-2	Akgöl	0,43	0,01	0,08	0,49	444	0,83	19	114	0,11	0,2	2
CSN-3	Akgöl	<b>0,82</b>	0,02	0,19	0,64	444	0,83	23	78	0,10	0,3	2
BZK-2	Akgöl	0,46	--	0,12	0,10	450	0,94	26	22	--	1,2	--
BZK-5	Akgöl	<b>0,57</b>	--	--	0,15	--	--	--	26	--	--	--
BZK-7	Akgöl	<b>0,74</b>	0,01	--	0,15	--	--	--	20	1,00	--	1
BZK-8	Akgöl	<b>0,80</b>	0,03	0,17	0,33	471	1,32	21	41	0,15	0,5	4
BZK-9	Akgöl	<b>0,73</b>	0,10	0,63	0,32	457	--	<b>86</b>	44	0,14	2,0	14
BZK-10	Akgöl	0,41	0,01	0,03	0,10	--	--	7	24	0,25	0,3	2

### 5.2.2.1. Analiz Sonuçlarının Kaynak Kaya Potansiyeli Açısından Değerlendirilmesi

Örneklerin analiz sonuçları kaynak kaya potansiyeli açısından sınıflandırılırken 3 yöntem kullanılmıştır:

1. TOC değerine göre: Çizelge 5.6'da verilen TOC değerlerine göre farklı çalışmacıların belirlediği sınır değerleri arasından genel ortalamayı yansıttığı için Peters (1986)'nın sınır değerleri kullanılmıştır.
2.  $S_2$  değerine göre (Espitalie, 1982): bkz. Çizelge 5.3
3.  $S_1$ - $S_2$ -TOC değerlerine göre (Peters, 1986): bkz. Çizelge 5.7

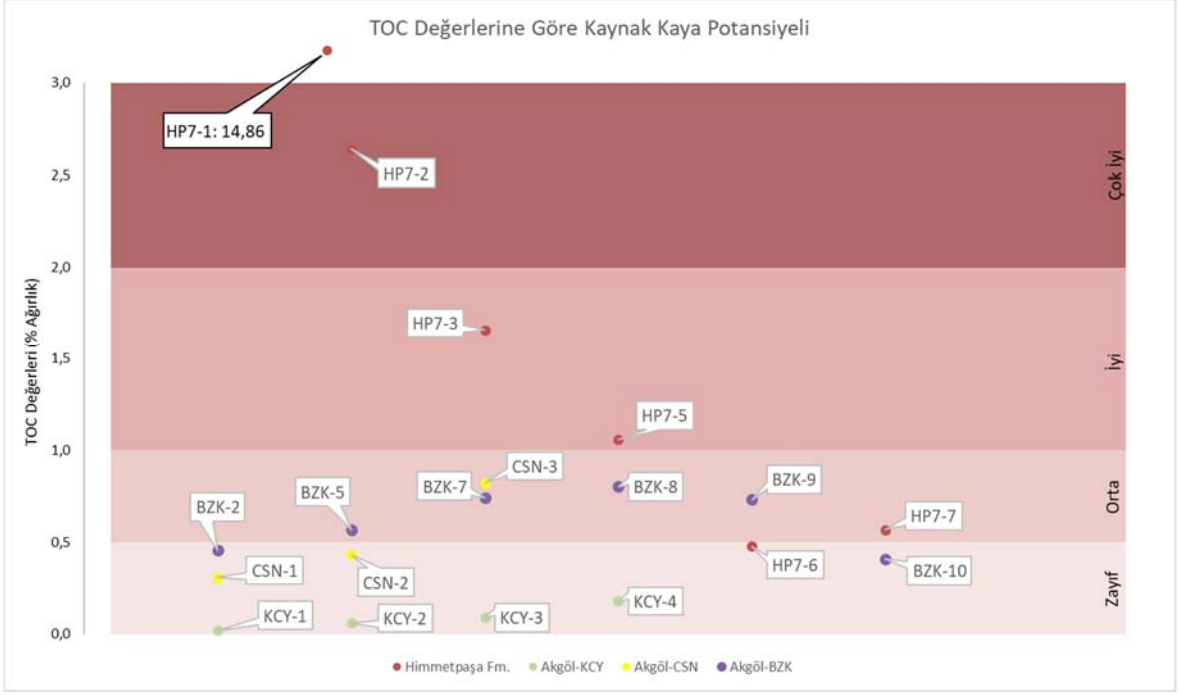
Sayılan yöntemlere göre yapılan sınıflandırmalar Çizelge 5.20'de, TOC sonucuna göre yapılan değerlendirme sonuçlarının grafiği Şekil 5.8'de verilmiştir.

Üç farklı yönteme göre yapılan kaynak kaya değerlendirme sonucunda;

- i. (Peters, 1986) TOC sınıflamasına göre yapılan değerlendirmede, Himmetpaşa Formasyonu'na ait 7 örnekten HP7-1, HP7-2 ve HP8 olmak üzere 3 tanesinin "çok iyi", HP7-3 ve HP7-5 olmak üzere 2 tanesinin "iyi", HP7-7'nin "orta", sadece HP7-6 örneğinin "zayıf" kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu; Akgöl Formasyonu'na ait örneklerden ise Kocayayla kesitine ait KCY örneklerinin tamamının "zayıf", Çeşnigir kesitine ait 3 örnekten 1 tanesinin "orta" diğer örneklerin "zayıf", Bozkurt kesitine ait 6 örneğin ise 4 tanesinin "orta" kalan 2 tanesinin de "zayıf" kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu,
- ii. (Espitalie, 1982)  $S_2$  sınıflamasına göre yapılan değerlendirmede ise Himmetpaşa Formasyonu'na ait HP7-1 örneğinin "iyi" diğer örneklerin tamamının "zayıf" kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu,
- iii. (Peters, 1986)'nın  $S_1$ ,  $S_2$  ve TOC değerlerini kullanarak yaptığı sınıflamaya göre yapılan değerlendirmede Akgöl Formasyonu'na ait tüm örneklerin ise "zayıf", Himmetpaşa Formasyonu'na ait 7 örnekten HP7-1, HP7-2, HP7-3 ve HP8 olmak üzere 4 tanesinin "yeterli", diğer örneklerin "zayıf" kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.20. 2. Arazi çalışması analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre kaynak kaya potansiyeli açısından değerlendirme sonuçları

Örnek	Formasyon	Kaynak Kaya Potansiyeli Değerlendirme Sonuçları		
		TOC (Peters, 1986)	S <sub>2</sub> (Espitalie, 1982)	S <sub>1</sub> – S <sub>2</sub> – TOC (Peters, 1986)
HP7-1	Himmetpaşa	<b>Çok İyi</b>	<b>İyi</b>	<b>Yeterli</b>
HP7-2	Himmetpaşa	<b>Çok İyi</b>	Zayıf	<b>Yeterli</b>
HP7-3	Himmetpaşa	<b>İyi</b>	Zayıf	<b>Yeterli</b>
HP7-5	Himmetpaşa	<b>İyi</b>	Zayıf	Zayıf
HP7-6	Himmetpaşa	Zayıf	Zayıf	Zayıf
HP7-7	Himmetpaşa	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf
HP8	Himmetpaşa	<b>Çok İyi</b>	Zayıf	<b>Yeterli</b>
KCY-1	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
KCY-2	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
KCY-3	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
KCY-4	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
CSN-1	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
CSN-2	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
CSN-3	Akgöl	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf
BZK-2	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf
BZK-5	Akgöl	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf
BZK-7	Akgöl	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf
BZK-8	Akgöl	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf
BZK-9	Akgöl	<b>Orta</b>	Zayıf	Zayıf
BZK-10	Akgöl	Zayıf	Zayıf	Zayıf



Şekil 5.8. Örneklerin TOC sonuçlarına göre kaynak kaya potansiyeli

### 5.2.2.2. Analiz Sonuçlarının Kerojen ve Hidrokarbon Türü Açısından Değerlendirilmesi

Örneklerin analiz sonuçları kerojen ve hidrokarbon tipi açısından sınıflandırılırken ilk saha çalışmasında yapıldığı şekilde gene 4 yöntem kullanılmıştır:

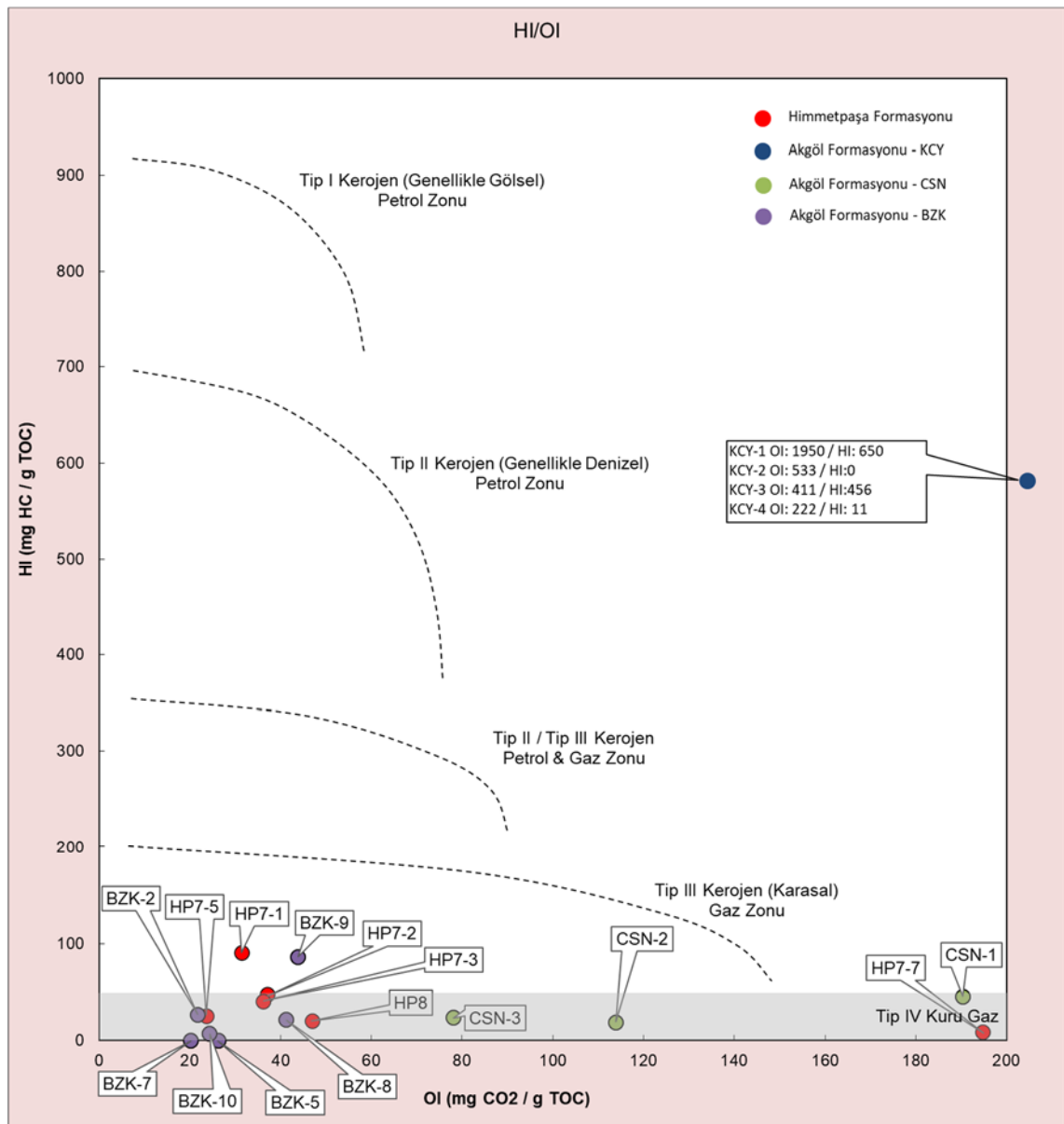
1. HI değerine göre (Jones, 1984): bkz. Çizelge 5.8
2.  $S_2/S_3$  değerine göre (Clementz ve ark., 1979): bkz. Çizelge 5.14
3. HI- $S_2/S_3$  değerlerine göre (Peters, 1986): bkz. Çizelge 5.9
4. HI – OI değerine göre: Pseudo Van Krevelen diyagramı
5.  $S_2$ -TOC değerine göre:  $S_2$  - TOC diyagramı

Sayılan yöntemler arasından ilk 3 tanesinin sonuçları Çizelge 5.21’de, Pseudo Van Krevelen diyagramı Şekil 5.9’da  $S_2$ ’ye karşı TOC diyagramı da Şekil 5.10’da verilmiştir.

Örneklerin hidrokarbon tipi değerlendirmelerine bakıldığında analizi yapılan kaynak kaya örneklerinin tamamına yakınının gaz üretmeye eğilimli olduğu, ancak Himmetpaşa Formasyonu’ndan HP7-1 ve Akgöl Formasyonu’ndan KCY-2 ve BZK-9 örneklerinin hem gaz hem petrol üretmeye eğilimli olarak farklılık yarattığı görülmektedir.

Jones (1984)'ün HI sınıflamasına göre Himmetpaşa Formasyonu'ndan HP7-1 ve Akgöl Formasyonu'ndan KCY-2 ve BZK-9 Tip III, diğer tüm örnekler Tip IV kerojenidir. Clementz ve ark. (1979)'un S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> sınıflamasına göre ise HP7-1 örneği Tip II kerojenidir.

Pseudo Van Krevelen diyagramına göre, S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> sınıflamasında Tip II görünen HP7-1 örneği haricinde, örneklerin tamamına yakınının diğer 3 yöntem ile uyumlu olarak Tip IV – Kuru Gaz zonunda yer aldığı, ancak diğer yöntemlerin sonuçlarında da olduğu gibi HP7-1, BZK-9 ve 200 mg CO<sub>2</sub>/ g TOC değerinin çok üzerinde oksijen indeksi değerlerine sahip olduğu için diyagramda temsili olarak gösterilen KCY-2 örneklerinin istisna yarattığı görülmüştür.

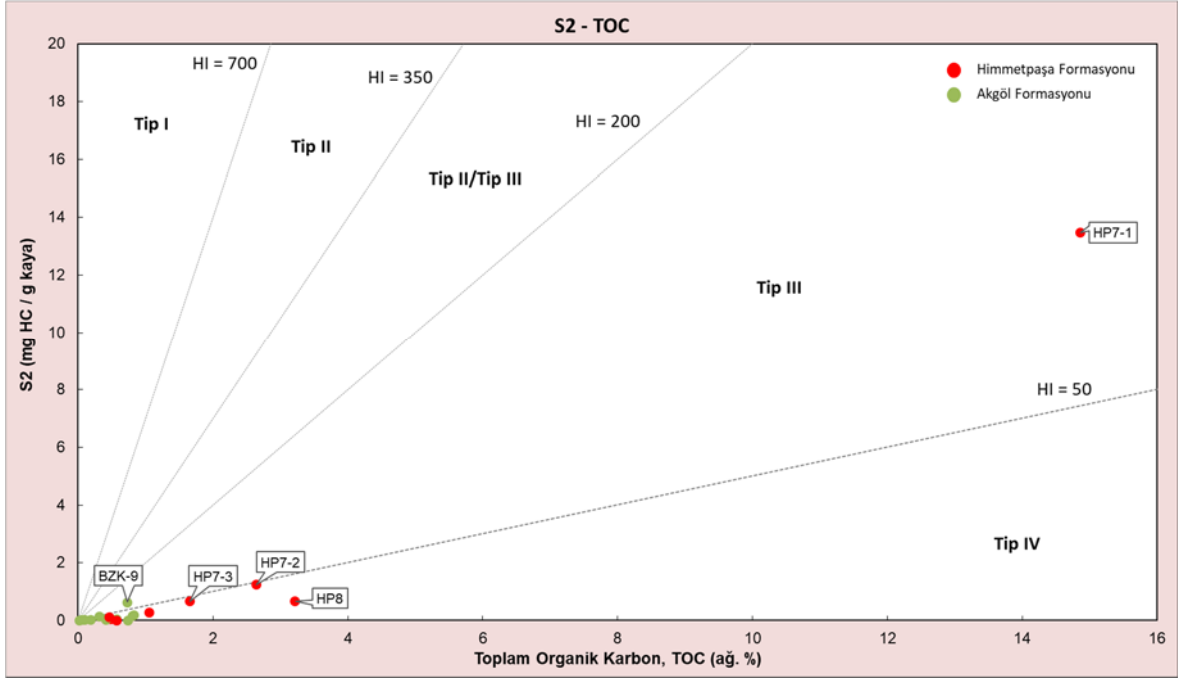


Şekil 5.9. Pseudo Van Krevelen diyagramı üzerinde HI ve OI değerlerine göre örneklerinin dağılımı

Çizelge 5.21. 2. Arazi çalışması analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre kerojen ve hidrokarbon tipi açısından değerlendirme sonuçları

Örnek	Formasyon	Kerojen ve Hidrokarbon Tipi Değerlendirme Sonuçları		
		HI (Jones, 1984)	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> (Clementz, 1979)	HI & S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> (Peters, 1986)
HP7-1	Himmetpaşa	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	<b>Tip II - Gaz &amp; Petrol Potansiyeli</b>	Gaz
HP7-2	Himmetpaşa	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP7-3	Himmetpaşa	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP7-5	Himmetpaşa	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP7-6	Himmetpaşa	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP7-7	Himmetpaşa	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
HP8	Himmetpaşa	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
KCY-1	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
KCY-2	Akgöl	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
KCY-3	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
KCY-4	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
CSN-1	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
CSN-2	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
CSN-3	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
BZK-2	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
BZK-5	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
BZK-7	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
BZK-8	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
BZK-9	Akgöl	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz
BZK-10	Akgöl	Tip IV - Sadece Gaz	Tip III - Gaz Potansiyeli	Gaz





Şekil 5.10: S<sub>2</sub> - TOC diyagramına göre örneklerin kerojen tipi dağılımı

S<sub>2</sub>'ye karşı TOC diyagramında HI indeksi sınıflamasında Tip III kerojen olarak görünen HP7-1 ve BZK-9 örnekleri yine Tip III kerojen, geri kalan tüm örnekler ise Tip IV kerojen olarak sınıflanmıştır. HI sınıflamasında Tip IV olarak görünen HP7-2 ve HP7-3 örneklerinin yine Tip IV olarak sınıflandığı ancak Tip III kerojen sınırına çok yakın konumlandığı görülmüştür.

### 5.2.2.3. Analiz Sonuçlarının Olgunlaşma Seviyeleri Açısından Değerlendirilmesi

2. saha örneklerinin analiz sonuçları olgunlaşma seviyeleri açısından ilk saha çalışmasında yapıldığı şekilde 4 farklı yöntem kullanılarak sınıflandırılmıştır:

1. T<sub>max</sub> değerine göre (Espitalie, 1982): bkz. Çizelge 5.4
2. PI değerine göre (Espitalie, 1982): bkz. Çizelge 5.10
3. T<sub>max</sub> bazlı vitrinit yansıtması hesaplaması (Jarvie ve ark., 2001): bkz. Kısım "5.1.14"
4. HI – T<sub>max</sub> grafiği

İlk saha çalışmasındaki değerlendirmeye paralel olarak, Çizelge 5.22'de olgunlaşma seviyeleri sınıflaması için kullanılan yöntemlerden Espitalie (1982)'nin T<sub>max</sub> sınıflaması ile Jarvie ve ark. (2001)'in T<sub>max</sub> değerinden hesaplanan VR sınıflaması sonuçlarının birbirleri ile HP7-1 örneği haricinde uyumlu olduğu, ancak Espitalie (1982)'nin PI bazlı

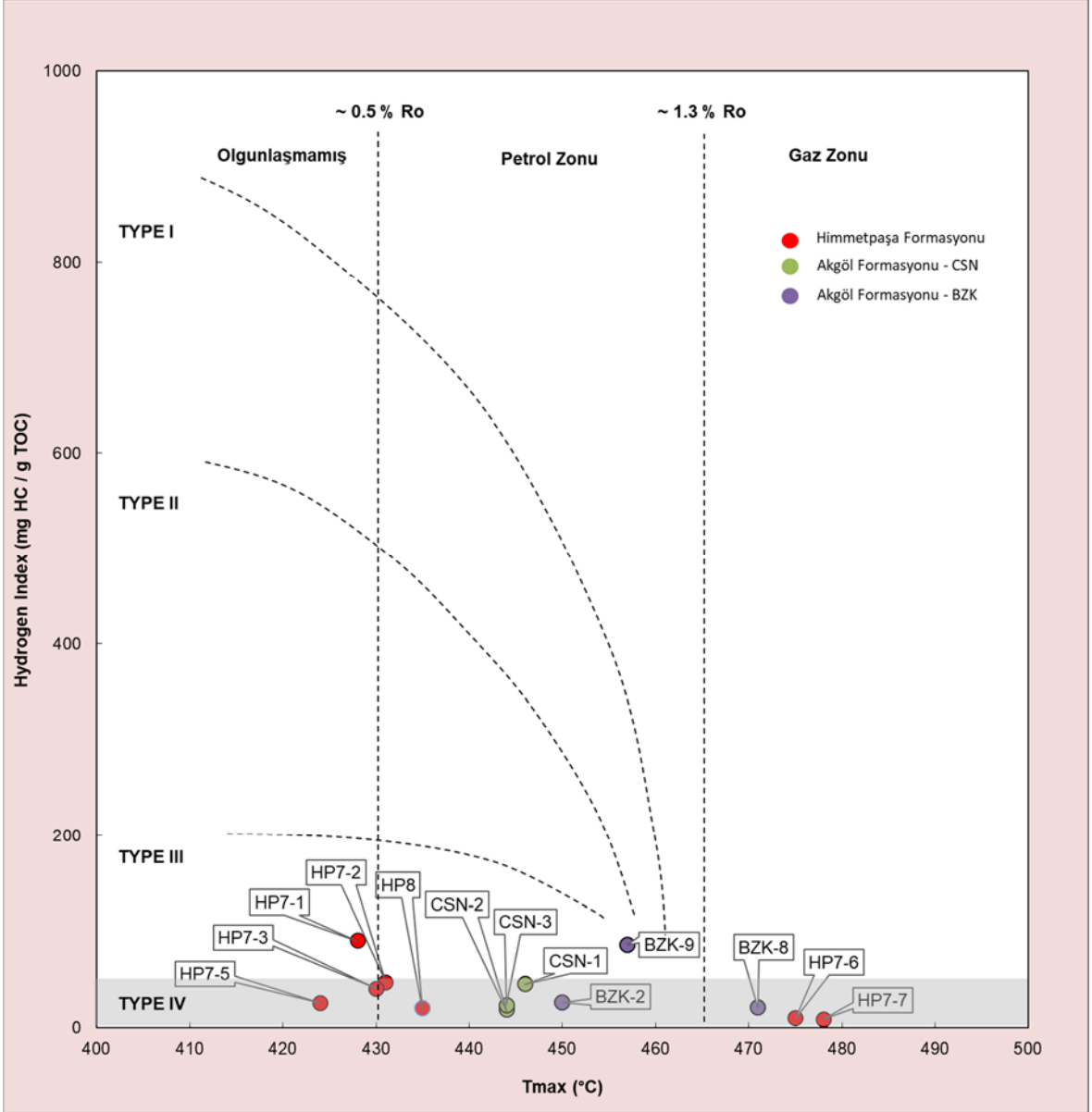
sınıflamasının genel olarak uyumlu olmadığı, bunun sebebinin de sifıra yakın  $S_1$  ve  $S_2$  değerleri ile ilgili olabileceği düşünülmüştür.  $T_{max}$  değerlerine göre yapılan sınıflama ile  $T_{max}$  bazlı VR değerlerine göre yapılan sınıflama arasında HP7-1 örneğinde görülen farkın ise  $T_{max}$  değerinin ( $428^{\circ}C$ ) petrol penceresi sınır değeri olan  $430^{\circ}C$ 'ye yakınlığından kaynaklandığı anlaşılmıştır.

$T_{max}$  bazlı sınıflamaya göre bakıldığında,  $T_{max}$  değeri hesaplanabilmiş örnekler arasında Akgöl Formasyonu'na ait BZK-8, Himmetpaşa Formasyonu'na ait HP7-6 ve HP7-7 örneklerinin gaz penceresi; HP7-1 örneğinin olgunlaşmamış, bu örnekler dışında kalan tüm örneklerin ise petrol penceresi olarak sınıflandığı görülmüştür.

HI x  $T_{max}$  diyagramında da (Şekil 5.11) olgunlaşma seviyeleri ile birlikte alınan kerojen tipi sonuçlarının, kerojen ve hidrokarbon tipi açısından değerlendirmeleri verilen Çizelge 5.22'de alınan sonuçlar ile tam uyumlu olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.22. Analiz sonuçlarının farklı yöntem ve sınır değerlerine göre olgunlaşma açısından değerlendirme sonuçları

Örnek	Formasyon	Olgunlaşma Seviyesi Değerlendirme Sonuçları		
		$T_{max}$ (Espitalie, 1982)	PI (Espitalie, 1982)	$T_{max}$ bazlı VR (Jarvie, 2001)
HP7-1	Himmetpaşa	Olgunlaşmamış ( $R_o < 0,5$ )	Olgunlaşmamış	Petrol Penceresi
HP7-2	Himmetpaşa	<b>Petrol Penceresi</b> ( $0,5 < R_o < 1,3$ )	Olgunlaşmamış	<b>Petrol Penceresi</b>
HP7-3	Himmetpaşa	<b>Petrol Penceresi</b> ( $0,5 < R_o < 1,3$ )	Olgunlaşmamış	<b>Petrol Penceresi</b>
HP7-5	Himmetpaşa	Olgunlaşmamış ( $R_o < 0,5$ )	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış
HP7-6	Himmetpaşa	<b>Gaz Penceresi</b> ( $R_o > 1,3$ )	<b>Petrol Penceresi</b>	<b>Gaz Penceresi</b>
HP7-7	Himmetpaşa	<b>Gaz Penceresi</b> ( $R_o > 1,3$ )	<b>Petrol Penceresi</b>	<b>Gaz Penceresi</b>
HP8	Himmetpaşa	<b>Petrol Penceresi</b> ( $0,5 < R_o < 1,3$ )	Olgunlaşmamış	<b>Petrol Penceresi</b>
KCY-1	Akgöl	N/A	N/A	N/A
KCY-2	Akgöl	N/A	<b>Petrol Penceresi</b>	N/A
KCY-3	Akgöl	N/A	<b>Petrol Penceresi</b>	N/A
KCY-4	Akgöl	N/A	<b>Petrol Penceresi</b>	N/A
CSN-1	Akgöl	<b>Petrol Penceresi</b> ( $0,5 < R_o < 1,3$ )	Olgunlaşmamış	<b>Petrol Penceresi</b>
CSN-2	Akgöl	<b>Petrol Penceresi</b> ( $0,5 < R_o < 1,3$ )	<b>Petrol Penceresi</b>	<b>Petrol Penceresi</b>
CSN-3	Akgöl	<b>Petrol Penceresi</b> ( $0,5 < R_o < 1,3$ )	<b>Petrol Penceresi</b>	<b>Petrol Penceresi</b>
BZK-2	Akgöl	<b>Petrol Penceresi</b> ( $0,5 < R_o < 1,3$ )	Olgunlaşmamış	<b>Petrol Penceresi</b>
BZK-5	Akgöl	N/A	N/A	N/A
BZK-7	Akgöl	N/A	<b>Gaz Penceresi</b>	N/A
BZK-8	Akgöl	<b>Gaz Penceresi</b> ( $R_o > 1,3$ )	<b>Petrol Penceresi</b>	<b>Gaz Penceresi</b>
BZK-9	Akgöl	<b>Petrol Penceresi</b> ( $0,5 < R_o < 1,3$ )	<b>Petrol Penceresi</b>	<b>Petrol Penceresi</b>
BZK-10	Akgöl	N/A	<b>Petrol Penceresi</b>	N/A



Şekil 5.11. HI -  $T_{max}$  diyagramı üzerinde örneklerin hidrokarbon türü, kerojen tipi ve olgunlaşma zonlarına dağılımı

Tüm örnekler bir arada değerlendirildiğinde, analizi yapılan örneklerin;

- i. Himmetpaşa Formasyonu örneklerinin TOC ve  $S_1$ - $S_2$ -TOC sınıflamasına göre kaynak kaya potansiyellerinin yüksek olduğu, ancak Akgöl Formasyonu'na ait örneklerin TOC sınıflamasına göre yarıdan fazlasının "zayıf", 5 tanesinin de "orta" olduğu, diğer bütün sınıflamalara göre ise tamamının "zayıf" bulunduğu,
- ii. Kerojen tiplerinin ekseriyetinin Tip IV olduğu, ancak bir tanesi Himmetpaşa Formasyonu'ndan HP7-1 diğerleri de Akgöl Formasyonu'na ait KCY-2 ve

BZK-9 örnekleri olmak üzere 3 adet örneğin Tip III kerojen olarak sınıflandığı,

iii. Hidrokarbon türlerinin yukarıda sayılan HP7-1, KCY-2 ve BZK-9 örneklerinde “gaz & petrol” (çoğunlukla gaz), kalan örneklerin tamamının “gaz” olarak görüldüğü,

iv. Olgunlaşma seviyelerinin ise  $T_{max}$  sonucu olan örneklerde çoğunlukla “petrol penceresi”, Himmetpaşa Formasyonu’na ait HP7-6, HP7-7 ve Akgöl Formasyonu’na ait BZK-8 örneklerinin “gaz penceresi”, HP7-1 ve HP7-5 örneklerinin de “olgunlaşmamış” seviyesinde bulunduğu,

görülmüştür.

### **5.3. Hidrokarbon Kaynak Kaya Potansiyellerinin Değerlendirilmesi**

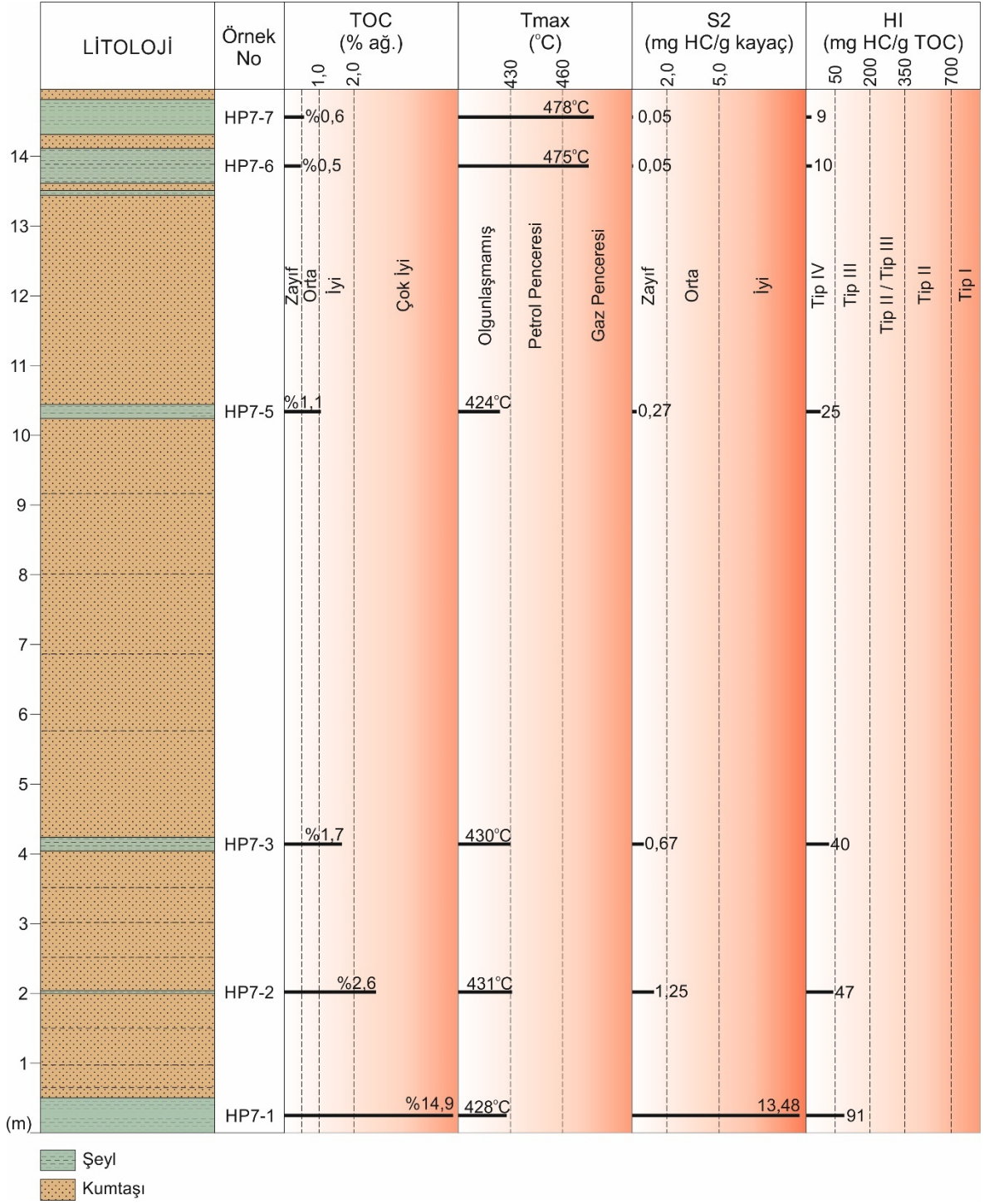
Bu bölümde Orta Jura yaşlı Himmetpaşa ile Triyas – Liyas yaşlı Akgöl Formasyonları’nın hidrokarbon potansiyelleri ikinci saha çalışmasından alınmış kesitler ile birlikte ilk saha çalışmasında elde edilen analiz sonuçlarına da yer vererek anlatılacaktır.

#### **5.3.1. Himmetpaşa Formasyonu Hidrokarbon Kaynak Kaya Potansiyeli**

2. Saha çalışmasında Kastamonu İli’nin Bartın sınırına yakın Güzelyayla Köyü’nde Himmetpaşa Formasyonu’ndan HP7 ÖSK’i alınmıştır. Alınan kesit Şekil 5.12’de Rock – Eval Piroliz sonuçları ile birlikte verilmiştir.

Yaklaşık 15 metre kalınlığındaki kesit kumtaşı – şeyl ardalanması şeklindedir. Kesitin üst kısmında bulunan yaklaşık 3 m kalınlığındaki kumtaşı seviyesinin haricindeki kumtaşı seviyelerinde cm mertebesinde şeyl bantları bulunmaktadır. Tabandan alınan şeyl örneği yaklaşık 50 cm kalınlığındaki bir seviyeden alınmıştır. Bu seviyedeki şeyller oldukça siyah, parlak, kömürümsü şeyllerdir. Diğer 6 örneğin alındığı şeyl seviyeleri kahve – siyah renkli ve bir miktar alterasyona uğramış görünümündedir.

HP7 ÖSK’sının değerlerinin diğer Himmetpaşa örnekleri ile bir arada değerlendirilebilmesi için aynı saha çalışmasında alınan HP8 ve ilk saha çalışmasında alınan HP6-1, HP6-2 örnekleri ile bir arada kaynak kaya potansiyeli, kerojen tipi, hidrokarbon türü ve olgunlaşma seviyeleri sınıflandırmalarını içeren Çizelge 5.23 hazırlanmıştır.



Şekil 5.12. TOC, T<sub>max</sub>, S<sub>2</sub> ve HI verileri ile birlikte HP7 ÖSK

Çizelge 5.23. Himmetpaşa Formasyonu'na ait örneklerin kaynak kaya potansiyeli, hidrokarbon türü, kerojen tipi ve olgunlaşma seviyesi sınıflamaları

Örnek	Kaynak Kaya Potansiyeli		Hidrokarbon Türü ve Kerojen Tipi	Olgunlaşma Seviyesi
	TOC (Peters, 1986)	S <sub>2</sub> (Espitalie, 1982)	HI (Jones, 1984)	T <sub>max</sub> (Espitalie, 1982))
HP7-1	<b>Çok İyi</b>	<b>İyi</b>	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Olgunlaşmamış
HP7-2	<b>Çok İyi</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	<b>Petrol Penceresi</b>
HP7-3	<b>İyi</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	<b>Petrol Penceresi</b>
HP7-5	<b>İyi</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	Olgunlaşmamış
HP7-6	Zayıf	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	<b>Gaz Penceresi</b>
HP7-7	<b>Orta</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	<b>Gaz Penceresi</b>
HP8	<b>Çok İyi</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	<b>Petrol Penceresi</b>
HP6-1	<b>Çok İyi</b>	Zayıf	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	Olgunlaşmamış
HP6-2	<b>İyi</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	<b>Petrol Penceresi</b>

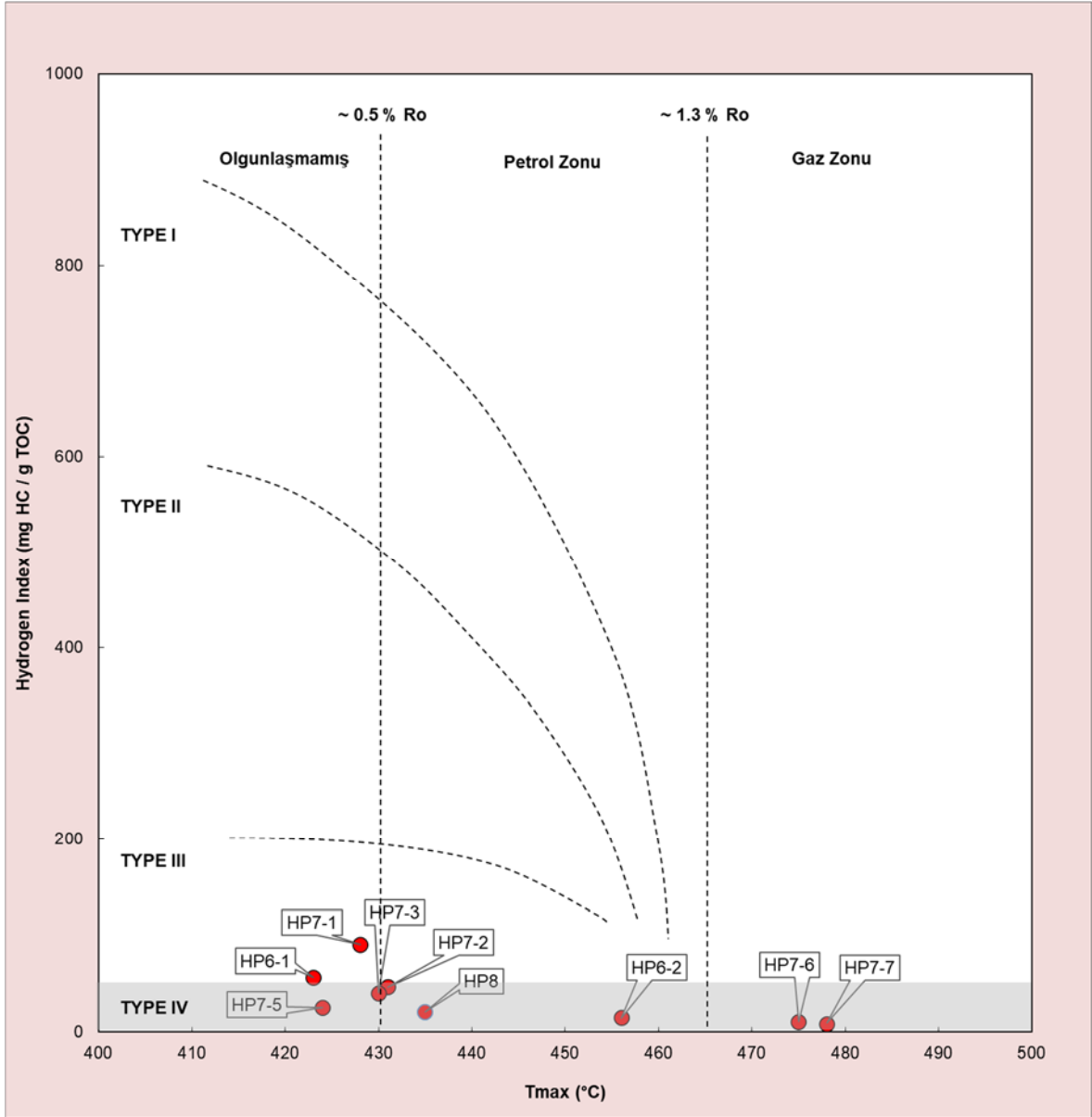
Çizelge 5.23'de görüldüğü gibi, HP7-6 örneği dışındaki tüm örneklerin TOC içeriklerine göre kaynak kaya potansiyeli bulunmakta, hatta yarıya yakını “çok iyi” olarak sınıflanmaktadır. Ancak güncel potansiyeli gösteren S<sub>2</sub> seviyesi tüm HP7-1 örneği dışındaki tüm örneklerde “zayıf” olarak görülmüştür.

Hidrokarbon türü ve kerojen tipi açısından yapılan sınıflamada ÖSK'ya ait örneklerden HP7-1 dışında kalanların tamamı ile HP6-2 örneğinin türüm potansiyeli bulunmayan Tip IV olarak sınıflandığı, HP7-1 ve HP6-1'in ise çoğunlukla gaz üretme potansiyeli bulunan Tip III kerojen olarak sınıflandığı görülmektedir.

Olgunlaşma seviyesi sınıflamasında ÖSK'ya ait örneklerden HP7-6 ve HP7-7'nin gaz penceresinde, HP7-2 ve HP7-3'ün petrol penceresinde, HP7-1 ve HP7-5'in ise olgunlaşmamış olarak sınıflanmışlardır. ÖSK harici alınan örneklerden HP8 ve HP6-2 petrol penceresinde, HP6-1 ise olgunlaşmamış olarak sınıflanmıştır. Olgunlaşmamış olarak sınıflanan tüm örnekler hem T<sub>max</sub> değeri hem de hesaplanmış VR değeri olarak Olgunlaşmamış – Petrol Penceresi sınırına (T<sub>max</sub> için 430°C, VR için 0,5) oldukça yakın değerlere sahiptirler.

HP7-1 haricindeki tüm örneklerin S<sub>2</sub> seviyesi düşük olduğundan T<sub>max</sub> değeri ve dolayısı ile olgunlaşma seviyesi değerlerinin güvenilir olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Himmetpaşa Formasyonu'na ait olgunlaşma, hidrokarbon türü ve kerojen tipi sınıflamasının bir arada görülebilmesi için HI x T<sub>max</sub> grafiği hazırlanmıştır (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Himmetpaşa Formasyonu örnekleri HI - T<sub>max</sub> grafiği

Himmetpaşa Formasyonu örneklerinin değerleri HI - T<sub>max</sub> grafiğine döküldüğünde çıkan sonucun Çizelge 5.23'de verilen değerler ile ve dolayısı ile altında yapılan yorumlar ile uyumlu olduğu görülmektedir.



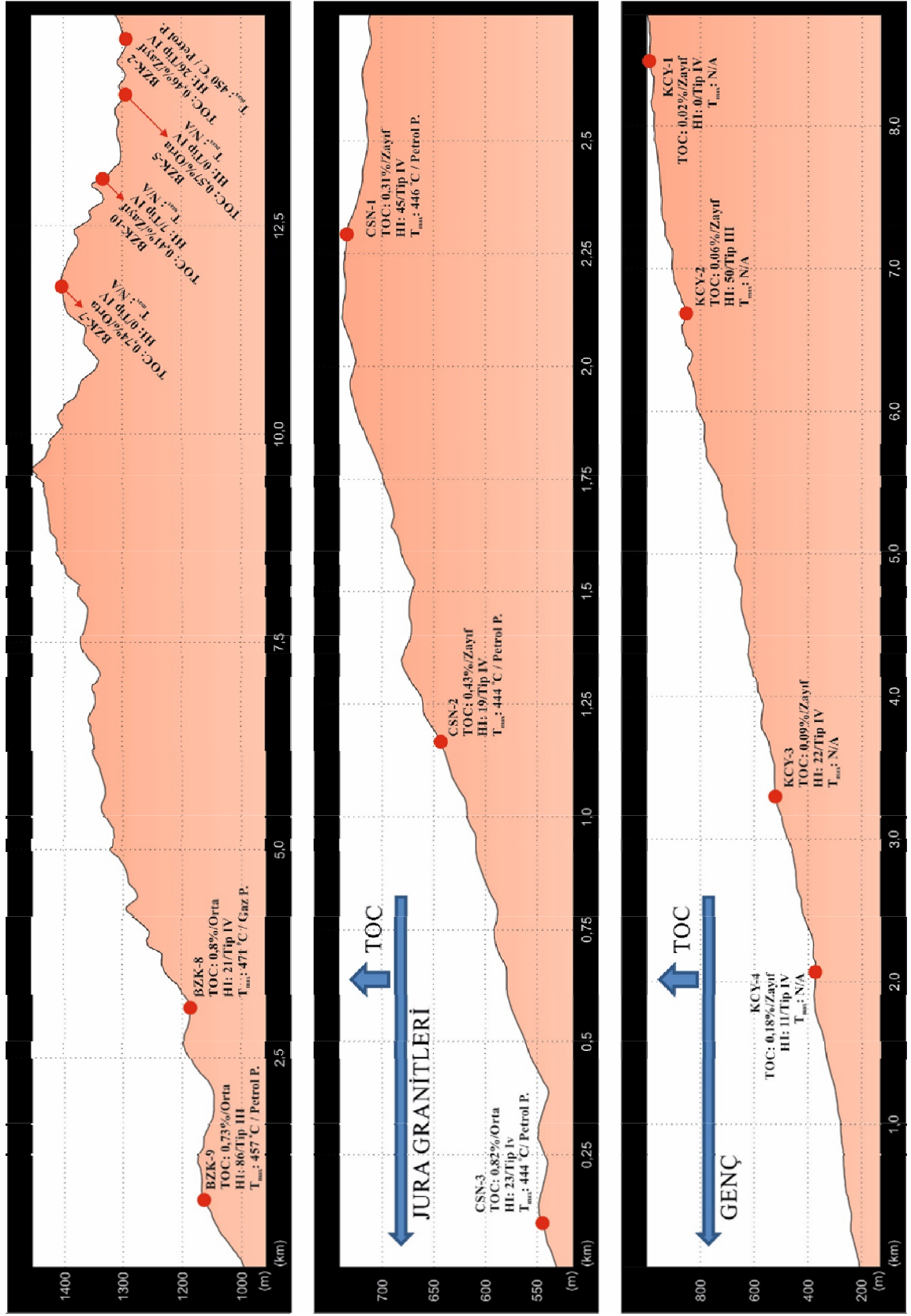
Tüm bu veriler ışığında ve alınan örnekler kapsamında Himmetpaşa Formasyonuna karasal organik madde girişinin olduğu açıkça söylenebilir. Karasal organik madde girişi olan bu seviyelerin her ne kadar TOC değerleri yüksek olsa da tamamına yakını hidrokarbon üretme potansiyeli olmayan Tip IV kerojenidir. Buna istisna olarak görülen HP7-1 ve HP6-1 örnekleri Tip III kerojen olarak sınıflansa da Tip IV kerojen sınırına yakındır.

### **5.3.2. Akgöl Formasyonu Hidrokarbon Potansiyeli**

2. Saha çalışmasında Akgöl Formasyonu'nun örneklenmesi için Kastamonu Bozkurt İlçesi'ne, Boyabat ilçe sınırları içerisindeki Çeşnigir Köyü'ne ve Kastamonu – Samsun sınırı yakınındaki Samsun Vezirköprü İlçesi'ne bağlı Kocakaya köylerine gidilmiştir.

Bu saha çalışmasında, Triyas – Liyas yaşlı Akgöl Formasyonu'nun hidrokarbon potansiyelinin çalışılmasının yanı sıra, Torsiyen Okyanusal Anoksik Olayı'na binaen gence, yani Liyas, hatta Torsiyen'e doğru gidildikçe kaynak kaya potansiyelinin artıp artmadığının test edilmesi de amaçlanmıştır. Bu sebeple, görelî olarak uzun mostralarda boyunca 3 farklı lokasyondan 17 adet örnek alınmış, bu örneklerin 13 tanesinde Rock – Eval Piroliz analizi yaptırılmıştır.

3 farklı mostra boyunca alınan bu örneklerin kaynak kaya potansiyeli, hidrokarbon türü, kerojen tipi ve olgunluk seviyelerinin yükseklik profili üzerinde gösterimi Şekil 5.14'de verilmiştir.



Şekil 5.14. Saha Akgöl Formasyonu kesit örneklerinin yükseklik profili üzerinde gösterimi

Mostra boyunca örnek alınan noktalarda eğim – doğrultu ölçümleri yapılmış olsa da birbirini takip eden ya da birbiri ile uyumlu devam eden sonuçlar alınamadığından genç – yaşlı ilişkisi saptanamamış ve dolayısı ile enkesitlere yansıtılamamıştır. Kocakaya Köyü’nden yol boyunca aralıklarla görünen mostralardan alınan örneklerde yükseklik azaldıkça ve Uğuz ve Sevin (2009b)’nin 1/100.000’lik Jeoloji Haritasına göre gence doğru gidildikçe TOC değerinin arttığı gözlenmiştir (bkz. Şekil 3.15). Benzeri bir durum Çeşnigir ve Bozkurt kesitlerinde tespit edilememiştir.

İkinci arazi çalışmasında 3 farklı mostradan alınan örneklerin ilk arazi çalışmasında alınan Akgöl Formasyonu örnekleri ile bir arada değerlendirilebilmesi için kaynak kaya potansiyeli, kerojen tipi, hidrokarbon türü ve olgunlaşma seviyeleri sınıflandırmalarını içeren Çizelge 5.24 hazırlanmıştır.

Çizelge 5.24’den de görüldüğü gibi TOC sınıflamasına göre 27 örneğin 16 tanesi “zayıf”, 9 tanesi “orta” ve sadece 1 tanesi “iyi” kaynak kaya potansiyeline sahip şekilde sonuçlanmıştır. Tüm örneklerin S<sub>2</sub> değerleri düşük olduğundan S<sub>2</sub> sınıflamasına göre örneklerin tamamının kaynak kaya potansiyeli “zayıf” olarak sonuçlanmıştır.

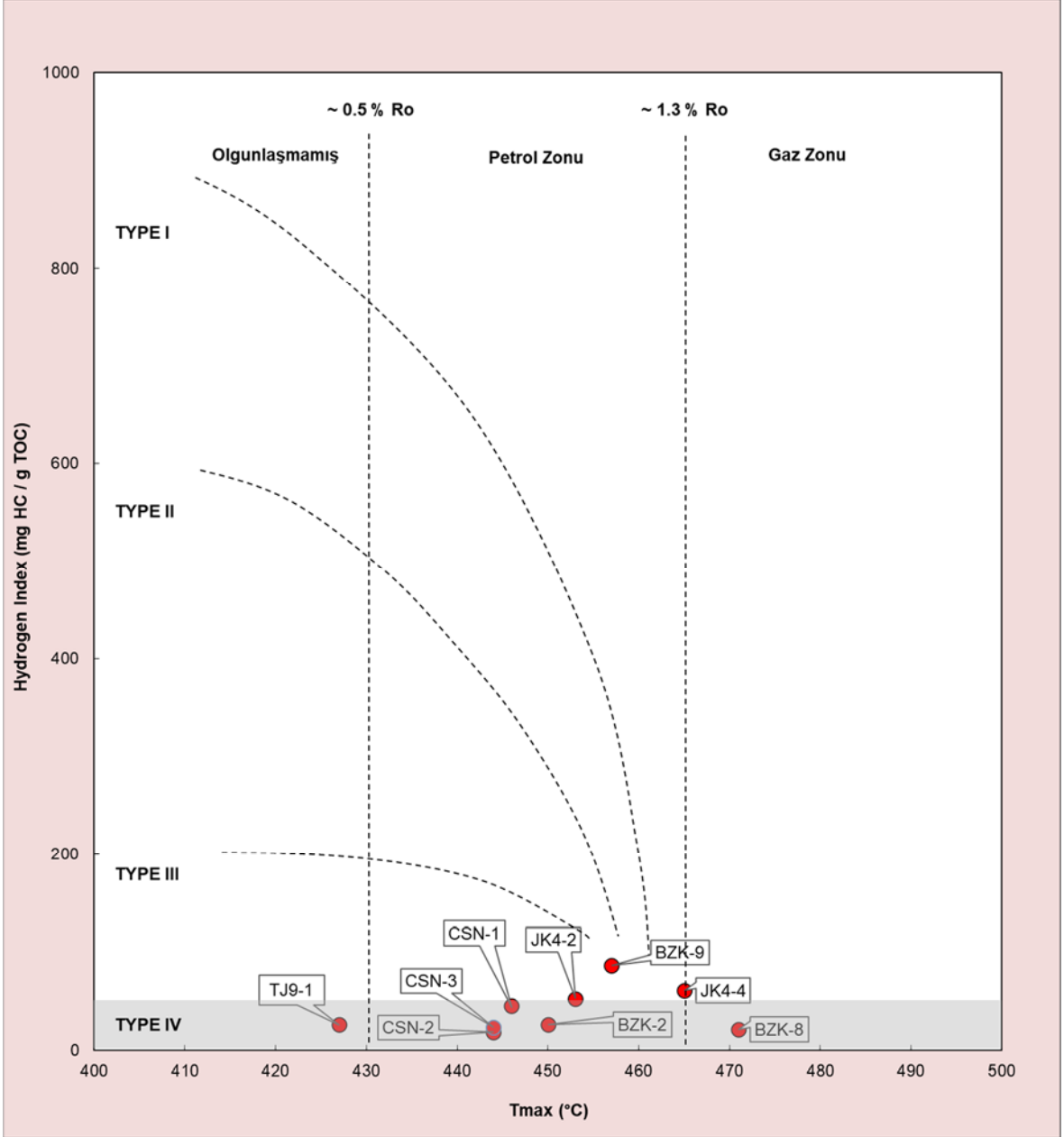
Hidrokarbon türü ve kerojen tipi açısından yapılan değerlendirmede 27 örneğin 21 tanesi türüm potansiyeli bulunmayan Tip IV, kalan 6 tanesi çoğunlukla gaz üretme potansiyeli bulunan Tip III kerojen olarak sınıflanmıştır. Tip III olarak sınıflanan örneklerden biri Kocakaya kesitinden, biri Bozkurt kesitinden, diğerleri ise ilk saha çalışmasında tekil alınan örneklerden gelmiştir.

Olgunlaşma seviyesi değerlendirmesinde T<sub>max</sub>’i ölçülebilen 10 örnek arasında 6 tanesi petrol penceresinde, 2 tanesi olgunlaşmamış ve 2 tanesi de gaz penceresinde sınıflanmıştır. CSN-3 ve Örneklerin S<sub>2</sub> seviyeleri düşük olduğundan T<sub>max</sub> değeri ve dolayısı ile olgunlaşma seviyesi değerlerinin güvenilir olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Akgöl Formasyonu’na ait olgunlaşma, hidrokarbon türü ve kerojen tipi sınıflamasının bir arada görülebilmesi için HI - T<sub>max</sub> grafiği hazırlanmıştır (Şekil 5.15).

Çizelge 5.24. Akgöl Formasyonu'na ait örneklerin kaynak kaya potansiyeli, hidrokarbon türü, kerojen tipi ve olgunlaşma seviyesi sınıflamaları

Örnek	Kaynak Kaya Potansiyeli		Hidrokarbon Türü ve Kerojen Tipi	Olgunlaşma Seviyesi
	TOC (Peters, 1986)	S <sub>2</sub> (Espitalie, 1982)	HI (Jones, 1984)	T <sub>max</sub> (Espitalie, 1982)
KCY-1	Zayıf	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
KCY-2	Zayıf	Zayıf	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	N/A
KCY -3	Zayıf	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
KCY -4	Zayıf	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
CSN-1	Zayıf	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	Petrol Penceresi
CSN-2	Zayıf	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	Petrol Penceresi
CSN-3	<b>Orta</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	Petrol Penceresi
BZK-2	Zayıf	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	Petrol Penceresi
BZK-5	<b>Orta</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
BZK-7	<b>Orta</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
BZK-8	<b>Orta</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	Gaz Penceresi
BZK-9	<b>Orta</b>	Zayıf	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	<b>Petrol Penceresi</b>
BZK-10	Zayıf	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
JK18-5	<b>İyi</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
JK3-2	Zayıf	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
JK4-2	Zayıf	Zayıf	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	<b>Petrol Penceresi</b>
JK4-4	Zayıf	Zayıf	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	<b>Gaz Penceresi</b>
JK5-1	<b>Orta</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
TJ12-1	Zayıf	Zayıf	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	N/A
TJ3-3	Zayıf	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	Olgunlaşmamış
TJ5-2	<b>Orta</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
TJ9-1	<b>Orta</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	Olgunlaşmamış
TL3A-2	Zayıf	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
TL3A-3	Zayıf	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
TL3A-4	<b>Orta</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A
XTJ1-1	Zayıf	Zayıf	<b>Tip III - Çoğunlukla karasal, Gaz &amp; Petrol</b>	N/A
XTJ1-2	<b>Orta</b>	Zayıf	Tip IV - Sadece Gaz	N/A



Şekil 5.15. Akgöl Formasyonu örnekleri HI -  $T_{max}$  grafiği

$T_{max}$  değeri ölçülebilmüş Akgöl Formasyonu örneklerinin değerleri HI -  $T_{max}$  grafiğine döküldüğünde çıkan sonucun gaz penceresinde görünen JK4-4 örneği haricinde Çizelge 5.24'de verilen değerler ile uyumlu olduğu görülmektedir. JK4-4 örneği de petrol – gaz penceresi sınırındadır. Ayrıca Çizelge 5.24'de Tip III olarak sınıflanan BZK-9, JK4-4 ve JK4-2 örnekleri de HI -  $T_{max}$  grafiğinde Tip IV sınırına çok yakın konumlanmıştır.

Tüm bu veriler ışığında tez çalışması kapsamında alınan örnekler kapsamında genel olarak Akgöl Formasyonu'nun ekseriyetinin hidrokarbon üretme potansiyeli bulunmayan Tip IV

kerojen olduğu, Tip IV kerojen olmayan örneklerin ise yeterli kaynak kaya potansiyeli ve dolayısı ile hidrokarbon üretme potansiyellerinin bulunmadığı görülmüştür.

#### 5.4. Toplam Karbon – Kükürt Analizleri

Rock-Eval Piroliz analizi yapılan örneklerin birçoğunda  $T_{max}$  değeri saptanamadığından sülfür içeriklerinin  $T_{max}$  ölçümünü etkileyebilecek kadar ( $>5\%$ ) yüksek olup olmadığının (bkz. 5.1.5  $T_{max}$ ) test edilmesine karar verilmiş ve hem bu amaçla hem de toplam karbon içeriklerinin Rock – Eval Pirolizinde elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması amacı ile Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Kömür Laboratuvarı'nda 10 adedi ilk saha çalışmasından, 13 adedi ikinci saha çalışmasından olmak üzere toplam 23 adet 250  $\mu$ m altına öğütülmüş örneğe Leco SC – 144DR cihazında toplam karbon ve kükürt analizi yapılmış, elde edilen sonuçlar Rock – Eval Piroliz analizinde elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.25). Toplam Karbon – Sülfür Analizi yapılırken Leco SC – 144DR cihazı 0,7 - 0,9 %S ve 12 - 54 %C değerlerinde standartlar kullanılarak kalibre edilmiştir.

Toplam Karbon – Sülfür Analizi yapılan bazı örneklerin Rock – Eval Piroliz TOC sonucu olmadığı için çizelgede (N/A) şeklinde gösterilmiş ve dolayısı ile % Fark değerleri de hesaplanamamıştır.

Çizelge 5.25'den de görüleceği gibi kimi örneklerde Toplam Karbon – Sülfür Analizi'nde ölçülen TOC değeri ile Rock – Eval Piroliz Analizi'nde ölçülen TOC değeri arasında oldukça yüksek, kimisinde ise düşük farklar görünmektedir. Bu oluşan fark Rock – Eval Pirolizinde ayırt edilen ancak Toplam Karbon – Sülfür Analizinde ayırt edilmeyen ve TOC değerine dahil edilen inorganik karbon, muhtemel karbonat miktarından kaynaklanmaktadır. Yapılan karşılaştırmaya göre en yüksek farklar ve dolayısı ile en yüksek muhtemel karbonat içerikleri Çakrazboz Formasyonu'nda görülmekte, Çakrazboz Formasyonu'nu da kimi Akgöl Formasyonu örnekleri takip etmektedir. Karşılaştırması yapılan örnek seti içerisinde iki analiz yönteminin en tutarlı olduğu örneklerin ait olduğu Himmetpaşa Formasyonu'nun en düşük inorganik karbon içeriğine sahip olduğu değerlendirilebilir. Analiz sonucunda hiçbir örnekte Rock – Eval Pirolizinde ölçülen  $T_{max}$  değerini etkileyebilecek bir sülfür içeriğine rastlanmamıştır.

Çizelge 5.25. Toplam Karbon – Kükürt - Rock – Eval Pirolizis TOC sonuçları ile karşılaştırması

Örnek	Formasyon	Toplam Karbon – Kükürt Analizi		Rock – Eval Pirolizisi	Fark (%)
		TOC	S	TOC	
HP01-1	Çakrazboz	4,94	---	0,21	96%
HP01-3	Çakrazboz	5,14	0,02	0,23	96%
HP01-4	Çakrazboz	5,32	0,03	0,18	97%
HP2A-1	Çakrazboz	6,24	0,01	0,26	96%
HP2A-2	Çakrazboz	7,29	0,43	2,05	72%
HP2A-3	Çakrazboz	4,01	--	0,28	93%
HP2A-5	Çakrazboz	5,43	0,43	0,51	91%
HP2A-6	Çakrazboz	2,39	---	0,08	97%
HP2A-9	Çakrazboz	6,22	0,89	0,78	87%
HP6-1	Himmetpaşa	2,74	0,14	2,37	14%
HP6-2	Himmetpaşa	2,01	0,15	1,57	22%
HP7-1	Himmetpaşa	16,64	0,38	14,86	11%
HP7-2	Himmetpaşa	2,84	0,13	2,64	7%
HP7-3	Himmetpaşa	1,77	0,18	1,66	6%
HP7-4	Himmetpaşa	1,26	0,07	N/A	N/A
HP7-5	Himmetpaşa	0,98	0,61	1,06	8%
HP7-6	Himmetpaşa	0,48	0,02	0,48	0%
HP7-7	Himmetpaşa	0,59	0,05	0,57	3%
HP8	Himmetpaşa	3,55	0,18	3,22	9%
BZK-1	Akgöl	0,87	0,03	N/A	N/A
BZK-2	Akgöl	1,49	0,31	0,46	69%
BZK-3	Akgöl	0,56	0,07	N/A	N/A
BZK-4	Akgöl	0,61	0,08	N/A	N/A
BZK-5	Akgöl	0,78	0,15	0,57	27%
JK18-5	Akgöl	2,34	0,60	1,46	38%
TJ3-3	Akgöl	0,61	---	0,42	31%
TJ5-2	Akgöl	0,65	0,01	0,55	15%
TJ9-1	Akgöl	1,02	1,48	0,54	47%
XTJ1-1	Akgöl	0,53	---	0,27	49%
XTJ1-2	Akgöl	0,96	---	0,59	38%
TL3A-3	Akgöl	0,49	---	0,45	9%
TL3A-4	Akgöl	1,06	---	0,91	14%

## 6. ORGANİK PETROGRAFI

Örneklerin bileşiminde yer alan orijinal/ilksel organik maddenin tanımlanması amacıyla 2 tanesi Himmetpaşa Formasyonu'na (HP6-1, HP7-1) 1 tanesi de Çakrazboz Formasyonu'na (HP2A-2) ait olmak üzere 3 örnek için organik petrografi çalışması Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Kömür Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Organik petrografi çalışması yapılabilmesi için örneklerin epoksi resin ve sertleştirici kullanılarak parlatma briketleri hazırlanarak parlatmaları yapılmış ve sonrasında Leica DM 4000 M tip yansıtma mikroskobu altında incelenmiştir. Organik petrografi çalışması sonucu çekilen maseral fotoğrafları Şekil 6.1 – Şekil 6.4'de sunulmuştur.

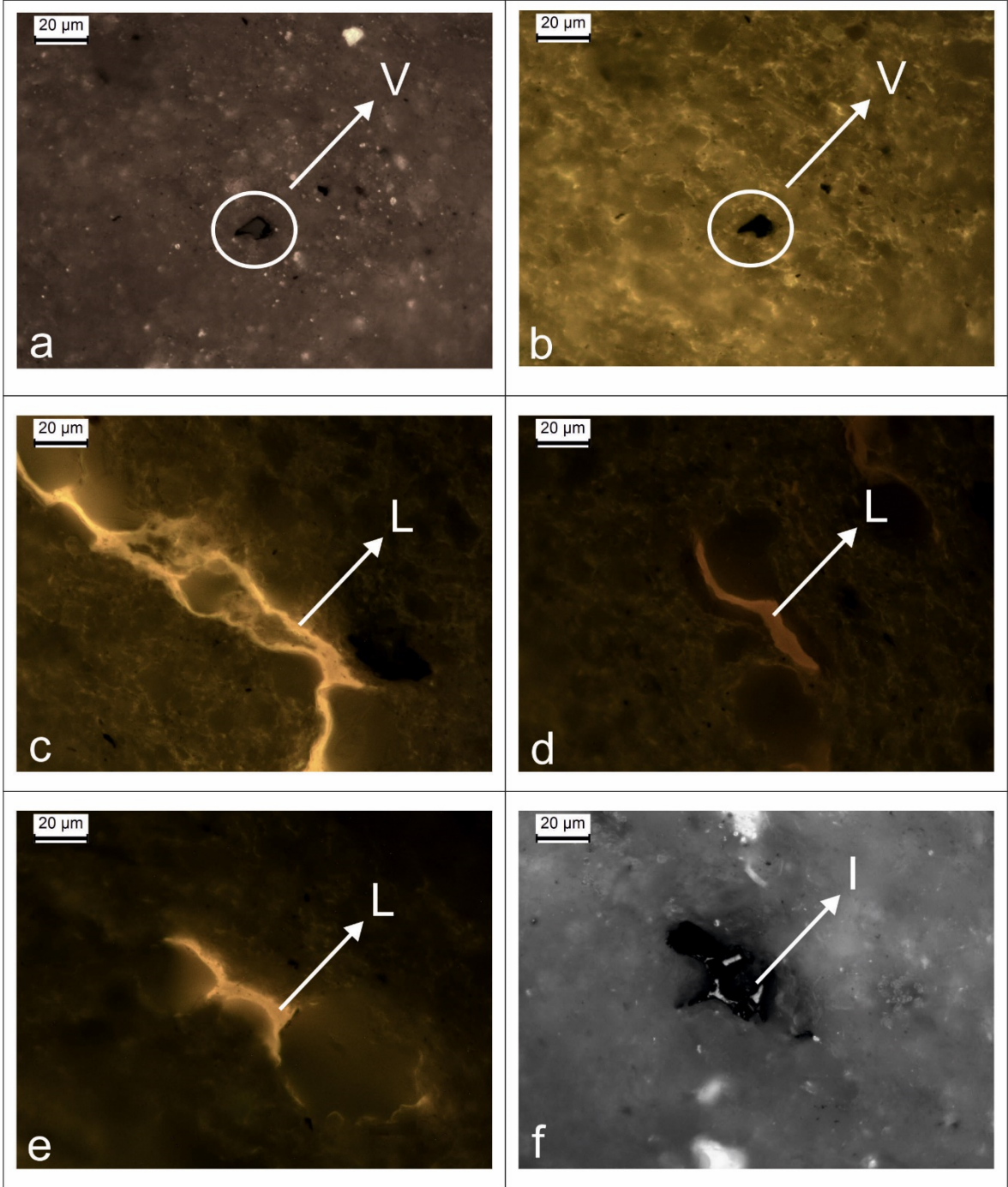
Waples (1985) maseral çeşidine göre kerojen tipi ve orijinal organik maddeleri Çizelge 6.1'deki gibi vermiştir.

Çizelge 6.1. Maseral çeşidine göre kerojen tipi ve orijinal organik maddeler (Waples, 1985)

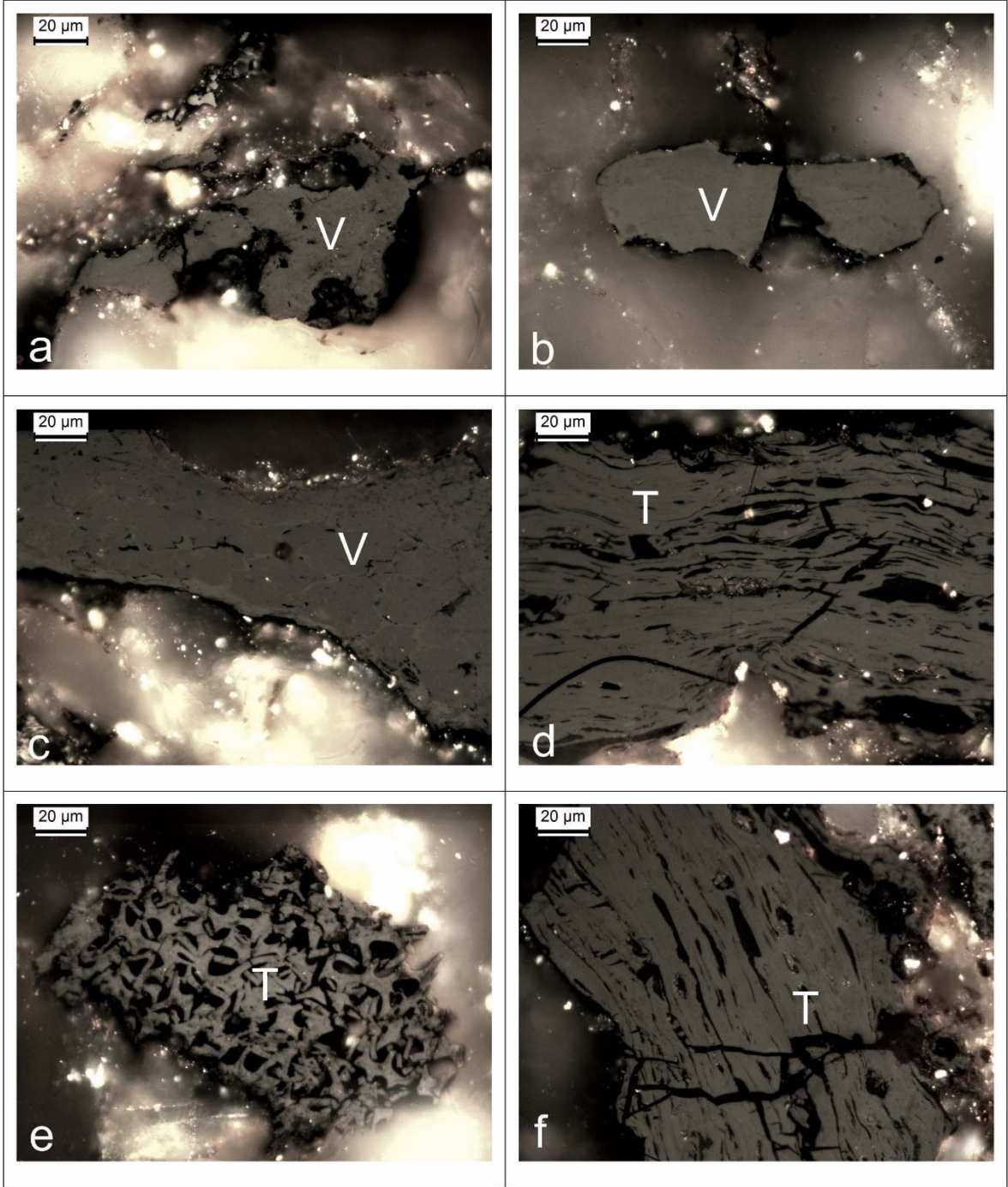
Maseral	Kerojen Tipi	Orijinal Organik Madde
Alginite	Tip I	Tatlı su algı
Exinite	Tip II	Polen, spor
Cutinite	Tip II	Karasal bitki kabuğu
Resinite	Tip II	Karasal bitki reçinesi
Liptinite	Tip II	Tüm karasal bitki lipitleri, denizel alg
Vitrinite	Tip III	Karasal bitki odunsu ve selülozik malzeme
Inertinite	Tip IV	Kömür; Yüksek derecede okside olmuş veya herhangi bir tip orijinal organik maddeden itibaren yeniden işlenmiş

Çakrazboz Formasyonu'na ait HP2A-2 örneğinde vitrinit, liptinit ve inertinit maseralleri tespit edilmiştir (Şekil 6.1). Vitrinit maseralinden %Ro değeri 0,7 olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu değer  $T_{max}$ 'den hesaplanan %Ro değeri ile (% Ro = 0,71) uyumludur (bkz. Çizelge 5.15). HP2A-2 örneği içerisinde Waples (1985)'e göre hem Tip II (liptinit), hem Tip III (vitrinit) hem de Tip IV kerojen (inertinit) tipine ait maseraller tespit edilmiştir. Tip IV kerojen olan inertinitin ise çalışmada tespit edilen diğer maserallerden itibaren yeniden oluşmuş olabileceği değerlendirilmiştir.

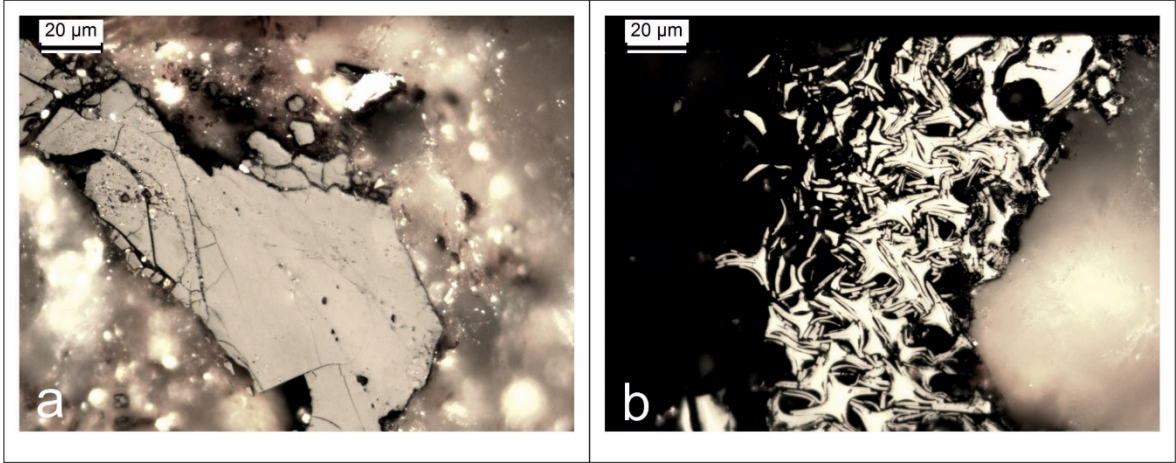




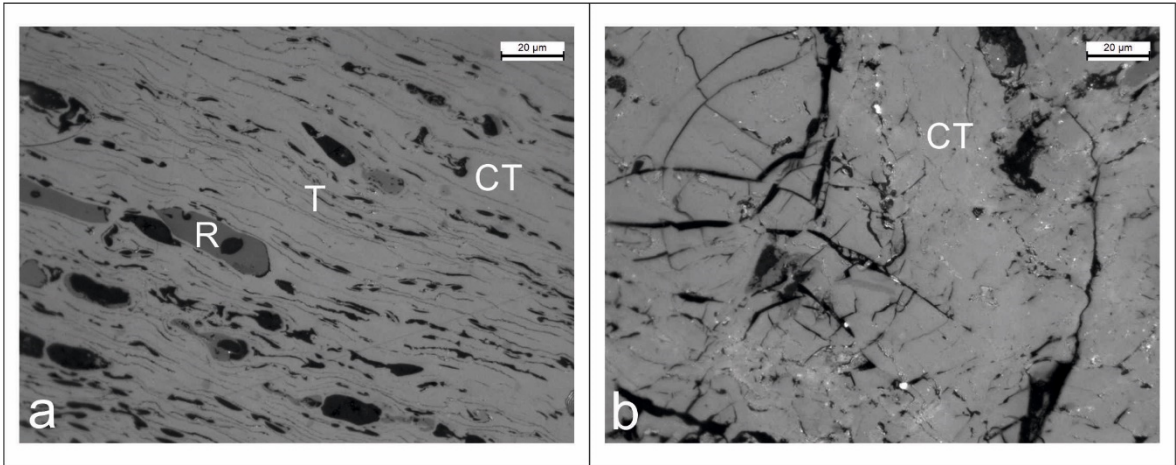
Şekil 6.1. Çakrazboz Formasyonu'na ait HP2A-2'nin parlak kesitinde; (A) normal ışık altında (B) floresan ışık + portakal rengi filtre altında dağınık organik madde (vitrinit), ölçülen yansıtma değeri %Ro = 0,7. Floresan ışık + portakal rengi filtre altında (C, D, E) tanımlanan liptinit (Eskudanitit?) maserali ve (F) normal ışık altında tanımlanan inertinit maserali.



Şekil 6.2. Himmetpaşa Formasyonu'na ait HP6-1'in parlak kesitinde normal ışık altında tanımlanan vitrinit (A, B, C) ve vitrinit (telinit) maseralleri.



Şekil 6.3. Himmetpaşa Formasyonu'na ait HP6-1 örneğinin parlak kesitinde normal ışık altında tanımlanan inertinit (A) ve inertinit (füsinit) (B)



Şekil 6.4. Himmetpaşa Formasyonu'na ait HP7-1 örneğinin parlak kesitinde normal ışık altında Xylitic içerisinde (A) resinit, telinit, kolotelinit maseralleri. Cotelinitten ölçülen %Ro = 0,55.

Waples (1985)'e göre, Çakrazboz Formasyonu'na ait HP2A-2 örneğinde tespit edilen vitrinit maserali Tip III, liptinit maserali Tip II, inertinit maserali de Tip IV kerojendir. HI sınıflamasına göre örnek Tip II kerojen görünmektedir (bkz. Çizelge 5.17). Vitrinit maseralinden ölçülen 0,7 %Ro değeri  $T_{max}$ 'ten hesaplanan VR değeri ile (%Ro = 0,71) uyumludur.

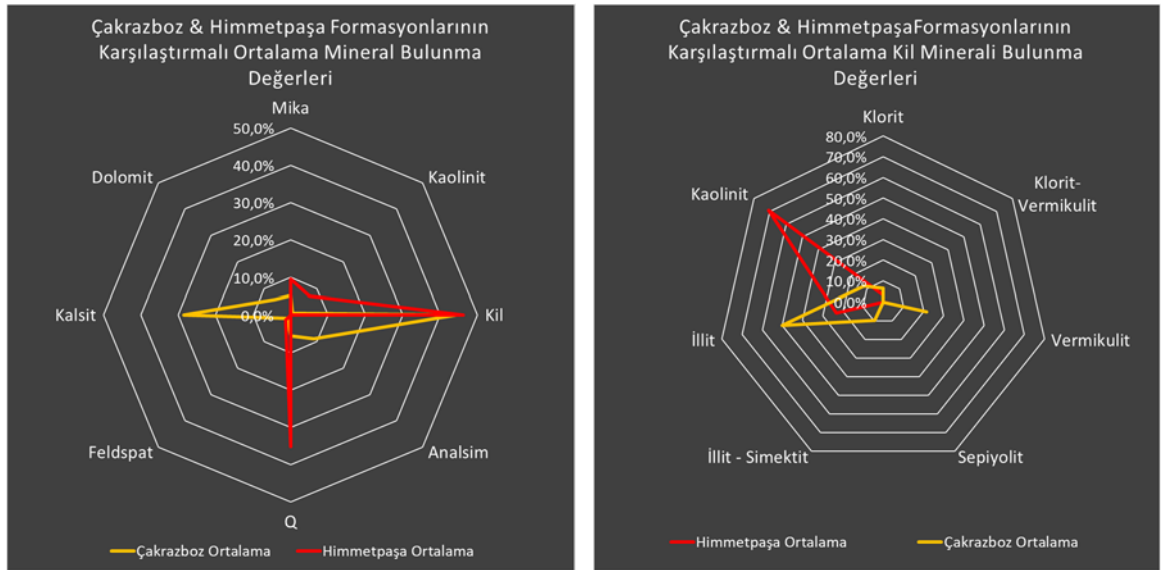
Himmetpaşa Formasyonu'na ait HP6-1 örneğinde saptanan vitrinit maserali Tip III, inertinit maserali de Tip IV kerojendir. Hidrojen indeksine göre yapılan sınıflamada da aynı örnek Tip III kerojen olarak sınıflanmıştır (bkz. Çizelge 5.23).

Himmetpaşa Formasyonu'nun bir diğere örneği olan HP7-1 örneğinde xylit (odun) içerisinde vitrinit maseral grubuna ait resinit, telinit ve cotelinit tespit edilmiştir. Cotelinitlerden ölçölen %Ro değeri 0,55 olmuştur. Ölçölen bu değer  $T_{max}$ 'den hesaplanan %Ro değeri ile (% Ro = 0,54) uyumludur (bkz. Çizelge 5.19). Waples (1985)'e göre orijinal organik madde Tip III kerojendir. Hidrojen indeksine göre yapılan sınıflamada da aynı örneğ Tip III kerojen olarak sınıflanmıştır (bkz. Çizelge 5.23).

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında Batı ve Orta Karadeniz bölgesinde 8 adet 1/100.000'lik haritayı kapsayan oldukça geniş bir alan içerisinde (bkz. Şekil 2.1) iki saha çalışmasında hem noktasal hem de kesit oluşturabilecek şekilde toplam 89 adet örnek alınmış, alınan bu örneklerde XRD Tüm Kayaç, XRD Kil, Rock – Eval Pirolyzi, Toplam Karbon & Sülfür ve Organik Petrografi Analizleri adı altında toplamda 199 adet analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuç ve değerlendirmeleri ilgili bölümler altında yapılmış olup bu bölüm içerisinde de özetlenerek sonuçlar tartışılmıştır.

1. İlk saha çalışmasında, Tüysüz (2022) çalışmasının haritasında Himmetpaşa Formasyonu olarak görünen ancak Gedik ve Aksay (2002) çalışmasının haritasında Triyas yaşlı Çakrazboz Formasyonu olarak görünen alanlar (bkz. Şekil 3.3), Tüysüz (2022) çalışmasının güncelliği sebebi ile Himmetpaşa Formasyonu olarak kabul edilmiş ve bu alanlardan 14 adet örnek alınmıştır. Bu örnekler ile birlikte, bahsi geçen her iki çalışmada da Himmetpaşa Formasyonu olarak görünen alanlardan da örnekler alınmıştır. Ancak, XRD Tüm Kayaç ve XRD Kil Difraksiyonu analizlerinden elde edilen mineralojik sonuçlar bu iki bölgeden alınan örneklerin birbirine göre ciddi farklar taşıdığını göstermiş ve bahsi geçen tartışmalı alanın Himmetpaşa Formasyonu değil, Çakrazboz Formasyonu olduğu anlaşılmıştır (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Himmetpaşa ve Çakrazboz Formasyonlarının ortalama mineral ve ortalama kil minerali bulunma değerlerinin karşılaştırması

2. Çakrazboz Formasyonu'ndan alınan 14 örneğin TOC ortalaması %0,37'dir ve genel olarak "zayıf kaynak kaya" potansiyeline sahiptir. TOC değerlerine göre yapılan sınıflandırmada örnek seti içerisindeki HP2A-2 örneği %2,05 TOC değeri ile "çok iyi", HP2A-9 örneği de %0,78 TOC değeri ile "orta" kaynak kaya potansiyeline sahiptir.

Görelili yüksek TOC değerine sahip HP2A-2 ve HP2A-9 örneklerinin haricindeki örneklerin tamamında S<sub>1</sub> ve S<sub>2</sub> değerleri oldukça düşüktür. Dolayısıyla ile bu örneklerde serbest halde hidrokarbon ve güncel hidrokarbon potansiyeli yoktur. S<sub>2</sub> değerlerinin çok düşük olmasından dolayı 9 örnekte T<sub>max</sub> değeri hesaplanamamıştır.

Hidrokarbon Türü ve Kerojen Tipi sınıflamalarında ise örneklerin yarısının hidrokarbon üretme potansiyeline sahip olmayan Tip IV kerojen, 5 tanesinin Tip III kerojen, 1 tanesinin Tip II/Tip III kerojen, HP2A-2 örneğinin ise Tip II kerojen olduğu görülmüştür.

Çakrazboz Formasyonu'nda yapılan mineralojik değerlendirmeler sonucunda diğer formasyonlarda rastlanılmayan Analsim mineraline rastlanmıştır. Metamorfik veya volkanik kaynaklı olan bu mineralin kaynağının, içerisinde granitik ve metamorfik kaya çakılları bulunan ve Çakrazboz Formasyonu ile tedrici geçişli sınır ilişkisine sahip Permo – Triyas yaşlı Çakraz Formasyonu olduğu değerlendirilmiştir.

Yapılan XRD mineralojik analizlerine göre dolomit ve kil mineralleri, kil minerallerinin içerisinde de illit ve vermikülit mineralleri baskındır.

Çakrazboz Formasyonu içerisinde en dikkat çekici örnek TOC sınıflamasına göre "çok iyi", S<sub>2</sub> sınıflamasına göre "iyi" kaynak kaya potansiyeline, Tip II kerojen tipine ve petrol penceresinde kalan olgunlaşma seviyesine sahip olan HP2A-2 örneği olmuştur. Bu örnekte yapılan organik petrografi çalışmasının sonucunda da hem Tip II (liptinit), hem Tip III (vitrinit) hem de Tip IV kerojen (inertinit) tipine ait maseraller tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Rock – Eval Pirolizinden elde edilen sonuç ve sınıflamaları doğrular niteliktedir.

3. Akgöl Formasyonu'nda analizi yapılan 27 örneğin TOC ortalaması %0,48'dir ve genel olarak "zayıf" kaynak kaya potansiyeline sahiptir. TOC değerlerine göre yapılan sınıflandırmada örnek seti içerisinde sadece JK18-5 örneği "iyi" kaynak kaya, 9 tanesi "orta" kaynak kaya, geri kalanları ise ortalama sonucundaki gibi "zayıf" kaynak kaya potansiyeline sahiptir. S<sub>2</sub> değerine göre yapılan sınıflandırmada ise örneklerin tamamı "zayıf" kaynak kaya olarak sınıflandırılmıştır.

Örneklerin tamamında S<sub>1</sub> ve S<sub>2</sub> değerleri düşüktür ve dolayısı ile güncel hidrokarbon potansiyelleri bulunmamaktadır. S<sub>2</sub> değerlerinin çok düşük olmasından dolayı 27 örneğin 17'sinde T<sub>max</sub> değeri hesaplanamamıştır.

Kerojen tipi değerlendirmesinde 27 örneğin 21 tanesi hidrokarbon üretme potansiyeline sahip olmayan Tip IV kerojen, 6 tanesi ise Tip III kerojen içermektedir.

Akgöl Formasyonu'nda ortalama mineral bulunma değerlerinde kil, kuvars ve mika minerallerinin baskın olduğu görülmektedir. Mika minerallerinin baskın olmasının sebebinin kayacın maruz kaldığı yüksek metamorfizma ile ilişkili olduğu değerlendirilmiştir. Ortalama kil minerali bulunma değerlerinde baskın olarak görünen illit minerali de simektit – illit dönüşümünün tamamlandığını göstererek bu görüşü desteklemektedir.

Akgöl Formasyonu Rock – Eval Pirolizi analiz değerlendirmeleri sonucunda en dikkat çekici durum kesit halinde alınan CSN ve KCY örnek serilerinin TOC değerlerinin belli yönde artmasıdır (bkz. Şekil 5.12). Kocakaya Köyü'nden alınan KCY örneklerinde Uğuz ve Sevin (2009b)'nin jeoloji haritasına göre gence doğru gidildikçe TOC değerlerinin arttığı görülürken, Çeşnigir Köyü'nden alınan CSN örneklerinde ise TOC değerlerinin artma yönünde Jura Granitleri bulunduğundan aynı ilişkiyi kurmak mümkün olmamaktadır.

Bu sonuçların Akgöl Formasyonu'nun genç kısımlarına, yani Liyas (özelde Torsiyen) yaşına doğru gidildikçe hidrokarbon potansiyeli karakteristiklerindeki farklılaşmanın araştırılması için bir ön veri olarak kullanılabileceği, hatta ek yaşlandırma ve izotop analiz yöntemleri ile Karadeniz'de Torsiyen Okyanusal Anoksik Olayının araştırılabileceği değerlendirilmiştir.

4. Himmetpaşa Formasyonu’nda analizi yapılan 9 örneğin TOC ortalaması %3,16’dır. Örnek seti içerisinde sadece HP7-6 örneği % 0,48 değeri ile TOC sınıflamasına göre “zayıf” kaynak kaya potansiyeline sahiptir. Geri kalan örneklerden 4 tanesi “çok iyi”, 3 tanesi “iyi” 1 tanesi de “orta” kaynak kaya potansiyeline sahip olacak şekilde sınıflanmışlardır. S<sub>2</sub>’ye göre yapılan sınıflandırmada ise sadece HP8 örneği “İyi”, diğer örnekler “Zayıf” kaynak kaya potansiyeline sahiptir.

12,27 mg HC/g kayaç S<sub>2</sub> değerine sahip HP8 ile, 1,35 mg HC/g S<sub>2</sub> değerine sahip HP6-1 örnekleri haricindeki tüm örneklerin S<sub>2</sub> değerleri oldukça düşüktür. Bu sonuçlara göre HP7-1 örneği dışındaki örneklerin güncel hidrokarbon potansiyeli bulunmamaktadır.

Kerojen tipi değerlendirmelerine bakıldığında ikinci saha çalışmasında HP7 ölçülü stratigrafik kesiti kapsamında alınan HP7-1 örneği haricindeki tüm örnekler ve ilk saha çalışmasında alınan HP6-2 örneği Tip IV kerojen, gene ilk saha çalışmasında alınan HP6-1 örneği ile HP7 ÖSK kapsamında alınan HP7-1 örnekleri Tip III kerojen içermektedir.

Himmetpaşa Formasyonu’nda yapılan mineralojik analizler sonucunda kuvars ve kil minerallerinin hâkim olduğu, kil mineralleri arasında da yaklaşık %70 bir oranla kaolinit mineralinin baskın olduğu, yaklaşık %15’lik bir oranla da illit mineralinin takip ettiği görülmüştür.

Himmetpaşa Formasyonu’ndan %2,37 ağ. TOC değerine sahip HP6-1 ile %14,86 ağ. TOC değerine sahip HP7-1 örneklerinde yapılan organik petrografi çalışması sonucunda; HP6-1 örneğinde Tip III kerojen olan vitrinit maserali ile Tip IV kerojen olan inertinit maserali, HP7-1 örneğinde ise xylitit içerisinde vitrinit maserali olan telinit, kolotelinit ve resinit maseralleri saptanmıştır. HP7-1 örneğinde ölçülen 0,55 %Ro değeri, T<sub>max</sub>’den hesaplanan 0,54 %Ro değeri ile uyumludur.

Himmetpaşa Formasyonu değerlendirmelerinde HP7-1 örneği hem TOC içeriği hem kerojen tipi hem de petrol penceresinde bulunan olgunlaşma seviyesinden dolayı hidrokarbon üretme potansiyeline sahip bir kaynak kaya olarak öne çıkmıştır. Ancak,



organik petrografi çalışması için yapılan örnek seçme işlemi sırasında örnek içerisinde ince kömür bantları da görülmüştür (Prof. Dr. Ali İhsan Karayığit ile sözlü görüşme, 2022). Dolayısı ile yüksek TOC içeriğini oluşturan karbonun bir kısmının bahsi geçen ince kömür bantlarından gelmiş olması mümkündür.

%2,37 ağ. TOC değerine ve Tip III kerojene sahip olan HP6-1 örneğinin olgunlaşma seviyesi her ne kadar “olgunlaşmamış” olarak sınıflansa da gerek  $T_{max}$  değeri (423 °C), gerekse  $T_{max}$ 'den hesaplanan %Ro değeri (0,45) petrol penceresi sınır değerlerine yakın olduğundan dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

Başlangıçta Moesya platformu ile bitişik olan, Geç Kretase – Paleosen boyunca Odessa'dan güneye doğru hareket ederek Erken Eosen'de Kimmerid Zonu ile çarpışarak Batı Karadeniz'deki gelişmeyi sonlandıran İstanbul Zonu'nun Lavrasya Kıtası'na ait olduğu, Lavrasya Kıtası'nda Jura yaşlı hidrokarbon potansiyelinin yüksek olduğu ve bu tez çalışması kapsamında özellikle HP7-1 ve HP6-1 örneklerinde yakalanan hidrokarbon potansiyeli ipuçları göz önünde bulundurularak, kısıtlı mostra alanlarına sahip olan Himmetpaşa Formasyonu'nun daha sık örneklerle çalışılması gerektiği, bu çalışmalardan alınacak sonuçlara göre gerekirse jeofizik yöntemler ışığında stratigrafik kuyu/kuyular açılarak çalışmanın detaylandırılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Her ne kadar bu tez çalışmasının kapsamının içerisinde bulunmasa da Rock – Eval Piroliz analizlerine göre hidrokarbon üretme potansiyeli bulunan HP2A-2 örneğinden dolayı Triyas yaşlı Çakrazboz Formasyonu'nun da Himmetpaşa Formasyonu için önerilene benzer şekilde hidrokarbon potansiyelinin çalışılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

## 8. KAYNAKLAR

AAPG\_Wiki, Van Krevelen Diagram, [https://wiki.aapg.org/Van\\_Krevelen\\_diagram#cite\\_note-1](https://wiki.aapg.org/Van_Krevelen_diagram#cite_note-1), (Erişim Tarihi: **01.05.2023**)

Akman, Ü., Amasra-Ant Arasının Jeolojisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış, **1993**

Akyol, Z., Arpat, E., Erdoğan, B., Göğer, E., Şaroğlu, F., Şentürk, İ., Tütüncü, K., Uysal, Ş., Zonguldak E29a, E29b, E29c, E29d, Kastamonu E30a, E30,1/50.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Serisi, **1974**

Alişan, C., Derman, A.S., The First Palynological Age, Sedimentological and Stratigraphic Data for Çakraz Group (Triassic), Western Black Sea. Geology Of The Black Sea Region. pp. 93-98. General Directorate of Mineral Research and Exploration and Chamber of Geological Engineers, Ankara, **1995**.

Arkai, P., Chlorite Crystallinity - An Empirical Approach and Correlation With Illite Crystallinity, Coal Rank and Mineral Facies as Exemplified by Paleozoic and Mesozoic Rocks of Northeast Hungary, Journal of Metamorphic Geology, 9, 723-734, (**1991**)

Arkai, P., Faryad, S.W., Vidal, O., Balogh, K., Very Low-Grade Metamorphism of Sedimentary Rocks of the Meliata unit, Western Carpathians, Slovakia: Implications of Phyllosilicate Characteristics, International Journal of Earth Sciences, 92, 68-85, (**2003**)

Arkai, P., Mata, M.P., Giorgetti, G., Peacor, D.R., Toth, M., Comparison of Diagenetic and Low-Grade Metamorphic Evolution of Chlorite in Associated Metapelites and Metabasites: an Integrated TEM and XRD Study, Journal of Metamorphic Geology, 18, 531-550, (**2000**)

Arslan, Z., Hendek (Sakarya, KB Anadolu) Siluriyen Şeyllerinin Organik Porozite Değerlerinin Rock-Eval Piroiliz Verileri Kullanarak Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, **2019**

ASTM, Inorganic Index to the Powder Diffraction File. p. 1432. Joint Committee on Powder Diffraction Standards, Pennsylvania, **1972**.

Aydın, M., Demir, O., Özçelik, Y., Terzioplu, N., Satır, M., A Geological Revision of İnebolu, Devrakani, Ağlı and Küre Areas: New Observations in Paleotethys - Neotethys Sedimentary Successions. MTA, Ankara, **1995**.

Aydın, M., Serdar, H.S., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O., Özçelik, Y., Çamdağ (Sakarya)-Sünnicedağ (Bolu) Yöresinin Jeolojisi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 30, 1-14, (**1987**)

Aydın, M., Şahintürk, Ö., Serdar, H.S., Özçelik, Y., Akarsu, İ., Üngör, A., Çokuğraş, R., Kasar, S., Ballıdağ - Çangaldağı (Kastamonu) Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 29, (**1986**)

Badgley, P.C., Stratigraphy and Petroleum Possibilities of the Sinop Region: Tidewater Atlantic-Texaco Exploration Group, Ankara, **1959**

Baskin, D.K., Atomic H/C Ratio of Kerogen as an Estimate of Thermal Maturity and Organic Matter Conversion, AAPG Bulletin, 81, 1437-1450, (**1997**)

Boote, D.R.D., Sachsenhofer, R.F., Tari, G., Arbouille, D., Petroleum Provinces of the Paratethyan Region, Journal of Petroleum Geology, 41(3), 247-298, (**2018**)

Bordenave, M.L., Applied Petroleum Geochemistry. Exploration Division, TOTAL, Paris, **1993**.

BP, BP Statistical Review Of World Energy 2020, Statistical Review of World Energy, London, **2020**

Clementz, D.M., Demaison, G.J., Daly, A.R., Well site geochemistry by programmed pyrolysis, Offshore Technology Conference, 1979, OTC-3410-MS,

De Ronde, C.E.J., Faure, K., Bray, C.J., Chappell, D.A., Wright, I.C., Hydrothermal Fluids Associated With Seafloor Mineralization at Two Southern Kermadec Arc Volcanoes, Offshore New Zealand, Miner. Depos., 38, 217-233, (**2003**)

Derman, A.S., Batr Karadeniz Bölgesi'nin Geç Jura-Erken Kretase'deki Jeolojik Evrimi, Türkiye 8. Petrol Kongresi, 1990, Ankara,

Derman, A.S., Black Sea Rift Sequences, Türkiye Petrol Jeologları Bülteni, 14, 36-65, (**2002**)

Derman, A.S., İztan, Y.H., Robinson, A.G., Results of Geochemical Analysis of Seeps and Potential Source Rocks From Northern Turkey and the Turkish Black Sea. Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. American Association of Petroleum Geologists, **1997**.

Derman, A.S., Sayılı, A., Himmetpaşa Formation: New Palynological Age Data and Significance, International Symposium on the Geology of the Black Sea Region, Ankara, General Directorate of the Mineral Research and Exploration, **1995**, 99-104

Dil, N., Konyalı, Y., Carboniferous of Zonguldak Area. MTA Guidebook, Field excursions on the Carboniferous Stratigraphy in Turkey. pp. 5-23, Ankara, **1978**.

Dirik, K., Vezirköprü (Samsun-Türkiye) Bölgesinin Tektono-Stratigrafisi, Doktora, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, **1991**

Dypvik, H., Clay mineral transformations in tertiary and mesozoic sediments from north-sea, AAPG Bull.-Am. Assoc. Petr. Geol., 67, 160-165, (**1983**)

Emeis, K.C., Weissert, H., Tethyan-Mediterranean Organic Carbon-Rich Sediments From Mesozoic Black Shales to Sapropels, Sedimentology, 56, 247-266, (**2009**)

EPDK, 2022 Yılı Elektrik Piyasası Gelişim Raporu, Ankara, **2023a**

EPDK, Doğal Gaz Piyasası 2022 Yılı Sektör Raporu, Ankara, **2023b**

Eren, R.H., Kastamonu - Taşköprü Bölgesi Metamorfitlerinin Jeolojik ve Petrografik Etüdü, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İTÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İstanbul, **1979**

Ergun, O.N., Sinop, Samsun Havzası, Gerze, Dikmen Dolayları Tortul İstifinin Sedimentolojik İncelemesi, Unpublished, **1980**

Espitalie, J., Syntheses Geologiques et Geochimie. Institut Francais du Petrole, **1982**.

Espitalie, J., Deroo, G., Marquis, F., Rock-Eval Pyrolysis and Its applications, Revue De L Institut Francais Du Petrole, 40, 563-579, (**1985**)

Espitalie, J., Laporte, J.L., Madec, M., Marquis, F., Leplat, P., Paulet, J., Boutefeu, A., Rapid Method for Source Rocks Characterization and for Determination of Petroleum Potential and Degree of Evolution, Revue De L Institut Francais Du Petrole, 32, 23-42, (**1977**)

Eyüboğlu, Y., Late Cretaceous High-K Volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt: Implications for The Geodynamic Evolution of NE Turkey, International Geology Review, 52, 142-186, (**2010**)

Flawn, P.T., Goldstein, A., King, P.B., Weaver, C.E., The Ouachita System, Publicarion Of Texas Bureau of Economic Geology, (**1960**)

Frey, M., Very Low-Grade Metamorphism of Clastic Sedimentary Rocks, Low Temperature Metamorphism, 9-58, (**1987**)

Gedik, A., Korkmaz, S., Sinop Havzasının Jeolojisi ve Petrol Olanakları, Jeoloji Mühendisliği, 19, 53-79, (**1984**)

Gedik, A., Özbudak, N., Korkmaz, S., İztan, H., Ağrıdağ, D.S., Sinop Havzasının Jeolojisi ve Petrol Olanakları ile İlgili Ön Sonuçlar, TJK. 35. Bilim ve Teknik Kurultayı, 1981, Ankara,

Gedik, İ., Aksay, A., Türkiye Jeoloji Haritaları, Zonguldak - E29, Türkiye Jeoloji Haritaları, 25, (**2002**)

Görür, N., Okay, A., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Akkök, R., İstanbul-Zonguldak Paleozoyik İstifinin Paleocoğrafik ve Tektonik Konumu. Zonguldak Havzası Araştırma Kuyuları-I, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Özel Yayını, **1995**

Gümüşsu, M., Amasya ili Merzifon ve Suluova İlçeleri Kömür Jeolojisi, Ankara, **1980**

Hallam, A., A Revised Sea-Level Curve for The Early Jurassic, Journal of the Geological Society, 138, 735-743, (**1981**)

Hallam, A., Bradshaw, M.J., Bituminous Shales and Oolitic Ironstones as Indicators of Transgressions and Regressions, Journal of the Geological Society, 136, (**1979**)

Herzig, P.M., Hannington, M.D., Polymetallic Massive Sulfides at The Modern Seafloor - A review, Ore Geol. Rev., 10, 95-115, (**1995**)

Hippolyte, J.C., Müller, N., Kaymakçı, E., Sangu, Dating of the Black Sea Basin: New Nannoplankton Ages From Its Inverted Margin in The Central Pontides (Turkey), In

Sedimentary Basin Tectonics From the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform, Geological Society, 340, 113-136, **(2010)**

IEA, Key World Energy Statistics, 2020, Key World Energy Statistics, Paris, **2020**

IEA, World Energy Outlook, 2022, Key World Energy Statistics, Paris, **2022**

IEA, Natural Gas Data - Shale Gas, [https://www.eia.gov/dnav/ng/ng\\_enr\\_shalegas\\_dcunus\\_a.htm](https://www.eia.gov/dnav/ng/ng_enr_shalegas_dcunus_a.htm), (Erişim Tarihi: **06.05.2023**)

Isozaki, Y., Permo-Triassic Boundary Superanoxia and Stratified Superocean: Records From Lost Deep Sea, Science, 276, 235-238, **(1997)**

Jackson, E.D., Schlanger, S.O., Regional Synthesis, Line Islands Chain, and Manihiki Plateau, Central Pacific Ocean, DSDP Leg 33, **(1976)**

Jarvie, D.M., Shale Resource Systems for Oil and Gas: Part I, Shale-Gas Resource Systems, Shale Reservoir-Giant Resources for the 21st Century. pp. 69-87. The American Association of Petroleum Geologists, AAPG Memoir, **2012**.

Jarvie, D.M., Baker, D.R., Application of the Rock-Eval III Oil Show Analyzer to the Study of Gaseous Hydrocarbons in an Oklahoma Gas Well, 187 th ACS National Meeting, St. Louis Missouri, **1984**,

Jarvie, D.M., Claxton, B.L., Henk, B., Breyer, J., Oil and Shale Gas From the Barnett Shale, Fort Worth Basin, Texas, AAPG National Convention, Denver, **2001**,

Jarvie, D.M., Tobey, M.H., TOC and Rock-Eval or SR Analyzer Interpretive Guidelines. Humble Geochemical Services, Humble, TX, **1999**.

Jenkyns, H.C., Sediments and Sedimentary History Of The Manihiki Plateau, South Pacific Ocean, **(1976)**

Jenkyns, H.C., Cretaceous Anoxic Events From Continents to Oceans, Journal of the Geological Society, **(1980)**

Jenkyns, H.C., The Early Toarcian and Cenomanian-Turonian Anoxic Events in Europe - Comparisons and Contrasts, Geol. Rundsch., 74, 505-518, **(1985)**

Jenkyns, H.C., The Early Toarcian (Jurassic) Anoxic Event - Stratigraphic, Sedimentary and Geochemical Evidence, Am. J. Sci., 288, 101-151, **(1988)**

Jenkyns, H.C., Geochemistry of Oceanic Anoxic Events, Geochemistry - Geophysics - Geosystems, 11, **(2010)**

Jenkyns, H.C., Jones, C.E., Grocke, D.R., Hesselbo, S.P., Parkinson, N.D., Chemostratigraphy of The Jurassic System: Applications, Limitations and Implications for Palaeoceanography, Journal of The Geological Society, 159, 351-378, **(2002)**

Jones, R.W., Comparison of Carbonate and Shale Source Rocks, AAPG Bull.-Am. Assoc. Petr. Geol., 68, 494-494, **(1984)**

- Kanar, F., Kandemir, Ö., Çakır, K., Usta, D., Çobankaya, M., Atıcı, G., Karadeniz Taşkömürü Havzasının (Zonguldak, Bartın) Jeolojisi, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 33-40, (2019)
- Kato, Y., Nakao, K., Isozaki, Y., Geochemistry of Late Permian to Early Triassic Pelagic Cherts From Southwest Japan: Implications for an Oceanic Redox Change, Chem. Geol., 182, 15-34, (2002)
- Kerey, E., Facies and Tectonic Setting of The Upper Carboniferous Rocks of Northwestern Turkey. The geological evolution of the eastern Mediterranean: Geological Society of London Special Publication, pp. 123-128, London, 1984.
- Ketin, İ., Tectonic Units of Anatolia, MTA Mecmuası, 66, 23-34, (1966)
- Ketin, İ., Gümüş, A., Sinop - Ayancık Arasında III. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi Hakkında Rapor, Unpublished, 1962
- Ketin, İ., Gümüş, A., Sinop-Ayancık arasında III. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi Hakkında Rapor, Unpublished, 1963
- Kipman, E., Sakarya Çamdağ (Kestanepınar - Yassıgeçit Köyleri Arası) Deniz Çökeltisi Demir Cevherinin Jeolojisi, İstanbul, 1974.
- Klemme, H.D., Ulmishek, G.F., Effective Petroleum Source Rocks Of The World - Stratigraphic Distribution and Controlling Depositional Factors, AAPG Bull.-Am. Assoc. Petr. Geol., 75, 1809-1851, (1991)
- Kubler, B., Jaboyedoff, M., Illite Crystallinity, Comptes Rendus De L Academie Des Sciences Serie Ii Fascicule a-Sciences De La Terre Et Des Planetes, 331, 75-89, (2000)
- Lafargue, E., Marquis, F., Daniel, P., Rock-Eval 6 Applications in Hydrocarbon Exploration, Production, and Soil Contamination Studies, Oil & Gas Science and Technology, 53, 421-437, (1998)
- Menegatti, A.P., Weissert, H., Brown, R.S., Tyson, R.V., Farrimond, P., Strasser, A., Caron, M., High-Resolution Delta C-13 Stratigraphy Through The Early Aptian "Livello Selli" of The Alpine Tethys, Paleogeography, 13, 530-545, (1998)
- Nikishin, A.M., Okay, A.I., Tuysuz, O., Demirer, A., Amelin, N., Petrov, E., The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basins structure and fill, Mar. Pet. Geol., 59, 638-655, (2015)
- Nozaki, T., Kato, Y., Suzuki, K., Late Jurassic Ocean Anoxic Event: Evidence From Voluminous Sulphide Deposition and Preservation in the Panthalassa, Sci Rep, 3, 6, (2013)
- Okay, A.I., Tectonic Units and Sutures in the Pontides, NATO Advanced Study Enstitute Series, 109-116, (1989)
- Okay, A.I., Altiner, D., Sunal, G., Aygul, M., Akdogan, R., Altiner, S., Simmons, M., Geological Evolution of the Central Pontides, Conference on Petroleum Geology of the Black Sea, 2015, London, ENGLAND, 2018.

- Okay, A.I., Sengor, A.M.C., Gorur, N., Kinematic History of the Opening of the Black Sea and Its Effect on The Surrounding Regions, *Geology*, 22, 267-270, (1994)
- Okay, A.I., Sunal, G., Tüysüz, O., Altıner, D., Clark, A.R.C., Sherlock, S., Aygül, M., Akdoğan, R., Orta Pontidlerin Jeolojik Evrimi, 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2014,
- Okay, A.I., Sunal, G., Tüysüz, O., Altıner, D., Kılıç, M., Orta Karadeniz Dağlarında Sakarya ile İstanbul Zonları Arasındaki Pontid-İçi Sınırın Niteliği ve Jeolojik Evrimi. 2013.
- Ortynski, J., Tromp, W., Geological Notes on The Area Between Boyabat and Ekinveren, MTA Mecmuası, (1942)
- Pene, C., Bogdan, M.N., Octavian, C., Geological Conditions of the Oil and Gas Generation, Migration and Accumulation in the Moesian Platform, Romania, SEG International Exposition and 76th Annual Meeting, New Orleans, USA, Society of Exploration Geophysicists (SEG), 2006,
- Peters, K.E., Guidelines for Evaluating Petroleum Source Rock Using Programmed Pyrolysis, AAPG Bull.-Am. Assoc. Petr. Geol., 70, 318-329, (1986)
- Peters, K.E., Cassa, M., Applied Source Rock Geochemistry. AAPG, 1994.
- Riboulleau, A., Baudin, F., Deconinck, J.F., Derenne, S., Largeau, C., Tribovillard, N., Depositional Conditions and Organic Matter Preservation Pathways in an Epicontinental Environment: The Upper Jurassic Kashpir Oil Shales (Volga Basin, Russia), *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.*, 197, 171-197, (2003)
- Romero-Sarmiento, M.F., Pillot, D., Letort, G., Lamoureux-Var, V., Beaumont, V., Huc, A.Y., Garcia, B., New Rock-Eval Method for Characterization of Unconventional Shale Resource Systems, *Oil & Gas Science and Technology-Revue D Ifp Energies Nouvelles*, 71, (2016)
- Ruebsam, W., Stockhausen, M., Schwark, L., Assessment of Temporal Source Rock Variability: An Example from the Lower Jurassic Posidonia Shale, AAPG 2016 Annual Convention and Exhibition, Calgary, Alberta, Canada, 2016,
- Saner, S., Siyako, M., Aksoy, Z., Bürkan, K., Demir, O., Zonguldak Dolayımın Jeolojisi, Ankara, 1981
- Saner, S., Taner, İ., Aksoy, Z., Siyako, M., Bürkan, K., Karabük - Safranbolu Bölgesinin Jeolojisi, Türkiye 5. Petrol Kongresi, 1980, Ankara,
- Sayılı, A., Derman, A.S., Kirici, S., Batı Karadeniz Bölgesinde Üst Jura yaşlı İnaltı Formasyonumm Sedimantolojisi ve Diyajenezi, Türkiye 9. Petrol Kongresi, 1992, Ankara,
- Schlanger, S.O., Jenkyns, H.C., Cretaceous Oceanic Anoxic Events Causes And Consequences, *Geologie en Mijnbouw*, 55, (1976)
- Serrano, M.J.C., Foellmi, K.B., Adatte, T., Spangenberg, J.E., Tribovillard, N., Fantasia, A., Suan, G., Continental Weathering and Redox Conditions During the Early Toarcian Oceanic Anoxic Event in the Northwestern Tethys: Insight From the Posidonia Shale Section in The Swiss Jura Mountains, *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.*, 429, 83-99, (2015)

- Sütçü, Y.F., Barkurt, M.Y., Bilginer, E., Kurt, Z., Pehlivan, Ş., Boyabat - Vezirköprü Arasının Jeolojisi, Ankara, **1994**
- Şen, Ö., Doğu Toroslar Otokton Paleozoyik Birimlerinin Hidrokarbon Potansiyeli, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, **2005**
- Şengör, C., Yılmaz, Y., Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241, **(1981)**
- Şengün, M., Aksoy, Z., Bürkan, K.A., Demir, D., Zonguldak Dolayının Jeolojisi ve Petrol Olanakları, Unpublished, **1981**
- Terlemeç, İ., Yılmaz, A., Ünye - Ordu Koyulhisar - Reşadiye Arasında Kalan Yörenin Stratigrafisi, *TJK Bülteni*, 23, 179-191, **(1980)**
- Tissot, B., Durand, B., Espitalié, J., Combaz, A., Influence of Nature and Diagenesis of Organic Matter in Formation of Petroleum, *AAPG Bulletin*, 58, 499-506, **(1974)**
- Tissot, B.P., Welte, D.H., *Petroleum Formation and Occurrence*. Springer-Verlag, **1984**.
- Tokay, M., *Geologie de la Region de Bartın (Zonguldak - Turquie de Nord)*, MTA Mecmuası, 46-63, **(1952)**
- Tokay, M., Filyos Çayı Ağızı - Amasra-Bartın-Kozcağız-Çaycuma Bölgesinin Jeolojisi, *MTA Dergisi*, 46-47, **(1954-1955)**
- TP, 2022 Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu, Ankara, **2023**
- Tüysüz, O., Stratigraphic and Petrological Characteristics of Two Parallel Magmatic Belt in Central Anatolia and Their Significance in The Tectonic Evolution of Anatolian NeoTethys, *EUG Terra Abstracts*, 5, 271, **(1993)**
- Tüysüz, O., *Geology of the Cretaceous Sedimentary Basins of the Western Pontides*, *Geological Journal*, 34, 75-93, **(1999)**
- Tüysüz, O., Kurucaşile - Cide Dolayının Jeolojisi, *KB Türkiye, Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 167, 149-178, **(2022)**
- Tüysüz, O., İ.Ö., Y., Svabenicka, L., Kirici, S., The Unaz Formation: A Key Unit in the Western Black Sea Region, N Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 1009-1028, **(2011)**
- Uğuz, M.F., Sevin, M., *Türkiye Jeoloji Haritaları - Kastamonu E-32*. MTA, Ankara, **2007**.
- Uğuz, M.F., Sevin, M., *Türkiye Jeoloji Haritaları - Sinop D-33 ve E-33*. MTA, Ankara, **2008**.
- Uğuz, M.F., Sevin, M., *Türkiye Jeoloji Haritaları - Sinop F-33*. MTA, Ankara, **2009a**.
- Uğuz, M.F., Sevin, M., *Türkiye Jeoloji Haritaları - Sinop F-34*. MTA, Ankara, **2009b**.
- Uğuz, M.F., Sevin, M., *Türkiye Jeoloji Haritaları - Sinop F-35*. MTA, Ankara, **2009c**.
- Van Krevelen, D.W., *Coal*. Elsevier, **1961**.
- Van Krevelen, D.W., *Organic Geochemistry - Old and New*, *Organic Geochemistry*, 6, 1-10, **(1984)**



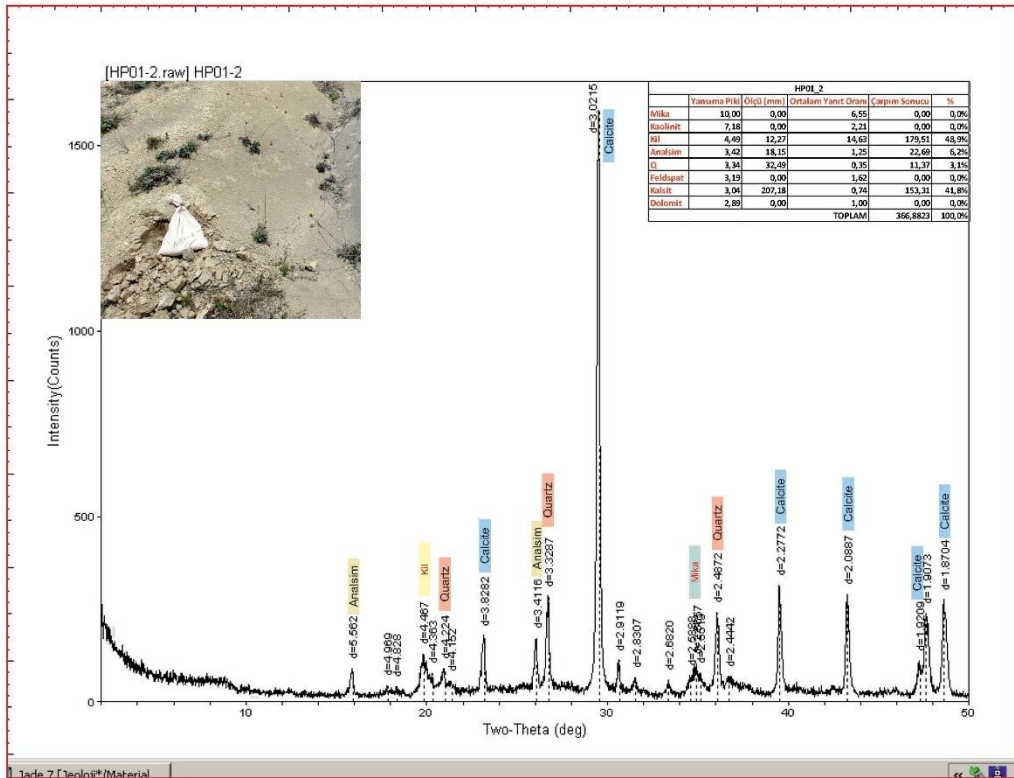
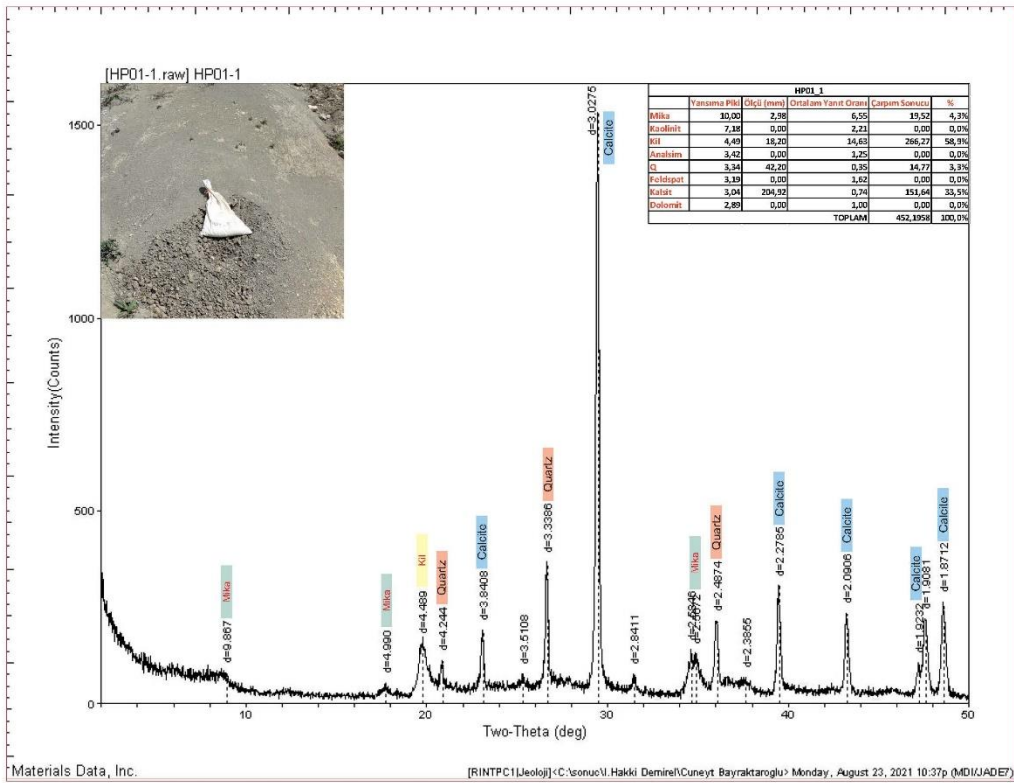
- Verdel, C., van der Pluijm, B.A., Niemi, N., Variation of Illite/Muscovite  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  Age Spectra During Progressive Low-Grade Metamorphism: An Example FROM the US Cordillera, Contributions to Mineralogy and Petrology, 164, 521-536, (2012)
- Waples, D., Geochemistry in Petroleum Exploration. Springer, Netherlands, 1985.
- Weaver, C.E., Possible Uses of Clay Minerals in Search for Oil, Bulletin of American Association of Petroleum Geologists, 44, 1505-1518, (1960)
- Weissert, H., Erba, E., Volcanism, CO<sub>2</sub> and Palaeoclimate: a Late Jurassic-Early Cretaceous Carbon and Oxygen Isotope Record, Journal of the Geological Society, 161, 695-702, (2004)
- Williamson, M.A., Rimstidt, J.D., The Kinetics And Electrochemical Rate-Determining Step Of Aqueous Pyrite Oxidation, Geochim. Cosmochim. Acta, 58, 5443-5454, (1994)
- Yalçın, C., Gökçedoğan (Kargı - Çorum) Cu +/- Zn Cevherleşmesinin Jeolojisi ve Oluşumu, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, 2018
- Yergök, A.F., Akman, Ü., Keskin, İ., İplikçi, E., Mengi, H., Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi (I), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 1987
- Yılmaz, O., Daday - Devrakani Masifi Kuzeydoğu Kesim Metamorfitleri, Doçentlik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Yerbilimleri Enstitüsü, 1979
- Yılmaz, O., Bonhomme, M.G., K/Ar Isotopic Age, Evidence for a Lower to Middle Jurassic Low - Pressure and a Lower Cretaceous High - Pressure Metamorphic Events in North - Central Turkey, Terra Abstracts, 501, (1991)
- Yılmaz, Y., Ofiyolit Sempozyumu, Yeryuvarı ve İnsan, 1980,
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Kastamonu - Boyabat - Vezirköprü - Tosya Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, Unpublished, 1984
- Yoldaş, R., Keskin, B., Granit, S., Korkmaz, S., Didik, S., Kalkan, İ., Ağrıdağ, D.S., Besbelli, B., Samsun ve Dolayının (Kızılırmak - Yeşilirmak Arasındaki Bölgenin) Jeolojisi ve Petrol Olanakları, Unpublished, 1985
- Yurtsever, A., Gebze - Hereke - Tepecik Alanında Mesozoyik - Senozoyik Kayalarının Jeolojisi, Ankara, 1982
- Zakrzewski, A., Waliczek, M., Kosakowski, P., Geochemical and Petrological Characteristics of the Middle Jurassic Organic-Rich Siliciclastic Sediments From the Central Part of the Polish Basin, International Journal of Coal Geology, (2022)
- Zaninetti, L., Dağ, Z., Biostratigraphie Integree et Paleoecologie du Triyas de la Peninsule de Kocaeli (Turquie), Eclogae geo. Helv, 71/1, (1978)

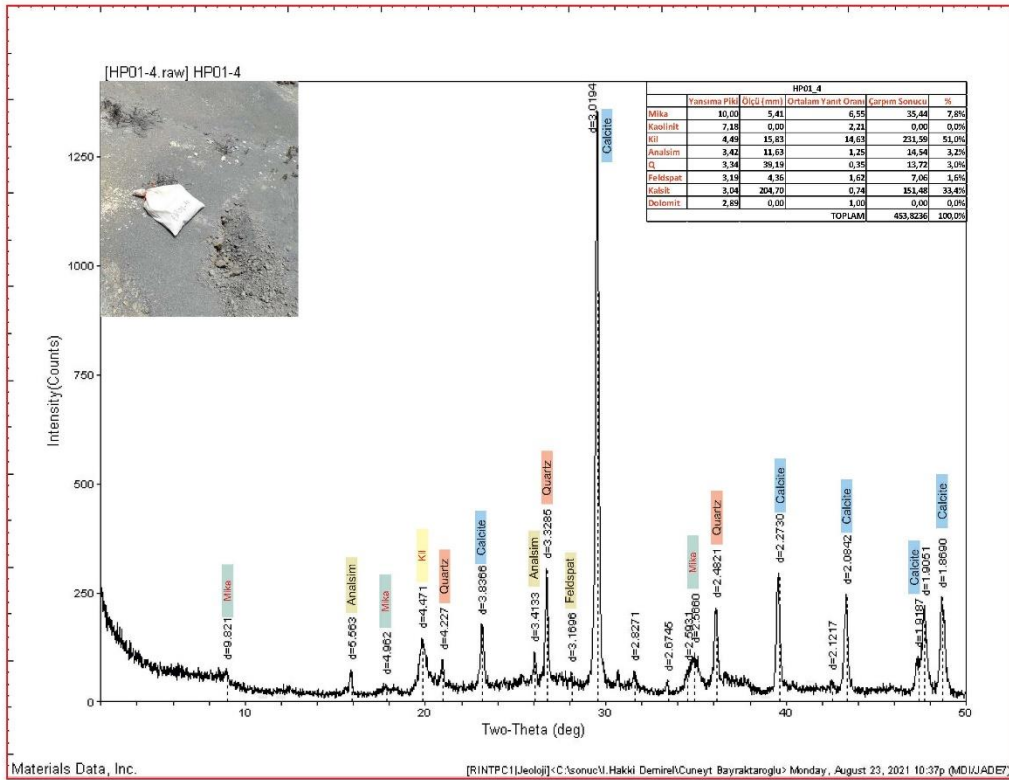
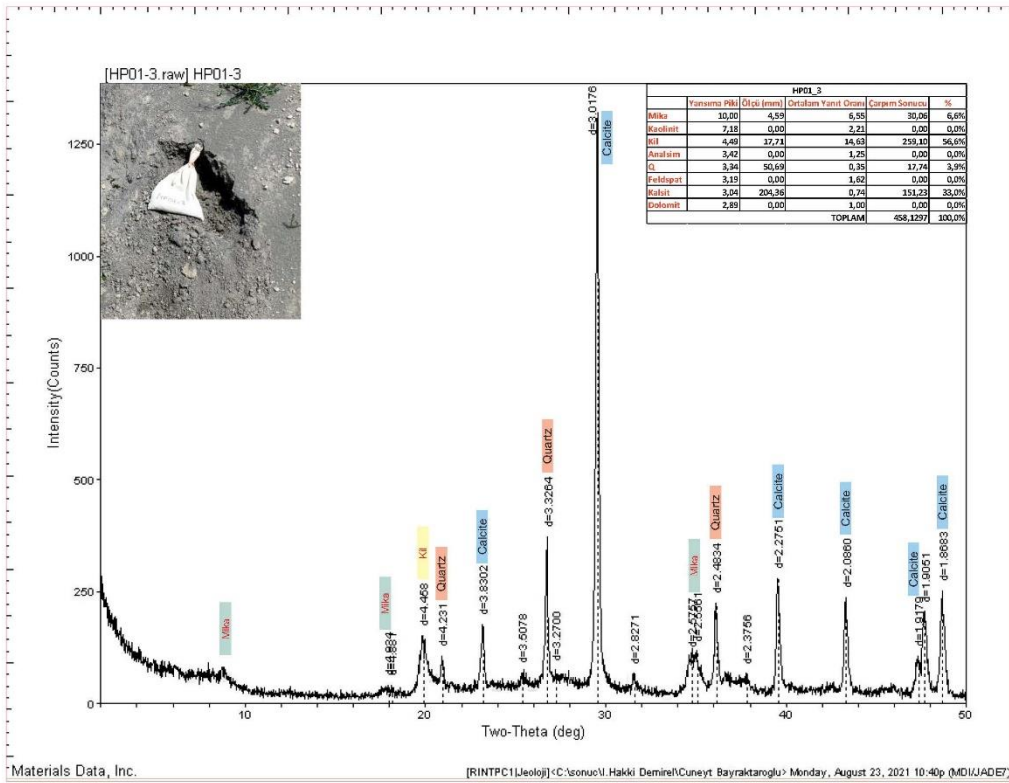
## 9. EKLER

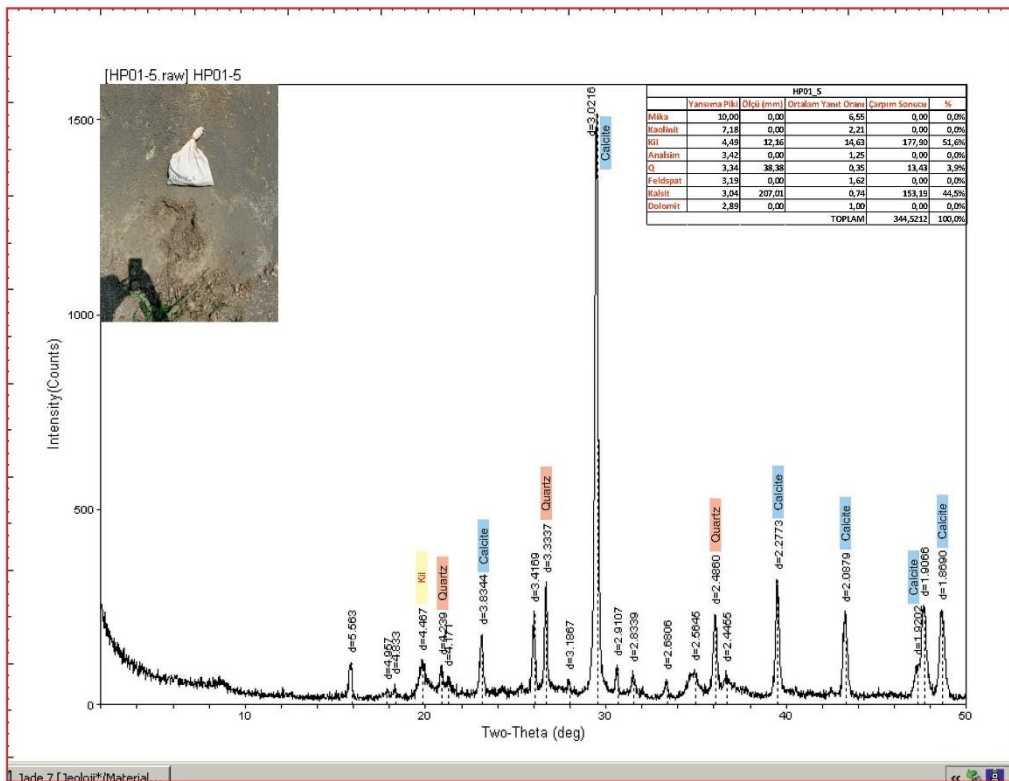
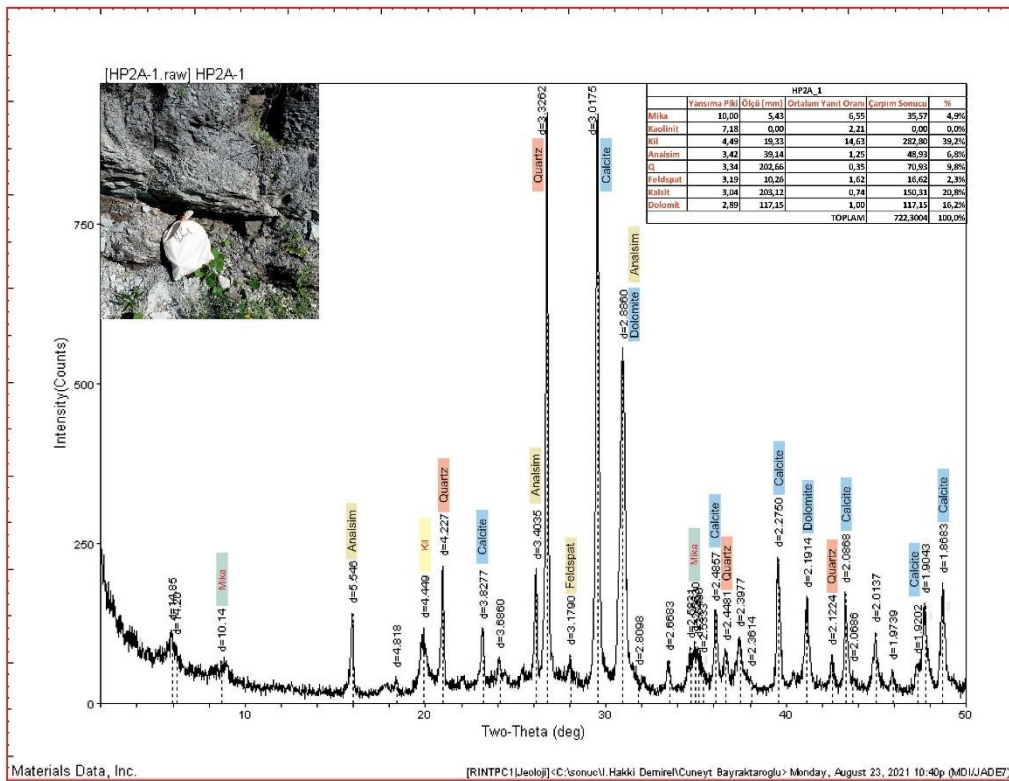


# XRD TM KAYAÇ ANALİZİ ÇÖZMLEMELERİ

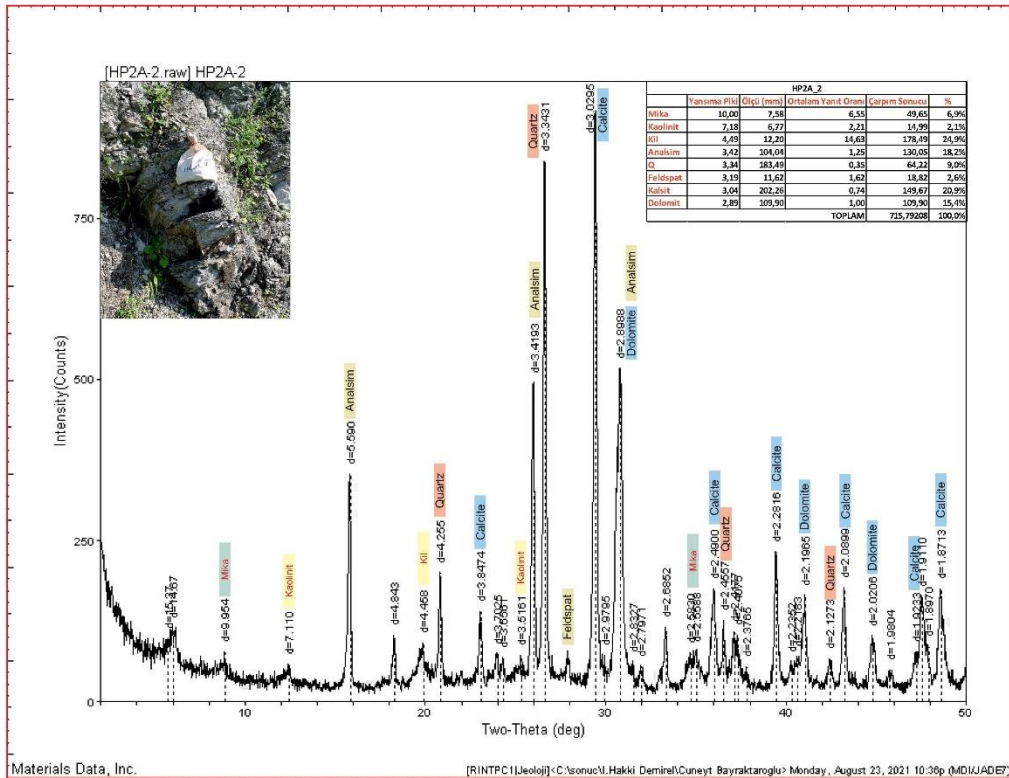
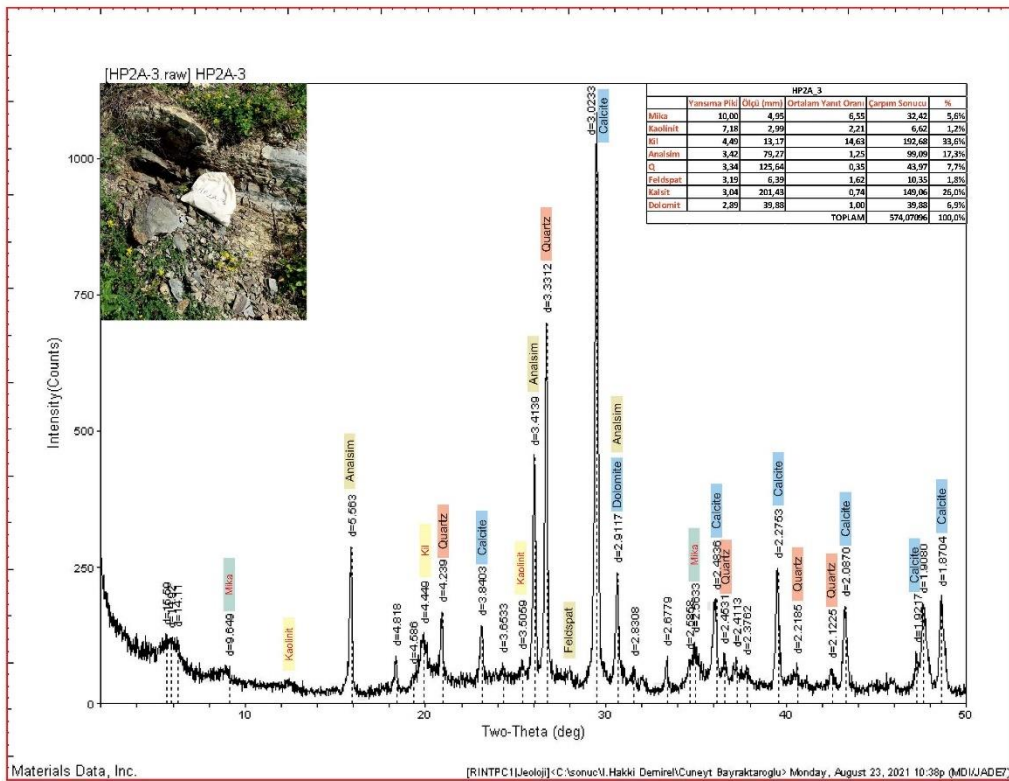


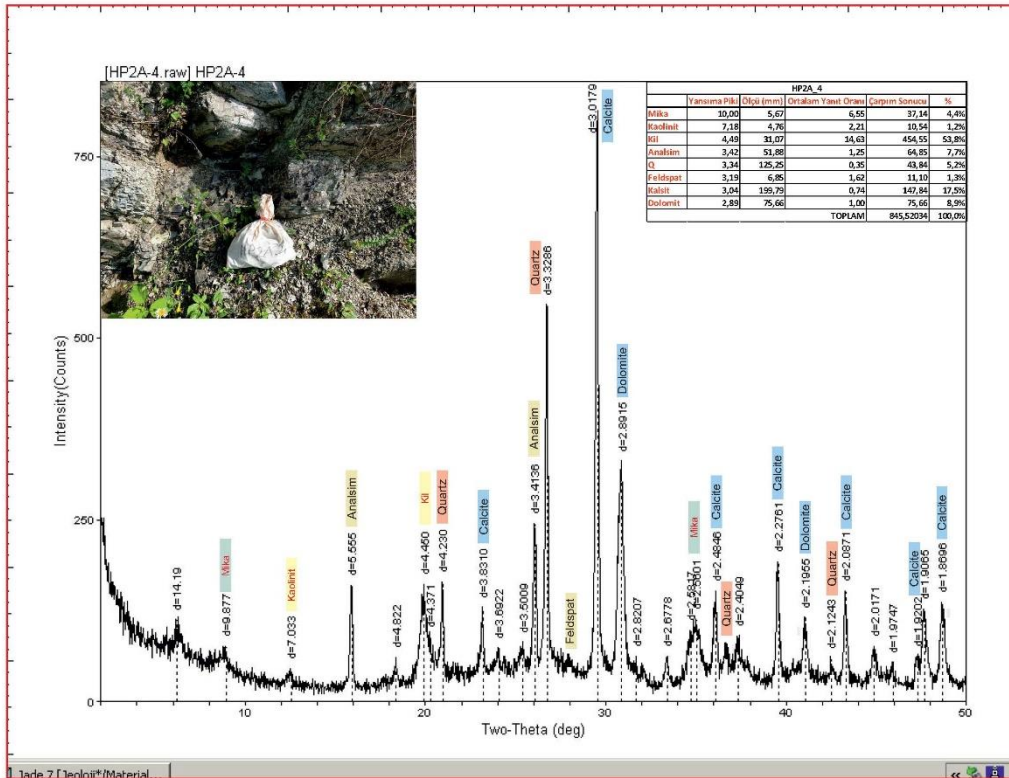
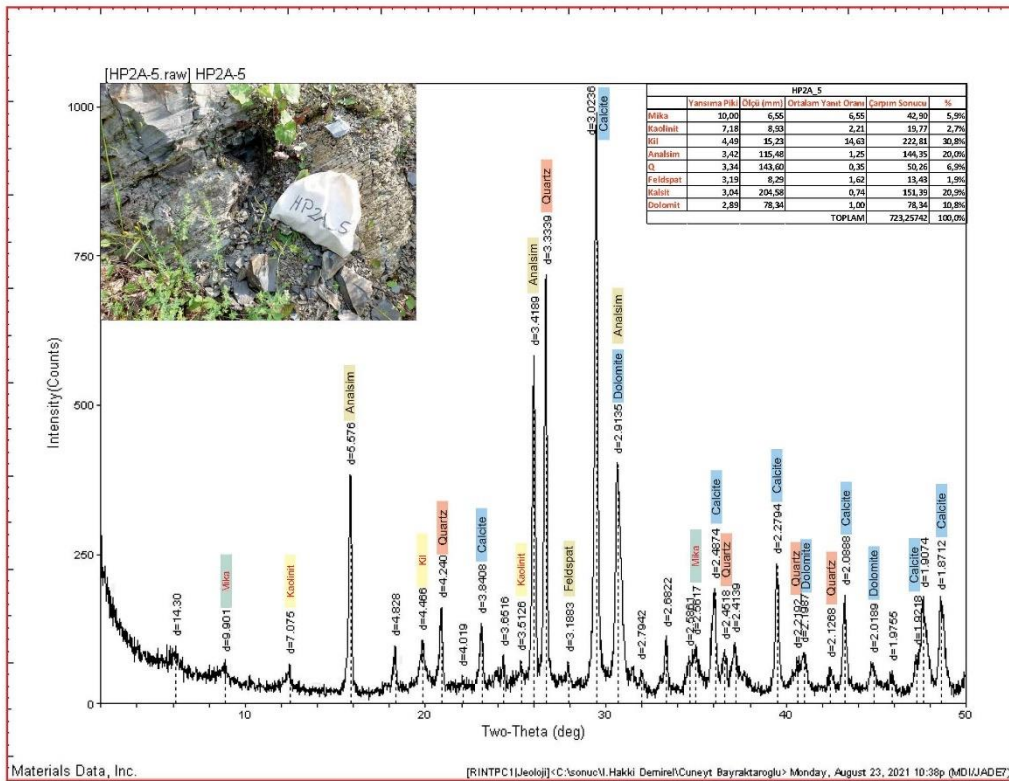


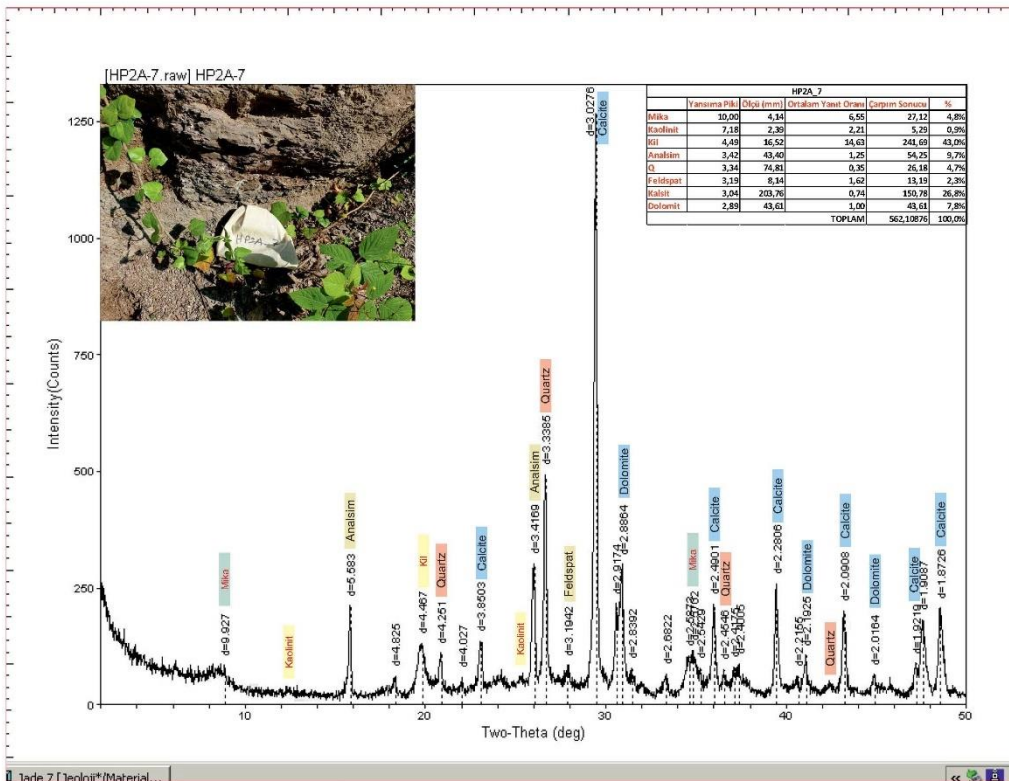
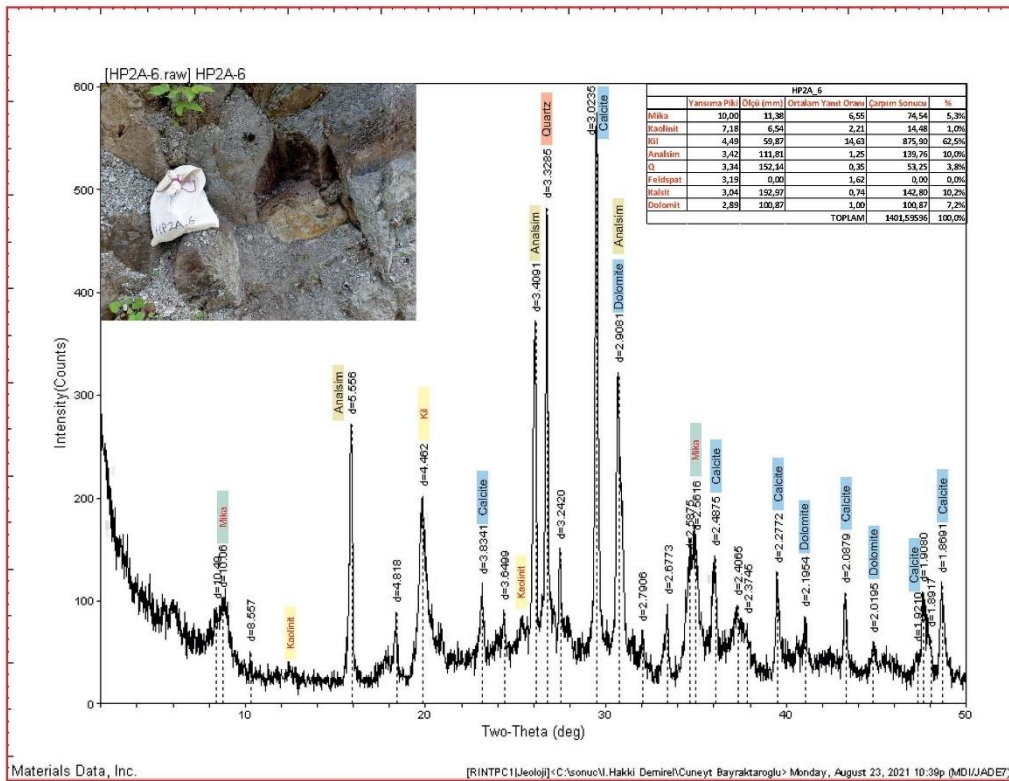


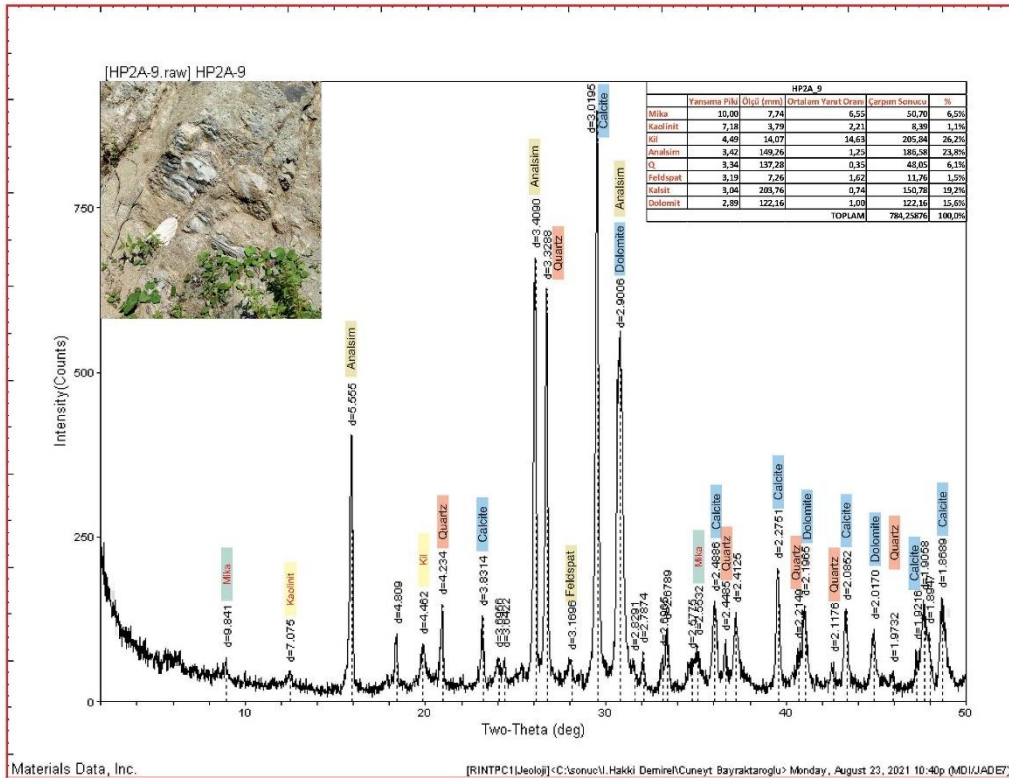
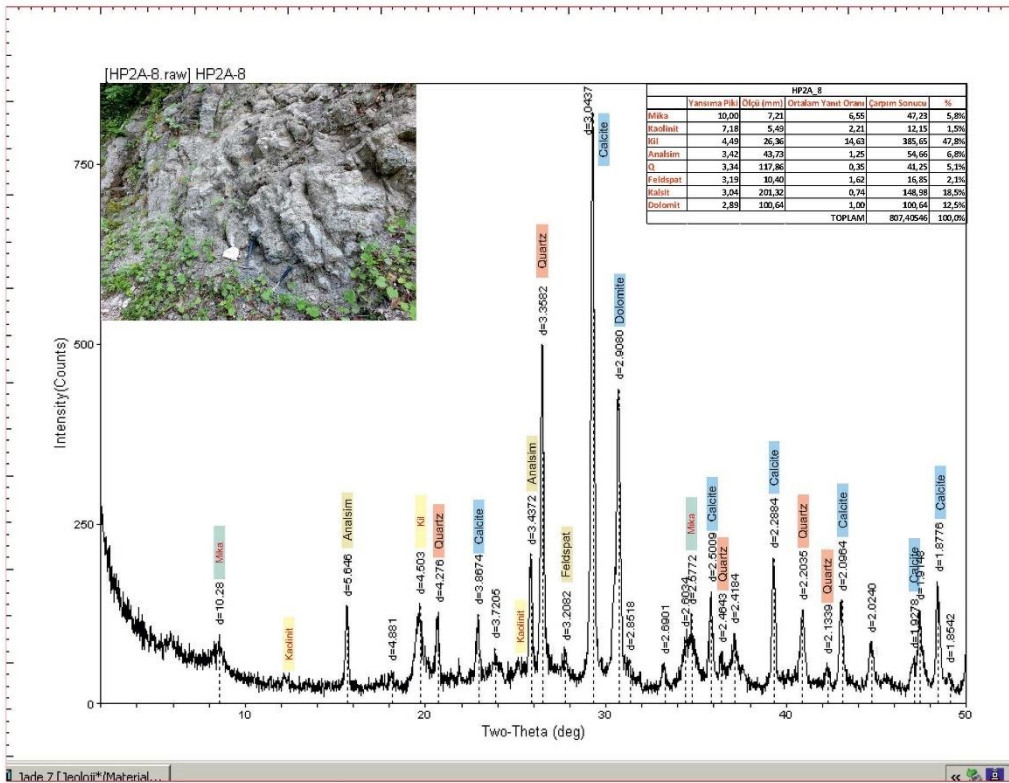


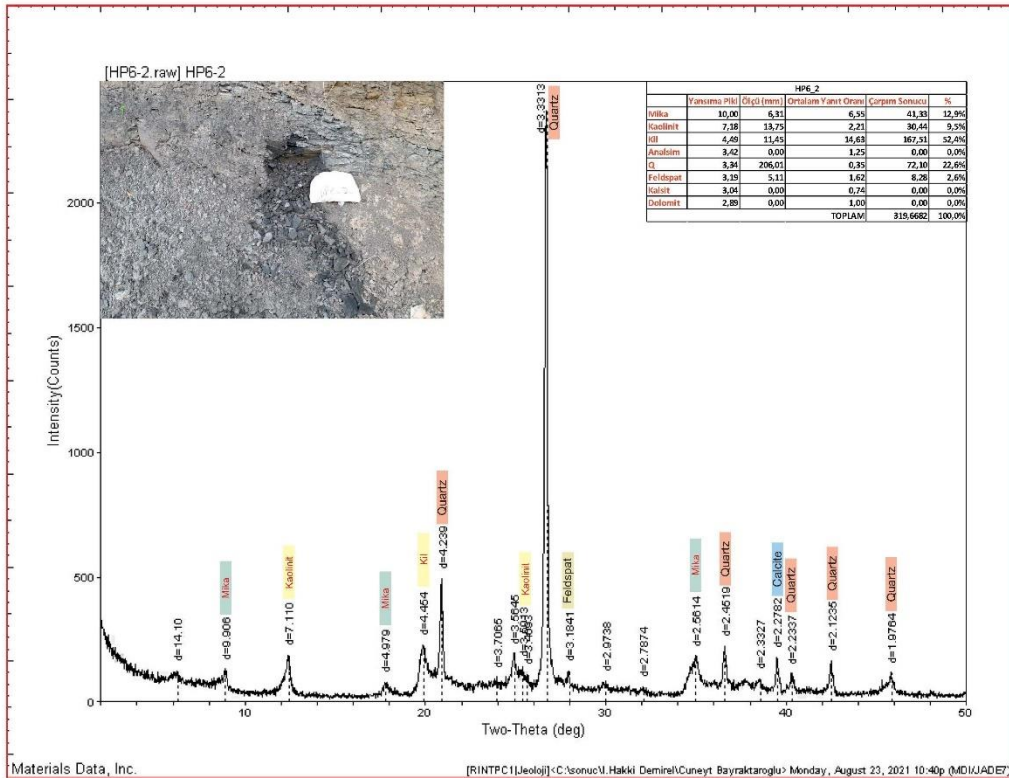
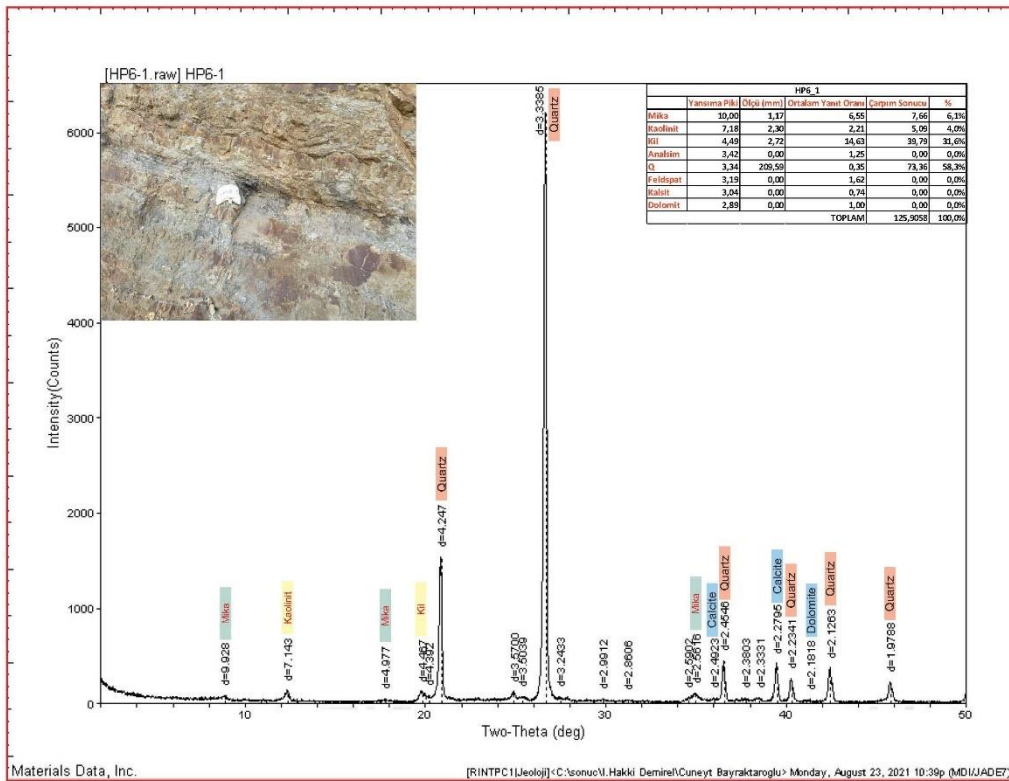


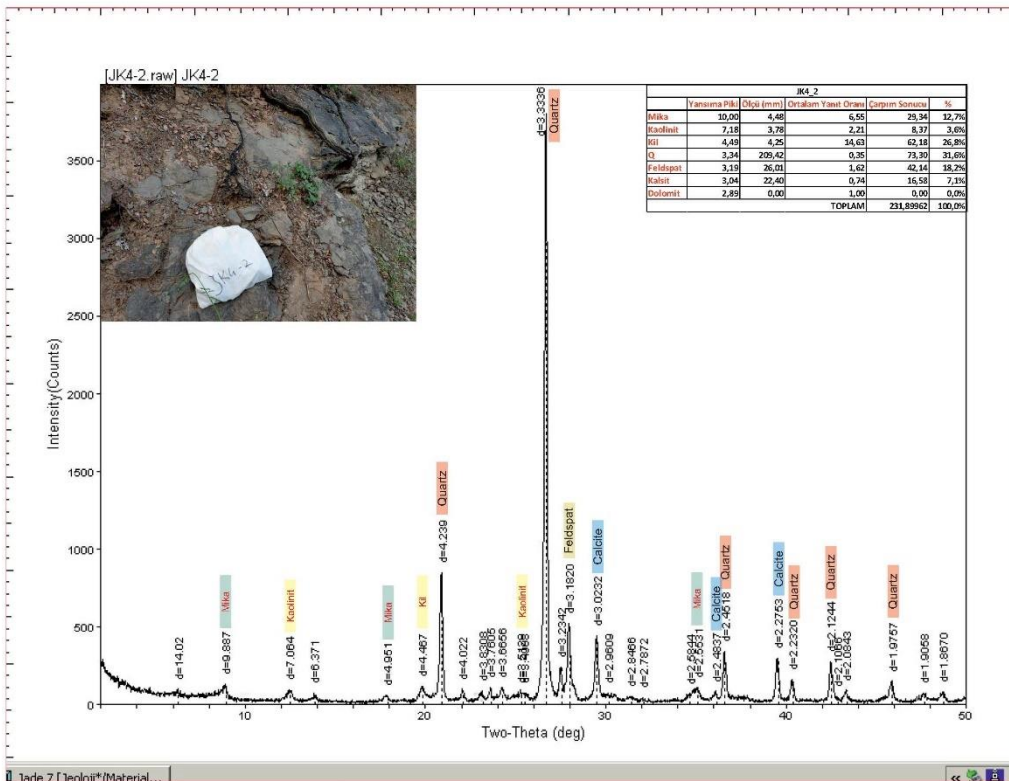
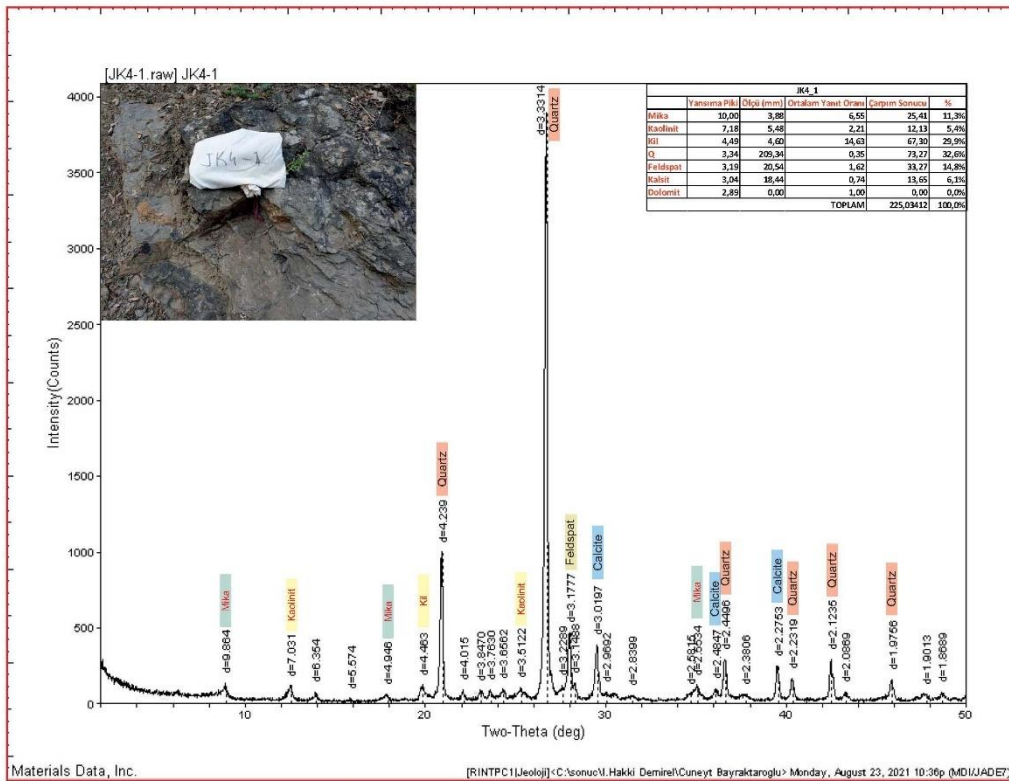


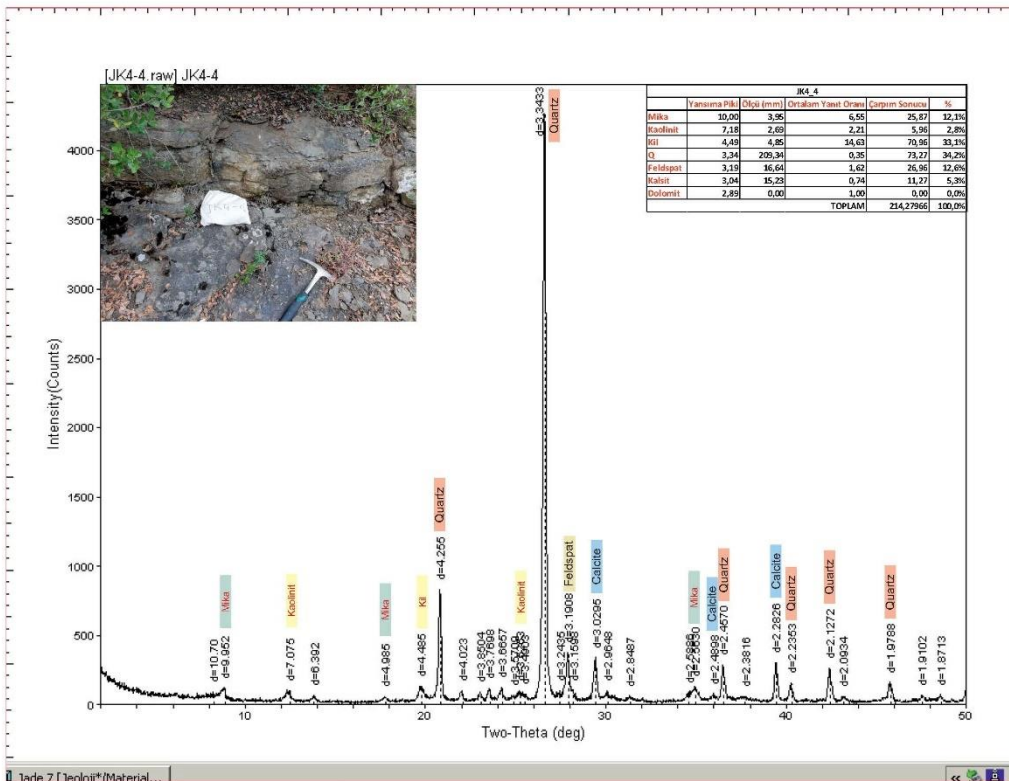
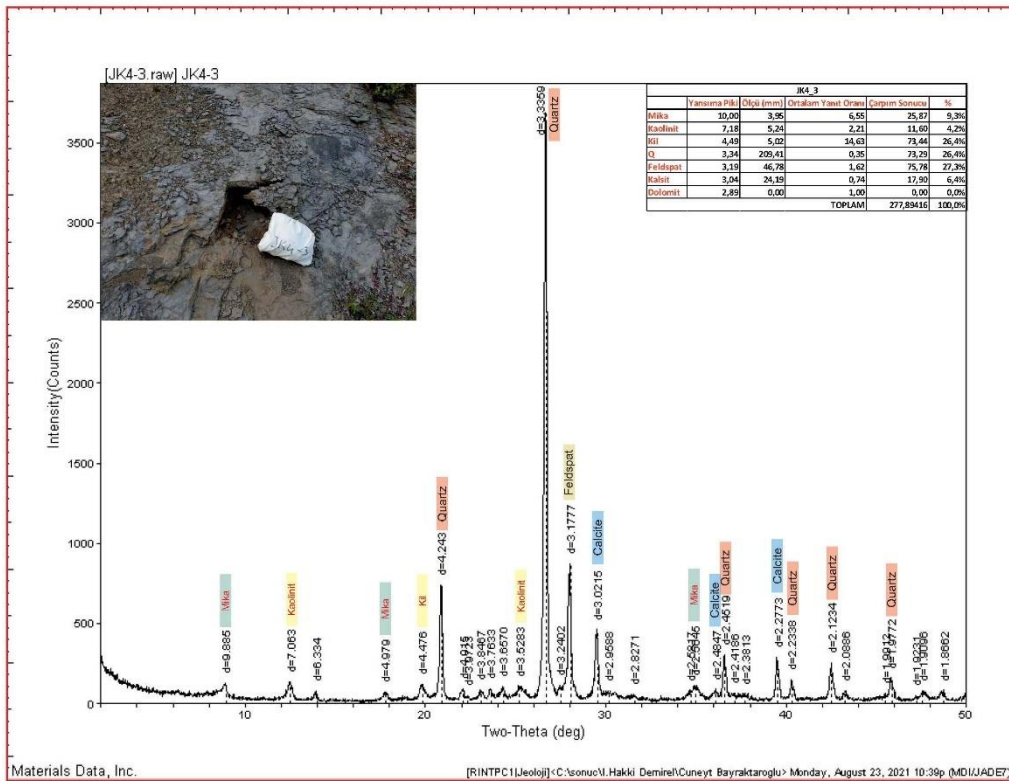


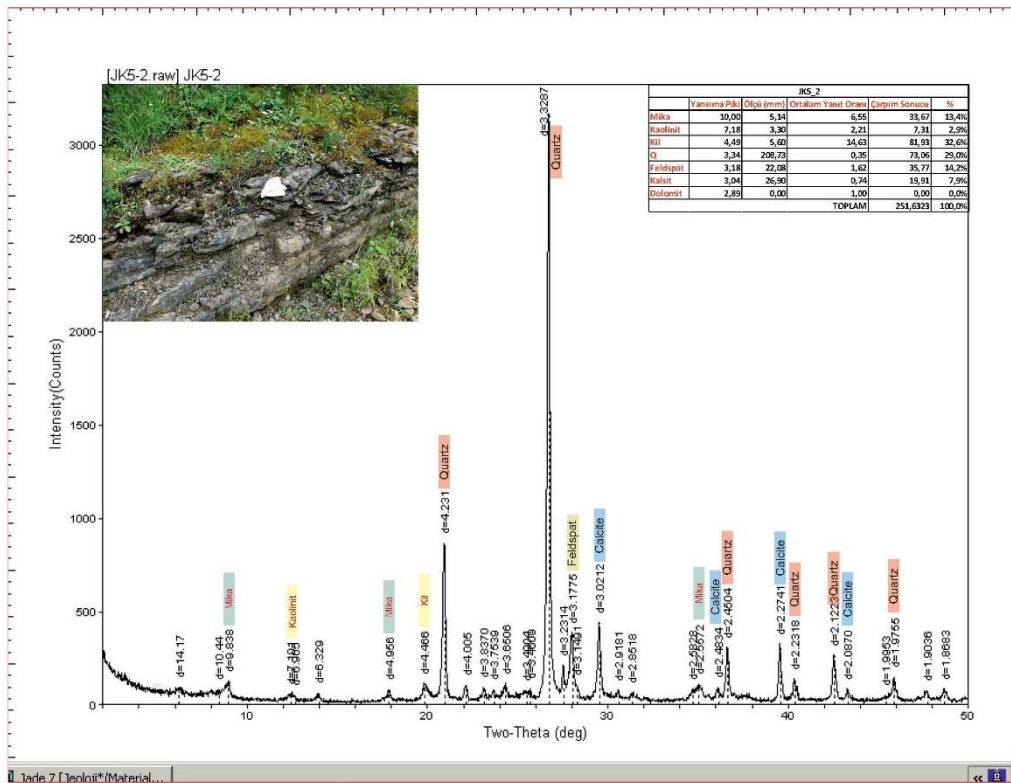
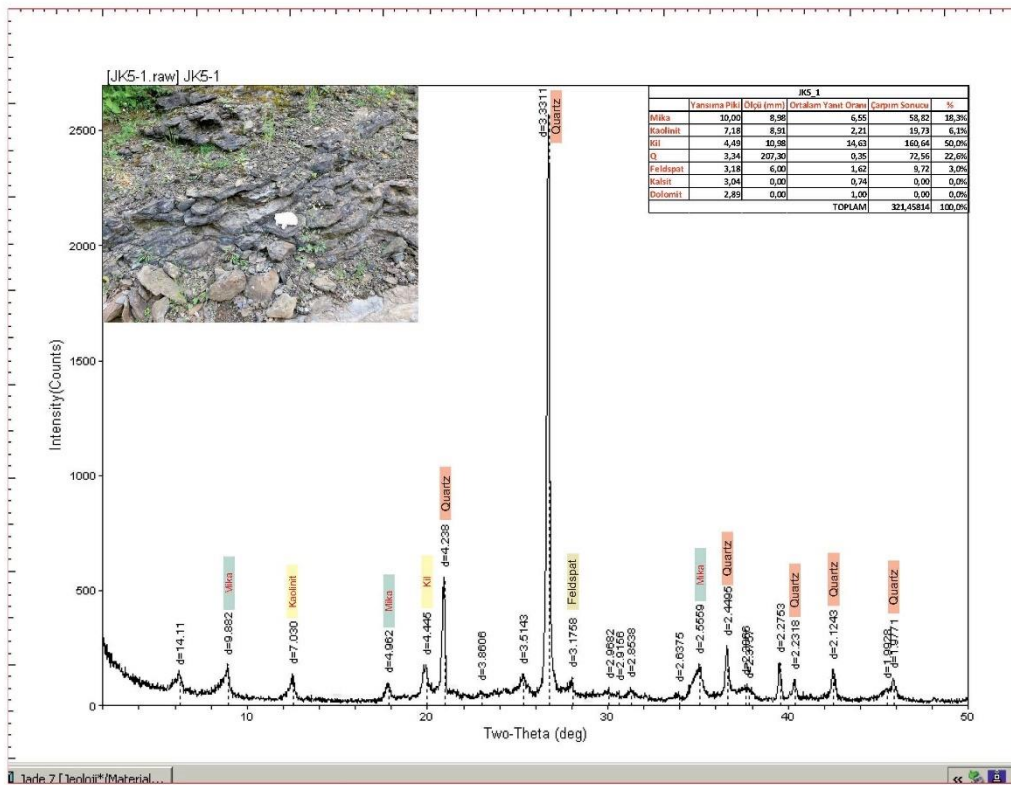




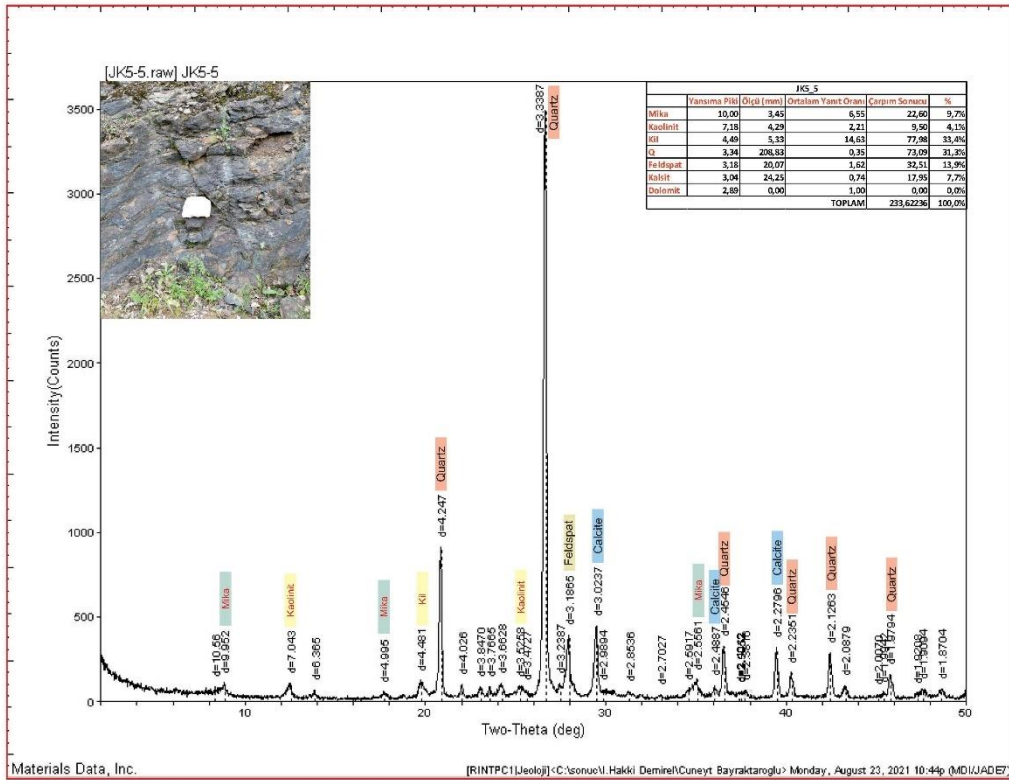
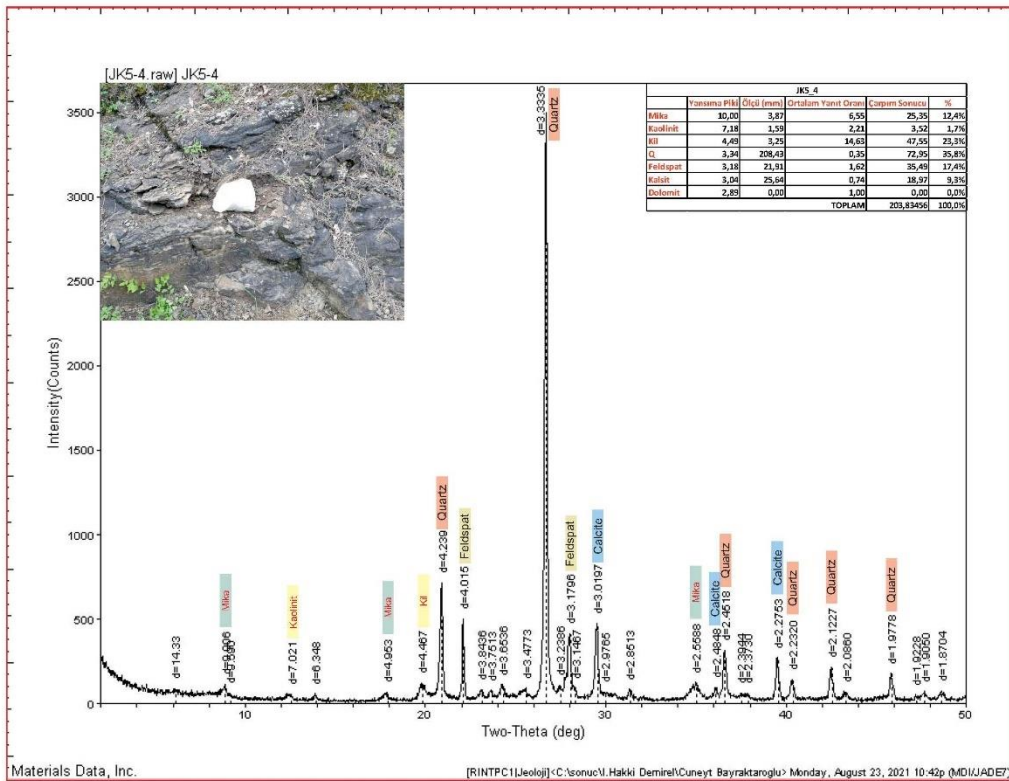


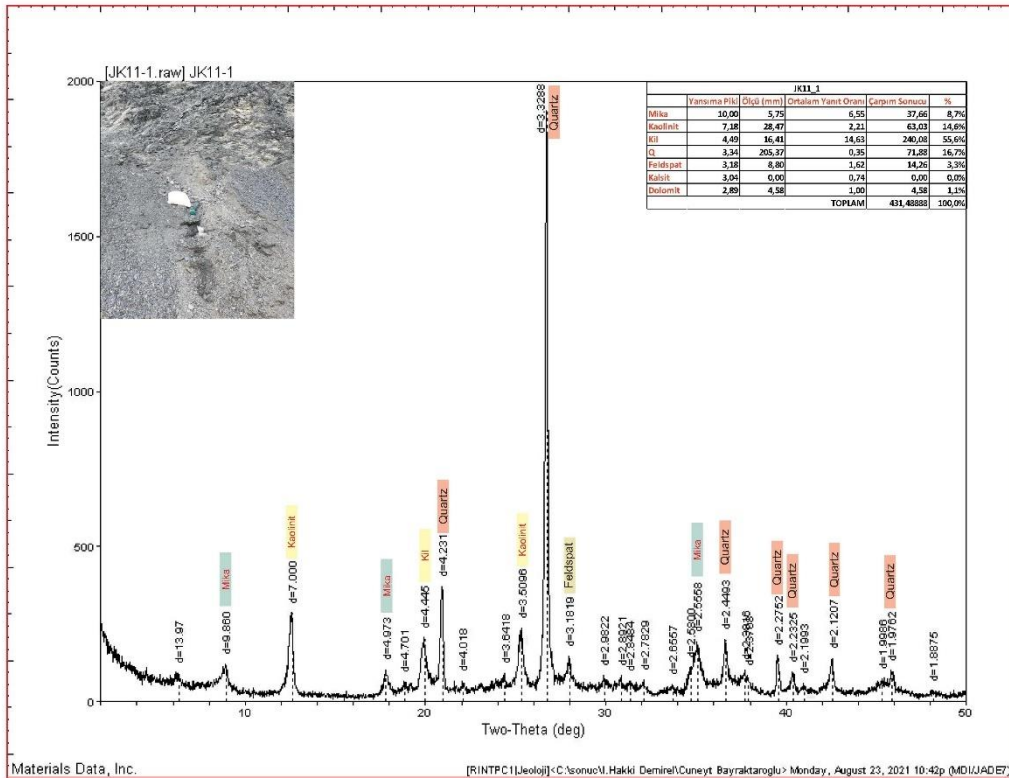
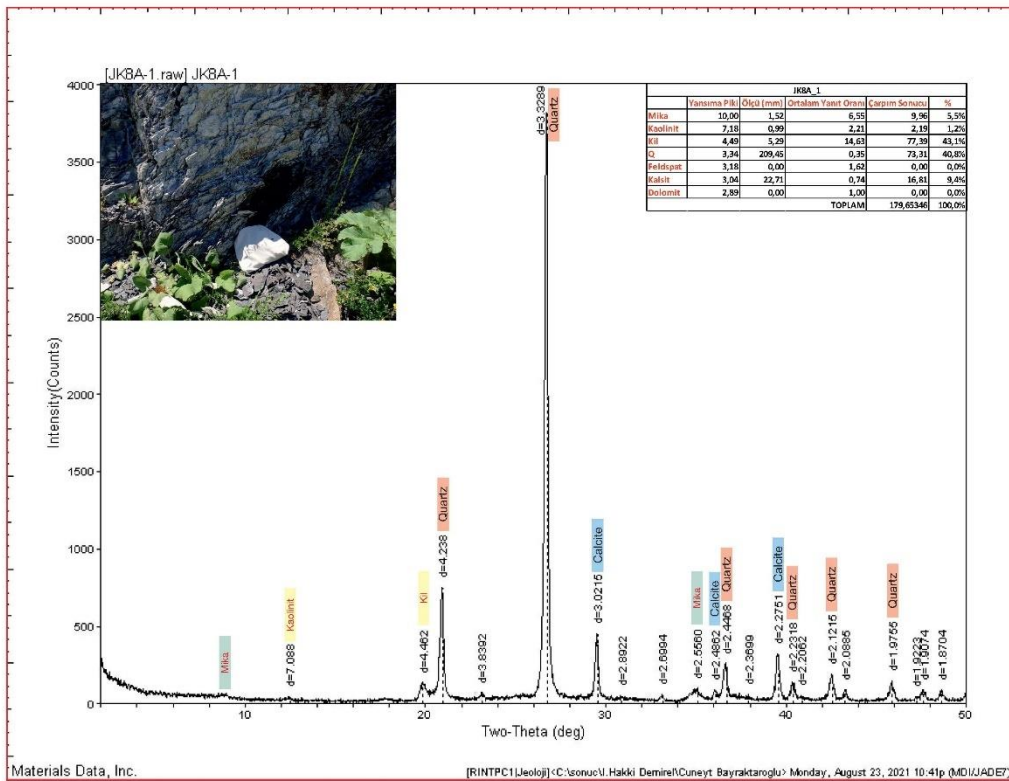


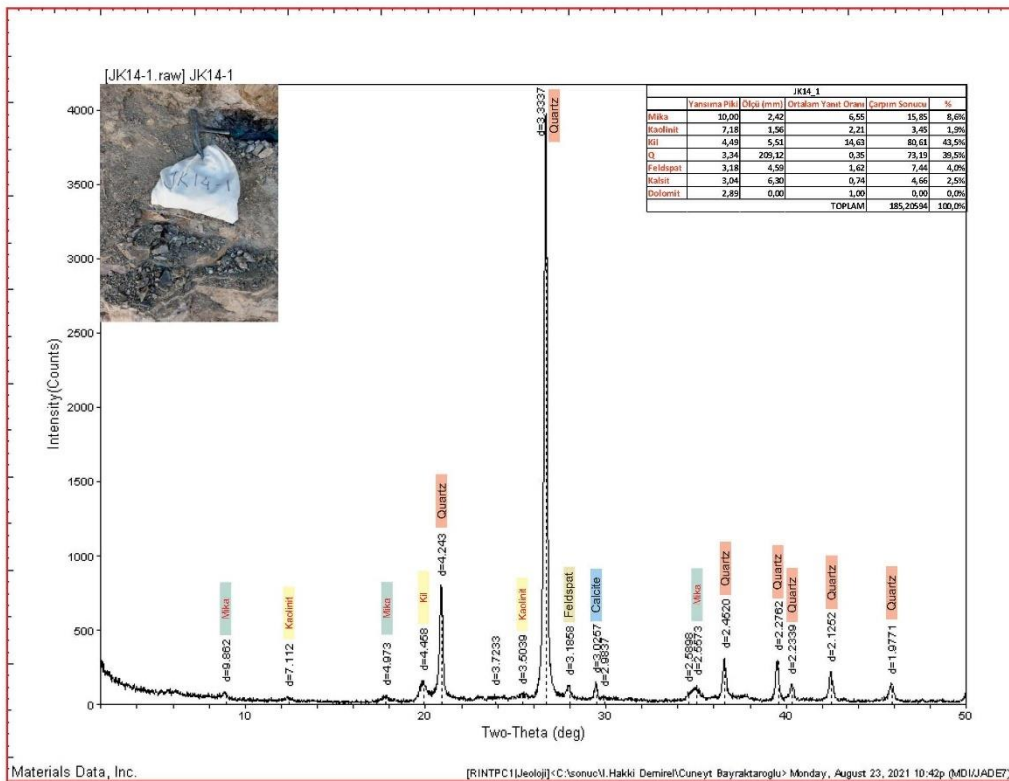
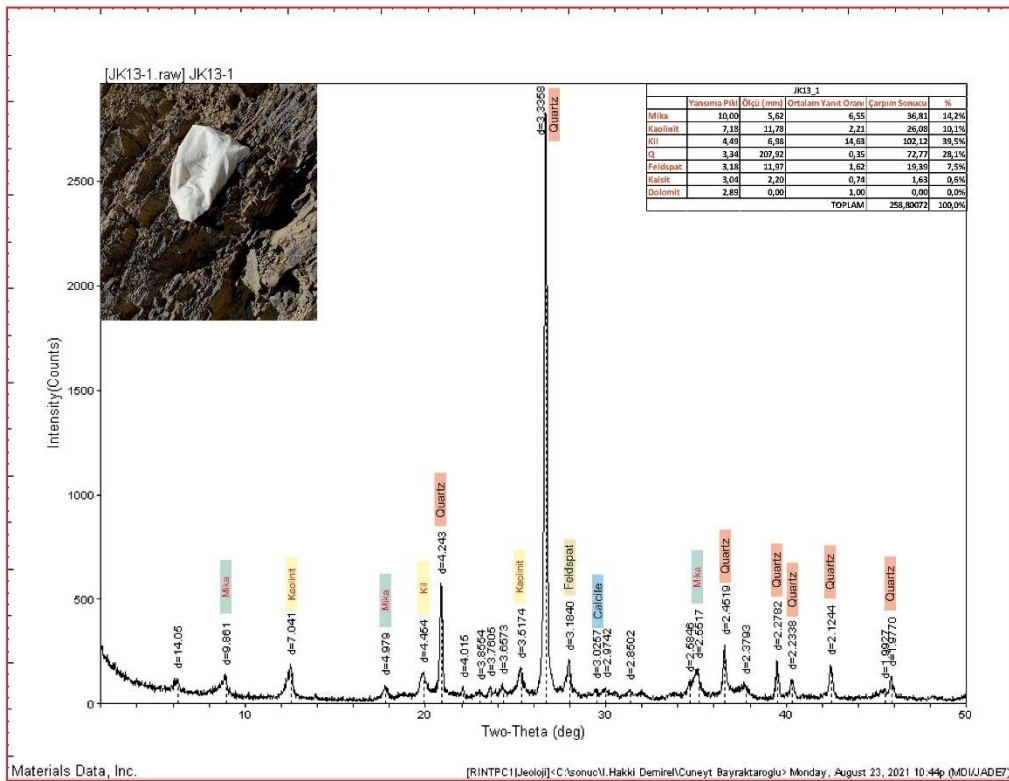


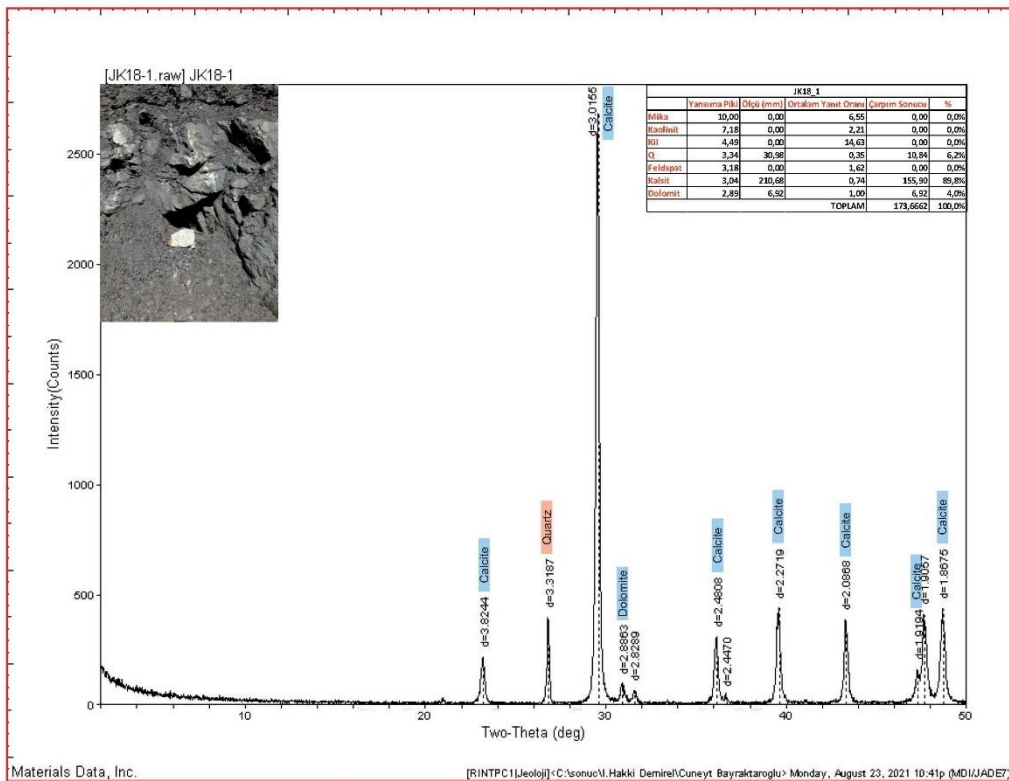
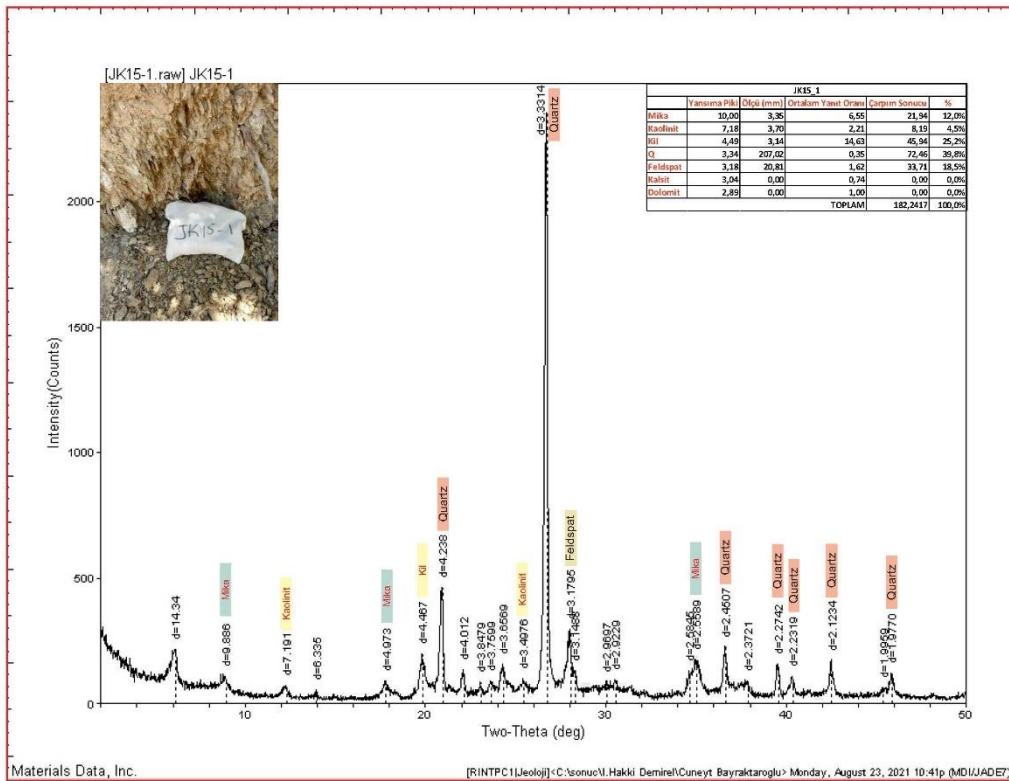


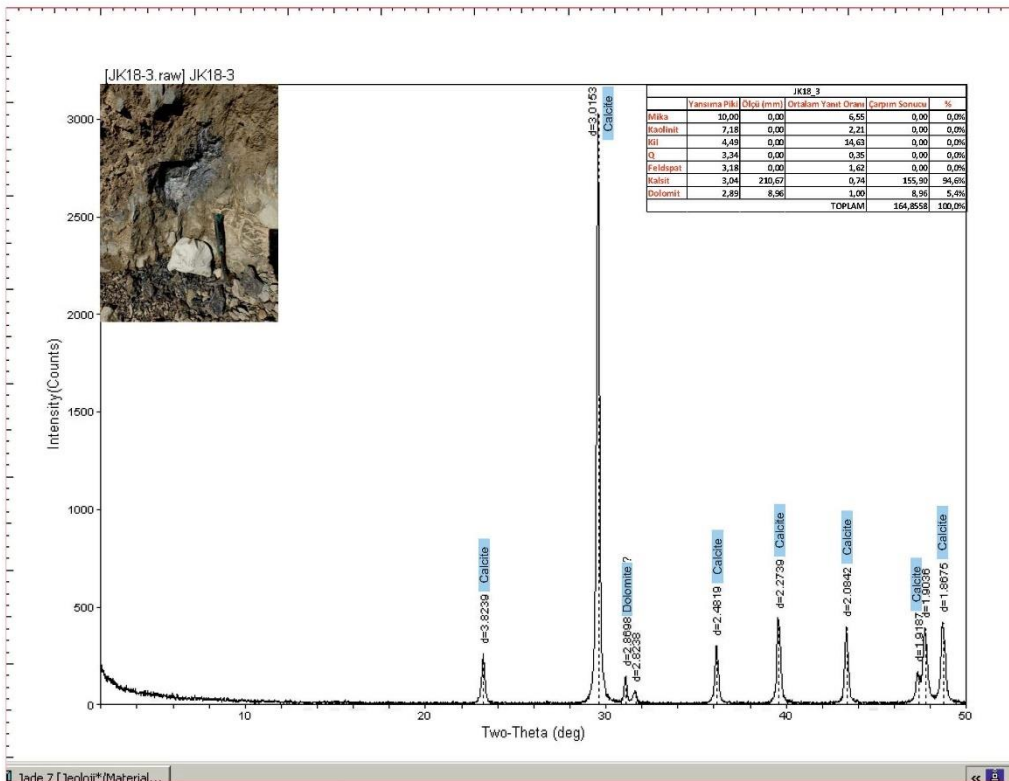
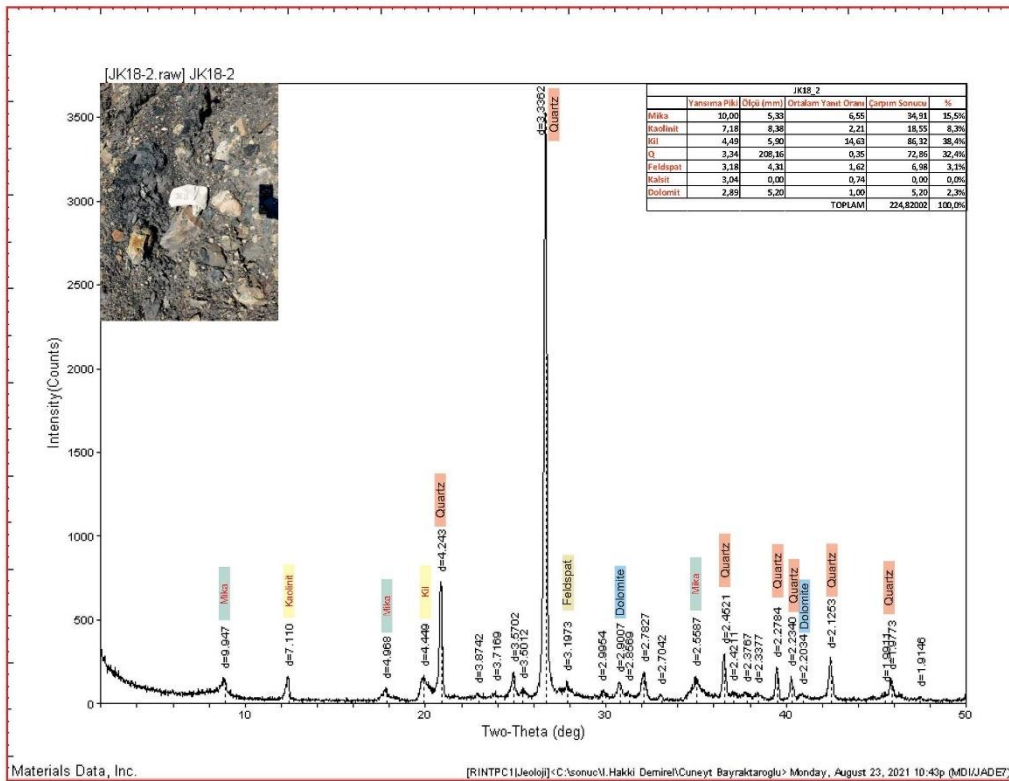


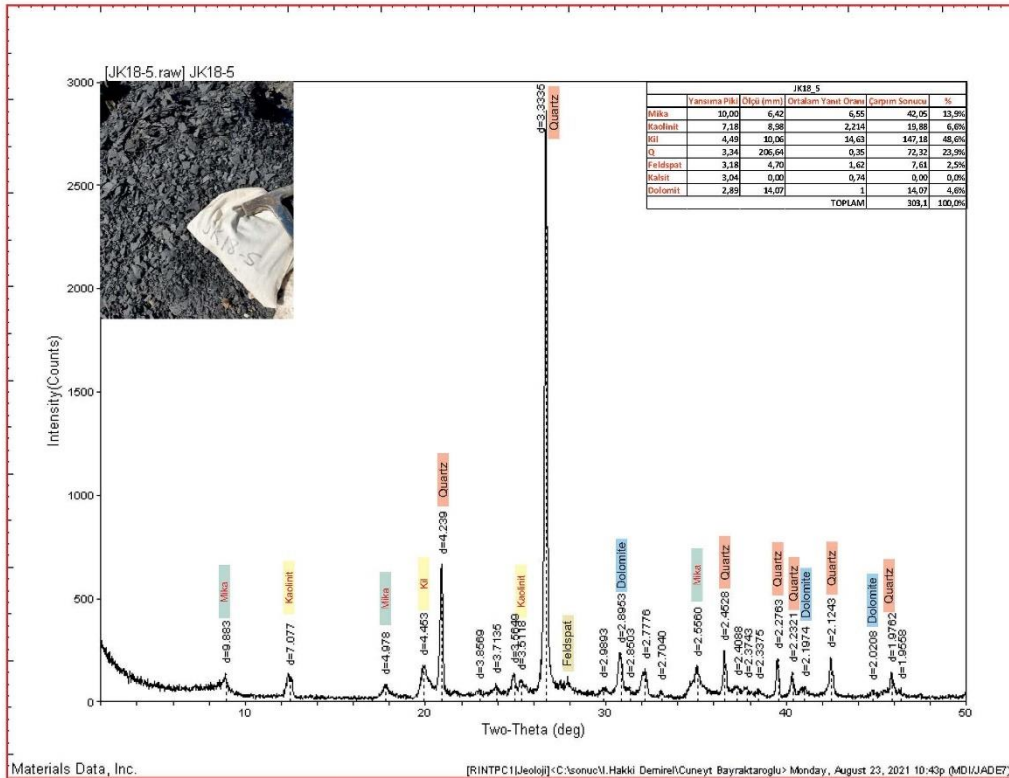
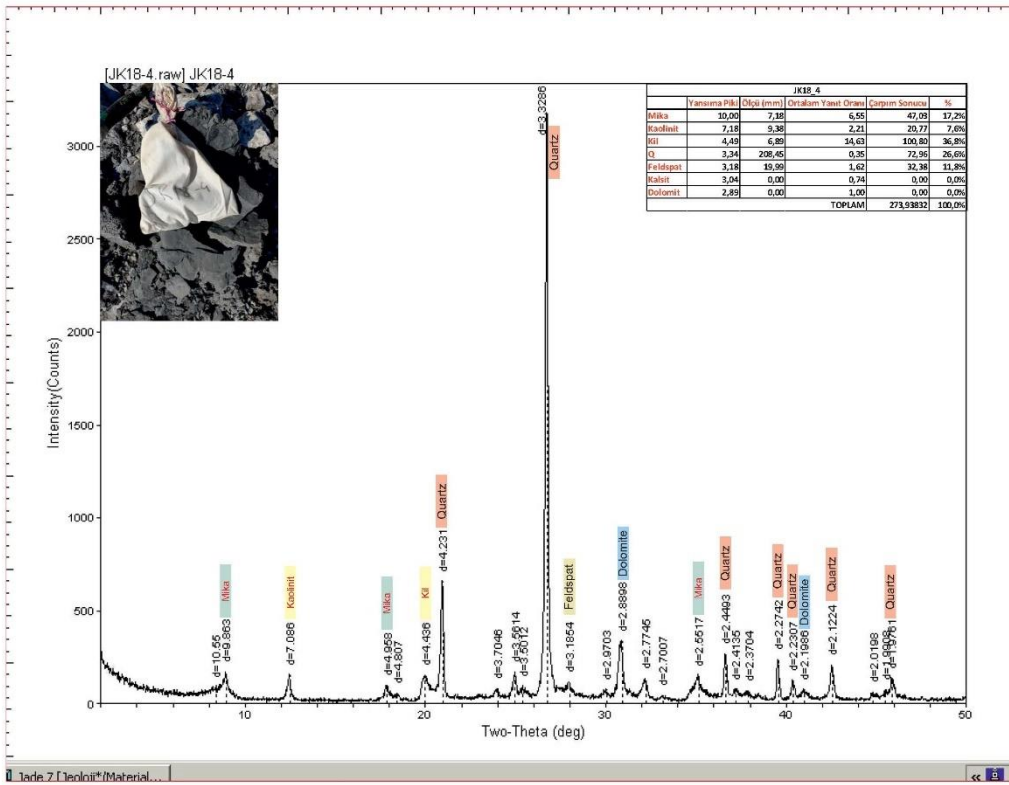


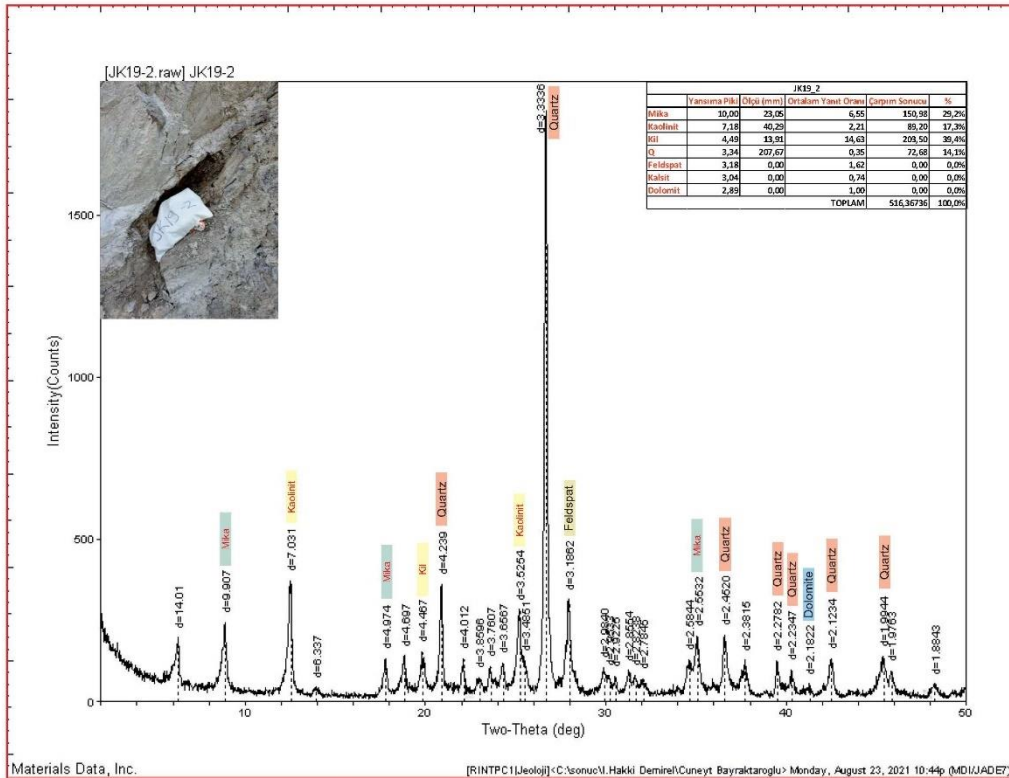
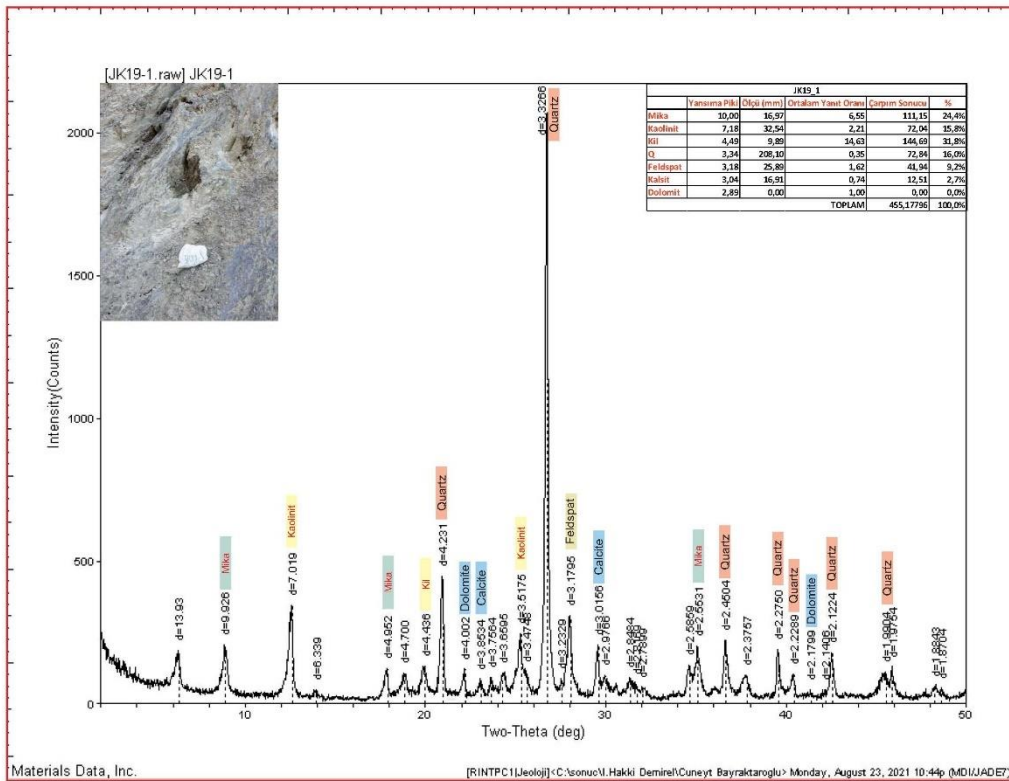


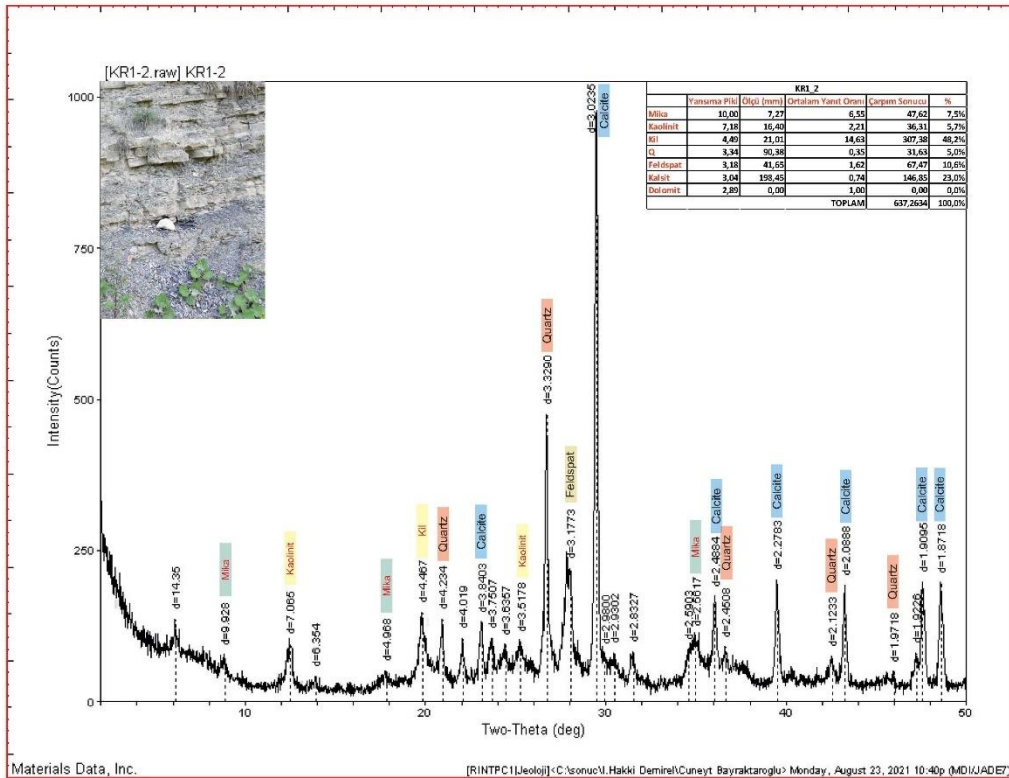
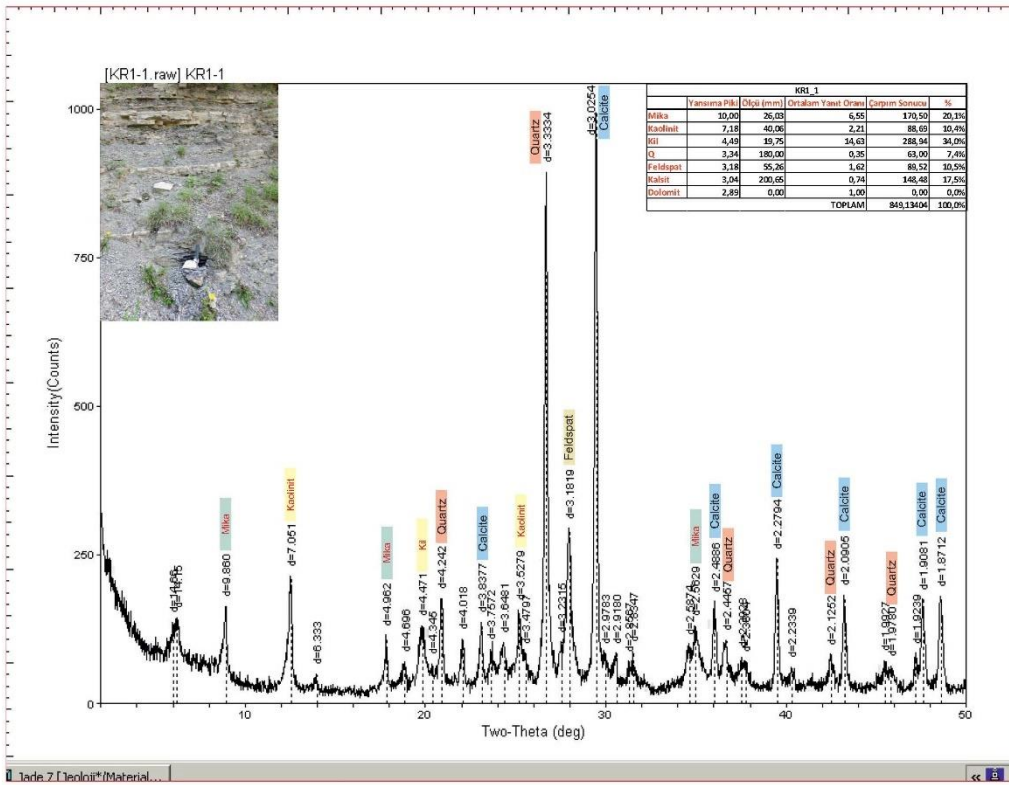




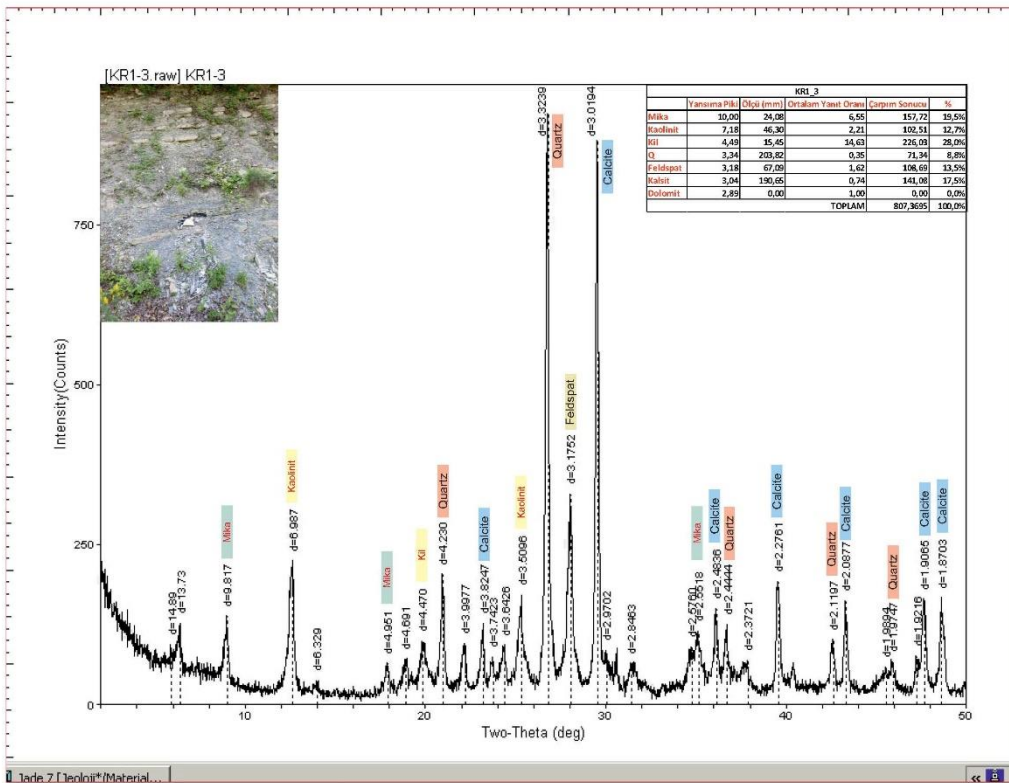
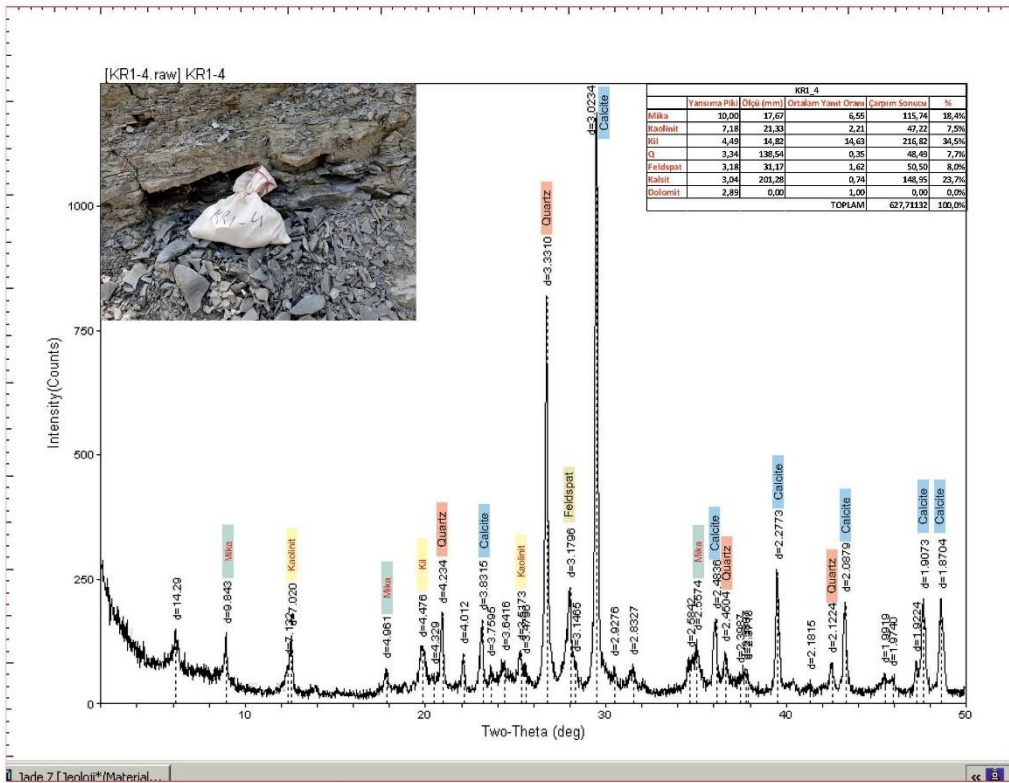


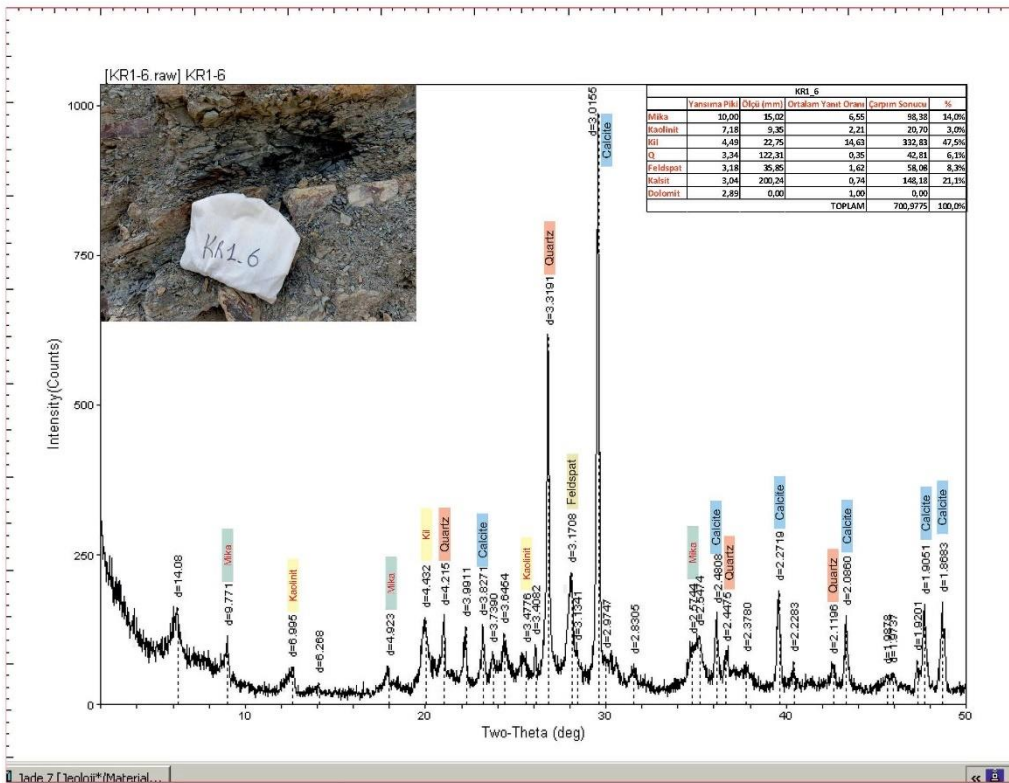
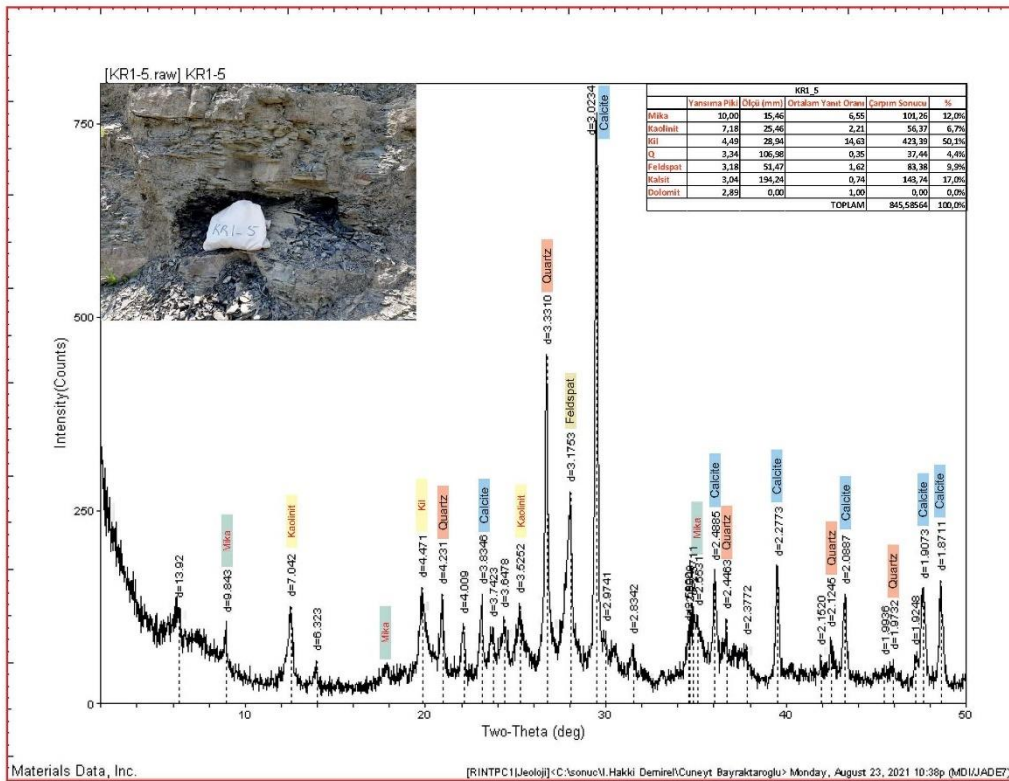


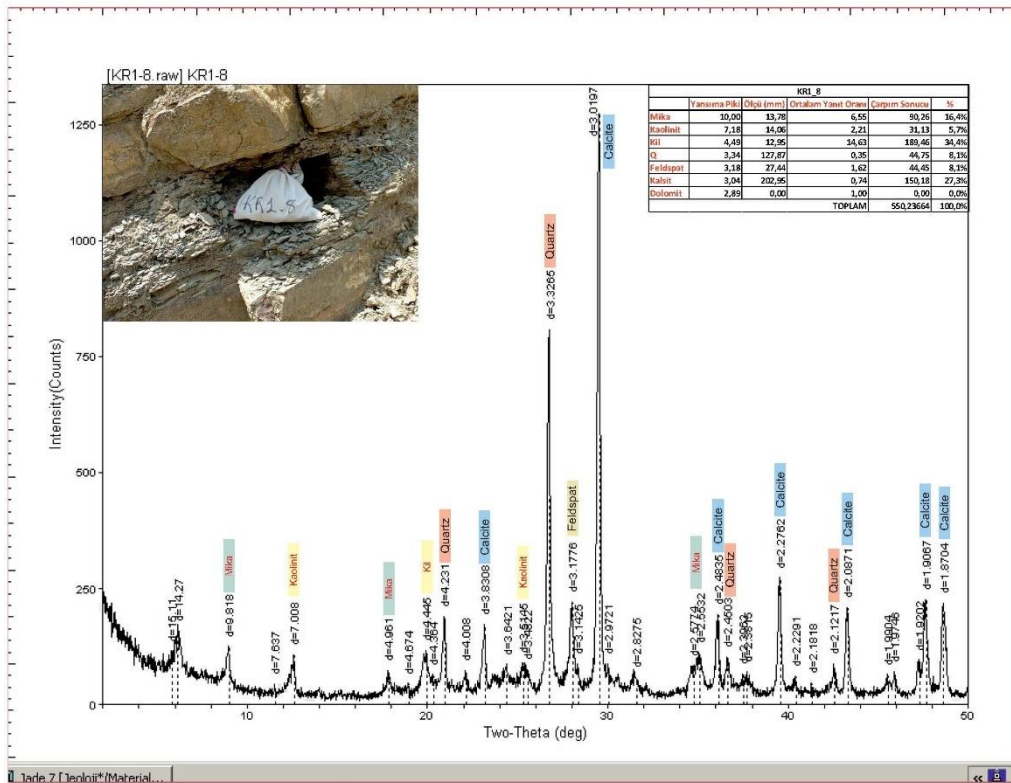
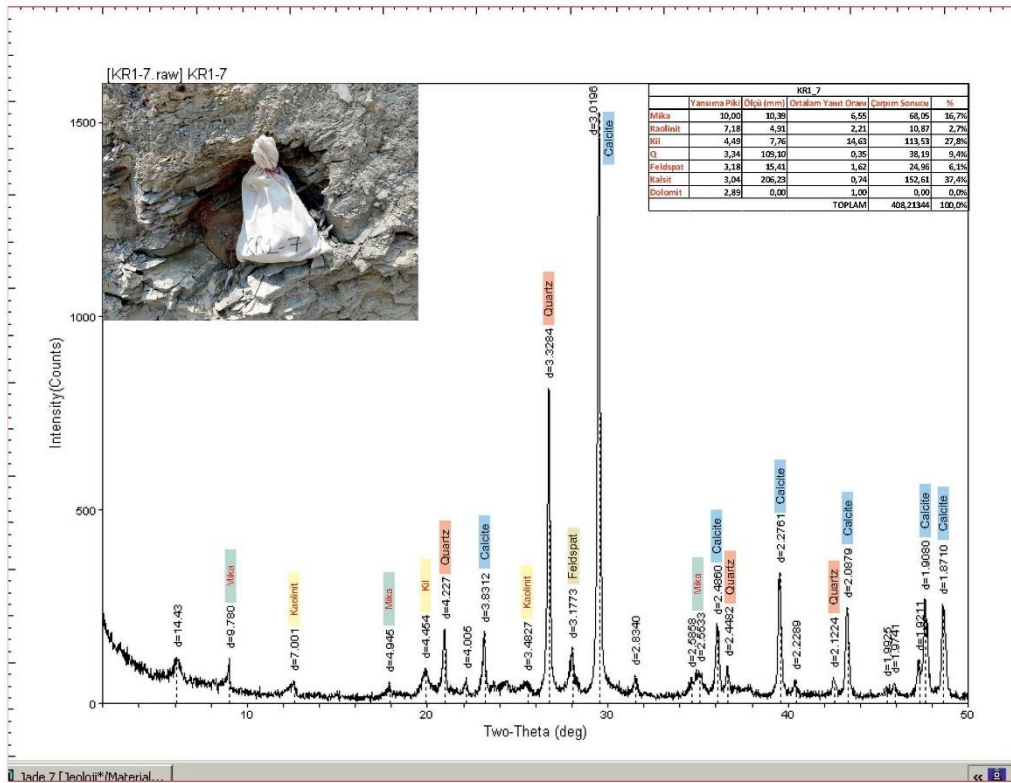


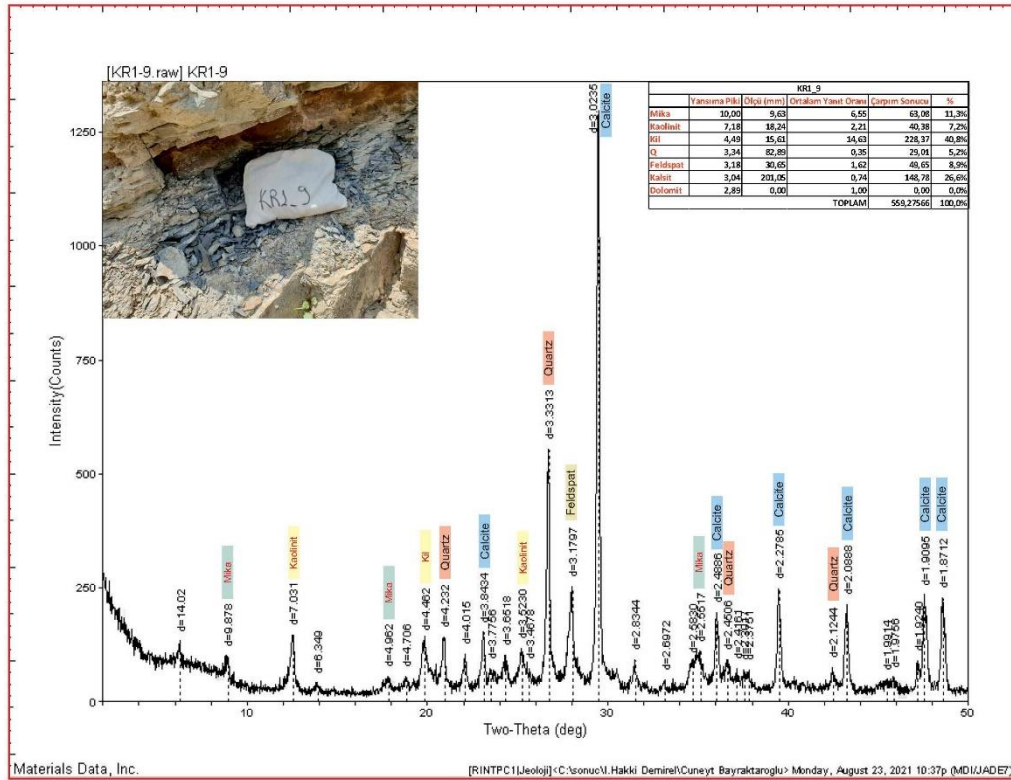
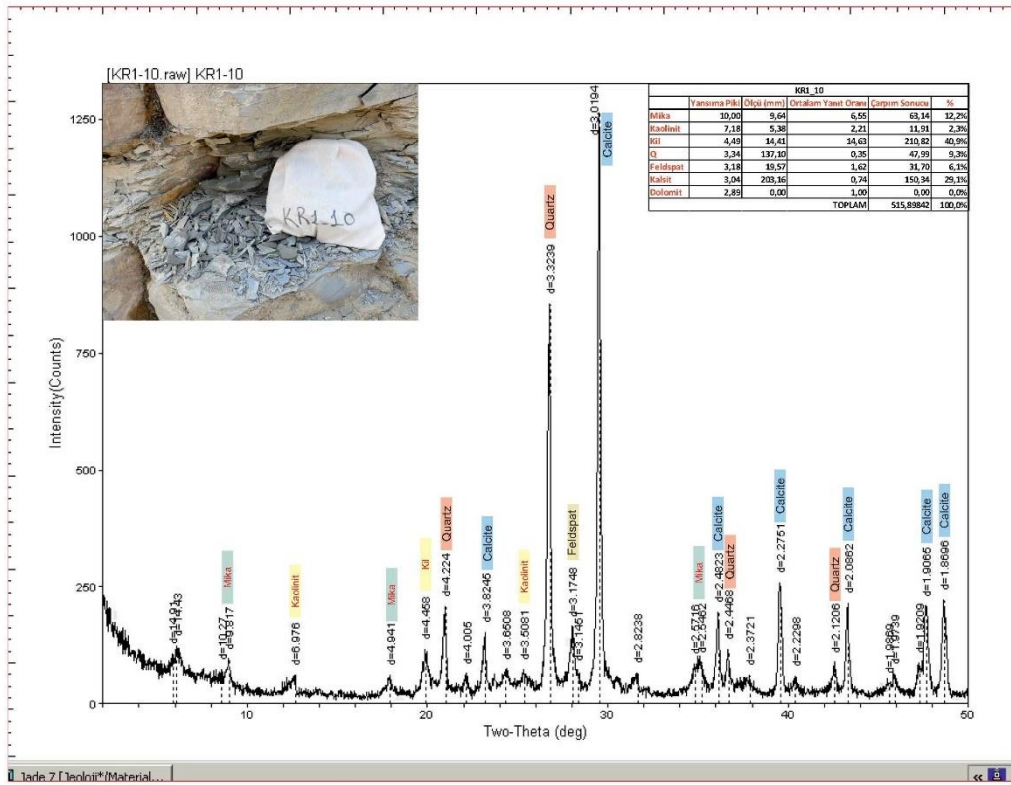


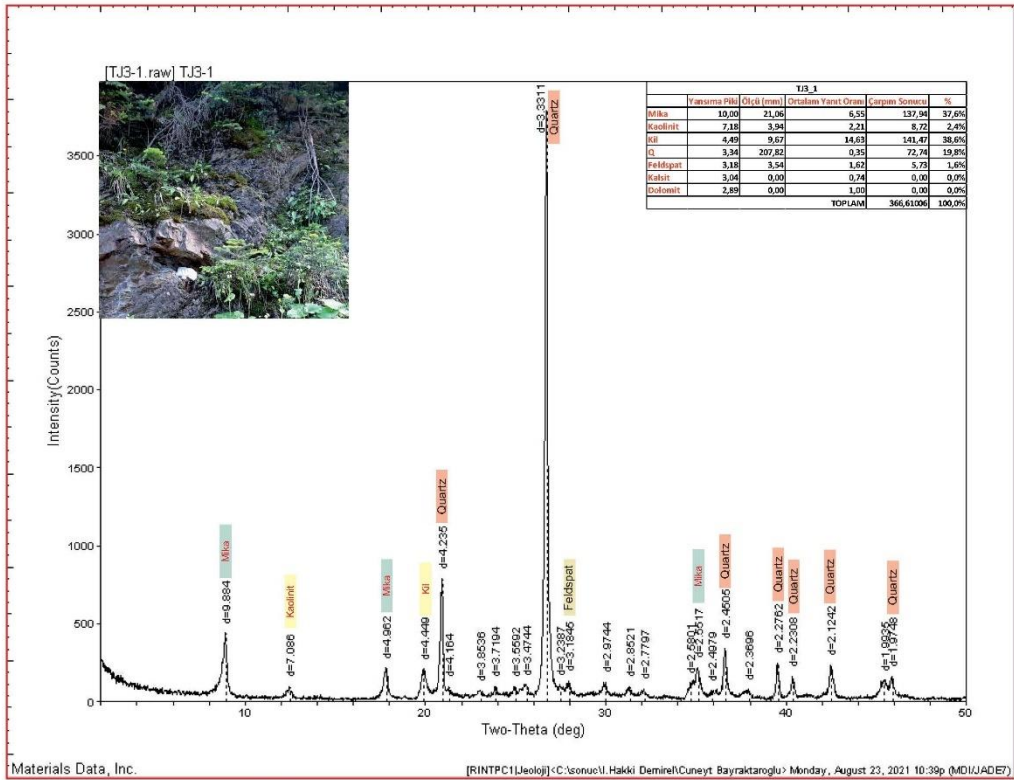
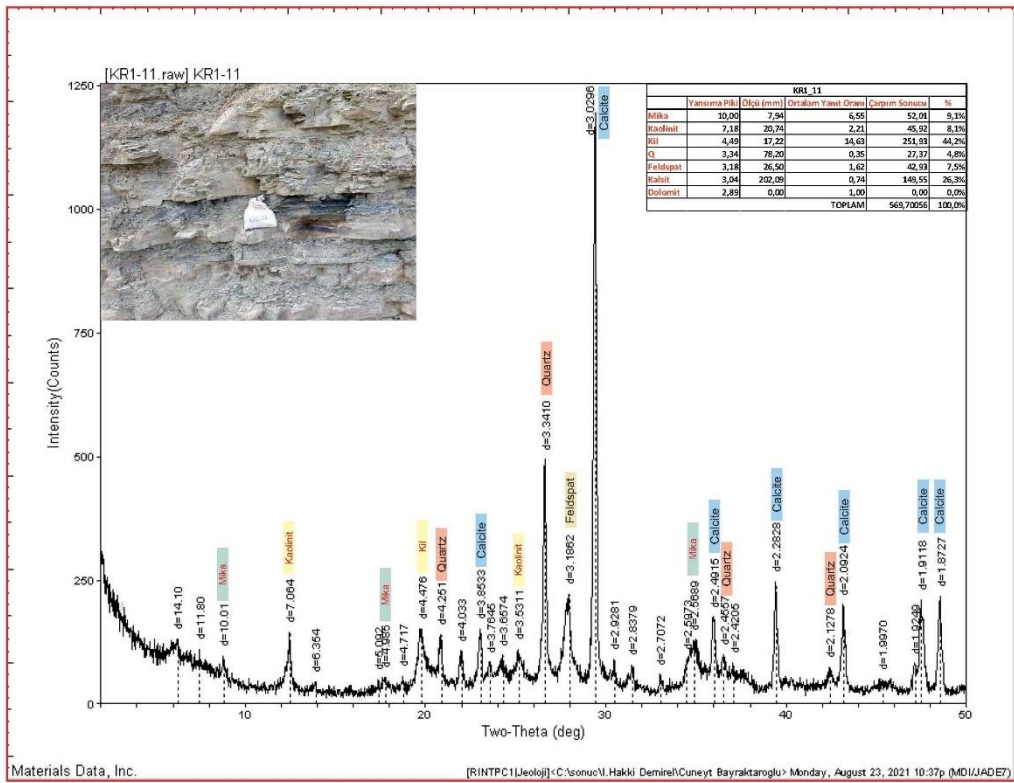


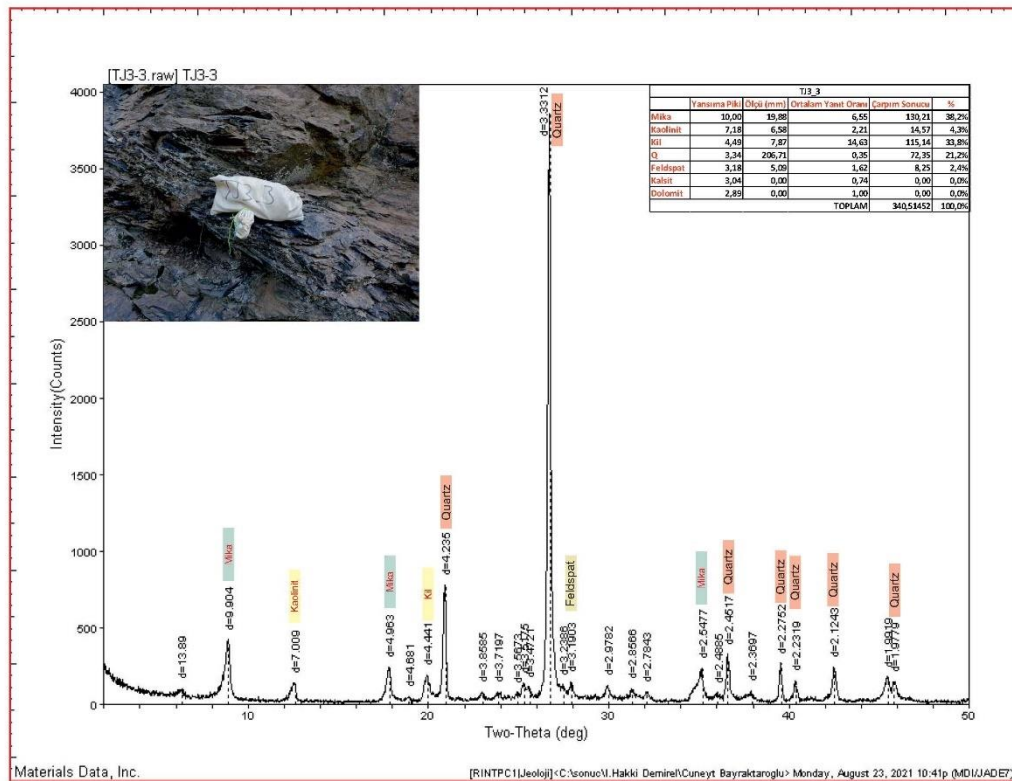
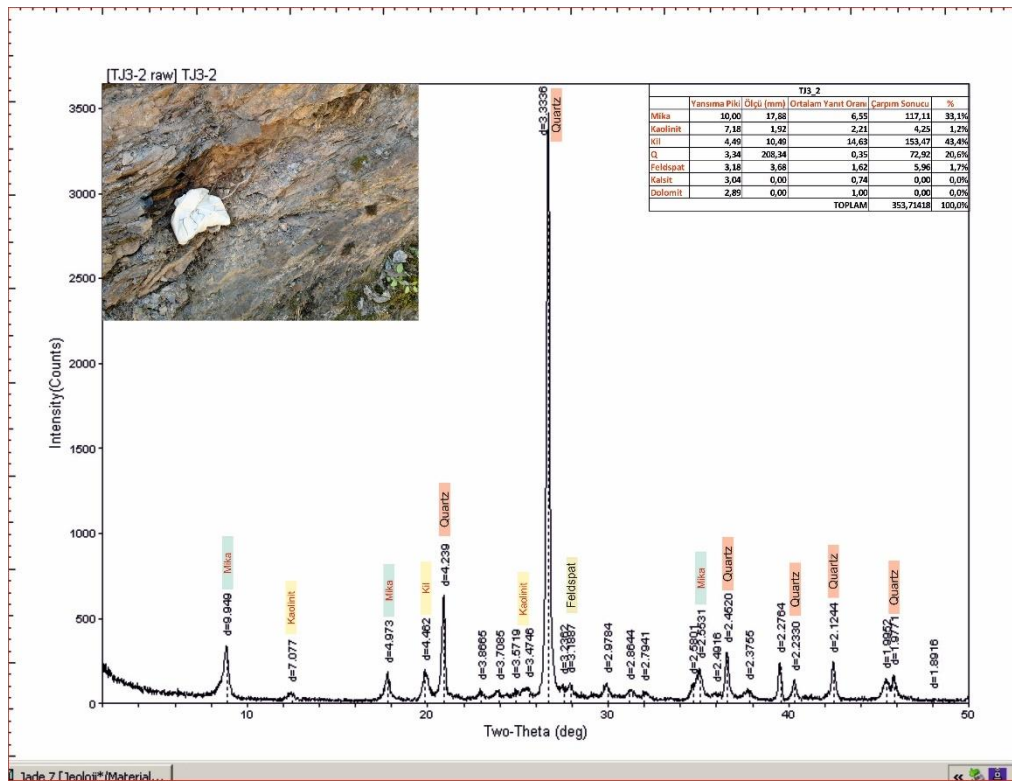


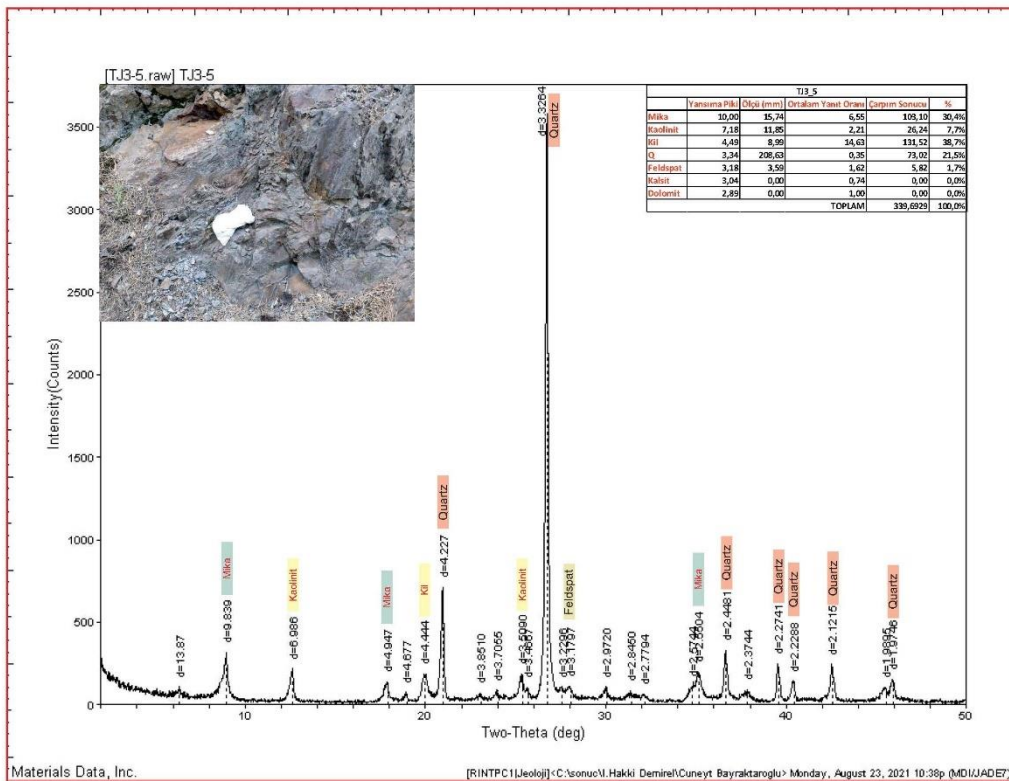
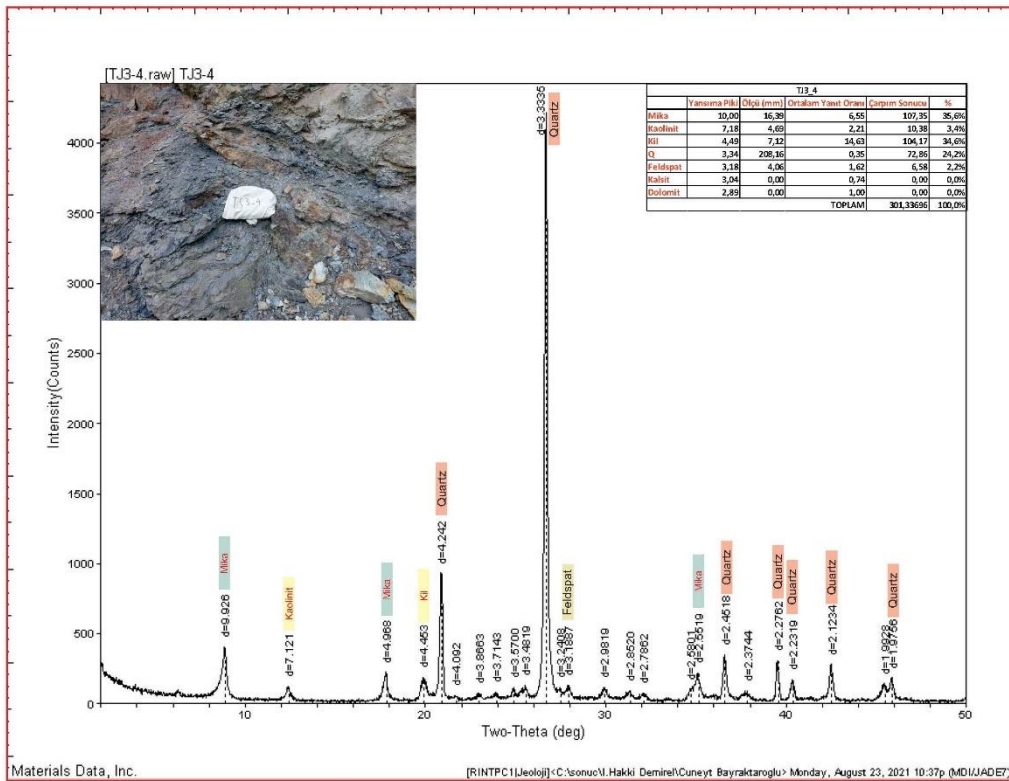


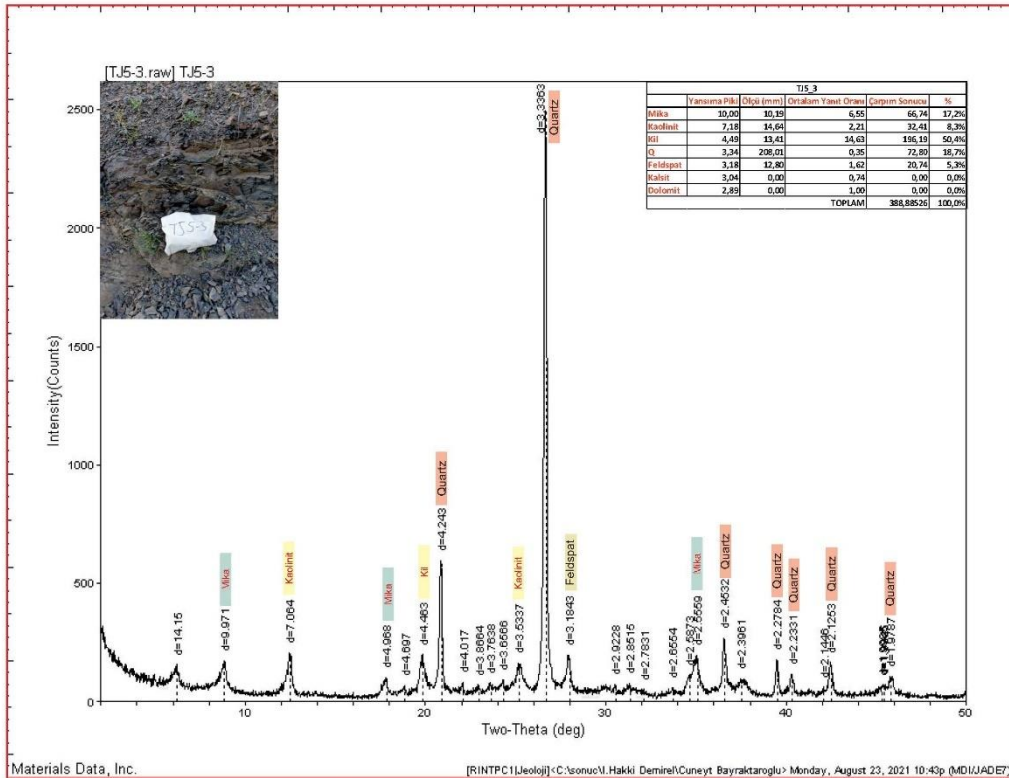
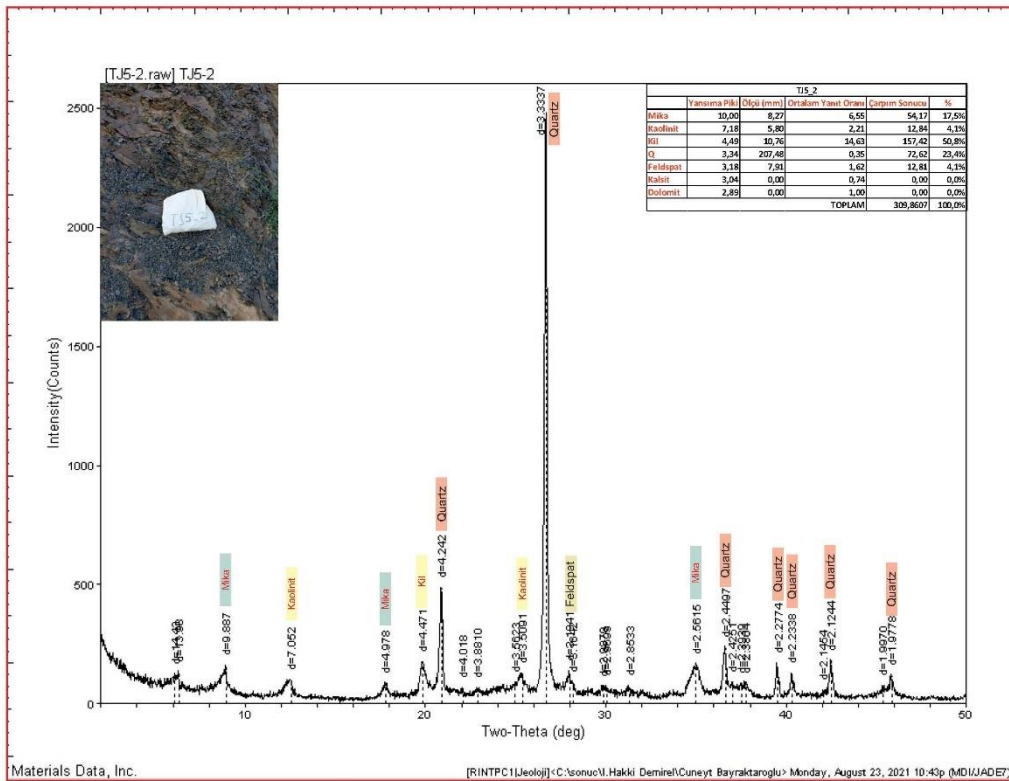




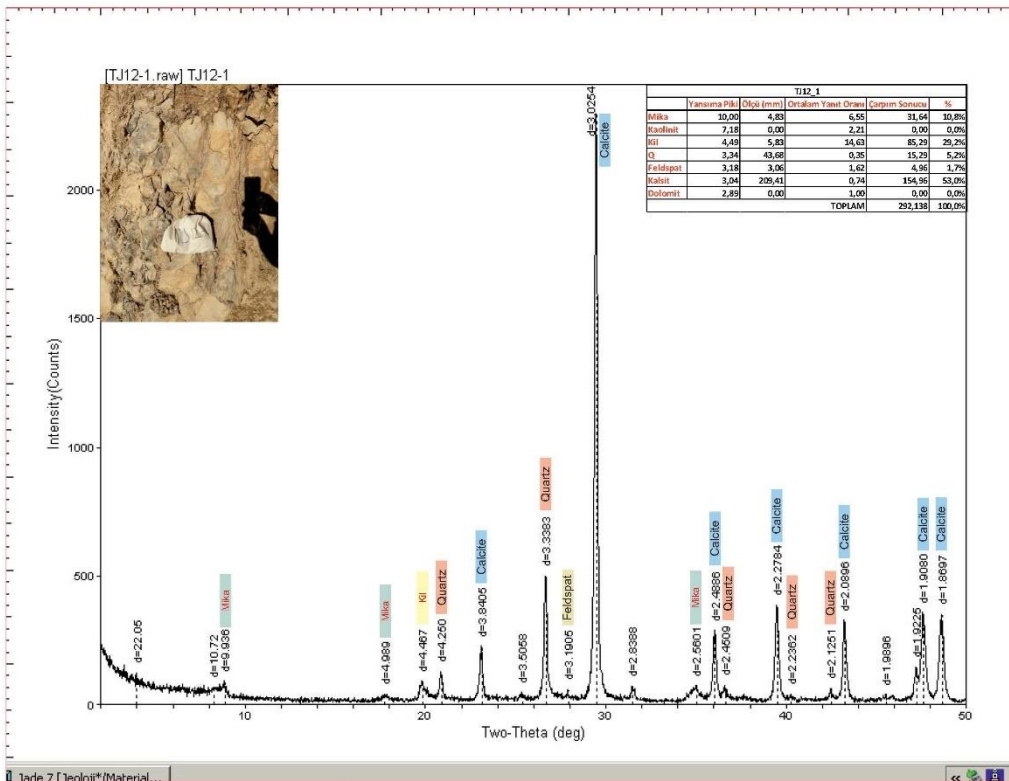
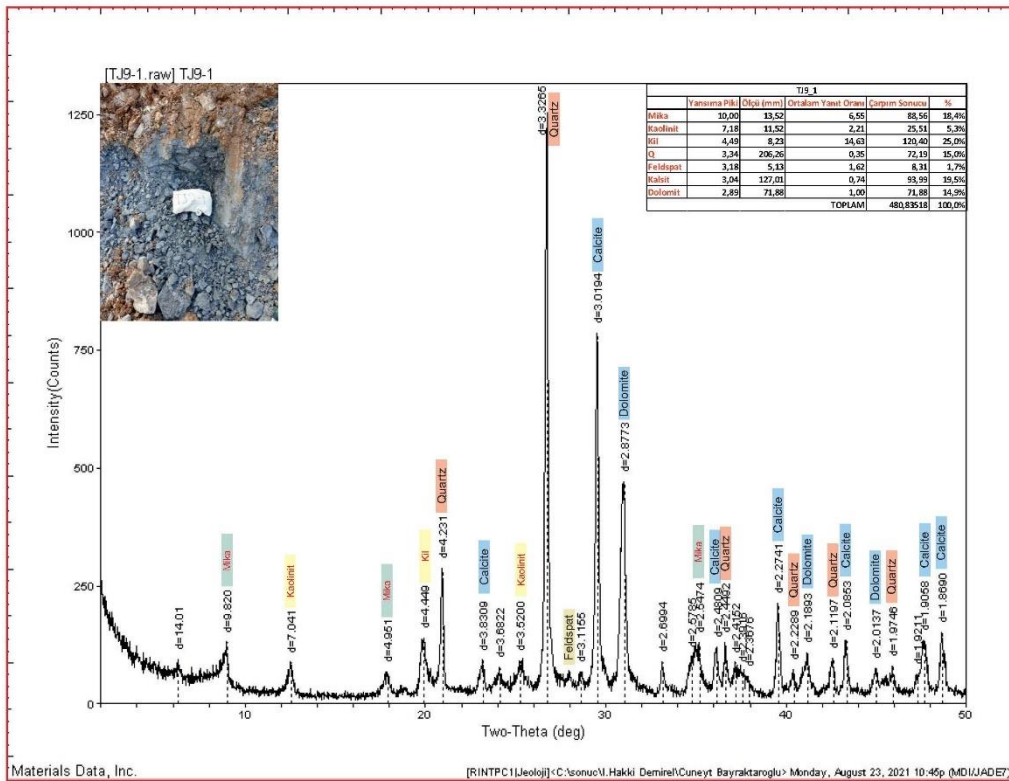


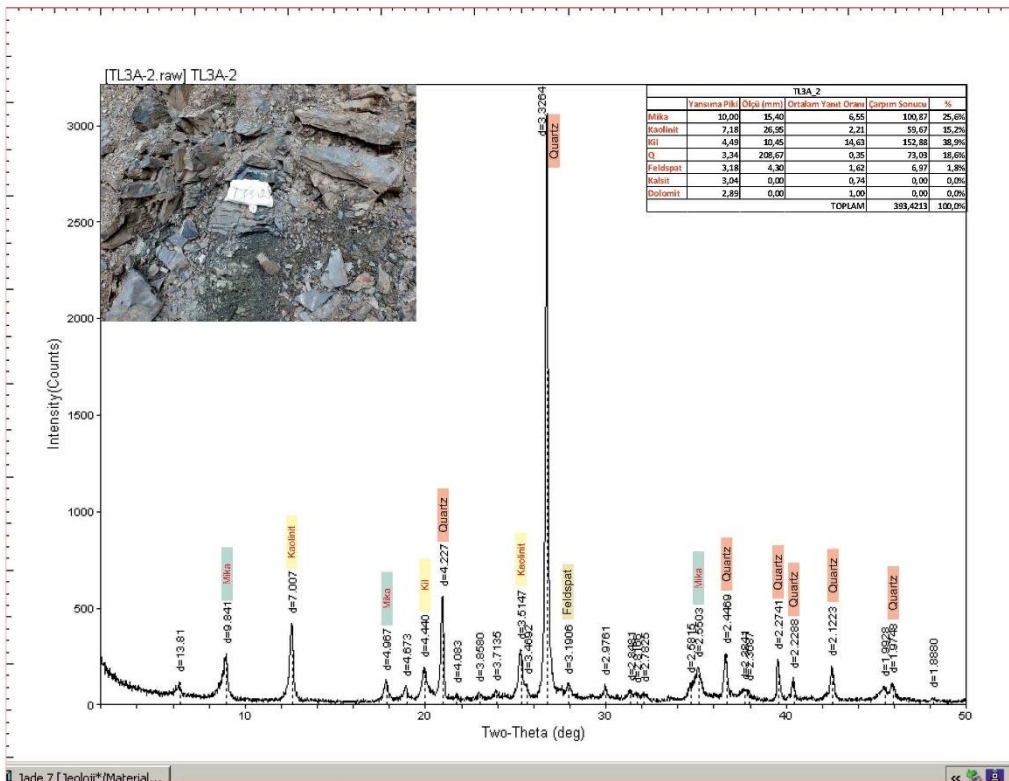
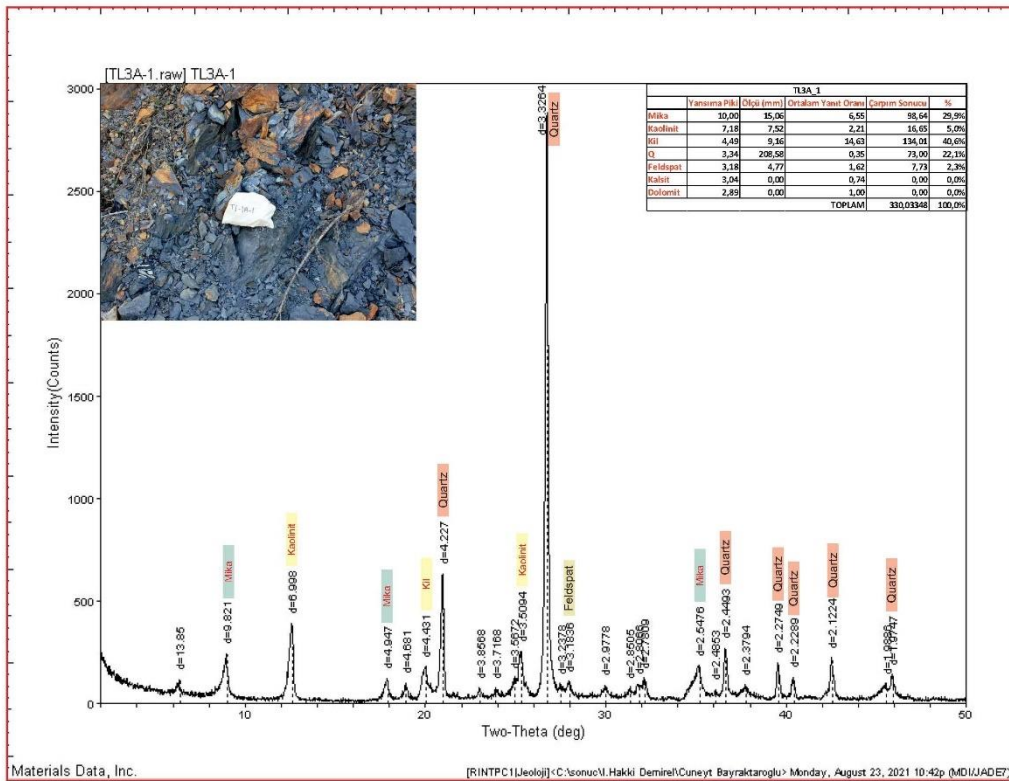


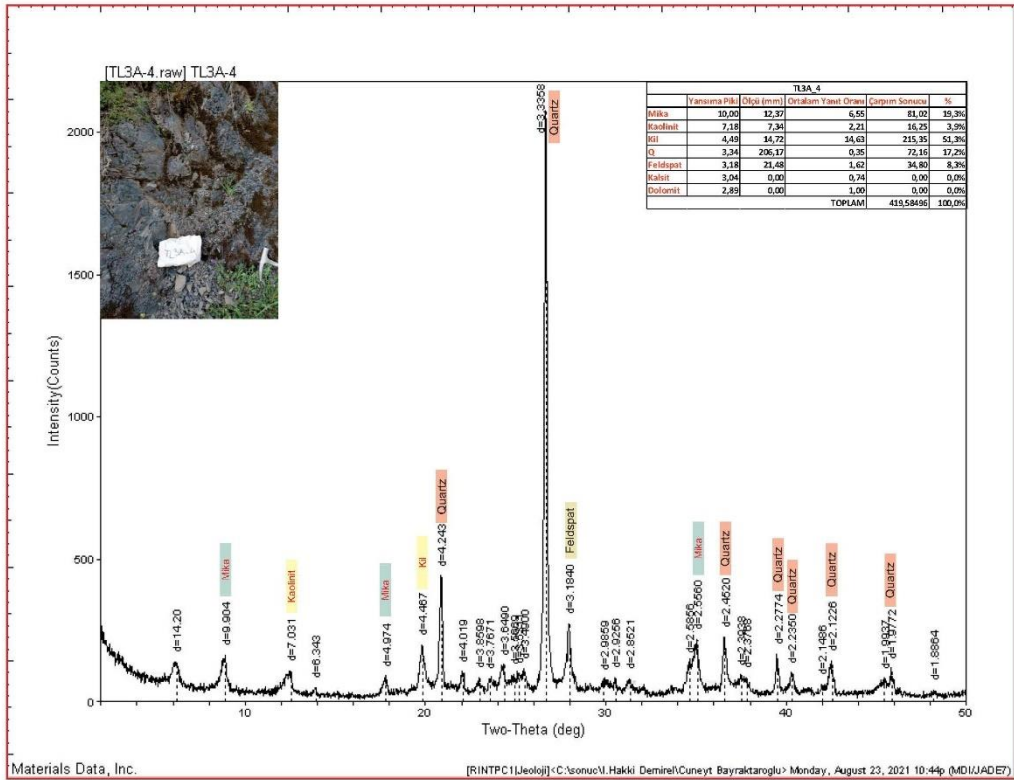
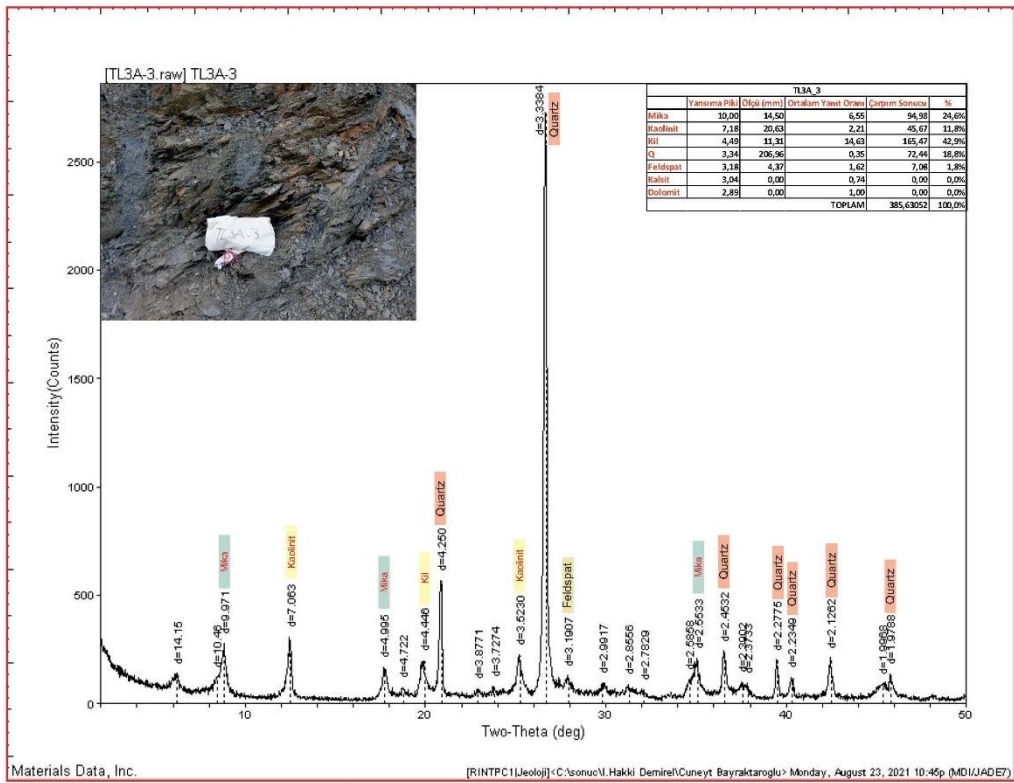


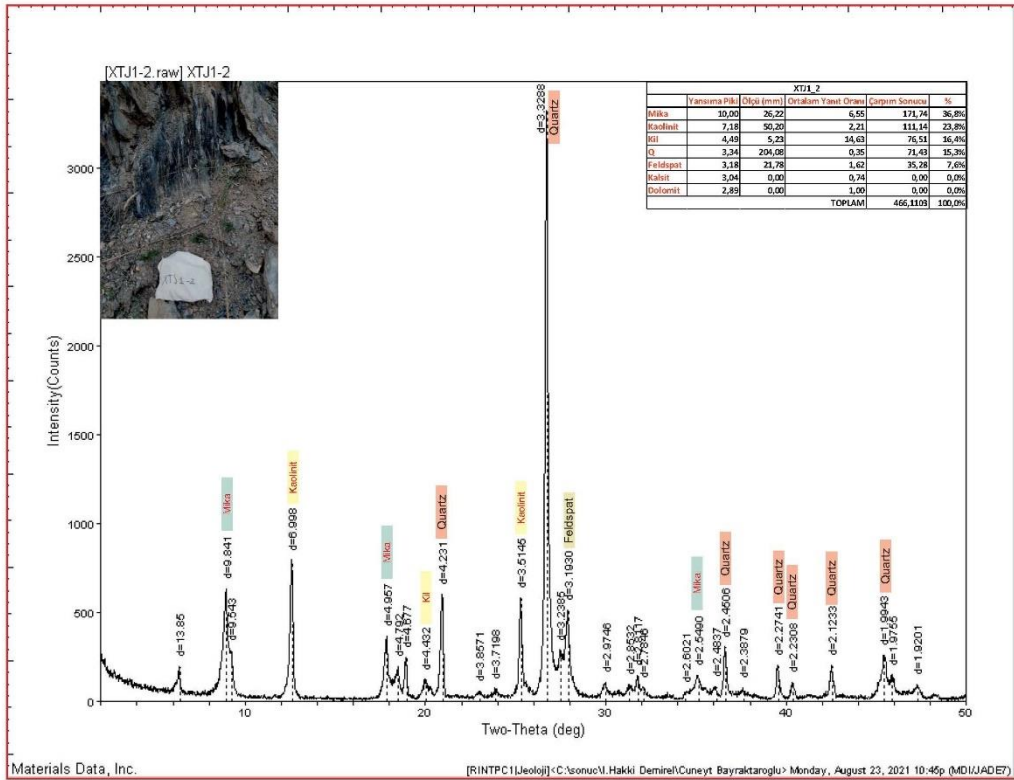
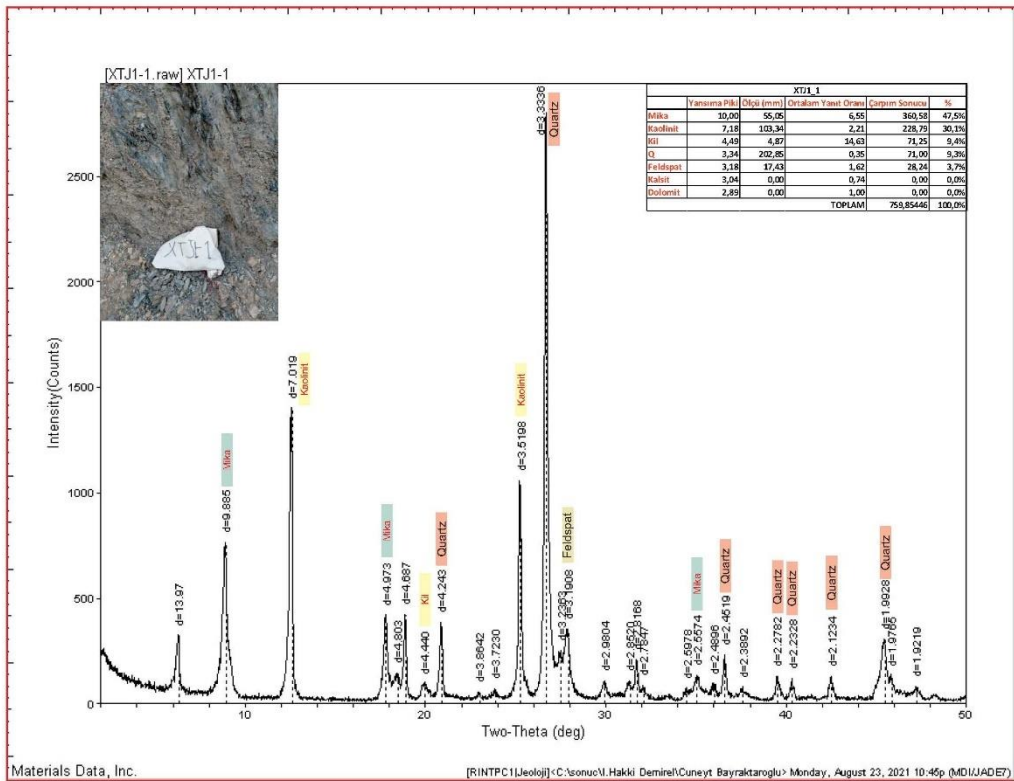


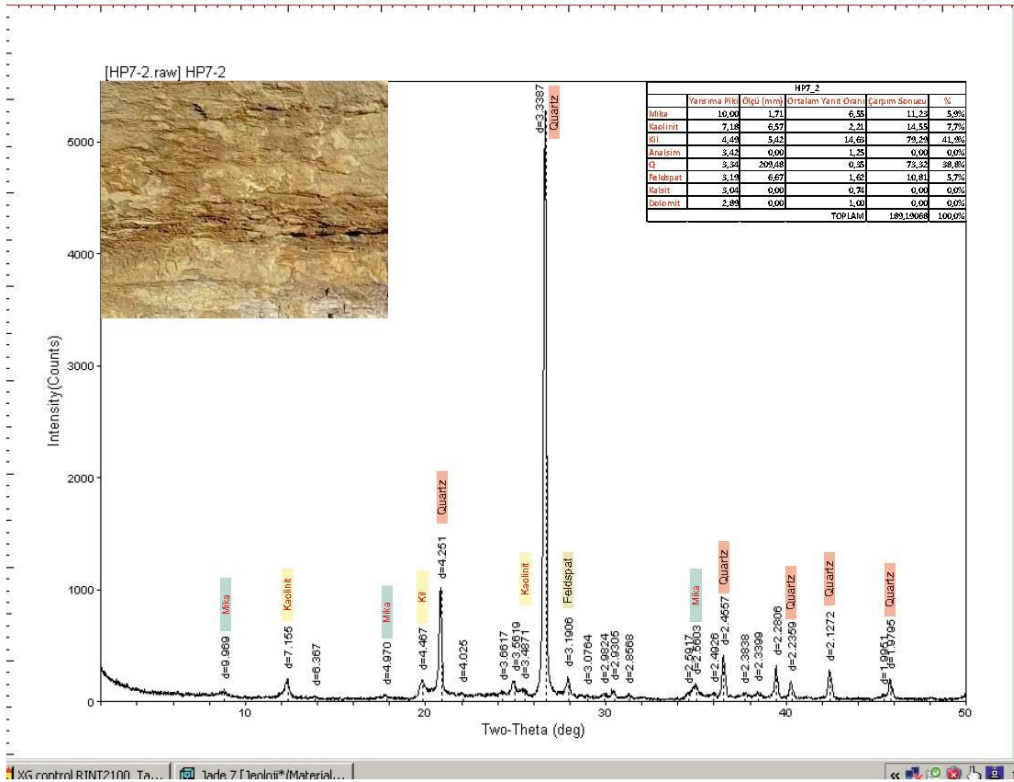
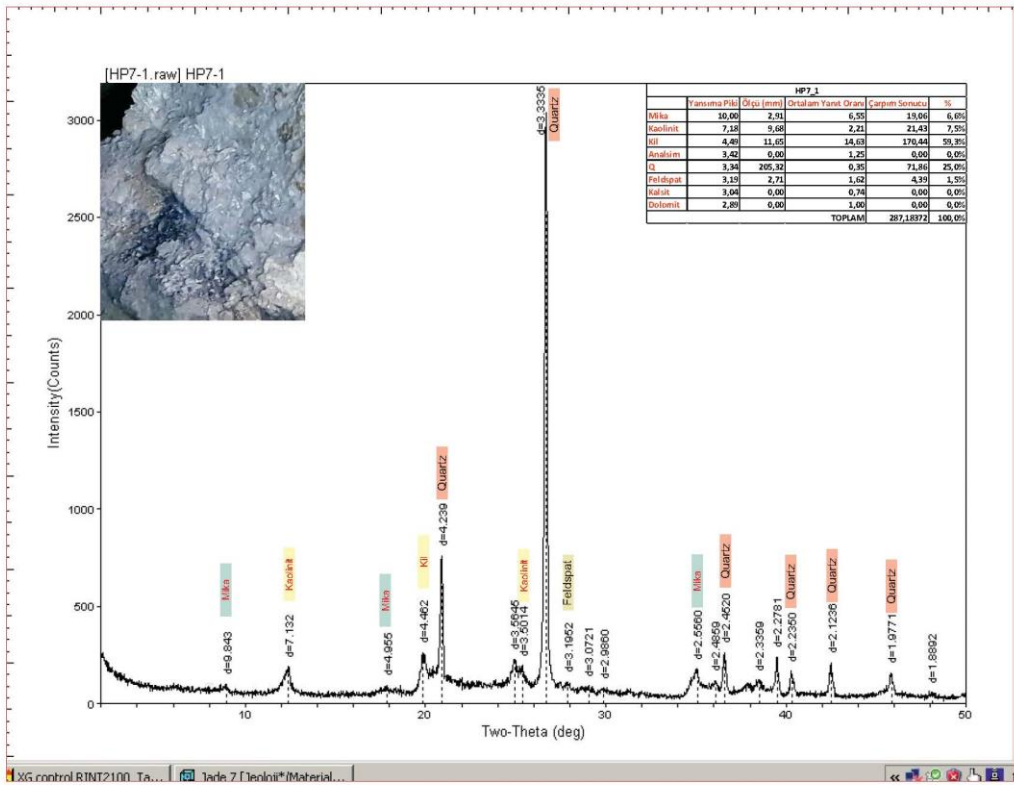


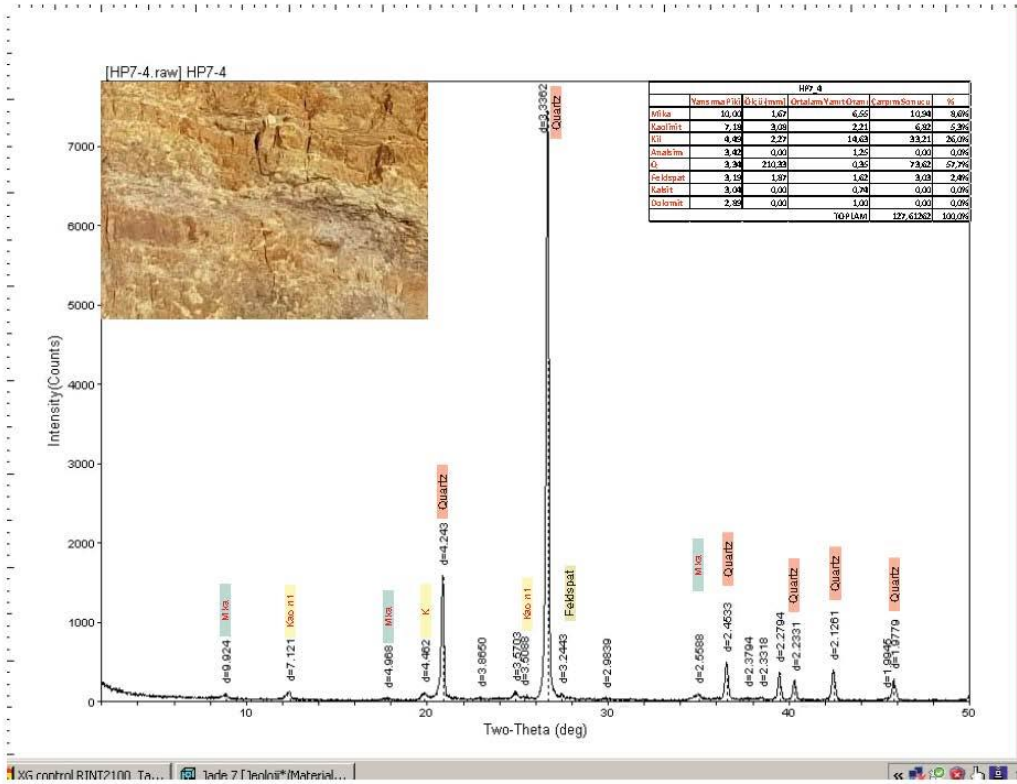
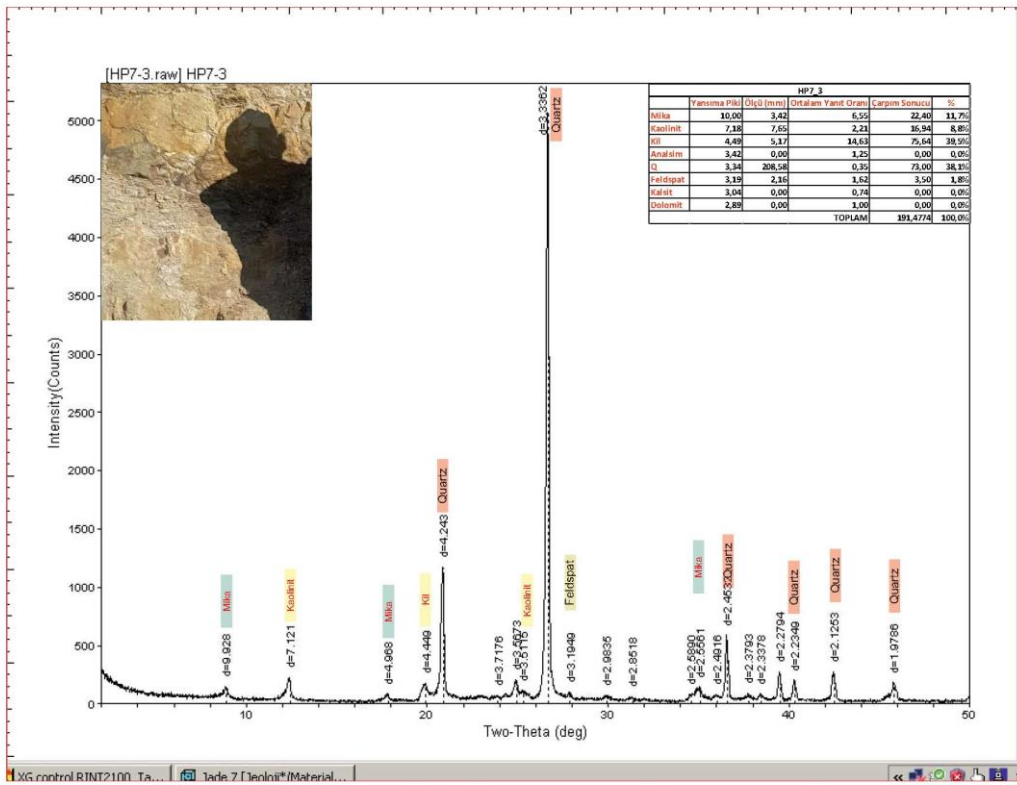


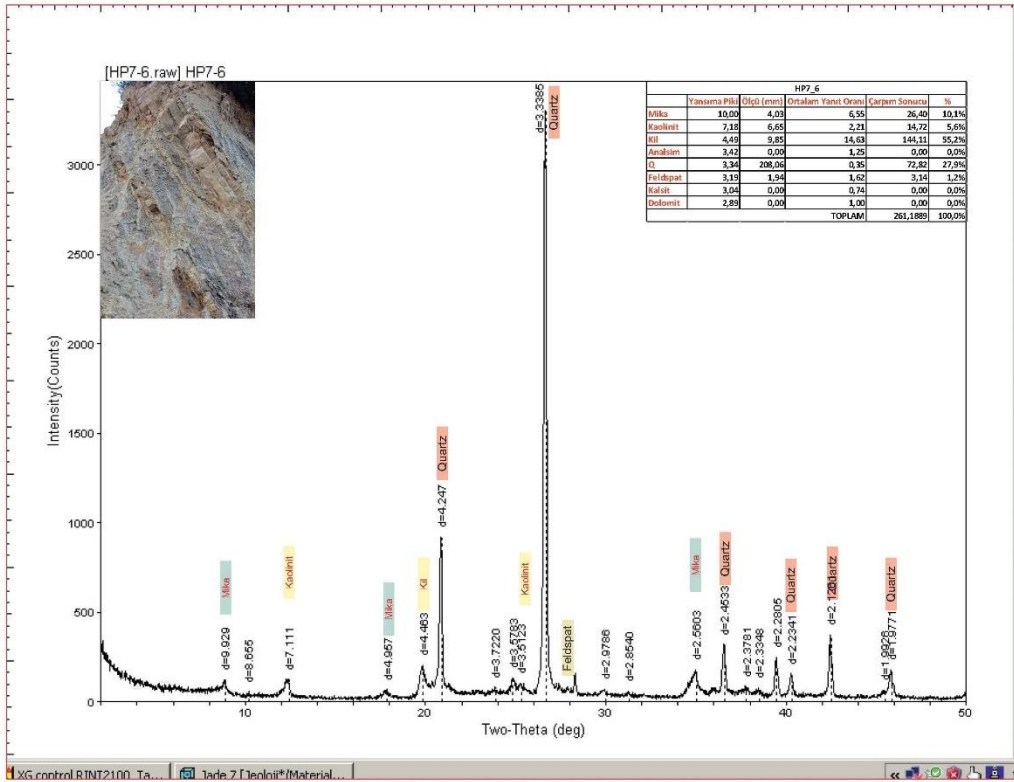
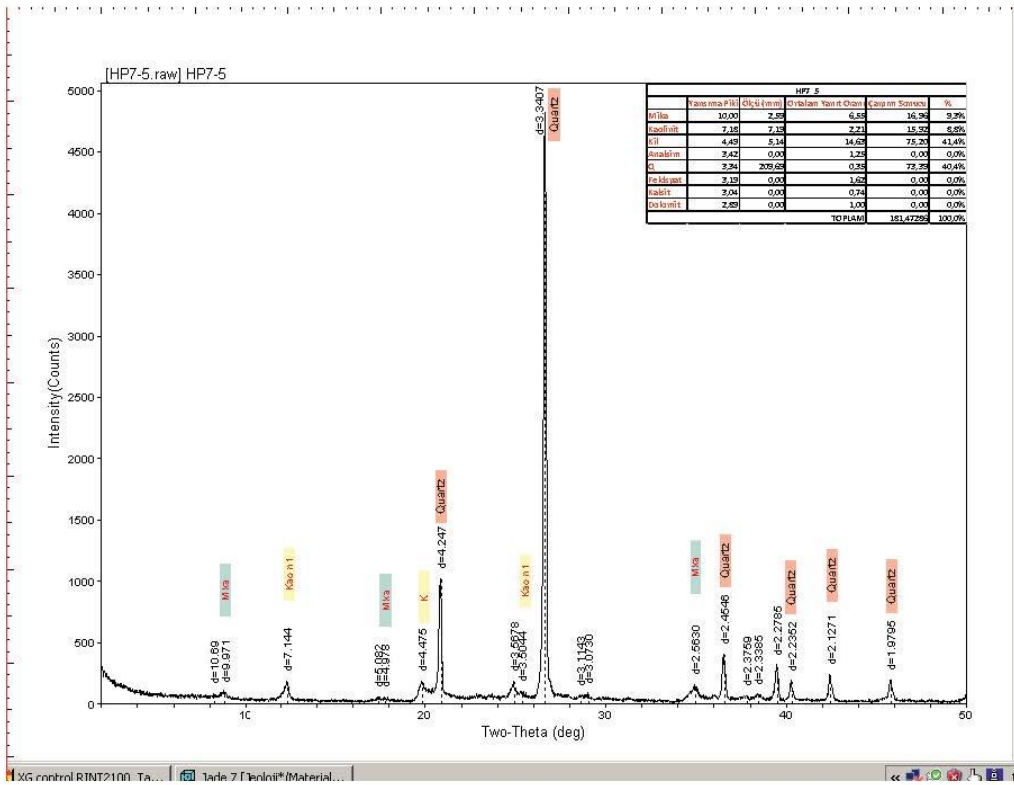


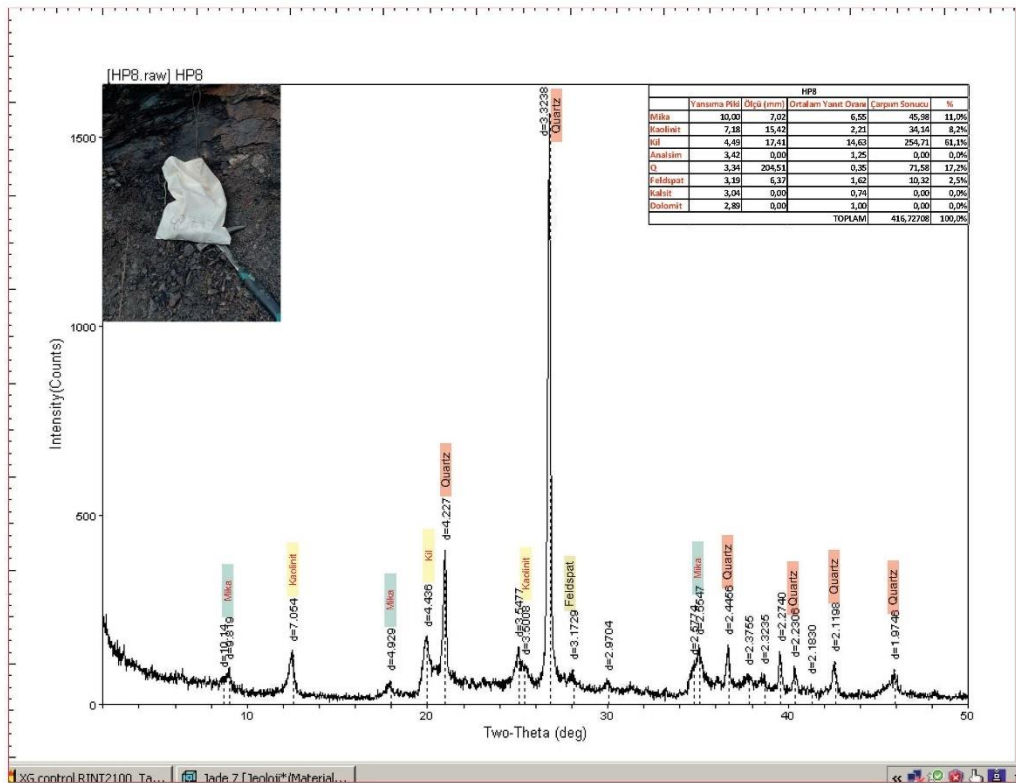
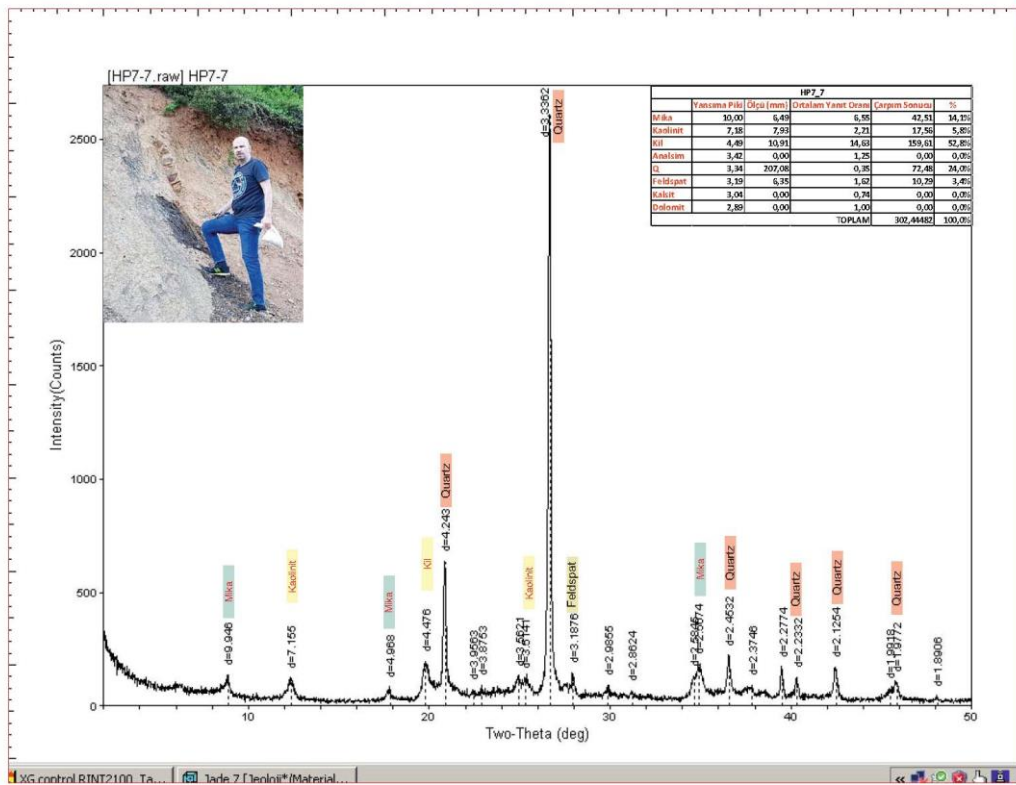




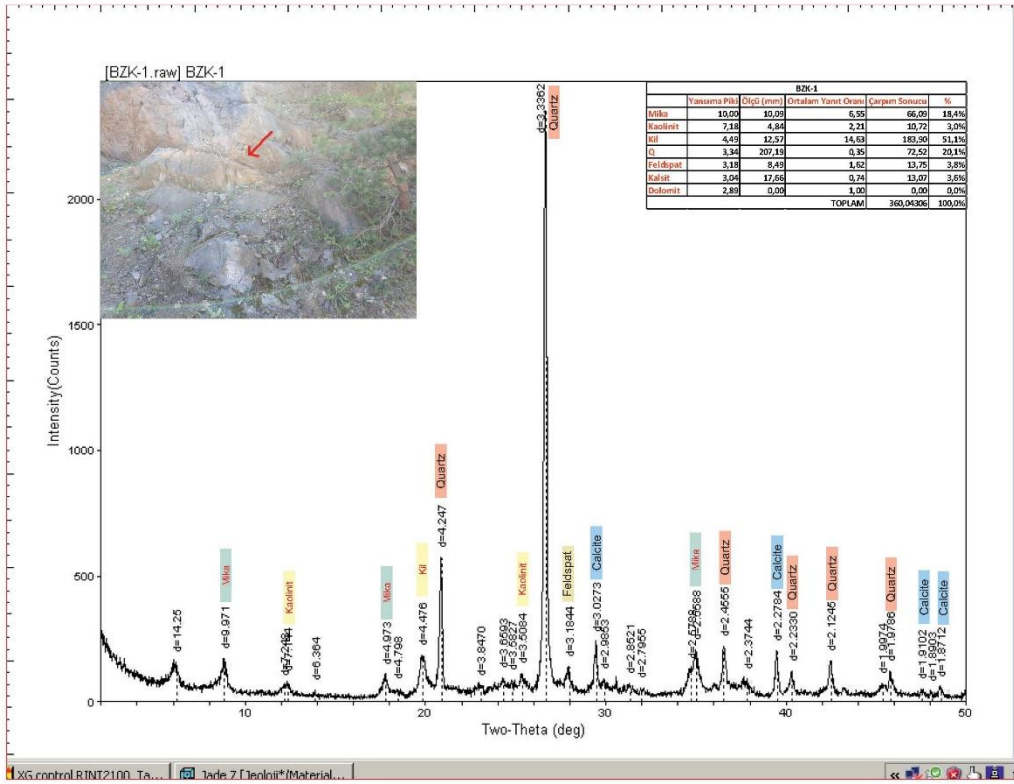
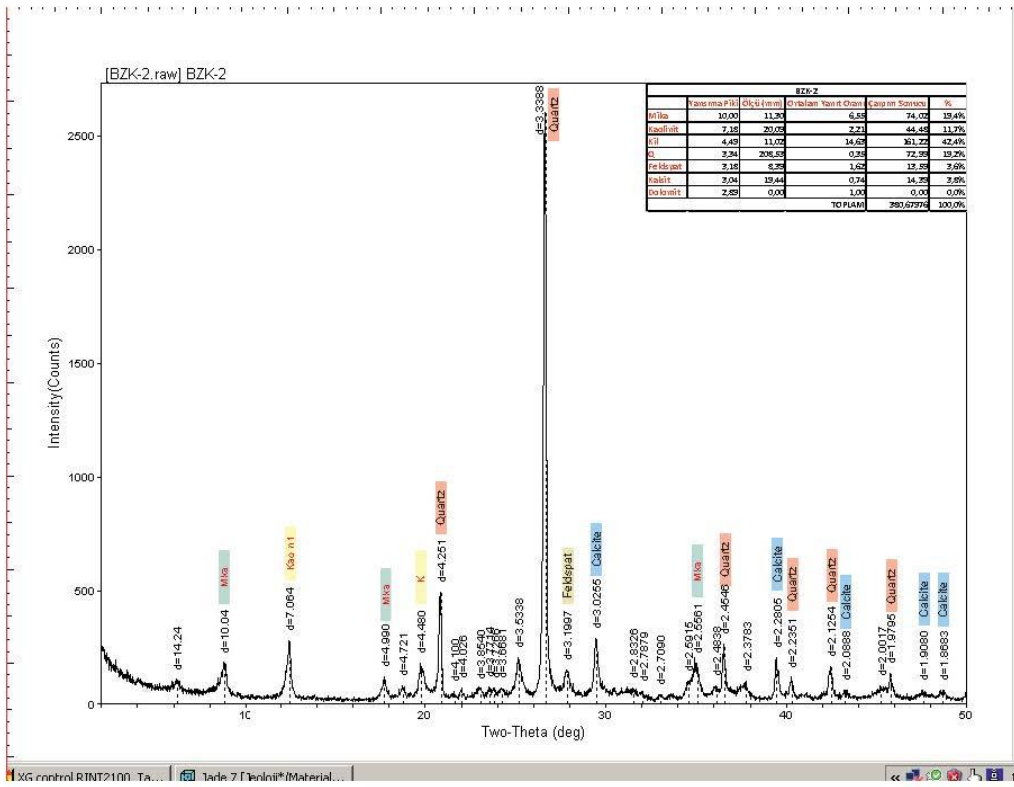


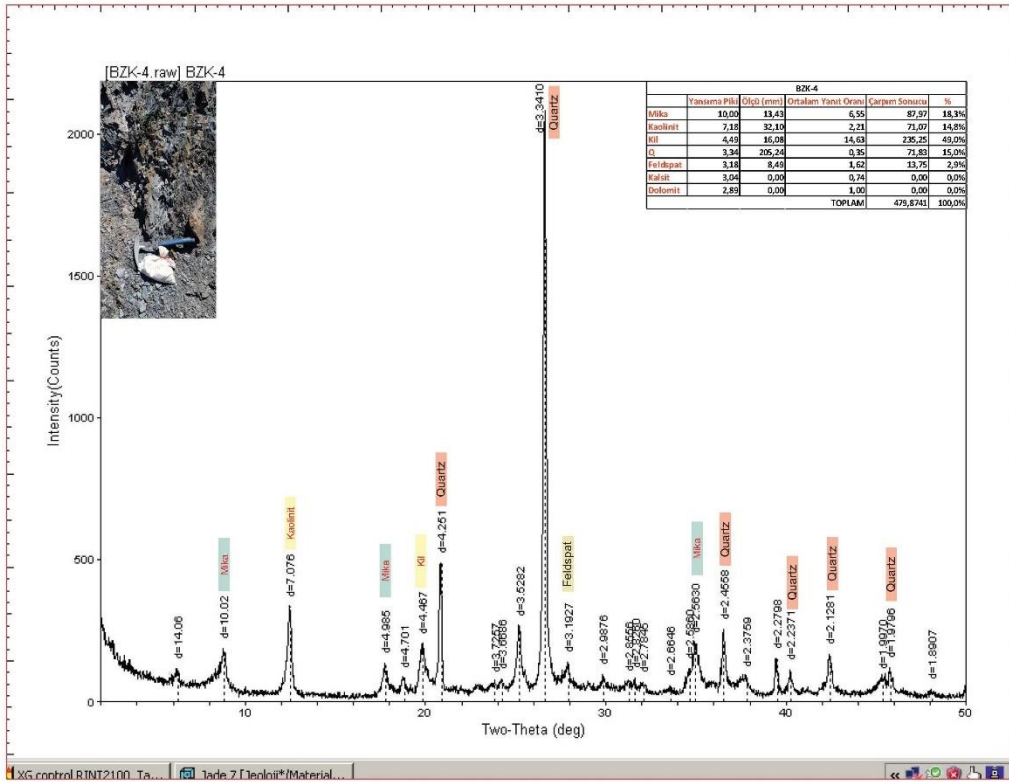
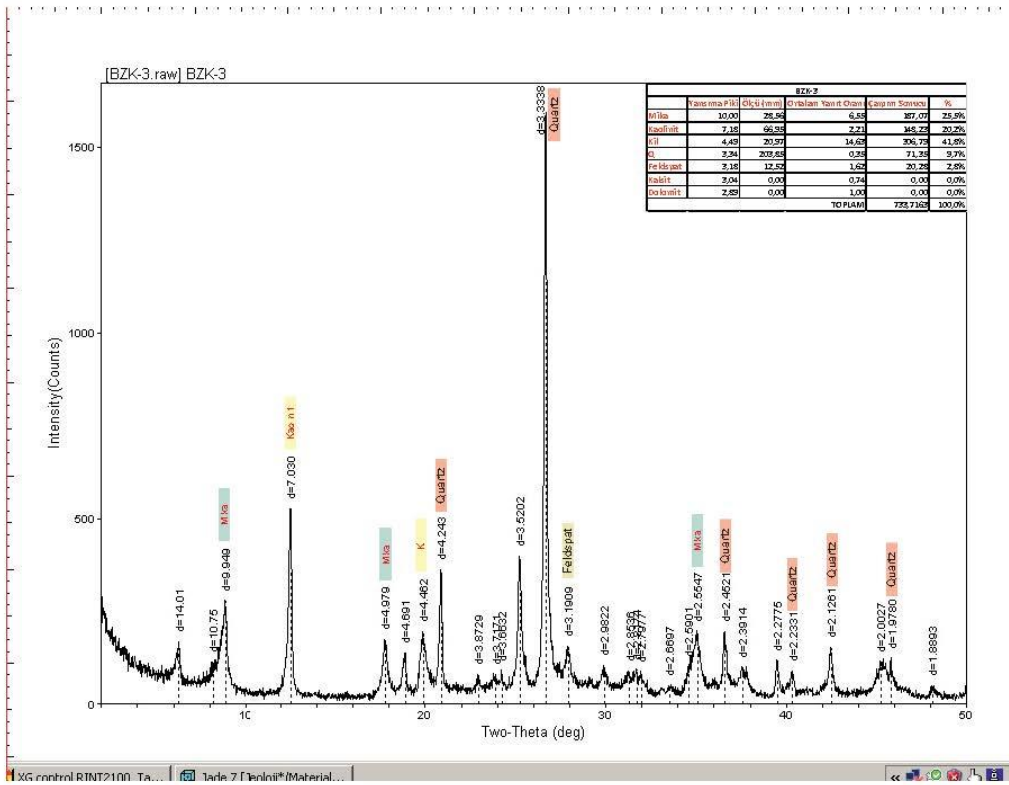


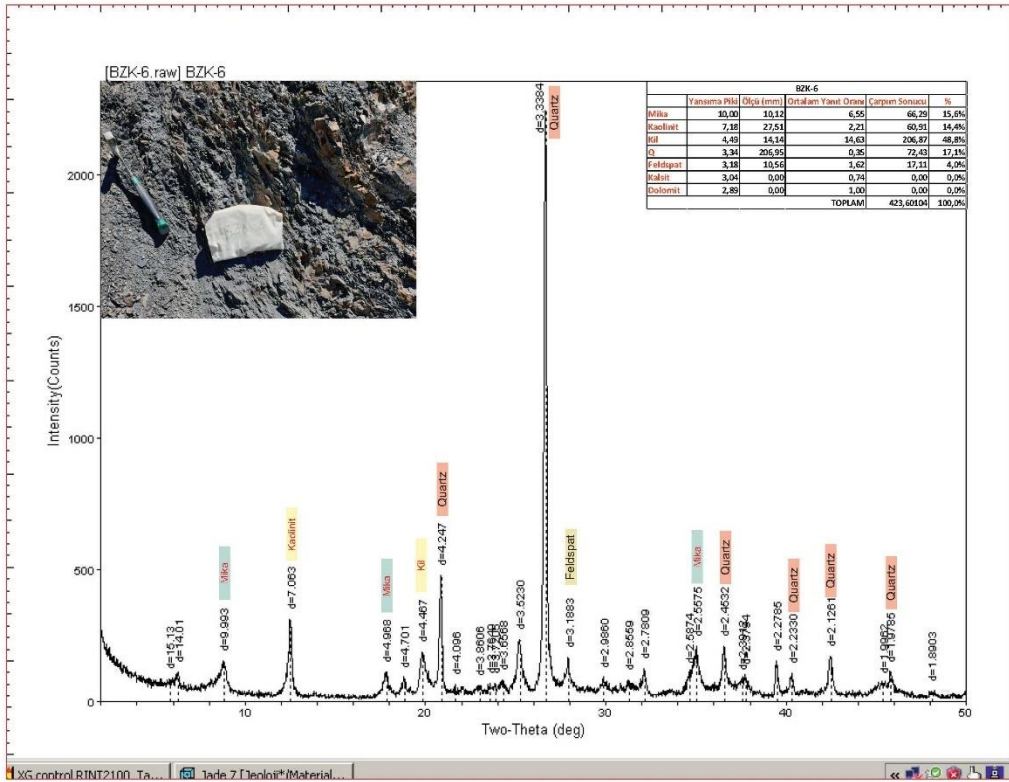
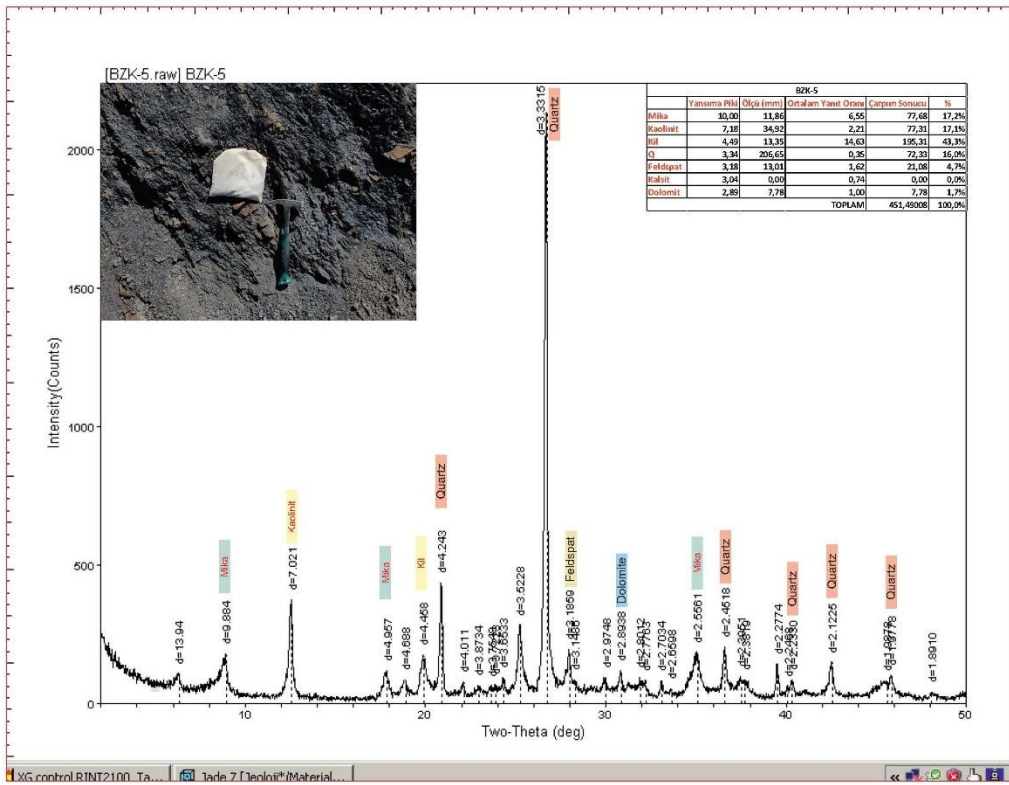


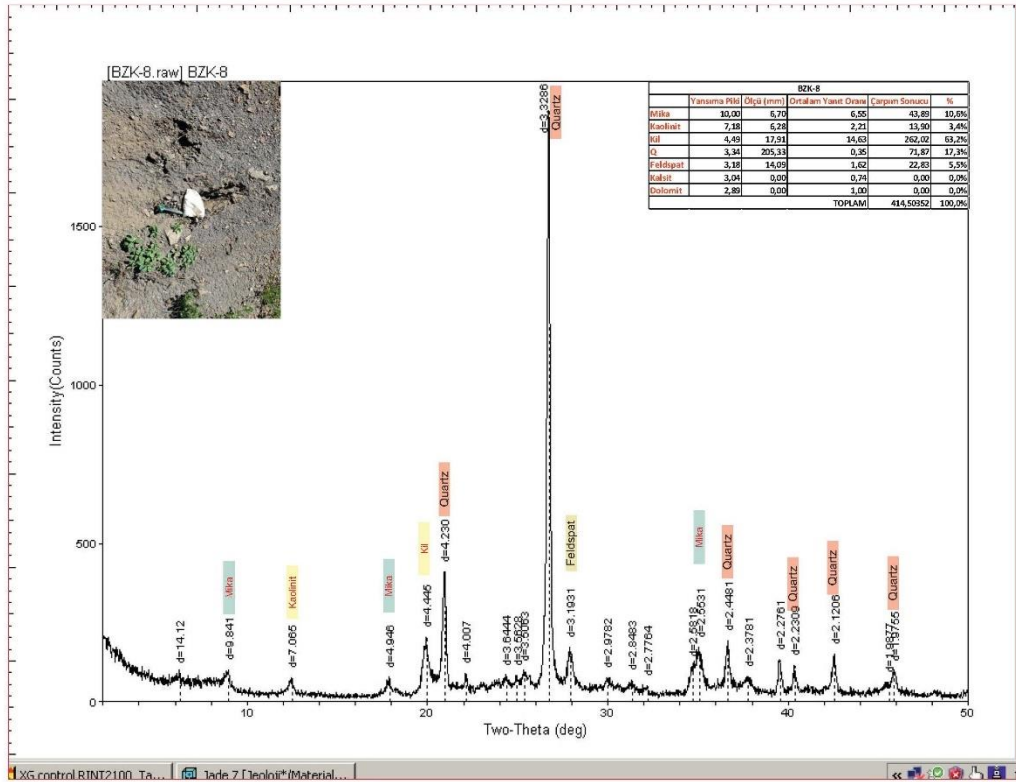
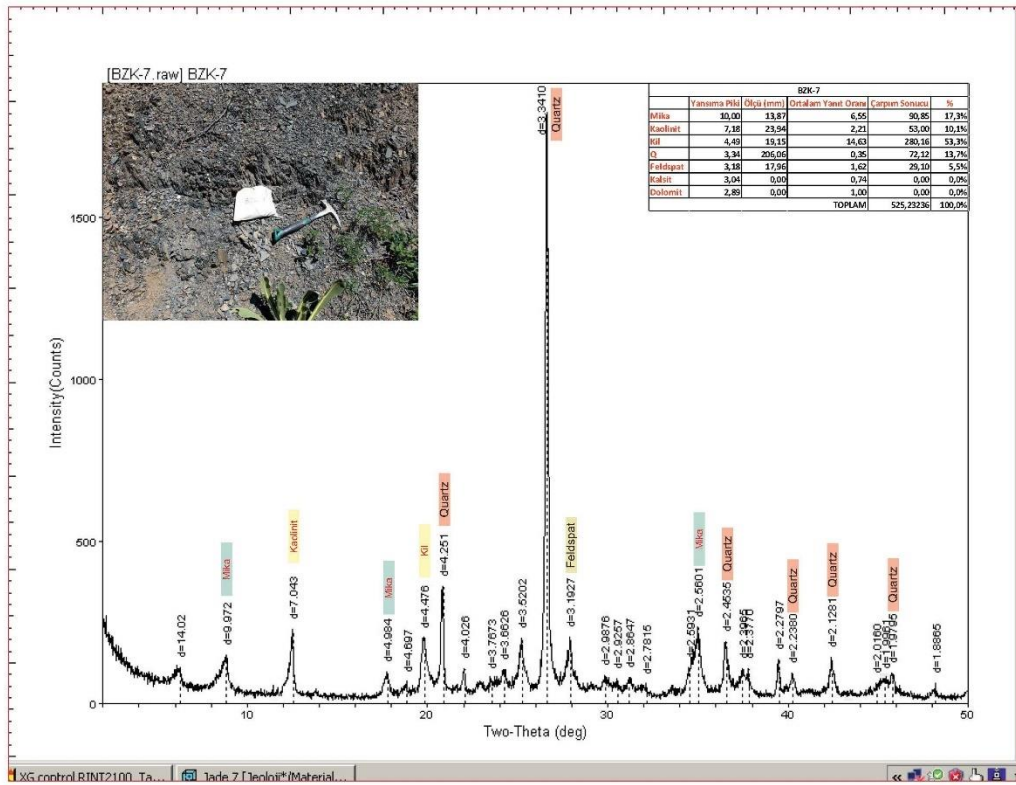


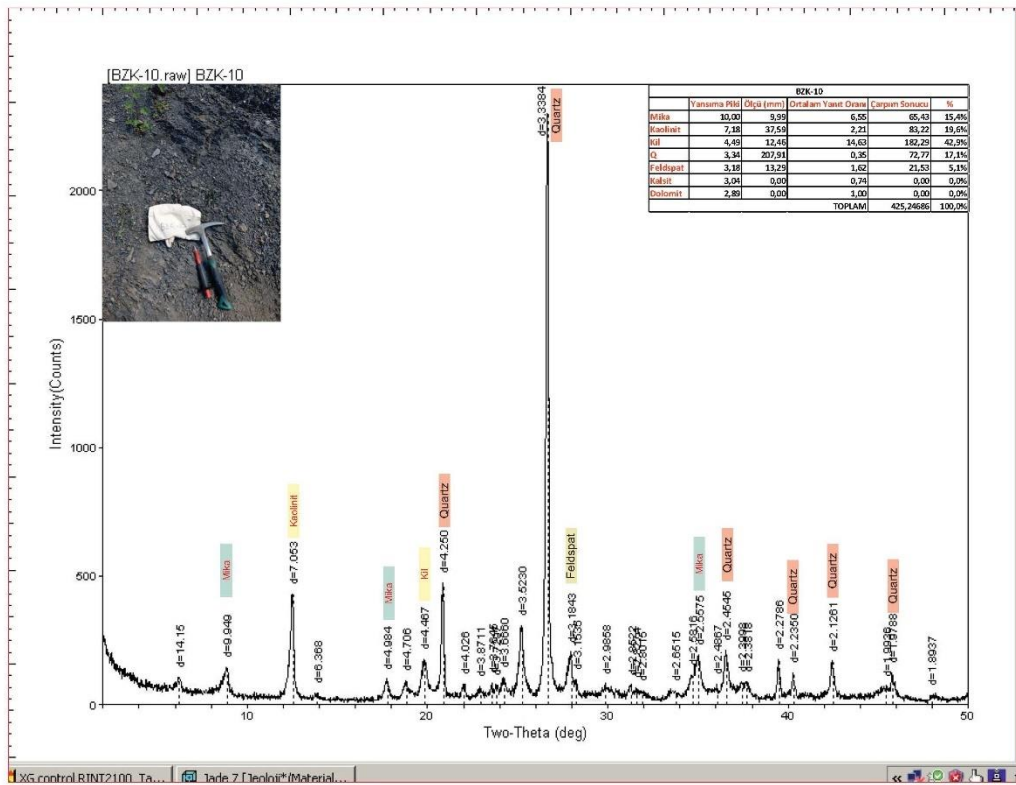
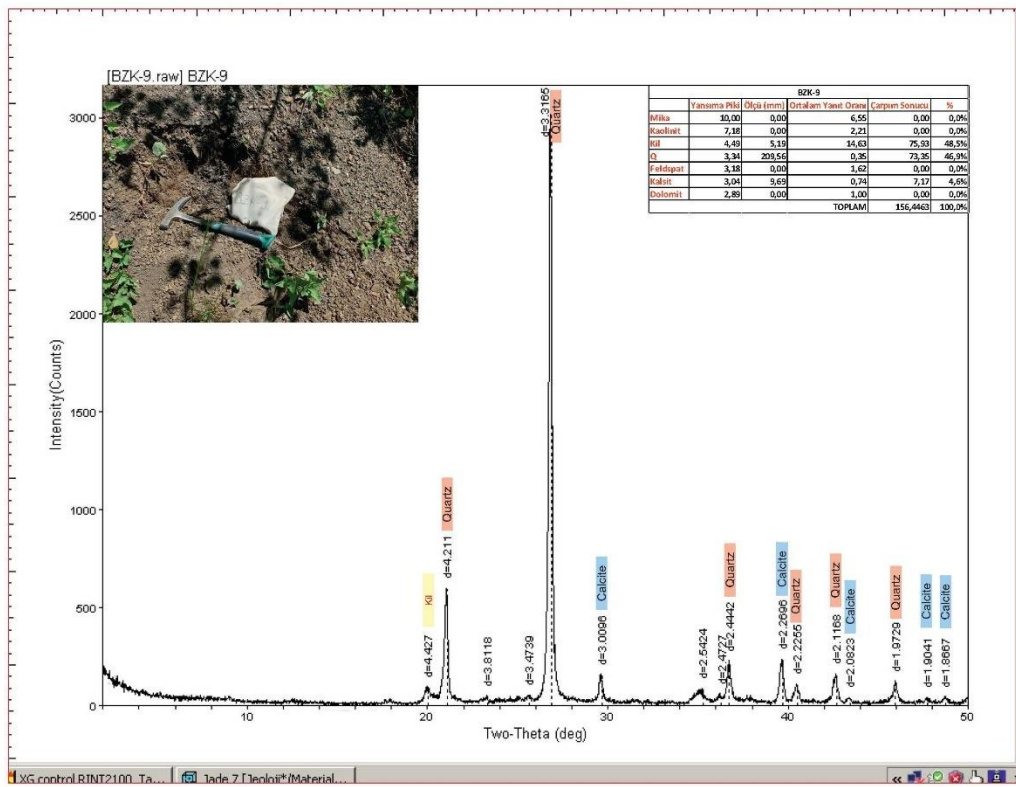


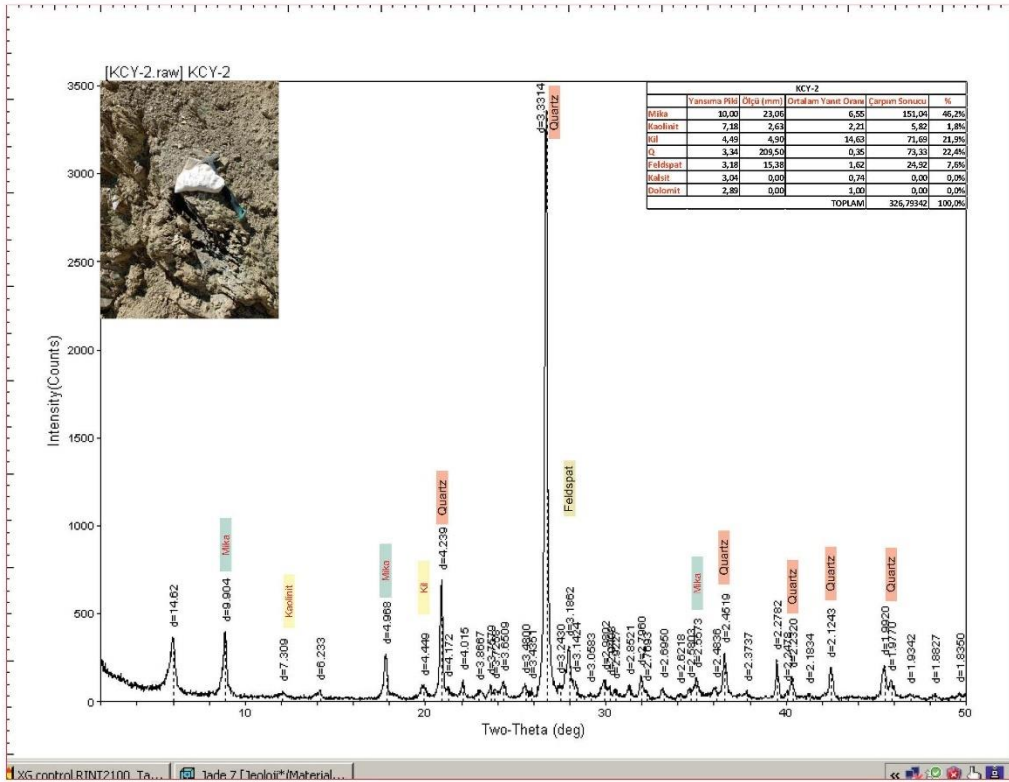
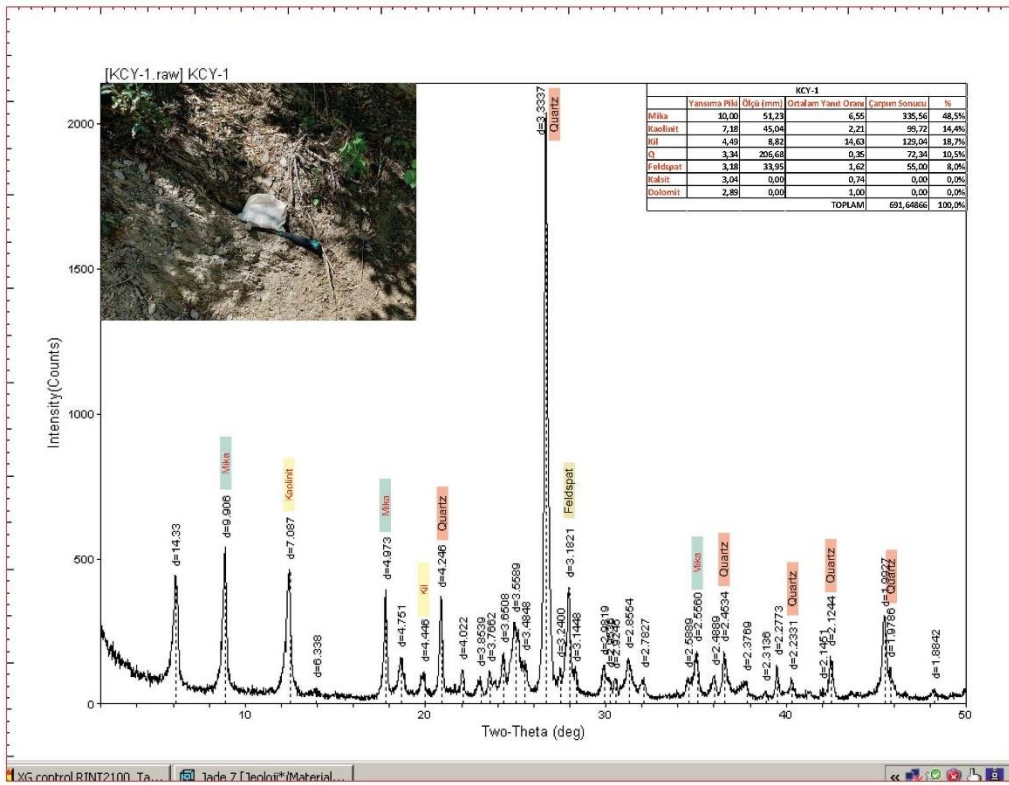


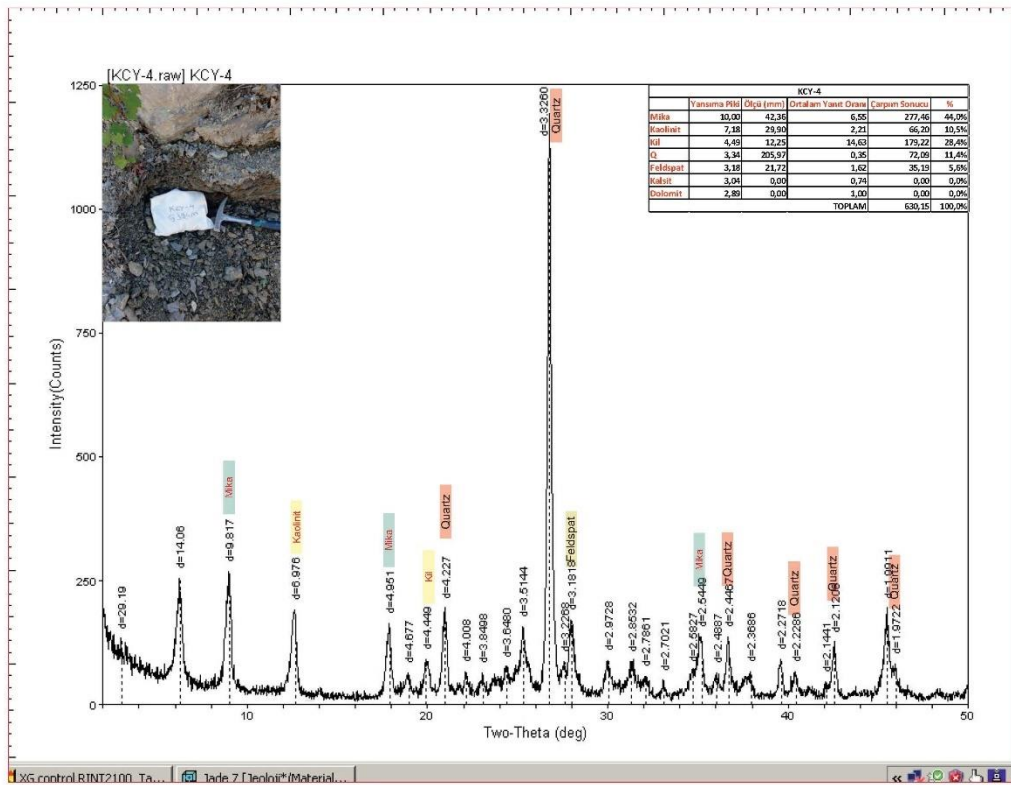
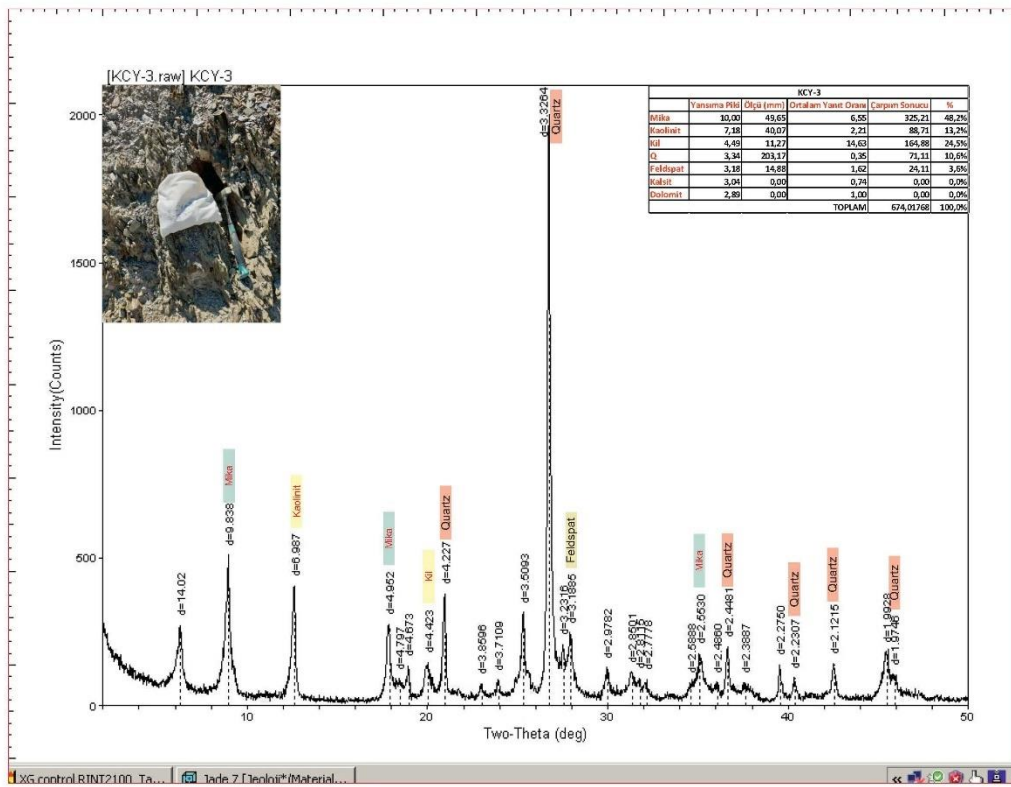


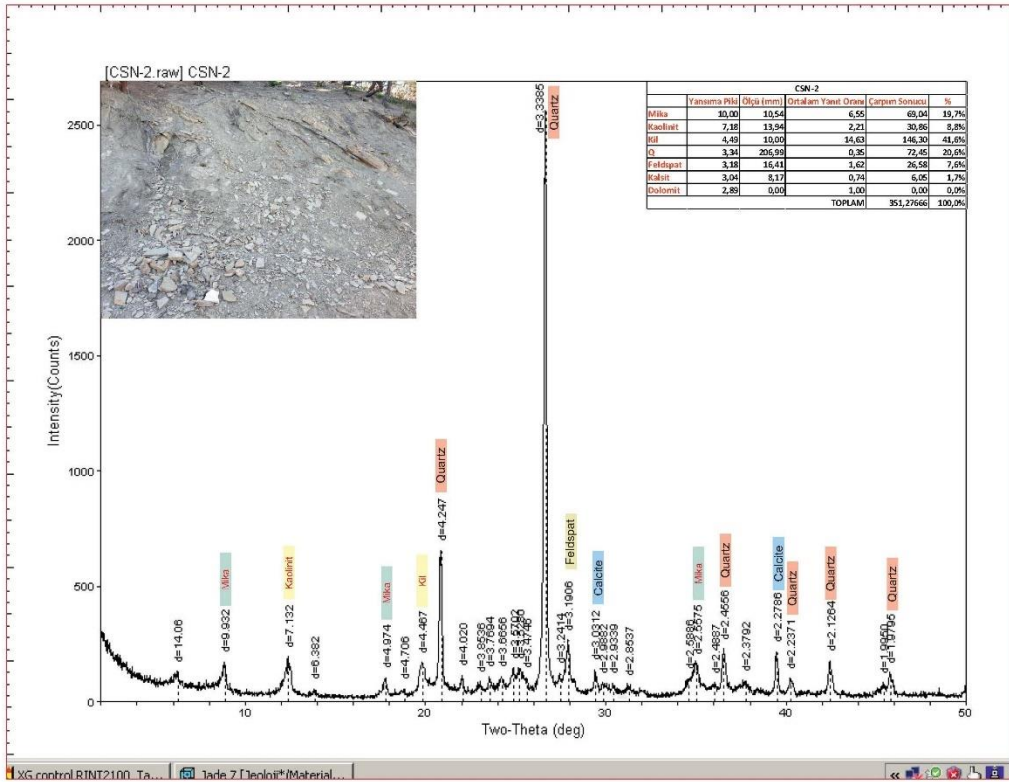
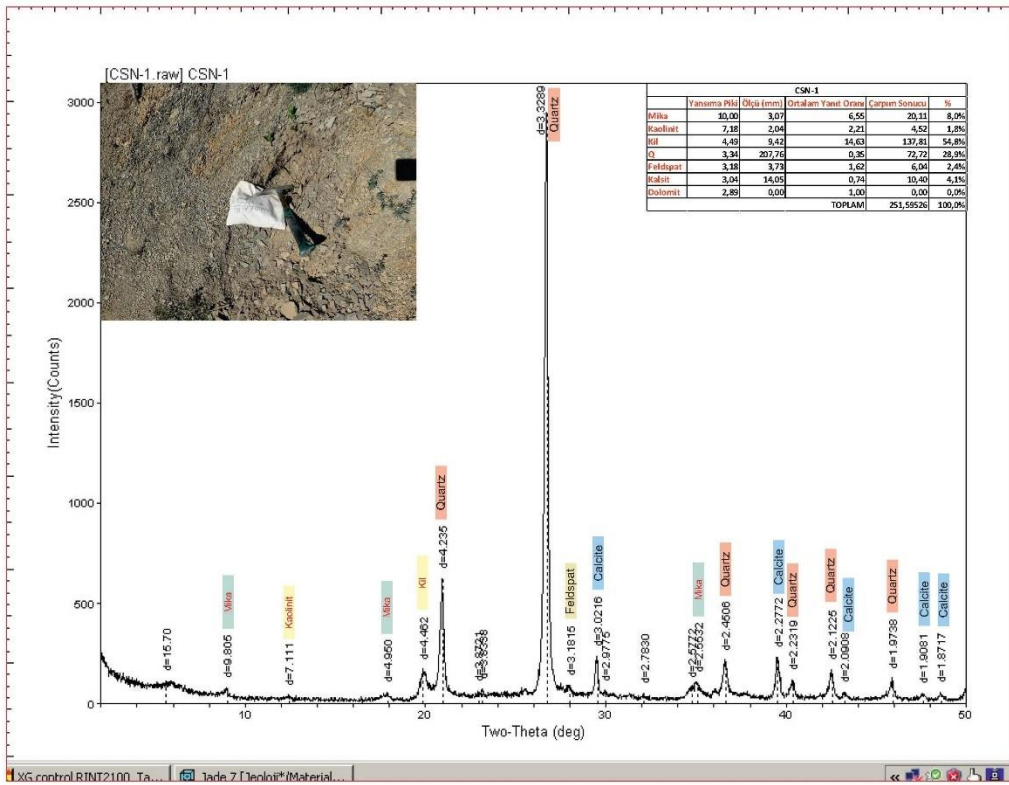




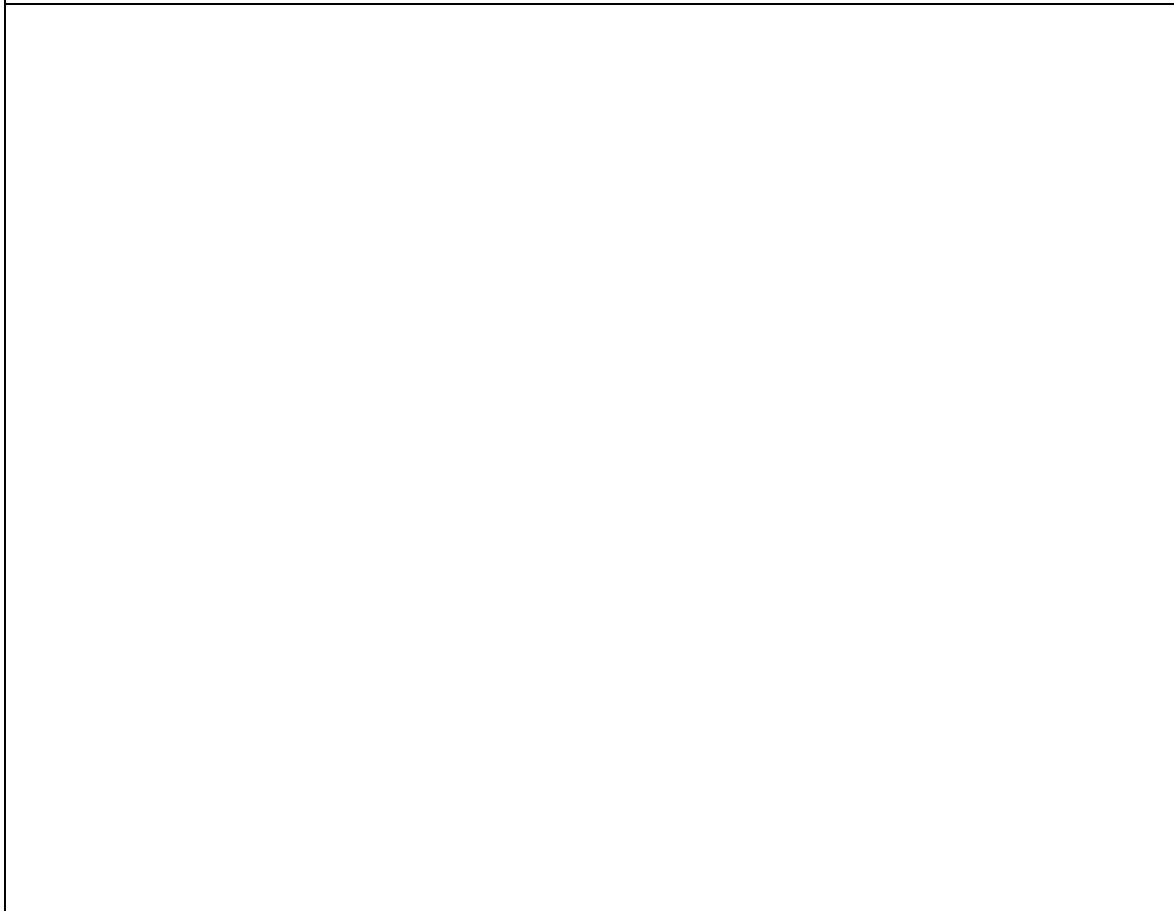
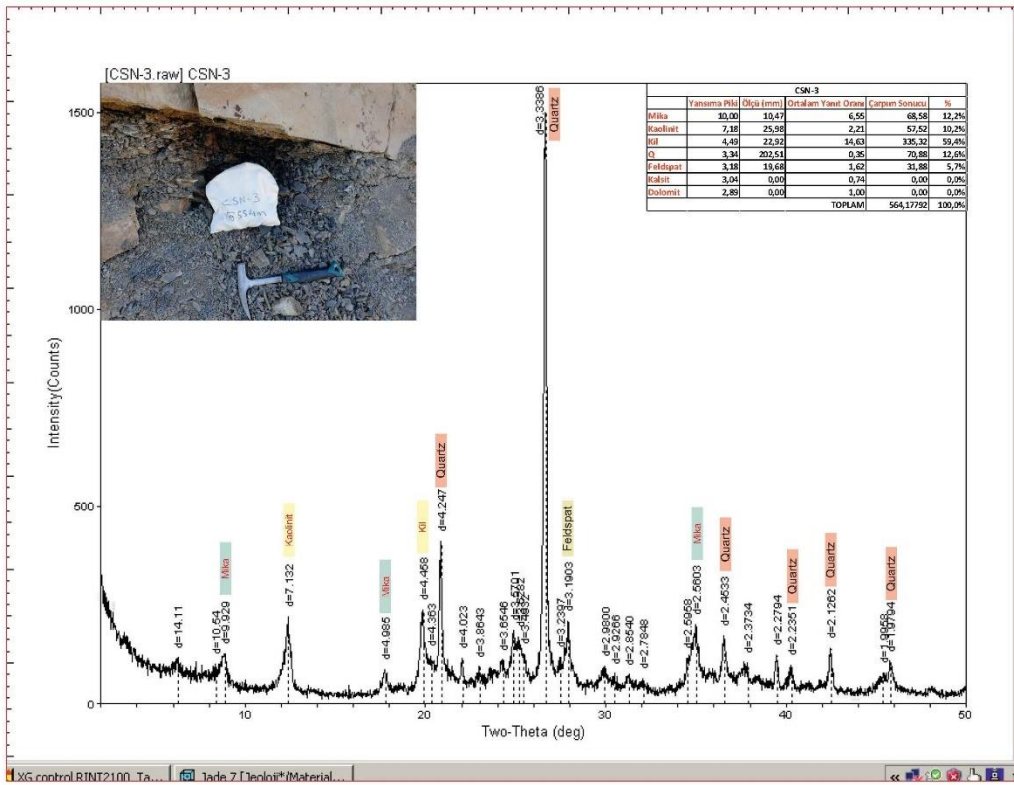






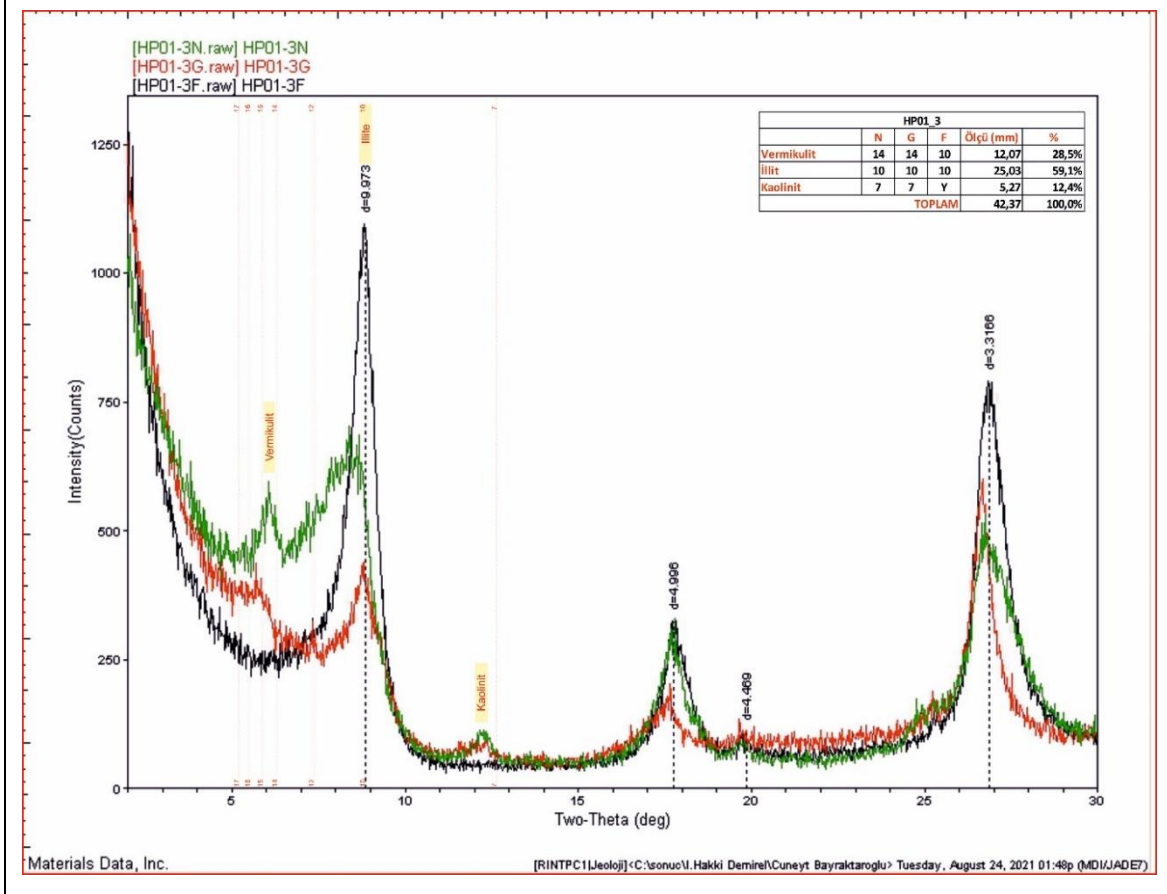
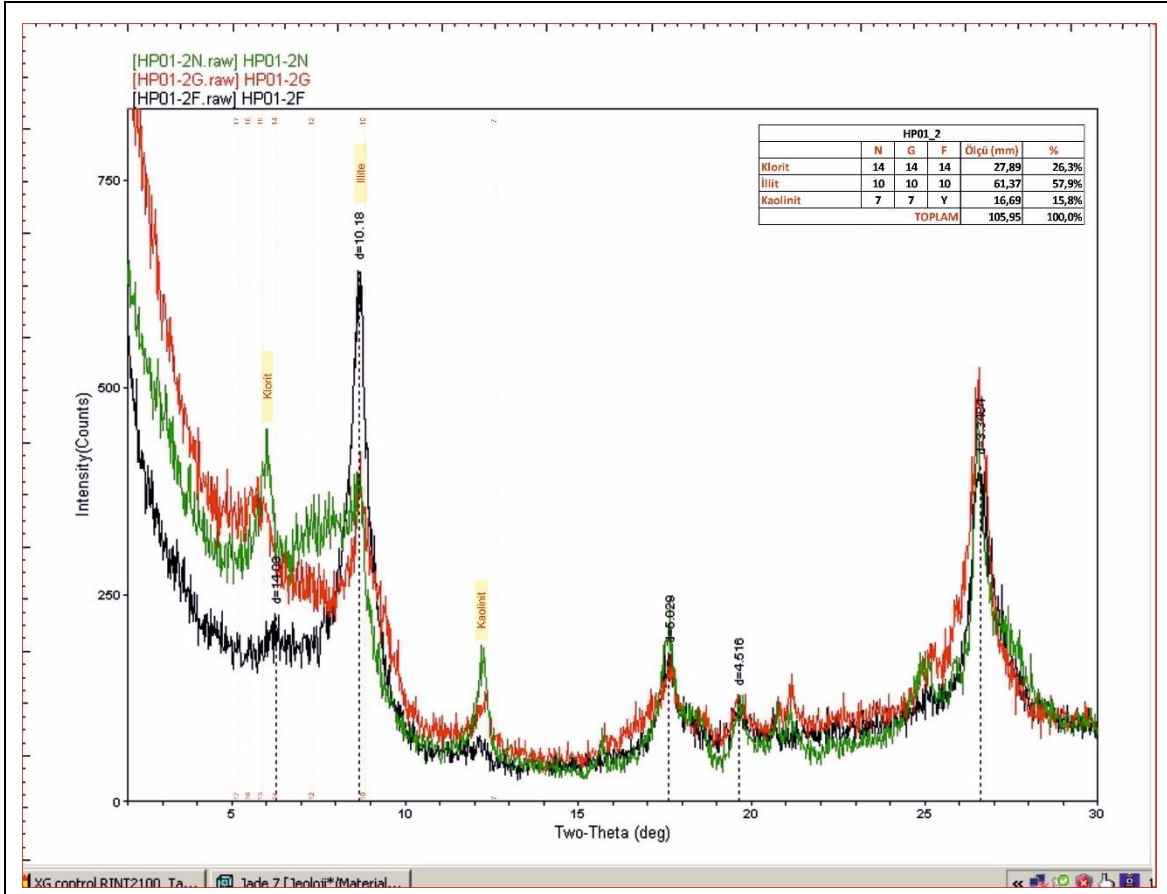


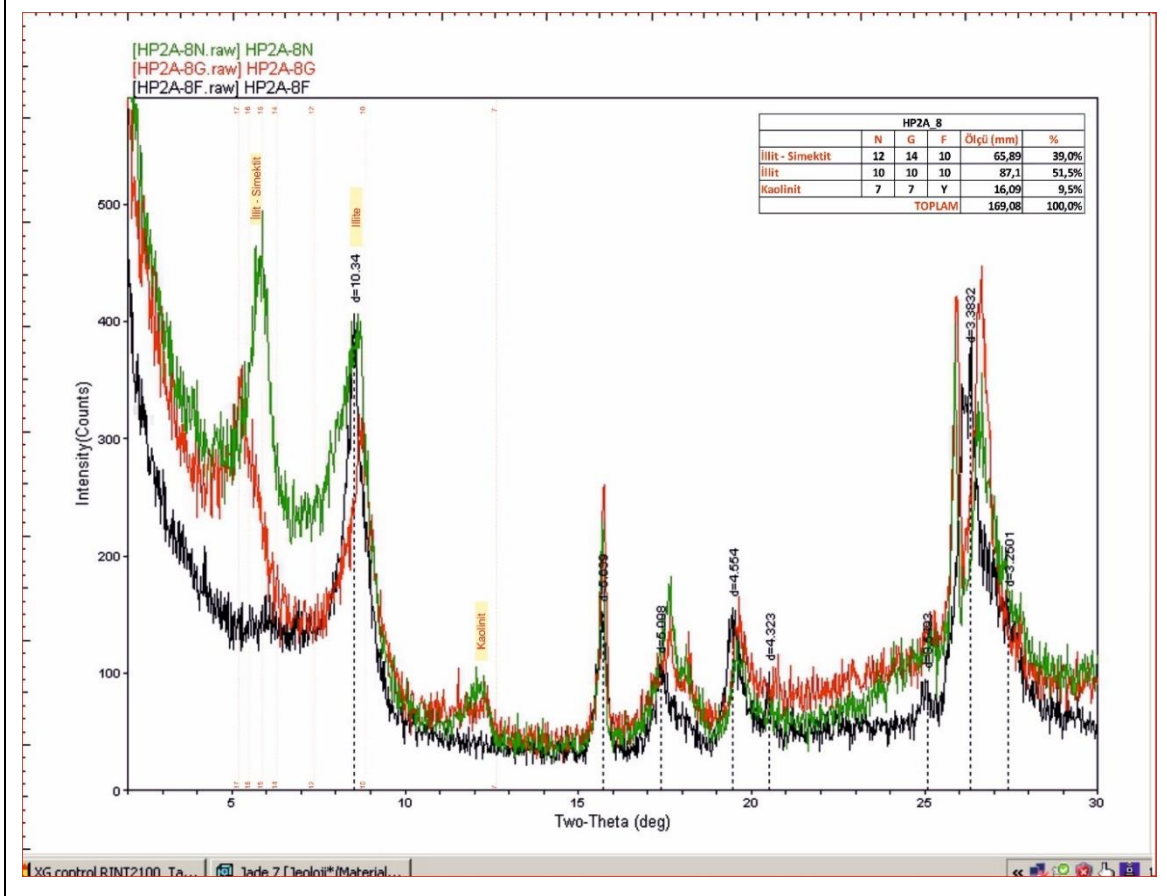
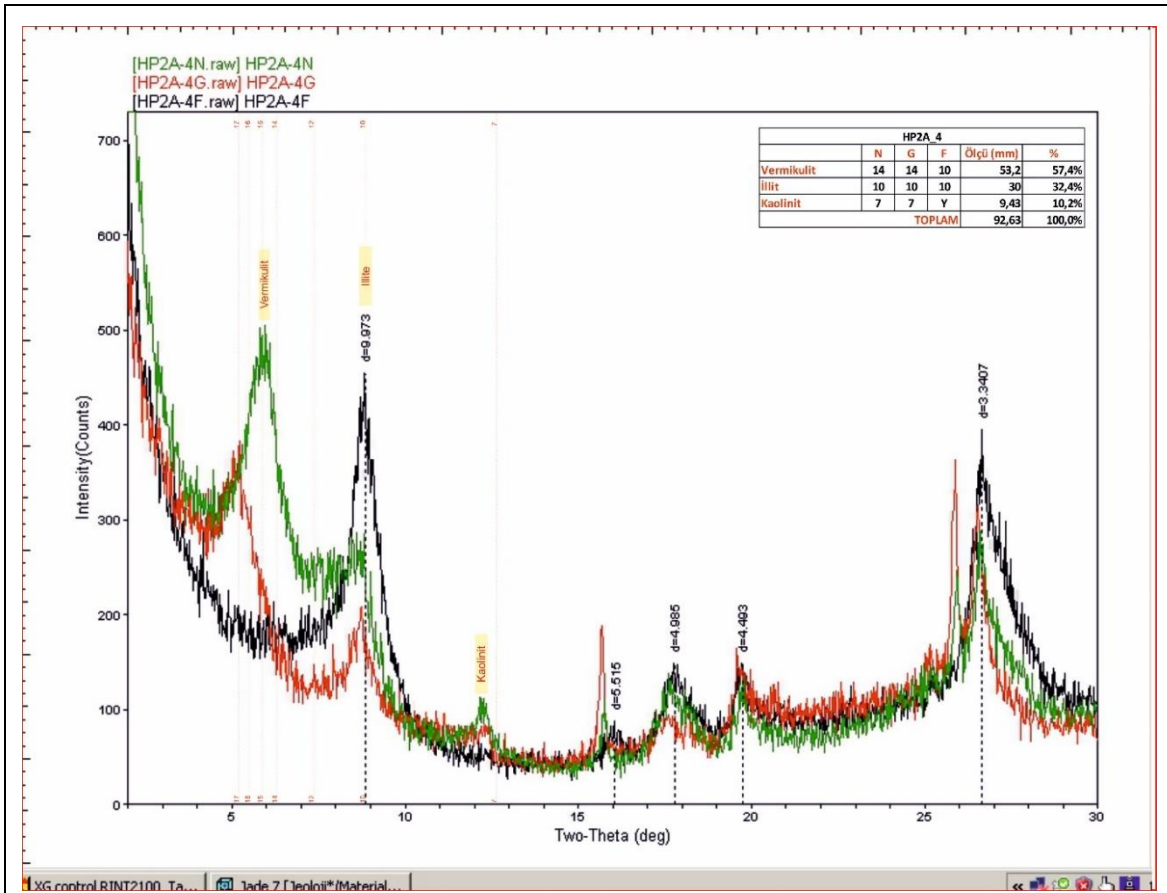


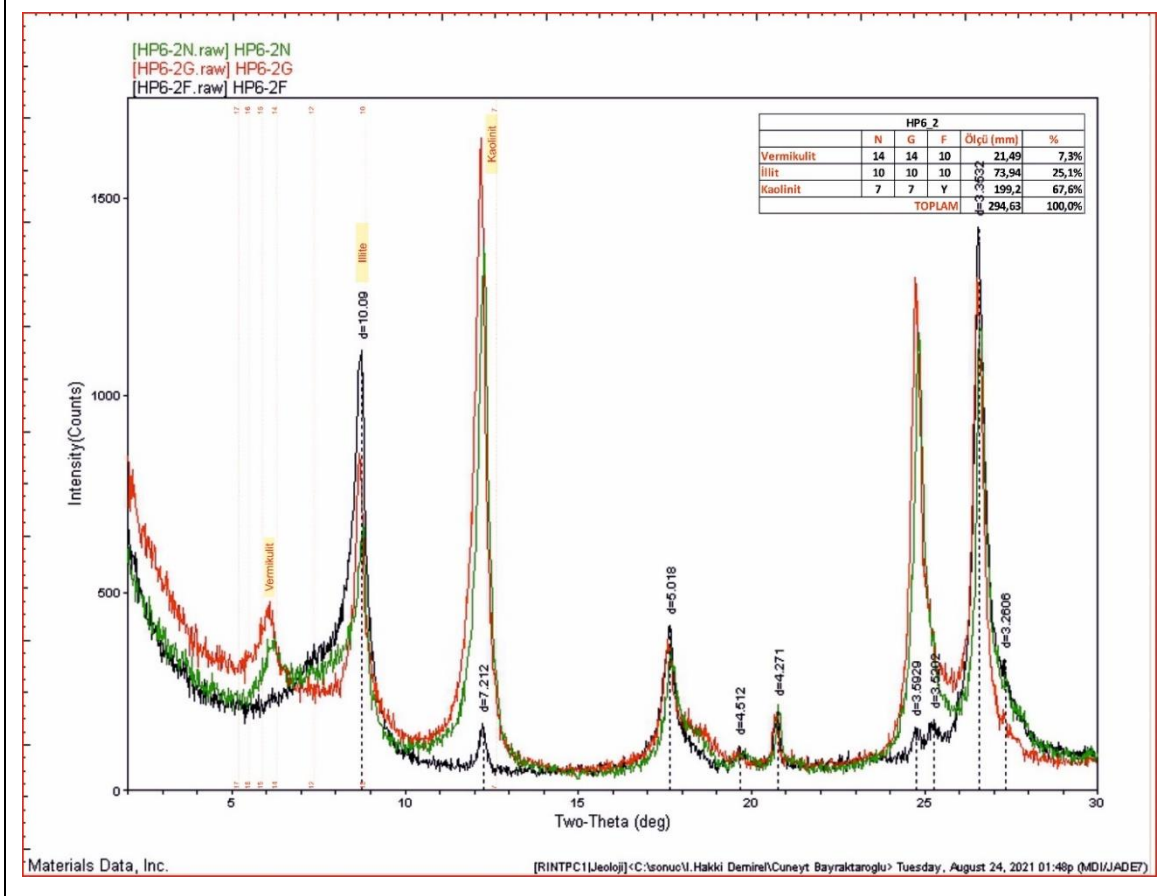
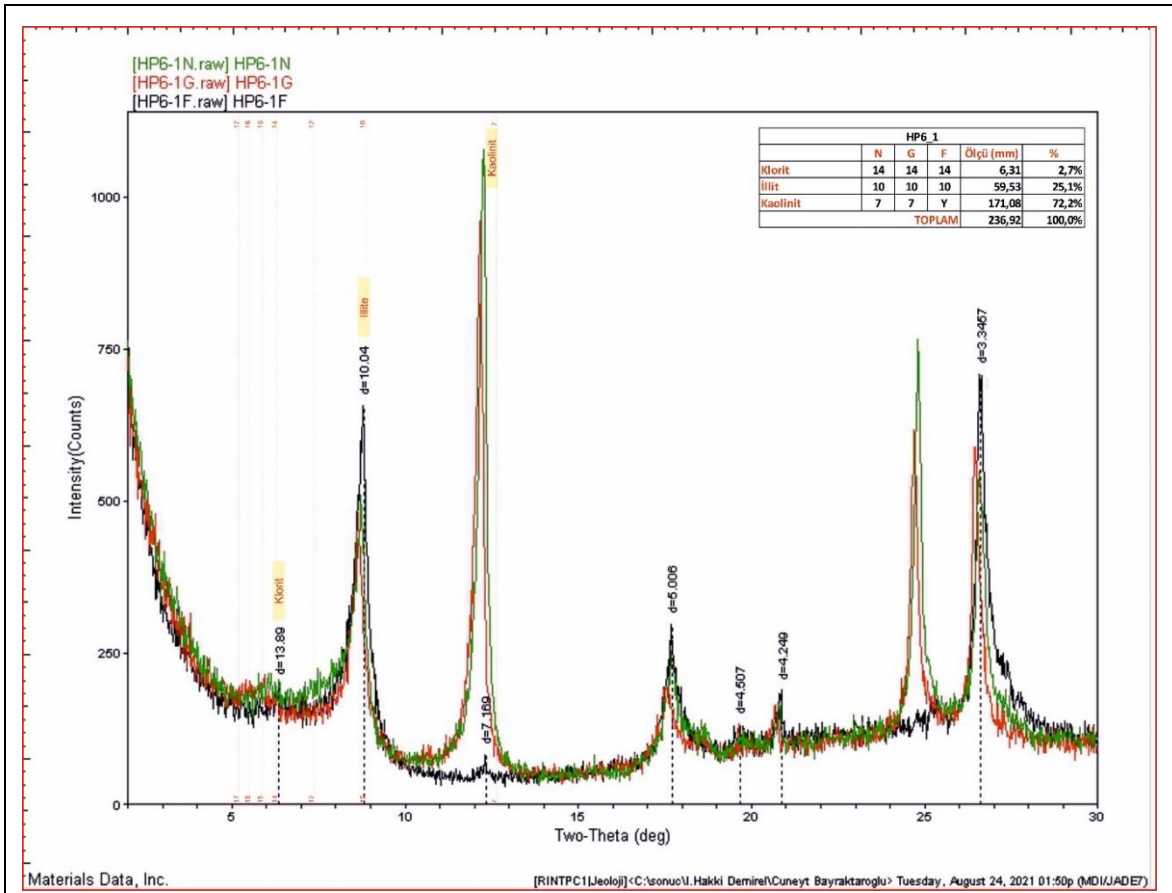


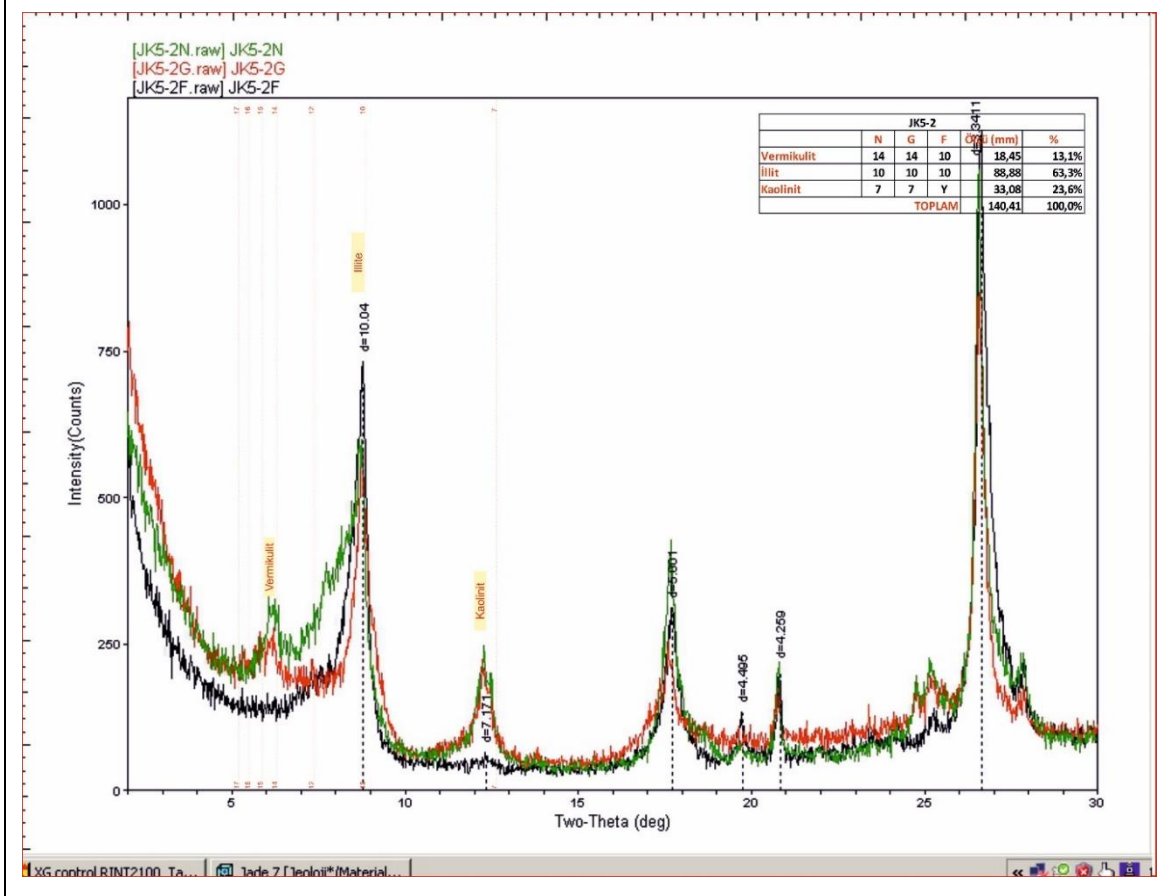
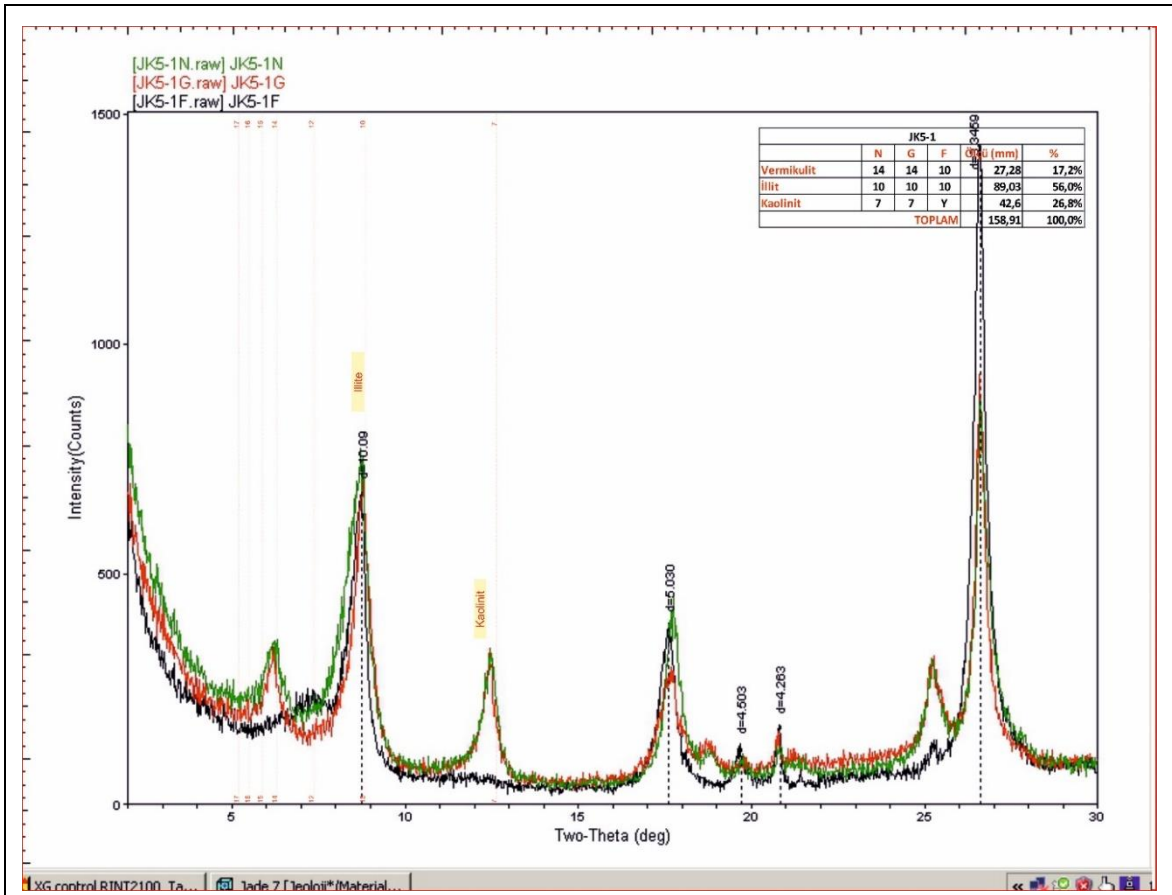
# XRD KİL MİNERALİ ANALİZİ ÇÖZÜMLEMELERİ

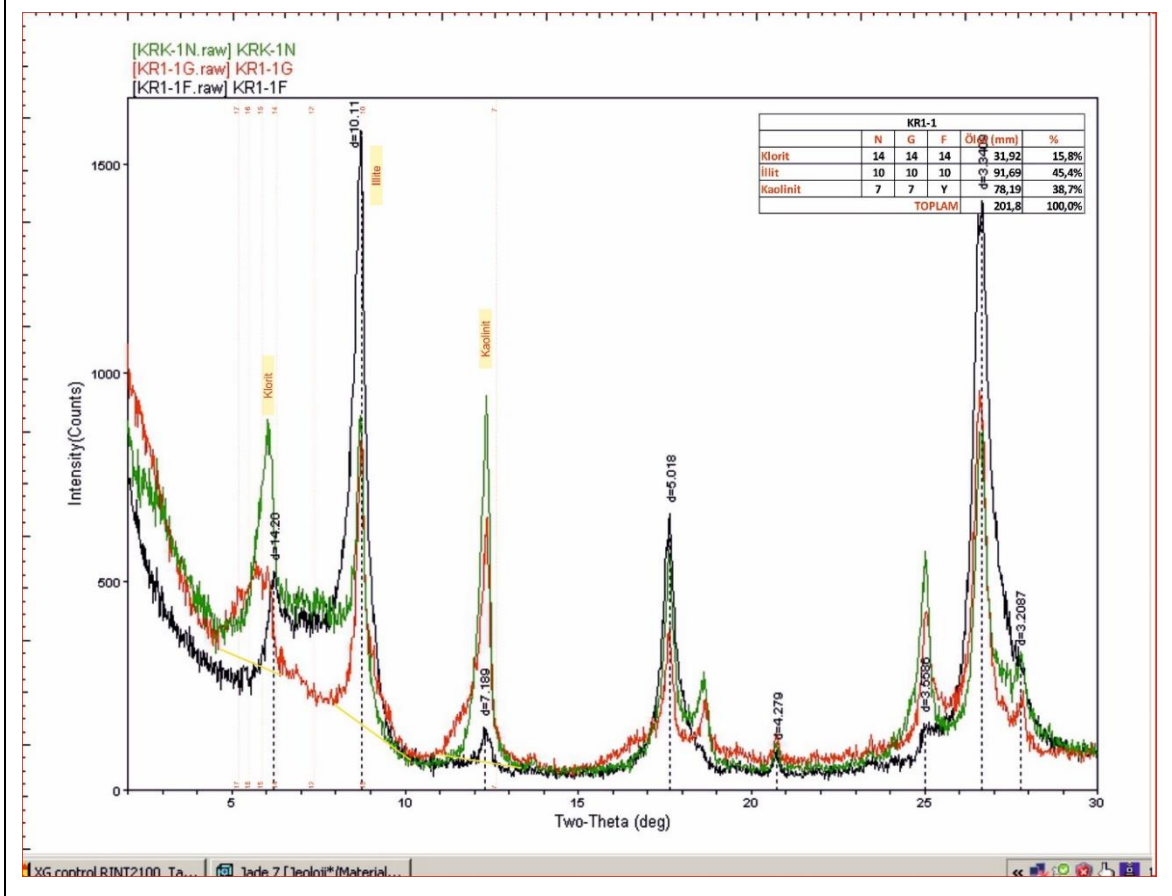
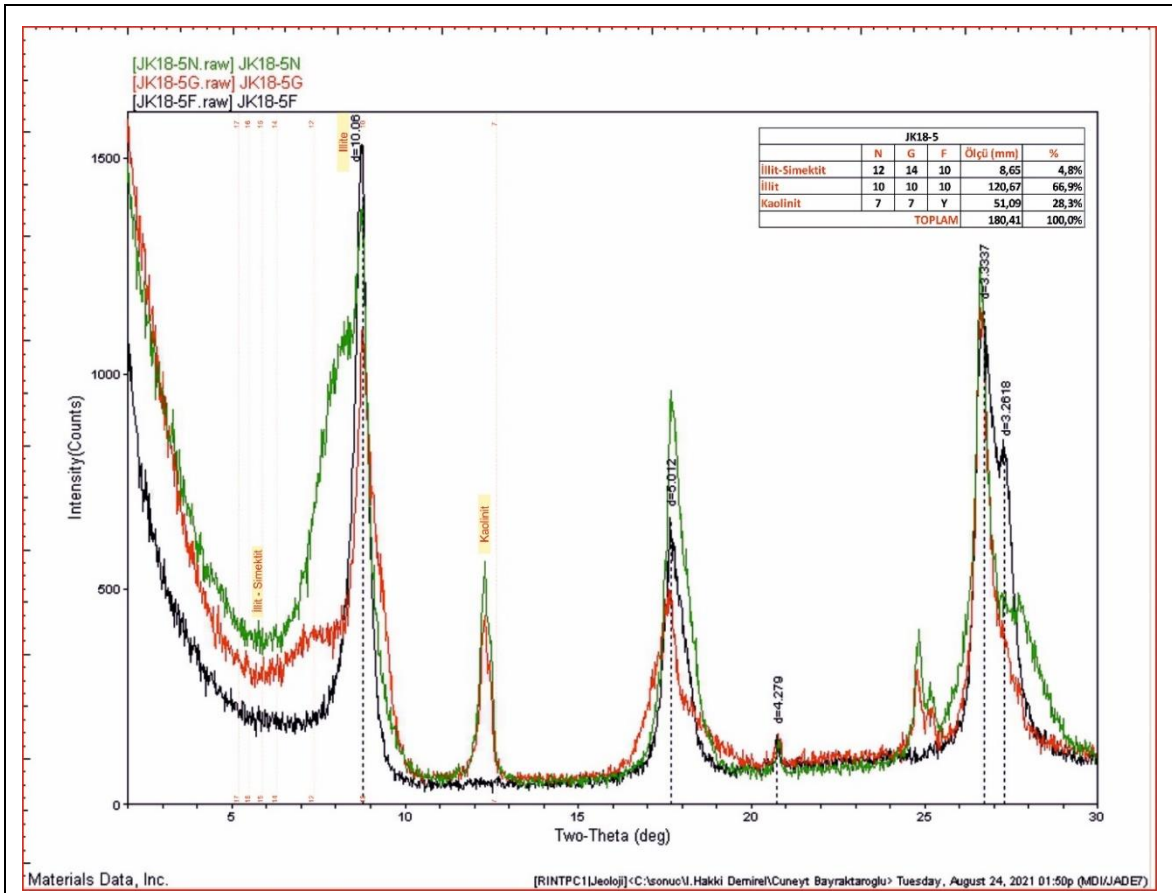




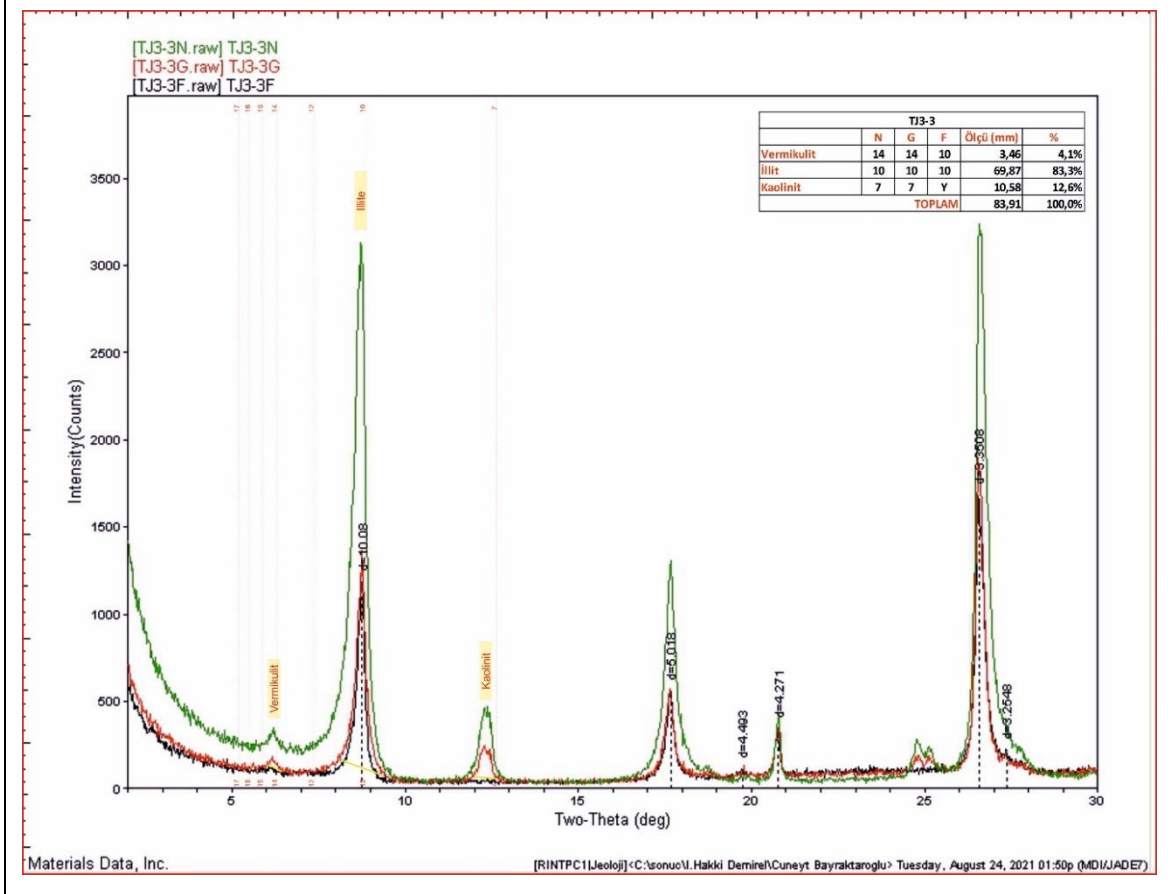
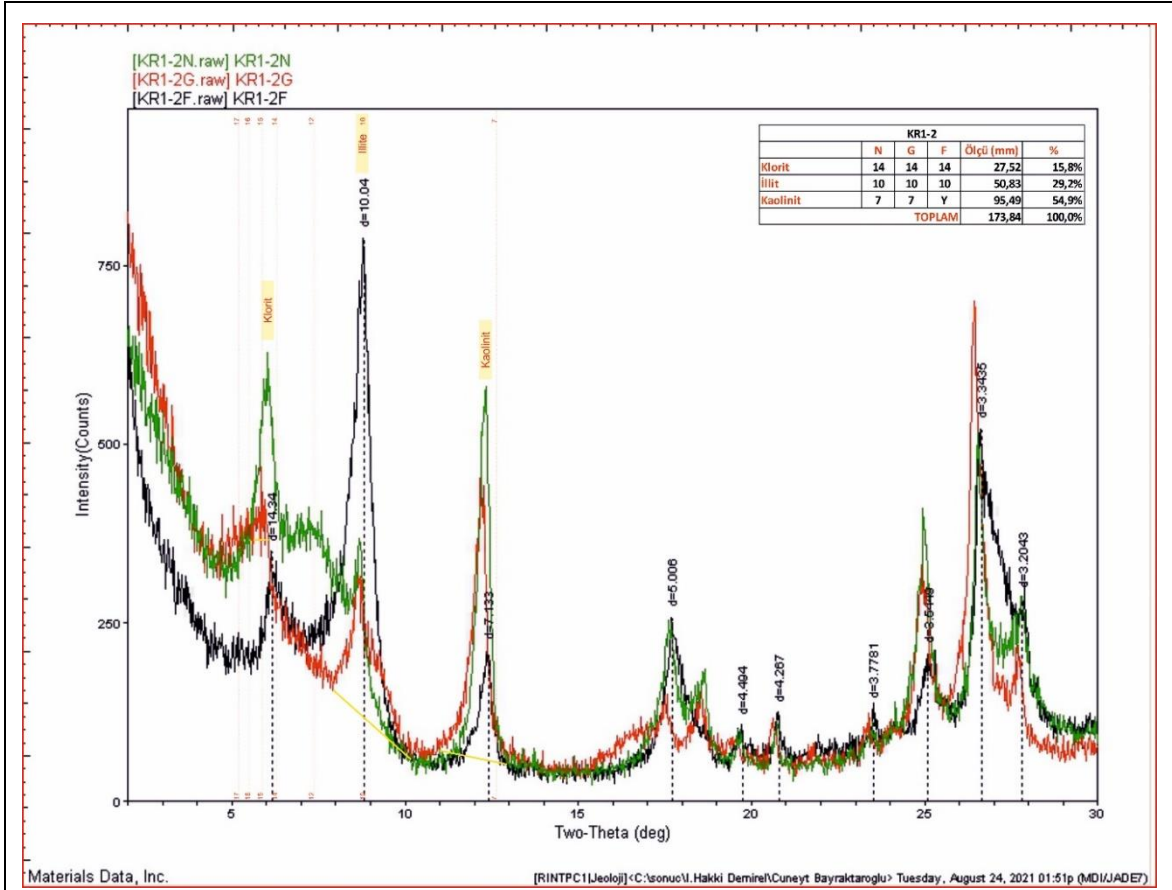


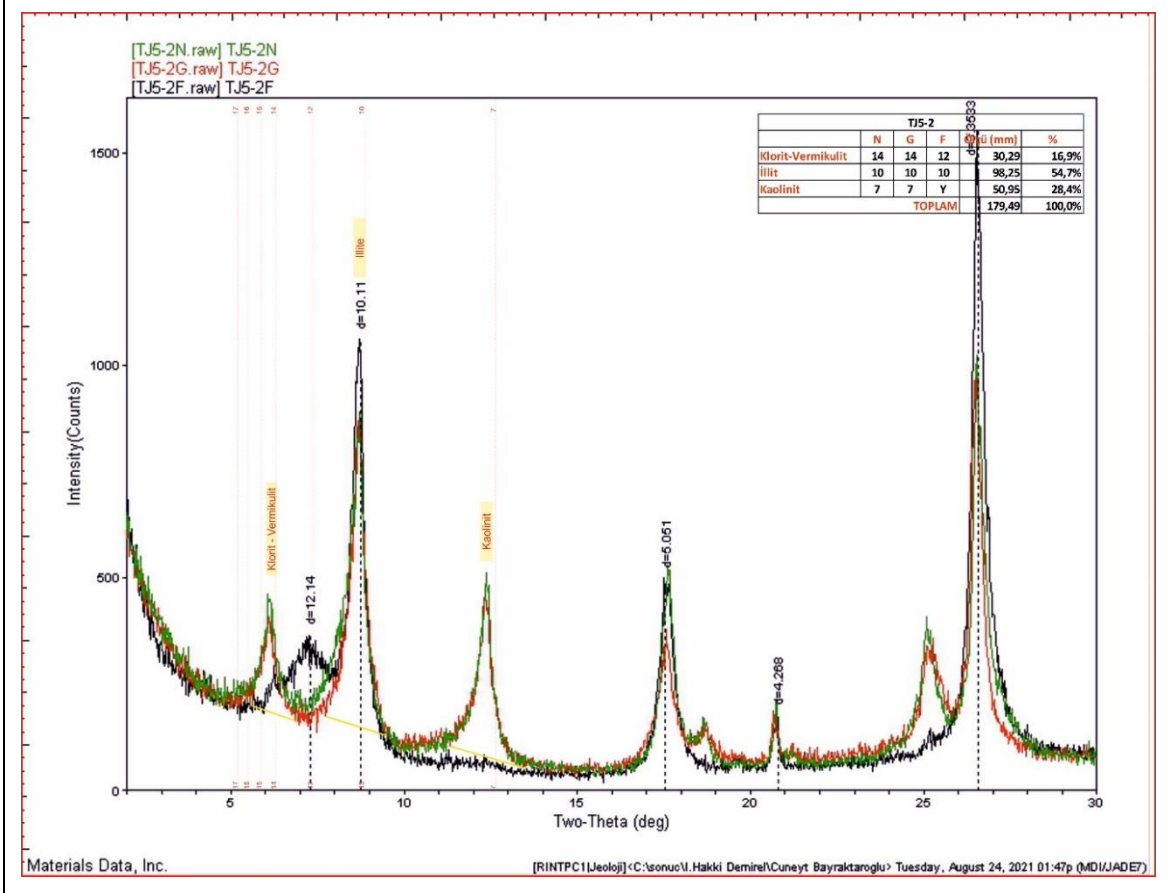
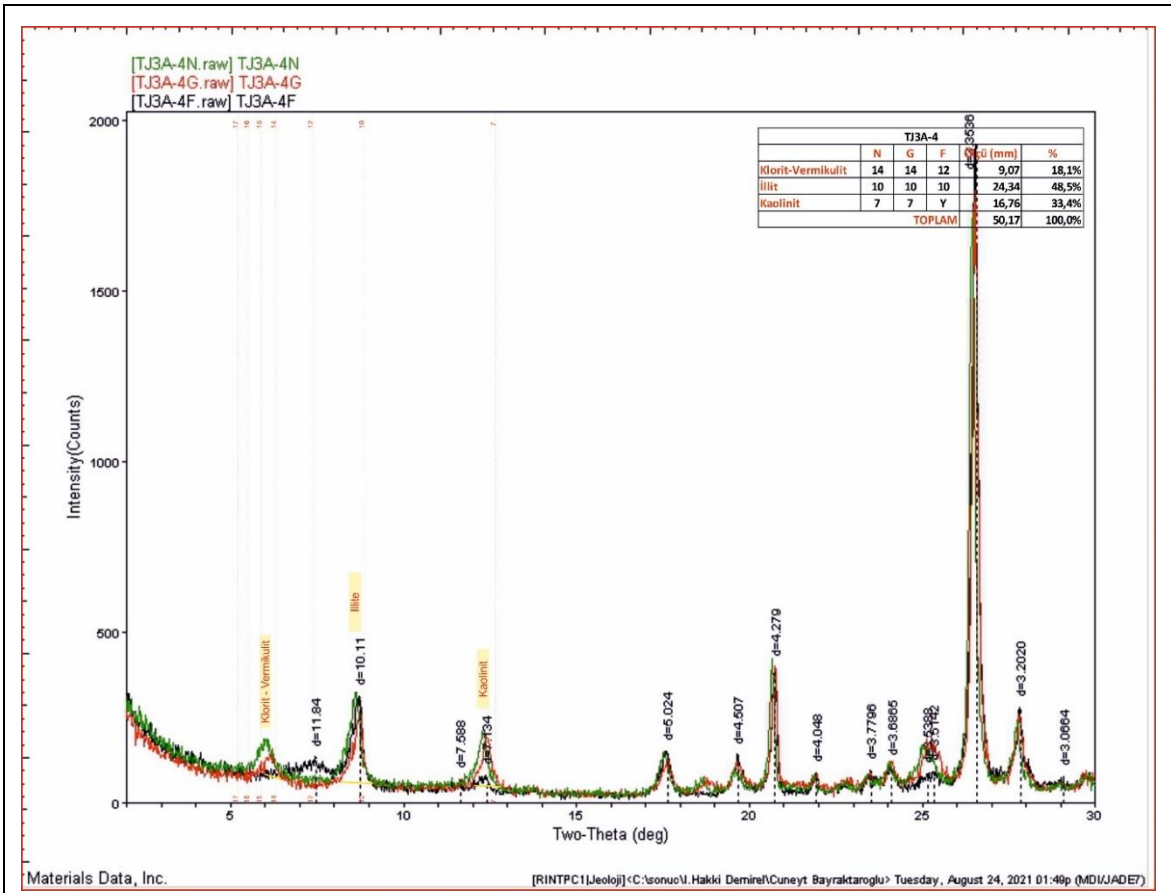


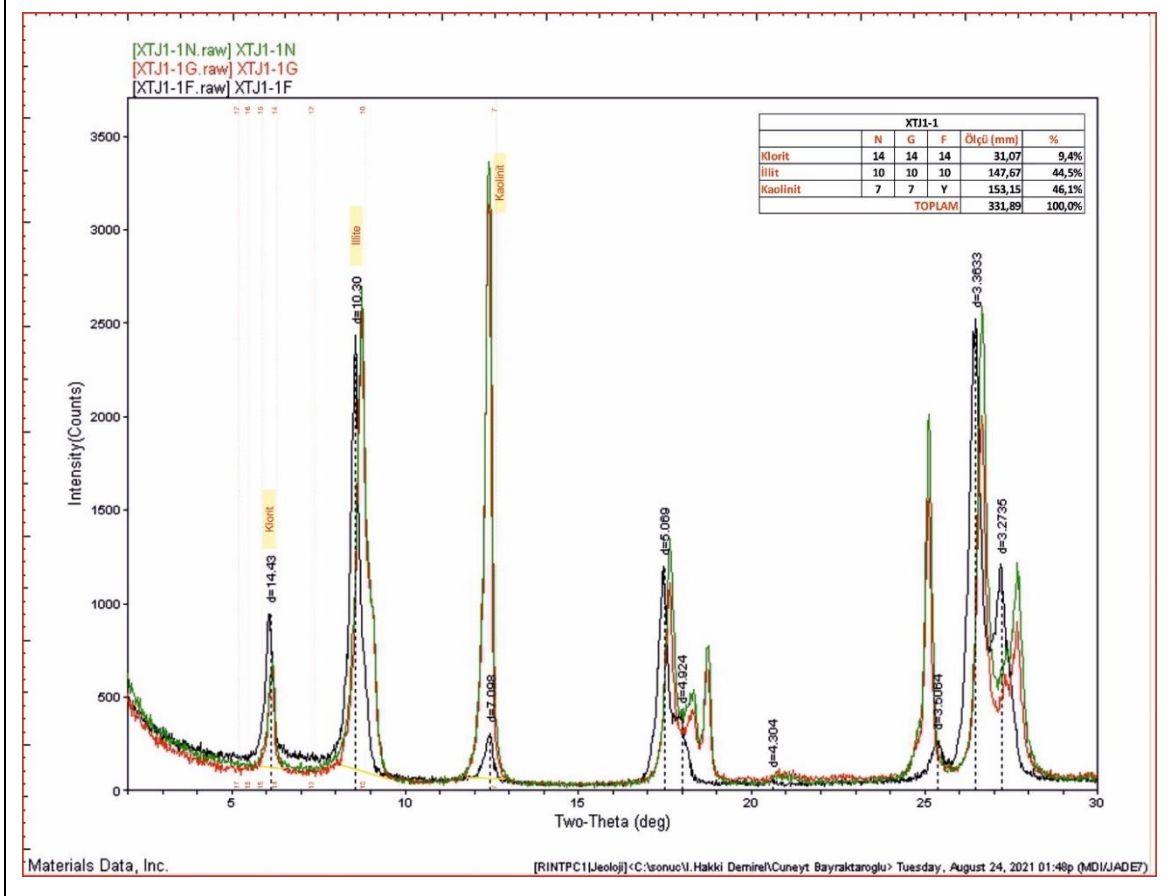
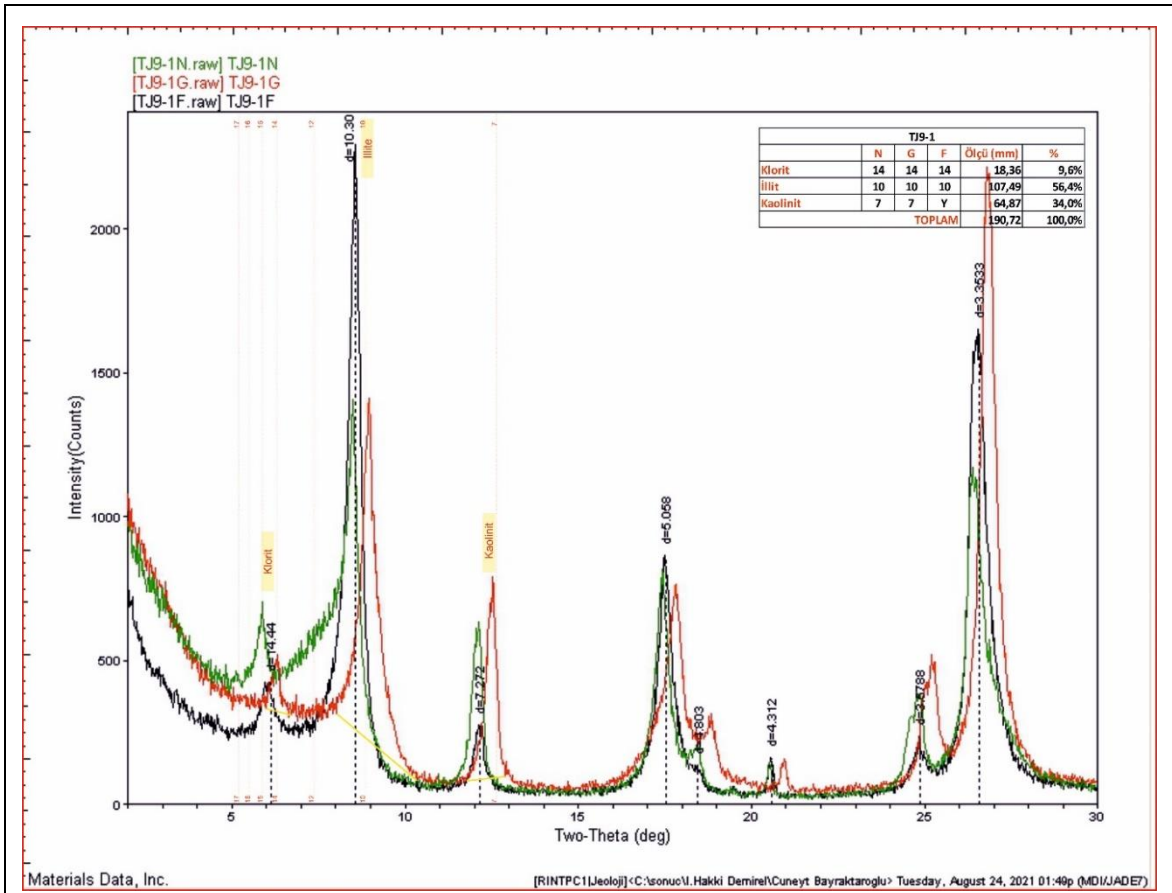


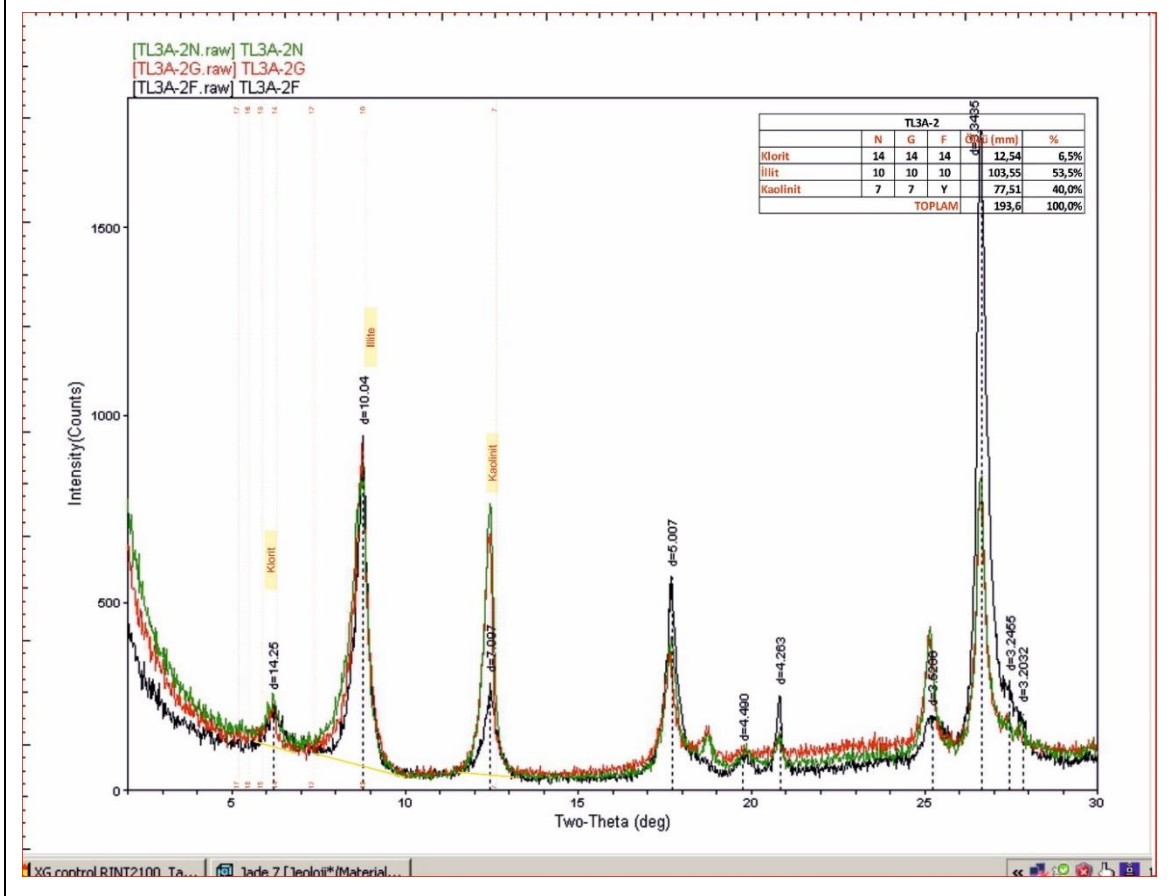
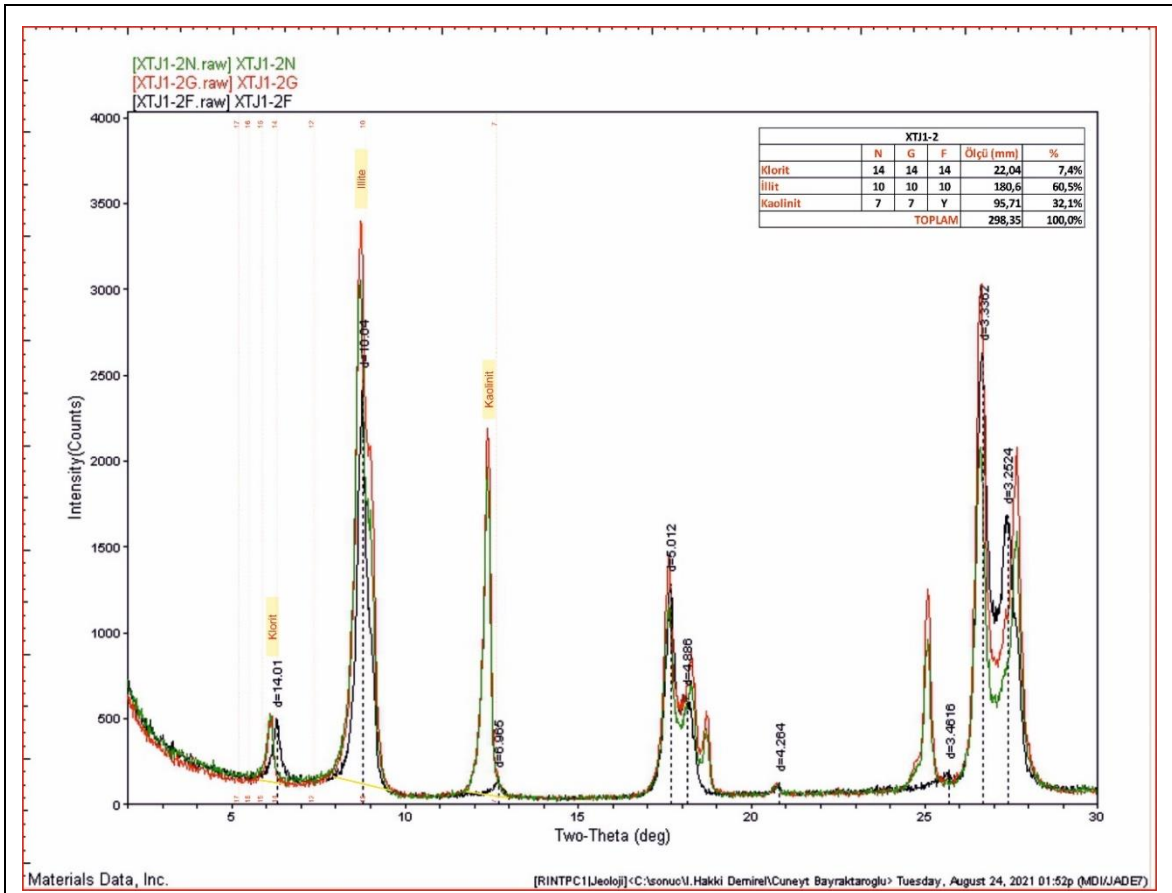


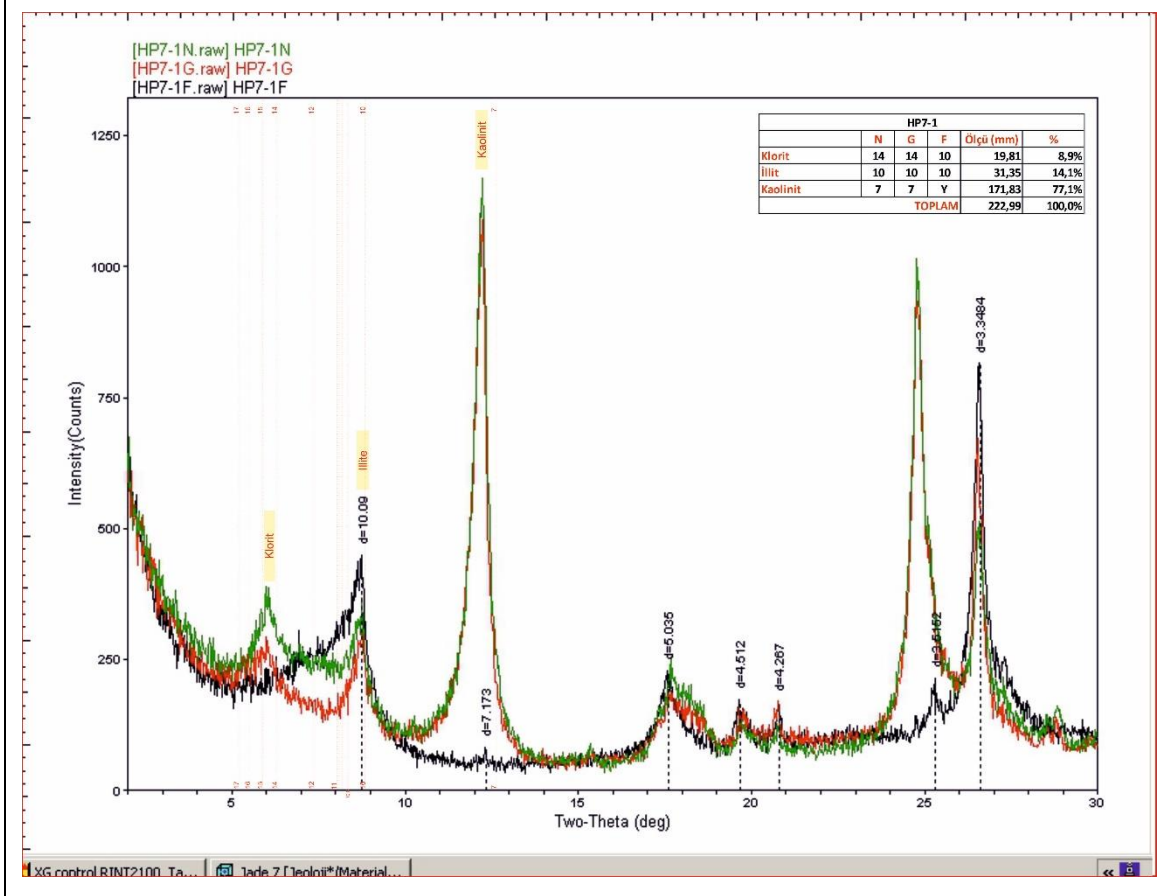
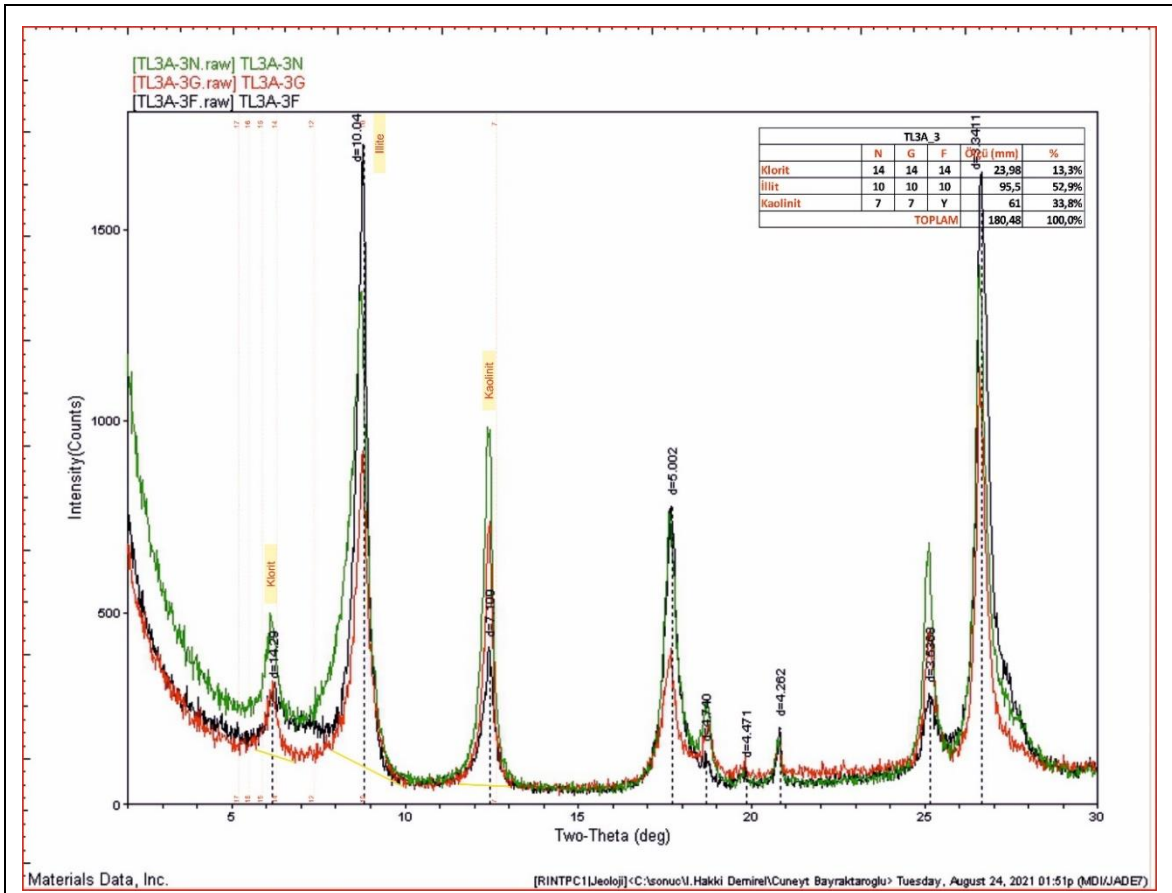


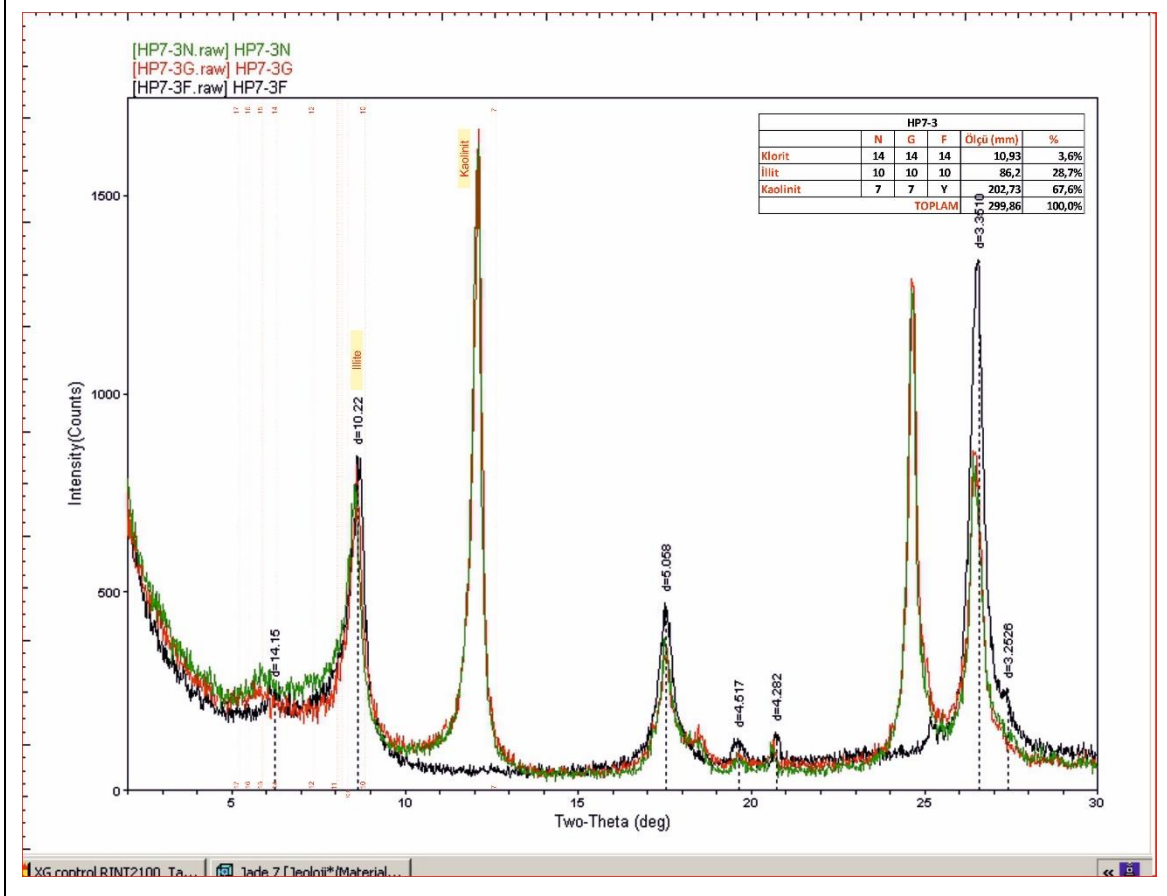
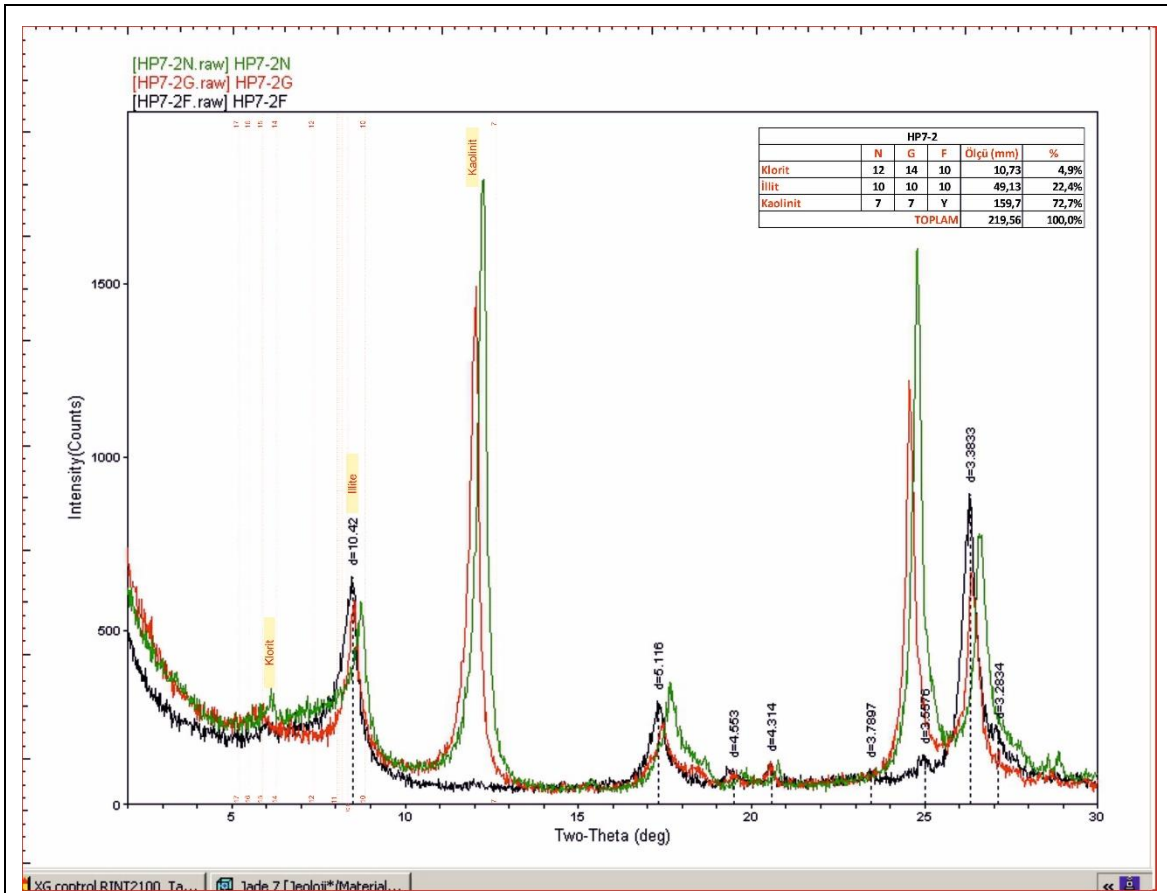


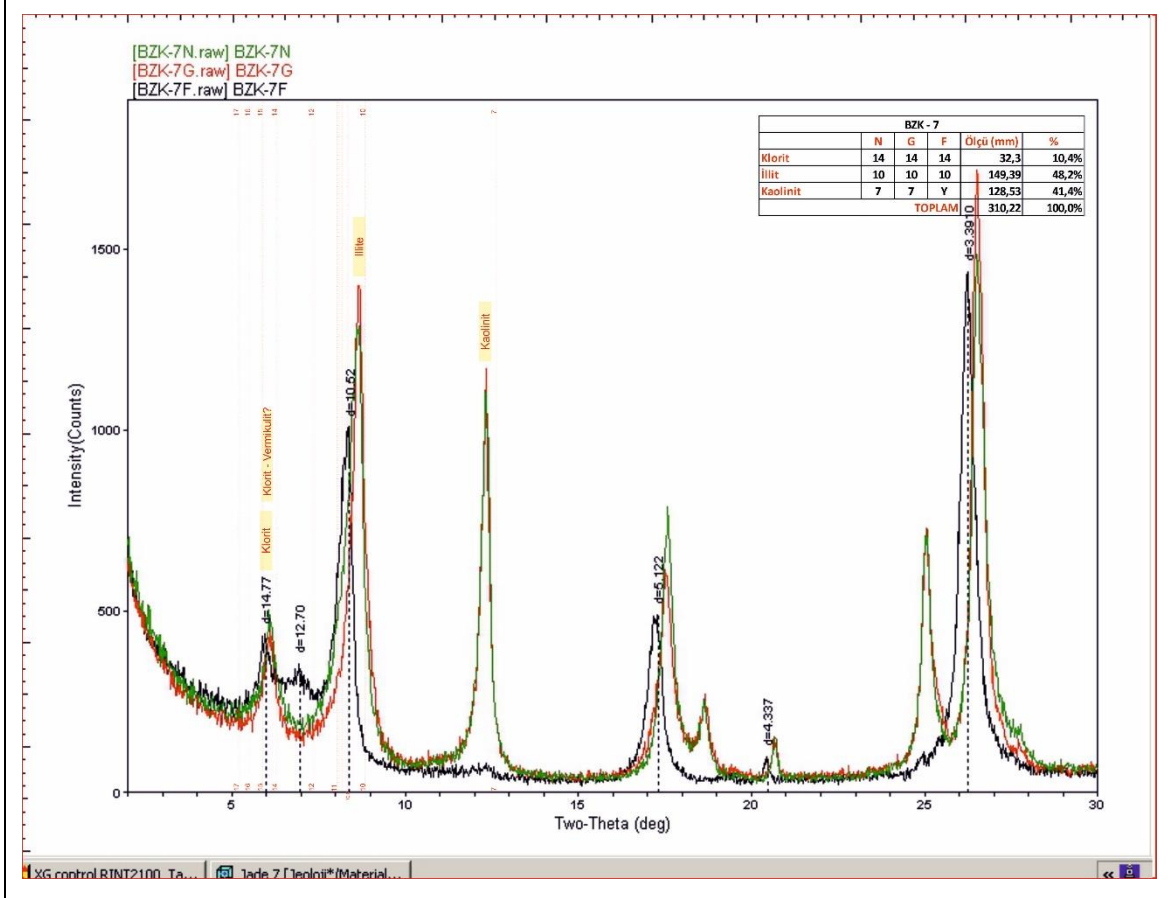
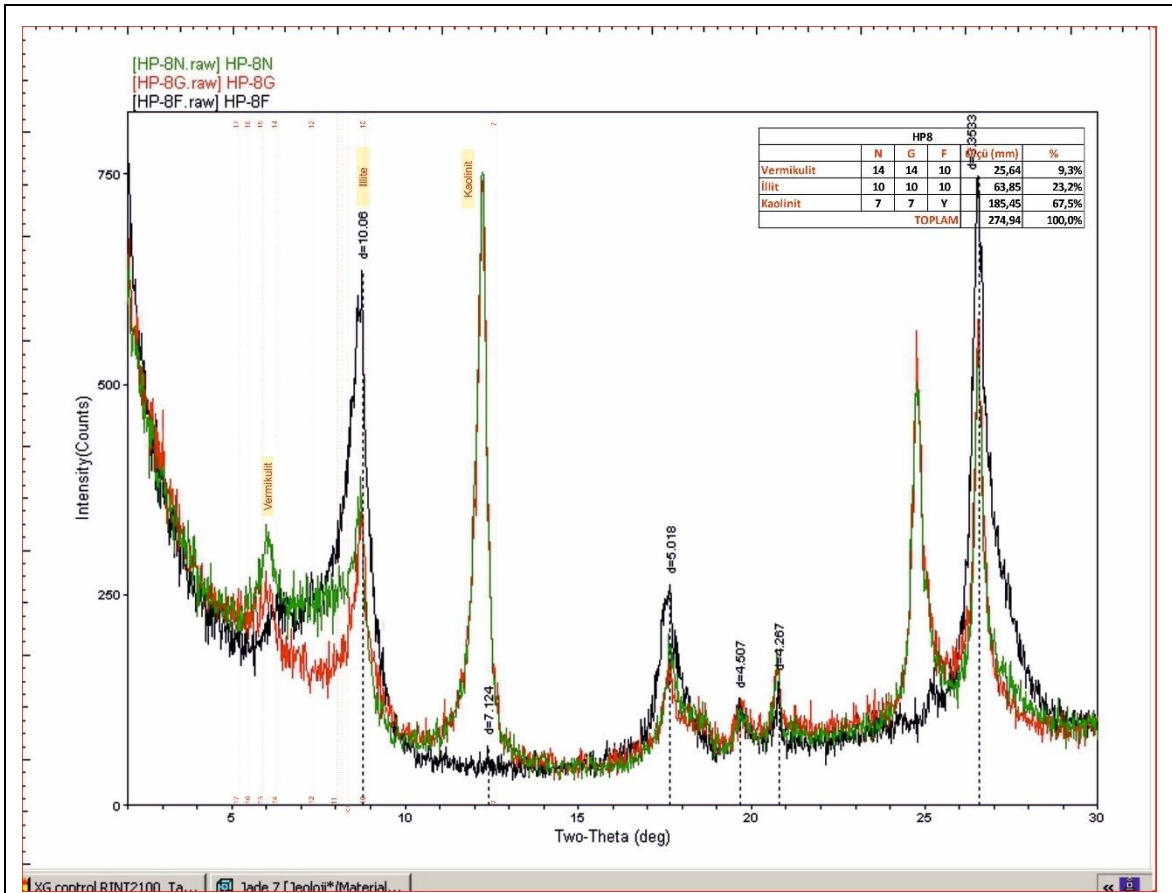


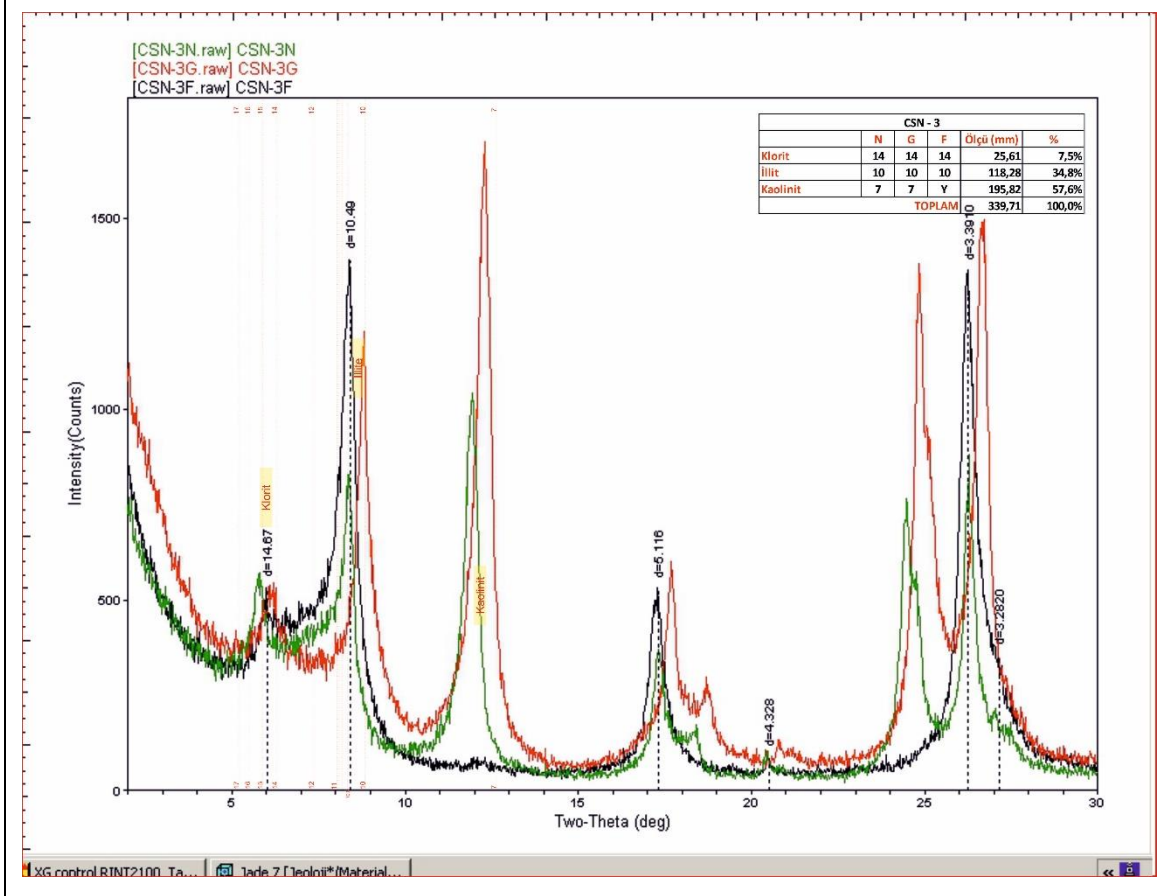
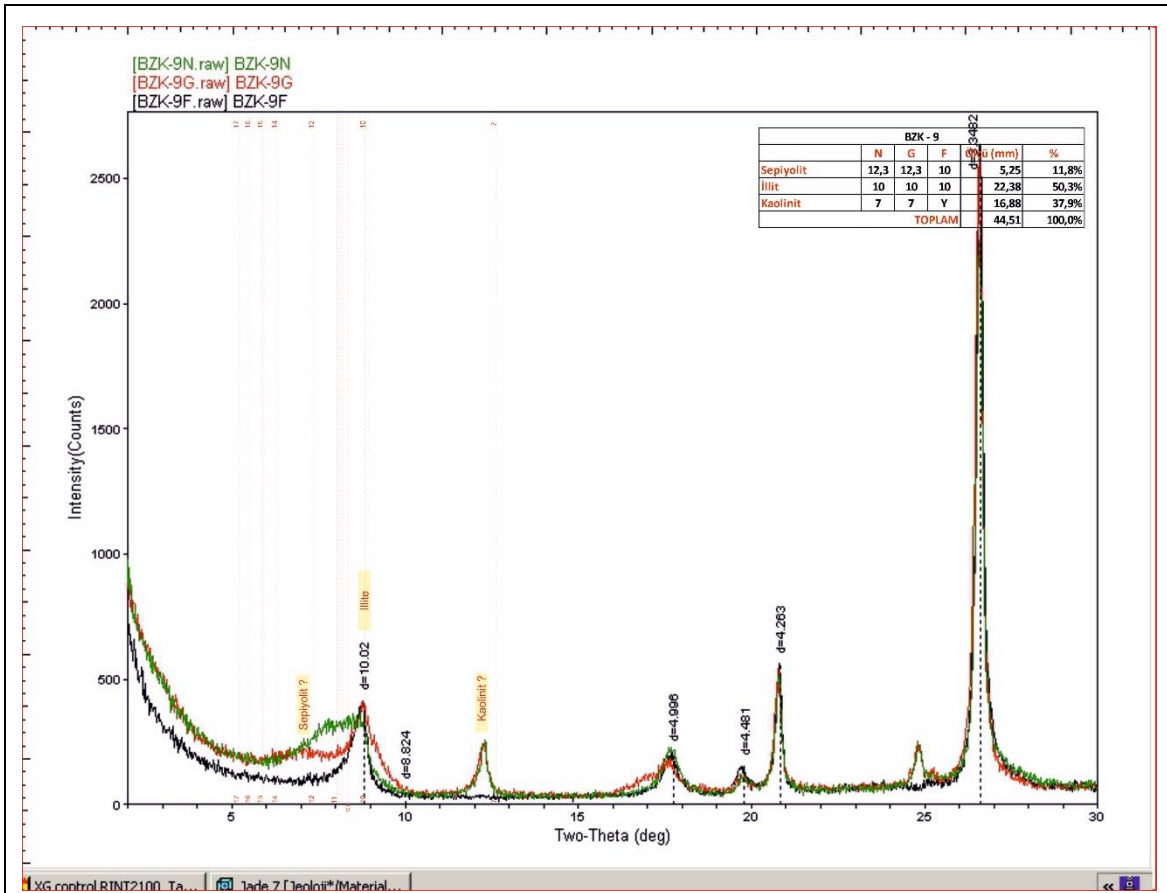




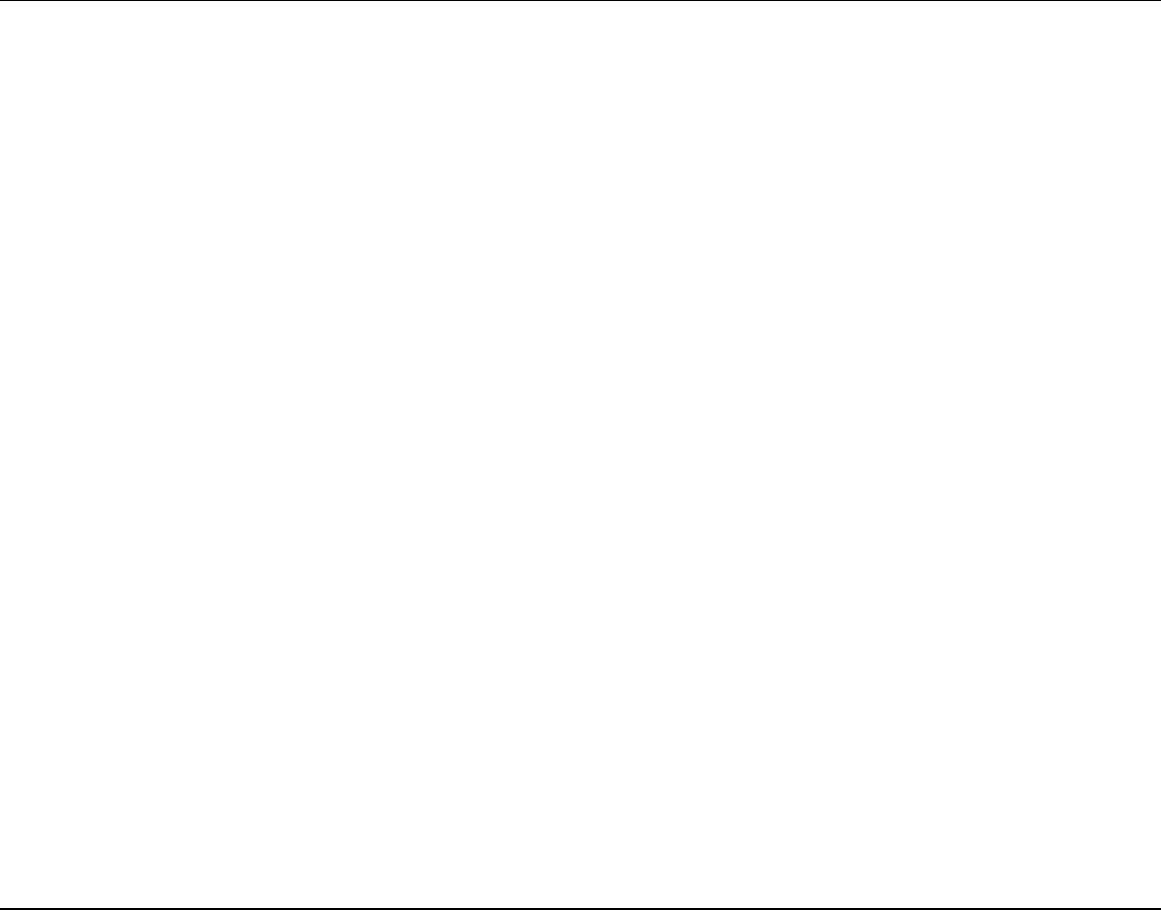
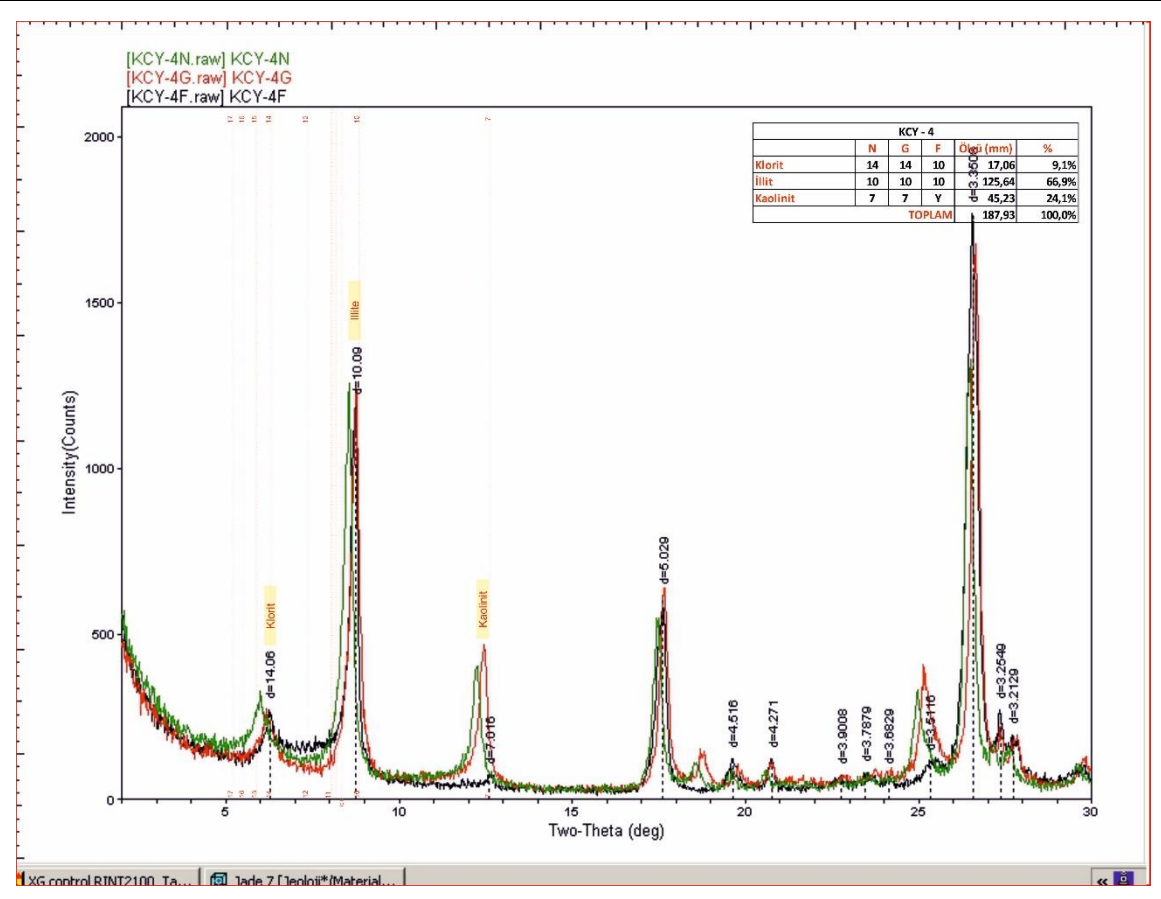












## ROCK-EVAL PİROLİZ SONUÇLARI





TÜRKİYE PETROLLERİ A.O.  
AR-GE MERKEZİ DAİRE BAŞKANLIĞI  
ANALİZ RAPORU

6604

12-21

Numune Kodu : 6604  
Numunenin Üniteye Geliş Tarihi : 27.08.2021  
Yapılan Analizler : Piroliz analizi yapılmıştır.  
Analizlerin Yapıldığı Tarih : 03-04.12.2021

PIROLİZ ANALİZ SONUCU  
REFERANS BİLGİLERİ

Aşağıdaki analizler Rock Eval-6 (RE-6) cihazında IFP 160000 (Institut Francais du Petrole) standardı kullanılarak yapılmıştır.

TOC (Total Organic Carbon); % ağırlıkça  
S1; mg hidrokarbon / g kayaç  
S2; mg hidrokarbon / g kayaç  
S3; mg CO<sub>2</sub> / g kayaç  
Tmax; °C  
HI (Hydrogen Index); (100xS2) / TOC

OI (Oxygen Index); (100xS3) / TOC  
PI (Production Index); S1 / S1+S2  
RC (Residual Carbon); TOC - [0,83(S1+S2) / 10]  
PC (Pyrolyzed Carbon); % ağırlıkça  
MINC (Mineral Carbon); % ağırlıkça

ANALİZ SONUÇLARI

No	Örnek No	TOC	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	PI	RC(%)	PC(%)	MINC(%)
1	JK18-5	1,46	0,06	0,25	0,18	N/A	17	12	0,19	1,44	0,02	0,49
2	XTJ1-2	0,59	0,07	0,17	0,18	N/A	29	31	0,29	0,58	0,01	0,2
3	XTJ1-1	0,27	0,05	0,17	0,28	N/A	63	104	0,23	0,26	0,01	0,06
4	TJ3-3	0,42	0,06	0,2	0,29	346	48	69	0,23	0,4	0,02	0,08
5	TJ5-2	0,55	0,05	0,18	0,33	N/A	33	60	0,22	0,54	0,01	0,04
6	TJ9-1	0,54	0,02	0,14	0,08	427	26	15	0,13	0,52	0,02	0,32
7	TL3A-3	0,45	0,04	0,16	0,22	N/A	36	49	0,20	0,44	0,01	0,07
8	TL3A-4	0,91	0,04	0,16	0,23	N/A	18	25	0,20	0,9	0,01	0,07
9	HP6-1	2,37	0,05	1,35	0,66	423	57	28	0,04	2,19	0,18	0,06
10	HP6-2	1,57	0,06	0,24	1,65	456	15	105	0,20	1,49	0,08	0,16

10 adet numunenin Piroliz ve TOC analizi yapılmıştır.

N/A : Not Available

Test sonuçları sadece test edilen numuneye aittir. Bu sonuçlara 1 ay içinde itiraz edilebilir.  
Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen veya tamamen kopyalanıp çoğaltılamaz.  
İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir.  
Test results belong only to the tested sample. These results may be appealed within a month.  
This report shall not be reproduced fully or partially unless a written permission is granted by the laboratory.  
Test reports without signature and seal are not valid.

2/3

C.C.



**TÜRKİYE PETROLLERİ A.O.**  
**AR-GE MERKEZİ DAİRE BAŞKANLIĞI**  
**ANALİZ RAPORU**  
**TURKISH PETROLEUM CORPORATION**  
**R&D CENTER**  
**ANALYSIS REPORT**

6738

01-22

**Numune Kodu** (Sample Code) : 6738  
**Numunenin Üniteye Geliş Tarihi** (Date of Sample Acceptance) : 20.12.2021  
**Yapılan Analizler** (Analysis) : Piroliz ve TOC analizi yapılmıştır.  
**Analizlerin Yapıldığı Tarih** (Date of Analysis) : 31.12.2021 – 01.01.2022

## PIROLİZ ANALİZ SONUCU

### REFERANS BİLGİLERİ

Aşağıdaki analizler Rock Eval-6 (RE-6) cihazında IFP 160000 (Institut Francais du Petrole) standardı kullanılarak yapılmıştır.

**TOC (Total Organic Carbon); % ağırlıkça**  
**S1; mg hidrokarbon / g kayaç**  
**S2; mg hidrokarbon / g kayaç**  
**S3; mg CO2 / g kayaç**  
**Tmax; °C**  
**HI (Hydrogen Index); (100xS2) / TOC**

**OI (Oxygen Index); (100xS3) / TOC**  
**PI (Production Index); S1 / S1+S2**  
**RC (Residual Carbon); TOC - [0,83(S1+S2) / 10]**  
**PC (Pyrolyzed Carbon); % ağırlıkça**  
**MinC (Mineral Carbon); % ağırlıkça**

### ANALİZ SONUÇLARI

No	Örnek No	TOC	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	PI	RC(%)	PC(%)	MINC(%)
1	HPO1-1	0,21	0,03	0,08	0,39	N/A	38	186	0,31	0,19	0,02	5,1
2	HPO1-2	0,12	0,02	0,06	0,31	N/A	50	258	0,3	0,1	0,02	6
3	HPO1-3	0,23	0,03	0,07	0,35	N/A	30	152	0,31	0,21	0,02	5,15
4	HPO1-4	0,18	0,03	0,07	0,3	N/A	39	167	0,31	0,16	0,02	5,6
5	HP2A-1	0,26	0,05	0,13	0,27	437	50	104	0,25	0,23	0,03	6,31
6	HP2A-2	2,05	0,09	12,27	0,34	437	599	17	0,01	0,99	1,06	5,59
7	HP2A-3	0,28	0,02	0,13	0,39	433	46	139	0,15	0,25	0,03	3,96
8	HP2A-5	0,51	0,03	0,41	0,37	431	80	73	0,07	0,46	0,05	5,23
9	HP2A-6	0,08	0,03	0,06	0,17	N/A	75	212	0,34	0,07	0,01	2,39
10	HP2A-9	0,78	0,06	1,38	0,31	429	177	40	0,04	0,64	0,14	5,83

10 adet numunenin Piroliz ve TOC analizi yapılmıştır.

N/A : Not Available

Test sonuçları sadece test edilen numuneye aittir. Bu sonuçlara 1 ay içinde itiraz edilebilir.  
Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen veya tamamen kopyalanıp çoğaltılamaz.  
İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir.

Test results belong only to the tested sample. These results may be appealed within a month.  
This report shall not be reproduced fully or partially unless a written permission is granted by the laboratory.  
Test reports without signature and seal are not valid.

C.C.



**TÜRKİYE PETROLLERİ A.O.**  
**AR-GE MERKEZİ DAİRE BAŞKANLIĞI**  
**ANALİZ RAPORU**  
TURKISH PETROLEUM CORPORATION  
R&D CENTER  
ANALYSIS REPORT

6744

01-22

**Numune Kodu** (Sample Code) : 6744  
**Numunenin Üniteye Geliş Tarihi** (Date of Sample Acceptance) : 23.12.2021  
**Yapılan Analizler** (Analysis) : Piroliz ve TOC analizi yapılmıştır.  
**Analizlerin Yapıldığı Tarih** (Date of Analysis) : 30-31.12.2021

## PIROLİZ ANALİZ SONUCU

### REFERANS BİLGİLERİ

Aşağıdaki analizler Rock Eval-6 (RE-6) cihazında IFP 160000 (Institut Francais du Petrole) standardı kullanılarak yapılmıştır.

**TOC (Total Organic Carbon); % ağırlıkça**  
**S1; mg hidrokarbon / g kayaç**  
**S2; mg hidrokarbon / g kayaç**  
**S3; mg CO2 / g kayaç**  
**Tmax; °C**  
**HI (Hydrogen Index); (100xS2) / TOC**

**OI (Oxygen Index); (100xS3) / TOC**  
**PI (Production Index); S1 / S1+S2**  
**RC (Residual Carbon); TOC - [0,83(S1+S2) / 10]**  
**PC (Pyrolyzed Carbon); % ağırlıkça**  
**MinC (Mineral Carbon); % ağırlıkça**

### ANALİZ SONUÇLARI

No	Örnek No	TOC	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	PI	RC(%)	PC(%)	MINC(%)
1	HPO1-5	0,18	0,02	0,04	0,38	N/A	22	211	0,36	0,16	0,02	6,48
2	HP2A-4	0,16	0	0	0,32	N/A	0	200	0	0,15	0,01	4,55
3	HP2A-7	0,03	0,02	0,06	0,2	N/A	200	667	0,26	0,02	0,01	5,3
4	HP2A-8	0,13	0,02	0,04	0,18	N/A	31	138	0,31	0,12	0,01	5,34
5	JK3-2	0,48	0,01	0,05	0,18	N/A	10	38	0,22	0,47	0,01	0,14
6	JK4-2	0,38	0,02	0,2	0,28	453	53	74	0,1	0,35	0,03	1,16
7	JK4-4	0,41	0,03	0,25	0,26	465	61	63	0,1	0,37	0,04	0,98
8	JK5-1	0,64	0,02	0,06	0,26	N/A	9	41	0,26	0,63	0,01	0,04
9	TJ12-1	0,12	0,02	0,06	0,35	N/A	50	292	0,24	0,1	0,02	8,93
10	TL3A-2	0,25	0,01	0,05	0,09	N/A	20	36	0,2	0,24	0,01	0,03

10 adet numunenin Piroliz ve TOC analizi yapılmıştır.

N/A : Not Available

Test sonuçları sadece test edilen numuneye aittir. Bu sonuçlara 1 ay içinde itiraz edilebilir.

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen veya tamamen kopyalanıp çoğaltılamaz.

İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir.

Test results belong only to the tested sample. These results may be appealed within a month.

This report shall not be reproduced fully or partially unless a written permission is granted by the laboratory.

Test reports without signature and seal are not valid.



**TÜRKİYE PETROLLERİ A.O.**  
**AR-GE MERKEZİ DAİRE BAŞKANLIĞI**  
**ANALİZ RAPORU**  
TURKISH PETROLEUM CORPORATION  
R&D CENTER  
ANALYSIS REPORT

7029

08-22

**Numune Kodu** (Sample Code) : 7029  
**Numunenin Üniteye Geliş Tarihi** : 07.07.2022  
(Date of Sample Acceptance)  
**Yapılan Analizler** (Analysis) : Piroliz ve TOC analizi yapılmıştır.  
**Analizlerin Yapıldığı Tarih** : 22.07.2022  
(Date of Analysis)

## PİROLİZ ANALİZ SONUCU

### REFERANS BİLGİLERİ

Aşağıdaki analizler Rock Eval-6 (RE-6) cihazında IFP 160000 (Institut Francais du Petrole) standardı kullanılarak yapılmıştır.

**TOC (Total Organic Carbon); % ağırlıkça**  
**S1; mg hidrokarbon / g kayaç**  
**S2; mg hidrokarbon / g kayaç**  
**S3; mg CO<sub>2</sub> / g kayaç**  
**Tmax; °C**  
**HI (Hydrogen Index); (100xS2) / TOC**

**OI (Oxygen Index); (100xS3) / TOC**  
**PI (Production Index); S1 / S1+S2**  
**RC (Residual Carbon); TOC - [0,83(S1+S2) / 10]**  
**PC (Pyrolyzed Carbon); % ağırlıkça**  
**MinC (Mineral Carbon); % ağırlıkça**

### ANALİZ SONUÇLARI


No	Örnek No	TOC	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	PI	RC(%)	PC(%)	MINC(%)
1	HP7-1	14,86	0,14	13,48	4,67	428	91	31	0,01	13,37	1,49	0,36
2	HP7-2	2,64	0,01	1,25	0,98	431	47	37	0,01	2,46	0,18	0,08
3	HP7-3	1,66	0,01	0,67	0,6	430	40	36	0,02	1,55	0,11	0,07
4	HP8	3,22	0,01	0,66	1,51	435	20	47	0,02	3,07	0,15	0,13
5	KCY-1	0,02	0	0	0,29	N/A	0	1450	N/A	0,01	0,01	0,02
6	CSN-1	0,31	0	0,14	0,59	446	45	190	0,03	0,28	0,03	0,49
7	BZK-2	0,46	0	0,12	0,1	450	26	22	0,04	0,44	0,02	0,97
8	BZK-5	0,57	0	0	0,15	N/A	0	26	N/A	0,57	0	0,21
9	BZK-7	0,74	0,01	0	0,15	N/A	0	20	N/A	0,73	0,01	0,02
10	BZK-9	0,73	0,1	0,63	0,32	457	86	44	0,13	0,66	0,07	0,65

10 adet numunenin Piroliz ve TOC analizi yapılmıştır.

N/A : Not Available

Test sonuçları sadece test edilen numuneye aittir. Bu sonuçlara 1 ay içinde itiraz edilebilir.  
Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen veya tamamen kopyalanıp çoğaltılamaz.  
İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir.  
Test results belong only to the tested sample. These results may be appealed within a month.  
This report shall not be reproduced fully or partially unless a written permission is granted by the laboratory.  
Test reports without signature and seal are not valid.

2/3  
C.C.

	<b>TÜRKİYE PETROLLERİ A.O.</b> <b>AR-GE MERKEZİ DAİRE BAŞKANLIĞI</b> <b>ANALİZ RAPORU</b> <b>TURKISH PETROLEUM CORPORATION</b> <b>R&amp;D CENTER</b> <b>ANALYSIS REPORT</b>	
		7076
		09-22

<b>Numune Kodu</b> (Sample Code) : 7076
<b>Numunenin Üniteye Geliş Tarihi</b> (Date of Sample Acceptance) : 18.05.2022
<b>Yapılan Analizler</b> (Analysis) : Piroliz ve TOC analizi yapılmıştır.
<b>Analizlerin Yapıldığı Tarih</b> (Date of Analysis) : 26-27.08.2022

## PIROLİZ ANALİZ SONUCU

### REFERANS BİLGİLERİ

Aşağıdaki analizler Rock Eval-6 (RE-6) cihazında IFP 160000 (Institut Francais du Petrole) standardı kullanılarak yapılmıştır.

**TOC (Total Organic Carbon); % ağırlıkça**  
**S1; mg hidrokarbon / g kayaç**  
**S2; mg hidrokarbon / g kayaç**  
**S3; mg CO2 / g kayaç**  
**Tmax; °C**  
**HI (Hydrogen Index); (100xS2) / TOC**

**OI (Oxygen Index); (100xS3) / TOC**  
**PI (Production Index); S1 / S1+S2**  
**RC (Residual Carbon); TOC - [0,83(S1+S2) / 10]**  
**PC (Pyrolyzed Carbon); % ağırlıkça**  
**MinC (Mineral Carbon); % ağırlıkça**

### ANALİZ SONUÇLARI

No	Örnek No	TOC	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	PI	RC(%)	PC(%)	MINC(%)
1	KCY-2	0,06	0,01	0,03	0,3	N/A	50	500	0,26	0,05	0,01	0,03
2	KCY-3	0,09	0,01	0,02	0,29	N/A	22	322	0,3	0,08	0,01	0,02
3	KCY-4	0,18	0,01	0,02	0,4	N/A	11	222	0,3	0,17	0,01	0,04
4	CSN-2	0,43	0,01	0,08	0,49	444	19	114	0,12	0,4	0,03	0,3
5	CSN-3	0,82	0,02	0,19	0,64	444	23	78	0,07	0,78	0,04	0,08
6	BZK-8	0,8	0,03	0,17	0,33	471	21	41	0,15	0,77	0,03	0,05
7	BZK-10	0,41	0,01	0,03	0,1	N/A	7	24	0,26	0,4	0,01	0,03
8	HP7-5	1,06	0,02	0,27	0,25	424	25	24	0,07	1,01	0,05	0,04
9	HP7-6	0,48	0,02	0,05	0,98	475	10	204	0,28	0,43	0,05	0,1
10	HP7-7	0,57	0,02	0,05	1,11	478	9	195	0,27	0,52	0,05	0,1

10 adet numunenin Piroliz ve TOC analizi yapılmıştır.

N/A : Not Available

Test sonuçları sadece test edilen numuneye aittir. Bu sonuçlara 1 ay içinde itiraz edilebilir.

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen veya tamamen kopyalanıp çoğaltılamaz.

İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir.

Test results belong only to the tested sample. These results may be appealed within a month.

This report shall not be reproduced fully or partially unless a written permission is granted by the laboratory.

Test reports without signature and seal are not valid.

2/3

C.C.