

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KİNDİA (GİNE, BATI AFRİKA) BÖLGESİNDEKİ BOKSİT YATAKLARININ
JEOLJİSİ, JEOKİMYASI VE KÖKENİ**

Moussa SIDIBE

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

NİSAN 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KİNDİA (GİNE, BATI AFRİKA) BÖLGESİNDEKİ BOKSİT YATAKLARININ
JEOLJİSİ, JEOKİMYASI VE KÖKENİ**

Moussa SIDIBE

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

NİSAN 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KINDIA (GİNE, BATI AFRİKA) BÖLGESİNDEKİ BOKSİT YATAKLARININ
JEOLJİSİ, JEOKİMYASI VE KÖKENİ**

**Moussa SIDIBE
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**(Bu tez Akdeniz Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
(BAP) tarafından FYL-2016-1957 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

NİSAN 2018

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİNDİA (GİNE, BATI AFRİKA) BÖLGESİNDEKİ BOKSİT YATAKLARININ
JEOLJİSİ, JEOKİMYASI VE KÖKENİ

Moussa SIDIBE
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 06/04/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN (Danışman)

Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ

Doç. Dr. Yusuf URAS

ÖZET

KINDIA (GİNE, BATI AFRİKA) BÖLGESİNDEKİ BOKSİT YATAKLARININ JEOLJİSİ, JEOKİMYASI VE KÖKENİ

Moussa SIDIBE

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN

NİSAN 2018; 93 sayfa

Debele ve Balaya boksit platoları, Batı Afrika Kraton'unun doğu kısmındaki Gine Paleozoyik Bove Havzası'nın güney kısımlarında bulunan Ordovisyen ve Silüriyen formasyonların üzerinde yer alan platolardır. Bu platolar Kindia boksit provensine aittir. Bölgede yapılan önceki çalışmalar, bu iki platolar üzerindeki boksitlerin iki tipinin varlığını ortaya çıkarmıştır: yerinde oluşan lateritik boksitler ve yeniden biriken sedimanter boksitler. Her ne kadar bu sedimanter boksitlerin yeniden işleme karakterleri oldukça net olsa da, çevresindeki lateritik boksitler ve Silüriyen formasyonlar ile olan kökensel ilişkisi tartışılmaktadır. Bu jeolojik soruna katkıda bulunmak için, Balaya ve Debele platolarında bulunan farklı türdeki boksitler üzerinde petrografik, mineralojik ve jeokimyasal incelemeleri yapılmıştır.

Yapılan mineralojik analizler ve petrolojik incelemeler, Balaya ve Debele platolarında bulunan lateritik ve sedimanter boksitlerin mineralojilerinin neredeyse aynı olduğunu göstermiştir. Majör mineral bileşenleri; jipsit, götit ve alüminyumlu götit, minör mineral bileşenleri; anastaz, rutil, diyaspör ve kaolinit ve aksesuar mineralleri ise zirkon ve klastik kuvars olduğu görülmüştür. Tüm kayaç ve iz element analizleri, boksitlerin ana bileşenlerinin Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 ve TiO_2 olduğunu göstermiştir. İz elementlerin incelemeleri, lateritleşme sırasında boksitlerde, Ti, Cr, Ga, Nb, Th, V, Zr, Y ve REE'ler duraylı kalmış ve özellikle zenginleşmiş; buna karşılık P, Sm ve Tb ile beraber bulunan alkali ve toprak alkali metallerin özellikle ise fakirleştirmiş olduğu gözlenmiştir. Jeokimyasal çözülme ile duraylı elementlerin (Zr/Hf, Nb/Ta, Yb/Lu ve Cr/N) ve REE'nin oranları; boksit tiplerinin kökenini, Telimele Dizisindeki Silüriyen'deki arjillit, aleurolit (silttaş) içerikli formasyonlarının olması, hem de jipsitler ve kaolinitin derin olarak lateritleşmesi sonucunda desilikasyon yoluyla oluştuğunu göstermiştir. Böylece, Balaya ve Debele sedimanter boksitler, lateritik boksitlerinden farklı mekanik taşınmalar ve yeniden çökeltme yoluyla meydana gelmektedir. Pearson korelasyonu ve UCC-normalize iz element içerikleri, T-içeren ve Fe-içeren minerallerin sırasıyla HREE, HFS, Sn, U, Ga, W, Y, ve Mo, Cu, Pb, As, Sb, Bi için taşıyıcı olduğunu ortaya çıkarmıştır. P-içeren mineraller ve kaolinitler LREE konsantrasyonunda önemli roller oynamış olabileceği ancak LREE'yi taşıyan stronsiyum otijenik minerallerinin muhtemel varlığı beklenmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Ana kayaç, Balaya, Batı Afrika Kraton Örtüsü, Bove havzası, Debele, Gine, Jeokimya, Lateritik boksit, Mineraloji, Petrografi, Sedimanter boksit.

JÜRİ: Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN

Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ

Doç. Dr. Yusuf URAS

ABSTRACT

GEOLOGY, GEOCHEMISTRY, AND GENESIS OF KINDIA REGION'S BAUXITE DEPOSITS (GUINEA, WEST AFRICA)

Moussa SIDIBE

MSc Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN

APRIL 2018; 93 pages

Debele and Balaya bauxite plateaus are two of the tabular plateaus of Kindia bauxite province; where the bauxites ore are found upper Ordovician and Silurian formations in the southern part of the Guinean Paleozoic Bové Basin which is situated east of the West African Craton. Previous works revealed the existence of two types of bauxite on these two plateaus: the lateritic bauxites formed in situ and the sedimentary bauxites redeposited. Although the reworking characters of these sedimentary bauxites is obvious, their genetic relationship with the surrounding lateritic bauxites and Silurian schists has remained confused. To contribute to this geological task, this work deals with the petrographical, mineralogical and geochemical investigation on the different type of bauxites on Balaya and Debele plateaus.

Mineralogical analysis and petrological study revealed that the mineralogy is almost identical in both lateritic and sedimentary bauxites of Balaya and Debele plateaus. Gibbsite, goethite and aluminous goethite are the major mineral components; anatase, rutile, diaspore and kaolinite are minor minerals, with zircon and clastic quartz as accessory minerals in the bauxites. Whole rock and trace elements analyses show that the main components of the bauxites ore are Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , and TiO_2 . Trace elements investigation indicates that Ti, Cr, Ga, Nb, Th, V, Zr, Y, and REEs were immobile and specifically enriched; whereas alkalis and alkaline earth metals along with P, Sm and Tb were depleted in bauxites during lateritization. Geochemical paths of dismantlement, immobile element ratios (Zr vs Hf, Nb vs Ta and Yb vs Lu; and Cr/Ni) and REE patterns of the sedimentary and lateritic bauxites indicate that they were all originated from the Silurian argillites, aleurolites and aleuropelites of Telimele Suite through an indirect bauxitization, and that the gibbsite are products of the desilication of the kaolinite by a deep lateritization. Thus, Balaya and Debele sedimentary bauxites were formed from the lateritic bauxites by redeposition through different mechanical transportations. Pearson correlation and UCC-normalized trace elements patterns revealed that T-bearing and Fe-bearing minerals are the carrier for HREE, HFS, Sn, U, Ga, W and Y and Mo, Cu, Pb, As, Sb, Bi, respectively. P-bearing minerals and kaolinites could have played significant roles in LREE concentration, but the possible presence of authigenic minerals of strontium bearing the LREE are expected.

KEYWORDS: Balaya, Debele, Bove basin, Geochemistry, Guinea, Lateritic bauxite, Mineralogy, Parent rock, Petrography, Sedimentary bauxite, West African Craton Cover.

COMMITTEE: Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN

Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ

Dr. Yusuf URAS

ÖNSÖZ

Bu çalışma sırasında, bana destek veren tüm kurum ve kuruluşlara, öğretim elemanlarına, yardımcı olan arkadaşlarıma ve aileme genel olarak teşekkür etmek istiyorum.

En başta, boksit konusunda beni yönlendiren ve çalışmalarım sırasında bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN' a en içten dileklerle teşekkürü bir borç bilirim,

Türkiye'de eğitimimi maddi ve manevi olarak destekleyen “Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığı’na (YTB)” ömür boyu teşekkür borçluyum.

Değerli aileme, beni eğitimim boyunca destekleri için minnettarlığımı ve şükranlarımı sunuyorum. Annem Souwo KÉITTA ve Babam Soumaila SIDIBE 'ye, 21 yıl boyunca bütün çalışmalarımda bana en güçlü desteklerini verdikleri, eğitim fırsatı tanıdıkları ve maddi yardımda buldukları için teşekkür ederim.

Tezimi maddi ve manevi olarak destekleyen, Akdeniz Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (BAP), desteklerini gördüğüm Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine ve Akgim personeline çok teşekkür ediyorum.

Ülkem Gine'ye gittiğimde arazi çalışmalarımda bana yardım eden nişanlım Fatoumata Binta BAH ve arkadaşlarım Connè Mory SIDIBE (Degaulle), M'bemba SANGARÉ, Abdoulaye SANGARÉ (Lionba), Mango SAGNO ve Bigné CAMARA'ya teşekkürü borç bilirim.

Laboratuarda ince kesitlerimi incelemesinde bana destek veren Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ ve Arş. Gör. Alper GÜNEŞ'e çok teşekkür ederim. Ayrıca numunelerimin hazırlamasında bana yardımcı olan arkadaşlarım Daniel Ganyi NYAMSARİ, Hamidou Abdoul Azize TAFFA, Yannick BABİEB ve GALİ Abdoul Salam Ibrahim'ya en içten dileklerle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1. Boksit Hakkında Genel Bilgiler	4
2.1.1. Jeoloji ve sınıflandırma.....	4
2.1.2. Mineraloji ve petrografi.....	4
2.1.3. Jeokimya	6
2.2. Çalışmanın Alanının Bölgesel Jeolojisi	6
2.2.1. Temel Formasyonların (Afrika Platformu) Jeolojisi	6
2.2.2. Tortul birimler: Paleozoik Bove havzası	7
3. MATERYAL VE METOT	10
3.1. Çalışma Alanının Jeolojisi İncelenmesi	10
3.2. Örnekleme Yöntemi ve Materyal	10
3.3. Mineralojik, Kimyasal Analizler ve İnce Kesit Hazırlama İçin Örnekler ve Numuneler Hazırlanması.....	11
3.4. İstatistiksel ve Jeokimyasal Verilerin Analizleri.....	13
3.5. Ayrışma Endeksileri	13
3.6. Boksit Sınıflandırma ve Kökeni	14
4. BULGULAR.....	15
4.1. Debele ve Balaya Boksit Platolarının Jeolojisi	15
4.1.1. Balaya boksit platosu jeolojisi	15
4.1.2. Debele boksit platosu jeolojisi.....	19
4.2. Boksitlerin Mineralojisi ve Petrografisi	22
4.2.1. Analitik mineraloji.....	22
4.2.2. Boksitlerin petrografisi	24

4.3. Jeokimya.....	29
4.3.1. Majör elementler.....	29
4.3.2. İz elementler	36
4.3.3. Nadir toprak elementleri (REE).....	39
4.4. İstatistiksel Analizler	43
4.4.1. Debele platosu	43
4.4.2. Balaya platosu.....	50
4.5. Kimyasal Ayrışma Endeksleri.....	57
4.5.1. Alterasyonun kimyasal endeksi (CIA) ve ayrışma kimyasal endeksi (CIW).....	57
4.5.2. Parker'nin ayrışma endeksi (PAE/EN: WIP)	57
4.5.3. Ruxton oranı (R).....	58
5. TARTIŞMA	60
5.1. Boksitlerin Köken Kayaçları: Ana Kayaçları.....	60
5.2. İz Elementler Üzerindeki Mineralojik Kontrol	63
5.3. Boksitlerin Ayrışma Derecesi	65
5.4. Boksitlerin Oluşum Süreçleri	66
6. SONUÇLAR	70
7. KAYNAKLAR	72
8. EKLER.....	79
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “KINDIA (GİNE, BATI AFRİKA) BÖLGESİNDEKİ BOKSİT YATAKLARININ JEOLJİSİ, JEOKİMYASI VE KÖKENİ” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

06./04/2018

Moussa SIDIBE

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Σ	Toplam
%	Yüzde
> '	den çok
< '	den az

Kisaltmalar

SiO ₂	Silika veya Kuvars veya silisyum dioksit
Al ₂ O ₃	Alümina veya Alüminyum Oksit
Fe ₂ O ₃	Demir (III) Oksit
CaO	Kalsiyum Oksit
MgO	Magnezyum Oksit
Na ₂ O	Sodyum Oksit
K ₂ O	Potasyum Oksit
MnO	Mangan Oksit
TiO ₂	Titanyum Oksit
P ₂ O ₅	Fosfor Pentaoksit
Cr ₂ O ₃	Krom (II) Oksit (III)
Ba	Baryum
LOI	Kızdırma Kaybı
TOT/C	Toplam Karbon
TOT/S	Toplam Sülfür
Ag	Gümüş
As	Arsenik
Au	Altın
Be	Berilyum
Bi	Bizmut
Cd	Kadmiyum
Ce	Seryum
Co	Kobalt
Cs	Sezyum
Cu	Bakır
Dy	Disporsiyum
Er	Erbiyum
Eu	Evropiyum
Ga	Galyum
Gd	Gadolinyum
Hf	Hafniyum
Hg	Cıva
Ho	Holmiyum

La	Lantanyum
Lu	Lutetiyum
Mo	Molibden
Nb	Niobyum
Nd	Neodimyum
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Pr	Praseodim
Rb	Rubidyum
Sb	Antimon
Se	Selenyum
Sm	Samaryum
Sn	Kalay
Sr	Stronsiyum
Ta	Tantal
Tb	Terbiyum
Th	Toryum
Tl	Talyum
Tm	Tulyum
U	Uranyum
V	Vanadyum
W	Tungusten
Y	İtriyum
Yb	İterbiyum
Zn	Çinko
Zr	Zirkon
ppm	Milyonda Bir Birim
REE	Nadir Toprak Elementleri
ΣREE	Nadir Toprak Elementleri Toplamı
LREE	Hafif nadir toprak elementler

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının lokalizasyonunu gösteren Google Haritası.	3
Şekil 2.1. Aşağı Gine'nin tektonik şema haritası (C), Gine'deki konumu (B, kırmızımsıalan) ve Gine'nin dünyadaki konumu (A, kırmızı bölge) (Mamedove vd. 2010'dan sonra; değiştirilmiş).	8
Şekil 2.2. Balaya ve Debele platolarını ve çevresini gösteren çalışma alanının jeolojik ve boksit potansiyel haritası (veriler Makténék vd. 1987 ve Mamedov vd. 2010 'den alınmıştır).	9
Şekil 3.1. Arazi çalışmasından görünüm; a) bir boksit numune etiketi yazması; b) Temsili bir boksit numunesi araması; c) Balaya'nın kuzey platosunun KB'ye bakışı; c) bir prospeksiyon defteri doldurması.	11
Şekil 3.2. Numunelerin hazırlanması aşamalarını gösteren laboratuvar fotoğrafları.	12
Şekil 4.1. Balaya platosunun ayrışma kabuklar türlerinin şeması (Chibistov vd. 1972, değiştirilmiş).	17
Şekil 4.2. Çalışma Alanının 3B kontur haritası..	18
Şekil 4.3. Balaya platosunun 3B kontur haritası.	18
Şekil 4.4. Balaya platosu jeolojik haritası.	18
Şekil 4.5. Araziden bazı görünüm; a) Balaya kuzey platosu küçük dik yamaç; b) Pita Dizisi kumtaşlarında çapraz tabakalanma, c) Pita Dizisi kumtaşlarında çakıl konglomera ara katmanları; d) allitik demir cevheri arakatmanı.	19
Şekil 4.6. Debele platosunun ayrışma kabuklar türlerinin şeması (Chibistov vd. 1972, değiştirilmiş).	20
Şekil 4.7. Debele platosunun 3B kontur haritası.	21
Şekil 4.8. Debele platosu jeolojik haritası.	21
Şekil 4.9. Araziden bazı görünüm; a) Dik Ordovisyen kumtaşı ve Silüriyen kuvars aleurolitlerin yaklaşık 40 m kayalık yamacı ; b) Telimele Silüriyen arjillitleri; c) ferit ve boksit el numunesi; d) kil (kaolinitli Silüriyen arjillitler) zonu.	22
Şekil 4.10. Debele ve Balaya boksit yatağının enine kesiti (konumu için Şekil 2.2'ne bakınız).	22
Şekil 4.11. Balaya platosundaki argillitten oluşan psödomorf boksit (a), pisolitik boksit (b) ve konglomeratik-breşli boksit (c) el örnekleri ve arazi fotoğrafları.	25

Şekil 4.12. Balaya platosundan lateritik ve sedimanter boksitlerin fotomikrografikleri.	27
Şekil 4.13. Debele platosundaki argillitten oluşan psödomorf boksit (a) ve detritik boksit (b) el örneklerin fotoğrafları.....	28
Şekil 4.14. Debele platosundan lateritik ve sedimanter boksitlerin fotomikrografikleri.	29
Şekil 4.15. Debele platosunun boksitindeki majör element konsantrasyonu.....	31
Şekil 4.16. Balaya platosunun boksitindeki majör element konsantrasyonu.....	33
Şekil 4.17. Fe ₂ O ₃ –Al ₂ O ₃ –SiO ₂ Çalışma alanındaki boksit cevherlerinin mineralojik sınıflamasını gösteren üçgen diyagramı (Aleva'dan 1994).....	34
Şekil 4.18. Al ₂ O ₃ –SiO ₂ –Fe ₂ O ₃ boksitlerin lateritleşme derecesini gösteren üçgen diyagramı (Schellmann 1982).....	34
Şekil 4.19. Al ₂ O ₃ –SiO ₂ –Fe ₂ O ₃ boksit sınıflandırmasını gösteren üçgen diyagramı (Boulangue vd. 1996).....	35
Şekil 4.20. Beauvais'e göre sökümün jeokimyasal yolları (1991).....	35
Şekil 4.21. Debele platosunun boksitinde iz element konsantrasyonu.	37
Şekil 4.22. Debele platosu örneklerinin üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (ÜKK değerleri Taylor and McLennan 1981'dan alınmıştır).	37
Şekil 4.23. Balaya platosunun boksitinde iz element konsantrasyonu.	38
Şekil 4.24. Balaya platosu örneklerinin üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (ÜKK değerleri Taylor and McLennan 1981'dan alınmıştır).	39
Şekil 4.25. Hem Balaya hem de Debele platoların örnekleri için a) Zr ve Ta; b) Zr ve Nb; c) Hf ve Zr; d) Nb ve Ta arasındaki korelasyonları gösteren Harker diagramları;	39
Şekil 4.26. Debele platosundaki örneklerin kondirite göre normalize edilmiş Nadir Toprak Element diyagramı (normalleştirilme değerleri Sun ve Mc Donough 1989'dan alınmıştır)	41
Şekil 4.27. Balaya platosundaki örneklerin kondirite göre normalize edilmiş Nadir Toprak Element diyagramı (normalleştirilme değerleri Sun ve Mc Donough 1989'dan alınmıştır)	41
Şekil 4.28. Öklid uzaklığına dayanan gruplar- arası bağlantı yöntemik ullanılarak Debele platosundaki boksit, argillit ve ferrit 17 örneklerin için hiyerarşik küme analizinin dendrogramı.	45

Şekil 4.29. Pearson Korelasyonuna dayanan Gruplar- arası bağlantı yöntemik ullanılarak Debele platosundaki boksit, argillit ve ferrit örneklerin 54 kimyasal element için hiyerarşik küme analizinin dendrogramı.	46
Şekil 4.30. Debele platosu örnekleri için öz değerler gösteren diayagramı.....	48
Şekil 4.31. Öklid uzaklığına dayanan gruplar- arası bağlantı yöntemik ullanılarak Balaya platosundaki boksit, argillit ve ferrit 17 örnekleri için hiyerarşik küme analizinin dendrogramı.	52
Şekil 4.32. Pearson Korelasyonuna dayanan Gruplar- arası bağlantı yöntemik ullanılarak Balaya platosundaki boksit, argillit ve ferrit örneklerin 56 kimyasal element için hiyerarşik küme analizinin dendrogramı.	53
Şekil 4.33. Balaya platosu örnekleri için öz değerler gösteren diayagramı.....	55
Şekil 5.1. Çeşitli ana kayaçlarla ilişkili olarak çeşitli boksit türleri için Cr konsantrasyon değerlerine karşı Ni'nin çizimi (Schroll ve Sauer 1968).....	61
Şekil 5.2. Balaya ve Debele platolarındaki boskitler, Silüriyen argilitler ve ferritlerdeki Zr ve Hf (a) , Ta ve Nb (b), Yb ve Lu (c), arasında çok yüksek pozitif korelasyon gösteren Harker varyasyon diyagramları.	62
Şekil 5.3. Balaya ve Debele platolarındaki örneklerde Ga, Zr ve Cr konsantrasyonlarının üçgen diyagramı (Calagari ve Abedini 2007). A-D (yıldız) sırasıyla ultrabazik, bazik, ortaç ve asidik magmatik kayaçlardaki Zr, Cr ve Ga konsantrasyon değerlerini göstermektedir. I-IV sayılar sırasıyla ultramafik, mafik, oraç (veya arjilli) ve asitik köken kayaçların etki alanını temsil etmektedir.	62
Şekil 5.4. TiO ₂ korelasyon katsayısı r ve HREE'nin atom numarası Z arasında mükemmel eksponansiyel bir eğilimi.....	65
Şekil 5.5. Balaya ve Debele platolarının boksit cevherlerin oluşum aşamalar bu tezde önerilmiştir	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Boksit minerallerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Patterson 1967)	5
Çizelge 4.1. XRD analiz sonuçları (Al-götüt=alüminyumlu götit)	23
Çizelge 4.2. Debele platoların'ndann alınan boksit örnekler majör elementlerin minimum, standart sapma, maksimum ve ortalama konsantrasyon değerleri (ASK= Ateşte Su Kaybı, N= örnek sayısı, Top= toplam).....	31
Çizelge 4.3. Balaya platosun'ndann alınan boksit örnekler majör elementlerin minimum, standart sapma, maksimum ve ortalama konsantrasyon değerleri (ASK= Ateşte Su Kaybı, N= örnek sayısı, Top= toplam).....	33
Çizelge 4.4. Çalışma alanındaki boksit örneklerinin Σ LREE / Σ HREE, Σ LREE, Σ HREE ve Σ REE'si.....	42
Çizelge 4.5. Çalışma alanındaki boksit örneklerinin Σ LREE, Σ LREE / Σ HREE Σ HREE ve Σ REE'sini tanımlayan istatistik.	42
Çizelge 4.6. Debele platosu örnekleri için açıklanmış toplam varyans değerleri	48
Çizelge 4.7. Debele platosu örneklerin kimyasal elementlerinin bileşen matrisi	49
Çizelge 4.8. Balaya platosu örnekleri için açıklanmış toplam varyans değerleri	55
Çizelge 4.9. Balaya platosu örneklerin kimyasal elementlerinin bileşen matrisi	56
Çizelge 4.10. Debele ve Balaya platoların örnekleri için ayrışma endeksleri (Ortalama-B = sadece boksit numuneleri için ortalama değeri).....	59

1. GİRİŞ

Boksit, alüminaca zengin fakat alkali ve toprak alkali elementleri ile silikaca fakir olan ayrışma ürünleri için kullanılan bir terimdir (Gow vd. 1993). Tipik olarak yeryüzünde tropikal veya yarı tropikal iklim koşullarında oluşmaktadır. Boksitler %3-5 oranında birleşik silika içermekte, %20'den az Fe_2O_3 ve %45-50'den fazla Al_2O_3 içeren ürünlere boksit cevheri denilmektedir (Valeton 1972; Gow vd. 1993). Boksitteki cevher mineralleri, sulu alüminyum oksidin birkaç çeşitlerini içermektedir: saf halde beyaz olan ancak doğada her zaman saf halde olmayan maddelerle renklenmiş jipsit, boemit ve diyaspor şeklindedir (Gow vd. 1993). Boksit bazı durumlarda, demir oksitler, kuvars, titanyum oksitler, korindon, amorf madde, kil mineralleri, fosfat mineralleri, zirkon, turmalin, kyanit, granat, altere olmamış mineraller ve su içermektedir (Patterson 1967; Patterson vd. 1986; Gow vd. 1993).

Boksit yatakları çok farklı ve birçok oluşum modeline sahiptir. Bu nedenle, şimdiye kadar boksit yataklarının tamamen tatmin edici sınıflandırması bulunmamaktadır (Patterson 1967; Gow vd. 1993). Boksit yataklarını sınıflandırması için oluşum, mineraloji, kimyasal birleşim, jeomorfoloji ve ana kayaç tipi modelleri şeklinde birçok kriter tanımlanmıştır. Bogatyrev vd. (2009), boksit yataklarını üç oluşum grubuna ayırmıştır; lateritik boksit, sedimanter boksit ve karstik boksit. Genel olarak, alüminosilikatlı kayaçların in situ olarak güçlü lateritleşmesi ile lateritik boksitleri oluşmaktadır (Bardossy 1982; Bogatyrev vd. 2009). Tikhvin tipi boksitler (Hanilci 2013; Zamnian vd. 2015) olarak da bilinen sedimanter boksitler, esasen lateritik birikimlerin yakınsal yeniden yataklanmasıyla (tepe yamaçları, proluvial, moloz birikintileri veya alüvyon) oluşan ürünler olup, sedimantasyon işlemleriyle yeniden işlenmiştir (Bardossy ve Aleva 1990; Bogatyrev vd. 2009). Karstik boksitler ise karstlaşmış veya karstlaşan karbonat kayaçları formasyonları ile kısıtlıdır (Bogatyrev vd. 2009; Hao vd. 2010; Zamanian vd. 2015).

Boksit türlerinin hemen hemen hepsi lateritik olarak bilinse de karstik boksit yatakları birçok araştırmacı tarafından çalışılırken, lateritik boksit yataklarının jeokimyasal ve oluşumsal etkileri çok az araştırılmıştır (Gu vd. 2013). Bunun sonucu olarak, lateritik boksit yataklarının oluşumu süreçlerinin ortaya çıkışı veya ana kayaçları hakkında çok az bir bilgi mevcuttur (Gu vd. 2013). Batı Afrika ve Brezilya, tüm dünyadaki lateritik boksit rezervlerinin önemli kısmını barındırmaktadır (Boulagé vd. 1990). Batı Afrika'da, boksitik cevher yatakları, tercihen Batı Afrika Kratonun yükselme ekseninin her iki tarafında bulunmaktadır (Boulangé ve Millot 1988).

Mineral kaynağı çeşitliliği ve önemi açısından "jeolojik skandal" olarak bahsedilen (Traore vd. 2014) Gine Cumhuriyeti, maden yatırımları açısından dünyadaki en dikkat çeken ülkeler arasında yer almaktadır. Boksitler ilk olarak Gine'de, A. Lacroix tarafında 20. yüzyılın başlarında keşfedilmiştir (Lacroix 1914). Bugün, Gine dünyadaki boksit rezervlerinin yaklaşık %45'ini kapsayan 40 milyar ton civarında

boksit yatağına sahiptir (Mamedov vd. 2010). Gine boksitlerinin çoğu, Futa-Djalon-Mandingo Provansinde (Mamedov vd. 2010); Aşağı Gine'deki Boke, Kindia Fira ve Boffa; Orta Gine'deki Tougué, Pita, Mali, Mamou ve Dabala; ve Yukarı Gine'deki Dinguiraye, Dabola ve Siguiiri bölgelerinde yer almaktadır.

Çalışmanın amacı

Debele-Kindia bölgeleri, Gine boksitli yüzeylerinin güneybatı kısmında yer almakta ve birçok boksit platosunu içermektedir (Şekil 1.1 ve 1.2). Sovyetler Birliği Jeolojik Araştırmaları tarafından 1968, 1970 ve 1972 yıllarında yapılan ayrıntılı prospeksiyonlara göre Debele ve Balaya platolarının boksit rezervleri sırasıyla yaklaşık 54.05 milyon ton (Debele) ve 5.4 milyon ton (Balaya) olduğunu tahmin etmektedir. Bu prospeksiyon çalışmaları, ayrıca iki tip boksit türünün gözlemlendiğini ortaya çıkarmıştır (Boufeev vd. 1968; Petrov vd. 1971; Diallo vd. 1972): "elüvyal ayrışma kabuklarında" yer alan psödomorf veya yapısal boksitler olarak denilen lateritik boksitler ve "kompleks ayrışma kabuklarında" yer alan sedimanter veya yeniden işlenmiş boksitler olarak denilen detritik boksit şeklindedir. Sedimanter boksitlerin yeniden işlenme karakterleri hakkında hiç bir şüphe olmasa da oluşumları hakkında iki görüş bulunmaktadır. Petrov vd. (1971)'e göre, bu yeniden işlenmiş boksitler, yerinden dislokasyonu ile uğraşan ve daha sonra "kompleks ayrışma kabuğunun" altta yatan kısmıyla, aynı profilde dönüştürülen lateritik malzemeyi temsil etmekteyken Akaemov (1970) ile Chibistov ve Kiritchenko (1972)'ye göre, platolardaki daha önceden oluşmuş lateritik boksitlerden oluşan delüvial sedimanter boksitleri temsil etmektedir.

Bu yazarlar kendi yorumlamalarını desteklemek için jeolojik veya jeokimyasal argüman vermemiştir. Bugün, 21. yüzyıldaki teknolojik ve bilimsel gelişmesiyle, bu soruna tatmin edici cevaplar getirmek mümkündür. Bu nedenle, bu çalışmanın amaçları;

a) Debele ve Balaya platolarında bulunan farklı tür boksitler ve anakayaçlar üzerinde jeolojik, petrografik, mineralojik ve jeokimyasal verileri oluşturan çalışmaları sürdürmek,

b) duraylı elementleri kullanarak boksitlerin köken kayacını (kayaçlarını) belirlemek ve son olarak

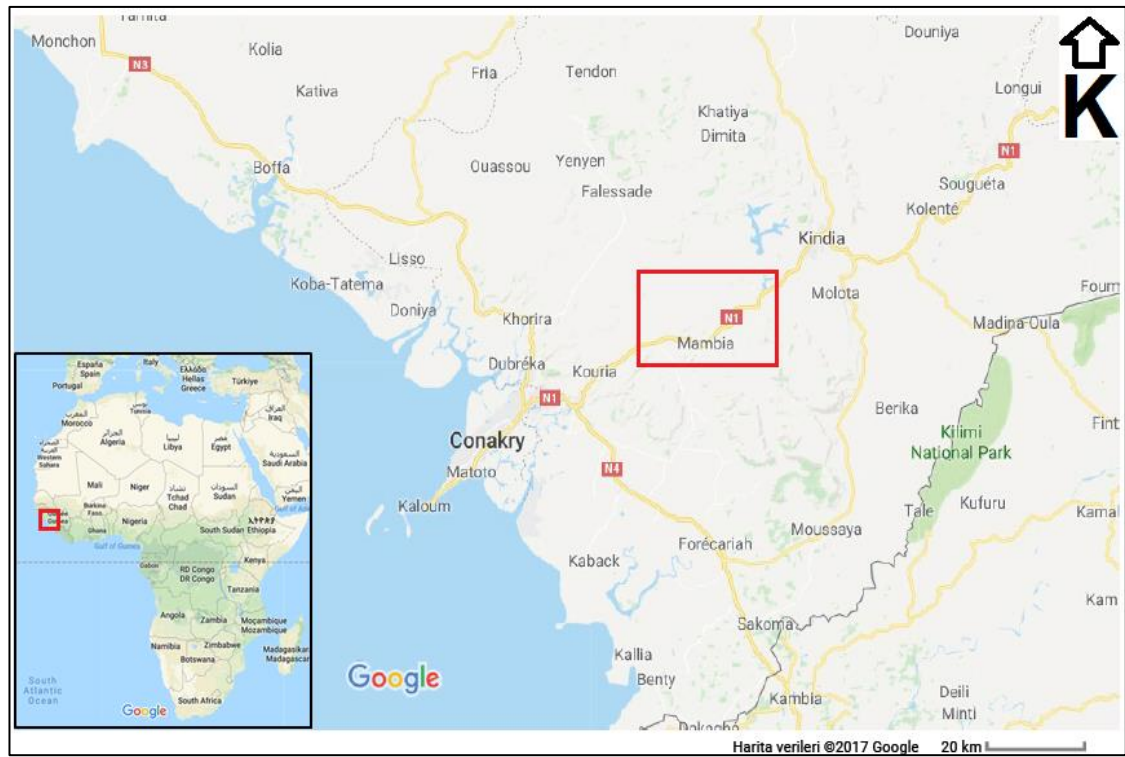
c) Debele ve Balaya boksit platoları için cevher oluşumuna yeni bir jeolojik modeli önermektir.

Çalışma alanının lokasyonu

Çalışma alanı, Gine Cumhuriyeti'nin güney-batı kısımlarında, ülkenin en yağmurlu bölgelerinden biri olan Kindia idari bölgesinde ve K9°58'06", 9°50'45" ve B13°11'12", 12°57'23" konumları arasında bulunmaktadır (Şekil 1.1). Bu bölge, Futa-Djalon büyük platosunun batı sınırında bulunmaktadır. Çalışma alanı, birkaç dik

yamaçlı, yassı platoda yer alan nehir vadileri tarafından kesilmektedir. Bu platolar, boksit yatağı oluşturan lateritik formasyonların napları tarafından örtülmüştür. Bunların arasında, bu çalışmada araştırılan Debele ve Balaya platoları bulunmaktadır. Çalışma alanına araç ile ulusal otopanında 71 km ilerleyerek başkent Conakry'den ulaşılmaktadır. Alan, Kindia'dan sadece 35 km uzaklıktadır.

Bölgedeki tropikal iklim nemli ve kuru sezonlarıyla karakterize edilmektedir. Kindia bölgesi, Gine'nin en yağmurlu bölgelerinden biridir. Muson sezonunda Hazirandan Kasım ayına kadar güneybatı rüzgarları etkili, kuru sezonda ise Aralıktan Mayıs'a kadar güneybatı yönlü kuru rüzgarlar etkili olmaktadır. Eskiden yoğun ormanlardan oluşan bitki örtüsü kademeli olarak azalmaktadır. Bu bitki örtüsü nehirler boyunca ve plato eteklerinde yoğunlaşmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının lokalizasyonunu gösteren google haritası

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Boksit Hakkında Genel Bilgiler

2.1.1. Jeoloji ve sınıflandırma

Boksit yatağı, çeşitli jeolojik koşullar ve jeometrik yapılanmalar ile oluşmaktadır. Bu yatakları tanımlamada birçok farklı sınıflandırma yöntemi öne sürülmüştür (Patterson vd. 1986). Boksit terimi, 1821'de Berthier tarafından Güneydoğu Fransa'daki Les Baux civarından alumina bakımından zengin ve neredeyse silika içermeyen kil benzeri tortullar için literatüre tanıtılmıştır. Boksit, şu anda alkali ve toprak alkali elementler ve silika açısından fakir fakat alümina açısından zengin ayrışma ürünleri için kullanılan bir terimdir. Pratik olarak, tropikal veya yarı tropikal ayrışma koşullarında, yeryüzünde veya yeryüzü yakınlarında oluşan ayrışma ürünü kalıntı yataklar şeklinde gözlenmektedir.

Boksit yatakları, beş kıtanın hepsinde Prekambriyen'den günümüze tüm jeolojik zamanlarda görülmüştür. Fakat, Geç Paleozoyik ve Orta-Geç Tersiyer boksit formasyonları için en çok tercih edilen jeolojik zamanlardır (Patterson 1967; Gow vd. 1993). Boksit sınıflaması yapılırken çok fazla oluşum değişkeni söz konusu olduğundan dolayı tamamen tatmin edici bir sınıflandırma yapmak mümkün olmamaktadır (Patterson 1967). Boksit yataklarını sınıflamak adına birçok kriter kullanılmıştır. Ana kayaç dikkate alındığında, boksit yatakları bazı yazarlar tarafından ikiye ayrılmaktadır: lateritik ve karstik boksitler (Weisse 1964; Gow vd. 1993). Coğrafik yayılım ve diğer kayaçlarla ilişki nedeniyle, karstik boksitler çoğu zaman terra rossa, kireçtaşı, Fransız veya Akdeniz tipi olarak sınıflandırılmıştır (Zans, 1961). Bu iki türe ek olarak, Gine, Arkansas, Suriname, Guyana ve diğer ufak bölgelerde bulunan taşınmış boksitler ne lateritik ne de karstik olup, bazılarının ise kaynak kaya türü bile belirsizdir (Patterson vd. 1986). Şekilleri ve oluşumları göz önüne alındığında, bazı yazarlar örtü yatakları, ara katmanlı yataklar, cep yatakları ve taşınmış yataklar şeklinde tanımlarken (Patterson vd. 1986) diğer birçok sınıflandırma ise farklı kriterlere dayandırılarak yapılmıştır.

2.1.2. Mineraloji ve petrografi

Boksitteki cevher mineralleri, alüminyum oksidin değişik formlarında oluşabilmektedir: jipsit ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), böhmit ($Al_2O_3 \cdot H_2O$) ve diyaspör ($Al_2O_3 \cdot H_2O$). Bunların fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.1'de verilmiştir. Jipsit minerali veya "hidragillit" genellikle alümina trihidrat ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) olarak tanımlanmaktadır (Newsome vd. 1960). Jipsit, boksit yatağında bulunması halen daha tartışılan iki adet polimorf bayerit ve nordstrandite sahiptir (Bardossy 1959; Patterson 1967). Böehmit genellikle alümina monohidrat ($Al_2O_3 \cdot H_2O$) veya tam olarak alüminyum oksit hidroksit ($AlO(OH)$) olarak tanımlanmaktadır. Boehmit genellikle, baskın olarak jipsitten oluşan boksit yataklarında az miktarlarda gözlenmekteyken, Avrupa, Rusya ve Çin topraklarında bulunan boksit yataklarında en çok gözlenen mineraldir. Diyaspör ise

boehmit ile aynı kimyasal bileşime sahip fakat atomik yapısı daha yoğun bir mineraldir. Diaspor minerali Avrupa (Bardossy 1959) ve Rusya'daki birçok boksit yatağında az miktarlarda gözlenmektedir. Jipsit ve az miktarlardaki boehmit, yüzey boksitlerindeki maden minerallerini oluşturmada, buna karşılık diasporca zengin boksitler ise gömülme ve metamorfizma bölgelerinde daha çok gözlenmektedir (Gow vd. 1993).

Boksitler aynı zamanda demir oksitler (hematit, Fe_2O_3 ve götit, $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ veya $FeO(OH)$), kuvars (SiO_2), titanyum oksitler (ilmenit, $FeTiO_3$ veya $FeO \cdot TiO_2$, rutil, TiO_2 , anataz, TiO_2 ve lökoks, TiO_2), korund (Al_2O_3), amorf madde ve sudan oluşmaktadır (Patterson 1967; Gow vd. 1993). Ayrıca az miktarlarda kil (kaolin mineralleri, halloysit), fosfat mineralleri, zirkon, turmalin, kyanit, granat ve altere olmamış kaynak kayalar gibi mineraller de sıklıkla gözlenmektedir (Patterson 1967; Gow vd. 1993). Gömülmüş olarak nitelendirilen eski boksitler genellikle sert ve kompakt olup, baskın olarak gözlenen alüminyumlu mineralleri boehmit ve diaspordur. Günümüz boksitleri ise genellikle yumuşak olup baskın alüminyumlu minerali jipsittir (Patterson 1967; Gow vd. 1993). Çoğu boehmit yatağı Mesozoyik yaşlı ve çoğu diaspore yatağı ise Paleozoyik yaşlıdır (Patterson 1967).

Boksitler birçok farklı dokusal formda oluşmaktadır: yapısız, granüler veya topraksı, pisolitik, oolitik, breşli, nodüler, hücreli, yassı, masif veya tabakalı veya büyük oranda ana kayalardan psödomorfik (Gow vd. 1993). Lateritik boksitler genellikle pisolitik veya yapısal formlardayken, topraksı boksit ise tipik olarak "terra rosa" yatakları olarak bilinmektedir (Gow vd. 1993). Boksitler genellikle kırmızıdan kahverengine veya sarıya değişen renklerde, ama organik materyal fazla olması durumunda siyah veya koyu yeşil olabilmektedir (Gow vd. 1993). Ayrıca, çoğu boksitin kütle yoğunluğu 1281 ile 1922 kg/m^3 arasında değişir ve yüksek gözeneklilikten dolayı mineralin özgül ağırlığından daha düşüktür (Patterson 1967).

Çizelge 2.1. Boksit minerallerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Patterson 1967)

Mineral	Kimyasal Formül	Alternatif kimyasal formül ve isim	Kristal sistemi	% Al_2O_3	% H_2O	spesifik yer çekimi	Sertlik (Mohs ölçeği)
Jipsit	$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$, alümina trihidrat	$Al(OH)_3$, alüminyum trihidroksit	Monoklinik	65.35	34.65	2.3-2.4	2.2-3.5
Böhmit	$Al_2O_3 \cdot H_2O$, alümina monohidrat.	$AlO(OH)$, alüminyum oksit hidroksit	Ortorombik	84.97	15.03	3.01-3.06	04.0-5.0
Diaspor	$Al_2O_3 \cdot H_2O$, alümina monohidrat	$AlO(OH)$, alüminyum oksit hidroksit	Ortorombik	84.98	15.02	3.3-3.5	6.5-7

2.1.3. Jeokimya

Boksitlerin bileşimindeki majör elementler bir şekilde tam olarak biliniyorsa da iz elementlerin bileşimini çok değişken olup ve halen daha tam anlaşılmış değildir. Genel olarak, Zr, V, Nb, Cr, Y, Ga ve Th gibi iz elementler boksit profillerinde oldukça bol bulunmaktadır (Gu vd. 2013). Boksit yatakları çok değişken jeokimyaya sahip olup, ana kayacın jeolojisini, yatağın geçmişi ve coğrafyasını yansıtmaktadır (Gow vd. 1993). Ana kayaçlarda, iz elementler kayaç oluşturan ve aksesuar minerallerin arasında dağılım göstermektedir. Kayaç oluşturan mineraller boksitik arıyışma sırasında çözünebilmekte, buna karşın aksesuar mineraller genellikle arıyışmaya karşı daha dayanıklıdır. Bu iki grup arasındaki dağılım iz elementlerin arıyışma karakterini yansıtmaktadır (Bardossy ve Aleva 1990). Eğer ev sahibi yapan mineralleri arıyışmaya uğramazsa, boksit profilindeki mineralojik etkisi öyle ki hareketli elementler bile boksit profilleri içinde yoğunlaşabilir (Meshram ve Randive 2011). Boksit içerisindeki iz elementlerin dağılımı ve davranışı aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- (i) ana kayacın bileşimi,
- (ii) boksit formasyonunun fizikokimyasal koşulları,
- (iii) yatak kayaçlarının mineral çeşitleri,
- (iv) elementlerin çözünürlüğü, hidroksit çökeltisinin pH'ı ve karmaşık formasyonun oluşumu,
- (v) diyajenetik, epijenetik ve günümüz boksit dönüşümü (Mordberg ve Nesterova 1996).

2.2. Çalışmanın Alanının Bölgesel Jeolojisi

Çalışma alanı Aşağı Gine 'nin güney-batı kısımlarında yer almaktadır. Afrika Platformu'nun güney-batı kısımlarına ait ve Batı Afrika Kraton'u (BAK) doğu kısımlarında Gine Paleozoyik Bove Havzası'nın (Şekil 2.1) güney kısımlarında yer almaktadır. Bu Platform en alttan üste doğru Arkeyan, Üst Proterozoyik, Paleozoyik ve Kuvarterner zamanlı formasyonlardan oluşmaktadır.

2.2.1. Temel Formasyonların (Afrika Platformu) Jeolojisi

Temel formasyonların zonu, Leono-Liberian Masifi, Eburneyan kalkanı, Kenema-Man Kraton'u (Mamedov vd. 2010) şeklinde isimlendirilen ve BAK'ın kristalin tabanı ve onun katmanlı örtüsü (Erken Proterozoyik birleşmesi ve Pan-Afrikan yapıları) olduğu sırada gelişen çeşitli evrelerdeki uzun oluşum süreçleri (Arkeyan, Erken Proterozoyik ve geç Ripiyan-Venidiyan) nedeniyle ortaya çıkan heterojen yapısı (Şekil 2.1) ile ayırt edilmektedir (Mamedov vd. 2010). Üst Arkeyan, Kassila Serileri ile temsil edilmekte ve mafik ve siyalik kayaçlardan oluşmaktadır (Boufeev vd. 1968,

1969; Mamedov vd. 2010). Üst Proterozoyik'te (Pan-Afrika¹ oluşum yapıları), Rokel oluşunda bulunan terrijen-karbonatlı, volkano-sedimanter ve terrijen çökeller, sırasıyla Madina-Kouta Serileri, Bania ve Taban Serileri ile temsil edilmektedir (Declaire 1955, 1957; Allen 1967, 1968; Mamedov vd. 2010).

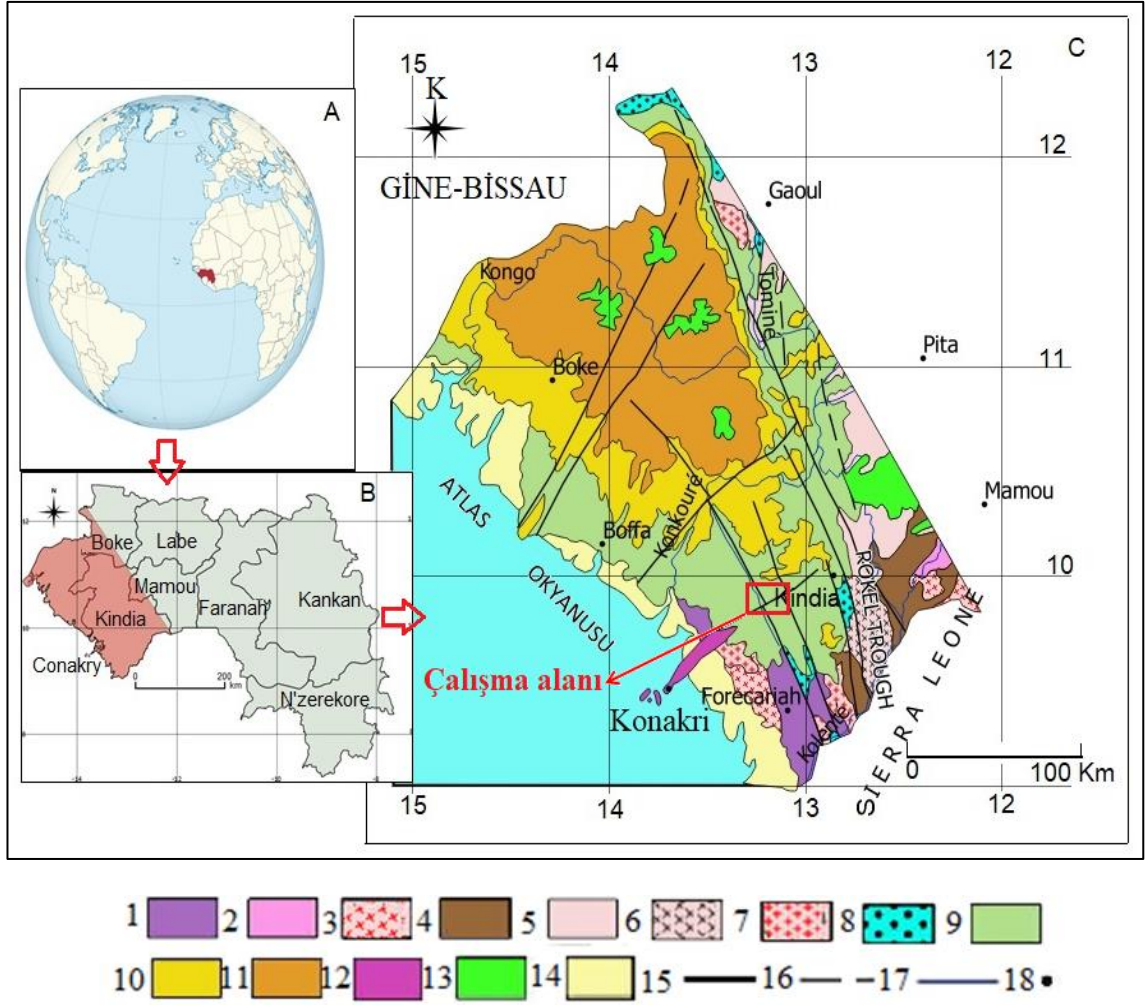
Yukarıdaki formasyonlar çalışma alanında yüzeylemiyor, ancak temel katmanını oluşturmaktadır.

2.2.2. Tortul birimler: Paleozoik Bove havzası

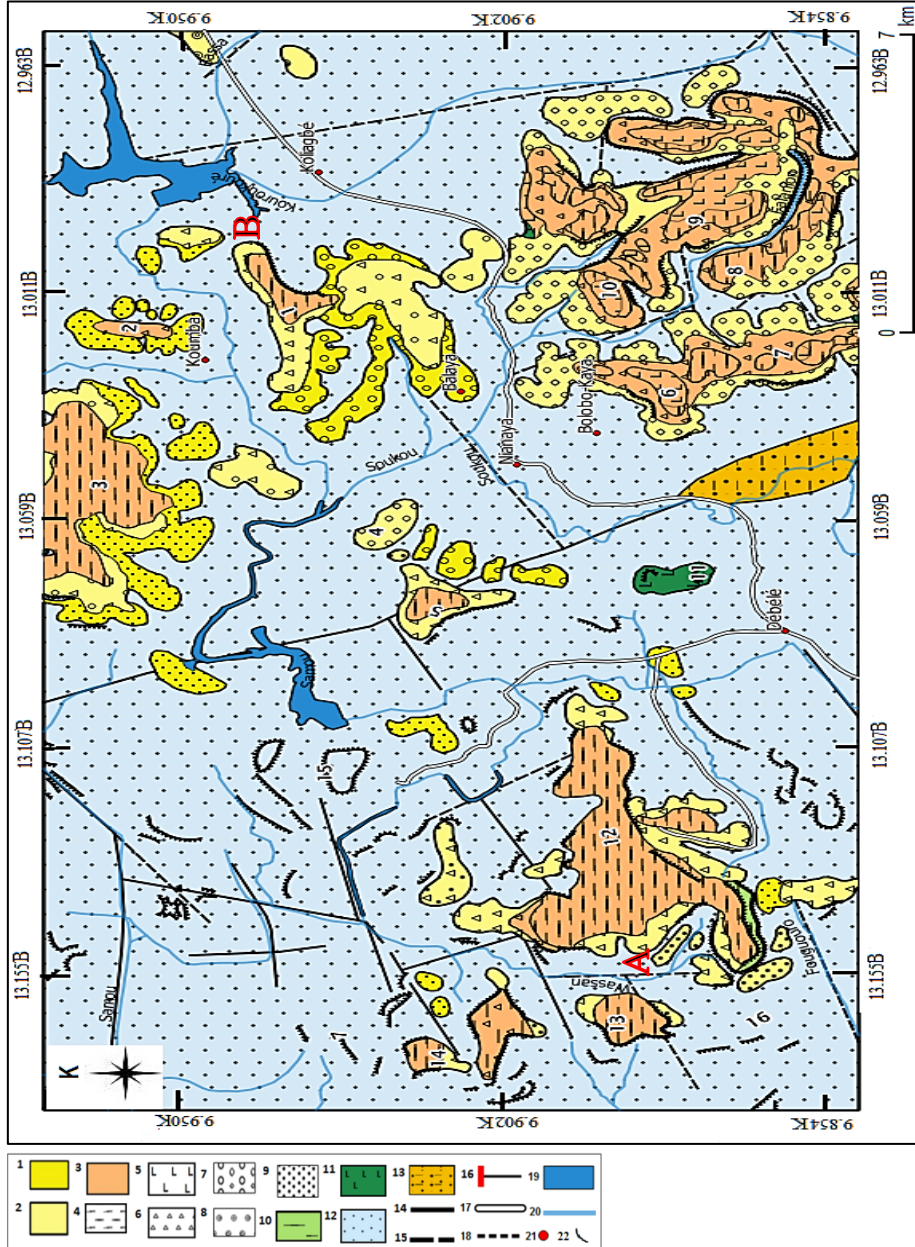
Gine'de bulunan Paleozoik formasyonlar, ülkenin batı ve güneybatı kısımlarına sınırlı olmak üzere, kıta içi havza olan Bove Havzası'nda bulunan Afrika platformunun örtüsünü oluşturmaktadır (Bering vd. 1988; Mamedov vd. 2010, Şekil 2.1 ve 2.2). Bu havza, Afrika platformunun Gondwana parçalanmaları sırasındaki Mesozoyik magmatik sokulumların (bazik, ultrabazik ve yarı volkanik kayalar, kimberlitler ve nefelin siyenitler) tarafından sokulan Pita (Ordovisyen), Telimele (Silüriyen) ve Faro (Devoniyen) Dizilerin sedimanter formasyonlarından oluşmaktadır (Şekil 2.1 ve 2.2). Derin erozyonlar sonrasında Pita Dizisi alt formasyonları örtmüştür (Mamedov vd. 2010) fakat bu üç dizi, görülebilen bir diskordans olmadan birbirlerini örtse ve yatay olarak görülmektedir (Chibistov ve Kiritchenko 1972; Barry 1978). Ancak, Hersiniyen kıtasal hareketler sırasında yoğun kırıklara maruz kalmışlardır (Boulangue vd. 1996).

Esas olarak, çalışma alanında (Şekil 2.2), Pita Dizisi kuvars kumtaşlarından (Boufeev vd. 1969; Mamedov vd. 2010), Telimele Dizisi arjillit, aleurolit (silttaş) ve aleurolitleri lerden (Chibistov ve Kiritchenko 1972; Barry 1978; Mamedov vd. 2010), kısıtlı Kuvarterner çökeller konsolide olmamış sedimanter formasyonlarından ve ayrışma kabuklarından (Petrov vd. 1971; Chibistov ve Kiritchenko 1972; Barry, 1978; Bering vd. 1998; Mamedov vd. 2010) oluşmaktadır. Bölgede yarı yatay faylar ile temsil edilen jeolojik fayları sıklıkla gözlenmekte ve bu fayların yönü genellikle K-B ve K-D şeklindedir (Şekil 2.1 ve 2.2). Neotektoniğe bakıldığında bölge, Tersiyer'de ayrık tektonik fayların zonlarından komplike olan kubbe şekilli kıtasal yükselmelerin bir kısmıyla temsil edilmektedir (Chibistov ve Kiritchenko 1972; Boulage ve Millot 1998; Mamedov vd. 2010).

¹ "Pan-Afrikan" terimi jeolojik literatüre 1964 yılında W. Kennedy tarafından, yaklaşık 600 milyon yıl önce Batı Afrika'nın bazı kısımlarında oluşan termotektonik olayları tanımlamak için ortaya sürülmüştür. Gine'de bulunan Rokel ve Bassari ile temsil edilmektedir.



Şekil 2.1. Aşağı Gine'nin tektonik şema haritası (C), Gine'deki konumu (B, kırmızımsı alan) ve Gine'nin dünyadaki konumu (A, kırmızı bölge) (Mamedove vd. 2010'dan değiştirilerek alınmıştır). 1. Üst Arkeyan: Kasila Serisi; 2. Üst Arkeyan (Liberyan evresi): Intrüsyon ve palanjenik-metasomatik granitoid alanı; 3. Alt Riphean (Eburnean Faz): Geç-orojenik ve palanjenik-metasomatik granitoidler ve migmatitler alanı; Vendian: 4. Madina-Kouta Serisi; 5. Oundou Serisi; 6. Bania Dizisi; Vendyan (Pan-Afrikanlı evresi) : 7. asidik intrüzyonları; Kambriyen: 8. Taban Serisi; Bove Havzası; 9. Pita Dizisi (Ordovisyen); 10. Telimele Dizisi (Silüriyen); 11. Faro Dizisi (Devoniyen); Mesozoyik (Gondwana Aşaması): 12. Peridotitler, dünitler; 13. gabbro, doleritler; 14. Farklılaşmamış Kuvaterner sedimanter yataklar; 15. faylar; 16. Varsayılan faylar; 17. Nehirler; 18. Şehirler



Şekil 2.2. Balaya ve Debele platolarını ve çevresini gösteren çalışma alanının jeolojik ve boksit potansiyel haritası (veriler Makténék vd. 1987 ve Mamedov vd. 2010 'den alınmıştır). Pliyosen-Kuvaterner (1), Neojen (Miosen) (2) ve Paleojen (Eosen) (3) erozyon yüzeylerindeki Boksitler. Boksit tipleri: Silüriyen arjillitler (4) ve Mesozoik doleritler (5) üzerinde lateritik ; delüvial (6), delüvial-prolüvial (7) ve gösel (8) çökellerde sedimanter boksitler; boksitler ve kumlu allitler (9). Karmaşık temel kayalar ve son çökeller: Silüriyen Arjillitler (10), Mesozoyik dolerit (11), Ordovisiyen kumtaşları (12), Kuvaterner çökeller (13). Diğerleri: 14-Dikey faylar, 15-Varsayılan faylar, 16-Demiryolları, 17-Asfaltlı yollar, 18-Kara yolları, 19-Su deposu, 20-Nehirler, 21-Köyler; 22. Dik yamaçlar. Platolar (harita üzerindeki numaralar):1: Balaya, 2: Kalague, 3: Ferifou, 4: Karguia, 5: Balandougou, 6: Kankefili, 7: Sankoto, 8: Gueyakhambi, 9: Kobeleta, 10: Kobeleta, 11: Taguia, 12: Debele, 13: Sakereen, 14: Tamigueya, 15: Bankhi, 16: Toligueya,17:Labon

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanının Jeolojisi İncelenmesi

Literatür ve arazi verilerine dayanarak jeolojik haritalar, ayrışma kabuk profilleri ve jeolojik kesitler oluşturulmuştur. Çalışma alanı ile Balaya ve Debele platolarının haritaları, Maktenek vd. (1987) tarafından hazırlanan Kindia bölgesinin eski jeolojik haritası, Mamedov vd. (2010) tarafından hazırlanan güncel Gine Cumhuriyeti jeolojik haritası ve arazi çalışması sırasında toplanan verileri kullanarak çizilmiştir. Yapılan bu çalışmalar Qgis 2.18, Surfer11, Canvas 12, Google Earth ve TCX Converter gibi bir birkaç bilgisayar programları kullanılarak yapılmıştır.

3.2. Örnekleme Yöntemi ve Materyal

Debele ve Balaya boksit platolarının farklı zonlarından, çalışma süresince 34 adet boksit, kaolinit ve temel kayacı toplanmıştır. Araziden alınan boksit numuneleri, rengine, yapısına ve platonun farklı zonlarındaki konumlarına göre toplanmıştır. Örnekleme jeolojik çekiç, GPS ve plastik poşetler kullanılarak yapılmıştır.

Toplanan tüm örnekler, arazi tanımlamaları ve coğrafik konumları belirlenmiş ve adına numaralandırılarak paketlenmiştir. D ve S ile isimlendirilen örnekler Debele platosundan; BN, BS ve BE şeklinde isimlendirilen örnekler de Balaya platosundan alınmıştır. Balaya platosundan alınan örneklerden, BN ile isimlendirilen örnekler kuzeyinden, BE kuzeydoğusundan ve BS de güneyinden alınmıştır. D-5, D-9 ve SR-4 numaralı örnekler kaolinit, temel kayaları (arjillit) ve ferrit olup bu örnekler sırasıyla Debele platosu'ndan alınmıştır. BS-4 (sert altere arjillit), BE-11 (altere arjillit) ve BNR-7 örnekleri sırasıyla Debele platosu'ndan alınan temel kayaları ve ferrit örnekleridir. Boksit örnekleri hem lateritik (in situ) boksitler (elüvyal ayrışma kabuğu) ve hem de sedimanter boksitlerden (kompleks ayrışma kabuğu) alınmıştır. Böylece, D-3, D-17, D-19, D-24, BE-4, BE-7 ve BE-12 örnekleri lateritik boksitleri iken, D-1, D-8, D-10, D-12, D- 11, D-21, D-23, S-1, S-3, BS-1, BS-2, BS-3, BS- 5, BE-1, BE-2, BN-1, BN-3, BN-4, BN-5 ve BN-8 örnekleri sedimanter boksit örnekleridir.

Platolarda yapılan arazi çalışmaları boyunca çok sayıda boksit el örneği, yatak kayaları ve jeolojik formasyon mostralalarının fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Arazi çalışmasından görünüm; **a)** bir boksit numune etiketi yazması; **b)** Temsili bir boksit numunesi araması; **c)** Balaya'nın kuzey platosunun KB'ye bakışı; **d)** bir prospeksiyon defteri doldurması

3.3. Mineralojik, Kimyasal Analizler ve İnce Kesit Hazırlama İçin Örnekler ve Numuneler Hazırlanması

Araziden alınan örnekler, kimyasal ve mineralojik analizler ile ince kesit hazırlıkları için Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Yatakları ve Jeokimya Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. Retsch Havan Ezici-RM200, Black & Decker BD220/100-2M Hava Kompresörü ve bir adet 0.063 gözenekli standart elek seti kullanılmıştır. Boksit, ferrit, kaolinit ve arjillitlerden oluşan otuz dört (34) adet örnek (17 tanesi Debele platosu'ndan ve 17 tanesi Balaya platosu'ndan), kimyasal analizler için hazırlanmıştır. Mineralojik analizler için ise 7 adet boksit örneği (4 tanesi Debele ve 3 tanesi Balaya platosu'ndan) hazırlanmıştır.

Aynı örnek hazırlama süreçleri hem kimyasal hem de mineralojik analizler için gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, balyoz, plastik poşet ve kalın karton levhalar kullanılarak her örneğin boyutu küçültülmüştür. İkinci olarak, tüm örnekler Retsch Havan Öğütücü-RM200 ile toz haline getirilmiştir. Öğütücünden alınan örnekler 0.63 mikronluk eleklerden geçerek elde edilen 15 gr'lık örneklerin her biri için ayrı plastik poşet ayarlanmıştır. Örnekler hazırlanırken kullanılan tüm laboratuvar ekipmanı (balyoz,

Retsch Havan Öğütücü-RM200 ve elek seti) yıkanarak asetona tabi tutulup daha sonra basınçlı hava ve kağıt havlu aracılığıyla kurutulmuştur. Plastik poşet ve karton levhalar da aynı şekilde her örnek hazırlanırken değiştirilerek diğer örnekleri kirletmesi engellenmiştir (Şekil 3.2).

Plastik poşetlere koyulan her örnek coğrafik konumu ve arazi tanımlamalarını tutmak adına isimlendirilerek paketlenmiştir. 34 adet örnek kimyasal (XRF) ve 7 örnek de mineralojik (XRD) analizler için Kanada ACME Analitik Laboratuvarları Ltd.'ye gönderilmiştir. Sonuçlara göre, majör elementler XF700 yöntemiyle, TOT/C ve TOT/S TC000 yöntemiyle ve iz ve nadir toprak elementleri (REE) ise LF100 ve AQ200 yöntemiyle tespit edilmiştir. Boksit örneklerinin mineralojisi, “rietveld” yöntemi ve x-ışını toz kırınım verilerine göre tespit edilmiştir. İnce kesit hazırlığı için, 13 adet boksit ve 1 adet altere arjillit örneği hazırlanarak Ankara’da bulunan MG Grup Laboratuvarları’na gönderilmiştir. Elde edilen ince kesitler, Akdeniz Üniversitesi Optik Mineraloji Laboratuvarında Nikon Polarizan Mikroskop E200POL’da incelenmiştir.



Şekil 3.2. Numunelerin hazırlanması aşamalarını gösteren laboratuvar fotoğrafları. **a)** Bir örnek boyutunu zeminde azaltılması, **b)** Retsch Mortar Grinder-RM200 Öğütücü kullanılarak bir örnek toz haline getirilmesi, **c)** 0.063 mikron eleğin kompresör ile kurutulması, **d)** Retsch Mortar Grinder-RM200'nin kompresör ile kurutulması, **e)** 0.063 mikron elek ile numunenin elenmesi, **f)** ince kesit hazırlama için hazırlanmış boksit numunesi

3.4. İstatistiksel ve Jeokimyasal Verilerin Analizleri

Jeokimyasal verilerin istatistiksel analizleri IBM SPSS Statistics (versiyon 21) isimli uygulama kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca, tanımlayıcı istatistikler, korelasyon analizleri, hiyerarşik küme analizleri ve faktöryel analizleri de uygulanmıştır. Tanımlayıcı istatistikler, merkezi eğilim ölçümleri (ortalama), çalışma alanındaki örneklerin oksitlerinin verileri ve kimyasal elementlerinin dağılım ölçümleri (aralığı, standart sapma, varyans, minimum ve maksimum) hesaplanması için uygulanmıştır.

Pearson'un iki değişkenli korelasyon analizi, kimyasal elementlerin aralarındaki ve kimyasal oksitlerin ve elementlerin arasındaki ilişkilerin tespiti için kullanılmıştır. Pearson'un korelasyonu, en az bir aralık ölçeğinde ölçülen iki değişken (kimyasal element, oksit veya örnekler) arasında var olan ilişkinin kuvveti ve yönünün bir ölçüsüdür. Pearson korelasyonu, iki değişken verisi üzerinde en iyi uyuma çizgisini çizmeye çalışır ve Pearson korelasyon katsayısı (r) da tüm bu veri noktalarının bu en iyi uyum çizgisinden ne kadar uzakta olduğunu belirtmektedir. r 'nin değeri her zaman +1 ile -1 arasındadır. Görülen 0 değeri ise bu iki değişken arasında hiçbir ilişkinin bulunmadığını göstermekte. Sıfırın üstünde görülen değerler pozitif bir ilişkinin varlığını göstermekte; bir değişkenin değeri artarsa diğerinin de aynı şekilde artacaktır. Sıfırın altında görülen değerler negatif bir ilişkinin varlığını göstermekte; bir değişken azalırken diğer değişkenin değeri de azalmaktadır. Buna göre, r değerinin 1 veya -1'e ne kadar yaklaşırsa o kadar doğrusal korelasyonun daha güçlü olmasını sağlar.

Küme analizleri veya kümeleme, bir grup nesneyi aynı gruba (küme olarak adlandırılmakta) diğer kümelerden de birbirine (bir anlamda veya başka bir şekilde) benzeyecek şekilde bir gruplandırmaya dayanmaktadır. Hiyerarşik küme analizi ise, birçok araştırmacı tarafından çeşitli bilim alanlarında değişkenler ve numunelerin sınıflandırılmasına kantitatif bağımsız bir yaklaşım sunmaktadır. Bu analiz yöntemi, farklı elementler ve çalışma alanındaki örnekler arasındaki benzer davranışları saptamak için yapılmıştır. Normalleştirilmiş veri seti üzerinde, metal içerikleri veya numuneler arasındaki benzerliğin bir ölçümü olarak Pearson Korelasyonu'na dayalı gruplar arası bağlantı yöntemi aracılığıyla gerçekleştirilen bir analizdir.

Faktör analizleri, gözlenmiş değişkenleri tanımlamak için kullanılan istatistiksel yöntemdir ve faktörler diye adlandırılan gözlenmemiş değişkenlerin potansiyel olarak daha düşük sayılarını belirten korelasyonlu değişkenlerdir. Çalışma alanından alınan metal bileşenleri veya örneklerini etkileyen faktörleri tespit eden Ana Bileşen Analizleri (PCA/ABA) aracılığıyla normalize veriler üzerinde uygulanmaktadır.

3.5. Ayırışma Endeksileri

Jeokimyasal bileşenleri ve ayırışma endekslerini değerlendirmek, boksit formasyonlarını ve ayırışma süreçlerini anlamamızda yardımcı olmaktadır. Daha önce ayırışma endekslerini üzerindeki çalışmalar, çok sayıda ayırışma endeksleri ortaya

çıkarmış ve kayaçların orijinal özelliklerinde meydana gelen farklı değişiklikleri ölçmek için tasarlanmıştır. Bu çalışmada, çalışma alanındaki boksitlerin alterasyon derecelerini belirlemek için kimyasal ayrışma endeksleri üzerinde durulacaktır. Böylece, Kimyasal Alterasyon Endeksi (CIA/KAI), Kimyasal Ayrışma İndeksi (CIW/KAI), Parker Ayrışma Endeksi (WIP/PAE) ve Ruxton Oranı veya silika-Alümina Oranı (R) boksitlerin ayrışma derecelerini belirlemek için kullanılmıştır. Aşağıdaki formüller bu farklı endekslerin değerlerini belirlemek için kullanılmıştır:

- $CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O)] \times 100$
- $CIW = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O)] \times 100$
- $WIP = (100) [(2Na_2O/0.35) + (MgO/0.9) + (2K_2O/0.25) + (CaO^*/0.7)]$
- $R = SiO_2 / Al_2O_3$

$$CaO^* = \text{mol CaO} - [(10/3) \times \text{mol P}_2\text{O}_5].$$

3.6. Boksit Sınıflandırma ve Kökeni

Majör ve iz element değerleri kullanarak, çalışma alanında bulunan boksitler sınıflandırmak için birçok grafiği çizilmiştir. Böylece, Aleva (1994) ve Boulagé vd. (1996)'nın boksitin mineralojik sınıflandırılması ve Schroll ve Sauer (1968)'in boksit tipi sınıflandırılması çizilmiştir. Boksitlerin ve bunların altında bulunan temel kayaçlarının dokusal ve yapısal ilişkisi, Log Cr-Log Ni, duraylı elementlerin oranları (Zr-Hf, Nb-Ta ve Yb-Lu), REE desenleri ve Eu anomalileri, Calari ve Abedeini (1991)'in kimyasal sınıflandırması Debele ve Balaya boksitlerin köken kayaçlarını belirlemek için kullanılmıştır. Bu çalışmalar iki farklı yazılım kullanılarak yapılmıştır: Petrograph ve Microsoft Excel 2010.

4. BULGULAR

4.1. Debele ve Balaya Boksit Platolarının Jeolojisi

4.1.1. Balaya boksit platosu jeolojisi

Jeomorfolojik konumu ve temel kayaçların özellikleri

Balaya boksit yatağı, yan yana bulunan iki alt-platonun yüzeyinde yer almaktadır (Şekil 4.3). Dar ve kuzeyde bulunan plato, dik yamaçlı ve Güney'e doğru çok dik ve küçük bir basamak ile Batı-Doğu uzanmaktadır (Şekil 4.4 ve 4.5a). Rölyefin üç jeomorfolojik seviyesini oluşturan üç seki mevcuttur (Boufeev 1968; Seliverstoy 1970, Şekil 4.2 ve 4.3). Üst düzeyi (Paleojen) platonun doğu kısımları (500-520 m yükseklik), orta düzeyi (Miyosen) platonun doğu sınırlarını (400-500 m) ve merkez kısımlarını ve alt düzeyi (orta Pliyosen-Kuvarterner) batı kısımları (350-400 m) içermektedir. Üst düzeyi, Telimele Dizisi Silüriyen kayaçlarının elüvyal tipi ayrışma kabuklarından oluşmaktadır. Alt ve orta düzeyleri ise Pita Dizisi Ordovisiyen yataklarından oluşmakta ve lateritik-sedimanter ürünler tarafından örtülmüştür (Şekil 4.4). Güney platosu ve buna yakın yüzeyler, tümsekli yükseklikleri temsil etmekte, kuzey platonun güney kısımlarının uzantılarına yerleşmiştir. Bu iki plato dar bir vadi ve Pita Dizisinin Ordovisiyen kumtaşlarının ani mostraları ile kesilmektedir. Güney platosu daha karmaşık bir yapı göstermektedir (Şekil 4.4). Yamaçları düzgün bir biçimde inmekte fakat vadi zirvelerinde yükseklik aniden kademeli bir şekilde azalmaktadır. Güney platosu ve buna yakın yüzeyler, yeniden işlenmiş lateritik ürünler ile örtülmüş Ordovisiyen kumtaşlarından oluşmaktadır. Jeomorfolojik konumu, güney platosu boksitler ile örtülü ve yakın yüzeyler ise kuzey platonun jeomorfolojik seviyesine uymakta ve birbirleri ile karşılaştırılabilmektedir.

Pita Dizisi, Balaya platosunun dik yamaçları ve büyük bir kısmından oluşmaktadır. Değişik tane boylarındaki kuvars-kumtaşları ile temsil edilmektedir. Bu formasyonlar içerisinde masif, çapraz veya paralel tabalakanma (Şekil 4.5b), nadiren yatak oluşturan, parçalanmış çakıltaşı ve çakıllı konglomera (Şekil 4.5c) ve gravellitler lensli yapılar oluşturan kuvarsları gözlenmektedir. Telimele Dizisi formasyonları ise ayrışma nedeniyle çok sınırlıdır. Kuzey platosunun merkez kısımlarındaki boksitlerde yapılan sondajları ile tanımlanmıştır (Chibistov ve Kiritchenko 1972). Yukarı doğru, ince tabakalı, kaolinleşmiş-bozunmuş aleurolitler ve kile dönüşmüş olan arjillitlerden oluşmaktadır. Balaya platosunun güney-batı kısımlarında Pita Dizisinin Ordovisiyen kumtaşlarının arasında ince bir sil halinde yatan doleritler bulunmaktadır.

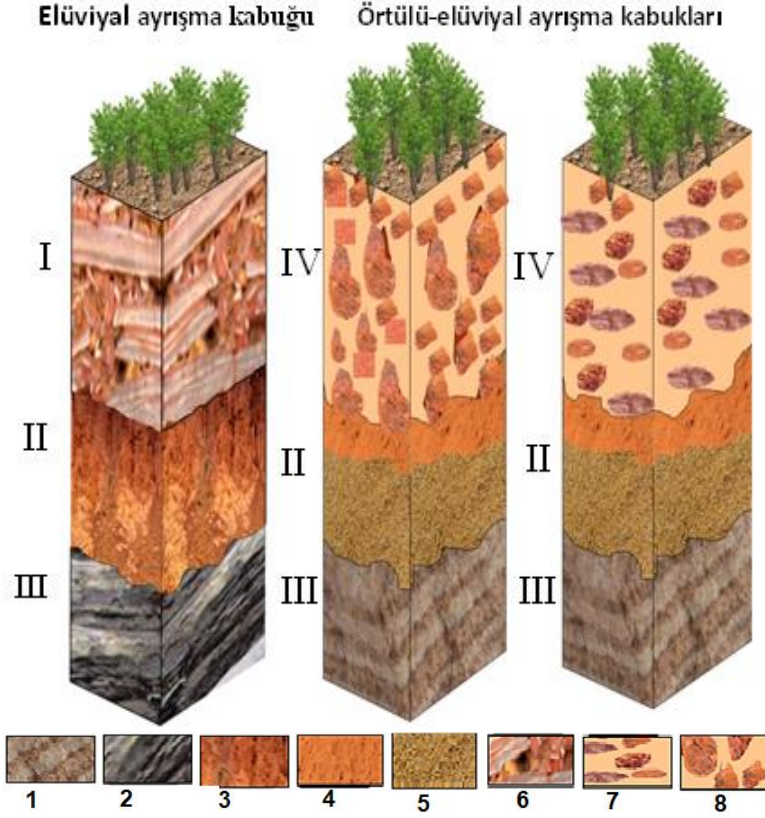
Yapısal bir bakış açısından, Balaya platosunda yer alan Pita ve Telimele Dizilerinin Paleozoyik formasyonları neredeyse yatay konumludur. Yine de, Ordovisiyen kumtaşlarında, neotektonik küçük tektonik faylar görülmektedir.

Balaya platosu ayrışma kabukları ve boksit yataklarının özellikleri

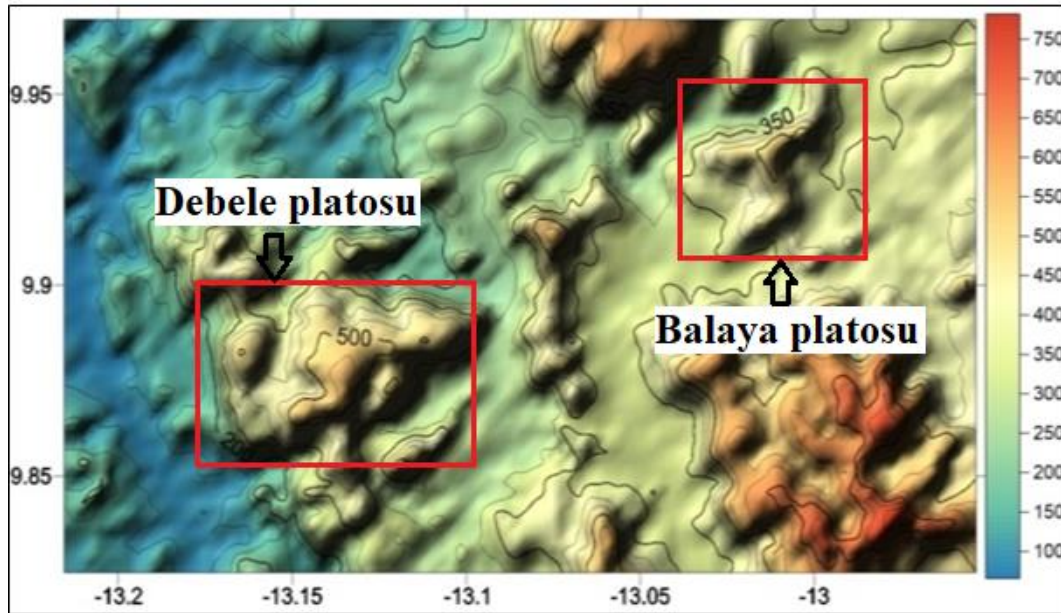
Balaya Platosu'nun yüzeyi, kalınlığı 1-2 m'den 18-20 m'ye ulaşan boksitik formasyonları ile örtülü durumdadır. Bu formasyonlar iki tip ayrışma kabuğu ile temsil edilmektedir (Makténék vd. 1987): Telimele Dizisi üzerinde oluşan **boksitik elüvyal ayrışma kabukları (kalıntı)** ve Pita Dizisi üzerinde altere oluşan **boksitik örtülü elüvyal ayrışma kabukları** (kompleks, Şekil 4.1) bulunmaktadır.

Elüvyal ayrışma kabuklar (kalıntı), her kalınlıkta bulunabilen temel kayaların (ana kayalar) doku ve yapılarından kalanları temsil etmektedir. Jeolojik harita ve enine kesitlerde (Şekil 4.4 ve 4.10), konvansiyonel sınırı sondaj verileri yardımıyla elde edilmiştir (Chibistov ve Kiritchenko 1972). Bu ayrışma kabuğu, alttan yukarı doğru başlangıç ayrışma zonun (5.1 m kalınlığında), kil zonu (0.9 m), geçiş zonu (1.5 m) ve serbest oksitler veya boksit zonundan (8 m) oluşan dört adet zon ile tanımlanmaktadır. (Şekil 4.1). Boksit zonu, yapısal boksitler (psödomorf), detritik boksitler ve az bulunan pizolitik boksitlerle (nadir) ile temsil edilmektedir. Ayrı olarak, allitik demir cevheri ve nodüler ferritin ortaya eklenmesiyle ayırt edilmektedir (Şekil 4.5d).

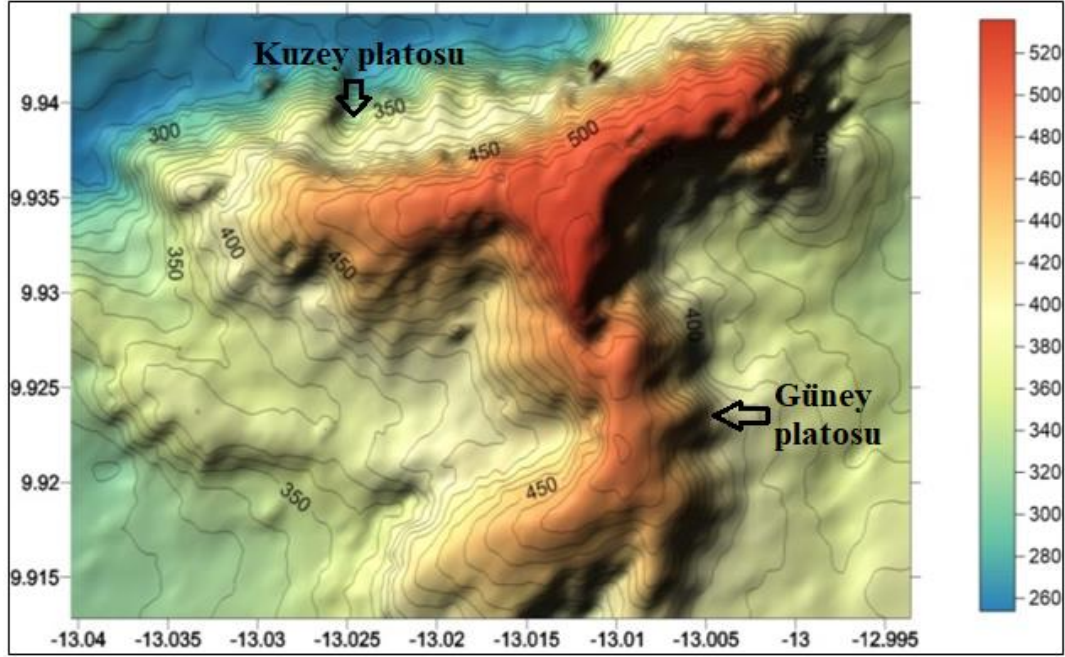
Balaya boksit yatağında, örtülü elüvyal kaplı ayrışma kabukları çok geniş yer kaplamakta ve boksit yataklarının önemli kısmını oluşturmaktadır (Şekil 4.4). Profilleri iki çeşit birleşime sahiptir (Şekil 4.1): alt kısmı (elüvyal), Ordovisiyen kumtaşlarının eski elüvyumu ve üst kısmı ise yeniden işlenmiş boksitlerle temsil edilmektedir. Profilin alt kısmı (elüvyal), Pita Dizisinin kuvars kumları ve ayrışmış kumtaşlarının kalıntıları ile temsil edilmektedir. Kil empüritesi, boksit formasyonu ile temas eden kumlarında görülmektedir. Ek olarak, Balaya platosunda bulunan günümüz konsolide olmamış formasyonlarının varlığı dikkate alınmalıdır. Bunlar da, organik maddeleri, fosil floraları ve ayrışma kabuklarının petröz kayalarından çıkan empüritelerini içeren siltler ile temsil edilmektedir. Kalınlıkları 1 m ile 3.5 m arasında değişmektedir.



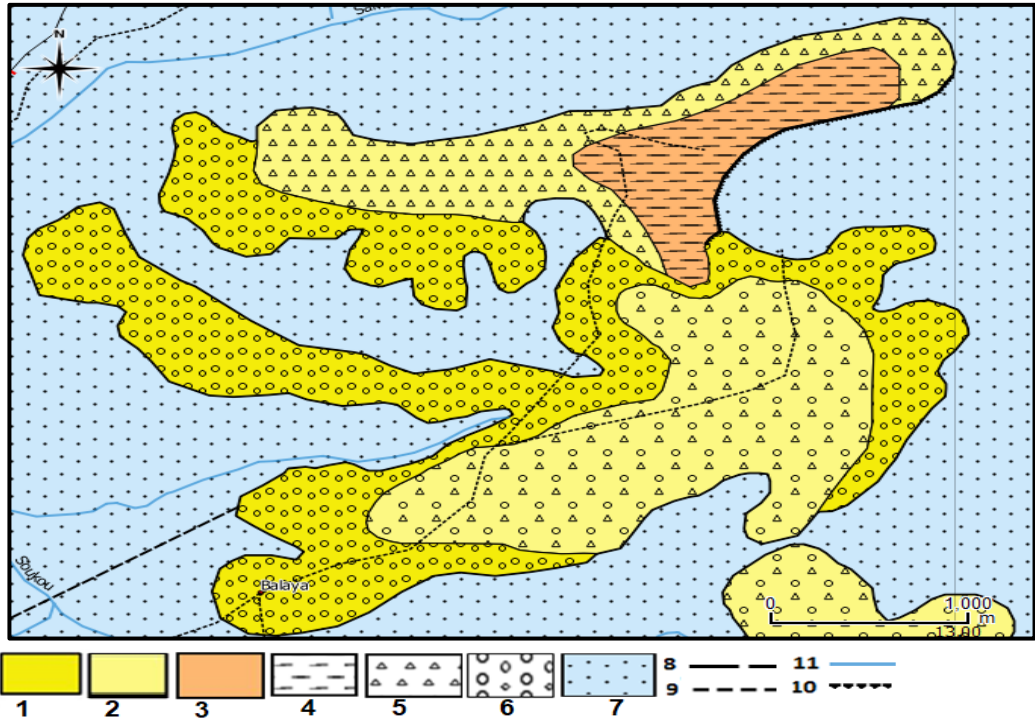
Şekil 4.1. Balaya platosunun ayrışma kabukları türlerinin şeması (Chibistov vd. 1972, değiştirilmiş). Zonlar: serbest alüminyum (yapısal veya lateritik boksitler) ve demir oksit (I), geçiş ve kil (II), başlangıç ayrışma ve anakayaları (III), tortul veya yeniden işlenmiş boksit (IV) . 1. Ordovisiyen kumtaşı; 2. Silüriyen arjillit; 3. Kil; 4. Kum; 5. Killi kum; 6. Yapısal boksitler, 7. Konglomeratik veya gravellitik boksitler, 8. Breşli boksitler



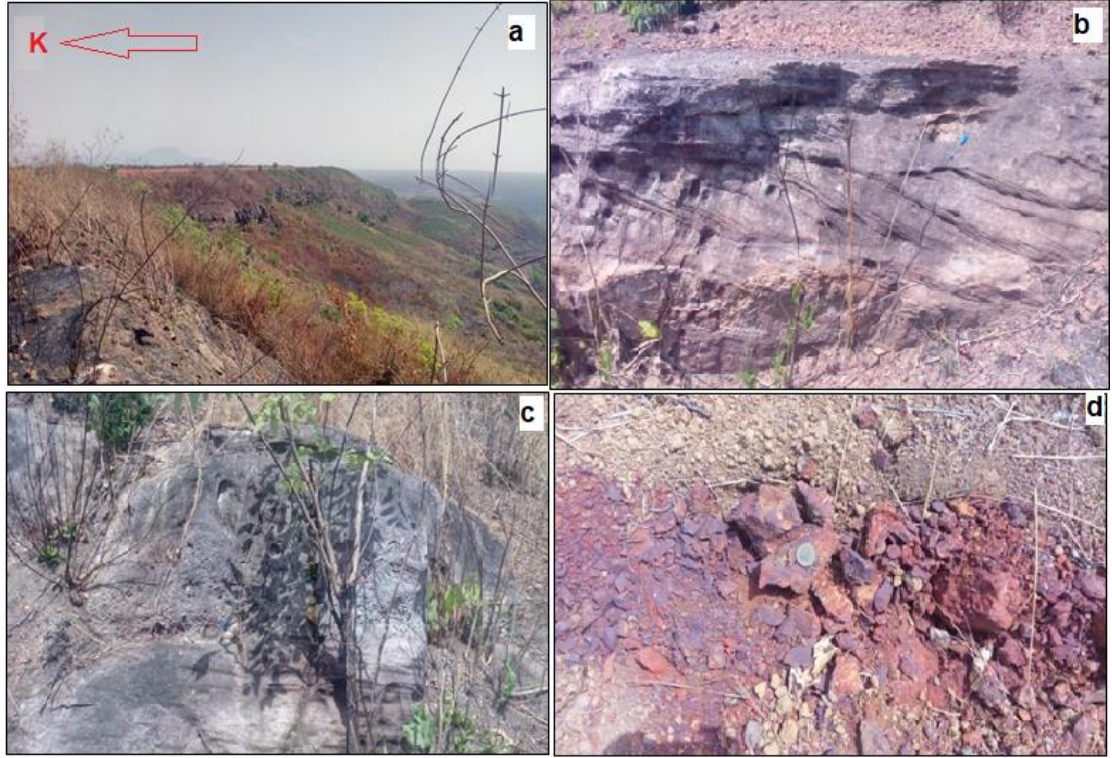
Şekil 4.2. Çalışma alanının 3B kontur haritası



Şekil 4.3. Balaya platosunun 3B kontur haritası



Şekil 4.4. Balaya platosu jeolojik haritası. 1- Pliosen-Kuvaterner erozyon yüzeyindeki boksitler, 2- Neojen (Miosen) erozyon yüzeyinde Boksitler, 3- Paleojen (Eosen) erozyon yüzeyindeki Boksitler, 4- Silüriyen arjillitler üzerindeki elüvial boksitler, 5- Delüvial çökellerdeki sedimenter boksitler, 6- Delüvial-Prolüvial çökellerdeki sedimenter Boksitler, 7- Ordovisiyen kuvars kumtaşı, 8- Varsayılan faylar, 9- kara yol 10- Dik yamaçlar, 11- Nehirler



Şekil 4.5. Araziden bazı görünüşler; **a)** Balaya kuzey platosu küçük dik yamaç; **b)** Pita Dizisi kumtaşlarında çapraz tabakalanma, **c)** Pita Dizisi kumtaşlarında çakıl konglomera ara katmanları; **d)** allitik demir cevheri arakatmanı

4.1.2. Debele boksit platosu jeolojisi

Jeomorfolojik konumu ve temel kayaların özellikleri

Debele boksit platosu çalışma alanında bulunan en büyük boksit platosudur. Dik yamaçlı ve yaklaşık 40 m'lik çok dik kumtaşından oluşan basamaklı bir yapıya sahiptir (Şekil 4.9a). Platonun yüzeyi, hafif tümsekli ve çeşitli teras seviyelerinden oluşmaktadır (Şekil 4.7 ve 4.8). Bu iki teras kompleksi, iki jeomorfolojik seviyeyi oluşturmaktadır (Boufeev 1968; Seliverstov 1970). Üst düzeyi (Paleojen yaşlı), platonun en yüksek ve önemli bölümünü oluşturmakta ve alt düzeyi (Miyosen), üst düzeyi yakınlarında bulunmaktadır (360-460 m). Üst düzeyi, elüvyal tipi ayrışma kabukları içeren Telimele Dizisi Silüriyen arjillitlerin (Şekil 4.8) üst kısmında yer almaktadır. Alt düzeyi, Pita Dizisinin Ordovisiyen formasyonlarından oluşmakta ve yeniden işlenmiş lateritik ürünlerin (sedimenter boksitler) katmanlarıyla kaplıdır (Şekil 4.8 ve 4.10). Herhangi bir jeolojik kaza olmadan, Debele platosu boksitleri, alttan yukarı Pita Dizisi Ordovisiyen ve Telimele Dizisinin Silüriyen formasyonlarından oluşan bir taban üzerinde yer almaktadır (Şekil 4.10).

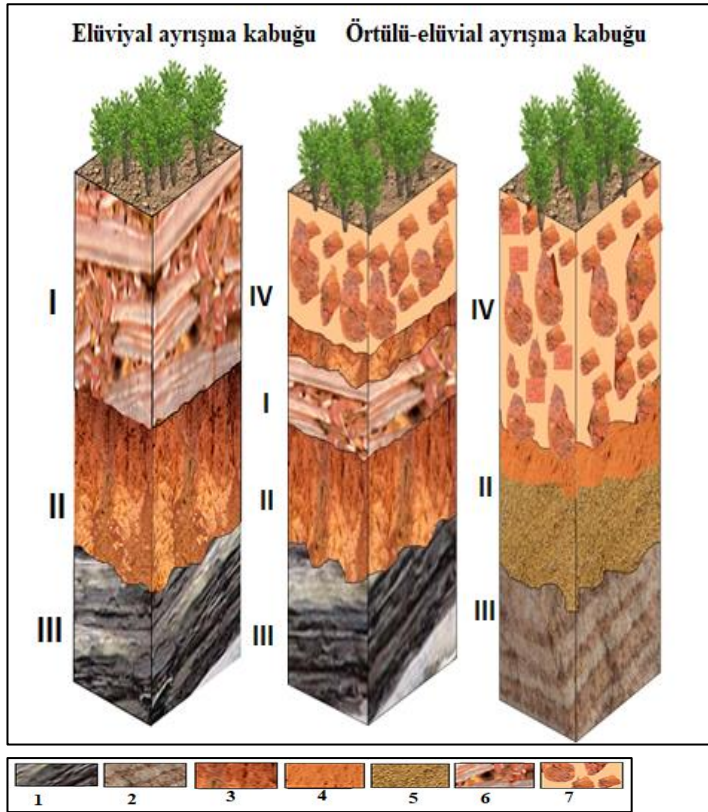
Pita Dizisi, ince ve iri taneli kuvars kumtaşı ve aleurolitlerden oluşmaktadır. Telimele Dizisi ise en alttan üste doğru: arjillit, killi arjillit (Şekil 4.9b), aleurolitler ve özellikle platonun batı kısımlarında görülen kuvars aleurolitlerden oluşmaktadır

(Şekil 4.9a). Bu Paleozoyik formasyonları kuzey yönünde yaklaşık 3-6° kadar hafifçe eğimlidir.

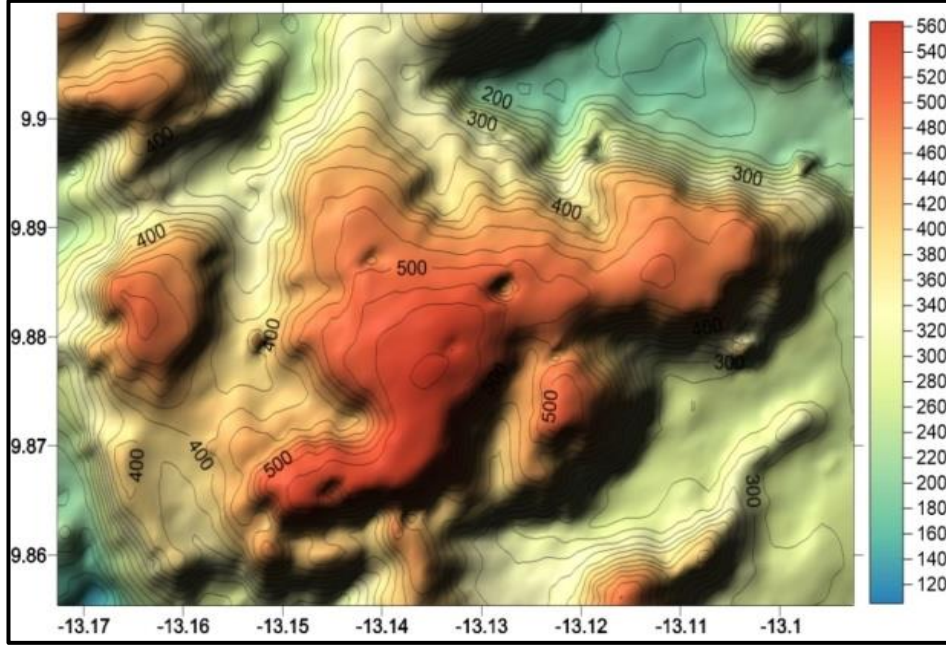
Debele platosu ayrışma kabukları ve boksit yataklarının özellikleri

Debele Platosu boksit formasyonlarının örtü kompleksi kalınlığı 2-3 m ile 15-17 m arasında değişmektedir. Bunlar, Balaya Platosu'nda olduğu gibi elüvyal ve elüvyal-örtülü lateritik ayrışma kabukları ile temsil edilmektedir.

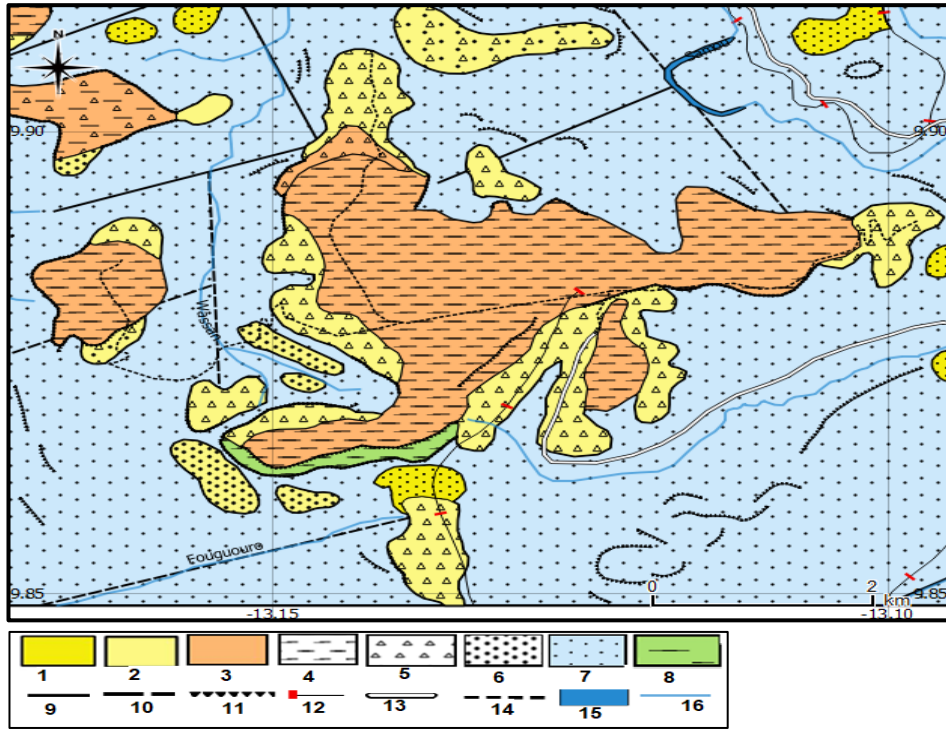
Elüvyal ayrışma kabuğu, Siluriyen formasyonları üzerinde oluşmuştur. Ayrışma profillerinde, tüm ayrışma kabuğu zonları görülmekte ve Balaya Platosu'nda çalışılan zonlardan ayırt edilememektedir (Şekil 4.6): başlangıç ayrışma zonu (27 m kalınlık), kil zonu (1.20 m), geçiş zonu (1.5 m) ve boksit zonu (6-7.5 m). Elüvyal-örtülü ayrışma kabuğu iki bölümden oluşmaktadır: üst kısmı yeniden işlenmiş boksit formasyonlarından, alt kısım ise, ya Siluriyen arjillitleri ya da Ordovisiyen kumtaşları üstünde oluşan elüvyal kabuklarından oluşmaktadır (Şekil 4.6). Ordovisiyen kumtaşlarının (Miyosen yaşlı yüzey) üstünde oluşan kalıntı elüvyal kabukları, Balaya yataklarındakiyle ayırt edilmemektedir.



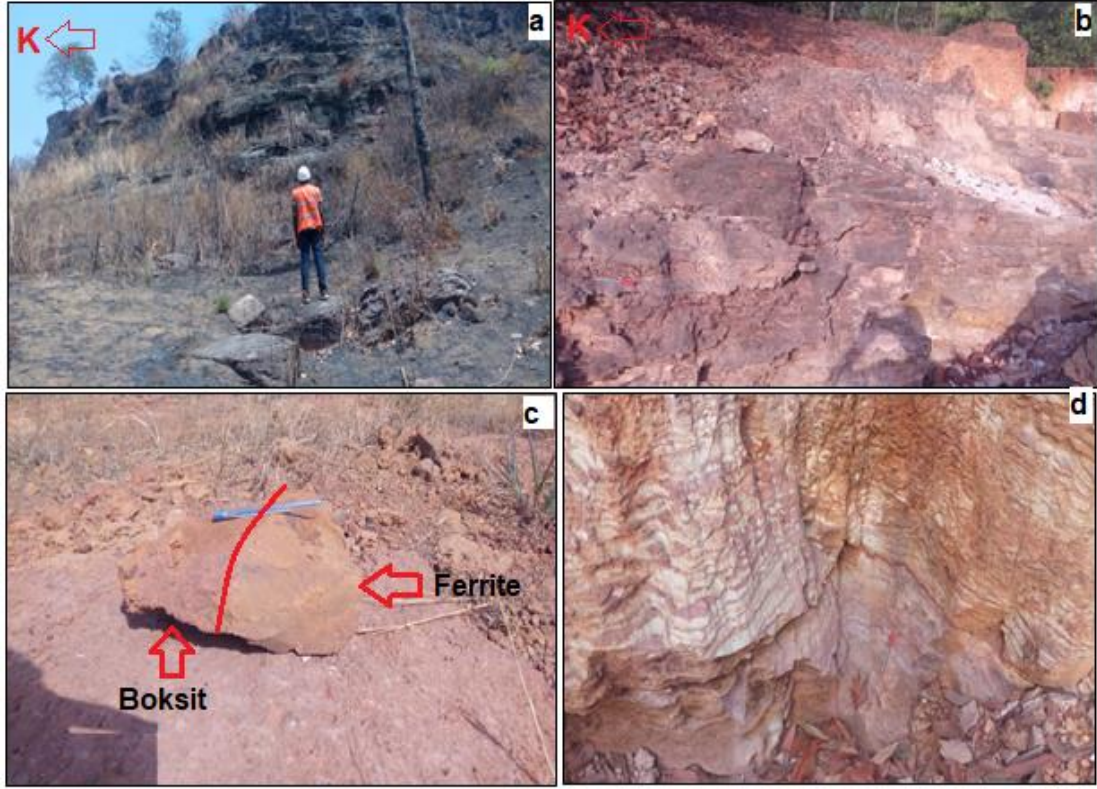
Şekil 4.6. Debele platosunun ayrışma kabukları türlerinin şeması (Chibistov vd. 1972, değiştirilmiş). Zonlar: serbest alüminyum (yapısal veya lateritik boksitler) ve demir oksit (I), transiyon ve kil (II), başlangıç dekompozisyonu ve anakayaları (III), tortul veya yeniden işlenmiş boksit (IV). 1. Silüriyen arjillit, 2. Ordovisiyen kumtaşı ; 3. Kil; 4. Kum; 5. Killi kum; 6. Yapısal boksitler, 7. Yeniden işlenmiş boksit



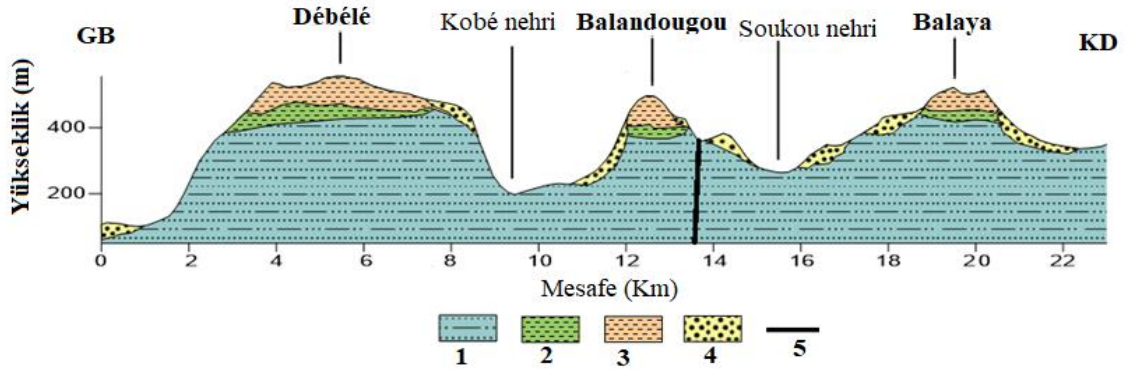
Şekil 4.7. Debele platosunun 3B kontur haritası



Şekil 4.8. Debele platosu jeolojik haritası.1- Pliyosen-Kuvaterner erozyon yüzeyindeki boksitler, 2- Neojen (Miosen) erozyon yüzeyinde boksitler, 3- Paleojen (Eosen) erozyon yüzeyindeki boksitler, 4- Silüriyen arjillitler üzerindeki elüvial boksitler, 5- Delüvial çökellerdeki sedimenter boksitler, 6- Boksit ve kumlu allit, 7- Ordovisiyen kuvars kumtaşları, 8- Silüriyen arjillitler, 9- Dikey faylar, 10- Varsayılan faylar, 11- Dik yamaçlar, 12- Demiryol, 13- Asfaltlı yollar, 14- Kara yollar, 15- Su depoları , 16 Nehirler



Şekil 4.9. Araziden bazı görünüm; a) Ordovisyen kumtaşı ve Silüriyen kuvars aleurolitlerin yaklaşık 40 m kayalık yamacı ; b) Telimele Silüriyen arjillitleri; c) ferit ve boksit el numunesi; d) kil (kaolinitli Silüriyen arjillitler) zonu



Şekil 4.10. Debele ve Balaya boksit yatağının enine kesiti (konumu için Şekil 2.2'ne bakınız). 1. Silüriyen killi arjillitler ve silttaşları, 2. Ordovisyen kumtaşları, 3. lateritik (in-situ) boksitler, 4. Yeniden işlenmiş boksitler, 5. Fay

4.2. Boksitlerin Mineralojisi ve Petrografisi

4.2.1. Analitik mineraloji

XRD analiz sonuçlarına göre, Debele ve Balaya platosu'ndan alınan boksitlerin mineralojik bileşimi önemli oranda benzerlik göstermektedir. “Rietveld” metoduyla

yapılan kantitatif faz analizleri sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu değerler, %100’e normalize edilen kristalin fazların göreceli miktarlarını temsil eder. 7 adet numune için yapılan “Rietveld” metoduyla elde edilen verilerin grafikleri EK-3’te verilmiştir. Tüm örnekler jipsit, anataz, hematit ve rutil içermektedir ve bunlara da sırasıyla şu kristal yapı kombinasyonları eşlik etmektedir: götit (örnek BE-12), götit+alüminyumlu götit (örnek D-24 ve BN-3) veya götit+alüminyumlu götit+diyaspor (örnek D-3, D-12, D-21 ve BS-1). Jipsit, götit ve alüminyumlu götit mineralleri boksit cevherlerinde majör mineral olarak görülmekte; anataz, rutil, diyaspor ve kaolinit ise minör minerallerdir (Çizelge 4.1, EK-3). Çoğu örnekte kaolin bulunmasa da, kaolinit Debele ve Balaya’da bulunan boksit yataklarının tabanında gözlenmektedir.

Genel olarak, boksit yataklarında, jipsit, böehmit ve diyaspor baskın alüminyum fazlar olarak gözlenmektedir. Jipsit boksitleri, daha çok Tersiyer veya daha erken yaşlı (Wefers ve Misra 1987) ve genellikle alternatif kuru periyotlarla sıcak yağışlı bir iklimle karakterize olan tropikal bölgelerde görülmektedir (Gu vd. 2013). Diyaspor, birçok boksit tipinde minör bileşen olarak gözlenmekte ve buna jipsit ve böehmit eşlik etmektedir (Kloprogge vd. 2002; Gu vd. 2013). Hemingway (1982), diyasporun yüzey ayrışma koşullarında sabit faz koşullarında olduğunu bunun yanı sıra jipsit ve böehmit değişiminin yavaş oranlarda bulunması nedeniyle geçiş (meta-stabl) fazlarında oluştuklarını öne sürmüştür. Boksitte diyaspor görülmesi, genellikle çoğu çalışmada termal aktivite veya metamorfizmayla ilişkilidir (Gow vd. 1993; Gu vd. 2013; Kloprogge 2006). Wefers ve Misra (1987)’ye göre götitin varlığı, <298°K sıcaklıklarında onun izomorf diyasporunun çökmesine neden olduğunu belirtmesine rağmen, şu ana kadar Al çözeltilerinden diyasporun doğrudan çökmesi nadiren görülen bir durumdur (Chesworth 1978). Alüminyumlu götit, çoğu boksit yatağında olduğu bilinmekte (Patterson vd. 1986) ve götitli topraklarda Al³⁺ yerine Fe³⁺ gelmesiyle oluşan bir üründür (Norrish ve Taylor 1961).

Çizelge 4.1. XRD analiz sonuçları (Al-götit=alüminyumlu götit)

Mineral	İdeal Formül	Debele platosu				Balaya platosu		
		D-3	D-12	D-21	D-24	BS-1	BN-3	BE-12
Jipsit	Al(OH) ₃	82.5	81.4	90.5	89.0	82.0	82.9	86.8
Anataz	TiO ₂	1.4	0.9	1.1	0.6	2.5	1.3	0.8
Hematit	α-Fe ₂ O ₃	4.1	0.7	0.3	0.9	4.3	2.7	5.3
Rutil	TiO ₂	0.6	2.0	1.3	1.1	0.4	1.6	1.0
Götit	Fe ³⁺ O(OH)	4.6	3.5	1.5	3.5	3.4	4.1	6.0
Al-götit	Fe ³⁺ ,Al(O)(OH)	4.7	10.1	2.8	4.9	4.9	7.4	–
Diyaspor	AlO(OH)	2.1	1.3	2.5	–	1.3	–	–
Kaolinit	Al ₂ S ₁₂ O ₅ (OH) ₄	–	–	–	–	1.1	–	–
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

4.2.2. Boksitlerin petrografisi

Balaya platosu

Lateritik veya psödomorf boksitler

Yapısal veya psödomorf boksitler, elüvyal ayrışma kabukları karakterize eden ürünleridir (Şekil 4.1). İnce tabakalı dokularıyla (Şekil 4.11a) karakterize olup, ana kayaların yapılarını taşımaktadırlar. Gözenekli, sert, kahverengi-kırmızı, nadir olarak beyaz, pempemsi renklidir. Demirlilik ve kristallilik derecesine göre değişen, altere ince bantlara (1-5 mm) sahiptir. Pizolitik boksitler nadir ve elüvyal kabuklarda gözlenmektedir (Şekil 4.11b).

Mikroskop altında, ince taneli, nadir olarak orta taneli, yarı paralel yönlenme gösteren jipsit (0.001-0.18 mm) minerallerinden kümeleri görülmektedir (Şekil 4.12a). Genellikle, psödomorf boksitleri alümino-demirli, kriptokristalin (genellikle mikrokristalin) kahverengi damarcıklar tarafından mikrobloklara (1-3 mm) kesilmektedir (Şekil 4.12b). Bu damarcıklar, boksit profilinde demirin muhtemelen yeniden dağıtılmasını göstermektedir (Calagari ve Abedeni 2007; Gu vd. 2013). Ayrıca burada bahsedilen çatlaklar, boksitlerde sonradan gelen epijenetik süreçlere de işaret etmektedir (Zamanian vd. 2015). Matriks heterojen, benekli, bazen konsentrik-zonlu doku göstermektedir. Kriptokristalin halindeki kütlelerin demirli bileşimi, boksit yoğun kahverengi bir renk ile kanıtlandığı gibi, çok baskındır. Küçük damarcıklar ve boşluklar radyal bileşimli ve küçük plakalar halindeki daha iri taneli geç-jenerasyon jipsitler (Şekil 4.12c,d) ile dolmakta ve konsentrik-zonlu kristalin yapıları göstermektedir. Silika, kaolinit ve klastik kuvarsın formlarında mevcutken, Fe içeren mineraller, götit ve hematitten oluşmaktadır. Pizolitik boksit mikroskop altında, pizolitik ve nodüler dokular göstermiş ve çeşitli şekil ve farklı boyutlardaki ooidleri içermektedir (Şekil 4.12f). Rutil (Şekil 4.12g) ve zircon taneleri (Şekil 4.12h) gibi titanyum mineralleri, mikroskobik incelemeler sayesinde tespit edilmiştir.

Yeniden işlenmiş veya sedimanter boksitler

Bileşenlerinin türlerine göre breşleşmiş, konglomeratik-breşik ve gravelitik (Şekil 4.11c) detritik boksitler ayırt edilmektedir. İlk ikisi delüvyal ve sel tipi fasiyes karakterine sahipken, sonuncusu alüvyal ve sel tipi fasiyes karakterine sahiptir (Şekil 4.4).

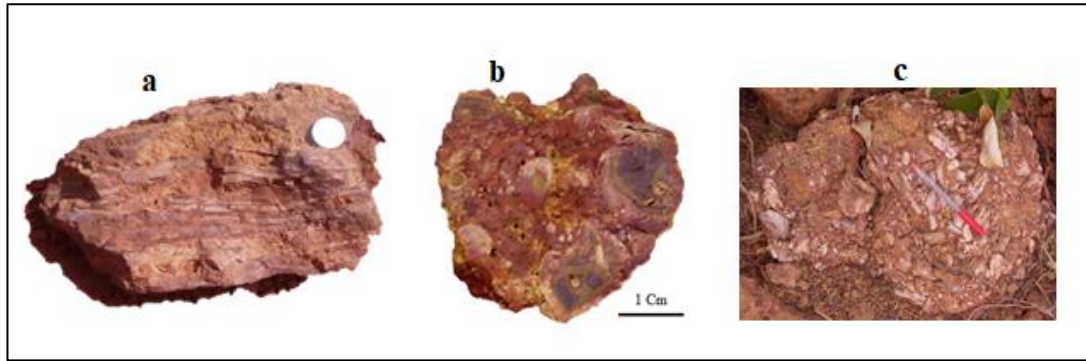
Detritik boksitler, gözenekli, sert, kırmızı-pempemsi, kırmızımsı-kahverengi kayalardır. Dokuları, psefitik ve düzensizdir. Detritik materyaller baskındır. Detritik boksitlerde, döküntüler (EN:debris) açılı, izometrik şekilli ve boyutları 2-10 cm arasında değişmektedir. Gravelitik boksitlerde, döküntüler yuvarlak veya yarı yuvarlak ve boyutları 0.5-3.5 cm arasındadır. Bileşimi, dokusu ve yapısı göz önüne alındığında, iki ana döküntü grubu tespit edilmiştir: ana kayacın yapı ve dokusunu taşıyan

döküntüler (yapısal döküntüler) ve önceki yapıyı ve dokuyu çok az yansıtan kriptokristalin döküntüler. Yapısal döküntüleri, ince tabakalı doku ve kristalin yapı gösteren yapısal boksitlerle neredeyse aynıdır. Kriptokristalin olanlar ise kriptokristalin, sert ve kompakt olan boksit ve ferritleri ile temsil etmektedir

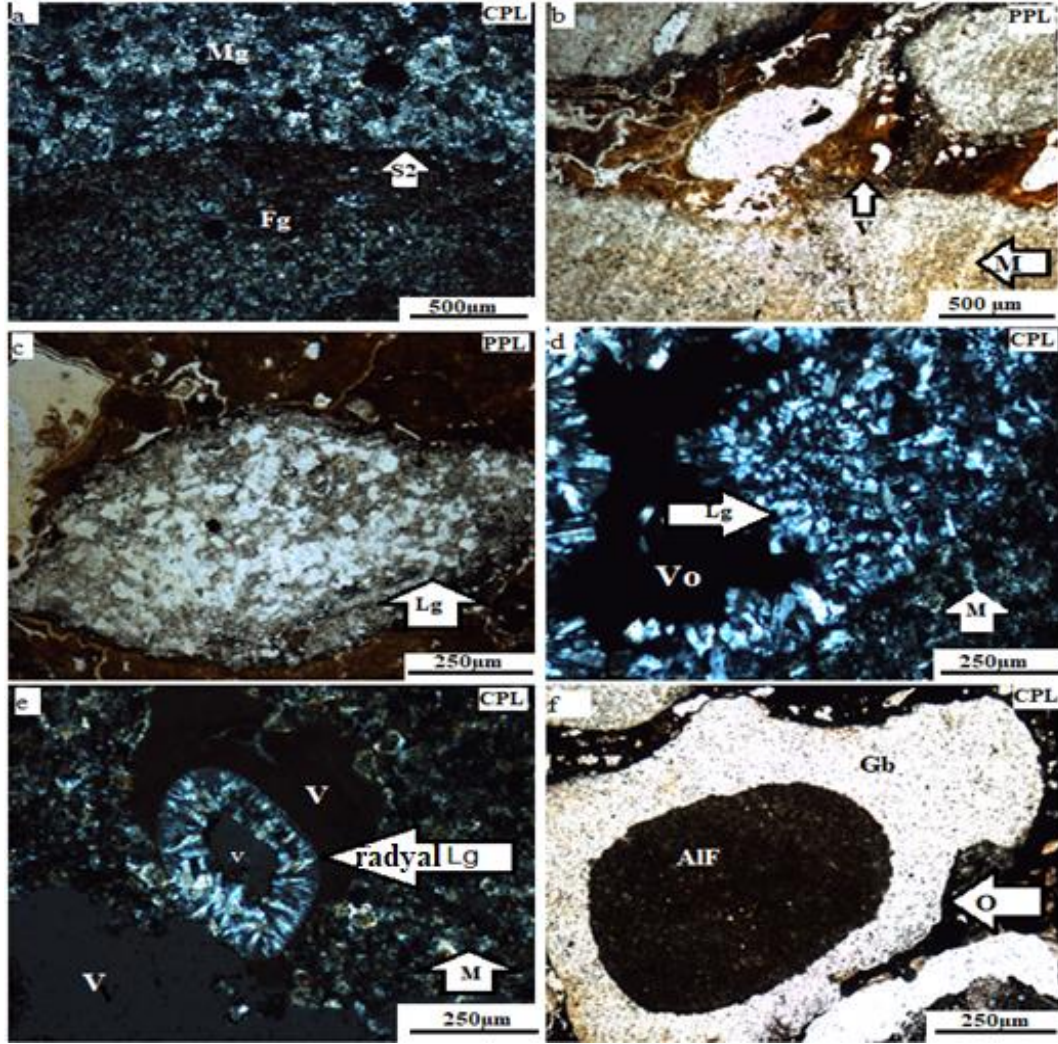
Çimento, detritik boksitlerin %50-80'ini oluşturmaktadır; ince bir detritik bileşim, yeniden kristallenmiş, demir-alüminyumlu kriptokristalin madde ve klastik kuvars emüritesi ile temsil edilmektedir. Mikroskopta, psamitik, mikro-orta kristalin ve kollomorfik dokular gözlenmektedir (Şekil 4.12j, k). Jipsit, baskın ve kristalin, kollomorfik-zonlu ve inkrustasyon yapılarına sahiptir (Şekil 4.12l). Özşekli jipsit kristallerinin boyutları 0.007'den 0.5 mm'ye kadar değişmektedir (Şekil 4.12m). Demir mineralleri, götit ve hematit ile temsil edilmektedir. Demir mineralleri ya erken-jenerasyon jipsit minerallerine toplanır ya da ayrı kütle oluşturmaktadır.

Silika mineralleri, klastik kuvars ve boksitlerdeki çatlaklar ve gözenekleri dolduran kil kayaçlarıyla ilişkili kaolinitlerle temsil edilmektedir. Titanyum mineralleri miktarları arasında en önemlisi rutildir. Bunlara zirkon taneleri ve rutil eşlik etmektedir. Ek olarak, iki tip boksitte de, çatlaklar ve kök parçaları bolca bulunurken, sadece sedimanter boksitlerde kaya parçası (allojenik klastikler) bulunmakta ve bu boksitlerin yeniden oluştuğuna dair kanıtlardır (Şekil 4.12i).

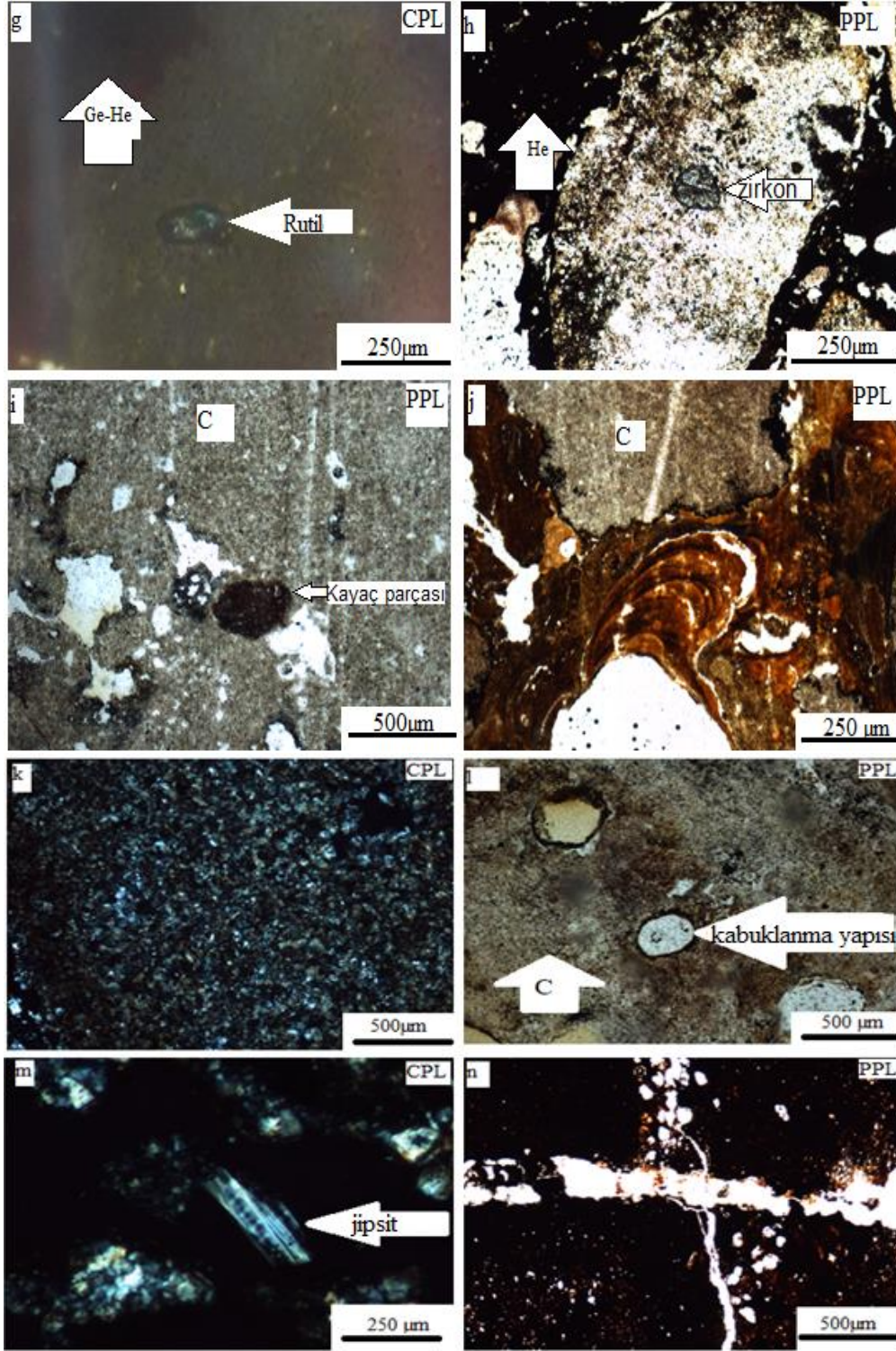
Mikroskop altında altere arjillitler, jipsit-kaolinit damarcıkları tarafından bloklara kesilmesiyle birlikte ince psamitik doku göstermiştir (Şekil 4.12n). Alüminokilli materyal bantlaşmaları demirce zengin bantlaşmaların yerine alternatif olarak geçmektedir. Jipsit ve kaolinit boşlukları doldurmakta veya inkrustasyon yapıları oluşturmaktadır. İncelemelerde zirkon, kuvars ve rutil gözlenmiştir.



Şekil 4.11. Balaya platosundaki argillitten oluşan psödomorf boksit (a), pisolitik boksit (b) ve konglomeratik-breşli boksit (c) el örnekleri ve arazi fotoğrafları



Şekil 4.12. Balaya platosundan lateritik ve sedimanter boksitlerin fotomikrografikleri: **a)** ince taneli,orta taneli (**Mg**), yarı paralel yönlenme gösteren jibsit ; **b)** alümino-demirli, kriptokristalin, kriptokristalin ve kahverengi damarcık; **c)** ve **d)** geç-jenerasyon jipsit tarafından doldurmuş boşlukları; **e)** radyal geç-jenerasyon jibsit tarafından doldurulmuş boşluk; **f)** ooid. **PPL:** tek nikol, **CPL:** çift nikol, **Vo**=boşluk, **V**= damarcık, **Lg**= geç-jenerasyon jibsit, **M**=matriks, **C**=çimento, **O**=ooid, **AIF**= alümino-demirli malzemeler, **Gb**= jibsitik malzemeler, **Ge-He**- götit-hematit, **S2**=tabakalama



Şekil 4.12.'nin devamı. g) rutil; h) zirkon; i) kaya parçası; j) çimentoda kollomorfik yapı; k) psamitik doku; l) jipsit inkrustasyon yapısı; m) özşekilli jipsit kristal; n) altere arjillit. PPL: tek nikol, CPL: çift nikol, C=çimento, Ge-He- götit-hematit

Debele platosu

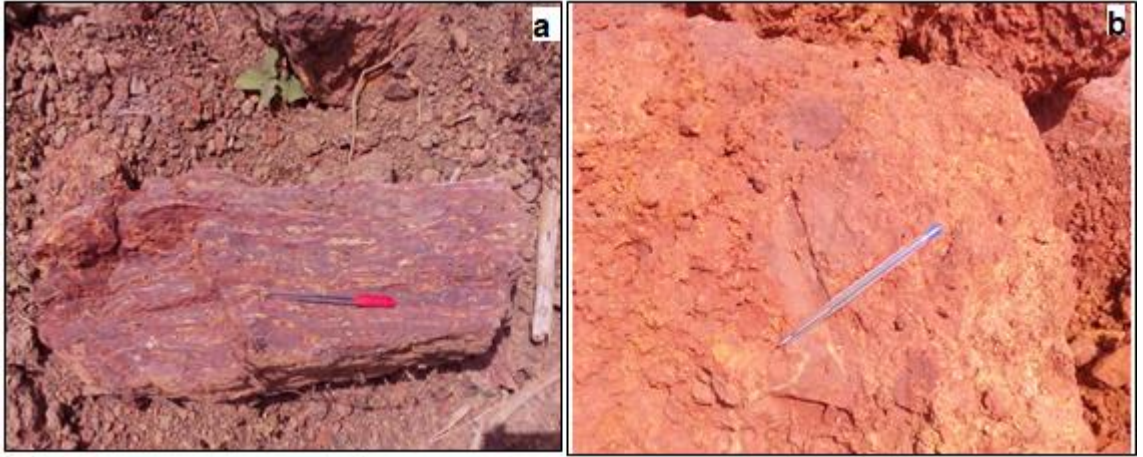
Delebe ve Balaya platolarının boksitleri petrografik karakter açısından oldukça benzerdir.

Lateritik veya psödomorf boksitler

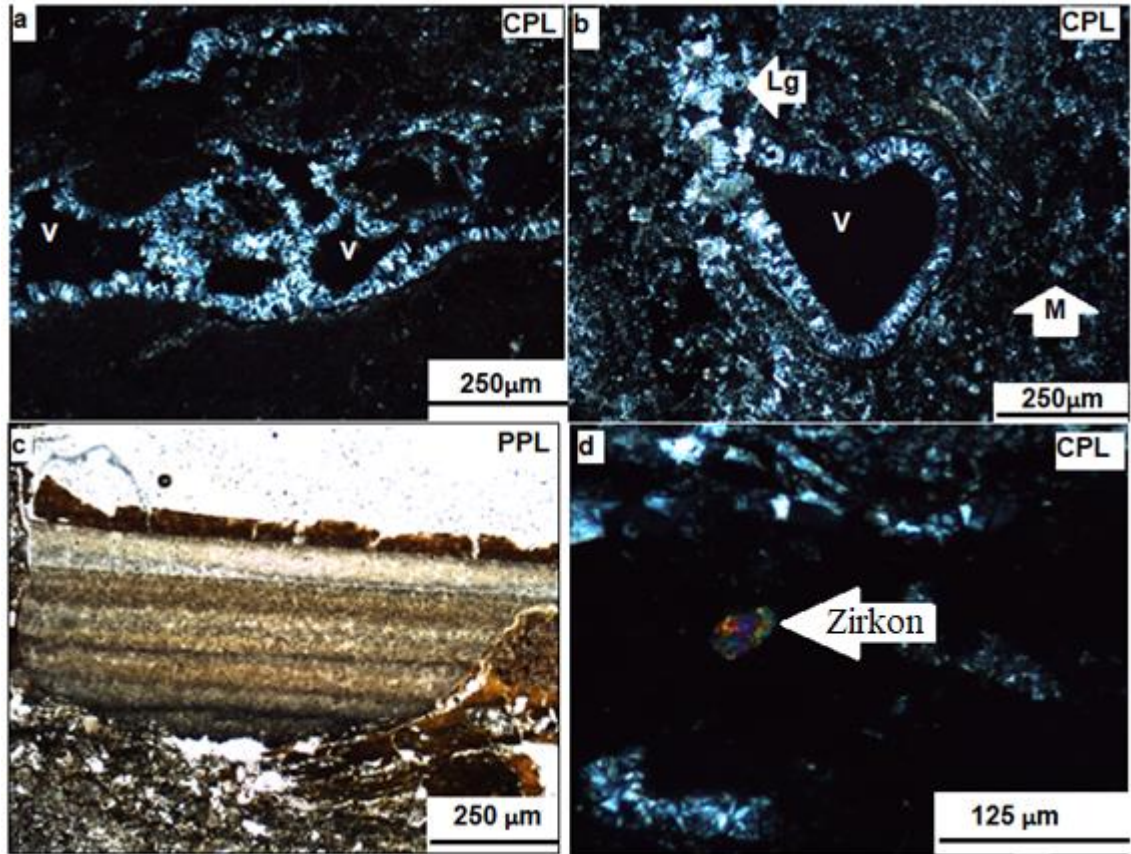
Mikroskop altında, psödomorf boksitler (Şekil 4.13a) ince taneli bileşim ile temsil eden jipsit karakterize etmektedir. Bazı bölgelerde kayaç, kriptokristalin alümino-demirli damarcıklar ile bölünmüştür (Şekil 4.14a). Gözenek ve boşlukları geç-jenerasyon jipsit radyal kümeleri tarafından doldurulduğu gözlenmektedir (Şekil 4.14b). Buna ek olarak, boksit örneklerinde altere plajiyoklazlar bulunmaktadır (Şekil 4.14c). Bunların, ana kayaçtan geldikleri düşünülmektedir.

Yeniden işlenmiş veya sedimanter boksitler

Detritik boksitler, sarımsı-gri, kırmızımsı-pembe renklere gözlenen kayaçlardır (Şekil 4.13b). Yapıları psefitik ve düzensizdir. Döküntüleri, 3-10 cm boyutlarında ve kayacın ana bileşenlerini içermektedir. Breşleşmiş, konglomeratik-breşleşmiş boksitler ayırt edilmektedir. Çimentoları, mikrokristalin ve kollomorfik-zonlu yapıya sahip ferro-alüminyumlu kütle taşıyan kriptokristalin maddeler içerisinde yüzen detritik alüminyumlu materyal, oluşmaktadır. Çimentolarında klastik kuvars tanecikleri gözlenmiştir. Üstelik, kayaç ve kök parçaları ve bunlara eşlik eden zirkonlar (Şekil 4.14d) boksitlerde sıklıkla gözlenmektedir.



Şekil 4.13. Debele platosundaki argillitten oluşan psödomorf boksit (a) ve detritik boksit (b) el örneklerin fotoğrafları



Şekil 4.14. Debele platosundan lateritik ve sedimanter boksitlerin fotomikrografikleri; **a)** kriptokristalin alümino-demirli damarcık; **b)** geç-jenerasyon jipsitin kalp benzeri radyal kümeleri tarafından doldurulan boşluk; **c)** atlere plajiyoklas; **d)** zirkon. **PPL:** tek nikel, **CPL:** çift nikel, **V=**boşluk, **Lg=** geç-jenerasyon jipsits, **M=**matriks

4.3. Jeokimya

Debele ve Balaya platolarından alınan boksit ve temel kayaç örneklerinde bulunan majör, iz ve nadir toprak elementlerinin analitik değerleri EK-1 ve EK-2’de verilmiştir.

4.3.1. Majör elementler

Debele platosu

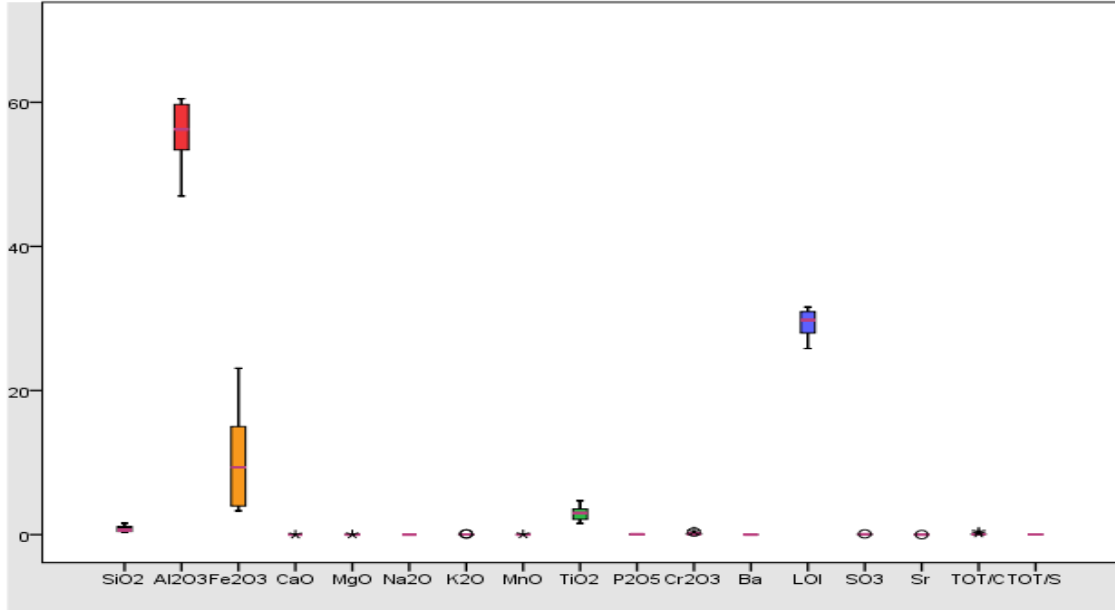
Debele platosu’ndan alınan boksit örnekleri, genellikle, Al_2O_3 (%47.00–60.50), SiO_2 (%0.30–1.59), Fe_2O_3 (%3.31–16.10) ve TiO_2 (%1.56–4.71)’den oluşmakta ve LOI değeri de %25.82’den %31.59’a değişmektedir (Çizelge 4.2, Şekil 4.15). Kimyasal ayrışma süreçleri sırasında oldukça hareketli alkaliler ve toprak alkali elementleri; Na_2O (%<0.01), K_2O (%<0.01-0.11), CaO (%<0.01-0.02), MgO (%<0.01-0.04), Ba (%<0.01) ve Sr (%0.002-0.005) çok düşük değerler göstermektedir (Çizelge 4.2). Altere arjillit örneği olan D-9 (Debele platosu lateritic boksitlerin temel kayacı); %18.00 SiO_2 , %15.30 Al_2O_3 , %51.70 Fe_2O_3 , %0.09 Na_2O , %2.95 K_2O , %0.01 CaO , %0.21 MgO ,

%0.03 Ba, %0.008 Sr, %0.82 TiO₂ ve %9.35 LOI değerlerini göstermiştir. Kaolinit örneği olan D-5; %47.70 SiO₂, %32.80 Al₂O₃, %3.71 Fe₂O₃, %0.17 Na₂O, %5.93 K₂O, %0.10 CaO, %0.50 MgO, %0.08 Ba, %0.019 Sr, %1.77 TiO₂ ve %6.67 LOI değerlerini göstermiştir. Ferrit örneği olan SR-4 ise; %2.74 SiO₂, %11.10 Al₂O₃, %69.70 Fe₂O₃, %0.06 Na₂O, %0.01 K₂O, %0.01 CaO, %0.07 MgO, %0.01 Ba, %0.004 Sr, %1.51 TiO₂ ve %14.54 LOI değerleri göstermiştir. SiO₂, Fe₂O₃, LILE ve Al₂O₃, TiO₂, LOI'deki altere arjillit içerikleri sırasıyla boksit örneklerinden daha yüksek ve düşüktür. Üstelik, boksit örneklerinde gerçekleştirilen korelasyon analizleri, Al₂O₃ ve TiO₂ (r= 0.291) arasında pozitif korelasyon ve SiO₂ ve Al₂O₃ (r = -0.249) arasında, Fe₂O₃ ve Al₂O₃ (r = -0.975) arasında da negative korelasyon göstermiştir. Bu desenler, Si ve LILE'nin kimyasal yıkanması (Gu vd. 2013; Zamanian vd. 2015), demir birikiminin ferritleri oluşturmak için göç etmesi ve alüminyum (alüminyum hidroksit) ve titanyumun ayrışma süreçlerindeki kalıntı zenginleşmesi ile açıklanabilmektedir. Boksit örneklerindeki demirin yüksek değerlere sahip olması, ayrışma süreçleri sırasında uygun Eh-Ph koşullarında oluşan hematit, götit ve alüminyumlu götit gibi Fe içeren minerallerin varlığıyla ilişkilidir (Gu vd. 2013). Buna karşılık, boksitlerde titanyum oksitlerin yüksek değerlere sahip olması da Ti içeren minerallerin (rutil, anastaz) bol miktarda bulunmasıyla ilişkilidir.

Lateritleşme derecesini göstermek adına, mineral kontrolü, boksit sınıflandırması ve Al₂O₃-SiO₂-Fe₂O₃ diyagramları sıkça kullanılmıtır (Gu vd. 2013). Aleva (1994) mineralojik sınıflaması göz önüne alındığında, Debele platosu'ndan alınan tüm boksit örnekleri, boksit ve ferritik boksit alanlarına düşmektedir (Şekil 4.17). Altere arjillit örneği (D-9) laterit bölgesine düşmekte ve buna karşılık yalnızca demirli örnek (SR-4) ferrit bölgesine düşmüştür. Debele Platosu kaolinit örneği (D-5) boksitik kaolinit bölgesine düşmüştür. Schellmann (1982)'ın boksitlerin lateritleşme derecesi üçgen diyagramına göre, tüm boksit örnekleri, oldukça lateritleşmiştir (Şekil 4.18). Az derecede lateritleşen tek örnek ise kaolinit örneği olan D-5 örneğidir. Bir örnek hariç, Debele Platosu'ndan alınan tüm boksit örnekleri, Boulange vd. (1996)'nın sınıflama diyagramında boksit alanına düşmektedir (Şekil 4.19). Sökümün jeokimyasal yolları (Beauvais 1991; Tardy 1997), boksitleşme sırasında kaolinitin parçalanma eğilimlerinin takip etmesini (Şekil 4.20) ve Debele platosu boksitleri de kaolinitin desilikasyonunun sonucunda ortaya çıktığını göstermiştir.

Çizelge 4.2. Debele platoların'ndann alınan boksit örnekler majör elementlerin minimum, standart sapma, maksimum ve ortalama konsantrasyon değerleri (ASK= Ateşte Su Kaybı, N= örnek sayısı, Top= toplam)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂
N	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Ortalama	0.76	55.96	10.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	2.94
Standart Sapma	0.40	4.27	6.08	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.99
Minimum	0.30	47.00	3.31	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1.56
Maksimum	1.59	60.50	23.10	0.02	0.04	0.01	0.11	0.05	4.71
	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Ba	ASK	SO ₃	Sr	Top/C	Top/S	
N	14	14	14	14	14	14	14	14	
Ortalama	0.06	0.16	0.01	29.41	0.05	0.00	0.09	0.02	
Standart Sapma	0.03	0.12	0.00	1.78	0.02	0.00	0.10	0.00	
Minimum	0.03	0.05	0.01	25.82	0.027	0.002	0.03	0.02	
Maksimum	0.12	0.45	0.01	31.59	0.103	0.005	0.42	0.02	



Şekil 4.15. Debele platosunun boksitindeki majör element konsantrasyonu

Balaya platosu

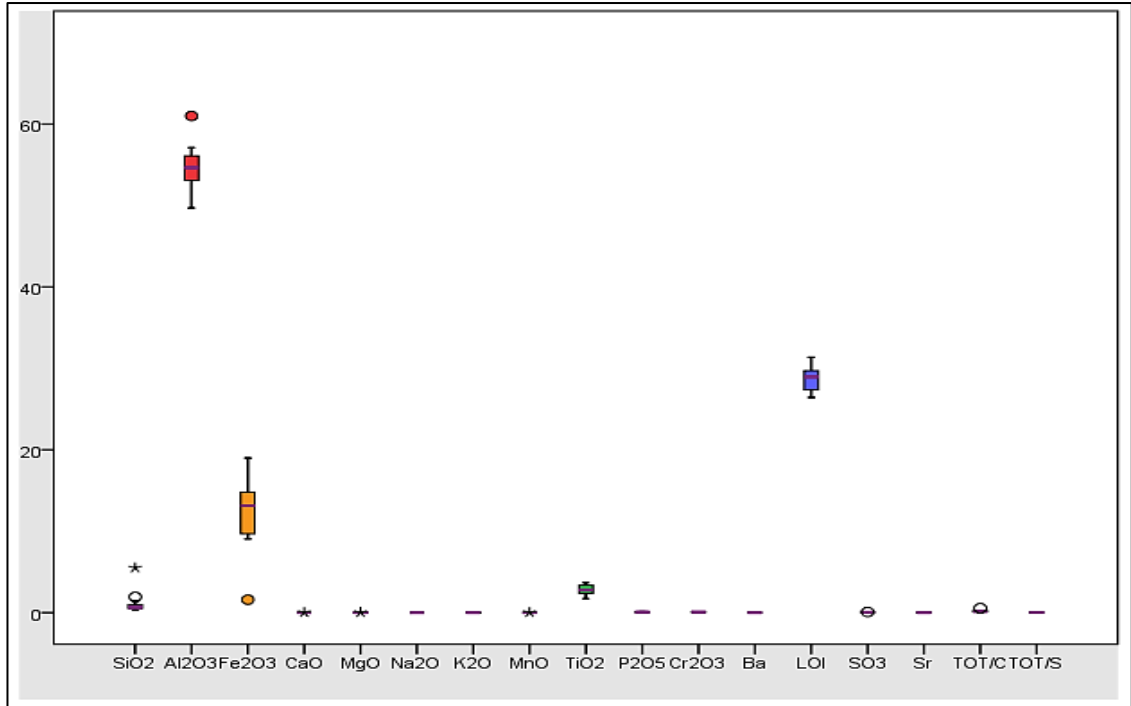
Balaya platosu boksit örneklerinin analiz değerleri hemen hemen Debele platosuyla aynı olduğu görülmektedir. Genel olarak, Al₂O₃ (%49.70–61.00), SiO₂ (%0.30–5.00), Fe₂O₃ (%1.60–19.00) ve TiO₂ (%1.71-3.70) oluşmakta ve LOI değerleri %26.44 ile %31.38 arasındadır (Çizelge 4.3, Şekil 4.15). Alkaliler ve toprak alkali elementleri (LILE), Na₂O (%<0.01), K₂O (%0.01-0.05), CaO (%<0.01-0.02), MgO (%<0.01-0.02), Ba (%<0.01) ve Sr (%<0.002-0.006) şeklinde düşük değerler

göstermektedir. Altere arjillit örnekleri olan BS-4 ve BE-11 (Balaya lateritik boksitlerin temel kayaları) sırasıyla %35.10 ve %10.60 SiO₂, %18.20 ve %20.80 Al₂O₃, %36.60 ve %58.40 Fe₂O₃, %0.11 ve %0.07 Na₂O, %0.13 ve %1.31 K₂O, %0.01 ve %0.04 CaO, %0.03 ve %0.14 MgO, %0.01 ve %0.02 Ba, %0.01 ve 0.009 Sr, %1.16 ve 1.29 TiO₂ ve %7.35 ve %7.67 LOI değerleri göstermektedir (Çizelge 4.3). Ferrit örneği BNR-7, %2.43 SiO₂, %14.50 Al₂O₃, %63.80 Fe₂O₃, %0.05 Na₂O, %0.01 K₂O, %0.01 CaO, %0.03 MgO, %0.01 Ba, %0.003 Sr, %2.94 TiO₂ ve %15.32 LOI değerleri göstermektedir. Burada da, Debele Platosu'nda olduğu gibi, SiO₂, Fe₂O₃, LILE ve Al₂O₃, TiO₂, LOI'deki altere arjillit içeriği sırasıyla boksit örneklerinden daha yüksek ve düşüktür. Ayrıca korelasyon analizleri, Al₂O₃ ile TiO₂ (r=0.582) arasında pozitif korelasyon ve SiO₂ ile Al₂O₃ (r = -0.516) , Fe₂O₃ ile TiO₂(r = -0.673), Fe₂O₃ ve Al₂O₃(r = -0.920) arasında da negatif korelasyonu göstermiştir. Bu desenler, Si ve LILE'nin kimyasal yıkanması, demir ferritlerini oluşturmak için göç etmesi ve alüminyum (alüminyum hidroksit) ile titanyumun ayrışma süreçlerinde kalıntı zenginleşmesi ile açıklanabilmektedir. Boksit örneklerindeki demirin yüksek değerlere sahip olması, ayrışma süreçleri sırasında uygun Eh-Ph koşullarında oluşan hematit, götit ve alüminyumlu götit gibi Fe içeren minerallerin varlığıyla ilişkilidir. Buna karşılık, boksitlerde titanyum oksitlerin yüksek değerlere sahip olması da Ti içeren minerallerin (rutil, anastaz) bol miktarda bulunmasıyla ilişkilidir. Bunlarında, kaynağı boksitlerin ana kayalarından olan ultrabazik-bazik kayalardan gelebileceği düşünülmüştür.

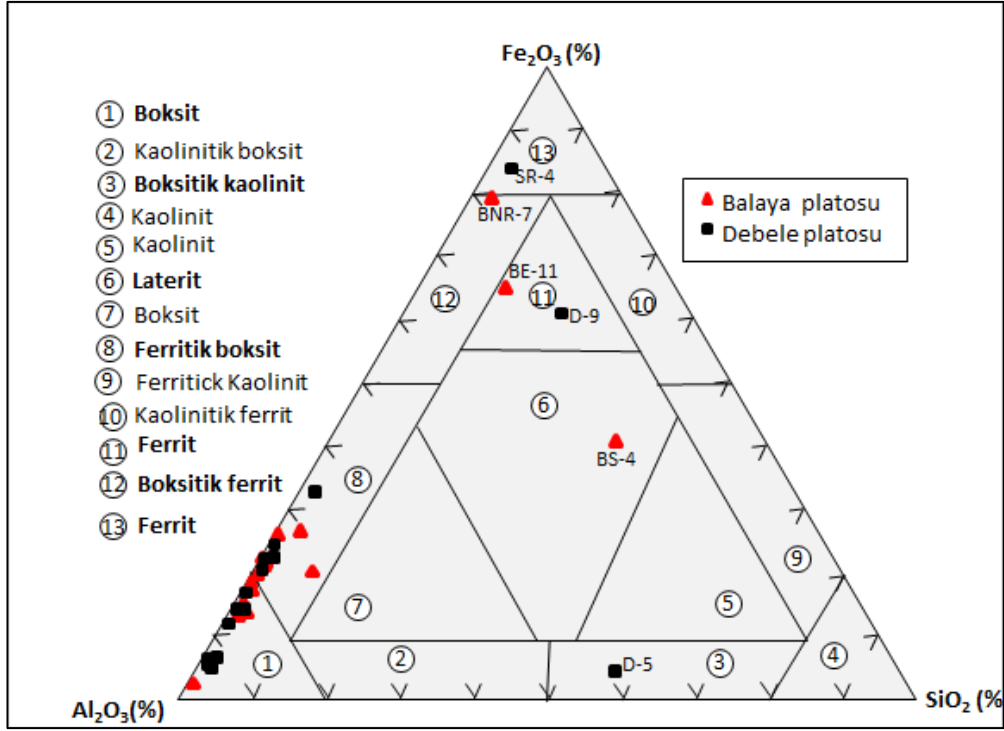
Aleva (1994) mineralojik sınıflaması göz önüne alındığında, Balaya platosu'ndan alınan tüm boksit örnekleri aynı Debele platolarından alınan boksit örnekleri gibi, boksit ve ferritik boksit alanlarına düşmektedir (Şekil 4.17). Temel kayacı olan altere arjillit örnekleri (BE-11 ve BS-4) farklı bölgelere düşmüştür (ferrit ve laterit). Ferritik örnek BNR-7 neredeyse ferrit bölgesi ile boksitik ferrit bölgesi arasındaki bir yere düşmüştür. Schellmann (1982)'ın boksitlerin lateritleşme derecesi üçgen diyagramına göre, Balaya'dan alınan tüm boksit örnekleri, oldukça lateritleşmiştir (Şekil 4.18). Yalnızca orta düzeyde lateritleşmiş örnek (BS-4) Balaya platosu boksit cevherlerinin temel kayacı örneği olarak temsil edilmektedir. İki örnek hariç, Balaya Platosu'ndan alınan tüm boksit örnekler, Boulange vd. (1996)'nın sınıflama diyagramında boksit alanına düşmektedir (Şekil 4.19). Jeokimyasal bozuşmanın (Beauvais, 1991; Tardy, 1997), boksitleşme sırasında kaolinitin parçalanma eğilimlerini takip ettiğini (Şekil 4.20) ve Debele platosundaki gibi Balaya platosu boksitleri de kaolinitin desilikasyonunun sonucunda oluştuğu sürülmüştür.

Çizelge 4.3. Balaya platosun'ndann alınan boksit örnekler majör elementlerin minimum, standart sapma, maksimum ve ortalama konsantrasyon değerleri (ASK= Ateşte Su Kaybı, N= örnek sayısı, Top= toplam)

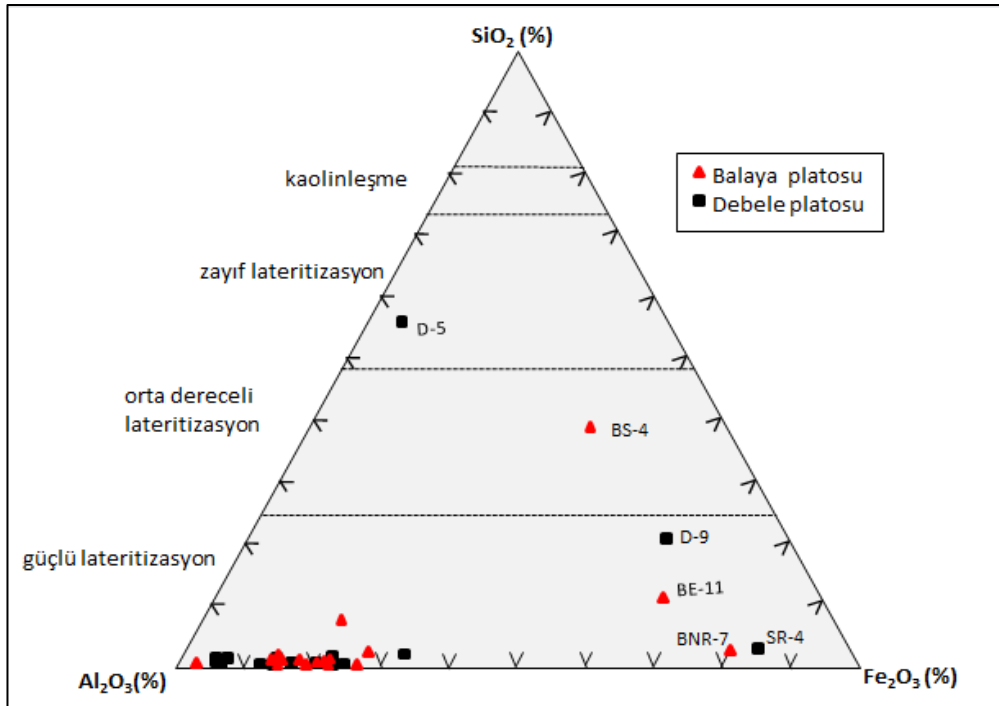
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂
N	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Ortalama	1.12	54.36	12.38	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	2.81
Standart Sapma	1.34	2.98	4.38	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.64
Minimum	0.30	49.70	1.60	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1.71
Maksimum	5.50	61.00	19.00	0.02	0.02	0.01	0.05	0.02	3.70
	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Ba	ASK	SO ₃	Sr	Top/C	Top/S	
N	14	14	14	14	14	14	14	14	
Ortalama	0.08	0.07	0.01	28.79	0.05	0.00	0.18	0.02	
Standart Sapma	0.03	0.02	0.00	1.43	0.02	0.00	0.13	0.00	
Minimum	0.04	0.04	0.01	26.44	0.03	0.002	0.05	0.02	
Maksimum	0.14	0.11	0.01	31.38	0.091	0.006	0.55	0.02	



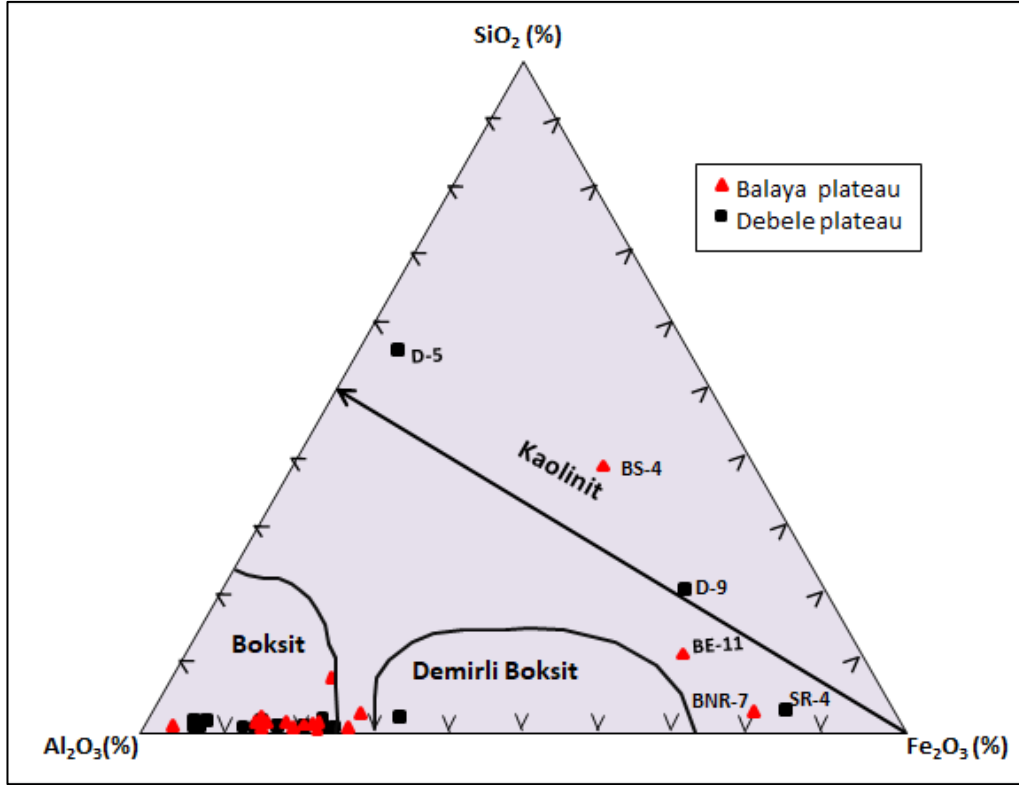
Şekil 4.16. Balaya platosunun boksitindeki majör element konsantrasyonu.



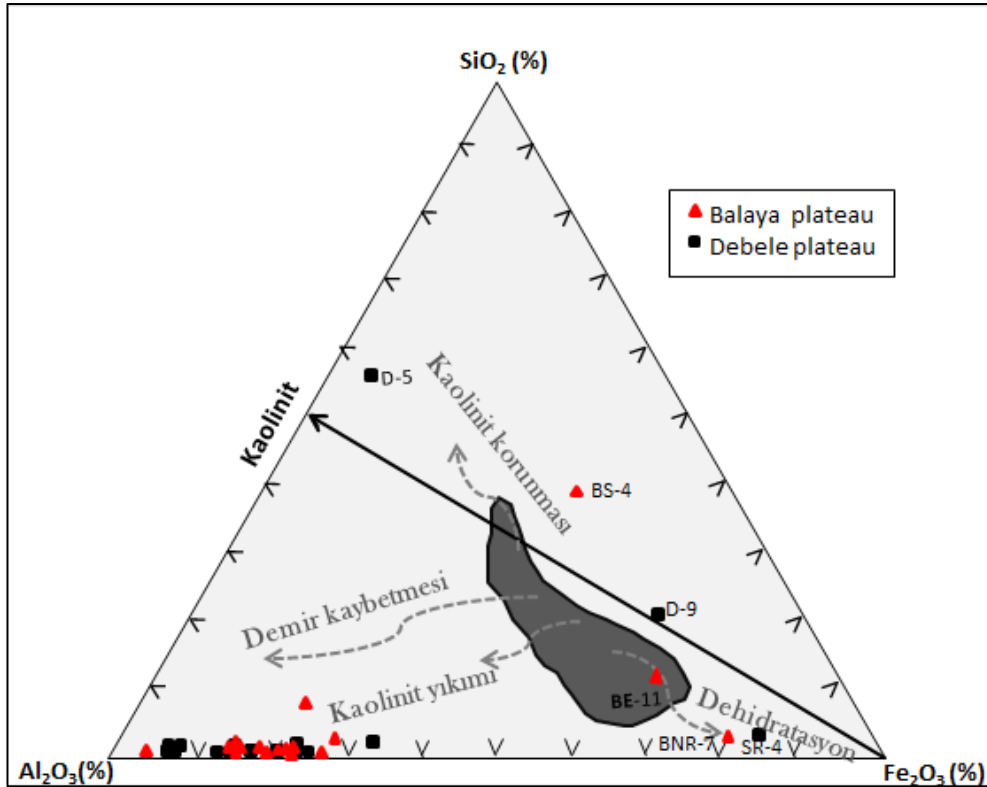
Şekil 4.17. Fe_2O_3 - Al_2O_3 - SiO_2 Çalışma alanındaki boksit cevherlerinin mineralojik sınıflamasını gösteren üçgen diyagramı (Aleva 1994)



Şekil 4.13. Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 boksitlerin lateritleşme derecesini gösteren üçgen diyagramı (Schellmann 1982)



Şekil 4.19. Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 boksit sınıflandırmasını gösteren üçgen diyagramı (Boulangé vd. 1996)



Şekil 4.140. Beauvais'e göre sökümün jeokimyasal yolları (1991)

4.3.2. İz elementler

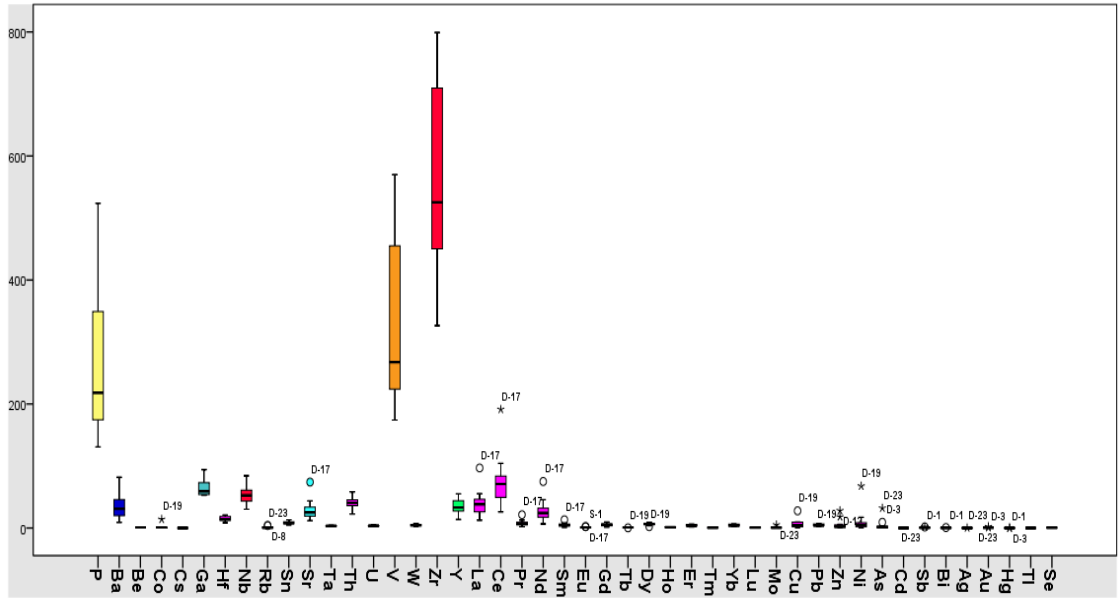
Debele platosu

Genel olarak, Zr, V, Nb, Cr, Y, Ga ve Th gibi iz elementler boksit profillerinde oldukça zengin olarak gözlenmektedir (Gu vd. 2013). Debele platosu boksit örneklerinde, Ti, Cr, Ga, Nb, Th, V, Zr, Y, La, Ce ve Nd yüksek değerler göstermiştir (EK-6, Şekil 4.21). Ti değerleri 9360-28260 ppm, Zr değerleri 326.0-799 ppm arasında değişmekteyken V ve Cr değerleri de sırasıyla 147-570 ppm ve 340-306 ppm arasında değişmektedir. P, Nb, Y, Ga ve Th onlarca ppm aralığında olup, sırasıyla, 131-524 ppm, 30.40-84.30 ppm, 13.80-55.10 ppm, 52.80-94.20 ve 22.50-58.20 ppm arasında değişmektedir. La, Ce ve Nd ppm onlarca ppm aralığında da olup sırasıyla, 12.50-96.90 ppm, 26.00-191.30 ppm, 6.80-75.00 ppm arasında değişmektedir. Diğer iz elementlerde diğerlerine bakıldığında, dikkat çekecek içerecek bulunmamaktadır (EK-6, Şekil 4.21). Kaolinit örneği D-5, 10620 ppm Ti, 136 ppm Cr, 38.80 ppm Ga, 29.40 ppm Nb, 25.40 ppm Th, 227 ppm V, 282.40 ppm Zr ve 30.40 ppm Y içermektedir.

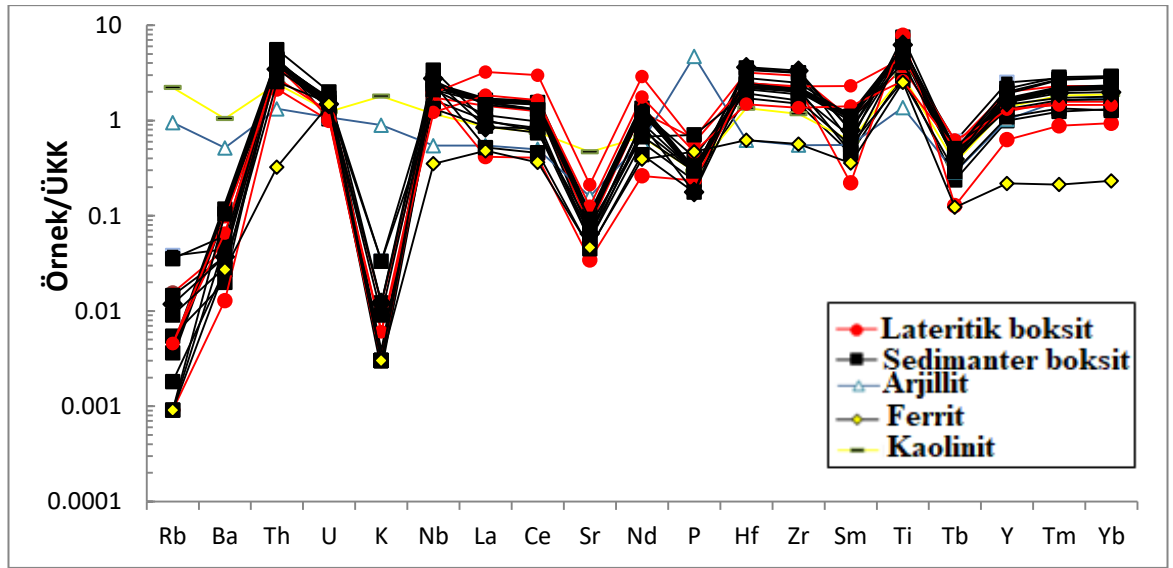
Temel kayaç örneği D-9, 4920 ppm Ti, 204 ppm Cr, 20.6 ppm Ga, 13.6 ppm Nb, 13.9 ppm Th, 245 ppm V, 132.2 ppm Zr ve 22.5 ppm Y içermektedir. Ferrit örneği olan SR-4, 9060 ppm Ti, 4488 ppm Cr, 23.4 ppm Ga, 8.8 ppm Nb, 3.4 Th, 348 ppm V, 135.9 ppm Zr ve 4.8 ppm Y içermektedir (EK-6). Boksitlerden daha düşük görünen bu değerler, onların boksitleşme sırasında olası bir zenginleşme oluştuğunu göstermektedir.

Kayaç içinde, bir elementin zenginleşip veya fakirleştiğini belirlemek için, jeologlar çoğunlukla örümcek diyagramları kullanmaktadır. Üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalleştirilmiş boksit ve ferritler iz element desenleri, Rb, Ba, K, Sr, P, Sm ve Tb değerleri için fakirleşme pik ve Th, U, Nb, Hf, Zr, Zr ve Ti değerleri için zenginleşme pik gibi benzer karakteristikler göstermektedir (Şekil 4.22). Fakat, ferrit desenleri (SR-4) diğerlerine göre T, Tm ve Yb değerlerinde hafif fakirleşme sergilemektedir. Temel kayacı (D-9) ve kaolinit (D-5), boksit ve ferrit desenlerinden daha farklı desen sergilemektedir. D-9 ve D-5 desenleri neredeyse benzer ve Rb, Th ve Ti için zenginleşme pikleri ve Ba, Sr, Hf, Sm ve Tb için fakirleşme pikleri göstermektedir. Buna rağmen, kaolinit örneği D-5, desenlerinde P için akirleşme pikleri gösterirken temel kayacı olan D-9, desenlerinde P için zenginleşme pikleri göstermektedir. La, Ce, Y, Tm ve Yb değerleri tüm desenlerde hafif zenginleşme göstermektedir.

Boksitler, arjillit, kaolinit ve ferrit örnekleri için Harker değişim diyagramları, Zr/Nb ve Zr/Ta pozitif korelasyon gösterdiğini ortaya çıkarmıştır (Şekil 4.25). Ayrıca, Zr/Hf ve Nb/Ta korelasyon katsayısı (r) sırasıyla 0.998, 0.949 değerler ile en yüksek pozitif korelasyon göstermiştir (Şekil 4.25). Bu durum Zr, Hf, Nb ve Ta gibi elementlerin aynı jeokimyasal davranış gösterdiğini ve Debele boksit yataklarındaki boksitleşme süreçleri sırasında duraylı olduklarını göstermiştir.



Şekil 4.21. Debele platosunun boksitinde iz element konsantrasyonu



Şekil 4.22. Debele platosu örneklerinin üst kıtasal kabağa (ÜKK) göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (ÜKK değerleri Taylor and McLennan 1981'den alınmıştır)

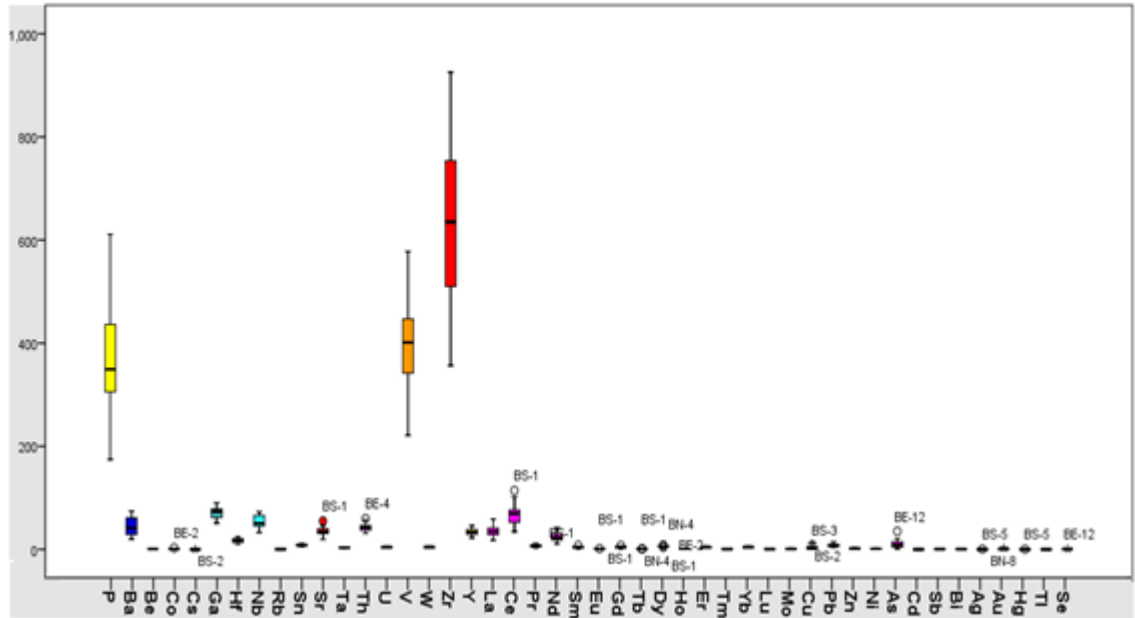
Balaya platosu

Debele Platosu örneklerine benzer olarak, Balaya'dan alınan boksit örneklerinde, Ti, Cr, Ga, Nb, Th, V, Zr, Y, La, Ce ve Nd yüksek değerler göstermiştir (Şekil 4.23, EK-7). Ti 10260-22200 ppm, Zr 356.5-925.5 ppm arasında değişen değerler alırken V ve Cr sırasıyla 221-578 ppm ve 272-748 ppm arasında değişmektedir. P, Nb, Y, Ga ve Th onlarca ppm aralığında, sırasıyla 278.56-610.96 ppm, 32.6-73.1 ppm, 22.5-45.9 ppm, 50.9-90.3 ppm ve 31.2-59.8 ppm değerler almaktadır. La, Ce ve Nd de onlarca ppm aralığında, sırasıyla 19.1-55.2 ppm, 34.3-114.1 ppm ve 10.9-42.1 ppm

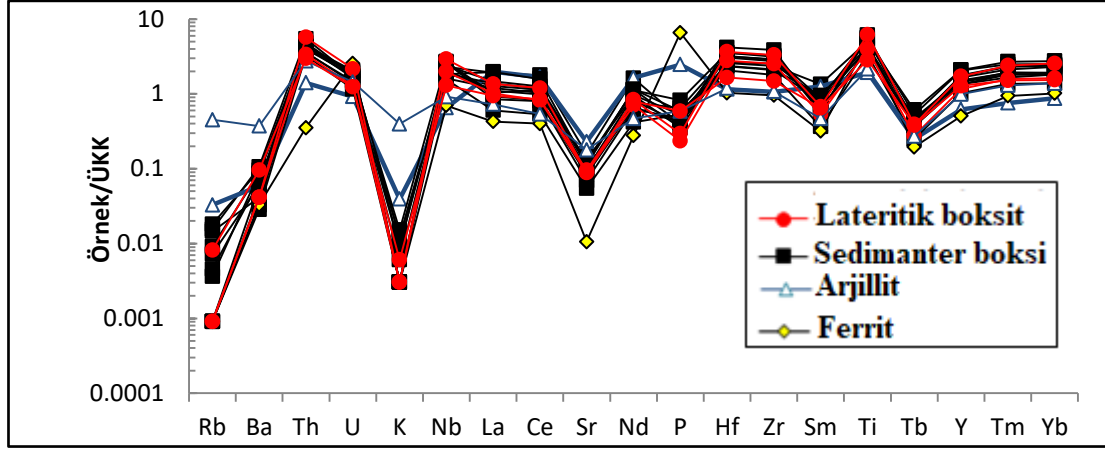
değerler almaktadır. Kalan diğer iz elementler ise öncekiler gibi önemsenecek değerler göstermemektedir (EK-7). Ferrit örneği olan BNR-7 şu içeriğe sahiptir: 17640 ppm Ti, 68 ppm Cr, 23.5 ppm Ga, 17.5 ppm Nb, 505.0 ppm V, 3.7 ppm Th, 229.8 ppm Zr, 11.1 ppm Y, 12.8 ppm La, 25.6 ppm Ce ve 7.2 ppm Nd. Altere arjillit örneği olan BS-4 ve BE-11 ise sırasıyla; 6960, 7740 ppm Ti; 68, 204 ppm Cr; 20.3, 29.1 ppm Ga; 16.3, 22.9 ppm Nb; 140.0, 367.0 ppm V; 14.8, 29.0 ppm Th; 255.3, 258.5 ppm Zr; 13.7, 21.8 ppm Y içermektedir (EK-7). Yine burada da, bu değerler boksit değerlerinden daha azdır.

Üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalleştirilmiş boksit örneklerini iz element desenleri, Debele'deki gibi Rb, Ba, K, Sr, P, Sm ve Tb için fakirleşme pikleri ve Th, U, Nb, Hf, Zr, Ti için zenginleşme pikleri gibi benzer karakteristikler göstermektedir (Şekil 4.24). Fakat, boksit örneklerine göre, ferrit (BNR-7) desenleri, P için zenginleşme pikleri vermektedir. Altere arjillit örneklerinden BS-4 ise Rb, Ba ve K için az oranlarda fakirleşme pikleri verirken BE-11 P için zenginleşme pikleri vermiştir (Şekil 4.24).

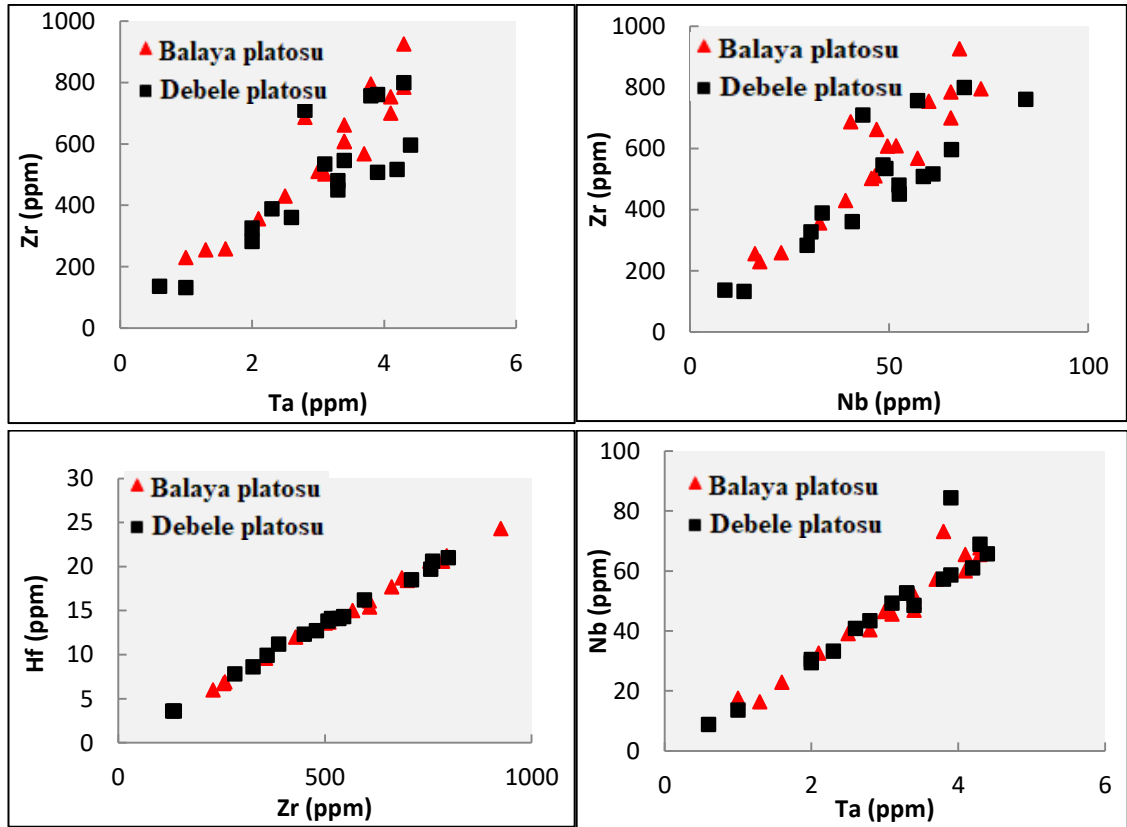
Debele Platosu boksitlerine benzer olarak, boksit, arjillit ve ferrit örneklerinin Harker değişim diyagramları, Zr/Nb ve Zr/Ta'nın pozitif korelasyon verdiğini göstermiştir (Şekil 4.25). Ayrıca, Zr/Hf ve Nb/Ta ise sırasıyla 0.998 ve 0.969 korelasyon katsayıları (r) ile en yüksek pozitif korelasyon göstermiştir (Şekil 4.25). Yine de, bu elementler aynı jeokimyasal davranış gösterdiği ve Balaya boksit yataklarındaki boksitleşme süreçleri sırasında duraylı oldukları görülmüştür.



Şekil 4.23. Balaya platosunun boksitinde iz element konsantrasyonu



Şekil 4.24. Balaya platosu örneklerinin üst kıtasal kabağa (ÜKK) göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (ÜKK değerleri Taylor and McLennan 1981'dan alınmıştır)



Şekil 4.25. Hem Balaya hem de Debele platolarının örnekleri için a) Zr ve Ta; b) Zr ve Nb; c) Hf ve Zr; d) Nb ve Ta arasındaki korelasyonları gösteren Harker diyagramları

4.3.3. Nadir toprak elementleri (REE)

Debele platosu

Σ REE, Σ LREE, Σ LREE/ Σ HREE, ve Σ HREE değerleri ve bunların Debele platosu örnekleri için tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4.4 ve 4.5'te verilmiştir. Σ REE

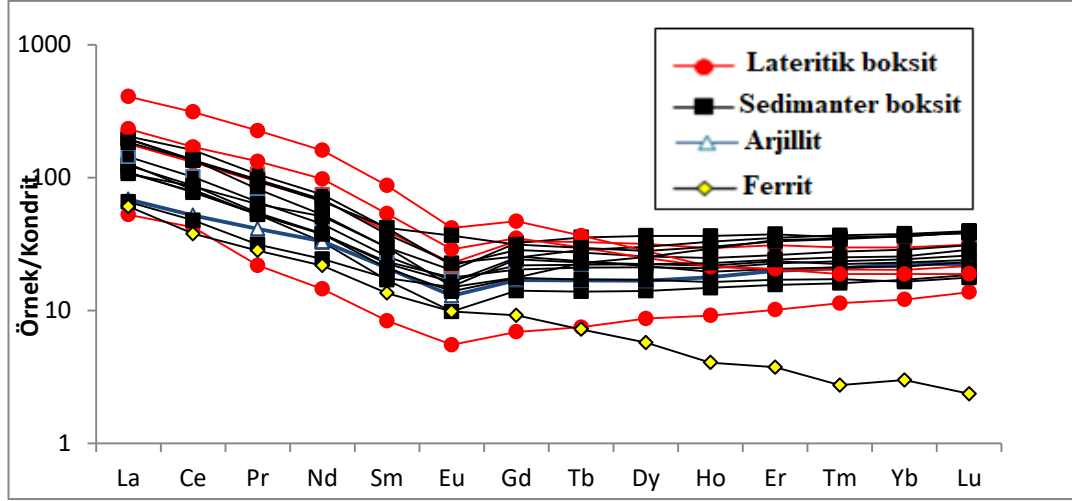
57.79 ile 427.83 ppm, Σ LREE 48.98 ile 400.49 ppm ve Σ HREE ise 8.81 ile 33.58 ve Σ LREE (La-Sm)/ Σ HREE (Gd-Lu) de 2.35 ile 14.56 arasında değerler almaktadır. Σ LREE (La-Sm)/ Σ HREE oranı, Debele boksitlerinin HREE'ye göre LREE açısından daha zengin olduğunu ve bu da Debele boksitlerinin kondirite göre normalize edilmiş REE desenlerinde görülmektedir (Şekil 4.26). Ayrıca, bu oranlar boksit içeriğindeki REE'lerin oldukça değişken olduğunu göstermiştir. Altere arjillit örneği olan D-9 şu değerlere sahiptir: Σ REE 89.18 ppm, Σ LREE 71.57, Σ HREE 17.61 ppm ve Σ LREE (La-Sm)/ Σ HREE (Gd-Lu) 4.02 ppm. Kaolinit örneği D-5 ve ferrit örneği SR-4'ün Σ REE, Σ LREE, Σ HREE, LREE (La-Sm)/ Σ HREE (Gd-Lu) değerleri sırasıyla; 121.59, 58.24; 100.93, 53.13; 20.66; 5.11 ve 4.84, 10.29 ppm'dir. Ferrit örneği, kaolinit ve arjillite göre en yüksek Σ LREE (La-Sm)/ Σ HREE (Gd-Lu) oranı (10.29) göstermiştir.

Debele platosu boksit, arjillit, kaolinit ve ferrit örneklerinin kondirite göre normalize edilmiş REE desenleri, LREE'de zenginleşme izleri gösterirken HREE ise daha düz ve ayrıca Eu anomalileri gözlenmektedir (Şekil 4.26). Fakat, ferrit örneklerinin REE desenleri, HREE izleri açısından diğerlerine göre farklılık göstermektedir. Bu örnekler azalan HREE deseni sunmaktadır.

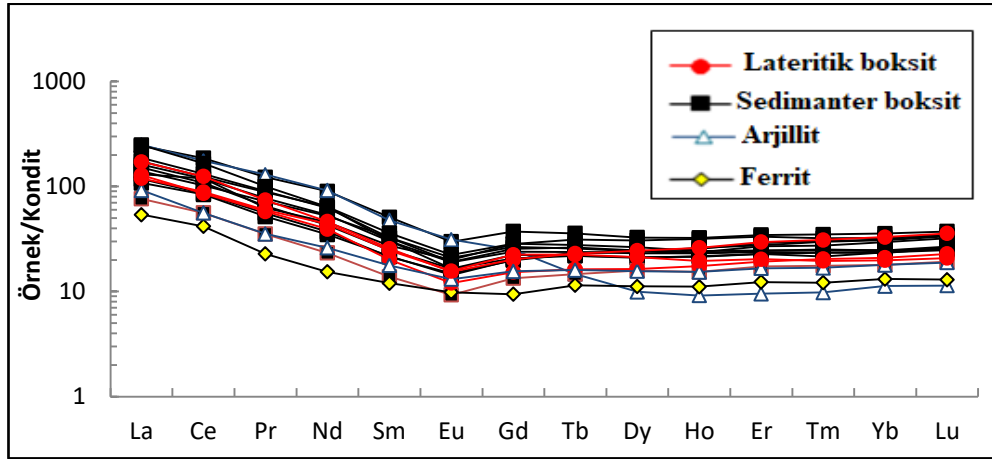
Balaya platosu

Σ REE, Σ LREE, Σ LREE/ Σ HREE ve Σ HREE değerleri ve bunların Balaya platosu örnekleri için tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4.4 ve 4.5'te verilmiştir. Σ REE değerleri 84.38 ile 268.08 ppm, Σ LREE değerleri 69.31 ile 235.30 ppm, Σ HREE değerleri 15.07 ile 32.78 ppm ve Σ LREE (La-Sm)/ Σ HREE (Gd-Lu) ise 4.18 ile 9.68 ppm arasında değişmektedir. Σ LREE (La-Sm)/ Σ HREE (Gd-Lu) oranı, Balaya boksitlerinin HREE'ye göre LREE açısından daha zengin olduğunu göstermekte ve yine de Balaya boksitlerinin kondirite göre normalize edilmiş REE desenlerinde görülmektedir (Şekil 4.26). Altere arjillit örnekleri BS-4 ve BE-11 sırasıyla şu değerleri vermiştir: Σ REE 243.8-90.62 ppm, Σ LREE 231.04-75.25 ppm, Σ HREE 12.76-15.37 ppm ve Σ LREE (La-Sm)/ Σ HREE (Gd-Lu) 17.96 -4.85 ppm. Ferrit örneği BNR-7'nin Σ REE, Σ LREE, Σ HREE ve LREE (La-Sm)/ Σ HREE (Gd-Lu) değerleri ise sırasıyla 60.95; 50.18; 10.77 ve 4.61 ppm şeklindedir.

Balaya Platosu boksit, arjillit, kaolinit ve ferritlerin kondirite göre normalize edilmiş REE desenleri LREE'de benzer şekilde zenginleşme izleri taşımaktayken HREE'de daha düz ve Eu anomalileri gözlenmektedir (Şekil 4.27).



Şekil 4.26. Debele platosundaki örneklerin kondirite göre normalize edilmiş Nadir Toprak Element diyagramı (normalleştirilme değerleri Sun ve Mc Donough 1989'dan alınmıştır)



Şekil 4.27. Balaya platosundaki örneklerin kondirite göre normalize edilmiş Nadir Toprak Element diyagramı (normalleştirilme değerleri Sun ve Mc Donough 1989'dan alınmıştır)

Çizelge 4.4. Çalışma alanındaki boksit örneklerinin Σ LREE, Σ HREE, Σ LREE / Σ HREE ve Σ REE'si

Debele platosu									
Örnek	D-1	D-3	D-5	D-8	D-9	D-10	D-12	D-14	D-17
Σ LREE	103.21	170.64	100.93	168.43	71.57	109.86	128.23	199.82	400.49
Σ HREE	14.2	29.6	20.66	33.58	17.61	29.93	21.22	25.55	27.34
Σ LREE/ Σ HREE	7.23	5.72	4.84	4.98	4.02	3.64	6.00	7.77	14.56
Σ REE	117.41	200.24	121.59	202.01	89.18	139.79	149.45	225.37	427.83
Debele platosu									
Örnek	D-19	D-21	D-23	D-24	D-25	S-1	S-3	SR-4	
Σ LREE	48.98	177.64	100.12	227.79	113.66	175.19	62.84		53.13
Σ HREE	8.81	20.93	16.03	23.4	22.58	29.95	26.32		5.11
Σ LREE/ Σ HREE	5.52	8.42	6.20	9.66	4.99	5.78	2.35		10.29
Σ REE	57.79	198.57	116.15	251.19	136.24	205.14	89.16		58.24
Balaya platosu									
Örnek	BS-1	BS-2	BS-3	BS-4	BS-5	BN-1	BN-3	BN-4	BN-5
Σ LREE	235.3	133.2	149.07	231.04	205.43	107.33	102.36	69.31	133.67
Σ HREE	32.78	20.61	22.54	12.76	21.13	23.91	24.31	15.07	23.02
Σ LREE/ Σ HREE	7.13	6.42	6.56	17.96	9.68	4.45	4.18	4.56	5.75
Σ REE	268.08	153.81	171.61	243.8	226.56	131.24	126.67	84.38	156.69
Balaya platosu									
Örnek	BNR-7	BN-8	BE-1	BE-2	BE-4	BE-7	BE-11	BE-12	
Σ LREE	50.18	169.17	162.03	137	150.87	110.89	75.25		113.64
Σ HREE	10.77	24.87	24.55	29.35	24.96	16.78	15.37		19.76
Σ LREE/ Σ HREE	4.61	6.76	6.55	4.63	6.01	6.57	4.85		5.70
Σ REE	60.95	194.04	186.58	166.35	175.83	127.67	90.62		133.4

Σ REE = Σ LREE (La–Lu), Σ LREE = Σ LREE (La–Eu), Σ HREE = Σ LREE (Gd–Lu) and Σ LREE/ Σ HREE = Σ LREE(La–Sm)/ Σ LREE(Gd–Lu)

Çizelge 4.5. Çalışma alanındaki boksit örneklerinin Σ LREE, Σ HREE, Σ LREE / Σ HREE ve Σ REE'sini tanımlayan istatistik.

	Debele Platosu				Balaya Platosu			
	Σ LREE	Σ HREE	Σ LREE/ Σ HREE	Σ REE	Σ LREE	Σ HREE	Σ LREE/ Σ HREE	Σ REE
N	14	14	14	14	14	14	14	14
Ortalama	156.21	23.53	6.63	179.74	141.38	23.12	6.07	164.49
Mod	48.98 ^a	8.81 ^a	2.35 ^a	57.79 ^a	69.31 ^a	15.07 ^a	4.18 ^a	84.38 ^a
Standart Sapma	87.17	6.90	2.95	90.33	42.96	4.55	1.42	46.06
Minimum	48.98	8.81	2.35	57.79	69.31	15.07	4.18	84.38
Maksimum	400.49	33.58	14.56	427.83	235.30	32.78	9.68	268.08
a. Birden çok mod var								

4.4. İstatistiksel Analizler

4.4.1. Debele platosu

Korelasyon analizi

Bu çalışmada, korelasyon katsayısı $r > 0.6$ iki element arasında güçlü ve pozitif bir korelasyonu, 0.4 ile 0.6 arasındaki r değeri orta ve pozitif bir korelasyonu ve $r < 0.4$ değeri ise zayıf ve pozitif bir korelasyonu göstermektedir. Bu tanımlama ayrıca negatif değerler için de geçerlidir.

Debele platosu boksit örneklerinden 58 değişkeni temsil eden kimyasal elementler arasındaki korelasyon matrisi EK-4'te verilmiştir. Debele platosu boksit örnekleri oksitleri ve elementleri arasındaki korelasyon değerleri oldukça değişkendir. Al_2O_3 ve Fe_2O_3 oldukça fazla güçlü negative korelasyon ($r = -0.975$) göstermiştir. Al_2O_3 ve SiO_2 zayıf negative bir korelasyon göstermektedir. Alkali metaller olan K_2O ve Rb , SiO_2 ile yüksek pozitif korelasyon ve Al_2O_3 ile negative korelasyon göstermiştir. K_2O ve Rb kendi aralarında yüksek pozitif korelasyon ve As , Au ve Ag ile de orta pozitif korelasyon göstermektedir. Toprak alkalın metalleri (Ca , Mg , Ba , Be ve Sr) diğer elementler ile aynı korelasyon değerleri göstermemektedir. Buna rağmen, MgO oksidi, MnO , Cr , Co , CU ve Ni ile yüksek pozitif korelasyon fakat tüm REE ve Y ile negative korelasyon göstermektedir. Ba elementi, Sr ve LREE ile yüksek pozitif bir korelasyon göstermektedir. Benzer şekilde, Sr de LREE ile yüksek ve pozitif korelasyon göstermektedir. HFS elementleri (Hf , Zr , Nb ve Ta), Al_2O_3 ile orta-düşük pozitif korelasyon ve TiO_2 , Y , W , U , Sn ve HREE ($Tb-Lu$) ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir. Bu ilişkiler, arışma sırasında bu elementlerin benzer davranış sergilediğini ortaya çıkarmaktadır. REE elementleri kendi aralarında farklı korelasyon dereceleri göstermektedir. LREE ($La-Gd$) kendi aralarında ve alkali elementler olan Sr ve Ba ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir. HREE ise kendi aralarında ve Hf , Nb , Sn , Ta , Zr , U , W , Y ve Al_2O_3 ile güçlü pozitif korelasyon ve Ga ile de orta pozitif korelasyon göstermektedir. Mo , Cu , Pb , Zn , Ni , As , Sb , Bi , Ag , Au ve Hg gibi diğer elementler Fe_2O_3 ile orta-güçlü pozitif korelasyon göstermektedir.

Küme analizleri

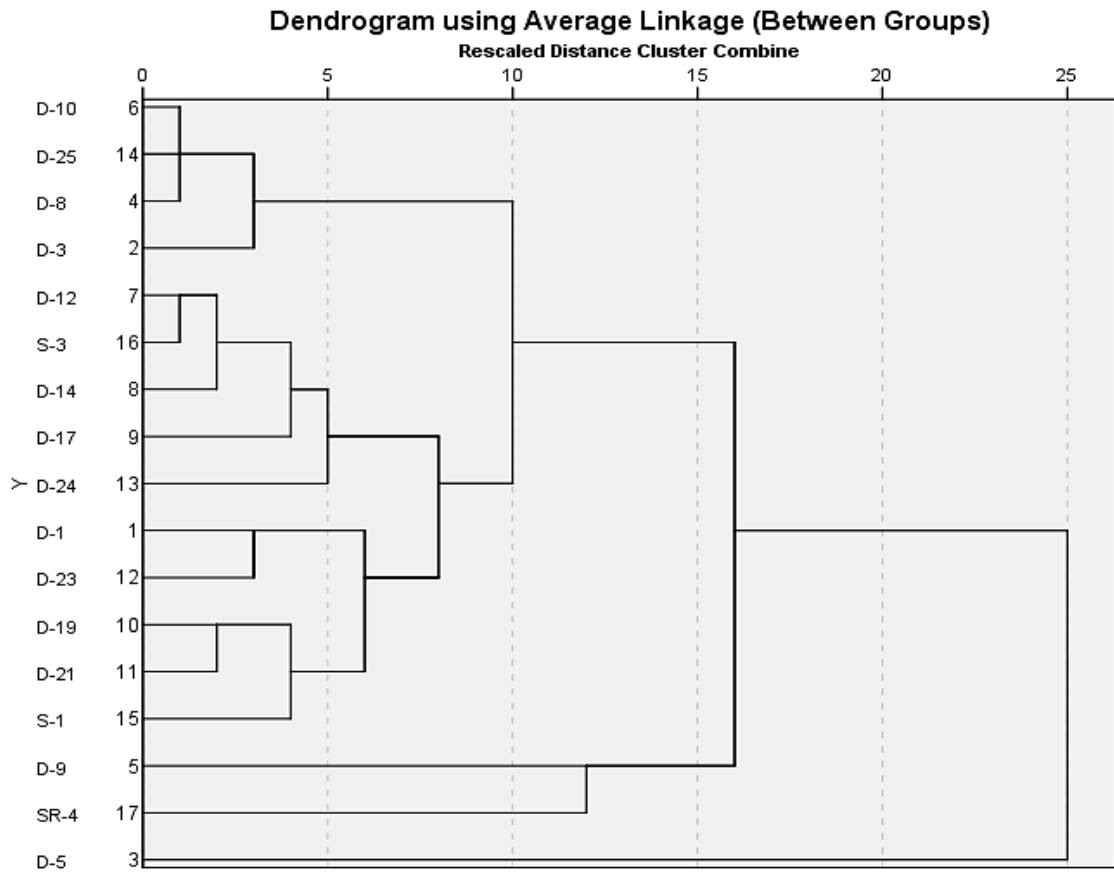
Küme analizleri, gruplar arası bağlantı "öklides" uzaklığına dayalı gruplar arası bağ metodu (Between-groups linkag method based on Euclidean distance) aracılığıyla SPSS 21 adlı sotware kullanılarak yapılmıştır. İlk küme analizleri Debele Platosu'ndan alınan 17 adet arjillit (temel kayaç), ferrit, kaolinit ve boksit örneğinde yapılmış ve benzer örnekler küme denilen gruplara eklenmiştir. İkinci analiz ise Debele boksit örnekleri elementlerinde Pearson Korelasyonu'na dayanarak gruplar arası bağ (Between-groups linkage) metodu ile yapılmıştır. Kümeleme, Debele platosu'ndaki boksitleşme sırasında oluşan veya bazen aynı şekilde davranan kimyasal elementlerin jeokimyasal grupları (örneğin: birlikte hareket etmek) tanımlamak için yapılmıştır.

Kümeleme, benzer jeokimyasal karakterli boksit örnekleri aynı grupta toplamak için yapılmıştır. Boksit örnekleri küme analizi sonuçları Şekil 4.28’de ve kimyasal elementleri de Şekil 4.28’de dendrogram olarak verilmiştir.

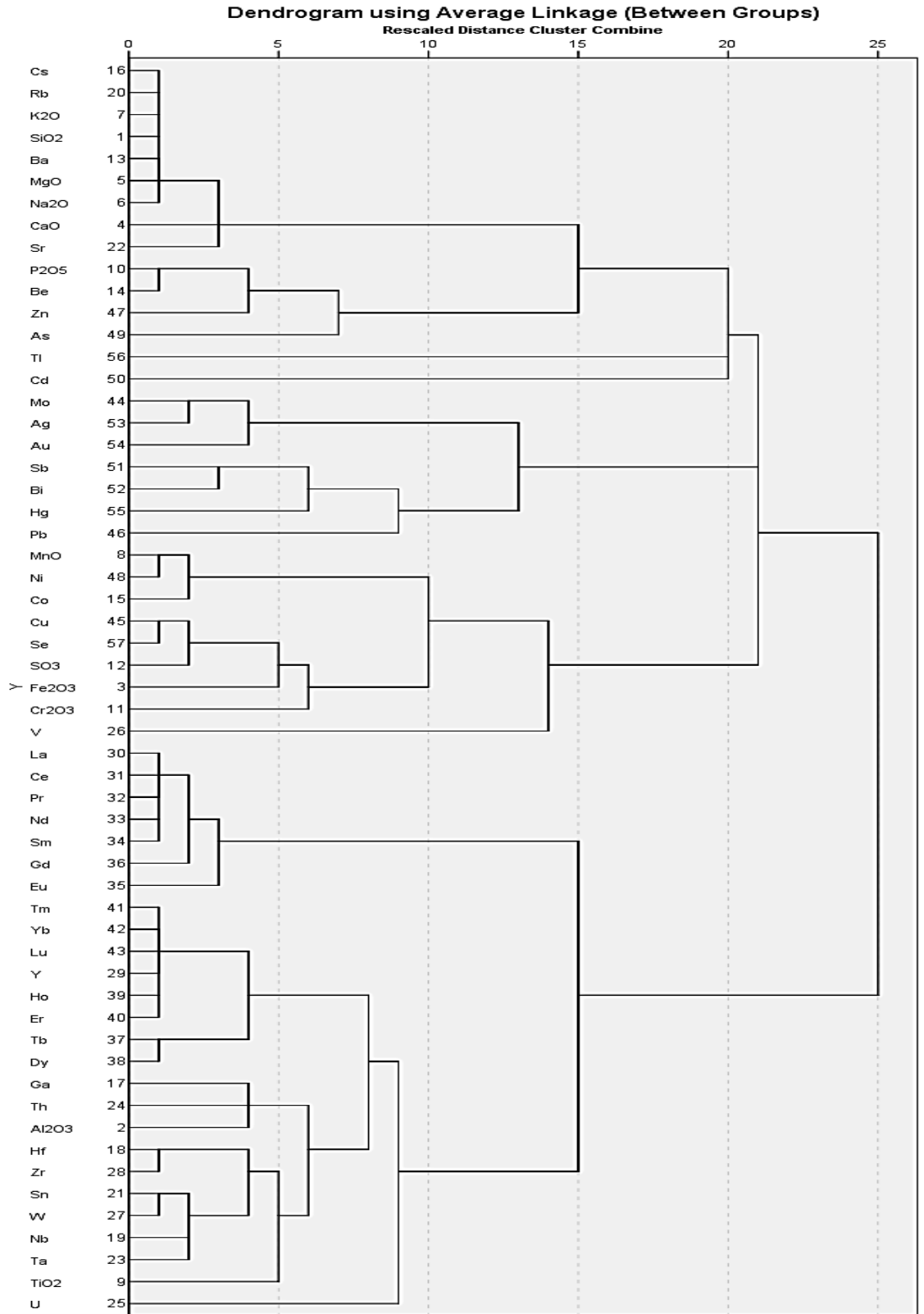
Debele’den alınan 17 adet boksit, arjillit, ferrit ve kaolinit örneklerinin hiyerarşik küme analizleri dendrogramı (Şekil 4.28), 6 adet örnek grubunun en yakın ilişkide (kümeler) olduğunu göstermiştir. Aynı kümeye ait olan örnekler, benzer jeolojik, jeokimyasal ve mineralojik karakteristikler gösterdiği öne sürülmektedir. **Küme 1** en düşük bağlantı mesafesi göstermekte ve Paleojen erozyon yüzeyindeki elüvyal ayrışma kabuğundan (D-3 hariç) alınan boksitleri temsil eden D-10, D-25, D-8 ve D-3’ü içermektedir. **Küme 2**, karmaşık boksit örnekleri olan D-12, S-3, d-14, D-17 ve D-24’ü kapsamaktadır. D-12, S-3 ve D-14 Neojen erozyon yüzeylerindeki delüviyal sedimanter boksitlerden gelmekte fakat, D-17 ve D-24 Paleojen erozyon yüzeyindeki elüvyal ayrışma kabuklarından gelmektedir. Boksit örneği D-1 ve D-23 **küme 3**’ü oluşturmakta ve Neojen erozyon yüzeylerindeki delüviyal sedimanter boksitleri temsil etmektedir. **Küme 4**, Neojen erozyon yüzeylerindeki delüviyal sedimanter boksitler (D-21 ve S-1) ve Paleojen erozyon yüzeylerindeki elüvyal ayrışma kabuklarındaki (D-19) boksitlerden oluşmaktadır. **Küme 5**, sırasıyla arjillit ve ferritten oluşan, temel kayaç karmaşığını temsil eden D-9 ve SR-4’ten oluşmaktadır. **Küme 6**, yalnızca D-5’i kapsamakta ve bu da kaolinit kümesini temsil etmektedir.

Debele’den alınan 57 boksit, arjillit, ferrit ve kaolinit kimyasal elementleri için hazırlanan hiyerarşik küme analiz dendrogramı (Şekil 4.29) 10 adet küme oluşturmaktadır. Aynı kümedeki elementlerin, boksitleşme süreçleri sırasında benzer şekilde davranış sergileyeceği düşünülmektedir: kimyasal yıkanma, konsantrasyon, göç vb. **Küme 1** elementleri, düşük bağ mesafesi (veya en yakın ilişki) göstermekte ve Cs, Rb, K₂O, SiO₂, Ba, MgO, Na₂O ve Sr’yi içermektedir. Na, K, Rb ve Cs elementleri alkali metaller ve Mg, Sr ve Ba elementleri toprak alkalın elementleridir. Tüm bu elementler, Si (ametal) de dahil, Goldschmidt’in jeokimyasal elementlerin sınıflamasına göre litofil olarak ortaya çıkmakta, ve genelde ayrışma sırasında hareket yapıldığı düşünülmektedir. Dolayısıyla, **Küme 1** hareketli küme olarak sınıflandırılabilir. **Küme 2**, toprak alkalın metalleri (CaO ve Be), ametaller (P₂O₅ ve As) ve fakir metal olan Zn’yi kapsamaktadır. Goldschmidt’in sınıflandırmasına göre; Ca, P ve Be litofil, As ve Zn de kalkofildir. **Küme 3** ve **küme 4**, sırasıyla yalnızca bir adet fakir metal element olan Tl ve Cd ile temsil edilmektedir. Cd ve Tl kalkofil ve toksik elementlerdir. **Küme 5**, iki adet siderophile (Mo ve Au) ve bir adet kalkofil (Ag) içeren saf geçiş metalleri kümesidir. **Küme 6**, kalkofil-element kümesidir ve fakir metal olan Sb, Bi, Hg ve Pb elementlerini içermektedir. **Küme 7**, MnO, Ni, Co, Cu, Se, SO₃, Fe₂O₃, Cr₂O₃ ve V içermektedir. Kalkofil Se ve S hariç, diğer tüm elementler, Siderofil elementler (Mn, Ni, Co, Cu ve Fe) ve litofil elementlerin (Cr ve V) Goldschmidt sınıflamasına göre geçiş metalleri olarak farklı sınıflara koyulmuştur. Bu siderofil elementler, muhtemelen demir içeren minerallerinde, Cr ve V ise , Cr taşıyan minerallerde konsantre olmuştur. **Küme 8** ve **küme 9**, REE kümeleridir; **küme 8** için LREE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd ve Eu) ve

küme 9 için HREE (Tm, Yb, Lu, Y, Hb, Er, Tb ve Dy) ve Y. Goldschmidt'in sınıflamasına göre tüm bu elementler litofil elementlerdir. **Küme 10** ise, Ga, Th, Al₂O₃, Hf, Zr, Sn, W, Nb, Ta, TiO₂ ve U elementlerini içeren duraylı elementler kümesidir. Ta, Zr ve Nb HFSE (yüksek yüklü olan kalıcılığı yüksek elementler) elementleri, jeokimyasal Periyodik Tablosuna göre fakir metaller ve Goldschmidt'in sınıflamasına göre litofil elementleridir. **Küme 10**'daki elementlerin geri kalanıyla ilgili olarak (W ve U dışında) hepsi fakir metallerdir. Fakat, farklı Goldschmidt sınıflamasına ve jeokimyasal sınıflamalara sahiptirler. Ga, Th, Al, Ti ve U litofil elementlerken, Sn kalkofil ve W siderofildir. Bununla birlikte, **küme 10**'un tüm elementleri genellikle ayrışma sırasında duraylıdır. Böylece, **küme 10** duraylı kümesi olarak da sınıflandırılabilir.



Şekil 4.28. Öklid uzaklığına dayanan gruplar arası bağlantı yöntemik ullanılarak Debele platosundaki boksit, argillit ve ferrit 17 örneklerin için hiyerarşik küme analizinin dendrogramı



Şekil 4.29. Pearson korelasyonuna dayanan gruplar arası bağlantı yöntemik ullanılarak Debele platosundaki boksit, argillit ve ferrit örneklerin 54 kimyasal element için hiyerarşik küme analizinin dendrogramı

Faktör analizleri

Jeolojik araştırmaların değerlendirilmesinde önemli bir yere sahip olan faktör analizi, çok değişkenli modellerin bağımlı yapısını daha az gözlemleyen değişkenlerle araştıran bir dizi işlemdir (Davis 1986). Değişkenler arasındaki bağımlılığı koruyan nedenler faktör olarak kabul edilmekte ve ayrıca değişkenler üzerindeki etkileri de ayrı ayrı açıklanabilmektedir (Howarth 1993). Korelasyon analizi sonuçlarına göre (EK-4), Debele boksitlerinin bir çok elementin korelasyonu yapılmış ve bunun için faktör analizinin uygulanmasının uygun olduğu görölmüştür. Debele platosundan alınan boksitler, arjillit, ferrit ve kaolinitten örneklein 51 element faktör analizi, SPSS 21.0 programı aracılığıyla ana bileşen metodu (ABM/EN: PCA) kullanılarak yapılmış ve bu elementlerin etkilendiği faktörler belirlenmiştir. Özdeğerleri 1'den büyük olan önemli ana bileşenlerin sayısı Kaiser kriterine (Kaiser 1960; Davis 1986) göre seçilmiştir (Şekil 4.29). Analizden çıkarılan elementler ise Be, Cs, Cd, Tl, Se ve Ag'dir.

Debele boksitlerinin elementleri, toplam varyansın %79.89'unu açıklayan 4 temel faktörden etkilenmiştir (Çizelge 4.6). Faktör yüklemelerine (EN: loadings) uygulanan "güçlü", "orta" ve "zayıf" terimleri sırasıyla >500, 400-500 ve 0.01-400 mutlak yükleme değerlerini almaktadır.

Faktör 1 (Al₂O₃, Hf, Ta, Zr, Nb, Dy, Ho, Y, W, Sn, Er, Tm, Lu, Tb, Yb, Ga, Th, Gd, U ve TiO₂), toplam varyansın %39.60'ını (Çizelge 4.7). oluşturan ve en belirgin faktördür. W ve Sn hariç, bu faktörün diğer tüm elementleri litofil olduğu için, litofilin doğal birikimini temsil edilebilmektedir. Faktör 1, Al₂O₃, HFSE (Hf, Ta, Zr, Nb) ve HREE (Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), Y, W, Sn, Ga, ve Th) için güçlü pozitif yükleme, U ve Ti₂O için ise orta pozitif yüklemelere sahiptir. Üstelik, faktör 1 elementlerinin yaygın karakteri, ayrışma sırasında duraylı olmalarıdır.

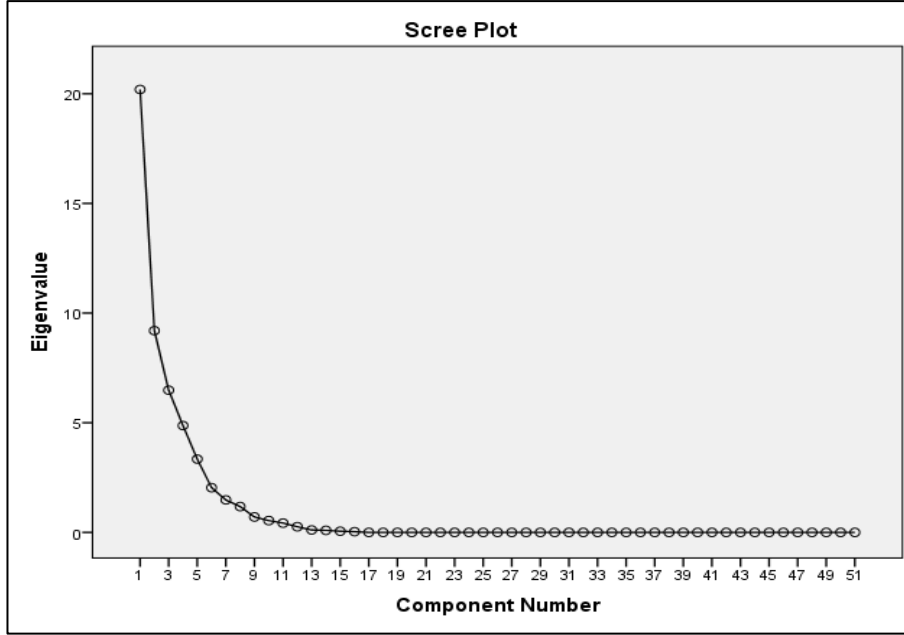
Faktör 2 (SiO₂, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, Ba, Sr, Rb ve P₂O₅) çoğunlukla, çözünürlükleri bakımından metamorfizma ve ayrışma sırasında oldukça duraysız olan alkali ve toprak alkalın **elementlerinden** (Mg, Na, Ca, K, Ba, Sr ve Rb) oluşmaktadır. Si ve P de dahil olmak üzere alkali ve alkalın toprak elementlerinin tümü, Goldschmidt'in sınıflamasına göre litofildir. Faktör, SiO₂, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, Ba, Sr ve Rb için güçlü pozitif yükleme ve P₂O₅ için zayıf pozitif yüklemeye sahiptir.

Faktör 3 (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Fe₂O₃, Cu ve SO₃): Bu faktör toplan varyansın %12.71'ini açıklamakta ve LREE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu) ile güçlü pozitif yüklemeye ve Fe₂O₃, Cu ve SO₃ için çok zayıf pozitif yüklemeye sahiptir. Faktör 3, LREE için faktör olarak sayılabilmektedir.

Faktör 4 (Sb, Bi, Mo, Hg, Pb, Au, As ve V) toplam varyansın %9.55'ini açıklamaktadır. Bu faktör, Sb, Bi, Mo ve Hg için güçlü pozitif yüklemelere; Pb, Au ve As için orta pozitif yüklemelere ve V için çok zayıf pozitif yüklemelere sahiptir.

Çizelge 4.6. Debele platosu örnekleri için açıklanmış toplam varyans değerleri

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Varian.	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
Factor1	20.19	39.60	39.60	20.19	39.60	39.60	17.10	33.53	33.5
Factor2	9.19	18.03	57.63	9.19	18.03	57.63	9.78	19.18	52.7
Factor3	6.48	12.71	70.34	6.48	12.71	70.34	8.60	16.86	69.60
Factor4	4.87	9.54	79.89	4.87	9.55	79.89	5.26	10.30	79.90
Factor5	3.34	6.55	86.45						
Factor6	2.03	3.99	90.44						
Factor7	1.48	2.90	93.35						
Factor8	1.17	2.30	95.65						
Factor9	0.70	1.38	97.03						
Factor10	0.53	1.05	98.09						

**Şekil 4.30.** Debele platosu örnekleri için öz değerler gösteren diyagramı.

Çizelge 4.7. Debele platosu örneklerin kimyasal elementlerinin bileşen matrisi

Element	Component				Communalities	
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Initial	Extraction
Dy	.894	.288	.075	-.010	1.000	.888
Ho	.888	.250	-.177	.086	1.000	.891
Y	.883	.205	-.244	.118	1.000	.895
W	.882	-.052	-.316	.007	1.000	.881
Sn	.869	.027	-.357	.127	1.000	.900
Ta	.868	-.226	-.256	-.106	1.000	.881
Al ₂ O ₃	.866	-.279	-.007	.057	1.000	.830
Er	.860	.247	-.266	.109	1.000	.884
Tm	.855	.251	-.320	.113	1.000	.908
Nb	.853	-.259	-.351	-.072	1.000	.924
Lu	.851	.236	-.360	.098	1.000	.919
Tb	.843	.303	.328	-.127	1.000	.926
Hf	.837	-.259	-.233	-.010	1.000	.822
Yb	.834	.254	-.351	.099	1.000	.893
Zr	.829	-.257	-.218	-.043	1.000	.803
Fe ₂ O ₃	-.818	-.129	.189	-.022	1.000	.722
Ga	.802	-.307	-.165	.073	1.000	.770
Th	.752	-.134	.028	.452	1.000	.788
Gd	.707	.281	.577	-.233	1.000	.966
Co	-.680	-.215	-.307	-.410	1.000	.770
Cu	-.677	-.316	.037	-.313	1.000	.657
Zn	-.667	.133	-.015	-.089	1.000	.471
SO ₃	-.621	-.441	.083	-.027	1.000	.588
Ni	-.592	-.489	-.218	-.443	1.000	.833
U	.574	-.120	-.332	.045	1.000	.456
TiO ₂	.544	-.422	-.500	-.347	1.000	.844
MnO	-.542	-.488	-.260	-.375	1.000	.740
As	-.513	.154	.210	.488	1.000	.569
P ₂ O ₅	-.403	.348	.109	.118	1.000	.309
Sr	-.138	.910	.055	-.138	1.000	.869
Ba	-.305	.910	-.209	-.021	1.000	.965
K ₂ O	-.353	.883	-.264	.010	1.000	.974
Rb	-.336	.882	-.270	.006	1.000	.964
SiO ₂	-.347	.870	-.272	-.009	1.000	.952
MgO	-.427	.830	-.285	-.053	1.000	.956
CaO	-.183	.791	-.270	-.011	1.000	.731
Na ₂ O	-.527	.790	-.247	-.075	1.000	.968
Cr ₂ O ₃	-.585	-.610	-.028	-.264	1.000	.785
V	-.251	-.479	.032	.180	1.000	.326
Nd	.453	.190	.786	-.348	1.000	.981
Pr	.471	.181	.785	-.330	1.000	.980
Sm	.475	.220	.758	-.360	1.000	.979
La	.527	.152	.756	-.287	1.000	.955
Ce	.525	.163	.741	-.327	1.000	.958
Eu	.565	.272	.606	-.302	1.000	.851
Sb	-.038	-.231	.393	.814	1.000	.872
Bi	.223	-.164	.255	.780	1.000	.750
Mo	-.208	-.110	.355	.688	1.000	.655
Hg	-.243	-.132	.261	.679	1.000	.606
Pb	-.104	.310	.321	.543	1.000	.506
Au	-.437	.048	.106	.479	1.000	.434

Extraction Method: Principal Component Analysis.
a. 4 components extracted.

4.4.2. Balaya platosu

Korelasyon analizi

Balaya platosundan alınan boksit örneklerin 58 kimyasal element ve oksitlerinin korelasyon analizleri EK-5'teki tabloda verilmiştir. Debele Platosu boksitlerine benzer olarak, Balaya Platosu korelasyon değerleri de oldukça değişkendir.

Al_2O_3 , Fe_2O_3 ile çok yüksek negatif korelasyon ($r = -0.920$) ve SiO_2 ile orta negatif korelasyon göstermiştir. Alkali elementler olan K, Cs ve Rb, SiO_2 ile yüksek pozitif korelasyon ve Al_2O_3 ile orta negatif korelasyon göstermiştir. K, Cs ve Rb, kendi aralarında orta-yüksek pozitif korelasyon, Cu ile de çok yüksek pozitif korelasyon vermektedir. Toprak alkalın metalleri (Ca, Mg, Ba, Be ve Sr) kendi aralarında aynı şekilde korelasyon göstermemektedir. Fakat, SiO_2 ile orta pozitif korelasyon ve Al_2O_3 ile orta negatif korelasyon göstermektedir. Alkali elementler ve alkali toprak elementleri kendi aralarında farklı seviyelerde korelasyon göstermekte; Cs, Mg ile mutlaka pozitif korelasyon ($r=1000$) gösterirken Cs, CaO ile ise zayıf negatif korelasyon göstermektedir. HFS (Hf, Zr, Nb ve Ta) elementleri Al_2O_3 , U, Th ve Ga ile zayıf-orta pozitif korelasyon göstermekte; SiO_2 ile zayıf pozitif-zayıf negatif korelasyon göstermekte; kendi aralarında ve TiO_2 , Y, W, Sn ve HREE (Tb-Lu) ile güçlü korelasyon ilişkisi göstermektedir. Bu ilişkiler, ayrışama sırasında bu elementlerin aynı davranışlarına işaret etmektedir. REE elementleri kendi aralarında değişik seviyelerde korelasyon ilişkisi göstermektedir. LREE (La-Gd) kendi aralarında güçlü ilişki ve alkali toprak elementlerinden Sr ve Ba ile orta-güçlü ilişki göstermektedir. HREE de kendi aralarında ve Hf, Nb, Sn, Ta, Zr, U, Ga, W, Y ve TiO_2 ile güçlü ilişki gösterirken Al_2O_3 ile zayıf pozitif korelasyon ve Th elementiyle orta korelasyon ilişkisi göstermektedir. Mo, Cu, Pb, As, Sb ve Bi şeklindeki diğer elementler Fe_2O_3 ile orta-güçlü korelasyon göstermektedir.

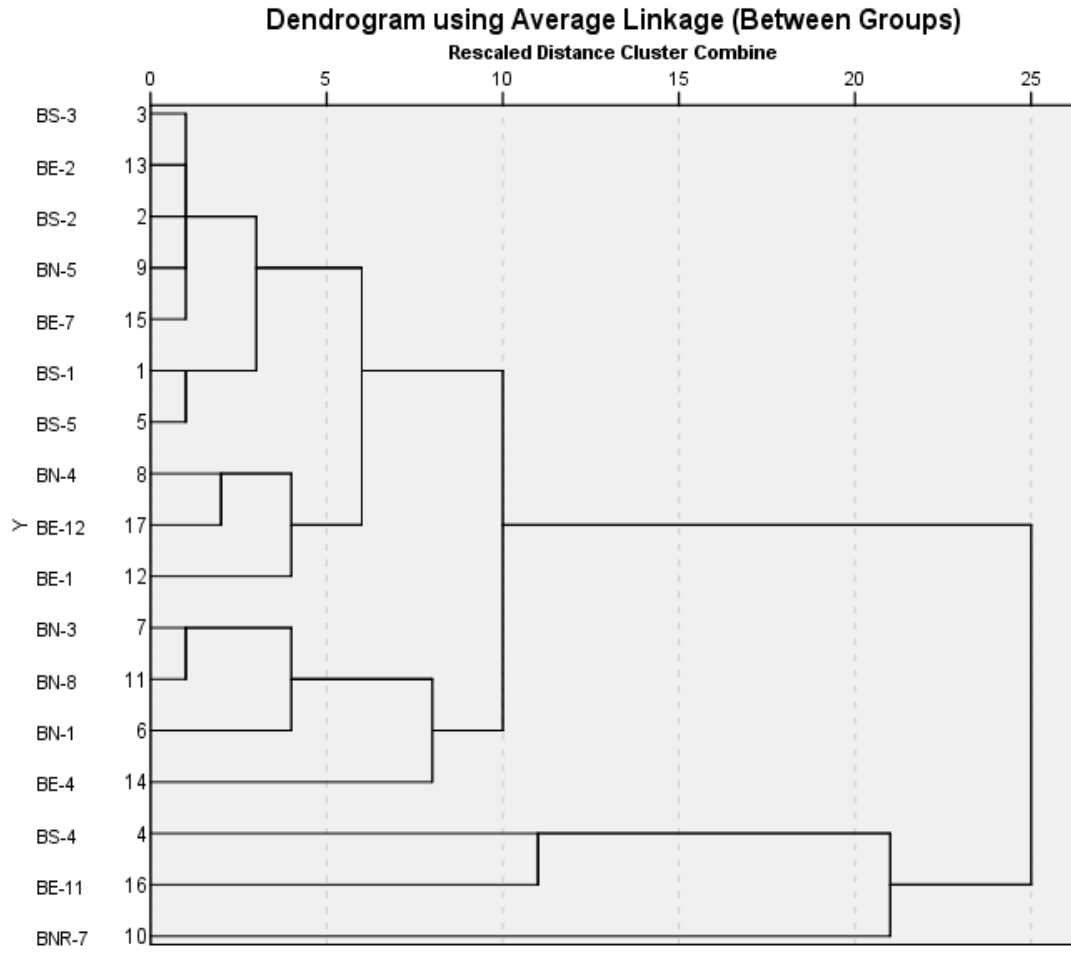
Küme analizleri

Debele Platosu örneklerindeki durum gibi, farklı örnekler arasında ve Balaya platosu boksit örneklerinin kimyasal elementleri arasında küme analizleri prosedürleri burada da gerçekleştirilmiştir. Farklı örneklerin küme analizi sonuçları Şekil 4.31'deki dendrogramda ve kimyasal elementlerin sonuçları ise Şekil 4.31'deki dendrogramda verilmiştir.

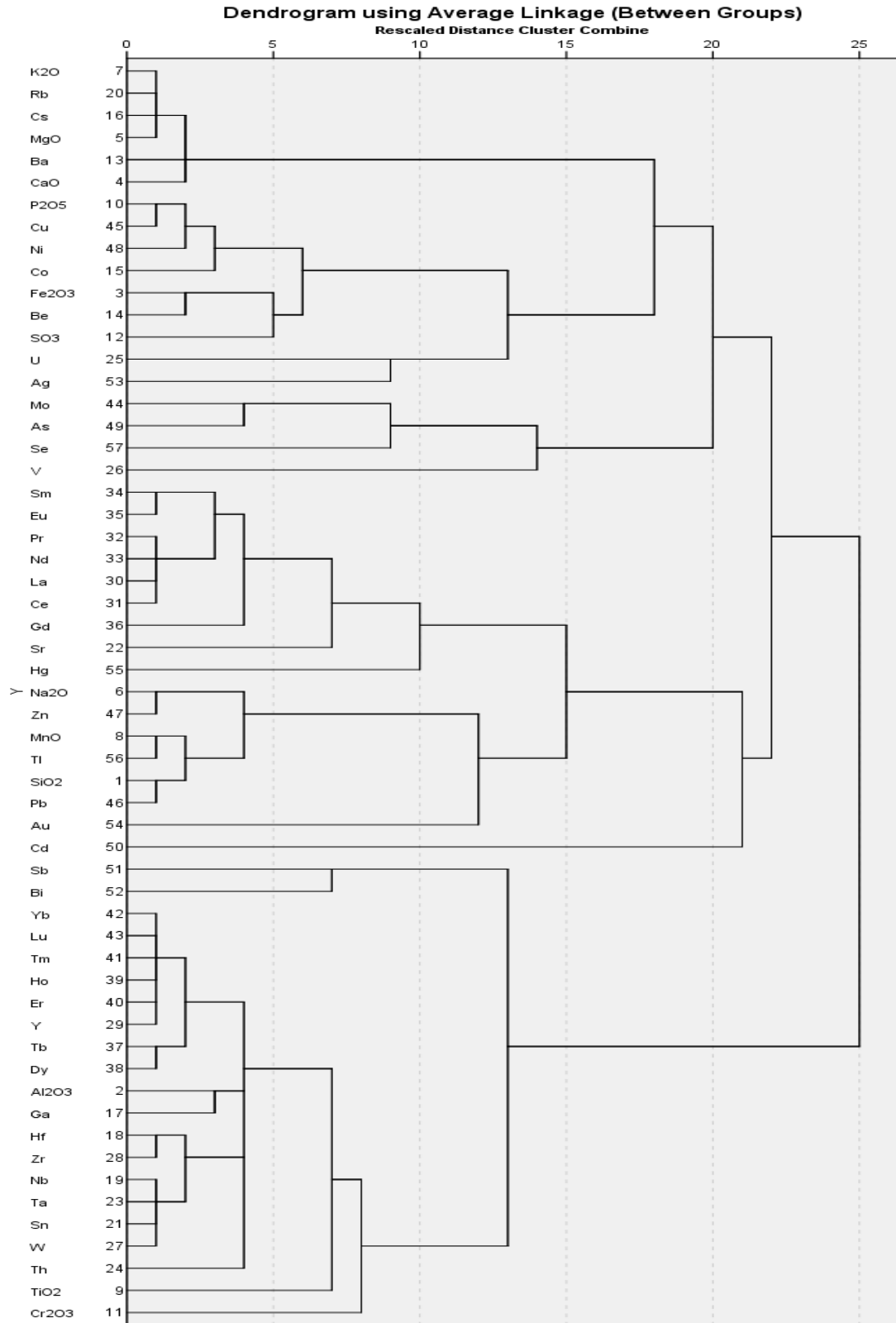
Balaya platosu'ndan alınan 17 adet boksit, arjillit ve ferrit örneğinin küme analizleri beş küme oluşturmuş ve bunlar birbirinden farklı yüksek bağımsızlık göstermektedir (Şekil 4.31). Platonun farklı kısımlarından alınan BS-3, BE-2, BS-2, BN5 ve BE-7 isimli boksit örneğini içeren **küme 1**, en düşük bağlantı mesafesi göstermiştir. Elüvyal kabuklarından alınan (BE-7 örneği hariç) , BS-3 ve BS-2 boksit örnekleri platonun güney kısımlarından, yeniden işlenmiş boksitlerden alınmıştır. BE-2 ve BE-7 örnekleri kuzeydoğu kısımlarından ve BN-5 örneği de kuzey kısımlarından

alınmıştır. Platonun güneyinden alınan örneklerin dahil olduğu BS-1 ve BS-5 boksit örneklerini kapsayan **küme 2'** de düşük bağlantı mesafesi göstermiştir. **Küme 3**, platonun farklı kesilerinden, delüvial boksit yataklarından alınan BN-4, BE-12 ve BE-1'i kapsamaktadır. Elüvyal boksit olan BE-12 örneği dışında alınan tüm örnekler, yeniden işlenmiş boksit örnekleridir. **Küme 4**, platonun kuzey kısımlarından, delüviyal boksit yataklarından (Neojen erozyon yüzeyi) alınmış boksit örnekleri olan BN-3, BN-8, BN-1 ve BE-4'ü kapsamaktadır. **Küme 5**, ferrit ve altere arjillit örnekleri olan BS-4, BE-11 ve BNR-7 örneklerini içermekte ve en geniş bağlantı mesafesini göstermektedir.

Balaya platosu örneklerin 56 kimyasal elementleri için yapılan küme analizleri dendogramı Şekil 4.31'de verilmiştir. Bu analizler, farklı bağlantı mesafeleri sergileyen oniki adet küme oluşturmuştur. **Küme 1**, Goldschmidt'in jeokimyasal element sınıflamasına göre litofil olan alkali ve toprak alkalın elementlerinden (K_2O , Rb, Cs, MgO, Ba, CaO) oluşmakta ve en düşük bağlantı mesafesi sergilemektedir. Ayrıca **Küme 1**'de bulunan elementler ayrışma süreçlerinde genellikle duraysız olduğu için bu küme duraysız kümesi olarak isimlendirilebilir. **Küme 2**, siderofil olan P_2O_5 , Cu, Ni, Co, Fe_2O_3 , Be, SO_3 . Fe, Co, Ni ve Cu, litofil olan P ve Be ve kalkofil olan S'yi kapsamaktadır. **Küme 3**, yalnızca litofil olan U ve kalkofil olan Ag'yi içermektedir. **Küme 4 ve Küme 11**, REE kümesi olarak temsil edilmektedir; **Küme 4** için HEE (Sm, Eu, Pr, Nd, La, Ce, Gd) ve Küme 11 için LREE (Yb, Lu, Tm, Ho, Er, Tb, Dy) ve Y. **Küme 5** (Sr), 6 (Hg), 8 (Au) ve 9 (Cd) herhangi bir özel mineralin ima edilmesi durumunda bağımsız karakter gösteren yalnızca birer element içermektedir. 6 element (Na_2O , Zn, MnO, Tl, SiO_2 , Pb) içeren **Küme 7**, üç litofil element (Na, Mn, Si) ve üç kalkofil elementinden (Zn, Tl, Pb) oluşan karışık kümedir. **Küme 10**, Sb ve Bi'den oluşan saf kalkofil kümesidir. **Küme 12**'ye ait olan Al_2O_3 , Ga, Hf, Zr, Nb, Ta, Sn, W, Th, TiO_2 ve Cr_2O_3 'ün elementleri, aynı Debele Platosu'ndaki gibi, ayrışma sırasında duraylı olduğu düşünülmektedir. Böylece, bunlar boksitin içerisinde konsantre de bulunabilmektedir. Jeokimyasal. **Küme 12**'nin elementlerinin yaygın gözlenen karakteri ise ayrışma süreçleri sırasında duraylı olmasıdır.



Şekil 4.31. Öklid uzaklığına dayanan gruplar arası bağlantı yöntemik ullanılarak Balaya platosundaki boksit, argillit ve ferrit 17 örnekleri için hiyerarşik küme analizinin dendrogramı



Şekil 4.32. Pearson Korelasyonuna dayanan gruplar arası bağlantı yöntemik ullanılarak Balaya platosundaki boksit, argillit ve ferrit örneklerin 56 kimyasal element için hiyerarşik küme analizinin dendrogramı

Faktör analizleri

Pearson korelasyon katsayısı önceden hesaplanmış (EK-5) ve faktör analizi uygulanabileceğini göstermiştir. Faktör analizden çıkarılan elementler Be, Cs, Cd, Tl, Se ve Ag'dir. Faktör analizi, SPSS 21 programıyla ana bileşen çözeltisi kullanılarak yapılmış; dokuz faktörlü element birikimi modeli Çizelge 4.9'da ve özdeğerleri de Şekil 4.33'de verilmiştir. Her faktör için oluşan toplam varyansı içeren varyansın açıklaması Çizelge 4.8'de verilmiştir. Dokuz faktörlü model toplam varyansın %96.15'ini açıklamıştır.

Faktör 1 (Al₂O₃, Hf, Ta, Zr, Nb, Cr₂O₃, Sn, Y, W, Ga, Tm, Lu, Er, Yb, Ho, Dy, Th, Bi, Tb, TiO₂ ve V) toplam varyansın %45.30'unu (Çizelge 4.8) açıklamıştır. Debele platosundaki faktör 1 gibi, bu faktör, Sn, Bi ve W dışında, litofillerin doğal birleşimini temsil etmektedir. Faktör 1, Al₂O₃, HFSE (Hf, Ta, Zr, Nb), HREE (Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), Y, W, Sn, Ga, Th, TiO₂ ve Cr₂O₃ için güçlü pozitif yüklemeler ve V için çok zayıf pozitif yüklemeler göstermiştir. Bu elementler, genellikle ayrışma sırasındaki duraysızlığı temsil etmektedir.

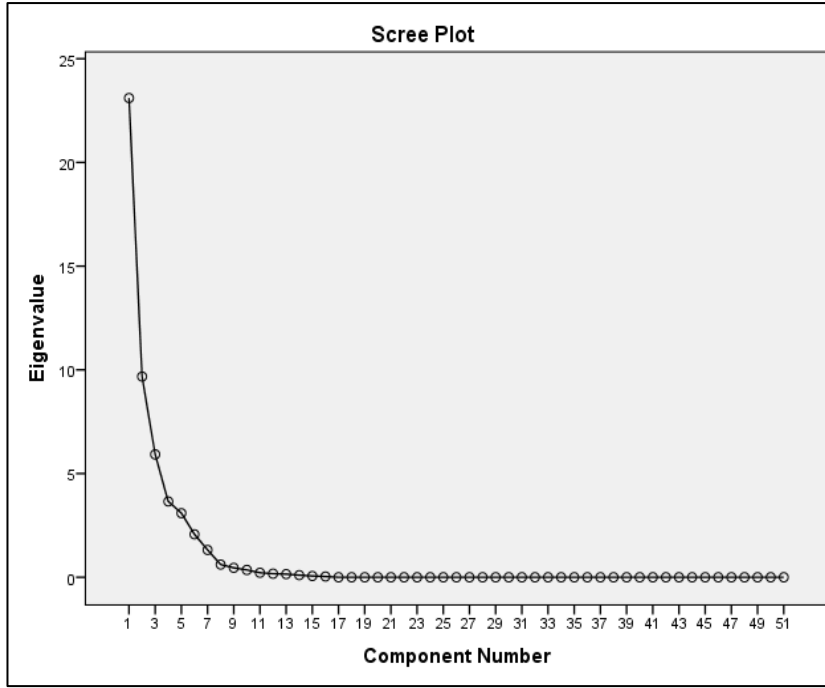
Faktör 2 (SiO₂, MnO, Na₂O, Sr, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Pb, Hg, Au ve Zn) alkali ve toprak alkalın **elementleri** (Na, Sr), LREE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd), kalkofil elementler (Pb, Hg, Zn) Si, Mn ve Au'dan oluşmaktadır. LREE, SiO₂, MnO, Pb ve Sr için güçlü pozitif yüklemeler, Hg ve Na₂O için orta pozitif yüklemeler ve Zn ve Au için zayıf pozitif yüklemeler göstermekte ve toplam varyansın %18.97'ini açıklamaktadır.

Faktör 3 (MgO, CaO, K₂O, Ba, Rb, Sb, Mo ve As) toplam varyansın %11.61'ini açıklamaktadır ve **çoğunlukla** alkali ve toprak alkalın elementleri (MgO, CaO, K₂O, Ba, Rb), Sb, Mo ve As'den oluşmaktadır. Üstelik, alkali ve toprak alkalın elementleri ayrışma sırasında duraysız oldukları için bu faktör de duraysız faktör olarak değerlendirilebilir. MgO, CaO, K₂O, Ba, Rb ve Sb için güçlü pozitif yüklemeler ve Mo ve As için orta pozitif yüklemeler göstermektedir.

Faktör 4 (Fe₂O₃, P₂O₅, Ni, Co, SO₃, Cu ve U) toplam varyansın %7.16'sını açıklamakta; U ile güçlü pozitif yüklemeler, SO₃ ve CO ile orta pozitif yüklemeler ve Fe₂O₃, P₂O₅ ve Ni için zayıf pozitif yüklemeler göstermektedir.

Çizelge 4.8. Balaya platosu örnekleri için açıklanmış toplam varyans değerleri

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
Factor 1	23.10	45.30	45.30	23.10	45.30	45.30	20.51	40.23	40.23
Factor 2	9.67	18.97	64.27	9.67	18.97	64.27	9.68	18.99	59.22
Factor 3	5.92	11.61	75.89	5.92	11.61	75.89	6.89	13.52	72.74
Factor 4	3.65	7.16	83.05	3.65	7.17	83.05	5.25	10.31	83.05
Factor 5	3.09	6.05	89.11						
Factor 6	2.06	4.05	93.17						
Factor 7	1.31	2.58	95.75						
Factor 8	0.61	1.20	96.96						

**Şekil 4.33.** Balaya platosu örnekleri için öz değerler gösteren diayagramı.

Çizelge 4.9. Balaya platosu örneklerin kimyasal elementlerinin bileşen matrisi

Element	Component				Communalities	
	Factör1	Factör 2	Factör 3	Factör 4	Initial	Extraction
Sn	.956	-.003	.022	.089	1.000	.923
Ta	.942	-.073	-.021	.090	1.000	.902
Y	.937	.047	.131	.254	1.000	.961
W	.935	-.066	.068	.096	1.000	.893
Ga	.934	-.137	.018	-.099	1.000	.901
Tm	.932	-.030	.059	.332	1.000	.983
Nb	.928	-.135	-.084	.167	1.000	.915
Lu	.928	-.035	.051	.330	1.000	.973
Er	.926	-.021	.074	.328	1.000	.971
Al2O3	.926	-.116	-.007	-.300	1.000	.960
Yb	.919	-.020	.051	.352	1.000	.972
Ho	.917	.018	.091	.318	1.000	.950
Dy	.894	.073	.136	.264	1.000	.894
Fe2O3	-.893	-.102	.115	.347	1.000	.941
Zn	-.878	.324	-.116	.245	1.000	.950
Th	.871	.017	.237	.011	1.000	.815
Hf	.861	-.158	-.084	.058	1.000	.776
Zr	.859	-.156	-.094	.082	1.000	.778
Na2O	-.829	.435	.029	.213	1.000	.922
Tb	.817	.279	.131	.262	1.000	.832
Cr2O3	.712	-.329	.129	-.346	1.000	.751
P2O5	-.695	-.167	-.539	.285	1.000	.881
TiO2	.691	-.337	-.415	.416	1.000	.936
Ni	-.690	-.096	-.544	.290	1.000	.865
Bi	.687	.087	.208	-.173	1.000	.552
Co	-.645	-.244	-.370	.471	1.000	.833
SO3	-.625	-.395	.206	.428	1.000	.773
Cu	-.563	-.410	-.506	.336	1.000	.853
Nd	.251	.937	-.068	.021	1.000	.946
Pr	.272	.930	-.107	.011	1.000	.951
Sm	.258	.911	-.036	.110	1.000	.910
Eu	.164	.908	-.040	.170	1.000	.881
La	.288	.884	-.080	.042	1.000	.872
Ce	.374	.876	-.133	.105	1.000	.936
Sr	-.144	.859	.450	.100	1.000	.971
Pb	-.569	.737	.005	.030	1.000	.867
MnO	-.545	.684	-.311	-.031	1.000	.863
SiO2	-.619	.680	-.022	.011	1.000	.846
Gd	.576	.671	.100	.165	1.000	.820
V	.195	-.555	.098	-.026	1.000	.356
Hg	.281	.533	-.113	-.022	1.000	.376
Au	-.178	.337	.093	-.130	1.000	.170
Ba	-.359	.010	.877	.300	1.000	.988
Rb	-.461	-.054	.791	.343	1.000	.959
K2O	-.473	-.037	.781	.343	1.000	.954
CaO	-.362	-.154	.747	.379	1.000	.856
MgO	-.596	-.059	.683	.374	1.000	.965
Sb	.303	.068	.617	-.298	1.000	.566
Mo	-.202	-.229	.580	-.200	1.000	.470
U	.185	-.331	-.351	.646	1.000	.684
As	-.119	-.117	.480	-.489	1.000	.497

Extraction Method: Principal Component Analysis.
a. 4 components extracted.

4.5. Kimyasal Ayırışma Endeksleri

4.5.1. Alterasyonun kimyasal endeksi (CIA) ve ayırışma kimyasal endeksi (CIW)

CIA ve CIW ayırışma indeklerinin değerlerinin hesaplanma formülleri aşağıdaki gibidir:

- $CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O)] \times 100$
- $CIW = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O)] \times 100$

CaO* sadece silikat minerallerinin CaO içeriğini göstermektedir (Fedo vd. 1995). Ayrıca, analiz verilerimizde herhangi bir karbonat mineral görülmemektedir. Bunun için, CaO* değerleri aşağıdaki formüle göre düzeltilmiştir.

- $CaO^* = ml\ CaO - [(10/3) \times mol\ P_2O_5]$.

şeyller için ortalama CIA değerleri 70-75 arasında değişmektedir (Nesbitt ve Young 1982). Tropikal koşullarda oluşan çamurun yüksek CIA (80-100) değerleri göstermesinin nedeni, alüminyumlu kil minerallerinin büyük çoğunluğu yoğun kimyasal ayırışma sırasında oluşmasıdır. Diğer taraftan, aşınmanın kimyasal ayırışmadan daha etkili olduğu buzul ortamlarda, CIA değerleri genel olarak 50-70 arasında değişmektedir (Nesbitt ve Young 1982). Optimum taze CIA ve CIW değerleri ≤ 50 'dir ve bunların optimum ayırışma değerleri de 100'dr (Price ve Velbel 2003).

Çizelge 4.10'da, Debele ve Balaya platolarından alınan örneklerin CIA ve CIW değerleri verilmiştir. Boksit rneklerinin CIA değerleri optimum ayırışma değerine (100) yakın ve sabit olduğu görülmektedir. Debele boksitleri için 99.7-99.9 ve Balaya boksitleri için de 99.8-99.9 şeklinde ve ikisinin de ortalama değeri 99.9'dur. Altere arjillit örnekleri en düşük CIA değerlerini göstermiş (D-9 için 82.0, BE-11 için 92.8, ve BS-4 için 98.2); kaolinit (D-5 için 82.6) ve ferrit (SR-4 için 98.2 ve BNR-7 için 99.2) altere arjillitlerin hemen arkasından gelmektedir. Debele ve Balaya platolarından alınan boksit rneklerinin CIW değerleri benzerlik göstermiş ve sabit optimum ayırışma değerleri 100 olduğu grlmştir. Arjillit, kaolinit ve ferrit rneklerinin CIW değerleri sabit ve 99 olduğu gözlenmiştir.

4.5.2. Parker'nin ayırışma endeksi (PAE/EN: WIP)

PBİ değerlerinin hesaplanma formülü aşağıdaki gibidir:

- $PAE = (100)[(2Na_2O/0.35) + (MgO/0.9) + (2K_2O/0.25) + (CaO^*/0.7)]$

PAE'nin optimum taze değeri >100 ve optimum ayırışma değeri 0'dır (Price ve Velbel 2003).

Yine burada da, silikat kayaçlarının ayrışması nedeniyle, eğer analiz verilerinde karbonat minerali gözlenmiyorsa, CaO, silikat minerallerinden oluşanlarla sınırlandırılmalıdır; $CaO^* = molCaO - [(10/3) \times mol P_2O_5]$.

Çalışılan araziden alınan örneklerin hesaplanmış PAE değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Boksit örneklerinin PAE değerleri düşük ve optimum bayırışma değeri olan 0'a çok yakındır. Debele'den alınan boksit örnekleri 0.21 ile 1.06 (ortalama 0.41) arasında değişen PAE değerleri göstermiştir. Kaolinit örneği D-5 en yüksek PAE değeri olan 53.42'yi göstermiştir ve bunu altere arjillit örneği olan D-9 (26.52) takip etmektedir. Ferrit örneği SR-4, düşük PAE (0.83) değeri göstermiş; fakat bu değer boksit örneklerinin ortalama PAE değerinden daha yüksektir. Balaya'dan alınan boksit örnekleri öncekilerle benzer PAE değerleri vermiştir. PAE değerleri 0.21 ile 0.55 (ortalama 0.31) arasındadır. Altere arjillit örnekleri BS-4 ve BE-11, sırasıyla en yüksek PAE değerleri olan 2.20 ve 12.18 değerlerini göstermiştir. Ferrit örneği BNR-7 ise 0.63'lük düşük PAE değeri göstermiştir.

4.5.3. Ruxton oranı (R)

R değerleri şu formül kullanılarak tespit edilmektedir: $R = SiO_2 / Al_2O_3$.

R'nin optimum taze değeri >10 'dur ve optimum taze değeri 0'dır (Price ve Velbel 2003). Çizelge 4.10, Debele ve Balaya platolarından alınan örneklerin R değerlerini göstermektedir. Bu iki platodan alınan örneklerin R değerleri optimum ayrışma değerine (0) çok yakındır. Debele platosu örneklerinin R değeri 0.01 ile 0.04 (ortalama 0.024) arasında değişmektedir. Kaolinit örneği D-5 en yüksek R değeri olan 2.47'yi göstermiş ve bunu altere arjillit örneği D-9 (2.00) takip etmektedir. Ferrit örneği SR-4 ün R değeri (0.42), boksitlerin R değeri ile kıyaslandığında daha yüksek çıkmıştır. Balaya'dan alınan boksit örnekleri öncekilere benzer R değerleri göstermiştir. 0.01 ile 0.19 arasında (ortalama 0.04) değerler göstermektedir. Altere arjillit örnekleri BS-4 ve BE-11 ise en yüksek R değeri olan 3.28 ve 0.87 değerlerini göstermiştir. Ferrit örneği olan BNR-7 ise düşük olan 0.28'lik R değeri göstermiştir.

Çizelge 4.10. Debele ve Balaya platoların örnekleri için ayrışma endeksleri (Ortalama-B = sadece boksit numuneleri için ortalama değeri)

Debele	CIA	CIW	PAE	R	Balaya	CIA	CIW	PAE	R
D-1	99.9	100	0.21	0.01	BS-1	99.9	100	0.38	0.03
D-3	99.8	100	0.46	0.04	BS-2	99.8	100	0.49	0.19
D-5	82.6	99	53.42	2.47	BS-3	99.8	100	0.46	0.07
D-8	99.7	100	1.06	0.03	BS-4	98.2	99	2.20	3.28
D-9	82.0	99	26.52	2.00	BS-5	99.9	100	0.21	0.03
D-10	99.9	100	0.46	0.02	BN-1	99.8	100	0.55	0.04
D-12	99.9	100	0.21	0.01	BN-3	99.9	100	0.21	0.01
D-14	99.9	100	0.21	0.02	BN-4	99.9	100	0.21	0.01
D-17	99.9	100	0.29	0.02	BN-5	99.9	100	0.38	0.02
D-19	99.9	100	0.29	0.01	BNR-7	99.2	99	0.63	0.28
D-21	99.9	100	0.21	0.01	BN-8	99.9	100	0.21	0.02
D-23	99.7	100	1.06	0.06	BE-1	99.9	100	0.29	0.02
D-24	99.9	100	0.29	0.01	BE-2	99.9	100	0.21	0.02
D-25	99.9	100	0.46	0.03	BE-4	99.9	100	0.21	0.02
S-1	99.9	100	0.21	0.04	BE-7	99.9	100	0.21	0.01
S-3	99.9	100	0.38	0.02	BE-11	92.8	99	12.18	0.87
SR-4	98.9	99	0.83	0.42	BE-12	99.9	100	0.29	0.03
Min.	82.0	99	0.21	0.01	Min	92.8	99	0.21	0.01
Max.	99.9	100	53.42	2.47	Max	99.9	100	12.18	3.28
Ortalama	97.74	100	5.09	0.31	Mean	99.3	100	1.13	0.29
Ortalama-B	99.9	100	0.41	0.024	Mean-B	99.9	100	0.31	0.04

5. TARTIŞMA

5.1. Boksitlerin Köken Kayaçları: Ana Kayaçları

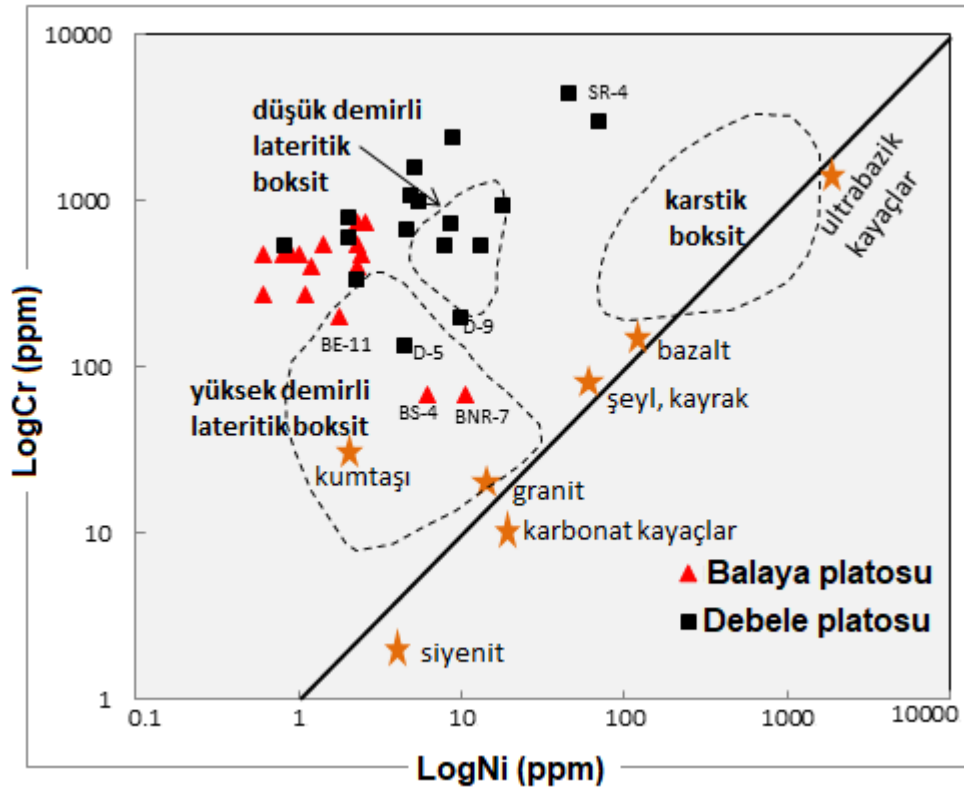
Ayrışma için uygun koşullar sağlandığında, alüminyum içeren neredeyse tüm kayaç tipleri boksit oluşturabilmektedir (Patterson vd. 1986). Bu durum boksit yatağının kökeninin belirlenmesini oldukça zorlaştırmaktadır. Birçok yazar, çoğu lateritik boksitlerin, yapısal ve bileşimleri açısından alt kısımlarında bulunan temel kayaçlarıyla direk olarak ilişkili olduğunu öne sürmüştür (Bardossy ve Aleva 1990; Mondillo vd. 2011). Fakat bu durum, ana kayaçları üzerinde bulunmayan sedimanter ve karstik boksitler için geçerli değildir. 1997 yılında, MacLean vd., özel kaya türü veya birimi olan boksit cevherlerinin kaynağını belirlemek için duraysız elementlerin kullanılabilmesini göstermiştir. O zamandan beri, ayrışma sırasındaki Ti, Zr, Nb, Th, Ta, Hf, Ga, Cr ve Ni (MacLean ve Barrett 1993; MacLean vd. 1997; Andrews vd. 2001) gibi duraysız elementler, çeşitli boksit süreçlerini takip etmek ve boksitlerin ana kayaçlarının tespit edilmesi için kullanılmıştır (MacLean 1990; Maclean vd. 1997; Calagari ve Abedini 2007; Gu vd. 2013; Zamanian vd. 2015).

Doku ve yapı karakteristiklerine bakıldığında, Balaya kuzeyindeki platonun elüvyal ayrışma kabuklarındaki ve Debele platosunun üstündeki, yerinde (in situ) oluşan boksitler, altında yatan arjillit, aleurolit ve aleuropelitlerden oluşan Silüriyen temel formasyonuyal (Telimele Dizisi) direk ilişkide olduğunu görülmüştür (Şekil 2.2, 4.1 ve 4.5). Bu lateritik boksitler, Silüriyen kayaçlarının doku ve yapılarını taşımaktadır. Balaya ve Debele platolarında bulunan farklı sedimanter boksitleri (detritik veya yeniden işlenmiş) yataklarının ana kayaçlarını tespit etmek için çeşitli metodlar uygulanmıştır.

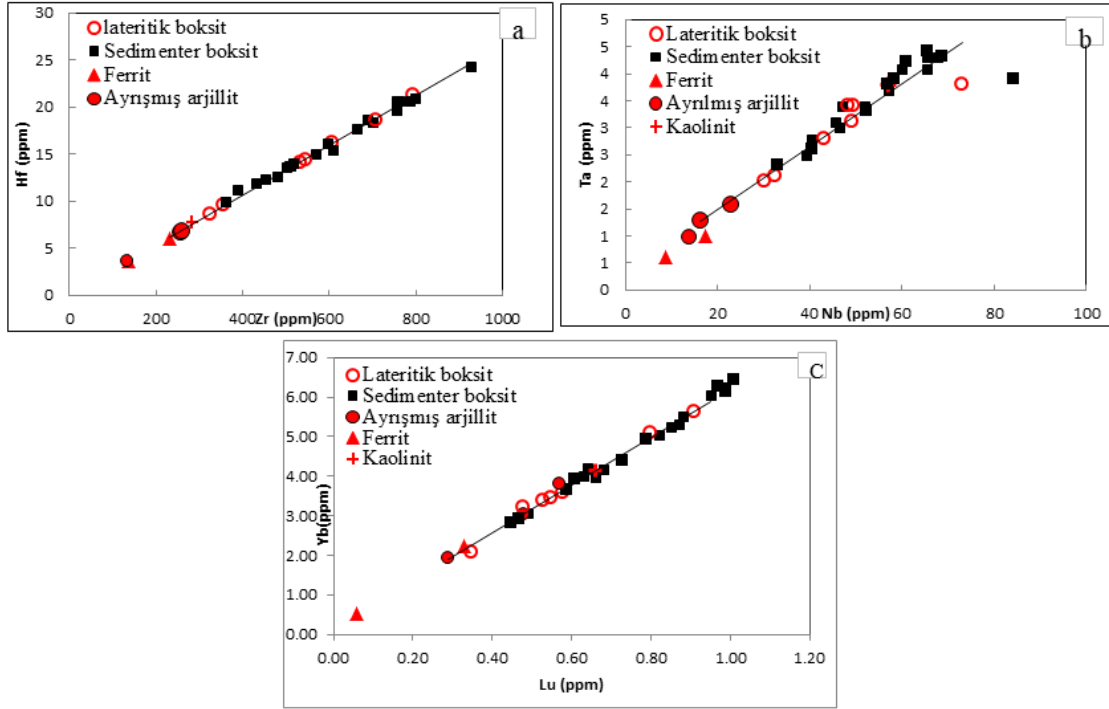
Log Cr-Log Ni iki değişkenli diyagramı (Schroll ve Saueri 1968), tüm boksit örneklerinin lateritik boksit (muhtemel felsic öncüller) alanına düştüğünü göstermiştir (Şekil 5.1). Boksitlerdeki duraysız elementlerin oranları da köken kayacın tanımlamada kullanılabilir (Calagari ve Abedini 2007; Gu vd. 2013; Zamanian vd. 2015). Bu oranlar, iki değişkenli diyagramında çizildiğinde ana kayaca (kayaçlara) ait kökenden geçen yüksek korelasyonlu doğrusal diziler üretmektedir (MacLean 1990). Balaya ve Debele platolarından alınan sedimanter ve lateritik boksitler, ferrit ve Silüriyen arjillitler örneklerinin Zr/Hf, Nb/Ta ve Yb/Lu iki değişkenli diyagramları, örneklerin köken aynı ilişkili olduklarını gösteren ve Silüriyen arjillitlerinin örneklerine ait kökenden gelen yüksek korelasyonlu tek bir dizi oluşturmaktadır (Şekil 5.2). Bu durum, Balaya ve Debele platosu sedimanter ve lateritik boksitlerin aynı ana kayaktan oluştuğunu göstermektedir: Telimele Dizisi Silüriyen formasyonları. Calagari ve Abedini (2007) üçlü Zr-Ga-Cr iz element diyagramı, Akdeniz karstik boksitlerinde kullanılmıştır (Şekil 5.3). Bu diyagramda, Debele'den alınan ve I. bölgeye düşen 4 adet boksit dışında Debele ve Balaya'dan alınan boksit örneklerinin tümü II. ve III. Bölgelere düştüğü görülmektedir. Bu durum, ana kayacın mafik, ortaç (arjilli) veya ultrabazik bileşimli

olduğuna işaret etmektedir (Şekil 5.3). Fakat bu iki platoda gözle görünür magmatik kayalar gözlenmediği için, Telimele Dizisi Silüriyen formasyonlarının protolitlerinin farklı bileşenli magma kaynaklı olduğu muhtemeldir: mafik, ortaç ve ultrabazik. Bu nedenle, Silüriyen arjillitleri, çalışma alanının taban bölgelerini (Afrika Platformu) oluşturan kısımların erozyonu sonucu ortaya çıktığı söylenebilmektedir (Şekil 2.1). Diğer taraftan, bu boksitlerde titanyum oksitler yüksek değer bulunması, anakayaların protolitlerinin ultrabazik ve bazik olmasına muhtemelen bağlatılıdır. Boksitlerin ana kayaların saptanabilmesi adına REE desenleri kullanılmıştır (Esmacily vd. 2010; Gu vd. 2013; Zamanian vd. 2015). Balaya ve Debele platolarından alınan boksitler (hem sedimanter hem de lateritik), ferrit, kaolinit, Silüriyen arjillitlerinde gözlenen REE desenleri ve Eu anomalilerindeki benzerlikler, ana kayalar açısından benzerlikler göstermektedir (Şekil 4.25 ve 4.26).

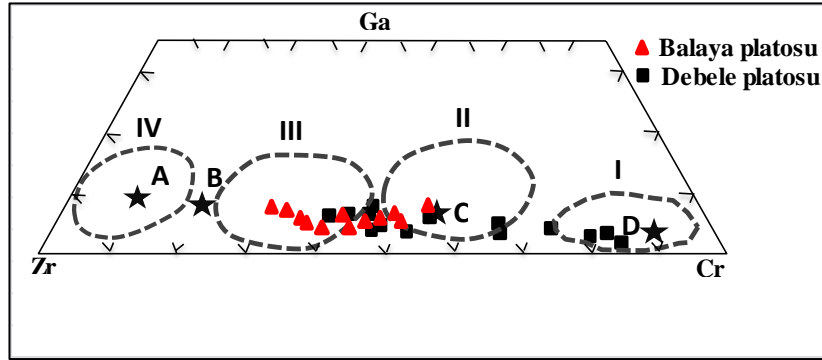
Üstelik, bu genetik ilişkileri Fria bölgesindeki bazı boksit yatakları ile tutarlı olup bunların Telimele Dizisi Paleozoyik şişlerden oluştuğunu belirlenmiştir (Boulogne vd. 1996; Mamedov vd. 2010).



Şekil 5.1. Çeşitli ana kayalarla ilişkili olarak çeşitli boksit türleri için Cr konsantrasyon değerlerine karşı Ni'nin çizimi (Schroll ve Sauer 1968).



Şekil 5.2. Balaya ve Debele platolarındaki boksitler, Silüriyen argilitler ve ferritlerdeki Zr ve Hf (a) , Ta ve Nb (b), Yb ve Lu (c), arasında çok yüksek pozitif korelasyon gösteren Harker varyasyon diyagramları



Şekil 5.3. Balaya ve Debele platolarındaki örneklerde Ga, Zr ve Cr konsantrasyonlarının üçgen diyagramı (Calagari ve Abedini 2007). **A-D** (yıldız) sırasıyla ultrabazik, bazik, ortaç ve asidik magmatik kayalardaki Zr, Cr ve Ga konsantrasyon değerlerini göstermektedir. I-IV sayıları sırasıyla ultramafik, mafik, oraç (veya arjilli) ve asitik köken kayaların etki alanını temsil etmektedir

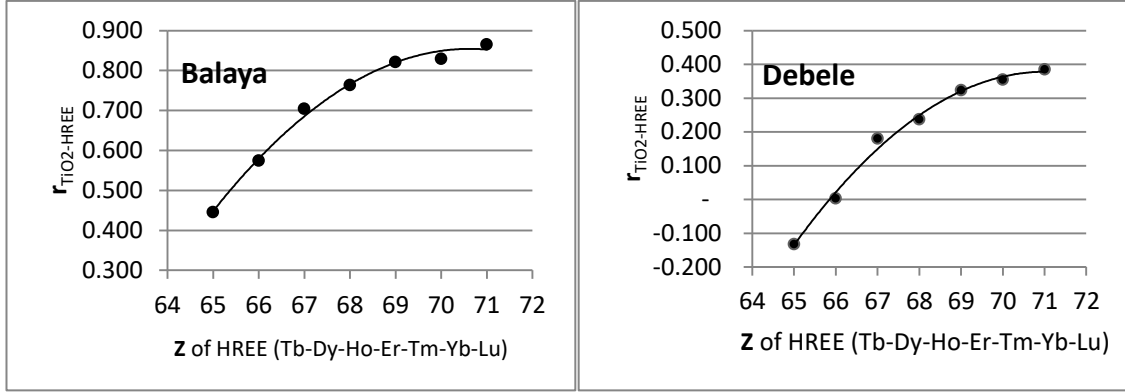
5.2. İz Elementler Üzerindeki Mineralojik Kontrol

Boksitlerin içerisindeki iz elementlerin birçok mineral ile ilişkili olduğu anlaşılmıştır (Patterson vd. 1986): demir oksitlerin içinde (Cr, Ga, P, V), boksitin altındaki kaolinitin içinde (Ba, Pb, Sr), zirkonun içinde (Zr, Hf), monzanitin içinde (Ce, La, Nd), kromitin içinde (Cr), piritin içinde (Ni, Cu), kalkopiritin içinde (Cu), galenin içinde (P) ve bastnaesitin içinde (Ce, La, Nd) bulunmaktadır. Üstelik, boksitlerin içindeki iz elementlerin zenginleşmesi veya fakirleşmesi, kaynak kayacın mineralojik bileşimiyle ilişkilidir (Meshram ve Randive 2011). Ana kayaçlarda iz elementler, hem ayrışma sırasında çözünen kayaç oluşturan mineraller hem de ayrışmaya karşı dayanıklı aksesuar mineraller tarafından barındırılmaktadır. Bu nedenle, iz elementlerin ayrışma karakteristikleri, bu iki grubun kendi arasındaki dağılımıyla belirlenmektedir (Bardossy ve Aleva 1990; Mordberg 2001). Üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalleştirilmiş iz elementler desenleri (Şekil 4.21 ve 4.23) ve iz elementler ile major elementler arasındaki Pearson korelasyon katsayısı (EK 4, 5), potansiyel taşıyıcı mineralleri belirlemeye yardımcı olabilir.

Balaya ve Debele platolarındaki boksitlerin üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalleştirilmiş iz elementler desenlerindeki güçlü negatif Sr anomalisi (Şekil 4.21 ve 4.23) feldispatların karışmaması sonucu oluşmaktadır (Gu vd. 2013). Zr genellikle, zirkonun ayrışmaya olan yüksek dayanıklılığı nedeniyle ayrışma sırasında nispeten daha duraysız olduğu bilinmektedir (Mordberg ve Spratt 1998). Bu nedenle, Zr'nin ayırt edici olan pozitif anomalisi (Şekil 4.21 ve 4.23) kaynak kayaçlarında zirkonun zengineştiğine işaret etmektedir (Gu vd. 2013). Diğer yandan, HFS elementleri (Zr, Nb, Ta ve Hf) ile TiO_2 arasındaki yüksek pozitif korelasyon ise (EK-4, 5) bileşimlerindeki Ti-oksitlerin (anastaz ve rutil) etkisine işaret etmektedir. Ayrıca, Zr, Nb ve Ti arasındaki pozitif korelasyon, anastazda Ti yerine Zr gelmesinin etkisine işaret etmektedir ve rutil de genellikle daha sonra ayrışma sırasında rutile dönüşmektedir (Calagari ve Abedini, 2007).

Fosfatlar (örn., apatit) (Braun vd., 1993), kil mineralleri (Condie 1991), Fe'in oksitleri ve hidroksitleri (Petrovsky vd. 2006) ve Mn (Koppi vd. 1996; Aubert vd. 2001; Karadağ vd. 2009; Yusoff vd. 2013) gibi ikincil mineraller, REE için önemli tutuculardır. Ayrıca, REE, birincil minerallerden gelmekte ve tüm mineral tiplerinden ve amorf yüzeylerden emilmektedir (Karadağ vd. 2009). Böylece, REE'lerin yıkanma derecesi, boksitlerde taşıyıcı minerallerinin tarafından etkilenmektedir. Bu çalışmada, Debele ve Balaya platolarındaki boksit cevherlerinde bulunan REE'lerin potansiyel taşıyıcı minerallerinin tespit edilmesi için, REE'ler ile major ve minor elementlerin arasındaki Pearson korelasyon katsayısı hesaplanmıştır (EK-4 ve 5). SiO_2 ile çoğu REE (Debele için $r = -0.046-0.0336$ ve Balaya için $r = -0.131-0.045$), Al_2O_3 ile LREE (Debele için $r = 0.041-0.248$ ve Balaya için $r = -0.120-0.066$) arasındaki negative veya zayıf pozitif korelasyon ve Al_2O_3 ile HREE (Debele için $r = 0.419-0.645$ ve Balaya için $r = 0.009-0.439$) arasındaki pozitif korelasyon, Al içeren minerallerin LREE için ana

taşıyıcı olmadığı fakat HREE için ana taşıyıcı olduğu gözlenmiştir. Fe_2O_3 ile REE (Debele için $r = -0.696-0.024$ ve Balaya için $r = -0.532-0.146$) arasındaki negatif veya pozitif fakat zayıf pozitif korelasyon, boksit cevherlerindeki REE konsantrasyonunda Fe içeren minerallerin (Götit, Hematit) çok az rol oynadığına işaret etmektedir. TiO_2 ile LREE (Debele için $r = -0.325 -0.209$ ve Balaya için $r = -0.089-0.265$) arasındaki negatif veya çok zayıf pozitif korelasyon ve TiO_2 ile HREE (Debele için $r = 0.003-0.385$ ve Balaya için $r = 0.445-0.865$) arasındaki pozitif korelasyon, Ti ve Al fazlarının boksitleşme sırasında aynı davranış sergilediğini göstermektedir. Bunun yanı sıra, Ti içeren minerallerinin (rutil, anataz), boksit cevherlerindeki HREE konsantrasyonunda oldukça önemli bir rol oynadığını göstermektedir. TiO_2 korelasyon katsayısı r ve HREE'nin atom numarası Z arasında mükemmel eksponansiyel bir ilişki (artan bir şekilde) vardır. HREE'nin yüksek Z değeri, korelasyon katsayısı r 'nin değerinin daha güçlü olmasını sağlamaktadır (Şekil 5.4). P_2O_5 ile REE (Debele için $r = -0.316-0.498$ ve Balaya için $r = -0.128-0.219$) arasındaki zayıf pozitif veya negatif korelasyon, P içeren minerallerin lantanitlerin konsantrasyonunda önemli rol oynamadığını göstermektedir. Yine de, LREE (Debele için $r_{\text{P}_2\text{O}_5\text{-LREE}}=0.339-0.498$ ve Balaya için $r_{\text{P}_2\text{O}_5\text{-LREE}}= 0.089-0.265$) konsantrasyonunda önemli rol oynayan tek oksittir. Ayrıca, LREE, Ba ve Sr ile yüksek korelasyon ilişkisi göstermektedir. Simmons (1999b)'ye göre, Sr'nin dağılımı; kil minerallerindeki güçlü emme kapasitesi, karbonat minerallerindeki Ca^{2+} yerine Sr^{2+} 'nin geçmesi, sülfat minerallerindeki Ba^{2+} yerine Sr^{2+} geçmesi, sedimanter süreçler sırasında ortamda bulunan detrital feldispat miktarından etkilenmektedir. Birger vd. (1998), florensit (LREE-Al-hidroksi-fosfat) gibi ötijenik fosfat mineralleride ve onun izomorf fazları olan krandallit, gorseisit ve goyazitte, büyük ölçüde REE'nin Ca, Sr ve Ba ile yer değiştirmeler gerçekleştiğini göstermiştir. Ayrıca, florensitin LREE'yi HREE'ye göre kuvvetli bir şekilde konsantre etmiş ve küçük bir negatif Eu anomalisi göstermiştir. Dolayısıyla, mineralojik sonuçlar, LREE'nin, kil mineralleri (kaolinit) veya sülfat mineralleri veya florensitin içinde konsantre olduğu düşünülebilir. Buna rağmen, Balaya ve Debele boksitlerinde bulunan, strontianit (SrCO_3) ve selestit (SrSO_4) gibi Sr ötijenik mineralleri veya LREE içeren florensit göz ardı edilemez. Balaya platosunda, Cr_2O_3 'ün Yb ($r = 0.055$) ve Lu ($r = 0.085$) hariç tüm REE ile negatif ilişkide olması, Cr içeren minerallerin REE konsantrasyonunda rol oynamadığını göstermektedir. De Carlo vd. (1998), Bau M (1999) ve Ohta ve Kawabe (2001), ayrışma sistemlerinde Ce ve Fe ve Mn arasında yakın bir ilişki olduğunu bildirilmesine rağmen, Debele ve Balaya Platoları'ndaki boksitlerdeki bu elementler arasında güçlü olmayan korelasyon göstermiştir (Debele için $r_{\text{Ce-Fe}}=0.004$, $r_{\text{Ce-Mn}}= -0.339$ $r_{\text{Mn-Fe}}= 0.287$; Balaya için $r_{\text{Ce-Fe}}= -0.001$, $r_{\text{Ce-Mn}}= 0.057$, $r_{\text{Mn-Fe}}= 0.113$).



Şekil 5.4. TiO₂ korelasyon katsayısı r ve HREE'nin atom numarası Z arasında mükemmel eksponansiyel bir eğilim

5.3. Boksitlerin Ayrışma Derecesi

Ayrışma derecesinin hesaplanabilmesi için birçok ayrışma endeksi ortaya atılmıştır. Balaya ve Debele boksitlerinin ayrışmalarının hesaplanması için kimyasal alterasyon endeksi (CIA), kimyasal ayrışma endeksi (CIW), Parker ayrışma endeksi (PAE) ve Ruxton oranı (R) kullanılmıştır.

Nesbitt ve Young (1982) tarafından geliştirilen kullanışlı CIA, sedimanter kayalardaki ayrışma derecesini hesaplamak için kullanılmaktadır. Günümüzde, CIA en çok kullanılan ayrışma endeksidir. Harnois (1988), CIA'ya çok benzeyen Kimyasal Ayrışma İndeksini (CIW) geliştirmiştir; fakat bu eşitliklerden K₂O'yu çıkarmıştır. Aynı formülasyon Maynard (1992) tarafından ve daha sonraki çalışanlar tarafından K₂O-içermeyen CIA veya CIA-K olarak kullanılmıştır. K-feldispatlarla ilişkili alüminyumları hesaplamadığı için CIW, K-feldispatça zengin kayalarda kimyasal alterasyon olsa da olmasa da çok yüksek değerler vermektedir (Fedo vd. 1995). CIA'ya benzer bir şekilde, CIW da feldispatların killere dönüşmesini hesaplamaktadır (Fedo vd. 1995; Maynard vd. 1995). CIA ve CIZ endeksleri, Ca, Na ve K gibi duraysız elementlerin birikme değerlerini hesaplamakta ve ayrıca zayıf-orta ayrışma değerleri hesaplamakta etkili, fakat güçlü kimyasal ayrışmaları hesaplamak için uygun değildir (Nesbitt ve Wilson 1992).

Price ve Velbel (2003)'e göre, Parker Ayrışma Endeksi (PAE), heterojen (ve homojen) ana kayaç profillerindeki ayrışmaya uygulanabilen en uygun yöntemdir. PAE formüllerine yalnızca çok duraysız alkali ve alkalın toprak elementlerini dahil ettiği için ana kayaçların değerlerinden çok farklı değerler vermektedir. Ek olarak, PAE alüminyum duraysızlığına diğer ayrışma endekslerinden daha fazla izin vermektedir. Bu karakteristikleri PAE'yi, heterojen metasedimanter kayaçların ayrışmalarının çalışılması için en çok tercih edilen endeks yapmaktadır. Fakat, ayrışma sırasında alkali ve alkalın toprak metalleri çoktan fakirleşmiş olabileceği için PAE'yi dikkatlice uygulanmalıdır.

Parker (1970) PAE'yı asidik, ortaç ve bazik volkanik kayalarda denemiştir. Fakat PAE sadece duraysız alkali ve alkalın toprak elementlerine uygulandığı için, çok fazla ayrışmış materyallerin (örn., yerleşmiş ferrikretler ve boksitler) üzerinde yaptığı bu çalışma kesin sonuçlar vermemiştir (Eswaran vd. 1973).

Ruxton (1968) tarafından oluşturulan ve Chittleborough (1968) tarafından Ruxton Oranı olarak (R) isimlendirilen bu endeks, ayrışma sırasında sabit seskiyoksit içeren ve kaolin ve/veya allofan ayrışma ürünleri ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ mol oranı 2:1 olan ürünler) üreten ünifor asidik ve ortaç temel kayalar olan ayrışma profiller için en uygun endektir. Ruxton Oranı, silika kaybını toplam element kaybıyla kıyaslayarak, alüminanın ayrışma sırasında duraylı olduğunu dikkate almaktadır. Ruxton 1968'de R'yi dünya çapında nemli bölgelerdeki volkanik ve metamorfik kayalarda gelişen ayrışma profillerinde denemiş ve R'nin toplam element kaybıyla ilişkili olduğunu ve alüminanı ayrışma sırasında duraylı olduğunu öne sürmüştür (Ruxton 1991). Fakat bazik ve ultrabazik kayalar için, smektit ve vermikülit ayrışma ürünü olarak üretildiğinde bu endeks uygun olmamaktadır (Ifran 1996).

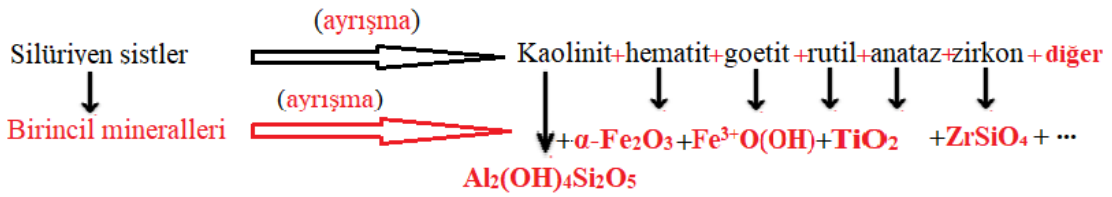
Sonuçlara göre (Çizelge 4.10), tüm bu ayrışma endekslerinin, Balaya ve Debele'den alınan boksit örneklerindeki ayrışma şiddetini işaret edip aşırı olarak categorilere ayırmıştır. Fakat, arjillit, ferrit, kaolinit ve boksiti en iyi ayırt edenler PAE ve R'dir. Böylece, çalışma alanındaki alterasyon dereceleri karakterize etmek için bu endekslerin tercih edilmiş ve hatta gelecekte bu konuda (Bove havzasının tamamında) çalışacak araştırmacılara kullanılması önerilmiştir.

5.4. Boksitlerin Oluşum Süreçleri

Bu çalışmalardan elde edilen sonuç ve tartışmalara göre, Balaya ve Debele boksitlerinin Silüriyen formasyonlardan (Telimele Dizisi) geldiğini söyleyebiliriz. Balaya ve Debele lateritik boksitleri ile Telimele Dizisinin Silüriyen formasyonları arasındaki kökensel ilişkisi, bu kayaların ayrışma ile kaolinit yataklarını oluşturmak için formasyonların dolaylı yoldan boksitleşmesiyle (Tardy ve Nahon 1985; Boulange ve Millot 1998) jeolojik olarak açıklanabilir. Balaya ve Debele sedimanter ve lateritik boksitleri arasındaki köken ilişkisi; sedimanter boksitlerini, Balaya kuzeyindeki ve Debele üst tepelerindeki önceden oluşan lateritik boksitlerin yeniden çökmesiyle (sel tipi, prolüvial, delüviyal veya alüviyal) yüzeysel akışların mekanik taşınmaları tarafından yeniden çökelmelerinin ürünleri olarak düşünülmüştür.

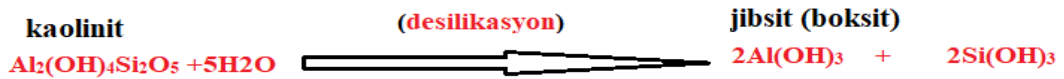
Mineralojik, petrografik ve jeokimyasal analizler, çalışma alanının jeomorfolojisi ve Bove Havzasının tarihsel gelişimine dayanarak, hem Balaya hem de Debele boksitlerinin, Batı Afrika'daki bazı boksit cevher yatakları için Lelong vd. (1976) tarafından önerilen aşamalara uygun olarak, beş (5) aşamada oluştuğu önerilmiştir (Şekil 5.5):

Aşama 1 Tektonik sakinlik dönemi (Kretase, Tersiyer?): Orman bitki örtüsülü ekvatorial iklim koşullarında, Telimele Dizisi Silüriyen şistlerin (arjillitler, aleuropelitler, aleurolitler) ayrışması ve kalın bir laterit örtüsünün gelişmiştir (Şekil 5.5). Bu aşamada, yüzey katmanlarında ince yüzeysel birincil alüminyum-demirli laterit ve daha derinlikte derin drenaj yetersizliği zonlarında kaolin tabakası (litomarj), muhtemelen oluşmuştur. Silüriyen şistlerin (Diallo vd. 1972) birincil mineralleri (killi malzemeler, kuvars, demir hidroksit, klorit, zirkon, rutil, anataz) kaolinit, hematit, goetit, rutil, anataz, zirkon ve muhtemelen amorf malzemelere ayrırmıştır. Bu ayrışma ve süreçler aşağıdaki kaolinleşme formülü özetlenebilir:



Muhtemelen aynı periyot boyunca Ti, Cr, Ga, Nb, Th, V, Zr, Y ve REE'ler biraz zenginleşmiş, ancak aksine, Sm ve Tb ile birlikte alkaliler ve toprak alkalın metalleri gibi çok hareketli elementler fakileşmiştir.

Aşama 2 Erken Tersiyer boksit olayı (Prasad 1983): Bu aşama sırasında, en kalın ve en geniş lateritik boksit yatakları Güney Amerika, Afrika ve Hindistan'da oluşmuştur. Bu oluşum, Afrika'da ve çevresindeki kıtasal havzalar, kıta sahanlığı ve derin denizin yeni oluşan minerallerde çöktürülen aşırı duraysız element birikimi ile karakterize edilir (Prasad, 1983). Sabit bir iklim koşulları altında, ayrışma ve yavaş erozyonun daha derine nüfuz etmesi; Fe ve Al, Fe'nin daha derin hidromorfik tabakalardaki mobilizasyonu ile, giderek ayrışabilirler (Lelong vd. 1976). Alt Tersiyer, Afrika'da boksitleşme ve süperjen cevheri oluşumu ile karakterizedir (Valeton 1991). Bu aşamada da, Al ve Fe elementleri kendi oksitlerini oluşturarak (jibsit, hematit, göetit) yeniden çöktürülmüştür. Harekete geçirilen Fe, ferriti oluşturmak üzere lateritik kabuklarda daha derine ve yanal olarak yeniden çökelmiştir. Bunun yanı sıra, sıcak yağışlı tropical iklimde, kaolinitler, derin bir desilikasyon ile bozularak jibsit (boksitleri) oluşmuştur:



Lelong vd. (1976)'ya göre, bu yukarıdaki kimyasal reaksiyonu, yalnızca jibsitin çöktürüldüğü, Si(OH)_4 'ün çok düşük konsantrasyonda olması durumunda (1 ppm'den az SiO_2) ve jibsitin (Al(OH)_3) sabit hali olan orta-asit

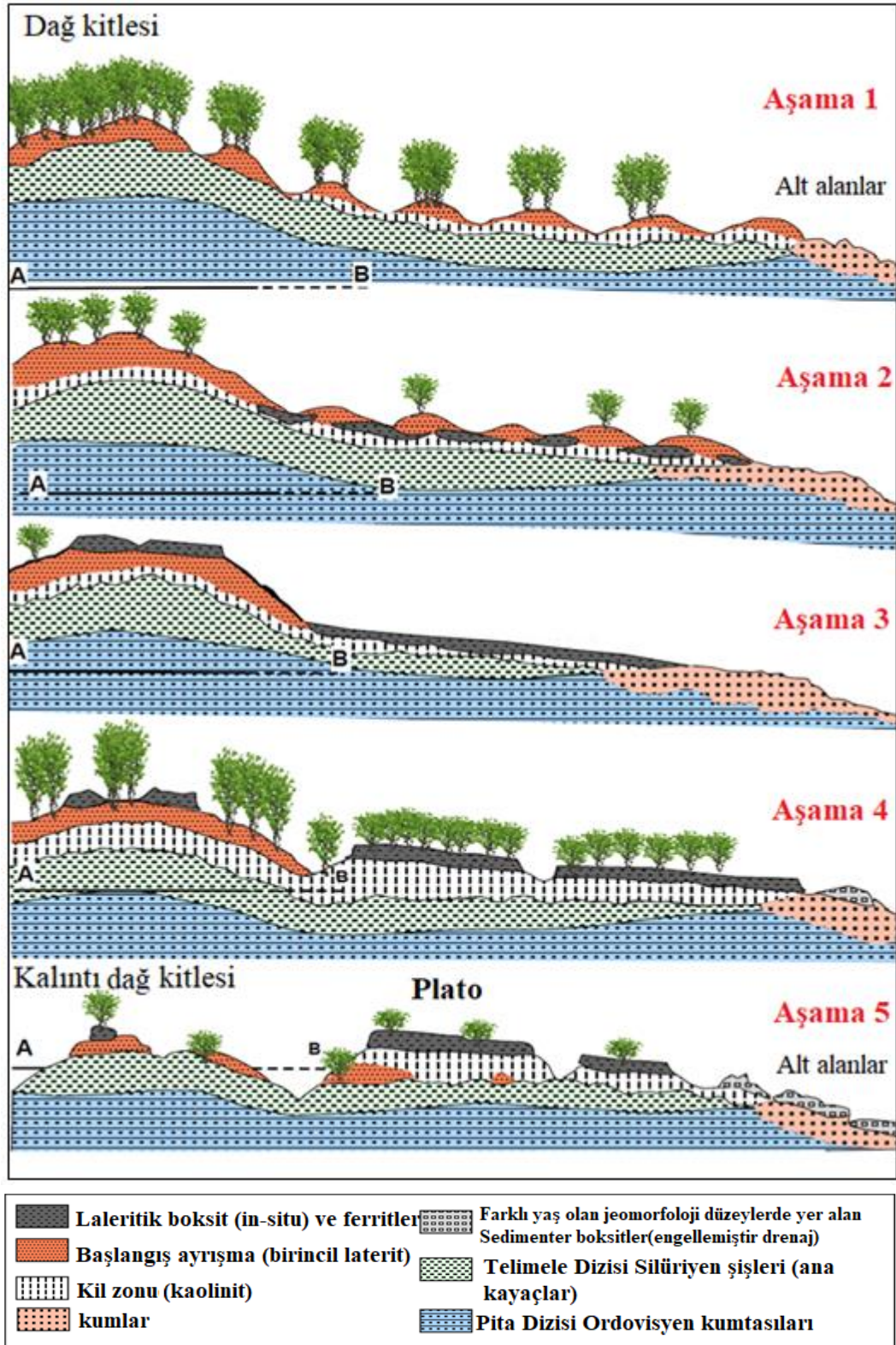
çözeltileri (pH 4-7) görüldüğü durumunda gerçekleşebilir. Diğer yandan, Cr, Ga, Nb, Th, V, Zr, Y ve REE'ler gibi elementler boksitlerde tutulurken, alkaliler ve toprak alkalın metalleri, silika, Sm ve Tb ile birlikte yıkanmış. Bu olaylar, Erken veya Erken-Orta Eosen dönemine denk gelmektedir (Prasad 1983).

Aşama 3 Batı Afrika'da kurak iklim aşaması (Pliosen, Alt Kuvaterner): Dağ kütlesi üzerinde birincil laterit kabuğunun (peneplainin uzaklığında aşınarak) oluşması ve lateritik parçalarca zengin geniş düzlük yüzeyli ("glasis") pediplain oluşumu (Pliyosen, Alt Quaternary). Bu dönemde, düşük dereceli metamorfizm veya daha kuru iklim koşullarındaki termal oluşumlar muhtemelen jibsit dehidrasyonu ile diasporun oluşumu gerçekleşmiştir.

Aşama 4 Batı Afrika'da nemli-orman pedojenezinin yeniden ortaya çıkma aşaması (Kuvaterner): Bu aşaması sırasında, ayrışma kabuk profillerinin yeniden derinleşmesi ve glasislerin lateritleşmesi (ikincil demirli-alüminyumlu lateritlerin oluşarak) gerçekleşmiştir. Aynı zamanda, in-situ ayrışma ile indürasyon ferritinin yeniden işlenmesi ve sedimanter boksitler olarak alt alanlar üzerinde yeniden tortulaştırmasının etkileşimi başlamıştır.

Aşama 5 Tektonik veya iklim kökenli erozyon aşaması (Batı Afrika şimdiki evrimi?): Bu aşama sırasında insizyon, kalıntı dağ kütlesiler sökülmesi ve lateritleşmiş glasislerin parçalanması aşamalı olarak gerçekleşmiştir. Bu lateritleşmiş glasisler, şimdiki Debele, Balaya vd. platolarının lateritik kabuklarını oluşturmuştur. Bunun yanı sıra Balaya ve Debele platolarının sedimanter boksitleri muhtemelen bu aşamada da yeniden çökeltme ürünleri olarak oluşmuştur.

Yerel jeolojik özellikleri göz önüne alırsak, bu oluşum aşamalarının Bove Havzası'nın tamamına uygulanması faydalı olacaktır.



Şekil 5.5. Balaya ve Debele platolarının boksit cevherlerin oluşum aşamalar bu tezde önerilmiştir

6. SONUÇ

Jeolojik incelemeler, Debele ve Balaya platolarının tüm ayrışma koşullarının, plan ve kesitlerde aynı özellikte tanımlandığını ortaya çıkarmıştır.

XRD analizleri, Balaya ve Debele boksit yataklarının parajenezinin neredeyse aynı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Jipsit, götit ve alüminyumlu götit ana mineral bileşenleri; anastaz, rutil, diyaspor ve kaolinit minor mineraller olduğunu; ve mikroskop ile yapılan petrografik araştırmalar ile zircon ve klastik kuvarsın aksesuar mineralleri olarak boksitlerde gözlemlendiğine işaret etmiştir.

Boksitlerin parajenezinde yer alan ve ana mineral olan jipsit minerallerinin, kaolinitin desilikasyonu sonucunda meydana geldikleri ifade edilebilir. İkinci Al-fazı olan yani boksit minerallerinden diaspor, muhtemelen düşük dereceli bir metamorfizma neticesinde ortamda bulunan jipsitin mevcut suyunu kaybetmesi (yani dehidrasyonu) sonucunda oluşmuştur. Bunun yanı sıra, kimyasal ve mineralojik analizlerde boksitlerdeki titanyum oksit içeriklerinin beklenenden yüksek değere sahip olması, tabanda ultrabazik-bazik kayaçların olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, ana kayaçlarından olan ultrabazik-bazik kayaçlardan geldiği düşünülen titanyumun, ayrışma sırasında dayanaklı kalması ile açıklanmıştır.

Mikroskopta, laterik (psedömorf) boksitler genellikle kristalin bir doku göstermiştir. Erken-jenerasyon jipsit, kümeleri şeklinde ve yarı paralel dizilmiştir; buna karşın daha iri taneli veya özşekilli geç-jenerasyon jipsitler, küçük damarcıkları ve boşlukları, radyal bileşimli ve küçük plakalar şeklinde doldurmakta ve konsantrik-zonlu kristalin yapıları göstermektedir. Detritik (sedimanter) boksitlerde, demir mineralleri (erken-jenerasyon) ayrı kütleli jipsitlere birikim yapmıştır. Mikroskopta çimento; psamitik, mikro-orta kristalin ve kollomorfik doku göstermiştir. Çimentoda geç-jenerasyon jipsitin kristalin dokusu, kollomorfik-zonlu ve inkrustasyon yapıları gözlenmiştir.

Tüm kaya jeokimyasal analizleri, Balaya ve Debele boksit cevherlerinin ana bileşenlerinin, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 ve SiO_2 olduğunu göstermiştir. İz element analizleri ve üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalleştirilmiş iz element desenleri, lateritleşme sırasında boksitlerde, Ti, Cr, Ga, Nb, Th, V, Zr, Y ve REElerin duraylı ve özellikle zenginleştiğini, buna karşılık Rb, Ba, K, Sr, P, Sm ve Tb'nin fakirleştiğini ortaya çıkarmıştır.

Dokusal ve yapısal ilişkilere bakıldığında, Balaya ve Debele platoları lateritik boksitlerin, Telimele Dizisinin Silüriyen şistlerden geliştiğini gözlenmektedir. Log Cr-Ni, duraylı element oranları (Zr-Hf, Nb-Ta ve Yb-Lu), REE desenleri ve Eu anomalileri, sedimanter boksitlerin önceden mevcut lateritik boksitlerden meydana geldiğini göstermiştir. Lateritik boksit oluşumu, Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 sökülme jeokimyasal yolları, duraylı element oranları (Zr-Hf, Nb-Ta ve Yb-Lu) ile belirlenmiş

ve bu da hem sedimanter hem de lateritik boksit yataklarının köken olarak kaolinitin dolaylı boksitleşmesiyle, şu formüle göre, oluşmaktadır:

Telimele Dizisinin Silüriyen formasyonları (arjillit, aleurolit) →kaolinit →lateritleşme (desilikasyon) →jipsitik boksit, oluşur.

Daha sonra ise, sedimanter boksitler, bu lateritik boksitlerin farklı mekanik yollarla taşınmasıyla meydana gelmiştir.

Üst kıtasal kabuğ (ÜKK) göre normalleştirilmiş iz element desenleri ve Pearson korelasyon katsayısı matrisi, Balaya ve Debele boksitlerinin iz element konsantrasyonu veya zenginleşmesini kontrol eden mineralleri tespit etmede yardımcı olmuştur. Boksitlerdeki Sr ve K negatif anomalileri, ana kayalardaki feldispatların düşük miktarlarda olduğunu göstermiştir. Mo, Cu, Pb, As, Sb ve Bi gibi iz elementler, Fe içeren mineraller tarafından taşınmıştır. Ti içeren mineraller (rutil, anastaz), Balaya ve Debele boksitlerindeki HREE, HFS, Sn, U, Ga, W ve Y için taşıyıcı mineral olduğu gözlenmiştir. HREE birikiminin ayrıca Al fazları kontrol edildiğini, fakat Ti fazları şiddetli bir şekilde kontrol edildiği gözlenmiştir.

P içeren mineraller ve kaolinitler LREE dağılımında önemli bir rol oynamıştır. Şimdiye kadar, Balaya ve Debele boksitlerinde LREE dağılımını kontrol eden belirgin faktörler belirlenememişti. Buna rağmen, LREE içeren strontanit, selestit veya florensit gibi ötijenik minerallerin varlığı hariç tutulamaz. Bu nedenle, bu boksitlerdeki LREE içeren mineral (ler) üzerine daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

7. KAYNAKLAR

- Akaemov, S.T. 1970. Certaines particularités de la genèse des Bauxites de Guinée. Institut Polytechnique de Conakry.
- Aleva, G.J.J., 1994. Laterites: Concepts, Geology, Morphology and Chemistry. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen, the Netherlands (169 pp.).
- Allen, P.M. 1967. The geology of part of an orogenic belt in Western Sierra Leone, West Africa. *Geol. Rdsch*, 58: 588-620.
- Allen, P.M. 1968. The stratigraphy of a geosynclinal succession in Western Sierra Leone West Africa. *Geol. Mag.*, (1): V. 105.
- Allen, P.M., Snelling, N.J ve Rex, D.C. 1967. Age determination from Sierra Leone. *Progress Rpt. Mass. Inst. Technol., Cambridge*: 17-22.
- Andrews, J.E., Greenaway, A.M., Dennis, P.F., Barnes-Leslie, D.A. 2001. Isotopic effects on inorganic carbon in a tropical river caused by caustic discharges from bauxite processing. *Applied Geochemistry* 16: 197–206.
- Aubert, D, Stille, P ve Probst, A. 2001. REE fractionation during granite weathering and removal by waters and suspended loads: Sr and Nd isotopic evidence. *Geochim. Cosmochim. Ac.* 65: 387–406.
- Bahlburg, H. ve Dobrzinski N. 2011. Chapter 6. A review of the Chemical Index of Alteration (CIA) and its application to the study of Neoproterozoic glacial deposits and climate transitions. *Geological Society, London, Memoirs*, 36: 81-92.
- Bardossy, G. 1959. The geochemistry of Hungarian bauxites, Parts III and IV: *Acad. Sci. Hungaricae Acta Geol.*, 6 (1-2): 1-50.
- Bárdossy, G. 1973. Bauxite formation and plate tectonics: *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, Budapest, 17: 141–154.
- Bárdossy, G. 1982. Karst Bauxites, Bauxite Deposits on Carbonate Rocks, *Developments in Economic Geology*, Elsevier, Amsterdam, Vol. 14, 441 p.
- Bárdossy, G. ve Aleva, G.J.J. 1990. Lateritic Bauxites: *Developments Economic Geology* 27. Elsevier, Amsterdam, pp. 624 pp.
- Barry, I.B. 1978. Méthodes d'exploitation et d'homogénéisation des bauxites des gisements de Kindia en vue d'exploiter la totalité des réserves connues. *Mémoire de Diplôme, Institut Polytechnique Gamal Abdel Nasser, Faculté de Géologie-Mine, Conakry*, 171 p.
- Bau, M. 1999. Scavenging of dissolved yttrium and rare earths by precipitating iron oxyhydroxide: experimental evidence for Ce oxidation, Y-Ho fractionation, and lanthanide tetrad effect. *Geochim Cosmochim Ac.*, 63: 67–77.
- Beauvais, A. 1991. Palaeoclimats et dynamique d'un paysage cuirasee du Centrafrique. *Morphologie, petrologie et geochimie. Thesis, University Poitiers*, 315 pp.
- Beneslavsky, S.I. 1970. Il est indispensable de chercher les bauxites de tous les types génétiques. *Les métaux au non-ferreux*, 8.

- Bering, D., Brinckmann, J., Camara, N., Diawara, M., Gast, L., ve Kieita, S. 1998. Evaluation de l'Inventaire des Ressources Minérales de Guinée: Hannover, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. 109p
- Bogatyrev, B.A., Zhukov, V.V. ve Tsekhovsky, Y.G. 2009. Formation conditions and regularities of the distribution of large and superlarge bauxite deposits. *Lithology and Mineral Resources* 44: 135-151.
- Bouchinaky, G.I. 1958. Sur les types génétiques des Bauxites Recueil " Bauxites Leur minéralogie et genèse". Edition A.S URSS.
- Boufeev, Y., Kriatov, B. ve Makstenek, I. 1968. Carte Géologique au 1:200 000 de la République de Guinée, Feuille CONAKRY, C-28-XXIII et Secteur Nord de la Feuille C-28- XXIX et Notice Explicative. CPDM, Conakry. OSRG ,OZGEO, (yayınlanmamış) Moscou.
- Boufeev, Y., Kriatov, B., ve Mitaev, A. 1969. Carte Géologique au 1:200 000 de la République Guinée, Feuille SIEROUMBA, C-28-XXIV et Secteur Nord-Ouest de la Feuille C-28-XXX et Notice Explicative. CPDM, Conakry. OSRG , OZGEO, (yayınlanmamış) Moscou.
- Boufeev, Y.V. 1968. Carte Géologique de la République de Guinée Echelle 1: 200 000 feuille c-28-XXIII et le partie Nord de la feuille C-28-XXIX, (yayınlanmamış), Moscou.
- Boulagé, B, Carvalho, A., ve Melfi, A.1990. Geochemical characteristics of african and Brazilian bauxites deposit: SiO₂ - Al₂O₃ - Fe₂O₃ system and Ti, Cr, V and Fe₂O₃ relations. *Geochemistry of the earth's surface and of mineral formation 2nd international symposium, Aix en Provence,3pp, France.*
- Boulangé, B. ve Millot, G. 1988. La distribution des bauxites sur le craton ouest-africain. *Sci. Géol.*, 41(1): 113-123.
- Boulangé, B. ve Millot, G.1998. La distribution des bauxites sur le craton Ouest-Africain. *Sci. Géol*, 41 (1): 113-123.
- Boulangé, B., Bouzat, G., Pouliquen, M. 1996. Mineralogical and geochemical characteristics of two bauxitic profiles, Fria, Guinea Republic. *Mineralium Deposita*, 31: 432-438.
- Braun, J.J., Pagel, M., Herbillon, A. ve Rosin, C. 1993. Mobilization and redistribution of REEs and thorium in a syenitic lateritic profile: a mass balance study. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 57: 4419–4434.
- Calagari, A.A. ve Abedini, A. 2007. Geochemical investigations on Permo-Triassic bauxite horizon at Kanisheeteh, east of Bukan, West-Azarbaidjan, Iran. *Journal of Geochemical Exploration* 94: 1–18.
- Chen, Q., Zeng, W., Chen, X., Gu, S., Yang, G., Zhou, H., ve Yin, Z. 1995. Investigation of the thermodynamic properties of γ -Al₂O₃. *Thermochimica Acta* 253: 33–39.
- Chesworth, W. 1978. Discussion: A working model of some equilibria in the system alumina-silica-water: *Amer. J. Sci.* 278: 1018-1023.
- Chibistov, B.V ve Kiritchenko, A.V. 1972. Rapport sur les résultats de la prospections

- détaillées du gisement des bauxites de Balaya et complément d'études des gisements de Debele et Mehengui-République de Guinée-1971-1972, Volume I, Chapitre II (yayınlanmamış), Conakry.
- Clittleborough, D.J. 1991. Indices of weathering for soils and paleosols formed on silicate rocks. *Australian Journal of Earth Sciences* 38, 1 15- 120.
- Condie, K.C. 1991. Another look at rare-earth elements in shales. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 55: 2527–2531.
- Davis, C. 1986. *Statistics and Data Analysis in Geology*. John Wiley & Sons Inc., New York, 640 pp.
- De Carlo EH, Wen XY, Irving M (1998). The influence of redox reactions on the uptake of dissolved Ce by suspended Fe and Mn oxide particles. *Aquat Geochem* 3: 357–389.
- Declaire L. 1955, 1957. Cartes géologique au 1:500 000 et Notices Explicative sur les feuilles, (yayınlanmamış), Conakry et O. Dakar,
- Diallo D., Kiritchenko, A., Chibistov B.V. ve Mojjerine I.G. 1972. Rapport sur les Résultats de la Prospection Détaillée du Gisement de Bauxite de Balaya et le Complément d'Etudes des Gisements de Debele et Méhégui (OSRG, République de Guinée). Vol. IV; Livre 2. Gisement Balaya. DNG, Conakry; OZGEO, (yayınlanmamış), Moscou.
- Diallo D., Kiritchenko, A., Chibistov B.V. ve Mojjerine I.G. 1972. Rapport sur les Résultats de la Prospection Détaillée du Gisement de Bauxite de Balaya et le Complément d'Etudes des Gisements de Debele et Méhégui (OSRG, République de Guinée). Vol. III. Tableau des Matériaux Primaires et du Contrôle des Travaux de Prospection et de Recherches Géologiques. DNG, Conakry; OZGEO, (yayınlanmamış), Moscou.
- Diallo D., Kiritchenko, A., Chibistov B.V. ve Mojjerine I.G. 1972. Rapport sur les Résultats de la Prospection Détaillée du Gisement de Bauxite de Balaya et le Complément d'Etudes des Gisements de Debele et Méhégui (OSRG, République de Guinée). Vol. IV; Livre 1. Gisement Debele. (Gite nord-ouest). DNG, Conakry; OZGEO, (yayınlanmamış), Moscou.
- Esmaily, D., Rahimpour-Bonab, H., Esna-Ashari, A. ve Kananian, A. 2010. Petrography and geochemistry of the Jajarm Karst bauxite ore deposit, NE Iran: implications for source rock material and ore genesis. *Turkish Journal of Earth Sciences* 19: 267–284.
- Eswaran, H., Stoops, G. ve De Paepe, R. 1973. A contribution to the study of soil formation on Isla Santa Cmz, Galiipagos. *Pedologie*, 23:100- 122.
- Fedo, C.M., Nesbitt, H.W., Young, G.M. 1995. Unravelling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology* 23, 921–924.
- Gow, N.N. ve Lozej, G.P. 1993. Bauxite. *Geoscience Canada*, [S.1.]: 1911-4850.
- Gu, J., Huang, Z., Fan, H., Jin, Z., Yan, Z. ve Zhang, J. 2013. Mineralogy, geochemistry, and genesis of lateritic bauxite deposits in the Wuchuan-Zheng'an-Daozhen area, Northern Guizhou Province, China. *J. Geochem. Explor.* 130: 44–

59.

- Hanilci, N. 2013. Geological and geochemical evolution of the Bolkardağ bauxite deposits, Karaman, Turkey: transformation from shale to bauxite. *J. Geochem. Explor.* 133: 118–137.
- Hao X., Leung, K., Wang, R., Sun, W. ve Li Y. 2010. The geomicrobiology of bauxite deposits. *Geoscience Frontiers*,1(1): 81-89.
- Harnois, L. 1988. The CIW index: a new Chemical Index of Weathering. *Sedimentary Geology* 55, 3 19-322.
- Hemingway, B. S. 1982. Gibbs free energies of formation for bayerite, nordstrandite, $Al(OH)_2^+$, aluminum mobility, and the formation of bauxites and laterites: in *Advances in Physical Geochemistry*, Vol. 2, S. K. Saxena, ed., SpringerVerlag, New York: 285-315.
- Howarth, R. J. 1993. *Statistics and Data Analysis in Geochemical Prospecting, Handbook of Exploration Geochemistry.* Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 2: 44–75.
- Irfan, T.Y. 1996. Mineralogy, fabric properties and classification of weathered granites in Hong Kong. *QJ Eng Geol* 29:5-35.
- Kaiser, H.F. 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- Karadağ, M., Küpeli, S., Arýk F., Ayhan, A., Zedef, V. ve Döyen, A. 2009. Rare earth element (REE) geochemistry and genetic implications of the Mortaş bauxite deposit (Seydişehir/Konya–Southern Turkey). *Chemie Erde-Geochem* 69: 143–159.
- Keller, W. D. 1978. Diaspore recrystallized at low temperature: *Amer. Mineral.* 63: 326-329.
- Kloprogge, J.T., Duong, L.V., Wood, B. J. ve Frost, R.L. 2006. XPS study of the major minerals in bauxite: Gibbsite, bayerite and (pseudo)boehmite. *Journal of Colloid and Interface Science* 296 (2): 572-576.
- Kloprogge, J.T., Ruan, H.D. ve Frost, R.L., 2002. Thermal decomposition of bauxite minerals: infrared emission spectroscopy of gibbsite, boehmite and diaspore. *Journal of Materials Science* 37: 1121–1129.
- Koppi, A.J., Edis, R., Field, D.J., Geering, H.R., Klessa, D.A., ve Cockayne, D.J.H. 1996. Rare earth element trends and cerium–uranium–manganese associations in weathered rock from Koongarra, northern territory, Australia. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60: 1695–1707.
- Lacroix A. 1914: *Les Bauxites de Guinée.* C.R. Acad. Sci., vol. CLVIII, Paris.
- Lebrich, A. 1892. Beitrag zur Kenntnis der Bauxitez vom Vogelsberg. *Ber. Oberhess. Ges. Natur. Heilk., Giessen, Naturw. Abt.*, 28: 57-98.
- Lelong, F., Tardy, Y., Grandin, G., Trescases, J. J. ve Boulange, B. 1976. Pedogenesis, chemical weathering, and processes of formation of some supergene ore deposits, pp. 93-173 in K. H. Wolf, Ed., *Handbook of Stratabound and Stratiform Deposits*, vol. 6, New York: Elsevier. Lindgren, W., 1933. *Mineral*

Deposits, 4th ed.

- MacLean, W.H. ve Barrett, T.J. 1993. Lithochemical techniques using immobile elements. *Journal of Geochemical Exploration* 48: 109–133.
- MacLean, W.H., Bonavia, F.F. ve Sanna, G. 1997. Argillite debris converted to bauxite during karst weathering: evidence from immobile element geochemistry at the Olmedo Deposit, Sardinia. *Mineralium Deposita* 32: 607–616.
- Maclean, W.H. 1990. Mass change calculations in altered rock series. *Mineralium Deposita* 25: 44–49.
- Makténék I., Mamedov V., Lébédév, V. ve Bah I. 1987. Carte du potentiel bauxitique de la Région Debele-Kindia. Ministère des ressources naturelles, de l'énergie et de l'environnement de la République de Guinée (yayınlanmamış).
- Mamedov V.I., Bouféév Y.V. ve Nikitine Y.A. 2010. Géologie de la République de Guinée. . Min. des Mines et de la Géologie Rép. de Guinée ; GEOPROSPECTS Ltd ; Univ.e d'Etat de Moscou Lomonossov (Fac. Géol.) – Conakry-Moscou ; Aquarel, 2010.-314p.
- Mamedov V.I., BouféévY.V., NikitineY.A. ve Mamedov A.I. 2010. Banque des données des gisements et indices de minéraux utiles. Min. des Mines et de la Géologie Rép. de Guinée ; GEOPROSPECTS Ltd ; Univ.e d'Etat de Moscou Lomonossov (Fac. Géol.) – Conakry-Moscou ; Aquarel, 2010. – 264 p.
- Maynard, J.B. 1992. Chemistry of modern soils as a guide to interpreting Precambrian paleosols. *Journal of Geology* 100, 279-289.
- Maynard, J.B., Sutton, S.J., Robb, L.J., Ferraz, M.F., Meyer, E.M. 1995. A paleosol developed on hydrothermally altered granite From the hinterland of the Witwatersrand basin: characteristics of a source of basin fill. *Journal of Geology* 103, 357-377.
- Meshram, R.R., Randive, K.R. 2011. Geochemical study of laterites of the Jamnagar district, Gujarat, India: implications on parent rock, mineralogy and tectonics. *Journal of Asian Earth Sciences* 42: 1271–1287.
- Mondillo N., Balassone G., Boni M. and Rollinson G.G. 2011. Karst bauxites in the Campania Apennines (southern Italy): a new approach. *Periodico di Mineralogia*, 80 (3), 407-432.
- Mordberg, L.E. 2001. Mineralogy and geochemistry of trace elements in bauxites: the Devonian Schugorsk deposit, Russia. *Mineralogical Magazine* 65 (1): 81–101.
- Mordberg, L.E. ve Spratt, J. 1998. Alteration of zircons: the evidence of Zr mobility during bauxitic weathering. *Goldschmidt Conference Toulouse*, pp. 1021–1022.
- Mordberg, L.E., Nesterova, E.N. 1996. Palaeozoic bauxite deposits of North Onega basin, Russia: evidence as to genesis. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy Section B-Applied Earth Science* 105, B200–B205
- Nesbitt, H.W., Young, G.M. 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutite. *Nature* 299, 715–717.
- Newsome, J. W., Heiser, H. W., Russell, A. S., ve Stumpf, H. C. 1960. Alumina properties: Alcoa Research Lab. Tech. Paper 10 [2d revision], 88 p.

- Norrish, K., and Taylor, R. M. 1961. The isomorphous replacement of iron by aluminium in soil goethites: soil Sci. Jour, 12(2): 294-306.
- Ohta A., Kawabe, I. 2001. REE(III) adsorption into Mn dioxide (α -MnO₂) and Fe oxyhydroxide: Ce(III) oxidation by α -MnO₂. Geochim Cosmochim Acta 65: 695–703.
- Patterson, S.H. 1967. Bauxite Reserves and Potential Aluminum Resources of the World. Geological survey bulletin 1228. Washington.
- Patterson, S.H., Kurtz, H.F., Olson, J.C ve Neeley, C.L. 1986. World bauxite resources. U.S. Geological Survey. Professional paper no. 1076B. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Pearson K..1895. Notes on regression and inheritance in the case of two parents, Proceedings of the Royal Society of London, 58 : 240-242.
- Petrov P., Samokhvalov M. ve Makstenek, I. 1971 Rapport sur les Résultats de la Prospection Détaillée du Gisement Bauxitique de Balandougou et Méchéngui (OSRG , République de Guinée) Effectuée de 1970 à 1971, Vols. I-VII. DNG, Conakry; OZGEO, (yayınlanmamış), Moscou.
- Pokrovsky, O.S., Schott, J. ve Dupre, B. 2006. Trace element fractionation and transport in boreal rivers and soil porewaters of permafrost-dominated basaltic terrain in Central Siberia. Geochimica et Cosmochimica Acta 70: 3239–3260.
- Prasad, G., 1983. A review of the early Tertiary bauxite event in South America, Africa and India. Journal of African Earth Sciences, 1(3–4), 305-313.
- Price, J.R., Velbel, M.A. 2003. Chemical weathering indices applied to weathering profiles developed on heterogeneous felsic metamorphic parent rocks. Chemical Geology 202, 397–416.
- Ruxton, B.P. 1968. Measures of the degree of chemical weathering of rocks. Journal of Geology 76, 5 18-527.
- Schellmann, W. 1982. Eine neue Lateritdefinition. Geologisches Jahrbuch — Reihe D 58, 31–47.
- Schroll, E., Sauer, D. 1968. Beitrag zur Geochemie von Titan, Chrom, Nickel, Cobalt, Vanadium und Molybdän in bauxitischen Gesteinen und das Problem der stofflichen Herkunft des Aluminiums. Travaux du ICSOBA, 5 83–96.
- Seliverstov Y.P vd.1970. Carte géologique de la République de Guinée. Echelle : 1/200 000. Feuille C-28-XVII et partie sud e la feuille C-28-XV, (yayınlanmamış).
- Seliverstov, Y.N. 1965. Géomorphologie de Guinée et ses questions principales. Edition AS URSS, série géographie N°1, (yayınlanmamış).
- Simons, J.E. 1999b. Storage containers and labels for fluid-preserved collectionq. Conserve O Gram 11(4): 1-4.
- Stigler, Stephen M. 1989. Francis Galton's Account of the Invention of Correlation. Statistical Science.
- Sun, S.S., McDonough, W.F. 1989. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes. Geological

- Society, London, Special Publications, 42, pp. 313–345.
- Tardy Y. ve Nahon D. 1985. Geochemistry of laterites, stability of Al-goethite, Al-hematite and Fe³⁺-kaolinite in bauxites and ferricretes : an approach to the mechanism of concretion formation. *Amer. J. Sei.*, 285, p. 865-903.
- Tardy, Y. 1997. *Petrology of Laterites and Tropical Soils*. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., 408 pp.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M. 1981. The Composition and Evolution of the Continental-Crust - Rare-Earth Element Evidence from Sedimentary-Rocks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 301(1461), 381-399.
- Traoré D. L., Traoré S., Diakitè S. 2014. Bauxite Industry in Guinea and Value Opportunities of the Resulting Red Mud as Residue for Chemical and Civil Engineering Purposes. *Journal of Civil Engineering Research* 4(1): 14-24.
- Valeton I., 1991. Bauxites and associated terrestrial sediments in Nigeria and their position in the Bauxite belts of Africa. *Journal of African Earth Sciences (and the Middle East)*, 12, 297-310.
- Valeton, I. 1972. *Bauxites, Developments in Soil Science 1*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 215p.
- Wefers, K. ve Misra C. 1987. Oxides and hydroxides of Aluminum. ALCOA. Laboratories-Aluminum Company of America, Paper No. 19.
- Weisse, J. G. De 1948. Bauxites of Central Europe (Dinaric province and Hungary). *Societe Vaudoise des Sciences Naturelles*, Thesis 58, 9, 162 pp (in French).
- Yusoff, Z.M., Ngwenya B.T. ve Parsons I. 2013. Mobility and fractionation of REEs during deep weathering of geochemically contrasting granites in a tropical setting, Malaysia. *Chem Geol* 349–350:71–86.
- Zamanian H., Ahmadnejad, F. ve Zarasvandi, A. 2015. Mineralogical and geochemical investigations of the Mombi bauxite deposit, Zagros Mountains, Iran. *Chemie der Erde – Geochemistry*, 76: 13-37.
- Zans, V. A. 1961. Classification and genetic types of bauxite deposits: Inter-Guiana Geological Conference, 5th, Georgetown, British Guiana, 1959, Proceedings, p. 205-211.
- Zarasvandi, A., Carranza, E.J.M. ve Ellahi, S.S. 2012. Geological, geochemical, and mineralogical characteristics of the Mandan and Deh-now bauxite deposits, Zagros Fold Belt, Iran. *Ore Geol. Rev.* 48: 125–138.

8. EKLER

EK -1. Debele platosundan boksitler, arjillitler, ferritler ve kaolinitler temsilli örneklerin major (wt.%), iz ve REE (ppm) jeokimyasal analizi (ASK= Ateşte Su Kaybı, Top= toplam)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅
D-1	0.35	54.40	15.60	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	1.81	0.04
D-3	1.08	51.90	15.00	0.02	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	2.13	0.11
D-5	47.70	32.80	3.71	0.10	0.50	0.17	5.93	<0.01	1.77	0.05
D-8	1.12	59.70	4.37	<0.01	<0.01	<0.01	0.11	<0.01	3.10	0.05
D-9	18.00	15.30	51.70	<0.01	0.21	0.09	2.95	0.01	0.82	0.80
D-10	0.57	59.70	3.98	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	4.49	0.05
D-12	0.43	56.50	9.39	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	2.93	0.05
D-14	0.55	60.50	3.82	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	3.24	0.05
D-17	0.70	53.40	13.90	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	2.71	0.10
D-19	0.41	49.70	16.10	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	0.05	4.71	0.04
D-21	0.30	55.70	11.10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	2.43	0.07
D-23	1.59	47.00	23.10	<0.01	<0.01	0.01	0.11	<0.01	1.57	0.12
D-24	0.47	58.40	7.96	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	1.56	0.08
D-25	1.12	60.20	3.31	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	3.73	0.03
S-1	1.28	56.00	9.31	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	3.57	0.05
S-3	0.70	60.30	3.43	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	3.24	0.03
SR-4	2.74	11.10	69.70	<0.01	0.07	0.06	<0.01	0.03	1.51	0.08
	Cr ₂ O ₃	Ba	ASK	SO ₃	Sr	Top/C	Top/S	Ba	Be	Co
D-1	0.05	<0.01	27.22	0.080	<0.002	0.05	<0.02	14	<1	0.7
D-3	0.12	<0.01	28.40	0.039	0.003	0.42	<0.02	31	<1	1.0
D-5	0.02	0.08	6.67	0.012	0.019	0.04	<0.02	732	2	4.7
D-8	0.08	<0.01	30.88	0.040	<0.002	0.06	<0.02	31	<1	0.9
D-9	0.03	0.03	9.35	0.043	0.008	0.09	<0.02	361	5	3.9
D-10	0.09	<0.01	30.26	0.057	<0.002	0.05	<0.02	26	<1	0.8
D-12	0.14	<0.01	30.01	0.036	<0.002	0.04	<0.02	19	<1	1.8
D-14	0.10	<0.01	31.26	0.042	<0.002	0.05	<0.02	82	<1	0.9
D-17	0.08	<0.01	27.99	0.027	0.005	0.07	<0.02	68	<1	1.5
D-19	0.45	<0.01	27.45	0.050	<0.002	0.07	<0.02	9	<1	14.0
D-21	0.36	<0.01	29.55	0.070	0.003	0.09	<0.02	36	<1	0.9
D-23	0.24	<0.01	25.82	0.103	0.003	0.18	<0.02	43	<1	0.7
D-24	0.15	<0.01	31.11	0.048	0.003	0.07	<0.02	46	<1	0.7
D-25	0.11	<0.01	30.95	0.047	<0.002	0.04	<0.02	26	<1	1.5
S-1	0.08	<0.01	29.18	0.047	0.003	0.03	<0.02	73	<1	0.9
S-3	0.16	<0.01	31.59	0.045	<0.002	0.05	<0.02	20	<1	0.6
SR-4	0.66	<0.01	14.54	0.292	0.004	0.08	0.03	19	<1	8.4

EK-1'nin devamı

	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V
D-1	<0.1	59.3	9.9	40.8	0.6	7	19.3	2.6	46.6	2.6	348
D-3	<0.1	54.1	18.5	43.4	1.7	8	27.4	2.8	36.3	3.7	334
D-5	6.9	38.8	7.8	29.4	243.8	8	163.5	2.0	25.4	3.1	227
D-8	<0.1	82.2	19.7	57.2	4.2	9	22.7	3.8	43.2	4.2	174
D-9	3.1	20.6	3.6	13.6	104.5	3	55.6	1.0	13.9	2.7	245
D-10	<0.1	94.2	20.6	84.3	1.6	13	22.2	3.9	58.2	5.0	257
D-12	<0.1	69.3	12.3	52.6	0.2	8	19.0	3.3	37.5	3.4	224
D-14	<0.1	73.1	13.8	58.6	0.4	10	33.7	3.9	41.6	3.9	259
D-17	<0.1	52.8	14.3	48.5	0.5	7	74.1	3.4	29.1	3.1	276
D-19	<0.1	55.8	14.1	49.2	<0.1	6	12.0	3.1	22.5	2.5	570
D-21	<0.1	87.9	12.7	52.5	<0.1	8	34.6	3.3	45.5	3.3	559
D-23	<0.1	54.0	11.2	33.2	3.9	7	27.5	2.3	46.1	3.6	469
D-24	<0.1	53.7	8.6	30.4	0.5	5	43.9	2.0	39.3	2.7	190
D-25	<0.1	56.6	21.0	68.9	1.3	10	22.6	4.3	36.1	3.7	221
S-1	<0.1	72.8	16.2	65.7	<0.1	11	32.0	4.4	41.8	4.3	455
S-3	<0.1	59.1	14.1	61.0	1.0	9	15.7	4.2	26.7	3.8	252
SR-4	<0.1	23.4	3.6	8.8	<0.1	1	16.2	0.6	3.4	3.7	348
	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
D-1	3.3	360.7	21.9	30.1	49.6	5.04	15.3	2.60	0.57	2.90	0.52
D-3	4.1	709.5	44.0	42.6	80.1	8.86	31.7	6.06	1.32	6.87	1.23
D-5	3.4	282.4	30.4	25.6	48.2	5.04	17.5	3.56	1.03	4.18	0.79
D-8	4.9	756.0	55.1	46.5	83.8	7.79	24.6	4.57	1.17	6.65	1.33
D-9	1.4	132.2	22.5	16.3	31.9	3.92	15.5	3.20	0.75	3.49	0.63
D-10	7.5	760.9	47.6	29.3	53.3	5.17	17.7	3.44	0.95	5.13	1.07
D-12	4.5	450.3	32.3	34.1	62.1	6.23	20.9	3.92	0.98	4.50	0.83
D-14	5.9	507.8	36.0	48.7	98.6	10.07	34.8	6.38	1.27	5.89	1.02
D-17	3.9	545.8	27.5	96.9	191.3	21.49	75.0	13.37	2.43	9.67	1.37
D-19	2.9	534.0	13.8	12.5	26.0	2.08	6.8	1.28	0.32	1.42	0.28
D-21	4.4	479.8	28.9	46.1	83.2	9.19	32.1	5.73	1.32	5.25	0.88
D-23	3.0	388.3	23.9	26.1	47.4	5.02	17.6	3.19	0.81	3.62	0.64
D-24	2.8	326.4	28.9	55.3	104.3	12.62	45.7	8.19	1.68	7.20	1.12
D-25	5.1	799.0	34.2	25.4	52.9	6.01	23.9	4.57	0.88	5.01	0.86
S-1	7.6	595.9	41.9	43.7	82.9	8.94	31.1	6.42	2.13	6.45	1.11
S-3	5.7	516.5	44.0	15.6	29.3	2.99	11.4	2.68	0.87	3.65	0.85
SR-4	<0.5	135.9	4.8	14.4	23.2	2.69	10.2	2.07	0.57	1.89	0.27

EK-1'nin devamı

	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn
D-1	3.57	0.84	2.59	0.41	2.90	0.47	1.2	2.3	6.9	4
D-3	8.05	1.67	5.15	0.76	5.07	0.80	1.1	9.8	7.1	6
D-5	5.38	1.18	3.74	0.60	4.13	0.66	0.4	3.5	7.0	4
D-8	9.29	2.06	6.22	0.91	6.13	0.99	0.5	2.0	3.7	<1
D-9	4.26	1.01	3.30	0.53	3.82	0.57	1.3	10.7	4.2	89
D-10	7.66	1.87	5.83	0.94	6.42	1.01	0.3	1.4	4.0	<1
D-12	5.68	1.23	3.89	0.57	3.91	0.61	0.4	9.5	4.1	28
D-14	6.49	1.41	4.34	0.71	4.90	0.79	0.3	2.2	4.7	1
D-17	7.16	1.21	3.41	0.52	3.45	0.55	0.7	9.5	5.6	5
D-19	2.21	0.52	1.68	0.29	2.06	0.35	0.6	27.7	4.0	18
D-21	5.50	1.11	3.41	0.54	3.65	0.59	2.1	3.8	3.8	2
D-23	4.33	0.93	2.82	0.44	2.80	0.45	5.1	5.6	7.3	3
D-24	6.31	1.21	3.40	0.48	3.20	0.48	1.0	4.8	3.8	2
D-25	5.69	1.29	4.00	0.64	4.36	0.73	<0.1	3.0	3.7	1
S-1	7.13	1.71	5.50	0.88	6.18	0.99	0.8	7.0	6.5	3
S-3	6.42	1.65	5.63	0.89	6.26	0.97	0.4	1.0	2.7	1
SR-4	1.46	0.23	0.62	0.07	0.51	0.06	0.5	154.2	4.5	43
	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se
D-1	2.2	2.2	<0.1	1.9	0.8	0.1	<0.5	0.13	<0.1	<0.5
D-3	2.0	9.3	<0.1	0.9	0.7	0.1	0.6	0.11	<0.1	<0.5
D-5	4.4	2.4	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	1.1	<0.01	<0.1	<0.5
D-8	0.8	<0.5	<0.1	0.2	0.3	<0.1	<0.5	0.03	<0.1	<0.5
D-9	9.6	34.5	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.5	0.07	<0.1	<0.5
D-10	2.0	<0.5	<0.1	0.2	0.4	<0.1	<0.5	0.03	<0.1	<0.5
D-12	17.4	1.2	<0.1	0.5	0.2	<0.1	<0.5	0.03	<0.1	<0.5
D-14	4.5	0.6	<0.1	0.3	0.2	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1	<0.5
D-17	7.8	3.0	<0.1	0.4	0.3	<0.1	<0.5	0.02	<0.1	<0.5
D-19	67.7	1.8	<0.1	0.3	0.2	<0.1	<0.5	0.03	<0.1	<0.5
D-21	8.6	1.4	<0.1	0.6	0.3	<0.1	<0.5	0.03	<0.1	<0.5
D-23	5.0	32.1	<0.1	1.7	0.6	0.2	2.2	0.06	<0.1	<0.5
D-24	5.3	2.1	<0.1	0.5	0.2	<0.1	<0.5	0.04	<0.1	<0.5
D-25	8.4	<0.5	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.5	0.01	<0.1	<0.5
S-1	12.8	3.3	<0.1	0.6	0.3	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1	<0.5
S-3	4.8	0.6	<0.1	0.2	0.2	<0.1	<0.5	0.03	<0.1	<0.5
SR-4	45.1	10.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.2	0.04	<0.1	0.8

EK -2. Balaya platosundan temsili boksitler, arjillitler ve ferrit örneklerinde major (wt.%, iz ve REE(ppm) jeokimyasal analizleri (ASK= Ateşte Su Kaybı, Top= toplam)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅
BS-1	0.92	55.00	11.70	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	3.03	0.08
BS-2	5.50	50.10	14.10	<0.01	0.02	<0.01	0.04	<0.01	2.24	0.11
BS-3	1.94	49.70	19.00	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	2.44	0.09
BS-4	35.10	18.20	36.60	0.01	0.03	0.11	0.13	0.16	1.16	0.42
BS-5	0.81	55.00	14.70	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	2.42	0.10
BN-1	1.40	55.30	9.21	0.02	0.01	<0.01	0.05	<0.01	3.69	0.07
BN-3	0.41	54.30	12.60	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	3.37	0.08
BN-4	0.33	53.40	15.10	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	2.01	0.09
BN-5	0.63	56.10	10.10	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	3.24	0.06
BNR-7	2.43	14.50	63.80	<0.01	0.03	0.05	<0.01	0.03	2.94	1.12
BN-8	0.64	53.60	13.70	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	3.11	0.14
BE-1	0.52	50.90	18.00	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	2.56	0.07
BE-2	0.69	56.50	9.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	3.39	0.07
BE-4	0.58	61.00	1.60	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	3.70	0.05
BE-7	0.30	57.10	9.69	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	2.38	0.04
BE-11	10.60	20.80	58.40	0.04	0.14	0.07	1.31	0.01	1.29	0.10
BE-12	0.98	53.10	14.80	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	1.71	0.10
	Cr ₂ O ₃	Ba	ASK	SO ₃	Sr	Top/C	Top/S	Ba	Be	Co
BS-1	0.04	<0.01	28.99	0.045	0.006	0.06	<0.02	61	<1	0.3
BS-2	0.07	<0.01	27.09	0.036	0.003	0.55	<0.02	67	<1	1.2
BS-3	0.06	<0.01	26.44	0.091	0.005	0.19	<0.02	74	<1	0.7
BS-4	0.01	<0.01	7.35	0.025	0.010	0.03	<0.02	41	2	2.7
BS-5	0.04	<0.01	26.62	0.057	0.004	0.23	<0.02	30	<1	0.4
BN-1	0.11	<0.01	29.71	0.031	<0.002	0.24	<0.02	29	<1	1.7
BN-3	0.09	<0.01	28.91	0.030	<0.002	0.12	<0.02	23	<1	1.1
BN-4	0.07	<0.01	28.92	0.042	<0.002	0.24	<0.02	20	<1	0.8
BN-5	0.07	<0.01	29.71	0.054	<0.002	0.11	<0.02	42	<1	1.6
BNR-7	0.01	<0.01	15.32	0.177	0.003	0.09	<0.02	23	3	6.3
BN-8	0.11	<0.01	28.82	0.048	0.004	0.13	<0.02	41	<1	1.2
BE-1	0.08	<0.01	27.35	0.076	0.003	0.09	<0.02	61	<1	0.8
BE-2	0.06	<0.01	29.90	0.030	<0.002	0.14	<0.02	47	<1	3.0
BE-4	0.07	<0.01	31.38	0.048	<0.002	0.16	<0.02	29	<1	0.5
BE-7	0.08	<0.01	30.08	0.048	<0.002	0.05	<0.02	29	<1	0.5
BE-11	0.03	0.02	7.67	0.161	0.009	0.42	<0.02	261	2	2.3
BE-12	0.07	<0.01	29.11	0.044	0.003	0.26	<0.02	67	<1	0.4

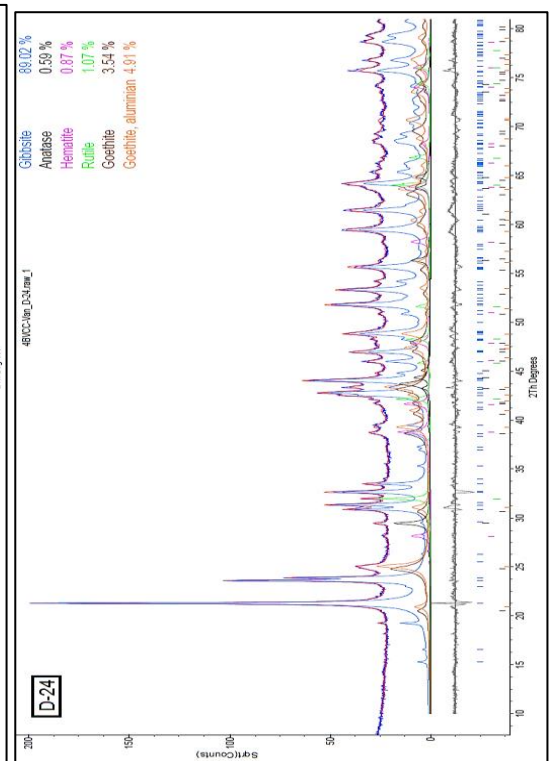
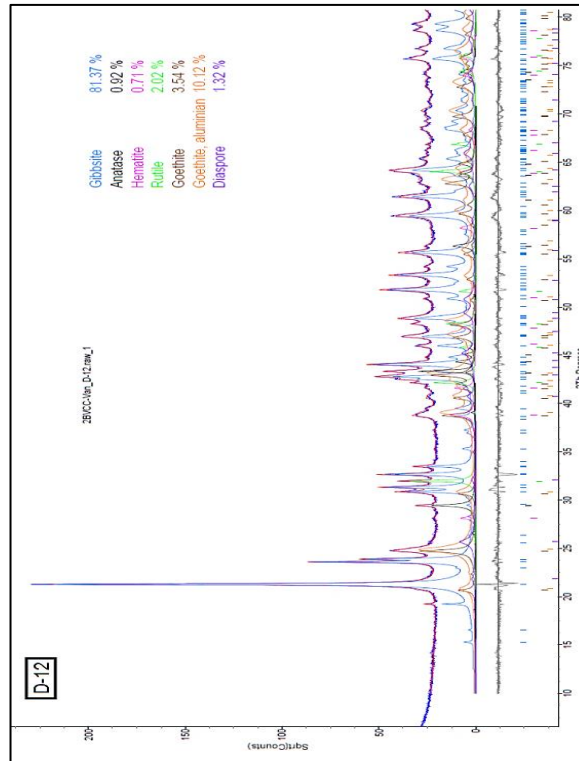
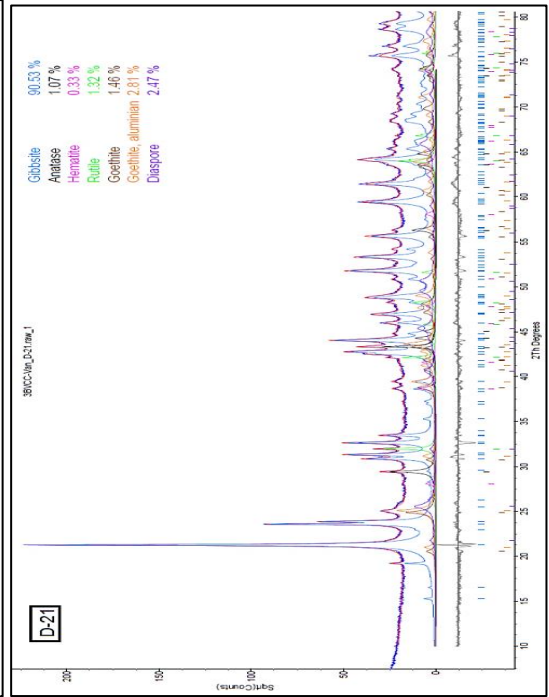
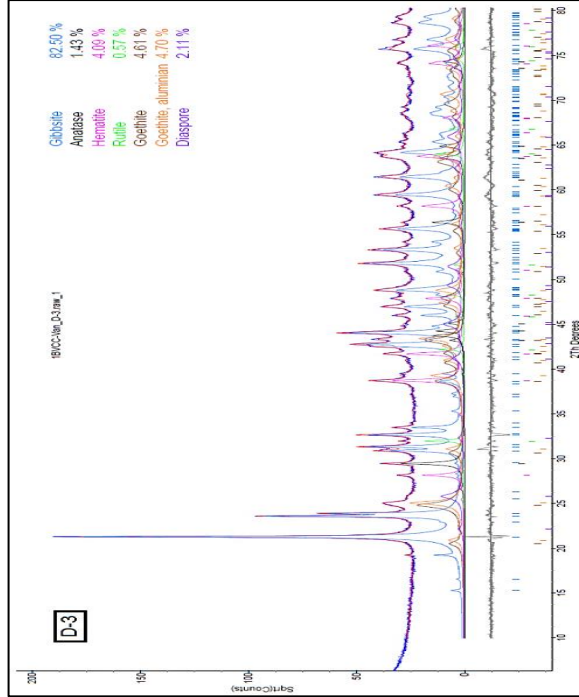
EK-2'nin devamı

	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V
BS-1	<0.1	70.8	15.0	57.2	1.0	10	55.2	3.7	46.2	5.1	344
BS-2	0.2	54.0	18.7	40.4	2.0	7	35.2	2.8	45.0	4.8	342
BS-3	<0.1	62.1	17.7	46.9	1.7	8	45.9	3.4	57.3	4.3	400
BS-4	<0.1	20.3	6.7	16.3	3.6	3	80.2	1.3	14.8	2.3	140
BS-5	<0.1	62.1	13.6	45.6	0.1	8	39.8	3.1	41.1	5.0	293
BN-1	<0.1	76.5	24.3	67.7	1.6	10	29.1	4.3	43.8	4.3	403
BN-3	<0.1	85.3	20.6	65.5	0.1	9	24.2	4.3	45.4	4.1	503
BN-4	<0.1	50.9	12.0	39.1	0.1	6	19.1	2.5	34.3	2.9	332
BN-5	<0.1	75.8	15.4	51.8	0.8	7	33.9	3.4	37.4	3.7	369
BNR-7	<0.1	23.5	6.0	17.5	<0.1	2	3.7	1.0	3.7	6.4	505
BN-8	<0.1	90.3	20.6	60.0	0.1	10	43.6	4.1	50.3	4.4	578
BE-1	<0.1	76.5	13.7	46.5	0.4	7	39.4	3.0	37.8	3.5	537
BE-2	<0.1	78.3	18.4	65.5	0.5	9	34.3	4.1	42.0	4.4	407
BE-4	<0.1	80.7	21.2	73.1	<0.1	11	31.3	3.8	59.8	5.4	221
BE-7	<0.1	66.9	16.1	49.6	<0.1	8	30.9	3.4	35.4	3.2	447
BE-11	1.5	29.1	6.9	22.9	49.7	4	62.6	1.6	29.0	3.6	367
BE-12	<0.1	70.0	9.6	32.6	0.9	6	33.5	2.1	31.2	3.1	417
	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
BS-1	4.7	567.4	45.9	57.9	114.1	11.65	42.1	7.82	1.73	7.68	1.34
BS-2	3.7	686.8	29.6	36.0	66.1	6.23	20.1	3.81	0.96	4.26	0.82
BS-3	4.1	661.8	32.2	38.2	72.8	7.34	25.0	4.63	1.10	4.94	0.89
BS-4	1.3	255.3	13.7	59.2	107.5	12.33	42.9	7.30	1.81	5.12	0.55
BS-5	3.6	501.8	29.7	58.9	101.5	9.50	29.9	4.67	0.96	4.59	0.82
BN-1	5.8	925.5	38.2	27.9	52.6	5.29	17.4	3.28	0.86	4.08	0.86
BN-3	5.4	784.8	39.3	25.6	51.4	4.91	16.3	3.32	0.83	4.12	0.88
BN-4	3.3	429.7	22.5	18.1	34.3	3.35	10.9	2.12	0.54	2.75	0.55
BN-5	3.4	608.4	31.9	33.1	62.9	6.86	24.6	4.99	1.22	5.47	0.96
BNR-7	0.5	229.8	11.1	12.8	25.6	2.17	7.2	1.84	0.57	1.94	0.43
BN-8	5.3	753.7	36.5	44.4	80.9	8.55	29.2	5.01	1.11	5.26	0.98
BE-1	4.5	510.1	33.3	41.2	75.8	8.41	29.8	5.52	1.30	5.85	1.04
BE-2	5.3	699.9	45.5	31.0	73.4	5.94	21.3	4.19	1.17	5.84	1.17
BE-4	5.8	795.1	37.7	40.8	76.5	7.06	21.7	3.92	0.89	4.16	0.86
BE-7	3.7	607.9	25.6	30.5	52.7	5.51	18.4	3.08	0.70	3.15	0.61
BE-11	2.1	258.5	21.8	21.8	34.4	3.37	12.2	2.72	0.76	3.20	0.60
BE-12	2.8	356.5	28.2	28.4	54.3	5.66	20.6	3.77	0.91	4.62	0.84

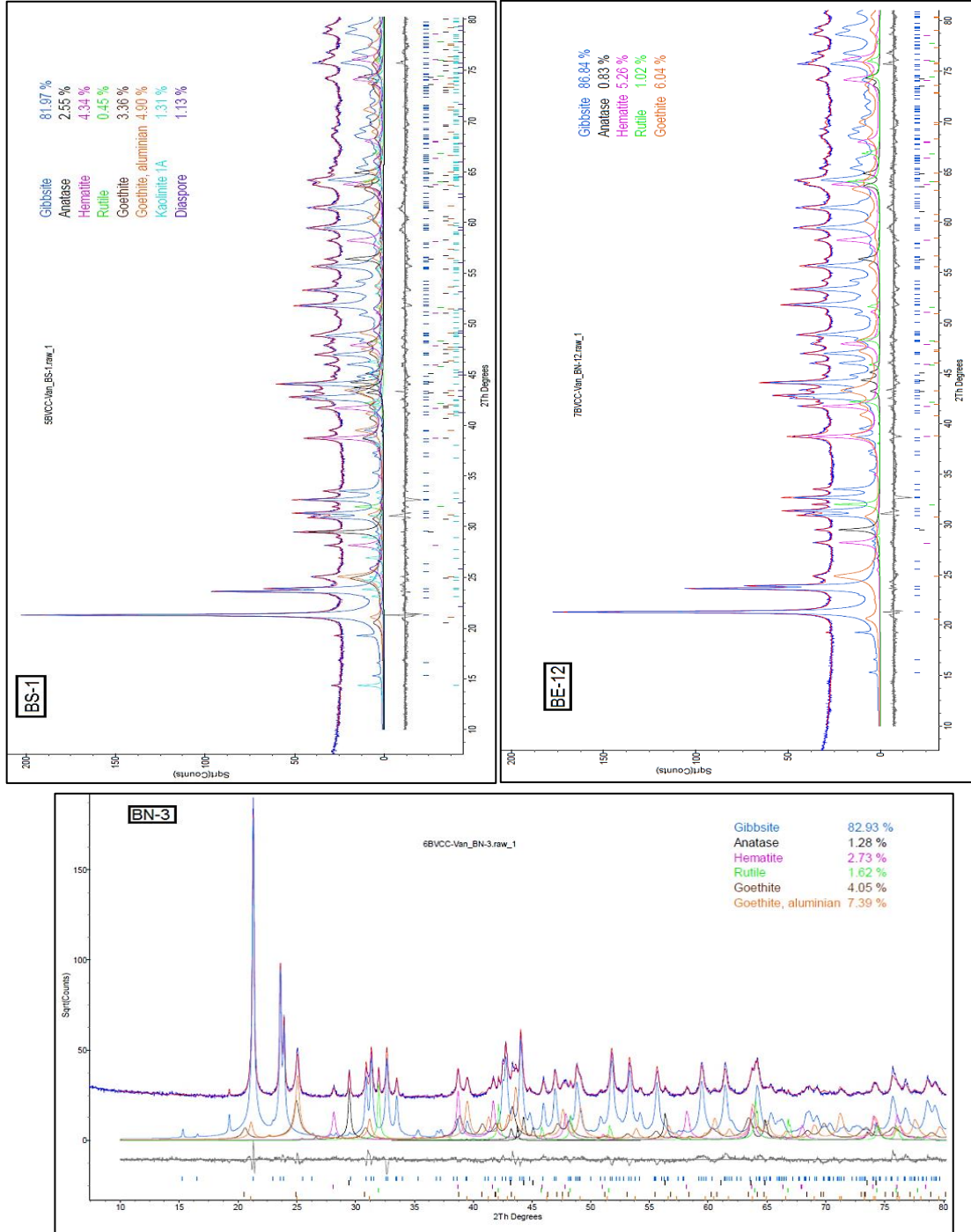
EK-2'nin devamı

	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn
BS-1	8.30	1.84	5.72	0.89	6.06	0.95	1.0	1.8	9.3	1
BS-2	5.34	1.23	3.77	0.55	4.01	0.63	1.9	10.6	10.7	3
BS-3	5.86	1.31	4.04	0.64	4.18	0.68	1.8	8.4	9.9	3
BS-4	2.53	0.52	1.58	0.25	1.92	0.29	0.6	9.1	46.5	47
BS-5	5.40	1.21	3.77	0.60	4.08	0.66	0.6	2.9	7.7	1
BN-1	6.07	1.48	4.56	0.76	5.25	0.85	1.0	1.8	5.4	1
BN-3	6.13	1.44	4.78	0.77	5.32	0.87	0.9	2.4	5.7	1
BN-4	4.03	0.87	2.87	0.45	3.06	0.49	1.1	2.2	4.3	1
BN-5	6.11	1.31	3.95	0.60	3.96	0.66	1.0	3.8	5.7	2
BNR-7	2.85	0.63	2.04	0.31	2.24	0.33	1.6	336.7	9.6	32
BN-8	6.26	1.34	4.47	0.70	5.04	0.82	2.3	2.7	14.6	3
BE-1	6.70	1.38	4.09	0.63	4.22	0.64	2.4	2.5	9.9	2
BE-2	7.80	1.79	5.53	0.82	5.52	0.88	0.9	4.8	9.4	2
BE-4	6.23	1.48	4.91	0.79	5.62	0.91	0.4	0.5	4.6	<1
BE-7	4.17	0.99	3.19	0.52	3.57	0.58	1.0	2.0	6.2	3
BE-11	3.98	0.87	2.76	0.43	3.05	0.48	2.4	5.3	17.9	26
BE-12	5.41	1.11	3.37	0.50	3.38	0.53	2.6	1.5	7.9	<1
	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se
BS-1	0.6	10.0	<0.1	0.8	0.5	0.1	<0.5	0.21	<0.1	<0.5
BS-2	2.4	11.9	<0.1	1.1	0.6	0.3	<0.5	0.13	<0.1	<0.5
BS-3	1.2	7.9	<0.1	0.9	0.6	0.2	<0.5	0.12	<0.1	<0.5
BS-4	6.2	5.1	<0.1	0.2	0.1	0.1	2.0	0.12	0.3	<0.5
BS-5	1.1	0.8	<0.1	0.6	0.5	0.4	<0.5	0.30	<0.1	<0.5
BN-1	2.6	3.5	<0.1	0.4	0.3	<0.1	1.3	0.12	<0.1	<0.5
BN-3	2.1	6.8	<0.1	0.4	0.4	<0.1	<0.5	0.06	<0.1	<0.5
BN-4	0.8	14.5	<0.1	0.4	0.3	0.1	0.9	0.05	<0.1	<0.5
BN-5	1.0	4.4	<0.1	0.5	0.5	0.1	<0.5	0.08	<0.1	<0.5
BNR-7	10.7	7.3	<0.1	0.1	<0.1	0.4	<0.5	0.02	<0.1	<0.5
BN-8	2.3	21.5	<0.1	1.0	0.5	0.2	2.7	0.12	<0.1	<0.5
BE-1	1.4	17.2	<0.1	0.7	0.5	0.1	<0.5	0.06	<0.1	<0.5
BE-2	2.3	5.4	<0.1	0.5	0.5	<0.1	<0.5	0.02	<0.1	<0.5
BE-4	0.9	<0.5	<0.1	0.2	0.2	<0.1	<0.5	0.02	<0.1	<0.5
BE-7	2.3	9.6	<0.1	0.9	0.3	<0.1	1.0	0.04	<0.1	<0.5
BE-11	1.8	16.2	<0.1	0.8	0.2	0.1	1.1	0.01	<0.1	<0.5
BE-12	0.6	35.1	<0.1	0.8	0.4	0.2	<0.5	0.06	<0.1	1.1

EK-3. Débèle platosu örneklerinin Rietveld inceltme arsa (mavi çizgi - her adımda gözlemlenen yoğunluk; kırmızı çizgi - hesaplanmış desen; aşağıdaki katı gri çizgi - gözlemlenen ve hesaplanan yoğunluklar arasındaki fark; dikey çubuklar - tüm Bragg yansımalarının konumları). Renkli çizgiler, tüm fazların tek tek difraksiyon modelleridir



EK-3. Balaya platosu örneklerinin Rietveld inceltme arsa (mavi çizgi - her adımda gözlemlenen yoğunluk; kırmızı çizgi - hesaplanan desen; gözlemlenen ve hesaplanan yoğunluklar arasındaki farkın altındaki katı gri çizgi; dikey çubuklar - tüm Bragg yansımalarının konumları). Renkli çizgiler, tüm evrelerin bireysel kırınım desenleridir



EK-4. Debele boksitlerde (hem lateritik hem sedimanter) kimyasal elementlerin ve oksitlerin korelasyon katsayısı (r) değeri matrisi

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	LOI	SO ₃	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	
SiO ₂	1																													
Al ₂ O ₃	-0.249	1																												
Fe ₂ O ₃	0.193	0.975	1																											
CaO	0.227	-0.174	0.235	1																										
MgO	-0.252	-0.422	0.287	-0.077	1																									
Na ₂ O						1																								
K ₂ O	0.710	-0.166	0.144	0.054	-0.196		1																							
MnO	-0.252	-0.422	0.287	-0.077	0.000			1																						
TiO ₂	-0.117	0.291	-0.458	-0.236	0.512				1																					
P ₂ O ₅	0.375	-0.628	0.653	0.469	-0.217					1																				
Cr ₂ O ₃	-0.236	-0.486	0.390	-0.094	0.725						1																			
LOI	-0.226	0.941	-0.957	-0.162	0.316							1																		
SO ₃	0.191	-0.469	0.553	-0.191	-0.032								1																	
Ba	0.258	0.109	-0.088	-0.082	-0.362									1																
Be															1															
Co	-0.257	-0.418	0.279	-0.076	0.995											1														
Cs																	1													
Ga	-0.201	0.463	-0.472	0.246	-0.211													1												
Hf	0.387	0.337	-0.466	0.273	-0.050														1											
Nb	0.003	0.598	-0.691	-0.198	-0.082															1										
Rb	0.680	-0.134	0.122	0.117	-0.227																1									
Sn	-0.219	0.538	-0.596	-0.059	-0.333																	1								
Sr	-0.001	-0.066	0.121	-0.031	-0.317																		1							
Ta	0.140	0.597	-0.692	-0.221	-0.106																			1						
Th	0.087	-0.189	-0.092	-0.095	-0.529																				1					
U	0.438	0.446	-0.512	0.059	-0.436																					1				
V	0.003	-0.687	0.636	-0.014	0.522																						1			
W	0.157	0.592	-0.649	-0.108	-0.329																							1		
Zr	0.360	0.341	-0.470	0.295	-0.034																								1	
Y	0.336	0.614	-0.650	0.248	-0.524																									1
La	-0.046	0.039	0.023	0.043	-0.373																									
Ce	-0.035	0.046	0.004	0.038	-0.339																									
Pr	-0.037	0.031	0.024	0.053	-0.350																									
Nd	-0.021	0.041	0.008	0.066	-0.353																									
Sm	0.018	0.069	-0.028	0.085	-0.372																									
Eu	0.165	0.122	-0.097	0.064	-0.437																									
Gd	0.176	0.248	-0.219	0.218	-0.539																									
Tb	0.246	0.419	-0.410	0.274	-0.612																									
Dy	0.309	0.520	-0.534	0.303	-0.608																									
Ho	0.336	0.612	-0.644	0.226	-0.554																									
Er	0.330	0.616	-0.657	0.214	-0.518																									
Tm	0.316	0.627	-0.676	0.163	-0.482																									
Yb	0.283	0.645	-0.694	-0.136	-0.456																									
Lu	0.305	0.642	-0.696	-0.127	-0.437																									
Mo	0.437	0.692	-0.742	0.013	-1.000																									
Cu	-0.146	-0.617	0.484	0.142	0.892																									
Pb	0.447	0.663	-0.726	0.426	-0.161																									
Zn	-0.314	-0.327	0.269	0.021	0.460																									
Ni	-0.264	-0.415	0.278	-0.146	0.964																									
As	0.641	0.715	-0.725	0.175	-0.084																									
Cd																														
Sb	0.171	-0.628	0.764	0.156	-0.156																									
Bi	0.226	-0.507	0.605	0.497	-0.213																									
Ag	0.592	-0.604	0.619	-0.077	-0.077																									
Au	0.607	-0.627	0.634	-0.018	-0.082																									
Hg	-0.034	-0.435	0.545	0.550	-0.085																									
Tl																														
Se																														

EK-4 'nın devamı

Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se
1																												
.054	1																											
.040	.996	1																										
-.003	.998	.993	1																									
-.008	.972	.982	.997	1																								
.046	.963	.975	.990	.996	1																							
.238	.866	.868	.879	.881	.913	1																						
.407	.899	.898	.898	.900	.919	.904	1																					
.702	.724	.716	.698	.696	.729	.783	.934	1																				
.899	.467	.454	.420	.414	.457	.573	.756	.940	1																			
.990	.157	.144	.105	.100	.156	.353	.501	.770	.933	1																		
.988	.043	.033	.005	.008	.054	.279	.394	.684	.877	.988	1																	
.963	-.009	-.013	-.052	-.053	.012	.247	.334	.622	.823	.964	.989	1																
.947	-.039	-.041	-.080	-.081	-.014	.230	.297	.586	.791	.947	.980	.997	1															
.943	-.048	-.049	-.092	-.093	-.026	.216	.285	.572	.780	.940	.973	.994	.997	1														
-.358	-.084	-.111	-.085	-.086	-.113	-.107	-.189	-.274	-.318	-.365	-.375	-.385	-.419	-.425	1													
-.558	-.126	-.095	-.097	-.099	-.112	-.173	-.297	-.439	-.512	-.562	-.547	-.544	-.531	-.520	-.027	1												
-.214	.182	.162	.166	.147	.145	.183	.098	.018	.106	.181	.205	.211	.228	.222	.531	.074	1											
-.377	-.180	-.177	-.193	-.207	-.222	-.258	-.324	-.387	-.389	-.404	-.373	-.405	-.389	-.398	-.129	.652	-.053	1										
-.567	-.339	-.303	-.310	-.309	-.321	-.353	-.514	-.616	-.634	-.589	-.544	-.508	-.478	-.460	-.119	.922	-.179	.607	1									
-.245	-.118	-.125	-.103	-.097	-.110	-.108	-.142	-.197	-.217	-.251	-.258	-.271	-.310	-.315	.920	.042	.623	-.070	-.110	1								
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
-.425	-.102	-.151	-.129	-.154	-.187	-.203	-.280	-.379	-.424	-.436	-.437	-.452	-.459	-.466	.702	-.070	.788	-.020	-.194	.642	1							
-.082	-.072	-.121	-.117	-.142	-.163	-.188	-.125	-.124	-.100	-.101	-.112	-.130	-.149	-.150	.473	-.133	.794	-.169	-.327	.494	.845	1						
-.265	-.185	-.190	-.175	-.171	-.190	-.192	-.234	-.277	-.277	-.276	-.277	-.276	-.310	-.312	.917	-.033	.464	-.089	-.096	.962	.574	.355	1					
-.252	-.183	-.188	-.173	-.168	-.185	-.189	-.221	-.261	-.260	-.263	-.265	-.267	-.303	-.305	.920	-.025	.490	-.088	-.105	.975	.584	.385	.998	1				
-.178	-.152	-.203	-.185	-.206	-.236	-.314	-.224	-.228	-.207	-.216	-.220	-.265	-.273	-.288	.306	-.021	.605	.007	-.200	.304	.784	.905	.153	.186	1			
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	

EK- 5. Balaya boksitlerindeki (hem lateritik hem sedimanter) kimyasal elementlerin ve oksitlerin korelasyon katsayısı (r) değerleri matrisi

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	LOI	SO ₂	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr								
SiO ₂	1																																				
Al ₂ O ₃	-516	1																																			
Fe ₂ O ₃	203	-920	1																																		
CaO	061	090	-209	1																																	
MgO	944	-411	-113	-077	1																																
Na ₂ O						1																															
K ₂ O	599	-422	180	585	380		1																														
MnO	-092	206	-219	-077	-077			1																													
TiO ₂	-242	582	-673	-400	-257				1																												
P ₂ O ₅	358	-582	548	-136	311					1																											
Cr ₂ O ₃	-069	-018	-103	511	-039						1																										
LOI	-452	844	-867	-185	-341							1																									
SO ₂	-060	-409	523	-292	-209								1																								
Ba	511	-626	490	-238	354									1																							
Be															1																						
Co	069	089	-216	273	074											1																					
Cs	944	-411	-113	-077	000												1																				
Ga	-464	400	-391	128	-442													1																			
Hf	183	263	481	526	127														1																		
Nb	-294	633	705	349	-298															1																	
Rb	775	-518	239	393	563																1																
Sn	-180	552	-618	-310	-233																	1															
Sr	142	-239	253	-198	-006																		1														
Ta	-230	414	-472	371	-267																			1													
Th	190	127	-269	015	057																				1												
U	310	259	-382	052	236																					1											
V	-197	-410	443	011	-173																						1										
W	-167	383	439	405	-196																							1									
Zr	155	292	-506	539	096																								1								
Y	-119	-287	-372	174	-183																									1							
La	045	033	054	-216	-014																										1						
Ce	026	066	001	-229	-043																											1					
Pr	-016	-027	104	-215	-088																											1					
Nd	-049	070	146	224	-123																											1					
Sm	-027	-090	-124	-215	-103																												1				
Eu	024	-120	103	-159	-060																												1				
Gd	-036	-093	093	-161	-119																												1				
Tb	-041	009	-052	-059	-117																												1				
Dy	-085	115	-174	021	-160																												1				
Ho	-040	236	-332	149	-120																												1				
Er	-096	322	-411	119	-154																												1				
Tm	-166	379	-491	220	-235																												1				
Yb	-109	399	-497	225	-157																												1				
Lu	-131	439	-532	239	-181																												1				
Mo	277	-728	657	-143	224																												1				
Cu	830	-634	413	-167	737																												1				
Pb	332	-523	455	-255	275																												1				
Zn	407	-390	274	-253	392																												1				
Ni	293	-058	-115	407	330																												1				
Ag	020	-455	471	-222	039																												1				
Cd																																		1			
Sb	521	-626	550	-276	475																												1				
Bi	488	-698	641	-321	389																												1				
Ag	494	-366	389	-175	439																												1				
Al	-147	002	003	247	-132																												1				
Hg	218	-226	-318	077	114																												1				
Ti																																		1			
Se	-030	-122	159	-077	-077																													1			

EK-5'nin devamı

Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se
.335	1																											
.520	.968	1																										
.433	.960	.963	1																									
.468	.900	.928	.984	1																								
.553	.800	.866	.930	.974	1																							
.647	.667	.781	.828	.897	.968	1																						
.700	.635	.769	.795	.870	.941	.986	1																					
.855	.540	.709	.693	.764	.852	.931	.965	1																				
.928	.469	.652	.606	.665	.760	.854	.898	.979	1																			
.980	.411	.596	.510	.547	.638	.738	.777	.905	.964	1																		
.992	.389	.569	.472	.494	.573	.653	.697	.847	.923	.980	1																	
.972	.381	.536	.451	.457	.521	.577	.612	.769	.861	.944	.981	1																
.953	.380	.522	.433	.426	.479	.524	.556	.723	.819	.913	.967	.989	1															
.937	.351	.487	.395	.382	.433	.475	.507	.678	.780	.887	.951	.982	.994	1														
-.248	-.069	-.098	.049	.121	.128	.151	.157	.061	-.052	-.234	-.300	-.374	-.362	-.410	1													
-.118	-.003	.018	-.035	-.044	-.002	.085	.035	.010	-.046	-.034	-.101	-.191	-.189	-.193	.270	1												
.232	.455	.482	.515	.539	.502	.505	.514	.467	.364	.243	.218	.129	.155	.118	.649	.431	1											
-.194	.009	-.019	.034	.044	.033	.062	-.006	-.063	-.147	-.173	-.192	-.243	-.223	-.214	.421	.642	.610	1										
.179	-.261	-.250	-.300	-.319	-.325	-.235	-.233	-.084	-.034	.103	.131	.151	.206	.225	.019	.289	.259	.476	1									
-.307	-.198	-.215	-.089	.000	-.004	-.011	.034	-.055	-.158	-.338	-.362	-.432	-.413	-.456	.853	-.080	.400	.108	-.180	1								
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
-.213	.284	.234	.322	.351	.301	.263	.210	.080	-.080	-.176	-.226	-.296	-.271	-.303	.666	.546	.764	.730	.202	.492	b	b	b	b	b	b	b	b
.134	.404	.447	.459	.496	.525	.575	.561	.468	.343	.223	.124	.008	-.031	-.057	.443	.732	.725	.501	.058	.116	b	.641	1					
-.319	.476	.357	.290	.189	.041	-.068	-.069	-.164	-.246	-.270	-.294	-.327	-.289	-.288	.174	.443	.379	.158	-.016	.049	b	.442	.482	1				
.001	-.002	-.060	.019	.009	-.067	-.123	-.112	-.092	-.111	-.121	-.033	.019	.091	.120	.275	-.184	.451	.331	.439	.262	b	.268	-.093	-.004	1			
.053	.759	.677	.666	.599	.486	.352	.325	.215	.129	.109	.073	.093	.088	.081	.102	.142	.276	-.125	-.163	-.197	b	.287	.443	.704	.021	1		
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
-.242	-.203	-.206	-.165	-.104	-.111	-.109	-.035	-.088	-.143	-.249	-.291	-.344	-.351	-.372	.509	-.197	-.005	-.253	-.363	.759	b	.153	-.085	.132	-.132	-.146	b	1

EK-6. Debele platoların'ndann alınan boksit örnekler iz elementlerin minimum, standart sapma, maksimum ve ortalama konsantrasyon değerleri (Ort.=ortalama, St.= St. Sapma, Min.= Minimum, Mak.= Maksimum, ^a=çok mod var, N= örnek sayısı)

	N	Ort.	Mod	St.	Min.	Mak.		N	Ort.	Mod	St.	Min.	Mak.
P	14	271	218	128	131	524	V	14	328	174 ^a	134	174	570
Ti	14	17666	19440	5951	9360	28260	W	14	4.7	2.8 ^a	1.6	2.8	7.6
Cr	14	1073	544	789	340	3060	Zr	14	552	326.4 ^a	154	326	799
Ba	14	37.43	26 ^a	22.6	9	82	Y	14	34	28.9 ^a	11	13.8	55.1
Be	14	1	1	0	1	1	La	14	39	12.5 ^a	21	12.5	96.9
Co	14	1.92	0.9	3.49	0.6	14	Ce	14	75	26.0 ^a	41	26	191
Cs	14	0.1	0.1	0	0.1	0.1	Pr	14	8	2.08 ^a	4.8	2.08	21.5
Ga	14	66.06	52.8 ^a	14	52.8	94.2	Nd	14	28	6.8 ^a	17	6.8	75
Hf	14	14.79	14.1	3.92	8.6	21	Sm	14	5.2	4.57	3	1.28	13.4
Nb	14	53.31	30.4 ^a	14.4	30.4	84.3	Eu	14	1.2	1.32	0.6	0.32	2.43
Rb	14	1.16	0.1	1.34	0.1	4.2	Gd	14	5.3	1.42 ^a	2.1	1.42	9.67
Sn	14	8.43	7 ^a	2.1	5	13	Tb	14	0.9	.28 ^a	0.3	0.28	1.37
Sr	14	29.05	12.0 ^a	15.5	12	74.1	Dy	14	6.1	2.21 ^a	1.9	2.21	9.29
Ta	14	3.38	3.3 ^a	0.75	2	4.4	Ho	14	1.3	1.21	0.4	0.52	2.06
Th	14	39.32	22.5 ^a	9.15	22.5	58.2	Er	14	4.1	3.41	1.4	1.68	6.22
U	14	3.56	3.7	0.7	2.5	5	Tm	14	0.6	.29 ^a	0.2	0.29	0.94
Yb	14	4.38	2.06 ^a	1.46	2.06	6.42	Cd	14	0.1	0.1	0	0.1	0.1
Lu	14	0.7	0.99	0.23	0.35	1.01	Sb	14	0.6	0.2	0.6	0.1	1.9
Mo	14	1.04	.3 ^a	1.27	0.1	5.1	Bi	14	0.4	0.2	0.2	0.2	0.8
Cu	14	6.4	9.5	6.87	1	27.7	Ag	14	0.1	0.1	0	0.1	0.2
Pb	14	4.85	3.7 ^a	1.52	2.7	7.3	Au	14	0.6	0.5	0.5	0.5	2.2
Zn	14	5.43	1	7.86	1	28	Hg	14	0	0.03	0	0.01	0.13
Ni	14	10.66	2	17	0.8	67.7	Tl	14	0.1	0.1	0	0.1	0.1
As	14	4.22	0.5	8.34	0.5	32.1	Se	14	0.5	0.5	0	0.5	0.5

EK-7. Balaya platoların'ndann alınan boksit örnekler iz elementlerin minimum, standart sapma, maksimum ve ortalama konsantrasyon değerleri (Ort.=ortalama, St.= St. Sapma, Min.= Minimum, Mak.= Maksimum, a=çok mod var, N= örnek sayısı)

	N	Ort.	Mod	St.	Min.	Mak.		N	Ort.	Mod	St.	Min.	Mak.
P	14	358.5	305.5	112.5	174.6	611	V	14	400	221 ^a	96	221	578
Ti	14	16839	10260 ^a	3813	10260	22200	W	14	4.39	3.7 ^a	1	2.8	5.8
Cr	14	495.4	476	142.2	272	748	Zr	14	635	356.5 ^a	155	357	925.5
Ba	14	44.29	29	18.49	20	74	Y	14	34	22.5 ^a	6.9	22.5	45.9
Be	14	1	1	0	1	1	La	14	36.6	18.1 ^a	12	18.1	58.9
Co	14	1.01	.4 ^a	0.72	0.3	3	Ce	14	69.2	34.3 ^a	21	34.3	114.1
Cs	14	0.11	0.1	0.03	0.1	0.2	Pr	14	6.88	3.35 ^a	2.1	3.35	11.65
Ga	14	71.44	62.1 ^a	11.35	50.9	90.3	Nd	14	23.4	10.9 ^a	7.7	10.9	42.1
Hf	14	16.92	20.6	4.04	9.6	24.3	Sm	14	4.3	2.12 ^a	1.4	2.12	7.82
Nb	14	52.96	65.5	12.14	32.6	73.1	Eu	14	1.02	0.96	0.3	0.54	1.73
Rb	14	0.68	0.1	0.68	0.1	2	Gd	14	4.77	2.75 ^a	1.2	2.75	7.68
Sn	14	8.29	7 ^a	1.59	6	11	Tb	14	0.9	.82 ^a	0.2	0.55	1.34
Sr	14	35.39	19.1 ^a	9.11	19.1	55.2	Dy	14	5.99	4.03 ^a	1.2	4.03	8.3
Ta	14	3.43	3.4	0.68	2.1	4.3	Ho	14	1.34	1.31 ^a	0.3	0.87	1.84
Th	14	43.36	31.2 ^a	8.3	31.2	59.8	Er	14	4.22	3.77	0.8	2.87	5.72
U	14	4.16	4.3 ^a	0.78	2.9	5.4	Tm	14	0.66	0.6	0.1	0.45	0.89
Yb	14	4.52	3.06 ^a	0.93	3.06	6.06	Cd	14	0.1	0.1	0	0.1	0.1
Lu	14	0.73	0.66	0.15	0.49	0.95	Sb	14	0.66	0.4	0.3	0.2	1.1
Mo	14	1.35	1	0.71	0.4	2.6	Bi	14	0.44	0.5	0.1	0.2	0.6
Cu	14	3.42	1.8	2.8	0.5	10.6	Ag	14	0.16	0.1	0.1	0.1	0.4
Pb	14	7.95	5.7 ^a	2.88	4.3	14.6	Au	14	0.78	0.5	0.6	0.5	2.7
Zn	14	1.79	1	0.89	1	3	Hg	14	0.1	.06 ^a	0.1	0.02	0.3
Ni	14	1.54	2.3	0.75	0.6	2.6	Tl	14	0.1	0.1	0	0.1	0.1
As	14	10.65	.5 ^a	9.27	0.5	35.1	Se	14	0.54	0.5	0.2	0.5	1.1

ÖZGEÇMİŞ

MOUSSA SIDIBE

souwok@yahoo.fr



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2015-2018	Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Université Sidi Mohamed Ben Abdallah
2011-2014	Faculté des Sciences Dar El Mahraz, Yer ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fas

ESERLER

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

Sidibé M. ve Yalçın G. M. (2017). Kindia bölgesi Debele-Balaya bölgesi boksit yatakları ve jeolojisi (Gine, Batı Afrika). Uluslararası Katılımlı Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 40. Yıl Jeoloji Sempozyumunda (Özet Bildiri/Davetli Konuşmacı).