



**GÖKÇEYAYLA İLE AKHİSAR KÖYLERİ
(HAN-ESKİŞEHİR) ARASINDA KALAN
GRAFİT YATAKLARININ JEOLojİSİ,
MİNERALojİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eray ÇAKIN

Danışman

Doç. Dr. Metin BAĞCI

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat 2023

“Bu tez çalışması 20.FEN.BİL.24 numaralı proje ile AKÜ-BAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GÖKÇEYAYLA İLE AKHİSAR KÖYLERİ (HAN-ESKİŞEHİR)
ARASINDA KALAN GRAFİT YATAKLARININ JEOLojİSİ,
MİNERALojİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Eray ÇAKIN

Danışman

Doç. Dr. Metin BAĞCI

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat 2023

TEZ ONAY SAYFASI

Eray ÇAKIN tarafından hazırlanan “Gökçeyayla İle Akhisar Köyleri (Han-Eskişehir) Arasında Kalan Grafüt Yataklarının Jeolojisi, Mineralojisi ve Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 10/02/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oybirliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Metin BAĞCI

İmza

Başkan : Prof. Dr. Ahmet YILDIZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Prof. Dr. Ömer ELİTOK

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Metin BAĞCI

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun

..... /..... /..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim EROL

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün verileri akademik etik çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, duysal ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Farklı kişilerin eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrip yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

10/02/2023

İmza

Eray ÇAKIN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÖKÇEYAYLA İLE AKHİSAR KÖYLERİ (HAN-ESKİŞEHİR) ARASINDA KALAN GRAFİT YATAKLARININ JEOLJİSİ, MİNERALOGİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Eray ÇAKIN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Metin BAĞCI

Eskişehir İli Han İlçesi Gökçeyayla, Akhisar ve Peçene ve çevresinde yapılan bu çalışmada metamorfik kayalar içerisindeki grafitler incelenmiştir. Gelişmiş ülkeler tarafından kritik hammaddeler içerisinde yer alan grafitlerin; 1960'lı yıllarda işletilen grafit ocağının yeni teknoloji ile jeolojik ve jeokimyasal özellikleri ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışma alanının temelinde yer alan Paleozoik yaşlı Afyon Metamorfikleri yer almaktadır. Bu metamorfik istif içinde ince ve orta kalınlıkta koyu siyah renkli değişik karbon oranları içeren amorf grafit oluşumları bulunmaktadır. Afyon Metamorfikleri üzerinde uyumsuz olarak gelen Triyas yaşlı Çakmak Kuvarsiti ve Loras Formasyonu bulunmaktadır. Bunun üzerinde uyumsuz olarak Miyosen yaşlı Gebeceler Formasyonu ve yine uyumsuz olarak Seyrediler İgnimbiriti yer almaktadır. İnceleme alanının en genç birimlerinin Kuvaterner yaşlı Alüvyon birimleri oluşturmaktadır.

Arazi çalışmaları inceleme alanında 3 farklı lokasyonda yürütülmüştür. Bu lokasyonlar Ataklı Deresi, Elma Deresi ve Kezban Alanından oluşur. Arazi çalışmaları sırasında grafit içeren kayalar ve bunun çevresinde bulunan yan kayalardan toplam 35 tane örnek alınmıştır. Amorf grafit örnekleri arasından seçilen 10 örnek üzerinde minerolojik - petrografik incelemeler kapsamında; Polarizan Mikroskop, X ışınları difraktogramı (XRD), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDX) ve Raman Spektromu incelemeleri

yapılmıştır. Ayrıca bu örnekler üzerinde jeokimyasal analiz çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda örneklerin Ana Oksit, İz ve Nadir Toprak Element (REE) Analizleri ile Duraylı İzotop ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) analizleri yapılmıştır.

Polarizan Mikroskop incelemelerinde özellikle mermer örneklerinde mikro kırık ve çatlaklar içerisine grafitin yerleşmiş olduğu belirlenmiştir. XRD incelemelerinde 3.34 ve 2.12 pik değerleri bulunmuştur. SEM/ EDX incelemeleri Agf 3 ve Agf 11 örnekleri üzerinde yapılmıştır. EDX analizlerinde Agf 3 örneğinde karbon içeriği %44.05, Agf 11 örneğinde karbon içeriği % 56.23 olarak bulunmuştur. Raman spektromu çekimleri sonucunda grafitlere ait pikler D bantı 1343, G bantı 1574, ve 2D bantı 2679 pik değerleri bulunmuştur.

Jeokimyasal incelemeler kapsamında Ataklı Deresi, Elma Deresi ve Kezban Alanı Lokasyonlarından alınan amorf grafit içeren kayaçların analiz sonuçlarına göre tüm bölgelerde SiO_2 içeriği (39.98 - 90.16 wt%) en yüksektir. SiO_2 içeriğinin artmasına karşılık diğer ana oksit içeriklerinin azaldığı gözlenmiştir. Karbon içeriği (CM) Ataklı Deresi Lokasyonunda 8.59 wt% ile en yüksek içeriğe sahiptir. İz element içeriklerine göre Rb, Sr, U ve Zr içeriklerinin diğer iz elementlere göre tüm bölgelerde daha zenginleştiği gözlenmiştir. Ayrıca örümek diyagramlarına göre nadir toprak element (REE) içerikleri incelendiğinde Eu'un negatif anomali verdiği görülmüştür. Son olarak $\delta^{13}\text{C}$ duraylı izotop analiz sonuçlarına göre grafit örneklerinin biyojenik kökenli olduğu belirlenmiştir.

2023, xiii + 92 sayfa

Anahtar Kelimeler: Afyonkarahisar, Amorf Grafit, Jeokimya, Duraylı İzotop, XRD, Raman Analizi.

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

GEOLOGY, MINERALOGY AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF GRAPHITE DEPOSITS BETWEEN GÖKÇEYAYLA AND AKHISAR VILLAGES (HAN-ESKİŞEHİR)

Eray ÇAKIN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Metin BAĞCI

There are amorphous graphite formations in the metamorphic rocks widely distributed around Gökçeyayla, Akhisar and Peçene (Eskişehir/Han). The geological, mineralogical and geochemical properties of graphite formations were investigated within the scope of this study. Graphite, which is among the critical raw materials by developed countries; It is aimed to reveal the geological and geochemical characteristics of the graphite quarry, which was operated in the 1960s, with the new technology. Paleozoic aged Afyon Metamorphites are located at the base of the study area. In this metamorphic succession, there are thin and medium thickness dark black colored amorphous graphite formations containing different carbon ratios. Triassic aged Çakmak Quartzite and Loras Formation overlie the Afyon Metamorphics unconformably. Above this, the Miocene aged Gebeceler Formation is unconformably overlain by the Seydiler Ignimbrite. Quaternary aged Alluvium units constitute the youngest units of the study area.

Field studies were carried out in 3 different locations in the study area. These locations consist of Ataklı Stream, Elma Stream and Kezban Field. During the field studies, a total of 35 samples were taken from the rocks containing graphite and the surrounding rocks. Within the scope of mineralogical - petrographic studies on 10 samples selected from amorphous graphite samples; Polarizing Microscope, X-ray diffractor (XRD),

Scanning Electron Microscope (SEM/EDX) and Raman Spectrum examinations were performed. In addition, geochemical analysis studies were carried out on these samples. In this context, Major Oxide, Trace and Rare Earth Element (REE) analyzes and Stable Isotope ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) analyzes of the samples were carried out.

In Polarizing Microscope examinations, it was determined that graphite was settled in micro fractures and cracks, especially in marble samples. In XRD examinations, peak values of 3.34 and 2.12 were found. SEM/EDX examinations were performed on Agf 3 and Agf 11 samples. In EDX analysis, the carbon content of Agf 3 sample was 44.05%, and the carbon content of Agf 11 sample was 56.23%. As a result of Raman spectra acquisition, the peak values of the graphites were found to be 1343 in the D band, 1574 in the G band, and 2679 in the 2D band.

According to the analysis results of amorphous graphite-containing rocks taken from Ataklı Stream, Elma Stream and Kezban Area locations within the scope of geochemical investigations, SiO_2 content (39.98 - 90.16 wt%) is the highest in all regions. It was observed that the other main oxide contents decreased while the SiO_2 content increased. Carbon content (CM) has the highest content with 8.59 wt% in Ataklı Stream Location. According to the trace element contents, Rb, Sr, U and Zr contents were observed to be richer in all regions compared to other trace elements. In addition, when the rare earth element (REE) contents were examined according to the knitting diagrams, it was seen that Eu gave negative anomaly. Finally, according to the $\delta^{13}\text{C}$ stable isotope analysis results, the graphite samples were determined to be of biogenic origin.

2023, xiii+92 pages

Keywords: Afyonkarahisar, Amorphous Graphite, Geochemistry, Stable Isotope, XRD, Raman Analysis.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Doç. Dr. Metin BAĞCI'ya, arazi çalışmalarında ve örneklerin analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde yardımcı olan; Mühendislik Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Ahmet YILDIZ'a teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarının yapılmasına en önemli katkıyı sağlama Afyon Kocatepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne ve çalışmaların yürütülmesinde 20 FENBİL. 24 numaralı proje ile maddi destek sağlayan Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim. Son olarak, beni yüksek lisansa teşvik eden Annem Nebiha ÇAKIN ve babam Mehmet ÇAKIN'a, her koşulda yanımda olup beni destekleyen eşim Nagehan ÇAKIN'a sonsuz teşekkür ederim.

Eray ÇAKIN

Afyonkarahisar 2023

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç – Kapsam.....	1
1.2 Çalışma Alanının Tanıtılması	1
1.2.1 Çalışma Alanının Yeri	1
1.2.2 İklim ve Bitki Örtüsü	3
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	5
2.1 Grafit.....	5
2.1.1 Tanım	5
2.1.2 Grafitlerin Kökeni ve Oluşumu.....	5
2.1.3 Grafitlerin Mineralojik Özellikleri.....	6
2.1.4 Grafitin Kimyasal Özellikleri.....	7
2.1.5 Grafitin Üretim Yöntemi ve Dünya Grafit Yatakları.....	7
2.1.6 Türkiye Grafit Yatakları.....	9
2.1.7 Grafitlerin Teknolojik Özellikleri	13
2.1.8 Grafit Zenginleştirme Teknolojisi.....	14
2.1.9 Grafitlerin Kullanım Alanları.....	17
2.2 Jeolojik Çalışmalar	18
3. MATERYAL VE METOT	23
3.1 Arazi Çalışmaları	23
3.2 Laboratuvar Çalışmaları	24
3.2.1 Mineraloji ve Petrografik İncelemeler	25
3.2.1.1 Polarizan Mikroskop Çalışmaları.....	25

3.2.1.2 X Işınları Difraktoğramı (XRD) İncelemeleri	27
3.2.1.3 Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) İncelemeleri	27
3.2.1.4 Raman Spektromu İncelemeleri	28
3.2.2 Jeokimyasal Analiz İncelemeleri	30
3.2.2.1 Ana, İz ve Nadir Toprak Element Analizleri	30
3.2.2.2 Duraylı İzotop (^{13}C ^{18}O) Analiz İncelemeler	30
3.3 Büro Çalışmaları	31
4. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ.....	32
4.1 Bölgesel Jeoloji.....	32
4.2 İnceleme Alanının Jeolojisi	32
4.2.1 Stratigrafi.....	32
4.2.1.1 Afyon Metamorfizmaları	32
4.2.1.2 Çakmak kuvarsiti.....	36
4.2.1.3 Loras Formasyonu.....	37
4.2.1.4 Gebeceler Formasyonu.....	38
4.2.1.5 Seydiler Tüfü.....	39
4.2.1.6 Alüvyon.....	41
4.2.2 Yapısal Jeoloji.....	41
4.2.3 Metamorfizma	41
4.3 İnceleme Alanındaki Grafitlerin Jeolojik Özellikleri	42
4.3.1 Ataklı Deresi Lokasyonu.....	42
4.3.2 Elma Deresi Lokasyonu	47
4.3.3 Kezban Alanı Lokasyonu	51
5. BULGULAR	55
5.1 Mineralojik ve petrografik incelemeler	55
5.1.1 Polarizan mikroskop incelemeleri.....	55
5.1.1.1 Ataklı Deresi Lokasyonu.....	55
5.1.1.2 Elma Deresi Lokasyonu	56
5.1.1.3 Kezban Alanı Lokasyonu	57
5.1.2 X - Işını Kırınımı (XRD) İncelemeleri.....	58
5.1.3 Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) İncelemeleri	64
5.1.4 Raman Spektroskopisi ile Yapılan İncelemeler	71

5.2 Jeokimyasal İncelemeler	77
5.2.1 Ana ve İz Element Jeokimyası	77
5.2.2 Duraylı İzotop (^{13}C ^{18}O) Analiz İncelemeler	85
6. TARTIŞMA VE SONUÇ	88
7. KAYNAKLAR	89
ÖZGEÇMİŞ	92



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
‰	Binde
cm ³	Santimetre Küp
kg	Kilogram
km	Kilometre
mm	Milimetre

Kısaltmalar

Agf	Ataklı Deresi Grafit Örneği
Akçt	Ataklı Deresi Kireçtaşı Örneği
As	Ataklı Deresi Şist Örneği
B	Batı
D	Doğu
Egf	Elma Deresi Grafit Örneği
Emr	Elma Deresi Mermer Örneği
Es	Elma Deresi Şist Örneği
G	Güney
HFSE _s	Kuvvetli Element İçeriği
K	Kuzey
Kgf	Kezban Alanı Grafit Örneği
LILE _s	Büyük İyon Element İçeriği
MTA	Maden Tetkik Arama
REE	Nadir Toprak Element Analizi
SEM/ EDX	Taramalı Elektron Mikroskobu
XRD	X Işınları Difraksiyonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Tez alanı yer bulduru haritası. 2
Şekil 1.2	Eskişehir ili aylık sıcaklık grafiği 3
Şekil 1.3	Eskişehir ili yıllara göre yağış miktarları..... 4
Şekil 2.1	Grafit mineralinin kristal yapısı..... 7
Şekil 2.2	Türkiyede bulunan grafit yatakları 9
Şekil 4.1	İnceleme alanına ait jeolojik harita. 33
Şekil 4.2	İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti. 34
Şekil 4.3	Ataklı Deresi Lokasyonu batı yarması dikme kesiti. 44
Şekil 4.4	Ataklı Deresi Lokasyonu Doğu yarması enine kesiti. 44
Şekil 4.5	Ataklı Deresi Lokasyonundan alınan örneklerin yerleri..... 46
Şekil 4.6	Elma Deresi Lokasyonu enine kesiti. 48
Şekil 4.7	Elma Deresi Lokasyonu enine kesit. 50
Şekil 4.8	Elma Deresi Lokasyonundan alınan örneklerin yerleri. 51
Şekil 4.9	Kezban alanı enine kesiti. 53
Şekil 4.10	Kezban Alanı lokasyonunun dikme kesiti. 53
Şekil 4.11	Kezban Alanı Lokasyonundan alınan örneklerin yerleri..... 54
Şekil 5.1	Ataklı Deresinden alınan Agf2 ve Agf3 kodlu örneklerin XRD grafikleri. 59
Şekil 5.2	Ataklı Deresinden alınan Agf4 ve Agf7 kodlu örneklerin XRD grafikleri. 60
Şekil 5.3	Ataklı Deresinden alınan Agf9 ve Agf11 kodlu örneklerin XRD grafikleri. 61
Şekil 5.4	Elma Deresinden alınan Egf2 ve Egf5 kodlu örneklerin XRD grafikleri.... 62
Şekil 5.5	Kezban Alanı lokasyonundan alınan Kgf2 ve Kgf7 örneklerin XRD grafikleri. 63
Şekil 5.6	Agf 3 örneğine ait taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntüleri. 65
Şekil 5.7	Agf 3 örneğine ait Sem görüntüleri ve EDX verileri..... 66
Şekil 5.8	Agf 3 örneğine ait SEM görüntüleri ve EDX verileri..... 67
Şekil 5.9	Agf 11 örneğine ait taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntüleri. 68
Şekil 5.10	Agf 11 örneğine ait Sem görüntüleri ve EDX verileri..... 69
Şekil 5.11	Agf 11 örneğine ait Sem görüntüleri ve EDX verileri..... 70
Şekil 5.12	Grafitin raman spektrumuna ait pik değerleri..... 71

Şekil 5.13	Ataklı Deresi lokasyonundan alınan örneklerin Raman Spektroskopisi grafikleri.(a-Agf2 örneği, b-Agf3 örneği).	72
Şekil 5.14	Ataklı Deresi lokasyonundan alınan örneklerin Raman Spektroskopisi grafikleri.(a-Agf4 örneği, b-Agf7 örneği).	73
Şekil 5.15	Ataklı Deresi lokasyonundan alınan örneklerin Raman Spektroskopisi grafikleri.(a-Agf9 örneği, b-Agf11 örneği).	74
Şekil 5.16	Elma Deresi lokasyonundan alınan örneklerin Raman Spektroskopisi grafikleri.(a-Egf2 örneği, b-Egf5 örneği).	75
Şekil 5.17	Kezban Alanı lokasyonundan alınan örneklerin Raman Spektroskopisi grafikleri.(a-Kgf2 örneği, b-Kgf7 örneği).	76
Şekil 5.18	İnceleme alanından alınan kayalara ait SiO ₂ 'e karşı diğer anaoksit değerlerinin karşılaştırılması.	80
Şekil 5.19	İnceleme alanına ait örneklerin Primitive Mantle göre normalize edilmiş iz element analiz diyağramı (Sun ve McDonough, 1989'a göre normalize edilmiştir).....	83
Şekil 5.20	İnceleme alanına ait örneklerin Kondrit göre normalize edilmiş Nadir toprak element (REE) analiz diyağramı (Sun ve McDonough, 1989'a göre normalize edilmiştir.).....	84
Şekil 5.21	İnceleme alanı ve farklı karbon kaynaklarına ait $\delta^{13}C$ varyasyon aralıkları.	87

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Ülkelerin 2011 - 2019 yılları arası grafit üretimi (ton)	8
Çizelge 2.2 Türkiye'nin başlıca grafit zuhurları.	10
Çizelge 2.3 Türkiye'de bulunan grafit yatakları ve oluşumları.	11
Çizelge 2.4 Türkiye'nin Grafit İthalatı ve İhracat değerleri	13
Çizelge 2.5 Grafitin Kullanım Alanları.	18
Çizelge 3.1 İnceleme alınan örnekler.	24
Çizelge 3.2 Grafit örnekleri için Raman Analizinde kullanılan değerler.....	29
Çizelge 5.1 Örneklerin kalitatif XRD analiz sonucu	64
Çizelge 5.2 Örneklerin D1, G ve D2 pik değerleri.....	77
Çizelge 5.3 Örneklerin ana element analiz sonuçları (%).	79
Çizelge 5.4 Örneklere ait iz, nadir toprak (REE) element analiz değerleri.....	82
Çizelge 5.5 Alınan örneklerin kararlı izotopik bileşimi.	86

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 3.1	Arazi çalışması ve örnek alımı	23
Resim 3.2	İnce kesit hazırlama aşamaları (a) İnce kesit makinesi, (b) Küçültülmüş kayaç örnekleri, (c) Taşlama Makinesi, (d) Hazırlanan ince kesit örnekleri.	26
Resim 3.3	Nikon Marka Eclipse 2V100POL model mikroskop	26
Resim 3.4	XRD incelemelerinde kullanılan Shimadzu XRD-6000 model X-ışını difraktometre cihazı.	27
Resim 3.5	LEO 1430 VP model SEM cihazı.....	28
Resim 3.6	Raman Analizinin Yapıldığı Bruker IFS 66/S, FRA 106/S, Hyperion 1000, Ramanscope II marka mikroskop.	29
Resim 3.7	Hızlandırıcı Kütle Spektrometrisi.....	31
Resim 4.1	Afyon metamorfitleti içerisindeki şistlerin genel görünümü.....	35
Resim 4.2	Çakmak kuvarsitlerinin genel görünümü.	37
Resim 4.3	Loras formasyonunu oluşturan dolomitik mermerlerin genel görünümü.	38
Resim 4.4	Seydiler tüflerinde gözlenen alterasyon yüzeylerinin genel görünümü.	40
Resim 4.5	Ataklı Deresi lokasyonuna ait görüntü.	43
Resim 4.6	Ataklı Deresi lokasyonundan alınan bazı örneklerle ait görüntüler (a- Agf 2, b- Agf 3, c- Agf 5, d- Agf 7).	45
Resim 4.7	Elma Deresi lokasyonuna ait görüntü.....	47
Resim 4.8	Elma Deresi lokasyonundan alınan bazı örneklerle ait görüntüler (a- Egf 2, b- Egf 3, c- Egf 4, d- Egf 6).....	49
Resim 4.9	Kezban Alanı lokasyonundan alınan bazı örneklerle ait görüntüler (a- Kgf 1, b- Kgf 6, c- Kgf 80, d- Ks 1).	52
Resim 4.10	Kezban Alanı lokasyonuna ait görüntü.	52
Resim 5.1	Akçt 1 örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü.	55
Resim 5.2	Emr 3 örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü.	56
Resim 5.3	Ks3 örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü.....	57
Resim 5.4	Ks 4 örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü.....	58
Resim 5.5	Kmr 1 örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü.....	58

1. GİRİŞ

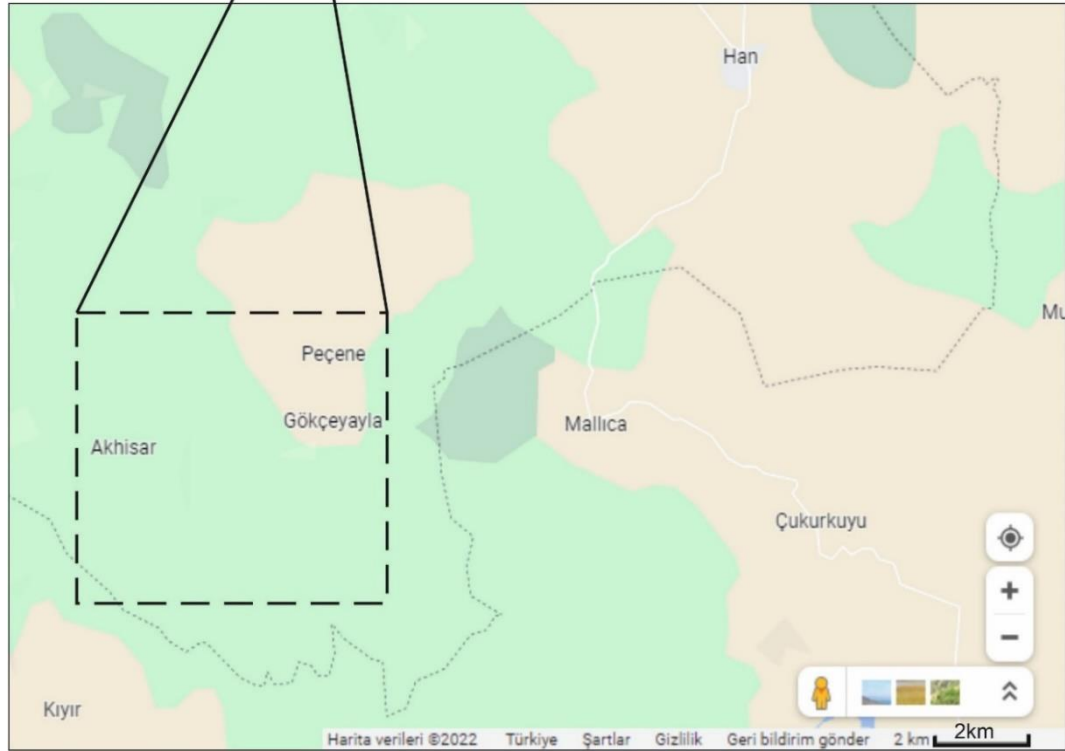
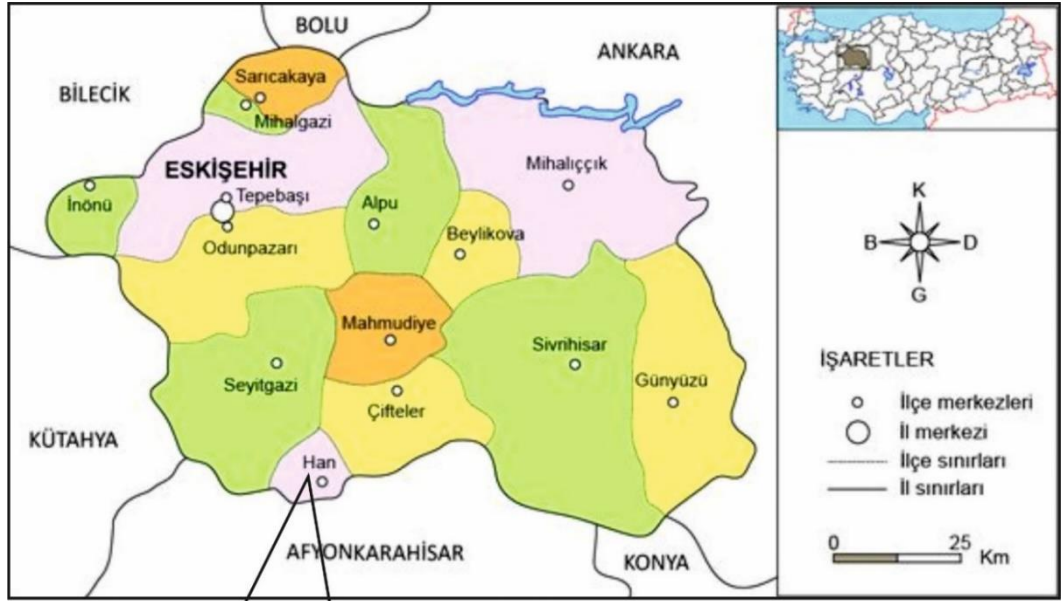
1.1 Amaç – Kapsam

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi olarak yapılmıştır. Bu çalışmada Gökçeyayla ile Akhisar (Han – Eskişehir) köyleri arasında kalan grafit yataklarının jeolojisi, mineralojisi ve jeokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Grafit hammaddesinin Dünya ve Türkiye üzerindeki önemi artmaktadır. Amerika Birleşik Devletlerinin ve Avrupa Birliğinin kritik hammaddeler listesinde grafitte yer almaktadır. Bu nedenle grafit yataklarının özellikleri, oluşumu, jeokimyasal özelliklerinin araştırmaları gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bu amaçla inceleme alanında yayılım sunan grafit yataklarının genel karakterizasyon özellikleri bu tez kapsamında incelenmiştir.

1.2 Çalışma Alanının Tanıtılması

1.2.1 Çalışma Alanının Yeri

İnceleme yeri, Afyonkarahisar ve Eskişehir illeri arasında bulunmaktadır. İnceleme alanı Eskişehir’e yaklaşık 96 km, Afyonkarahisara ise 60 km uzaklıktadır. İnceleme alanının yakın çevresinde Peçene, Akhisar, Gökçeyayla köyleri bulunmaktadır (Şekil1.1). İnceleme alanı 1/25000 ölçekli haritada J25D3 paftasında yer almaktadır.



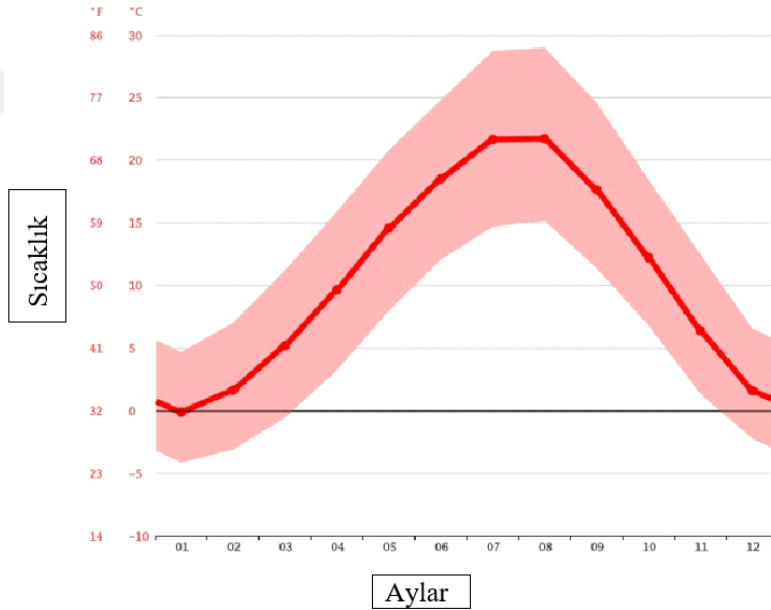
Şekil 1.1 Tez alanı yer bulduru haritası.

1.2.2 İklim ve Bitki Örtüsü

Eskişehir ili Marmara ve Ege bölgelerine yakın olması nedeniyle bu bölgelerin iklim etkilerini de gösterir. Yılın en soğuk zamanı olarak aralık ayının ortasından, şubat ayının ortasına kadar don olayları görülür. Bu süre aralığında -11° ile -27° arasında değişen sıcaklıklara rastlanabilir. Ocak ayı içinde $10-15^{\circ}$ lik ılık günler de görülebilir.

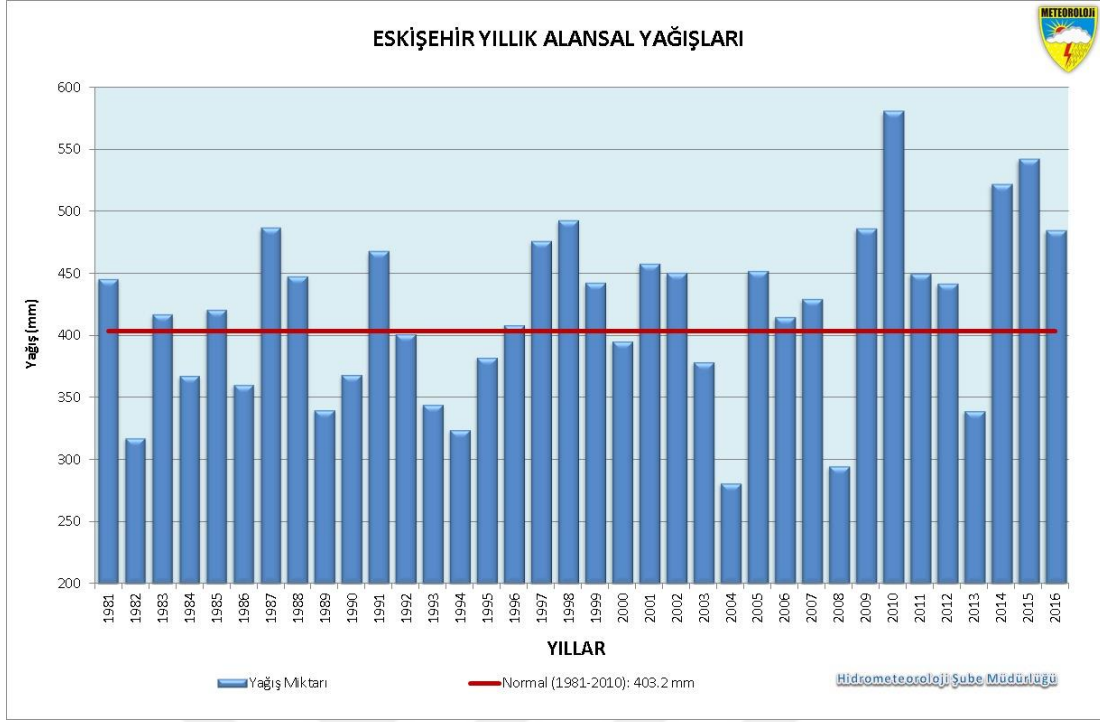
Baharın ikinci yarısında en yüksek sıcaklık, 20° nin üstüne çıkar. Yaz ayları olan haziran, temmuz ve ağustos aylarında en sıcak günler yaşanır. Yaz aylarında en düşük sıcaklık $10-15^{\circ}$ iken en yüksek sıcaklıklar, $30^{\circ} - 40^{\circ}$ arasında değişmektedir.

Eskişehir de karasal iklimin etkisiyle gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı 12 ile 29° arasında olabilir. Sonbahar mevsiminde ağustos ayının ikinci yarısından sonra sıcaklık 20° 'nin altına düşer. Ekim ayında 10° civarında ortalama sıcaklık görülür (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Eskişehir ili aylık sıcaklık grafiği (İnt. Kyn 1).

Eskişehir'de kışın kar ve yağmur şeklinde yağışlar görülür. Aralık ayında kar şeklinde yağışlar yaşanır. Mayıs ayının başından itibaren havalar ısınmaya başlar. Eskişehir'de bahar yağmurları, sağanak halinde gerçekleşir. Yıllık ortalama yağış miktarı 378.9 kg/m³'dür (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 Eskişehir ili yıllara göre yağış miktarları (İnt.Kyn 2).

Eskişehirde karasal iklim sert yaşanmaktadır. Kışlar yağışlı ve sert, yazları sıcak ve kurak geçmektedir. Gündüz ile gece arasındaki ısı farkı fazladır.

Eskişehir ilinin % 26,3'ü ormanlarla kaplıdır. Eskişehir, ormanlarının % 78'ü karaçam, % 6'ü kızılçam ve % 9'i sarıçamdır. Geriye kalan kısmı nda bataklık ormanları görülmektedir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Grafit

2.1.1 Tanım

Grafit kelimesi “Karbon Modifikasyonu” SCHEEL (1742-1786) tarafından tanımlanmış olup, bu isim, 1789 yılında Mineralog WERNER tarafından verilmiştir (Çuhadaroglu ve Kara 2018).

Grafit, teknolojinin gelişmesine paralel Dünya’da kullanımı hızla artmakta ve günümüz teknolojisinin vazgeçilemeyen hammaddeleri arasına girmiştir. II. Dünya savaşından önce Dünya üretimi 200 - 250 bin ton civarındadır. 2000’li senelerde üreimin 500 bin tona ulaşması ve ülkemizin grafit ihtiyacının her geçen gün bariz bir şekilde artması teknoloji gelişimiyle paralel olduğunu göstermektedir (Ağrılı ve Toprak 2001).

Karbonun üç ana şeklinden biri olan grafitin kullanım alanı fazladır. Tenörü düşük bir kaç tane grafit yatağı mevcut olan Ülkemizde; yapılan araştırmalar neticesinde, her geçen gün bu yataklara değişik özelliklerde, farklı yatakların eklendiği bilinmektedir. Demir çelik üretimi yapan fabrikalarımızda kullanılan grafit elektrodlarının ithal edilmesi durumu, grafitin önemini her geçen gün artırmaktadır (Ağrılı ve Toprak 2001).

2.1.2 Grafitlerin Kökeni ve Oluşumu

Doğada grafit yüksek sıcaklık etkisiyle oluşmaktadır. Ayrıca grafit oluşumu çeşitli magmatik kayalarda da görülmektedir. Pegmatitlerde de grafit oluşumu gözlenmiştir, (örn. Seylan, Ontario, Quebec (Kanada). Metamorfik grafit yatakları, kömürlerin veya bitümlü materyal içeren kayaların rejyonal veya kontakt metamorfizmaya uğraması sonucu oluşmuşlardır, (Örn. Steiermark (Avusturya), Porgas (Finlandiya). Çok sayıda Kanada pegmatitlerinde Pegmatât-grafit yataklar görülmektedir. Bu yataklar, çok fazla alan kaplayan granit bataloti ile ilişkilidir. Yan kayalar ise kalker, şist ve kuvarsittir. Yüksek hidrotermal aşamasında oluşan silikatlar grafite refakat etmektedir (Klorit, Serizit, Uralit vb.) Seylan’da, yüksek ekonomik değere sahip grafit kristallerinin

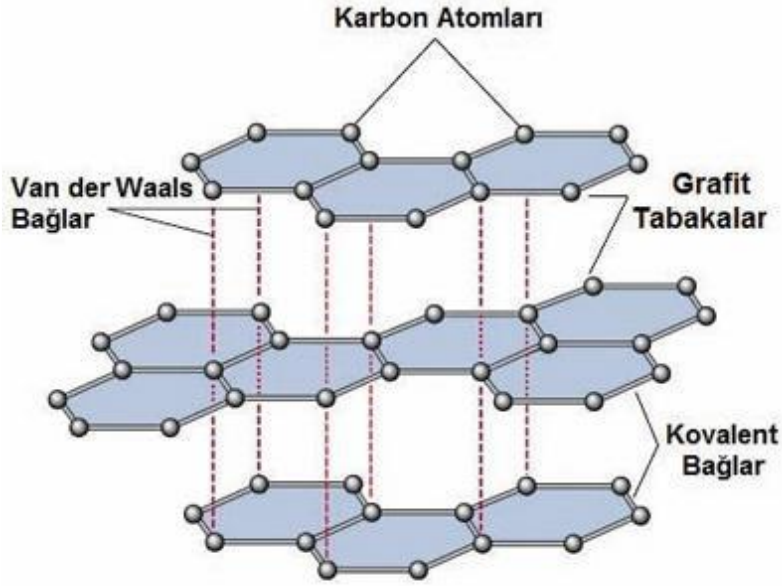
bulunduğu grafit yataklarındaki refakatçi mineraller, kuvars ve feldispattır. Metamorfik grafit; organik malzemeli sedimanter kayaçların rejyonal veya kontakt metamorfizmaya uğraması sonucu oluşurlar. Yani kayaçlar kuvarsit, mikaşist, gnays ve karbonatlardır. Bu tür yataklara örnek olarak verilebilecek önemli yataklar Madagaskar, Kore ve Sibirya'da bulunan grafit yataklardır.

Doğada grafit, metamorfik kuşaklardaki şist ve mermerlerle birlikte yaygın bulunmaktadır. Ayrıca magmatik kayaçların yakın zonlarında bulunmaktadır. Bölgesel metamorfik sahalarda grafitler daha yüksek tenörlere ve geniş rezervlere sahiptir.. Grafitin doğadaki yatak şekilleri; adese, damar, fillon, bazen de dissemine şekildedir. Grafit cevherleşmesinin dayk şeklinde magmatik olarak bulunduğu alan sadece Rusya'da görölmektedir (Yersel 1978).

2.1.3 Grafitlerin Mineralojik Özellikleri

Karbon minerali olan grafit, dokunumu yağsı, yumuşak, ve ince levhalar halinde bükölme özelliğine sahiptir. Yoğunluğu 2 ve sertliği 1'dir. Rengi siyah ve gri olan grafitin, çizgi rengi kül renginde ve yağlıcadır. Doğada; pul, kristal ve "amorf" olarak tanımlanan şekilleri mevcut olan grafitin; en iyi formu kristal grafitir. Ayrıca en yüksekteöre sahip olan formu kristal grafitir (Ağrılı ve Toprak 2001).

Şekil 2.1'de göröldüğü gibi grafit minerali hekzagonal kristal yapısına sahiptir. Karbon atomları üst üste dizilmiş geniş, yassı levhalar oluşturacak şekilde birbirlerine bağlanmıştır (Şekil 2.1). Bu yassı karbon levhalar birbirleri üzerinden kolayca kayarlar, grafitin iyi bir yağlayıcı olma özelliği bu sebeple kaynaklanır (Çuhadaroglu ve Kara 2018).



Şekil 2.1 Grafit mineralinin kristal yapısı (Çuhadaroğlu ve Kara 2018).

2.1.4 Grafitin Kimyasal Özellikleri

Kömür ve organik bileşiklerin ana elementi olan karbon yerkabuğunun %0,2'sini oluşturur. Ametal bir element olan Karbon (C), periyodik tablonun 4A grubunda yer almaktadır. Grafit ve elmas, karbonun allotroplarıdır (aynı maddenin değişik kristal biçimlerine “allotrop” denir). Grafit, karbon minerali olduğu halde, kömür ve elmadan çok farklı özelliklere sahiptir. Elmasın yoğunluğu $3,5 \text{ g/cm}^3$, kömürün yoğunluğu $1,3 - 1,9 \text{ g/cm}^3$ olmasına karşın grafitin yoğunluğu $2,1-2,3 \text{ g/cm}^3$ 'tür (Çuhadaroğlu ve Kara 2018).

2.1.5 Grafitin Üretim Yöntemi ve Dünya Grafit Yatakları

Dünyada, grafit, amorf, levhamsı veya kristal damar tipi şeklinde oluşmaktadır. Bu grafitler genellikle yeraltı madenciliği ile üretilmekte olup; bazı levhamsı grafitler açık işletme metodları ile üretilmektedir. Grafitler, ham cevher içerisinde %20 - 30 civarında çıkabilmektedir. Grafit içeriği % 5'ten aşağı olan yatakların işletilmesi genellikle ekonomik değildir (Ağrılı ve Toprak 2001).

Grafit tüketimi 2011 yılından bu yana Dünya çapında istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Doğal grafit üretim miktarı yılda yaklaşık 1 milyon tondur. Amorf grafit ise toplam üretimin %60'ını oluşturmaktadır. Grafit ihtiyacının önümüzdeki yıllarda yaklaşık %4 artış göstermesi öngörülmektedir. 2011-2019 yılları arasında Çin, 6,8 milyon ton üretimle dünya grafit rezervlerinin yaklaşık %5'ine ve ülke rezervlerinin yaklaşık %10'una denk gelen grafit üretimi yapmıştır. Çin'i Brezilya ve Hindistan izlemektedir (Çizelge 2.1).

Amorf grafitler genellikle çelik ve refrakter endüstrisinde kullanılmaktadır. Çelik talebindeki artış sebebiyle grafit talebi de artmaktadır. Bu talebi desteklemek için istenilen tenörlerde ve yeterli amorf grafit bulmak oldukça zordur. Dünyada amorf grafit yataklarının yoğunlaştığı ülkeler olan Çin, Türkiye, Hindistan ve Brezilya bu talep zincirinde gelecekte önemli bir rol oynayacaktır (İlhan vd. 2020).

Çizelge 2.1 Ülkelerin 2011 - 2019 yılları arası grafit üretimi (ton).

Üretim yılı	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Toplam Üretim (t)	Rezerv (t)
Çin	800.	800.	750.	780.	780.	780.	780.	630.	700.	6.800	73.000.000
Hindistan	150.	160.	170.	170.	170.	170.	150.	35.	35.	1.210	8.000.000
Brezilya	73.	110.	95.	80.	80.	80.	95.	95.	96.	804.	72.000.000
Kanada	25.	25.	20.	30.	30.	21.	30.	40.	40.	261.	
Kuzey Kore	30.	30.	30.	30.	30.	30.	6.0	6.0	6.0	198.	2.000.000
Madagaskar	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	8.0	7.0	46.	47.	130.	1.600.000
Rusya	-	-	14.	15.	15.	15.	19.	25.	25.	128.	
Türkiye	10.	5.0	5.0	29.	32.	32.	4.0	2.0	2.0	121.	
Meksika	7.0	8.0	7.0	22.	22.	22.	4.0	9.0	9.0	110.	3.100.000
Ukrayna	6.0	6.0	6.0	5.0	5.0	5.0	15.	20.	20.	88.	
Norveç	2.0	2.0	2.0	8.0	8.0	8.0	8.0	16.	16.	70.	600.000
Pakistan	-	-	-	-	-	14.	14.	14.	14.	56.	
Zimbabve	-	6.0	4.0	7.0	7.0	7.0	6.0	2.0	2.0	41.	

Kaynak: Avrupa İçin Yeni Bir Kaynak, Türkiye Grafit Oluşumları

2.1.6 Türkiye Grafit Yatakları

Türkiye'de bulunan grafitlerin tamamına yakını, dünyadaki "amorf" grafit sınıflamasına girmektedir ve çoğu kayaç içerisinde dissemine halde dağılmış mikrokristalen özellikte oluşumlardır. Yozgat, Adıyaman ve İnebolu grafit oluşumlarının, Türkiye'nin en iyi grafitleşmiş karbonunu içeren bölgelerdir. Bandırma, Kütahya ve Muğla'daki oluşumların da yer yer grafit varan özellikleri gösterdiği ama daha ziyade, "semigrafit" - "metaantrasit" özellikleri arasında geçişler gösteren oluşumlar olduğu, MTA Laboratuvarlarında değişik zamanlarda yapılan analizler sonucu belirlenmiştir. Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinde görülen grafit benzer diğer oluşumlar; organik maddelerin nispeten daha az metamorfizmaya maruz kalmış "metaantrasit" kömürleşme derecesindeki oluşumlardır (Şekil 2.2).

Türkiye'deki mevcut grafit yataklarının çok azı ekonomik açıdan önemli olup, bunların da Ülkemizin mevcut teknolojisi ile zenginleştirme problemleri vardır. Bu yüzden, tenörünün yüksek olması gerekmeyen alanlarda, mevcut zenginleştirme yöntemleriyle cevherin zenginleşebildiği oranla veya orijinal cevherin kullanılabilmesinin mümkün olabildiği alanlarda kullanılabilir. Bilinen grafit yataklarının çoğunda rezerv etütleri tam anlamıyla yapılamadıkları için; bütün yatakların görünür rezervlerin hesaplanabilmesi mümkün olamamaktadır. Fakat bunlardan ümit vadeden grafit yataklarının yeri, rezervi ve tenörü (% C içeriği) hakkındaki bilgiler ve yaklaşık değerler Çizelge 2.2'te gösterilmektedir (Ağrı ve Toprak 2001).



Şekil 2.2 Türkiye'de bulunan grafit yatakları (Çuhadaroglu ve Kara 2018).

Çizelge 2.2 Türkiye'nin başlıca grafit zuhurları.

Yeri	Rezerv (Ton)	Yataktaki Ortalama Tenör (% C)
Yozgat - Akdağmadeni	100 000 den az	45 civarı
İnebolu - Abana	Saptanamadı	60 civarı
Aydın - Germencik - Habipler	150 000	10
İzmir - Tire - Karamersin	150 000	8
İzmir - Tire - Çeşme	200 000	6
İzmir - Tire - Başköy	150 000	10
İstanbul - Çatalca - Domuzderesi	150 000	30
Mersin - Anamur - Bozyazı	500 000	35
Adıyaman - Sincik	Bilinmiyor	45 civarı
Muğla - Milas *	30 000 civarı	10 civarı
Kütahya - Altıntaş (iki saha)*	130 000	20 civarı

* İşletilme yapılan sahaların verilerinden Kaynak:Ağrılı ve Toprak 2001.

Grafit arama çalışmaları Ülkemizde 1941 yılında başlanmıştır. Birçok ruhsatlı veya ruhsatsız alan için grafit tanımlamaları yapılmış, 20'yi aşkın bölgede ekonomik değere sahip, grafit yatağının varlığı belirlenmiştir.

Türkiye'de keşfedilen başlıca grafit yatakları; Kırklareli, Balıkesir - Susurluk, Kahramanmaraş - Göksun, Kastamonu, Kütahya - Oysu, Muğla - Milas, Bingöl - Genç, Konya, Adıyaman –Sincik ve Yozgat - Akdağmadeni yatak ve zuhurlarıdır. Bu yataklardan başka, Orta Anadolu'da yer alan ve henüz grafitleşme aşamalarını tamamlamamış genç volkanik faaliyetlerin etkisi altında kalan bazı meta-antrasit yatakları ve hala keşfedilmemiş yatak veya zuhur vardır. (Çizelge 2.3.).

Çizelge 2.3 Türkiye'de bulunan grafit yatakları ve oluşumları.

Yeri	Tip	Kaynak / Rezerv	Ana Kayaç	Durumu
Oysu (Kütahya)	Amorf	7.2 Mt - %20 C	Metamorfik	Aktif maden
Milas (Muğla)	Amorf	500 Kt - %10 C	Metamorfik	Eski Maden
Susurluk (Balıkesir)	Kristal	Bilinmiyor	Metamorfik- Sokulum	Zuhur
Tire (İzmir)	Amorf	350 Kt - <%10 C	Metamorfik	Zuhur
Sincik (Adıyaman)	Amorf	30 Kt - %45 C	Metamorfik	Zuhur
Akdağmadeni (Yozgat)	Kristal	100 Kt - %45 C	Metamorfik	Zuhur
Anday (İnebolu)	Amorf	%60 C, Bilinmiyor	Metamorfik	Zuhur
Derbent (Konya)	Amorf	Bilinmiyor	Metamorfik	Zuhur
Doğanyurt (Kastamonu)	Amorf	Bilinmiyor	Metamorfik	Araştırma
Göksun (Kahramanmaraş)	Amorf	Bilinmiyor	Metamorfik	Araştırma

Kaynak : Ağrılı ve Toprak 2001

Türkiye'nin aktif işletilen grafit madeni Kütahya - Oysu yatağı, Kütahya ilinin güney bölümünde yer almaktadır. 1990'lı yılların başında başlayan maden işletmesi, 1993 ile 2004 yılları arasında teknolojik ve ekonomik sebeplerden üretim askıya alınmıştır. 2004 yılından sonra grafit talebinin artması nedeniyle Oysu yatağında grafit flotasyon sürecinin yeniden kurulmasına neden olmuştur. Oysu yatağındaki grafit mineralizasyonu, yüksek basınç ve yüksek sıcaklık koşullarını gösteren amfibolit, şist, kuvarsit, gnays ve mermerden oluşan Üst Paleozoik yaşlı Emirgazi Formasyonu'nda bulunmaktadır. Amorf grafit mineralizasyonu, metamorfik tabakalar halinde yayılmış olarak bulunur. Güçlü tektonik deformasyon sebebiyle, cevher zonları genellikle süreksizdir ve cevher kalınlığı 5-10 metre arasında gelişim göstermektedir. Yatak 7,2 milyon ton grafit cevheri (JORC vd.) ve potansiyel olarak 125 milyon ton grafit cevheri içermektedir. Bölgedeki cevher işletmesinin 992 yılından bu yana özel bir şirkete ait olup, grafit mineralizasyonunun daha derinlerde (225 m'den fazla) varlığından ve 15 yıllık maden ömrünün bulunduğu bahsedilmektedir.

Menderes Masifi içerisinde yer alan Muğla-Milas grafit yatağı; amfibolit gnays ve şist birimleri tarafından barındırılan başka bir grafit cevherleşmesidir. Grafit yatağı özel bir Türk şirketi tarafından 1990'lı yılların başında işletilmiştir.

Kastamonu-Doğanyurt yatağı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından 2017 yılında keşfedilen yeni grafit cevherleşmesine sahiptir. Yapılan sondaj çalışmaları neticesinde granodiyorit, gnays ve granitik gnays içinde grafit bakımından zengin tabakalar tanımlanmıştır. Grafit yatağının fizibilite çalışmaları günümüzde devam etmektedir.

Balıkesir - Susurluk grafit cevherleri iri kristalli oldukları için, Türkiye'de en iyi kaliteye sahip grafitlerdir. Grafitlerin mineral oluşumları, genellikle kuvvetli deforme olmuş metamorfik kayalar içerisinde granitik sokulumlarla oluşmaktadır. Karbon dereceleri genellikle %70'in üzerinde olmasına rağmen İzmir – Bursa karayoluna çok yakın konumda olduğu için maden işletmelerine izin verilmeyecek seviyededir. Ayrıca Balıkesir'in Susurluk ilçesinde çok sayıda kaba kristal grafit oluşumu bulunduğu için, bölgede yeni bir yatakların olma olasılığını arttırmaktadır. Paleozoik yaşlı amfibolitik metamorfik kayalar üzerinde çok sayıda grafit oluşumları hala yeni keşiflere açıktır.

Türkiye'nin doğusunda son zamanlardaki grafit oluşumları incelendiğinde cevherleşmenin gizli potansiyelini göstermektedir. Türkiye'nin Batısında bulunan Menderes Masifindeki metamorfik kayaları aktif grafit madenciliğine olanak sağlar. Ayrıca masifte bulunan metamorfik kayalar incelendiğinde potansiyel olarak çok fazla grafit yatağının var olabileceğine işaret etmektedir (Çuhadaroglu ve Kara 2018).

Türkiye grafit üretimi incelendiğinde, Dünya pazarında rekabetçi değildir. Grafit ihtiyacımız genellikle diğer ülkelerden ithal edilerek karşılanmaktadır. Ülkemizin resmi rakamları incelendiğinde yılda 11 000 ton grafit ithal edilmiş olup; bunun karşılığında 10 milyon ABD doları ödenmektedir (Çizelge 2.4). İthalatımızın tamamı Çin ve Avrupa Ülkelerinden gerçekleştirilmektedir. İthal edilen grafit, ülkemizde boya, döküm, madeni yağlar, refrakter endüstrileri ve kalem imalatında kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde grafit madenciliğinde yeni teknolojik yöntemler uygulandığı için, çok daha düşük kalitelerdeki cevherleşmeler ile çalışabilir ve zenginleştirilebilir grafit üretimi yapılmaktadır. Avrupa ülkelerinin, Ülkemizden ithal ettiği grafitlerin uç ürün olarak çok daha yüksek fiyatlarla geri döndüğü madencilik sektörümüz tarafından bilinmektedir (Çuhadaroglu ve Kara 2018).

Çizelge 2.4 Türkiye'nin Grafit İthalatı ve İhracat değerleri.

Yıllar	İthalat		İhracat	
	Miktar (kg)	Değer (USD \$)	Miktar (kg)	Değer (USD \$)
2010	11.191.006	8.360.945	220.431	182.214
2011	13.138.032	18.037.589	761.016	983.449
2012	8.170.666	11.268.434	766.132	1.011.839
2013	11.774.936	12.421.665	835.604	1.270.338
2014	8.796.160	8.578.088	662.930	960.505
2015	9.097.408	8.302.168	618.081	758.679
2016	10.846.233	8.824.929	862.167	613.900
2017	13.512.528	11.330.838	1.291.397	966.720
2018	11.093.698	11.839.649	1.624.141	1.291.450

Kaynak : Ağrılı ve Toprak 2001.

Ayrıca sabit karbon oranı yüksek, bazı metaantrasit oluşumları bulunmakta olup yurt içi piyasasına grafit adı altında sunulmaktadır. Bu karbonlu malzemelerin herhangi bir ekonomik değeri olmaması sebebiyle, rezerv durumları hakkında çalışma yapılmamıştır.

2.1.7 Grafitlerin Teknolojik Özellikleri

Grafitleri zenginleştirmek için çeşitli metodlar kullanılmaktadır. Dünyada elle zenginleştirme yöntemiyle basit olarak grafit üretimi çok az yerde uygulanmaktadır (Örn. Seylan). Nadir olarak uygulanan bu metodlar sonucu % 10-80 C içeren grafitler %60-95 C oranına yükselmektedir. Kuru zenginleştirme metodları kullanıldığında, 1 mm, boyutuna getirilen numune, döner fırınlarda ısıtılma tabi tutulduktan sonra pMt ayrılmakta, toz halinde öğütülüp, elendikten sonra saf grafitte ulaşılmaktadır. Yaş zenginleştirme metodlarında ise, grafit numunesi ıslak olarak öğütülüp elendikten sonra suyu alınarak ısıtılmaktadır. Flotasyon metodlarında, özellikle Almanya'da kresollu linyit artıkları flotasyon malzemesi olarak kullanılmaktadır (Yersel 1978).

2.1.8 Grafit Zenginleştirme Teknolojisi

İç ve dış piyasa tarafından tenörü yüksek grafit ürünlerine olan talebin artması, grafit mineralizasyonu içerisindeki yabancı maddeleri ortamdan uzaklaştırmak için çeşitli yöntemlerin geliştirilmesini sağlamıştır. Grafit ürünlerini üretmek ve zenginleştirmek için çeşitli reaktifler ile ayırma, ufalama, liç, yüzdürme ve alkali kavurma işlemleri uygulanır (Çuhadaroğlu ve Kara 2018).

Ticari uygulamalarda grafit ürünlerinin boyutu ve derecesi önemli parametreler arasında bulunmaktadır. Ekonomik değer açısından büyük pulların miktarını en üst seviyeye çıkarmak önemlidir. Bu nedenle pul boyutlarını küçültecek işlemleri en az seviyede uygulamak gerekmektedir. Serbest kalan grafit doğal olarak su geçirmezdir ve yüzdürülebilir. Ürün kalitesi artırmak ve geri kazanımı üst seviyeye çıkarmak için grafit cevherlerinin zenginleştirilmesi sırasında arta kalan kirliliklerin en düşük maliyetle bertaraf edilebilmesi için dikkatli bir değerlendirme gereklidir (Çuhadaroğlu ve Kara 2018).

Türkiye’de bulunan grafit oluşumlarının dezavantajı saçınım halde küçük formlar halinde bulunmaları ve küçük taneli inorganik materyaller içinde bulunmalarından kaynaklanmaktadır. Türkiye’de bulunan teknolojik olanaklarla öğütme maliyetli olduğu için, malzemeleri birbirinden ayırmak zor görünmektedir (Çuhadaroğlu ve Kara 2018).

Grafit örneklerinin zenginleştirme metodlarından olan yüzdürme ile zenginleştirilmesi sırasında kritik girdiler; bastırıcının miktarı, yüzdürme zamanı, köpürtücü miktarı, yüzdürmenin pH’ı, katı oranı ve parçacıkların büyüklüğü, toplayıcının miktarı şeklinde sıralanabilir. Dünyada kömür temizliği için kullanılan yoğun ortam ayırma (DMS) yöntemi, en etkili endüstriyel yerçekimi tabanlı ayırıcıdır. Genellikle, daha yüksek karbon içeriğine sahip ve daha az gang mineralleri içeren grafit, daha düşük yoğunluğa sahiptir ve DMS’de yüzmeye meyillidir. Grafit cevherleri için özel olarak üretimi yapılan bazı reaktif setleri de bazı firmalar tarafından farklı grafit sahalarında başarıyla test edilerek kullanılmaktadır (Çuhadaroğlu ve Kara 2018).

Türkiye'de cevher zenginleştirme işleminde uygulanan yaygın yöntemlerden biri flotasyon yöntemidir. Flotasyon işlemine ek olarak, asit liç veya alkali pişirme yöntemleri de kullanılmaktadır. Bu yöntemler Balıkesir- Demirkapı Muğla - Milas, Kütahya - Oysu Yozgat - Akdağmadeni, Konya – Derbent ve Kastamonu - İnebolu, gibi bazı grafit yataklarında uygulanmıştır (Çuhadaroğlu ve Kara 2018).

Flotasyon yönteminden sonra yüksek saflıkta grafit üretmek için uygulanan en yaygın liçing yöntemiyle yapılan kimyasal saflaştırma tekniğidir. Kalan yabancı maddelere bağlı olarak, HF, HCl, HNO₃ ve H₂SO₄ gibi farklı asitler veya bunların bir karışımı kullanılabilir. Alkali pişirme yöntemi sülfürleri ve silikatları grafit konsantrelerinden ayırmak için etkili bir yöntemdir. Sülfitlerin grafit mineralizasyonundan uzaklaştırılmasında yüksek sıcaklıkta (500°C'nin üzerinde) alkali pişirme, etkili olmaktadır (Çuhadaroğlu ve Kara 2018).

Muğla-Milas grafit cevherinin flotasyon işlemi sürecinde 1999 yılında yapılan bir çalışmada; toplayıcının erken aşamada kullanılmasının etkisi üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Akaryakıt ve gazyağı karışımı bir bastırıcı reaktif madde olarak kullanılırken köpürtme maddesi olarak Na₂SiO₃ kullanılmıştır. Deneyler, temel flotasyon, üç aşamalı temizleme ve tek aşamalı tarama devresi ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan yüzdürme testlerinde Milas-Yaylıdere cevherinin yüzdürme ile zenginleştirildiğinde % 90-92 C ile konsantre edildiğini göstermiştir (Çuhadaroğlu ve Kara 2018).

2001 yılında yapılan çalışmada iki sıvılı flotasyon yöntemini kullanarak Yozgat-Akdağmadeni grafitlerinin zenginleştirilmesi incelenmiştir. Gazyağı toplayıcı olarak kullanılmış ve reaktif dozu, toz (pulp) yoğunluğu, pH, karıştırma hızı parametreleri ve yüzdürme süresi etkileri de araştırılmıştır. Çok aşamalı testler sonucunda, birinci ekstraksiyon aşamasında %55,24 geri kazanımı ile %30,80 C konsantresi ve ikinci aşamada %11,62'lik göreceli daha düşük geri kazanımı ile %67,71 C konsantresi elde edilmiştir (Çuhadaroğlu ve Kara 2018).

2006 yılında MTA tarafından Kütahya-Altıntaş Kastamonu-İnebolu, Balıkesir-Demirkapı, Yozgat-Akdağmadeni ve Konya-Coraklıdere grafit cevherleri üzerinde çalışılmıştır. Numunelere yüzdürme uygulanarak optimum koşullar altında elde edilen yüzdürme ön konsantreleri iki aşamada zenginleştirilmiştir. İlk aşamada, ağır ortam ile zenginleştirme çalışmaları ve ikinci aşamada, NaOH ile doğrudan asit liç ve pişirme, ardından su ve asit liçi uygulanmıştır. Yüzdürme deneylerinde, gazyağı toplayıcı olarak, bir bastırıcı olarak da sodyum silikat (Na_2SiO_3), bir köpürtücü olarak çam yağı kullanılmıştır. PH, katı oran ve tane büyüklüğünün etkileri kapsamlı olarak araştırılmıştır. Sonuçlar, asit özütleme ve alkali pişirme işleminin kısmi dereceli verimle sonuçlandığını, ağır ortam yönteminin başarılı olmadığını göstermiştir (Çuhadaroğlu ve Kara 2018).

Balıkesir-Demirkapı iri taneli grafit cevherinin zenginleşmesi amacı ile 2006 yılında yapılan bir çalışmada, aşındırıcı, karıştırma ve flotasyon metodları uygulanmıştır. Gang minerallerini önlemek için gazyağı toplayıcı olarak, çam yağı köpürtücü olarak ve sodyum silikat bastırıcı olarak kullanılmıştır. Çalışmada sonucunda, toplam karbon malzemelerinin %84,43'ünün %97,27 verim ile elde edilebileceği anlaşılmıştır (Çuhadaroğlu ve Kara 2018).

Kütahya-Oysu'da aktif olarak bulunan grafit madeninde yüzdürme parametrelerini geliştirmeyi amaçlayan yapılan çalışmada ortam cevher tane büyüklüğü, pH değeri, toplayıcı, baskılayıcı, ve köpük miktarlarının etkileri incelenmiştir. Yapılan deneyler neticesinde, grafit cevherinin verimli yüzdürülmesi için optimum cevher tane boyutunun -300 mikron olduğu; bu boyutun altında kalan, grafitin gang minerallerinin yüzeyine sıvalı olduğu ve konsantre derecesinde bir düşüşe neden olduğu belirlenmiştir. Temizleme ve süpürme işlemlerinden sonra laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen yüzdürme deneylerinde, son konsantrasyonda %71,59 yüzdürme verimi ve %76,89 organik karbon içeriği elde edilmiştir. Ayrıca Anamur-Bozyazı bölgesinin grafit cevherine bir dizi liç işlemi uygulanmıştır. Deneyler, grafitte çoğunlukla CaCO_3 olan gang minerallerini eriterek grafitin zenginleştirilmesine dayanmaktadır. HCl

konsantrasyonu, liç süresi, katı oranı, ve tane büyüklüğü etkili parametreler olup, bu parametrelerin etkileri araştırılmıştır (Çuhadaroglu ve Kara 2018).

2.1.9 Grafitlerin Kullanım Alanları

Doğal grafit, tek başına veya belirli oranlarda diğer bazı malzemelerle karıştırılıp, şekil verilerek, çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Grafitin kullanılmasında grafitin saflığını belirleyen parametrelerden olan sabit karbon veya kül içeriği yüzdesi kullanım alanların saptanmasında yardımcı olur. En saf grafitin kuru pillerde, elektrik bataryalarında, çelik sanayii ve elektrometalurji sanayiinde, kalem yapımında, elektrikli cihazlardaki elektrotlarda, ve atomik grafit olarak reaktörlerde kullanılmasına karşın, daha az saflıkta olan grafitler boyacılıkta, fırınlarda refrakter macunları yapımında, refrakter kaplamalarda, dökümcülükte ve daha birçok alanda kullanılmaktadır (İnt. Kyn. 5).

Genellikle grafitin kullanım alanına göre, şekli belirtilmemesine karşın, pota gibi şekillendirilmiş refrakterlerin yapımında, üstün özellikleri sebebiyle, pul şeklindeki grafit türleri; diğer tüketim alanlarında ise, ekonomik nedenlerden kaynaklı, küçük kristaller halindeki yani amorf, olduğu kayaç içerisinde disemine halde bulunan grafit tercih edilmektedir (İnt. Kyn. 5).

Bugün, birçok alanda yapay grafitte göre doğal grafit tercih edilmektedir. Bunun en önemli nedeni, yüksek sıcaklığa dayanıklılığı ve 2500 °C sıcaklıkta doğal grafitte daha az sünme özelliğine sahip olmasıdır (İnt. Kyn. 5.)

Yapay grafit elektrod yapımında kullanılmaktadır. Bu sebeple, elektrotlarda fiziksel özellikler yanında kimyasal olarak da, belli sınırların üzerinde empürite istenmemektedir. Yapay grafit üretimi esnasında empürite kontrolü kolaydır. Bu nedenle demirin karbon oranını artırmak amacıyla yüksek dereceli saf yapay grafit kullanılmaktadır (Çizelge 2.5.).

Çizelge 2.5 Grafitin Kullanım Alanları.

GRAFİTİN KULLANIM ALANLARI

A. Refrakter (veya dayanıklılık) olarak

- | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1. Soba Boyaları | 2. Elektrodlar | 3. Potalar |
| 4. Yatay Mufl Fırınları (Retort) | 5. Refrakter Tuğlalar | 6. Döküm Boyaları |

B. İletkenlik olarak

- | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1. Motor ve Jeneratör Fırçaları | 2. Pil Tozları | 3. Fren Astarları |
| 4. Elektrodlar | 5. Basım (Electro - Typing) | 6. Isı Değiştiriciler |

C. Karbon verici olarak

- | | | |
|----------------------------|--------------------|-------------------------|
| 1. Karbon Yükseltici | 2. İzabe İşlemleri | 3. Nükleer Moderatörler |
| 4. (Nötron Yavaşlatıcılar) | | |

D. Yağlayıcı olarak

- | | | |
|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. Yağlayıcılar | 2. Motor ve Jeneratör Fırçaları | 3. Barut Cılası |
| 4. Lastikler | 5. Kurşun Kalemli | 6. Yataklar |
| 7. Tohum ve gübre kaplama | 8. Fren Astarları | 9. Piston halkaları (Segmanlar) |
| 10. Motor gömlekleri | | |

E. Kimyasal asallık olarak

- | | | |
|-----------------|-------------------|-------------------|
| 1. Contalar | 2. Yapıştırıcılar | 3. Boyalar |
| 4. Refraktörler | 5. Pil karbonları | 6. Döküm Boyaları |
-

Kaynak: İnt Kaynak 5.

2.2 Jeolojik Çalışmalar

Cameron (1960), ABD Hükümet Baskı Ofisi tarafından yayımlanan Jeolojik Araştırma Bülteninde; grafit hakkında geniş araştırma yapılmıştır. Amerika'da bulunan grafit yatakları, rezervleri ve bunların oluşumları hakkında bilgi verilmiştir. Grafitin mineralojisi, türleri ve kullanım alanlarından ayrıntılı olarak bahsedilmiş olup, oluştuğu alanlar verilmiştir. Amerika için grafit temininin stratejik öneminden bahsedilmiştir.

Dinçer (1987), MTA tarafından hazırlanan Afyon İli-Merkez İlçesi Akhisar ve Gökçeyayla Köyleri Grafit Sahasının raporunda Kezban Alanı ve Elma Deresinde bulunan metamorfik kayalar arasında gözlenen grafitler incelenmiştir. Söz konusu

alanlarda çeşitli sondaj ve yarma çalışmaları yapılmış olup günün teknolojisinde işletmenin ekonomik olmayacağı belirtilmiştir.

Kırbaş (1997), Yozgat – Akdağmadeni grafitlerinin iki sıvı flotasyonu ile zenginleştirilmesi incelenmiş olup; yapılan deney sonucunda %11,62 verimle (beslemeye göre) %67,71 karbon tenörlü konsantre kazanılmıştır.

Anonim (2002), Kuzey Norveç, Vesteralen, Jennestad bölgesindeki grafit yataklarının keşfi, jeolojisi ve karakteri incelenmiştir. Yapılan helikopter, yüzey araştırması, jeofizik, haritalama ve hendek açma çalışmalarında çeşitli boyutlarda 30 civarında grafit şist gövdesi tespit edilmiştir. Bu alanlarda yaklaşık 250.000 ton %20 tenörlü grafit bulunmaktadır. Bu alanlardan alınan numuneler üzerinde zenginleştirme işlemi yapıldığında %89 ile 97 arasında karbon oranına yükseltilebilmektedir.

Satish Kumar vd. (2000), Doğu Antarktika'daki Lutzow-Holm Körfezi'nin Skallen bölgesindeki granülit fasiyesi mermer toplulukları içerisindeki grafitleri incelenmiştir. Grafitlerin oluşumlarında basınç ve sıcaklık değerlerine göre dokusal özellikleri çeşitlilik göstermekte olup; içerisindeki karbon oranları değişiklik göstermektedir.

Gautneb, Tveten E. (2000) Kuzey Norveç, Vesteralen, Jennestad bölgesindeki grafit yataklarının jeolojisi, keşfi ve karakterizasyonunu incelemişlerdir. Bölgedeki grafit zuhurları kömürlü kayalar ve grafitler tarafından sokulan amfibolitler ve piroksen gnayslar ile ilişkilidir. Grafit şistler %40'a kadar karbon içerir ve bölgedeki kıvrımlara bağlı olarak mercekler olarak ortaya çıkar. Ayrıca ince kesitte kuvars, plajiolaz, K-feldispat, biyotit ve ortapiroksen gibi gang mineralleri gözlenmiştir.

Yavuz (2000), Muğla – Milas yöresinde bulunan grafitler incelenmiştir. Tezde grafitin Türkiye ve Dünya rezervleri ayrıntılı şekilde incelenmiş olup; deneysel çalışmalarda flotasyon, kolon flotasyonu, sallanıtılı masa, multi – gravite seperatörü, asit liçi ve termal yöntemlerle grafit zenginleştirilebilmesi incelenmiştir.

Ağrılı (2001), Grafitin 2. Dünya savaşıdan önce 250 bin ton civarında olan dünya üretiminin 2001 yılında 500 bin ton civarına ulaştığı ve gün geçtikçe üretimin ve tüketimin hızla arttığı belirtilmiştir. Bu çalışmada grafitin çeşitleri ve özellikleri anlatılarak Türkiye ve Dünya rezervlerinden bahsedilmiş olup, Türkiye'deki grafit yataklarının teknolojiden yararlanılarak araştırılması ve işletilmesinin öneminden bahsedilmektedir.

Perraki vd. (2006), Yunanistan'ın kuzeydoğusundaki disten-biyotit-granat şistlerinden elde edilen granat porfiroblastlardaki karbon kapanımlarına Raman mikro-spektroskopi uygulandı. Kötü ve yüksek düzenli grafitten elmas ve küpoidler, ya tek fazlı kapanımlar olarak ya da CO₂ ve / veya karbonatlar ile birlikte çok fazlı kapanımlar olarak tanımlanmıştır. Diğer karbon fazlarına atanabilen şüpheli Raman bantları gözlemlenmiştir.

Sanyal vd. (2009) Hindistan'ın Orissa eyaletindeki Eastern Ghats Mobile Belt'in farklı konumlarından alınan grafit örnekleri incelenerek, numunelere izotrop deneyi yapılmıştır. Yapılan izotrop deneyinde $\delta^{13}\text{C}$ değerleri %2 C ile %26 C arasında değişmektedir. Alınan örneklerin altmış birinden kırkdördünün %20 C daha düşük $\delta^{13}\text{C}$ sahiptir. Bu oranlardan çıkarılan sonuç burada bulunan karbonun organik maddenin grafitleşmesinden kaynaklanmaktadır.

Popova, İsmagilov (2015) “Kömür Katranı Hattının Düşük Sıcaklıkta Grafitleştirilmesiyle Elde Edilen Grafitlerin ve Karbon Malzemelerin Yapısının XRD Karakterizasyonu” başlığı ile yayımladıkları makalede Katalizör olarak demir tuzu, iğne kok, köpüklü grafit ile kömür katranı ziftinin düşük sıcaklıkta katalitik grafitleştirilmesi ile elde edilen bazı ticari grafit ve karbon malzemelerin (CM) yapısı incelenmiştir. Çalışma, taban düzleminden yansımalar ve farklı XRD özelliklerine sahip grafitin yapısal fazlarına karşılık gelen iki bileşene ayrıştırılmasıyla X-ışını kırınım tekniği kullanılarak gerçekleştirildi. Yapısal faz oranı, bu fazlardaki poliaren tabakaları arasındaki mesafe ve koherent saçılma bölgelerinin boyutları açısından çeşitli CM'ler karşılaştırıldı. (004) yansıması, (002) yansımasından hesaplamaya kıyasla grafitlerin bazı özelliklerinin hesaplanan XRD özelliklerine daha iyi uymasını sağladı. İncelenen

katalizör ilaveleri ile kömür katranı zifti karbonizasyonu durumunda, hazırlanan karbon malzemeleri, tek tek ziftin diğer karbonizasyon durumuna göre daha yüksek bir grafitleşme derecesine ve daha büyük bir kristalit boyutuna sahiptir. Birleşik Devletler Jeolojik araştırmalar bölümünde 2017 yılında yayınlanan makaleye göre günümüzde doğal grafitin metamorfikler arasında bulunmaktadır. Dünya üzerinde doğal grafitin en büyük üretici olarak bulunan Çin'in gün geçtikçe pazardaki payına artıracığı düşünülmektedir. Ayrıca; grafit madenciliğini metamorfik alanlarda yapılacağından bahsedilmekte olup, grafit madeni açık ve kapalı işletme yöntemiyle işletilebilmektedir.

Popova (2017), grafitin X ışını kırılımıyla analiz yönteminin yaygın olarak uygulanmaktadır. Grafit tek bir kristal olmadığı ve tek bir mineral olmadığı belirlenmiştir. İncelenen örneklerde grafitten başka büyük ölçüde yapılandırılmamış karbon fazlarında bulunmaktadır.

Çuhadaroglu (2018) Grafitin mükemmel ısı ve elektrik iletkenliği, ısı ve asitlere dayanıklılık gibi önemli özelliklerinden dolayı stratejik hammaddeler arasında yerini aldığından bahsetmektedir. Ayrıca grafitin üretimi, tüketimi ve dünya ve ülkemizde zenginleştirme teknolojileri hakkında bilgi verilmiştir.

Sun vd. (2018), Çin'de bulunan grafit yataklarının Heilongjiang, Inner Mongolia, Sichuan, Shanxi ve Shandong'da bulunduğu belirtmiştir. Bu grafit yataklarının bölgesel metamorfik tip, temas metamorfik tip ve hidrotermal tip olmak üzere başlıca üç genetik tip olarak oluşmaktadır. Grafit yataklarının jeolojisi çalışmalarına dayalı olarak Çin'deki metalojenik düzenlilik ve 15 metalojenik kuşağın olduğunu söylemektedir.

Manoel , Leite (2018), Brezilya Mato Grosso eyaletindeki Brasilandia kasabasının kuzeydoğusunda yer alan Peresopolis grafit yatağında bulunan karbonlu fillitler içerisinde bulunan grafitleri incelemiştir. Peresopolis grafit fillitlerinden alınan numuneler XRD analizi yapılması sonucu içerisinde kuvars, serisit, albit, kalsit, grafit karbon ve opak minerallerden oluşan ince taneli kayaç olarak tanımlanmıştır.

Palosaari vd. (2020) Finlandiya Piippumali bölgeseinde bulunan pul grafit oluşumları incelemiştir. Bölgeden alınan pulsu grafitler SEM, XRD ve Raman spektroskopisi yöntemleriyle incelenmiştir. Yeşil şist fasiyesinde oluşan grafit örnekleri yaklaşık 5h bar ve 750⁰C’de oluşmuştur. Yapılan deneyler sonucunda pul grafitin kalitesi yüksek olarak tespit edilmiştir.

Konuk vd. (2021) Doğal grafit ihracatı yoğunlaşmasının ekonomik büyüme üzerindeki etkileri isimli makalesinde; ülkelerin ihracat yoğunlaşması azaldıkça ekonomik büyümenin artması gerektiği hipotezi grafit ihracatı için geçerli olmadığından bahsetmiştir. Bu makalede zengin pul grafit rezervinin fazla bulunması ve işçilik ücretlerinin düşük olması sebebiyle ÇİN’in piyasada önemli bir aktör olarak yer almaktadır. Ayrıca grafit, kritik hammaddeler içerisinde sınıflandığı için; Amerika ihracatını tamamen durdurmuş olup ithal etmektedir. Çin, Hindistan gibi ülkeler grafit ihracatı için ek vergiler uygulamaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

Çalışma yöntemleri arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olarak yapılmıştır. Bu çalışmalara ait detaylı bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.1 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarının sağlıklı yürütülebilmesi için grafitin genel özellikleri ve arazi çalışmasının yapılacağı proje alanı hakkında literatür bilgileri araştırılarak yapılan büro çalışmalarında, grafitin bulunduğu damarlar ve çevresindeki kayaçlar hakkında genel bir bilgi edinilmiştir.

İnceleme alanında yürütülen arazi çalışmaları 3 bölgede yoğunlaştırılmıştır. Bu bölgeler sırasıyla Ataklı Deresi, Elma Deresi ve Kezban Alanı'dır (Resim 3.1 a-d). Arazi çalışmaları sırasında bu lokasyonlardan 6 adet şist 3 adet mermer, 1 adet kireçtaşı ve 25 adet grafit içeren metamorfik kayaç örneği olmak üzere toplam 35 adet örnek alınmıştır (Resim 3.1;Çizelge 3. 1).



Resim 3.1 Arazi çalışması ve örnek alımı.

Çizelge 3.1 İnceleme alınan örnekler.

NO	Örnek Kodu	Lokasyon Adı	Örnek	Koordinatlar	
				Sağa (Y)	Yukarı (X)
1	Kgf1	Kezban Alanı	Grafit		
2	Kgf2	Kezban Alanı	Grafit		
3	Kgf3	Kezban Alanı	Grafit		
4	Kgf4	Kezban Alanı	Grafit	4326853	302778
5	Ks1	Kezban Alanı	Şist		
6	Ks2	Kezban Alanı	Şist		
7	Ks3	Kezban Alanı	Şist		
8	Kgf5	Kezban Alanı	Grafit	4326883	30279
9	Kgf6	Kezban Alanı	Grafit	4326884	302803
10	Kgf7	Kezban Alanı	Grafit	4326880	302804
11	Es4	Elma Deresi	Şist	4326590	304667
12	Egf1	Elma Deresi	Grafit	4326573	304665
13	Egf2	Elma Deresi	Grafit	4827	26939
14	Egf3	Elma Deresi	Grafit	4827	26939
15	Egf4	Elma Deresi	Grafit	4827	26939
16	Egf5	Elma Deresi	Grafit	4326600	304673
17	Egf6	Elma Deresi	Grafit	4326583	304668
18	Agf1	Ataklı Deresi	Grafit	4330902	301263
19	Agf2	Ataklı Deresi	Grafit	4330902	301263
20	Agf3	Ataklı Deresi	Grafit	4330902	301263
21	Agf4	Ataklı Deresi	Grafit	4330902	301263
22	Agf5	Ataklı Deresi	Grafit	4330902	301263
23	Agf6	Ataklı Deresi	Grafit	4330902	301263
24	Agf7	Ataklı Deresi	Grafit	4330902	301263
25	Agf8	Ataklı Deresi	Grafit	4330902	301263
26	Agf9	Ataklı Deresi	Grafit	4330902	301263
27	As1	Ataklı Deresi	Şist	4330902	301263
28	Agf10	Ataklı Deresi	Grafit	4330902	301263
29	Agf11	Ataklı Deresi	Grafit	4330902	301263
30	As2	Ataklı Deresi	Şist	4330902	301263
31	Agf12	Ataklı Deresi	Grafit	4330902	301263
32	Akçt1	Ataklı Deresi	Kireçtaşı	4331624	301277
33	Emr2	Elma Deresi	Mermer	4327043	304956
34	Emr3	Elma Deresi	Mermer	4326710	304662
35	Emr4	Elma Deresi	Mermer	4326961	304868

3.2 Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmalarında alınan örnekler üzerinde çeşitli deney ve incelemeler gerçekleştirilmiştir.

3.2.1 Mineraloji ve Petrografik İncelemeler

3.2.1.1 Polarizan Mikroskop Çalışmaları

Polarizan mikroskop, “Çapraz Nikol” olarak adlandırılan, iki polarizasyon sisteminin bulunduğu mikroskoptur. Bu nikollerden biri (polarizör) ışık kaynağının hemen üstünde ve mikroskop tablasının altında, ışığın geliş yönüne dik olarak ve tek yönde titreşmesini sağlayan, yani ışığı polarize eden bir polarizör bulunmaktadır. Diğer (analizör) objektif ile oküler arasında bulunan, titreşim yönü, gelen ışığın titreşim yönüne dik olan bir analizördür.

Polarizan mikroskop ile minerolojik ve petrografik özelliklerin incelenmesinde kullanılacak örneklerin hazırlanması için TSE - NE 12407 (2019) standardında belirtilen yöntemler kullanılmıştır.

Araziden alınan kayaç örnekleri (Akçt1 – Ks3 – Ks4 – Kmr1 – Emr3) ince kesit yapılmak üzere oda sıcaklığında kurutulduktan sonra Afyon Kocatepe Üniversitesi Doğal Taşlar Analiz Laboratuvarı'nda Metkon marka ince kesit hazırlama cihazının sol tarafında bulunan bölümde örneklerimiz lamel boyutunda kesilmiştir.

Örneklerimizin ince kesitlerinin daha sağlıklı incelenebilmesi için yüzeyindeki kesme izlerini kaybetmek için Metkon marka taşlama ve parlatma makinesinin sol tarafındaki kalın zımpara ile zımparalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra taşlama makinesinin sağ tarafındaki daha ince zımpara kullanılarak lamale yapıştıracağımız yüzey temizlenmiş ve parlatılmıştır.

Örnekleri parlatmış olduğunuz yüzeylerine lamel camımızı yapıştırılmış ve kurumaya bırakılmıştır. Kurumuş olan örneklerimiz Metkon marka ince kesit hazırlama makinesinin sağ tarafı kullanılarak taşlama işlemi yapılmıştır. Bu taşlama işlemi polarizan mikroskopta görebileceğimiz kalınlığı gelinceye kadar devam edilmiştir. Bu işlem sonucunda polarizan mikroskopta incelememiz için ince kesit hazırlama işlemi tamamlanmıştır (Resim 3.2).



Resim 3.2 İnce kesit hazırlama aşamaları (a) İnce kesit makinesi, (b) Küçültülmüş kayaç örnekleri, (c) Taşlama Makinesi, (d) Hazırlanan ince kesit örnekleri.

Hazırlanan ince kesit örnekleri Nikon Marka Eclipse 2V100POL model mikroskop ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Doğal Taş Analiz Laboratuvarında incelenmiştir (Resim 3.3).



Resim 3.3 Nikon Marka Eclipse 2V100POL model mikroskop.

3.2.1.2 X Işınları Difraktoğramı (XRD) İncelemeleri

Arazi çalışmalarından alınan Agf 2, Agf3, Agf 4, Agf 7, Agf 9, Agf 11, Egf 2, Egf 5, Kgf 2, Kgf 7 örneklerinin XRD çalışmaları, A.K.Ü Teknoloji Uygulama Araştırma Merkezi (TUAM)'nde Shimadzu XRD-6000 model X-ışını difraktometre cihazı (Ni filtreli, CuK α radyasyonlu) kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde 40 kV (voltaj) ve 30 mA (akım) difraksiyon değerleri seçilmiş ve örnekler 2°/dak.'da taranarak 2°-70° (2 θ) goniometre kırınım açısı aralığında analiz edilmiştir (Resim 3.4).



Resim 3.4 XRD incelemelerinde kullanılan Shimadzu XRD-6000 model X-ışını difraktometre cihazı.

3.2.1.3 Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) İncelemeleri

Grafit örneklerinin yapısal özellikleri ve boşluk oranları ile ilgili değişimlerin incelemeleri taramalı elektron mikroskopunda (SEM+EDX) yapılacaktır. SEM çalışmalarında AKÜ Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkez (TUAM) Müdürlüğü'ndeki LEO1430 VP-1431 model taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. SEM cihazı W (Tungsten) filament ile çalışmaktadır. Cihaz üzerinde ikincil elektron (secondary electron), geri yansıyan elektron (backscattered

electron) ve X ışınları (EDX- Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) detektörü bulunmaktadır. Cihaz görüntü üzerinde nokta, çizgi, alan ve haritalama yöntemleri ile kalitatif ve semi-kantitatif olarak analizleri yapabilmektedir Arazi çalışmalarından alınan AGF 3 VE AGF 11 örnekleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde LEO 1430 VP model SEM cihazı ile inceleme yapılmıştır (Resim 3.5).



Resim 3.5 LEO 1430 VP model SEM cihazı.

3.2.1.4 Raman Spektromu İncelemeleri

Grafitleşme olarak adlandırılan bir süreç olan metamorfizma sırasında tortulardaki karbonlu maddenin grafitte dönüşmesi, metamorfizma etkisinin bir sonucudur (Beyssac vd., 2002a, 2002b; Buseck ve Beyssac, 2016). Raman spektroskopisi, farklı metamorfizma dereceleri altında grafitin kristal özelliklerini tespit etmek için etkili bir şekilde uygulanan önemli yöntemlerden birisidir (Wopenka ve Pasteris, 1993).

Raman Spektroskopisi ve Kızılötesi Spektroskopisi olarak ikiye ayrılır. Her iki yöntemde bir molekül veya bileşik yapısında bulunan bağlar hakkında tanımlayıcı bilgiler verir.

Kızılötesi (IR) Spektroskopisi temel olarak kızılötesi ışığın incelenen madde tarafından soğurulmasına dayanır. Soğurulma, moleküldeki bağların titreşimi ve dönüşleri için

gerekli miktarda dalga enerjisinin, cihaz tarafından elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesinden gönderilmesiyle gerçekleşir (Çizelge 3.2). Kızılötesi ışık ancak değişken dipol momente sahip moleküller tarafından soğurulur. (Örneğin N_2 , O_2 gibi eş ikeatomlular FTIR’da sonuç vermezken HCl ’nin FTIR spektrumu alınabilir).

Diğer bir teknik olan Raman Spektroskopisi ise moleküldeki bağların ışığı esnek olmayan şekilde saçmasıyla çalışır. Raman saçılımı ancak titreşim sırasında değişen bağ kutuplaşmasıyla gerçekleşir. Bu yüzden kızılötesi-aktifliği olmayan moleküller eğer kutuplaşma değişimi gerçekleştirebiliyorlarsa Raman-aktif özellik gösterirler. Bundan dolayı bu iki spektroskopik yöntem birbirlerini tamamlayıcıdır.

Çizelge 3.2 Grafit örnekleri için Raman Analizinde kullanılan değerler.

	Görünür Bölge	Kızılötesi Bölge		
Spektral Aralıklar	VIS	Yakın-IR (NIR)	Orta-IR (MIR)	Uzak-IR (FIR)
Dalgasayısı	25000 - 13000	13000 – 4000	4000 – 400	700 – 5
ν (cm^{-1})				

Cihaz kızılötesi analizi için IFS 66/S, raman analizi için FRA 106/S ve bunların mikroskoplarından oluşan bileşik bir sistemdir. Hyperion 1000 kızılötesi, Ramanscope II de raman mikroskobudur.

Raman cihazı 1064 nm Nd-YAG laser kullanmaktadır. FTIR cihazı ise NIR, MIR and FIR aralıkları için ışık kaynaklarına sahiptir (Resim 3.6).



Resim 3.6 Raman Analizinin Yapıldığı Bruker IFS 66/S, FRA 106/S, Hyperion 1000, Ramanscope II marka mikroskop (İntn Kyn. 6).

Arazi çalışmalarından alınan Agf 2, Agf 3, Agf 4, Agf 7, Agf 9, Agf 11, Egf 2, Egf 5, Kgf 2, Kgf 7 örnekleri Raman analizleri Orta Doğu Üniversitesi Merkez Laboratuvarında (MERLAB) yaptırılmıştır.

3.2.2 Jeokimyasal Analiz İncelemeleri

3.2.2.1 Ana, İz ve Nadir Toprak Element Analizleri

Jeokimyasal incelemeler için alınan grafit içeren kayaç örnekleri öğütüldükten sonra yaklaşık 90 mikron boyutunda elekten geçirilip; analizlerin yapılabilmesi için, 50 gramı ayrılmıştır. Öğütülen örnekler ACME (Kanada) laboratuvarında ICP-ES cihazı ile majör oksit analizleri yapılmıştır. İz element ve nadir toprak element tayinleri için ise yaklaşık 0,50 gram ağırlığındaki öğütülmüş örneklerden 3 ml lik HCL-HNO₃ –H₂O çözeltisinden hazırlanan karışım 95 °C de yaklaşık 1 saat işleme tabi tutulup 10 ml’ye tamamlanmakta ve en son olarak filtreleme yapılarak örnek işleme hazır hale getirilmektedir. Analize hazırlanan örnekler ACME (Kanada) laboratuvarında ICP-MS cihazı kullanılarak analizler yapılmıştır.

3.2.2.2 Duraylı İzotop (¹³C ¹⁸O) Analiz İncelemeler

Tüm kayaç örneklerinin oksijen ve karbon izotop analizleri Arizona Üniversitesi Geoscience bölümünde yaptırılmıştır. Mc Crea, 1950’de kullandığı fosforik asit yöntemini 1986’da Rosenbaum ve Sheppard modifiye etmişlerdir. Karbon ve Oksijen izotop oranlarını tüm kayaçtaki karbonat bileşiğini ölçmek için ICP-AES spektrometre kullanılmıştır (Resim 3.7.).

Analizler tekrar dikkatli bir şekilde hem izotop oranlarının NBS 19 oranları $\pm 0,2$ % geçmeyecek şekilde kalibre edilmiştir. Oksijen izotop değerleri için 1.00913 oranında fraksiyon yapılmıştır ve Rosenbaum ve Sheppard, 1986 ‘a göre modifiye edilerek $\delta^{13}\text{C}$ değerleri % oranları V-PDB standartları kullanılmış, $\delta^{18}\text{O}$ değerleri için ise V-SMOW standart oranları alınmıştır.



Resim 3.7 Hızlandırıcı Kütle Spektrometrisi.

3.3 Büro  alışmaları

Tezin hazırlama ve yazım aşamasında büroda; tablolar için Microsoft Excel, resimleri düzenlemek için Corel Draw X3 ve Windows Paint, İnceleme alanlarının inceleme ve haritalama işlemlerinde QGIS ve Google Earth, XRD analizlerinin yorumlanmasında XPowderX ve Grapher, tezdeki bütün veri, bulgu ve yorumları derlemek için Microsoft Word programları kullanılmıştır.

4. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

4.1 Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanımızda en yaşlı birim olarak Afyon Metamorfitleeri diye adlandırılan metamorfit şistler geniş bir alanı kaplar. Alt Triyas ve öncesi yaşı verilmiştir. Afyon Metamorfitleeri fillat, killi şist, mika şist, kuvarsit ve kalkışitlerden oluşur. Metamorfitleerin üst kısımlarında kristalize kireçtaşı ve şist ardalanması sıklaşarak devam eder, beyaz renkli kristalize kireçtaşlarına geçer.

Afyon Metamorfitleerinin üzerine diskordans olarak gelen siyah-gri renkli kalın tabakalı, yer yer tabakalanma özelliğini kaybetmiş olan dolomitik kireçtaşları yer alır. Daha önceki çalışmacılar tarafından Orta-Üst Triyas yaşı verilmiştir.

Dolomitik kireçtaşlarının üstüne beyaz renkli, orta-kalın tabakalı bol çatlaklı ve oldukça sert bir görünümü olan mermerler gelmektedir. Bunlarda Mesozoik yaştadırlar. Yukarıda bahsedilen birimlerin üzerinde volkanik tüfler gözlenir ve bunlar da Neojen yaşlıdırlar.

Bölge Eosen'den sonra Alpin tektonik hareketlerinin etkisinde kalmıştır. Alpin hareketleri özellikle kırık ve kıvrım tektoniğı yönünden önem taşır. Bölgede volkanik faaliyetler oldukça gelişmiş olup, bazalt ve andezit volkanizmaları ile tekrar hareketlenmişlerdir. Bölgedeki mevcut faylar KB-GD istikametlidir.

4.2 İnceleme Alanının Jeolojisi

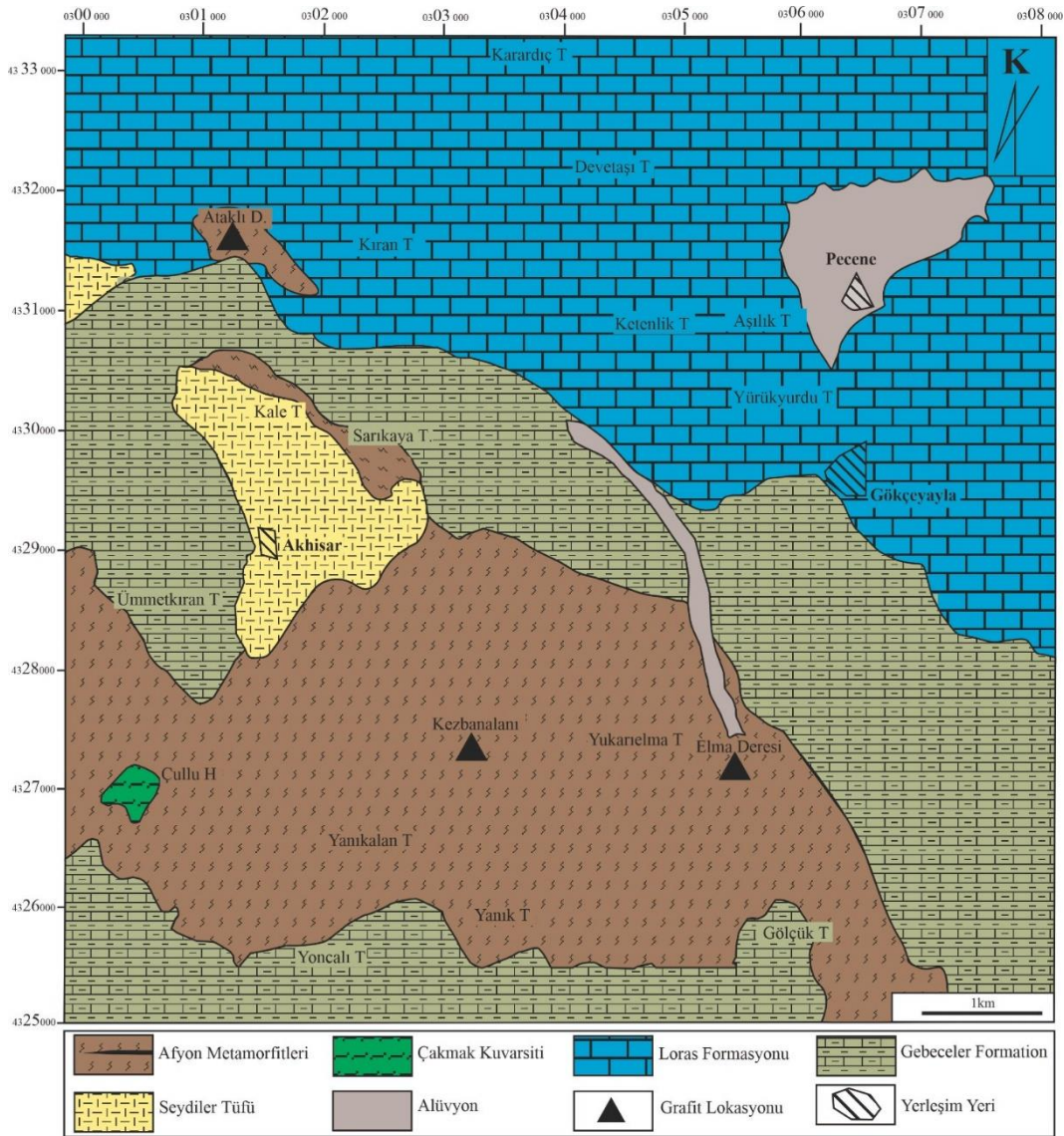
4.2.1 Stratigrafi

4.2.1.1 Afyon Metamorfitleeri

Afyon ve çevresinde görülen şist, mikaşist, metariyolit, metabazit, kuvarsit, metaçakıltaşı, kalkışist ve mermerlerden oluşan metamorfik birimler ilk kez Metin ve diğ.,1987 tarafından “Afyon Metamorfitleeri” adı altında incelenmiştir (Şekil 4.1). Öcal

ve diğ., 2011 Afyon metamorfitlemini Permiyen öncesi yaşlı metamorfitle ve Permiyen yaşlı kristalize kireçtaşları olarak iki ayrı formasyon şeklinde incelemişlerdir (Şekil 4.1-2).

Afyon metamorfitleleri mineralojik anlamda biyotit, muskovit, albit, klorit, amfibol, epidot ile kuvars minerallerinden oluşmaktadır (Kuşçu ve Yıldız, 2001). Kuvars ve kalsit mineralleri ile yoğun olarak serisit ve muskovit minerallerinden oluşan kayaçlar şistozite göstermektedir (Ulutürk, 2009).



Şekil 4.1 İnceleme alanına ait jeolojik harita.

ZAMAN	SİSTEM	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
	KUVATERNER	ALÜVYON		Kum, Kil, Silt
SENOZOYİK	MİYOSEN	SEYDİLER İĞNİMBRİTİ		UYUMSUZLUK
		GEBECELER FORMASYONU		Sarımsı beyaz, krem renkli tuf
MESAZOYİK	TRİYAS	LORAS FORMASYONU		UYUMSUZLUK
		ÇAKMAK KUVARSİTİ		Gri, koyu gri kırıkları kalsit dolgulu kireçtaşı
		AFYON METAMORFİTLERİ		UYUMSUZLUK
PALEOZOYİK				Gri, siyah, füme renkli dolomitik kireçtaşı
				Kahverengi, siyah, gri renkli kuvarsit
				UYUMSUZLUK
				Şistleri içerisindeki grafit seviyeleri
				Yeşilimsi gri, kızılımsı kahve sarımsı renkli şistler

Şekil 4.2 İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti.

Metamorfizma nedeniyle bir fosil bulgusuna rastlanılamayan birimin Afyonkarahisar kuzeyinde Gürsu ve Göncüoğlu (2008) tarafından ayırtlanan karşılığı olan Afyonkarahisar Temel Karmaşığında zirkon evaporasyon yöntemi ile elde edilen intrüzyon yaşı 541 ± 4 My olarak tespit edilmiştir (Resim 4.1). Bu nedenler Afyon Metamorfitlerinin yaşı Prekambriyen olarak düşünülmüştür.



Resim 4.1 Afyon metamorfikleri içerisindeki şistlerin genel görünümü.

Formasyon, İhsaniye Metamorfik Karmaşığı (Özcan ve diğ., 1989)'nın üst bölümü dışında kalan kısmı, Göktepe Metamorfikleri (Göncüoğlu ve diğ., 1996) ve Afyon Temel Karmaşığı (Gürsu ve Göncüoğlu, 2008) ile deneştirilebilir. Yoğun olarak kırıntılı kökenli kayalardan meydana gelmiş birim, duraysız bir havzada, karaya yakın ve hızlı bir sedimantasyon sonucu oluşmuş olmalıdır (Metin ve diğ., 1987). Bu birimin üzerinde Çakmak kuvarsiti bulunmaktadır.

Çalışma alanı içerisinde inceleme yapılan Kezban Alanı ve Elma Deresi lokasyonlarını içine alarak geniş alan kaplamakta olan Doğanlar şisti; ayrıca Ataklı Deresi lokasyonunda da bulunmaktadır.

4.2.1.2 Çakmak kuvarsiti

Afyon Metamorfikleri üzerinde bulunan Çakmak Kuvarseitleri irili ufaklı mostralarda şeklinde gözlenir ve Afyon kuzeyinde yaygın olarak yüzeylenir. El örneğinde gri, bej, kırmızı - kahverengi, siyah, ve çoğu kez beyaz renk tonlarına sahiptir. Masif örnekler çekiç ile kırıldıklarında sert, kırılması zor olduğu için düzgün olmayan kırılma yüzeyleri oluşturur. Bol kırıklı, çatlaklı mostra görünüşleri tipiktir. İnce kesitler incelendiğinde kuvars içeriğinin %80'den fazla olduğu gözlenir. Ayrıca çok az miktarda mika, epidot, turmalin, kalsit, klorit, apatit, ve opak minerallerin varlığı tespit edilmiştir. Granoblastik dokuya sahiptir. İnce kesitte mika minerallerinin yönelmiş oldukları izlenir. Monominerali Çakmak kuvarsitinin yarı denizel ortamı temsil eder. İyi yıkanmış ve boylanmış kuvars - kumtaşlarının metamorfik türevleri oldukları düşünülmektedir. Bölgesel yapı içinde mercek şeklindeki yapısal konumları, Doğanlar şistleri ile düşey mineralojik geçiş göstermeleri kuvarsitlerin sedimanter kökenli olduklarına işaret etmektedir. Böylece alt metamorfikleri oluşturan litolojilerin benzer çökelme ortamında oluştukları, yanal ve düşey mineralojik geçişli oldukları sonucuna varılmıştır (Resim 4.2). Bu birimin üzerinde uyumsuz olarak Elmacık konglomerası gelmektedir (Tolluoğlu ve diğ. 1997).



Resim 4.2 Çakmak kuvarsitlerinin genel görünümü.

Çakmak kuvarsiti Kezban alanı lokasyonunun batısında ve Akhisar Köyünün güneybatısında küçük bir alanda bulunmaktadır.

4.2.1.3 Loras Formasyonu

Triyas-Jura zaman diliminde çökelmiş platform karbonatları Göncüoğlu ve diğ., 1994 tarafından Loras formasyonu olarak adlandırılmıştır. İlk kez Lorasdağı kireçtaşı (Göğer ve Kıral, 1973), daha sonra da Loras kireçtaşı (Özcan ve diğ., 1990) olarak adlandırılan birimin adı, sadece kireçtaşlarından oluşmaması nedeniyle Loras formasyonu olarak değiştirilmiştir (Resim 4.3).

Formasyon; dolomit, dolomitik kireçtaşı kristalize kireçtaşı, ve kireçtaşından oluşmaktadır. Kireçtaşları gri renkli olup, orta-kalın katmanlı, yer yer de som görünümlüdür. Dolomit ise koyu gri renkli ve som görünümlüdür.



Resim 4.3 Loras formasyonunu oluşturan dolomitik mermerlerin genel görünümü.

Gökçeyayla formasyonu (Özcan ve diğ., 1989)'nın Orta Triyas-Üst Jura zaman aralığında oluşmuş platform çökelleri, Loras formasyonunun eşleniğidir. Ayrıca Karacaçaltepe formasyonu (Umman ve Yergök, 1979) ile Karaçaltepe kireçtaşı (Metin ve diğ., 1987)'in kristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit içeren kesimleri Loras formasyonunun karşılığıdır. Budağan kireçtaşı (Akdeniz ve Konak, 1979) ve Berendi kireçtaşı (Demirtaşlı ve diğ., 1984) formasyon ile benzer özellikler gösterirler.

4.2.1.4 Gebeceler Formasyonu

İlk defa Erişen (1972) tarafından adlandırılan ve Tatlı (1973) ile Metin ve diğ. (1987)'nin aynı adla çalıştığı birim, inceleme alanında tabanda çakıltaşı, çakıllı kumtaşı ile başlar, tuf-tüfit-marn, killi kireçtaşı ve kireçtaşı ile devam eder.

Birim, havza kenarlarında temel kayalar üzerine açısal uyumsuzlukla gelen alüvyon yelpazesi ürünü çakıltaşı, çakıllı kumtaşı ile başlar. Bunlar, sarı, boz, turuncumsu renklerde, tane destekli ve orta dereceli boylanmalıdır. Üste doğru yanal ve düşey yönde geçişli olarak beyaz, grimsi beyaz renkli, ince-orta-kalın tabakalı marn, killi kireçtaşı ile kireçtaşları yer alır. Kireçtaşları orta-kalın tabakalı, sert, mikritik olup yer yer silisifiye zonlar içerir.

Kendisinden yaşlı birimler üzerinde uyumsuzlukla yer alan Gebeceler Formasyonunun kalınlığı değişken olup, 345 m'yi bulmaktadır Metin ve diğ., (1987). Formasyon içerisinde Saraç (2003) tarafından derlenen memeli fosillerinden (*Anchitherium* sp., *Begerotherium grimmi*, *Triceromeryx* sp., *Micromeryx flourensiarius*, *Byzantirina* sp.) Orta Miyosen, yaşı alınırken volkaniklastikler içindeki bir tüfit düzeyinden yine Orta Miyosen'e karşılık gelen 11.6-+0.25 my K/Ar yaşı aldığını belirtmiştir (Besang ve diğ., 1977). Jeokronolojik veriler volkanizmanın Miyosen'de etkinleştiğini gösterir. Hem paleontolojik hem de radyometrik yaş verilerine göre birbiri ile yanal ve düşey geçişli Gebeceler Formasyonu ve Köroğlu Volkanitlerinin yaşı Miyosen olarak değerlendirilmiştir.

4.2.1.5 Seydiler Tüfü

İlk kez Keller ve Villari (1972) tarafından incelenen ve Metin ve diğ., (1987) tarafından Seydiler Tüf ve Aglomeraları, Aydar ve diğ., (1998) tarafından ise Seydiler İgnimbiritleri adıyla çalışılan birim, genellikle geri düşme çökelleri, tüf, blok-kül akmaları ve lahar türü birimlerden meydana gelmiştir (Resim 4.4).

Beyaz- krem renkli, kalın tabakalı bloklu kül akmaları yoğun olarak gözlenmektedir. Birimin altında beyaz, pembe renkli geri düşme çökelleri yer alır. Birimin üzerine beyaz, kirli beyaz, renkli, bol pomza ve kayaç parçaları içeren tüfler gelir. Tüfler içerisinde yer yer peribacaları oluşumları gözlenmektedir. Alan içerisinde iki kez tüf-geri düşme çökelleri ardalanmasının tekrarlandığı gözlenmekte olup, bu da patlamalı volkanizmanın en az iki evreli olduğunu gösterir. Tüfler üzerinde ise çapları 1cm-1m arasında değişen volkanik kayaç çakıl ve blokları içeren blok-kül akmaları yer alır. Bloklar üzerinde blok-kül akması ürünleri olduğuna işaret eden radyal çatlaklar gözlenmektedir.



Resim 4.4 Seydiler tüflerinde gözlenen alterasyon yüzeylerinin genel görünümü.

Birim içerisinde litik bileşenler az orandadır; metamorfik kaya, obsidiyen ve seyrek olarak riylit parçalarından oluşur. Tipik lifli pomzalar, kuvars, feldspat, biyotit ve ksenogranat içeriklidir. İri fenokristaller olarak bulunan kuvars, genelde kemirilmi  ve yuvarlakla mı tır. Feldspatlar, fenokristal ve mikrofenokristal olarak bulunur; alkali feldspat ve plajiyoklazdan oluşur. Alkali feldspatlar sanidin ile simgelenir. Plajiyoklazlar, andezin ve oligoklaz bile imindedir. Biyotit, fenokristal ve megakristal ($> 1 \text{ mm}$) olarak bulunur (Aydar ve di ., 1998).

Seydiler tüfü Akhisar köyü ve çevresinde yaygın olarak gözlenmektedir. Bu birimin üzerinde uyumsuz olarak alüvyon bulunmaktadır.

4.2.1.6 Alüvyon

Kuvaterner yaşlı olan birim genç çökellerden meydana gelmektedir. İnceleme alanında bulunan akarsu yataklarında, gevşek tutturulmuş kum, çakıl türü güncel çökellerden oluşmaktadır. Peçene Köyünün kuzeyinde ve Gökçeyayla köyünün batısında bulunmaktadır.

4.2.2 Yapısal Jeoloji

Afyon Metamorfitleri'nde özellikle şistleşme yüzeyleri gelişmiştir. Formasyonu teşkil eden kayaçların plastisitelerinden dolayı şistozite doğrularında yer yer önemli sayılabilecek değişiklikler olmakla beraber genellikle KD-GB doğrultulu olup KB-GD doğrultularında görmek nadir değildir. Eğimleri ise 20°-50° arasında olup nadiren 70°-80°'ye ulaşır.

Çalışma sahamızdaki metamorfitlerde kıvrımlanmalar oldukça fazladır. Tabakalarımıza doğrultuları ani değiştiği için bunların ölçülerek tam doğrulukla yararlanılması mümkün değildir. Ekseriyetle yatık kıvrımlanmalar hakimdir. Kıvrım çapları 50 cm'den 20-50 m'ye kadar çıkmaktadır.

4.2.3 Metamorfizma

Afyon Metamorfitleri Yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olup Klorit Muskovit - Albit-Kuvarsşist parajenezini gösterirler.

Afyon Metamorfitleri'nin orijini karasal kökenli olup metamorfizma neticesinde ilksel yapılarını tamamen değiştirememiştir. Sahamız metamorfik kayaçlarında kuvars, kalsit, muskovit, serisit, klorit yaygın minerallerdir.

Alınan kesitlerdeki mineraller çok düşük fasiyesi karakterize eden kritik minerallerdir. Metamorfizme koşulları dikkate alındığında tayin edilen minerallerin yeşil şist fasiyesi mineralleri olduğu görülmektedir.

Bilindiği üzere rejonel metamorfizma düşük sıcaklık kısmi yeşil şist fasiyesi olarak adlandırılmış ve kritik minerallerinde (özellikle kuvars-Albit-Muskovit-Klorit-subfasiyesinde) profillit olduğu tespit edilmiştir. Grafitli zonlardan alınan petrografik numunelerin analizlerinde bu mineraller görülmediği gibi biotitin bulunmaması ve lawsonit, pumpelleit gibi minerallerin mevcudiyeti düşük sıcaklığın yanı sıra basıncında yüksek olduğunu ve bu koşullarında mavi-şist fasiyesinde geliştiğini göstermektedir Dinçer, M.A.,1987;Gözler ve Dinçer.,1987.

4.3 İnceleme Alanındaki Grafitlerin Jeolojik Özellikleri

Yapılan arazi çalışmalarında incelemeler Ataklı Deresi, Elma Deresi ve Kezban Alanı olmak üzere 3 lokasyonda yapıldı.

4.3.1 Ataklı Deresi Lokasyonu

İnceleme alanının bir bölümü olan Ataklı Deresinde daha 1960' lı yıllarda işletilmiş daha sonra terkedilmiş grafit ocağı bulunmaktadır. Mevcut maden ocağı Ataklı Deresinin iki tarafı olarak incelendi (Resim 4.5).

Ataklı deresi batı yarması;

Grafitler metamorfik kayalar içerisinde yer almakta olup; K15B/10 GB konumlu şistozite düzlemlerine sahiptir. Grafit yatağında yukarıdan aşağıya doğru dikmek kesitte yer alan farklı seviyelerde oluşmuş ve örneklemeler yapılmıştır (Şekil 4.3).

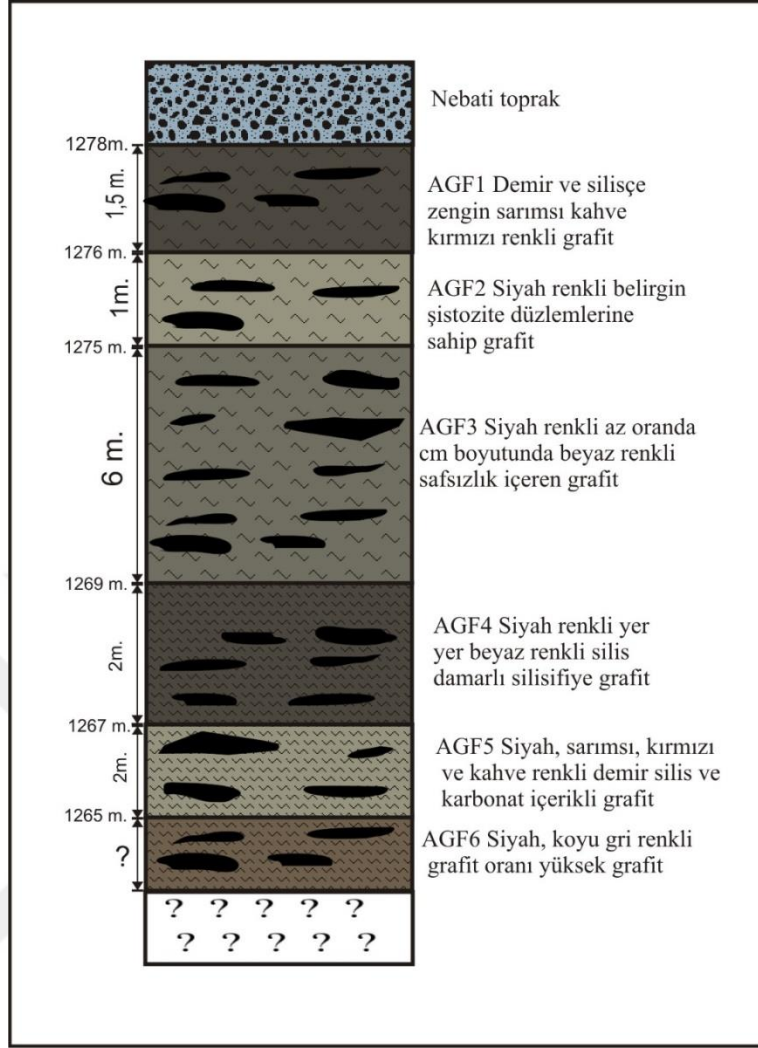


Resim 4.5 Ataklı Deresi lokasyonuna ait görüntü.

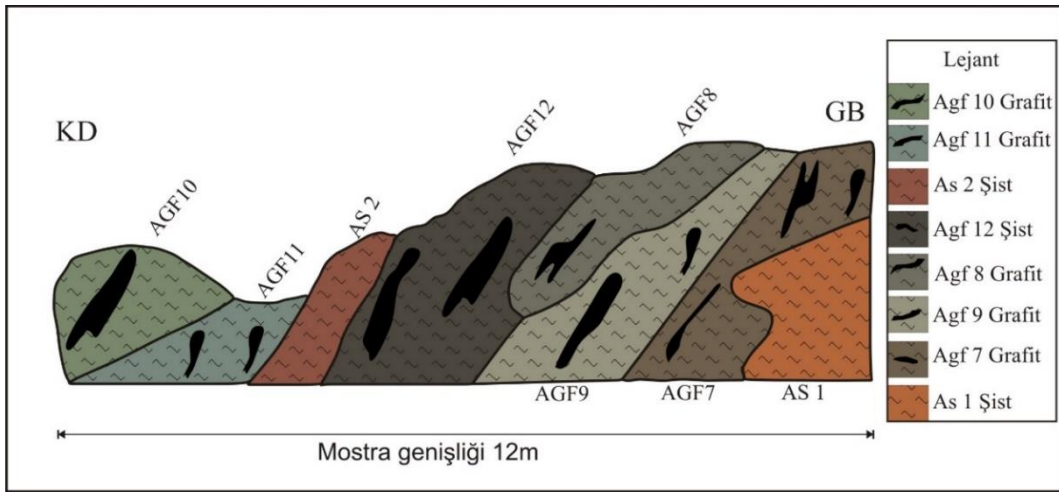
Doğu yarması;

Ocağın bu bölümde K60B/32KD konumlu şistozite düzlemlerine sahip metamorfik kayalar içerisinde şistlerin ara seviyelerinde (şistlerle ardalanmalı olarak) grafit oluşumları gözlenmiştir. Grafitlerde metamorfik kayaların tamamı mükemmel şistozite düzlemlerine sahiptir. Bu bölgede aşağıda litolojik özellikleri verilen örnekler alınmıştır (Şekil 2.6).

Yarmanın güney batı bölümünde yer alan siyah renkli silis içeriğinin az olduğu yumuşak karakterde grafit seviyesi belirlenmiş olup Agf 7 örneği alınmıştır. Bu birimin kalınlığı 40 santimdir (Resim 4.6).



Şekil 4.3 Ataklı Deresi Lokasyonu batı yarması dikme kesiti.



Şekil 4.4 Ataklı Deresi Lokasyonu Doğu yarması enine kesiti.



Resim 4.6 Ataklı Deresi lokasyonundan alınan bazı örneklere ait görüntüler (a- Agf 2, b- Agf 3, c- Agf 5, d- Agf 7).

Siyah koyu gri renkli diğer seviyelere göre sert yapıda milimetre boyutunda damarlara sahip ve az oranda mika minerallerinin gözlendiği grafit- kuvars- mika karışımından oluşan birimden Agf 8 örneği alınmış olup, birimin kalınlığı 60 santimdir.

Agf 7 numaralı örneğin alındığı seviyeye göre silis içeriği daha fazla olan yer yer budinaj yapısında, sert grafit şist merceklerinin gözlendiği seviyeden Agf 9 örneği alınmıştır. Bu seviyede mikro kıvrımlar oldukça yoğun şekilde gözlenmektedir.

Grafit seviyelerinin içerisinde mercek şekilli yanal ve düşey geçişli sarımsak kırmızı renkli milimetrik lamina düzlemlerine sahip demirli mikaşist seviyesinden As 1 örneği alınmıştır. Seviyenin alt ve üst seviyelerinde grafitte geçiş gözlenmektedir.

Bölgedeki grafit seviyesinin üst sınırında yer alan birimden Agf 10 örneği alınmış olup kalınlığı 2 metredir. Sislsifiye grafit ile sarımsı kahverenkli mikaşistlerin

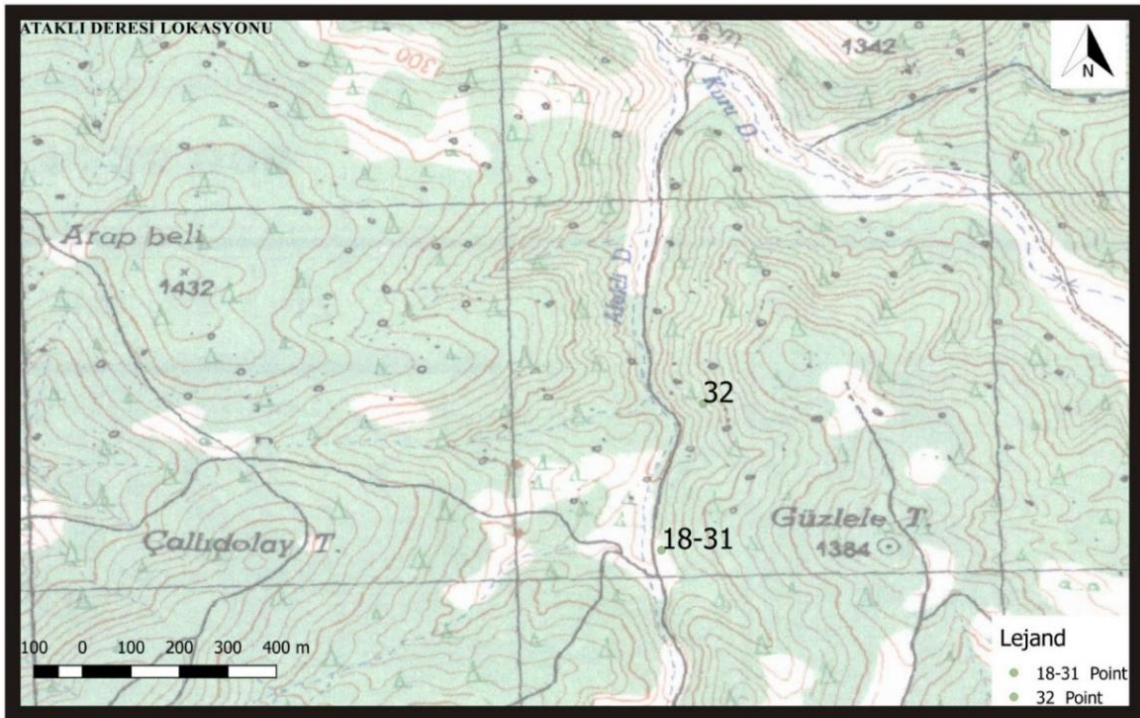
ardalanmasından oluşmaktadır. Diğer grafit seviyelerine göre serttir. Sertliğinin yüksek olması yapısındaki Mika minerallerinden kaynaklanması olabilir. Örnekleme bu seviyenin grafitçe zengin olan bölümlerinden yapılmıştır.

Siyah renkli, yumuşak karakterde şistozite düzenleri boyunca beyaz renkli kuvars minerallerinin gözlemlendiği grafit seviyesinden Agf 11 örneği alınmıştır. Bu birimin kalınlığı 1 metredir.

80 santim kalınlığında sarımsak kırmızı renkli Mikaşist görünümlü seviyeden As 2 örneği alınmıştır. İnce seviyeler halinde grafitler gözlenmektedir.

Siyah renkli mükemmel şistozite düzlemine sahip kuvars içeriğinin oldukça az olduğu birimden Agf 12 örneği alınmış olup, 70 cm kalınlığa sahip grafit birimidir.

Ataklı Deresi Lokasyonunda yapılan incelemelerde 12 tane grafit, 2 tane şist, 1 tane kireçtaşı olmak üzere toplam 15 tane örnek alınmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Ataklı Deresi Lokasyonundan alınan örneklerin yerleri.

4.3.2 Elma Deresi Lokasyonu

0304658 – 4326549 koordinat ve 1406 m. rakımdan Emr1 örneği alındı. Bu tabaka sık çatlaklı ve 10 – 30 cm tabaka kalınlığına sahiptir (Resim 4.7).

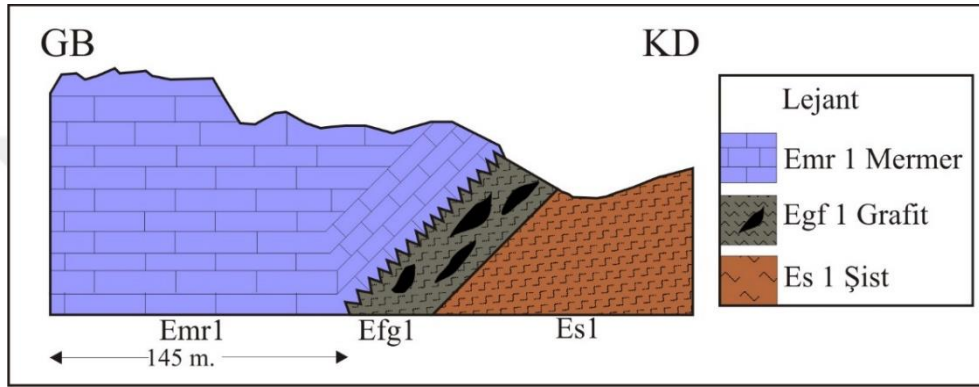


Resim 4.7 Elma Deresi lokasyonuna ait görüntü.

Gölcük Deresi (elma deresi) boyunca K55B/38GB konumlu şistozite düzlemlerine sahip metamorfik birimler gözlenmiştir. Bu birimlerin içinde kalınlığı 40-50 cm arasında değişen koyu gri – siyah renkli toprağımsı yapıda klivaj düzlemlerinin belirgin bir şekilde gözlemlendiği, yer yer taşınmayı andıran kil ve karbonat safsızlıkları içeren grafit oluşumu bulunmaktadır. Bu birimden Egf 11 örneği alınmıştır. Grafitin tabanında süt kahve sarımsı renk tonlarında mükemmel şistozite düzlemleri sunan mikaşist biriminden Es 1 örneği alınmıştır. Grafitin üstünde ise metamorfiklerle Uyumsuz olarak bulunan yaklaşık 145 metre mostra genişliğine sahip kristalize kireçtaşı - mermer görünümlü karbonatlı kayalar gelişmiş olup bu birimden Emr 1 örneği alınmıştır. Bu birimin kalınlığı 40-150 santim arasında gelişmekte olup yaklaşık yatay konumdadır.

Karstik boşluk ve çatlaklarında hematit ve limonit türünde metalik mineraller gözlenmiştir.

GB istikametinde ilerlenerek (0304746 – 4326071 noktası ve 1437 m. rakım) noktasından koyu gri renkli grafit, biyotitli içeren seviyelerden Egf 2 örneği alınmıştır. Grafit açık sarı süt kahve renkli mikaşist içinde bulunmakta olup 30 40 santim kalınlığına sahiptir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Elma Deresi Lokasyonu enine kesiti.

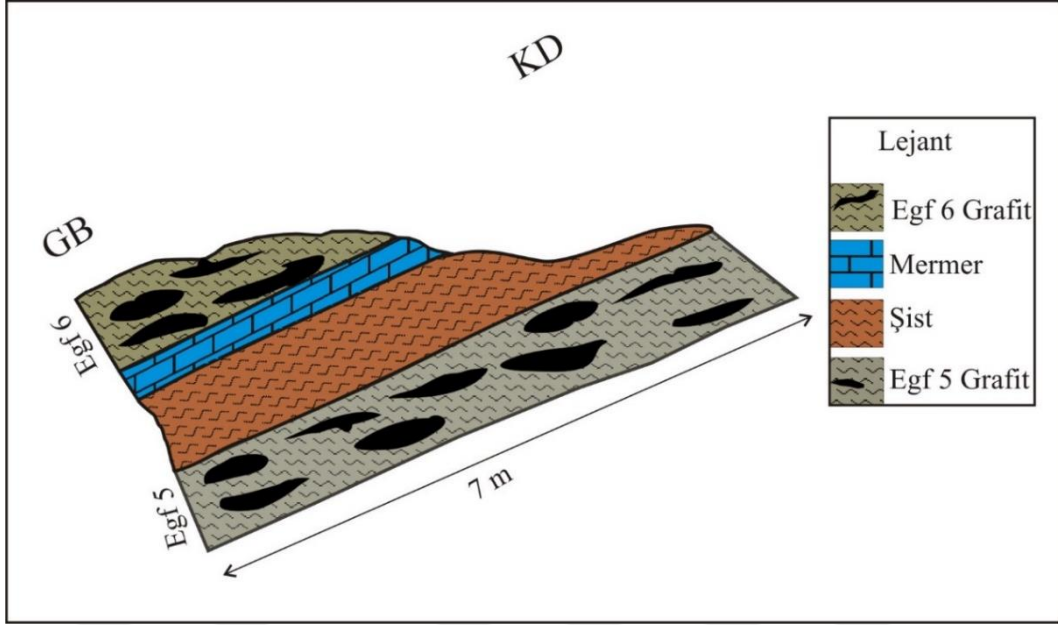
04827- 26939 noktası ve 1379 rakımda daha önceki MTA tarafından yapılan çalışmada ED2 kodlu Sondaj lokasyonunun yolun sağ tarafındaki yarmadan metamorfik seviyeler içerisinde yaklaşık yatay konumlu şistozite düzlemlerine sahip birim içerisinde siyah, koyu gri renk tonlarından mükemmel yapraklanma derecesine sahip grafit seviyesinden Egf2 örneği alınmıştır. Seviyenin tabanı demirli kuvarsit seviyesi gözlenmiştir. Üst seviye ise şistozite düzlemine uyumlu bir şekilde gri renkli yer yer ayrışarak krem renge dönüşmüş mikaşist seviyesi gözlenmektedir. Mikaşist Üste doğru sarı ve gri renk aralanmalı olarak devam etmektedir. Alttaki süt beyaz renkli yer yer demir ve metalik cevher içerikli kuvars bulunmaktadır. Kuvarsitin çatlakları boyunca metalik mineraller girmiştir. Limonit sıvaları görülmüştür.

Yamaçtan alınan Egf 2 örneğin yanındaki yol üzerinden Egf 3 örneği alınmıştır. Bu birimin üzerindeki birimden alınan Egf4 örneği Efg3 ve Efg2' ye göre daha gri renkli mika içeriği yüksektir. Stratigrafik olarak önceki örneklerin altında yer almaktadır (Resim 4.8).



Resim 4.8 Elma Deresi lokasyonundan alınan bazı örneklere ait görüntüler (a- Egf 2, b- Egf 3, c- Egf 4, d- Egf 6).

0304673 – 4326600 koordinatlarında bulunan şistozite düzlemi K70B/18GB konumudur. Yukarıda konumu verilmiş olan şistozite düzlemi boyunca muskovit – şist, biyotit – şist, kalkışist türündeki metamorfik kayalar ile birlikte koyu gri siyahımsı yer yer toprağımsı yapıda grafit seviyesinden EGF-5 grafit örneği alınmıştır. Grafitin bulunduğu seviye önceki lokasyonu stratigrafik olarak üst seviyesindedir. Önceki lokasyondaki şistozite de düzlemleri ile uyumlu bir şekilde yayılım sunan koyu gri renkli grafit seviyesinden Egf 6 kodlu örnek alındı. Önceki lokasyonun güney batı bölümünde yer almaktadır ve grafit seviyesinin üstüne karşılık gelmektedir. Şistozite düzlemleri boyunca yüzey sularının etkisiyle beyaz renkli karbonat çökeltileri bulunmaktadır. Muhtemelen aşağı seviyelerde daha saf grafit geçiş olabilir. Mostra genişliği 7 metredir (Şekil 4.7). Üst seviyesinde ise gri renkli mikaşistler ve Mermerler yer alır.



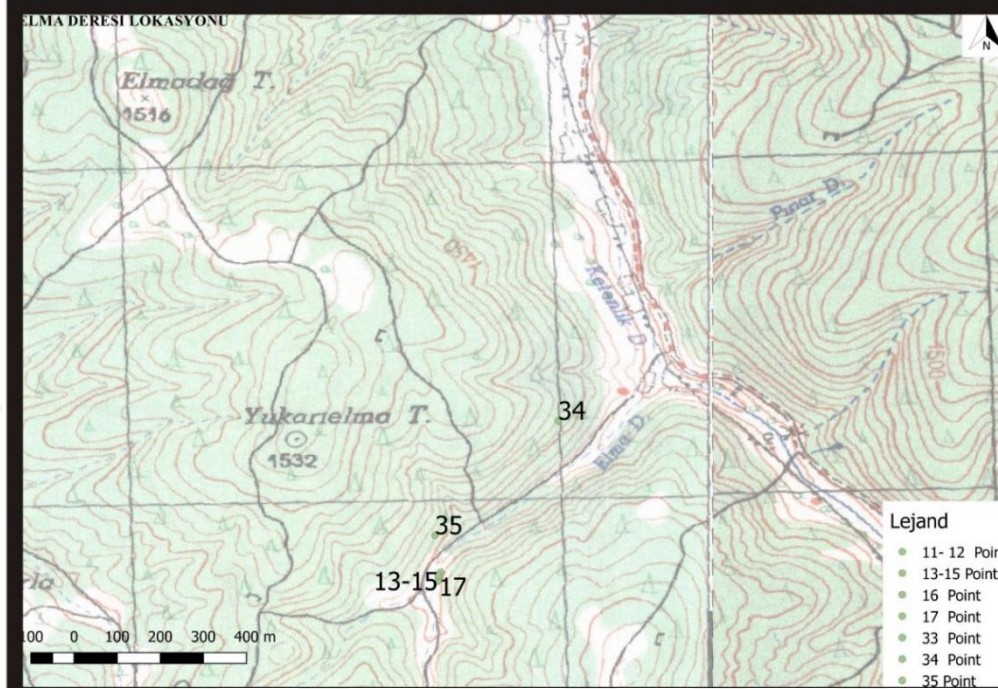
Şekil 4.7 Elma Deresi Lokasyonu enine kesit.

0304956 – 4327043 koordinatlarından Elma deresi içindeki metamorfik şistlerler birlikte gözlenen kristalize kireçtaşından Emr 2 örneği, mermer görünümlü koyu gri renkli karbonatlı kayalardan alınmıştır. İnce kristalli yer yer K55B/90 konumlu tektonik hatlar boyunca iri kristalli sekonder kalsit kristalleri oluşmuştur. Birimin yerleşimi şistlerle uyumludur. Yaklaşık yatay konumludur. Mostra genişliği 35m. olarak ölçülmüştür.

0304662 – 4326710 koordinatlarından alınan Emr 3 örneği, Önceki lokasyondan alınan mermer – kireçtaşı seviyesi ile aynı litolojik özelliklere sahiptir.

0304868 – 4326961 koordinatlarından alınan Emr4 örneği, Egf 2 örneğinin alındığı grafit seviyesinin tabanında ve KD bölümünde yer almaktadır. K40B/45GB olarak bulunmaktadır. Yaklaşık 3 metre kalınlığa sahiptir. Litolojik olarak Emr2 ve Emr3 seviyeleri ile benzerdir. Sadece kalsit kristallerinin boyutu daha iri olup yer yer şistozite düzlemleri uyumludur. Demir ve manganeli metalik oluşumlar yerleşmiştir. Emr2 ile arasından mikaşist türünde mermerler bulunmaktadır.

Elma Deresi Lokasyonunda yapılan incelemelerde 6 tane grafit, 1 tane şist, 3 tane mermer olmak üzere toplam 10 tane örnek alınmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Elma Deresi Lokasyonundan alınan örneklerin yerleri.

4.3.3 Kezban Alanı Lokasyonu

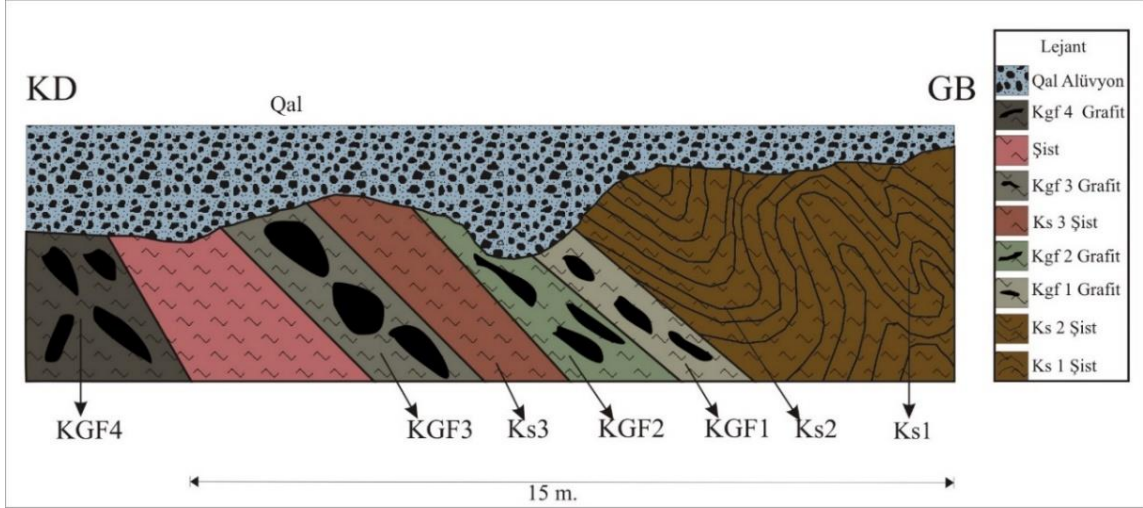
Mikaşist kuvarsit ve fillitten oluşan metamorfik birim (Ks1 ve Ks3) içerisinde çoğunlukla siyah renkli yer yer kil ve Mika gibi safsızlıkların etkisiyle geriye doğru değişen grafit düzeyleri gözlenmiştir (Resim 4.9). Metamorfikleri genellikle koyu gri renkli olup mükemmel şistozite düzenlerine sahiptir. Şistozite düzlemleri K50D/68GB konumludur. Ancak doğrultu değişmeksizin yer yer tabakaların KB'ya doğru kıvrıldı gözlenmiştir. Mikaşist türündeki metamorfikler (ks1 ve ks3) yer yer ayrışarak krem renkli kile dönüşmüştür (ks2). Grafit seviyeleri (Kgf 2, Kgf 3 Kgf 4) siyah ve koyu gri renklidir (Resim 4.10). Grafit şist görünümündedir. Üst seviyeleri ayrışarak açık griye doğru değişiş sunmuştur (Kgf1) ve Killi grafitte dönüşmüştür. Grafit seviyelerinde şistozite oldukça belirgindir ve diğer metamorfik birimlerle uyumlu bir yayılım sunar (Şekil 4.9-10).



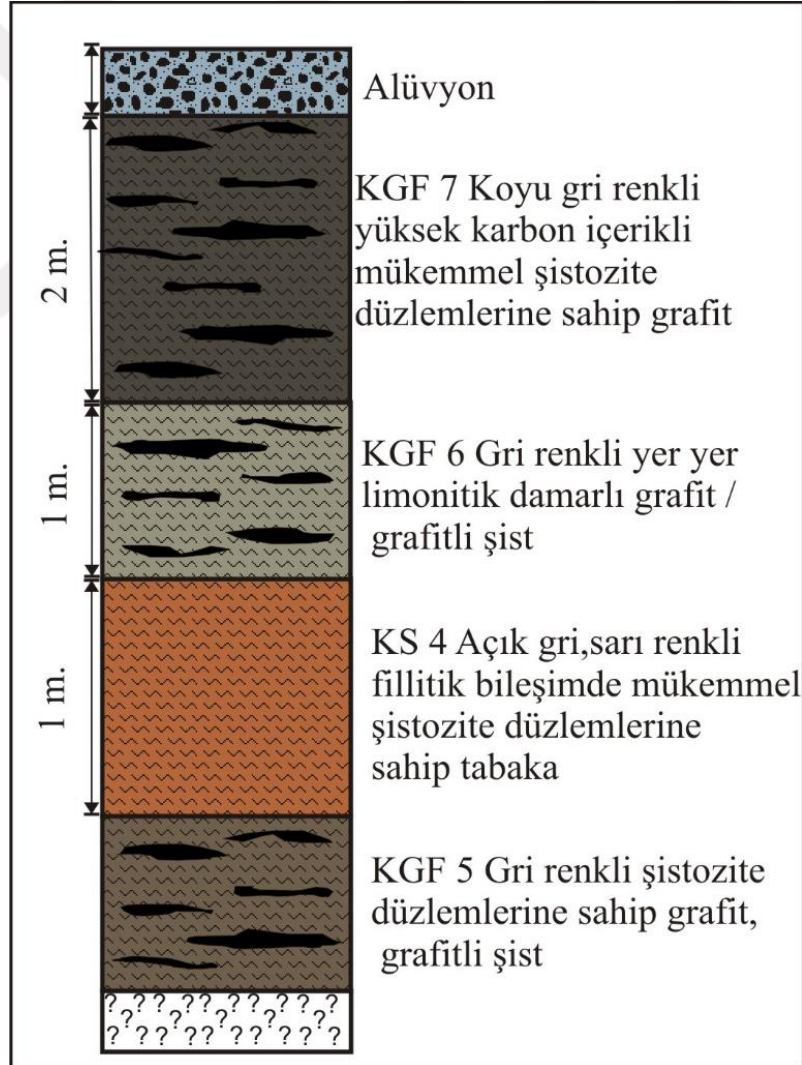
Resim 4.9 Kezban Alanı lokasyonundan alınan bazı örneklere ait görüntüler (a- Kgf 1, b- Kgf 6, c- Kgf 80, d- Ks 1).



Resim 4.10 Kezban Alanı lokasyonuna ait görüntü.

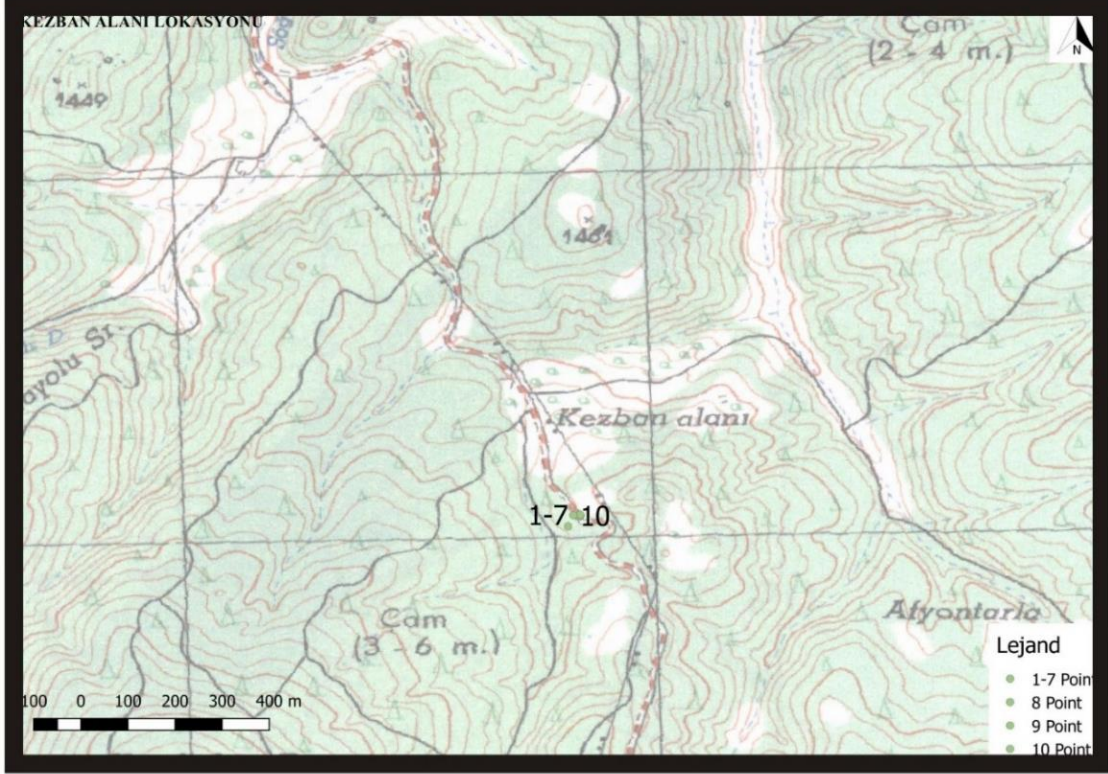


Şekil 4.9 Kezban alanı enine kesiti.



Şekil 4.10 Kezban Alanı lokasyonunun dikme kesiti.

Kezban Alanı Lokasyonunda yapılan incelemelerde 7 tane grafit, 3 tane şist olmak üzere toplam 10 tane örnek alınmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 Kezban Alanı Lokasyonundan alınan örneklerin yerleri.

5. BULGULAR

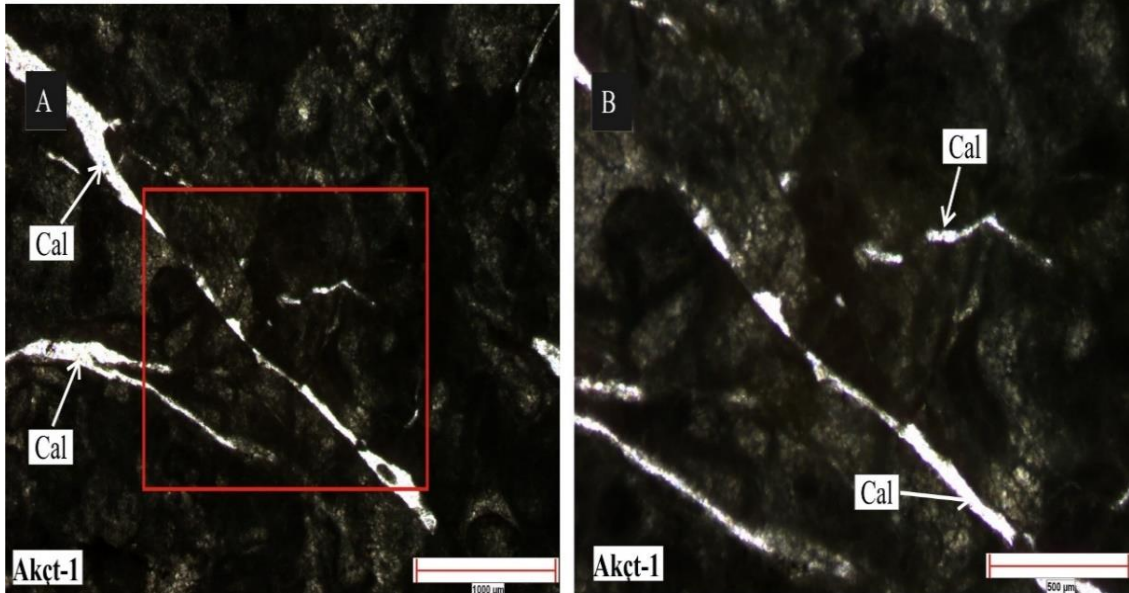
5.1 Mineralojik ve petrografik incelemeler

5.1.1 Polarizan mikroskop incelemeleri

Proje alanına ait grafit içeren örneklerle kayaç örneklerinin mineralojik yapılarının inceleyebilmek için gerçekleştirilen polarizan mikroskop incelemeleri aşağıda verilmiştir.

5.1.1.1 Ataklı Deresi Lokasyonu

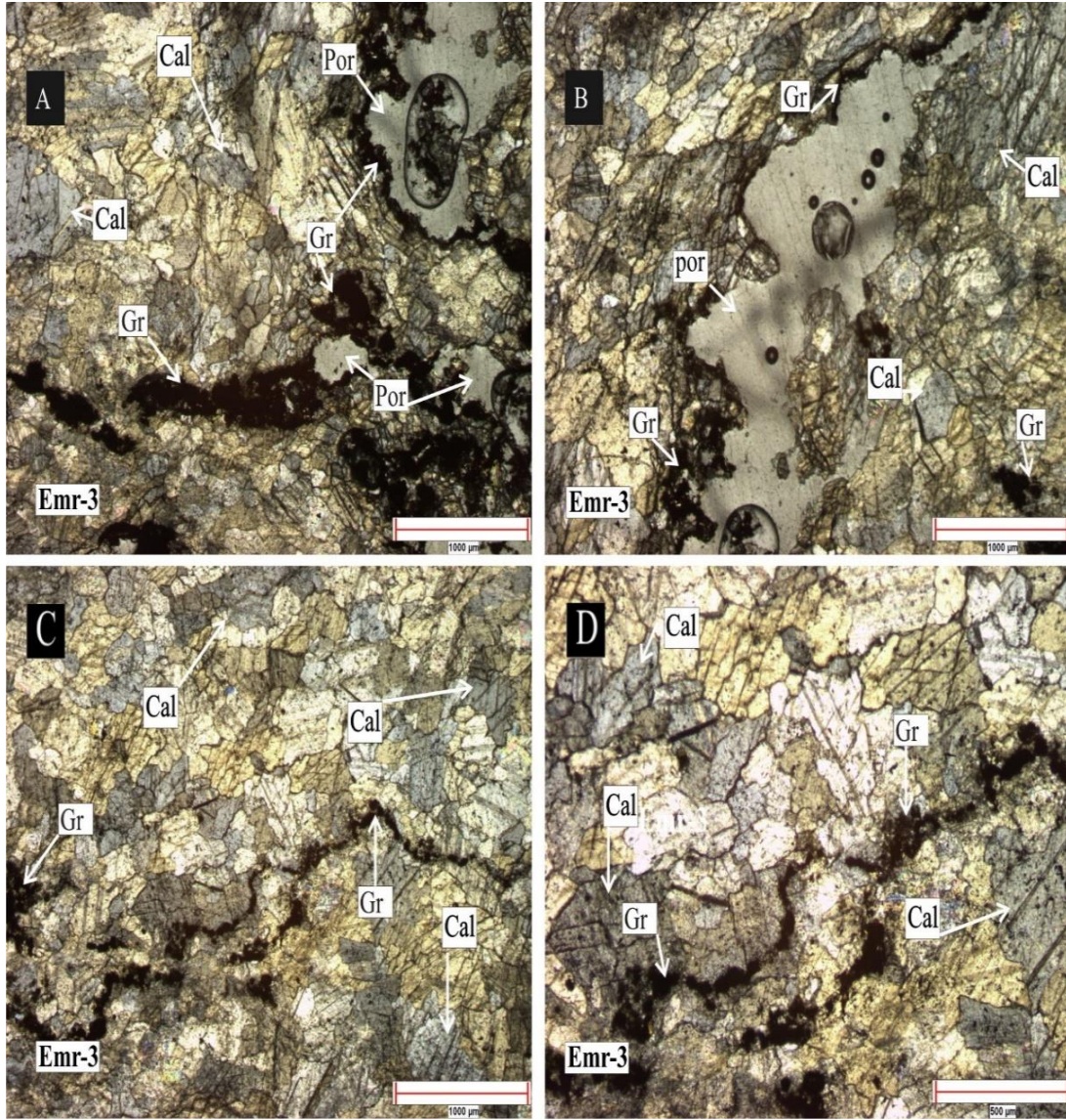
Ataklı Deresi lokasyonundan alınan Akçt1 kodlu kireçtaşı örneğine ait polarizan mikroskop incelemelerinde örneğin kalsit minerallerinden oluştuğu gözlenmiştir. Kayaç içindeki mikro kırık ve çatlakların ikincil (sekonder) kalsit mineralleri görülmüştür. Mikro çatlakların kenar sınırları boyunca yer yer opak minerallerin yerleştikleri belirlenmiştir. Opak minerallerin grafit olduğu düşünülmektedir (Resim 5.1).



Resim 5.1 Akçt 1 örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü.

5.1.1.2 Elma Deresi Lokasyonu

Elma Deresi lokasyonundan alınan EMR 3 kodlu mermer örneği üzerinde polarizan mikroskop incelemelerinde kayacın ana bileşeninin kalsit kristallerinden oluştuğu belirlenmiştir. Kalsit kristallerinin tane boyutları eş büyüklükte olup, kayaç granoblastik dokuya sahiptir. Kayaç içindeki kırık hatları boyunca opak mineralleri yerleşmiştir. Özellikle boşluklu/gözenekli kısımlar boyunca bu opak minerallerinin yerleştiği gözlenmiştir. Kayacın boşluklu kısımlarının kenarları boyunca ve kayaç içindeki mikro kırık/çatlakların içinde grafit yerleştiği görülmüştür (Resim 5.2).

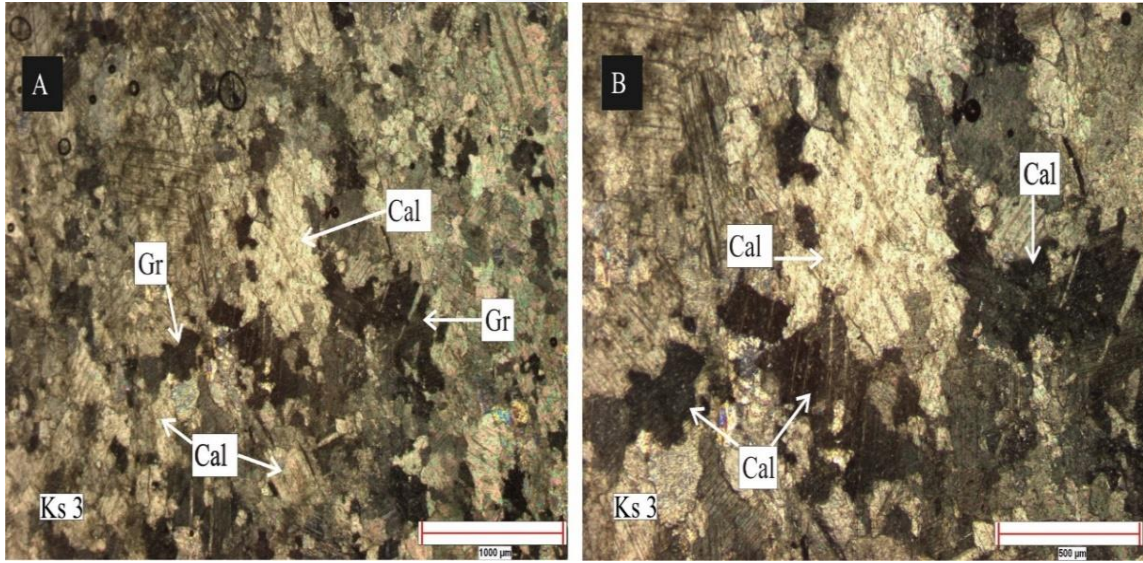


Resim 5.2 Emr 3 örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü.

5.1.1.3 Kezban Alanı Lokasyonu

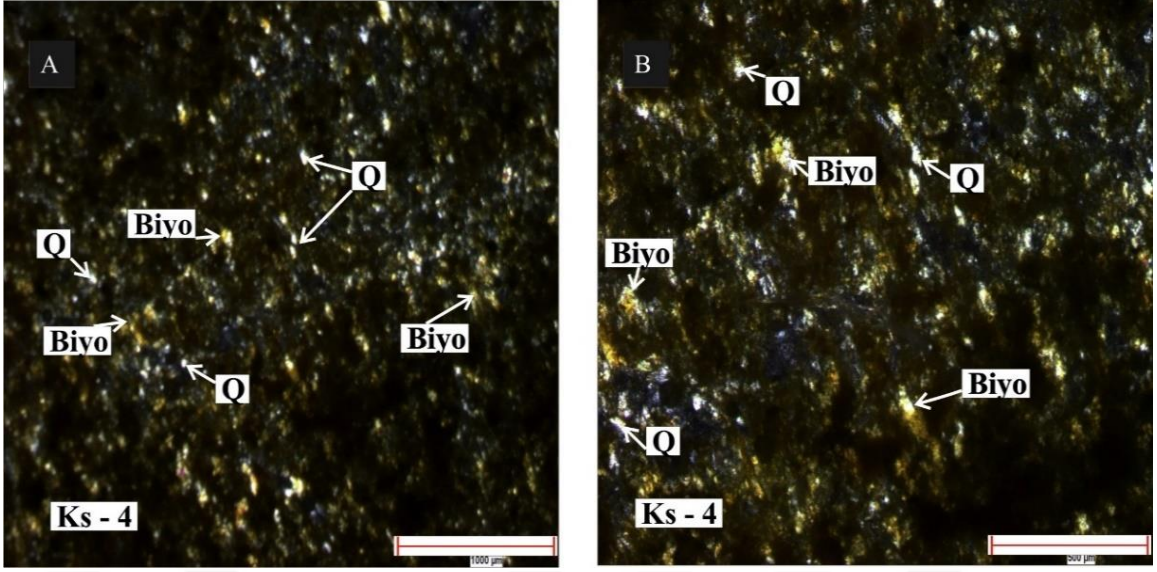
Kezban alanı lokasyonundan alınan mermer (Ks 3) kodlu örnek üzerinde yapılan polarizan mikroskop incelemelerinde kalsit minerali gözlenmiştir (Resim 5.3). Kalsit mineralleri polisentetik ikizlenme göstermekte olup, az oranda alterasyondan etkilendiği belirlenmiştir.

Kezban Alanı lokasyonundan alınan şist örneği (Ks4)'nin mikaşist türünde olduğu belirlenmiştir (Resim 5.4). Polarizan mikroskop incelemelerinde mika minerallerinin (biyotit) ince, çubuksu formlar gösterdiği tespit edilmiştir. Kayaç içinde az oranda kuvars (Q) minerallerinin varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca kesit üzerinde yer yer gözenekler mevcuttur.

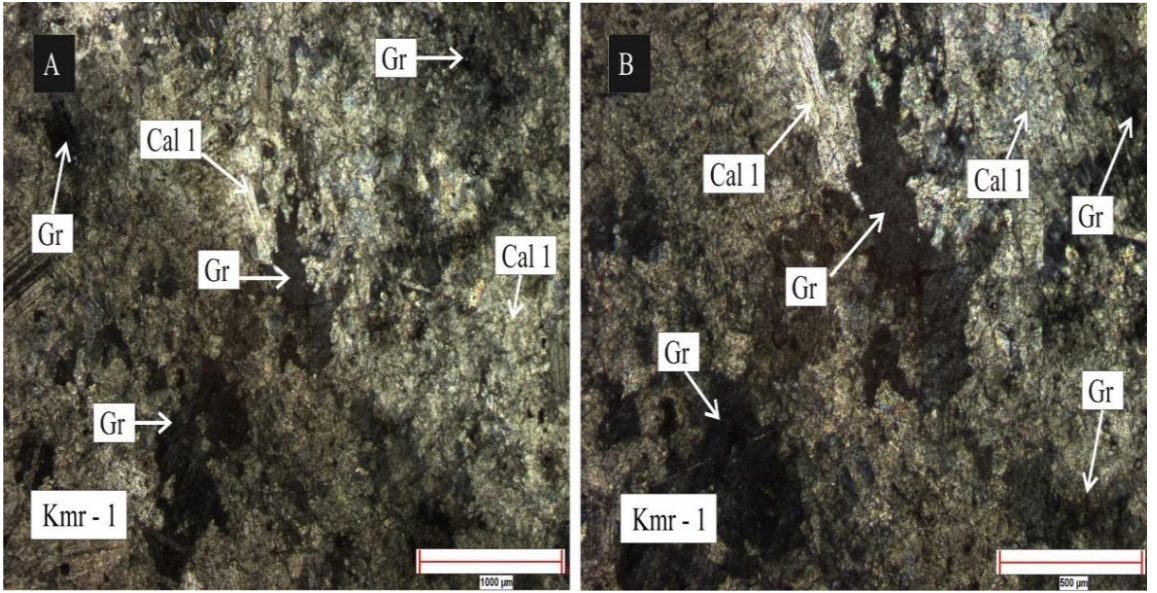


Resim 5.3 Ks3 örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü.

Kezban alanı lokasyonundan alınan mermer (Kmr 1) kodlu örnek üzerinde yapılan polarizan mikroskop incelemelerinde kalsit minerali gözlenmiştir (Resim 5.5). Kalsit mineralleri polisentetik ikizlenme göstermekte olup, az oranda alterasyondan etkilendiği belirlenmiştir. Yer yer opak mineralleri kayacın içindeki kırıklara yerleşmiş olup kayacın alterasyondan daha fazla etkilendiği gözlenmiştir.



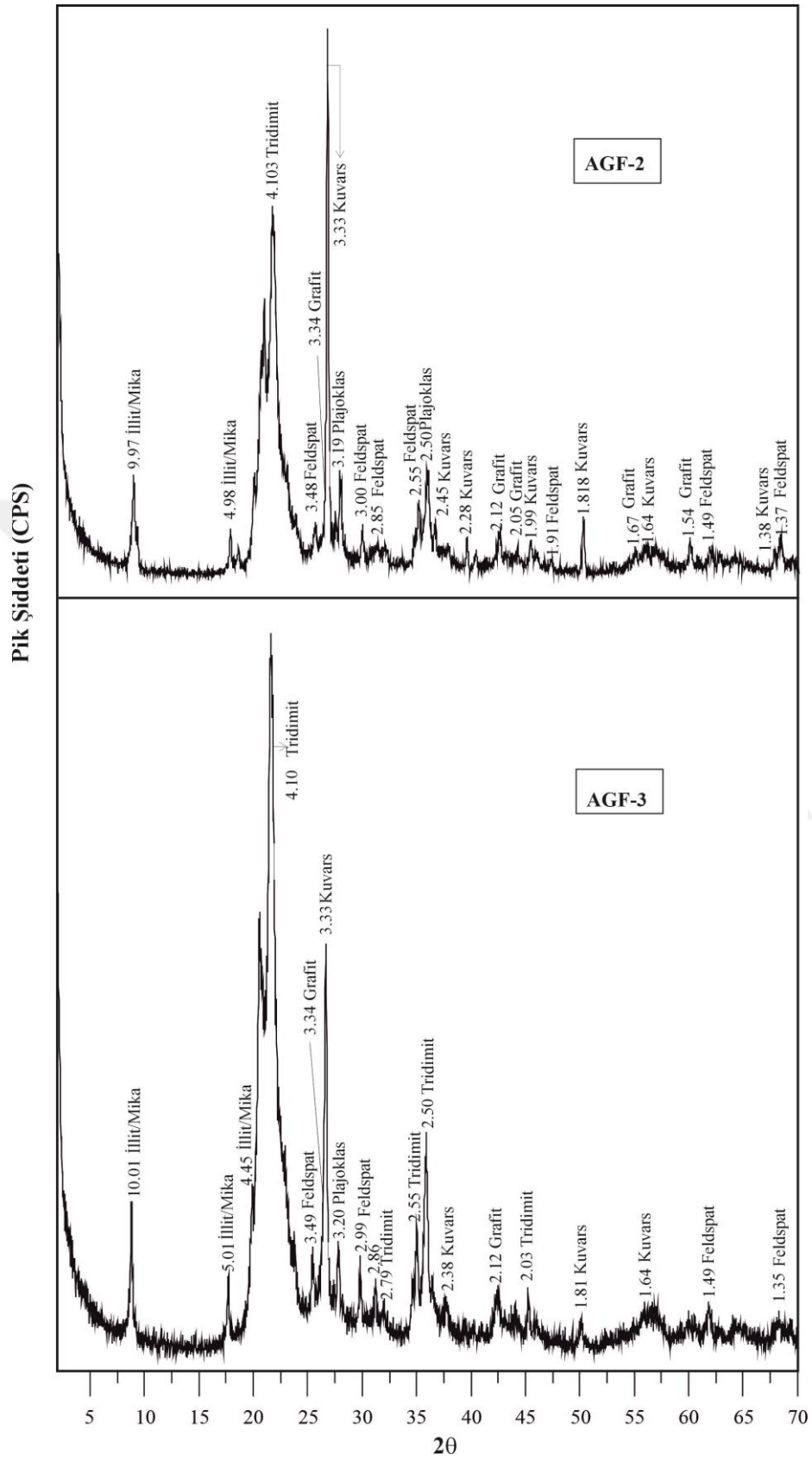
Resim 5.4 Ks 4 örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü.



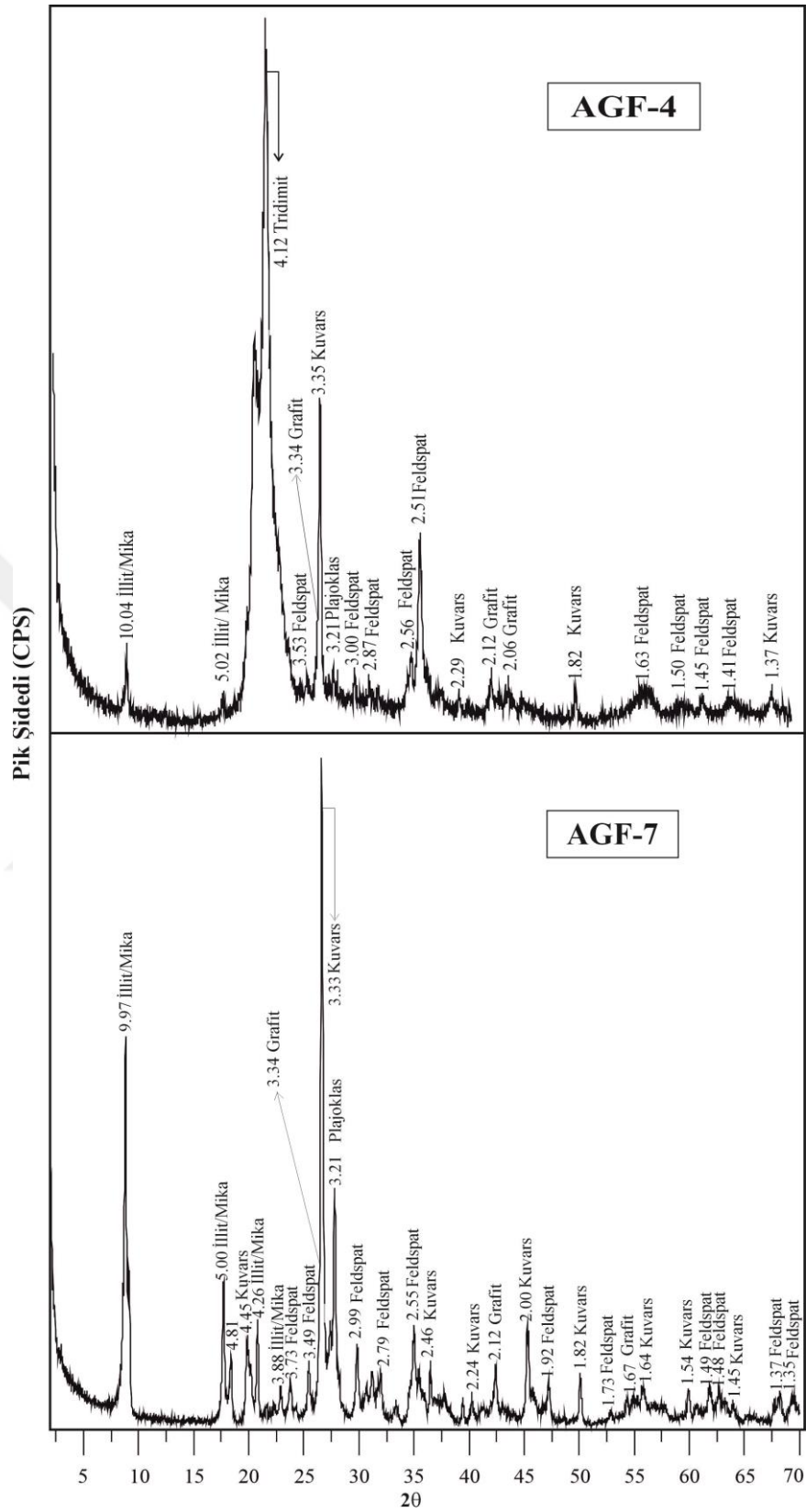
Resim 5.5 Kmr 1 örneğinin polarizan mikroskop görüntüsü.

5.1.2 X - Işını Kırınımı (XRD) İncelemeleri

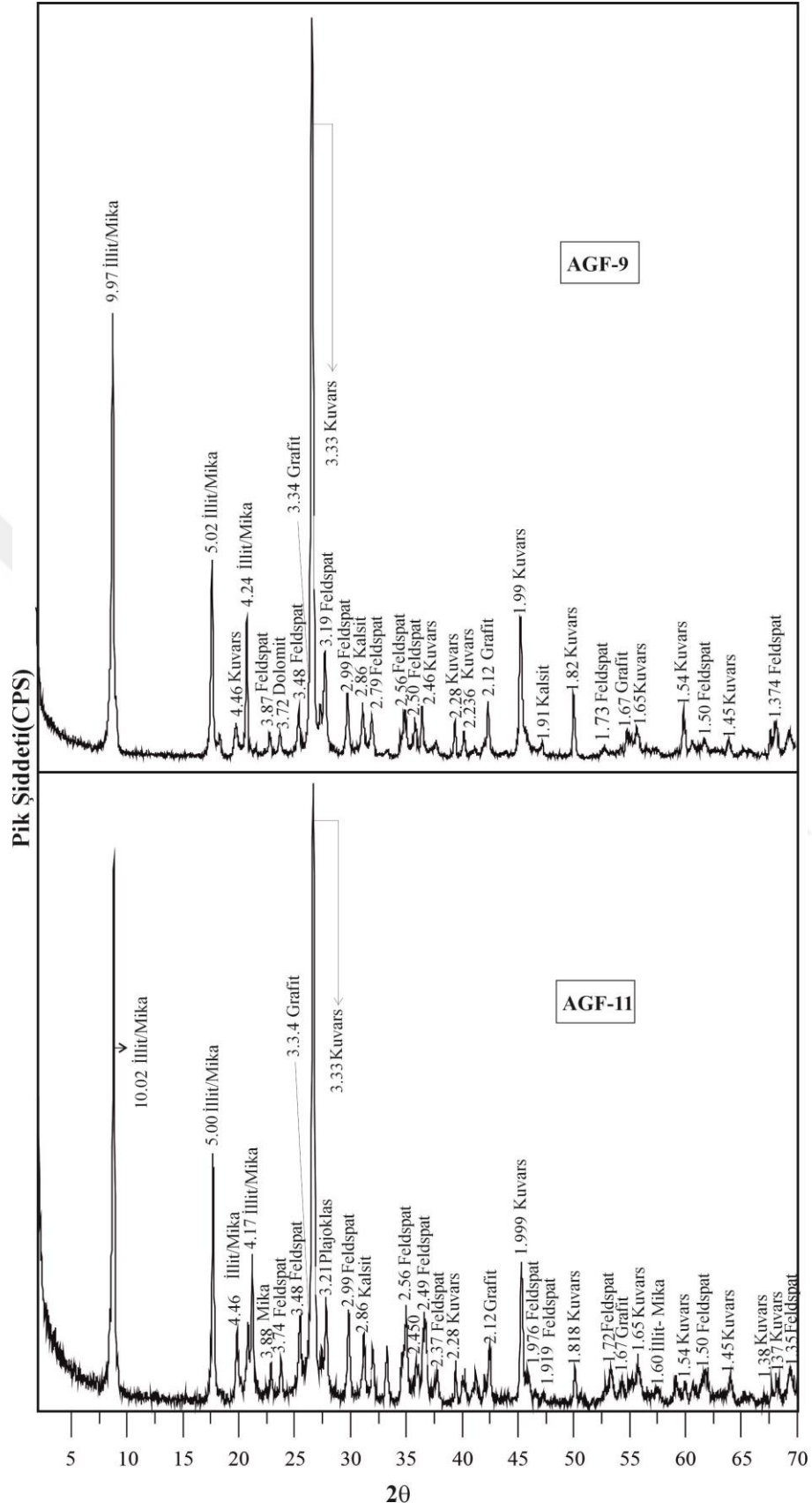
Ataklı Deresi lokasyonundan alınan Agf- 2, Agf -3, Agf- 4, Agf- 7, Agf -9, Agf- 11 numaralı örneklerde X ışınları cihazı ile 2-70 aralığında çekimler yapılmıştır (Şekil 5.1-2-3).



Şekil 5.1 Ataklı Deresinden alınan Agf2 ve Agf3 kodlu örneklerin XRD grafikleri.

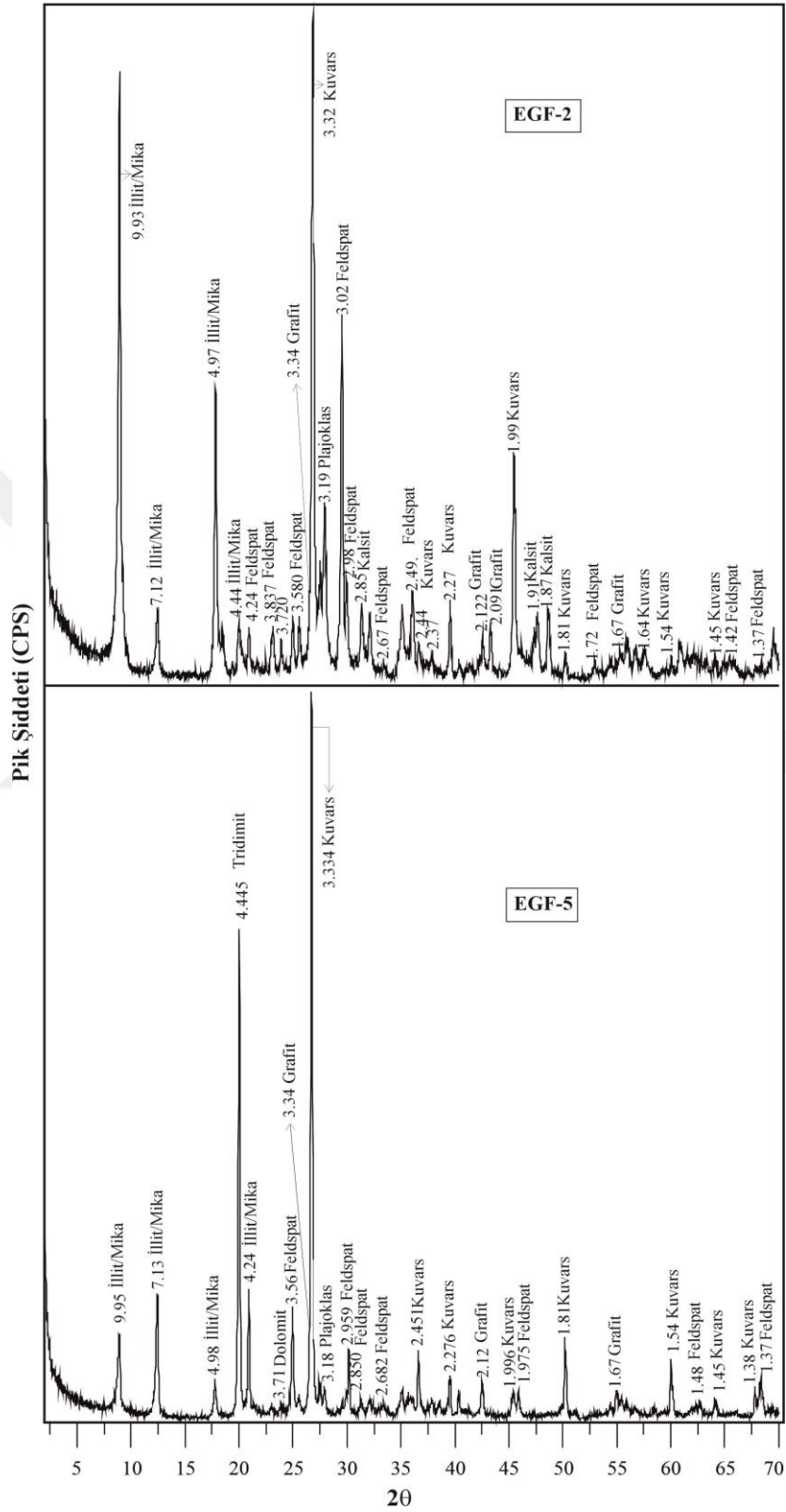


Şekil 5.2 Ataklı Deresinden alınan Agf4 ve Agf7 kodlu örneklerin XRD grafikleri.



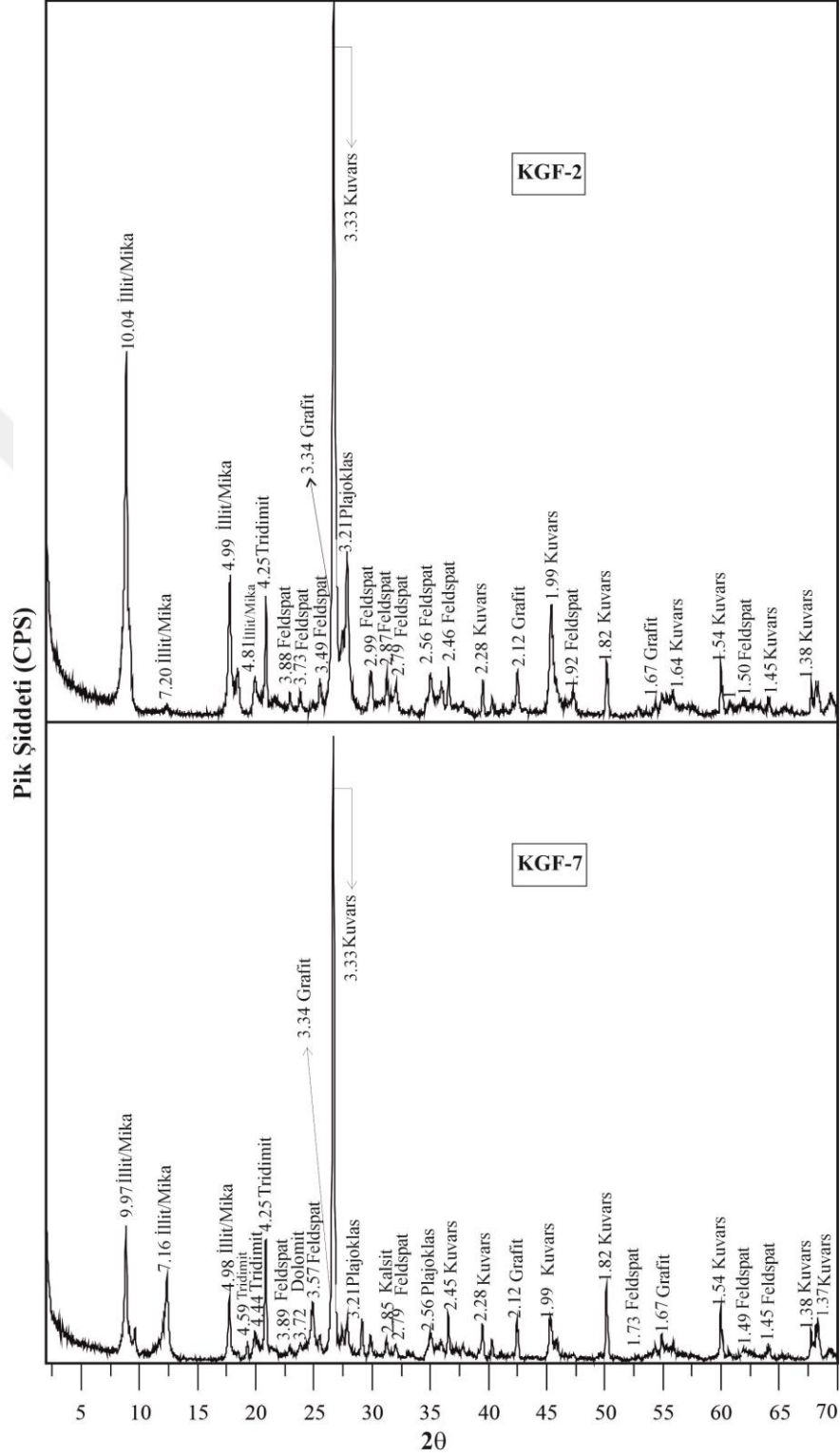
Şekil 5.3 Ataklı Deresinden alınan Agf9 ve Agf11 kodlu örneklerin XRD grafikleri.

Elma Deresi lokasyonundan alınan Egf-2 ve Egf-5 numaralı örneklerde X ışınları cihazı ile 2-70 aralığında çekimler yapılmıştır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Elma Deresinden alınan Egf2 ve Egf5 kodlu örneklerin XRD grafikleri.

Kezban Alanı lokasyonundan alınan Kgf -2 ve Kgf- 7, numaralı örneklerde X ışınları cihazında ile 2-70 aralığında çekimler yapılmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Kezban Alanı lokasyonundan alınan Kgf2 ve Kgf7 örneklerin XRD grafikleri.

XRD incelemeleri neticesinde alınan örneklere ait sonuçlar incelendiğinde Ataklı Deresi, Kezban Alanı ve Elma Deresi lokasyonlarından alınan tüm örneklerde grafit, illit, mika, kuvars ve feldspat minerallerinin varlığı tespit edilmiştir. Tüm örneklerde Grafit 2 θ (theda) değerleri sırasıyla 3.34°, 2,12° ve 1,67° olarak bulunmuştur. Ayrıca Ataklı Deresi Agf2, Agf-3 ve Agf-4 nolu örnekler ile Kezban alanı ve Elma deresi lokasyonlarında tridimit, plajiolklas mineralleri belirlenmiştir. Sadece Ataklı Deresi lokasyonunda Agf-9 nolu örnekte dolomit minerali Agf-11, Af-9 ve Egf-2 nolu örneklerde kalsit minerali belirlenmiştir (Çizelge 5.1).

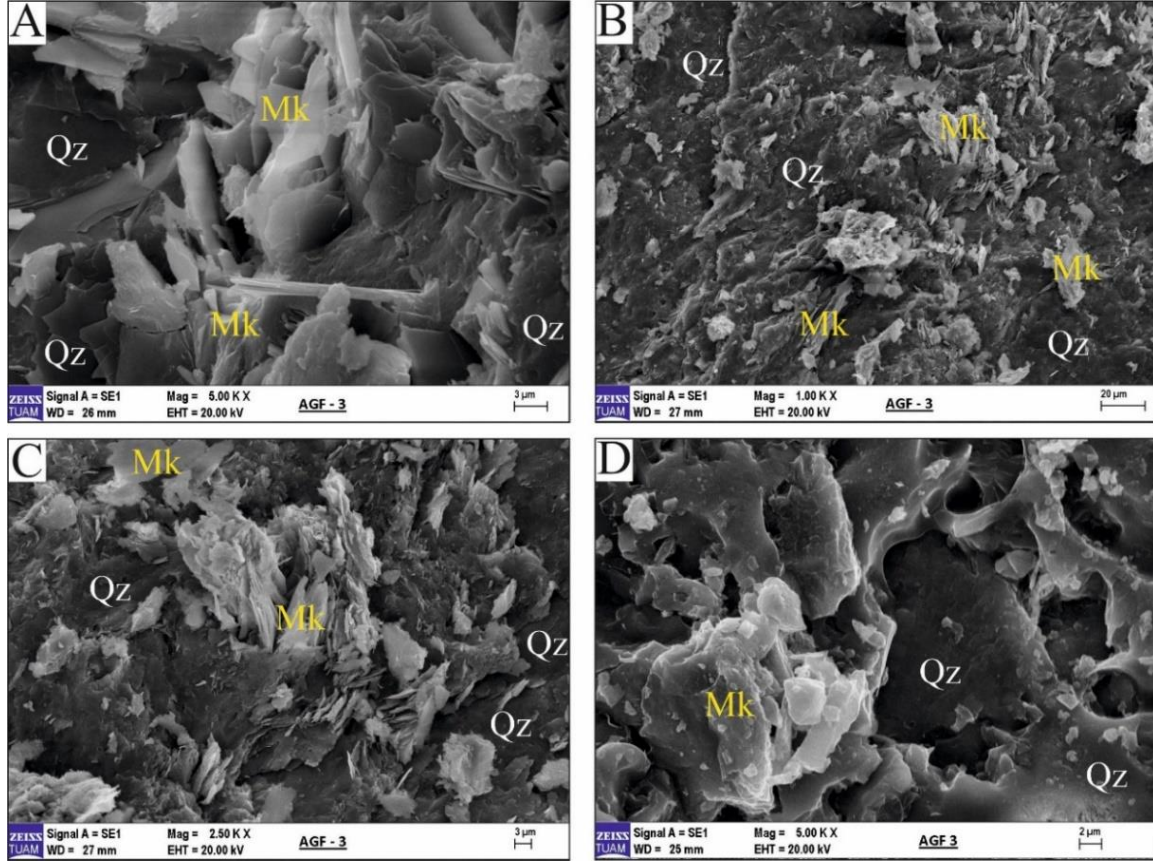
Çizelge 5.1 Örneklerin kalitatif XRD analiz sonucu.

Lokasyon	Örnek No	Grafit	İllit	Mika	Tridimit	Feldspat	Plajiolklas	Kuvars	Kalsit	Dolomit
Ataklı Deresi	Agf2	+	+	+	+	+	+	+	-	-
	Agf3	+	+	+	+	+	+	-	-	-
	Agf4	+	+	+	+	+	-	+	-	-
	Agf7	+	+	+	-	+	-	+	-	-
	Agf9	+	+	+	-	+	-	+	+	+
	Agf11	+	+	+	-	+	+	+	+	-
Elma Deresi	Egf2	+	+	+	-	+	+	+	+	-
	Egf5	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Kezban Alanı	Kgf2	+	+	+	+	+	+	+	-	-
	Kgf7	+	+	+	+	+	+	+	-	-

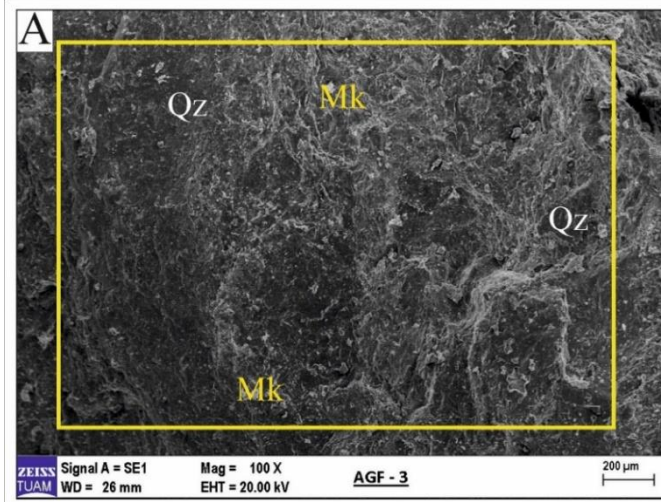
5.1.3 Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) İncelemeleri

Agf 3 ve Agf 11 örneklerinin morfolojik ve mikrokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla taramalı elektron mikroskop (SEM/EDX)'ta incelemeleri yapılmıştır (Şekil 5.6-11). Bunun için örneklerin morfolojik yapıları ve dokusal değişimleri incelenmiştir. Ayrıca örneklerin nokta – çizgi – alan EDX analizleri de yapılmıştır. SEM incelemeleri neticesinde yapraksı yapıda mika mineralleri gözlenmiştir. Mika minerallerinin kontağında ve şistozite düzlemlerine uygun bir şekilde grafit oluşumları belirlenmiştir. EDX analizlerinde gözlenen karbon içeriği grafit varlığını desteklemiştir. Agf 11 örneğinde en yüksek karbon (CO₂) içeriğinin % 56.23 olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.6-

5.11). Fe_2O_3 içeriği en yüksek %17.02 oranında Agf 11 örneğinde belirlenmiştir. İncelenen örneklerde TiO_2 belirlenmiş olup en yüksek değer 2.61 ile Agf 3'te belirlenmiştir. Örneklerde SiO_2 oranları yüksek gözlenmekte olup Agf 3 örneğinde en yüksek %65.34 olarak belirlenmiştir. İncelenen örneklerde Al_2O_3 en yüksek %30.94 ile Agf 11 örneğinde belirlenmiştir.

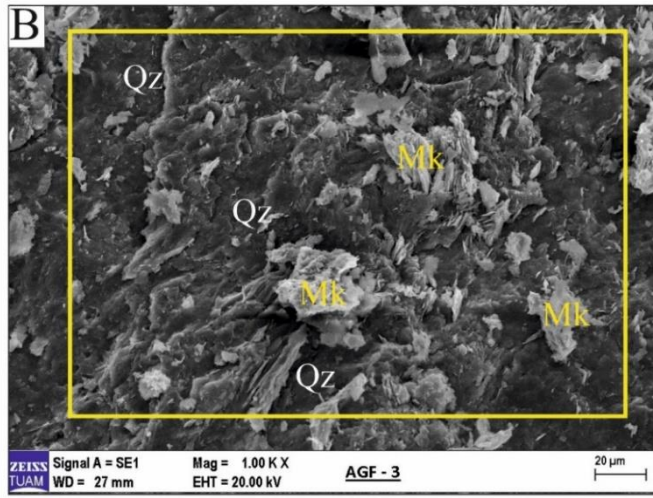


Şekil 5.6 Agf 3 örneğine ait taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntüleri.



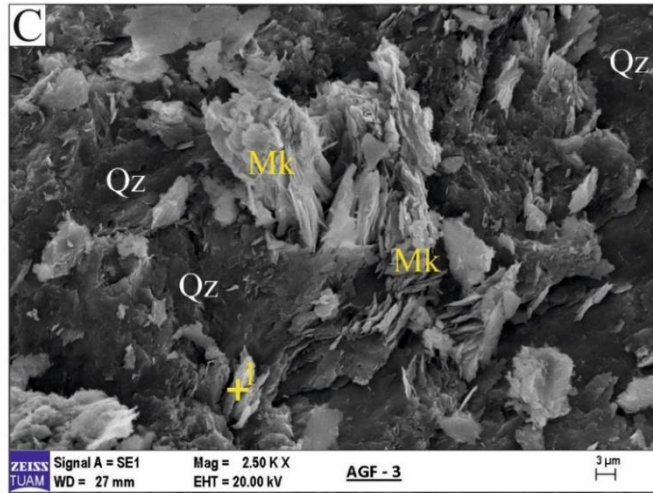
AGF 3

Oksitler (%)	Spectra 1
CO ₂	14.48
Na ₂ O	0.84
Mg	0.56
Al ₂ O ₃	13.72
SiO ₂	65.34
K ₂ O	3.83
TiO ₂	1.22
Toplam	99.99



AGF 3

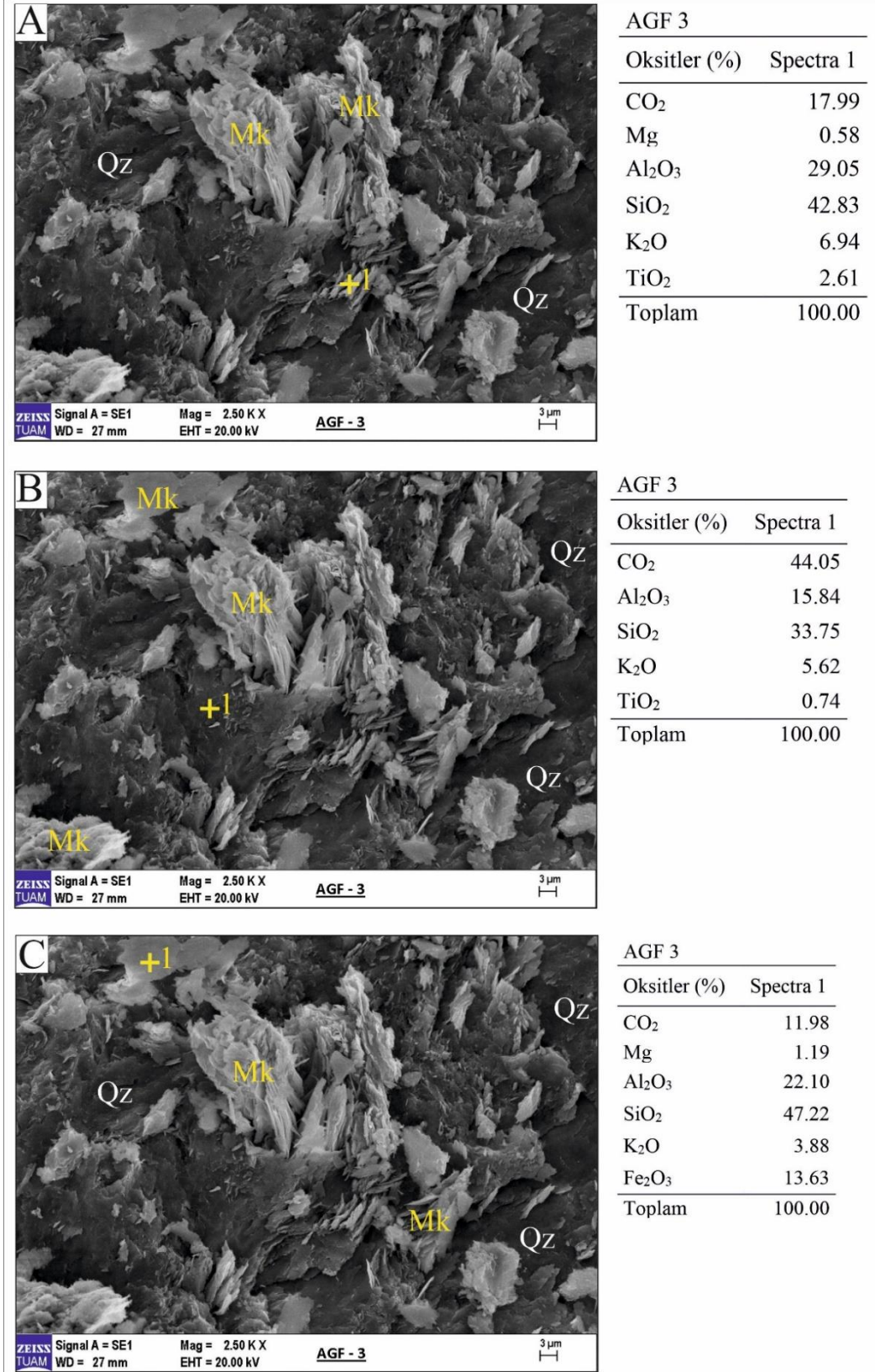
Oksitler (%)	Spectra 1
CO ₂	21.87
Na ₂ O	0.98
Mg	0.54
Al ₂ O ₃	22.71
SiO ₂	46.62
K ₂ O	5.86
TiO ₂	1.42
Toplam	100.00



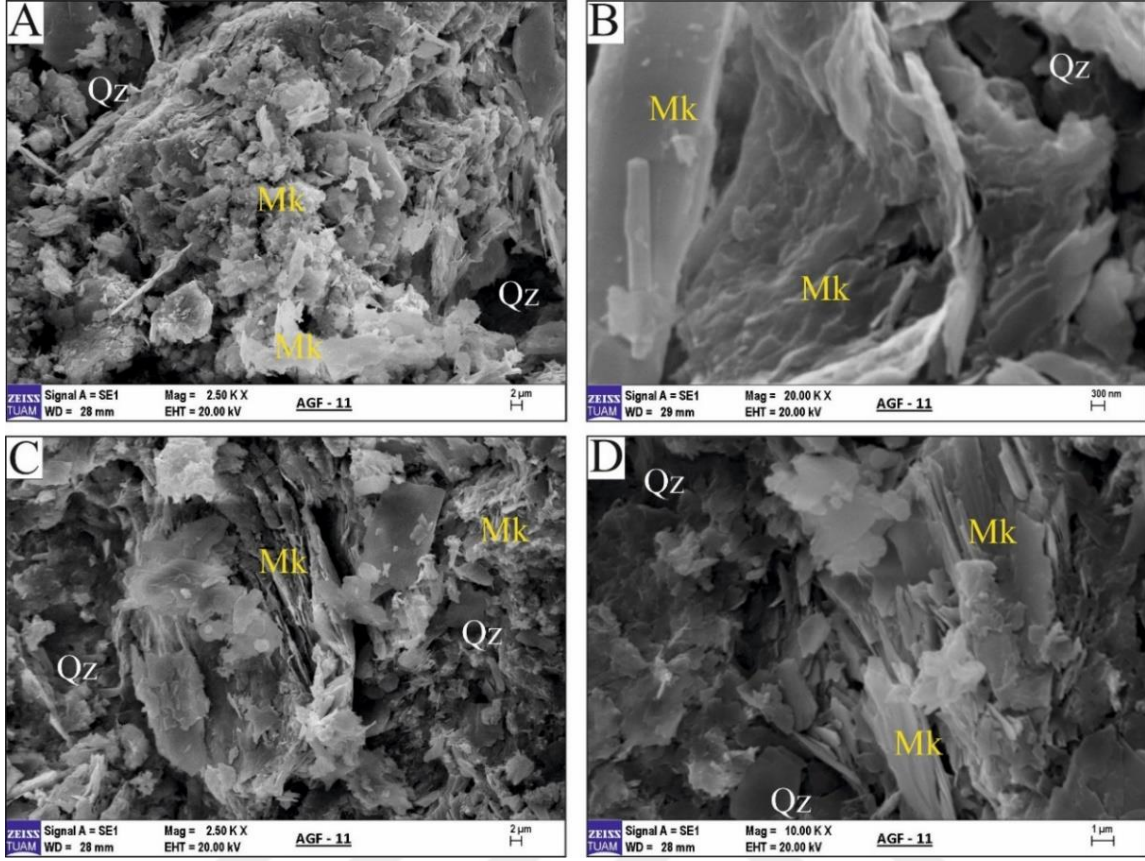
AGF 3

Oksitler (%)	Spectra 1
CO ₂	24.48
Na ₂ O	0.78
Mg	0.40
Al ₂ O ₃	22.88
SiO ₂	45.13
K ₂ O	5.82
TiO ₂	0.52
Toplam	100.01

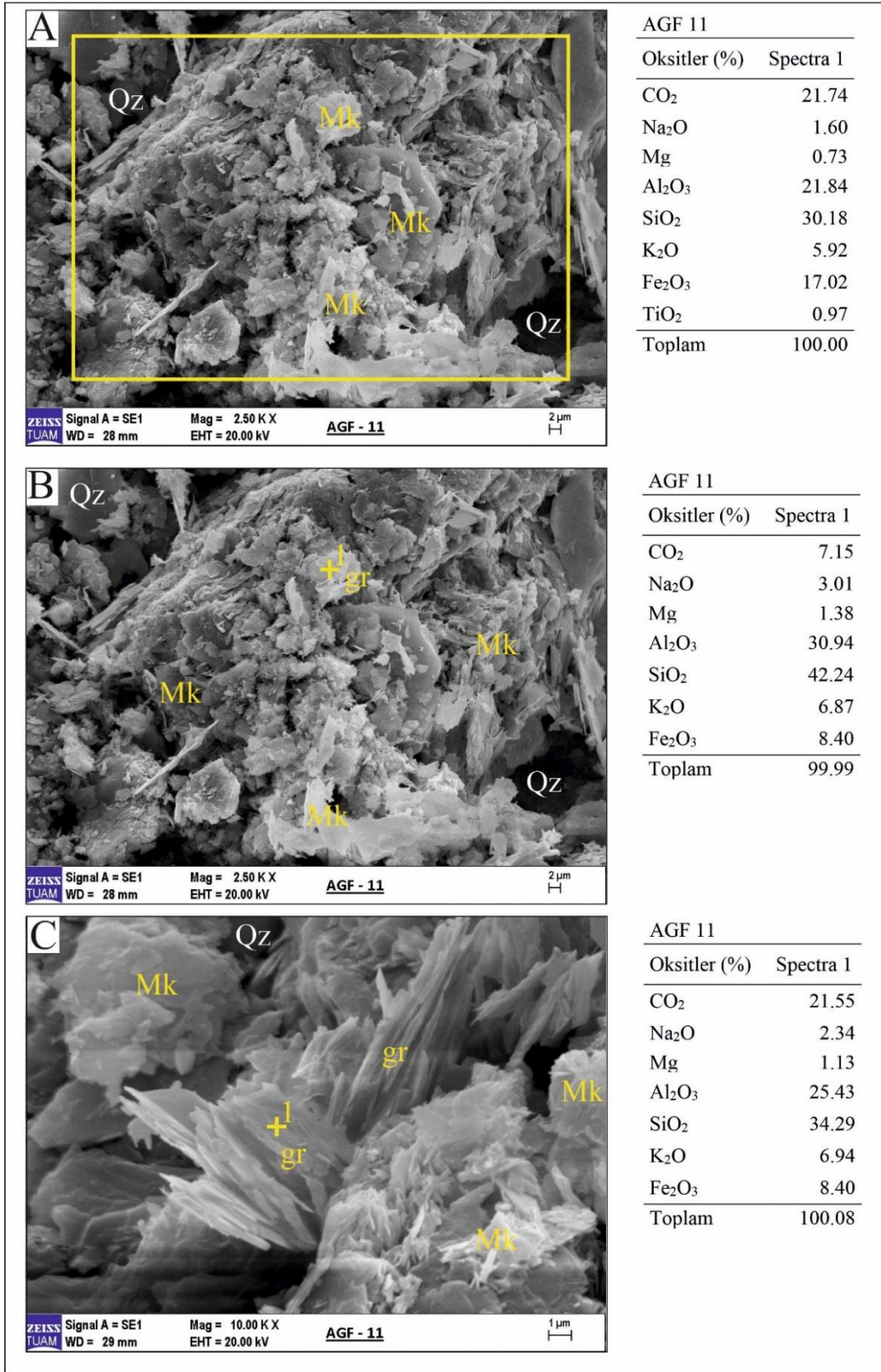
Şekil 5.7 Agf 3 örneğine ait Sem görüntüleri ve EDX verileri.



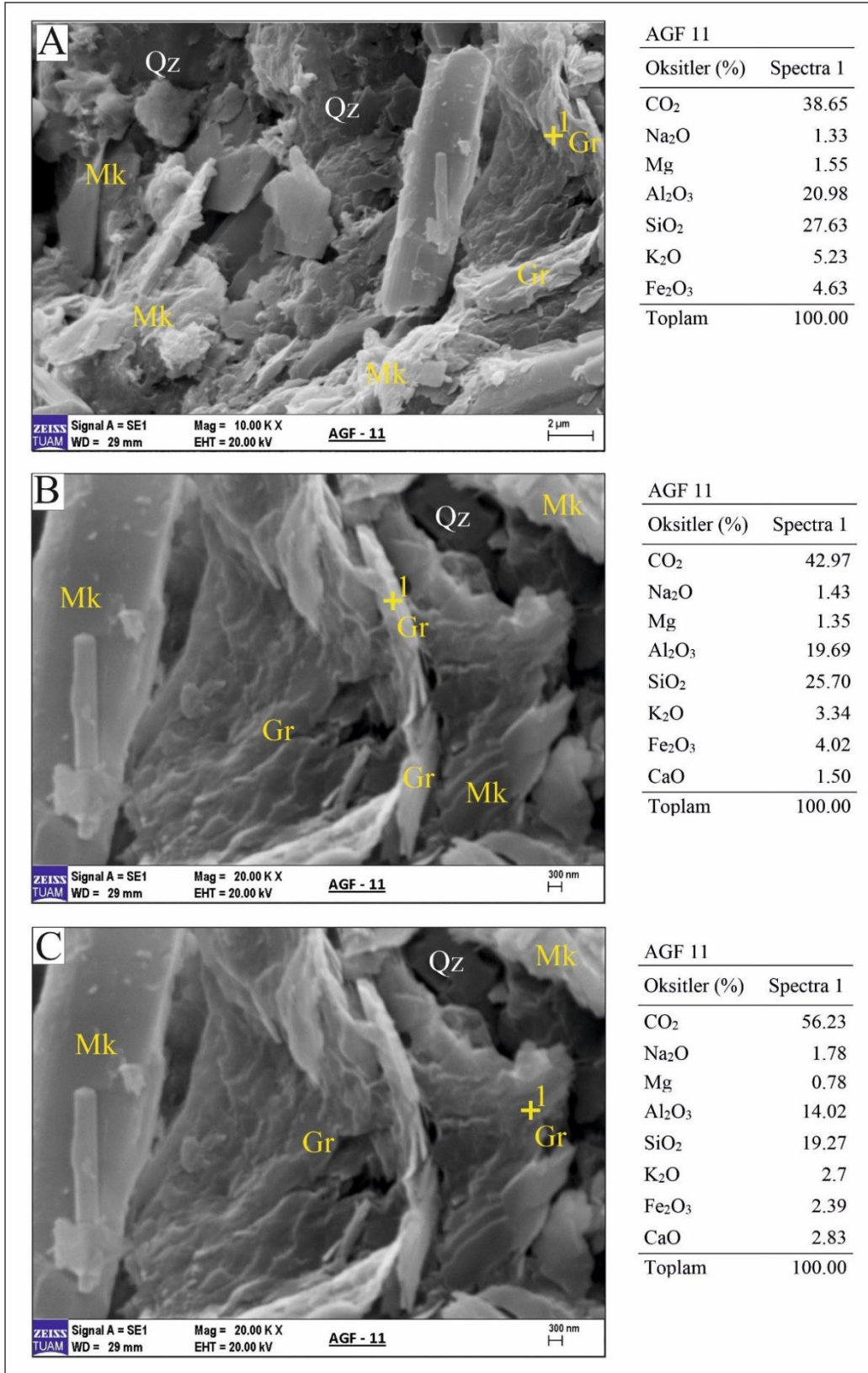
Şekil 5.8 Agf 3 örneğine ait SEM görüntüleri ve EDX verileri.



Şekil 5.9 Agf 11 örneğine ait taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntüleri.



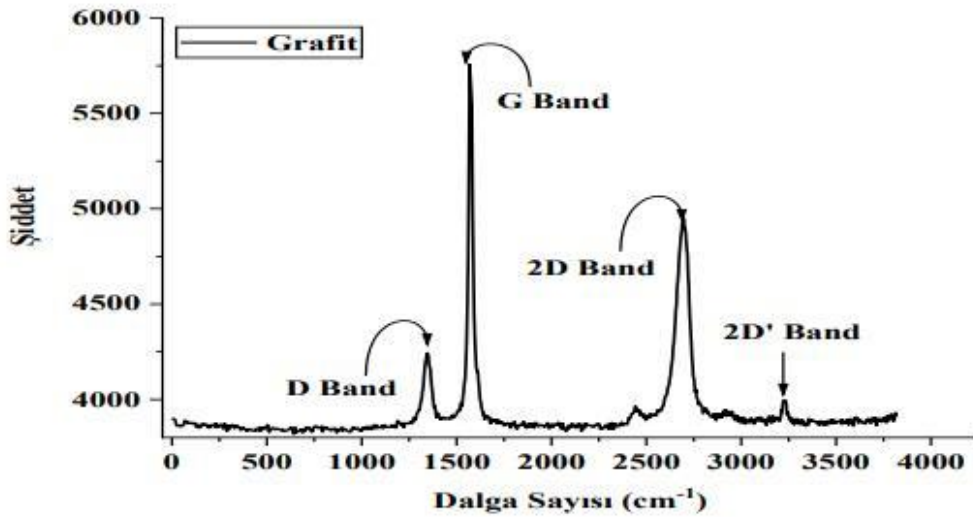
Şekil 5.10 Agf 11 örneğine ait Sem görüntüleri ve EDX verileri.



Şekil 5.11 Agf 11 örneğine ait Sem görüntüleri ve EDX verileri.

5.1.4 Raman Spektroskopisi ile Yapılan İncelemeler

Grafitin Raman spektrumu incelendiğinde 3 ana pik olduğu görülmektedir. D, G ve 2D piki olarak belirlenen bu pikler sırasıyla 1350 cm^{-1} , 1580 cm^{-1} ve 2700 cm^{-1} konumunda görüntülenmektedir (Şekil 5.12). D piki grafitin kusurlu olduğunu belirten piktir ve ideal grafit yapısı incelendiğinde kristal simetrilerinden dolayı bu pik görülmez. Grafitteki kusur artıkça bu pikin kaydığı görülür. G piki grafitin örgü olduğunu belirten durumdur. 2D piki ise ikincil saçılmalardan dolayı oluşan piktir. 2D piki ile G piklerinin şiddet değerleri kullanılarak grafit filmlerin tabaka sayısı tespit edilebilir. I2D/IG oranı ≥ 2 ise tek tabakalı grafit, ~ 1 ise iki tabakalı grafit ve < 1 ise çok tabakalı grafit olarak nitelendirilir.

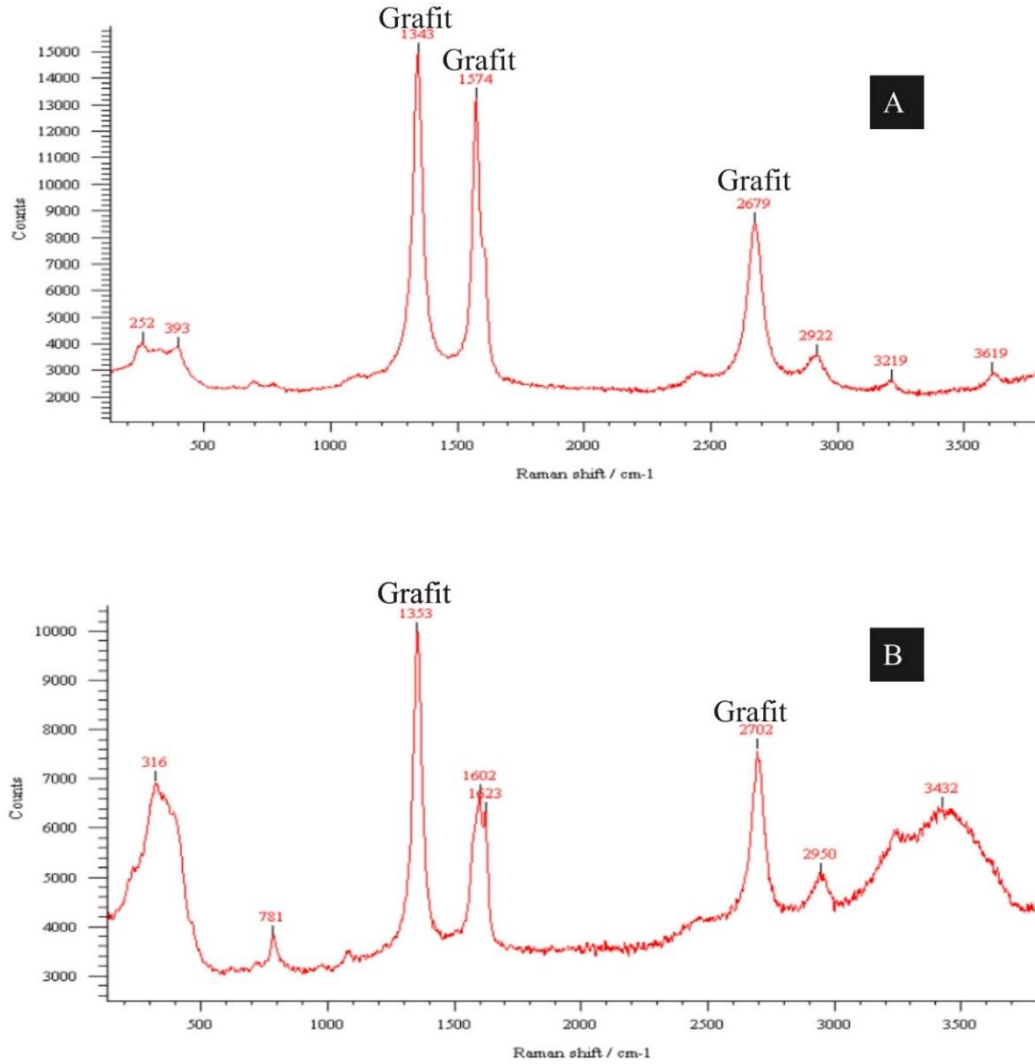


Şekil 5.12 Grafitin raman spektrumuna ait pik değerleri (Laçın ve Dönmez 2001).

Çalışma alanında bulunan Ataklı Deresi, Elma Deresi ve Kezban Alanı lokasyonlarından alınan grafit örneklerinin Raman spektroskopisi çalışmaları, Orta Doğu Üniversitesi Merkez Laboratuvarında yapılmıştır.

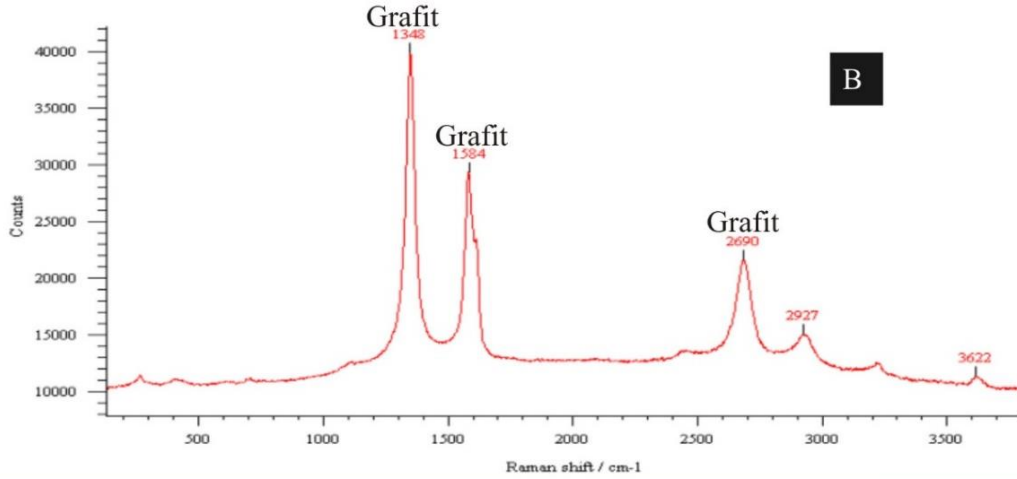
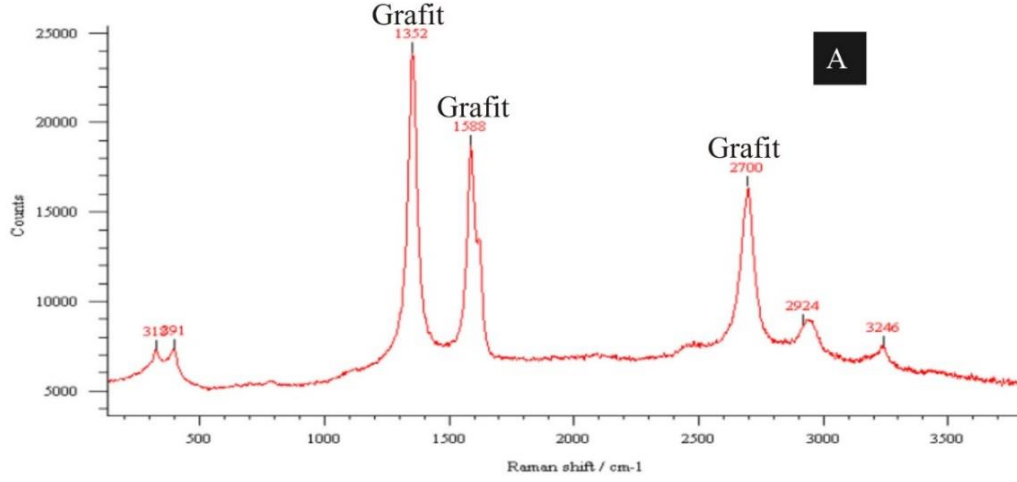
Ataklı Deresi lokasyonundan alınan Agf 2, Agf 3, Agf 4, Agf 7, Agf 9, Agf 11 numaralı örneklerde Raman spektroskopisi ile incelemeler yapılmıştır.

Raman spektrumunu analizinde Ataklı Deresi lokasyonundan alınan Agf2 örneğinin D pikinin değeri 1343 cm^{-1} , G pikinin değeri 1574 cm^{-1} , 2D pik değeri 2679 cm^{-1} olarak bulunmuştur. Agf3 örneğinin D pikinin değeri 1353 cm^{-1} , G pikinin değeri 1602 cm^{-1} , 2D pik değeri 2702 cm^{-1} olarak bulunmuştur (Şekil 5.13).



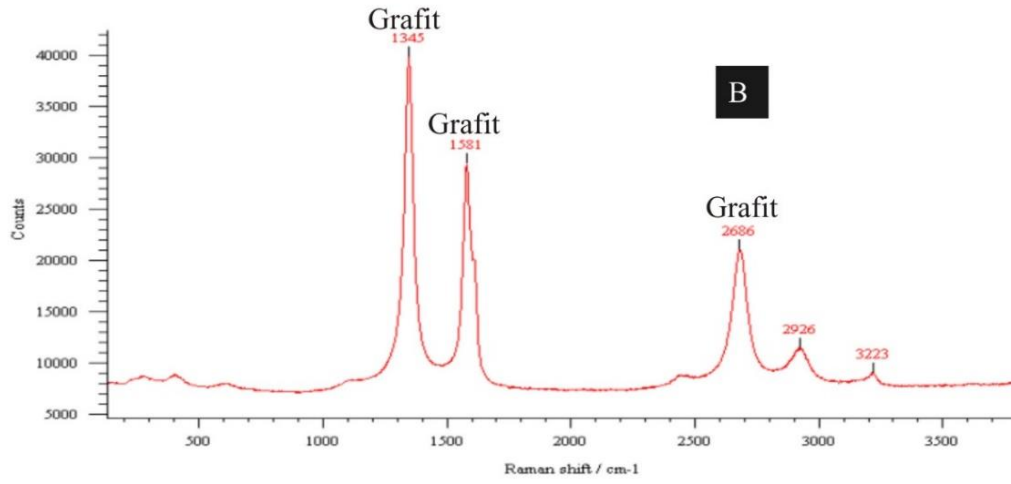
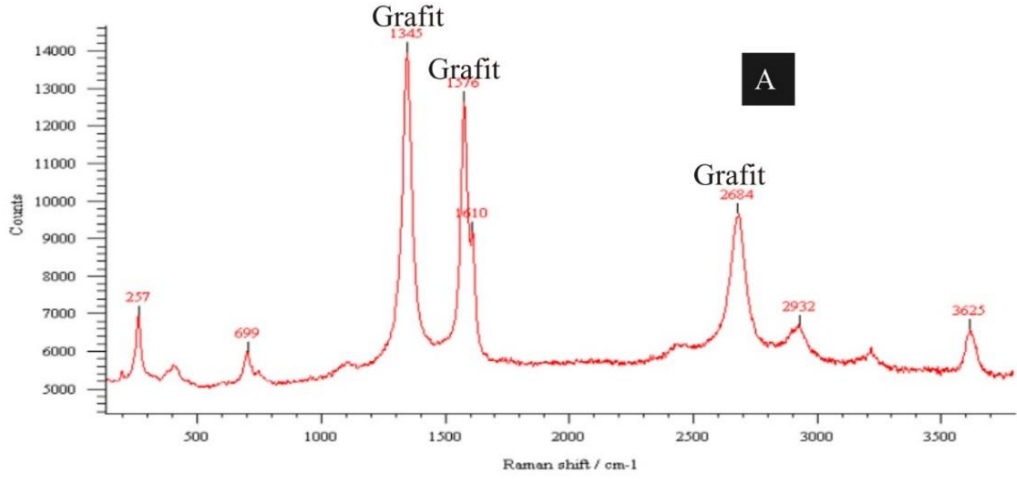
Şekil 5.13 Ataklı Deresi lokasyonundan alınan örneklerin Raman Spektroskopisi grafikleri.(a- Agf2 örneği, b-Agf3 örneği).

Raman spektrumunu analizinde Ataklı Deresi lokasyonundan alınan Agf4 örneğinin D pikinin değeri 1352 cm^{-1} , G pikinin değeri 1588 cm^{-1} , 2D pik değeri 2700 cm^{-1} olarak bulunmuştur. Agf7 örneğinin D pikinin değeri 1348 cm^{-1} , G pikinin değeri 1584 cm^{-1} , 2D pik değeri 2690 cm^{-1} olarak bulunmuştur (Şekil 5.14).



Şekil 5.14 Ataklı Deresi lokasyonundan alınan örneklerin Raman Spektroskopisi grafikleri.(a- Agf4 örneği, b-Agf7 örneği).

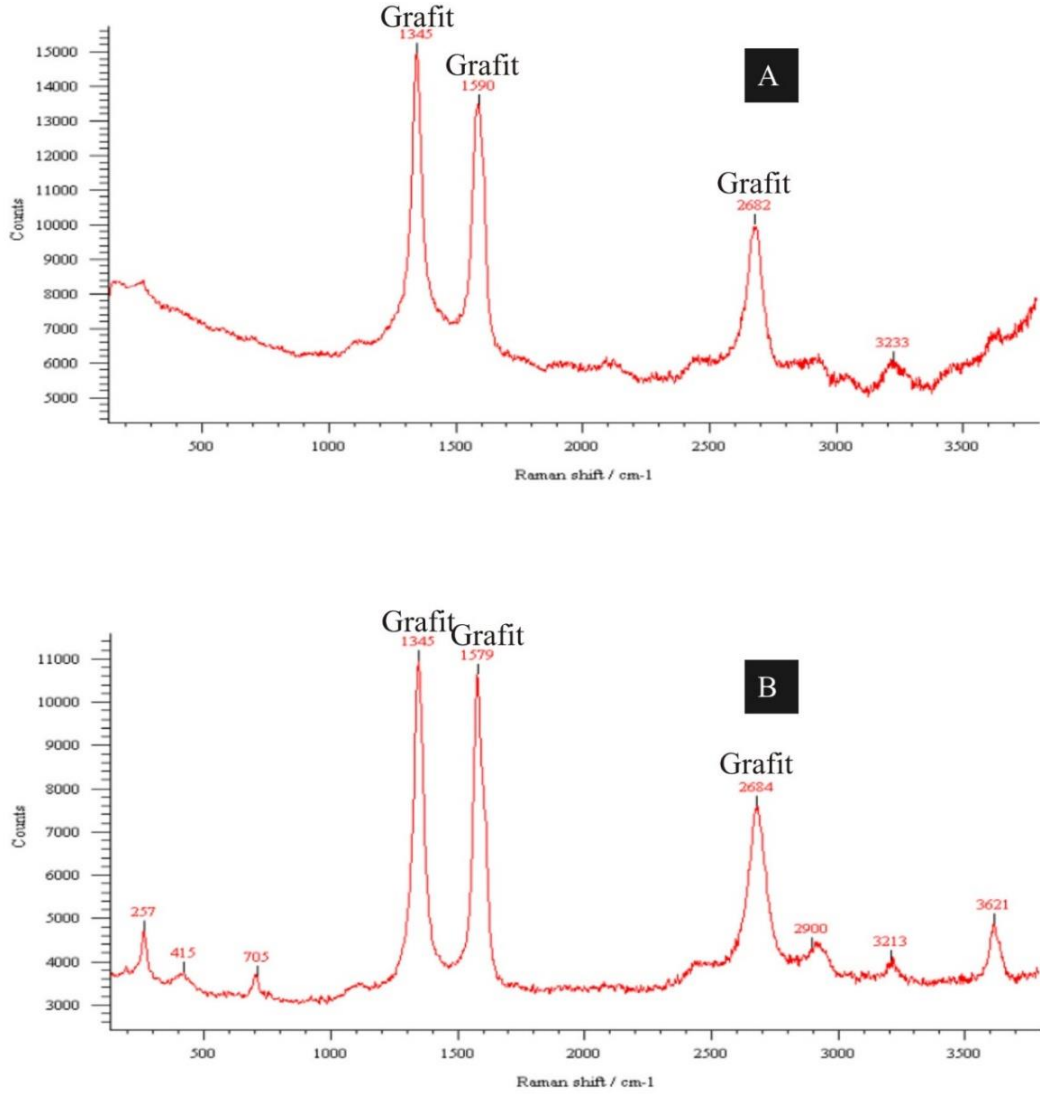
Raman spektrumunu analizinde Ataklı Deresi lokasyonundan alınan Agf9 örneğinin D pikinin değeri 1345 cm^{-1} , G pikinin değeri 1576 cm^{-1} , 2D pik değeri 2684 cm^{-1} olarak bulunmuştur. Agf11 örneğinin D pikinin değeri 1345 cm^{-1} , G pikinin değeri 1581 cm^{-1} , 2D pik değeri 2686 cm^{-1} olarak bulunmuştur (Şekil 5.15).



Şekil 5.15 Ataklı Deresi lokasyonundan alınan örneklerin Raman Spektroskopisi grafikleri.(a-Agf9 örneği, b-Agf11 örneği).

Elma Deresi lokasyonundan alınan Egf 2 ve Egf5 numaralı örneklerde Raman spektroskopisi ile incelemeler yapılmıştır.

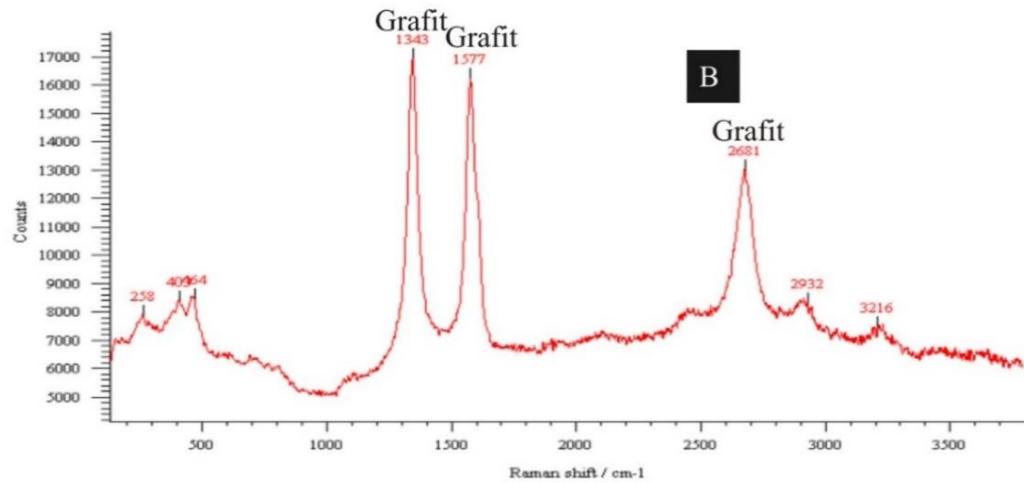
Raman spektrumunu analizinde Elma Deresi lokasyonundan alınan Egf2 örneğinin D pikinin değeri 1345 cm^{-1} , G pikinin değeri 1590 cm^{-1} , 2D pik değeri 2682 cm^{-1} olarak bulunmuştur. Egf5 örneğinin D pikinin değeri 1345 cm^{-1} , G pikinin değeri 1579 cm^{-1} , 2D pik değeri 2684 cm^{-1} olarak bulunmuştur (Şekil 5.16).



Şekil 5.16 Elma Deresi lokasyonundan alınan örneklerin Raman Spektroskopisi grafikleri.(a- Egf2 örneği, b-Egf5 örneği).

Kezban Alanı lokasyonundan alınan Kgf 2 ve Kgf 7, örneklerin numaralı örneklerde Raman spektroskopisi ile incelemeler yapılmıştır.

Raman spektrumunu analizinde Kezban Alanı lokasyonundan alınan Kgf2 örneğinin D pikinin değeri 1343 cm⁻¹, G pikinin değeri 1575 cm⁻¹, 2D pik değeri 2679 cm⁻¹ olarak bulunmuştur.Kgf7 örneğinin D pikinin değeri 1343 cm⁻¹, G pikinin değeri 1577 cm⁻¹, 2D pik değeri 2681cm⁻¹ olarak bulunmuştur (Şekil 5.17).



Raman spektrumu analizlerine bakıldığında aynı lokasyonlardan alınan grafit örneklerinin pik değerleri birbirine yakın çıkmaktadır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 Örneklerin D1, G ve D2 pik değerleri.

Lokasyon adı	Numene adı	D1 Bandı	G Bandı	D2 Bandı
ATAKLI DERESİ	Agf 2	1343	1574	2679
	Agf 3	1353	1623	2702
	Agf 4	1352	1588	2700
	Agf 7	1348	1584	2690
	Agf 9	1345	1576	2684
ELMA DERESİ	Agf 11	1345	1581	2686
	Egf 2	1345	1590	2682
	Egf 5	1345	1579	2684
KEZBAN ALANI	Kgf 2	1343	1575	2679
	Kgf 7	1343	1577	2681

5.2 Jeokimyasal İncelemeler

5.2.1 Ana ve İz Element Jeokimyası

Arazi çalışmaları sırasında inceleme alanındaki Ataklı Deresi, Elma Deresi ve Kezban Alanı lokasyonlarından Agf 2, Agf 3, Agf 4, Agf 7, Agf 9, Agf11, Egf 2, Egf 5, Kgf 2, Kgf 7 örnekleri Acme laboratuvarına (Kanada) gönderilmiştir (Çizelge 5.3).

Ataklı Deresinden alınan grafit içeren örneklerin ana element içerikleri sırasıyla SiO₂ 45.73 – 90.16 wt%, TiO₂ 0.17 – 1.21 wt%, Al₂O₃ 4.08 – 29.92 wt%, Fe₂O₃ 0.13 – 10.20 wt%, MgO 0.19 – 0.98 wt%, CaO 0.04 – 0.34 wt%, Na₂O 0.12 – 2.64 wt%, K₂O 0.93 – 5.44 wt% ve kızdırma kaybı değerleri (Ateş Kaybı) 3.90 – 14.03 wt% arasında değişmektedir.

Elma Deresi Lokasyonundan alınan grafit içeren kayaçların ana element içerikleri sırasıyla SiO_2 39.98 – 54.93 wt%, TiO_2 1.24 – 1.25 wt%, Al_2O_3 22.91 – 26.76 wt%, Fe_2O_3 1.16 – 11.29 wt%, MgO 0.46 – 0.49 wt%, CaO 1.05 – 11.10 wt%, Na_2O 0.4 – 1.54 wt%, K_2O 2.01 – 4.59 wt% ve kızdırma kaybı değerleri (Ateş Kaybı) 6.21 – 13.28 wt% arasında değişmektedir.

Kezban Alanı Lokasyonundan alınan grafit içeren kayaçların ana element içerikleri sırasıyla SiO_2 60.58 – 62.46 wt%, TiO_2 1.11 – 1.34 wt%, Al_2O_3 22.76 – 26.52 wt%, Fe_2O_3 0.58 – 4.25 wt%, MgO 0.26 – 0.53 wt%, CaO 0.12 – 0.15 wt%, Na_2O 0.79 – 1.83 wt%, K_2O 2.72 – 4.63 wt% ve kızdırma kaybı değerleri (Ateş Kaybı) 4.45 – 5.80 wt% arasında değişmektedir.

Her üç bölge birbiri ile karşılaştırıldığında SiO_2 içeriklerinin Ataklı Deresi Lokasyonunda daha yüksek buna karşılık Elma Deresi Lokasyonunda daha düşük olduğu görülmüştür.

Al_2O_3 değerlerine bakıldığında zaman Elma Deresi ve Kezban Alanı Lokasyonlarından alınan örneklerin değerleri Ataklı Deresi Lokasyonuna göre yüksek çıkmıştır.

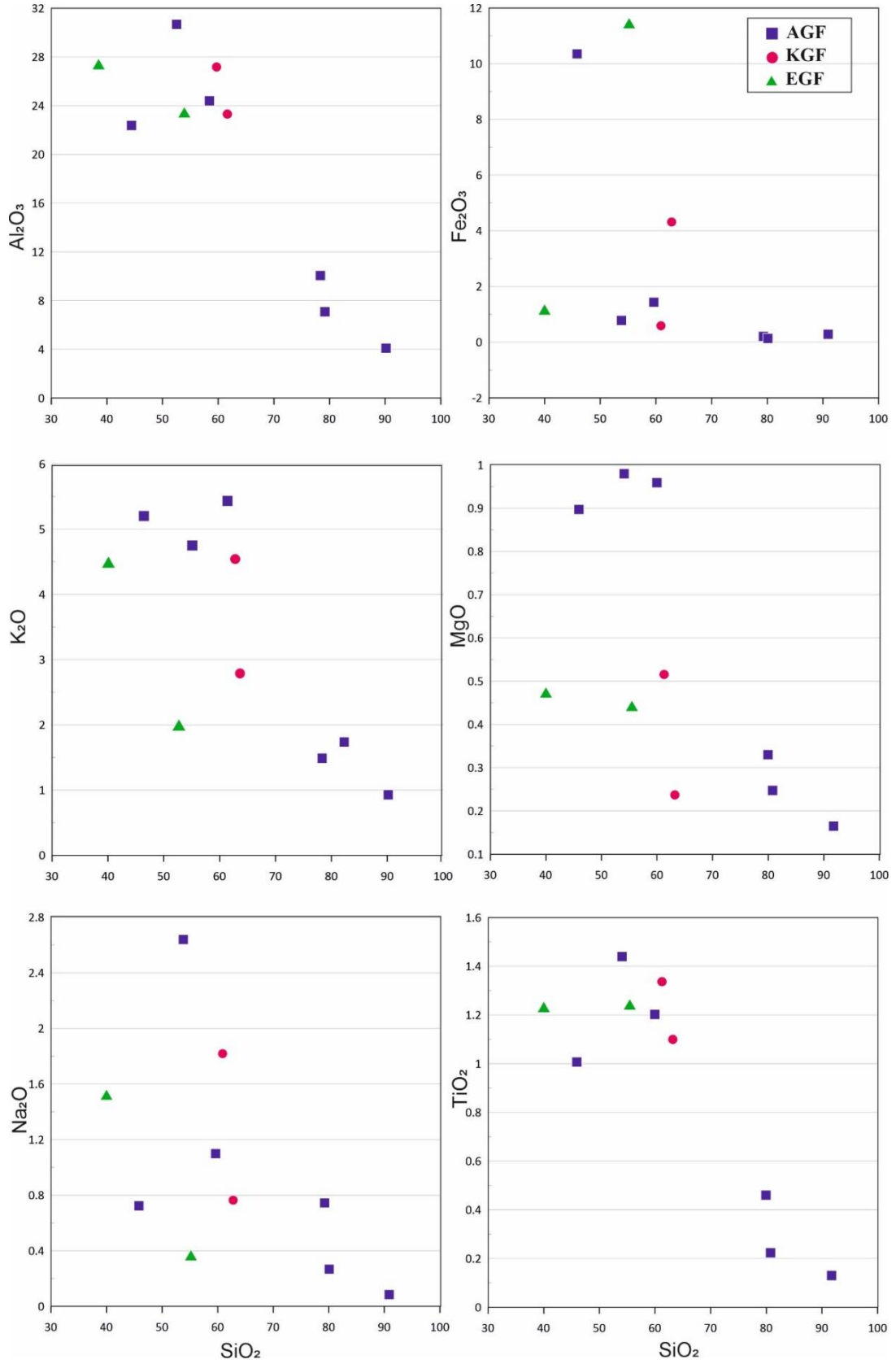
Karbon içeriğine (CM) bakıldığında özellikle Agf 11 8.59 wt% ile Agf 3 6.43 wt% örneklerinde en yüksek değer görülmüştür.

Çizelge 5.3 Örneklerin ana element analiz sonuçları (%).

ANA ELEMENT	MDL	ATAKLI DERESİ						ELMA DERESİ		KEZBAN ALANI	
		Agf 2	Agf 3	Agf 4	Agf 7	Agf 9	Agf 11	Egf 2	Egf 5	Kgf 2	Kgf 7
SiO ₂	0.01	78.71	79.50	90.16	53.61	59.33	45.73	39.98	54.96	60.58	62.46
TiO ₂	0.01	0.49	0.26	0.17	1.44	1.21	1.02	1.24	1.25	1.34	1.11
Al ₂ O ₃	0.01	9.89	6.99	4.08	29.92	23.82	21.85	26.76	22.91	26.52	22.76
Fe ₂ O ₃	0.01	0.20	0.13	0.28	0.77	1.41	10.20	1.16	11.29	0.58	4.25
CaO	0.01	0.17	0.17	0.20	0.04	0.04	0.34	11.10	1.05	0.15	0.12
MgO	0.01	0.35	0.27	0.19	0.98	0.96	0.90	0.49	0.46	0.53	0.26
Na ₂ O	0.01	0.77	0.30	0.12	2.64	1.12	0.75	1.54	0.40	1.83	0.79
K ₂ O	0.01	1.70	1.52	0.93	4.82	5.44	5.23	4.59	2.01	4.63	2.72
MnO	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01
P ₂ O ₅	0.01	0.05	0.04	0.06	0.04	0.05	0.17	0.04	0.12	0.03	0.05
Ateş Kaybı	-5.11	6.27	9.94	3.90	5.94	5.33	14.03	13.28	6.21	4.45	5.80
CM	0.02	3.26	6.43	1.38	1.24	1.21	8.59	2.84	0.72	0.67	0.51
TOPLAM		102.04	105.97	101.57	101.80	100.36	109.13	103.09	101.45	101.37	100.90

MDL: Deteksiyon Limit Değeri, CM: Karbonlu İçeriği

Her üç bölgede SiO₂'e karşılık diğer ana element içerikleri hazırlanan ikili diyagramlar karşılaştırılmıştır. Söz konusu diyagramlarda SiO₂ içeriğinin artmasına karşılık Al₂O₃, K₂O, Fe₂O₃, Na₂O ve TiO₂ ana element içeriklerinde azalma gözlenmiştir (Şekil 5.18).



Şekil 5.18 İnceleme alanından alınan kayaçlara ait SiO_2 'e karşı diğer anaoksit değerlerinin karşılaştırılması.

Ataklı Deresi'nde Rb, Ba, Sr gibi büyük iyon litofil element (LILE_s) içerikleri incelendiğinde Rb (31.8 – 190.9 ppm), Ba (106 – 563 ppm), Sr (41 – 181.7 ppm) olduğu görülmüştür (Çizelge 5.4).

Elma Deresi'nde Rb, Ba, Sr gibi büyük iyon litofil element (LILE_s) içerikleri incelendiğinde Rb (93.3 – 205.7 ppm), Ba (376 – 732 ppm), Sr (68.7 – 291.9 ppm) olduğu görülmüştür.

Kezban Alanı'nda Rb, Ba, Sr gibi büyük iyon litofil element (LILE_s) içerikleri incelendiğinde Rb (121.4 – 182.7 ppm), Ba (495 – 869 ppm), Sr (79.8 – 195.1 ppm) olduğu görülmüştür.

Ataklı Deresi ve Kezban Alanı lokasyonları (LILE_s) değerlerinin benzer olduğu, buna karşılık Elma Deresi Lokasyonu (LILE_s) değerlerinin, Rb 205ppm, Ba 732ppm, Sr 291.9ppm yüksek olduğu görülmüştür. Üst kıta kabuğu (PAAS) (Rudnick and Gao, 2003)'e göre Ataklı Deresi ve Kezban Alanı Lokasyonuna ait örneklerin Sr değeri (PAAS)'den küçük olması metamorfizma sonrası farklı alterasyon derecesini yansıtmaktadır (Zhu vd 2021).

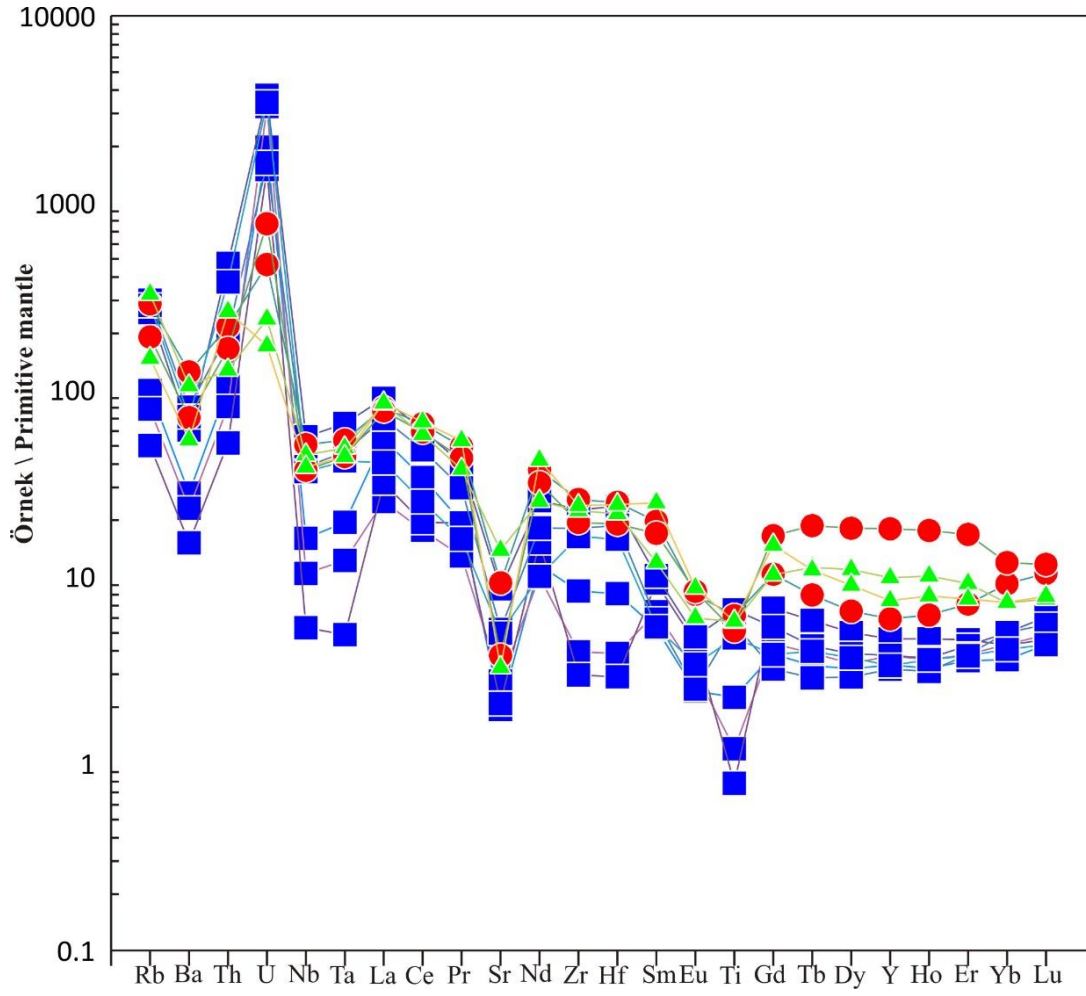
Buna karşılık bu örneklerin yüksek alan kuvvetli element içerikleri (HFSE_s) incelendiğinde Ataklı Deresi Lokasyonunda Nb (3.8 – 39.9 ppm), Ta (0.2 – 2.7 ppm), Zr (33.3 – 255.8 ppm) ve Hf (0.93 – 7.3 ppm) içeriğine sahiptir. Elma Deresi Lokasyonunda Nb (27.4 – 31.9 ppm), Ta (1.8 – 2.0 ppm), Zr (252 – 248.6 ppm) ve Hf (6.7 – 7.5 ppm) içeriğine sahiptir.

Kezban Alanı Lokasyonunda Nb (26.4 – 36.2 ppm), Ta (1.8 – 2.2 ppm), Zr (217.9 – 289.1 ppm) ve Hf (5.9 – 7.7 ppm) içeriğine sahiptir. Tüm bölgelerde (HFSE_s)'lerin oranı üst kıta kabuğunkine benzer içerik göstermektedir. Bu durumda (HFSE_s)'lerin daha sonraki metamorfizma sırasında zenginleştiğini göstermektedir. Normalize iz element örümcek diyagramında (Şekil 5.19) Gökçeyayla bölgesinde grafit içeren kayaların Th, U konsantrasyonlarında zenginleşme buna karşılık Nb, Sr, Ta ve Ti konsantrasyonlarında azalma gözlenmektedir (Rudnick ve Gao, 2003).

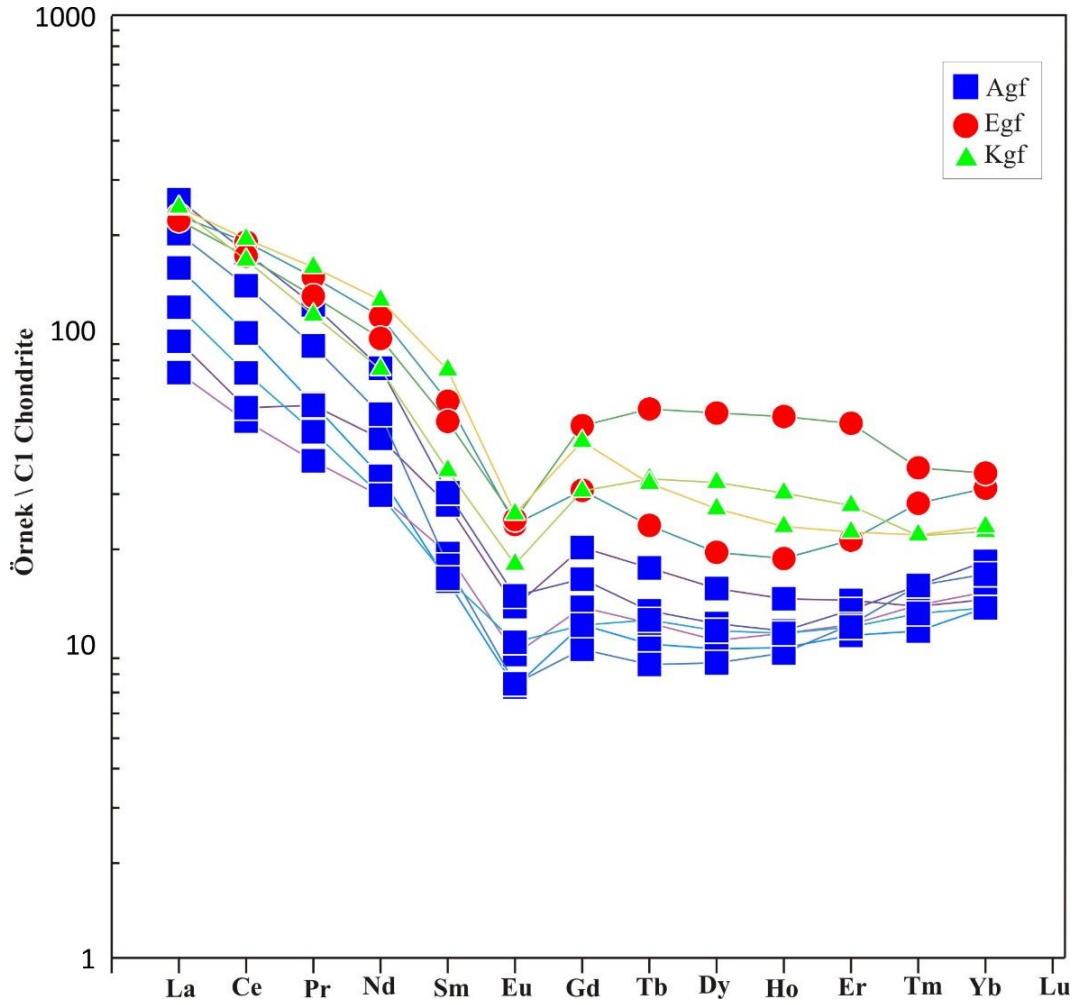
Çizelge 5.4 Örneklerle ait iz, nadir toprak (REE) element analiz değerleri.

MDL		ATAKLI DERESİ						ELMA DERESİ		KEZBAN ALANI	
		Agf2	Agf3	Agf4	Agf7	Agf9	Agf11	Egf2	Egf5	Kgf2	Kgf7
Ba	1	195	162	106	425	563	502	732	376	869	495
Be	1	7	4	6	6	5	3	3	4	2	3
Co	0.2	0.8	0.5	1.3	2.4	2.7	10.1	2.1	11.2	1.4	1.5
Cs	0.1	7.0	6.2	4.1	13.4	7.5	9.9	18.6	9.5	27.9	16.1
Ga	0.5	11.6	8.2	4.4	41.1	36.1	29.7	33.5	28.7	32.8	28.3
Hf	0.1	2.5	1.2	0.9	7.3	5.8	4.9	6.7	7.5	7.7	5.9
Nb	0.1	11.4	7.4	3.8	39.9	27.6	26.0	31.9	27.4	36.2	26.4
Rb	0.1	62.8	50.0	31.8	164.3	190.9	179.2	205.7	93.3	182.7	121.4
Sn	1	1	1	1	4	3	3	6	4	5	4
Sr	0.5	41.0	58.1	44.2	181.7	110.0	105.0	291.9	68.7	195.1	79.8
Ta	0.1	0.8	0.5	0.2	2.7	1.9	1.7	2.0	1.8	2.2	1.8
Th	0.2	8.8	6.9	4.4	40.3	16.8	32.0	10.8	22.2	18.5	14.1
U	0.1	41.6	68.7	31.6	78.8	34.3	72.4	5.0	3.6	9.8	16.2
V	8	74	43	30	237	196	261	216	200	203	170
W	0.5	3.6	2.1	2.1	4.6	4.0	9.2	7.6	2.7	23.0	3.3
Zr	0.1	93.7	44.3	33.3	255.8	202.3	183.2	252.0	268.6	289.1	217.9
Y	0.1	15.3	17.1	21.1	17.2	14.5	15.2	44.8	33.8	27.0	81.9
Mo	0.1	1.0	1.1	0.9	0.3	6.9	13.0	2.9	0.8	0.1	1.3
Cu	0.1	98.1	29.5	27.3	22.8	8.8	50.2	4.6	20.9	8.4	13.8
Pb	0.1	11.3	10.1	9.8	12.9	9.8	39.7	50.6	11.5	4.3	1.7
Zn	1	1	1	2	1	2	27	9	74	1	3
Ni	0.1	1.8	1.5	1.8	5.1	6.8	43.0	4.2	20.8	1.7	2.2
As	0.5	9.3	3.5	1.3	2.9	7.6	83.6	54.5	9.6	2.4	17.3
Cd	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Sb	0.1	2.2	0.2	0.4	0.2	0.4	3.9	5.1	2.2	1.4	0.6
Bi	0.1	0.2	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.6	0.2	0.1	0.2
Ag	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.1	0.1	0.1
Au	0.5	13.0	0.5	8.6	1.7	0.6	0.5	24.8	0.5	0.5	0.5
Hg	0.01	5.02	1.83	1.83	0.45	1.23	59.44	4.41	0.06	2.78	0.67
Tl	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
Se	0.5	0.5	4.7	1.9	0.5	0.8	5.5	0.5	0.5	0.5	0.5
La	0.1	37.3	17.3	21.8	61.6	48.0	28.0	57.7	58.2	54.8	52.9
Ce	0.1	60.0	31.4	34.6	108.0	84.7	44.7	102.3	119.2	116.6	105.3
Pr	0.02	5.40	3.55	5.33	11.14	8.24	4.39	10.35	14.69	13.67	11.88
Nd	0.3	15.6	13.5	20.6	34.5	24.6	13.6	34.2	56.8	50.3	42.9
Sm	0.05	2.34	2.87	4.10	4.48	2.63	2.39	5.27	11.03	8.76	7.56
Eu	0.02	0.41	0.52	0.74	0.80	0.42	0.57	1.01	1.46	1.35	1.40
Gd	0.05	2.29	2.60	4.03	3.20	1.91	2.28	6.10	8.77	6.13	9.85
Tb	0.01	0.36	0.42	0.63	0.46	0.31	0.43	1.21	1.17	0.86	2.02
Dy	0.05	2.37	2.52	3.69	2.85	2.14	2.71	8.03	6.62	4.81	13.36
Ho	0.02	0.53	0.59	0.76	0.60	0.51	0.59	1.65	1.29	1.02	2.89
Er	0.03	1.70	1.84	2.20	2.05	1.84	1.81	4.41	3.63	3.42	8.06
Tm	0.01	0.26	0.30	0.33	0.33	0.33	0.29	0.60	0.55	0.61	1.03
Yb	0.05	1.77	2.14	2.12	2.47	2.47	2.01	3.56	3.58	4.51	5.85
Lu	0.01	0.32	0.36	0.34	0.45	0.41	0.32	0.56	0.58	0.77	0.86
ΣREE		130.4	79.6	100.9	232.6	178.2	103.8	236.3	287.0	267	264.8
Eu/Eu*		0.54	0.58	0.55	0.64	0.57	0.74	0.54	0.45	0.56	0.49

- MDL: Deteksiyon Limit Değeri



Şekil 5.19 İnceleme alanına ait örneklerin Primitive Mantle göre normalize edilmiş iz element analiz diyağramı (Sun ve McDonough, 1989'a göre normalize edilmiştir).



Şekil 5.20 İnceleme alanına ait örneklerin Kondrit göre normalize edilmiş Nadir toprak element (REE) analiz diyağramı (Sun ve McDonough, 1989'a göre normalize edilmiştir).

Ayrıca kondrit normalize edilmiş REE diyağramlarında zayıf hafif toprak elementleri (LREE) zenginleşmesi ve negatif Eu anomalileri ($Eu/Eu^* = 0.45 - 0.74$ ppm) göstermektedir. Bu veriler üst kıta kabuğu verileri ile benzerlik göstermektedir (Rudnick and Gao 2003; Sun and McDonough, 1989).

Ataklı Deresi Lokasyonundan alınan örneklerde ağır nadir toprak element (HREE) içerikleri Elma Deresi ve Kezban Alanı Lokasyonlarına göre daha düşüktür (Şekil 5.20).

5.2.2 Duraylı İzotop (^{13}C ^{18}O) Analiz İncelemeler

İnceleme alanından alınan örnekleri arasından seçilen Agf 2, Agf 3, Agf 4, Agf 7, Agf 9, Agf11, Egf 2, Egf 5, Kgf 2, Kgf 7 örneklerinin oksijen ve karbon izotop analizleri Arizona Üniversitesi Geoscience bölümünde yaptırılmıştır (Çizelge 5.5).

Grafit ve diğer karbonca zengin fazlar arasındaki doğada karbon kaynağı veya izotopik fraksiyonlanma derecesinin, grafitteki karbon kararlı izotopik varyasyonu etkileyen ana faktör olduğu düşünülmektedir (Radhika ve Santosh ve diğerleri, 1996).

Biyojenik grafit genellikle metasedimentlerde olduğu gibi nispeten daha hafif karbon zenginleşmesi ile karakterize edilirken, abiojenik grafit meteoritler, ultramafik magmatik kayalar ve skarnlarda olduğu gibi C zenginleşmesi gösterir. Daha ağır izotopik bileşim içeren grafit genellikle, azaltılmış bir ortamda CO_2 veya CH_4 içeren sıvılardan çökeltilerek veya karbonat litolojilerinin karbondan arındırılmasıyla oluşur (Bottinga, 1968; Giardini ve Salotti, 1969).

Karbonun ana kaynakları; organik madde, karbonatlar ve manto kökenli magmatik karbondur. Bu kaynaklar farklı izotop aralıkları ile karakterize edilirler. Bu nedenle, kararlı karbon izotoplarının oranları, grafitteki karbonun nihai kökenini yorumlamak için en kullanışlı yöntemlerden biridir. Organik madde için toplam $\delta^{13}\text{C}$ değer aralıkları yaklaşık -40‰ $+6\text{‰}$ arasında değişmekte olup $\delta^{13}\text{C}$ değeri -25‰ tir. Yani organik maddeler izotopik olarak hafiftirler (Weis ve diğerleri, 1981; Shidlowksi, 1987, 2001). Diğer yandan Kambriyen ile tersiyer yaş aralığındaki denizel karbonatlar $\delta^{13}\text{C}$ değeri $\pm 2\text{‰}$ ağırdır. Okyanus ortası sırtı bazaltların (MORB) ve elmasların izotopik bileşimleri mantodan türetilmiş karbonun biyojenik olarak oluşmuş karbona göre önemli derecede ağır olduğu ($\delta^{13}\text{C} = -7\text{‰}$) belirtilmiştir (Hahn – Weinheimmer ve Hirmer 1981; Weis ve diğerleri, 1981).

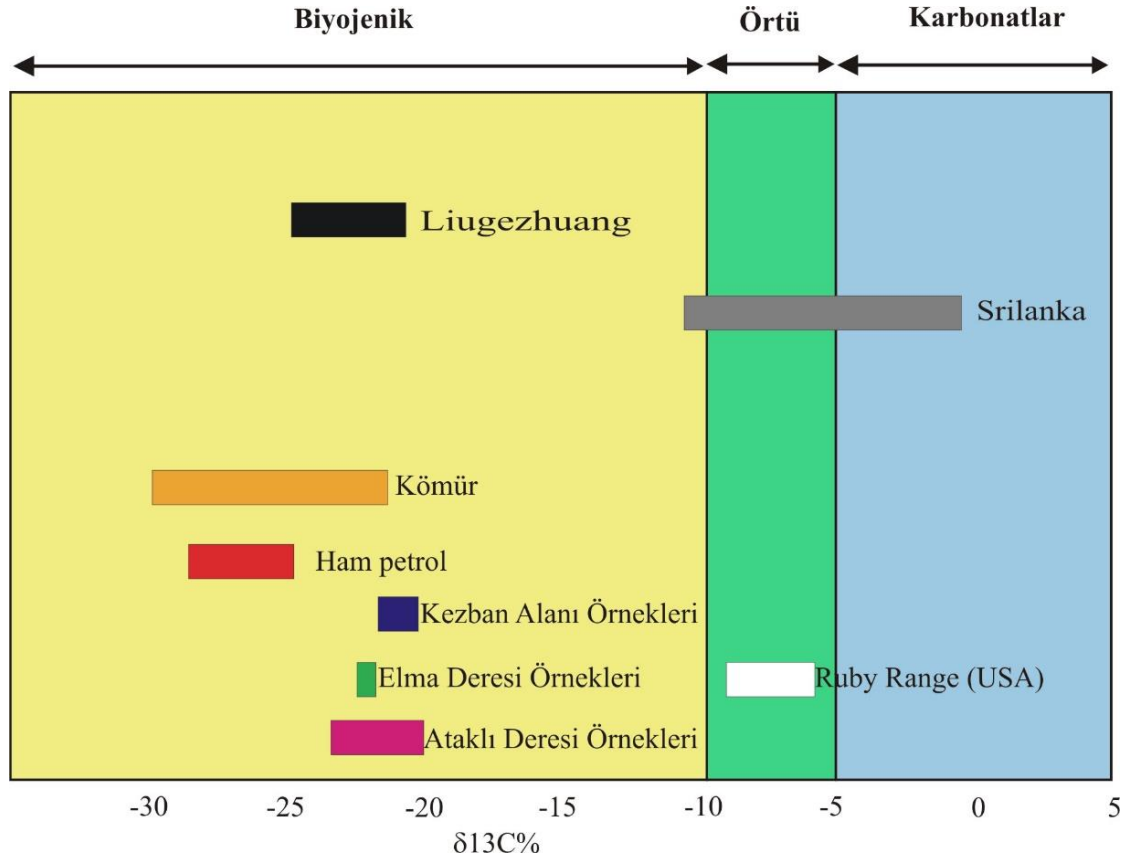
Ataklı Deresi lokasyonunda önceden işletilen maden ocağından alınan örneklerde $\delta^{13}\text{C}$ ‰ değerleri diğer lokasyonlara göre daha yüksek çıkmıştır. Alınan örnekler arasında $\delta^{13}\text{C}$ değeri en yüksek çıkan ‰ -23.2 ile Agf 2 örneğidir. $\delta^{13}\text{C}$ değerleri -20.3 ile -23.2 arasında değişmekte olup ortalama - ‰ 21.75'tir. Bilimsel çalışmalarda ortalama -‰ 25 olarak kabul edildiği için; Elma Deresi lokasyonundan alınan örneklerin ortalaması -‰22.1 olması sebebiyle daha yakındır (Şekil 5.21).

Çizelge 5.5 Alınan örneklerin kararlı izotopik bileşimi.

Lokasyon adı	Örnek adı	Mineral	$\delta^{13}\text{C}$ ‰
Ataklı Deresi	AGF-02	Grafit	-23.2
	AGF-03	Grafit	-22.5
	AGF-04	Grafit	-22.8
	AGF-07	Grafit	-20.4
	AGF-09	Grafit	-20.6
	AGF-11	Grafit	-21.8
Elma Deresi	EGF-02	Grafit	-21.7
	EGF-05	Grafit	-22.5
Kızban Alanı	KGF-02	Grafit	-21.7
	KGF-07	Grafit	-20.3

İnceleme alanında ilk kez grafit cevherleşmelerine yönelik yapılan Oksijen ve Karbon izotop çalışmaları yapılmıştır. Analizlerde grafit örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ değerleri, bir gaz-oranlı kütle spektrometrisine (Finnigan MAT 252) bağlı otomatik bir karbonat hazırlayıcısı (Kiel-III) kullanılarak ölçülmüştür. Toz numuneler (70°C) vakum altında kurutulmuş ve fosforik asit ile reaksiyona sokulmuştur. İzotop oranı ölçümü, NBS-18 ve NBS-19 uluslararası standartlarına uygun, tekrarlanan ölçümlerine dayalı olarak (hassasiyet $\delta^{18}\text{O}$ için ± 0.10 ‰ ve (1 sigma) $\delta^{13}\text{C}$ için ± 0.08 ‰) kalibre edilmektedir (Gilg vd. 2003). Tüm izotop sonuçları uluslararası PDB (Pee Dee Belemnite) ve V-SMOW (Vienna-Standart Ortalama Okyanus Suyu) standartlarına göre per mil olarak

rapor edilmiştir. Analizler University of Arizona, Enviromental Isotope Laboratory (ABD) içinde yapılmıştır.



Şekil 5.21 İnceleme alanı ve farklı karbon kaynaklarına ait $\delta^{13}\text{C}$ varyasyon aralıkları. Sarı (Biyojenik Karbon), Yeşil (Mantodan türetilen karbon) ve Mavi (karbonat karbon) olarak gösterilmiştir.

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma alanı Afyonkarahisar iline yaklaşık 60 km uzaklıkta bulunan Gökçeyayla ile Akhisar (Han – Eskişehir) köyleri arasında kalan alanda bulunmaktadır. Çalışma alanında grafit yataklarının jeolojisi, mineralojisi ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışma alanında bulunan grafitin oluşumu, minerolojik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Yapılan arazi incelemelerinde kayaçların karstik boşluk ve çatlaklarında hematit ve limonit türünde metalik minerallerin yerleştiği görülmüştür. Raman spektrumu analizlerine bakıldığında aynı lokasyonlardan alınan grafit örneklerinin pik değerleri birbirine yakın çıkmaktadır. Örneklerde $\delta^{13}\text{C}$ değerleri 20.3 ile 23.2 arasında değişmekte olup ortalama ‰ 21.75'tir. Çalışma alanında önceden açık işletme olarak grafit hammaddesi işletilmiş olup; ekonomik olmadığı için daha sonradan terk edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda Ataklı Deresi, Elma Deresi ve Kezban Alanı Lokasyonunda yayılım sunan grafit oluşumlarının karbon (% C) içerik değerlerinin Agf -11 8.59 wt% ile Agf- 3 6.43 wt% arasında yüksek olduğu görüşmüştür. Bu nedenden dolayı bu bölgedeki grafit oluşumlarının daha kapsamlı incelenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda detay çalışmaların havadan elektromanyetik gibi (Airbone EM) jeofizik yöntemlerin kullanılarak bölgedeki grafit yayılımının belirlenmesi gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Ağrılı H, Toprak S, 2001, Madencilik ÖİK Raporu, Sekizinci 5 yıllık kalkınma planı, 23-50.
- Anonim, 2000, Norveç Jeoloji Araştırma Departmanı, Yayın numarası 436, 67-74.
- Cameron E. Weis P L, 1960, Strategic Graphite a Survey, Geological Survey Bulletin, 1082.
- Çuhadaroğlu A D, Kara E, 2018, Grafit: Bir Genel Değerlendirme, SDÜ Teknik Bilimler Dergisi, 8, 15- 33.
- Dinçer M A, 1987, Afyon İli Merkez İlçesi Akhisar ve Gökçe Yayla Köyleri Grafit Sahasının Ara Raporu.
- Gautneb H, Tveten E, 2000, The Geology, Exploration And Characterisation Of Graphite Deposits In The Jennestad Area, Vesteralen Northern Norway, 436, 67.
- İlhan A, Sarı R, Yıldırım Y, 2020, Hidden graphite resources in Turkey: a new supply candidate for Europe, European Federation of Journal 49, 31-37.
- Kırbaş H, 1997, Yozgat – Akdağmadeni grafitlerinin iki sıvı flotasyonu ile zenginleştirilmesi olanaklarının araştırılması, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 93s, Ankara.
- Konuk A, Gürsoy H, Ak H, 2021, Doğal Grafit İhracatı Yoğunlaşmasının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi, 316-317.
- Laçın Ö, Dönmez B, 2021, Modifiye Hummers Yöntemi ile Elde Edilen Grafen Oksit Sentezleri İçin: Kısım 4, Raman Spektroskopisi Analizi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Özel Sayı 28, 993-997.
- Luque F J, Crespo F E, Barrenechea J F , Ortega L , 2012, Carbon isotopes of graphite: Implications on fluid history. Geoscience Frontiers. 197-207.

- Manoel T N, Leite J A D, 2018, On the origin of the Neoproterozoic Peresopolis graphite deposit Paraguay Belt, Brazil, *Journal of South American Earth Sciences*, 84, 104- 112.
- Palosaari J, Latonen R M , Smatt J H, Raunio S, Eklund O, 2020, The flake graphite prospect of Piippumäki-an example of a high-quality graphite occurrence in a retrograde metamorphic terrain in Finland, *Mineralium Deposita*, 55, 1647-1660.
- Perraki M, Proyer A, Mposkos E, Kaindl R, Hoinkes G, 2006, Raman micro-spectroscopy on diamond, graphite and other carbon polymorphs from the ultrahigh-pressure metamorphic Kimi Complex of the Rhodope Metamorphic Province, NE Greece, *Earth and Planetary Science Letters*, 241, 672-685.
- Popova A, İsmagilov Z, 2015, XRD Characterization of the structure of graphites and carbon materials obtained by the low- temperature graphitization of coal tar pitch. *Eurasian Chemico Technological journal*, 17, 87-93.
- Popova A N, 2017, Crystallographic Analysis of Graphite by X-Ray Diffraction, *Rusya Federal Kömür ve Kömür Kimyası Araştırma Merkezi*, 9, 32- 36.
- Sanyal P, Acharya B C, Bhattacharya S K, Sarkar A, Agrawal S, Bera M K, 2009, Origin of graphite, and temperature of metamorphism in Precambrian Eastern Ghats Mobile Belt, Orissa, India: A carbon isotope approach, *Journal of Asian Earth Sciences*, 36, 252-260.
- Satish Kumar M, Wada H, 2000, Carbon isotopic equilibrium between calcite and graphite in Skallen Marbles, East Antarctica: evidence for the preservation of peak metamorphic temperatures, *Chemical Geology*, 166, 173-182.
- Sun L, XUC, Xiao K, Zhu Y, Yan L, 2018, Geological characteristics, metallogenic regularities and the exploration of graphite deposits in China, *China Geology*, 3, 425-434.
- Yavuz H, 2000, Muğla-Milas Yöresi Grafüt Cevheri ve Endüstriyel Çapta Değerlendirilmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 130s, İzmir.
- Yersel G, 1978, Grafüt Yataklarının Jeolojisi Madenciliği ve Dünya Üretimi, *Dergipark*, 2, 17-21.

Zhu J, Liu F, Wang F, Xu W, Liu F, Shi C, 2021, Carbon Isotope and Geochemical Charecteristics of the Paleoproteozoic Graphite deposits in the Jiao-Liao-Ji belt, North China Craton: Implication for genesis and depositional environment, Precambrian Research 362.

İnternet Kaynakları

- 1- <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/eskisehir/eskisehir-188/#climate-graph> 03.11.2021
- 2- <http://212.174.109.9/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx?m=eskisehir#sfB> 03.11.2021
- 3- https://www.researchgate.net/publication/284357986_XRD_Characterization_of_the_Structure_of_Graphites_and_Carbon_Materials_Obtained_by_the_Low-temperature_Graphitization_of_Coal_Tar_Pitch 15.03.2021
- 4- <https://eskisehir.ktb.gov.tr/TR-111593/iklim-vebitkiortusu.html#:~:text=Orta%20Anadolu%C3%B6lgesinin%20karakteristik%20bitki,bunun%20da%20tamam%C4%B1%20me%C5%9Fe%20cinsidir.> 26.03.2021
- 5- <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/grafit> 30.12.2021
- 6- <https://merlab.metu.edu.tr/tr/fourier-donusumlu-kizil-otesi-spektrometresi> 16.01.2023