T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALİ-SENEGAL (SENEGALO-MALIENNE) FAYI TARAFINDAN KONTROL EDİLEN KEDOUGOU-KENIEBA BÖLGESİNDEKİ ALTIN MİNERALİZASYONUNUN SEDİMANTOLOJİK VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ: GOUNKOTO MADEN OCAĞI ÖRNEĞİ

Namakan CAMARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2016

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALİ-SENEGAL (SENEGALO-MALIENNE) FAYI TARAFINDAN KONTROL EDİLEN KEDOUGOU-KENIEBA BÖLGESİNDEKİ ALTIN MİNERALİZASYONUNUN SEDİMANTOLOJİK VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ: GOUNKOTO MADEN OCAĞI ÖRNEĞİ

Namakan CAMARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(Hazirlanan bu Yüksek Lisans Tezi Paris Sud Üniversitesi ve Randgold Ressource Limed tarafindan projeden desteklenmiştir.)

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALİ-SENEGAL (SENEGALO-MALIENNE) FAYI TARAFINDAN KONTROL EDİLEN KEDOUGOU-KENIEBA BÖLGESİNDEKİ ALTIN MİNERALİZASYONUNUN SEDİMANTOLOJİK VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ: GOUNKOTO MADEN OCAĞI ÖRNEĞİ

NAMAKAN CAMARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 20/10/2016 tahirinden aşağıdaki jüri tarafından(....) not takdir edılerek Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir

Doç. Dr. Erdal KOŞUN (Danışman)

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU

Prof. Dr. M. Erkan KARAMAN

ÖZET

MALİ-SENEGAL (SENEGALO-MALIENNE) FAYI TARAFINDAN KONTROL EDİLEN KEDOUGOU-KENIEBA BÖLGESİNDEKİ ALTIN MİNERALİZASYONUNUN SEDİMANTOLOJİK VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ: GOUNKOTO MADEN OCAĞI ÖRNEĞİ

Namakan CAMARA

Yükek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabılım Dalı
Danışmanı: Doç. Dr. ERDAL KOŞUN
Eylül 2016, 80 sayfa

Paleo-Proterozoyik yaşlı Dalema (ya da Kofi) Serisi içinde bulunan Gounkoto Altın Madeni, başkent Bamako (Mali)'nun 377 km batısındaki Kédougou Kéniéba bölgesinde yer almaktadır. Kofi Serisi volkanik ve sub-volkanik kayaç kompleksi tarafından kesilen sedimanter kayaçlardan oluşmaktadır. Bu serinin tamamı, birbirini izleyen 3 farklı deformasyon fazından oluşan Eburnean (2400-1600 My) orojenezinden etkilenmiştir. Bu fazlar: çarpışma fazı D1 (ya da teğetsel olarak etkilenmiş Alt Birimian sedimentler B1), Senegal-Mali Makaslama Zonu gibi büyük bölgesel yapıların oluşumundan sorumlu transpresyonal faz D2 ve son olarak D2 fazını tekrar aktif hale getiren sağ yönlü faz D3.

Gounkoto madeninin tektonik analizi ve mineral zonlarının, ana fayın geometrisi temel alınarak incelenmesiyle lokal paleo-stress evrimi ortaya çıkarılmıştır ve aşağıdaki zonlar ayıklanmıştır.

- Ana Zon 1 (MZ1): BKB-DGD yönünde sıkışma ve buna eşlik eden makaslama ve açılma bileşeni
- Ana Zon 2 (MZ2): BKB-DGD yönünde sıkışma ve buna eşlik eden hafif makaslama
- Ana Zon 3 (MZ3): KBK-DGD yönü sıkıştırma ve açılma bileşeni
- Ana Zon 4 ve P64E: KKD-GGB yönlü açılma

Sol yönlü Mali-Senegal Fayı'nda yapılan çalışmanın sonucunda, buradaki ikincil mineral oluşumların yine aynı sol yanal hareketin ürünü olduğu anlaşılmıştır. Harita üzerindeki süreksizlikler ve diğer fay zonları da bu konsepte uygun olarak gelişmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Kédougou Kéniéba, tektonik, paleogerilme, cevherleşme, stratigrafi, sedimentoloji, altın.

JÜRİ: Doç. Dr. Erdal KOŞUN (Danışman)
Prof.Dr. Fuzuli YAĞMURLU
Prof. Dr. M. Erkan KARAMAN

ABSTRACT

THE SENEGALO - MALIAN FAULT: CONTROL ON GOLD MINERALIZATION, SEDIMENTOLOGICAL AND STRUCTURAL PROPRIÉTY THE CASE OF GOUNKOTO ORE DEPOSIT IN THE KENIEBA INLIER (MALI)

Namakan CAMARA

MSc Tesis in Geological Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Erdal KOŞUN
September 2016, 80 pages

The Gounkoto gold mine is located in the Paleo-Proterozoic terrane of Dalema Series (or Kofi) in Kédougou Kéniéba inlier some 377 km west of the capital, Bamako (Mali). Kofi Series consists of sedimentary rocks intruded by a volcanic complex and hypo-volcanic.The entire series of Kofi was affected by the Eburnean orogeny (2400-1600 Ma) with 3 successive phase deformations: the collisional phase D1 or tangentially affected sediments of lower Birimian B1, and that of the upper Birimian B2, transpressional phase D2 is responsible for deformation of large regional structures such as the Senegalese- Malian shear zone (SMSZ) and finally the transtensive dexteral stage D3 responsible for reactivation of the D2 phase.

Tectonic analysis of the career Gounkoto and its mineralized zones, allowed to highlight a local evolution of paleo-stress states based on the geometry of the main fault relay:

- Main Zone 1 (MZ 1): a compression along a WNW-ESE orientation with extensive component and shear.
- Main Zone 2 (MZ2): a compression along a WNW-ESE with a slight shear.
- Main Zone 3 (MZ3): a compression direction a WNW-ESE with extensive component.
- MZ4 and P64E : a pure extension NNE –SSE

The sinistral movement of the Senegalo-Malian fault suggests that the secondary structure mineralized studied in this work, played by the same sinister game. This work has validated this design, both a map view with the discontinuity of the share series and the other of the fault zone and also from the perspective of tectonic analysis. The study paleo-strain tensor is used to specify locally, in areas prone extension mineralization. The petrographic sequence remains basic, but in good agreement with previous work linking the gold mineralization with mineral phases observed in thin sections and MEB.

KEYWORDS: Kedougou – Keniéba inlier, tectonics, stress tensor, mineralization, stratigraphy, sedimentology, gold.

COMMITTEE: Doç. Dr. Erdal KOŞUN (Supervisor)
Prof.Dr. Fuzuli YAĞMURLU
Prof. Dr. M. Erkan KARAMAN

ÖNSÖZ

İlk teşekkürümü, beni Erasmus öğrencisi olarak kabul eden ve çalışmam sırasında Gounkoto madenine ulaşım giderlerimi karşılayan Paris Sud Üniversitesi Sedimanter Havzalar bölümündeki tüm profesörlere etmek istiyorum.

Ayrıca, teşekkürlerime Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği önceki dönem bölüm başkanı Prof. Dr. Mehmet Altunsoy ile başlamak istiyorum.

Bunlarla birlikte, bana şirketinde staj çalışmalarını yapma fırsatını veren Gounkoto madeni müdürü Sayın Ballo Tahirou'ne teşekkür ederim.

Danışman hocalarım Doç. Dr. Erdal Koşun, Paris Sud Üniversitesi'nden Bertrand Saint-Bezar ve Jocelyn Barbarand'a tezim boyunca destekleri, önerileri, yapıcı eleştirileri ve bana gösterdikleri sabırdan dolayı şükranlarımı sunarım.

Verdiğim kararları her zaman destekleyen Sayın Hugues Pobanou ve Diarra Traoré Ing Baco'a teşekkür ederim.

Son olarak, tez çalışmam sırasında tezimin başarısında bana bir şekilde katkı sunan Prof. Dr. Tekin Yürür, Doç. Dr. Nurdane İlbeyli, Doç. Dr. Bekir Taner San, Arş. Gör. Ferdi Demirtaş, Arş. Gör. Koray Koç, Prof. Moussa Konaté, Sayın Famanta Fomba, Sayın Ousmane Traoré, Sayın John Scott, Sayın Sekou Diallo, Sayın Ousmane Coulibaly, Sayın Mohamed Diarra ve Randgold Resource Limited Loulou ve Gounkoto'daki tüm jeologlara teşekkür ederim.

Tüm sevenlerime ithaf edilmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET… i
ABSTRACT....ii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
ÇİZELGELER DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
1.1. Çalışmanın Amacı 1
1.2. İnceleme Alanının Konumu 3
1.3. Mali'deki Altının Ekonomik Önemi 3
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI....5
2.1. Bölgesel Jeoloji 5
2.2. Mali'nin Jeolojisi 6
2.2.1. Kayes tektonik penceresi 7
2.2.2. Kedougou- kéniéba tektonik penceresi 9
3. MATERYAL VE METOT 13
4. GOUNKOTO ALTIN MADENİNİN JEOLOJİSİ 14
4.1. Genel Jeoloji....14
4.2. Tektonik Yapılar 14
4.2.1. Senegal-Mali makaslama zonu 14
4.2.2. Yaléa makaslama zonu....15
4.2.3. Gara makaslama zonu 15
4.2.4.Faraba makaslama zonu 15
4.2.5. Sakola makaslama zonu 15
5. BULGULAR....17
5.1. Jeolojik Harita Yapımı 17
5.2. Litolojik Birimlerin Tanımlanması: 19
5.2.1. Siyah kumtaşları: (SDN)....19
5.2.2. Pembe killi kuvarsitler (şistoziteli): (SQR)....19
5.2.3. Grovak: (Gr)....19
5.2.4. Polijenik breş: (Pbx)....19
5.2.5. Mikrodiyorit: (DOL) 19
5.2.6. Pembe kuvarsit : (QR)....20
5.2.7. Kireçtaşları: (CB) 20
5.2.8. Gri kuvarsitler: (QG)....20
5.2.9. Turmalinli kuvarsit: (QT)....20
5.3. Paleogerilme Analizi 22
5.3.1. Paleostres oluşturma yöntemi 22
5.3.2. Kalite kriterleri:....23
5.3.3. Gerilme rejimleri....23
5.3.4. Gerilme tansörlerindeki yaş sorunları 23
5.3.5. Veri toplama....24
5.3.6. Analizler ve paleogerilmelerin oluşturulması 26
5.3.7. Tektonik yorum....33
5.4. Sedimentoloji Çalışmaları....36
6. PETROGRAFİK ÇALIŞMALAR....39
6.1. Giriş….....39

6.2. Petrografik Tanımlamalar 39
6.3. Kayaçların Petrografik Özellikleri 46
7. SONUÇLAR 49
8. KAYNAKLAR 50
9. EKLER 56
ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kedougou-Kéniéba Bölgesel jeolojik haritası. 2
Şekil 1.2. Gounkoto yer bulduru haritası (2009 Randgold raporundan değiştirilmiştir). 3
Şekil 1.3. Maden sahası lokasyon haritası. 4
Şekil 2.1. Batı Afrika'nın jeoloji haritası (Dabo 2011'den düzenlenmiştir). 6
Şekil 2.2. Bambouck-Bouré bölgesi 7
Şekil 2.3. Kayes tektonik penceresinin jeolojisi. 9
Şekil 2.4. Mako Grubunun litolojik modellemesi (Dia vd 1997) 11
Şekil 2.5. Dialé-Daléma Grubunun litofasiyes modellemesi (Milési et al. 1989). 12
Şekil 4.1. Bölge Haritası (Randgold, 2009 tarafından tasarlandı). 16
Şekil 5.1. Maden sahasında bu çalışma ile tamamlanmış olan bölü 18
Şekil 5.2. Ocağın derlenmiş haritası. 21
Şekil 5.3. Gerilme rejimlerinin tipleri ve harita üzerinde gösterimleri. 23
Şekil 5.4. Siyah kumtaşları üzerinde ölçülmüş şistozite, MZ4 bölgesinden. 24
Şekil 5.5. Pembe kuvarsitlerde görülen foliasyonlar, MZ3 bölgesinden. 24
Şekil 5.6. Turmalinli grovaklarda gözlenen fay çizikleri 25
Şekil 5.7. Siyah kumtaşlarında kıvrımlı şistozite yapısı, MZ3 bölgesi. 25
Şekil 5.8. Pembe kuvarsitler içerisinde kuvars damarları, MZ2 bölgesi. 26
Şekil 5.9. Sıkıştırma ve genişleme. 27
Şekil 5.10. Kesme ve sıkıştırma kuvvetleri. 28
Şekil 5.11. Sıkıştırma ve genişleme. 29
Şekil 5.12. Net Genişleme. 30
Şekil 5.13. Gounkoto ocağında paleogerilmelerin ortaya çıkarılması. 31
Şekil 5.14. Gerilme tensörü ile jeoloji haritası 32
Şekil 5.15. Gounkoto maden sahasının yapısal haritası. 34
Şekil 5.16. Gounkoto maden sahası basitleştirilmiş cevherleşme haritası. 35
Şekil 5.17. Gounkoto maden ocagi lithostratigrafik kesiti kuyu 1. 36
Şekil 5.18. Gounkoto maden ocagi lithostratigrafik kesiti kuyu 2. 37
Şekil 5.19. Gounkoto maden ocagi lithostratigrafik kesiti kuyu 3. 38
Şekil 6.1. Ocaktan alınan örneklerin yerlerini gösteren lokasyon haritası. 45
Şekil 6.2. A : Ankerit, Demir, Apatit, kuvars ve Klorit minerallar 47
Şekil 6.3. E: Dolomit ve Alkali Feldspar minerallar, F: Demir Trioksit, G: Pirit, H: FeSAl 48
Şekil 6.4. I: Alkali Feldspar ; J: Kuvars, K: Dolomit, L: Titan 48
Şekil 8.1. Gounkoto Mineral parajezi (Lawrence 2010). 56

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. n: toplam veri sayısı %t: hesap için kullanılan verilerin yüzdesi..... 26

Çizelge 9.2. Gounkoto Mineral parajezi (Lawrence 2010)……...……..……...56

1. GİRİŞ

Gounkoto altın madeni Rangold Resource şirketi tarafından değişik arama yöntemlerinin sonuçlarının değerlendirilmesi ile keşfedilmiştir. Ocak daha önceleri araştırılmamış ve işletilmemiştir. Keşfi 2009'da ilan edilmiştir. Kaynak başlangıçta havadan yürütülmüş bir elektromanyetik etütle saptanmıştır. Yer analizlerinde KKB doğrultusunda 2 km uzunlukta bir örneklemede altın anomalisi 30 ppb den fazla değerler vermiştir. Bir sonraki adımda daha sık örnek alımları ile yüksek değerde cevherleşmelere rastlanmıştır (24,6g /t, 83,8g / t, 48.6g / t ve 7,3 g / t). Daha sonra açılan iki hendek sonuçları: FRT03: 9,70 m ve 15,26 g / t ile FRT05: 35,75 m ve 10,66 g / t olarak saptanmıştır. Arkasından bir kilometre arayla iki keşif sondajı yapılmıştır: ilkinde (FRDH01) FRT05 altında 65,70 m içinde 46,60 m 13,63 g/t (7,40 m de 13,78 g / t 65,70 m içinde ve 14 m de 33,40 g / t 95 m den sonra). Daha sonra yapılan yedi sondaj Gounkoto'nun önemli değere sahip olduğunu göstermiştir. Üçüncü sondaj evresinde ise (8 karotlu ve 12 elmas kesicili) 13,1 milyon ton mineralin 6,29 g/t tenöründe ve 2,65 milyon ons cevher olduğu tahmin edilmiştir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Son birkaç yılda Mali'nin batısındaki Kedougou- Kéniéba bölgesindeki jeolojik ve jeofiziksel çalışmalar artmıştır ve bunun sonucunda bölgesel jeoloji hakkında temel bilgiler elde edilmiş olup birkaç tane maden yatağı keşfedilmiştir.

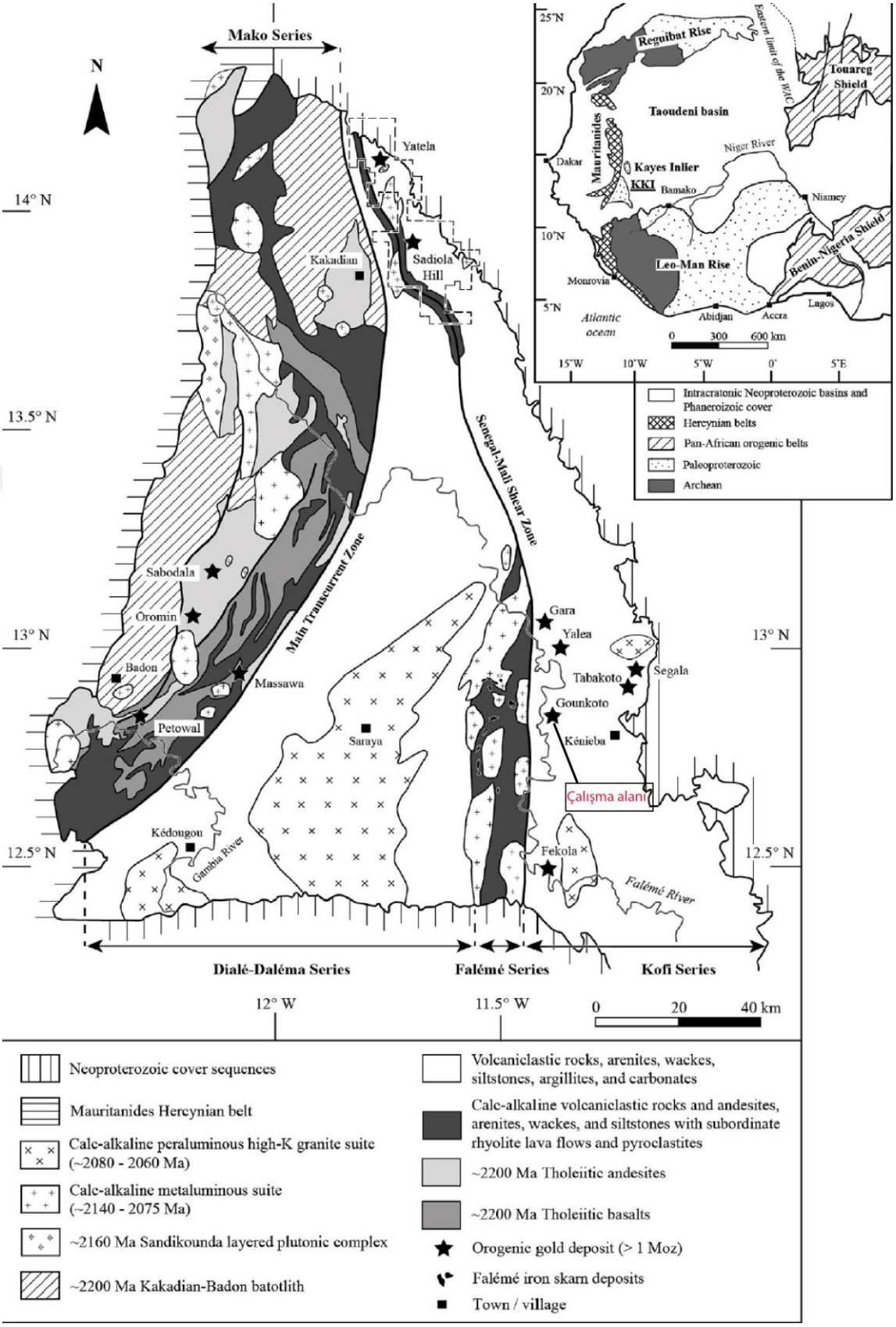
Bu çalışmalar Kedougou-Kéniéba boyunca Kofi sedimanter serisi, Faleme volkanik serisi ve Dialle volkaniklerini içeren sedimanter serileri kesen sol yanal hareket üzerindeki makaslamanın varlığını göstermiştir (Şekil 1.1). Bu doğrultu atımlı hareket Senegal-Mali Makaslama Zonu (SMSZ) olarak isimlendirilmiştir ve genellikle kuzeydoğu yönlüdür.

SMSZ ikincil yapıları boyunca işletilmekte olan altın madenlerinin her biri kendi mineralleşme serisinde gelişmektedir (Milesi vd 1989).

Büyük olasılıkla SMSZ, Kedougou- Kéniéba bölgesi boyunca akışkanların hareketinde önemli rol oynar ve altın mineral zonlarının dağılımlarını kontrol etmektedir.

Bu çalışma süresi içerisinde ;

- Gounkoto altın madenini kesen Senegal-Mali fayı çevresindeki yapısal düzenleme (organization) ve mikroyapıların belirlenmesi,
- Burada özellikle deformasyonların ve madende keşfedilen ikincil yapıların (SMSZ ile ilişkili) incelenmesi ve analiz edilmesi,
- Maden ocağındaki kayaçların petrografik özelliklerinin anlaşılması ve yeni bir sınıflama önermek için petrografik analizlerin yapılması hedeflenmiştir.

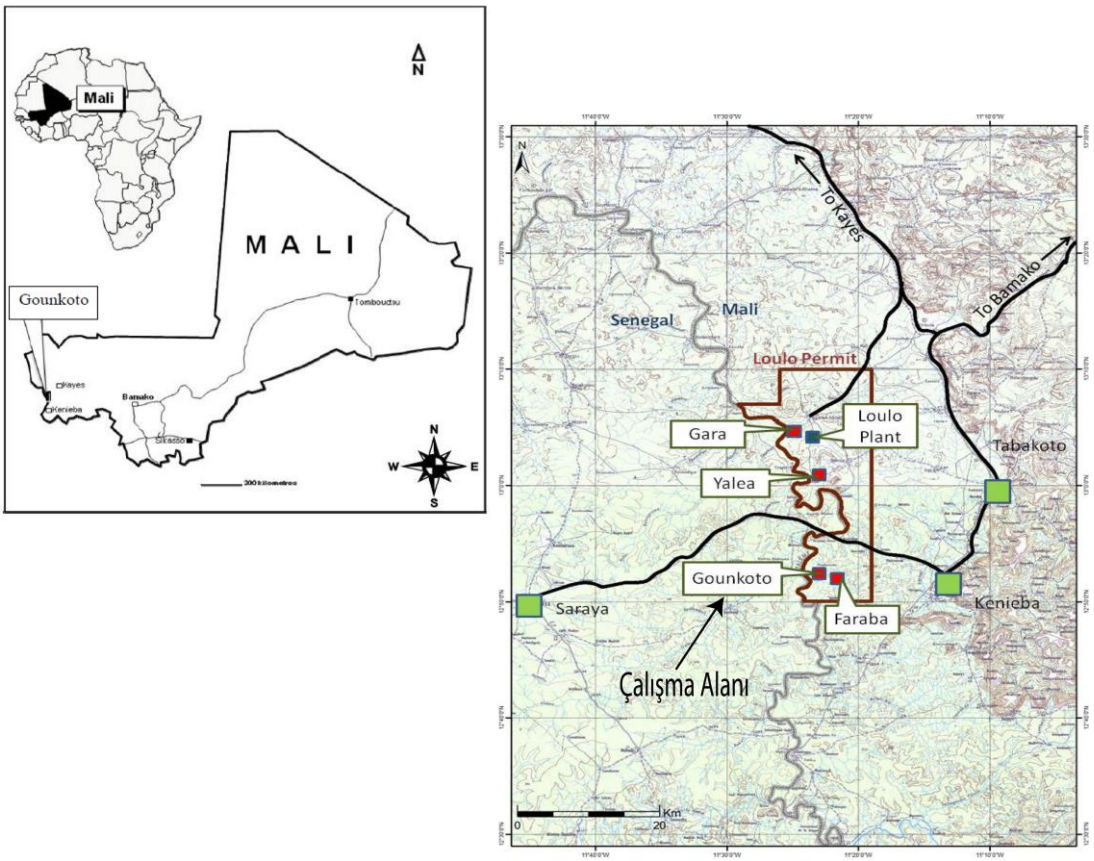


Şekil 1.1. Kedougou-Kéniéba bölgesel jeolojik haritası

1.2. İnceleme Alanının Konumu

Gounkoto altın madeni Kéniéba şehrinin 17 km KB'sında, Senegal'le olan sınırın 1 km doğusunda, Loulou altın madeninin 27 km güneyinde ve Mali'nin başkenti Bamako'nun 377 km batısında bulunmaktadır (Şekil 1.2).

Morfolojik olarak bölge doğusunda bir falez ve kumtaşı yoğun bir yayla bulunan bir peneplendir. Tambaoura falezinin batısında kalan bu peneplen (Bambouk bölgesi) Kédougou-Kéniéba antiklinalinin aşınmış temel kayaçlarından oluşmuştur. Tambaoura falezi KKB-GGD uzanımlı ve 200 ila 250 m yüksekliğindedir.



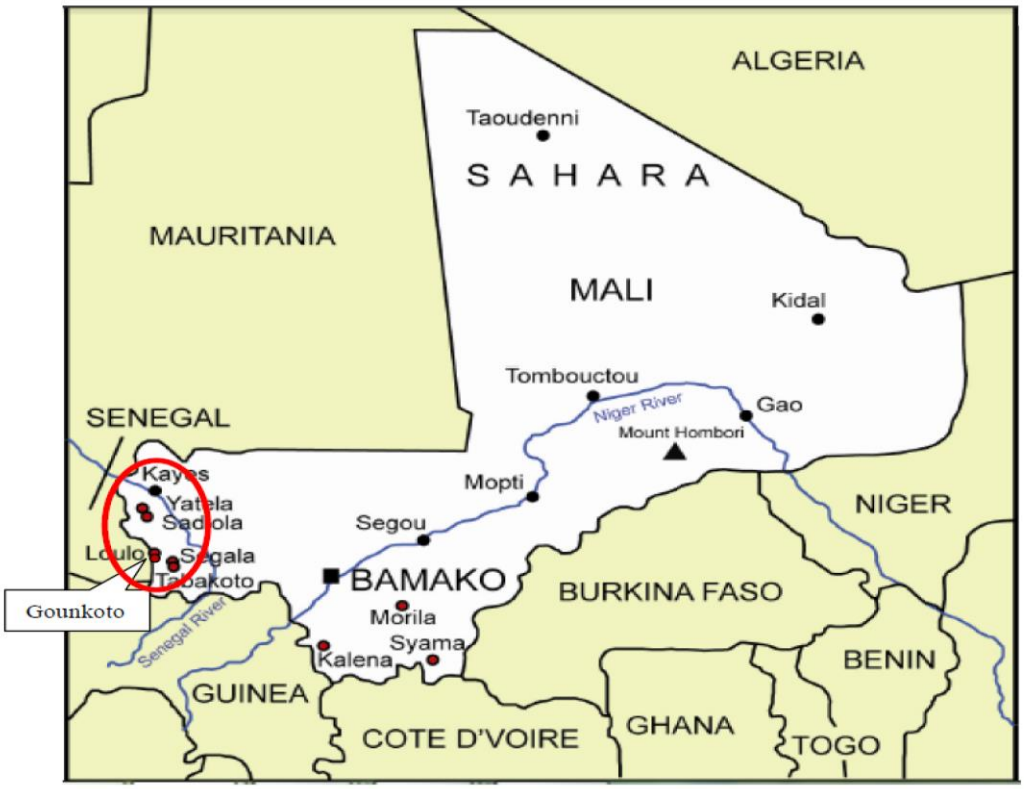
Şekil 1.2. Gounkoto yer bulduru haritası (2009 Randgold raporundan değiştirilmiştir)

1.3. Mali'deki Altının Ekonomik Önemi

1961 yılında Mali'deki altın potansiyelinin anlaşılmasıyla birlikte altın arama işlemi ülkenin gelişme programında öncelik kazanmıştır. Bu da Mali'yi Afrika'da Güney Afrika ve Gana'dan sonra üçüncü büyük altın ihracatçısı yapmıştır. Ülkede işletilmekte olan 10 adet altın madeni, ülkenin güneyi (Syama, Morila, Kalana) ve Senegal ile olan batı sınırı (Yatela, Kodiéran, Loulou, Gounkoto, Seguela, Tabakoto, Komana) arasında bulunmaktadır (Şekil 1.3).

Mali ayrıca 49.2 (2013) ve 48.6 (2014) ton altın üretimi ile dünyada 17. sırada yer almaktadır (www.au-argent.eu, Haziran 2016). Küçük yataklar ülke geneline yayılmıştır ve orojenik tipteki bu yataklar 5 farklı mineralizasyon tipi sunmaktadır (Kaynak: Maden Bakanlığı).

- Tip 1: Birimian Supergrup'undaki sedimanter kayaçlarda gözlenen porfiritik mineralizasyon tipi ve Eburnean intrüzif kayaçlarla ilişkili ikincil zenginleşme (Sadiola)
- Tip 2: Makaslama zonları ve yoğun alterasyon zonları ile ilişkili mineralizasyon (Syama, Tabakoto, Gounkoto, Yalea)
- Tip 3: Kuvars-turmalin karbonatlardaki stokvörk mineralizasyonu (Loulou, lou1, Loulou 2 loulou3)
- Tip 4: Klasik hidrotermal kuvarslardaki damar mineralizasyon tipleri (Kalana Medinandi).
- Tip 5: Piritik tüflerle ilişkili exhalatif mineralizasyon tipi (Takavasita dans le Gourma).



Şekil 1.3. Maden sahası lokasyon haritası

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Bölgesel Jeoloji

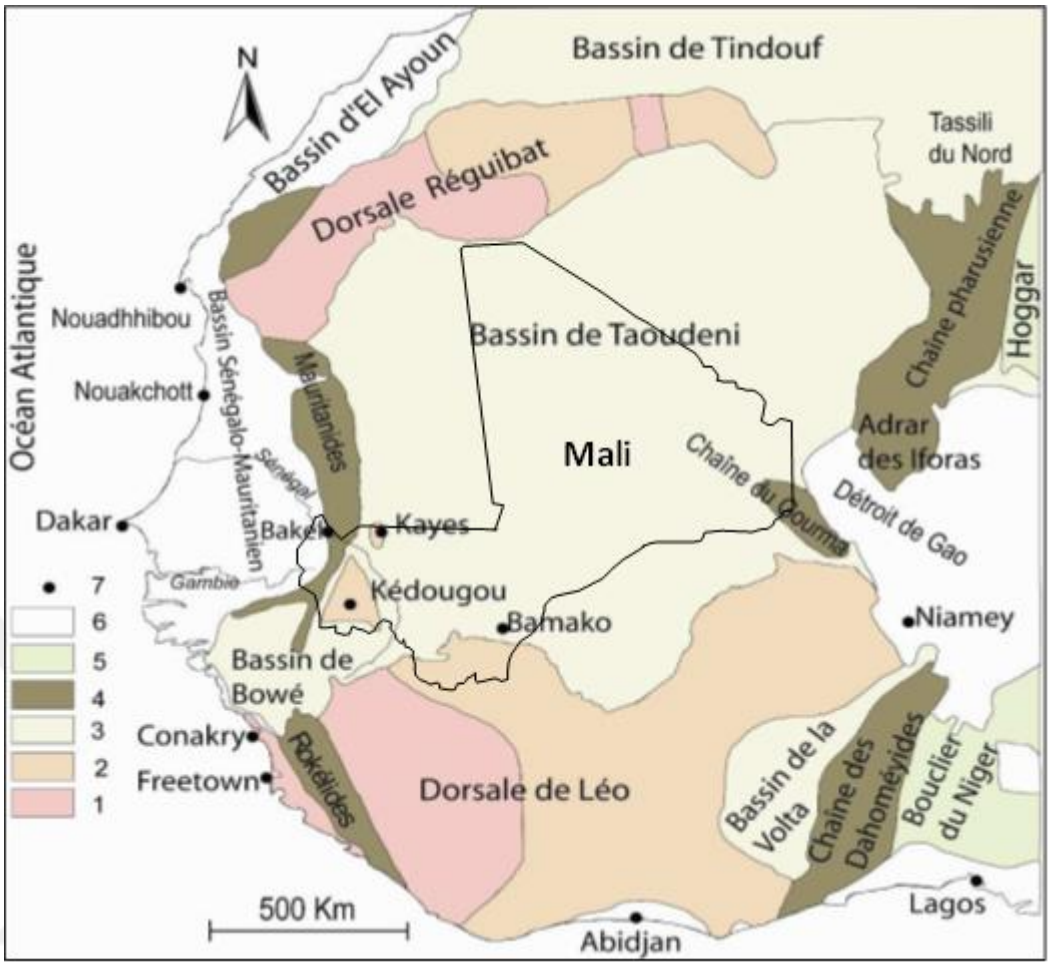
Neoproterozoyik (yaklaşık 1,7 – 1 milyar yıl öncesi) süresince stabil haldeki Batı Afrika Kratonu (BAK) (Black ve Liegeois, 1993) 4.500.000 km^2 lik bir alanı kaplamaktadır (Rocci vd 1991) ve litosferik kabuk kalınlığı 240 km olarak tahmin edilmektedir (Attoh ve Ekwueme 1997, Priestley vd 2008).

BAK, 650 ile 550 milyon yıl arasında yaşlandırılan (Lecorche 1980, 1994) pan-Afrikan ve Hersiniyen hareketli zonları (Mauritanides Rokellides-batı ve doğu Dahomeyides) ile çevrelenmiştir (Villeneuve vd 1991). Bu mobil zonlar farklı kıtasal blokların çarpışmasının ürünleridir (Caby ve Bertrand 1978). Çoklu deformasyona uğramış metamorfik kayaçlardan oluşurlar. BAK: iki mostra şeklinde görülürler, bunlar dorsal: kuzey Reguibat sırtı ve Leo veya Man güney sırtıdır. Batı Afrika Kratonu, Paleozoyik boyunca Kayes ve Kenieba buttonholes a maruz kalmıştır (Trompette 1963, Bessoles 1977, Liegeois vd 1991).

Kratonun büyük bölümü önce Taoudeni, Tindouf Bowe ve Volta Paleozoyik havzaları ile Proterozoyik platform çökelleri (Taleb 1994) ile uyumsuz olarak örtülüdür.

Reguibat ve Leo dorsalları yaş, litoloji ve petrografik olarak birbirlerinden oldukça farklı iki bölgeden oluşurlar: batıdaki bölge çoğunlukla Arkeen yaşlıdır ve doğudaki bölgede paleo-Proterozoyik etkisi yaygın görülür (Taleb 1994). Bu iki bölge birbirinden KG Sassandra (Man) ve Zednes Reguibat sol yanal makaslama zonları ile ayrılmaktadır (Camil 1984). Bu makaslamalar Taoudeni havzasının altına giren tekli makaslama ile uyumludur (Taleb 1994). Ancak Mauritanian Arkeen ve Man arasında devamlılık olduğunda, Kedougou-Kenieba buttonhole konumu ve içlerinde Arkeen olmaması problem oluşturmaktadır (Taleb 1994).

- Arkeen Dönemi: Arkeen formasyonları BAK ın batı bölümünde Ivory Kıyı'sının batısındaki Sierra Leone'de devamlılık gösterir (Milesi vd 1989). Arkeen bölgesi geleneksel olarak "Leo Bölgesi" olarak bilinir ve en az iki termo-tektonik olay tarafından etkilenmiştir: Leonian çevrimi (3.5 ile 2.9 Ga) ve Liberian çevrimi (2.9 ile 2.6 Ga) (Bessole 1977, Yace 1984, Camil 1984).
- Paleoproterozoyik alanı: Bu alan, Man dorsalının üçte ikisinden biraz fazlasını kaplayan Baoule Mossi domainini ve aynı zamanda iki Kedougou Kenieba tektonik penceresini içermektedir (Bessoles 1977). Bu alan iki adet döngü ile oluşmuştur: metamorfik amfibol ile birlikte Burkinien çevrimi (2.4 ile 2.1 Ga) (Lemoine 1988) ve yeşilşist amfibolit tipindeki Eburnean çevrimi (2100 ± 100 My) (Feybesse vd 1989, Boher vd 1992).



Şekil 2.1. Batı Afrika'nın jeoloji haritası (Dabo 2011'den düzenlenmiştir). 1 : Arkeen ; 2 : Birimien ; 3 : Paleozoik havzalar (lokal olarak Üst Prekambriyen bloklar içerir); 4 : Hareketli zonlar ; 5 : post-neoproterozoik sahalar; 6 : post-paleozoik sahalar ; 7 : şehir merkezleri

2.2. Mali'nin Jeolojisi

Mali Batı Afrika'nın merkezinde yer alır ve içerisinde altı farklı jeolojik alan görülebilir: kuzeyde Reguibat dorsalı, güneyde Leo Dorsalı, doğuda Pan Afrikan Zinciri (Touareg Kalkanı ve Gourma, batıda Mauritanides zinciri, merkezde Taoudeni Havzası, yine doğuda Iullemedden ve Tanezroft Havzası.

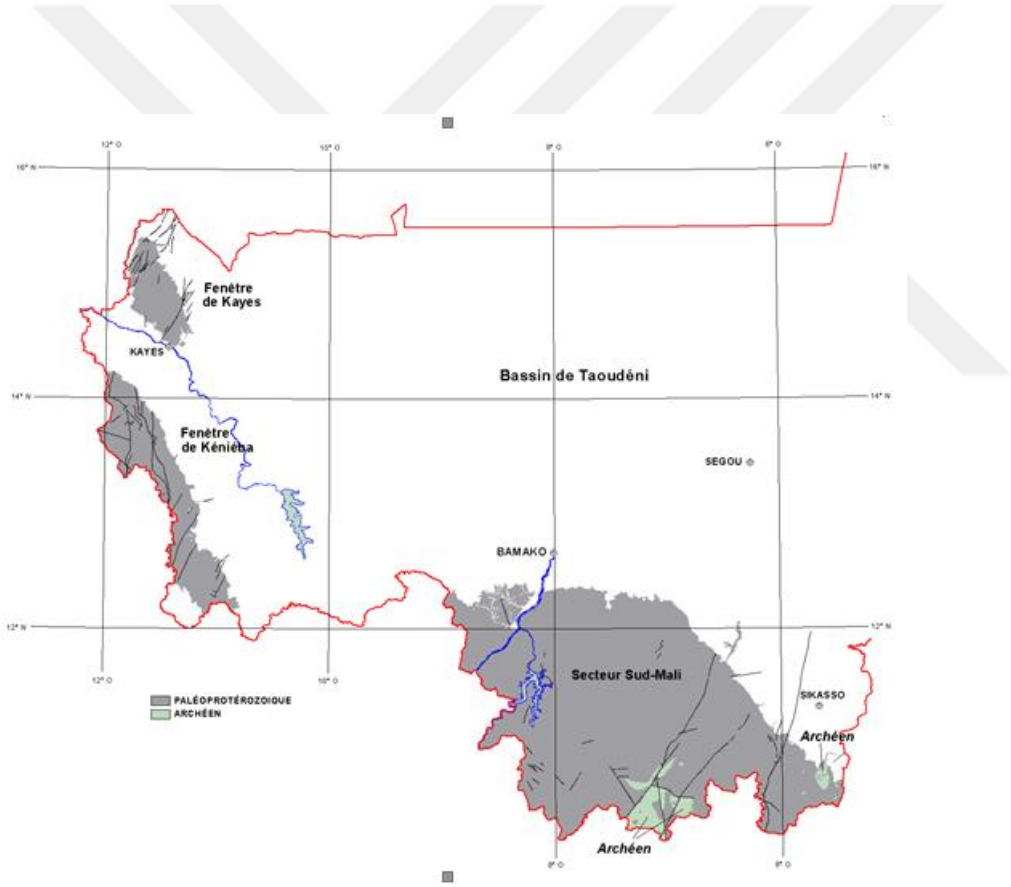
Bu jeolojik alanlar aşağıdaki provensleri oluşturmaktadır:

- Bambouck-Boure Provensi, bu alan Eburniyen orojenezinden (2500-1600 My) etkilenen Leo Dorsalı ile kaplıdır ve Baoule-Mossi (Bessoles 1977) veya Eburniyen Kalkanı (Boullier 1982) olarak isimlendirilir.
- Reguibat provensi, bu alan ise Reguibat Dorsalı ile kaplıdır, ayrıca aynı yaşlı Eburniyen orojenezinden etkilenmiştir.

- Iforas-Gourma Provensi, pan-Afrikan zinciri ile çevrilidir ve Pan-Afrikan orojenezinden (750-540 My) etkilenmiştir.
- Mauritanides provensi, Mauritanides Zinciri ile örtülüdür ve Kaledonien-Hersiniyen orojenezlerinden (590-290 My) etkilenmiştir.

Mali'de, Bambouk Bourre Provensi birbirinden ayrı üç coğrafik bölgede yeralır ve bunlar aşağıdaki gibidir (Şekil 4):

- Güney Mali kısmı
- Kayes tektonik penceresi
- Kéniéba tektonik penceresi.



Şekil 2.2. Bambouck-Bouré bölgesi

2.2.1. Kayes tektonik penceresi

Bu bölgede daha önceden çok fazla araştırma yapılmamıştır.

Bu yapı KB da geniş bir alanı kaplayan volkanik polifaz topluluklarca oluşturulmuştur, temel olarak Boutounguissi formasyonuna karşılık gelmektedir (Klöchner 1989) ve güneye doğru Dag-Dag ve Kofa formasyonlarına karşılık gelen

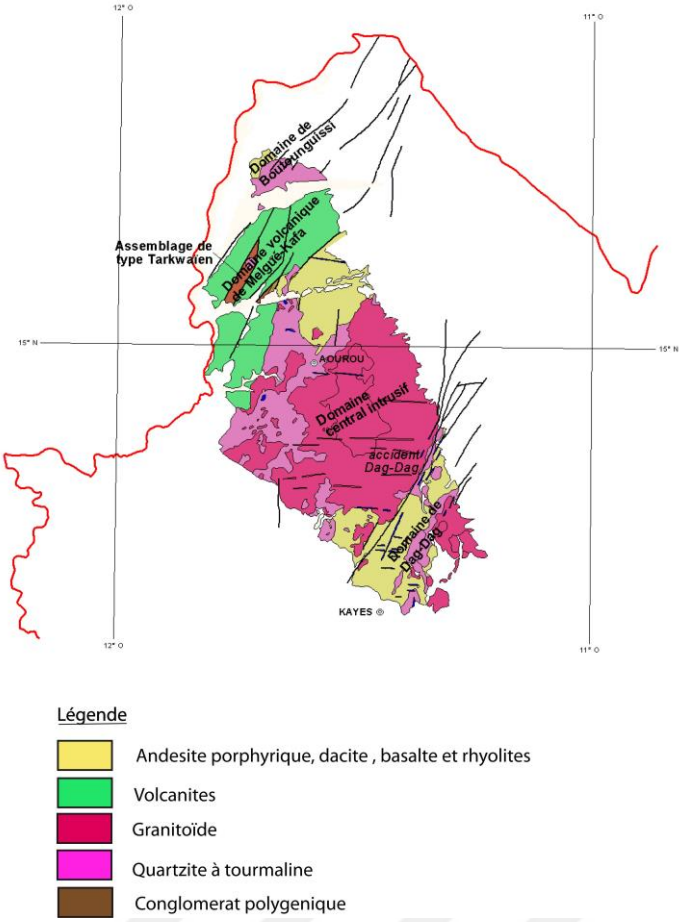
sedimanter polifaz topluluklar (Klöchner 1989) bu pencerinin %60 dan fazlasını kaplamaktadır (Şekil 2.3). KKD gidişli iki ana fay arasında akarsu-delta kökenli konglomera birimleri Melgue-Kafa volkanik alanına maruz kalmaktadır. Bu konglomeralar Kenieba penceresine ve Mali'nin güney kısmına benzer şekilde polijenik olarak düşünülmüştür (Klöchner 1989), bu nedenle Tarkwaian tipi olarak tanımlanmıştır (Taylor vd 1992).

Eburniyen intrüzif kayaçları Kayes penceresinin birçoğunu kaplar ve esas olarak granodiyorit, kuvars monzodiyorit, diyorit ve biyotit granitten oluşur.

Dag-Dag makaslaması bu tektonik pencereyi güneydoğusundan sınırlar ve Senegal-Mali tektonik makaslamasının kuzey uzanımına karşılık gelir (Klöchner 1989).

Kayes tektonik penceresinde Klöckner (1989) tarafından 4 yapısal bölüm tanımlamıştır ve bunlar:

- Boutounguissi bölgesi, K50° ile K60° şistozite ve GB ya 40° dan 60° ye kadar eğimiyle birlikte, aynı zamanda hafif bir virgation ve KKB ya eğimli ve K10°-20°doğrultulu faylar;
- Melgue-Kafa volkanik bölgesi, Kuzeyden K20 ° - 30 ° doğrultu ve 50° - 60° güney doğuya doğru genel dalımlı, K20 doğrultusunda çöküntü ile iki bölüme ayrılmıştır. Bu çöküntü havzası içerisinde neo-Proterozoyik sedimentleri görülmektedir. Tüm bu kompleks K80 doğrultulu bir fay ile bölünmüştür.
- Merkezi intrüzyon bölgesi, K20^{o} doğrultulu syn-tektonik intrüzyonlar ile karaktistiktir. Aynı doğrultudaki şistoziteli kayaçlar doğu-batı yönlü aplit ve pegmatitler ile kesilmiştir.
- Dag-Dag bölgesi, N20^{o} – N40^{o} yönünde aşırı yoğun kıvrımlıdır. Bu kıvrımlar daha sonraki çok sayıda granitoid sokulumları ile kesilmiştir.



Şekil 2.3. Kayes tektonik penceresinin jeolojisi

2.2.2. Kedougou- kéniéba tektonik penceresi

Kédougou Kéniéba Mali ve Senegal arasında yer almaktadır. Bu iç bölge Eburniyen orojenezi sırasında oluşmuş tabakalı volcano-sedimanter kayaçlar, metomorfizmaya uğramış ve granitleşmiş kayaçlardan meydana gelmektedir. Bu Birrimiyen formasyonları Senegal'in doğusunda 15.000 km^2 lik bir alanı ve Mali'nin batısında küçük bir bölümü kaplamaktadır (Lawrence 2010). Batısında Mauritanidlerin Pan Afrikan kuşağı ile, doğu ve güneyinde Taoudeni havzasının Proterozoyik ve Paleozoyik formasyonları ile sınırlanmıştır. Kedougou Kenieba'da Birrimiyen formasyonları iki super gruba ayrılmıştır: batıda Mako Süper Grubu, doğuda ise DIALE-Dalema (Bassot 1987) olmak üzere ana tektonik makaslama olan MTZ ile ayrılmıştır.

Jeolojik formasyonlar ana bir fay (Main Trascurent Zone, MTZ) ile iki super gruba ayrılmıştır. Bu gruplar; batıda Mako super grubu ve doğuda Dialé-Dalema (Bassot, 1987) super grubudur. İki batolite ayrılan massif granitoid jenerasyonları ile ara ara kesilmiştir. Bu batolitler: Mako super grubunda Badon Kakadian Mako super grubunda ve Saraya Diale Dalema içerisindedir (Dabo 2014). Güncel çalışmalar Faleme kuşağı altında KG yönlü volkano-sedimanter formasyonları olduğunu göstermiştir (Lawrence 2010).

- Mako Süper Grubu:

Bu grup otuz km genişliğinde KKD-GGB yönelimli yeşil kayaçlar kuşağından meydana gelir (Dabo 2014) ve bu Kedougou Kenieba bölgesinin batı kısmını oluşturur (Şekil 2.4). Daha önceleri burada bu grubun litolojisini, petrografisini, jeokimyasını ve jeokronolojisini daha iyi anlamak için çalışmalar yapılmıştır (Dia vd 1997, Diallo 2001, Hirdes ve Davis 2002, Dioh vd 2006, Pawling vd 2006, Gueye vd 2007, 2008). Volkano-plutonik fasiyeslerden oluşan grup ayrıca epizonal ve mesozonal fasiyeslerde intrüzyon dokanaklarında metamorfizmaya uğramış volkano-sedimanter fasiyesleri de içerir (Dia vd 2008, Dabo 2014).

Dia vd. 2008 tarafından önerilen litolojik birimler aşağıdaki gibidir:

a) Tabandan en üste doğru volkano-plütonik karmaşık:

- Amfibolit ve gnays metamorfik fasiyeslerinden oluşan bir amfibolit-gnays karmaşığı

- Masif bazalt akmaları ya da yastık lavlarla birlikte piroklastik kayaçlar ve hipo-volkanik dolerit, gabro, piroksenit ve peridotit gibi plütonik fasiyeslerden oluşan temel karmaşık.

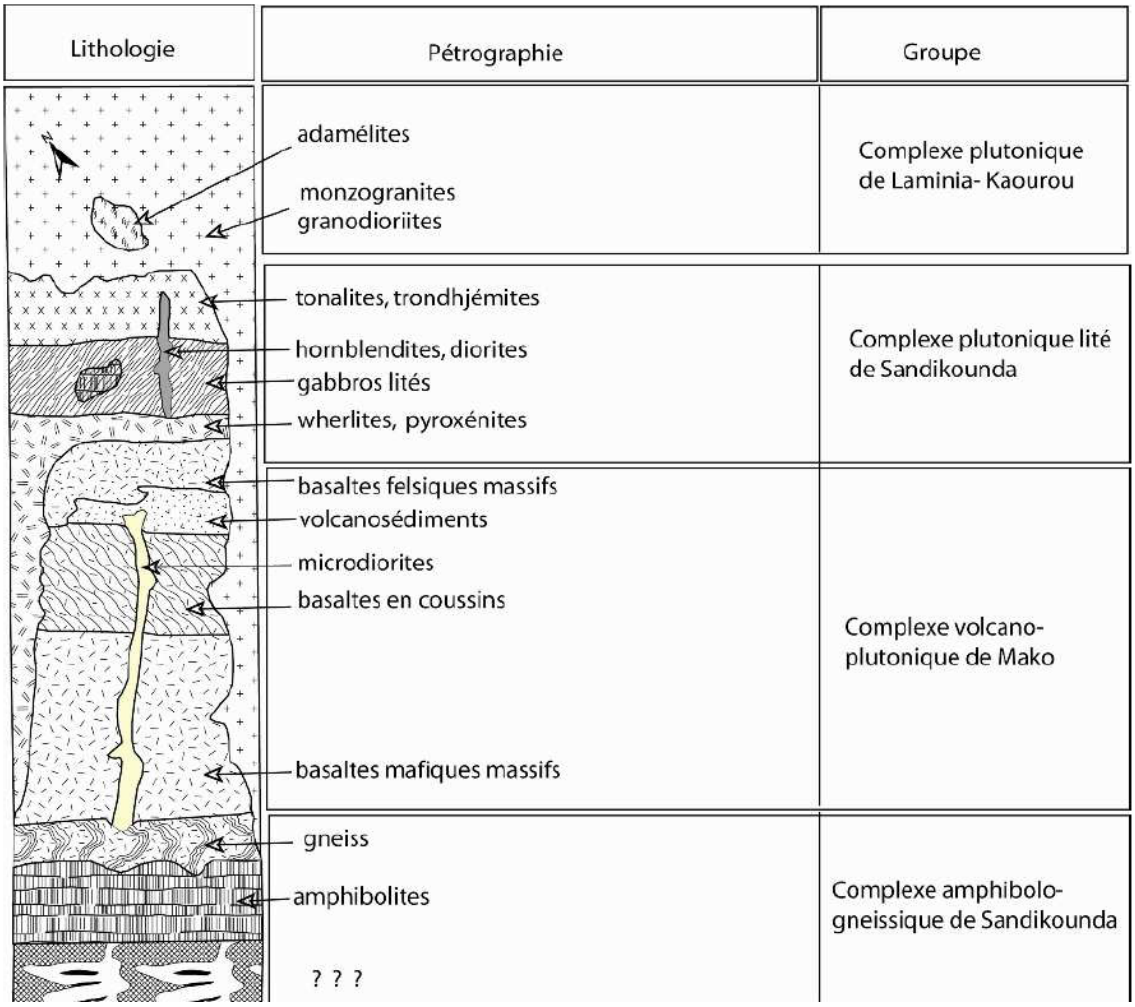
- Orta karmaşık, konglomera, tüf, volkanik breş ardalanmasından oluşan porfirik andezit serisi ve konumsal olarak ilişkili küçük diyorit kümeleri.

- Temel olarak piroklastiklerden (breş, aglomera, riyolitik tüfler) oluşan kompleks asit.

b) Volkano-sedimanter kompleks: Tüf, aglomera, grovak ve sinerit tarafından temsil edilir ve tipik sedimantasyon yapılarını gösteren volkanik ürünlerden oluşur (çapraz tabakalı ya da paralel grano-ranking, vb.)

c) Sedimanter kompleks: Serizitik şist, pelitik şist, kumtaşı, grovak, polijenik konglomera, kuvarsitlerden meydana gelir.

Mako formasyonları daha önce burada çalışan araştırmacıların da açıkladığı gibi (Bassot 1996, Ngom 1985, Dia vd 1997, Diallo 1994) herseferinde farklı litolojik süksesyon gösterir. Mako formasyonları Eburniyen tektoniği (Ledru vd 1989) ile genellikle kıvrımlanmış ve yön değiştirmiştir.



Şekil 2.4. Mako Grubunun litolojik modellemesi (Dia vd 1997)

- DIALE - Dalema Süper Grubu

Bu grup Kedougou Kenieba Bölgesi nin (KKB) doğu kısmını oluşturur ve Saraya Batoliti ile ayrılmış olan DIALE ve Dalema seri gruplarından oluşur (Bassot 1966). Diale ve Dalema serileri aynı sedimanter havzanın bölümleri olarak kabul edilir (Hirdes ve David 2002). DIALE-Dalema süper grubu büyük oranda aynı sedimanter yaştadır 2096 ± 8 My ve 2165 ± 1 My (Hirdes ve Davis 2002). Bu sedimanter paket volkanik kompleks ve hipo-volkanik kalkalkalen çoğunlukla andezitik birimlerce kesilmiştir (Bassot 1987) ve 2072 My olarak yaşlandırılmıştır (Milesi vd 1989) (Şekil 2.5).

a) Sedimanter kompleks:

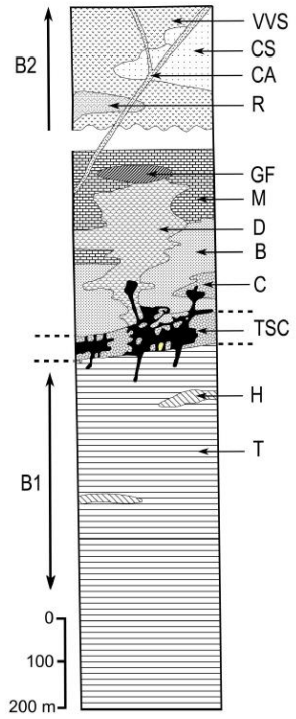
Milesi (1986) tarafından tanımlanmış polifaz istifin birimleri aşağıdaki gibidir:

- Abisal düzlüğü gösteren türbidit ve kumtaşı;
- Yamacı gösteren turmalinli kumtaşı,
- Platform bölgesini temsil eden, karbonatlar, yeşil kumtaşı, kuvarsit ve bunlarla ara katkılı karbonatlaşmış silttaşları.
- Büyük çoğunluğu Senagel'de bulunan, Faleme demir oluşukları.

b) Volkanik kompleks ve hipo-vokanik:

Volkanik kayaçlar ve hipo-volkanik ortaç asitlerden meydana gelir (Basso 1987, Ndiaye 1994) ve 80 km uzunluğunda 10-20 km genişliğinde Faleme boyunca KG uzunlamasına damar sistemini oluşturur. Volkanik kayaçlar, piroklastik kayaçlar, andezit, dasit, riyolit ve riyodasitlerdir. Schwartz ve Melcher (2004)'e göre Bambadji ve Garaboura'da gözlemlenen andezitler "yastık lav" yapısı göstermektedir ve kimyasal bileşimleri aktif kıta kenarı ortamı veya kıtasal yay kenarı ile uyumludur.

Damarın hipovolkanik kayaçaları, mikrogranadiyorit, mikrodiyorit ve albitit ile kesişen sedimanter grup ve volkanik fasiyeslerdir (Dabo 2014).



Şekil 2.5. Dialé-Daléma Grubunun litofasiyes modellemesi (Milési vd 1989)

CA : Calco-alcalin filon kompleksi. CS : Konglomera ve çakıl (gres).VVS : Volkanosedimanlar. R : Riyolit. GF : Granitoid ve skarn (Falémé demiri). K : Kireçtaşı. B : İnce taneli sedimanlar (silt, siyah çamurtaşı, şist). C : Konglomera. D : Hipovolkanik ve volkanoplütonikler (epiklastik ve piroklastikler ile birlikte). CST : Turmalinli çakıltaşları. H : Çörtler. T :Turbiditler. B1 : Alt Birimien. B2 : Üst Birimien.

3. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışması boyunca :

- Mikroyapılar ile SMSZ arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılması (Senegal-Mali Shear Zone) için jeolojik yapıların belirlenmesi ve tanımlanması, makaslama zonu ile ilişkili yapıların yorumlanması (Riedel kırıkları, klivaj, lineasyon, tansiyon çatlakları ve fay üzerindeki yer değiştirmeler vb),
- SMSZ ve altın yataklarının tektonik geçmişinin çıkarılması için Paleo-stres'in yapılandırılması ile fay dinamiklerinin çalışılması,
- Mineralojik ve petrografik verilerin analizi ve yorumlanması için Stokvörk tipi kuvarslı altın damarının örneklenmesi çalışmaları yapılmıştır.

4. GOUNKOTO ALTIN MADENİNİN JEOLOJİSİ

Gounkoto altın madeni bir Güney Afrika şirketi olan Rangold Resource tarafından işletilmektedir. Açık ocak olarak işletme 2011'de başlamıştır ve hammadde Loulou fabrikasına kamyonlarla taşınmaktadır. Gounkoto ruhsatında P64 ve Faraba ek işletmeleri de yeralmaktadır. Teknik rapora (NI-43101) göre, kaynakları 2,65 milyon onz olarak, 6,29 g/t tenöründe 13.1 milyon ton olarak tahmin edilmiştir. Ana ortaklar % 80 ile Randgold Resources Limited şirketi ve % 20 ile Mali devletidir.

4.1. Genel Jeoloji

Gounkoto ruhsat sahasında Eburneen orojenezinden etkilenmiş Daléma (veya Kofi) serisinin formasyonları yüzlek vermektedir. Metamorfik kayaçlar çok evreli magmatizma ve tektonizma deformasyonlarına uğrayarak kıvrımlanmış ve kırıklanmışlardır (Stocwkell, 1982, Dimroth et al, 1983a, Oimroth et al. 1983, Card, 1990, Thurston ve Chivers, 1990, Corfu, 1993, Mason, 1995).

Tabaka doğrultuları genelde K ila KD arasında, eğim açıları 60-70 ° ila düşey arasındadır.

Altın madeni Senegal-Mali fay zonuna 1,7 km uzaklıkta ve K-G uzanımlı bir makaslama zonu içinde yeralmaktadır (Şekil 4.1). Cevher zonu 1,8 km uzunlukta, 800 m eninde ve 700 m yi aşan bir derinliktedir. Altını taşıyan kesimler değişik sedimanter birimlerde görülmektedir: killi şistli kuvarsitler, polijenik breşler, turmalinli grovaklar ve kuvarsitler. Cevher zonunda cevherleşmenin fay doğrultusu boyunca kontrol edildiği düşünülmektedir: cevherli zon esas olarak fayın doğu bloğunda ve makaslama zonunun içinde görülmektedir (Şekil 4.1). Cevherleşme önemli bir albitizasyonla beraber hematit ve dissemine sülfür, genellikle pirit, çökelmeleri ile karakteristiktir. Ocakta 5 cevherleşme zonu tespit edilmiştir: Mz1, ana zon, Mz2: ana zon, Mz4: ana zon ve Mz5: P64E ocağı. Bu zonlar Şekil 4.1'daki haritada gösterilmiştir: bu harita geçen ay ocakta arazide almış olduğum harita verileri ve madencilerin jeolojik araştırmalarından elde ettikleri verilerin sentezi ile oluşturulmuştur.

4.2. Tektonik Yapılar

Randgold jeologlarına göre Loulou-Gounkoto da gözlenen tektonik yapılar şöyledir (Şekil 4.1).

4.2.1. Senegal-Mali makaslama zonu

Bu zon, Falémé serisinin volkanotortul kayaçlarını Dalema (Kofi) serisinin tortullarından ayırmaktadır. Kédougou Kéniéba antiklinali boyunca 15 km kadar izlenebilir ve ana yapı olarak düşünülmektedir. Orojenik kuşaklardaki altın zenginleşmelerinde olduğu gibi (örneğin Yilgarn Kratonu, Batı Avustralya, Groves vd 2000) Senegal-Mali fay zonunun Kédougou Kéniéba antiklinalindeki altın cevherleşmelerinin kaynağı olduğu düşünülmektedir (Lawrence 2010). Gounkoto ocağı bu yapının 1,7 km doğusundadır. Yer yer belirsiz ve birbirine yaklaşık koşut birçok lineasyondan oluşmaktadır. Sol yönlü bir hareket vardır (Milesi vd 1989).

4.2.2. Yaléa makaslama zonu

Randgold jeologlarına göre, Yaléa yapısı Goldfringer sahası ile kuzeyde Boboto arasında 20 km kadar uzanmaktadır. KKD doğrultusunda (azimut 020 °) ve Senegal-Mali fayının ikinci derece kollarından biridir (Lawrence 2010). Üzerinde Yaléa altın madeni, P125, Loulou3, Loulou2, Loulou1 ve Boboto (hedef alan) bulunmaktadır.

4.2.3. Gara makaslama zonu

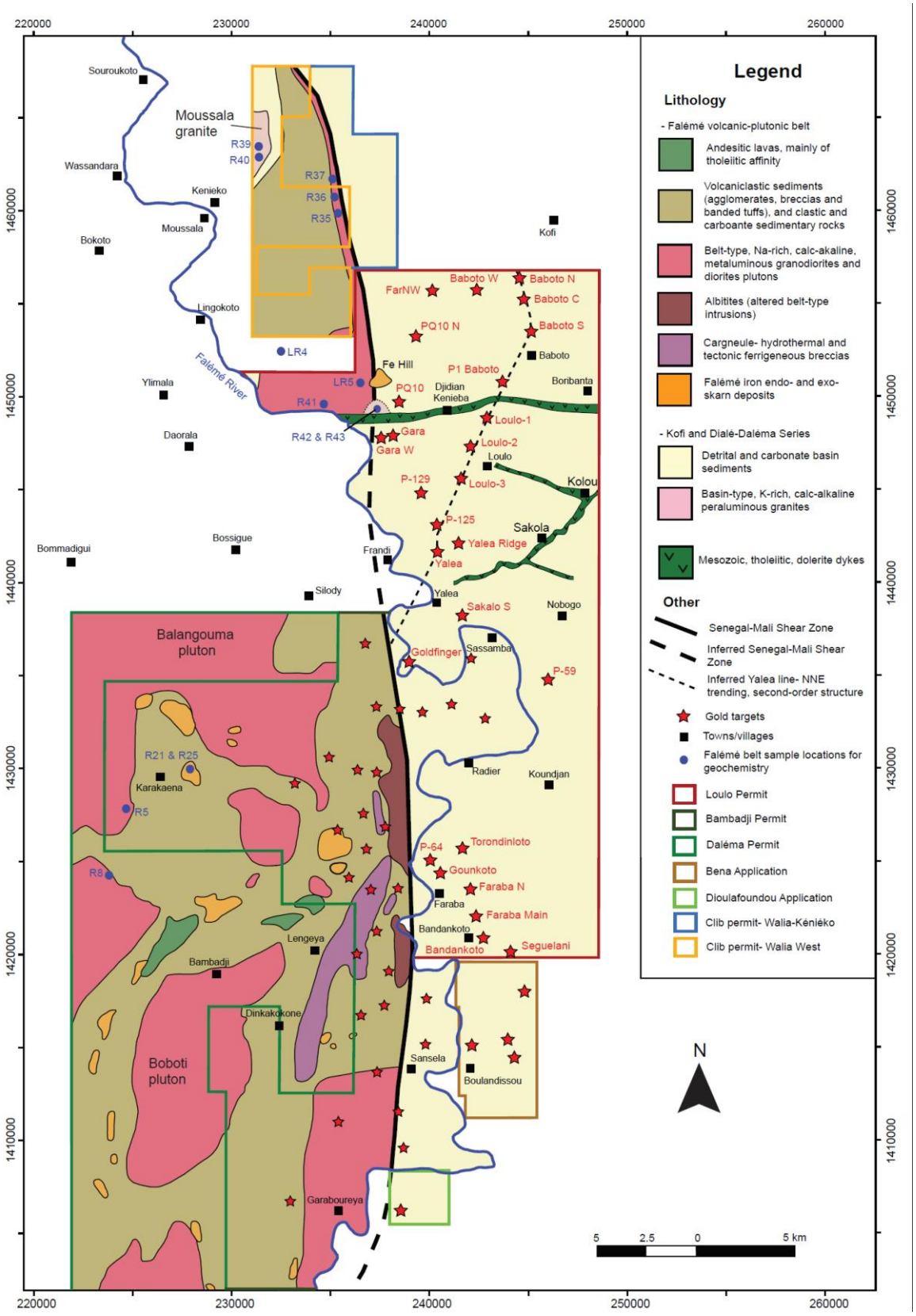
Bu yapı, Senegal-Mali fayının doğu yakınında ve Yaléa yapısının KD'sunda yeralan makroskopik bir kıvrımdır ve üzerinde Gara altın ocağı ile P129 bulunmaktadır (Lawrence 2010).

4.2.4. Faraba makaslama zonu

Gounkoto ruhsat sahasının güneyinde bulunmaktadır. Rangold araştırmacılarına göre, topraktaki birçok küçük paralel jeokimyasal anomaliler ve Djidian-Kéniéba'daki porfirlerle de ilişkili olabilecek dairesel anomaliye bağlı olarak bir fayın varlığı düşünülmüştür. Bu olası fayın Senegal-Mali fayının bir segmanı olabileceği kanısı vardır. Porfirler içindeki P129 sahası düşeye yakın ve batıya eğimli bu yapının üzerindedir.

4.2.5. Sakola makaslama zonu

Güneyde hedef zon Faraba'dan kuzeyde Sakola'ya kadar 15 km izlenebilen bu yapı, düşeye yakın eğimlidir ve üzerinde P64 sahası ve Bolibanta anomalisi yeralmaktadır.



Şekil 4.1. Bölge Haritası (Randgold 2009 tarafından tasarlandı)

5. BULGULAR

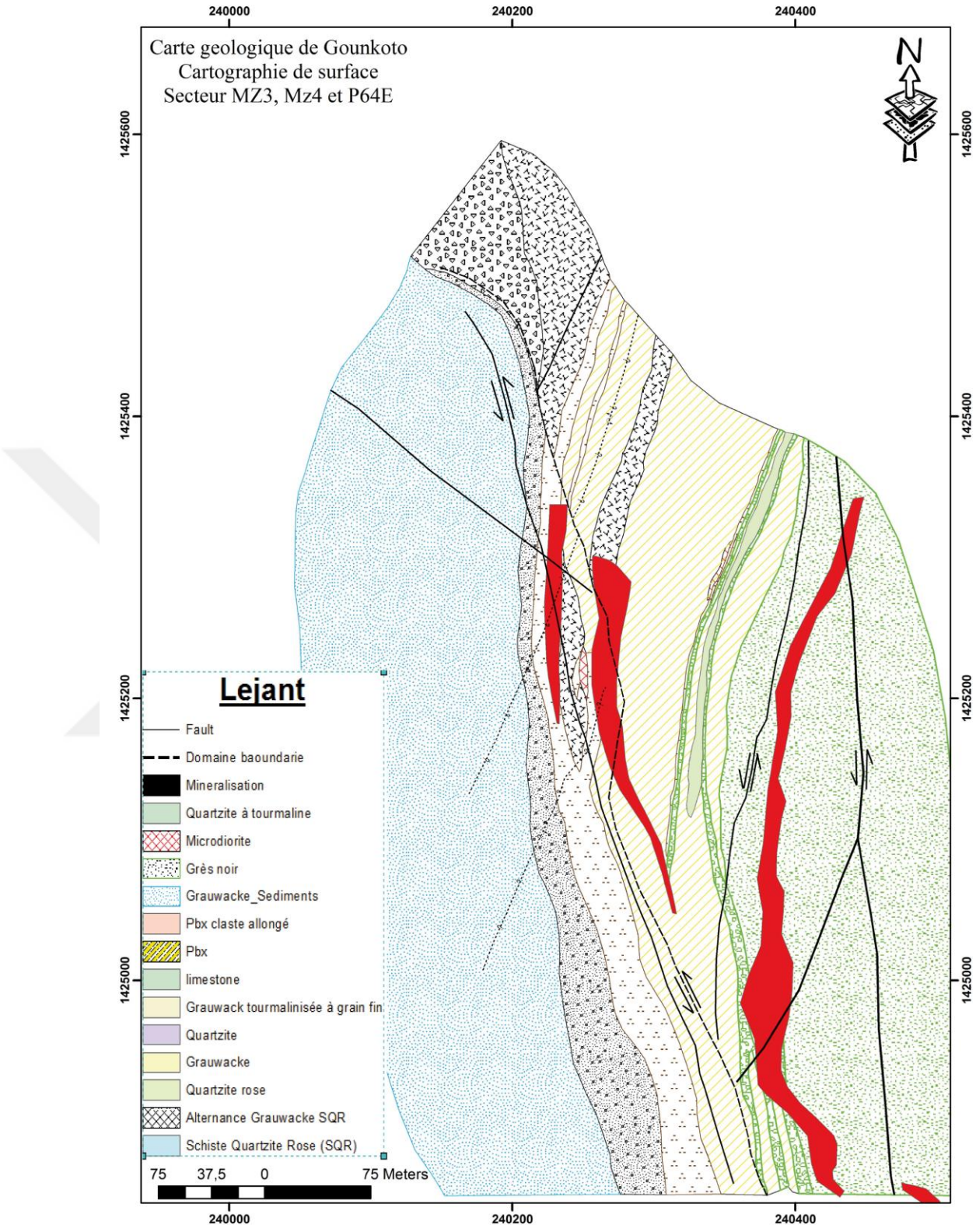
5.1. Jeolojik Harita Yapımı

Gunkoto maden sahası esas olarak 5 ana zona ayrılmıştır. Bunlar MZ1, MZ2, MZ3, MZ4 ve P64 E zonlarıdır.

Bu tez çalışması boyunca amaca uygun olarak deniz seviyesine göre 80 m. deki Gounkoto maden sahasının MZ3, MZ4 ve P64E maden zonlarına ait sahaların jeoloji haritası ilk kez bu çalışma ile yapılmıştır (Şekil 5.1A ve Şekil 5.1B).

Bu harita yapımı aşamasında ;

- Litostratigrafik süksesyonlar,
- Yapısal jeoloji (faylar, çatlaklar, tabakalı yapılar, foliasyon ve klivajlar),
- Mineral zenginleşmeleri ve alterasyonlar jeoloji haritasına işlenmiştir.



Şekil 5.1. Maden sahasında bu çalışma ile tamamlanmış olan bölüm

5.2. Litolojik Birimlerin Tanımlanması:

Gounkoto'da gözlemlenen formasyonlar

5.2.1. Siyah kumtaşları: (SDN)

Bunlar siyah ve grimsi renkte, sıklıkla albitizasyon ve silisifikasyona uğramış, klorit ve serizitli çökellerdir. Ocağın doğusunda ve ana tavan birimini oluştururlar ve cevherleşme geçirmemişlerdir.

5.2.2. Pembe killi kuvarsitler (şistoziteli): (SQR)

Yeşilimsi kumtaşları tabakaları ile ince koyu gri kloritik tabakaların ardışımlı serilerinden oluşmuştur. Esasında marnlı kumtaşlarından oluşan bu sekansta yer yer iyi gelişmiş bir şistozite görülmektedir. Serizit, klorit, muskovit, biyotit ve kuvarstan oluşmuşlardır. Bozunma (alterasyon) yer yer kuvvetli bir kloritizasyon, albitizasyon ve silisifikasyon şeklinde gözlemlenmektedir.

Hacim olarak ocağın ikinci büyük litolojik birimini oluşturmakta ve tavan birimi için ince ve duvar için kalın bir litolojidir.

5.2.3. Grovak: (Gr)

Kırıntılı bir tortul kayaç olan bu birimde gri yeşil renkli, klorit ve kil minerallerince zengin bir çimento içinde kuvars, feldspat, mika ve ince kayaç taneleri bulunan arenitler yeralmaktadır. Ocakta üç tipi görülmektedir: kaba taneli ve turmalinli grovak, orta kalınlıkta taneli turmalinli grovak ve turmalinsiz grovak. İlk ikisi genel olarak 4. ana cevherleşme (MZ4) ve P94 E cevherleşmenin duvarında ve Gounkoto cevherleşmesinde görülmektedir. Bu zonlarda yüksek sülfür içerikleri ve yüksek tenörler beraber bulunmaktadır.

5.2.4. Polijenik breş: (Pbx)

Polijenik, kötü boylanmalı kuvars, turmalinli kuvars ve açık gri kireçtaşı parçalarından oluşmaktadır. Parçalar köşeli veya yarı-köşelidir. Matriks kuvarstan oluşmuştur ve yer yer turmalinlidir. Bu breşler konglomeraların fasiyesine benzer bir fasiyestedir ve sıklıkla pekişmiş bir yüzeysel tabakanın az bir yerdeğiştirmesi ile parçalanmış ve çamurla hızla çimentolanmış döküntülerdir.

Ocağın kuzey ucu ile orta kesimlerinde bulunan breşlerdeki uzamış çakılların kökeni lokal bir makaslamadan kaynaklanmıştır.

5.2.5. Mikrodiyorit: (DOL)

Ortaç bileşimli siyah ve koyu gri, beyaz ve pembe fenokristalli intrüzyonlardır. Plajiyoklaz, karbonat, biyotit, klorit ve amfibollardan oluşmuştur. Yer yer yapraklanmalı olup ve makaslama izleri taşımaktadır. Bozunma klorit, silis ve karbonatlardan anlaşılmaktadır.

Ocakta sıklıkla metrik dayklar veya değişik alanlarda döküntü şeklinde görülmekte ve bulundukları yerlerde yapıların gözlenmesini güçleştirmektedirler. Genellikle koyu yeşille gri renkler arasında, masif ve kompakt halde bulunmaktadırlar.

5.2.6. Pembe kuvarsit : (QR)

İnce taneli, masif ve az killi, açık pembe ila kahve renkli bir birimdir. Rengin kuvarsitlerde silis-albit ve limonitik bozunmalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu yerel bozunma cevherleşme olayı ile ve küçük hacimli granitik sokulumlara bağlıdır.

5.2.7. Kireçtaşları: (CB)

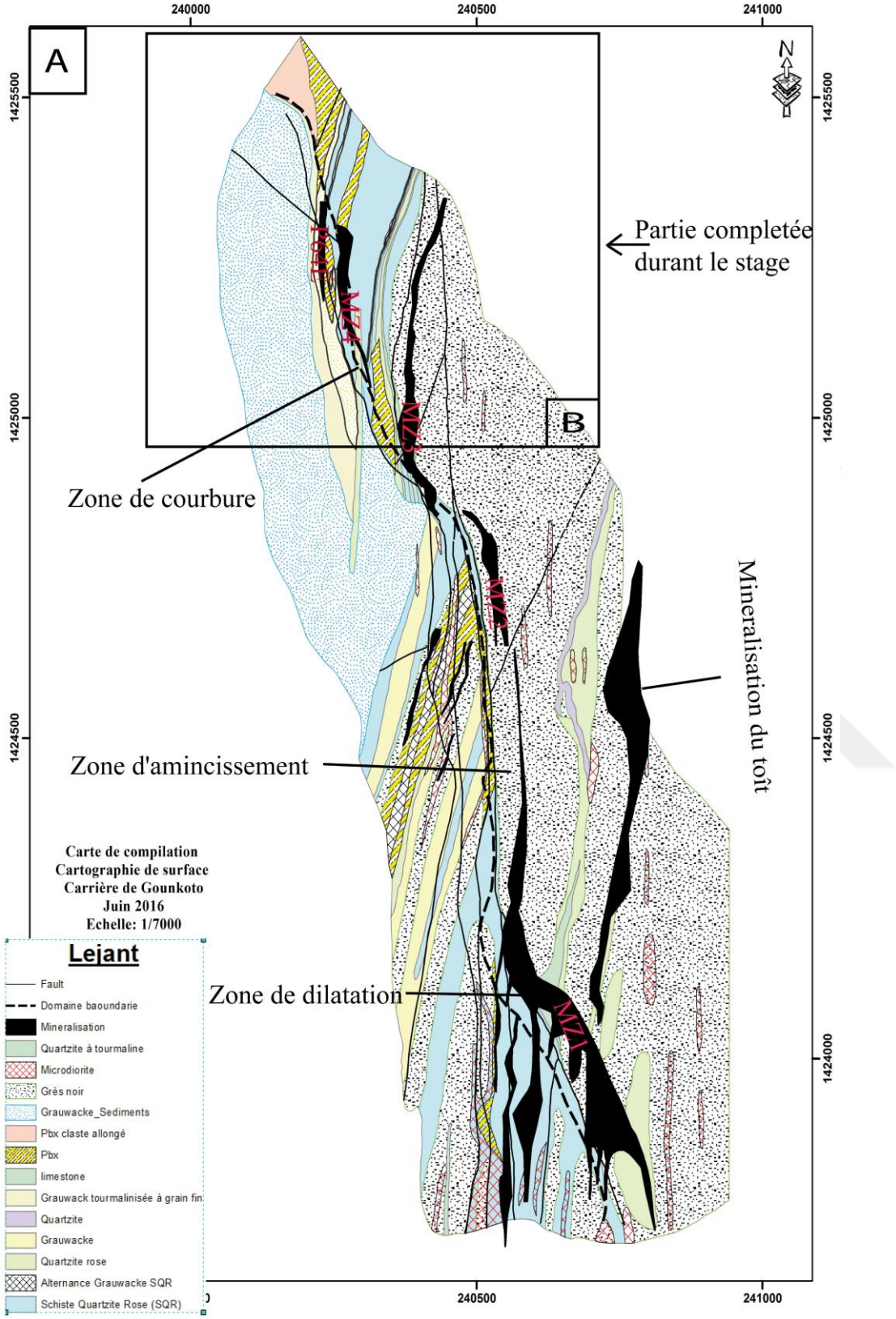
Kalsit, dolomit, grafit, klorit, plajyoklaz ve albitten oluşur. Dokuları makaslanmış, breşik ve düzgün tabakalıdır. Genellikle ocağın tavan kesimlerinde görülürler.

5.2.8. Gri kuvarsitler: (QG)

Gri renkte, masif ve ince ila orta kalınlıkta taneler içerirler. Köşeli ve az miktarda karbonatlı ve kuvars ve kalsit damarlıdırlar. Genelde kükürt içermezler.

5.2.9. Turmalinli kuvarsit: (QT)

Gri ila siyah renkli, orta kalınlıkla çok ince tane arasında değişen kırıntılı kayaçlardır. Sertlikleri hidrotermal süreçte geçirdikleri turmalinleşmeye bağlıdır.



Şekil 5.2. Ocağın derlenmiş haritası. Değişik seviyelerdeki ocak verilerinin aynı yükseklikteki bir düzleme izdüşümleri ile oluşturulmuştur. Kuzey kesimi arazi verileri ile gerçekleştirilmiştir

5.3. Paleogerilme Analizi

Tektonik yapıların (fay, klivaj, şistozite, damarlar vs.) ölçümleri ocakta 5 cevherleşme zonu için (MZ1, MZ2, MZ3, MZ4, P64 E) ayrı ayrı ve diedr yöntemi ile yapılmıştır. Çizelge 1'de elde edilen gerilme tansörlerinin parametreleri verilmiştir. Bunların tektonik yorumları sonraki bölümlerde verilecektir.

5.3.1. Paleostres oluşturma yöntemi

Kırılgan deformasyonun mikroyapıları (krık ve faylar) tektonik hareketlerin anlaşılmasında kullanılmaktadır (Delvaux ve Sperner 2003).

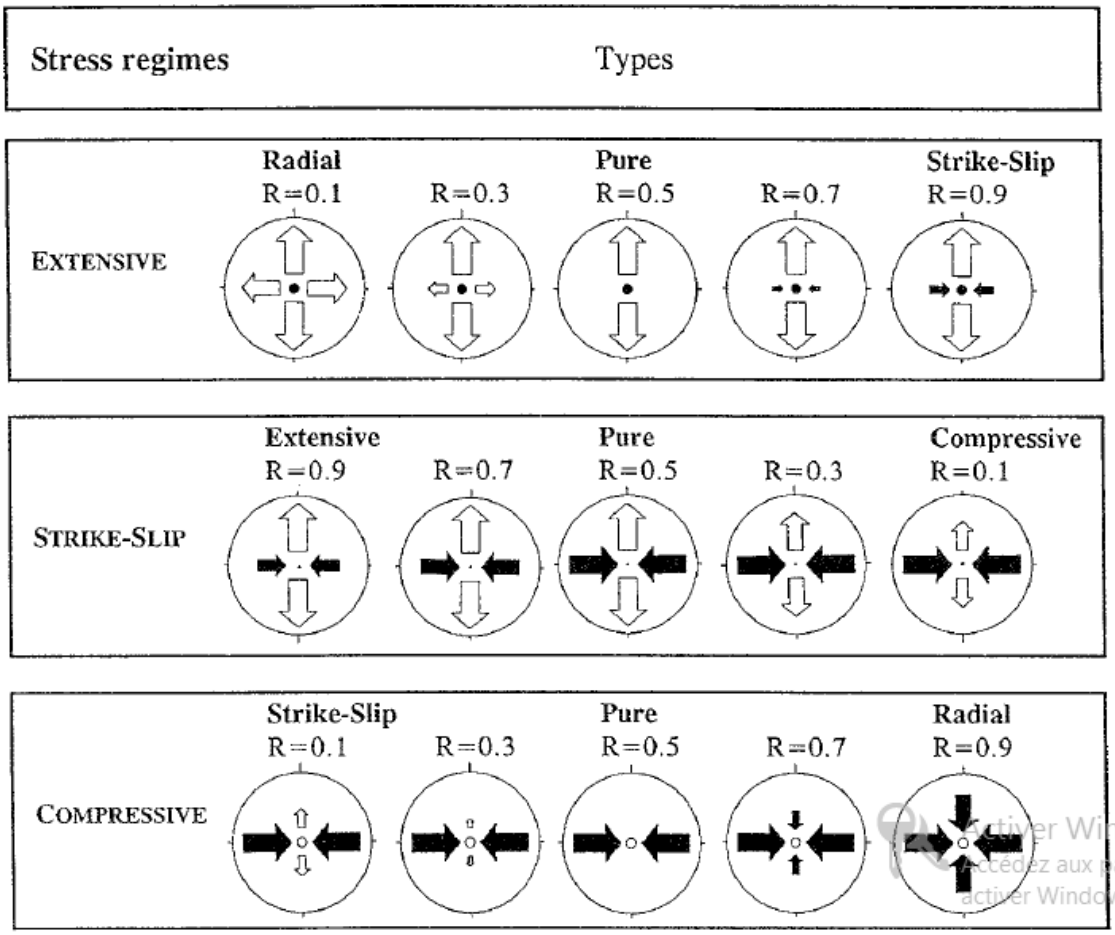
Gerilme tansörü Win Tensor yazılımı yardımıyla yapılmaktadır (Delvaux 1993). Kullanıcının gireceği ve arazide elde ettiği tektonik yapılar (kıvrım ekseni, şistozite, damarlar, faylar ...) yardımıyla oluşturulmaktadır.

Yöntemin ilkesi Bott'un (1959) bir fay düzlemi üzerindeki hareketin makaslama gerilmelerinin maksimum olduğu doğrultu boyunca olacağı hipotezine dayanır. Arazide bu fay lineasyonu veya fay çiziklerine karşılık gelir. Yazılıma girilecek fay bilgisinde fayın düzleminin doğrultusu, eğim açısı ve eğim yönü ile fay çiziğinin ölçümü yeralır.

Fay verilerinin girilmesi ile gerilme tansörüne ait 4 parametre elde edilir (Angelier, 1994): asal gerilme 1, σ1 (en büyük değerli gerilme), asal gerilme 2, σ2, (ara değerli gerilme) ve asal gerilme 3, σ3 (en küçük değerli gerilme) ve asal gerilmeler arasındaki oran, $R = (\sigma 2 - \sigma 3) / (\sigma 1 - \sigma 3)$.

Angélier ve Mechler (1997)'in diedr yöntemi ve 4 boyutlu optimizasyon yöntemleri (Delvaux 1993) kullanılarak 4 parametre saptanmıştır. Guiraud vd. (1989)'da olduğu gibi gerilmeler yapısal haritalar üzerinde ve yatay iki gerilme eksenleri olarak (SH mak)ve SHmin, sıkışma için içeriye dönük siyah oklarla, serbestleşme için dışarıya bakan beyaz oklarla ve R parametresine göre değişen boylarda gösterilmiştir.

Düşey eksen düşey sıkışmalı rejim renksiz bir çemberle, doğrultu atım için nokta ile ve serbestleşme rejimi için siyah çemberle gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Gerilme rejimlerinin tipleri ve harita üzerinde gösterimleri. Gerilmeler yatay iki gerilme eksenleri olarak (SH mak) ve SHmin, sıkışma için içeriye dönük siyah oklarla, serbestleşme için dışarıya bakan beyaz oklarla ve R parametresine göre değişen boylarda gösterilmiştir. Düşey eksen düşey sıkışmalı rejim renksiz bir çemberle, doğrultu atım için nokta ile ve serbestleşme rejimi için siyah çemberle gösterilmiştir

5.3.2. Kalite kriterleri

Elde edilen gerilme tansörlerinin güvenilirliği konusunda Delvaux (1997) tarafından önerilen bir istatistiksel yöntem kullanılmıştır. Buna göre: Q kalite katsayısı, ölçülen tektonik yapı sayısına (nt), gerilme tansörünü oluşturmak için kullanılan tektonik yapı sayısına (n) ve kayma farklarına (α) dayanmaktadır. A'dan (iyi) B'ye (az güvenilir) kadar ve >1,5 ila < 0,3 arasında değişmektedir. $Q = n\,(n/nt) / \alpha$

5.3.3. Gerilme rejimleri

Gerilme rejimi düşey asal gerilme ekseninin türüne bağlıdır: serbestleşme σ1 düşey ise, doğrultu atımlı σ2 düşey ise, ve sıkışma σ3 düşey ise (Delvaux vd 1997). Ayrıca sayısal olarak ta (Delvaux vd 1997) serbestleşmeli (R 0-1), doğrultu atımlı (2-1) veya sıkışmalı (2-3) ifade edilebilir.

5.3.4. Gerilme tansörlerindeki yaş sorunları

Bir gerilme tansörünün göreli yaşı fay düzlemleri ve fay çizikleri arasındaki ilişkilere ve bu tansörlerin elde edildiği kayaç birimlerinin yaşlarına bağlıdır (Eldeen vd

2002). Ayrıca yaş dolaylı olarak fayın düzlemi üzerindeki cevherleşme ve fay breşi/kilinin pekişmesinden çıkarılabilir. Epidot-klorit mineralleri krılgan ve derin fayların işaretçisi olabilirler. Hematit ise daha az bir derinliktedir. Pekişmiş bir fay breşi ve/veya kili daha yaşlı, pekişmemiş bir fay breşi ve/veya kili ise daha yüzeysel fay koşullarını gösterirler (Eldeen vd 2002).

5.3.5. Veri toplama

Arazide siyah kumtaşlarında şistozite düzlemlerinden ölçümler yapılmıştır.



Şekil 5.4. Siyah kumtaşları üzerinde ölçülmüş şistozite, MZ4 bölgesinden



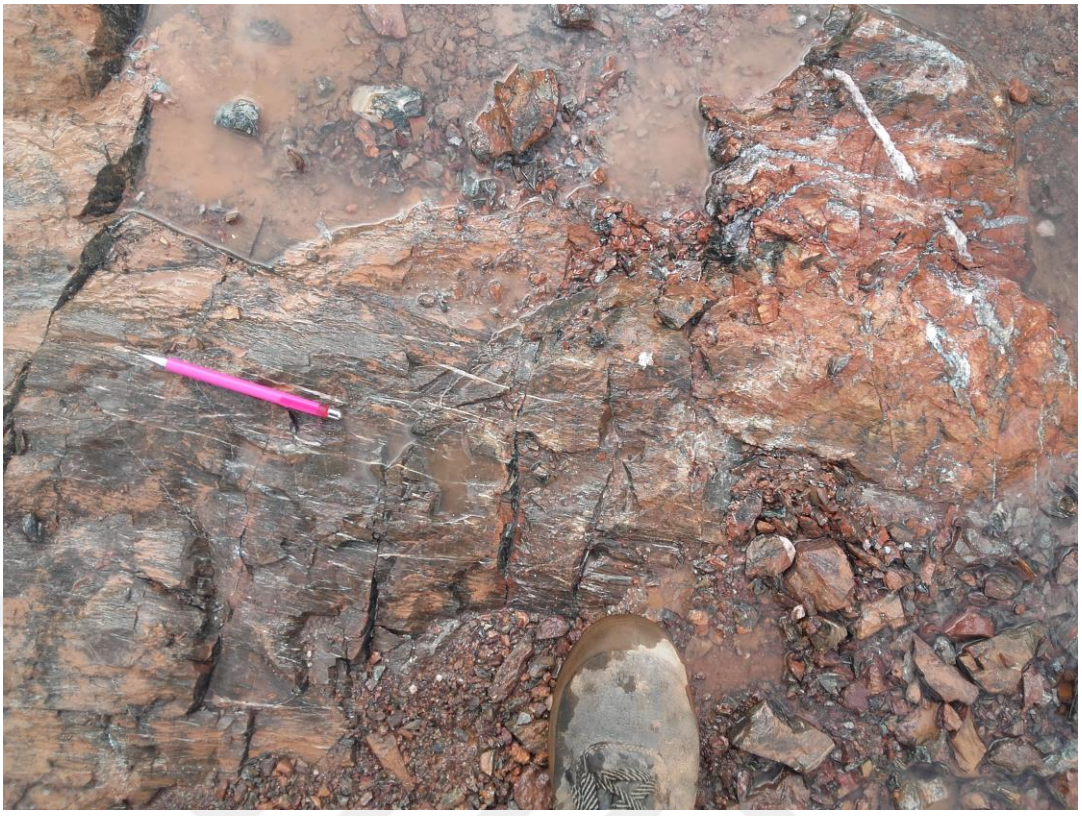
Şekil 5.5. Pembe kuvarsitlerde görülen foliasyonlar, MZ3 bölgesinden



Şekil 5.6. Turmalinli grovaklarda gözlenen fay çizikleri ve sol tarafta alterasyon zonu ve kırmızı renkli makaslama zonu görülmektedir



Şekil 5.7. Siyah kumtaşlarında kıvrımlı şistozite yapısı, MZ3 bölgesi



Şekil 5.8. Pembe kuvarsitler içerisinde kuvars damarları, MZ2 bölgesi

5.3.6. Analizler ve paleogerilmelerin oluşturulması

Değişik tektonik yapılarla (damarlar, yapraklanmalar, eklemler vs.) Gounkoto ocağındaki Dalem (Koffi) serilerinde, 5 zonda oluşturulan tansörlerle şu noktalar ortaya çıkmaktadır:

Çizelge 5.1. n: toplam veri sayısı %t: hesap için kullanılan verilerin yüzdesi, σ1, σ2 ve σ3: asal gerilmeler, dalım/doğrultu ve R = (σ2 - σ3) / (σ1- σ3), α: kayma açısı farkı.

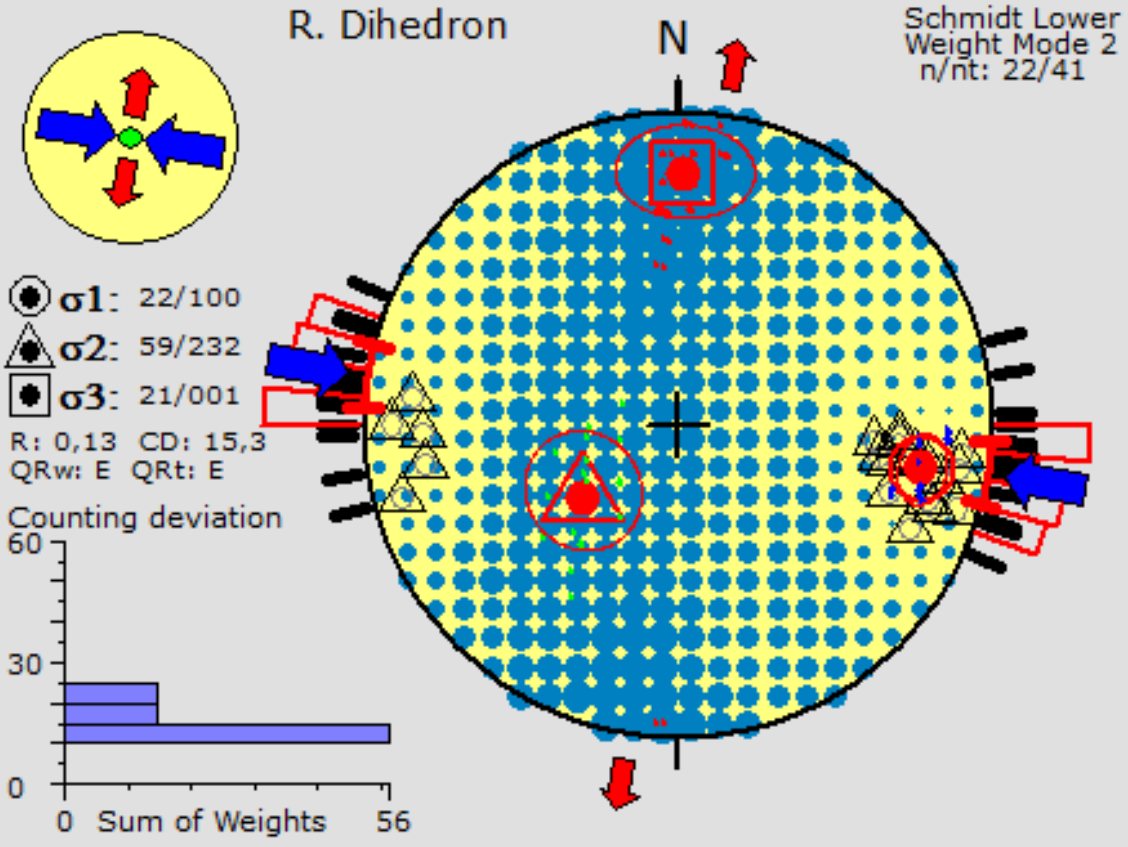
Zones	n	%/total	σ1	σ2	σ3	R	α	Gerilme Tipi
Mz1	41	56.1	22/100	59/232	21/001	0.13	17.4	Makaslamalı sıkışma
Mz2	11	72.7	02/8103	01/013	88/262	0.25	20.7	sıkışma
Mz3	35	100	18/112	51/225	34/010	0.31	26.5	Sıkışma + makaslama
Mz4/P64E	205	27.8	35/315	44/088	26/205	0.73	25.9	Net genişleme

5.3.6.1. Gounkoto (MZ1) ana cevherleşme zonu 1

Jeolojik olarak grovak, hidrotermal breşlerle arakatkılı pembe kuvarsit, siyah kumtaşı ve killi pembe kuvarsitlerden oluşmuştur. Mikrodiyoritlerin sokulumuna uğramışlardır.

Bu alanda fay zonu batıya doğru kavislenmektedir ve kayaçlar orta derecede yapraklanmışlardır.

Arazi verileri hem sıkışma hem de doğrultu atıma işaret etmektedir (Şekil 5.2). σ1 asal gerilmesi BKB-DGD doğrultusunda ve iyi tanımlanmıştır. R oranı 0'a yakın olduğundan σ2 ve σ3 iy tanımlanmamışlardır. Bu rejimin ya sıkışmalı ya da doğrultu atımlı olduğunu göstermektedir.

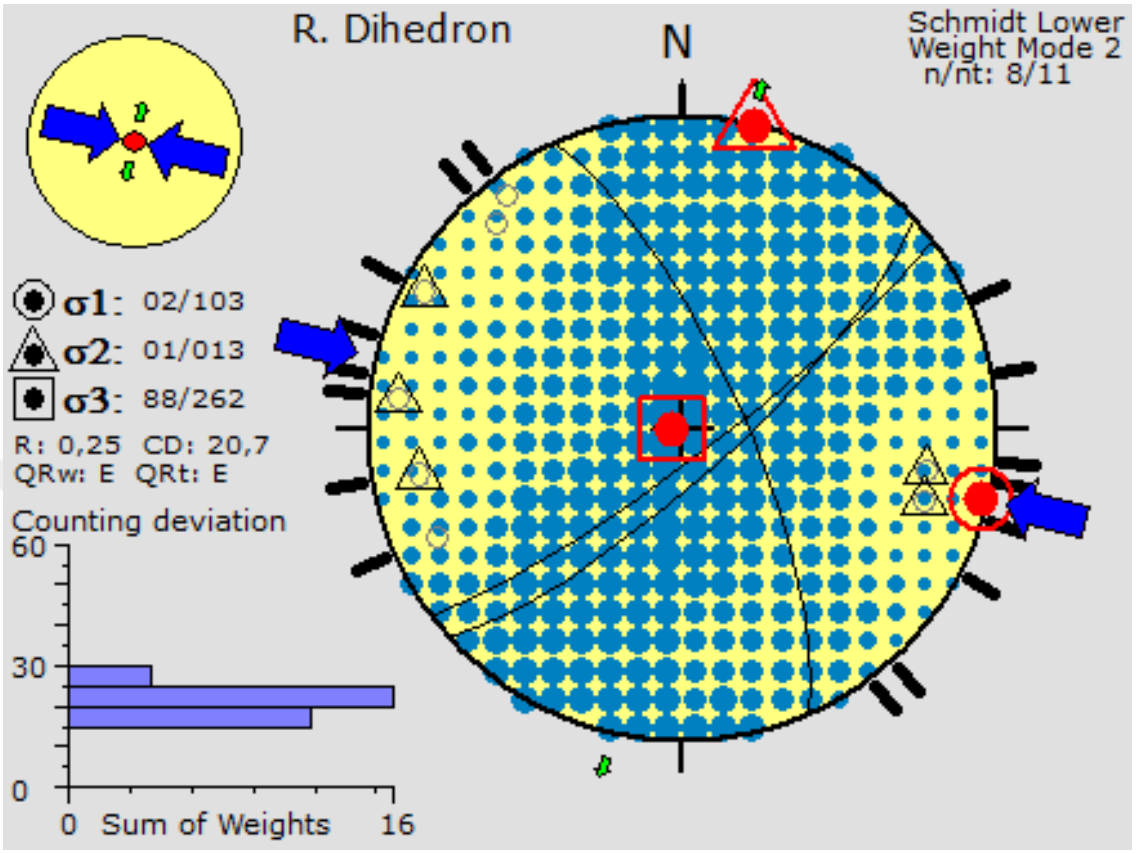


Şekil 5.9. Sıkıştırma ve genişleme

5.3.6.2. Ana cevherleşme zonu 2 (MZ2)

Alttaki 005° azimutunda ve 45° D eğiminde 8 m kalınlığında pembe kuvarsitlerin üzerine 015°/52° GD konumlu 6 m kalınlıkla hidrotermal breşlerle hepsini örten KKD doğrultulu ve yüksek eğimli siyah kumtaşları mevcuttur. Tüm bu formasyonlarda faylarla kesilmiş masif sülfürler vardır. Bu sektörde K-G doğrultulu fayda serbestleşmeli bir zon mevcuttur.

Verilerin analizi (Şekil 5.3) sıkışmalı ve az miktarda doğrultu atıma işaret etmektedir. MZ1 de olduğu gibi σ1 yatay BKB-DGD doğrultuludur. R oranı 0,25 yerel ve saf sıkışma ile doğrultu atım arasındadır.



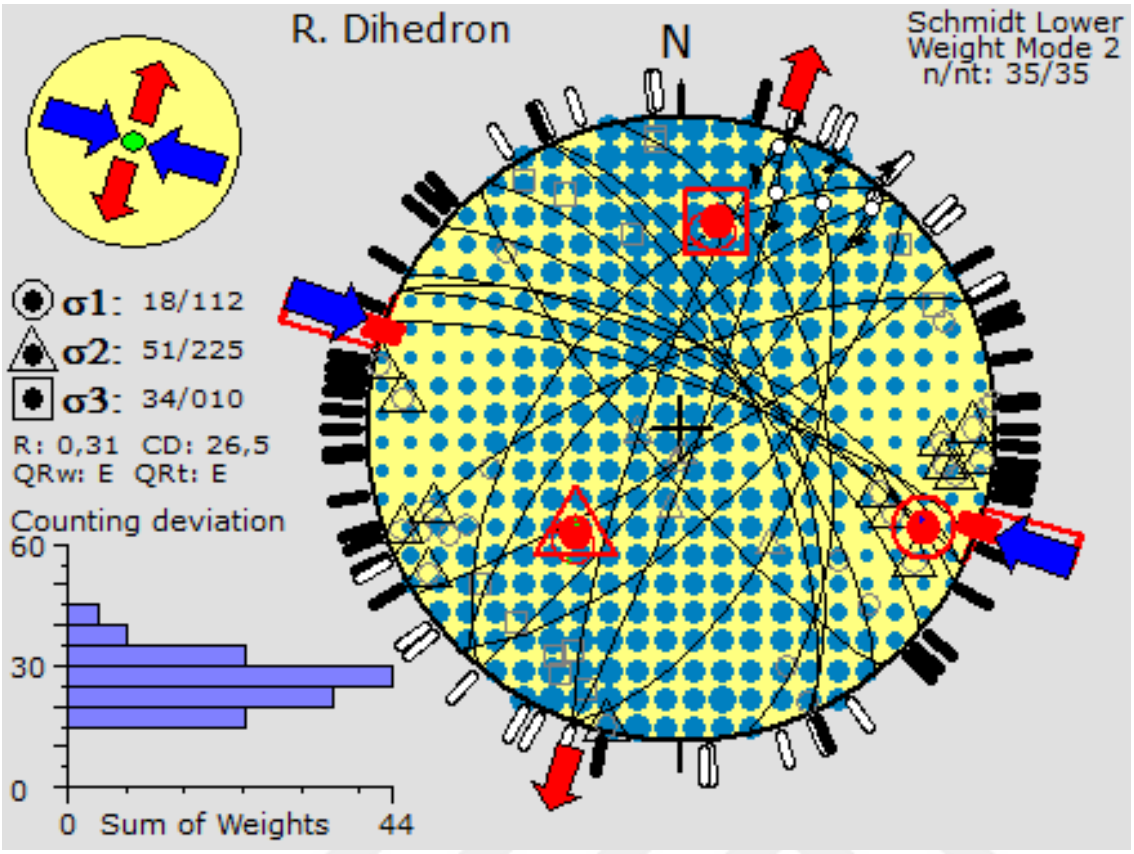
Şekil 5.10. Kesme ve sıkıştırma kuvvetleri

5.3.6.3. Ana cevherleşme zonu 3 (MZ3)

Siyak kumtaşları, grovaklar ve breşler bu zonun kayaçlarıdır.

Ana fay batıya doğru kavislenmektedir.

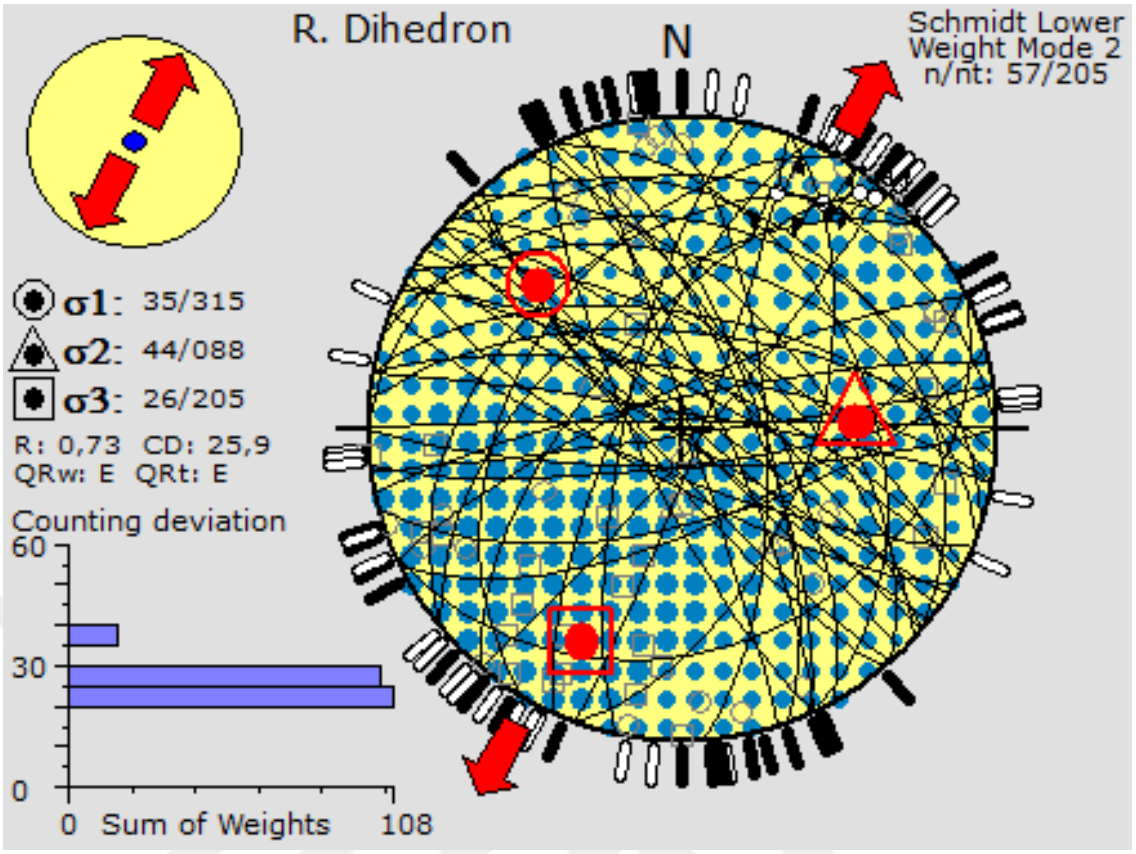
Zonun paleogerilmeleri (Şekil 5.4) düşey bir σ2 ile doğrultu atıma işaret etmektedir. Sıkışma ekseni σ1 yine BKB-DGD kalmakta ve σ3 iyi tanımlanmakta ve KKD-GGB uzanımındadır. 0,7 R değeri saf serbestleşme ile doğrultu atım arasında bir rejimi göstermektedir.



Şekil 5.11. Sıkıştırma ve genişleme

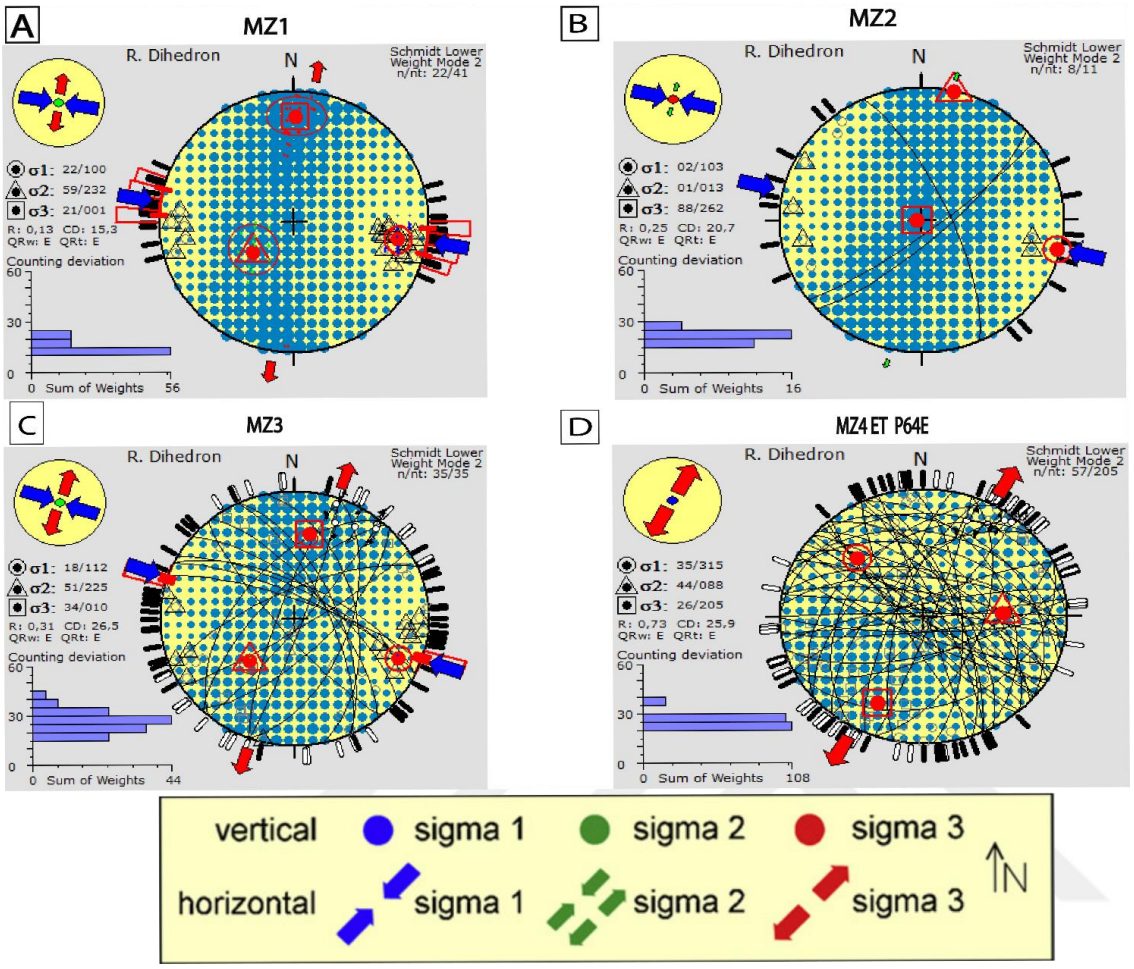
5.3.6.4. Ana cevherleşme zonu 4 ve 5 (MZ4 et P64E)

Burada breşler, grovaklar, turmalinki grovaklar ve killi kuvarsitler bulunmaktadır. Win Tensor analizi ile ortaya düşey σ1ile saf serbestleşme çıkmaktadır. σ3 KKD-GGB ve 0,7 R değeri saf serbestleşme ile doğrultu atım arasında bir rejimi göstermektedir(Şekil 5.5).

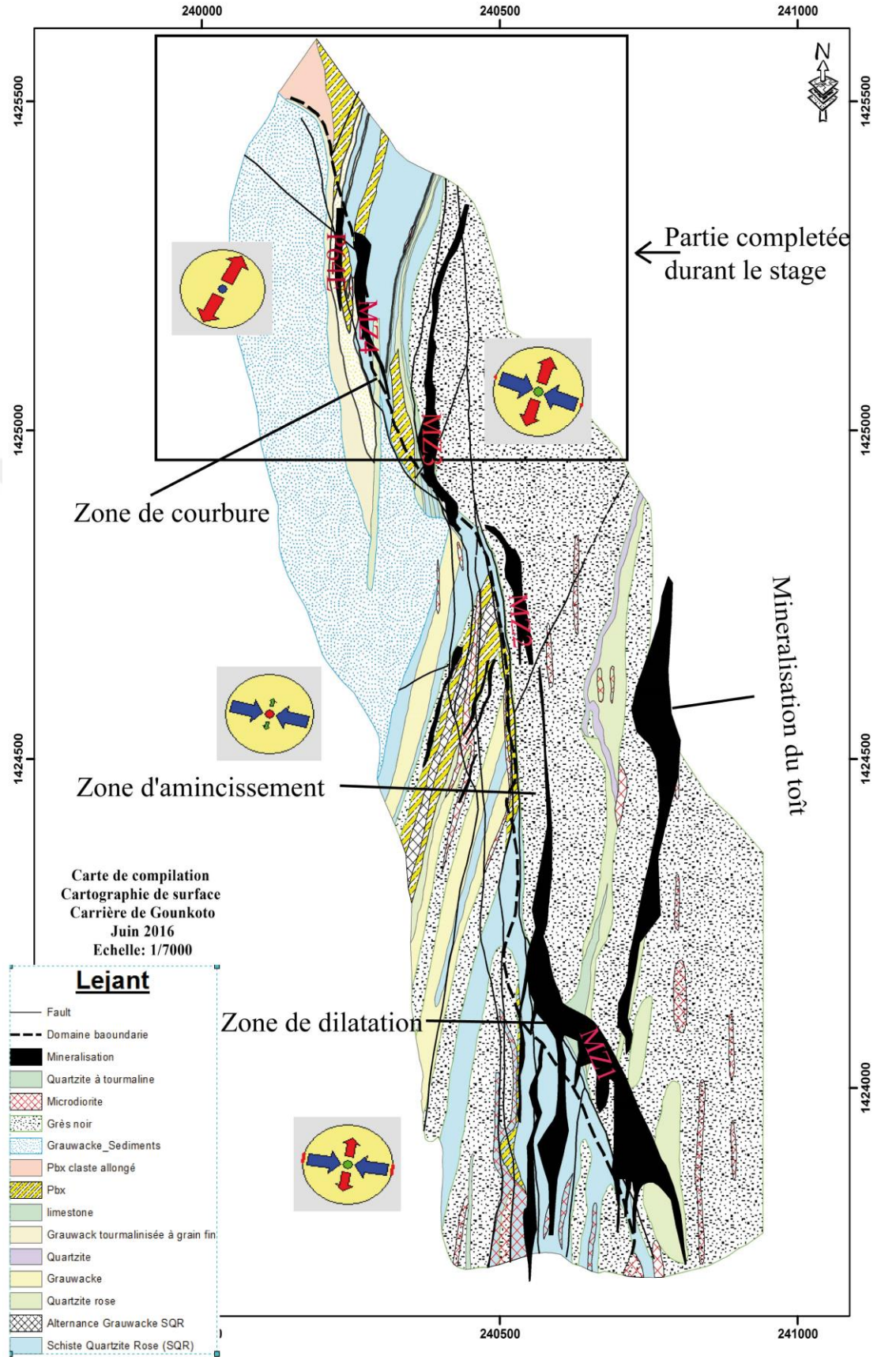


Şekil 5.12. Net Genişleme

Özet (recapitulatif)



Şekil 5.13. Gounkoto ocağında paleogerilmelerin ortaya çıkarılması



Şekil 5. 14. Gerilme tensörü ile jeoloji haritası

5.3.7. Tektonik yorum

Arazi çalışmalarımı yürüttüğüm ocak kısmı MZ4/P64E idi. Daha güneydeki zonlara zaman zaman gidebildim. Bu istasyonlar arasındaki tektonik yapı ölçüm sayıları arasındaki farkı doğurmuştur. Buna rağmen, elde edilen sonuçlar tüm ocak için sunulabilecek bir hale gelmiştir. Fay boyunca oluşturulan paleogerilme tansörleri farklı tektonik rejimlere işaret etmektedir.

σ1 ekseni daima BKB-DGD doğrultuludur fakat σ2 ve σ3 eksenleri σ1 ekseni etrafında dönmektedirler.

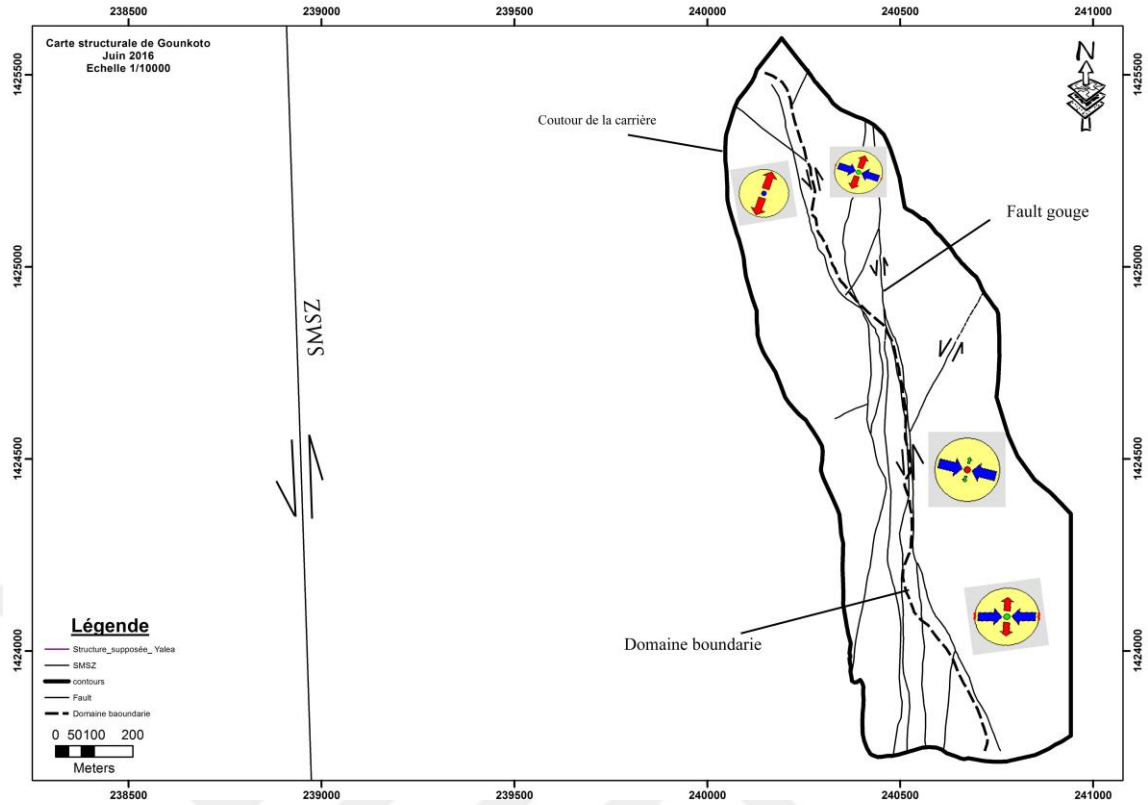
Fayın batıya kavislendiği sektörlerde minimum σ3 ekseni daha önem kazanmakta ve yatay konumda bulunmaktadır. Rejim sıkışmalıdır fakat KKD-GGB doğrultulu bir genişleme, hatta NZ4 için serbestleşmeli rejime geçmektedir. Bu kesimde fayın, sol yönlü hareketleri ile uyumlu ve rahatlamalı bir büklümü olduğunu önermekteyim.

MZ2 kesiminde, fay düz bir hattı K-G doğrultusunda izlemektedir. Paleostres tansörü doğrultu atımlı bir rejim vermektedir.

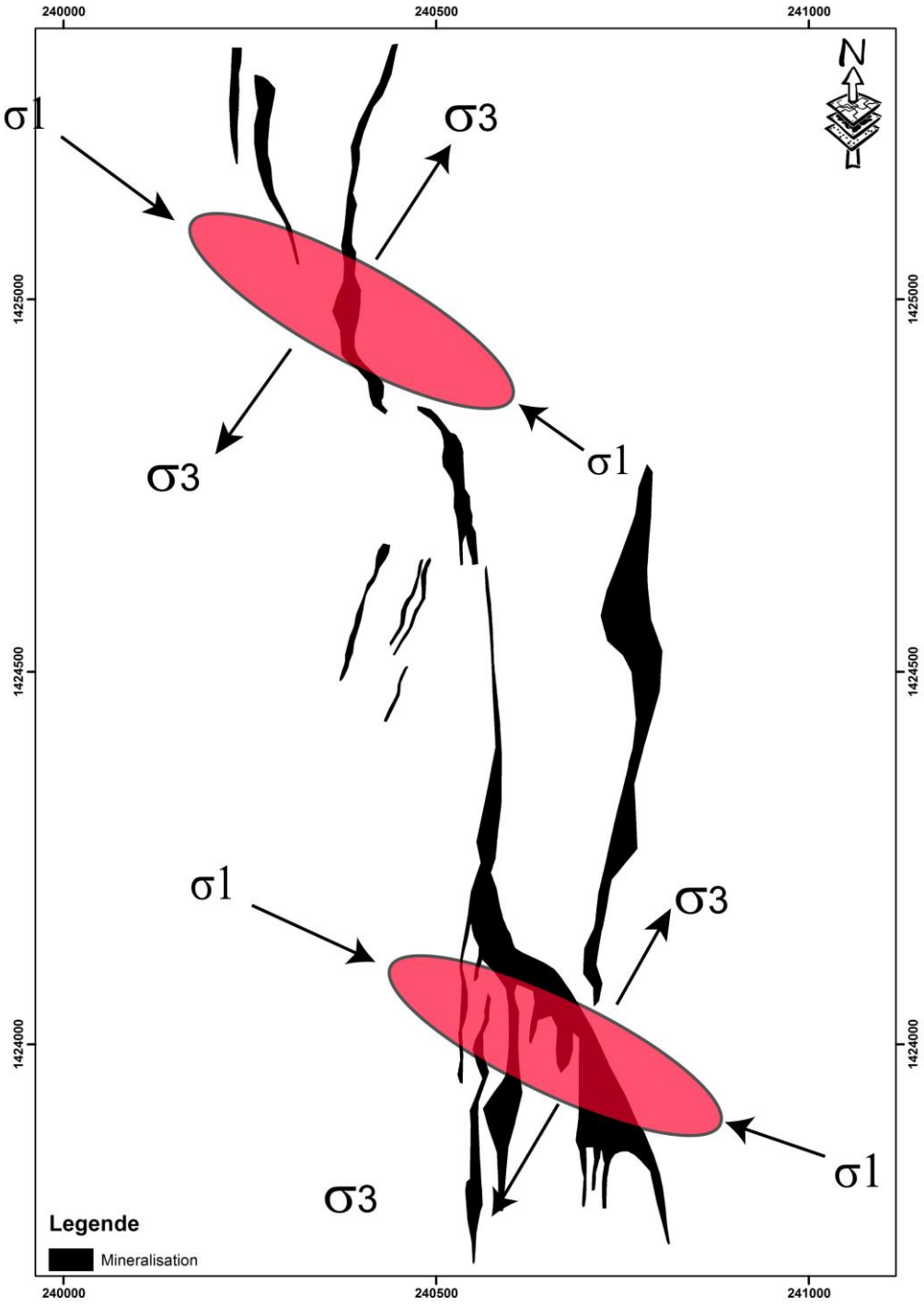
Genel olarak, Milesi vd. (1989)'nin D2 tektonik fazı doğrultu atım rejimidir. Bölgesel büyük yapıların oluşumuna ve ilk önemli K-G doğrultu atım rejiminin (örneğin sol yönlü ve yer yer bindirmeli Senegal-Mali fayı) ile KD-GB (Senegal-Mali fayının ikincil yapıları) yapılarının neden olmuştur.

Bu sonuçlar bize ocaktaki serbestleşmeli yapının Senegal-Mali fayına ait ve yine sol yönlü harekete sahip ikincil yapılarından biri olduğunu düşündürmektedir. Bu anlamda bu yapının Senegal-Mali fayının bir R Riedel kırığına karşılık geldiği söylenebilir.

Haritalama açısından, Gounkoto cevherleşmesini bu serbestleşmeli zonların varlığına bağlamak uygun olacaktır (Şekil 5.6'teki siyah bantlar)

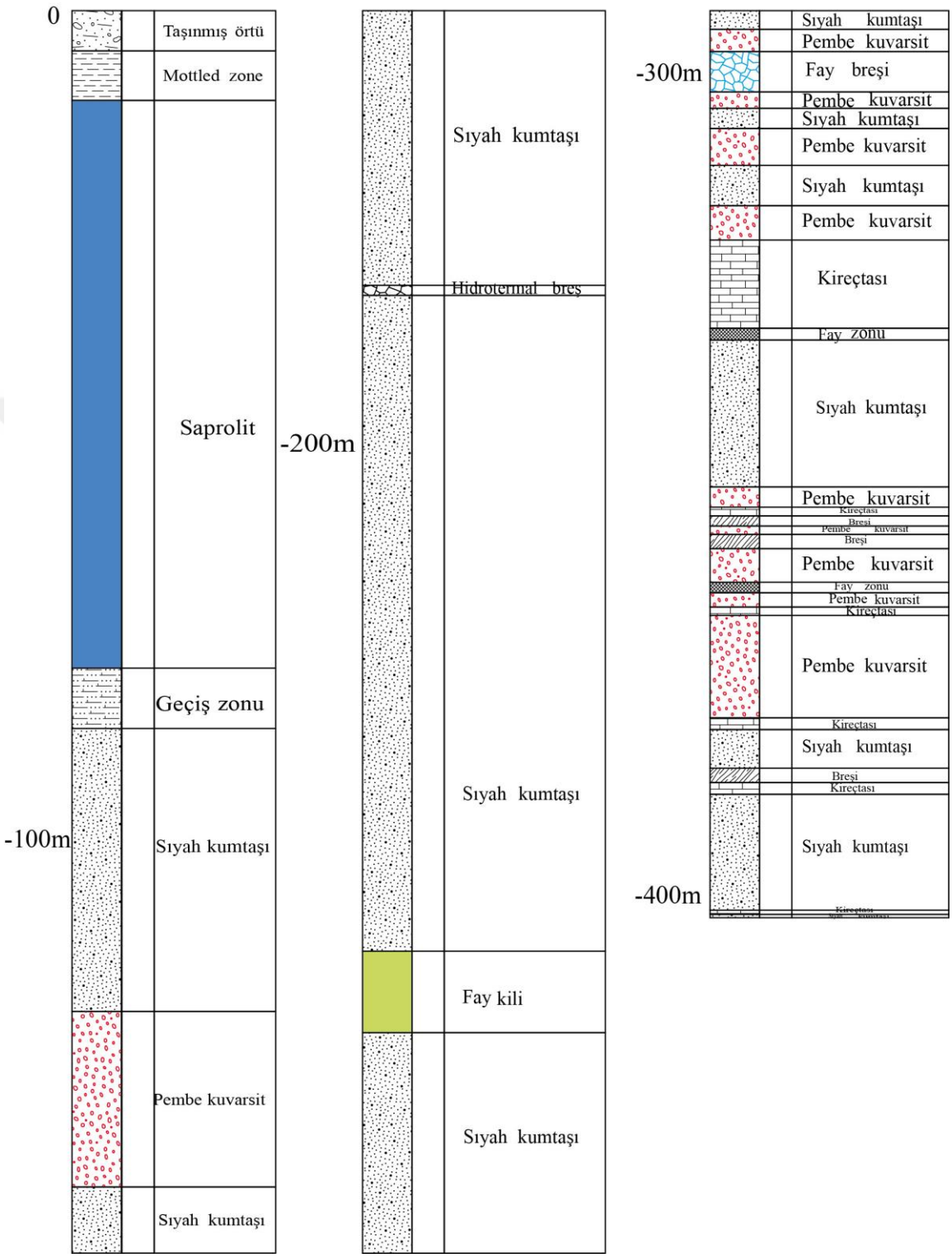


Şekil 5.15. Gounkoto maden sahasının yapısal haritası

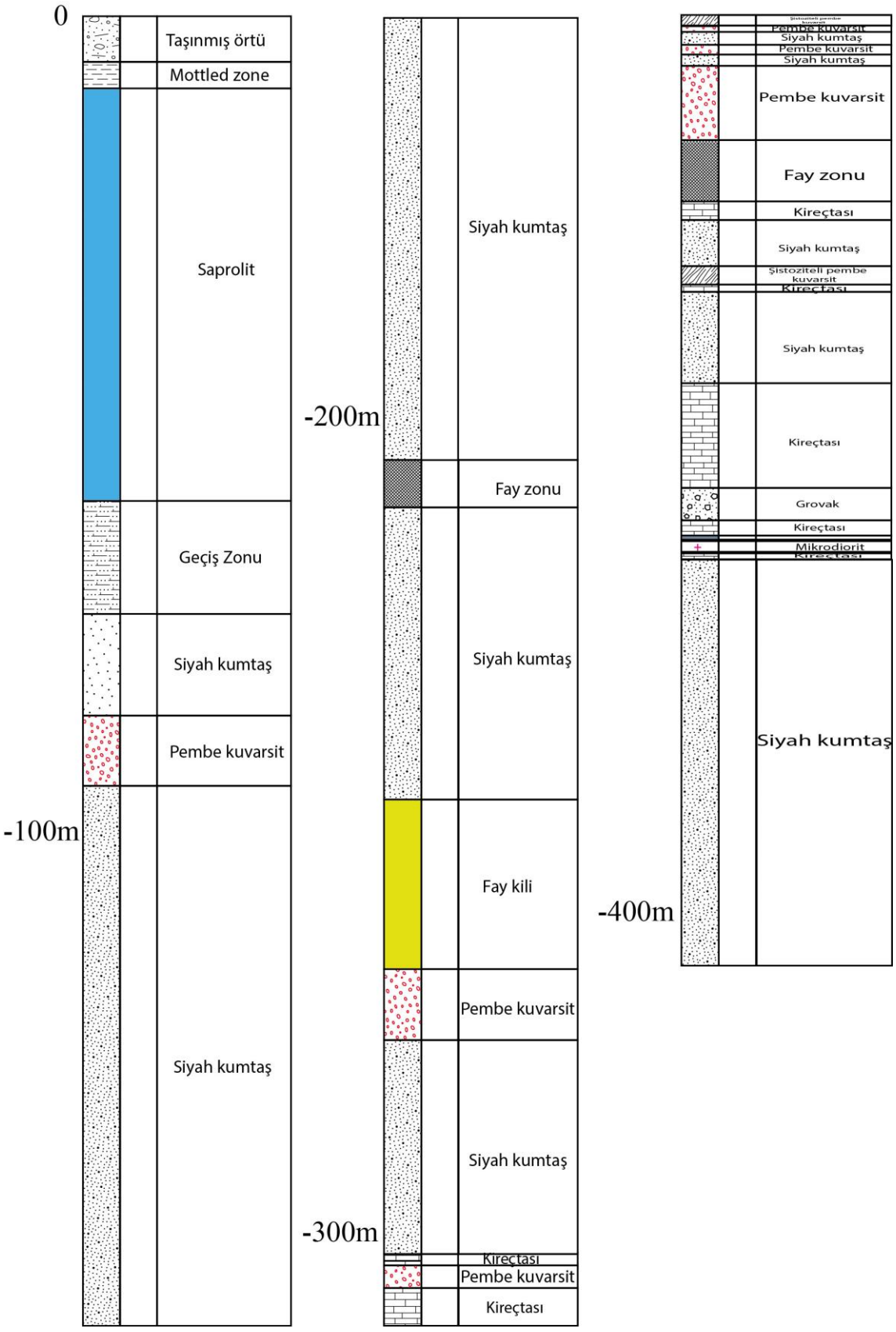


Şekil 5.16. Gounkoto maden sahası basitleştirilmiş cevherleşme haritası

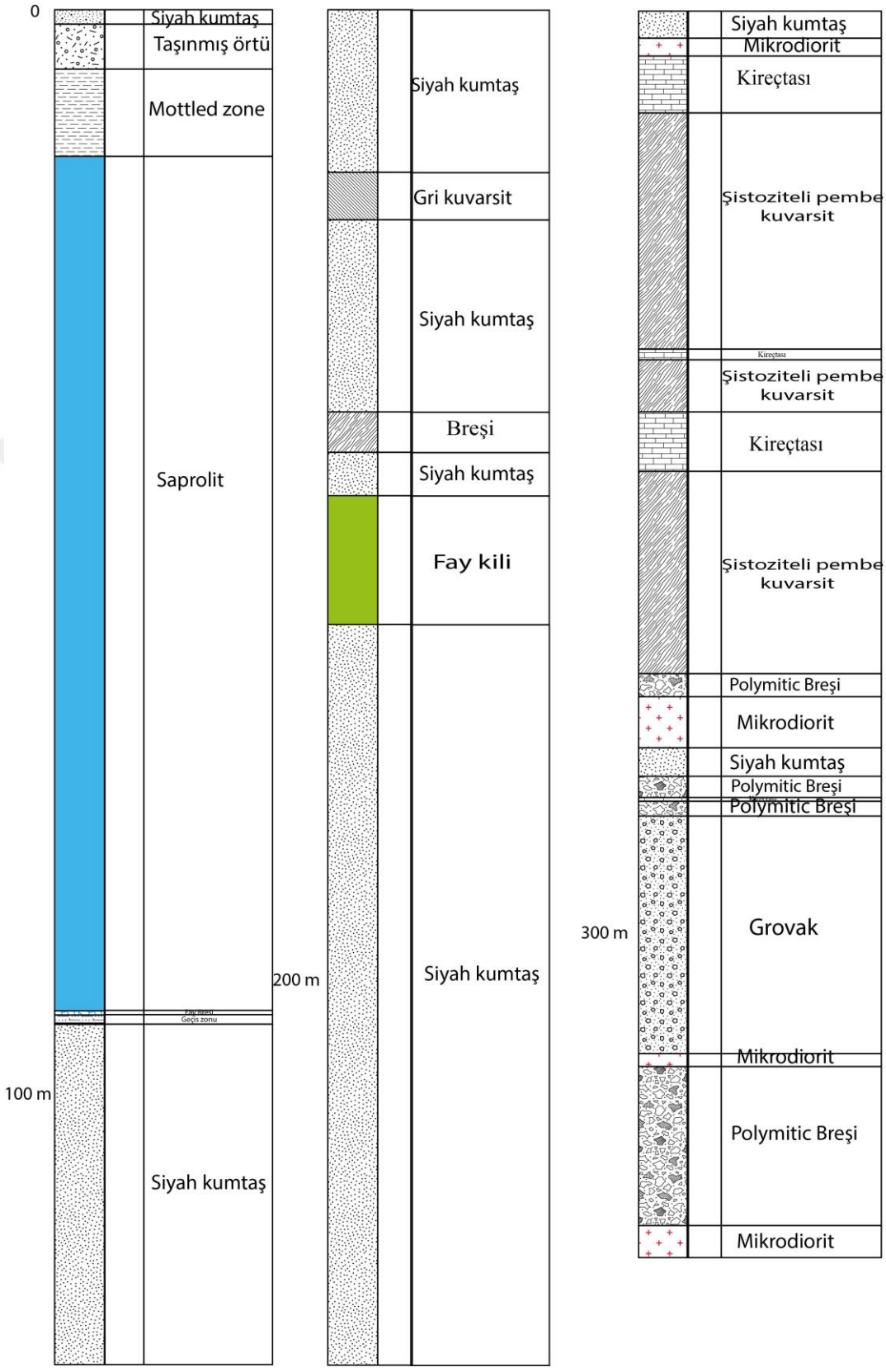
5.4. Sedimentoloji Çalışmaları



Şekil 5.17. Gounkoto maden ocagi lithostratigrafik kesiti kuyu 1



Şekil 5.18. Gounkoto maden ocagi lithostratigrafik kesiti kuyu 2



Şekil 5.19. Gounkoto maden ocagi lithostratigrafik kesiti kuyu 3

6. PETROGRAFİK ÇALIŞMALAR

6.1. Giriş

Daha öncede belirtildiği üzere, altınlı cevherleşmelerin yerleri tektonik bir ortamla açıklanabilir. Özellikle, fay zonunda fayın kavisleri veya segmanlarının sıçramaları (fault jumping) boyunca gelişen genişlemeli zonlarda akışkanların yerdeğiştirmeleri rahatlıkla olabilmektedir. Önceki çalışmalarda birçok cevherleşme evresi saptanmıştır. İlk evre manyetitçe zengin ve f-daha sonra silis-karbonat-pirit-altınca zengin bir akışkana işaret etmektedir. Son evre ise karbonat-klorit-manyetit-piritli bir akışkanla olmuştur.

Bu hipotezi deneştirmek amacı ile parajenez ve cevherleşmenin ayrıntılı olarak incelenebileceği bir örnekleme yapılmıştır. Zaman açısından bu araştırma (tam parajenez, sıvı kapanım, vs.) henüz bitirilememiştir fakat daha sonra gerçekleştirilecektir.

50 kadar örnek Geops laboratuvarında incelenmek üzere, staj süresince Gounkoto ocağından özellikle 1. Silisli-karbonatlı damarlardan ve 2. Ocağın 5. Zonundaki kükürtlü kayaçlardan alınmıştır. İlk elde, silisli-karbonatlı ve kükürtlü 11 örnekten (bulduru için Şekil 17'ye bakınız) 22 ince kesit yapılarak SEM mikroskopunda optik mikroskopta tanınması güç olan bazı mineral fazlarında niteliksel kimyasal analizler yapılmıştır (Eklere bakınız) .

6.2. Petrografik Tanımlamalar

Yönlü örnek : GKT MZ2-8



Lokasyon koordinat: 240450/1424751

Örnek tanımlaması:

Gounkoto altın sahası 2 no'lu bölgeden alınmıştr. Fay zonuna yakın bölgeden alınmış kayaç örneği bol kalsit damarlı ve sülfür içermektedir.

Yönlü örnek : GKT MZ2-10



Lokasyon koordinat: 240501/1424751

Örnek tanımlaması:

Gounkoto altın sahası 2 no'lu bölgeden alınmıştr. Fay zonuna yakın bölgeden alınmış kayaç örneği bol kalsit damarlı ve sülfür içermektedir. Ölge sınırına (domaine boundarie) yakın yerden alınmıştır.

Yönlü örnek : GKT MZ2-D5



Lokasyon koordinat: 240410/1424811

Örnek tanımlaması:

Gounkoto altın sahası 2 no'lu bölgeden alınmıştr. Hematit içeren diyoritik sokulum ve fay zonuna yakın yerden alınmıştır.

Yönlü örnek : GKT P64-1



Lokasyon koordinat: 240185/1425280

Örnek tanımlaması:

Gounkoto altın sahası 3 no'lu bölgeden alınmıştr. Fayların arttığı zona yakın yerden alınmıştır.

Yönlü örnek: GKT P64-3

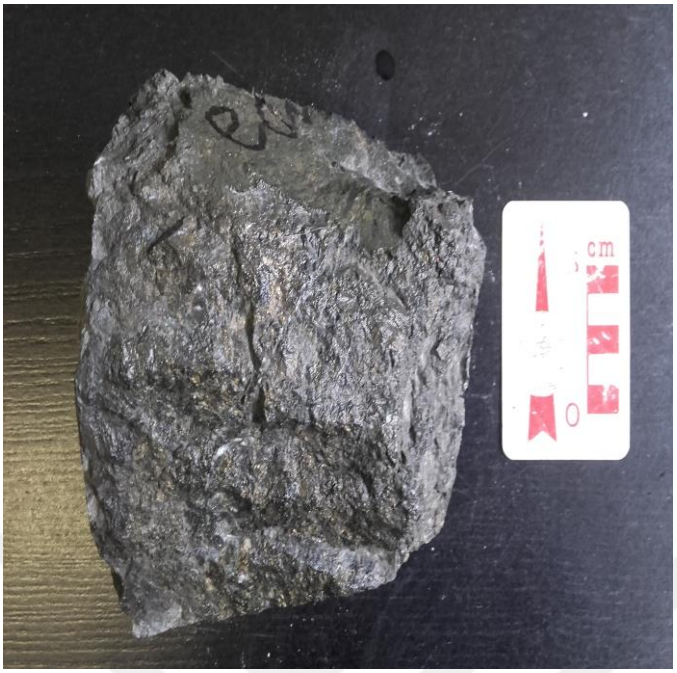


Lokasyon koordinat: 240186/1425330

Örnek tanımlaması:

Gounkoto altın sahası 3 ve 4 no'lu bölgelerden alınmıştr. Grovak – ince sedimanların ardalanmasını kesen fay zonundan alınmıştır. Mikrosutruktur ve petrografik etüd amacıyla alınmıştır.

Yönlü örnek : GKT P64-4



Lokasyon koordinat: 240222/1425410

Örnek tanımlaması:

Gounkoto altın sahası 3 no'lu bölgedeki bölge sınırından (domain boundarie) alınmıştır.

Yönlü örnek: GKT MZ2-5

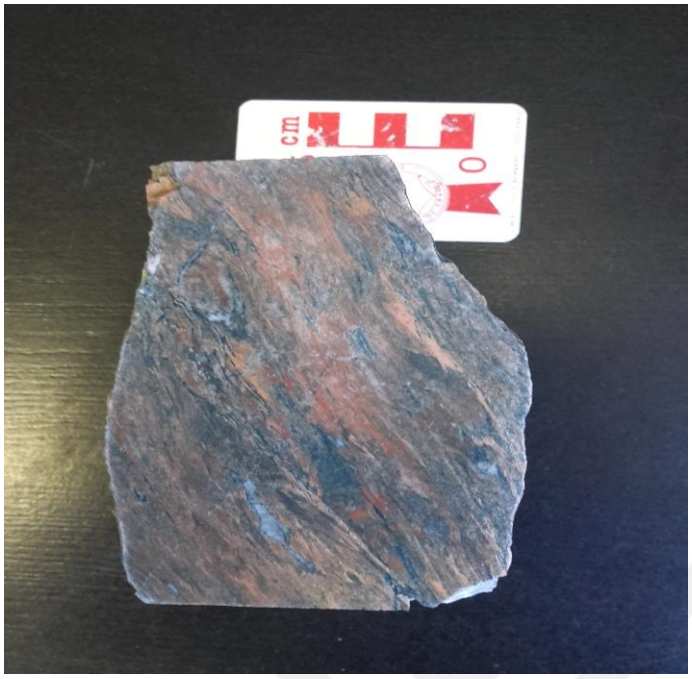


Lokasyon koordinat: 240476/1424728

Örnek tanımlaması:

Gounkoto altın sahası 2 no'lu bölgedeki grovak- pembe kuvarslı şistlerin ardalanmalı kontak zonundan alınmıştır. Fay zonunu temsil eder.

Yönlü örnek: GKT MZ2-7



Lokasyon koordinat: 240470/1424770

Örnek tanımlaması:

Pembe kuvarslı şist. Gounkoto altın sahası 2 no'lu bölgede Bölge sınırına (domain boundarie) yakın fay zonundan alınmıştır.

Yönlü örnek : GKT Mz2-D10



Lokasyon koordinat: 240459/1424773

Örnek tanımlaması:

Pembe kuvarslı şist. Gounkoto altın sahası 2 no'lu bölgedeki bölge sınırı (domain boundarie) ile fay zonu arasından alınmıştır. Microsutrukturu incelemek amaçlı alınmış bir örnektir.

Yönlü örnek: GKT MZ2-D7



Lokasyon koordinat: 240470/1424770

Örnek tanımlaması:

Pembe kuvarslı şist ve polimiktik breş hidrotermal (PBX) arasında fay zonundan alınmıştır.

Yönlü örnek : GKT MZ1-9

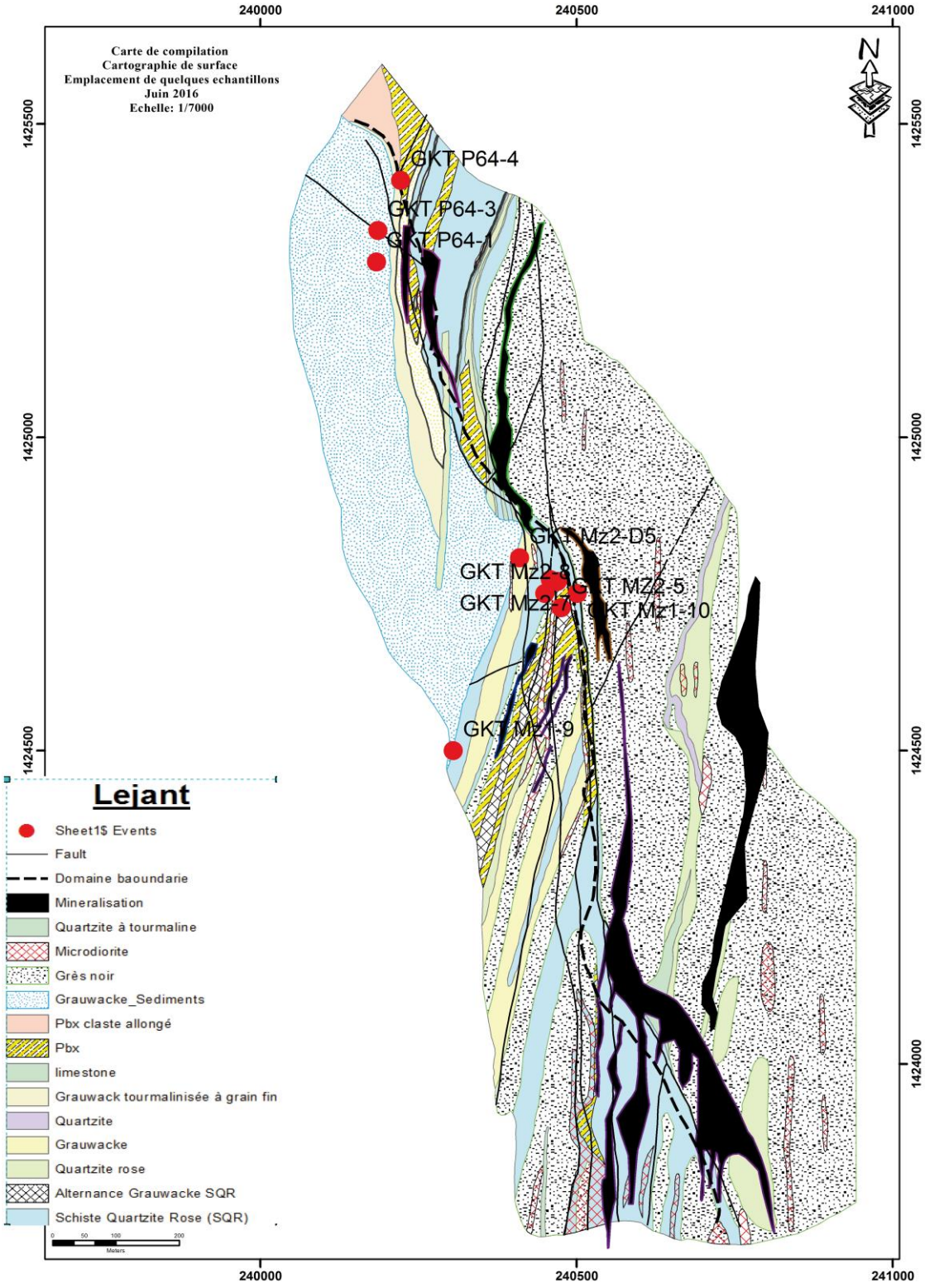


Lokasyon koordinat: 240470/1424770

Örnek tanımlaması:

Pembe kuvarslı şist ve ince taneli sediman kontak zonundan alınmıştır

.



Şekil 6.1. Ocaktan alınan örneklerin yerlerini gösteren lokasyon haritası

6.3. Kayaçların Petrografik Özellikleri

Örnek GKT MZ2-8:

Gounkoto Anazon 2 deki (MZ2) altın cevherleşmesi içerisinden alınmıştır. Örnekler içerisinde deforme damarlar görülür.

Elektron mikroskop sonuçları aşağıdaki gibidir:

Örnek GKT MZ2-8
Klorit (Fe, Mg, Al) $_6$(Si, Al) $_4$ O_{10} (OH) $_8$: 4 wt % de Fe ,3 wt% Mg, 2 wt% Al, 3 wt% silice, 58 wt% O2
Dolomit CaMg $(CO_3)_2$: 8 wt% de calcium, 2 wt% Mg, et 7 wt% d'O2.
Apatit $Ca_5(PO_4)_3(OH, Cl, F)$: 7 wt% Ca, 12 wt% O_2, 2 wt% P
Pirit FeS_2 : 12 wt% S, 13 wt% Fe, 25 wt% de O et 3 wt% Si

Dolomitler sülfür (pirit) kütlesi içerisinde bulunurlar. Pirit mineralleşmesi klorit içerisinde oluşumunu sürdürür. Dolomit, pirit, klorit ve apatit mineralleşmesi silis kütlesi içerisinde görülmektedir (Şekil 20.A)

İncekesit petrografisine göre ferromagnezyenlerin alterasyonu sülfür mineralizasyonunu arttırdığı düşünülmektedir.

Örnek GKT MZ2-D5 :

Gounkoto Anazon 2 deki (MZ2) altın cevherleşmesi içerisinden alınmıştır,

Elektron mikroskop sonuçları aşağıdaki gibidir :

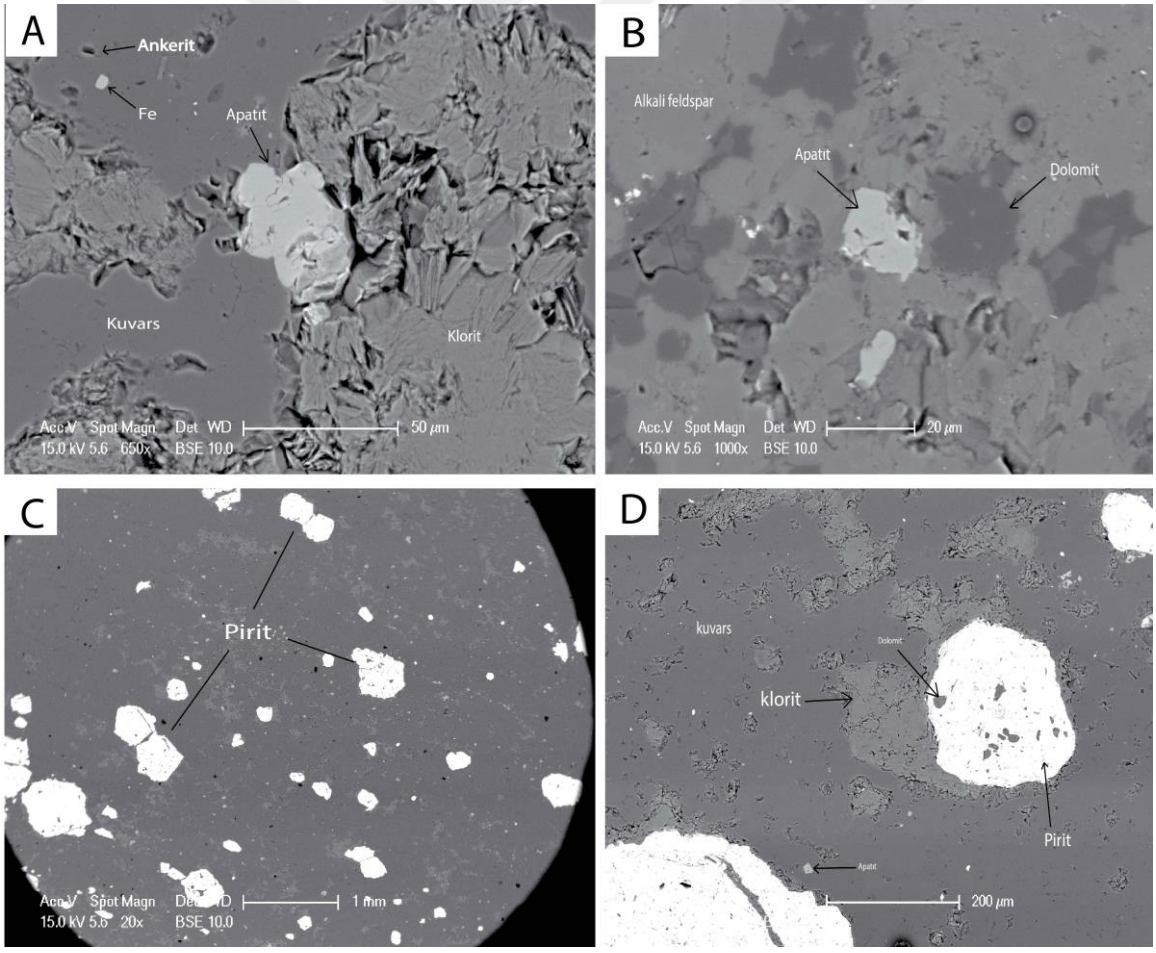
Örnek GKT MZ2-D5
Dolomit CaMg $(CO_3)_2$: 8 wt% Ca, 2 wt% Mg et 5 wt% O_2
Alkali feldspar: 8 wt% Si, 5 wt% K et 2 wt% d'Al
Apatit : 15 wt% de Ca, 4 wt% de P et 12% d'O_2.
Titanyum Dioksit: 12 wt% Ti, 6 wt% Fe et 11 wt% O_2
Klorit: 3 wt% Fe, 4 wt% Si, 2 wt Al, 3 wt% Mg et 9 wt% O_2.
Ankerit Ca (Fe,Mg,Mn)$(CO_3)_2$: 4 wt% Ca, 12 wt% Fe, 2% Mg
Kalsiyum karbonat: 17 wt% Ca et 6.82 wt% O_2
Monazit (Ce, La, Nd, Th) PO4 : 14 wt% Ce, 7 wt% La, 5 wt% Nd, 3 wt% P, 9 wt% O_2
Zirkon (ZrSiO4) : 3 wt% Zr, 1 wt% Si, 6 wt% O_2 et 5 wt% Ca

Örnek GKT MZ2-10:

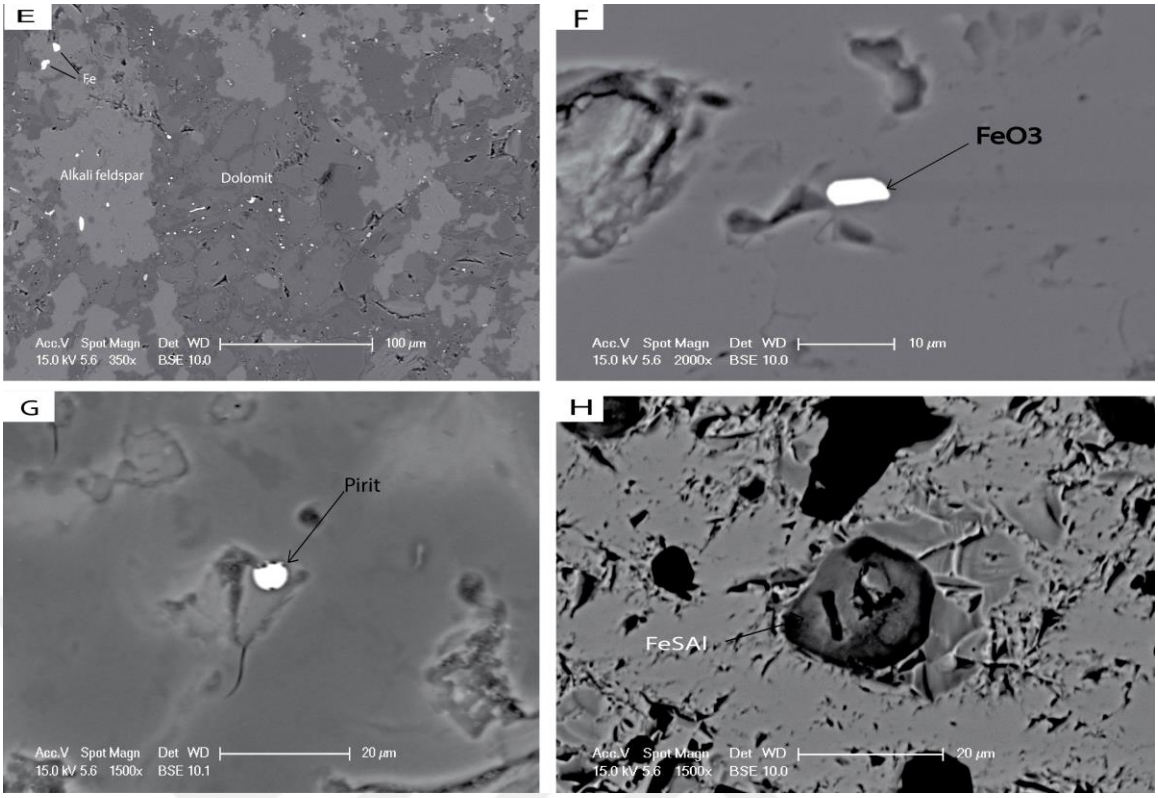
Bu örnek fay zonu içerisinden alınmıştır. Gounkoto MZ2 anazonu bölge sınırı ile faysınırı arasından alınmıştır (Şekil 19). Çok fazla sülfür içerir.

Elektron mikroskop sonuçları aşağıdaki gibidir :

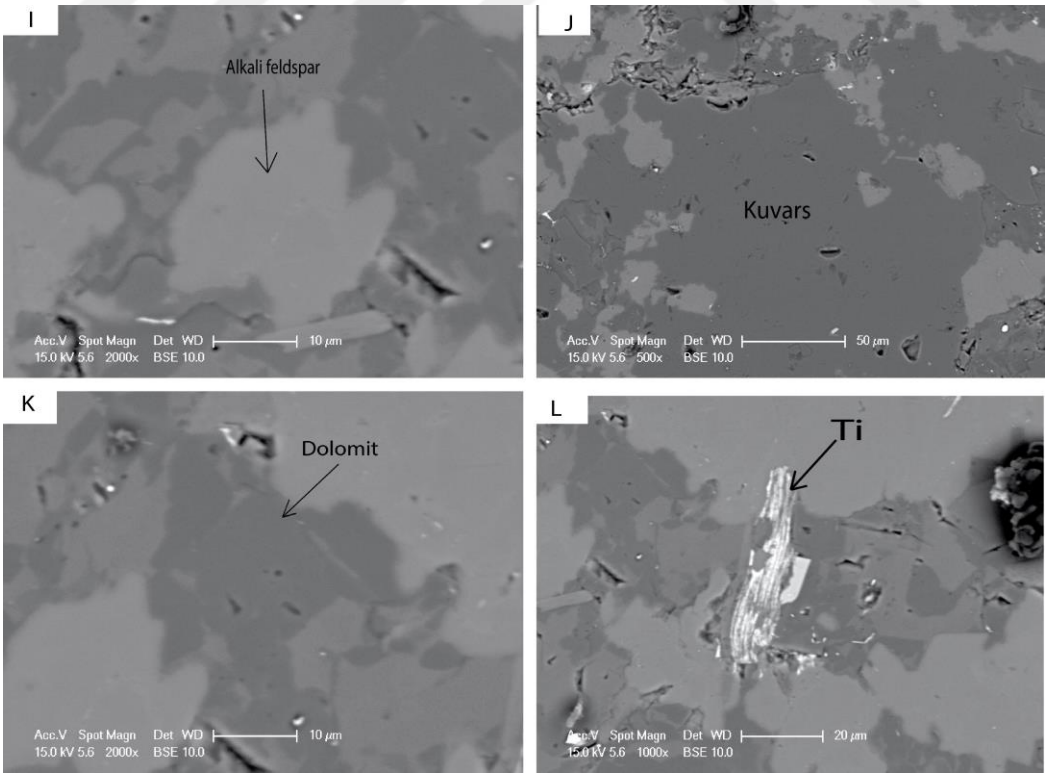
Örnek GKT MZ2-10
Manyetit (Fe_3O_4) : 15 wt% Fe et 5 wt% O_2
Ilmenit ($FeTiO_3$) : 13 wt% Fe, 9 wt% Ti et 10 wt% O_2
Pirit FeS_2: 16 wt% S, 17 wt% Fe et 28 wt% O_2.
Monazit (Ce, La, Nd, Th) PO4 : 13 w% Ce, 7 wt% La, 5 wt% Nd, 3 wt% P, 8 wt% O2
Titanyum dioksit: 18 wt%Ti et 15 wt% d'O_2



Şekil 6.2. A : Ankerit, Demir, Apatit, kuvars ve Klorit minerallar, B : Alkali Feldspar, Apatit ve dolomit minerallar, C : pirit, D : Klorit, Pirit, kuvars ve Dolomit minerallar



Şekil 6.3. E: Dolomit ve Alkali Feldspar minerallar, F: Demir Trioksit, G: Pirit, H: FeSAl



Şekil 6.2. I: Alkali Feldspar ; J: Kuvars, K: Dolomit, L: Titan

7. SONUÇLAR

Arazi çalışmaları Gounkoto ocağının Senegal-Mali ana fayının bir kolu olan bir faylı yapı boyunca yeraldığını göstermektedir. Ana fayla az miktarda doğrultu farklılığı bu yapının Senegal-Mali fayının bir sintetik R Riedel kırığı olduğunu düşündürmektedir. Gözlemlerle ve fayı kinematik analiziyle tespit edilen sol yönlü fay hareketleri stajım süresince yürütülen ek arazi gözlemleri ile de teyit edilmiştir. Harita alma çalışmaları fay ötelenmesinin yaklaşık 1,1 km olduğunu göstermektedir. Ayrıntılı olarak, fayın kavisli olduğu yerlerde gelişen serbestlemeli yerel gerilmelerin fay boyunca sol yönlü ve rahatlamalı zonların gelişmesine yol açtığı söylenebilir.

Ocakta işletilen altın cevherleşmeleri bu serbestleşmeli fay zonlarında oluşmuşlardır. Petrografik analizlerin tamamlanamamış olmasına rağmen, özellikle damarlarda optik mikroskop ve SEM'de incelediğimiz mineral fazları, altın cevherleşmeyle eşzamanlı oldukları daha önce saptanmış birliktelikleri göstermektedir.

Dolayısıyla Gounkoto serbestleşmeli yapı zonunda cevherleşmenin Senegal-mali fay zonu boyunca gelişen sol yönlü ve bölgesel D2 deformasyonu sonucu oluştukları söylenebilir. Bu cevherleşme zonları ile ocağın yapısal organizasyonu arasındaki ilişki ocağın ileriki gelişme-büyüme safhalarında test edilebilecek bir arama (prospeksiyon) rehberi olabilir.

Bu hipotezin testi için birçok çalışma önerilebilir. Tüm ocakta daha ayrıntılı bir yapısal çalışma gerekecektir. Stajım süresince ocağın güney kesimlerine zaman zaman ulaşabildim. Oradan topladığım veriler modeli destekler türdedir. Örneklerin petrografik analizleri sıvı kapanımlarının mikrotermometrik analizleriyle sürdürülmeli ve tamamlanmalıdır. Buna kalın kesitlerin yapılması ile başlanabilecektir. Diğer bazı yapılabilecek analizler arasında killerin öğütülmüş örneklerde analizleri, yansımalı mikroskopta metalojenik unsurların daha iyi ayrılması için çalışmalar (pirit, kalkopirit, bakır, altın vd.).

Bu veriler ve sonuçların ışığında oluşturulan model daha iyi hale getirilebilir ve Senegal-Mali fayına bağlı diğer ocaklarda da uygulanabilir.

8. KAYNAKLAR

ABOUCHAMI, V, BOHER, M., MICHARD, A, ALBARÈDE, F.N.T. 1990. A Major 2.1 Ga old event of mafic magmatism in West Africa: an early stage of crustal accretion. *Geophys. Res. Lett.*, 95: 17605-17629.

ANGELIER, J. and MECHLER, P. 1977. Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie : la méthode des dièdres droits. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7(19), 1309-1318.

ANGELIER, J. 1994. Fault slip analysis and paleo-stress reconstruction. In: HANCOCK, P. L. (ed.) Continental Déformation. Pergamon, pp. 101-120, *Oxford*.

ATTOH, K. and EKWUEME, B.N. 1997. The West African Shield. In: de Wit, M.J. & Ashaal, L.D., (Editors), Greenstone belts. Oxford Monographs on Geology and Geosciences no. 35, *Oxford Science Publications*, pp. 517-528, *Oxford*.

BARD, J.P. 1974. Remarques à propos de l'évolution géotectonique du Craton Ouest africain en Côte d'Ivoire. *C.R. Acad. Sci*., 278: 2405-2408.

BASSOT J.P. 1966. Etude géologique du Sénégal oriental et de ses confins guinéo-maliens. *Mém. B.R.G. M.*, 40: 1-332.

BASSOT J.P. 1987. Le complexe volcano-plutonique calco-alcalin de la rivière Daléma (Est Sénégal) : discussion de sa signification géodynamique dans le cadre de l'orogénie éburnéenne (Protérozoïque inférieur). J. *Afr. Earth Sci.*, 6 (1): 109-115.

BASSOT J.P. CAEN-VACHETTE M., 1984. Données géochronologiques et géochimiques nouvelles sur les granitoïdes de l'Est du Sénégal. Implication sur l'histoire géologique du Birimien dans cette région. In Klerkx J. and Michot J. (Eds), *Géologie Africaine*, pp. 191-209, Tervuren, Belgique.

BASSOT, J.P. ET DOMMANGET, A. 1986. Mise en évidence d'un accident majeur affectant le Protérozoïque inférieur des confins sénégalo-maliens. *C.R. Acad. Sci.*, II, 302:1101-1106.

BASSOT, J.P. 1987. Le complexe volcano-plutonique calcoalcalin de la rivière Dalema (Est Sénégal): discussion de sa signification géodynamique dans le cadre de I 'orogénie éburnéenne (Protérozoïque inférieur). *Journal of African Earth Science*, 6: 505-519.

BESSOLES, B. 1977. Géologie de l'Afrique, Le Craton de l'Ouest Africain. Bureau de Recherches Géologique et Minières Mémoires, 88: 402.

BOHER M., ABOUCHAMI V., MICHARD A., ALBAREDE F.N.T. 1992. Crustal growth in West Africa at 2.1 Ga. *Journal of Geophysical Research*, 97: 345-369.

BOTT, M. H. P. 1959. The mechanism of oblique-slip faulting. *Geological Magazine*, 96:109-117.

BOULLIER, A.M. 1982. Étude structurale du Précambrien du Centre de l'Adrar des Iforas (Mali). Mylonites et tectogenèses. Thèse présentée à l'Institut National Polytechnique de Lorraine pour l'obtention du grade de Docteur ès Sciences naturelles, *CRPG-ENSMIM*, 348 p.

CABY R. 1978. Paléogéodynamique d'une marge passive et d'une marge active au Précambrien supérieur: leur collision dans la chaîne panafricaine du Mali. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7(20): 857-861.

CAMIL J., Tempier P. Caen-Vachette M. 1984. Schéma pétrographique, structurale et chronologique des formations archéennes de la région de Man (Côte d'Ivoire). Leur rôle dans la cratonisation de l'Ouest africain. *Géol. Afr.*, 1-10.

DABO M., Aïfa T. 2010. Structural Styles and Tectonic evolution of the Kolia-Boboti sedimentary basin, Kédougou-Kéniéba inlier, eastern Senegal. *C.R. Geoscience*, 342:796-805.

DABO M., Aïfa T. 2010. Structural Styles and Tectonic evolution of the Kolia-Boboti sedimentary basin, Kédougou-Kéniéba inlier, eastern Senegal. *C.R. Geoscience*, 342:796-805.

DABO, 2014. Tectonique et minéralisations aurifères dans les formations birrimiennes de Frandi-Boboti, boutonnière de Kedougou-Kenieba, Sénégal, Thèse.Doc, Renne1.uni, France https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00990789

DELVAUX, D. 1993a. The TENSOR program for paleostress reconstruction: examples from the east African and the Baikal rift zones. In: Terra Abstracts. Abstract supplement No.1 to *Terra Nova*, 5, 216.

DELVAUX, D. 1993b. Quaternary stress evolution in East Africa from data of the western branch of the East African rift. In: THORWEIHE, U. & SCHANDELMEIER, H (eds) Geoscientific Research in Northern Africa. pp. 315-318, Balkema, Rotterdam,

DELVAUX, D., FERNANDEZ-ALONSO, M., KLERKX, J. et al. 1995a. Evidences for active tectonics in Lake Teletskoye (Gorny-Altai, South-Siberia). *Russian Geology and Geophysics*, 36(10): 100-112.

DELVAUX, D., MOEYs, R., STAPEL, G., MELNIKOV, A. & ERMIKOV, V. 1995b. Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, Central Asia. Part I: Paleozoic and Mesozoic pre-rift evolution. *Tectonophysics*, 252:61-101.

DELVAUX, D., THEUNISSEN, K., VAN DER MEER, R. & BERZIN, N. 1995c. Formation dynamics of the GornoAltaian Chuya-Kurai depression in Southern Siberia: paleostress, tectonic and climatic control. *Russian Geology and Geophysics*, 36(10):26-45.

DELVAUX, D., KERVYN, R., VITTORI, E., KAJARA, R. S. A. & KILEMBE, E. 1997a. Late Quaternary tectonic activity and lake level fluctuation in the Rukwa rift basin, East Africa. *Journal of African Earth Sciences*, 26(3): 397-421.

DELVAUX, D., MOEYS, R., STAPEL, G. et al. 1997b. Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, Central Asia. Part II: Cenozoic tectonic stress and fault kinematics. *Tectonophysics*, 282(1-4): 1-38.

DELVAUX, D., Sperner, B. 2003. Stress tensor inversion from fault kinematic indicators and focal mechanism data: the TENSOR program. In: Nieuwland, D. (Ed.), New Insights into Structural Interpretation and Modelling: *Geol. Soc. Lond*. Spec. Publ., 212: 75–100.

DIA A., VAN SCHMUS W.R., KRONER A. 1997. Isotopic constraints on the age and formation of a paleoproterozoic volcanic arc complex in the Kedougou Inlier, Eastern Senegal, *West Africa. J. Afr. Earth Sci*., 24 (3):197-213.

DIA A., Diallo D.P., DIOH E., NDIAYE P.M., NGOM P.M., GUEYE M., DABO M. 2008. Terminologie et nomenclature stratigraphique du socle et bassin sédimentaire sénégalais. Programme d'Appui au Secteur Minier (PASMI). Projet n °3, M.E.M., 105 p.

DIALLO D.P. 1994. Caractérisation d'une portion de croûte d'âge protérozoïque inférieur du Craton Ouest africain : cas de l'encaissant des granitoïdes dans le Supergroupe de Mako (Boutonnière de Kédougou) : implications géodynamiques. Thèse Doct. État Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar, 466 p.

DIALLO D.P. 2001. Lithostratigraphie du Supergroupe de Mako (Paléoprotérozoïque du Sénégal oriental). Implications géodynamiques. Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire Série A, Tome LI, 1-2:33-58.

DOMMANGET A., Collart J. 1988. Examen des permis Abougoua et Boundiali (Côte d'Ivoire). BRGM Report, Fr., 88 CIV 016DEX.

FEYBESSE J.L., MILESI J.P., JOHAN V., DOMMANGET A., CALVEZ J.Y., BOHER M., ABOUCHAMI W. 1989. La limite Archéen-Protérozoïque inférieur de l'Afrique de l'Ouest: une zone de chevauchement majeur antérieure à l'accident de Sanssandra : l'exemple des régions d'Odienné et de Touba (Côte d'Ivoire). *C.R. Acad. Sci*., Paris, II, 309:1847-1853.

GUEYE, M., SIEGESMUND, S., WEMMER, K., PAWLIG, S., DROBE, M., NOLTE, N. & LAYER, P. 2007. New evidence for an early Birimian evolution in the West African Craton: an example from the Kédougou-Kéniéba inlier, southeast Senegal. South African Journal of Geology, 110: 511-534.

GUIRAUD, M., LABORDE, O. & PHILIP, H. 1989. Characterization of various types of deformation and their corresponding deviatoric stress tensor using microfault analysis. *Tectonophysics*, 170:289-316.

HIRDES W., Davis D.W. 2002. U/Pb Geochronology of Paleoproterozoic rocks in the Southern part of the Kédougou-Kéniéba Inlier, Senegal, and West Africa: evidence for diachronous accretionary development of the eburnean province. *Precamb. Res*., 118: 83-99.

KLÖCHNER Industrie. 1989. Notice explicative de la carte géologique du Mali occidental, au 1/200.000, feuilles Kankossa, Kayes, Kossanto. Klöckner Industrie-Anlagen GMBH, Duisburg, RFA.

LAWRENCE, 2010. Characterisation and evolution of Au mineralisation in the Loulo mining district, Western Mali, Thèse Doc, Kingstone.Uni, London.

LEDRU P., MILÉSI J.P., VINCHON C., ANKRAH P., JOHAN V., MARCOUX E., 1988. Geology of the Birimian series of Ghana. In: Abstr. Int. Conf. and Workshop on the Geology and Exploration in Ghana and in selected other Precambrian Terrains. 75th Anniversary, *Ghana Geol. Surv.* Dept., pp. 26-27, Accra Ghana,.

LEDRU P., PONS J., FEYBESSE J. L., DOMMANGET A., JOHAN V., DIALLO M., VINCHON C. 1989. Tectonique transcurrente et évolution polycyclique dans le Birimien, Protérozoïque inférieur du Sénégal-Mali (Afrique de l'Ouest). *Comptes Rendus Académie des Sciences,* 308(2):117-122.

LEMOINE S., TEMPIER P., BASSOT J.P., CAEN-VACHETTE M., VIALETTE Y., WENMENGA U., TOURE S. 1985. The Burkinian, an orogenic cycle, precursor of the Eburnean of West Africa. 13th Coll. Afr. Géol., St Andrews, Scotland, CIFEG, n° 3, 27 p.

LIÉGEOIS, J.P., CLAESSENS, W., CAMARA, D. & KLERKX, J. 1991. Short-lived Eburnean orogeny in southern Mali. Geology, tectonics, U-Pb and Rb-Sr geochronology. *Precambrian Research*, 50: 111-136.

MILESI J.P., Diallo M., FEYBESSE J.L., KEITA F., LEDRU P., VINCHON C., DOMMANGET A. 1986. Caractérisation lithostructurale de deux ensembles successifs dans les séries birimiennes de la fenêtre de Kédougou (Sénégal-Mali) et du Niandian (Guinée): implications gîtologiques. *Publications Occasionnelles CIFEG,* 10:113-121.

MILÉSI J.P., FEYBESSE J.L., LEDRU P., DOMMANGET A., QUEDRAOGO M.F., MARCOUX E., PROST A., VINCHON C., SYLVAIN J.P., JOHAN V., TEGYEY M., CALVEZ J.Y., LAGNY P. 1989. Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest. Leurs relations avec l'évolution lithostructurale au Protérozoïque inférieur. *Chronique Recherche Minière,* 497:3-98.

NDIAYE P.M. 1994. Evolution au Paléoprotérozoïque inférieur de la région Est Saraya (Supergroupe de Dialé-Dalémé, Sénégal oriental) : tourmalinisation, altérations hydrothermales et minéralisations associées. Thèse Doct. État Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar, 372 p.

NGOM P.M. 1995. Caractérisation de la croûte birrimiennes dans les parties centrale et méridionale du Supergroupe de Mako. Implications géochimiques et pétrogénétiques. Thèse Doct. État Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar, 243 p.

OUEDRAOGO M.F. 1987. Cartographie minérale et implications métallogéniques au Burkina-Faso. Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Orléans, Fr., 234 p.

OUEDRAOGO M.F., PROST A.E. 1986. Mise en évidence des relations entre schistosités et plissements dans la ceinture volcanique birrimiennes de Yako-Batié (Burkina Faso). *C.R. Acad. Sci., Paris,* 303 (2):1713-1718.

PAWLIG, S., GUEYE, M., KLISCHES, R., SCHWARZ, S., WEMMER, K. and SIEGESMUND, S. 2006. Geochemical and Sr-Nd isotopic data on the Birimian of the Kédougou-Kéniéba Inlier (Eastern Senegal): Implications on the Palaeoproterozoic evolution of the West African Craton. South African *Journal of Geology,* 109: 411-427.

PONS J., BARBEY P., DUPUIS D., LEGER J.M. 1995. Mechanisms of pluton emplacement and structural evolution of a 2.1 Ga juvenile continental crust: the Birimian of southwestern Niger. *Precamb. Res.*, 70: 281-301.

PONS J., OUDIN C., VALÉRO J. 1992. Kinematics of large syn-orogenic intrusions: example of the lower Proterozoic Saraya batholith (eastern Senegal). *Geol. Rundsch.*, 82 (2):473- 486.

ROCCI, G., BRONNER, G. and DESCHAMPS, M. 1991. Crystalline basement of the West African Craton. In: Dallmeyer, R.D. & Lecorche, J.P. (Editors), The West African Orogens and circum-Atlantic correlatives. *Springer-Verlag*, pp. 31-64, Berlin.

SCHWARTZ, M.O. and MELCHER, F. 2004. The Falémé Iron District, Senegal. *Economic Geology*, 99: 917-939.

TALEB, 1994. Caracterisation petrographique et geochimique du plutonisme birimien de la dorsale reguihat (mauritanie, afrique de l'ouest).Thèse Doct, Poincare.Uni. NancyI, UFR STMP.

TAYLOR, P.N., MOORBATH, S., LEUBE, A. and HIRDES, W. 1992. Early Proterozoic crustal evolution in the Birimian of Ghana: constraints from geochronology and isotope geochemistry. *Precambrian Research*, 56: 97-111.

TROMPETTE R. 1973. Le Précambrien supérieur et le Paléozoique inférieur de l'Adrar de Mauritanie (bordure occidentale du bassin de Taoudeni, Afrique de l'Ouest). Un exemple de sédimentation de craton. Etude stratigraphique et sédimentologique. Thèse Doct. Ès-Sci. Univ. Aix-MarsaillleIII, Trav. Lab. Sci. Terre St. Jérôme, Marseille, B, 7, 702 p.

VALERO J., BOUCHEZ J.L., DEBAT P., OUDIN C., NDIAYE P.M., PONS J., and ROLLET M. 1986. Mise en place et évolution du granite de Saraya au sein des

formations birimiennes de la fenêtre de Kédougou-Kayes. In : 13ème Colloque de Géologie Africaine, St Andrews (Ecosse, 10-13 septembre), 30-31.

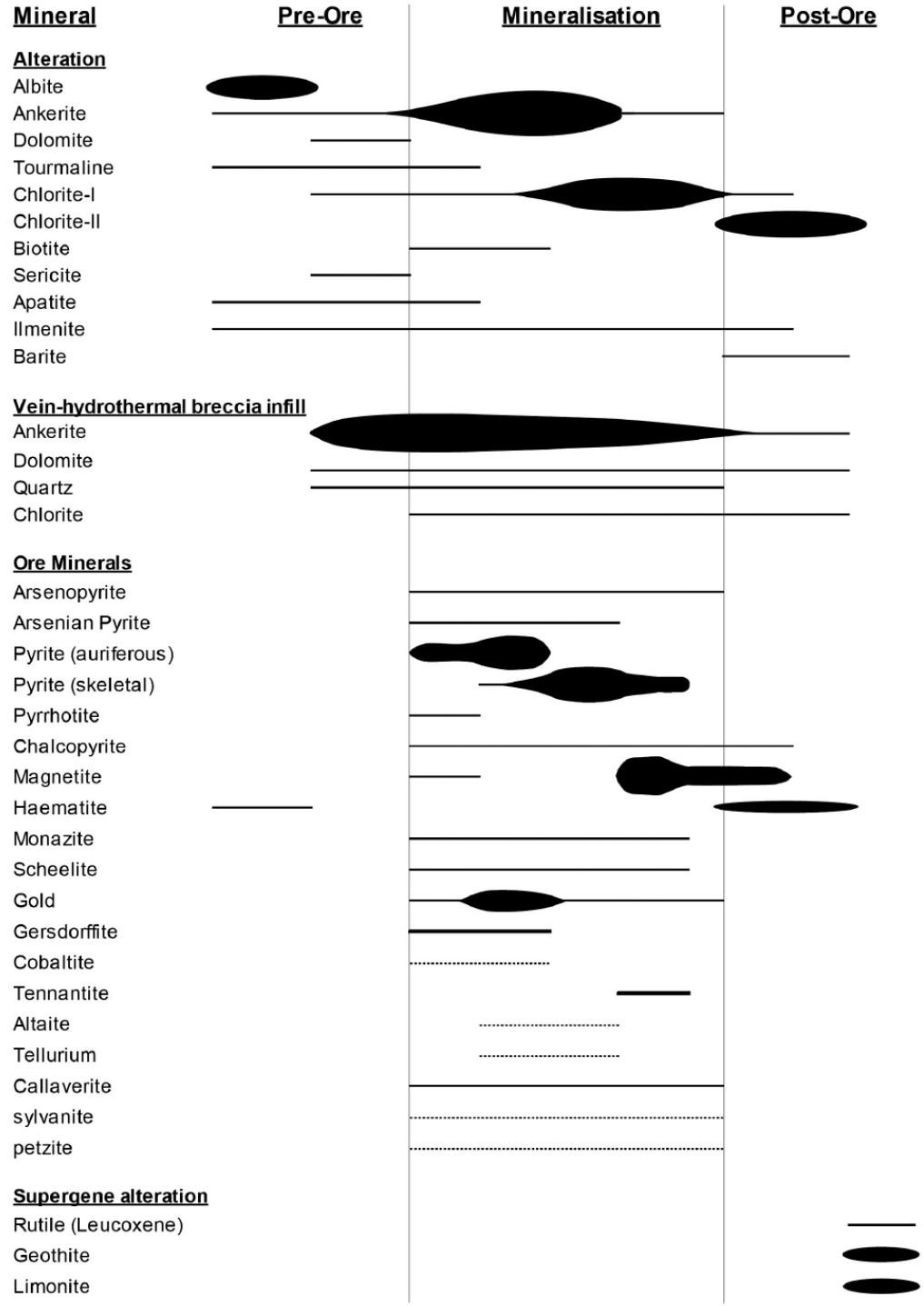
VANDYCKE S., and BERGERAT F. 1989. Analyse microtectonique des deformations cassantes dans le bassin de Mons Reconstitution des paléo-champs de contrainte au crétacé, annales de la société géologique de Belgique, pp. 469-478, tome 112 (fascicule 2).

VIDAL M., and GUIBERT P. 1984. Un nouveau décrochement ductile nord-sud dans le Birimien d'Afrique de l'Ouest. Le couloir de cisaillement senestre de Wango Fitini (Côte d'Ivoire). *C. R. Acad. Sci.,* Fr., 229, (2): 1085-1090.

VIDAL M., DELOR C., POUCLET A., SIMÉON Y., and ALRIC G. 1996. Evolution géodynamique de l'Afrique de l'Ouest entre 2,2 Ga et 2 Ga: le style archéan des ceintures vertes et des ensembles sédimentaires birimiens du Nord-Est de la Côte d'Ivoire. *Bulletin de la Société géologique de France*, 167, (3):307-319.

VILLENEUVE M. 1991. The Bassaride orogen. In: "The West orogens and Circum-Atlantic Correlations". R.D.D., J.P.L. (Eds), Spinger Verlag (Berlin): 151-185.

9. EKLER



Şekil 9.1. Gounkoto Mineral parajezi (Lawrence 2010)

Çizelge 9.1. Örneklerin Lokasyon Koordinatları

x	y	numéro	Zone
240470	1424770	GKT Mz2-7	Mz2
240450	1424751	GKT Mz2-8	MZ2
240476	1424728	GKT MZ2-5	Mz2
240410	1424808	GKT Mz2-D5	MZ2
240222	1425410	GKT P64-4	MZ3
240501	1424751	GKT Mz1-1	MZ1
240184	1425280	GKT P64-10	Mz3
240186	1425330	GKT P64-3	MZ4
240305	1424500	GKT Mz1-9	MZ1
240470	1424770	GKT Mz2-D7	MZ2
240459	1424773	GKT Mz2-D10	Mz2

Örnek GKT Mz2-8 (8_4.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	15.00	51.39	0.00	65.98	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.08	0.26	0.11	0.23	0.13
Al	0.18	0.62	0.10	0.47	0.34
Si	12.65	43.35	0.67	31.69	27.06
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.02	0.06	0.00	0.03	0.03
Mn	0.03	0.09	0.26	0.04	0.04
Fe	1.24	4.23	0.49	1.56	1.60
Total	29.20	100.00	100.00	29.20	

Goodness of fit 2.39
WARNING:Residual peak at approximately 2302 ev

Örnek GKT Mz2-8 (8_5.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees
Library for user standards: /export/home/imix/standard.dir

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	10.14		0.00	58.71	0.00
Na	0.04	41.74	2.57	0.16	0.05
Mg	3.00	0.18	0.52	11.43	4.97
Al	2.75	12.35	0.47	9.44	5.20
Si	3.87	11.31	0.52	12.76	8.28
K	0.02	15.93	0.21	0.05	0.02
Ca	0.02	0.10	0.07	0.05	0.03
Ti	0.03	0.08	0.27	0.06	0.05
Mn	0.08	0.10	0.28	0.13	0.10
Fe	4.35	0.31	1.00	7.22	5.60
		17.90			
Total	24.30	100.00	100.01	24.30	

Goodness of fit 0.47

Örnek GKT Mz2-8 (8_6.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	6.70		0.00	51.95	0.00
Na	0.01	31.12	0.17	0.05	0.01
Mg	1.73	0.03	0.50	8.83	2.87
Al	1.32	8.04	0.39	6.07	2.49
Si	0.17	6.14	0.19	0.75	0.36
K	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00
Ca	7.60	0.00	0.88	23.52	10.63
Ti	0.02	35.31	0.11	0.05	0.03
Mn	0.19	0.07	0.40	0.43	0.25
Fe	3.79	0.87	1.07	8.42	4.88
		17.62			
Total	21.53	100.00	100.07	21.52	

Goodness of fit 0.65

Örnek GKT Mz2-8 (8_12.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	9.49	39.36	0.00	58.33	0.00
Na	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Mg	0.67	2.76	0.27	2.71	1.11
Al	0.93	3.88	0.28	3.39	1.76
Si	4.28	17.77	0.50	14.99	9.16
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	7.44	30.85	0.78	18.26	10.41
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.02	0.10	0.21	0.04	0.03
Fe	1.27	5.26	0.62	2.24	1.63
Total	24.10	100.00	99.96	24.10	

Goodness of fit 3.38
WARNING:Residual peak at approximately 2010 ev

Örnek GKT Mz2-8(8_14.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	12.85	37.27	0.00	60.29	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.14	0.40	0.18	0.43	0.23
Al	0.24	0.71	0.14	0.67	0.45
Si	7.55	21.89	0.48	20.18	16.15
K	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Ca	0.02	0.06	0.21	0.04	0.03
Ti	0.04	0.12	0.23	0.06	0.07
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	13.64	39.54	1.20	18.33	17.55
Total	34.48	100.00	100.00	34.48	

Goodness of fit 0.57

GKT Mz2-D5 (D5_1.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	5.11	31.64	0.00	50.18	0.00
Na	0.01	0.06	0.15	0.07	0.01
Mg	2.48	15.37	0.67	16.03	4.11
Al	0.05	0.29	0.19	0.29	0.09
Si	0.06	0.40	0.15	0.34	0.13
K	0.07	0.41	0.26	0.28	0.08
Ca	8.34	51.65	1.22	32.69	11.67
Ti	0.02	0.11	1.42	0.07	0.03
Mn	0.01	0.06	0.08	0.03	0.01
Fe	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Total	16.15	100.00	99.98	16.13	

Goodness of fit 0.66

GKT Mz2-D5 (D5_2.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	12.51	44.27	0.00	60.40	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.07	0.25	2.70	0.22	0.12
Al	2.50	8.86	0.33	7.16	4.72
Si	8.05	28.49	0.56	22.14	17.22
K	5.01	17.75	0.52	9.90	6.04
Ca	0.04	0.16	0.05	0.08	0.06
Ti	0.01	0.04	0.08	0.02	0.02
Mn	0.01	0.05	0.00	0.01	0.01
Fe	0.04	0.13	0.33	0.06	0.05
Total	28.24	100.00	99.99	28.24	

Goodness of fit 0.42

GKT Mz2-D5 (D5_3.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	6.09	28.75	0.00		0.00
Na	0.05	0.24	0.36	50.07	0.07
Mg	0.07	0.32	0.19	0.29	0.12
Al	0.01	0.06	0.07	0.38	0.02
Si	0.06	0.30	0.00	0.05	0.13
K	0.03	0.14	0.12	0.28	0.04
Ca	14.83	69.98	1.21	0.10	20.75
Ti	0.02	0.07	0.20	48.68	0.03
Mn	0.01	0.04	0.00	0.05	0.01
Fe	0.02	0.10	0.28	0.02	0.03
				0.05	
Total	21.19	100.00	99.97	21.20	

Goodness of fit 6.52
WARNING:Residual peak at approximately 2010 ev

GKT Mz2-D5 (D5_4.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	11.01		0.00	62.80	0.00
Na	0.00	36.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.14	0.00	0.17	0.53	0.23
Al	0.36	0.46	0.18	1.22	0.68
Si	0.44	1.18	0.15	1.43	0.94
K	0.11	1.43	0.10	0.26	0.13
Ca	0.28	0.35	0.17	0.64	0.39
Ti	12.41	0.93	0.86	23.64	20.70
Mn	0.05	40.59	0.17	0.08	0.06
Fe	5.78	0.16	0.90	9.44	7.44
		18.90			
Total	30.58	100.00	100.04	30.57	

Goodness of fit 0.97

GKT Mz2-D5 (D5_7.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	9.39	42.35	0.00	58.75	0.00
Na	0.04	0.17	0.89	0.17	0.05
Mg	3.03	13.66	0.54	12.48	5.02
Al	2.45	11.05	0.48	9.09	4.63
Si	3.65	16.44	0.54	13.01	7.81
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.02	0.11	0.14	0.05	0.03
Ti	0.02	0.11	0.19	0.04	0.03
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	3.57	16.11	0.98	6.40	4.59
Total	22.17	100.00	99.99	22.16	

Goodness of fit 0.55

GKT Mz2-D5 (D5_15.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	6.59	26.23	0.00	50.28	0.00
Na	0.06	0.24	1.22	0.32	0.08
Mg	1.73	6.87	0.47	8.69	2.87
Al	0.14	0.56	0.20	0.63	0.26
Si	0.08	0.33	0.15	0.35	0.17
K	0.02	0.09	0.34	0.06	0.02
Ca	4.17	16.58	0.55	12.70	5.83
Ti	0.03	0.13	0.00	0.08	0.05
Mn	0.08	0.30	0.37	0.18	0.10
Fe	12.23	48.67	1.52	26.73	15.73
Total	25.13	100.00	100.02	25.11	

Goodness of fit 0.71

GKT Mz2-D5 (D5_20.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	6.82	28.71	0.00	50.13	0.00
Na	0.02	0.10	0.80	0.10	0.03
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.06	0.25	0.47	0.26	0.11
Si	0.04	0.16	0.09	0.17	0.09
K	0.00	0.02	0.06	0.00	0.00
Ca	16.73	70.37	1.16	49.09	23.41
Ti	0.04	0.16	0.18	0.10	0.07
Mn	0.01	0.04	0.16	0.02	0.01
Fe	0.05	0.19	0.49	0.11	0.06
Total	23.77	100.00	99.98	23.78	

Goodness of fit 6.98
WARNING:Residual peak at approximately 2010 ev

GKT Mz2-D5 (D5_22.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	12.85		0.00	59.25	0.00
Na	0.02	41.51	0.26	0.06	0.03
Mg	0.52	0.05	0.19	1.58	0.86
Al	2.36	1.68	0.31	6.45	4.46
Si	7.13	7.63	0.49	18.73	15.25
K	4.17	23.04	0.45	7.87	5.02
Ca	1.58	13.47	0.32	2.91	2.21
Ti	0.33	5.09	0.20	0.51	0.55
Mn	0.11	1.07	0.75	0.15	0.14
Fe	1.89	0.35	0.56	2.50	2.43
		6.11			
Total	30.96	100.00	100.01	30.95	

Goodness of fit 0.40

GKT Mz2-D10 (Ech10_9.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	4.75	23.31	0.00	50.99	0.00
Na	0.01	0.06	0.00	0.07	0.01
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.04	0.19	0.13	0.25	0.08
Si	0.24	1.20	0.22	1.47	0.51
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.04	0.18	0.24	0.17	0.06
Ti	0.10	0.47	0.50	0.36	0.17
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	15.19	74.59	2.07	46.71	19.54
Total	20.37	100.00	100.02	20.37	

Goodness of fit 0.62

GKT Mz2-D10 (Ech10_17.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	9.92	30.75	0.00	59.08	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.02	0.07	0.19	0.08	0.03
Al	0.06	0.19	0.20	0.21	0.11
Si	0.04	0.14	0.19	0.14	0.09
K	0.01	0.03	0.13	0.02	0.01
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	9.01	27.91	0.67	17.92	15.03
Mn	0.23	0.72	0.24	0.40	0.30
Fe	12.97	40.19	1.24	22.13	16.69
Total	32.26	100.00	99.98	32.26	

Goodness of fit 0.92
WARNING:Residual peak at approximately 2302 ev

PGT Bulk sample analysis Fri Jun 10 09:56:42 2016
Phi-Rho-Z Method, variable-width filter
GKT Mz2-8 (8_2.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	24.92	46.85	0.00	68.36	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.16	0.30	0.11	0.29	0.27
Al	0.25	0.48	0.09	0.41	0.47
Si	2.88	5.41	0.19	4.50	6.16
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	13.29	24.98	0.76	10.44	17.10
S	11.69	21.97	0.33	16.00	29.19
Au	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	53.19	100.00	100.00	53.19	

Goodness of fit 2.40

GKT Mz2-D10 (Ech10_13.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	28.44	46.47	0.00	69.01	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.03	0.05	0.16	0.05	0.05
Al	0.03	0.06	0.18	0.04	0.06
Si	0.14	0.22	0.09	0.19	0.30
K	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02
Ca	0.02	0.04	0.00	0.02	0.03
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.02	0.02	0.07	0.01	0.03
Fe	16.89	27.60	0.76	11.74	21.73
S	15.61	25.51	0.34	18.90	38.98
Au	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	61.20	100.00	99.98	61.20	

Goodness of fit 2.49

GKT Mz2-D10 (Ech10_17.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	10.30	31.27	0.00	59.53	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.02	0.07	0.19	0.08	0.03
Al	0.06	0.19	0.20	0.21	0.11
Si	0.04	0.13	0.18	0.13	0.09
K	0.01	0.03	0.13	0.02	0.01
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	9.03	27.43	0.66	17.43	15.06
Mn	0.23	0.71	0.23	0.39	0.30
Fe	12.99	39.45	1.22	21.51	16.71
S	0.24	0.72	0.11	0.69	0.60
Au	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	32.92	100.00	99.99	32.91	

Goodness of fit 0.58

GKT Mz2-D5 (D5_30.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	0.96	45.66	0.00	64.05	0.00
Na	0.01	0.51	2.21	0.46	0.01
Mg	0.07	3.17	2.48	3.07	0.12
Al	0.06	3.09	1.88	2.37	0.11
Si	0.32	15.43	1.87	12.16	0.68
K	0.06	3.01	1.50	1.64	0.07
Ca	0.15	6.99	1.97	4.00	0.21
Ti	0.00	0.18	0.19	0.00	0.00
Mn	0.04	1.69	18.68	0.78	0.05
Fe	0.20	9.33	4.32	3.82	0.26
S	0.23	10.94	1.57	7.66	0.57
Au	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	2.10	100.00	100.01	2.08	

Goodness of fit 0.00

PGT Bulk sample analysis Fri Jun 10 10:01:00 2016
Phi-Rho-Z Method, variable-width filter
Örnek GKT Mz2-8 (8_12.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	12.53	41.68	0.00	60.97	0.00
Na	0.01	0.03	0.14	0.03	0.01
Mg	0.67	2.23	0.23	2.15	1.11
Al	0.93	3.09	0.23	2.68	1.76
Si	4.29	14.28	0.41	11.89	9.18
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	7.44	24.76	0.63	14.45	10.41
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.03	0.08	0.20	0.04	0.04
Fe	1.26	4.20	0.50	1.76	1.62
P	2.27	7.56	0.26	5.71	5.20
La	0.15	0.51	1.31	0.08	0.18
Ce	0.07	0.23	0.62	0.04	0.08
Nd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sm	0.13	0.44	0.77	0.07	0.14
Gd	0.27	0.91	1.59	0.13	0.31
Total	30.05	100.00	100.00	30.04	

Goodness of fit 1.17

GKT Mz2-D10 (Ech10_3.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	11.80	37.20	0.00	58.37	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.03	0.08	0.10	0.10	0.05
Al	0.02	0.06	0.04	0.06	0.04
Si	0.10	0.31	0.09	0.28	0.21
K	0.03	0.08	0.21	0.06	0.04
Ca	15.11	47.63	0.83	29.84	21.14
Ti	0.04	0.12	0.30	0.07	0.07
Mn	0.05	0.17	0.33	0.07	0.06
Fe	0.11	0.34	0.79	0.16	0.14
P	4.28	13.48	0.31	10.94	9.81
La	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nd	0.05	0.16	0.26	0.03	0.06
Sm	0.12	0.37	0.36	0.06	0.13
Gd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	31.74	100.00	100.04	31.75	

Goodness of fit 1.23

GKT Mz2-D10 (Ech10_30.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	8.53	22.72	0.00	64.48	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.05	0.14	0.39	0.22	0.09
Si	0.15	0.39	0.10	0.65	0.32
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.18	0.48	0.41	0.45	0.30
Mn	0.19	0.50	0.52	0.42	0.25
Fe	0.31	0.82	0.38	0.67	0.40
P	2.92	7.77	0.26	11.40	6.69
La	6.94	18.49	1.25	6.04	8.14
Ce	13.14	35.00	1.63	11.34	15.39
Nd	4.80	12.78	1.12	4.02	5.60
Sm	0.34	0.91	0.25	0.27	0.38
Gd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	37.55	100.00	99.96	37.56	

Goodness of fit 0.80

GKT Mz2-D5 (D5_3.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	11.75	36.85	0.00	58.16	0.00
Na	0.07	0.21	0.35	0.24	0.09
Mg	0.06	0.20	0.12	0.20	0.10
Al	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02
Si	0.06	0.20	0.00	0.17	0.13
K	0.03	0.10	0.09	0.06	0.04
Ca	15.23	47.79	0.83	30.09	21.31
Ti	0.02	0.06	0.17	0.03	0.03
Mn	0.01	0.04	0.00	0.01	0.01
Fe	0.03	0.08	0.29	0.04	0.04
P	4.21	13.20	0.33	10.77	9.65
La	0.03	0.10	0.37	0.02	0.04
Ce	0.08	0.26	0.85	0.05	0.09
Nd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sm	0.18	0.56	0.82	0.09	0.20
Gd	0.10	0.32	1.87	0.05	0.12
Total	31.87	100.00	100.01	31.87	

Goodness of fit 1.24

GKT Mz2-D5 (D5_10.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	9.13	23.05	0.00	64.33	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.01	0.03	0.00	0.05	0.02
Al	0.08	0.21	0.19	0.33	0.15
Si	0.09	0.23	0.08	0.36	0.19
K	0.09	0.23	0.19	0.26	0.11
Ca	0.27	0.68	0.13	0.76	0.38
Ti	0.17	0.44	0.33	0.40	0.28
Mn	0.18	0.45	0.50	0.37	0.23
Fe	0.19	0.47	0.37	0.38	0.24
P	3.22	8.12	0.26	11.72	7.38
La	7.03	17.75	1.19	5.71	8.24
Ce	13.68	34.52	1.56	11.01	16.02
Nd	5.05	12.75	1.07	3.95	5.89
Sm	0.42	1.07	0.28	0.31	0.46
Gd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	39.61	100.00	99.94	39.59	

Goodness of fit 1.10

PGT Bulk sample analysis Fri Jun 10 10:04:39 2016
Phi-Rho-Z Method, variable-width filter
GKT Mz2-D5 (D5_13.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

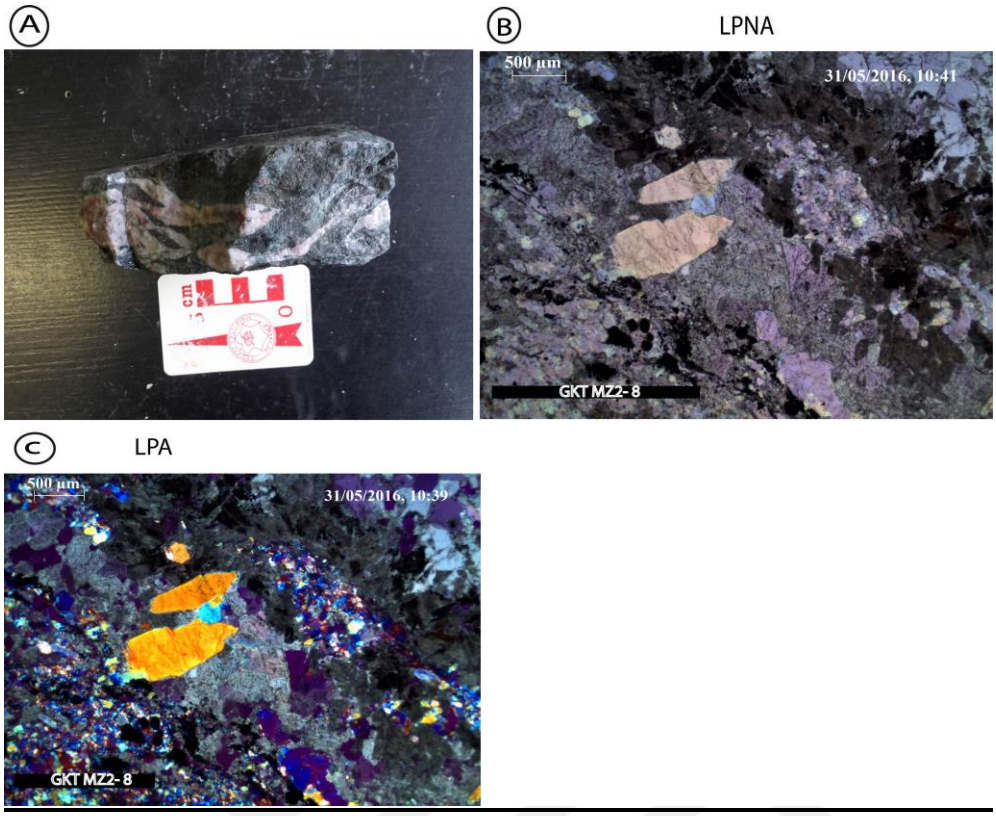
Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
O	5.94	33.88	0.00	57.23	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	1.30	7.43	0.51	8.24	2.16
Al	0.05	0.29	0.32	0.29	0.09
Si	1.57	8.96	0.48	8.62	3.36
K	0.03	0.19	0.38	0.12	0.04
Ca	4.88	27.86	0.89	18.77	6.83
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.07	0.38	0.61	0.20	0.09
Fe	0.29	1.66	0.39	0.80	0.37
Zr	3.38	19.29	0.83	5.71	4.57
W	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.06	0.19	0.04	0.01
Total	17.52	100.00	100.02	17.52	

Goodness of fit 0.81

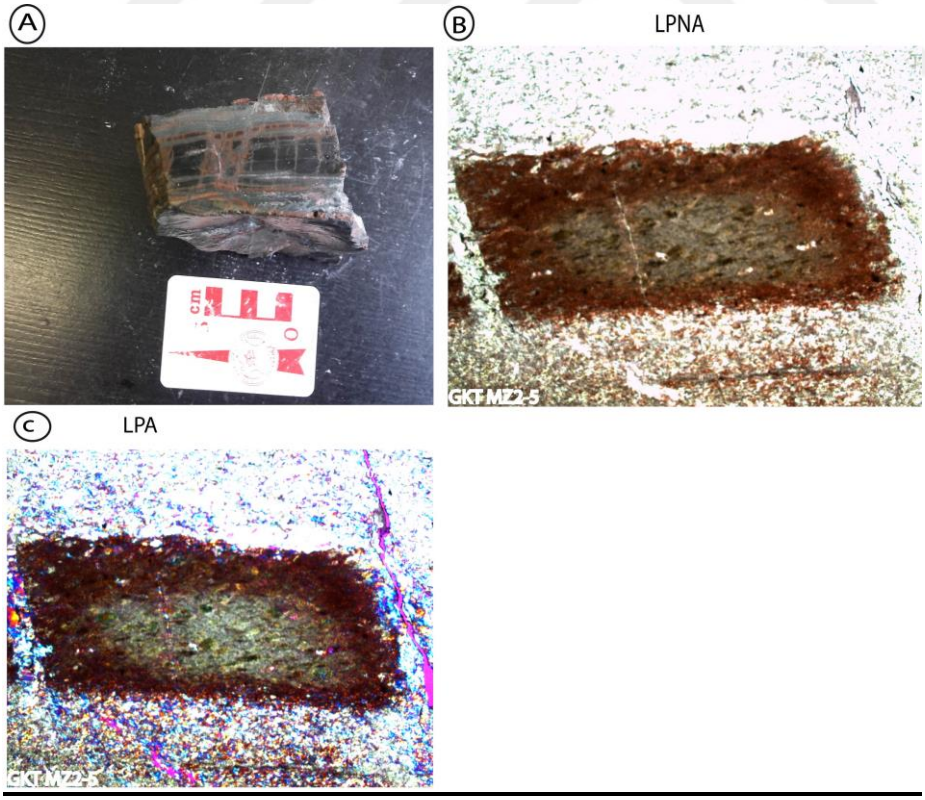
GKT Mz2-D10 (Ech10_5.spt)
Accelerating Voltage: 15.00 keV
Takeoff Angle: 32.00 degrees

Elm	El wt%	Norm wt%	Prec.	Atomic %	Oxide %
		39.47			
O	12.58	0.10	0.00	66.07	0.00
Na	0.03	0.10	1.71	0.11	0.04
Mg	0.03	0.14	0.47	0.10	0.05
Al	0.05	0.33	0.11	0.16	0.09
Si	0.11	0.00	0.08	0.33	0.24
K	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
Ca	0.01	56.92	0.00	0.02	0.01
Ti	18.14	0.11	0.98	31.82	30.26
Mn	0.03	2.57	0.11	0.05	0.04
Fe	0.82	0.07	0.39	1.23	1.05
Zr	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03
W	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00
Cl	0.05		0.44	0.12	0.06
Total	31.87	100.00	100.03	31.87	

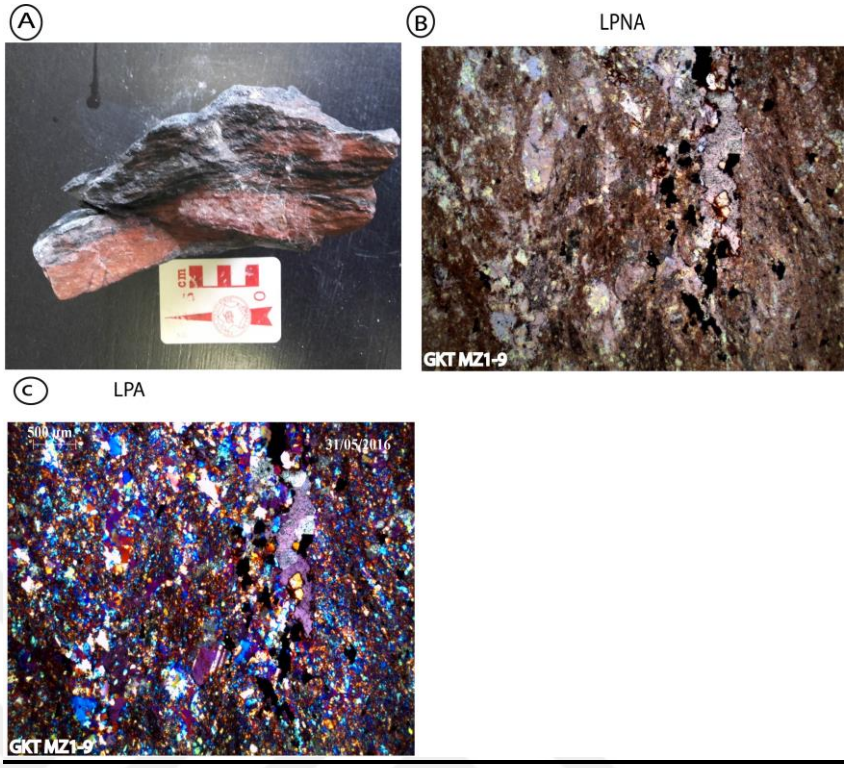
Goodness of fit 0.74



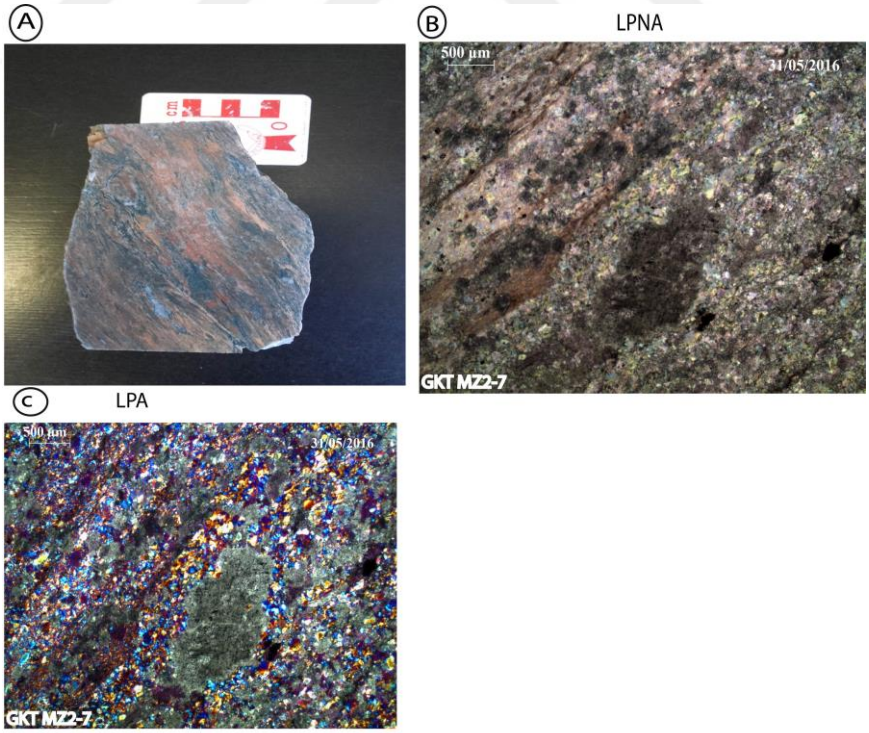
GKT Mz2-7



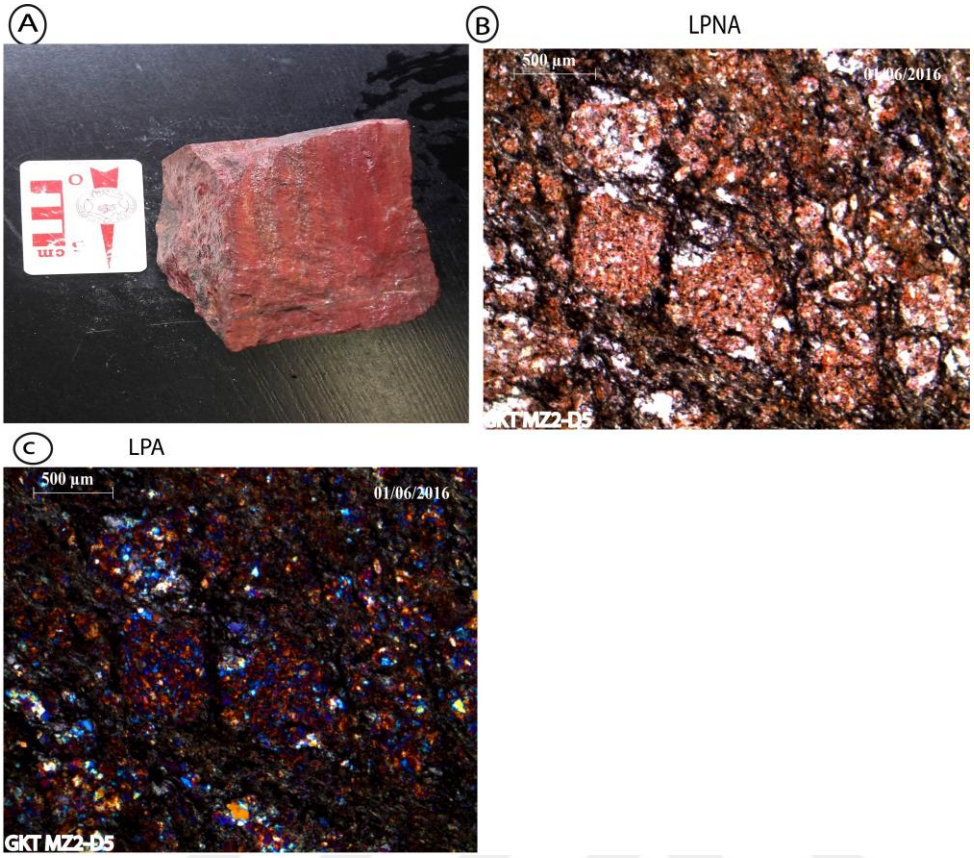
GKT Mz2-D5



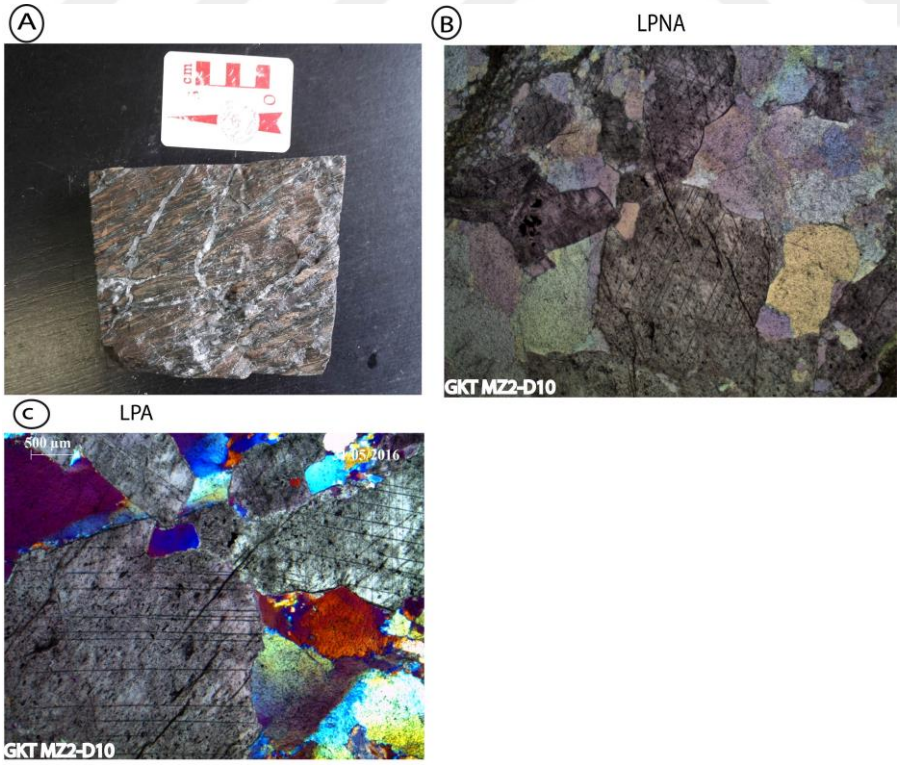
GKT Mz1-9



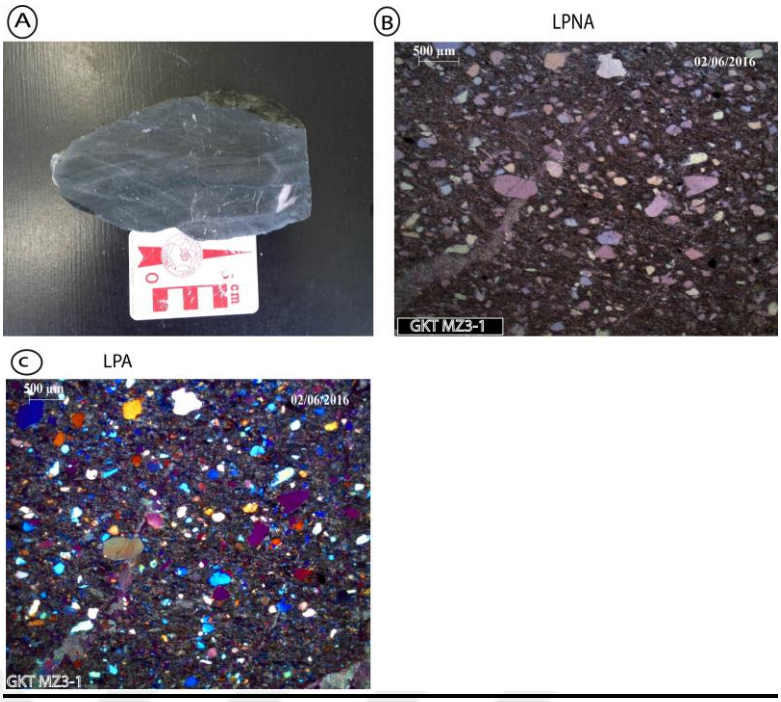
GKT Mz2-D7



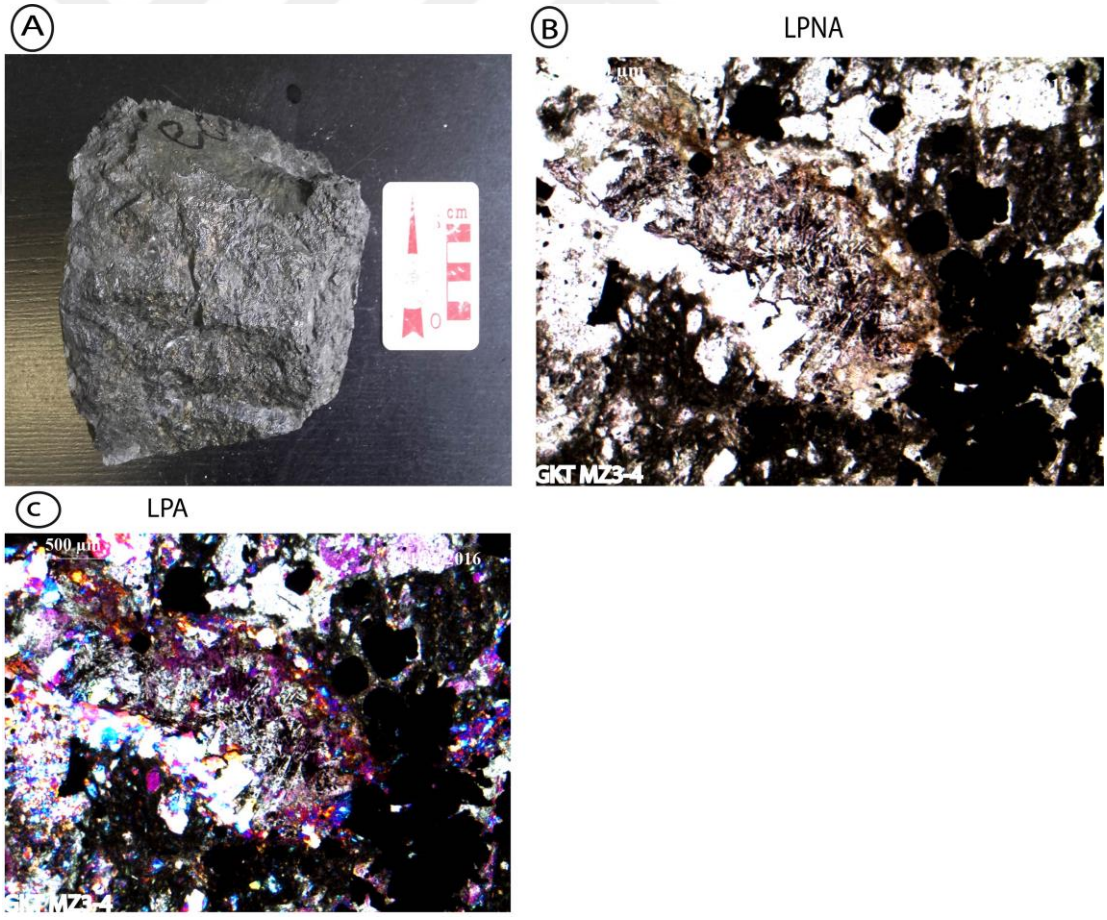
GKT Mz2-D5



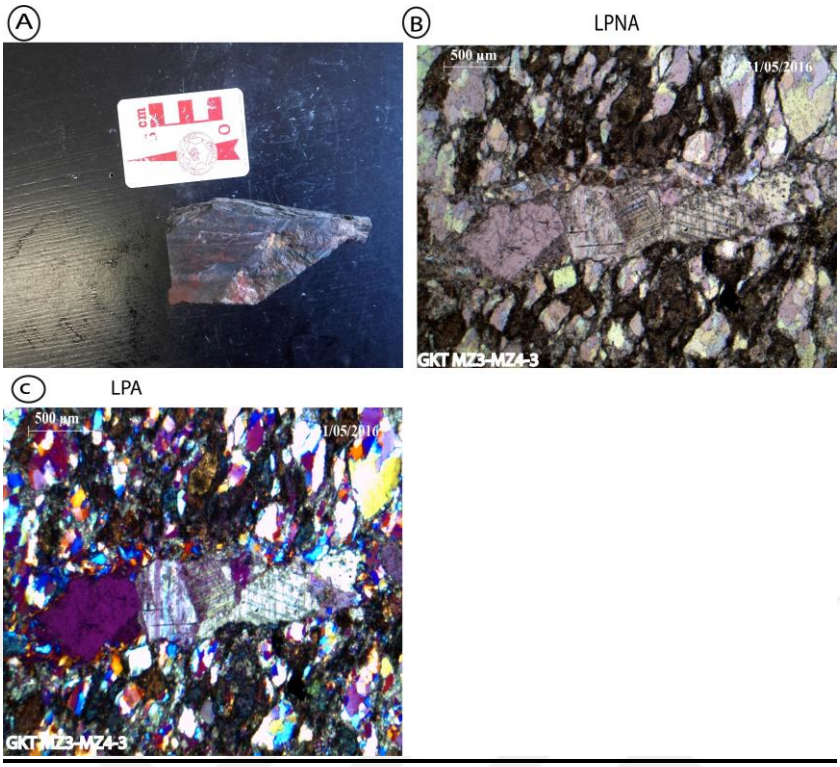
GKT Mz2-D10



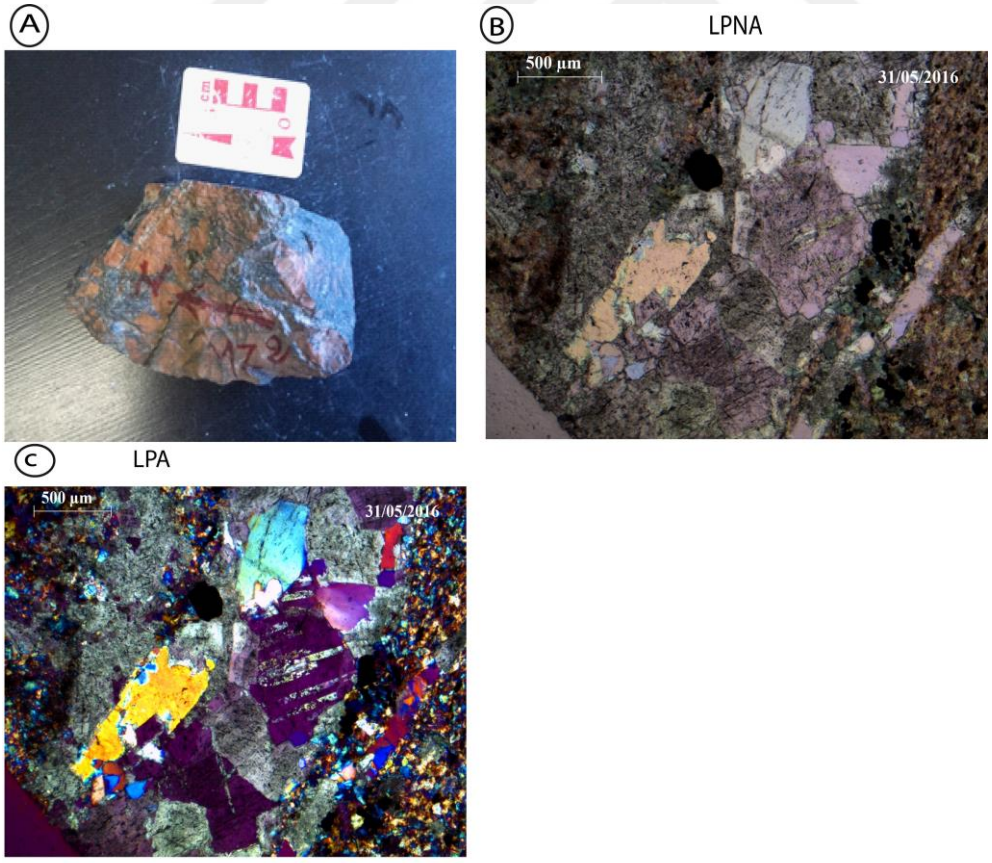
GKT P64-1



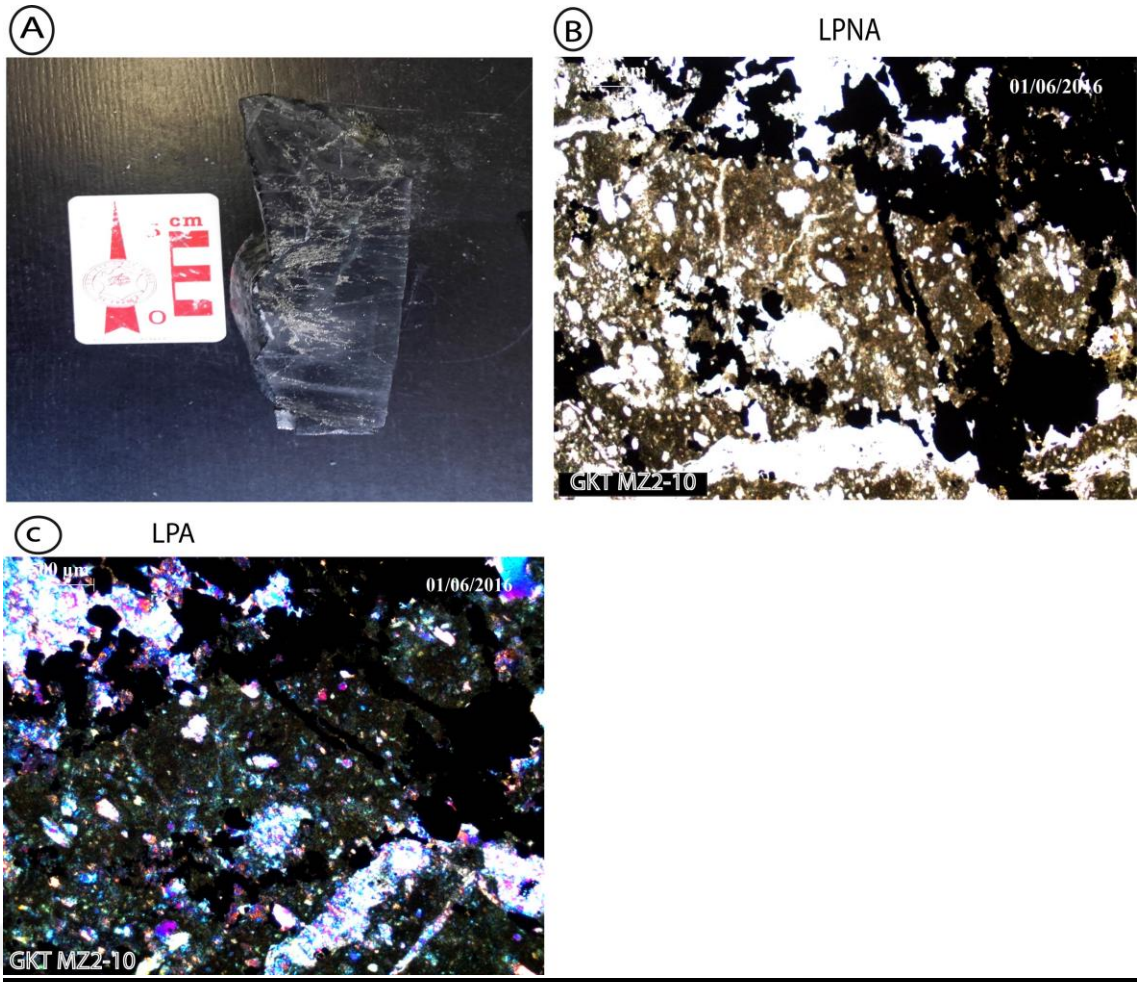
GKT P64-4



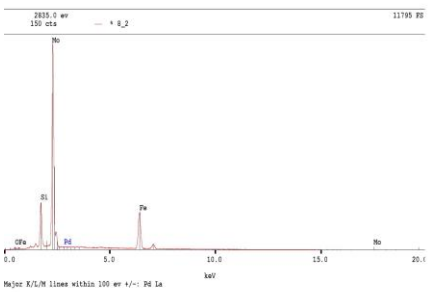
GKT P64-3

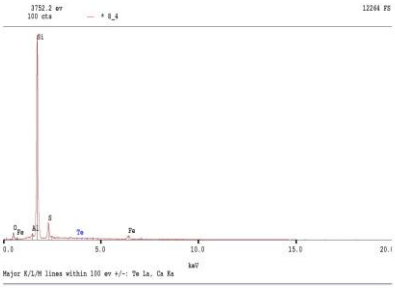


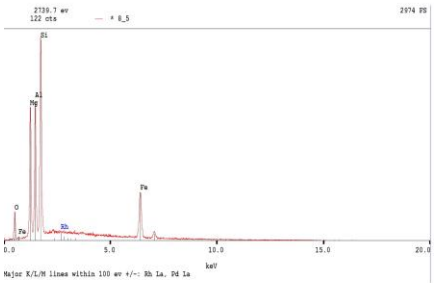
GKT Mz1-9

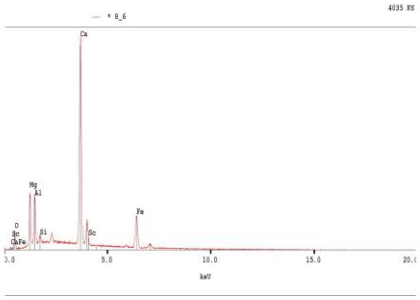


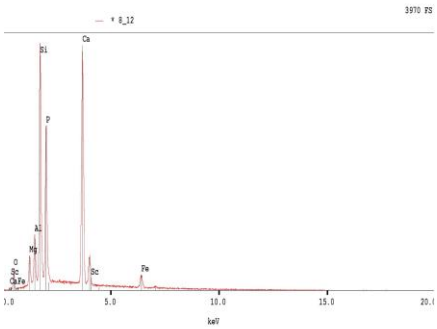
GKT Mz2-D10

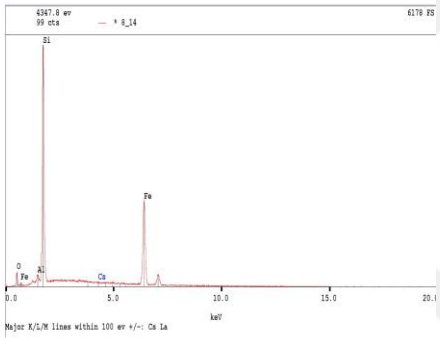

2835.0 ev
150 cts
* 8_2
11795 FS
Mo
Si
Fe
Pd
Mo
keV
Major K/L/M lines within 100 ev +/-: Pd La

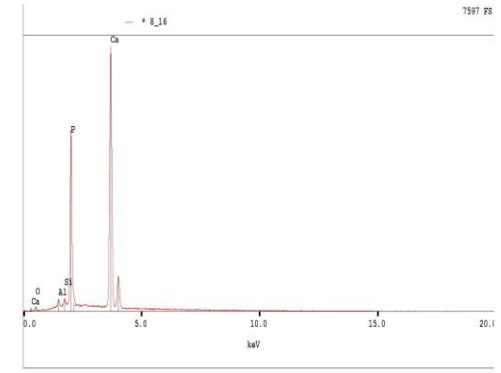

3752.2 ev
100 cts
* 8_4
12264 FS
Si
Fe
Al
S
Te
Fe
keV
Major K/L/M lines within 100 ev +/-: Te La, Ca Ka

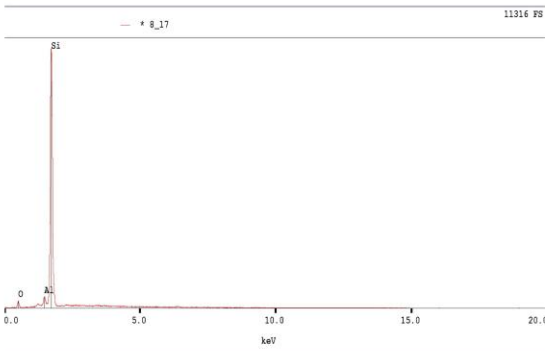

2739.7 ev
122 cts
* 8_5
2974 FS
Si
Al
Mg
O
Fe
Rh
Fe
keV
Major K/L/M lines within 100 ev +/-: Rh La, Pd La

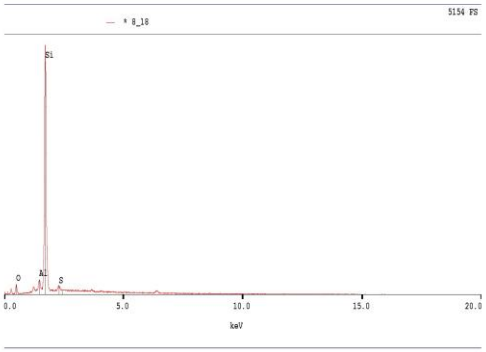

* 8_6
4035 FS
Ca
Mg
Al
O
Si
Sc
Fe
keV

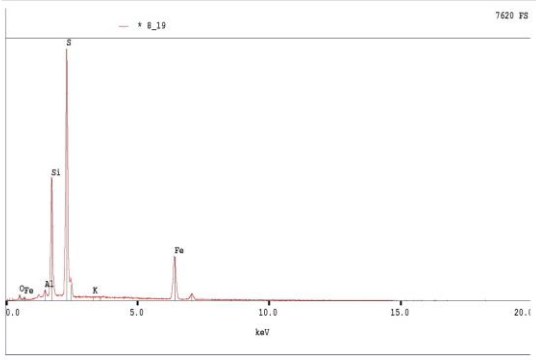

* 8_12
3970 FS
Si
Ca
P
Al
Mg
O
Sc
Fe
Sc
Fe
keV

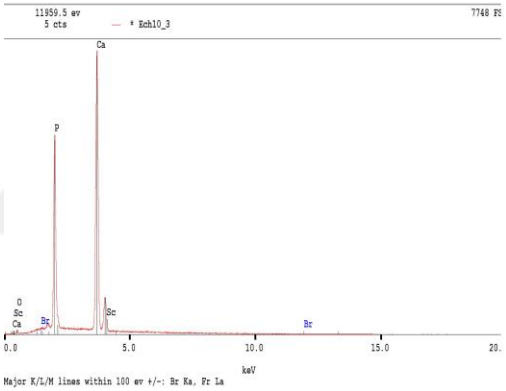

4347.8 ev
99 cts
* 8_14
6178 FS
Si
Fe
O
Al
Fe
Ca
keV
Major K/L/M lines within 100 ev +/-: Ca La

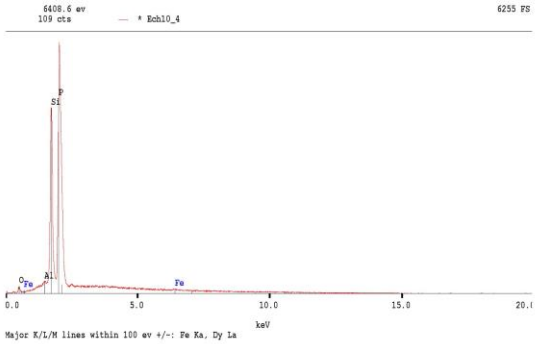

7597 FS
* 8_16
Ca
P
Si
Al
O
Ca
0.0
5.0
10.0
15.0
keV

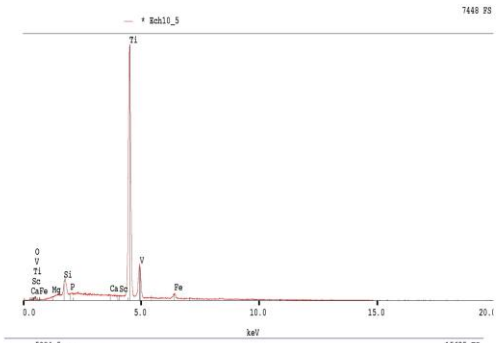

11316 FS
* 8_17
Si
O
Al
0.0
5.0
10.0
15.0
keV

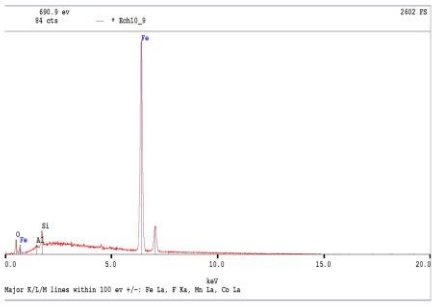

5154 FS
* 8_18
Si
O
Al
S
0.0
5.0
10.0
15.0
keV

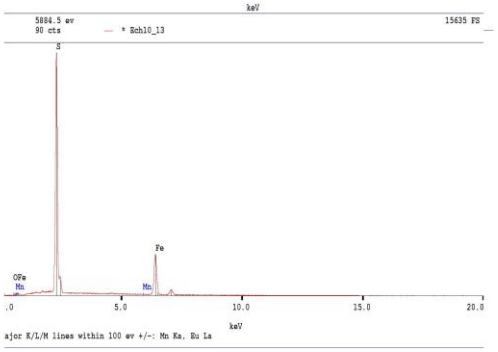

7620 FS
* 8_19
S
Si
Fe
O
Fe
Al
K
0.0
5.0
10.0
15.0
keV

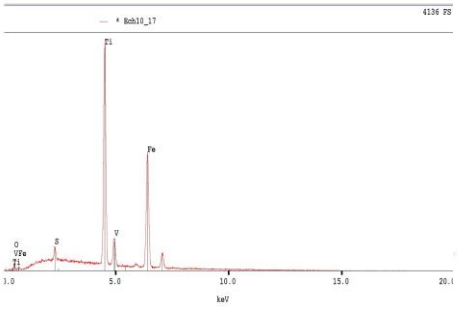

11959.5 ev
5 cts
7748 FS
* Ech10_3
Ca
P
O
Sc
Ca
Br
Sc
Br
0.0
5.0
10.0
15.0
keV
Major K/L/M lines within 100 ev +/-: Br Ka, Fr La

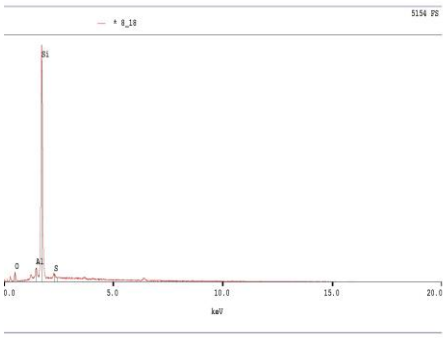

6408.6 ev
109 cts
6255 FS
* Ech10_4
P
Si
O
Fe
Al
Fe
0.0
5.0
10.0
15.0
keV
Major K/L/M lines within 100 ev +/-: Fe Ka, Dy La

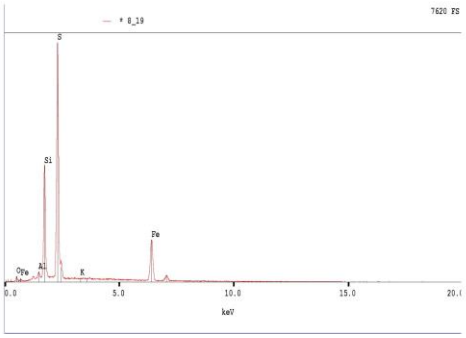

7448 FS
* Kch10_5
Ti
O
V
Ti
Sc
CaFe
Mg
Si
P
CaSc
V
Fe
0.0
5.0
10.0
15.0
keV

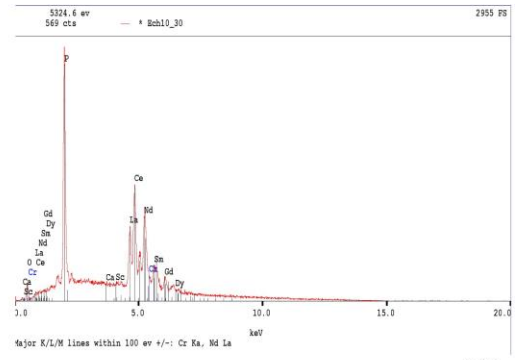

690.9 ev
84 cts
* Kch10_9
2402 FS
Fe
O
Fe
Si
Al
0.0
5.0
10.0
15.0
keV
Major K/L/M lines within 100 ev +/-: Fe La, F Ka, Mn La, Co La

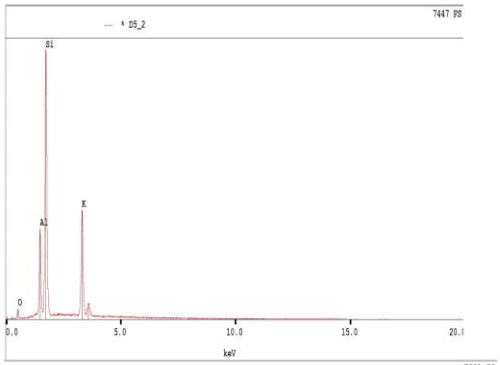

5884.5 ev
90 cts
* Kch10_13
15635 FS
S
OFe
Mn
Fe
Mn
.0
5.0
10.0
15.0
20.0
keV
ajor K/L/M lines within 100 ev +/-: Mn Ka, Ku La

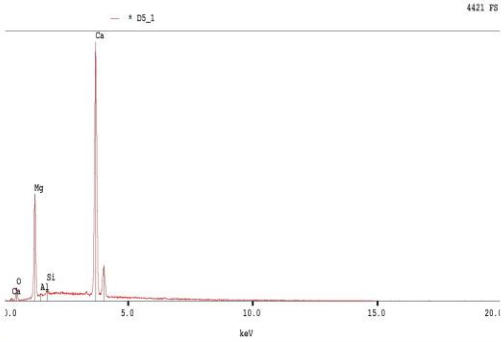

* Kch10_17
4136 FS
Ti
Fe
O
VFe
Ti
S
V
3.0
5.0
10.0
15.0
keV

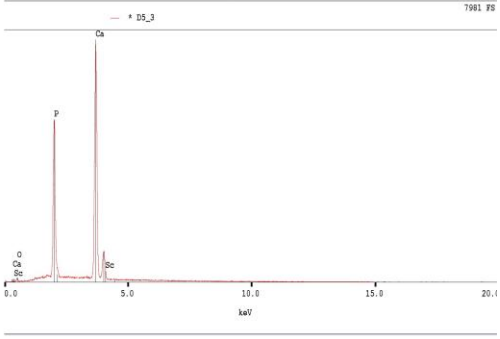

* 8_18
5154 FS
Si
O
Al
S
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
keV

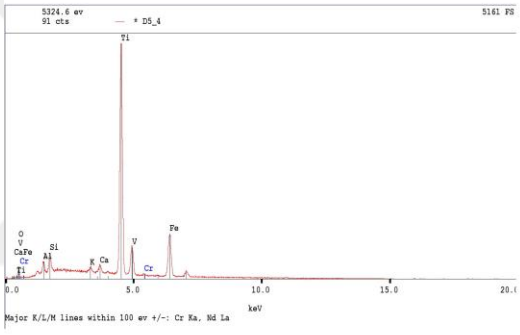

* 8_19
7620 FS
S
Si
Fe
OFe
Al
K
0.0
5.0
10.0
15.0
keV

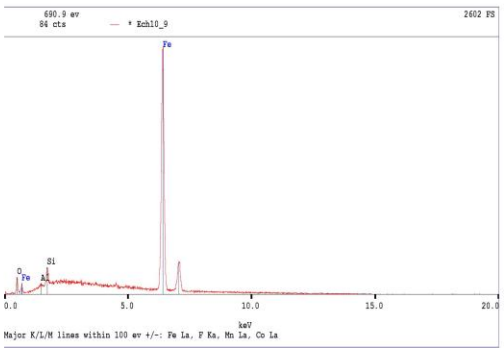

5324.6 ev
569 cts
* Ech10_30
2955 FS
P
Ce
La
Nd
Gd
Dy
Sm
Nd
La
O Ce
Cr
Ca
Sc
CaSc
Sm
Ce
Gd
Dy
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
keV
Major K/L/M lines within 100 ev +/-: Cr Ka, Nd La

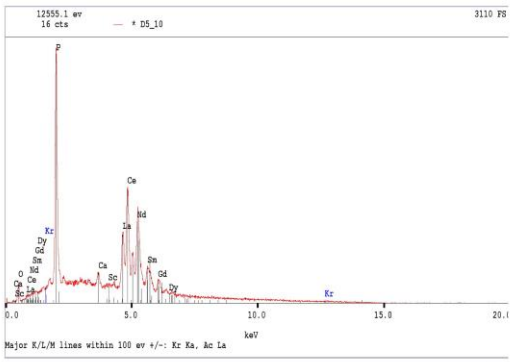

* D5_2
7447 FS
Si
Al
K
O
0.0
5.0
10.0
15.0
keV

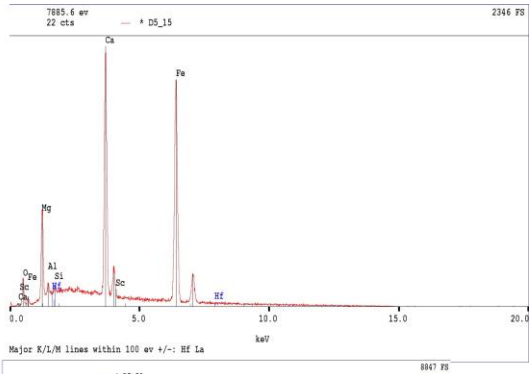

* D5_1
4421 FS
Ca
Mg
O
Ca
Si
Al
0.0
5.0
10.0
15.0
keV

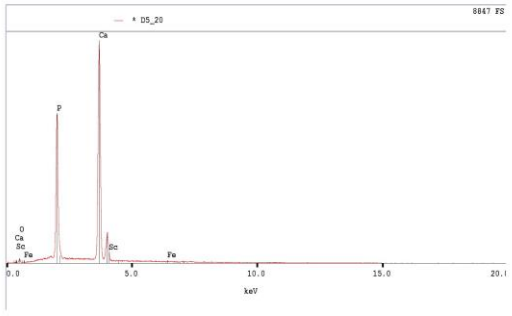

* D5_3
7981 FS
Ca
P
O
Ca
Sc
Sc
0.0
5.0
10.0
15.0
keV

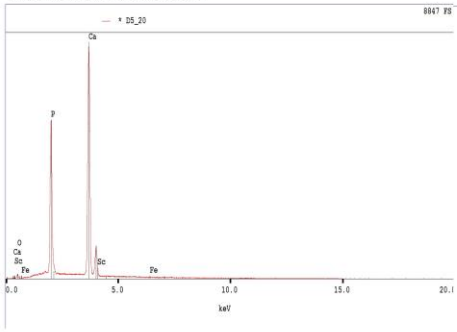

5324.6 ev
91 cts
* D5_4
5161 FS
Ti
O
V
CaFe
Cr
Ti
Si
Al
K
Ca
V
Cr
Fe
0.0
5.0
10.0
15.0
keV
Major K/L/M lines within 100 ev +/-: Cr Ka, Nd La

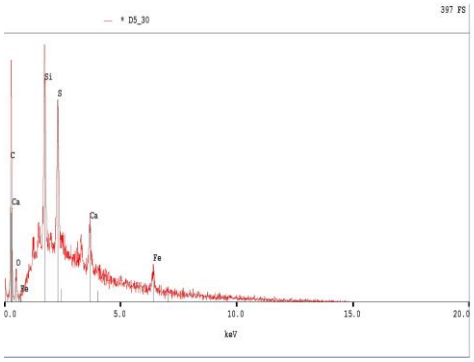

690.9 ev
84 cts
* Ech10_9
2602 FS
Fe
O
Fe
Si
Al
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
keV
Major K/L/M lines within 100 ev +/-: Fe La, P Ka, Mn La, Co La

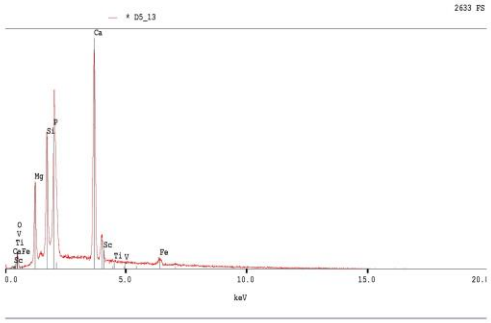

12555.1 ev
16 cts
* D5_10
3110 FS
P
Ce
Nd
La
Kr
Dy
Gd
Sm
Ca
Sc
Kr
keV
Major K/L/M lines within 100 ev +/-: Kr Ka, Ac La


7885.6 ev
22 cts
* D5_15
2346 FS
Ca
Fe
Mg
Al
Si
Sc
Hf
keV
Major K/L/M lines within 100 ev +/-: Hf La


* D5_20
8847 FS
Ca
P
O
Ca
Sc
Fe
Sc
Fe
keV


* D5_20
8847 FS
Ca
P
O
Ca
Sc
Fe
Sc
Fe
keV


* D5_30
397 FS
Si
S
C
Ca
Ca
O
Fe
Fe
keV


* D5_13
2633 FS
Ca
P
Si
Mg
O
V
Ti
Ca
Fe
Sc
Sc
Ti
V
Fe
keV

ÖZGEÇMİŞ

NAMAKAN CAMARA

Tel : 05457248513

E-posta : camaranamakan@gmail.com

Adress : Elmalılı Hamdi Yazır öğrenci Yurdu

Pınarbaşı Mahallesi Dumlupınar

Caddesi No:456/2 Akdeniz Ünıversıtesi Kampü

Konyaaltı-Antalya



Namakan CAMARA 1989 yılında Mali'de doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Bamako'da tamamladı. 2007 yılında girdiği Bamako Üniversitesi Fen Fakültesi Bioloji-Jeoloji Bölümü'nden 2011 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 15 Kasım 2011-30 Ağustos 2013 tarihleri arasında Erekageo maden şirketinde jeoloji mühendisi olarak çalıştı. Eylül 2013-Temmuz 2014 tarihinde Akdeniz Üniversitesi Yabanci Diller Yüksek Okulunda Türkçe hazirlik okudum. 1 Eylül 2014-29 Eylül 2016 yılları arasında, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı.