



T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOUBLE BRIDGE (GRAND GEDEH-ZWEDRU-LİBERYA)
BÖLGESİ ALTIN VE KİL İÇEREN BİRİMLERİN
MİNERALOGİK İNCELENMESİ

İBRAHİM HAKAN DEMİRKAN

Eylül 2019

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOUBLE BRIDGE (GRAND GEDEH – ZWEDRU – LİBERYA)
BÖLGESİ ALTIN VE KİL İÇEREN BİRİMLERİN
MİNERALOJİK İNCELENMESİ

İBRAHİM HAKAN DEMİRKAN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi MURAT ÇİFLİKLİ

Eylül 2019

İbrahim Hakan DEMİRKAN tarafından **Dr.Öğrt. Üyesi Murat ÇİFLİKLİ** danışmanlığında hazırlanan “**Double Bridge (Grand Gedeh-Zwedru-LİBERYA) Bölgesi Altın ve Kil İçeren Birimlerin Mineralojik İncelenmesi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği** Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Mehmet ŞENER Niğde Ömer Halisdemir Üniv. Jeoloji Müh. Böl.

Üye : Doç.Dr.Orkun ERSOY Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Müh. Böl.

Üye : Dr.Öğrt. Üyesi Murat ÇİFLİKLİ Niğde Ömer Halisdemir Üniv. Jeoloji Müh. Böl.

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../20... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun .../.../20... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Prof. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içerisindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildiririm.

İbrahim Hakan DEMİRKAN

ÖZET

“DOUBLE BRIDGE (GRAND GEDEH-ZWEDRU-LİBERYA) BÖLGESİ ALTIN VE KİL İÇEREN BİRİMLERİN MİNERALOGİK İNCELENMESİ”

DEMİRKAN, İbrahim Hakan
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇİFLİKLİ

Eylül 2019, 66 sayfa

Bu çalışma, Double Bridge (Grand Gedeh-Zwedru-Liberya) Bölgesi’nde bulunan altın ve kil içeren Arkeen ve Paleoproterozoyik yaşlı birimlerin mineralojik-petrografik özelliklerini belirlemeyi amaçlamaktadır. İnceleme alanında iki farklı bölgeden toplam 11 adet numune alınmıştır. Bu numuneler üzerinde optik mikroskop incelemesi, XRD, XRF ve ICP-MS çözümlenmeleri gerçekleştirilmiştir. Mineraloji ve XRD çözümlenmelerinden elde edilen sonuçlara göre, Kuvars + Plajiyoklas + Biyotit + Amfibol(Epidot) + Olivin mineral birliktelikleri belirlenmiştir. Mineralojik, petrografik çalışmaların yanı sıra Jeokimyasal olarak incelenen örneklerden hareketle bölgenin ekonomik altın üretimine uygun olduğu saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Double Bridge, Grand Gedeh, Zwedru, Liberya, Altın, Kuvars, Kaolinit, Kraton

SUMMARY

DOUBLE BRIDGE (GRAND GEDEH-ZWEDRU-LIBERIA) MINERALOGICAL INVESTIGATION OF GOLD AND CLAY UNITS IN REGION

DEMİRKAN, İbrahim Hakan
Nigde Omer Halisdemir University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor : Assistant Prof. Murat ÇİFLİKLİ

September 2019, 66 pages

This study aims to determine the mineralogical-petrographical properties of Arkeen and Paleoproterozoic units containing gold and clay in the Double Bridge (Grand Gedeh-Zwedru-Liberia) region. A total of 11 samples were taken from two different regions. Optical microscope examination, XRD, XRF and ICP-MS analyzes were performed on these samples. According to the results obtained from mineralogy and XRD analyzes, quartz + plagioclase + biotite + amphibole (Epidote) + Olivine mineral associations were determined. In addition to mineralogical and petrographical studies, the region was found to be suitable for economic gold production based on geochemical samples.

Keywords: Double Bridge, Grand Gedeh, Zwedru, Liberia, Gold, Quartz, Kaolinite, Crathon

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı'nda "Double Bridge (Grand Gedeh-Zwedru-Liberya) Bölgesi Altın Ve Kil İçeren Birimlerin Mineralojik İncelenmesi" konulu yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. İnceleme alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanından amaca uygun olarak alınan örneklerden mineralojik-petrografik incelemeler için öncelikle ince kesitler hazırlanarak incelemeleri yapılmıştır. Daha sonra petrografik değerlendirmeler için sırayla taramalı elektron mikroskopisi (SEM), X-ışını difraktometri (XRD) analizleri yapılmış ve bölgenin kimyasal özelliklerinin ortaya konulabilmesi için kimyasal (XRF) analizleri yapılmıştır.

Yüksek Lisans tezi çalışmamın hazırlanması sırasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve bilimsel katkılarıyla daima destek olan danışman hocam sayın Dr.Öğr.Üyesi.Murat ÇİFLİKLİ'ye, laboratuvar çalışmalarım sırasında büyük yardımları olan, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı uzmanlarına,

Yurtdışı çalışmalarım sırasında büyük katkısı ve yardımı olan, teorik ve pratik bilgilerinden fazlası ile yararlandığım kıymetli büyüğüm Tahir YILDIRIM'a,

Hayatımın her noktasında yardım ve desteklerini her zaman hissettiğim değerli babam İbrahim Halil DEMİRKAN'a, annem Fatma DEMİRKAN'a ve kardeşlerime çok teşekkür ederim.

Bu çalışmamı, öncelikle çalışma bölgede yaşayan, sağlıktan, okul sıralarından ve çocukluklarından en fazla mahrum olan Afrika kıtasının çocuklarına ve tüm gönül coğrafyamızdaki çocuklarımıza Türklüğün vefası mahiyetinde armağan ediyorum.

"Dünyada bir tane dahi çocuk mutsuz olduğu sürece, yapılan büyük icatlar ve ilerlemeler bir hiçtir" Albert Einstein.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xi
SİMGE VE KISALTMALAR	xii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Alanını Tanımlanması	1
1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı.....	4
1.3 Çalışma Yöntemleri	5
1.3.1 Saha çalışmaları	6
1.3.2 Laboratuvar çalışmaları ve kullanılan yöntemler	6
1.4 Önceki Çalışmalar.....	8
BÖLÜM II GENEL JEOLojİ	12
2.1 Batı Afrika'nın Jeolojisi	14
2.2 Liberya'nın Jeolojisi.....	17
2.2.1 Altın kaynakları ve potansiyeli	22
2.2.1.1 Plaser tipi altın yatakları	23
2.2.1.2 Anakaya altın yatakları	24
BÖLÜM III MİNERALojİ-PETROGRAFi	29
3.1 Mineraloji-Petrografi	29
3.1.1 İncekesit çözümlenmeleri	29
3.1.2 X-RD çözümlenmeleri.....	32
3.1.3 Elektron mikroskop analizleri.....	49
3.1.3.1 Kaolin minerali SEM ve EDX incelemeleri	49
3.1.3.2 Altın içeren örneklerin SEM backscatter incelemeleri	52
3.1.4 X-RF çözümlenmeleri.....	54
3.1.5 ICP-MS çözümlenmeleri	57

BÖLÜM IV SONUÇLAR	59
KAYNAKLAR	61
ÖZ GEÇMİŞ	66



ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 3.1. Analizler için bölgeden alınan numune listesi.....	29
Çizelge 3.2. Numuneler üzerinde yapılan X-RD analiz sonuçları.....	33
Çizelge 3.3. T3N4 numunesine ait nokta anlizi sonuçları	52
Çizelge 3.4. Altın varlığı tespit edilen örneklere ait nokta analiz sonuçları.....	53
Çizelge 3.5. Bölgeden Alınan T2 Numuneleri Ana(%) ve İz Element(ppm) Analizleri	55
Çizelge 3.6. Bölgeden Alınan T3 Numuneleri Ana(%) ve İz Element(ppm) Analizleri	56
Çizelge3.7. Bölgeden Alınan T2 ve T3 Numuneleri ICP-MS Analizleri.....	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İnceleme Alanının Yer Bulduru (Batı Afrika/Liberya/Zwedru) Haritası.....	2
Şekil 2.1. Dünya üzerindeki kalkanlar ve afrika kalkanı (karatonu).	12
Şekil 2.2. Metamorfik fasiyeslerin sıcaklık/basınç diyagramındaki konumları	13
Şekil 2.3. Batı Afrika'da metalik maden yataklarının konumu.....	17
Şekil 2.4. Liberya'daki ana kaya altın ve plaser altın kuşaklarının dağılımı	20
Şekil 2.5. Çalışma Alanının Jeoloji Haritası.....	21
Şekil 3.1. Kayaç içerisindeki kuvars (Q) minerallerinin tek nikol(a) ve çift nikol(b) görünümü	30
Şekil 3.2. Kayaç içerisindeki plajiyoklaz (Plj.), biyotit (Bi) minerallerinin tek nikol (a) ve çift nikol (b) görünümü.....	30
Şekil 3.3. Kayaç içerisindeki biyotit (Bi), minerallerinin tek nikol (a) ve çift nikol (b) görünümü	31
Şekil 3.4. Kayaç içerisindeki epidot (Epd) minerallerinin tek nikol (a) ve çift nikol (b) görünümü	31
Şekil 3.5. Kayaç içerisindeki olivin (Olv) minerallerinin tek nikol (a) ve çift Nikol (b) görünümü	32
Şekil 3.6. T2N1 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı	36
Şekil 3.7. T2N2 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı	37
Şekil 3.8. T2N3 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı	38
Şekil 3.9. T2N4 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı	39
Şekil 3.10. T2N5 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı	40
Şekil 3.11. T3N1 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı	41
Şekil 3.12. T3N2 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı	42
Şekil 3.13. T3N3 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı	43
Şekil 3.14. T3N4 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı	44
Şekil 3.15. T3N5 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı	45
Şekil 3.16. T3N6 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı	46

Şekil 3.18. T3N4 numunesine ait fleksler şeklinde olan kaolin minerallerinin gözlendiği elektron mikroskop görüntüleri	50
Şekil 3.19. T3N4 numunesine ait EDX analizi (a) spot 1, (b) spot 2, (c) spot 3	51
Şekil 3.20. Altın varlığı tespit edilen örnekler üzerinde yapılan SEM analizleri backscatter görüntüleri.....	52
Şekil 3.21. Altın varlığı tespit edilen örnekler üzerinde yapılan EDX analizi	53
Şekil 3.22. ICP-MS sonuçlarına göre T2 ve T3 numunelerine ait grafiksel gösterim....	58



FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 1.1. Bölgede açılan araştırma kuyuları ve galerilere ait görüntü	3
Fotoğraf 1.2. Yöre halkının ilkel yöntemler kullanarak yaptıkları üretimi gösteren..... görüntü (White Rock Bölgesi)	4
Fotoğraf 1.3. Çalışma alanından bir görüntü (White Rock Bölgesi)	5
Fotoğraf 1.4. Çalışma alanından numune alımı (Wetland Area Bölgesi).....	6
Fotoğraf 1.5. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Laboratuvarı SEM	8
incelemeleri.....	8
Fotoğraf 2.1. Bölgede yüzeyleyen mikaşistlere ait görüntü	18
Fotoğraf 2.2. Bölgede ilkel yöntemler ile artisanal madencilik yapan yöre halkı	22
Fotoğraf 2.3. Bölgeden ilkel yöntemler kullanılarak çıkarılan altın cevheri	23
Fotoğraf 2.4. Bireysel (artisanal) madenciler tarafından işlenen plaser yatakları	24
Fotoğraf 2.5. Bölgede anakayaçta bulunan altın cevheri.....	26
Fotoğraf 2.6. Bölgede daha önce Amerikalılar tarafından çalışılmış anakayaç	27
Fotoğraf 3.1. Elektron mikroskop (SEM) görüntü incelemesi	49

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler

μ	Mikron
Θ	Teta
Å	Işık Dalga Birimi

Kısaltmalar

	Açıklama
BGS	İngiliz Jeoloji Araştırma Merkezi
USGS	ABD Jeoloji Araştırma Merkezi
LGS	Liberya Jeoloji Araştırma Merkezi
MTA	Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanının Tanımlanması

Liberya Cumhuriyeti, Batı Afrika'da, Sierra Leone, Gine, Fildişi Sahili ve güneybatıda Atlantik Okyanusu ile sınırlanmıştır. Yaklaşık 111.000 km²'lik bir arazi alanına ve yaklaşık 4.1 milyonluk bir nüfusa sahip olan Liberya, yerleşim alanlarında çok yoğun bir şekilde yerleşme olmayıp, topoğrafyası olabildiğince düzlüktür. Ülkedeki en yüksek nokta, yaklaşık 1400 m yüksekliğe sahip Lofa bölgesindeki Wutivi Dağı'dır. Tropikal bir iklime sahip olan bölge, sıcak ve nemlidir, yaz aylarında yağış çok fazladır. Ülke idari amaçlar için on beş bölgeye ayrılmıştır.

İnceleme alanı, on beş eyaletten birisi olan Grand Gedeh Eyaleti'nin başkenti Zwedru'nun yaklaşık 50 km doğusunda, Fildişi Sahili sınırında bulunmaktadır (Şekil 1.1).

Bölgeye ulaşım, Zwedru şehir merkezinden stabilize yol ile mümkündür. Bölge topoğrafik olarak fazla yüksek bir yapı sunmamakta, Yoğun ormanlık alanlar ve dereler ile çevrilidir. İnceleme alanında tropikal iklim görülmektedir. Kışlar sıcak ve kuru, yazlar ise nemli ve bulutlu geçmektedir. Bölge, coğrafik konumu ve iklim koşulları bakımından tarıma ve hayvancılığa pek uygun olmayıp ilkel yöntemler ile yapılan madencilik yöre insanların başlıca geçim kaynağı durumundadır.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru (Batı Afrika/Liberya/Zwedru) haritası

Çalışma alanında, ilk olarak 1940'lı yıllarda Fransızların çalıştığı ve 1950 yılındaki iç savaş döneminde üretimi durdurdukları bilinmektedir. Yöre halkından alınan bilgilere göre 1960'lı yıllardan 1970'li yıllara kadar İngilizlerin çalıştığı ve yine iç savaş sonrası üretimi durdurdukları söylenmektedir. En geniş çalışmayı ise 1985 yılında bölgeye gelen Amerika'luların yaptığı, araştırma kuyuları ve galeriler açarak araştırma ve bölgenin doğu kısmında ise eşzamanlı üretim yapıkları bilinmektedir (Fotoğraf 1.1).



Fotoğraf 1.1. Bölgede açılan araştırma kuyuları ve galerilere ait görüntü

Son çıkan iç karışıklık sonrası Amerikalılarında bölgeden çekildiği bilinmektedir. Bölgedeki üretim yöre halkının iptidai şartlarda yürüttüğü faaliyetler ile sağlanmaktadır (Fotoğraf 1.2).



Fotoğraf 1.2. Yöre halkının ilkel yöntemler kullanarak yaptıkları üretimi gösteren görüntü (White Rock Bölgesi)

Bölge hakkındaki bilgiler, ülkedeki iç savaş sırasında kütüphane ve resmi kurumların zarar görmesinden dolayı çok kısıtlı ve yetersizdir. Ülke yönetimi bilgi yetersizliğini gidermek için USGS (ABD Jeolojik Araştırmalar Merkezi)'den bilgi ve kaynaklar talep etmiştir.

1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma kapsamında, Batı Afrika bölgesinde bulunan Liberya'nın Grand Gedeh Eyaleti Başkenti Zwedru sınırları içerisinde kalan çalışma alanını ve çevresinin jeolojik özellikleri, bölgede yüzeyleyen kayaç türlerinin petrografik özellikleri, cevherleşmenin yataklanma ve yan kayaçlarla olan ilişkisi, kil içeren seviyelerin mineralojik olarak incelenmesi amaçlanmıştır ve kimyasal analizlerle bölgede madencilik faaliyetlerinin sürdürüldü altın cevherinin varlığı ve bulunuş oranı (gr/ton) kimyasal analizlerle desteklemeyi amaçlamaktadır.

Bu amaç doğrultusunda çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalar sırasında; önceki çalışmalardan da yararlanılarak, bölgenin 1/25 000 ölçekli genel jeolojik haritası hazırlanmış ve bu harita üzerine aktif arama yapılan alanlar ve örnek yerleri işaretlenmeye çalışılmıştır.

Araziden alınan kayaç örneklerinin, kayaç adlamasını yapmak amacıyla ince kesitler hazırlanmıştır. Hazırlanan ince kesitler alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop yöntemi ile incelenerek mineral içerikleri ve dokusal özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

1.3 Çalışma Yöntemleri

Tez çalışması, araziden alınan numuneler, arazi gözlemleri (Fotoğraf 1.3), ve alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları ile elde edilen veriler ışığında sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür.



Fotoğraf 1.3. Çalışma alanından bir görüntü (White Rock Bölgesi)

1.3.1 Saha alışmaları

2019 yılında yürütülen toplam 15 gün süren arazi çalışmaları tezin amaçlarına yönelik inceleme ve gözlemleri kapsamaktadır. Bu alışmayla Zwedru bölgesinin jeolojik yapısı genel olarak incelenerek, çalışma esnasında bölgenin genelini yasıtan ve amaca yönelik numuneler alınmıştır (Fotoğraf 1.4).



Fotoğraf 1.4. Çalışma alanından numune alımı (Wetland Area Bölgesi)

1.3.2 Laboratuvar alışmaları ve kullanılan yöntemler

Laboratuvar çalışmalarının ilk aşaması, çalışma alanını da içine alan 1/100.000 ve 1/25.000 ölçekli topografik haritaların verileri bilgisayar ortamına aktarılarak çalışma alanı ve yakın çevresine ait jeoloji haritası oluşturulmuştur.

Sonraki adımda ise saha çalışmaları sırasında toplanan örneklerin ince kesitleri, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İncekesit Laboratuvarında

hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin, ince kesit analizleri (Nikon ECLIPSE E400 Polarize mikroskop) bölüm araştırma mikroskobu kullanılarak analiz edilmiştir. İnce kesitler düzlemsel polarize ışık altında incelenmiş ve belirlenen mineralleri tanımlamak amacıyla tespit edilmiştir.

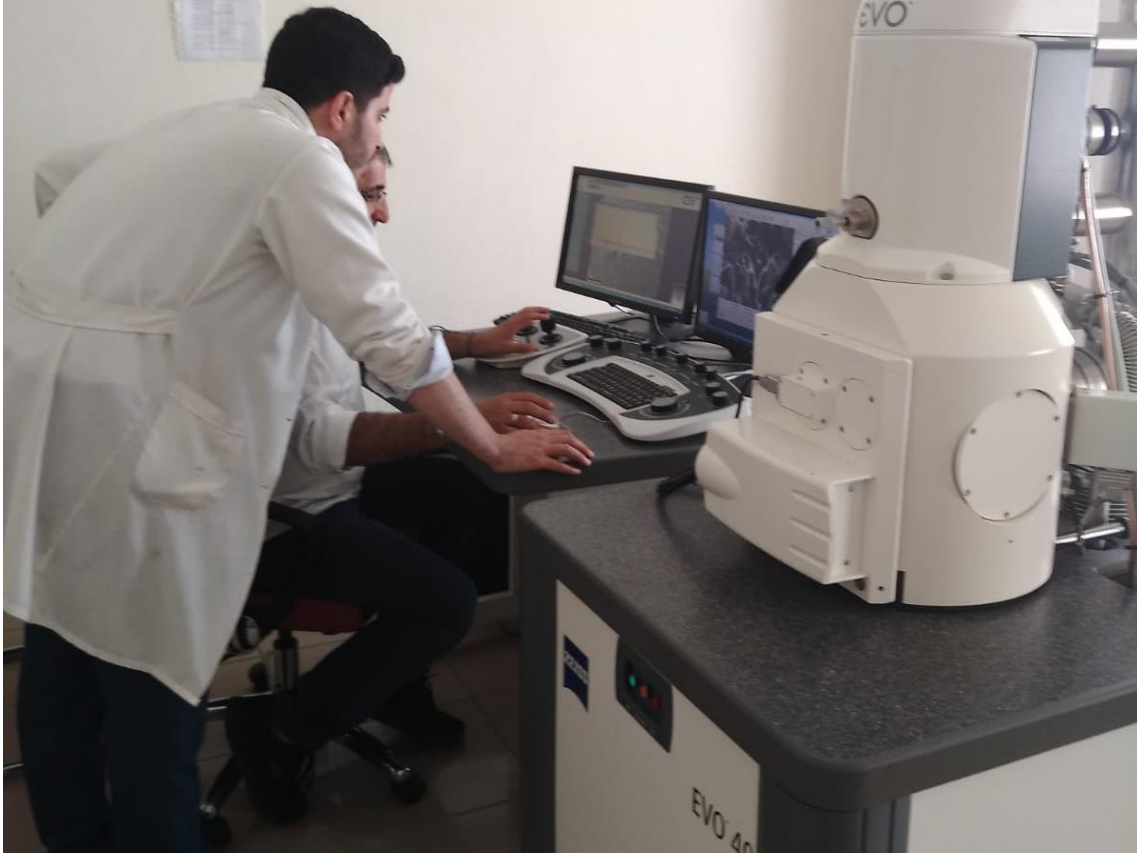
Daha sonra ise alınan örnekler üzerinde Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Analiz Biriminde XRD, XRF, ICP-MS ve SEM analizleri yapılmıştır (Fotoğraf 1.5).

X-ışını toz kırınım analizi, Philips Panalytical EMPYREAN X-ışını toz kırınım spektroskopisi ve taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDX) (Ziess EVO 40XVP SEM ve -edax EDX) kullanılarak yapılmıştır.

Numunelerin XRD analizleri EMPYREAN (Panalytical) marka Diffractometer cihazıyla Cu Ka radyasyonu ($\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$) şartlarında kullanılarak yapılmıştır. Kırınım desenleri 5° ila 70° arasında ve 2θ den 3° dak^{-1} tarama hızında toplanmıştır. Toplu numunenin mineralojisinin saptanması için, boyanmamış tam kayaç numunelerinin yönlendirilmemiş bağları taranmıştır. Kil analizi için numuneler ($<2 \text{ m}$), kil fraksiyonunun çökeltilme ile ayrılması, süspansiyonun santrifüjlenmesi ile karıştırılmış, gece boyunca damıtılmış su içinde dağılmasından sonra hazırlanmıştır. Kil parçacıkları ultrasonik titreşim ile yaklaşık 15 dakika süreyle dağıtılıp, her numuneden $<2 \text{ m}$ fraksiyonunun dört oryantasyonlu numunesi hazırlanıp, havada kurutulmuştur. Etilen-glikol-2 saat boyunca 60° C 'de çözülüp ve sırasıyla 350° ve 550° C 'de 2 saat boyunca termal olarak işlem görmüştür.

Brindley (1980) yöntemini takiben Gündoğdu (1982) tarafından geliştirilen dış yöntemle göre her bir mineralin ana bazal yansımalarının yoğunluğu uygun faktörlerle çarpılarak yarı kantitatif analizler yapılmıştır. Bu yöntemin nispi hatası % 15'ten azdır. Temsil edici kil ağırlıklı dökme numuneler, numunenin taze, kırılmış yüzeyinin, çift taraflı bantla kaplanmış ve ince bir film ($\sim 350 \text{ \AA}$) altınla kaplanmış bir alüminyum numune tutucuya yapıştırılmasıyla SEM analizi için hazırlanmıştır. Bir Giko iyon kaplayıcı kullanarak, örnekler için XRF (Philips Panalytical Zetium) ile kimyasal veriler elde edilmiştir. MBH Reference Materials ve Breiländer şirketleri tarafından tedarik edilen kayaç standartları kullanılarak kimyasal analizler yapılmıştır. Sonuçların doğruluğu $\pm\%$ 2'dir.

Her numunenin tutuşma (LOI) kaybı, numunelerin gece boyunca 105 ° C'de kurutulması, ardından H₂O ve diğer uğucu maddelerin 1050 °C'de iğeriklerinin hesaplanmasıyla da belirlenmiştir.



Fotoğraf 1.5. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Laboratuvarı SEM incelemeleri

1.4 Önceki alışmalar

Markwitz ve diğ. (2016), Batı Afrika Kratonu'nun, Batı Afrika'da yaklaşık 4.5 milyon km²'lik bir alana yayılan, Arkeo ve Paleoproterozoik yaşlı kayalardan oluştuğunu söylemişlerdir.

Rollinson (2016) ise, Sierra Leone, Gine, Fildişi Sahili ve Liberya'nın jeolojisinin genel olarak Arkon Kratonları gibi tipik, migmatitik TTG (tonalit trondhjemit-granodiyorit) gnaylarını iğerdiğini söylemiştir.

MacFarlane ve diğ. (1981), Sierra Leone'nin kuzeyinde bulunan Leonean'nın kıvrımlarının tipik olarak DB yönünde olduğunu temeline dayanarak; Liberya kıvrımlarının ise, KB'den KD'ye eğilimli olduğunu söylemişlerdir.

Rollinson (2016) ise Sierra Leone, Liberya ve Gine'deki başlıca mineral kaynaklarını temsil eden bantlı demir oluşumu (BIF) katmanlarının altın mineralizasyonu için de önemli alanlar olduğunu ve ekonomik öneme sahip olmalarına rağmen, bu mineral bantları üzerine çok az çalışmanın yayınlandığını belirtmiştir.

Hagemann ve diğ. (2016); Markwitz ve diğerleri, (2016), Kénéma-Man bölgesindeki Archaean yaşlı kayaçların, özellikle yeşil şist fasiyesleri içindeki demir cevheri yataklarını içerdiğini tespit etmişlerdir. Ekonomik açıdan önemli BIF bölgelerinin ise Gine'den Liberya ve Fildişi Sahili'ne uzanan Tonim Dağı'nda ve Sierra Leone'nin Sula Dağları'ndaki Tonkolili'de bulunduğunu ortaya koymuşlardır.

Markwitz ve diğ., (2016); Goldfarb ve diğerleri, (2017), Yeşil şist fasiyesleri aynı zamanda yapısal olarak altın mineralizasyonuna da ev sahipliği yapabilir, ancak altın kaynaklarının çoğu, hem orojenik altın mineralizasyonu hem de palaeoplakerler ile dünyanın en büyük altın bölgelerinden biri olan Baoulé Mossi bölgesinde bulunur.

Coffey, (2015), Liberya sınırına yaklaşık 25 km mesafede bulunan Fildişi Sahili'ndeki Ity'de, 1991'den bu yana 1 milyon onstan fazla altın üretilmiştir ve muhtemel rezervleri 1.4 milyon onstan fazla olduğu düşünülmektedir.

Goldfarb ve diğ., (2017), Palaeoplaser yataklarının dağılımları daha kısıtlıdır, ancak Gana'daki Ashanti altın damarları güney ucundaki Tarkwa bölgesi büyük kaynaklara sahiptir. Batı Afrika eyaletinin toplam altın rezervi, yaklaşık 10.000 tondur; bu, Batı Avustralya'nın Yilgarn kratonu ve Kanada'da bulunan Superior eyaleti gibi diğer büyük Prekambriyen altın sahaları ile karşılaştırılabilir.

Rollinson, (2016), Liberya, Leo-Man Kalkanı'nın merkezinde, Arkeen ve Paleoproterozoic bölgeleri arasındaki sınır boyunca uzanır. Archaean katı (3260-2850 Ma) Liberya'nın orta ve batısı boyunca uzanır ve kristalize metavolkanik ve

metasedimant kayalarla çökelmiş ve geç Archaean granitoyitleri tarafından üzeri örtülmüş, yerel olarak migmatitik olan TTG gnayları ile karakterize edilir.

Liberya Jeolojik Araştırma, (1982). Metamorfik grup genellikle yeşilşist bantlarına hâkim olan yeşilşist fasiyesine sahip amfibolit fasiyelidir.

Behrendt ve Wotorson, (1974); Tysdal, (1975), Liberya'daki Baoulé-Mossi bölgesinde, Côte d'Ivoire sınırından itibaren Greenville'nin batısına doğru uzanan, gays, migmatit ve amfibolit içerir.

Feybesse ve Milési, (1994), Liberya'daki Archaean ve Palaeoproterozoic kayalarında çok sayıda deformasyon evresi mevcuttur. Archaean Kénéma-Man Domainindeki baskın yapısal eğilim kuzeydoğu yönündedir.

İngiliz Jeolojik Araştırmaları (BGS) (2017), Liberya'da, alüvyal ocaklardan tamamen ilkel yöntemler kullanılarak artisanal altın madenciliği yapılmaktadır. 2010-2015 arasında yıllık üretimin, yaklaşık 18.500 ons olduğu tahmin edilmektedir.

Wahl, (2007), USGS (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu) tarafından Liberya'da yaklaşık 600 ayrı bölgede altın oluşumu kaydedilmiştir ve bu oranların neredeyse yüzde 80'inini plaser altın yatakları oluşturmaktadır.

Foster ve Piper, (1993), Kuvars damarları, tipik olarak 10-20 m genişlikte ve bir kilometreden daha uzun bir alanı oluşturur. Yapı, özellikle kuzeydoğu yönündeki yoğun makaslama bölgelerinin özellikle önemli olduğu bölgelere dağılması konusunda güçlü bir kontrol uygulamaktadır.

Barrie ve Touret, (1999), Bölgedeki altın cevherleşmesi, dünyadaki diğer yeşilşist fasiyeslerinden biraz daha yüksek bir basınçta oluştuğu görülür.

Foster ve Piper, (1993), Bölgedeki altın cevherleşmesinin zamanı iyi bilinmemektedir, ancak potansiyel olarak geç Archaean olduğu düşünülmektedir.

Goldfarb ve diğ., (2017), Archaean'da olduğu gibi, Birimiyen'de alüvyon altın oluşumları yaygındır ve birçok yerde anakayadaki önemli mineralleşme bölgeleri mevcuttur. Anakaya litolojileri çeşitlilik gösterir, ancak metavolkanik ve metasedimanter kayaçlar ve / veya mafik ve granitik müdahaleler içerisinde mineralizasyon oluşabilir; Birimian'ın başka yerlerinde, bu metasedimanter ve magmatik litolojiler arasındaki karşılıklar cevher kütlelerini yerelleştirmiştir.

Hummingbird Resources, (2013,2016), Liberya'daki cevherleşme, düzensiz tabakalardan kuvars-karbonat sülfür taşıyan damarlara, yayılmış sülfüdlere ve sülfür stringer damarlarına kadar değışen, değışken morfolojilere sahiptir. Archaean'da olduğu gibi, jeolojik yapı altın cevherleşmesinin yeri üzerinde hakim bir kontroldür.

Béziat ve diğ., (2016), Fildişi Sahili'ndeki Ity altın madeni de bu kesme zonunun kuzey-doğu uzantısında yer almaktadır.

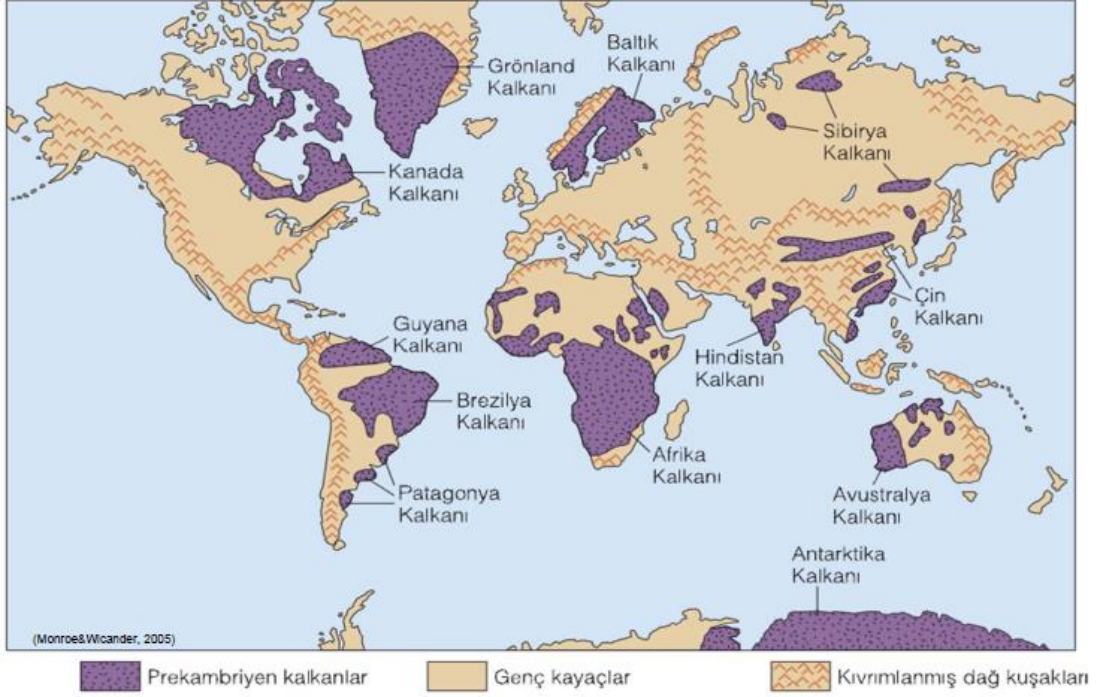
Hummingbird Resources, (2013), Kuzeyde Zia, batıda Zwedru yakınında ve Juazohn Shear Zone'u destekleyen Putu Range bölgesinde yüksek dereceli mineralizasyon rapor edilmiştir.

Hummingbird Resources, (2013), Juazohn Shear Zone oluşumları, geniş alüvyon birikintileri ve altın jeokimyasal anomalileri nedeniyle ileriye dönük olarak işletmeye hedef bölgedir. Kuzeyde Zia, batıda Zwedru ve Juazohn Shear Zone'u destekleyen Putu Range bölgesinde yüksek dereceli mineralizasyon rapor edilmiştir.

BÖLÜM II

2. GENEL JEOLJİ

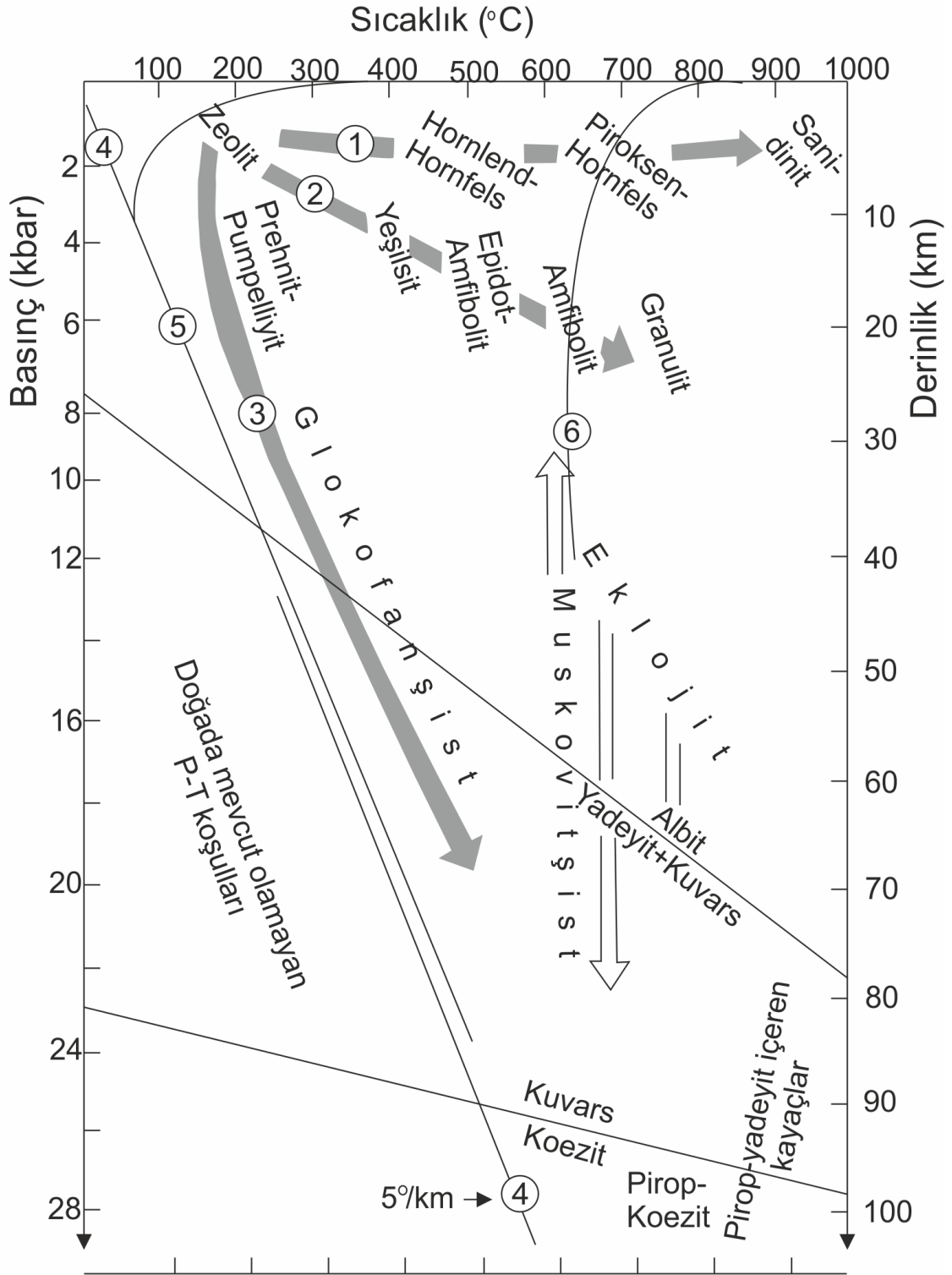
Leo (1969) ve White (1969) Afrika Kalkanı (Şekil 2.1), içerisinde bulunan, Batı Liberya'nın Prekambriyen jeolojisi üzerine çalışmışlardır. Tysdal ve Thorman (1983) ise Liberya'nın tek jeolojik haritasını yayınlamıştır.



Şekil 2.1. Dünya üzerindeki kalkanlar ve afrika kalkanı (karatonu)

Liberya'daki en geniş yayılım gösteren ve en yaşlı kaya birim metamorfik olan ve daha önceki araştırmacıların da tanımladığı, masif olan kısımların magmatik dokuyun andıran yapısı, laminasyon ve bantlaşmanın yer yer gözlemlendiği şistten gnays'a kadar değişen karakterde, çoklu metamorfizmaya uğramış kuvars-feldispat gnaysların hakim olduğu bir birim olarak tanımlanmıştır.

Araştırmacıardan elde edilen bilgiler doğrultusunda Metamorfizma derecesinin genellikle orta ila yüksek amfibolit fasiyesler olarak tanımlandığı, ancak Liberya'nın batı kıyısı boyunca 30 km genişliğinde bir granülit fasiyesi etkisiyle bölgede kemeri andıran bir yapıda meydana geldiği belirtilmekte olup ayrıca birim amfibolit fasiyesine ait kayalardan gnayslar ile ayırt edildiği belirtilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Metamorfik fasiyelerin sıcaklık/basınç diyagramındaki konumları (Matthes, 1190, s.351)

Granülit-fasiyes kuşağında tanımlanan kayaçlar ortopiroksen gnays, klinikopiroksen mafik granülit olarak adlandırılmıştır. (Yüzde 30'dan az mafik mineral içeren kayaçlara felsik granülit denir). Granülit-fasiyesi kayaçları, aynı zamanda Liberya'nın kuzey merkezindeki bölgede lokal olarak da bulunur (Markwitz ve diğ., 2016).

2.1 Batı Afrika'nın Jeolojisi

Batı Afrika Kratonu, Batı Afrika'da yaklaşık 4.5 milyon km²'nin altında yatan Arkeo ve Paleoproterozoik kayaçlardan oluşmaktadır (Markwitz ve diğ., 2016). Kratonun çoğu daha genç litolojik birimler tarafından kaplanmaktadır, ancak kratonun kuzey ve güneyindeki geniş alanlar açığa çıkmaktadır. Kratonun kuzey kısmı Reguibat Kalkanı olarak bilinir. Güney kısmı çeşitli alternatif isimlerle anılmıştır, ancak son kullanım Leo-Man Kalkanı (veya Leo-Man yükselişi) şeklindedir (de Waele ve diğ., 2015; Rollinson, 2016; Parra-Avila ve diğ., 2016).

Leo-Man Kalkanı, batıda Senegal, Gine, Sierra Leone ve Mali'ye, doğuda Gana ve Nijer'e kadar 1500 km'den daha fazla uzanır. Leo-Man Kalkanı'nın (Kénéma-Man bölgesi) batı kısmı, Arkeen gnayslarından oluşurken, doğu kısmı (Baoulé-Mossi bölgesi) büyük ölçüde Paleoproterozoiktir; bu iki alan arasındaki sınır, büyük bölgesel kayma bölgeleri ile işaretlenmiştir (Şekil 2.3).

Sierra Leone, Gine, Fildişi Sahili ve Liberya'nın jeolojisi, ağırlıklı olarak dünya çapındaki gibi tipik, migmatit gnaysları içerir (Rollinson, 2016). Ek olarak, metavolkanik ve metasedimanter kayaçların suprakrustal sekansları, bölge boyunca doğrusal yeşilist bantlarını oluşturur. Alan ilişkilerine dayanarak, Kénéma-Man bölgesinin Arkeen tarihinin başlangıçta yalnızca kesin olarak tarihlenen Leonian ve Liberian olmak üzere iki ana orojenik döngü içerdiği düşünülmektedir (Beckinsale ve diğ., 1980; MacFarlane ve diğ., 1981; Feybesse ve Milési, 1994). Bu orojenik döngüler, Sierra Leone'nin kuzeyinde, Leone'nin kıvrımlarının tipik olarak DB yönünde sahip olduğu temeline dayanarak kabul edilir; Liberya kıvrımlarının ise, KB'dan KD'ya daha yaygın olan eğimleri vardır (MacFarlane ve diğ., 1981).

Metavolkanik ve metasedimanter dizileri Kénéma-Man bölgesinin TTG (tonalit, trondhjemit ve granodiyorit) gnaysları içindeki kayaçlar, diğer Arkaton kraktonlarında

bulunan yeşilist kuşaklarına benzer litolojileri içerir, ancak daha yüksek derecelerde metamorfozlanır (amfibolit - granülit-fasiyes; Rollinson, 2016). Bu kuşakların birçoğu Sierra Leone, Liberya ve Gine'deki başlıca mineral kaynaklarını temsil eden bantlı demir oluşumu katmanlarını; ayrıca altın damarlarının mineralizasyonu için önemli alanlarını oluşturur. Ekonomik öneme sahip olmalarına rağmen, bu mineral bantları üzerine çok az çalışma yayınlanmıştır (Rollinson, 2016).

Kénéma-Man bölgesindeki oluşum; Palaeoproterozoic Baoulé-Mossi, bölgesel kayma bölgeleri tarafından doğuya ve kuzeye etki eder. Arkeen - Palaeoproterozoic sınırının genel olarak, Sassandra fay zonu ve batı ve güneybatı Fildişi Sahili'ndeki Trou Dağı fayı ile temsil edildiği kabul edilmiştir (Cahen ve diğ., 1984). Hurley ve diğ. (1971) Liberya'daki sınırı, Greenville'in kuzey-batı noktasından kuzey-doğuya doğru uzanan Trou Dağı fayının bir uzantısı ile sınırlanır.

Batı Afrika Kratonu tipik olarak kuzeyde Mauritanidlerden, Senegal'deki Basaridlere ve Gine'deki Rokelidlere, güneydeki Sierra Leone ve Liberya'ya kadar uzanan, Neoproterozoik çağda olduğu düşünülen (Pan African, 650-500 Ma) bantlardan oluşur. Son araştırmalar, Palaeoproterozoik protolitlerin Rokelidlerde bulunduğunu, ancak Neoproterozoik çağın metamorfizması ve magmatizmasından etkilendiklerini göstermektedir (de Waele ve diğ., 2015; Villeneuve ve diğ., 2015). Büyük, kabuk ölçeğinde bir kesme bölgesi, bu bölgeyi Arkeen Kénéma-Man Domain'den ayırır (de Waele ve diğ., 2015).

Uzun süren erozyon dönemleri, en büyüğü, Moritanya'daki Manibre Kalkanı'nı Regibat Kalkanı'ndan ayıran milyon km²'den daha büyük bir alana dayanan intrakratonik Taoudeni Havzası olan çok sayıda büyük intrakratonik (yayıçikratonu) ve kıyı tortul havzalarının oluşumuna yol açmıştır. Havza, Neoproterozoik ve Devoniyen-Karbonifer tortul kayaçlarına ve son dönemdeki çökeltilerle doludur. Deforme olmamış tortul havzaları ise Bové havzasını, Volta havzasını, Tindouf havzasını ve Senegal-Moritanya kıyı havzasını içerir (Markwitz ve diğ., 2016; Villeneuve, 2005).

Batı Afrika kratonu, yakın zamanda Markwitz ve arkadaşları (2016) tarafından çalışılmıştır ve çok çeşitli mineral yataklarına ev sahipliği yaptığı saptanmıştır.

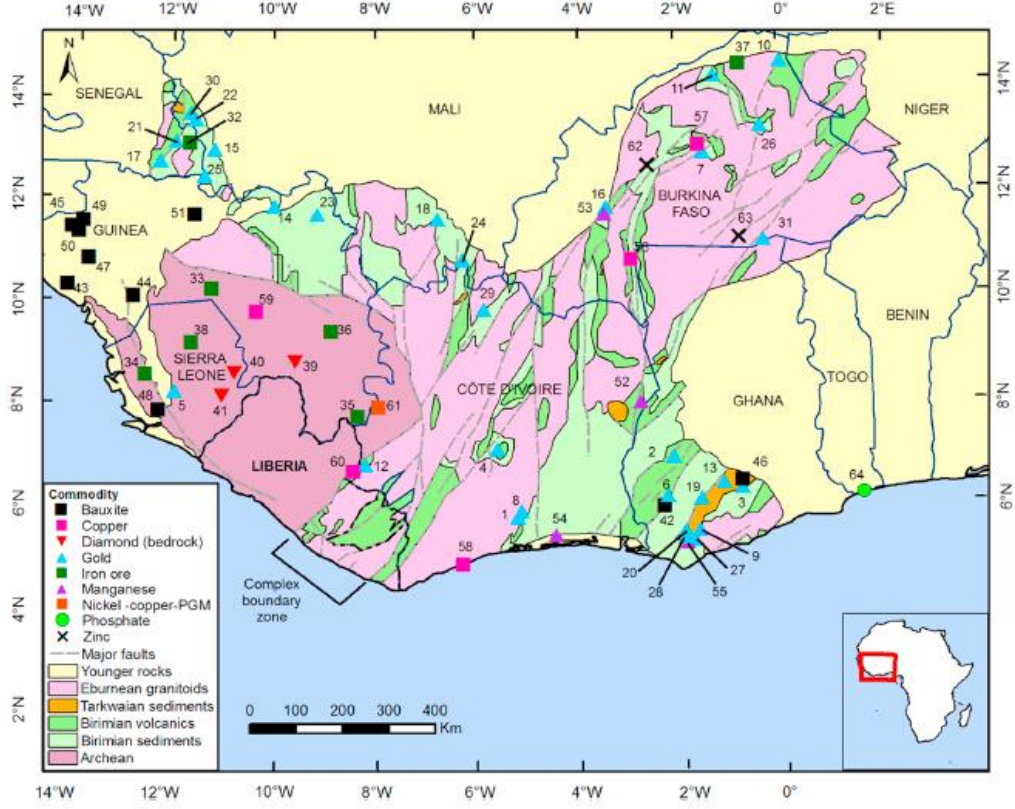
K n ma-Man bölgesinin Arkeen kayaları, özellikle yeşil şist fasiyesleri içindeki demir cevheri yataklarını içerir. En b y g  güneydoğu Gine'deki Simandou deposudur, ekonomik açıdan önemli demir oluşumları ise Gine'den Liberya ve Fildişi Sahili'ne uzanan Tonim Dağı'nda ve Sierra Leone'nin Sula Dağları'ndaki Tonkolili'de bulunur (Hagemann ve diğ., 2016; Markwitz ve diğ., 2016).

Bu yeşil şist fasiyesleri aynı zamanda yapısal olarak altın mineralizasyonuna da ev sahipliği yapabilir, ancak altın kaynaklarının çoğu, orojenik altın mineralizasyonu ile dünyanın en büyük altın bölgelerinden biri olan Baoul  Mossi bölgesinde bulunur (Markwitz ve diğ., 2016; Goldfarb ve diğ., 2017).

Ana orojenik tortular, Gana, Mali, Senegal, Nijer, Burkina Faso ve C te d'Ivoire'deki yeşil şist fasiyeslerinde bulunur (Şekil 2.3).

Liberya sınırına yaklaşık 25 km mesafede bulunan Fildişi Sahili'ndeki Ity'de, 1991'den bu yana 1 milyon onstan fazla altın üretilmiştir ve muhtemel rezervleri 1.4 milyon onstan fazla olduğu d ş n lmektedir (Coffey, 2015).

Palaeoplaser yataklarının dağılımları daha kısıtlıdır, ancak Gana'daki Ashanti altın damarları güney ucundaki Tarkwa bölgesi büyük kaynaklara sahiptir. Batı Afrika eyaletinin toplam altın rezervi, yaklaşık 10.000 tondur; bu, Batı Avustralya'nın Yilgarn kratonu ve Kanada'da bulunan Superior eyaleti gibi diğer büyük Prekambriyen altın sahaları ile karşılaştırılabilir (Goldfarb ve diğ., 2017).



Şekil 2.3. Batı Afrika'da metalik maden yataklarının konumu. (Not: Güneydoğu Liberya'da, Kénéma-Man alanı ile Baoulé-Mossi alanı arasındaki sınırın gösterildiği gibi geniş ve karmaşık bir tektonik alanı kapladığı düşünülmektedir). (1, Agbaou; 2, Ahafo; 3, Akyem; 4, Angovia; 5, Baomahun; 6, Bibiani; 7, Bissa; 8, Bonikro; 9, Damang; 10, Essakane; 11, Inata; 12, Ity; 13, Konongo; 14, Lefa; 15, Loulo-Goukoto; 16, Mana; 17, Massawa; 18, Morila; 19, Obuasi; 20, Prestea; 21, Sabodala; 22, Sadiola; 23, Siguiriri; 24, Syama; 25, Tabakato; 26, Taparko; 27, Tarkwa; 28, Teberebie; 29, Tongon; 30, Yatela; 31, Youga; 32, Falémé; 33, Kalia; 34, Marampa; 35, Nimba; 36, Simandou; 37, Tin Edia; 38, Tonkolili; 39, Baoule; 40, Koidu; 41, Tongo / Tonguma; 42, Awaso; 43, Bel Air; 44, Débéle; 45, Dian-Dian; 46, Ejuanema; 47, Friguia; 48, Gendama; 49, Koumbia; 50, Sangarédi; 51, Tougué; 52, Bondoukou; 53, Kiéré; 54, Lauzoua; 55, Nsuta; 56, Diénémera; 57, Goren; 58, Monogaga; 59, Sadeka; 60, Zéitou; 61, Samapleu / Yepleu; 62, Perkoa; 63, Tiebéle, 64, Kpemé)

2.2 Liberya'nın Jeolojisi

Liberya, Leo-Man Kalkanı'nın merkezinde, Arkeen ve Paleoproterozoyik bölgeleri arasındaki sınır boyunca uzanır (Şekil 2.4).

Arkeen katı (3260-2850 Ma) Liberya'nın orta ve batısı boyunca uzanır ve kristalize metavolkanik ve metasedimant kayalarla çökelmiş ve geç Arkeen granitoyitleri tarafından üzeri örtülmüş, yerel olarak migmatitik olan TTG (tonalit, trondhjemit ve

granodiyorit) gnaysları ile karakterize edilir (Rollinson, 2016). Metamorfik grup genellikle yeşilşist bantlarına hâkim olan yeşilşist fasiyesine sahip amfibolit fasiyelidir. (Liberya Jeolojik Araştırma, 1982).

Bölgedeki şistler, granit gnays katmanları içinde veya gnays sınırlarının yakınında birkaç büyük granat ve stavrolit-kuars-mika şist (s) merceği oluştururlar. Yüzeğe yakın şistler, yoğun atmosferik faaliyetlere maruz kaldığından yıpranmış olduğu için, taze yüzeylerin gözlemlenmesi nadirdir (Fotoğraf 2.1), ancak mikrosöz şistin altındaki topraklar genellikle, zemin yüzeyindeki kaba muskovitin bol miktarda olması ve saprolitin belirgin dokusu ve görünümü ile ayırt edilir.

Şist olarak belirtilen alanlara dahil olanlar, yerel olarak bol olsa da, tabakalar arasında bulunan amfibolit, kuvars ve kuvars-dioritik ve granit gnaysa sahiptir.

Çalışma alanında yapılan çalışmalar sonucunda Zwedru jeoloji haritasından (E.R.Force ve H.M.Beikman, 1977, Geologic Map of the Zwedru Quadrangle, Liberia-Map I-777-D) yararlanılarak bölgenin jeoloji haritası çıkarılmıştır (Şekil 2.5).



Fotoğraf 2.1. Bölgede yüzeyleyen mikaşistlere ait görüntü

Arkeen ve Paleoproterozoic yaşı kayaçlar arasındaki sınır doğu Liberya'da iyi tanımlanmamıştır, ancak LGS (Liberya Jeoloji Araştırma Dairesi) tarafından elde edilen haritalama ve jeofizik veriler temelinde, kuzey-doğu eğilimi boyunca uzanmaktadır. (Şekil 2.4).

Bununla birlikte, son araştırmacılar (örneğin Rollinson, 2016; Markwitz ve diğ., 2016; Parra-Avila ve diğ., 2016), bu sınırı BRGM SIG Afrique haritasının ardından (BRGM, 2004) daha doğuda bulunan farklı bir konuma yerleştirmiştir.

Feybesse ve Milési (1994), tarafından yapılan çalışmalarda, Liberya'daki Toulepleu-Itty bölgesi ve Cestos Shear Zone boyunca kuzeydoğuda Fildişi Sahili sınırına kadar olduğunu belirtmiştir.

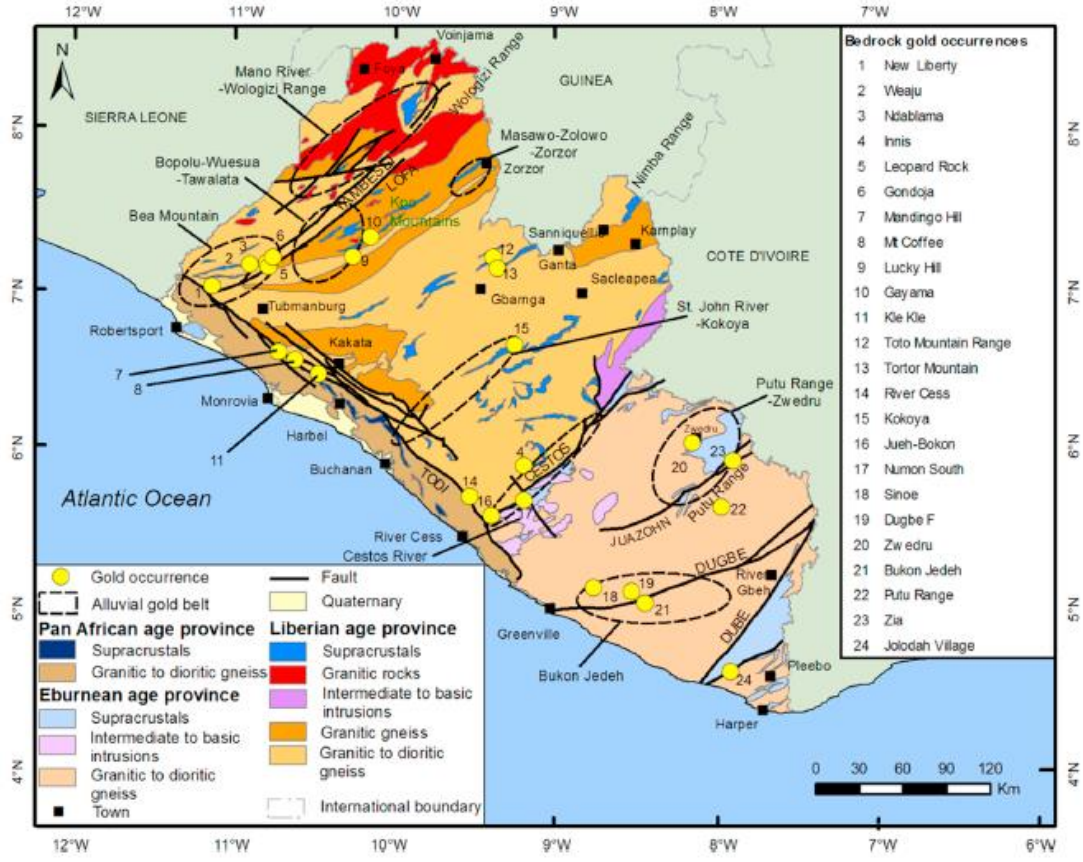
Çalışmaları, Cactos Shear Zone alanındaki kompleksi göstermiş ve Fildişi Sahili'ne kadar uzandığı tesbit edilmiştir. Bu zonda, bir dizi uzun faylar, tortul kayaçlar, Eburnean granitoyitleri ile birlikte tanımlanmış, mafik volkanik kayaçlar ile birleştirilmiştir. Daha yakın bir zamanda, Eburnean, Kénéma-Man Domaininin bu bölgedeki sınırlarında tanımlanmıştır (Kouamelan vd., Basında). Bu nedenle, Liberya'daki Arkeen -Palaeoproterozoic sınırı tek bir hat ile işaretlenmemiş, bunun yerine geniş bir karmaşık sınır bölgesi belirlenmiştir.

Liberya'daki Baoulé-Mossi bölgesinde, Côte d'Ivoire sınırından itibaren Greenville'nin batısına doğru uzanan, gays, migmatit ve amfibolit içerir (Behrendt ve Wotorson, 1974; Tysdal, 1975). Bu kayaçların genellikle Birimian dizisinin bir parçası olduğu düşünülmektedir (Milési ve diğ., 1992; BRGM, 2004), ancak çalışma ve araştırmaların yetersizliğinden dolayı geniş bir bilgi bulunamamaktadır.

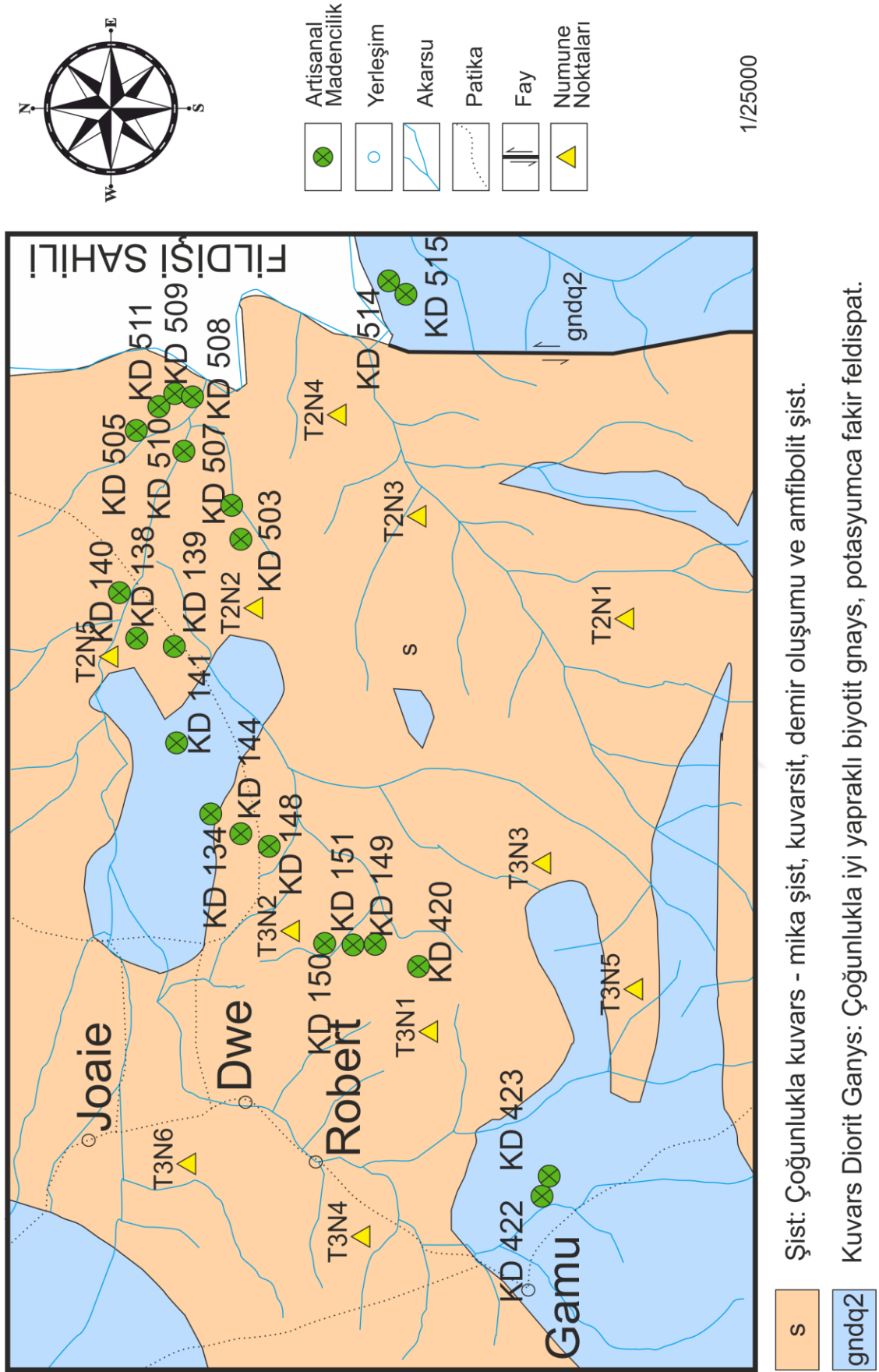
Liberya'daki Arkeen ve Palaeoproterozoic kayalarında çok sayıda deformasyon evresi mevcuttur. Arkeen Kénéma-Man Domainindeki baskın yapısal eğilim kuzeydoğu yönündedir (Feybesse ve Milési, 1994).

Ülkenin güneydoğu kesiminde, kuzeydoğu eğilimli faylar mevcut olup, Fildişi Sahili'e doğru uzanmaktadır. Bu yapılar arasında geniş bir alanda önemli altın, demir cevheri ve

bazı metal oluşumlarıyla ilişkili Cestos, Dugbe, Dube ve Juazohn makas bölgeleri bulunmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Liberya'daki ana kaya altın ve plaser altın kuşaklarının dağılımı



Şekil 2.5. Çalışma alanının jeoloji haritası (E.R.Force ve H.M.Beikman, 1977, Geologic Map of the Zwedru Quadrangle, Liberia-Map I-777-D'dan düzenlenmiştir)

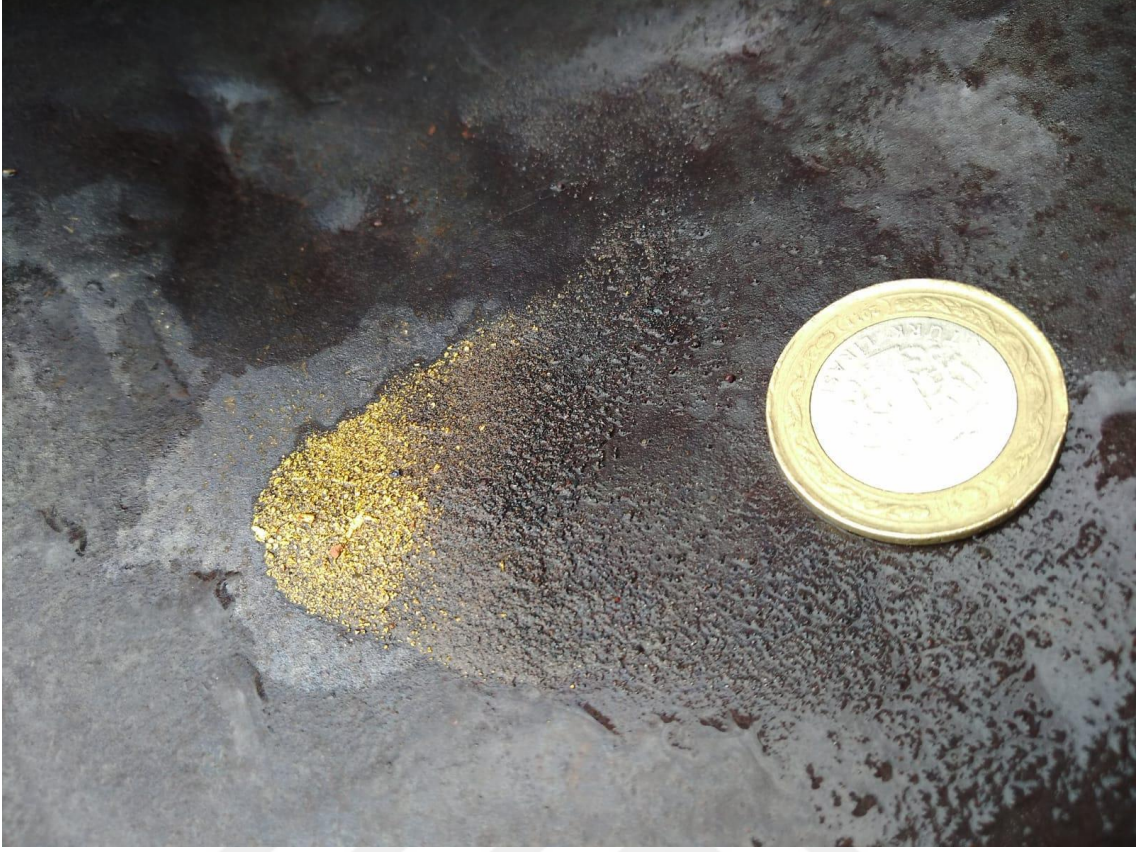
2.2.1 Altın kaynakları ve potansiyeli

Liberya’da, alüvyal ocaklardan tamamen ilkel yöntemler kullanılarak artisanal altın madenciliği yapılmaktadır (Fotoğraf 2.2).



Fotoğraf 2.2. Bölgede ilkel yöntemler ile artisanal madencilik yapan yöre halkı

2010-2015 arasında yıllık üretimin, yaklaşık 18.500 ons olduğu tahmin edilmektedir (BGS, 2017). USGS (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu) tarafından Liberya'da yaklaşık 600 ayrı bölgede altın oluşumu kaydedilmiştir ve bu oranların neredeyse yüzde 80'inini plaser altın yatakları oluşturmaktadır (Wahl, 2007) (Fotoğraf 2.3).



Fotoğraf 2.3. Bölgeden ilkel yöntemler kullanılarak çıkarılan altın cevheri

2.2.1.1 Plaser tipi altın yatakları

Bölgedeki plaserlerin oluşumu Pleistosen döneminde iklim koşullarının ağır olması, topoğrafyadaki farklılıklardan dolayı oluşan kalıcı erozyon ile birlikte, ülkenin doğu ve batı bölgelerinde plaser alanları oluşmuştur. Bireysel madenciler tarafından işlenen plaser yatakları, genellikle 20m kalınlığından azdır ve süreksizdir (Fotoğraf 2.4).

USGS tarafından kaydedilen alüvyal plaser yataklarının sayısına ve dağılımına bağlı olarak bir dizi “altın kuşağı” tanımlanmıştır (Şekil 2.4).



Fotoğraf 2.4. Bireysel (artisanal) madenciler tarafından işlenen plaser yatakları

Bu plaser yataklarının her biri, bazıları geçmişte çalışılmış, bazıları da kayda değer kaynakların kaldığı çok sayıda alüvyonel çökeltiyi içerir. Plaser altın yataklarının yaygın olarak ortaya çıkması anakaya tarafından barındırılan altın mineralizasyonu için önemli bir potansiyel olduğunu ortaya koymakta ve arama hedeflemesi için yararlı bir rehberlik sağlamaktadır.

2.2.1.2 Anakaya altın yatakları

Liberya'daki Arkeen yaşlı kayalardaki altın birikintileri, alt yeşilist fasiyesinden üst amfibolit fasiyesine kadar değişen metamorfik dereceli çok çeşitli litolojiler ile birlikte bulunur (Şekil 2.4). Kuvars damarları, tipik olarak 10-20 m genişlikte ve bir kilometreden daha uzun bir alanı oluşturur. Yapı, özellikle kuzeydoğu yönündeki yoğun makaslama bölgelerinin özellikle önemli olduğu bölgelere dağılması konusunda güçlü bir kontrol uygulamaktadır (Foster ve Piper, 1993).

Mineralizasyon, kuvars, turmalin, klorit ve serisit ve çeşitli sülfid mineralleri de dahil olmak üzere bir dizi silikat ile yakından ilişkili serbest altın içerir. Altın içeren cevherlerde arsenik, kadmiyum, bakır, kurşun ve çinko gibi bir dizi metal zenginleştirilebilir (Foster ve Piper, 1993).

Benzer yapısal karakterdeki altın cevherleşmesi, Sierra Leone bölgesinde bulunur; Altın cevherleşmesinin dünyadaki diğer yeşilist fasiyeslerinden biraz daha yüksek bir basınçta oluştuğu görülür (Barrie ve Touret, 1999). Bölgedeki altın cevherleşmesinin zamanı iyi bilinmemektedir, ancak potansiyel olarak geç Arkeen olduğu düşünülmektedir (Foster ve Piper, 1993).

Metamorfik kayalar içerisinde bulunan felsik gnaysların çoğu kuvvetli bir şekilde yapraklı ve tabakalıdır. Bu kayalardaki demir oluşumu, kuvarsit, şist ve amfibolit gibi bantlıdır. Daha sonradan çökelmiş kayalarla yapısal ilişkileri, gnaysların metasedimanter olduğu düşünülmektedir. Bu yapılar içerisinde önemli ortognayslar olabilir. Bununla birlikte, ortognaysları paragnayslardan ayırma üzerine herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Mineralleşmenin sınırları boyunca yüksek oranda magnezyum, sodyum, potasyum, rubidyum ve baryum görülür. New Liberty'de yapılan ölçümlerde, muhtemel rezevin 3,3 g/t Au olduğu ölçülmüştür (Ağustos 2017) (SRK Consulting, 2017). Bu bölgede 2015 yılında altın üretimine başlanmıştır ve işletme sahipleri ilk 6 yılda yaklaşık 120.000 ons altın üretmeyi planlamaktadır (Aureus Mining Inc, 2016).

Ayrıca bölgedeki Birimian yaştaki yeşilist fasiyesleri birçok Batı Afrika ülkesinde olduğu gibi büyük altın yataklarına ev sahipliği yapmakta ve çoğu Batı Afrika altın üretimi Arkeen yerine bu kayalardan elde edilmektedir (Fotoğraf 2.5).



Fotoğraf 2.5. Bölgede anakayaçta bulunan altın cevheri

Arkeen’de olduğu gibi, Birimiyen’de alüvyon altın oluşumları yaygındır ve birçok yerde anakayadaki önemli mineralleşme bölgeleri mevcuttur (Şekil 2.4). Bununla birlikte, Liberya'nın güneydoğusundaki Birimian yaşlı kayaçlar üzerinde çok az sistematik modern araştırmalar yapılmıştır ve altın cevherleşmesinin jeolojisi ayrıntılı olarak incelenmemiştir

Anakaya litolojileri çeşitlilik gösterir, ancak metavolkanik ve metasedimanter kayaçlar ve / veya mafik ve granitik müdahaleler içerisinde mineralizasyon oluşabilir; Birimian'ın başka yerlerinde, bu metasedimanter ve magmatik litolojiler arasındaki karşıtlıklar cevher kütlelerini yerelleştirmiştir (Goldfarb ve diğ., 2017).

Liberya'daki cevherleşme, düzensiz tabakalardan kuvars-karbonat sülfür taşıyan damarlara, yayılmış sülfidlere ve sülfür stringer damarlarına kadar değişen, değişken morfolojilere sahiptir. Arkeen’de olduğu gibi, jeolojik yapı altın cevherleşmesinin yeri üzerinde hakim bir kontroldür (Hummingbird Resources, 2013, 2016).

Özellikle zengin cevherleşmeler, bölgesel kayma bölgelerine ikinci dereceli yapıları, yapısal alanları, litolojik temasları, alüvyonlar içerisinde tane büyüklüğü değişimlerini ve çok fazlı deformasyon bölgelerini içerir (Fotoğraf 2.6). Altın, genellikle sülfat fazları, başlıca pirit, arsenopirit ve pirit ile yakından ilişkili serbest taneler olarak oluşur. Hidrotermal değişim, bazı tortularda, genellikle arsenik, bizmut ve gümüş açısından zengin bölgeleri oluşturur.



Fotoğraf 2.6. Bölgede daha önce Amerikalılar tarafından çalışılmış anakayaç

Bu bölgede bilinen en önemli ana kaya altın yatakları yapısal olarak kuzey-doğu yönündeki başlıca bölgesel kayma bölgeleriyle ilişkilidir. Eburnean deformasyonu, Cesto Shear Zone çevresinde (örneğin Jueh-Bukon, Numon South) çok sayıda altın oluşumları tanımlanmıştır (Amlib, 2012). Fildişi Sahili'ndeki Ity altın madeni de bu kesme zonunun kuzey-doğu uzantısında yer almaktadır (Béziat ve ark., 2016). Kuzeyde Zia, batıda Zwedru yakınında ve Juazohn Shear Zone'u destekleyen Putu Range bölgesinde yüksek dereceli mineralizasyon rapor edilmiştir (Hummingbird Resources, 2013).

Juazohn Shear Zone oluşunları, geniş alüvyon birikintileri ve altın jeokimyasal anomalileri nedeniyle ileriye dönük olarak işletmeye hedef bölgedir. Kuzeyde Zia, batıda Zwedru ve Juazohn Shear Zone'u destekleyen Putu Range bölgesinde yüksek dereceli mineralizasyon rapor edilmiştir (Hummingbird Resources, 2013).

Daha önceki çalışmalarda, bölgenin batı kısmındaki şist ve bazı amfibolit ve kuvarsitlerin metasedimanter olduğu anlaşılmaktadır, ancak gnaysların çoğunun kuzeye, doğuya ve güneye belirsiz ve ortognays ve paragnays olarak dağıldığı da görölmüştür.

Sonuç olarak, bölgedeki tabakalı metasedimanter ve metavolkanik kayaçların yaklaşık eşzamanlılığının ötesinde hiçbir sistematik stratigrafik ilişki gösterilememiştir.



III. BÖLÜM

3.1. MİNERALOJİ – PETROGRAFİ

Mineralojik – Petrografik İncelemeler, İncekesit, X-RD Çözümlenmeleri ve SEM görüntü analizi şeklinde yürütülmüştür. Çalışmaların tamamı Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Analiz Biriminde Ve Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Analizler için çalışma sahasından 2 farklı Bölgeden (Target 2 (White Rock Bölgesi) ve Target 3 (Wetland Area Bölgesi)) alınan toplam 11 adet örnek kullanılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Analizler için bölgeden alınan numune listesi

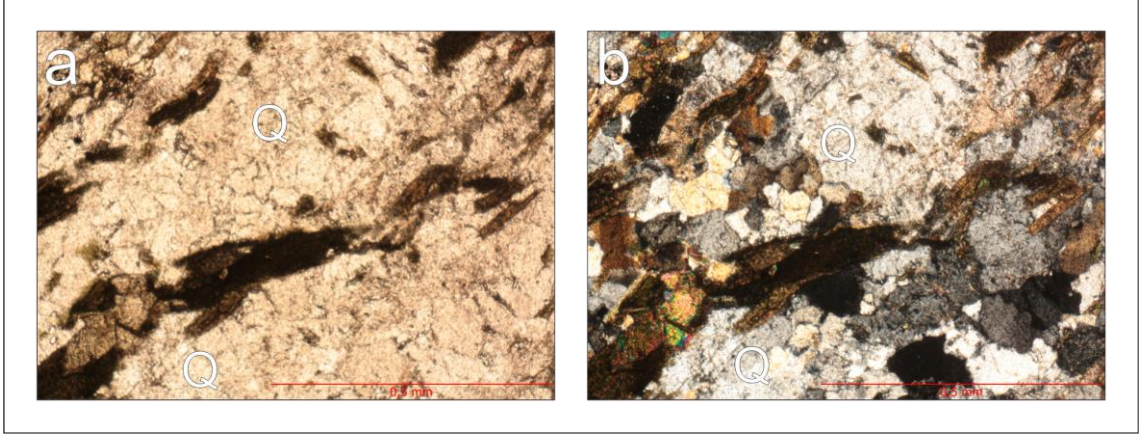
Numune Bölgesi	T (Target) 2	T (Target) 3
1. Numune	T2N1	T3N1
2. Numune	T2N2	T3N2
3. Numune	T2N3	T3N3
4. Numune	T2N4	T3N4
5. Numune	T2N5	T3N5
6. Numune		T3N6

3.1.1 İncekesit çözümlenmeleri

Arazi çalışmalarından derlenen numunelerden incekesitler yapılmış ve kesitlerin her birinin mineralojik-petrografik incelemeleri polarizan mikroskopta yapılmıştır. İncelenen bu kayalardaki mineral birliktelikleri ortaya konulmuş, gözlemlenen dokular incelenerek kayacın mineralojik-petrografik özellikleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

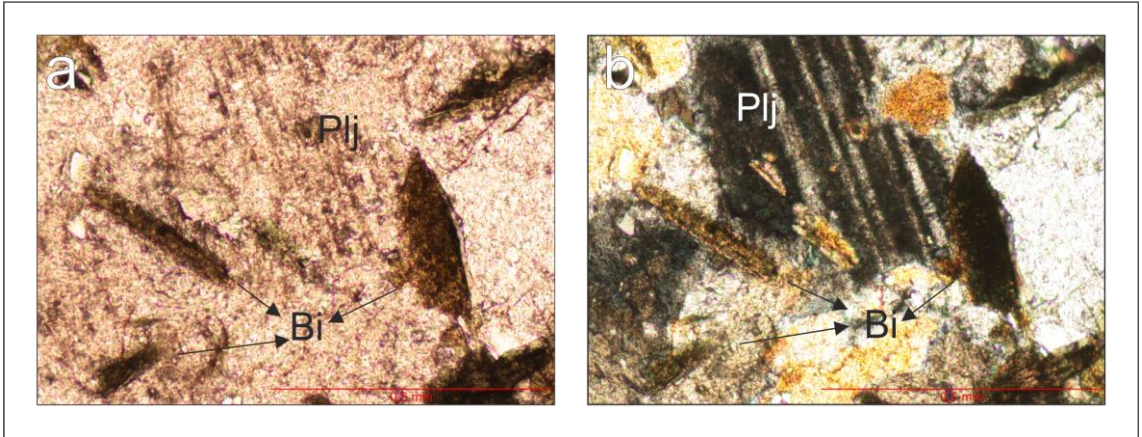
Kayaç genel olarak incelendiğinde metamorfik bir birime ait Nematoblastik - Nematogranoblastik doku sunmaktadır. Kayaç içerisindeki mineraller bulunış oranlarına göre azdan çoğa doğru sıralandığında Kuvars + Plajiyoklas + Biyotit + Amfibol(Epidot) + Olivin minerallerinden oluşmaktadır. Kayaç içerisinde yer yer kataklazma etkisi görülmektedir.

Kuvars: Bol kırık, çatlaklı ve ufalanmış bir görünüm sunmakta. Öz şekilsiz, dalgalı sönme göstermekte. II.nikolde genellikle kirli bir görünüme sahiptir (Şekil3.1).



Şekil 3.1. Kayaç içerisindeki kuvars (Q) minerallerinin tek nikol (a) ve çift nikol (b) görünümü

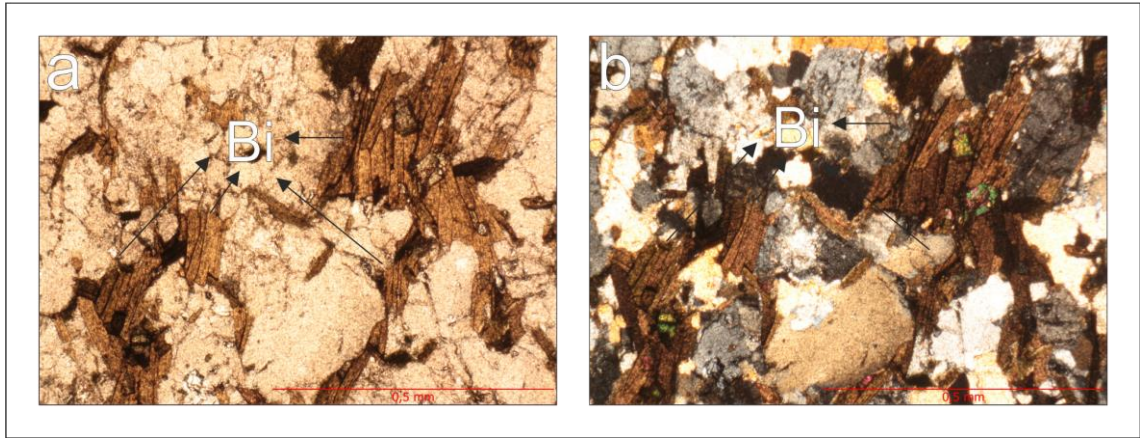
Plajiyoklaz: Kayaç içerisinde plajiyoklaz mineralleri öz şekilsiz polisentetik ikizlenme sunmakta. Bazen ikiz lamelleri boyunca, bazen ise dıştan içe veya merkezden itibaren serisitleşme sunmakta. Epidot minerallerinde, epidotlaşma zonları izlenmekte olup minerallere bozunmaya uğramıştır. I.nikolde renksiz, II.nikolde I. dizin girişim rengi sunmakta (Şekil3.2).



Şekil 3.2 . Kayaç içerisindeki plajiyoklaz (Plj.), biyotit (Bi) minerallerinin tek nikol (a) ve çift nikol (b) görünümü

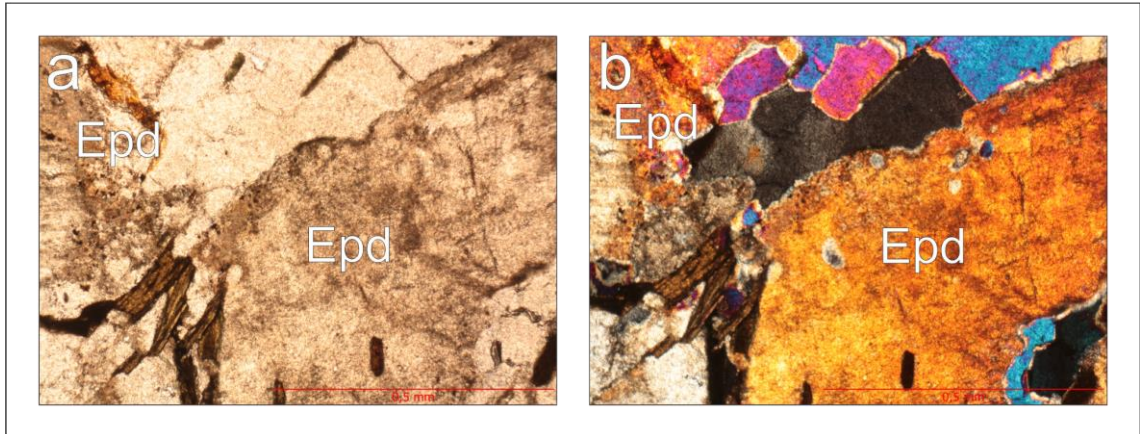
Biyotit: Biyotit mineralleri yarı özşekilli veya özşekilsiz yassı uzun çubuklar şeklinde koyu kahve tonlarında pleokrizma sunmakta. II. dizin girişim rengine sahip genellikle bir yönlenme sunmakta bu da metamorfizmanın etkisiyle tekyönde dilimli, paralel pulsu

sönme ise çok hafif izlenmekte. Dilinim yüzeyleri boyunca bir opasitleşme sunmakta (Şekil3.3).



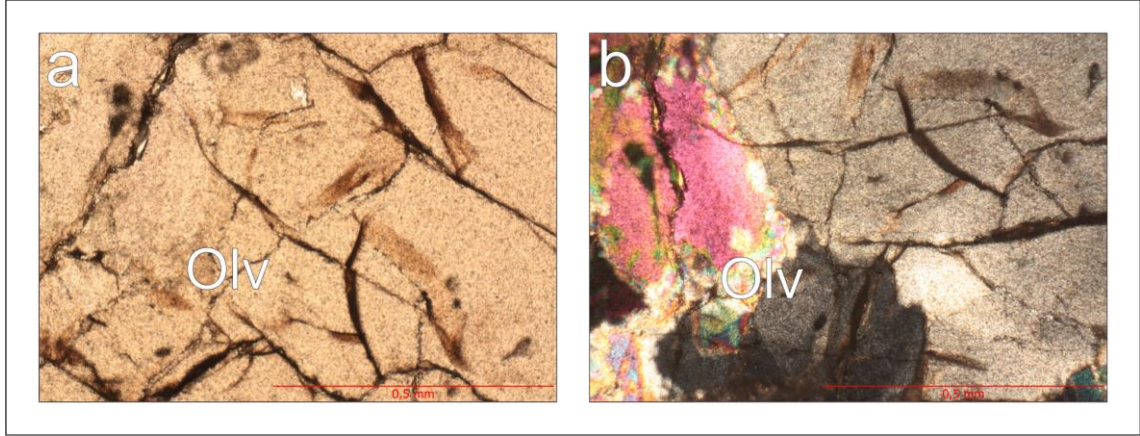
Şekil 3.3. Kayaç içerisindeki biyotit (Bi) minerallerinin tek nikol (a) ve çift nikol (b) görünümü

Amfibol (Epidot): Epidot mineralleri kayaç içerisinde öz şekilsiz, II. nikolde, II ve III. dizin girişim rengine sahiptir. II. nikolde sarı ve kırmızı tonlara gelişmiş güzel dizilimli fenokristaller şeklinde, kırık ve çatlak az da olsa gözlenmektedir. Mineraller birbirleriyle sınır teşkil etmekte ve I. nikolde renksiz, bazı fenokristaller kahvemsiz kirli yüzeyler sunmaktadır. Optik engebisi diğer minerallere göre daha yüksektir (Şekil3.4).



Şekil 3.4. Kayaç içerisindeki epidot (Epd) minerallerinin tek nikol (a) ve çift nikol (b) görünümü

Olivin: Kayaç içerisinde olivin mineralleri iri taneli ve öz şekilsizdir. Bol miktarda kırıklı ve çatlaklı yapı sunmaktadır. Bu kırık ve çatlaklar ile kenarlardan itibaren serpantinleşme gözlemlenmektedir. I. nikolde renksiz ve II. nikolde I.dizin girişim rengi sunmaktadır. Optik engebisi nıpeten yüksek (Şekil3.5).



Şekil 3.5. Kayaç içerisindeki olivin (Olv.) minerallerinin tek nikol (a) ve çift nikol (b) görünümü

3.1.2 X-RD çözümlenmeleri

İncekesitleri yapılarak polarizan mikroskopunda incelemeleri yapılan örneklerle beraber birde ince kesit yapılamayan örneklerden (genelde tane boyu 2 µm'nin altında olan örneklerin) mineralojik – petrografik çözümlenmeleri X-RD'de yapılmıştır. Alınan örnekler mineralojik özelliklerinin saptanabilmesi için bilyeli değirmende öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir.

Çalışma bölgesinde, T2 (White Rock Bölgesi) ve T3 (Wetland Area Bölgesi) olmak üzere iki farklı bölgeden alınan toplam 11 numune üzerinde XRD çözümlenmeleri Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarlarında, 4 kW (maksimum 60 kV, maksimum 100 mA) X-Ray tüpü gücü, 15-60 kV tüp voltajı ve 5-60 mA tüp akımı bulunan, 256x256 piksel dedektör boyutuna sahip, Panalytical/Empryan model X-Işını kırınım cihazı (XRD) kullanılarak yapılmıştır. Bu doğrultuda örneklerin X ışınları toz difraksiyonu çözümlenme yöntemi ile tümkayaç difraktogramları çekilmiş ve mineral türleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler değerlendirilerek mineral birliktelikleri çıkarılmış ve kil minerallerinin varlığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Kil içeren örneklerden yapılan tümkayaç analizleri ve X-RD çözümlenmeleri sonucunda numunelerde görülen mineral birliktelikleri ve mineralojisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 3.2. Numuneler üzerinde yapılan X-RD analiz sonuçları

	Kuvars	Dikit	Kaolinit	Nakrit	Hematit	İllit	Feldspat
T2N1	%26,6	%19	%52,4	-	-	-	-
T2N2	%69	-	%22	%9	-	-	-
T2N3	%30		%52	%18			
T2N4	%2	%66	%4	-	%28	-	-
T2N5	%90	-	%10	-	-	-	-
T3N1	%80	-	%16,7	-	-	%2	%1,3
T3N2	%79	-	%17	-	-	%2	%2
T3N3	%63	-	%24	-	-	%13	-
T3N4	%58	-	%32	-	-	%10	-
T3N5	%70		%25			%3,6	%1,4
T3N6	%71		%24			%3,2	%1,8

T2N1 Numunesi analiz sonucuna göre; %28,6 oranında Kuvars, %19 oranında Dikit, % 52,4 oranında Kaolinit olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2). Kuvars mineralleri XRD paterni incelendiğinde 3.32 Å, 2.44 Å, 2.27 Å, 1.38 Å piklerine rastlanmıştır. Kaolinit mineralleri XRD paterni incelendiğinde, 7.02 Å, 4.42 Å, 3.55 Å, 2.5 Å, 2.33 Å, piklerine rastlanmıştır (Şekil 3.6).

T2N2 Numunesi analiz sonucuna göre; %69 oranında Kuvars, %9 oranında Nakrit, % 22 oranında Kaolinit olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2). Kuvars mineralleri XRD paterni incelendiğinde 3.32 Å, 2.44 Å, 2.27 Å, 1.53 Å, 1.37 Å piklerine rastlanmıştır. Kaolinit mineralleri XRD paterni incelendiğinde, 7.03 Å, 4.41 Å, 3.55 Å, 2.37 Å, 2.33 Å, piklerine rastlanmıştır (Şekil 3.7).

T2N3 Numunesi analiz sonucuna göre; %30 oranında Kuvars, %18 oranında Nakrit, % 52 oranında Kaolinit olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2). Kuvars mineralleri XRD paterni incelendiğinde 4.2 Å, 3.32 Å, 2.27 Å, 1.83 Å, 1.81 Å, 1.53 Å, 1.37 Å piklerine rastlanmıştır. Kaolinit mineralleri XRD paterni incelendiğinde, 7.00 Å, 4.42 Å, 3.55 Å, 2.68 Å, 2.54 Å, 2.47 Å, 2.44 Å, 2.37 Å, 2.33 Å, piklerine rastlanmıştır (Şekil 3.8).

T2N4 Numunesi analiz sonucuna göre; %2 oranında Kuvars, %66 oranında Dikit, % 4 oranında Kaolinit, %28 oranında Hematit olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2). Kuvars mineralleri XRD paterni incelendiğinde 3.32 Å, 2.27 Å, 1.81 Å, 1.53 Å, 1.37 Å, 1.36 Å piklerine rastlanmıştır. Kaolinit mineralleri XRD paterni incelendiğinde, 7.04 Å, 3.55 Å, 2.55 Å, 2.50 Å, 2.41 Å, 2.33 Å piklerine rastlanmıştır (Şekil 3.9).

T2N5 Numunesi analiz sonucuna göre; %90 oranında Kuvars, % 10 oranında Kaolinit olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2). Kuvars mineralleri XRD paterni incelendiğinde 3.34 Å, 2.45 Å, 2.28 Å, 1.81 Å, 1.54 Å, 1.37 Å piklerine rastlanmıştır. Kaolinit mineralleri XRD paterni incelendiğinde, 7.26 Å, 4.26 Å, 3.46 Å, 2.23 Å piklerine rastlanmıştır (Şekil 3.10).

T3N1 Numunesi analiz sonucuna göre; %80 oranında Kuvars, % 16.7 oranında Kaolinit, %2 oranında İllit, %1.3 oranında Feldsipat olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2). Kuvars mineralleri XRD paterni incelendiğinde 4,26 Å, 3.34 Å, 2.45 Å, 2.28 Å, 1.81 Å, 1.54 Å, 1.37 Å piklerine rastlanmıştır. Kaolinit mineralleri XRD paterni incelendiğinde, 7.17 Å, 4.46 Å, 3.58 Å, 2.563 Å, 2.49 Å, 2.38 Å, 2.33 Å piklerine rastlanmıştır. Feldsipat mineralleri XRD paterni incelendiğinde, 3.85 Å pikine rastlanmıştır (Şekil 3.11).

T3N2 Numunesi analiz sonucuna göre; %79 oranında Kuvars, % 17 oranında Kaolinit, % 2 oranında Mika/İllit, %2 oranında Feldsipat olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2). Kuvars mineralleri XRD paterni incelendiğinde 4.26 Å, 3.34 Å, 2.45 Å, 2.28 Å, 1.81 Å, 1.54 Å, 1.37 Å piklerine rastlanmıştır. Kaolinit mineralleri XRD paterni incelendiğinde, 7.17 Å, 4.46 Å, 3.57 Å, 2.56 Å, 2.49 Å, 2.38 Å piklerine rastlanmıştır (Şekil 3.12).

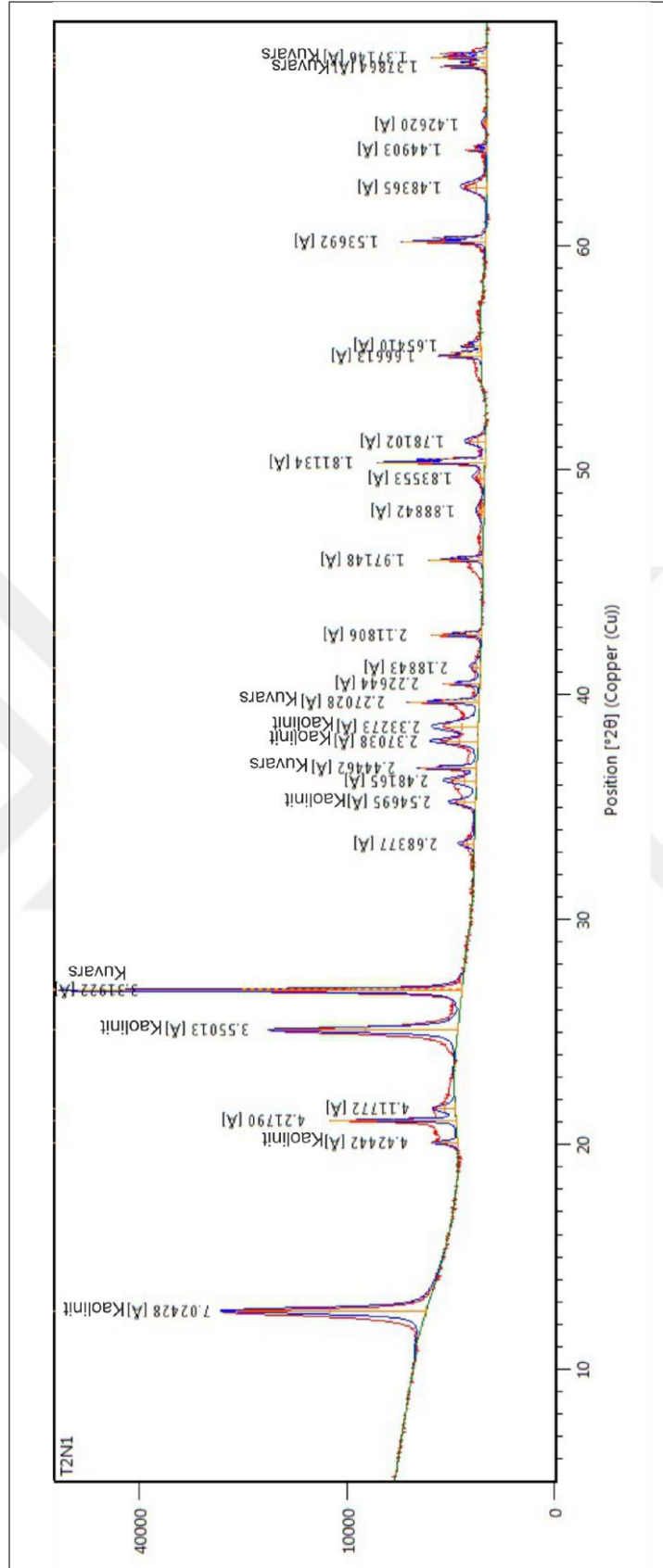
T3N3 Numunesi analiz sonucuna göre; %63 oranında Kuvars, % 24 oranında Kaolinit, %13 oranında İllit/Simektit olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2). Kuvars mineralleri XRD paterni incelendiğinde 4.26 Å, 3.34 Å, 2.45 Å, 1.81 Å, 1.54 Å, 1.37 Å piklerine rastlanmıştır. Kaolinit mineralleri XRD paterni incelendiğinde, 7.15 Å, 4.46 Å, 3.58 Å, 2.56 Å, 2.49 Å, 2.37 Å piklerine rastlanmıştır (Şekil 3.13).

T3N4 Numunesi analiz sonucuna göre; %58 oranında Kuvars, % 32 oranında Kaolinit, %10 oranında İllit olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2). Kuvars mineralleri XRD paterni

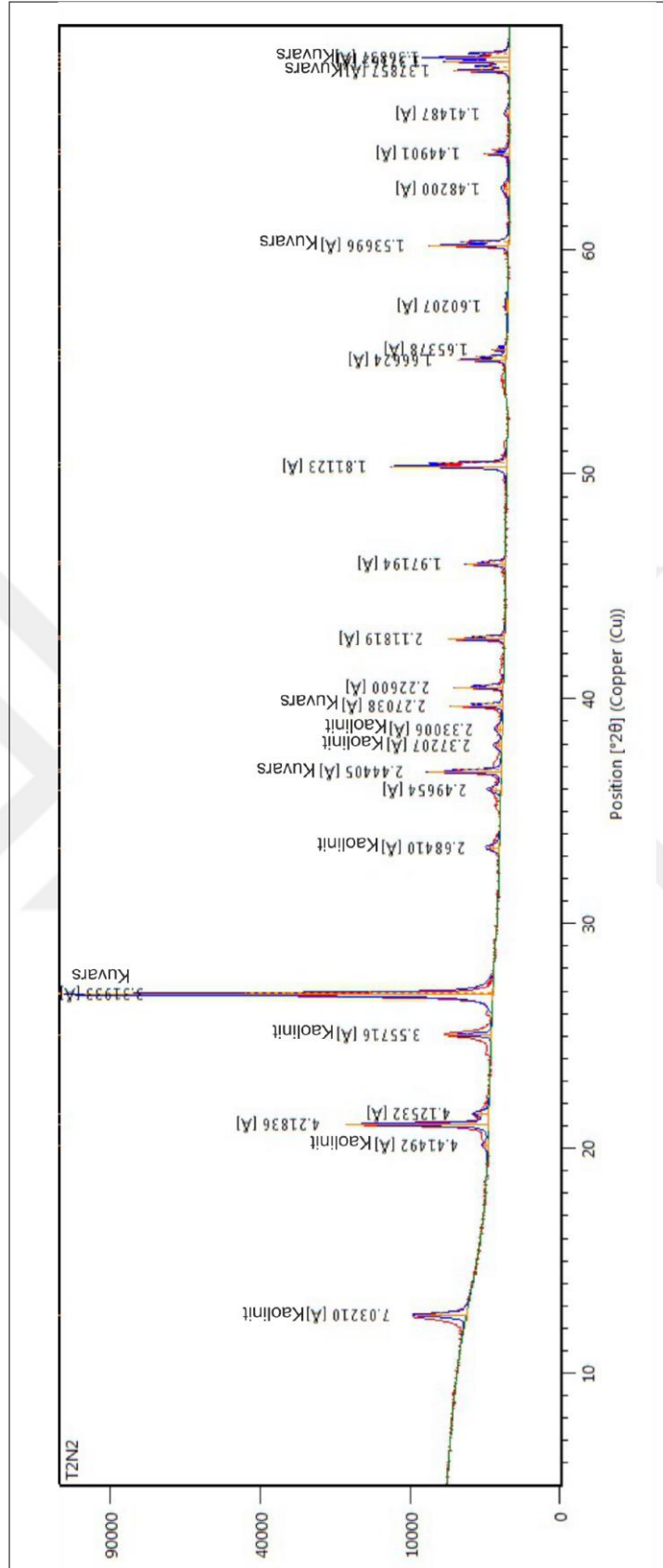
incelendiğinde 4.25 Å, 3.34 Å, 2.45 Å, 2.28 Å, 1.81 Å, 1.54 Å, 1.37 Å piklerine rastlanmıştır. Kaolinit mineralleri XRD paterni incelendiğinde, 7.16 Å, 4.47 Å, 3.57 Å, 2.56 Å, 2.49 Å, 2.38 Å, 2.34 Å, 2.28 Å, 1.81 Å, 1.54 Å, 1.37 Å piklerine rastlanmıştır (Şekil 3.14).

T3N5 Numunesi analiz sonucuna göre; %70 oranında Kuvars, % 25 oranında Kaolinit, %3.6 oranında İllit, %1.4 oranında Feldspat olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2). Kuvars mineralleri XRD paterni incelendiğinde 4.26 Å, 3.34 Å, 2.45 Å, 2.28 Å, 1.81 Å, 1.54 Å, 1.37 Å piklerine rastlanmıştır. Kaolinit mineralleri XRD paterni incelendiğinde, 7.17 Å, 4.47 Å, 3.57 Å, 2.56 Å, 2.49 Å, 2.38 Å, 2.34 Å piklerine rastlanmıştır (Şekil 3.15).

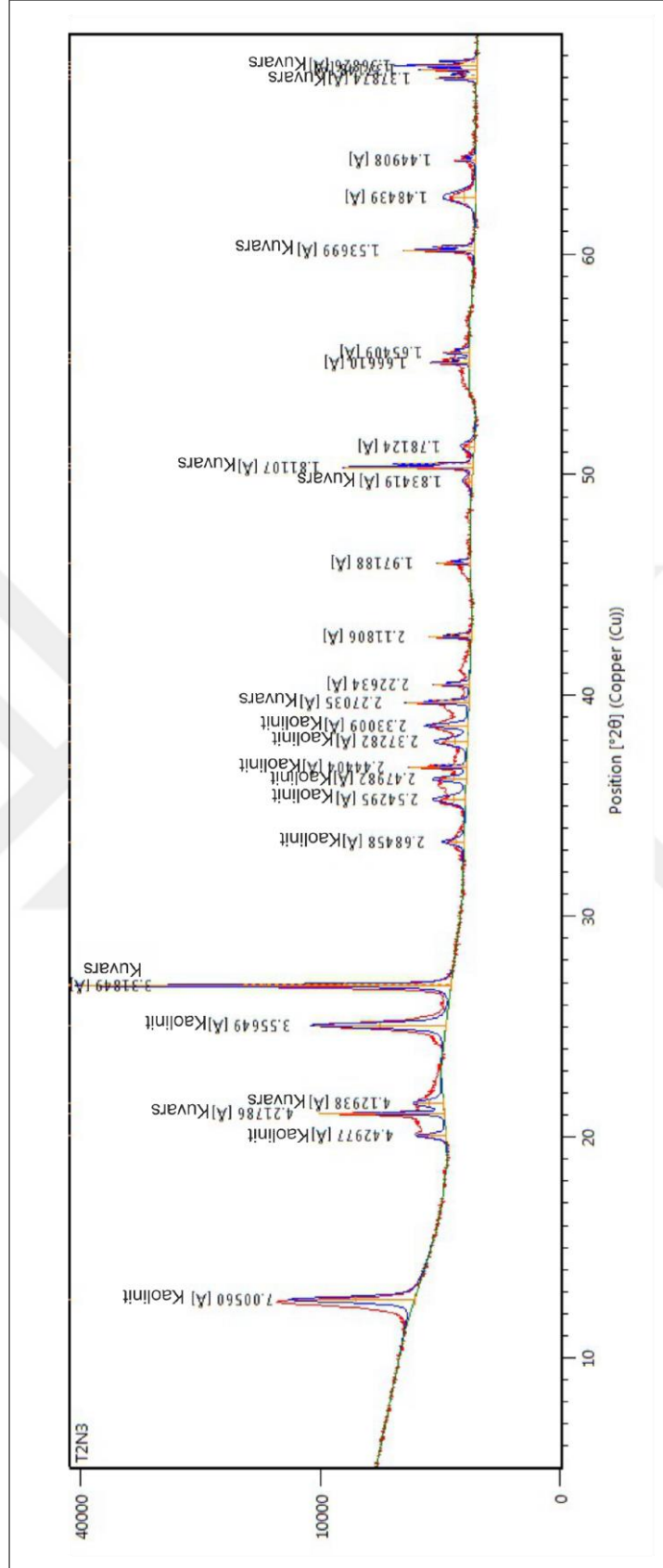
T3N6 Numunesi analiz sonucuna göre; %71 oranında Kuvars, % 24 oranında Kaolinit, %3.2 oranında İllit, %1.8 oranında Feldspat olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2). Kuvars mineralleri XRD paterni incelendiğinde 4.25 Å, 3.34 Å, 2.45 Å, 2.28 Å, 1.81 Å, 1.54 Å, 1.37 Å piklerine rastlanmıştır. Kaolinit mineralleri XRD paterni incelendiğinde, 7.15 Å, 4.47 Å, 3.57 Å, 2.56 Å, 2.49 Å, 2.38 Å, 2.34 Å piklerine rastlanmıştır (Şekil 3.16).



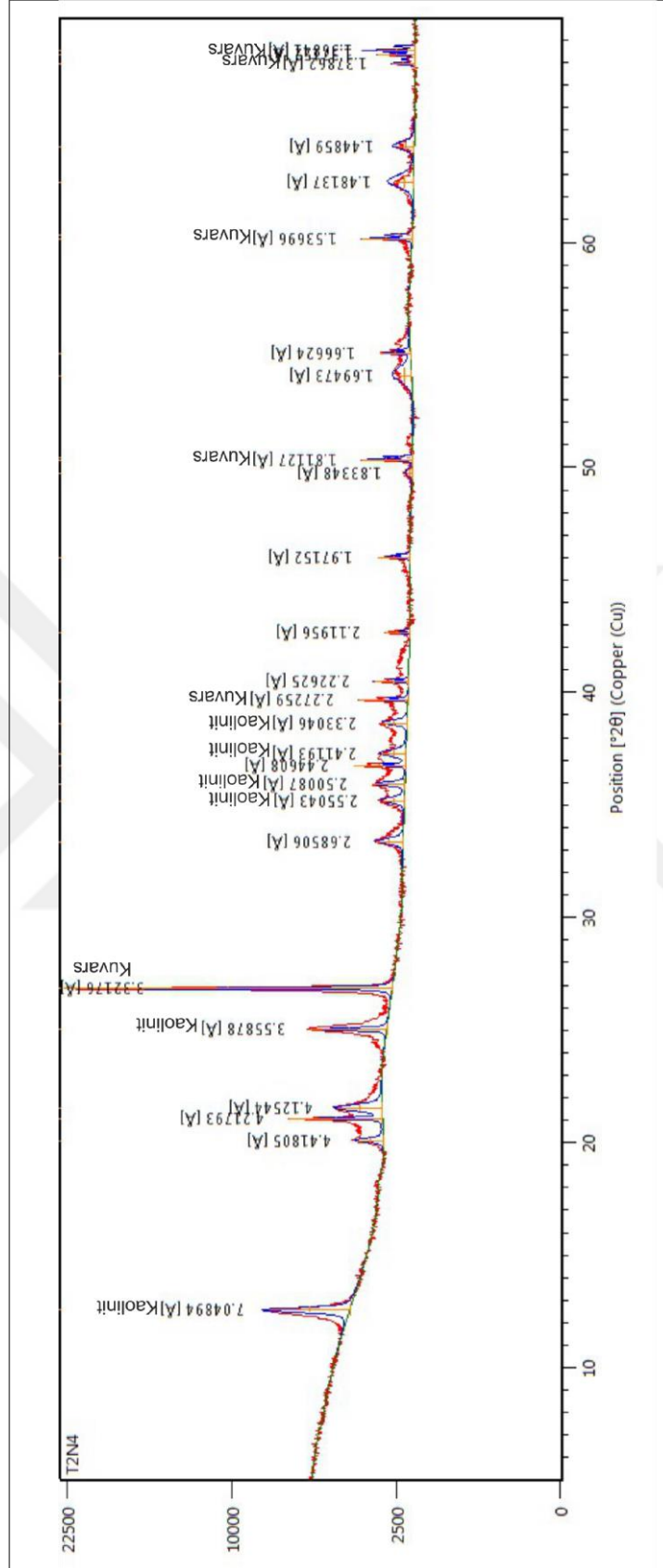
Şekil 3.6. T2N1 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı



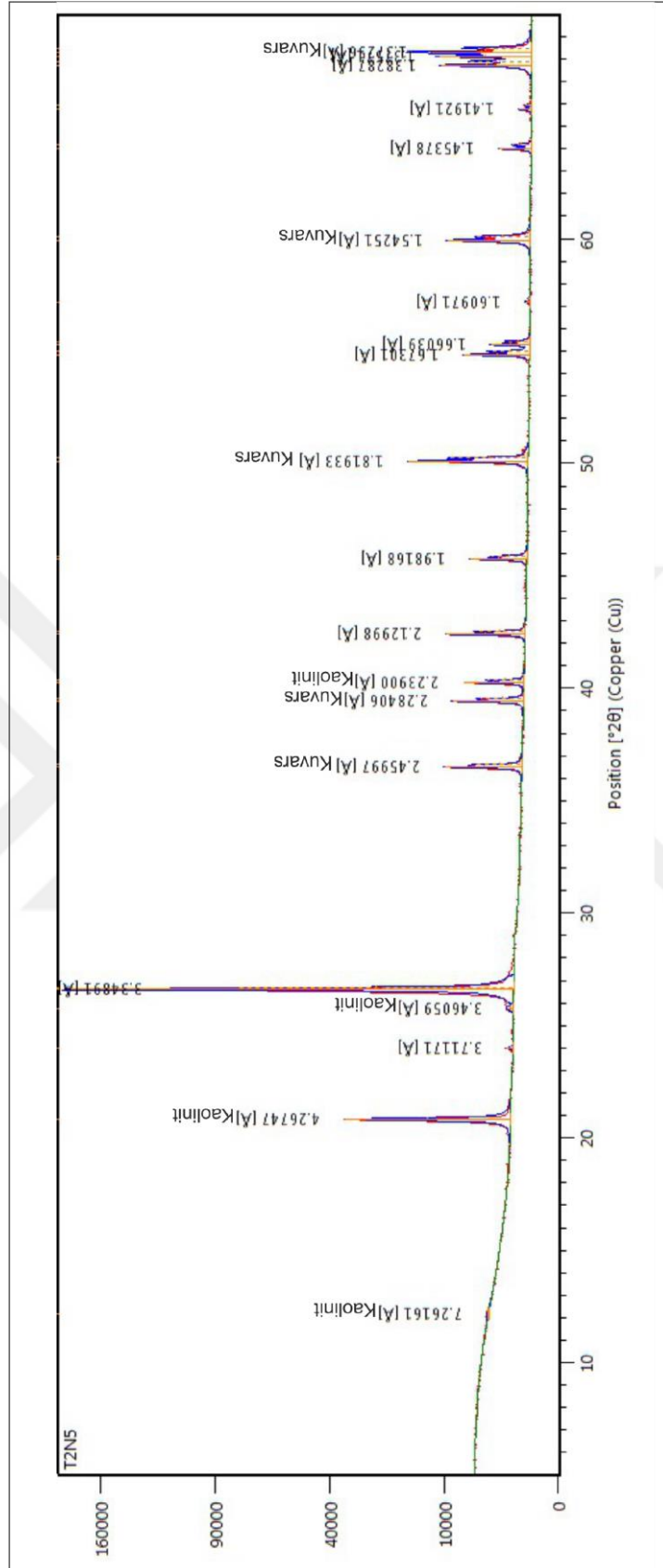
Şekil 3.7. T2N2 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı



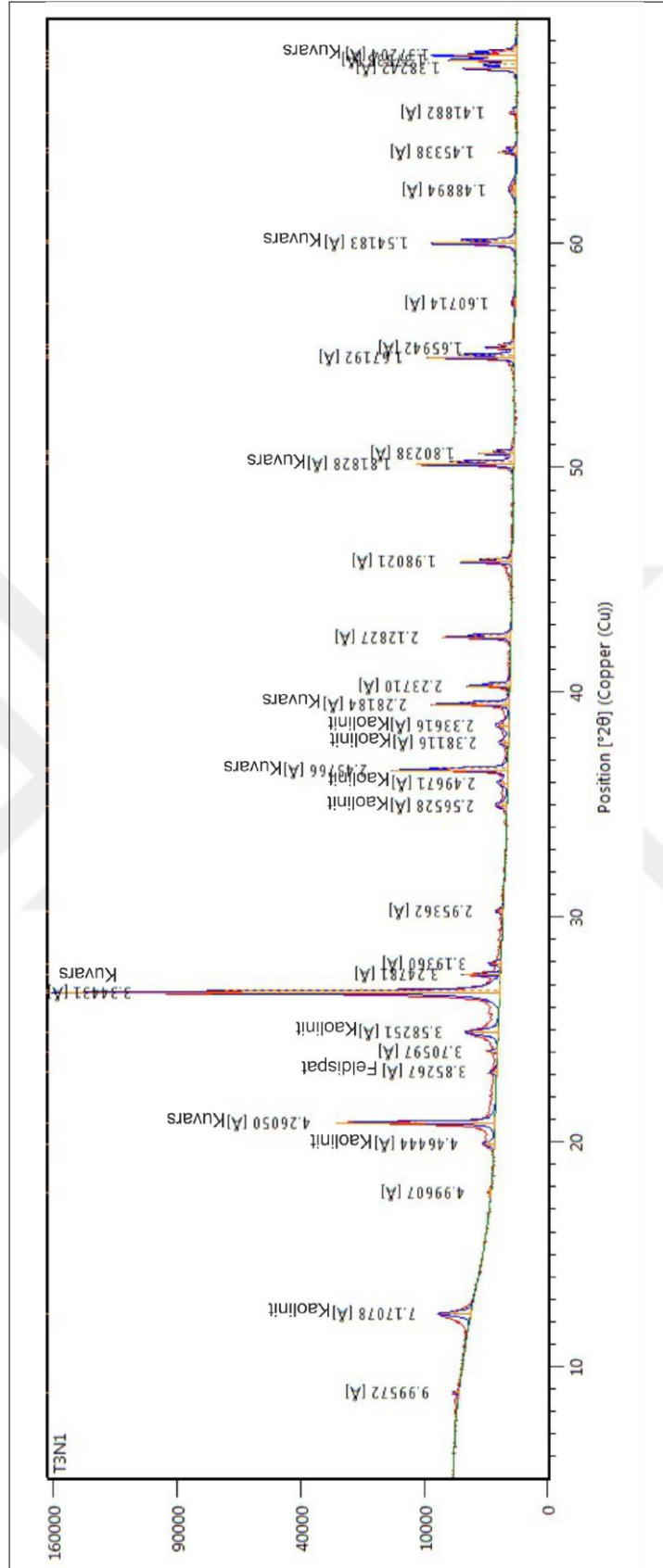
Şekil 3.8. T2N3 numunesine ait (X-ışınları) tük kayaç difraktogramı



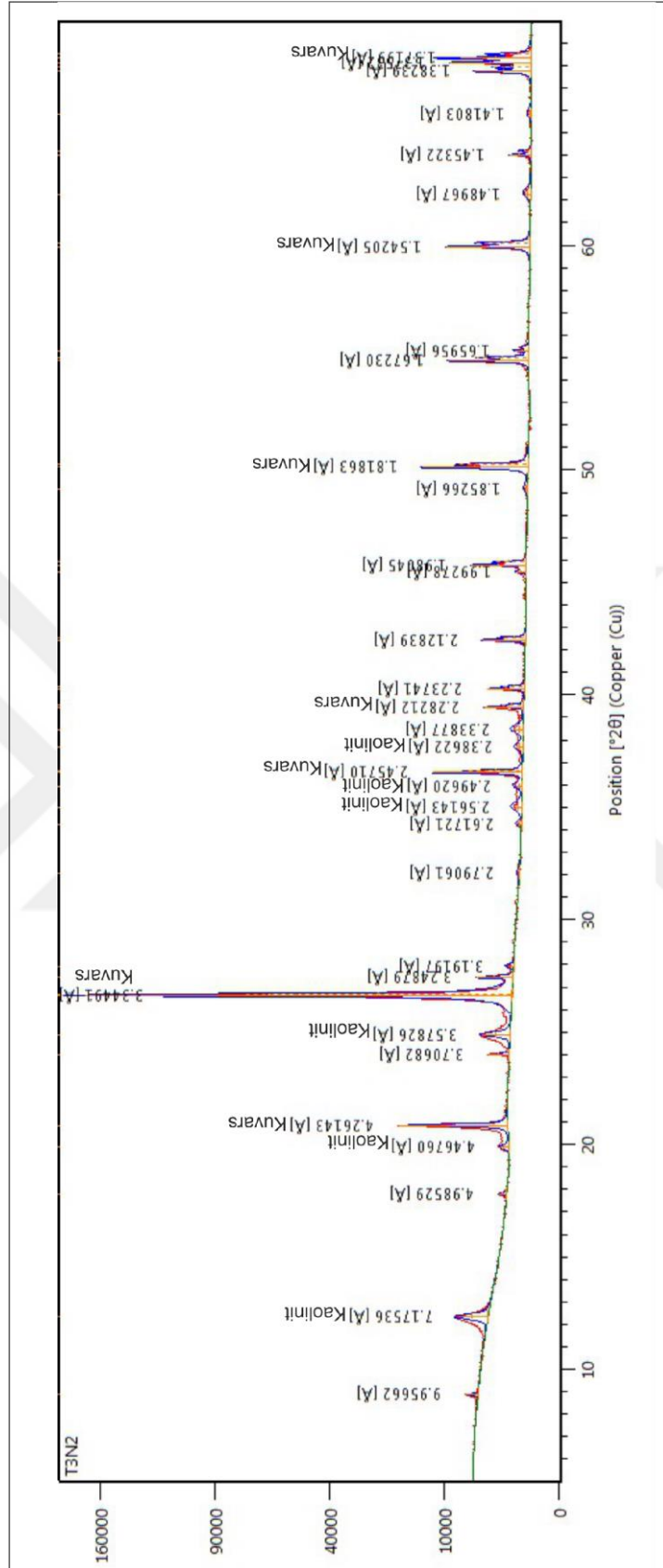
Şekil 3.9. T2N4 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı



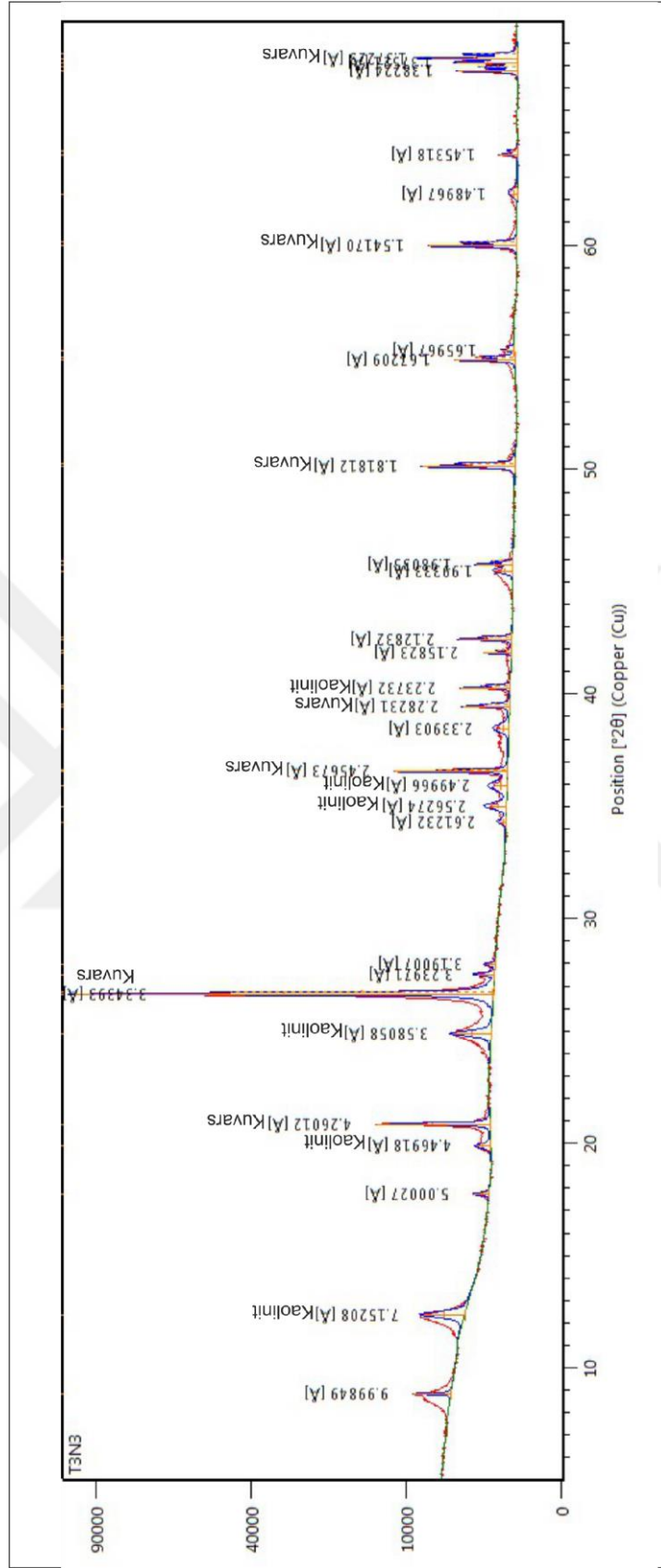
Şekil 3.10. T2N5 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı



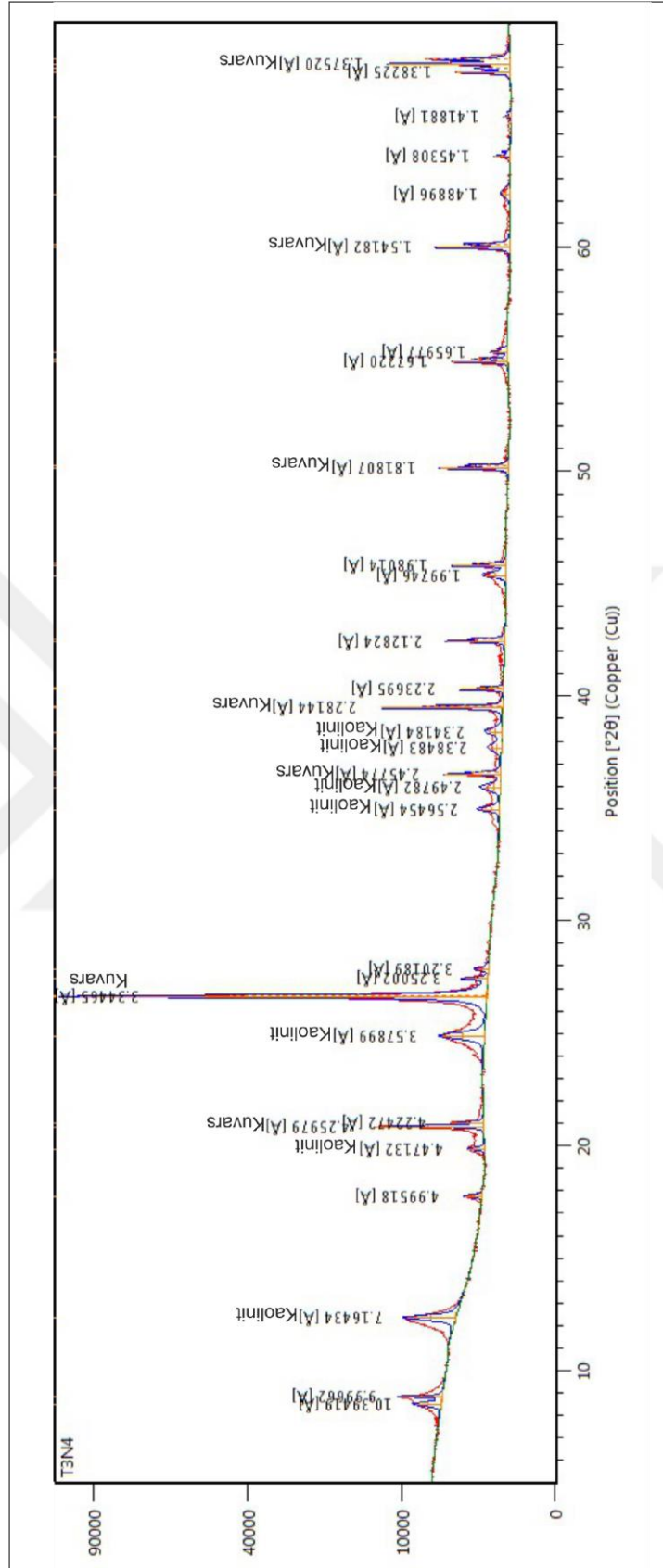
Şekil 3.11. T3N1 numunesine ait (X-ışınları) tük kayaç difraktogramı



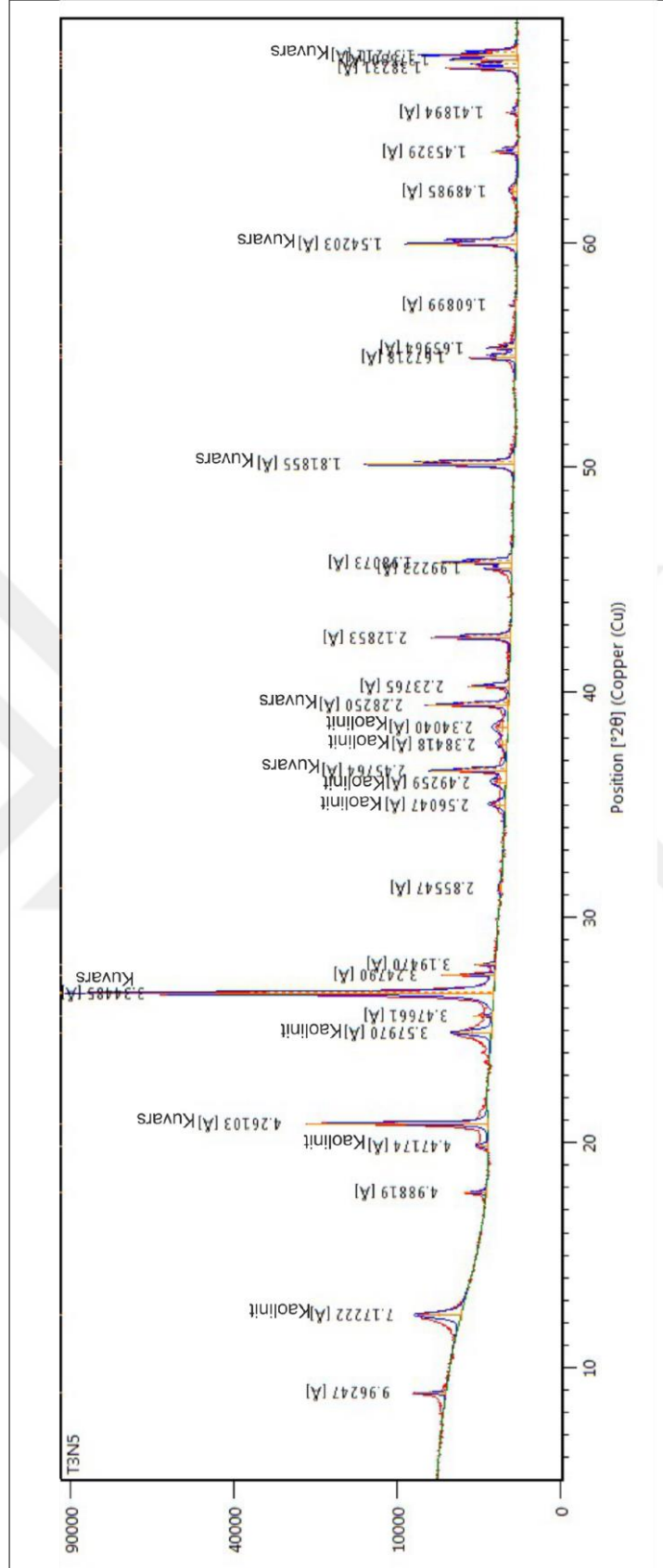
Şekil 3.12. T3N2 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı



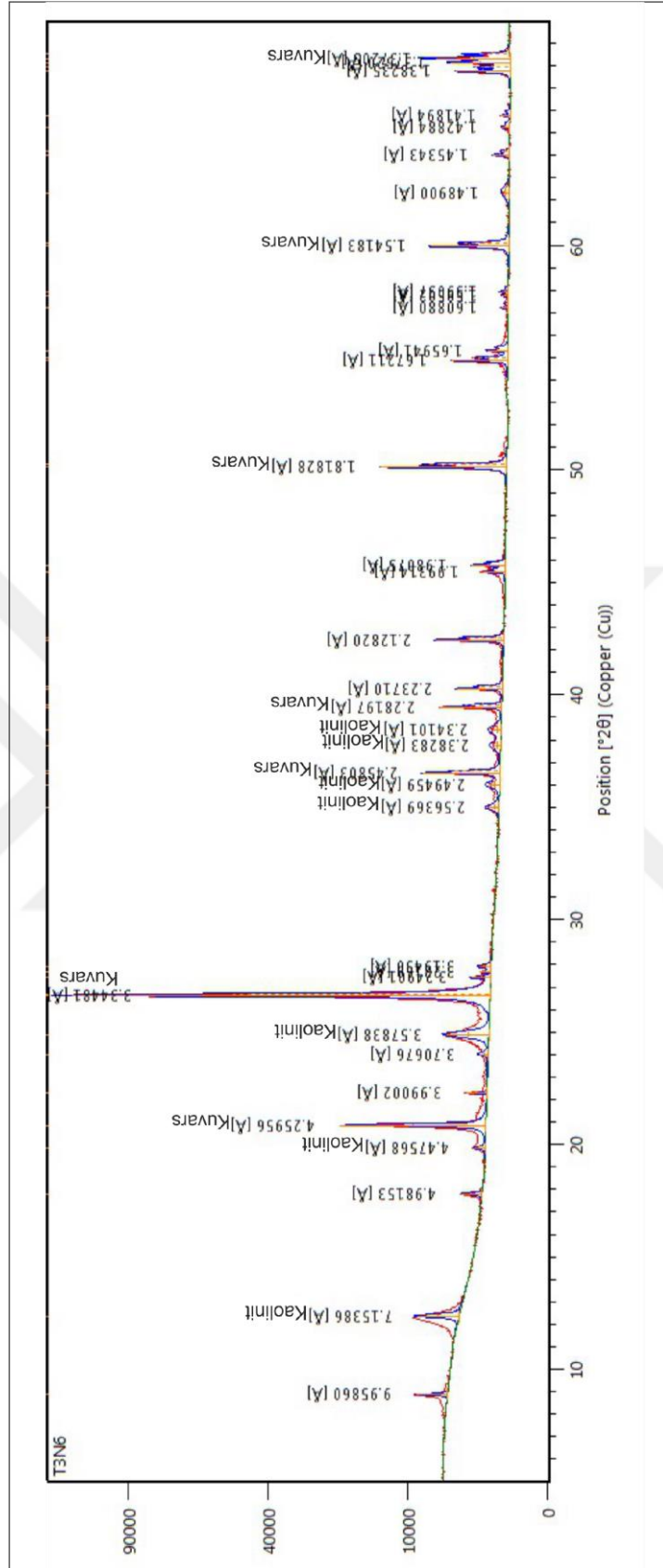
Şekil 3.13. T3N3 numunesine ait (X-ışınları) tümkayaç difraktogramı



Şekil 3.14. T3N4 numunesine ait (X-ışınları) tük kayaç difraktogramı



Şekil 3.15. T3N5 numunesine ait (X-ışınları) tük kayaç difraktogramı

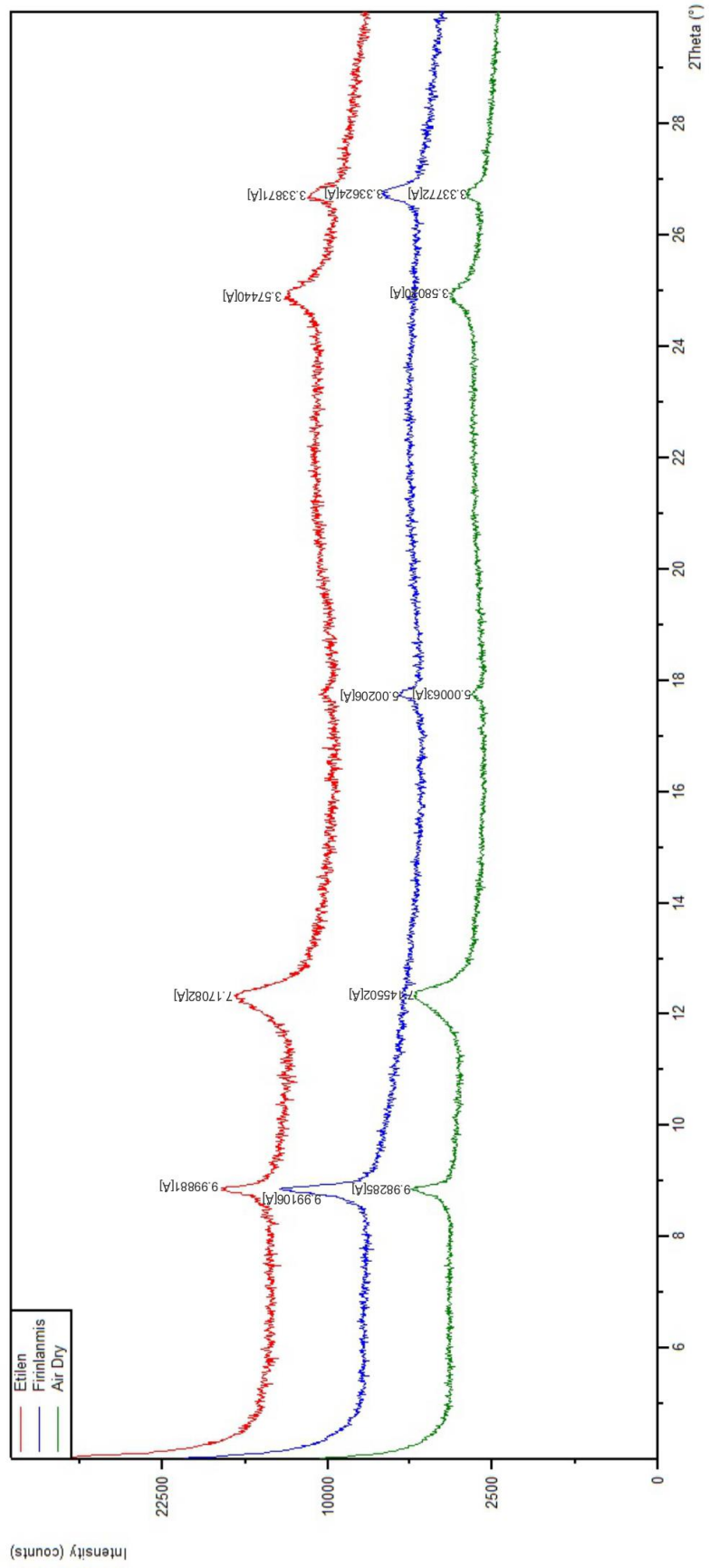


Şekil 3.16. T3N6 numunesine ait (X-ışınları) tük kayaç difraktogramı

Tüm kayaç analizlerinde XRD desenleri incelenerek kil mineral içeriği fazla olan örneklerden kil fraksiyonu ayrımı yapılmıştır. Belirlenen örnekler içerisinde T3N4 örneği seçilmiş ve bu örnek santrifüjleme yöntemi (Gündoğdu, 1982) kullanılarak zenginleştirilmiştir. Örnek çekime hazırlanırken kullanılan yöntem gereği etilen glikollü, fırınlanmış ve atmosferik koşullarda oda sıcaklığında kurutulmuş (air dry) örneklerden çekim yapılmıştır. Bu üç ayrı çekim değerlendirilmiştir (Şekil 3.17).

Yapılan kil fraksiyonu çekiminde şekil 3.17 de görüldüğü üzere, kaolinit minerali fırınlanmış çekimde diğer ölçümlerde gördüğümüz tipik kaoline ait olan en büyük rük değeri olan 7,15 Å' daki pikin yıkıldığı , etilen glikolde 7.17 Å, 3.57 Å ve 3.33 Å, air dry çekiminde ise 7.14 Å, 5.00 Å, 3.58 Å ve 3.33 Å tipik pik değerleri elde edilmiştir.

Ayrıca her üç çekimde yapılan incelemelerde 2θ değeri $8^\circ - 9^\circ$ arasında olan 9.99Å ' luk pikleriyle görülen yansımanın köken kayaca ait (daha önce genel jeoloji kısmında bahsi geçen mika şistler) mika minerallerinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.17. T3N4 örneğine ait kaolin mineralini gösteren kil fraksiyonu desen çekimleri

3.1.3 Elektron mikroskop analizleri

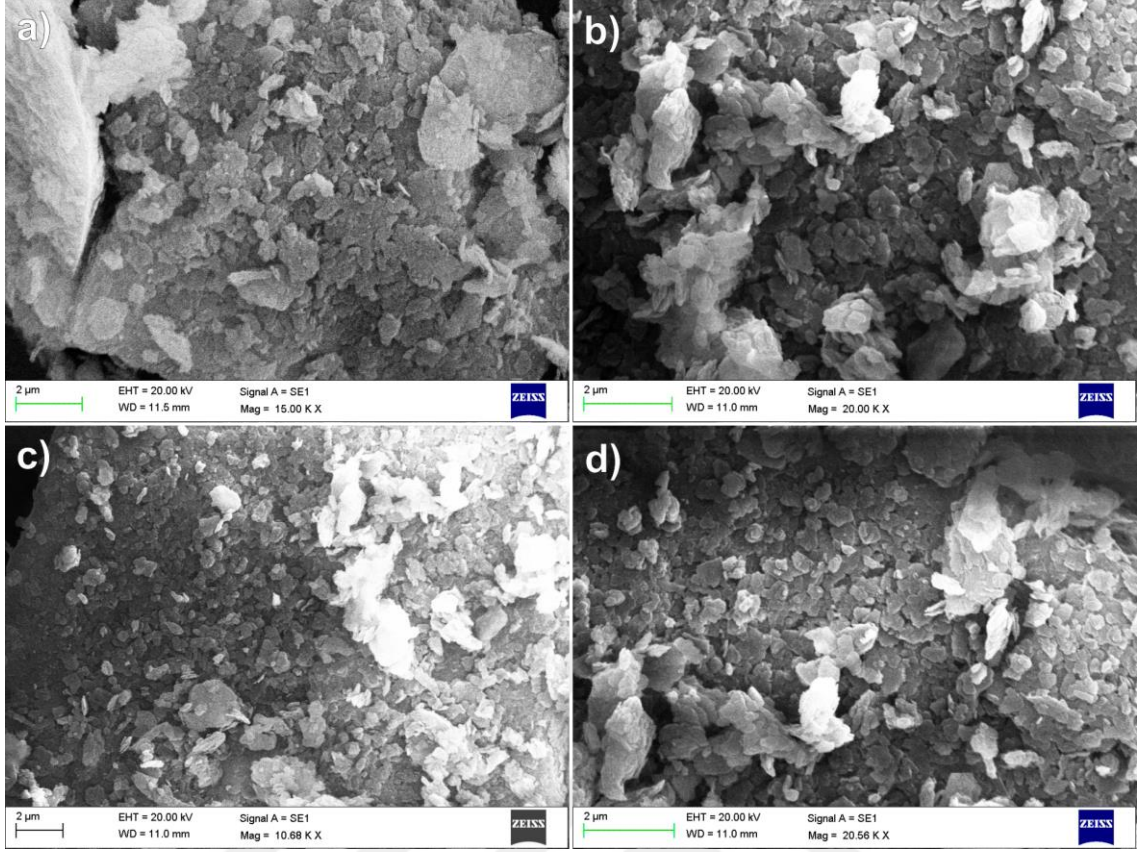
3.1.3.1 Kaolin minerali SEM ve EDX incelemeleri

Çalışma alanının genel yapısına bakıldığında plaser bir ortam olduğu gözlenmektedir. Yani sedimente olmuş ve yüzey sularıyla yıkanarak taşınan malzemenin çökme alanına birikmesi ve yıkanma sürecinin sürdüğü bir ortamdır. Genel örnek özellikleri incelendiğinde kaolin mineralinin oluşumu bu ortamda, açık bir yıkanma durumu söz konusu olması kaolin minerallerinin oluşumunu desteklemiştir olduğu düşünülmektedir. T3N4 numunesi üzerinden elektron mikroskop görüntülemesi yapılmıştır (Fotoğraf 3.1).



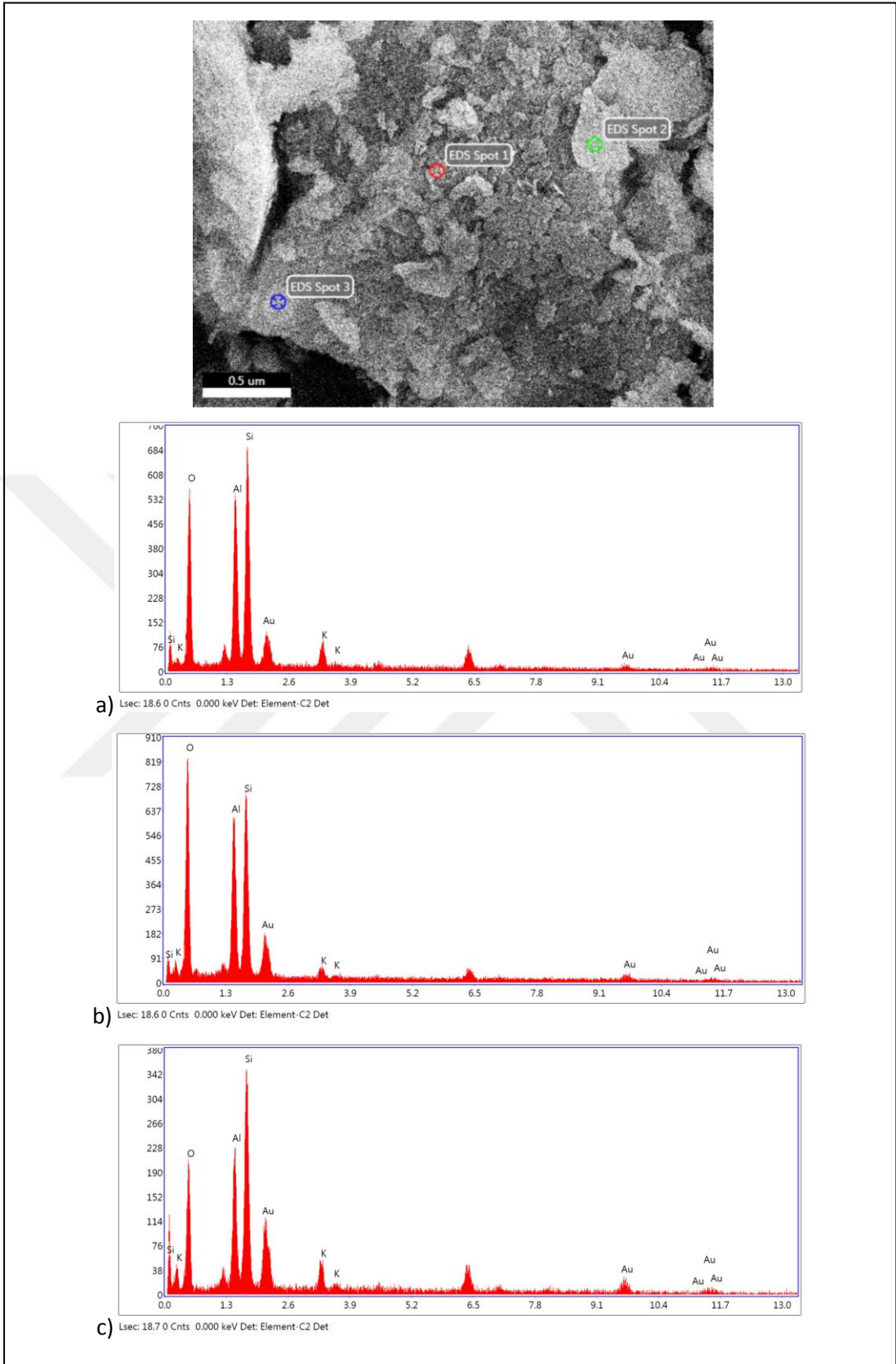
Fotoğraf 3.1. Elektron mikroskop (SEM) görüntü incelemesi

T3N4 numunesinden alınan elektron mikroskop görüntülerinde görüldüğü gibi kaolinit mineralleri yassı, levhamsı şekilli fleksler şeklinde görülmektedir (Şekil 3.18). Yapılan nokta analizlerinde de kaolin mineralinin içeriğini görmekteyiz (Çizelge 3.3). Ana kayaktan kopmuş ve çökme havzası içerisinde bulunan tanelerle bir arada genelde çimento özelliği gösteren yani bağlayıcı matriks gibi davranan çamur içerisinde görülmektedir.



Şekil 3.18. T3N4 numunesine ait fleksler şeklinde olan kaolin minerallerinin gözleendiği elektron mikroskop görüntüleri

Kaolin miktarı, en çok olan örnekte tanımlanan kaolin minerallerine ait olan görüntülerde nokta (EDX) analizi yapılmış ve bu analizlerin sonucu elde edilen veriler (Şekil 3.19) yorumları destekler nitelikte olduğu görülmüştür.



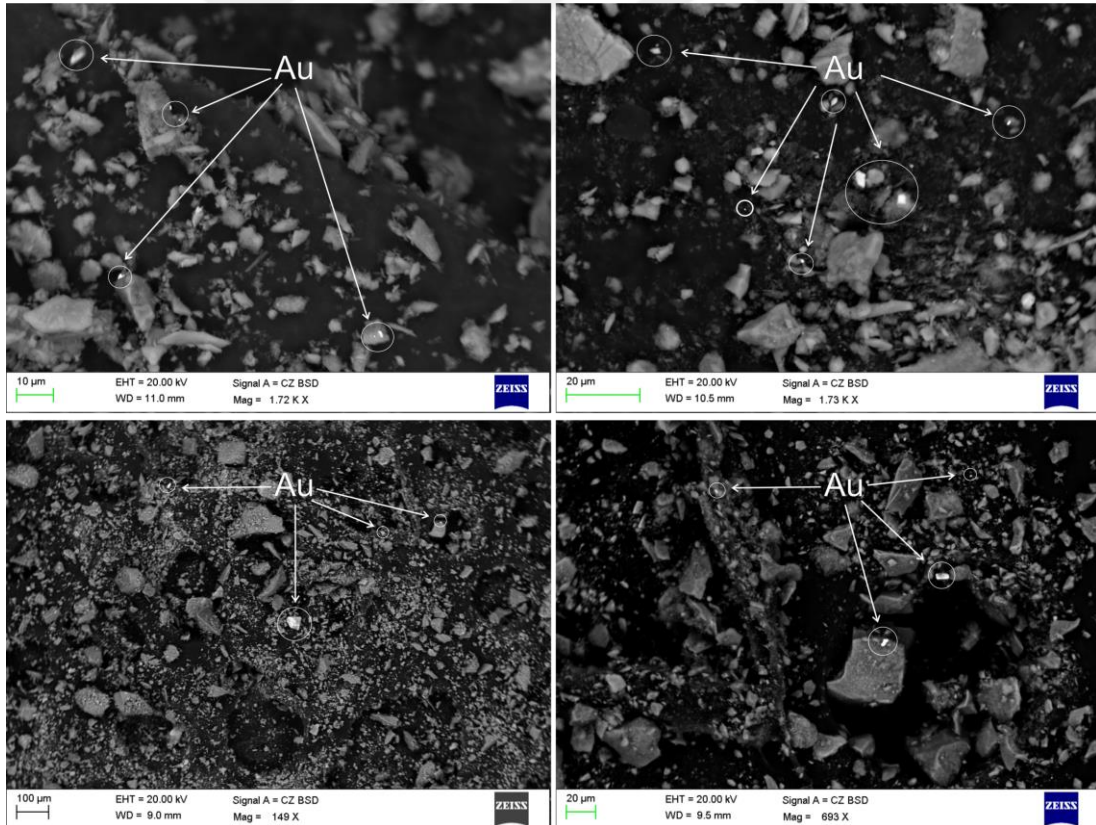
Şekil 3.19. T3N4 numunesine ait EDX analizi (a) spot 1, (b) spot 2, (c) spot 3

Çizelge 3.3. T3N4 numunesine ait nokta analizi sonuçları (spot=nokta)

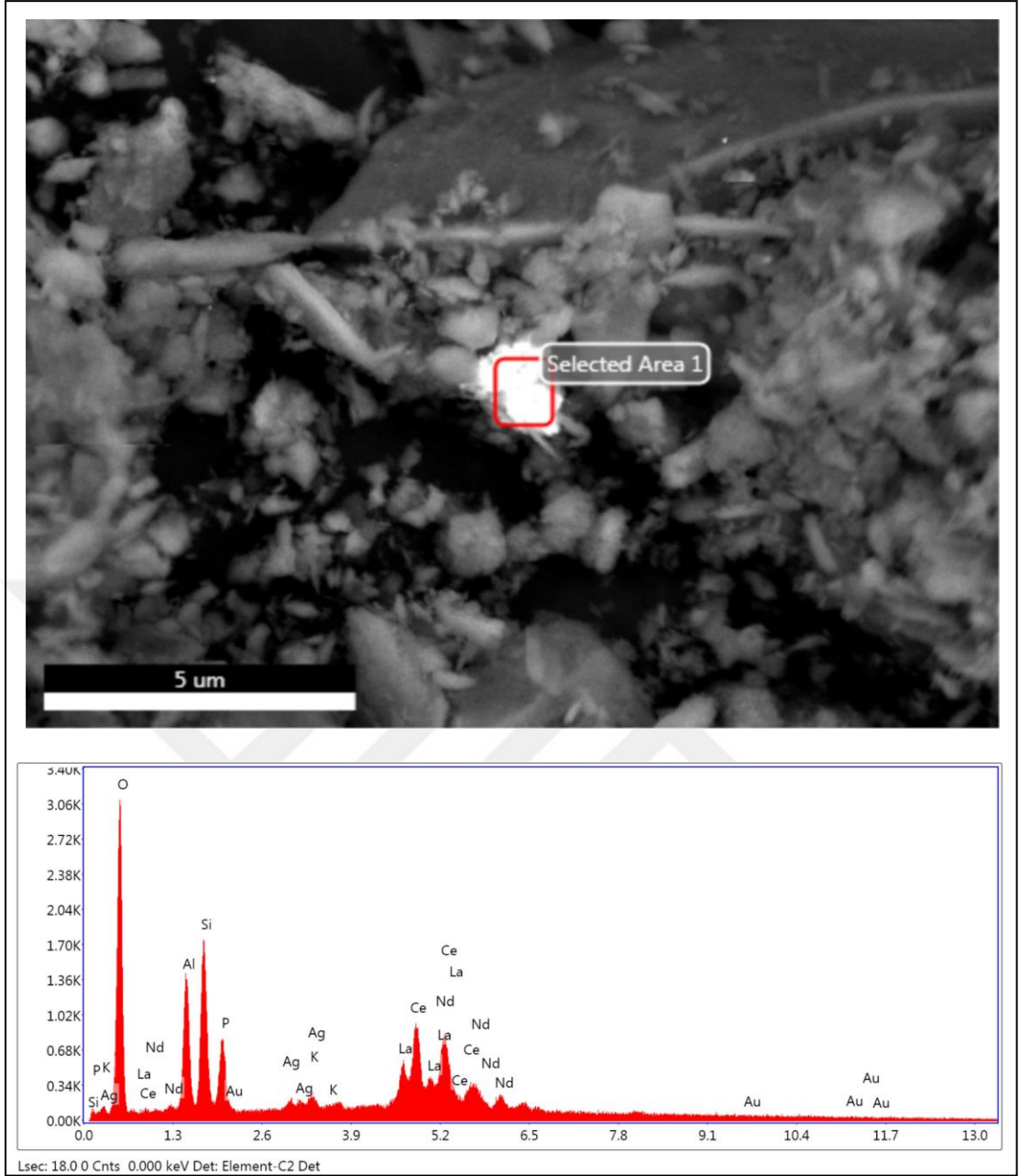
	Al ₂ O ₃ -Ağırlık %	SiO ₂ -Ağırlık %	Au ₂ O ₃ -Ağırlık %	K ₂ O-Ağırlık %
Nokta 1	32.09	56.51	6.81	4.58
Nokta 2	33.77	49.30	14.36	2.58
Nokta 3	17.92	34.09	4.15	43.84

3.1.3.2 Altın içeren örneklerin SEM backscatter incelemeleri

Altın varlığı tespit edilen örnekler üzerinde yapılan SEM analizleri backscatter görüntüleri alınmış (Şekil 3.20), yapılan görüntü analizlerinde altın cevherinin diğer minerallere göre oldukça parlak, beyaz bir görüntü sunmakta olduğu gözlenmiş ve altının varlığı da EDX analizleri ile de tespit edilmiştir (Şekil 3.21)(Çizelge 3.4). Yapılan bu çalışmada altın cevherine bakılırken örnek karışıklık olmaması için karbon ile kaplanarak inceleme yapılmıştır.



Şekil 3.20. Altın varlığı tespit edilen örnekler üzerinde yapılan SEM analizleri backscatter görüntüleri



Şekil 3.21. Altın varlığı tespit edilen örnekler üzerinde yapılan EDX analizi

Çizelge 3.4. Altın varlığı tespit edilen örneklere ait nokta analizi sonuçları

Element	O	Al	Si	P	Ag	K	La	Ce	Nd	Au
Ağırlık %	23.77	10.00	10.72	5.17	0.99	1.00	11.48	23.77	11.45	1.66

3.1.4 X-RF çözümlenmeleri

Çalışma bölgesinde, T2 ve T3 olmak üzere iki farklı bölgeden alınan toplam 11 numune üzerinde XRF çözümlenmeleri Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarlarında, Panalytical/Zetium model X-Işını floresans spektrometresi (XRF) cihazı kullanılarak yapılmıştır.

5 adet T2 numuneleri üzerinde yapılan analizler sonucunda TiO_2 %0,75 ile %0,29, CaO %0,12 ile %0,8, MgO %0,11 ile %0,05, Fe_2O_3 %21,65 ile %1,19, SiO_2 %92,24 ile %38,02, Al_2O_3 %31,42 ile %5,22, P_2O_5 %0,10 ile %0,02, K_2O %0,09 ile %0,04, SO_3 %0,09 ile %0,02, MnO %0,21 ile %0,02 arasında değişkenlik göstermektedir (Çizelge 3.5).

6 adet T3 numuneleri üzerinde yapılan analizler sonucunda TiO_2 %0,91 ile %0,44, CaO %0,21 ile %0,08, MgO %1,02 ile %0,24, Fe_2O_3 %3,62 ile %0,10, SiO_2 %69,05 ile %58, Al_2O_3 %24,16 ile %17,48, P_2O_5 %0,14 ile %0,04, K_2O %3,32 ile %0,86, SO_3 %0,04 ile %0,01, Na_2O %0,08 ile %0,06 arasında değişkenlik göstermektedir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.5. Bölgeden alınan T2 numuneleri ana (%) ve iz element (ppm) analizleri

Örnek No:	T2N1	T2N2	T2N3	T2N4	T2N5
TiO ₂	0,58	0,29	0,75	0,64	-
CaO	0,10	0,08	0,09	0,12	0,08
MgO	0,11	0,05	0,05	0,09	0,06
Fe ₂ O ₃	5,68	11,41	8,33	21,65	1,19
SiO ₂	50,46	66,63	49,22	38,01	92,24
Al ₂ O ₃	31,20	17,36	31,42	27,85	5,22
P ₂ O ₅	0,10	0,07	0,05	0,04	0,02
K ₂ O	0,07	0,05	0,04	0,04	0,09
SO ₃	0,06	0,06	0,06	0,09	0,02
MnO	-	0,02	-	0,21	-
Na ₂ O	-	-	-	-	-
LOI	8,90	3,9	10,2	11,5	0,99
Toplam	97,26	99,92	100,21	100,24	99,91
Sc	10,00	12,20	11,10	23,80	1,60
V	54,00	157,00	83,00	359,70	16,50
Cr	24,00	648,00	34,60	1142,30	57,40
Mn	48,00	141,00	61,20	176,70	10,20
Co	17,50	20,30	13,30	4,80	10,90
Ni	7,60	19,10	8,50	36,30	3,10
Cu	21,30	27,60	16,50	48,20	3,00
Zn	17,70	22,10	12,10	40,30	2,70
Ga	20,20	9,30	23,30	28,00	1,60
Ge	0,70	0,50	1,40	0,50	0,30
As	-0,30	5,30	2,80	12,50	1,80
Se	0,50	1,00	1,10	2,60	0,10
Br	0,80	0,70	3,10	2,60	-0,10
Rb	1,80	0,60	1,10	2,20	0,80
Sr	30,90	2,80	4,60	5,20	1,70
Y	6,00	2,20	2,80	4,10	0,80
Zr	172,00	139,90	185,60	168,40	40,90
Nb	9,30	3,60	11,70	12,00	0,90
Mo	2,30	3,10	2,30	7,60	0,60
Ag	-1,40	-0,30	-1,50	-0,40	-1,10
Cd	-0,50	-2,90	-2,50	-5,40	-1,60
Sn	0,50	-2,80	-1,00	-3,70	-0,10
Sb	-0,40	-1,40	0,80	1,90	0,50
Te	-0,50	-2,30	-2,50	-1,50	-1,10
I	3,90	2,70	10,40	39,50	0,60
Cs	1,40	0,30	-6,90	-12,60	-3,70
Ba	67,90	27,30	2,60	12,60	13,50
La	215,30	24,10	16,10	15,60	7,10
Ce	97,50	75,60	34,50	20,50	5,60
Nd	42,70	-1,70	13,40	1,70	1,60
Sm	-1,90	2,60	-2,30	-0,40	4,00
Yb	1,00	1,50	0,70	2,20	-0,60
Hf	2,60	4,40	4,80	4,30	1,70
Ta	1,10	-0,30	-0,10	1,40	-1,90
W	176,30	191,90	277,90	26,40	114,00
Hg	-5,60	-5,90	-4,90	-1,50	-2,00
Tl	0,20	0,70	-0,20	-0,10	0,10
Pb	24,70	13,20	15,00	20,50	2,20
Bi	-0,791	0,366	-0,673	-1,88	-0,39
Th	16,036	11,692	20,719	37,747	2,478
U	1,969	1,442	2,436	5,062	0,503

Çizelge 3.6. Bölgeden alınan T3 numuneleri ana (%) ve iz element (ppm) analizleri

Örnek No:	T3N1	T3N2	T3N3	T3N4	T3N5	T3N6
TiO ₂	0,48	0,44	0,83	0,91	0,72	0,80
CaO	0,09	0,13	0,20	0,21	0,08	0,08
MgO	0,29	0,24	1,02	1,00	0,45	0,47
Fe ₂ O ₃	0,98	0,10	3,32	3,62	2,73	3,00
SiO ₂	58,00	69,05	62,24	59,22	66,94	63,90
Al ₂ O ₃	17,48	25,54	27,24	27,59	24,16	27,30
P ₂ O ₅	0,04	0,06	0,04	0,05	0,13	0,14
K ₂ O	0,86	1,47	3,03	3,32	1,68	1,76
SO ₃	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,04
MnO	-	-	-	-	-	-
Na ₂ O	0,08	0,06	0,08	0,07	0,07	0,07
LOI	22,8	2,1	1,98	4,2	2,78	2,5
Toplam	101,12	99,2	99,99	100,2	99,78	100,06
Sc	7,00	7,10	14,90	18,10	9,20	12,40
V	45,00	22,60	79,00	90,00	78,30	87,20
Cr	81,10	60,30	135,00	139,40	131,20	143,60
Mn	43,20	13,40	40,70	38,30	32,70	40,40
Co	5,60	7,00	18,50	17,30	4,50	1,70
Ni	11,50	12,10	28,80	31,20	14,50	15,10
Cu	9,40	10,20	16,30	20,20	19,90	21,20
Zn	19,40	21,20	53,90	53,90	21,10	41,90
Ga	9,50	10,40	15,10	17,50	9,90	10,80
Ge	0,50	1,00	1,80	1,20	0,40	0,50
As	1,20	1,40	1,70	2,20	6,10	5,10
Se	0,20	0,30	0,10	-0,10	0,20	0,20
Br	0,10	-0,20	0,90	0,30	0,40	0,30
Rb	35,40	32,20	163,30	197,30	35,60	42,00
Sr	16,10	19,00	27,70	33,50	10,90	12,20
Y	11,60	7,30	13,60	14,60	13,70	14,10
Zr	152,10	40,80	109,60	128,60	164,60	256,30
Nb	6,50	3,60	7,90	8,50	6,50	6,20
Mo	0,70	0,20	0,60	0,80	1,20	1,00
Ag	-1,10	-0,40	-1,90	0,40	-0,90	0,70
Cd	0,10	2,00	-1,80	1,20	-1,90	2,20
Sn	1,90	1,80	2,70	3,30	1,30	1,50
Sb	0,80	0,50	1,20	1,70	-0,10	-0,70
Te	1,10	-0,20	1,60	-0,40	1,70	-0,30
I	-2,90	-0,10	-0,40	-1,00	-0,80	-1,70
Cs	4,10	4,70	17,10	14,80	2,40	1,40
Ba	128,20	136,80	276,70	382,80	168,00	193,90
La	26,80	18,50	28,50	36,30	17,90	13,90
Ce	47,30	36,60	53,10	38,30	37,20	33,50
Nd	15,50	20,60	20,30	15,90	11,50	5,20
Sm	3,70	3,80	2,30	0,30	1,60	-1,20
Yb	0,60	1,50	1,80	2,30	3,40	1,40
Hf	3,80	1,60	2,90	3,40	4,20	19,10
Ta	0,70	1,10	0,60	-0,10	1,50	0,30
W	42,50	42,619	109,70	98,20	30,20	13,40
Hg	-1,20	-0,568	-2,30	-3,40	-0,90	0,10
Tl	0,20	-0,005	1,70	1,70	0,50	0,40
Pb	9,10	11,585	14,20	13,80	8,90	12,00
Bi	0,165	0,163	0,188	0,573	-0,126	0,196
Th	6,349	3,662	6,528	6,047	5,012	6,147
U	5,733	7,93	13,794	14,904	3,895	5,789

3.1.5 ICP-MS çözümlenmeleri

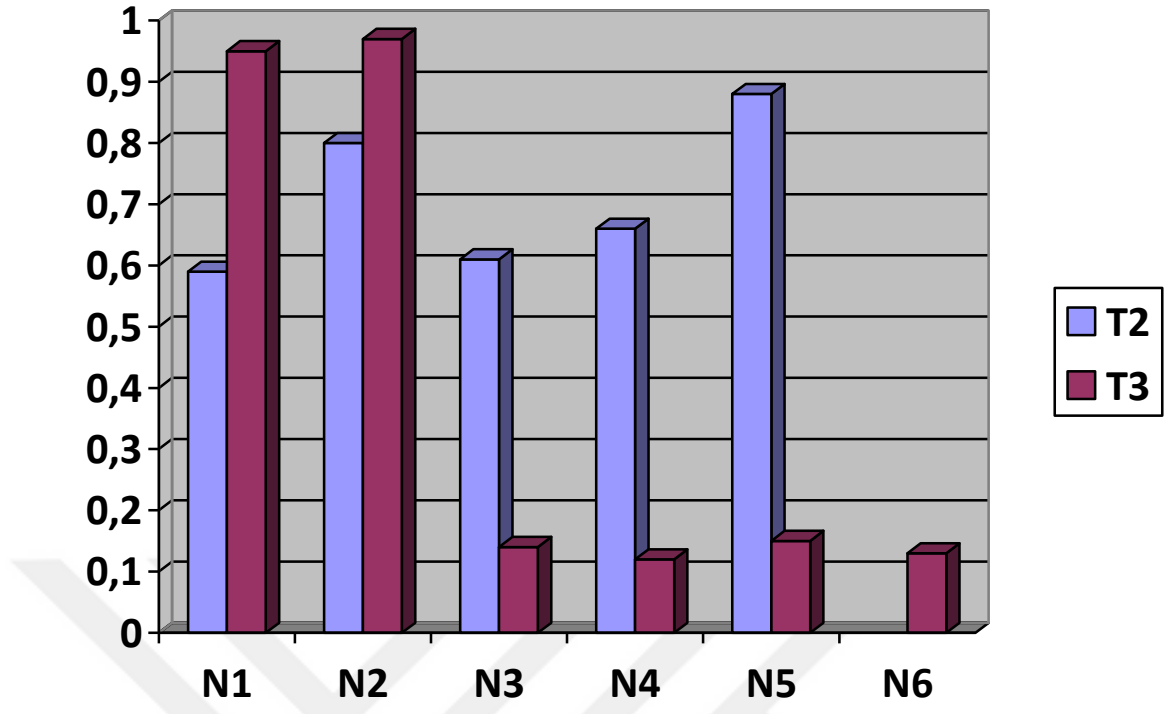
Çalışma bölgesinde, T2 ve T3 olmak üzere iki farklı bölgeden alınan toplam 11 numune üzerinde ICP-MS çözümlenmeleri Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarlarında, Bruker/Aurora M90 model indüktif eşleşmiş plazma kütle spektroskopisi (ICP-MS) cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre T2 numunesi 0.87 ile 0.58 gr/ton altın cevheri içermektedir. T3 numunesi ise 0.97 ile 0.11 gr/ton altın cevheri içermektedir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Bölgeden alınan T2 ve T3 numuneleri ICP-MS analizleri

	Örnek Adı	Analiz Sonucu (ppb)		Analiz Sonucu (gr/ton)	
1	T2N1	582.8643	ppb	0.5828643	gr/ton
2	T2N2	582.2566	ppb	0.5822566	gr/ton
3	T2N3	612.286	ppb	0.612286	gr/ton
4	T2N4	664.391	ppb	0.664391	gr/ton
5	T2N5	876.3538	ppb	0.8763538	gr/ton
6	T3N1	949.304	ppb	0.949304	gr/ton
7	T3N2	970.4067	ppb	0.9704067	gr/ton
8	T3N3	1441.602	ppb	0.1441602	gr/ton
9	T3N4	1194.049	ppb	0.1194049	gr/ton
10	T3N5	1478.841	ppb	0.1478841	gr/ton
11	T3N6	1276.858	ppb	0.1276858	gr/ton

Alınan sonuçlar değerlendirildiğinde T2 bölgesi verilerinin, T3 bölgesi verilerine göre daha yüksek oranda çıktığı görülmüştür. Bölgede ortalama altın oranı 0.475085 gr/ton olarak belirlenmiştir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. ICP-MS sonuçlarına göre T2 ve T3 numunelerine ait grafiksel gösterim

IV. BÖLÜM

SONUÇLAR

Leo-Man Kratonu'nun merkezinde, Arkeen ve Paleoproterozoyik yaşlı Double Bridge (Grand Gedeh-Zwedru-Liberya) bölgesinde gerçekleştirilen jeolojik, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemelerden elde edilen veriler ışığında aşağıda özetlenen genel sonuçlara varılmıştır.

1- Bölgedeki en yaşlı birim olan kratonların granodiyorit ve çoğunlukla şist özelliği gösteren metamorfik birimlerden oluştuğu belirlenmiştir.

2- Bölgede varlığı tespit edilmek istenen altın cevherinin hem masif kayaçlar içerisinde hem de bölgede çok geniş yayılım sunan plaserler içerisinde olduğu (ortalama 0.475085 gr/ton) belirlenmiştir.

3- Plaserler içerisinde varlığı belirlenen altın cevherinin ana kayaç içerisindeki altın cevherine ışık tuttuğu ve bölgenin işletme açısından genel olarak ekonomik olduğu ortaya konmuştur.

4- Mineraloji-Petrografi çalışmaları sonucunda örneklerin derlendiği ana kayacın nematoblastik – nematogranoblastik dokuda olduğu görülmüştür. Örnekler genel olarak Kuvars+Plajiyoklas+Biyotit+Amfibol(Epidot)+Olivin mineral birlikteliğinden oluştuğu belirlenmiştir.

5- Plajiyoklaz fenokristallerinin andezin-labrador bileşiminde %50-55 civarında anortit içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

6- Kayaçların genelinde bir bozunma ve deformasyon izlenmekle birlikte metamorfik özellik gösteren kayaçlarda özellikle ferromagnezyen (koyu renkli) minerallerin bir yönlendirme sundukları gözlemlenmiştir.

7- Şist özelliği gösteren örnekler mikaşist olarak belirlenmiştir.

8- Çalışma alanında (plaserden) alınan ve kil içeren örneklerin, kil mineralleri içerdikleri ve kil minerali türünün kaolinit-dikit türü yani kaolen grubu kil mineralleri olduğu belirlenmiştir.

9- Belirlenen kil minerallerinden illitin özellikle bölgede kratonları oluşturan metamorfikler içerisindeki mika minerallerinin (biyotit) bölgedeki sedimentasyon sırasında ve sonrasında bozunması neticesinde oluştđu düşünölmektedir.

10- Tez içerisinde belirtildiği üzere bölgeye ait jeolojik alanda yapılmış olan çalışmaların oldukça az ve yetersiz olduğu bilinmektedir. Bu çalışma ile, elde edilen veriler ve yapılan tespitlerle bölge jeolojisine ve literatürüne katkıda bulunacağı düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

Baratoux, L., Metelka, V., Naba, S., Jessell, M., Grégoire, M., Ganne, J., Juvenile Paleoproterozoic crust evolution during the Eburnean orogeny (~2.2–2.0 Ga), western **Burkina Faso. Precambr. Res.** 191, 18–45, 2011.

Barrie, I.J., Touret, J.L.R., Fluid inclusion studies of gold-bearing quartz veins from the Yirisen deposit, Sula Mountains greenstone belt, Masumbiri, **Sierra Leone. Ore Geol. Rev.** 14, 2013–2225, 1999.

Beckinsale, R.D., Gale, N.H., Pankhurst, R.J., MacFarlane, A., Crow, M.J., Arthurs, J.W., Wilkinson, A.F., Discordant Rb-Sr and Pb-Pb whole rock isochron ages for the Archaean basement of **Sierra Leone. Precambr. Res.** 13, 63–76, 1980.

Behrendt, J.C., and Wotorson, C.S., Aeromagnetic map of Zwedru quadrangle, Liberia: **U.S. Geol. Survey Misc. Inv. Ser.** Map I-777-B, 1974.

Behrendt, J.C., Wotorson, C.S., Geophysical surveys of Liberia with tectonic and geologic interpretations. **U.S. Geological Survey Professional Paper** 810, 1974.

Berge, J.W., Geology, Geochemistry and Origin of the Nimba Itabirite and Associated Rocks, **Nimba County, Liberia. Econ. Geol.** 69, 80–92, 1974.

Beukes, N.J., Precambrian iron-formations of Southern Africa. **Econ. Geol.** 68, 960–1004, 1973.

Béziat, D., Siebenaller, L., Salvi, S., Chevalier, P., A weathered skarn-type mineralization in Ivory Coast: the Ity gold deposit. **Ore Geol. Rev.** 78, 724–730, 2016.

Blade, L.V., The Bushrod Island – New Georgia clay deposit, near Monrovia, Liberia. **Liberian Geological Survey, Ministry of Lands, Mines and Energy**, 1969.

Cahen, L., Snelling, N.J., Delhal, J., Vail, J.R., The Geochronology and Evolution of Africa. **Clarendon Press, Oxford**, pp. 512, 1984.

Central Bank of Liberia, **Annual Report** 2015.

Chirico, P.G., Malpeli, K.C., Reconnaissance investigation of the rough diamond resource potential and production capacity of Côte d'Ivoire: **U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report** 2013–5185, pp. 46, 2013.

Contri, J.P., Rapport de Fin de Leve Couperes Toulepleu 4c-4d Guiglo 3c-3d: **Societe pour le developement minier de la Cote D'Ivoire Rapport** 175, 1966.

Çelik Karakaya, M., **Kil Minerallerinin Özellikleri ve Tanımlama Yöntemleri, Ankara**, 2006.

Deynoux, M., Affaton, P., Trompette, R., Villeneuve, M., Pan-African tectonic evolution and glacial events registered in Neoproterozoic to Cambrian cratonic and foreland basins of West Africa. **J. Afr. Earth Sc.** 46, 397–426, 2006.

Dorbor, J., The Liberian granites and their mineralization. **Liberian Geological Survey Report**, pp. 19, 1982.

Elsner, H., Heavy Minerals of Economic Importance: **Assessment Manual, BGR**, pp. 218, 2009.

Fairbairn, W.C., Diamonds in Liberia. **Mining Magazine**, January 1981.

Feybesse, J.-L., Billa, M., Guerrot, C., Duguey, E., Lescuyer, J.-L., Milesi, J.-P., Bouchot, V., The paleoproterozoic Ghanaian province: Geodynamic model and ore controls, including regional stress modelling. **Precamb. Res.** 149, 149–196, 2006.

Feybesse, J.-L., Milési, J.-P., The Archaean/Proterozoic contact zone in West Africa: a mountain belt of décollement thrusting and folding on a continental margin related to 2.1 Ga convergence of Archaean cratons **Precambr. Res.** 69, 199–227, 1994.

Force, E.R., and Dalrymple, C.B., K-Ar ages and paleomagnetism of dikes in Liberia, **Am. Geophys. Union Trans.**, v. 43, no. 11, p. 1130, 1972.

Foster, R.P., Piper, D.P., Archaean lode gold deposits in Africa: crustal setting, metallogenesis and cratonization. **Ore Geol. Rev.** 8, 303–347, 1993.

Goldfarb, R.J., André-Mayer, A.-S., Jowitt, S.M., Mudd, G.M., West Africa: the world's premier paleoproterozoic Gold Province. **Econ. Geol.** 112, 123–143, 2017.

Gouedji, F., Picard, C., Coulibaly, Y., Audet, M.-A., Auge, T., Goncalves, P., Paquette, J.-L., Outtara, N., The Samapleu mafic-ultramafic intrusion and its Ni-Cu-PGE mineralization: an Eburnean (2.09 Ga) feeder dyke to the Yacouba layered complex (Man Archaean craton, western Ivory Coast). **Bulletin de la Société Géologique de France** 185 (6), 393–411, 2014.

Hagemann, S.G., Angerer, T., Duurin, P., Rosière, C.A., Figueiredo e Silva, R.C., Lobato, L., Hensler, A.S., Walde, D.H.G., BIF-hosted iron mineral system: a review. **Ore Geol. Rev.** 76, 317–359, 2016.

Haggerty, S.E., Hardie, R.B., McMahon, B.M., Kimberlitic ilmenite compositions from Western Liberia. **Ministry of Lands Mines and Energy, Monrovia, Liberia**, 1978.

Haggerty, S.E., Kimberlites in western Liberia: an overview of the geological setting in a plate tectonic framework. **J. Geophys. Res.** 87, 10811–10826, 1982.

Hancox, P.J., Brandt, D., An overview of the heavy mineral potential of Liberia. **J. South Afr. Inst. Min. Metall.** 29–34, 2000.

Harder, E.C., The 'itabirite' iron ores of Brazil. **Econ. Geol.** 9, 101–111, 1914.

Hasselmann, K.-H., Wiles, D.L., Littoral changes in Liberia with emphasis on coastal erosion. A working paper presented to the seminar on coastal erosion in Lomé. University of Liberia, **Institute of Research, Togo**, 1988.

Hein, K.A.A., Tshibubudze, A., Manganese deposits of the Oudalan province in the northeast of Burkina Faso, and Ansongo Inlier in eastern Mali. **Ore Geol. Rev.** 78, 645–651, 2016.

Hurley, P.M., Leo, G.W., White, R.W., and Fairbairn, H.W., Liberian age province (about 2700 m.y.) and adjacent provinces in Liberia and Sierra Leone: **Geol. Soc. America Bull.**, v.82, no.12, p.3489-3490, 1971.

Hurley, P.M., Leo, G.W., White, R.W., Fairbairn, H.W., Liberian age Province (about 2,700 m.y.) and adjacent provinces in Liberia and Sierra Leone. **Bull. Geol. Soc. Am.** 82, 3483–3490, 1971.

International Business Publications, Liberia. Mineral mining sector investment and business guide. **Volume 1 strategic information and regulations**. pp. 271, 2013.

Jessell, M.W., Begg, G.C., Miller, M.S., The geophysical signatures of the West African Craton. **Precamb. Res.** 274, 3–24, 2016.

John, T., Klemm, R., Hirdes, W., Loh, G., The metamorphic evolution of the Paleoproterozoic (Birimian) volcanic Ashanti belt (Ghana, West Africa). **Precamb. Res.** 98, 11–30, 1999.

Lemarchand, R., Rapport de Fin de Leve Couperes Toulepleu 1d-2s-2d-3b-4a-4b: **Societe pour le development minier de la Cote D'Ivoire Rapport** 181, 1966.

Malayoğlu, U., ve Akar, A., **Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir**, 2015.

Offerberg, J.O., and Tremaine, J.W., Report on LAMCO Joint Ventures geological investigations in Liberia between Nimba and Buchanan along the Railroad Concession Area: Stockholm, **W-Reblar/Coslon Press Botr. AB**, 74p, 1961.

Özkan,TO., Türkiyedeki Ticari Bentonit Killerinin Özellikleri ve Kullanım Alanlarının Tesbiti, **TÜBİTAK Marmara Araştırma Enstitüsü, İstanbul, 1977.**

Sümer, G., Endüstriyel Seramikler, **Anadolu Üniversitesi Yayını, Cilt I, Eskişehir, 1990.**

Tagini B., Carte Geotectonique de la Cote D'Ivoire 1:1,000,000: **Societe pour le development minier de la Cote D'Ivoire, 1965.**

Tysdal, R.G., Geologic map of the Juazohn quadrangle, Liberia: **U.S. Geol.Survey Misc. Inv.Ser.Map I-779-D, 1977.**

ÖZGEÇMİŞ

İbrahim Hakan DEMİRKAN 1993 yılında Gaziantep’te doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimlerini Gaziantep’te tamamladı. 2010 yılında Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimine başladı ve 2015 yılında mezun oldu. Aynı yıl Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Lisans eğitiminden sonra özel bir şirkette mühendis olarak çalıştıktan sonra 2017 yılında kendi şirketini kurdu ve halen serbest mühendislik ve danışmanlık hizmetleri vermektedir.

