

Reşadiye (Tokat) Geç Kretase Volkano-Sedimanter Birimlerdeki Bentonitlerin Mineralojisi,
Jeokimyası ve Kökeni

Nergis Önalgil Uyanık

DOKTORA TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak 2022

Mineralogy, geochemistry and genesis of bentonites in the Upper Cretaceous volcano-sedimentary units of the Reşadiye (Tokat)

Nergis Önalgil Uyanık

DOCTORAL DISSERTATION

Department of Geological Engineering

January 2022

Reşadiye (Tokat) Geç Kretase Volkano-Sedimanter Birimlerdeki Bentonitlerin Mineralojisi,
Jeokimyası ve Kökeni

Nergis Önalgil Uyanık

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Mineraloji-Petrografi Bilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Selahattin Kadir

Bu tez ESOGÜ BAP tarafından “2018-2038” no’lu proje çerçevesinde desteklenmiştir.

Ocak 2022

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Selahattin Kadir danışmanlığında hazırlamış olduğum “Reşadiye (Tokat) Geç Kretase Volkano-Sedimanter Birimlerdeki Bentonitlerin Mineralojisi, Jeokimyası ve Kökeni” başlıklı DOKTORA tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 03/01/2022

Nergis Önalgil Uyanık

ÖZET

Çalışma alanı, Orta Karadeniz Bölgesi'nde Reşadiye (Tokat) ve çevresini kapsamakta ve Pontid orojenik kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Bu alan güneyde İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu ile sınırlandırılır. Çalışma alanında Kuzey Anadolu ve Kırıkkale-Erbaa faylarının etkileri görülmektedir. Bölgede yaygın olarak etkili olan diyajenetik süreçler Reşadiye (Tokat) bölgesinde Geç Kretase yaşlı birimlerde ekonomik potansiyele sahip önemli bentonit yataklarının oluşumuna sebep olmuştur. Sığ deniz ortamında riyolitik, dasitik ve trakiandezitik kayaların diyajenezi, ekonomik potansiyele sahip önemli Na ve Na-Ca bentonit yataklarının oluşumuna yol açmıştır. Bentonitler, heulandit-klinoptilolit, kaolinit, plajiyoklaz/K-feldispat, mika, kuvars, opal-CT, kalsit ve eser miktarda götit içermektedir. Simektitçe zengin kil fraksiyonları, esas olarak dioktahedral simektit ve montmorillonitik bileşim ile temsil edilir. Düşük pH (asidik) ve alkali fizikokimyasal çevre koşulları altında diyajenez, bentonitleşmede büyük rol oynar. Bentonit yataklarının dağılımlarının ve oluşum mekanizmalarının daha doğru anlaşılabilmesi için detaylı mineralojik (polarizan mikroskop, X-ışınları difraktometresi, diferansiyel termal analiz ve termal gravimetri, infrared spektrum), mikromorfolojik (taramalı elektron mikroskopu, enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi) ve jeokimyasal (kütle kazanç ve kayıp modellemesi ve mineral kimyası) ve taramalı elektron mikroskopu (SEM) analizleri yapılmış, duraylı izotop analizleri ile simektitlerin oluşum ortamları ve oluşum sıcaklıkları belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler bentonit oluşumunda etkili olduğu düşünülen diyajenetik süreçlerinin fiziko-kimyasal şartlarının açıklanmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Reşadiye, Tokat, Bentonit, Diyajenez, Volkanikler, Köken

SUMMARY

The study area covers the Reşadiye (Tokat) and the surrounding central Black Sea region within the Pontid orogenic belt. The southern border is the İzmir-Ankara-Erzincan suture zone. The effects of the North Anatolian and Kırıkkale-Erbaa faults are seen in the study area. Widespread tectonically-controlled diagenetic processes led to the formation of important bentonite deposits with economic potential in the Upper Cretaceous units of the Reşadiye (Tokat) area. Diagenesis of parent rhyolitic, dacitic, and trachyandesitic pyroclastics processes led to the formation of important Na and Na-Ca bentonite deposits with economic potential in a shallow marine environment. The bentonites contained heulandite-clinoptilolite, kaolinite, plagioclase/K-feldspar, mica, quartz, opal-CT, calcite, and accessory goethite. The smectite-rich clay fractions are represented mainly by dioctahedral smectite and montmorillonitic in composition. Diagenesis under low pH (acidic) and alkaline physicochemical environmental conditions play a major role to bentonitization. Mineralogical (polarized-light microscopy, X-ray powder diffractometry, infrared spectrum), micromorphological (scanning electron microscopy) and geochemical (major, trace- and rare-earth element changes in the alteration) studies were carried out in the restricted areas of the Reşadiye (Tokat) region. Mineralogical (polarized-light microscopy, X-ray powder diffractometry, differential thermal and thermogravimetry, infrared spectra), micromorphological (scanning electron microscopy, energy diffraction X-ray spectroscopy), and geochemical (mass gain and loss modeling and mineral chemistry) and scanning electron microscopy (SEM) studies, determination of environment and temperature for smectite formation using stable isotopes were made for better understanding of the distributions of bentonite deposits and their formation mechanisms. These data will be useful to explain the physicochemical conditions of the diagenetic processes hypothesized to have been operative in the formation of bentonite in this region.

Keywords: Reşadiye, Tokat, Bentonite, Diagenesis, Volcanics, Origin

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	vi
SUMMARY.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1. Arazi Çalışmaları.....	9
3.2. Mikroskop Çalışmaları.....	9
3.3. Kıl İçeren Örneklerin Saflaştırılması.....	10
3.4. X Işınları Difraktometre (XRD) Çalışmaları.....	10
3.5. Diferansiyel Termal Analizi-Termal Gravimetri (DTA-TG Analizi).....	11
3.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Çalışmaları.....	11
3.7. Fourier Dönüşümlü Kırmızı-Altı (FT-IR) Spektroskopisi Analizi.....	11
3.8. Kimyasal Analizler.....	12
3.9. Kütle Kayıp ve Kazanç Hesaplamaları.....	12
3.10. Duraylı İzotop Analizleri (O ve H).....	13
4. JEOLojİ.....	14
4.1. Bölgesel Jeoloji.....	14
4.1.1. Zinav Kireçtaşı.....	16
4.1.2. Mesudiye Formasyonu.....	16
4.1.3. Reşadiye Formasyonu.....	16

İÇİNDEKİLER (devamı)

Sayfa

4.1.3.1. <u>Bereketli üyesi</u>	17
4.1.3.2. <u>İğdir kireçtaşı üyesi</u>	17
4.1.4. Kuvaterner birimleri.....	17
4.2. Arazi Çalışmaları ve Örneklemeler.....	17
4.2.1. Bereketli üyesi litofasiyes özellikleri.....	17
4.2.1.1. <u>Çamurtaşı</u>	17
4.2.1.2. <u>Bentonit</u>	18
4.2.1.3. <u>Tüf</u>	18
4.2.2. Tokat-Reşadiye bentonit ocaklarının genel değerlendirmesi.....	18
4.2.2.1. <u>Pertek bentonit ocağı (PRT)</u>	19
4.2.2.2. <u>Kuruköprü bentonit ocağı (KRK)</u>	20
4.2.2.3. <u>Güvendik bentonit ocağı (GVD)</u>	22
4.2.2.4. <u>İbrahimşeyh bentonit ocağı (IBS)</u>	24
4.2.2.5. <u>Yolüstü bentonit ocağı (YLU)</u>	26
4.2.2.6. <u>Köryakup bentonit ocağı (KYP)</u>	28
5. ANALİZ SONUÇLARI	30
5.1. Petrografik İncelemeler.....	30
5.2. X Işınları Difraktometresi (XRD) İncelemeleri.....	32
5.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Çalışmaları.....	37
5.4. Diferansiyel Termal Analizi-Termal Gravimetri (DTA-TG) Analizi.....	40
5.5. Fourier Dönüşümlü Kırmızı-Altı (FT-IR) Spektrografisi Analizleri.....	42
5.6. Tüm Kayaç Kimyasal Analizleri.....	44
5.7. Nadir Toprak Elementlerinin Jeokimyasal İncelemeleri.....	52
5.8. Saflaştırılmış Killerin Jeokimyası.....	55
5.9. Kütle Kayıp ve Kazanç Hesaplamaları.....	56
5.10. Duraylı İzotop Analizleri.....	60

İÇİNDEKİLER (devamı)

x

Sayfa

6. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	62
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	71



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası ve uydu görüntüsü (Google Maps’den alınmıştır): (a) Çalışma alanı.....	4
4.1. İnceleme alanının jeoloji haritası ve örnek lokasyonları (MTA, 2002a, b’den düzenlenmiştir).....	15
4.2. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Sümengen, 2013’den değiştirilmiştir).....	15
4.3. (a) Akdoğan Köyü, Pertek bentonit ocağı arazi görüntüleri, (b) Akdoğan Köyü Pertek bentonit ocağı	20
4.4. (a) Reşadiye (Tokat) Kaşpınar Köyü Kuruköprü bentonit ocağı bentonit ve tüflerin ilişkisi, (b) Pembe renkli feldispat ve biyotit taneleri içeren tüfün yakından görünümü.....	22
4.5. (a) Reşadiye (Tokat) Güvendik bentonit ocağı genel görünümü (b) Güvendik bentonit ocağı yakından görünümü.....	23
4.6. (a) İbrahimşeyh bentonit ocağı içerisindeki volkanik kayaçlar ile bentonitlerin ilişkisi, (b) İbrahimşeyh bentonit ocağı Mn-oksit sıvıamaları, kırmızı ve yeşil bentonit yakından görünümü.....	25
4.7. (a) Yolüstü bentonit ocağı yeşil ve gri bentonitlerin ilişkisi, Doğu’dan Batı’ya doğru silis bandının yakından görünümü, (b) Yolüstü bentonit ocağı açık kahve renkli bentonitlerin tüflerle ilişkisi.....	27
4.8. (a) Köryakup bentonit ocağı volkanik kayaçları, (b) Köryakup bentonit ocağı volkanikler ile bentonitlerin ilişkisi.....	29
5.1. Reşadiye Formasyonu volkanik kayaçların polarizan mikroskop altındaki çift nikol görüntüleri: (a) Riyolitik tüf içerisindeki killeşmiş volkanik hamur, sanidin (K feldispat), kuvars, prizmatik şekilli hornblend ve plajiolaz mineralleri, opaklaşma (KYP-6) (b) Riyolitik tüf içerisindeki cam kıymıklarından oluşan hamur ve feldispat, hornblend ve sanidin mineralinin görünümü (GVD-10) (c) Dasitik tüf içerisindeki killi malzeme ve dağılmış opak mineraller ile volkanik cam, plajiolaz (GVD-4) (d) Dasitik tüfe ait Fe (oksihidr) oksit + killi matriks malzemesi içerisindeki kuvars minerali hornblend ve volkanik camın yakından görünümü (GVD-4) (e) Riyolitik tüf içerisindeki Mn-Fe (oksihidr) oksit+killi matriks malzeme, hornblend ve akma yapılarının yakından görünümü (GVD-12) (f) Riyolitik tüflerinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri: foraminiferler ile birlikte bulunan yarı yuvarlak-yuvarlak volkanik kayaç parçaları, kuvars, K-feldispat (sanidin) mineralleri ile Fe (oksihidr) oksit+kil görünümü (PRT-8).....	31

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.2. İnceleme alanı Bereketli üyesine ait bentonit ocaklarından alınan Na-Ca smektit’ce zengin örneklerle ait tüm kayaç XRD grafikleri, (a) KRK-1 örneği, (b) KRK-2 örneği, (c) KYP 2-1 örneği, (d) KYP-3 örneği, (e) IBS-5 örneği, (f) PRT-25 örneği (Mineral isimlerinin kısaltmaları için bakınız Çizelge 5.1.).....	34
5.3. İnceleme alanı Bereketli üyesine ait bentonit ocaklarından alınan Ca-smektit’ce zengin örneklerin tüm kayaç (normal çekim) ve <2µm kil fraksiyonuna ait XRD grafikleri, (a) YLU-6 örneği (b) YLU-10 örneği (Mineral isimlerinin kısaltmaları için bakınız Çizelge 5.1.).....	35
5.4. İnceleme alanı Bereketli üyesine ait bentonit ocaklarından alınan Na-smektit’ce zengin örneklerin tüm kayaç (normal çekim) ve <2µm kil fraksiyonuna ait XRD grafikleri, (a) GVD-9 örneği (Mineral isimlerinin kısaltmaları için bakınız Çizelge 5.1.).....	36
5.5. Reşadiye (Tokat) çevresinden derlenen bentonit örneklerine ait SEM görüntüleri (a) smektit minerallerini çevreleyen illit lif demetleri (PRT-9), (b) halka örgüler ve kıvrılmış kenarlı smektit mineralinin görünümü (GVD-3), (c) düzensiz sınırları ve kıvrılmış kenarlı smektit ve sürekli-yarı sürekli örgü görünümü sunan smektit lifleri (GVD-9), (d) smektit lifleri ile birlikte bulunan ince illitler ve düzensiz kıvrılma izleri (GVD-3).....	38
5.6. Reşadiye (Tokat) çevresinden derlenen bentonit örneklerine ait SEM görüntüleri (e) heulandit-klinoptilolit minerallerinin yakından görünümü (KYP-3), (f) kalsit mineralinin ve mikroorganizmanın görünümü (YLU-6), (g) düzensiz sınırları ve kıvrılmış kenarları sürekli ve yarı sürekli örgü görünümü sunan smektit lifleri ve feldispat minerali (GVD-9), (h) kaolin minerali yakından görünümü (YLU-10).....	39
5.7. İnceleme alanından derlenen bentonit örneklerine ait EDX grafikleri (a) smektit (GVD-9), (b) feldispat örneği, (c) heulandit-klinoptilolit (PRT-20), (d) kalsit (YLU-6).....	40
5.8. Smektitçe zengin (a) YLU-1, (b) YLU-6, (c) GVD-9 bentonit örneklerindeki smektit mineraline ait DTA-TG grafiği.....	41
5.9. Smektitçe zengin (a) YLU-1, (b) YLU-6, (c) GVD-9 bentonit örneklerine ait FT-IR spektrum grafiği.....	43
5.10. İnceleme alanındaki birimlerin; (a) Al ₂ O ₃ ’e karşılık SiO ₂ majör oksit (wt%) değerleri, (b) Fe ₂ O ₃ +TiO ₂ ’e karşılık SiO ₂ değerleri, (c) MgO’a karşılık Na ₂ O+K ₂ O değerleri, (d) K ₂ O’ya karşılık SiO ₂ majör oksit	

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
(wt%) değerleri, (e) Sr'a karşılık SiO ₂ majör oksit (wt%) değerleri, (f) Zr/Sm'e karşılık SiO ₂ majör oksit (wt%) değerleri (g) Nb'ye karşılık SiO ₂ majör oksit (wt%) değerleri.....	49
5.11. İnceleme alanındaki birimlerin; (a) Na ₂ O'ya karşılık SiO ₂ majör oksit (wt%) değerleri, (b) Dy/Yb'ye karşılık SiO ₂ değerleri, (c) Rb/Sr'ye karşılık Zr değerleri, (d) TOT/C'ye karşılık CaO değerleri, (e) Ni+Co+Cr ve $\sum \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{TiO}_2$ majör oksit (wt%) değerleri, (f) Zr/Co'a karşılık Zr/Ni değerleri, (g) Sr'ye karşılık Rb değerleri, (h) Rb+Ba'a karşılık Na ₂ O+K ₂ O majör oksit (wt%) değerleri.....	50
5.12. İnceleme alanındaki birimlerin Zr/TiO ₂ (ppm) ve Nb/Y (ppm) oranlarının dağılım grafiği (Winchester ve Floyd, 1977).....	51
5.13. İnceleme alanındaki birimlerin Na ₂ O+K ₂ O (toplam alkali) değerlerine karşılık SiO ₂ (silika) değerleri grafiği (Irvine and Baragar, 1971).....	52
5.14. Çalışma alanından derlenen bentonit ve tuf örneklerinin Kondrit ve İlksel Manto değerlerine göre normalize edilmiş NTE değişimleri	54
5.15. Reşadiye (Tokat) bölgesi bentonit yataklarından derlenen örneklere ait kütle kayıp ve kazanç diyagramları.....	58
5.16. Bereketli üyesi'ne ait smektit örneklerinin δD ve $\delta^{18}O$ izotopik analiz sonuçları dağılımı. Smektit çizgisi Faure (1986), Sheppard ve Gilg (1996), Yui ve Chang'dan (1999) alınmıştır. Meteorik su çizgisi Craig'den (1961) alınmıştır.....	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Cizelge

Sayfa

5.1. Bereketli üyesi bentonit örnekleri ve bunlarla ilişkili tüflerin mineralojik dağılımı. Sme: smektit, Mc: mica, Kln: kaolin, Hul-Cpt: heulandit-klinoptilolit, Fsp: feldspat, Qz: kuvars, Opl: opal-CT, Cal: kalsit, esr: eser, +: minerallerin bulunma bolluğu. Mineral isimlerinin kısaltmaları Whitney ve Evans'dan (2010) alınmıştır.....	32
5.2. İnceleme alanından derlenen bentonit örneklerinin majör oksitler (% ağırlık), iz element (ppm) ve NTE içeriği. $\sum NTE = (La-Lu)+Y$ toplamı; $\sum HNTE = (La-Nd)$ toplamı; $\sum ONTE = (Sm-Ho)$ toplamı; $\sum ANTE = (Er-Lu)$ toplamı; $Ce/Ce^* = 2Ce_N / (La_N + Pr_N)$, $Eu/Eu^* = 2Eu_N / (Sm_N + Gd_N)$, N harfi NASC-normalize değerini temsil etmektedir (Gromet vd., 1984); A.K.: 1050 °C sıcaklıktaki kayıp, $CIW = (100)[Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)]$ CIW: Kimyasal Ayırışma İndeksi (Harnois, 1988).....	45
5.3. Saflaştırılmış bentonit örneklerinin kimyasal bileşimleri (% ağırlık) ve kimyasal formülleri.....	55
5.4. Reşadiye (Tokat) bölgesi bentonit yataklarından derlenen örneklerle ait majör oksit (% ağırlık) ve iz element (ppm) kütle kazanç – kayıp değerleri (Grant, 1986, 2005).....	59
5.5. Bereketli üyesi'ne ait smektit örneklerinin δD ve $\delta^{18}O$ izotopik analiz sonuçları ve sıcaklık (°C) değerleri.....	60

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Å
μ
Σ
δ

Açıklama

Angström
Mikron
Toplam
Delta

Kısaltmalar

ANTE
DTA
EDX
FT-IR
HNTE
My
NASC
NTE
ONTE
SEM
TEM
TG
XRD
V-SMOW

Açıklama

Ağır Nadir Toprak Elementleri
Diferansiyel Termal Analiz
Enerji Dağılımlı X Işını Spektroskopisi
Fourier Dönüşümlü Kırmızı-Altı
Hafif Nadir Toprak Elementleri
Milyon yıl
Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi
Nadir Toprak Elementleri
Ortaç Nadir Toprak Elementleri
Taramalı Elektron Mikroskobu
Geçirimli Elektron Mikroskobu
Termal Gravimetri
X-Işını Difraktometresi
Viyana Standart Okyanus Suyu Ortalaması

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Çalışma alanı, Orta Karadeniz bölgesinde Reşadiye (Tokat) ve çevresini kapsamakta ve Pontid orojenik kuşağı üzerinde yer almaktadır. Karadeniz bölgesi Ketin, 1966 tarafından jeolojik olarak “Pontid Tektonik Birliği” olarak isimlendirilmiştir ve Tokat “Doğu Pontidler” bölgesi içerisinde yer almaktadır (Yılmaz vd., 1997; Korkmaz ve Yılmaz 1994). Bölgedeki Ca ve Na bentonit yatakları tuf, kumtaşı, aglomera ve marn ardalanması ile meydana gelen Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter birimlerin içerisinde bulunmaktadır.

Bentonitler, genellikle ince piroklastik malzemedeki volkanik camın alterasyonu ile oluşan killi kayalardır ve baskın olarak smektit grubu kil mineralleri (montmorillonit) içerirler (Christidis ve Huff, 2009; Eisenhour ve Brown, 2009; Huff, 2016). Bentonit yatakları üç mekanizmadan herhangi biriyle oluşabilir: (1) volkanik camın sulu bir ortamda diagenetik değişimi, (2) volkanik camın hidrotermal değişimi, (3) tuz gölleri ve smektit bakımından zengin tortulların oluşumu (Christidis ve Huff, 2009; Güven, 1988). Çalışmanın konusunu Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter birimler içerisindeki bentonitlerin mineralojik, jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve kökenlerine ilişkin açıklamalar oluşturmaktadır. Bölgede yapılan çalışmalar genellikle volkanizma, mineraloji-petrografi ve tektonik üzerinedir (Blumenthal, 1945, 1950; Göksu, 1960; Seymen, 1975; Öztürk, 1979; Özcan vd., 1980; Yılmaz, 1980, 1982; Wright ve Tucker, 1991; Uysal vd., 1995). Yapılan çalışmalar, Erentöz, 1950, Alp, 1972; Koçyiğit, 1979a; Terlemez ve Yılmaz, 1980, Yılmaz vd., 1985 tarafından bölgedeki birimlerin birbirleriyle olan ilişkilerini tektonik açıdan ortaya çıkarmak amaçlıdır. Bu bölge daha önce Dewey, 1973; Adamia, 1977; Tokel, 1983; Görür vd., 1983; Yıldız ve Gürel, 2005 tarafından çalışılmıştır. Ayrıca, Reşadiye ilçesi Kelkit Vadisi dolaylarında bulunan Pertek, Yazıcık, Bereketli bentonit ocaklarındaki bentonitlerin mineralojik ve jeokimyasal özelliklerine ait çalışmalar Gümüşer, 1997; Gümüşer ve Yalçın, 1998 tarafından daha önce yapılmış olup bentonitlerin, piroklastik kayaların yerinde (in-situ) alterasyonu sonucu oluştuğu tespit edilmiştir (Yalçın ve Gümüşer, 2000). Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı temel kayaları üzerleyen ancak bugüne kadar Doğu Karadeniz Bölgesinde

yer alan Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter birimler içerisindeki bentonit yataklarının oluşumuna jeolojik olarak çözüm getirilmemiştir.

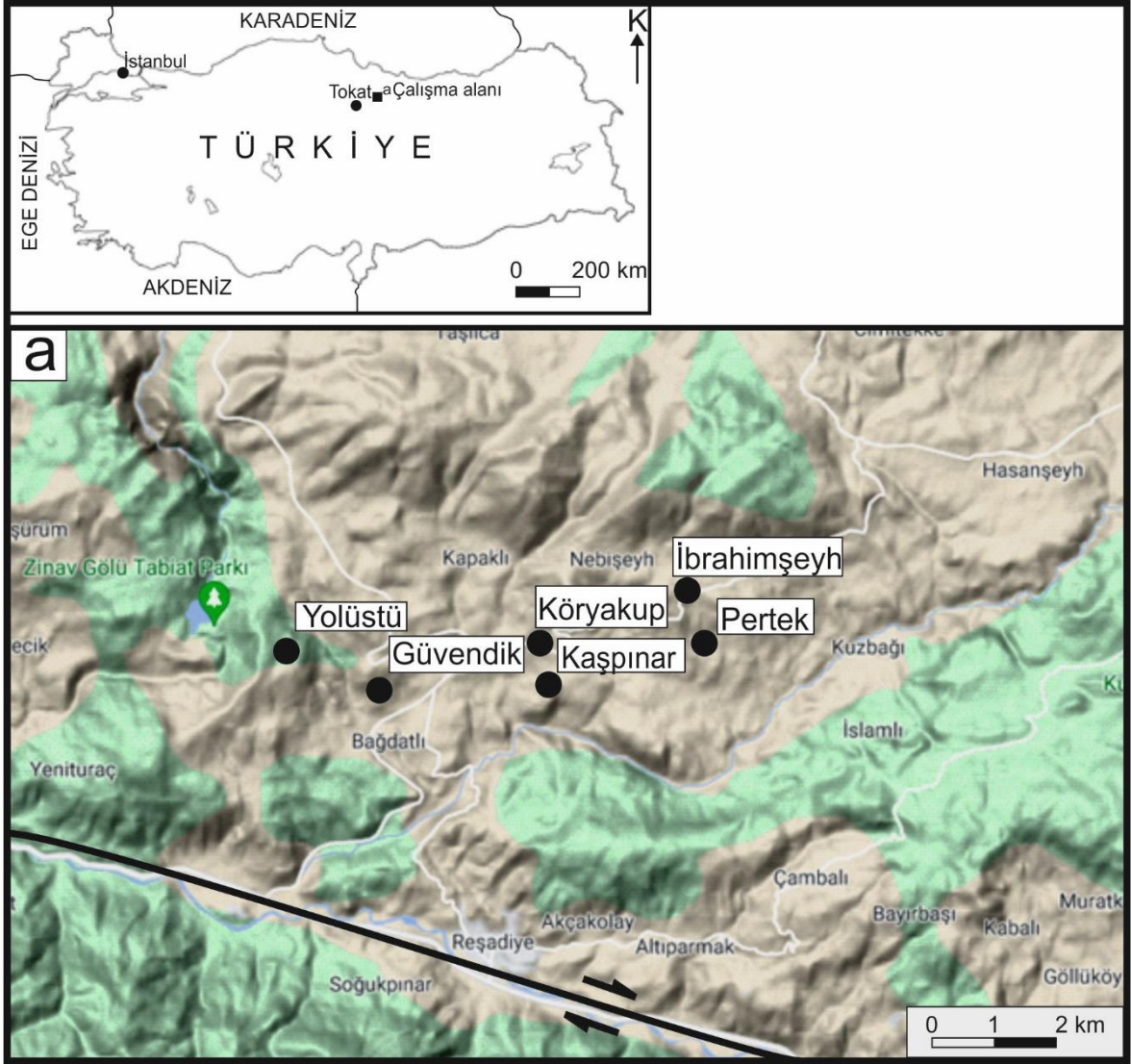
Orta Karadeniz bölgesinde yer alan Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter birimler içerisindeki bentonit yataklarının rezervi yaklaşık 2 milyon ton'dur (Bakır vd., 2012). Reşadiye (Tokat) bölgesinde bulunan SAMAŞ Sanayi Madenleri A.Ş. tarafından yaklaşık 100 bin ton bentonit, Türkiye ve Dünya pazarına sunulmaktadır. Bentonitler, fiziksel ve kimyasal özellikleri, kimyasal bileşimleri, küçük kristal boyutu, yüksek iyon değişim kapasitesi, değişebilir katyonların çeşitliliği, hidrasyon ve şişme kabiliyeti, kolloidal özellikleri, organik ve inorganik etkenlerle reaksiyonu ve dehidrasyonu ile sahip olduğu endüstriyel özelliklerinden dolayı sondajda, döküm işlemlerinde demir cevheri pelletlenmesinde, inşaat mühendisliğinde, absorban olarak, filtreleme, radyoaktif atıkların emniyetli atılmaları için bariyer malzemesi olarak, elektrik, seramik, kozmetik, deterjanlarda, renk giderme, arıtma, ilaç endüstrisinde ve medikal uygulamalarda kullanılabilir (Veniale vd., 2004, 2007; Tateo ve Summa, 2007; Christidis ve Huff, 2009; Carretero vd., 2010, 2014; Karakaya vd., 2005, 2010; Gomes vd., 2013; Kaufhold vd., 2013). Bugüne kadar bentonitlerin bu uygulamalarını kapsayan oldukça sınırlı ve yüzeysel çalışmalar yapılmıştır (Odom, 1984; Clarke, 1985; Summa ve Tateo, 1998; Cama vd., 2000; Allo ve Murray, 2004).

Orta Karadeniz bölgesinde yer alan Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter birimler içerisindeki bentonit yataklarının oluşumu şu ana kadar çözüm bulmamış jeolojik bir problem teşkil etmektedir. Bu problemin çözüm bulabilmesi için alterasyon zonları içerisinde görülen alterasyon gelişiminin ve oluşum tipinin (diyajenez ve/veya hidrotermal alterasyon) belirlenmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Böylece bölgedeki, volkanik ve volkano-sedimanter kayalar içerisinde oluşan, Reşadiye formasyonu içerisindeki smektitçe zengin bentonitlerin yanal ve dikey yöndeki jeolojik, mineralojik, petrografik (XRD, DTA-TG, FT-IR), mikromorfolojik (SEM-EDX, TEM), jeokimyasal ve izotopik özellikleri tespit edilecek ve bölge içerisinde belirlenen ocakların oluşum ve kökenleri açıklanacaktır.

İnceleme alanı, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Reşadiye ve çevresini kapsayan 1:100.000 ölçekli Tokat H-38 paftası içinde yer alır (Şekil 1.1). Kuzeydoğu Türkiye'de Doğu Pontidler içerisinde yer almaktadır. Reşadiye kuzeyinde Ordu, güneyinde Almus, batısında Niksar ve Başçiftlik, güneydoğusu ise Sivas ile çevrilmiştir. Reşadiye, doğusunda Koyulhisar ve Mesudiye, batısında Niksar ve Başçiftlik, kuzeyinde Aybastı ve Gölköy, güneyinde Almus ve Doğanşar ilçeleri bulunmaktadır. İlçeler arası ulaşım kolaydır fakat arazi bol kırıklı, eğimi fazla ve yer yer platolarla çevrilidir.

Reşadiye'nin en yüksek tepesi Çamlıkaya sınırları içerisinde yer alan Erdem Baba Tepesi'dir (2.183 m). Küçük Erdem Tepesi (2.113 m), Kabak Tepe (2.037 m), Çal Tepesi (2.022 m), Mektep Tepesi (2.002 m), Tömbül Tepesi (2.000 m), Lalelik Tepesi (1.922 m) inceleme alanındaki önemli yüksekliklerdir.

İklim bakımından Reşadiye'de yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve sert geçmektedir. İlçe merkezi fazla kar tutmamasına karşın yüksek rakım nedeniyle kış şiddetli geçmektedir.



Şekil 1.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası ve uydu görüntüsü (Google Maps’den alınmıştır): (a) Çalışma alanı.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışma alanı içerisindeki birimlerin birbirleriyle olan mineralojik ve jeokimyasal ilişkilerini belirlemek amacı ile bölge alanı ve yakın çevresinde Blumenthal (1945, 1950), Erentöz (1950), Göksu (1960), Alp (1972) detaylı jeolojik çalışmalar yapmıştır.

Kalyoncuoğlu vd., (1975), Reşadiye (Tokat) bentonit sahalarına ait ayrıntılı jeolojik çalışmalar yapmıştır.

Seymen (1975), Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun tektonik evrimini yorumlamıştır.

Öztürk (1979), Özcan vd., (1980), Yılmaz (1980), Tokat Reşadiye çevresini kaplayan alana ait volkanik ve volkano-sedimanter birimlerin mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini araştırmıştır.

Terlemmez ve Yılmaz (1980), Ünye-Ordu, Koyulhisar-Reşadiye bölgelerine ait birimlerin stratigraflarını belirlemişlerdir.

Yılmaz (1982), Yılmaz vd., (1985) ve Uysal vd., (1995), bölgedeki birimlerin birbirleriyle ilişkili tektonik yapılarını ortaya koymak amacıyla bir çok çalışma yapmışlardır.

Aktimur vd., (1989), Niksar, Erbaa ve Destek dolayının jeolojisi ile ilgili veriler elde etmişlerdir.

Akbulut (1991, 1992, 1995), Tokat-Niksar, Yazıcık bentonitlerine ait stratigrafik ve topoğrafik çalışmalar yaparak Yazıcık bentonitlerinin denizel çökel ortamında oluştuğunu ortaya koymuştur.

Gürsoy vd., (1993), Kelkit (Gümüşhane) ve yakın dolayının tektono-stratigrafik gelişimi üzerine çalışmışlardır. İnceleme alanında yüzeyleyen kaya birimleri jeolojik konumlarına göre otokton ve allokton olarak iki ayrı bölümde incelemiştir.

Yalçınalp (1995), Doğu Pontidler'de porfiri Cu-Mo mineralleşmeleri içeren granitoidlerin jeokimyasal özellikleri ile ilgili çalışmalar yaparak bu granitoidlere bağlı Geç Kretase-Eosen yaşlı çok sayıda porfiri bakır ve molibden mineralleşmesi oluştuğunu ortaya koymuştur.

Çelik ve Karakaya (1997), Ordu ve Giresun bölgelerini içine alan kesimde yaptıkları çalışmalarda kalkalkalin volkaniklerle ilişkili bentonit oluşum şeklinin hidrotermal alterasyon olduğunu ortaya koymuşlardır.

Çelik ve Temel (1999), Doğu Pontidler ve çevresinde ekonomik değere sahip olan bentonit ve masif sülfür yataklarını inceleyerek bunların birbirleri ile ilişkilerini ortaya koymuşlardır.

Yalçın ve Gümüşer (2000), Kelkit Vadisi Geç Kretase yaşlı bentonitlerin mineralojileri, jeokimyasal özellikleri ve kökenlerine ilişkin açıklamalar ortaya koymuşlardır.

Uz (2003), Geç Kretase zaman aralığında denizel volkanikler ile ilişkili bentonit oluşumlarını Ordu (Fatsa) bölgelerindeki, Hoylu ve Caltumar alanlarını opal içerikleri açısından silika miktarlarına göre karşılaştırıp; amorf (opal-A), kristobalit (opal-C) ve kristobalit/ tridimit (opal-CT) olarak isimlendirmiştir.

Akbulut (1995), Abdioğlu ve Arslan (2005), Orta Karadeniz bölgesi batıda Tokat (Niksar-Reşadiye), doğuya doğru Ordu (Ünye-Fatsa) bölgelerindeki Geç Kretase yaşlı kalkalkalin karakterli trakitik ve trakiandezitik volkanizma ürünlerinin sığ deniz ortamında meteorik ve deniz suyu etkisi ile kimyasal ayrışmaları sonucunda Ca-bentonitlerin oluştuğunu ortaya koymuşlardır.

Karakaya vd., (2005, 2011), Çalışma alanı içerisindeki Geç Kretase yaşlı kalkalkalin volkaniklerin hidrotermal alterasyonu sonucunda oluşmuş Ca-bentonitler ile bu volkanoklastik birimlerin sedimantasyon havzası içerisinde geçirdiği kimyasal alterasyon ve diyajenez sonucunda oluşan Na-bentonitler arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlardır.

Tatar vd., (2007), Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun doğu segmentleri üzerinde yer alan Niksar Havzası Kuvaterner yaşlı volkanizma ile ilgili oldukça detaylı çalışmalar yapmışlardır.

Topuz vd., (2007), Doğu Pontidler bölgesi Gümüşhane'de Kurtoğlu metamorfik kompleksini içine alan amfibolit yüzey kayaları, mineral kompozisyonları ve metamorfizmanın yaşına dair çalışmalar yapmışlardır.

Arslan vd., (2010), Giresun, Batı Pontidlerdeki Tirebolu Formasyonu içerisindeki Geç Kretase yaşlı piroklastik kayaların mineralojileri, jeokimyası ve bentonitlerin kökensel oluşumuna yönelik çalışmalar yapmışlardır.

Yılmaz vd., (2010), Doğu Pontidler çalışma alanı içerisinde Tokat Masifi jeolojisi ve tektonik evrimi ile ilgili çalışmalar yaparak Tokat Masifi'ni ayrıntılı bir şekilde çalışmışlardır.

Karlı vd., (2011), Doğu Pontidler, Türkiye'nin kuzey doğusunda granitoid porfirilerin jeodinamik etkileri üzerine ayrıntılı çalışmalar yapmışlardır. Karlı vd., (2013), Kuzey doğu Anadolu'da Erken Eosen adakitik magmatizmasının jeokimyasal modellemesini ortaya koyarak kökene ait çalışmalar yapmışlardır.

Huber, (2011), Türkiye'nin orta ve kuzey kesimini dahil eden Tokat Masifi'ni içeren volkanik kayaların jeokimyası ve jeokronolojisini detaylı bir şekilde ortaya koymuştur.

Aslan vd., (2013), Gümüşhane dolaylarında, Batı Pontidleri kapsayan kalkalkali volkanik kayaları, K-Ar yaşlandırması ve Sr-Nd izotop jeokimyasını detaylı bir şekilde ortaya koymuşlardır.

Özdamar vd., (2014), Kuzey batı, Batı Pontidler içerisinde yer alan Ordu-Uzunisa bölgesi bentonit oluşumlarını kalkalkali volkanik kayalar içerisindeki bentonit oluşumları ve Ordu bölgesindeki ekonomik değerleri açısından değerlendirmişlerdir.

Çörtük vd., (2016), Tokat, Kuzey Türkiye’de, İzmir- Ankara- Erzincan bölgesinde metamorfik taban kayalarının köken ve jeodinamik ortamları hakkında çalışmalar yapmıştır.

Delibaş vd., (2016), Türkiye’de Kretase magmatizması ve Cu-Mo Porfiri yatakları ile ilgili jeokronolojik ve jeokimyasal ilişkileri ortaya koymuşlardır.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma alanı litolojik birimlerin incelenmesi ve jeolojik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile MTA (2002a-b) tarafından yapılan bölgenin 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası ve Sümengen (2013) tarafından yapılmış genelleştirilmiş stratigrafik kesitinden yararlanılarak arazi çalışmaları yapılmıştır. İncelemenin konusunu oluşturan Bereketli üyesi'ni en iyi temsil eden 6 farklı bentonit ocağı ve bu ocakların yan kayaçlar ile ilişkileri baz alınarak volkanik kayaçlarda dahil olmak üzere 114 adet örnekleme yapılmıştır. Geç Kretase yaşlı Bereketli Formasyonu içerisindeki 6 farklı ocak içerisinde litolojik ve mineralojik farklılıklar gösteren her bir bentonit örneği ve bunlarla ilişkili tuf örneklerinden yaklaşık yarım kilogram örnek plastik torbalara koyularak örneğin alındığı yer ve seviyeyi belirtecek şekilde kodlamalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sırasında yapılan diğer jeolojik gözlemler ile fotoğraflanarak saha defterine kaydedilmiştir.

3.2. Mikroskop Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında derlenen farklı bentonit ocaklarından farklı litolojilere ait 20 adet kayaç örneklerinden Pamukkale Üniversitesi (Pamukkale) laboratuvarlarında ince kesit yaptırılmıştır. İnce kesit örnekleri, doğal ışık ve polarize ışık altında hazırlanan Nikon marka Aphaphot-2 LV100 Pol model polarizan mikroskop kullanılarak incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucu kayaç numuneleri içerisindeki birincil ve ikincil mineraller, kayacın dokusal özellikleri, kayaçta meydana gelen alterasyon türleri belirlenmiş ve elde edilen veriler fotoğraflar ile belgelenmiştir.

3.3. Kil İçeren Örneklerin Safılaştırılması

Kil örneklerinin (tane boyu $<2 \mu\text{m}$) analizlerinin yapılabilmesi için toz haline getirilmiş tüm kayaç numunesi saf su ile 15 dk boyunca 'Stir-Pak' (ABD) marka çırpıcı yardımıyla karıştırılmış ve elde edilen süspansiyon 1000 ml'lik dereceli silindire aktararak

çökmeye bırakılmıştır. Süspansiyon ile 12 saat bekletilen örneklerin üzerinden 5 cm'lik sıvı alınarak 10 dk, 4000 rpm devir ile Hettich 32A (Almanya) marka cihaz kullanılarak santrifüjlenmiş ve santrifüj tüplerinin dibine çöken kil boyu malzeme porselen krozeyle aktararak etüv içerisinde 60°C sıcaklıkta kurutulmuştur. Kurutulan örnek agat havanda öğütülerek analize uygun hale getirilmiştir.

3.4. X-Işınları Difraktometre (XRD) Çalışmaları

Çalışma alanından derlenen bentonit örnekleri ve yan kayalara ait toplam 30 adet tüm kayaç örneğinin ve kil mineralojisinin belirlenebilmesi için X-Işınları difraktometre (XRD) analizleri Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO, Ankara) laboratuvarlarında yapılmıştır. Tüm kayaç örneklerinin mineralojik içeriğinin saptanabilmesi için, numuneler agat havan kullanılarak pudra haline gelinceye kadar öğütülmüştür. Öğütülen numuneden bir miktar alınarak cam slayta yönlendirilmeden yerleştirilmiş ve Rigaku Geigerflex (Japonya) model cihaz yardımı ile $\text{CuK}\alpha$ radyasyonu kullanılarak 2°/dk. hızında analiz edilmiştir. Safılaştırılmış kil örnekleri, cam slayt üzerine yerleştirilerek yaklaşık 15 dk boyunca ultrasonik titreşimler ile yönlenmesi sağlanmıştır. Yönlendirilen örnekler 1) kurutularak 2) 60°C sıcaklıkta etilen glikol ile muamele edilerek 3) 2 saat boyunca 550°C'de fırınlanarak XRD analizleri yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar Brindley (1980) standart metodu ile yorumlanarak kayaç yapıcı minerallerin yarı kantitatif bollukları belirlenmiştir. Kil minerallerinin bollukları ise Moore ve Reynolds'a (1989) göre temel yansıma ve mineral yoğunluk faktörleri kullanılarak belirlenmiştir.

3.5. Diferansiyel Termal Analizi-Termal Gravimetri (DTA-TG) Analizi

Safılaştırılarak zenginleştirilen 3 adet bentonit örneğinin termal davranışlarını belirlemek amacıyla Diferansiyel termal analizi (DTA) ve Termal gravimetri (TG) analizleri yapılmıştır. Bu analizler sırasında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında bulunan DTA-TG Rigaku TAS 100 E (Japonya) modeli cihaz kullanılarak, 10 mg ağırlığında toz haline getirilerek Platin (Pt) örnek taşıyıcıya yerleştirilen kil örneğinin ortalama 10°C/dk oranında ile 1100°C'ye kadar ısıtılmasıyla alümina referansına göre gerçekleştirilmiştir.

3.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Çalışmaları

Taramalı elektron mikroskobu çalışmaları kil bakımından zengin kayaç örneklerinin mikromorfolojik özelliklerini saptamak için Anadolu Üniversitesi (Eskişehir) Laboratuvarlarında EDX saptayıcısı ile donatılmış Zeiss Supra™ 50 VP cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kil minerallerince zengin örneklerin taze kırık yüzeyleri incelenmek üzere alüminyum örnek tutucu üzerine çift taraflı bant ile yapıştırılmıştır. Daha sonra örnek tutucuya yerleştirilen örnek Giko IB-3 (Japonya) model iyon kaplayıcı yardımıyla 350 Å kalınlığında ince bir film halinde Altın (Au) ile kaplanmış ve incelenmiştir. Geçirimli elektron mikroskobu çalışmaları ise kil partiküllerinin ultrasonik etanol banyosunda yaklaşık 30 dk yıkanmasının ardından elde edilen süspansiyonun karbon kaplı bakır elek üzerine bir damla damlatılması ve oda sıcaklığında kurutulması yöntemi ile hazırlanan örnekler üzerinde yapılmıştır.

3.7. Fourier Dönüşümlü Kırmızı-Altı (FT-IR) Spektroskopisi Analizi

Kilce zengin örneklerin analizi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi (Eskişehir) laboratuvarında bulunan PerkinElmer 100 FT-IR (fourier dönüşümlü kırmızı-altı) spektrofotometresi ile yapılmıştır. Saflaştırılan ~200 mg KBr ile karıştırılarak hazırlanan peletler 4 cm^{-1} çözünürlük ile $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$ aralığında absorpsiyon bantlarının belirlenmesi ile kil minerali cinsi, kristal özellikleri ve kristal kafes yapısındaki düzensizlikler saptanmıştır.

3.8. Kimyasal Analizler

Reşadiye ve çevresinde yer alan bölgede volkanik kayaçlardan ve Bereketli üyesi'ne ait bentonitlerden derlenen 8 adet tuf, 23 adet bentonit örneği olmak üzere toplam 31 adet

numunenin tüm kayaç jeokimya analizleri Bureau Veritas Analiz Laboratuvarları'nda (Vancouver, Kanada) yapılmıştır. Majör ve iz elementler ICP-AES yöntemi ile ve nadir toprak elementi (NTE) analizleri ise ICP-MS yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu

yöntemlerde majör elementlerin saptanması için alt sınır 0.01 ve 0.1 % ağırlıkta olup, bu sınır iz elementler için 0.01 ile 5 ppm; NTE için ise 0.01 ile 0.5 ppm aralığındadır.

XRD yöntemi ile mineralojik içeriği kontrol edilmiş saf smektit örneklerinin kimyasal analizleri yine Bureau Veritas Analiz Laboratuvarları'nda ICP-AES yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Smektit yapısal formülü birim hücrede 22 oksijen atomuna göre elde edilen kimyasal analiz verileri kullanılarak hesaplanmıştır (Moore ve Reynolds, 1989). Smektite ait yapısal formül, tetrahedral alanın toplam 8 olan Si ve Al ile doyduğu, geriye kalan Al'un ise oktahedral alana aktarıldığı, tüm demir içeriğinin ferrik olduğu, Mg, Ti ve Mn elementlerinin oktahedral alanda yer aldığı ve Ca, Na ve K elementlerinin değişebilir tabaka içi katyonlar olduğu kabul edilerek hesaplanmıştır.

3.9. Kütle Kayıp ve Kazanç Hesaplamaları

Jeokimyasal veriler (ana, iz ve nadir toprak elementler) çalışılan bölgelerde kil minerallerinin oluşumlarına köken teşkil eden taze volkanik ve volkanosedimanter kayalara ve altere killi birimlerine ait EASYGRESGRANT programı kullanılarak hesaplanmıştır (López-Moro, 2012). Program, aşağıda verilen denklem ile hesaplanarak yorumlanmıştır (Grant, 1986, 2005).

$$C_i^A = (M^O/M^A)C_i^O \text{ (Denklem 1)}$$

C_i^A : altere örnekteki bileşen konsantrasyonu,

O: taze örnek (volkanik/volkanosedimanter)

A: altere örnek (kil)

M^O : taze örnekteki element miktarı (% ağırlıkta veya ppm)

M^A : altere örnekteki element miktarı (% ağırlıkta veya ppm)

2 no'lu denklem ile her element için sabit kütle eğim çizgileri kullanılmaktadır.

$$\Delta C_i/C_i^O = (M^A/M^O)(C_i^A / C_i^O) - 1 \text{ (Denklem 2)}$$

ΔC_i : kütledeki kazanç-kayıp miktarı

M^A : altere örnekteki element miktarı (% ağı. veya ppm)

M^O : taze örnekteki element miktarı (% ağı. veya ppm)

C_i^A : altere örnekteki bileşen konsantrasyonu

C_i^O : taze örnekteki bileşen konsantrasyonu

Sabit kütle eğimi 1.00 veya 1.00'a en yakın olan element hareketsiz kabul edilerek hesaplamaları yapılan elementlerden 3 no'lu denkleme göre oluşturulmuş grafikte “sabit kütle eğim çizgisi” üzerinde kalan elementler “kazanılan”, çizgi altında kalan elementler ise “kaybedilen” elementler olarak belirlenmiştir.

$$\Delta C_i^A / C_i^O = (C_i^A / C_i^O) - 1 \text{ (Denklem 3)}$$

ΔC_i^A : altere örnek kütledeki kazanç-kayıp miktarı

C_i^O : taze örnekteki bileşen konsantrasyonu

C_i^A : altere örnekteki bileşen konsantrasyonu

3.10. Duraylı İzotop Analizleri (O ve H)

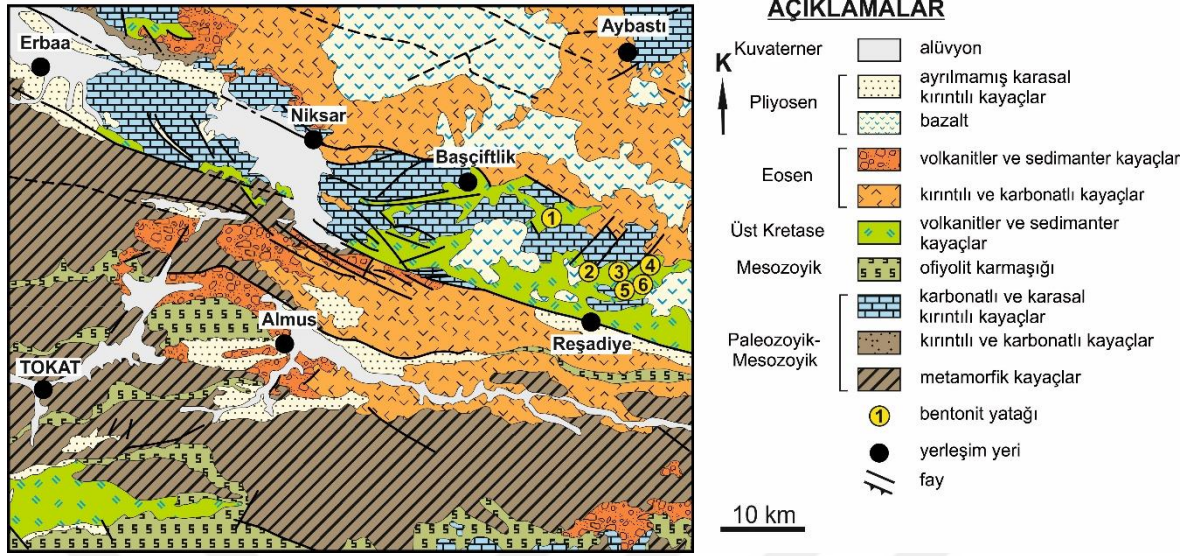
Saflaştırılmış kil örneklerinden 10 adet smektit örneğin O ve H duraylı izotop analizleri Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Cornell Üniversitesi (New York) laboratuvarlarında yapılmıştır. Analizler, ısı dönüşümlü elementel analizör ile uyumlu Thermo Delta V İzotop Kütle Oran Spektrometre cihazı ile yapılmıştır. İzotopik düzeltmeler çift nokta normalizasyonu ve $\delta^{18}\text{O}$ için IAEA CO-1, IAEA CO-8 ve ^2H için de CH-7 ve benzoik asit ve uluslararası standartları kullanılmıştır. ^2H ve ^{18}O delta değerleri Clayton ve Mayeda'nın (1963) birincil referans ölçeğine göre saptanmıştır. Standart delta notasyonu V-SMOW (Viyana-Standart Okyanus Suyu Ortalaması) standardı binde cinsinden sunulmuştur.

4. JEOLojİ

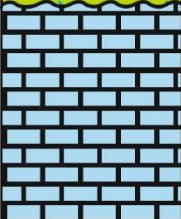
4.1. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı içerisinde, kuzeyde Doğu Pontid Güney İstifi, güneye doğru Sakarya Zonu, İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Zonu (İAESZ) ve Kırşehir Bloğu yer alır (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Çalışma alanında, en yaşlı birim Doğu Pontid Güney İstifine ait, Orta Jura-Erken Kretase yaşlı Zinav Formasyonu'nu oluşturan kireçtaşlarıdır. (Şekil 4.1; Keskin vd., 1998, Ketin, 1966).

Zinav kireçtaşı üzerine Geç Kretase (Senomaniyen-Kampaniyen) yaşlı bazalt, andezit, aglomera, tüfit, kireçtaşı ve kumtaşından oluşan Mesudiye Formasyonu uyumsuz olarak gelir (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Sakarya zonuna ait; çakıltası, kumtaşı, kiltası, kireçtaşı, tuf, aglomera, andezitik ve bazaltik bileşimli volkaniklerden oluşan Geç Kretase (Alt Maastrichtiyen) yaşlı Kapaklı formasyonu, bu birimler üzerinde uyumsuz olarak yer alır (Terlemez ve Yılmaz, 1980; Seymen, 1975; Dokuz vd., 2016). Çalışma alanında, Geç Kretase yaşlı marn, killi-kumlu kireçtaşı içeren Reşadiye Formasyonu, Mesudiye Formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunur (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Reşadiye Formasyonu; tuf, killi, kumlu kireçtaşı ve foraminer fosili içeren Bereketli üyesi ve Bereketli üyesi'ne yatay ve dikey geçişli grimsi-beyaz kireçtaşı içeren İğdir üyesi'nden oluşmaktadır (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Çalışma alanı içerisindeki bentonitler piroklastik malzeme bakımından zengin Bereketli üyesi içerisinde yer almaktadır (Kadir vd., 2021). Tüm birimleri, Geç Kretase-Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyon çökelleri uyumsuz olarak örter (Şekil 4.2; Aktimur vd., 1992; Tüysüz ve Tekin, 2007; Keskin vd., 1998; Sümengen, 2013, Terlemez ve Yılmaz, 1980).



Şekil 4.1. İnceleme alanının jeoloji haritası ve örnek lokasyonları (MTA, 2002a, b'den düzenlenmiştir).

MESOZOYİK				ÜST SİSTEM		
ORTA JURA	ERKEN KRETASE	GEÇ KRETASE		SENOZOYİK	SİSTEM	
TEMEL KAYAÇLAR		VOLKANOSEDİMANTER ÜNİTE			SERİ	
Zinav Formasyonu		Mesudiye Formasyonu	Reşadiye Formasyonu		FORMASYON	
			Bereketli üyesi		İğdir üyesi	ÜYE
						
						alüvyon
						uyumsuzluk kireçtaşı
						★ bentonit tuf, tüfit, killi kumlu kireçtaşı, kumtaşı
						kireçtaşı, bazalt, andezit, aglomera, tüfit ve kumtaşı
						uyumsuzluk
						detritik kireçtaşı
ölçeksiz						

Şekil 4.2. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Sümengen, 2013'den değiştirilmiştir).

4.1.1. Zinav Kireçtaşı

Doğu Pontid Güney İstifi içerisinde, Nebişeyh köyü dolaylarına kadar yayılım gösteren, Orta Jura-Erken Kretase yaşlı kireçtaşı içeren birim, (Terlemez ve Yılmaz; 1980) tarafından Zinav kireçtaşı olarak isimlendirilmiştir.

Birim üzerine, Geç Kretase (Senomaniyen-Kampaniyen) yaşlı, bazalt, andezit, aglomera, tüfit, kireçtaşı ve kumtaşı içeren Mesudiye Formasyonu uyumsuz olarak gelir.

Birim, beyaz, mikritik, biomikritik, pembe detritik kireçtaşları içerir (Kadir vd., 2021). İçerdiği fosillere göre derin olmayan denizel bir ortamda çökelmiştir (Terlemez ve Yılmaz, 1980; Trofimovs vd., 2008).

4.1.2. Mesudiye Formasyonu

İnceleme alanının güneyi Kaşpınar köyü'nde yüzeyleyen birim (Terlemez ve Yılmaz; 1980) tarafından Mesudiye formasyonu olarak adlandırılmış ve birime Senomaniyen-Kampaniyen yaşı verilmiştir. Mesudiye Formasyonu, kahverengimsi, çatlakları kalsit dolgulu, bazalt ve andezit, koyu gri renkli aglomera ve tüfit, kireçtaşı ve volkanik kökenli yeşilimsi-gri kumtaşından oluşur.

Mesudiye Formasyonu, Zinav kireçtaşı üzerinde uyumsuz olarak, üzerine ise Bereketli üyesi uyumsuz olarak gelmektedir. (Seymen, 1975), Mesudiye Formasyonu'nun Kapaklı formasyonu ile eşdeğer olduğunu uygun görmüştür.

4.1.3. Reşadiye Formasyonu

Bereketli üyesine ait marn, alt düzeylerde egemen killi-kumlu kireçtaşı ve üst düzeylerde İğdir üyesine ait kireçtaşı, (Terlemez ve Yılmaz; 1980) tarafından Reşadiye formasyonu olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanında, altta Mesudiye ve Kapaklı formasyonu, üstte ise Eosen yaşlı Yeşilce formasyonu ile uyumsuzdur. (Terlemez ve Yılmaz; 1980), (Uysal vd., 1995) tarafından Maastrichtiyen yaşı verilmiştir.

4.1.3.1. Bereketli üyesi

İlk kez (Terlemez ve Yılmaz, 1980) tarafından Bereketli üyesi olarak tanımlanan bu birim, killi-kumlu kireçtaşı ve kireçtaşı ara katkılı, gri renkli, ince tabakalı marnlardan oluşur. Birimin kalınlığı Bereketli batısında 125 m, Reşadiye ilçesinin kuzeyinde 130 m ve yaşı geç Senoniyen (Maastrichtiyen)'dir (Terlemez ve Yılmaz, 1980).

4.1.3.2. İğdir kireçtaşı üyesi

Gri, beyazımsı sarı renkli, orta-kalın tabakalı ve çatlakları yer yer kalsit dolgulu kireçtaşlarından oluşan birim, ilk kez Terlemez ve Yılmaz (1980), ayrıca Toprak (1989) ile Uysal vd., (1995) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında Taşlıca köyü batısında gözlenir. Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından birim kalınlığı Bereketli'de 50 m ve yaşı Maastrichtiyen'dir.

4.1.4. Kuvaterner birimleri

İnceleme alanındaki en genç birimler gevşek tutturulmuş, kötü boylanmış, çakıl, kum, silt, kil ve ince bir toprak örtüsünden oluşan alüvyon ve yamaç molozlarıdır (Terlemez ve Yılmaz, 1980).

4.2. Arazi Çalışmaları ve Örneklemeler

4.2.1. Bereketli üyesi litofasiyes özellikleri

Arazi incelemeleri sırasında Bereketli üyesi; çamurtaşı, bentonit ve tuf olmak üzere üç farklı litostratigrafik başlık altında incelenmiştir.

4.2.1.1. Çamurtaşı

Bereketli üyesi içerisinde gözlenen litofasiyes silisli, kırmızımsı kahverenkli, 50-100 cm kalınlığında, kuruma çatlakları ve bitki kök izleri içeren, Mn-oksit boyamalı, 1-10 cm

boyutlarına ulaşan volkanojenik çakıllar içerir (Eren vd., 2014; Kadir vd., 2021). Çamurtaşları genellikle bentonit yataklarını örter.

4.2.1.2. Bentonit

Bu litofasiyes, gri, yeşil, kahverenkli ve krem renkli, 50-200 cm kalınlığında, smektitçe zengin, kuruma çatlakları ve bitki kök izleri içerir. Egemen mineral smektit ile birlikte, 1-5 mm boyutlarında biyotit ve K-feldispat'tır. Reşadiye formasyonu içerisinde boyutları 30-50 m olan bentonit birimi kırmızımsı kahverenkli çamurtaşı birimi ile örtülüdür. Kalınlıkları 5 m olan, kuruma rengi açık yeşil, ıslak yüzeyleri haki-yeşil renkli, kompakt, jel yapılı, sabunsu, bloksu yapıda, bol kuruma çatlaklı, sütunsu yapıda, konkoidal kırılmalı ve 1 mm ile birkaç mm kalınlıkta ağsal yapıda (dendritik) bitki kök izleri içerir. Bitki kök izleri, dendritik yapılı kayacın kırık çatlakları boyunca yer alır ve ortamın sık ve diyajenetik olduğunun kanıtıdır. Genellikle siyah mangan oksitle sıvanmış, kahvemsî-kızıl bentonit, orta sert, plastik özelliktedir. Silis bantları ile ardalanmalı toplam kalınlık yaklaşık olarak 3 m, tabaka kalınlıkları 15-20 cm'dir. Gri renkli bentonit, koyu gri, orta sert ve içerisinde biyotit-feldispat taneleri içeren kompakt bentonittir.

4.2.1.3. Tüf

Bereketli üyesi tüf blok kalınlıkları 2,5 ile 3 m arasında ve genellikle krem, yeşilimsi gri renkli, bozunma rengi siyah, ince-orta tabakalı, oldukça sert, yer yer dağınık, levhamsı ve kumsu dokunuşlu, nadiren tabakasız veya kalın tabakalıdır. Görünen tabaka kalınlıkları 10-40 cm arasında değişmektedir. Biyotit, feldispat, bolca kuvars taneleri ile kaya parçaları, volkanik cam parçaları ve yer yer demir ve mangan oksit boyamaları içermekte ve yoğun killeşme göstermektedir. Bentonitleşme oldukça iyi gözlenmektedir.

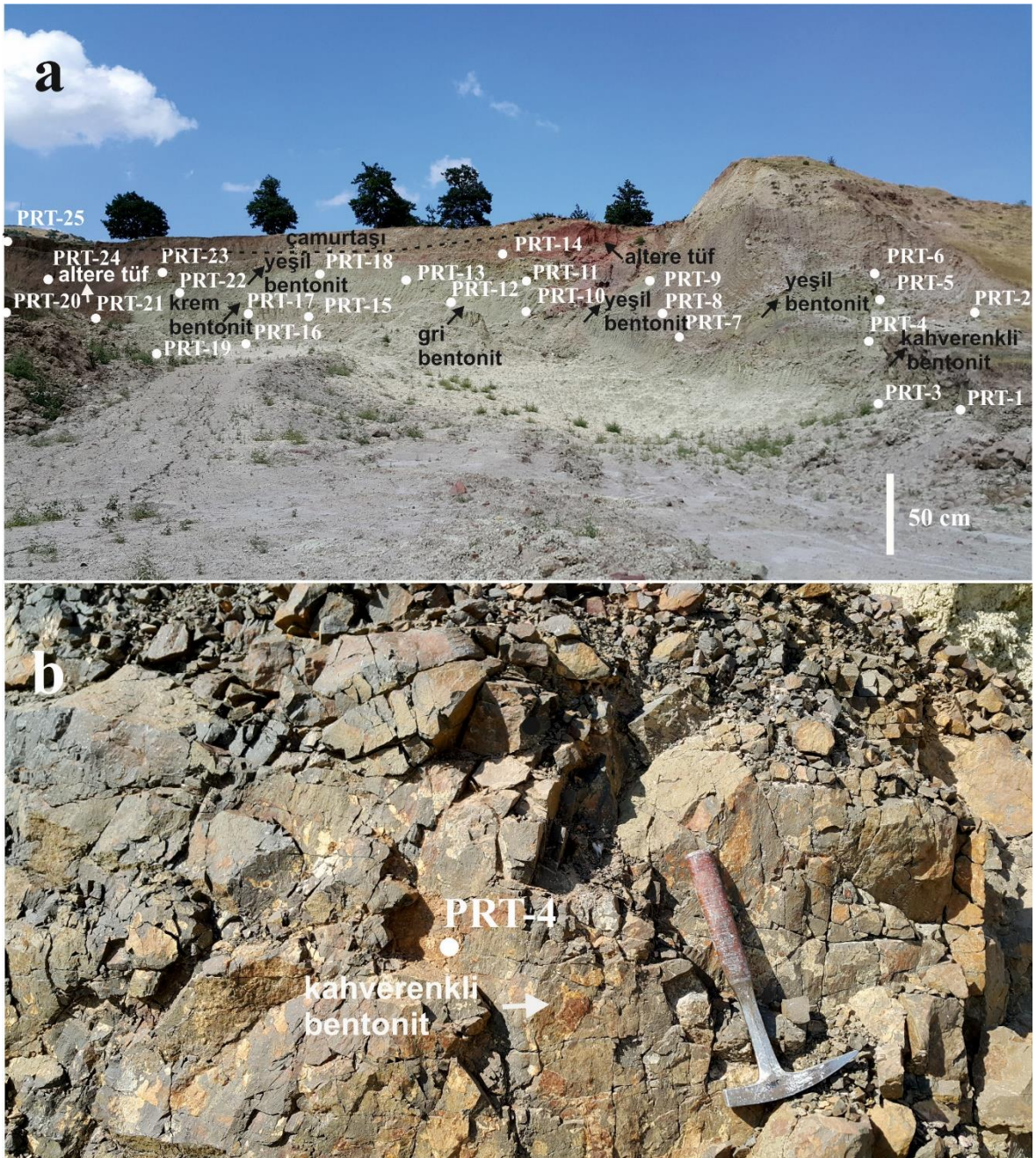
4.2.2. Tokat-Reşadiye bentonit ocaklarının genel değerlendirmesi

Reşadiye ilçesine 8 km, Tokat'a 90 km, Turhal'a 134 km uzaklıkta olan bentonit oluşum ortamlarının en iyi gözlemlendiği 6 adet Bentonit Ocağı'na ulaşım kara yolu ile sağlanmaktadır. Reşadiye Formasyonu Bereketli üyesine ait 6 adet bentonit ocağında

yapılan arazi çalışmalarında toplam 78 adet örnekleme yapılmıştır. Samaş Sanayi Madenleri A.Ş. tarafından işletilmekte olan bölgedeki bentonit yataklarının Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter birimler içerisinde oluştukları görülmüştür. İncelenen ve örnekleme yapılan bentonit ocakları aşağıda ayrıntılı olarak tanımlanmıştır.

4.2.2.1. Pertek bentonit ocağı (PRT)

Akdoğan köyü, Pertek bentonit ocağı değerlendirildiğinde; en alt seviyede, 2,5 m kalınlığında mavimsi-gri renkli, yer yer biyotit taneleri içeren, tabakalı yapıda, plastik özellikli bentonitler yer alır. 4 m kalınlığındaki üst seviye, daha yüksek kalitede yeşil renkli, orta sert bentonit içerisinde kahverengi-siyah, Fe-oksit içeren, keskin kenarlı, silis tabakaları içermektedir. Tabakalanma dike yakın olarak gözlenmektedir. Bu birim, 10-30 cm kalınlığında, kirli bej renkli, kolay dağılan, bol miktarda biyotit içeren kumtaşları ile ardalanma göstermektedir. Daha üst seviyelerde ise krem-pembe renkli, orta sert, dağılgan, K-feldspat, biyotit ve heulandit-klinoptilolit mineralleri içeren zengin Ca'lu bentonit bulunmaktadır (Şekil 4.3a). Bu seviye, 50 cm kalınlığında, yer yer Fe-Mn oksit boyamalı, kömür kalıntıları içermektedir (Şekil 4.3b). Bentonit birimlerinin en üst seviyesi ise kırmızı renkli, konkoidal kırılmalı, yer yer kumlu-siltli-çakıllı bentonit içeriği yüksek detritik birimler tarafından örtülü haldedir (Şekil 4.3b). Çalışma alanı içerisinde KD-GB yönlü alınan 25 adet örnek Şekil 4.3a ve Şekil 4.3b'de görülmektedir.



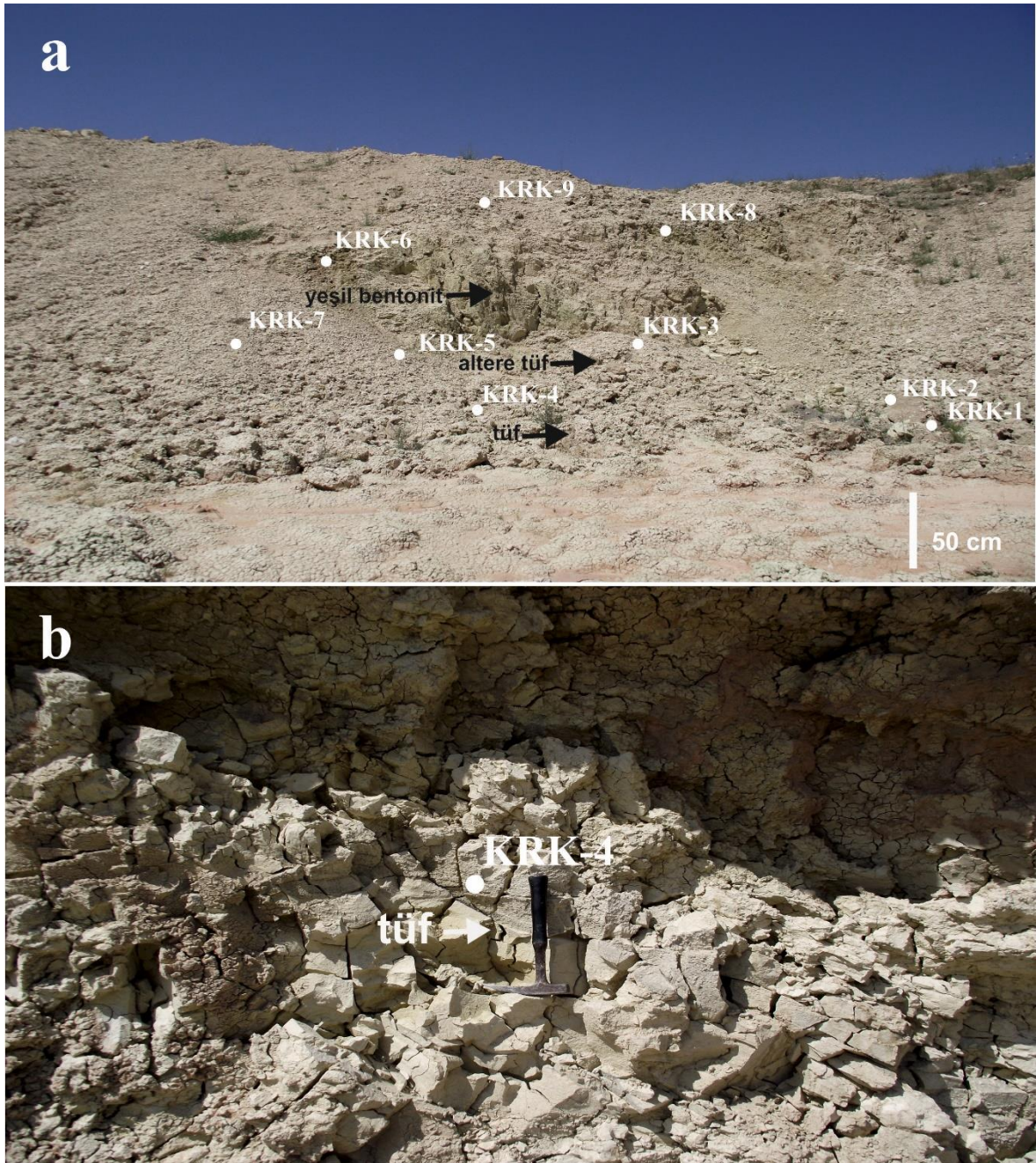
Şekil 4.3. (a) Akdoğan Köyü, Pertek bentonit ocağı arazi görüntüleri, (b) Akdoğan Köyü Pertek bentonit ocağı.

4.2.2.2. Kuruköprü bentonit ocağı (KRK)

Kaşınar köyü, Kuruköprü bentonit ocağı değerlendirildiğinde en alt seviyede, krem renkli, K-feldspat ve biyotit taneleri ve heulandit-klinoptilolit içeren, kolay dağılan, kısmen

altere tf ile yeşil renkli, dağılgan, orta sert, bolca K-feldspat ve biyotit içeren bentonit görülmektedir. Üst seviyelerde ise, krem-bej renkli, sert, daha az biyotit içeren, az killemi tf ile yeşil renkli, tıkız, bolca biyotit ve K-feldspat içeren bentonit ve tf ardalanmaları gözlenmektedir. En st seviyede ise açık kahve renkli, tabakalanmaya paralel, beyaz karbonat bantları içeren, altere tf bulunmaktadır (ekil 4.4a). Bu ocakta bentonit ve altere tf olmak üzere toplam 9 adet örnekleme yapılmıştır (ekil 4.4b).



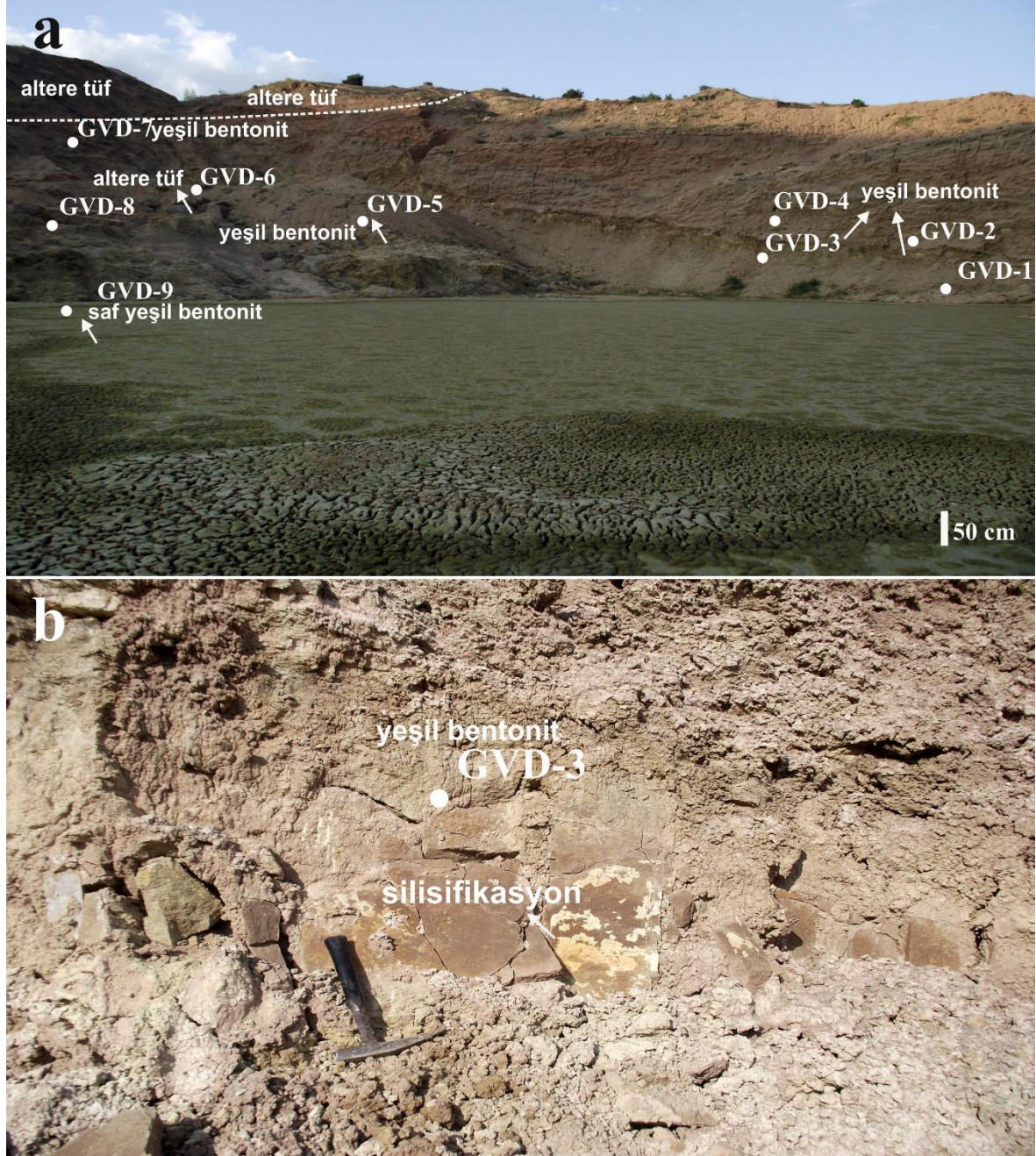


Şekil 4.4. (a) Reşadiye (Tokat) Kaşpınar Köyü Kuruköprü bentonit ocağı bentonit ve tüflerin ilişkisi, (b) Pembe renkli feldispat ve biyotit taneleri içeren tüfün yakından görünümü.

4.2.2.3. Güvendik bentonit ocağı (GVD)

Güvendik bentonit ocağı genel olarak değerlendirildiğinde, en alt seviyede Mesudiye Formasyonu'na ait, gri-koyu yeşil renkli kısmen altere volkanik kayaların bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.5a). Bu volkanik birimler üzerinde ıslak yüzeyleri koyu kahve renkli,

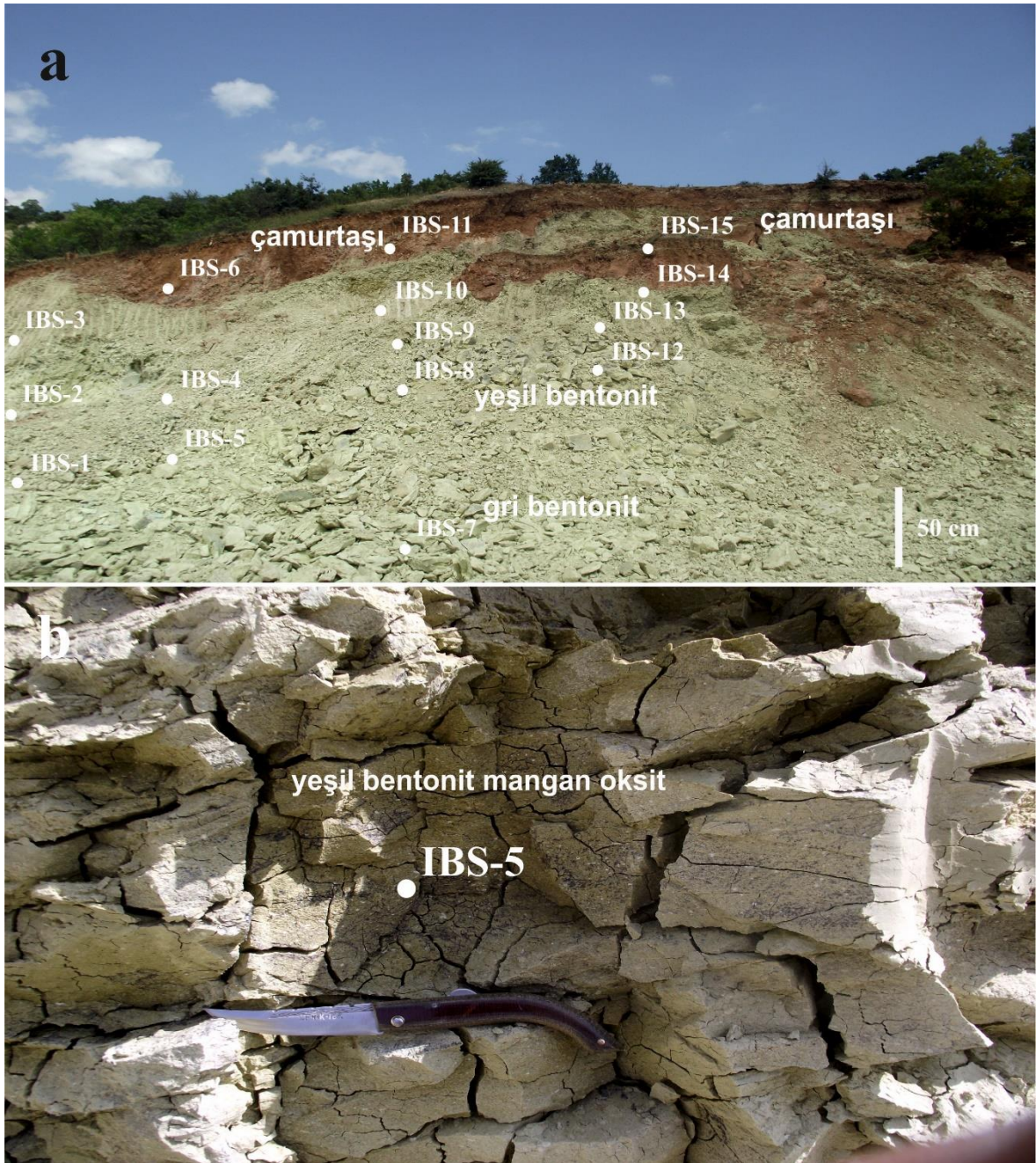
Fe-oksit ve organik maddece zengin, ondüleli yapı gösteren, beyaz renkli, eser miktarda jips ve heulandit-klinoptilolit içeren bentonit ve yeşil renkli, mikro çatlaklarında beyaz renkli silis damarları olan silisleşmiş tuf ilişkileri görülmektedir (Şekil 4.5b). Çalışma alanı Güvendik Bentonit sahası K-G yönlü alınan 9 adet örnek Şekil 4.5a ve Şekil 4.5b’de görülmektedir.



Şekil 4.5. (a) Reşadiye (Tokat) Güvendik bentonit ocağı genel görünümü, (b) Güvendik bentonit ocağı yakından görünümü.

4.2.2.4. **İbrahimşeyh bentonit ocağı (IBS)**

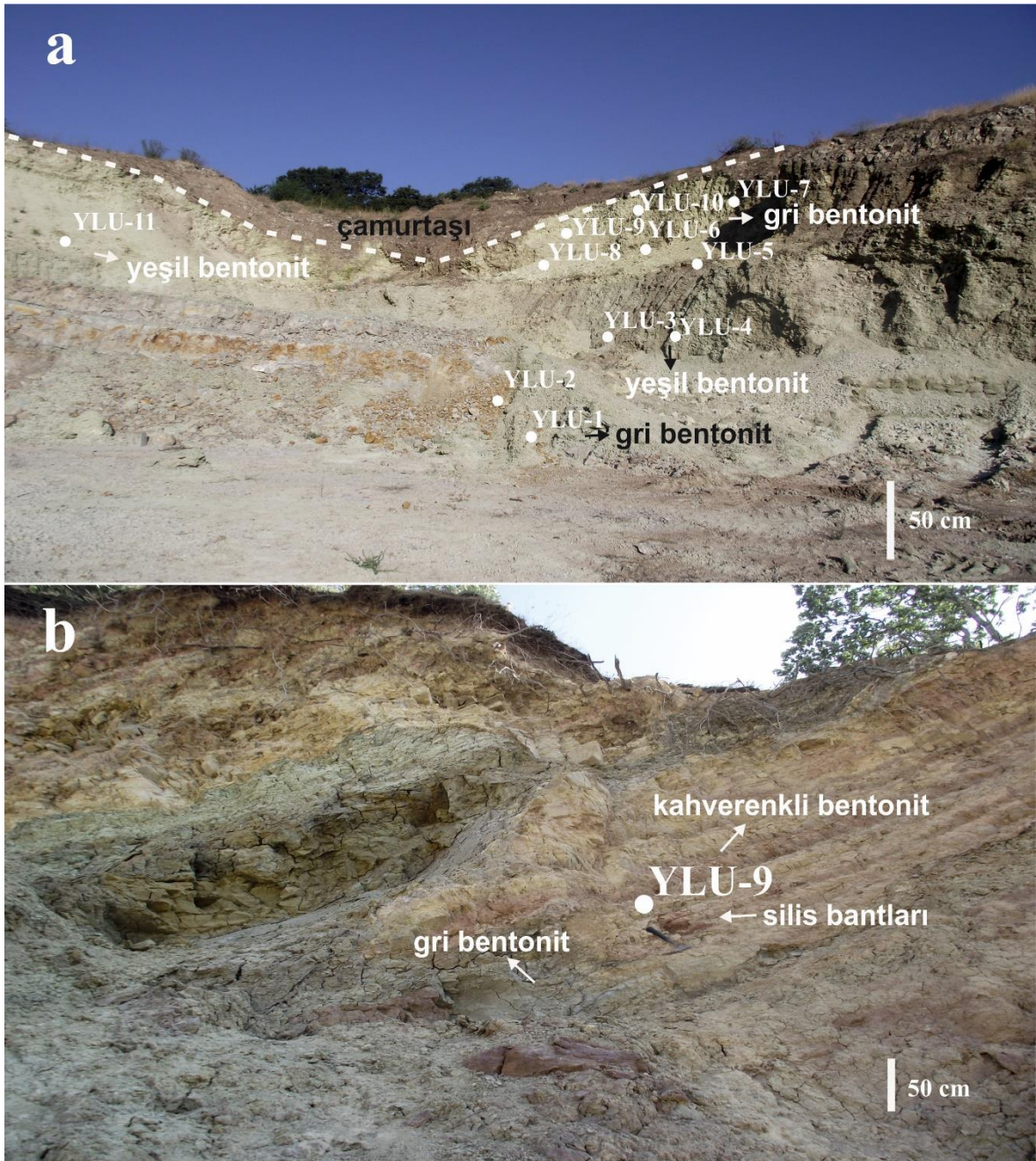
İncelenen ve örnekleme yapılan İbrahimşeyh bentonit ocağı genel olarak değerlendirildiğinde, en alt seviyede yeşil-gri renkli, dağınık, levhamsı, tıkmaz, içerisinde biyotit, feldispat taneleri olan altere volkanik kayaların bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.6a). Bu volkanik birimler üzerinde mat, koyu yeşil renkli, jelimsi, kompakt, üzerinde bolca lifsi-demetsi Mn-oksit boyamalı, 1 mm ile birkaç mm kalınlıkta ağsal yapıda, kayacın kırık ve çatlakları boyunca bitki kök izleri içeren, bol kuruma çatlaklı, 1-1.5 m kalınlığında bentonitler bulunmaktadır (Şekil 4.6a). Bitki kök izlerinin varlığı ortamın vadoz ve diyajenetik olduğunu gösterir. Mn-oksit boyamaları tabaka düzlemleri boyunca görülür (Şekil 4.6a). Bu birimlerin üzerine, kalınlıkları 2 m ile 5 m arasında olan, bloksu, bloklar dikdörtgen şekilli, yüzeyleri yönlenmiş Mn-oksit sıvamalı ıslak yüzeyleri yeşil renkli, tüfe ait K-feldispat, biyotit taneleri ve heulandit-klinoptilolit içeren, yumuşak oldukça kaliteli bentonit gelir. 1 m kalınlığında, gri renkli, keskin kenarlı, bolca feldispat içeren, dasitik, andezitik özellikte tuf ve volkanik kayaç ilişkisi gözlenmektedir (Şekil 4.6a). Yeşil bentonitlerin içerisinde grimsi-kahve renkli, sedimantasyona paralel olarak gelişmiş sert silis bandının kalınlığı 15-20 cm uzunluğu ise 1-2 m'dir (Şekil 4.6a). Bu birimlerin üzerinde ise; kalınlıkları 1-2 m ile 2-3 m arasında değişen, kırmızı renkli, kolay dağınık, ondüveli yapıda, içerisinde smektit egemen, birkaç mm ile 1 cm arasında değişen çakıllar, karbonat, silis taneleri ve az miktarda biyotit içeren çamurtaşları gözlenmektedir (Şekil 4.6b). Çalışma alanı İbrahimşeyh Bentonit sahası G-K yönlü alınan 15 örnek Şekil 4.6a ve Şekil 4.6b'de görülmektedir.



Şekil 4.6. (a) İbrahimşeyh bentonit ocağı içerisindeki volkanik kayalar ile bentonitlerin ilişkisi, (b) İbrahimşeyh bentonit ocağı Mn-oksit sıvamaları, kırmızı ve yeşil bentonit yakın görünümü.

4.2.2.5. Yolüstü bentonit ocağı (YLU)

Yolüstü ocağı, en alt seviyesinde kalınlığı yaklaşık 4 m, orta sert, biyotit-feldispat taneleri içeren, kompakt, gri renkli bentonit ve üzerine gelen birim ise kalınlığı yaklaşık 5 m olan canlı, parlak, amorf yapılı, yumuşak, oldukça saf, yeşil renkli bentonittir (Şekil 4.7a). Yolüstü Ocağı'nın bir üst seviyesinde Mesudiye Formasyonuna ait Nebişeyh kireçtaşı üyesi olarak adlandırılan, kalınlığı yaklaşık olarak 5 m olan genellikle kırmızı-kahverenkli, ince-orta tabakalı, düzenli, keskin kenarlı, yer yer kumlu, kırıntılı, silis gözlenmektedir (Şekil 4.7a). Şekil 4.7a' da, kalınlığı yaklaşık 1 m olan, orta, sert, feldispat, kuvars, biyotit mineralleri ve heulandit-klinoptilolit içeren bej renkli kilitaşı, silis bandının üzerinde görülmektedir, üzerlerinde ise tabaka kalınlıkları 15-20 cm olan, orta, sert, plastik, siltli kahverengimsi-kızıl bentonit gelmektedir. Nebişeyh kireçtaşına ait silis bantları ile aralanmalı toplam kalınlık yaklaşık olarak 3 m olarak gözlenmektedir. Açık kahve renkli kalınlığı yaklaşık 1-1,5 m olan kısmen altere tuf, içerisinde feldispat, biyotit, kuvars ve az miktarda smektit yer almaktadır. Üzerlerine gelen seviye ise kalınlığı yaklaşık 50 cm olarak gözlenen, orta sert, bolca biyotit içeren yeşil renkli bentonittir (Şekil 4.7b). Yolüstü Bentonit Ocağı içerisinde, D B'ya doğru yapılan, 11 adet örnekleme Şekil 4.7a ve Şekil 4.7b'de görülmektedir.

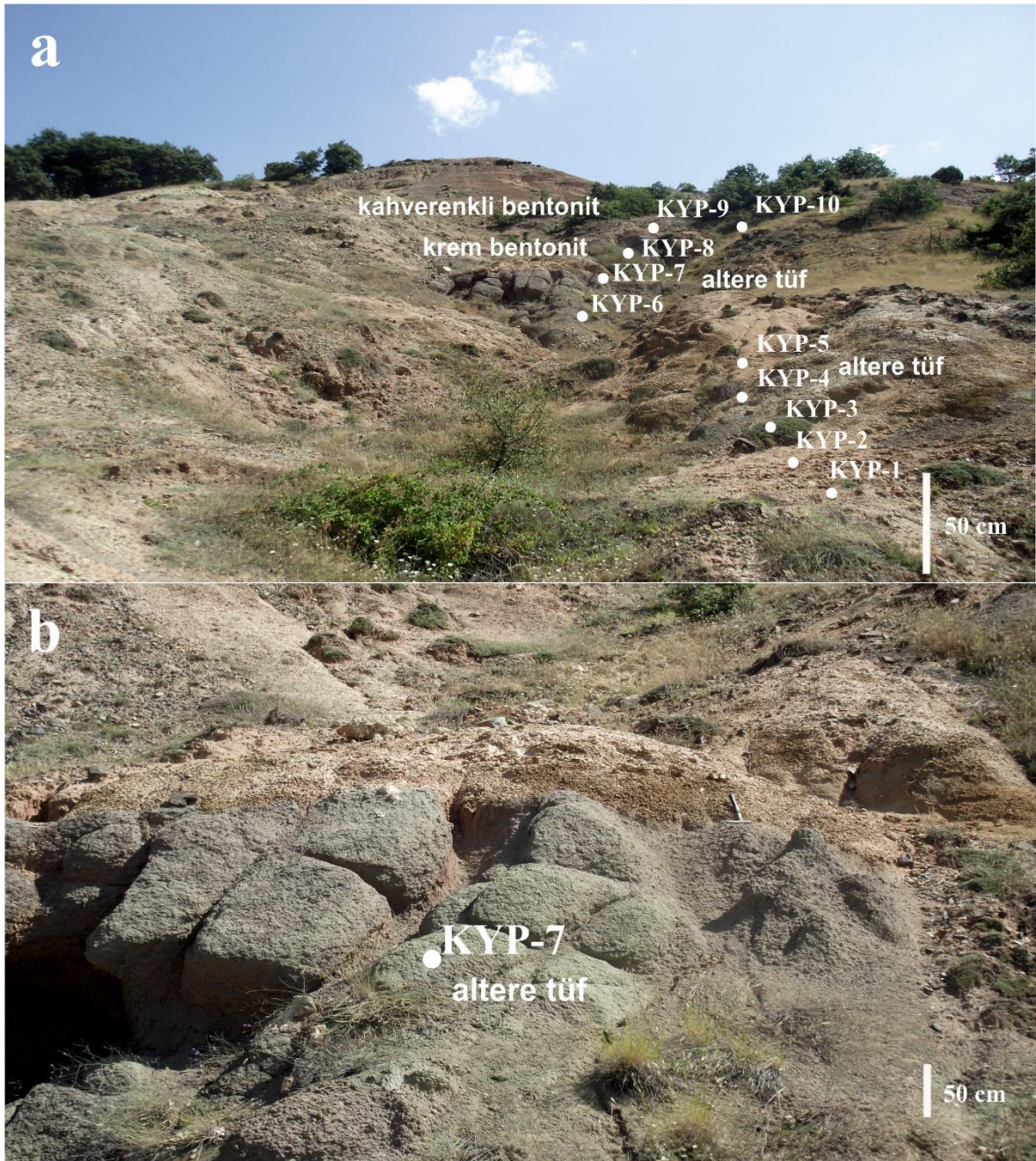


Şekil 4.7. (a) Yolüstü bentonit ocağı yeşil ve gri bentonitlerin ilişkisi, Doğu'dan Batı'ya doğru silis bandının yakından görünümü, (b) Yolüstü bentonit ocağı açık kahve renkli bentonitlerin tüflerle ilişkisi.

4.2.2.6. Köryakup bentonit ocağı (KYP)

İncelenen ve örnekleme yapılan Köryakup bentonit ocağı, en alt seviyede kalınlığı yaklaşık olarak 50 cm ile 2 m arasında değişen gri-koyu yeşil renkli, bolca biyotit kristalli kısmen altere andezitik volkanik kayaçların bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.8a).

Volkanik birimler üzerinde kalınlıkları yaklaşık 30 cm olan ıslak yüzeyleri alacalı, yeşilimsi renkte, Mesudiye Formasyonuna ait oldukça altere, andezitik tüfler gözlenmektedir (Şekil 4.8a). Üzerlerinde kalınları 50 cm olan mat, yeşil, dağılgan, kumsu dokunuşlu, bir önceki örneğe göre daha altere tüfler bulunmaktadır (Şekil 4.8a). Şekil 4.8b’de volkanik birimlerin birbirleri ile olan ilişkileri görülmektedir. Kalınlıkları yaklaşık 2 m, koyu kahverengi, orta-sert, kompakt, bolca kuvars, daha az mika ve heulandit-klinoptilolit içerdiği gözlenen altere tüfler bulunmaktadır. Bu birimlerin üzerlerine kalınlıkları 1 m olan, içerisinde eser miktarda mika yer alan açık yeşil-alacalı renkli, plastik, saf özelliğe yakın bentonitler yer almaktadır. Kalınlıkları 2 m, bozunma rengi siyah, taze kırık rengi gri, mat, silis içeriği olan volkanik kayaçlar bentonitlerin üzerlerinde gözlenmektedir. Kalınlığı yaklaşık 2 m olan yeşilimsi renkte, feldispat ve mika içerikli, dağılgan, kırılğan, yarı altere tüfler bir üst tabakada yer almaktadır (Şekil 4.8b). Çalışma alanı Köryakup bentonit sahası B-D yönlü alınan 10 örnek Şekil 4.8a ve 4.8b’de görülmektedir.

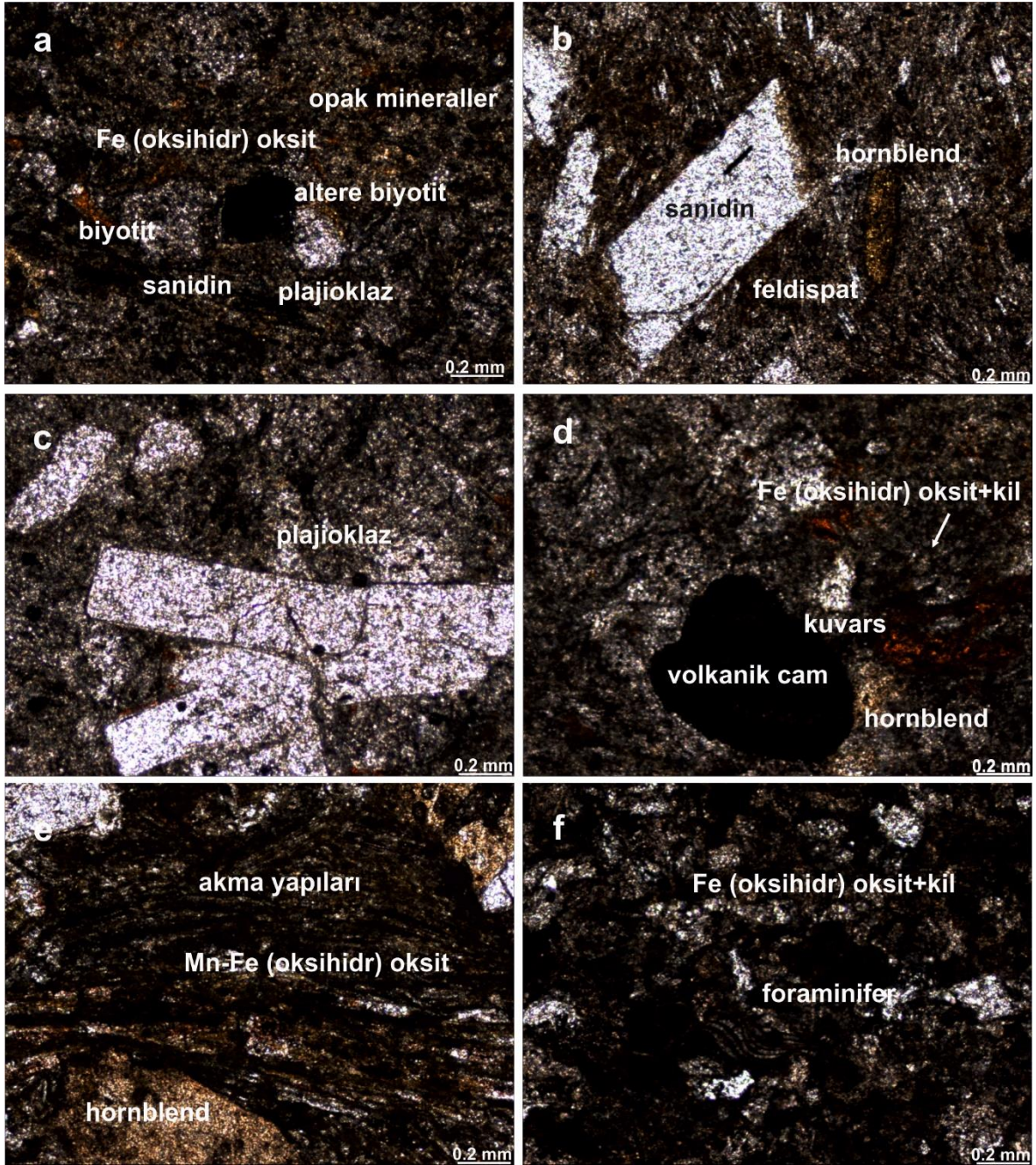


Şekil 4.8. (a) Köryakup bentonit ocağı volkanik kayalar, (b) Köryakup bentonit ocağı volkanikler ile bentonitlerin ilişkisi.

5. ANALİZ SONUÇLARI

5.1. Petrografik İncelemeler

Reşadiye Formasyonu, Bereketli üyesi tuf örnekleri polarizan mikroskopta petrografik incelemeler amacı ile incelendiğinde riolitik, dasitik ve trakiandezitik özellikte oldukları gözlenmiştir. Kayaç parçaları, K-feldispat (sanidin), plajiolazlar, biyotit, ve kuvars ile karakterize edilir (Şekil 5.1a). Biyotitte opaklaşma gözlenmektedir (Şekil 5.1a). K-feldispatlar kısmen veya tamamen killeşmiş ve serisitleşmiştir (Şekil 5.1b). K-feldispat (sanidin) minerali Şekil 5.1b’ de görülmektedir. Plajiolazlar, karlsbad ikizlenmesi gösterirler (Şekil 5.1c). Volkanik cam hamur malzemesi içerisindeki biyotit, hornblend, ve kuvars mineralleri oldukça killeşmiş şekilde gözlenir (Şekil 5.1d). Kuvars kristalleri düzensiz şekillerde ve keskin kenarlıdır (Şekil 5.1d). Prizmatik hornblend mineralleri etrafında, Mn-Fe (oksijen) oksit oluşumları gözlenmektedir (Şekil 5.1e). Piroklastik kayacın camsı matriksinde devitrifikasyon nedeniyle oluşan çatlaklarda kırmızımsı kahverenkli Fe (oksijen) gözlenmektedir. Ayrıca bölgesel olarak, riolitik tuf içerisinde denizel kökenli foraminifere rastlanmıştır. (Şekil 5.1f).



Şekil 5.1. Reşadiye Formasyonu volkanik kayaçların polarizan mikroskop altındaki çift nikol görüntüleri: (a) Riyoilitik tuf içerisindeki killeşmiş volkanik hamur, sanidin (K-feldispat), kuvars, prizmatik şekilli hornblend ve plajiolaz mineralleri, opaklaşma (KYP-6) (b) Riyoilitik tuf içerisindeki cam kıymıklarından oluşan hamur ve feldispat, hornblend ve sanidin mineralinin görünümü (GVD-10) (c) Dasitik tuf içerisindeki killi malzeme ve dağılmış opak mineraller ile volkanik cam, plajiolaz (GVD-4) (d) Dasitik tüfe ait Fe (oksiihidr) oksit + killi matriks malzemesi içerisindeki kuvars minerali hornblend ve volkanik camın yakından görünümü (GVD-4) (e) Riyoilitik tuf içerisindeki Mn-Fe (oksiihidr) oksit+killi matriks malzeme, hornblend ve akma yapılarının yakından görünümü (GVD-12) (f) Riyoilitik tüflerinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri: foraminiferler ile birlikte bulunan yarı yuvarlak-yuvarlak volkanik kayaç parçaları, kuvars, K-feldispat (sanidin) mineralleri ile Fe (oksiihidr) oksit+kil görünümü (PRT-8).

5.2. X Işınları Difraktometresi (XRD) İncelemeleri

İnceleme alanında yapılan arazi çalışmaları sırasında Bereketli üyesine ait, batıdan doğuya doğru 6 farklı bentonit ocağı ve bentonit yan kayaçları olan altere tüflerden derlenen numunelere ait tüm kayaç XRD sonuçları Çizelge 5.1’de sunulmuştur. Bu analiz sonuçlarına göre inceleme alanı Bereketli üyesi’ndeki baskın kil minerali smektit olarak görülmektedir.

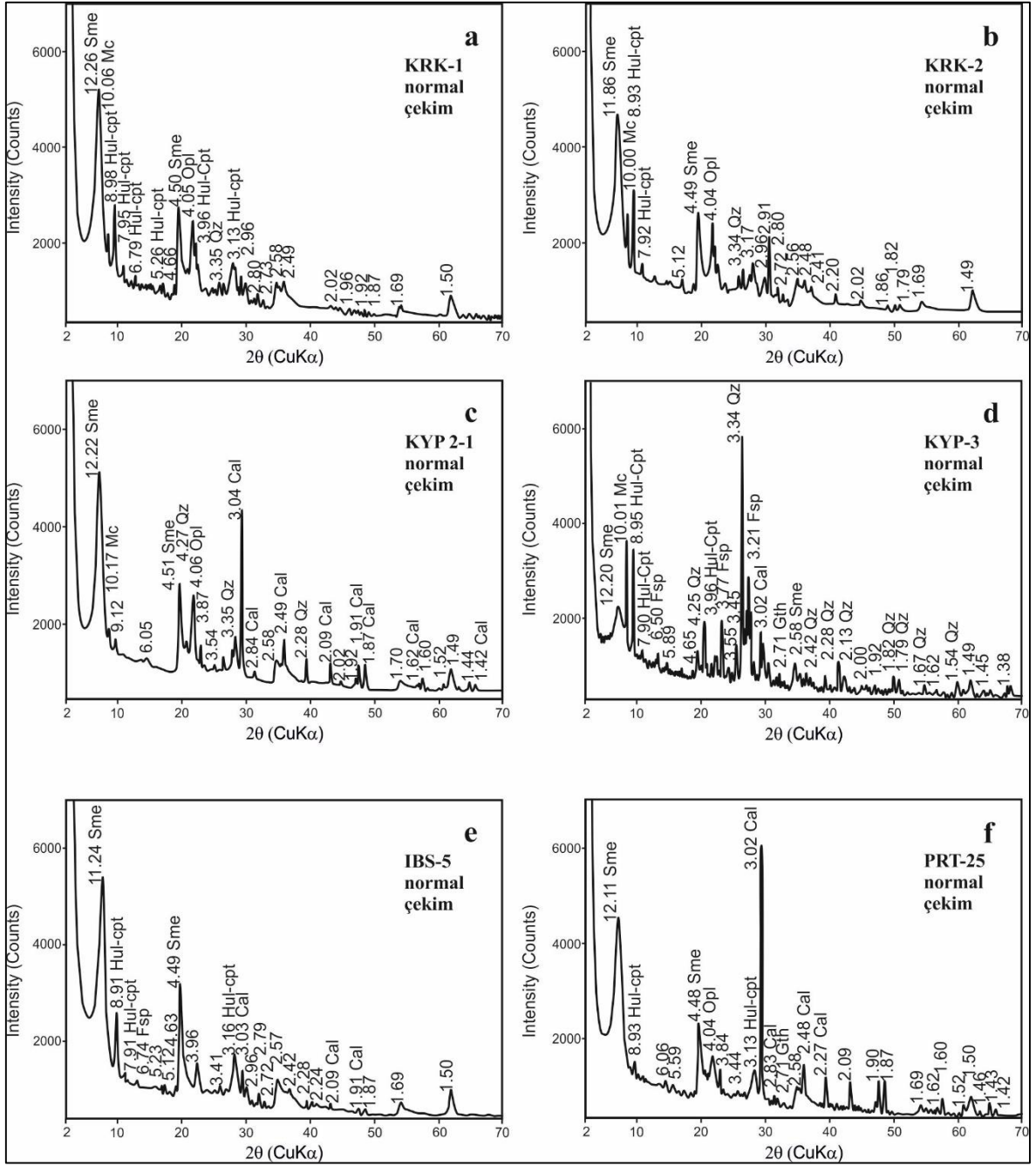
Bununla birlikte heulandit-klinoptilolit, kaolin, az miktarda feldispat, mika, kuvars, opal-CT, kalsit ve yerel olarak götit mineralleri gözlenmiştir. Örneklerdeki heulandit-klinoptilolit miktarı batıdan doğuya doğru smektit minerali ile artış göstermektedir. Mika ve kalsit düzenli bir dağılım göstermemesine rağmen, kaolin, opal-CT ve eser oranda feldispat, kuvars havzanın doğu yönüne doğru azalma göstermektedir (Çizelge 5.1). Götit bazı bentonit örneklerinde eser oranda bulunmaktadır.

Çizelge 5.1. Bereketli üyesi bentonit örnekleri ve bunlarla ilişkili tüflerin mineralojik dağılımı. Sme: smektit, Mc: mica, Kln: kaolin, Hul-Cpt: heulandit-klinoptilolit, Fsp: feldispat, Qz: kuvars, Opl: opal-CT, Cal: kalsit, esr: eser, +: minerallerin bulunma bolluğu. Mineral isimlerinin kısaltmaları Whitney ve Evans’dan (2010) alınmıştır.

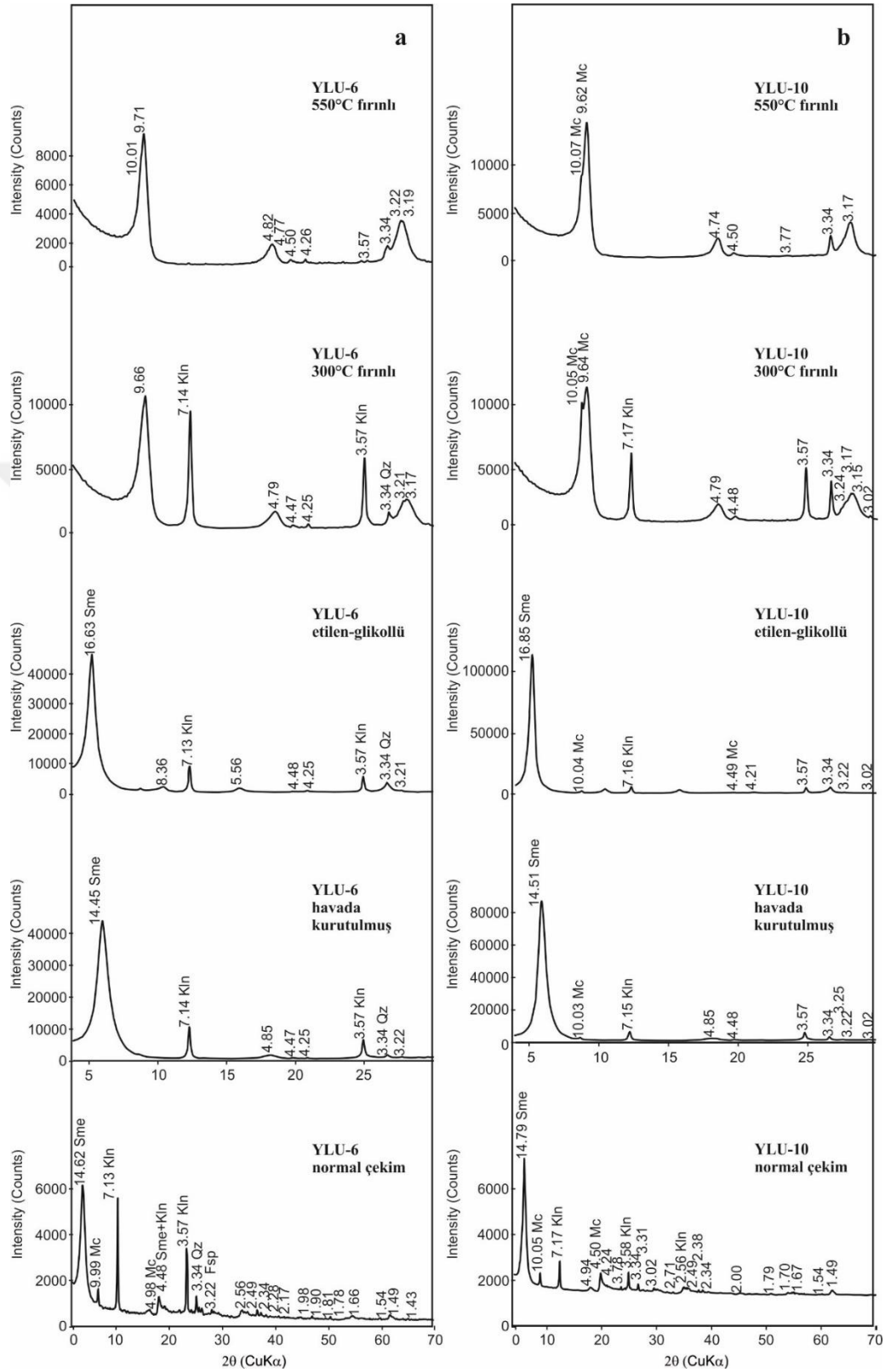
Örnek	Kaya Türü	Sme	Mc	Kln	Hul-Cpt	Fsp	Qz	Opl	Cal	Gth
Yolüstü										
YLU-1	bentonit	++++			esr			+	esr	
YLU-3	bentonit	++++				esr		+		
YLU-6	bentonit	+++	esr	+	+	esr	esr			
YLU-7	bentonit	++	esr	+		esr	esr		++	
YLU-8	bentonit	++++	+	esr		esr	esr		esr	esr
YLU-10	bentonit	+++	+	+		esr	esr		esr	
YLU-11	bentonit	++++	esr					+	esr	
Köryakup										
KYP2-1	bentonit	++++	esr				esr	+	+	esr
KYP-3	altere tuf	++	+		+	esr	+		esr	
KYP-5	bentonit	++++	esr		+	esr	esr		esr	
KYP-8	bentonit	++++			esr	esr	esr	+	esr	
KYP-11	bentonit	++++	esr		esr		esr	+	+	esr
Güvendik										
GVD-3	bentonit	+++++	esr		esr	esr	+		esr	
GVD-5	bentonit	+++	+		+	esr	+			
Pertek										
PRT-1	bentonit	+++++							esr	
PRT-5	bentonit	++++	esr		esr	esr			esr	esr
PRT-9	bentonit	++++	esr		+				esr	
PRT-12	bentonit	+++++	esr		esr					
PRT-13	bentonit	+++++			+					esr
PRT-14	altere tuf	++++	esr		+					
PRT-20	bentonit	++++	esr		+				esr	
PRT-25	bentonit	++++			esr			esr	+	esr
Kuruköprü (Kaşınar)										
KRK-1	bentonit	++++	esr		+		+	+		
KRK-2	bentonit	++++	esr		+			esr		
KRK-6	bentonit	++++	+		+			+	esr	esr
KRK-9	bentonit	++++	esr		+			+		esr
İbrahimseyh										
IBS-3	altere tuf	+++	esr		+		+			
IBS-5	bentonit	++++			+	esr			esr	
IBS-7	bentonit	+++	esr		+					
IBS-10	bentonit	++++			+				esr	
IBS-14	bentonit	++++			+	esr			esr	

Smektitlerde (001) yansıması, 12,26-12,50 Å pikleri ile belirlenmiştir (Şekil 5.2a). Klinoptilolit, 8,93-8,95 Å ve 3,96 Å ve illit, 10,07 ve 4,50 Å pikleri ile karakterize edilirken, Fe-oksit fazı 2,71 Å ve feldispat 3,15-3,22 Å pikleri ile karakterize edilir (Şekil 5.2b). Örneklerde 4,06, 2,28, 2,02, 1,87 Å arasında pik tabanının yükselmesi de opal-CT varlığına işaret etmektedir (Şekil 5.2c; Esenli ve Şans, 2013). Kuvars 4,25 Å ve 3,34 Å, feldispat (plajioklaz ve K-feldispat) 3,22 Å-3,18 Å pikleri arasında ve kalsit 3,04 Å pikleri ile tanımlanmıştır (Şekil 5.2d). Smektit'in (060) değerinin 1,50 Å olması dioktahedral karakterde olduğunu göstermektedir (Şekil 5.2e, f; Moore ve Reynolds, 1989).

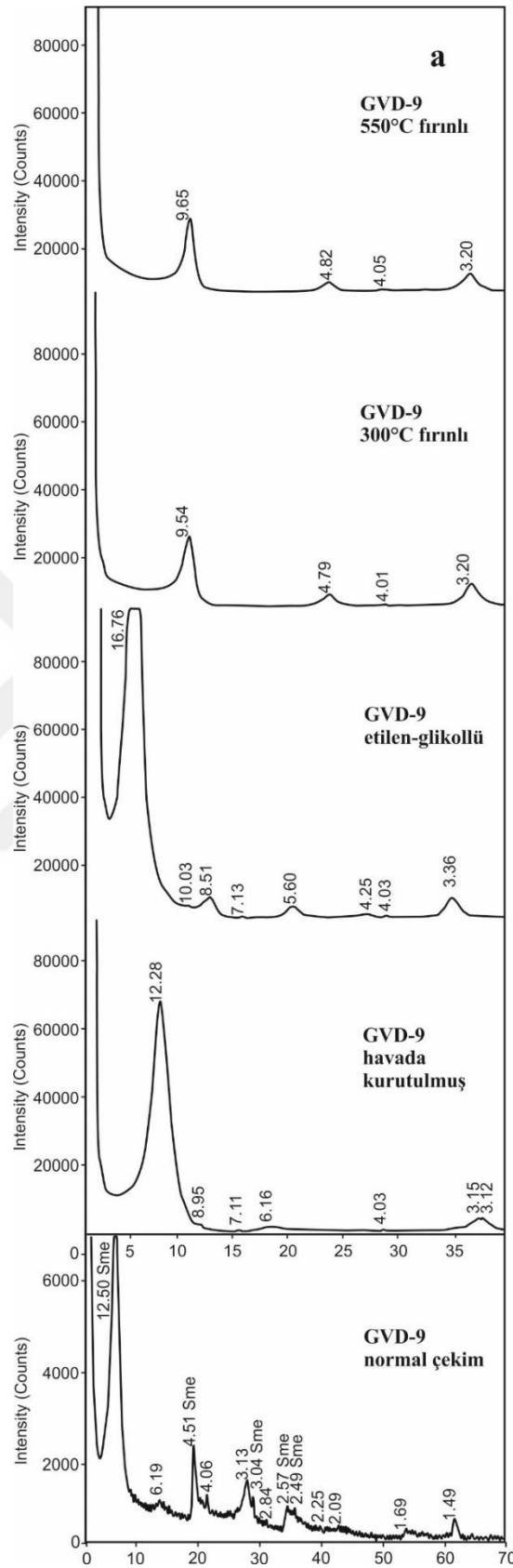
Diyajenez sırasında opal formları amorf (Opal-A), kristobalit (Opal-C), Kristobalit/tridimit formlarından birinde bulunabilir (Graetsch, 1994). Kristobalite 4,05 Å pikleri ile karakterize edilirken 4,06-4,10 Å pikleri ile karakterize edilen opal-CT 'dir (Şekil 5.3; Williams vd., 1985; Çoban ve Ece, 1999; Karakaya vd., 2011; Çiftlikli 2013). Şekil 5.3a, YLU-6 ve Şekil 5.3b, YLU-10 örnekleri normal çekimleri incelendiğinde smektitlerde (001) yansıması Ca smektitler için sırasıyla 14,62 Å, 14,79 Å pikleri ile belirlenmiştir. Etilen glikol ile muamele edildiğinde Ca smektit pikleri sırası ile 16,76-16,88 Å ve 16,63-16,85 Å piklerine kadar erişirken, 300 °C ve 550 °C'de ısıtıldığında ise (001) yansımasının çöktüğü saptanmıştır (Şekil 5.3a,b). Şekil 5.3a, b'de karakteristik ve keskin, sırasıyla 7,13 Å, 7,17 Å ve 3,57 Å, 3,58 Å pikleri ile kaolin minerali görülmektedir (MacEwan ve Wilson, 1980; Wilson, 1987). 550 °C'de (001) yansımasını temsil eden 7,13 Å ve 7,17 Å pikinin çöktüğü, etilen glikol ile muamele de etkilenmediği görülmüştür. GVD-9 örneği normal çekimleri incelendiğinde smektitlerde (001) yansıması Na smektitler için sırasıyla 12,50 Å, 4,51 Å pikleri ile belirlenmiştir. Etilen glikol ile muamele edildiğinde Na smektit piki 16,76 pikine kadar erişirken, 300 °C ve 550 °C'de ısıtıldığında ise (001) yansımasının çöktüğü saptanmıştır (Şekil 5.4a).



Şekil 5.2. İnceleme alanı Bereketli üyesine ait bentonit ocaklarından alınan Na-Ca smektit'ce zengin örnekler için tüm kayaç XRD grafikleri, (a) KRK-1 örneği, (b) KRK-2 örneği, (c) KYP 2-1 örneği, (d) KYP-3 örneği, (e) IBS-5 örneği, (f) PRT-25 örneği (Mineral isimlerinin kısaltmaları için bakınız Çizelge 5.1).



Şekil 5.3. İnceleme alanı Bereketli üyesine ait bentonit ocaklarından alınan Ca-smektit'ce zengin örneklerin tüm kayaç (normal çekim) ve <2µm kil fraksiyonuna ait XRD grafikleri, (a) YLU-6 örneği (b) YLU-10 örneği (Mineral isimlerinin kısaltmaları için bakınız Çizelge 5.1.)



Şekil 5.4. İnceleme alanı Bereketli üyesine ait bentonit ocaklarından alınan Na-smektit'ce zengin örneklerin tüm kayaç (normal çekim) ve $<2\mu\text{m}$ kil fraksiyonuna ait XRD grafikleri, (a) GVD-9 örneği (Mineral isimlerinin kısaltmaları için bakınız Çizelge 5.1.).

5.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Çalışmaları

Reşadiye Formasyonu Bereketli üyesi içerisinde yer alan bentonit örneklerinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri, smektitlerle ilişkili illit liflerinin, kaolinitin, heulandit-klinoptilolit ve feldispatın ilişkisini ortaya koymaktadır (Şekil 5.5). Tekil plakaların düzensiz kenarlarında kıvrılma izlerine sahip ince illitler gözlenmektedir (Şekil 5.5a). Şekil 5.5b ve Şekil 5.5c’de Sem görüntülerinde, smektit grubu mineraller bal peteği, mısır gevreği, yaprağımsı veya rozetimsi görünümünde bir morfoloji gösterirler. Smektit ile birlikte gözlenen illit kristalleri plakaların yığılması şeklinde, gözeneklerde ise yumağımsı, pıhtımsı bir görünüme sahiptir (Şekil 5.5d; Hassouta vd., 1999).

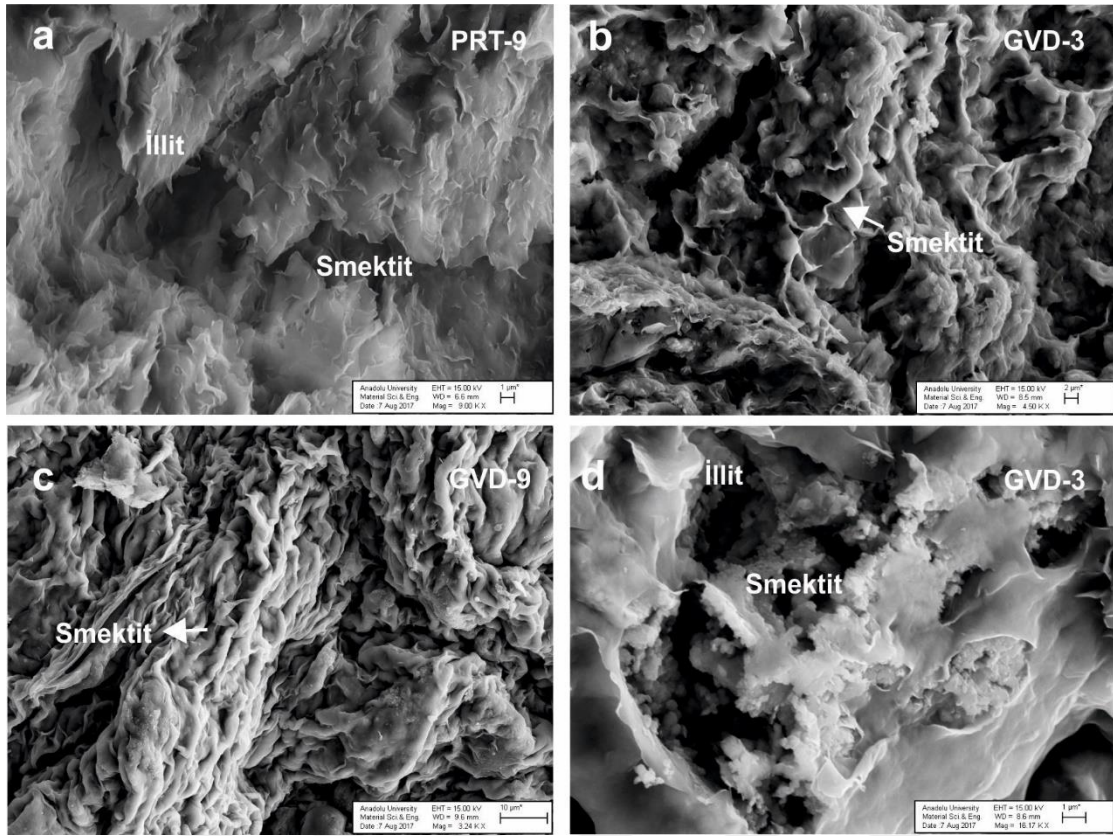
Özşekilli heulandit ve klinoptilolit kristalleri smektit ile birlikte kabuklar halinde ayrılmış bir şekilde bulunmaktadır (Şekil 5.6e; Kadir vd., 2021).

Ek olarak çalışma alanı içerisinde bentonit ocaklarının en üst seviyelerinde yer alan çamurtaşları içerisinde süngerimsi smektit ile birlikte düzensiz boşluk dolguları şeklinde kalsit kristalleri saptanmıştır. Kalsit kristallerinin boyutları yaklaşık 2µm olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.6f).

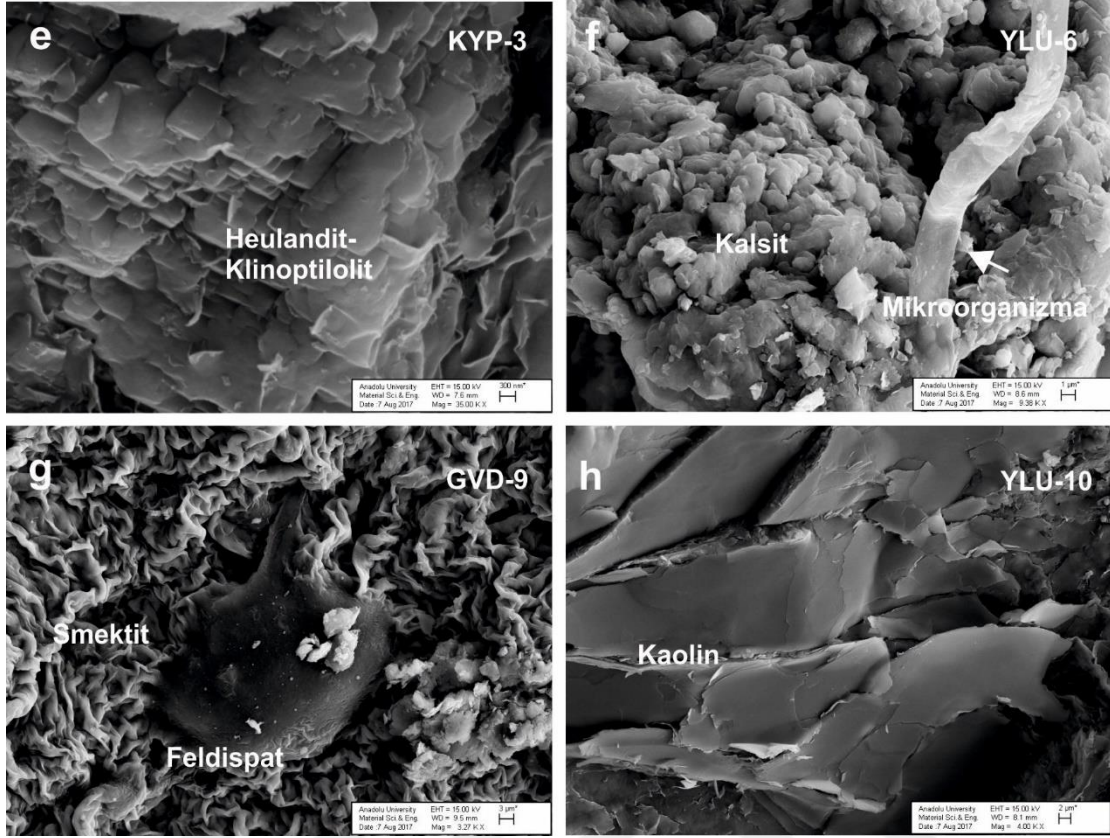
Altere feldispat smektit kristalleri ile birlikte Şekil 5.6g’de bulunmaktadır ve Şekil 5.6h’de kaolin kristalleri birbirine paralel olmayan formlarda gözlenmektedir.

Süngerimsi smektitler, EDX analizlerine göre büyük Si, Al, O pikleri ile düşük şiddetli Fe, Na ve Mg pikleri ile gözlenmektedir (Şekil 5.7a).

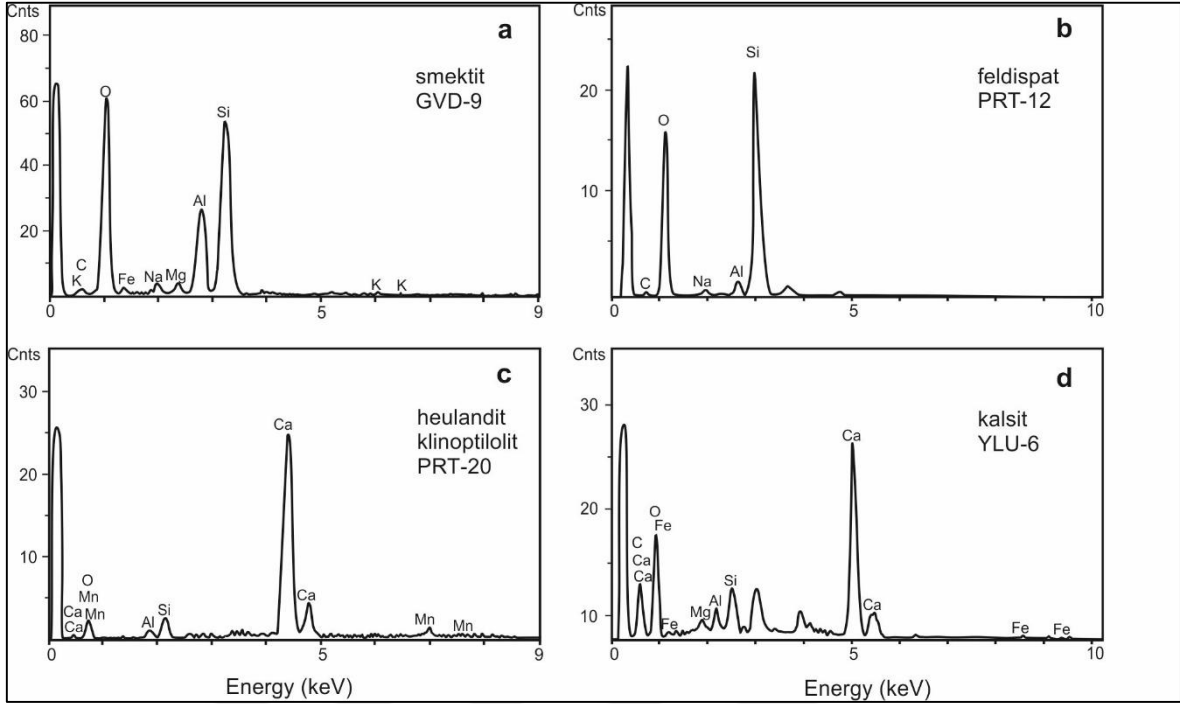
Feldispat örnekleri yüksek Si piki ile birlikte düşük Na ve Al pikleri göstermektedir (Şekil 5.7b). Heulandit-klinoptilolit örneklerinde ise Ca piki güçlü iken, zayıf Al ve Mn pikleri gözlenmiştir (Şekil 5.7c). Rombik kalsit kristallerinde ise güçlü Ca pikleri görülmüştür (Şekil 5.7d).



Şekil 5.5. Reşadiye (Tokat) çevresinden derlenen bentonit örneklerine ait SEM görüntüleri (a) smektit minerallerini çevreleyen illit lif demetleri (PRT-9), (b) halka örgüler ve kıvrılmış kenarlı smektit mineralinin görünümü (GVD-3), (c) düzensiz sınırları ve kıvrılmış kenarlı smektit ve sürekli-yarı sürekli örgü görünümü sunan smektit lifleri (GVD-9), (d) smektit lifleri ile birlikte bulunan ince illitler ve düzensiz kıvrılma izleri (GVD-3).



Şekil 5.6. Reşadiye (Tokat) çevresinden derlenen bentonit örneklerine ait SEM görüntüleri (e) heulandit-klinoptilolit minerallerinin yakından görünümü (KYP-3), (f) kalsit mineralinin ve mikroorganizmanın görünümü (YLU-6), (g) düzensiz sınırları ve kıvrılmış kenarları sürekli ve yarı sürekli örgü görünümü sunan smektit lifleri ve feldispat minerali (GVD-9), (h) kaolin minerali yakından görünümü (YLU-10).

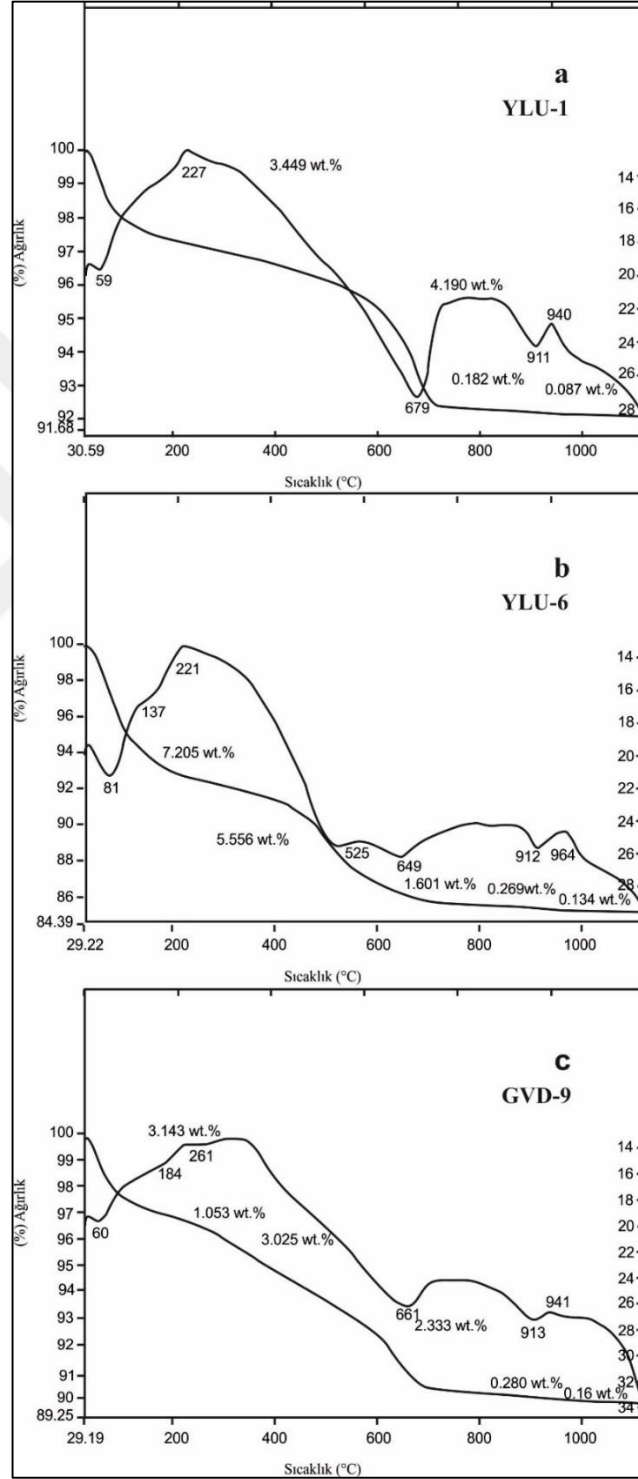


Şekil 5.7. İnceleme alanından derlenen bentonit örneklerine ait EDX grafikleri (a) smektit (GVD-9), (b) feldispat (PRT-12), (c) heulandit-klinoptilolit (PRT-20), (d) kalsit (YLU-6).

5.4. Diferansiyel Termal Analizi-Termal Gravimetri (DTA-TG) Analizleri

Reşadiye Formasyonu Bereketli üyesi Güvendik ve Yolüstü ocaklarını temsilen yapılan smektit egemen YLU-1, YLU-6 ve GVD-9 örnekleri Şekil 5.8a-b ve c’de verilmiştir. DTA-TG analizleri incelendiğinde, smektitçe zengin ($<2 \mu\text{m}$) YLU-1, YLU-6 ve GVD-9 numunesinin DTA-TG analiz sonuçlarına göre 4 endotermik ve ekzotermik pik sunduğu görülmektedir (Şekil 5.8a-c; Mackenzie, 1970). İlk simetrik, geniş, endotermik pik suyun yok olmasından dolayı 59°C , 81°C , 60°C ’de gözlenir ve ağırlık kaybı $\sim 3.14\%$ olduğu görülmektedir. İkinci pik 679°C , 649°C , 661°C ’de yüksek bir endotermik pikle gözlenir. Düşük sıcaklıktaki endotermik pik tabaka aralarındaki katyonlarla koordinasyon halindeki su moleküllerinin ayrılması ile ilişkili iken, diğer endotermik pik jipsitik tabakadan OH gruplarının ayrılması ile ilişkilidir. Yüksek sıcaklıktaki ekzotermik pik ise 911°C , 912°C , 913°C ’de kil yapısının çökme yapısını açıklar (Yıldız vd., 1997). Düşük sıcaklıktaki endotermik pikler 227°C , 221°C , 261°C ’de adsorbe nemin kaybı ile tabaka arası bölgelerdeki suyun büyük bir kısmının kaybı ile oluşur (Şekil 5.8c; Paterson ve Swaffield, 1987).

DTA-TG eğrileri smektitçe zengin YLU-1, YLU-6, GVD-9 örneklerinin tipik termal reaksiyonlarını göstermektedir. Bu sonuçlar XRD, SEM-EDX, TEM, IR ve kimyasal analiz sonuçları ile uyumluluk göstermektedir.



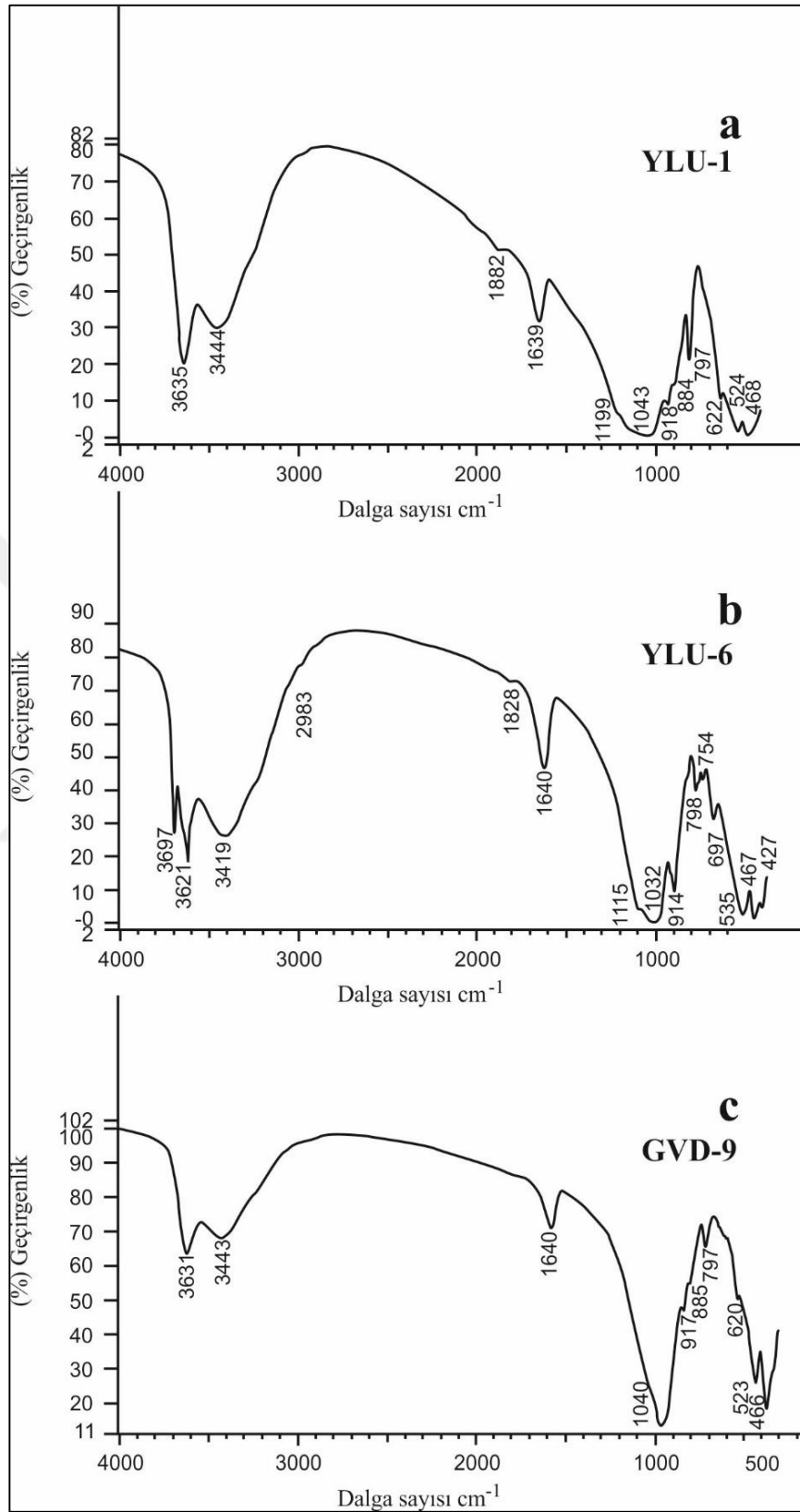
Şekil 5.8. Smektitçe zengin (a) YLU-1, (b) YLU-6, (c) GVD-9 bentonit örneklerindeki smektit mineraline ait DTA-TG grafiği.

5.5. Fourier Dönüşümlü Kırmızı-Altı (FT-IR) Spektrografisi Analizleri

Bereketli üyesi'ne ait smektitçe zengin YLU-1, YLU-6, GVD-9 örneklerinin IR spektrumlarında gözlenen titreşim bantları Şekil 5.7'de verilmiştir. YLU-1 örneğinde görülen 3635, 3444, 1882, 1639, 1199, 1043, 918, 884, 797, 622, 524 ve 468 cm^{-1} , YLU-6 örneğinde görülen 3697, 3621, 3419, 2983, 1828, 1640, 1115, 1032, 914, 798, 754, 697, 535, 467, 427 cm^{-1} , GVD-9 örneğinde görülen 3631, 3443, 1640, 1040, 917, 885, 797, 620, 523 ve 466 cm^{-1} 'de işaretlenen bantlar bir bütün halinde değerlendirildiğinde smektit temel titreşim frekanslarıyla uyum içindedir (Şekil 5.9a-c; Marel ve Beutelspacher, 1976).

3635, 3697, 3631 ve 3444, 3419, 3443 bantları; smektitteki Mg-OH-Al, Fe-OH-Al ve Fe-OH-Fe gerilme titreşimlerine bağlıdır (Şekil 5.9a-c; Farmer, 1974). 1640 bandı, düzenli zeolitik sudaki OH- gerilme titreşim bantları ile ilişkilidir (Van der Marel ve Beutelspacher, 1976). 917 bandı smektitin Si-O gerilme titreşimi ile ilişkilidir. 797 bantı ise Fe-OH-Mg ile ilişkilidir. 620 ve 523 ise Si-O-Si (Al) deformasyonunu göstermiştir.

Örneklerin IR spektrum sonuçları XRD, SEM-EDX, DTA-TG ve kimyasal analiz sonuçları ile uyumludur (Şekil 5.7a-c).



Şekil 5.9. Smektitçe zengin (a) YLU-1, (b) YLU-6, (c) GVD-9 bentonit örneklerine ait FT-IR spektrum grafiği.

5.6. Tüm Kayaç Kimyasal Analizleri

Çalışma alanından derlenen bentonit ile ilişkili riyolitik, dasitik ve trakiandezitik tuf örneklerinin jeokimyasal analiz sonuçları Çizelge 5.2’de sunulmuştur. Majör ve iz elementlerdeki değişimler havzadaki Na ve Ca içeren bentonitlerin volkanik kayalardan etkilendiğini göstermektedir. Reşadiye bentonitleri majör elementleri ağırlıklı olarak felsik bir içerik göstermektedirler (Kadir vd, 2021).

Güney kısımda yüzeyleyen tuf örnekleri içerisinde SiO_2 değerleri % 54,9 ile % 71,58, Al_2O_3 değerleri % 15,22 ile % 17,96, $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$ değerleri % 1,86 ile % 6,54, MgO değerleri % 0,33 ile % 1,26, CaO değerleri % 2,48 ile % 4,36, Na_2O değerleri % 1,32 ile % 4,14, K_2O değerleri % 2,84 ile % 9,13, Ateş kaybı (AK) değerleri % 0,5 ile % 8,9 aralıklarında değişmektedir. K_2O değerleri % 2,84 ile % 9,13, K-feldispat ile illit varlığını gösterir (Çiftlikli vd, 2013). İllitik örnekler yüksek içerikli Al_2O_3 ve TiO_2 gösterirler ve ayrıca Fe_2O_3 değerleri de yüksektir (Çizelge 5.2). CIW değerleri tuf örneklerinde % 52,33 ile % 57,19 olarak görülmektedir. Reşadiye tuf örnekleri Sc/Th (0,14), Co/Th (1,44), La/Sc (16,1) Th/U (4,3), Nd/Sm (63,9), Zr/Hf (4,2), Nb/Ta (13,9) değerleri arasındadır.

Bentonitler içerisindeki Al_2O_3 değerleri % 14,34 ile % 21,31 arasındadır. Bentonitlerin içerisindeki TiO_2 değerleri % 0,19 ile % 0,73 arasındadır. Fe_2O_3 içerikleri ise % 2,79 ile % 12,90 arasındadır. Yüksek ateş kaybı (AK) değerleri, bol miktarda smektit içeriğini gösterir (Çiftlikli vd, 2013). CIW değerleri % 54,85 ile % 80,98’dir. Havzanın kuzeybatısında bulunan Yolüstü bentonit ocağı, diğer bentonit ocakları ile majör oksit ortalama değerleri açısından karşılaştırıldığında SiO_2 değeri % 50,52 ve Na_2O % 0,88 ile en düşük, Al_2O_3 değeri % 19,39, $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ değeri % 4,30, MgO değeri % 2,75 ve CaO değeri % 3,51 ile en yüksek yüzdelere sahiptir. Diğer bentonit ocakları ile kıyaslama yapıldığında havza güneyinde bulunan Güvendik bentonit ocağı, $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ değeri % 6,79 ile en yüksek değere sahiptir. Reşadiye bentonitleri Co ve Ni değerleri sırasıyla 2,50 ve 20,20 ppm ve 0,20 ve 7,20 ppm arasındadır. Cr_2O_3 değerleri % 0,002’ dir (Çizelge 5.2). Reşadiye bentonit Sc/Th (0,26), Co/Th (0,24), La/Sc (6,8) Th/U (2,8), Nd/Sm (56,2), Zr/Hf (4), Nb/Ta (17,7) değerleri arasındadır.

Çizelge 5.2. İnceleme alanından derlenen bentonit örneklerinin majör oksitler (% ağırlık), iz element (ppm) ve NTE içeriği. $\sum NTE = (La-Lu) + Y$ toplamı; $\sum HNTE = (La-Nd)$ toplamı; $\sum ONTE = (Sm-Ho)$ toplamı; $\sum ANTE = (Er-Lu)$ toplamı; $Ce/Ce^* = 2Ce_N / (La_N + Pr_N)$, $Eu/Eu^* = 2Eu_N / (Sm_N + Gd_N)$, N harfi NASC-normalize değerini temsil etmektedir (Gromet vd., 1984); A.K.: 1050 °C sıcaklıktaki kayıp, $CIW = (100)[Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)]$ CIW: Kimyasal Ayırışma İndeksi (Harnois, 1988).

Majör Oksitler (% ağırlık)	Bentonit											
	KYP-5	KYP-8	PRT-9	PRT-12	PRT-20	PRT 2-1	PRT 2-4	PRT 3-5	KRK-1	KRK-6	KRK-9	YLU-1
SiO ₂	58.37	55.99	57.17	61.25	57.02	59.31	59.00	56.02	57.41	58.88	58.91	59.70
Al ₂ O ₃	17.51	16.38	16.79	16.15	16.23	16.55	17.03	16.76	16.47	16.70	17.16	16.37
ΣFe_2O_3	2.93	3.07	3.64	3.27	3.41	3.05	3.24	3.53	3.38	3.64	3.64	3.19
MgO	1.20	2.74	2.40	1.83	1.78	1.81	1.75	1.68	1.48	1.54	1.55	2.08
CaO	2.58	3.34	2.79	0.82	3.24	1.39	1.16	3.64	3.95	2.33	2.56	2.26
Na ₂ O	2.42	2.24	2.38	2.39	2.48	2.39	2.56	2.11	2.06	2.29	1.99	1.96
K ₂ O	3.54	0.50	1.84	0.87	1.37	0.66	0.86	0.96	1.47	1.22	2.07	0.42
TiO ₂	0.39	0.24	0.33	0.27	0.31	0.28	0.29	0.31	0.31	0.31	0.30	0.28
P ₂ O ₅	0.23	0.10	0.14	0.08	0.12	0.08	0.07	0.12	0.13	0.11	0.15	0.11
MnO	0.04	0.06	0.07	0.02	0.10	0.05	0.04	0.16	0.12	0.08	0.04	0.06
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
TOP/C	0.33	0.94	0.37	0.08	0.53	0.24	0.21	0.75	0.55	0.30	0.15	0.38
TOP/S	0.14	0.04	0.05	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.02	0.08	0.03	<0.02	0.04
A.K.	10.5	15.1	12.2	12.8	13.7	14.2	13.8	14.5	12.9	12.6	11.3	13.3
Toplam	99.79	99.76	99.82	99.80	99.79	99.83	99.82	99.82	99.78	99.80	99.79	99.83
CIW	66.86	62.64	65.11	74.85	61.92	71.91	72.92	62.39	60.88	67.58	68.38	69.04
İz elementler (ppm)												
Ni	0.3	0.5	1.5	0.5	0.7	0.5	0.2	0.3	0.5	0.4	0.2	0.2
Sc	4	4	6	5	5	4	5	5	6	6	7	5
Ba	540	561	785	195	734	482	395	648	1257	729	956	691
Be	7	4	2	2	5	5	3	7	4	3	1	5
Co	4.1	4.0	4.7	4.3	4.0	3.9	3.9	3.7	4.5	4.8	4.0	2.6
Cs	1.5	1.2	2.5	2.8	3.0	3.0	3.0	2.4	2.6	2.0	2.6	0.6
Ga	12.5	11.4	15.0	13.4	11.6	12.2	11.7	12.0	12.4	12.3	11.9	12.3
Hf	5.8	5.4	5.5	5.3	4.6	5.1	5.1	4.7	4.7	4.7	4.8	5.2
Nb	11.1	9.4	10.8	9.8	9.5	10.4	10.3	9.4	8.8	9.7	8.5	9.5
Rb	132.6	31.8	73.2	71.2	87.1	56.7	70.7	58.5	80.2	71.5	105.7	22.1
Sn	2	1	2	2	2	1	2	1	2	6	1	2
Sr	873.7	1096.2	642.0	834.8	935.3	519.4	642.0	615.2	1094.0	882.7	975.6	632.7
Ta	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Th	26.7	25.4	24.7	23.0	22.2	23.4	23.4	22.2	19.9	21.5	21.4	22.8
U	12.0	8.3	8.3	11.0	7.3	7.3	7.1	5.7	6.4	8.8	7.8	7.8
V	60	42	58	39	49	33	35	48	64	46	57	52
W	4.2	3.5	3.7	3.6	3.4	8.8	3.6	3.2	3.3	4.0	3.1	3.7
Zr	218.5	220.8	225.2	208.5	198.2	209.6	203.5	191.0	182.7	192.1	195.1	206.8
Y	20.2	20.0	18.5	18.3	18.9	19.0	17.5	17.3	16.7	19.1	21.2	20.5
La	46.4	43.6	39.4	48.6	41.0	45.3	45.2	42.1	39.1	43.6	43.0	44.6
Ce	81.1	77.5	71.2	85.0	77.7	78.6	80.0	74.8	71.1	78.3	79.0	79.3

Çizelge 5.2. (devam)

Pr	8.66	8.37	7.80	9.37	8.09	8.66	8.96	8.25	7.46	8.49	8.57	8.32
Nd	31.5	29.2	28.5	32.6	29.3	32.0	30.8	29.9	27.4	29.9	30.4	30.0
Sm	5.46	5.17	5.08	5.78	5.26	5.36	5.44	5.33	4.84	5.27	5.50	5.09
Eu	1.23	1.10	1.31	1.29	1.20	1.21	1.18	1.24	1.19	1.26	1.41	1.18
Gd	4.56	4.34	4.17	4.63	4.33	4.58	4.49	4.20	3.99	4.31	4.80	4.35
Tb	0.61	0.60	0.60	0.63	0.58	0.64	0.63	0.58	0.54	0.60	0.67	0.60
Dy	3.54	3.48	3.31	3.63	3.22	3.51	3.34	3.14	3.13	3.33	3.54	3.28
Ho	0.70	0.65	0.66	0.68	0.65	0.70	0.65	0.65	0.61	0.62	0.68	0.66
Er	2.04	2.04	1.90	2.02	1.90	2.03	1.88	1.91	1.66	1.91	2.21	2.11
Tm	0.27	0.31	0.28	0.31	0.29	0.30	0.29	0.26	0.26	0.27	0.30	0.30
Yb	1.95	2.09	1.98	2.12	1.87	2.11	1.94	1.88	1.77	1.86	2.17	1.96
Lu	0.30	0.34	0.34	0.32	0.31	0.34	0.30	0.31	0.29	0.30	0.34	0.34
Mo	1.7	0.5	0.4	0.2	0.6	0.6	0.6	0.8	1.2	0.3	0.3	0.8
Cu	13.0	14.8	11.0	10.8	8.7	11.8	10.0	9.8	11.1	7.2	2.6	10.8
Pb	13.8	24.3	20.0	36.1	21.6	22.5	20.0	20.3	21.3	11.4	12.8	38.1
Zn	10	8	14	7	8	5	4	9	6	8	9	6
As	1.1	1.7	1.9	3.0	1.7	0.7	1.0	1.0	1.5	1.6	1.4	0.8
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sb	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Bi	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Au (ppb)	<0.5	2.5	2.6	2.5	<0.5	1.7	1.6	1.8	2.2	4.3	<0.5	1.0
Hg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01
Tl	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.2	<0.1	<0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr/TiO ₂	560.26	920.00	682.42	772.22	639.35	748.57	701.72	616.13	589.35	619.68	650.33	738.57
ΣNTE	208.52	198.79	185.03	215.28	194.60	204.34	202.60	191.85	180.04	199.12	203.79	202.59
ΣHNTE	167.66	158.67	146.9	175.57	156.09	164.56	164.96	155.05	145.06	160.29	160.97	162.22
ΣONTE	16.1	15.34	15.13	16.64	15.24	16	15.73	15.14	14.3	15.39	16.6	15.16
ΣANTE	4.56	4.78	4.5	4.77	4.37	4.78	4.41	4.36	3.98	4.34	5.02	4.71
Eu/Eu*	0.75	0.71	0.87	0.76	0.77	0.75	0.73	0.80	0.83	0.81	0.84	0.77
Ce/Ce*	0.87	0.88	0.89	0.87	0.93	0.85	0.88	0.87	0.90	0.89	0.90	0.88
(La/Sm) _N	5.49	5.44	5.01	5.43	5.03	5.46	5.36	5.10	5.22	5.34	5.05	5.66
(La/Yb) _N	17.07	14.96	14.27	16.44	15.73	15.40	16.71	16.06	15.85	16.81	14.21	16.32
(La/Lu) _N	16.58	13.74	12.42	16.28	14.17	14.28	16.15	14.55	14.45	15.58	13.55	14.06
(Eu/Sm) _N	0.59	0.56	0.68	0.59	0.60	0.60	0.57	0.61	0.65	0.63	0.68	0.61
(Gd/Yb) _N	1.93	1.72	1.74	1.81	1.92	1.80	1.91	1.85	1.86	1.92	1.83	1.84
(Tb/Yb) _N	1.42	1.30	1.38	1.35	1.41	1.38	1.48	1.40	1.39	1.47	1.40	1.39
(Tb/Lu) _N	1.38	1.20	1.20	1.34	1.27	1.28	1.43	1.27	1.26	1.36	1.34	1.20

Çizelge 5.2. (devam)

Majör Oksitler (%ağ.)	Bentonit											
	YLU-6	YLU-8	YLU-10	GVD-3	GVD-5	GVD-8	GVD-9	IBS-3	IBS-10	IBSS-5	KRKS2-2	Ort.
SiO ₂	48.34	46.20	47.83	47.26	58.18	60.83	51.45	58.15	55.24	52.78	54.75	55.65
Al ₂ O ₃	21.31	19.11	20.78	14.34	18.67	17.63	18.29	15.14	16.37	16.13	19.51	17.28
ΣFe ₂ O ₃	3.35	5.79	2.79	12.90	4.22	3.10	5.66	4.20	3.38	3.41	3.69	4.02
MgO	2.51	2.97	3.43	1.41	1.01	1.48	1.88	1.74	2.32	2.90	2.19	1.99
CaO	3.74	5.53	2.49	4.32	2.50	1.37	0.79	2.35	3.15	5.05	1.59	2.74
Na ₂ O	0.43	0.90	0.21	2.22	2.27	2.36	3.79	2.28	0.95	2.48	2.79	2.08
K ₂ O	2.80	1.57	1.04	2.17	5.84	1.60	1.06	1.14	0.56	1.32	1.09	1.56
TiO ₂	0.47	0.73	0.61	0.31	0.39	0.37	0.19	0.25	0.27	0.29	0.38	0.34
P ₂ O ₅	0.23	0.43	0.24	0.08	0.20	0.12	0.01	0.13	0.12	0.11	0.15	0.14
MnO	0.08	0.07	0.01	0.63	0.11	0.01	0.04	0.04	0.04	0.06	0.03	0.09
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.004	0.005	<0.002
TOP/C	0.74	0.60	0.45	0.77	0.13	0.14	0.48	0.22	0.32	1.35	0.24	0.45
TOP/S	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.27	<0.02	<0.02	<0.02	0.05	<0.06
A.K.	16.3	16.4	20.2	14.1	6.3	10.9	16.7	14.3	17.3	15.2	13.6	13.83
Toplam	99.79	99.76	99.80	99.81	99.81	99.82	99.87	99.75	99.84	99.80	99.79	99.80
CIW	73.92	62.32	80.98	55.45	69.26	73.43	70.44	65.34	69.16	54.85	72.27	67.47
İz elementler (ppm)												
Ni	7.2	2.8	2.1	2.4	0.6	0.7	0.7	0.4	0.3	0.5	1.5	1.09
Sc	6	7	6	22	7	5	9	4	5	6	5	6.26
Ba	1804	855	1477	393	1199	599	45	624	847	863	507	747.22
Be	5	2	<1	3	3	4	<1	3	3	4	4	<3.90
Co	11.1	11.7	6.6	20.2	5.4	4.0	8.9	2.5	2.7	4.3	6.8	5.77
Cs	6.8	0.4	0.8	2.3	3.1	1.8	4.8	2.6	1.5	2.1	2.3	2.42
Ga	14.7	14.7	14.3	10.9	12.7	13.0	16.9	10.7	11.1	11.7	14.2	12.77
Hf	6.9	3.7	6.7	4.8	4.3	6.1	5.0	4.8	5.3	4.3	5.8	5.16
Nb	14.9	9.7	14.8	9.3	9.2	12.2	3.5	9.0	9.9	7.9	11.2	9.95
Rb	107.4	41.6	34.5	94.5	200.0	68.7	115.8	93.4	43.5	63.9	53.7	77.32
Sn	2	1	2	1	2	2	3	2	2	1	1	1.87
Sr	464.2	903.0	436.6	537.0	818.7	642.0	303.6	1297.9	521.4	737.6	671.1	742.47
Ta	0.9	0.4	0.8	0.6	0.4	0.7	0.2	0.6	0.6	0.5	0.6	0.56
Th	39.0	17.5	33.2	23.4	20.9	29.6	14.7	21.8	23.0	19.2	25.3	23.66
U	10.8	5.0	13.8	6.6	6.3	8.8	5.4	10.8	10.4	5.8	14.1	8.50
V	88	146	76	116	71	44	100	34	35	53	64	61.30
W	6.4	3.9	3.5	3.3	3.0	4.3	1.3	2.4	3.2	2.8	3.4	3.72
Zr	300.1	172.3	251.7	197.6	168.9	240.9	149.1	199.8	209.2	172.6	219.9	205.83
Y	21.1	19.8	20.5	24.0	18.7	18.6	5.7	19.1	17.8	17.5	19.7	18.68
La	46.8	42.8	48.8	39.1	34.4	47.7	16.1	42.7	45.2	40.8	51.7	42.52
Ce	81.0	77.6	89.0	73.1	62.9	86.3	29.3	76.7	80.3	71.1	89.5	76.10
Pr	8.30	8.39	9.62	8.18	6.97	9.29	3.14	8.07	8.57	7.92	9.78	8.23
Nd	28.9	30.9	32.3	30.0	25.8	33.0	10.6	28.5	29.9	27.4	34.3	29.27
Sm	5.10	5.54	5.85	5.88	5.10	5.67	1.77	4.98	5.23	5.01	5.98	5.20
Eu	1.28	1.56	1.34	1.25	1.51	1.31	0.36	1.10	1.15	1.27	1.46	1.23
Gd	4.59	4.80	4.95	5.24	4.45	4.69	1.40	4.01	4.13	4.23	5.12	4.36
Tb	0.65	0.62	0.70	0.75	0.60	0.64	0.21	0.58	0.59	0.58	0.71	0.60
Dy	3.63	3.30	3.86	4.48	3.52	3.60	1.10	3.38	3.23	3.08	3.52	3.35

Çizelge 5.2. (devam)

Ho	0.73	0.63	0.74	0.88	0.70	0.70	0.21	0.62	0.62	0.61	0.70	0.65
Er	2.10	1.76	2.18	2.76	1.86	2.01	0.74	1.82	1.96	1.81	2.06	1.94
Tm	0.32	0.27	0.30	0.40	0.28	0.29	0.10	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28
Yb	2.16	1.79	1.97	2.86	1.89	2.08	0.77	1.92	1.98	1.85	1.95	1.95
Lu	0.34	0.27	0.31	0.48	0.31	0.29	0.12	0.31	0.31	0.31	0.30	0.31
Mo	0.5	1.0	0.3	2.3	0.9	0.3	1.0	1.8	1.2	0.8	0.3	0.80
Cu	65.9	41.5	44.3	29.2	6.3	8.0	7.8	21.3	4.6	7.8	31.1	16.93
Pb	14.0	14.1	7.6	11.9	8.6	16.8	7.4	9.1	18.3	7.2	25.0	17.49
Zn	42	36	16	76	17	5	15	7	8	12	10	14.70
As	15.7	3.1	3.6	1.0	0.6	1.2	1.1	12.9	4.4	1.5	3.2	2.86
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.10
Sb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.10
Bi	0.2	<0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	<0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	<0.21
Ag	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.10
Au (ppb)	3.5	1.6	1.6	2.7	<0.5	1.3	0.6	<0.5	0.6	0.7	1.0	<1.88
Hg	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Tl	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.15
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr/TiO ₂	638.51	236.03	412.62	637.42	433.08	651.08	784.74	799.20	774.81	595.17	578.68	642.61
ΣNTE	207	200.03	222.42	199.36	168.99	216.17	71.62	194.07	201.25	183.76	227.07	194.71
ΣHNTE	165	159.69	179.72	150.38	130.07	176.29	59.14	155.97	163.97	147.22	185.28	156.12
ΣONTE	15.98	16.45	17.44	18.48	15.88	16.61	5.05	14.67	14.95	14.78	17.49	15.42
ΣANTE	4.92	4.09	4.76	6.5	4.34	4.67	1.73	4.33	4.53	4.26	4.6	4.49
Eu/Eu*	0.81	0.92	0.76	0.69	0.97	0.78	0.70	0.75	0.76	0.84	0.81	0.79
Ce/Ce*	0.87	0.89	0.91	0.91	0.89	0.89	0.91	0.89	0.88	0.86	0.86	0.89
(La/Sm) _N	5.92	4.99	5.39	4.29	4.35	5.43	5.87	5.54	5.58	5.26	5.58	5.30
(La/Yb) _N	15.54	17.15	17.77	9.81	13.06	16.45	15.00	15.95	16.37	15.82	19.02	15.73
(La/Lu) _N	14.75	16.99	16.87	8.73	11.89	17.63	14.38	14.76	15.63	14.11	18.47	14.78
(Eu/Sm) _N	0.66	0.74	0.60	0.56	0.78	0.61	0.54	0.58	0.58	0.67	0.64	0.62
(Gd/Yb) _N	1.76	2.22	2.08	1.52	1.95	1.87	1.50	1.73	1.73	1.89	2.17	1.85
(Tb/Yb) _N	1.37	1.57	1.62	1.19	1.44	1.40	1.24	1.37	1.35	1.43	1.66	1.41
(Tb/Lu) _N	1.30	1.56	1.53	1.06	1.31	1.50	1.19	1.27	1.29	1.27	1.61	1.32

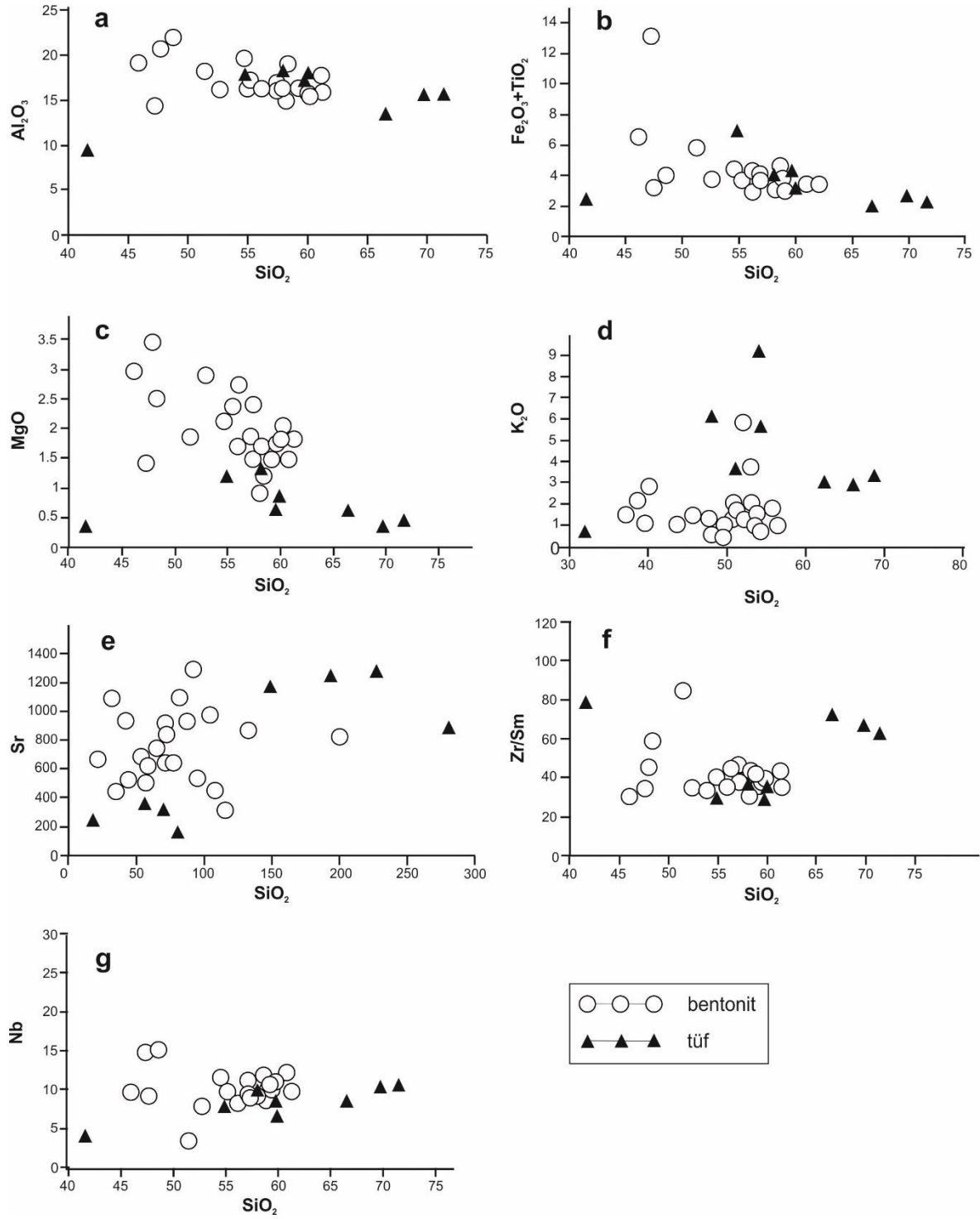
Çizelge 5.2. (devam)

Cizelge 5.2. (devam)

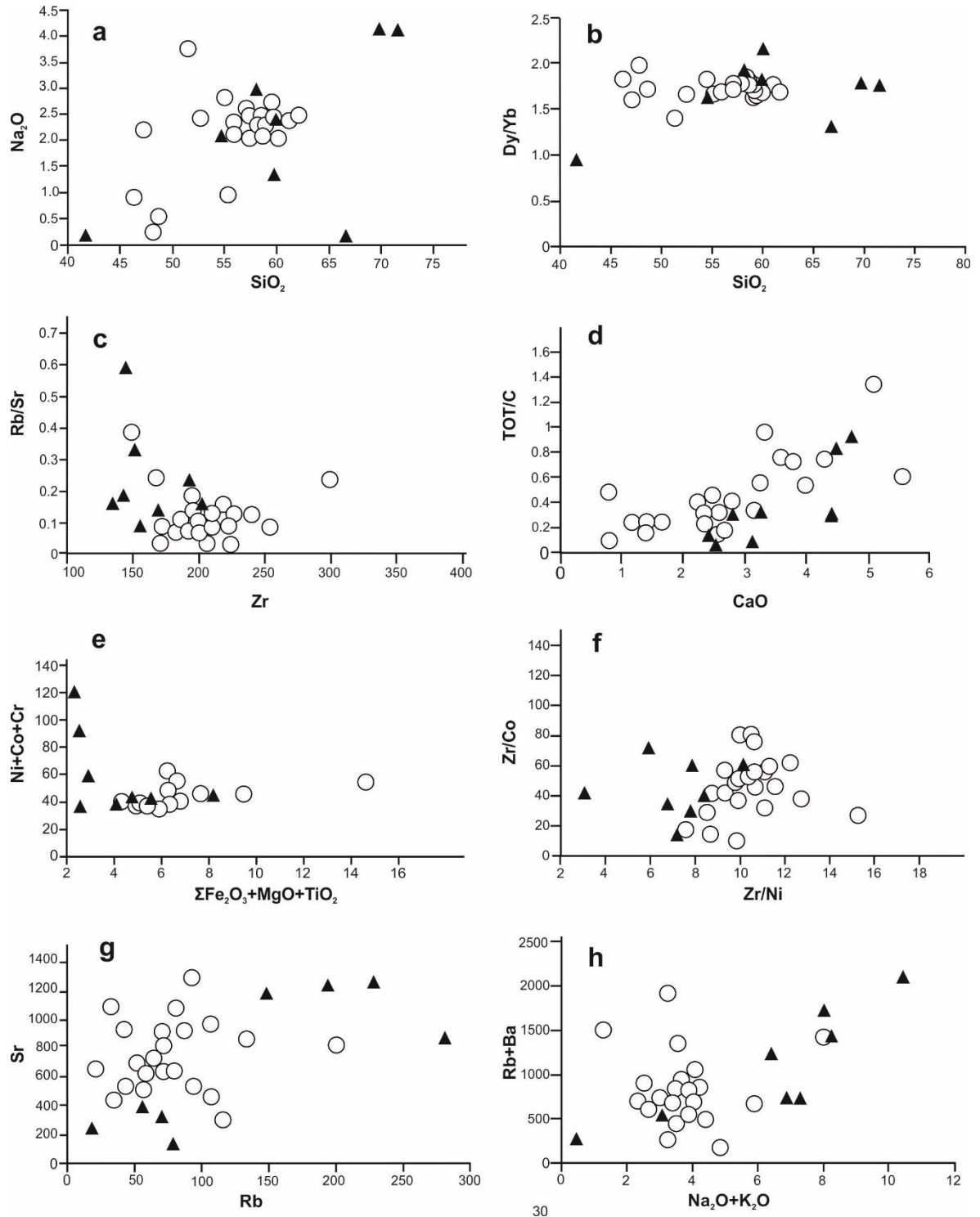
Tl	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.15
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr/TiO ₂	410.8	629.7	384.9	321.4	433.9	715.2	658.2	822.1	547.0
ΣNTE	216.2	145.9	170.6	161.2	173.9	153.3	104.3	103.5	153.6
ΣHNTE	179.4	122.0	135.2	133.1	140	130.7	84.26	68.96	124.2
ΣONTE	15.34	9.3	14.5	11.98	14.16	9.17	6.54	7.98	11.12
ΣANTE	4.05	2.8	4.36	2.76	3.67	2.6	2.67	5.25	3.52
Eu/Eu*	0.95	0.84	0.99	1.10	0.97	0.84	0.67	0.69	0.88
Ce/Ce*	0.83	0.82	0.90	0.88	0.85	0.82	0.83	0.75	0.84
(La/Sm) _N	6.34	7.71	4.68	5.88	5.24	8.23	8.25	6.96	6.66
(La/Yb) _N	21.32	22.37	13.06	23.09	18.07	24.92	15.17	6.31	18.04
(La/Lu) _N	18.18	19.72	13.12	23.14	16.20	23.99	13.83	5.33	16.69
(Eu/Sm) _N	0.72	0.67	0.76	0.86	0.75	0.64	0.55	0.61	0.70
(Gd/Yb) _N	1.96	1.82	1.65	2.41	2.06	1.79	1.24	0.72	1.71
(Tb/Yb) _N	1.44	1.46	1.33	1.75	1.60	1.41	1.04	0.66	1.34
(Tb/Lu) _N	1.23	1.29	1.33	1.76	1.44	1.36	0.95	0.56	1.24

Bentonitlerde SiO_2 'ye karşı Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$, MgO , ve Dy/Yb negatif korelasyon gösterirken K_2O , Sr , Nb , ve Zr/Sm pozitif korelasyon göstermektedir (Şekil 5.10a, b, c, d, e, f, g). Rb/Sr 'ye karşılık Zr değerleri negatif korelasyon gösterirken, SiO_2 'ye karşılık Na_2O ve Dy/Yb değerleri, TOT/C 'ye karşılık CaO değerleri, Ni+Co+Cr 'a karşılık $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{TiO}_2$ değerleri, Zr/Co 'a karşılık Zr/Ni değerleri, Sr 'ye karşılık Rb değerleri, Rb+Ba 'a karşılık $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ değerleri pozitif korelasyon göstermektedir (Şekil 5.11a, b, c, d, e, f, g, h).



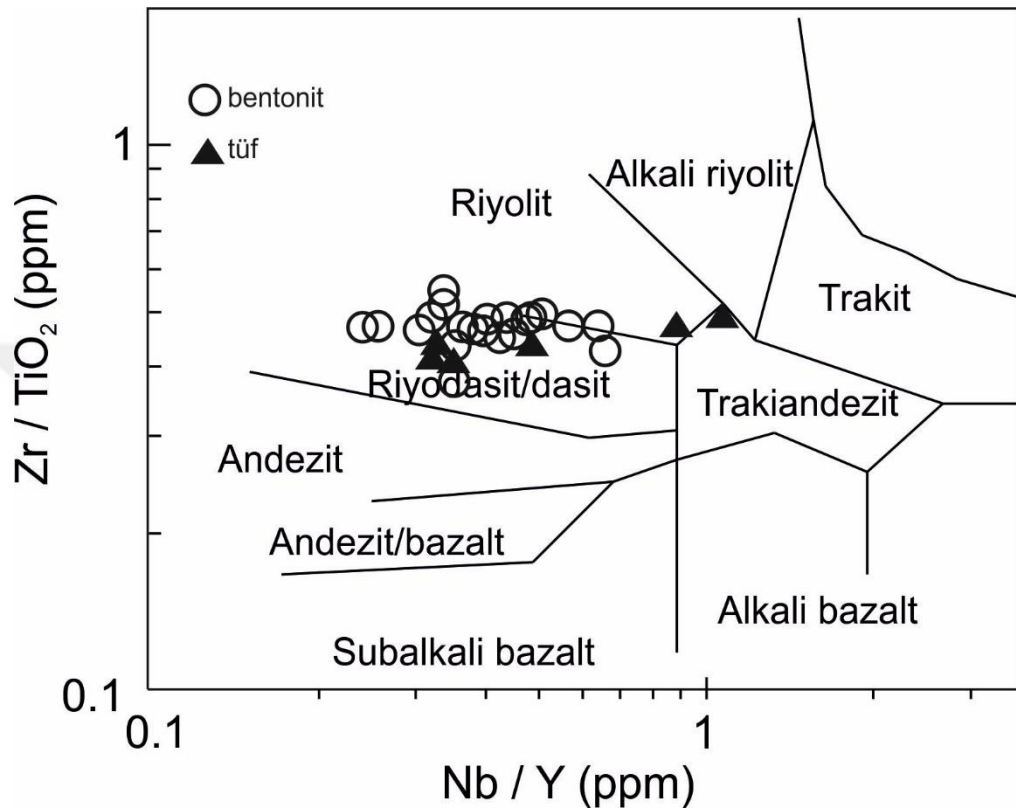


Şekil 5.10. İnceleme alanındaki birimlerin; (a) Al₂O₃'e karşılık SiO₂ majör oksit (wt%) değerleri, (b) Fe₂O₃+TiO₂'e karşılık SiO₂ değerleri, (c) MgO'a karşılık Na₂O+K₂O değerleri, (d) K₂O'ya karşılık SiO₂ majör oksit (wt%) değerleri, (e) Sr'a karşılık SiO₂ majör oksit (wt%) değerleri, (f) Zr/Sm'e karşılık SiO₂ majör oksit (wt%) değerleri (g) Nb'ye karşılık SiO₂ majör oksit (wt%) değerleri.



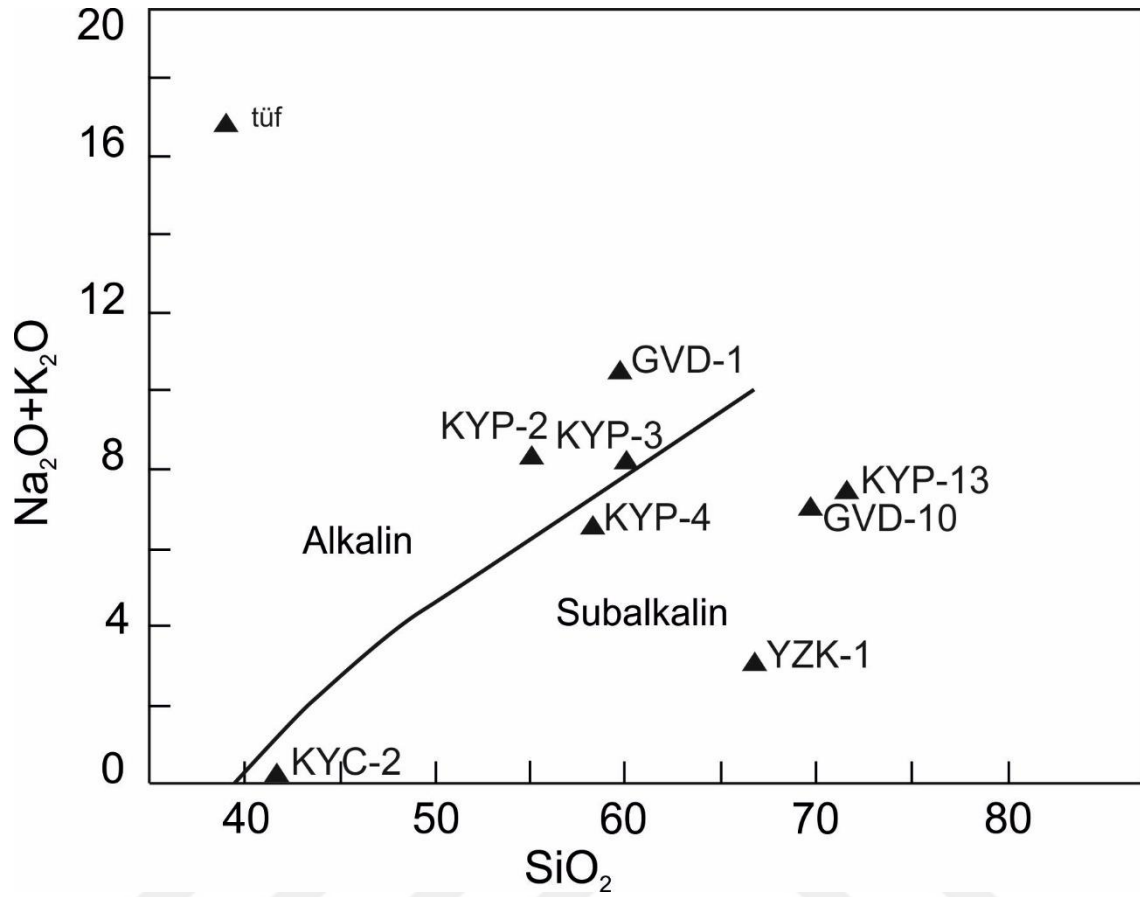
Şekil 5.11. İnceleme alanındaki birimlerin; (a) Na₂O'ya karşılık SiO₂ majör oksit (wt%) değerleri, (b) Dy/Yb'ye karşılık SiO₂ değerleri, (c) Rb/Sr'ye karşılık Zr değerleri, (d) TOT/C'ye karşılık CaO değerleri, (e) Ni+Co+Cr ve $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{TiO}_2$ majör oksit (wt%) değerleri, (f) Zr/Co'a karşılık Zr/Ni değerleri, (g) Sr'ye karşılık Rb değerleri, (h) Rb+Ba'a karşılık Na₂O+K₂O majör oksit (wt%) değerleri.

Zr/TiO₂ 'e karşı Nb/Y diyagramında, tüflerin trakiandezit, dasit, riyolit karakterli oldukları Şekil 5.12 'de görülmektedir (Winchester ve Floyd, 1977).



Şekil 5.12. İnceleme alanındaki birimlerin Zr/TiO₂ (ppm) ve Nb/Y (ppm) oranlarının dağılım grafiği (Winchester ve Floyd, 1977).

SiO₂'ye karşı Na₂O+K₂O (Irvine ve Baragar, 1971) diyagramları magmatik seriyi belirlemek için kullanılmıştır (Şekil 5.13). Şekil 5.13' de görüldüğü gibi, bentonit örnekleri alkalin ve subalkalin alana düşmektedir. Bu varyasyonlar ana kayaların bileşimindeki farklılıklara ve alterasyon sırasında alkali elementlerin süzülmesini ifade eder (Christidis vd., 1997, Modabberi vd., 2019).



Şekil 5.13. İnceleme alanındaki birimlerin Na₂O+K₂O (toplam alkali) değerlerine karşılık SiO₂ (silika) değerleri grafiği (İrvine and Baragar, 1971).

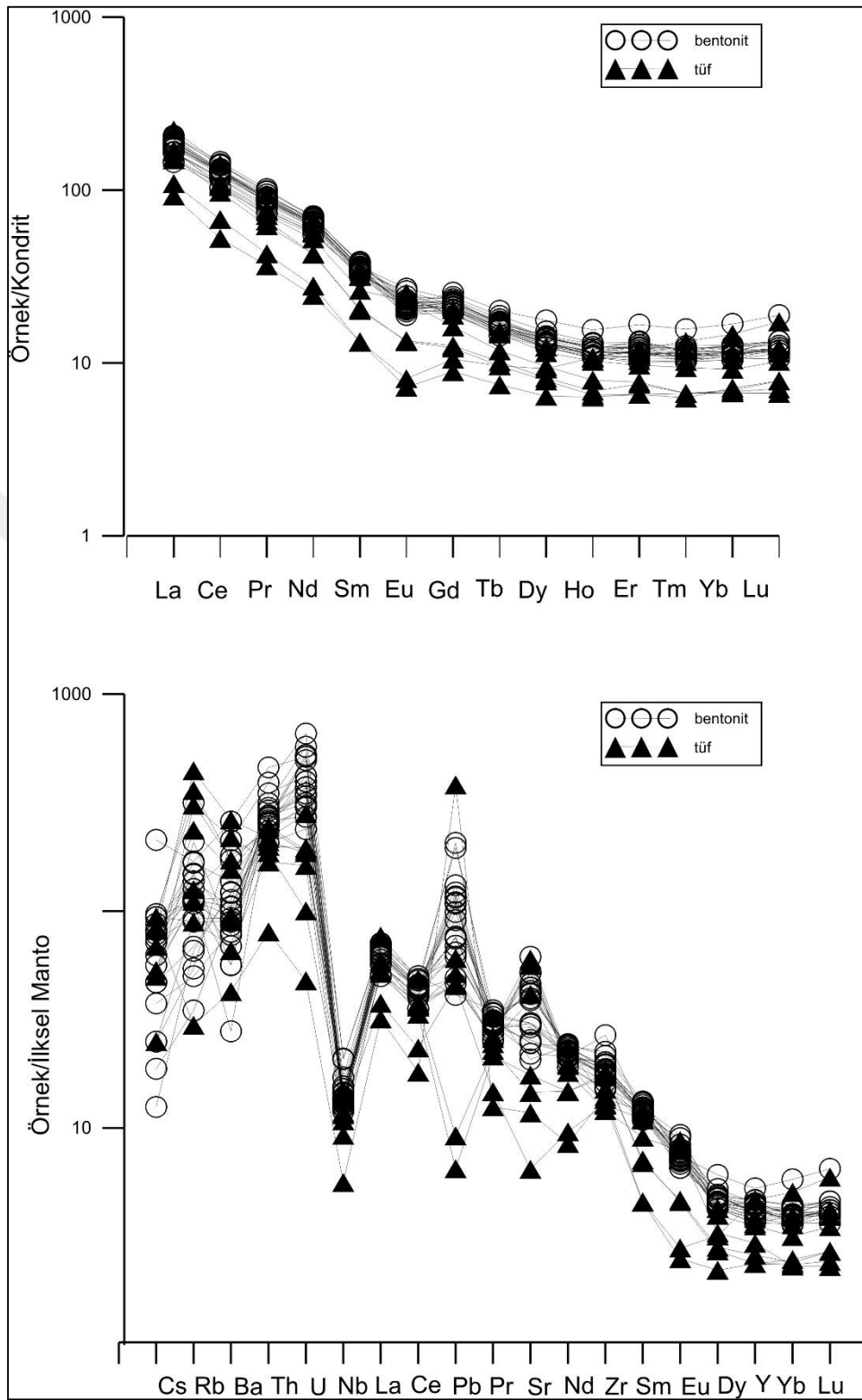
5.7. Nadir Toprak Elementlerinin Jeokimyasal İncelemeleri

Tüfler ile ilişkili bentonit örnekleri nadir toprak elementleri Kondrit ve İlksel Manto'ya göre normalize edilmiştir (Şekil 5.14; Sun ve McDonough, 1989). Ağır nadir toprak elementlerinin [Σ ANTE= (Er-Lu) toplamı], hafif nadir toprak elementlerine göre [Σ HNTE= (La-Nd) toplamı] yüksek olması ortamın alkalın koşullar altında oluştuğunu göstermektedir (Abedini vd, 2011).

[Σ HNTE= (La-Nd)], [Σ ONTE= (Sm-Ho)]+[Σ ANTE= (Er-Lu)] göre zenginleşme göstermektedir. Eu, Ba ve Nb negative anomali göstermektedir (Şekil 5.14). Altere örneklerin negatif Eu anomalisi göstermesi, plajioklad ve feldispat kristallerinin ayrışması ile ilgilidir (Şekil 5.14). Ağır nadir toprak elementlerinin, hafif nadir toprak elementlerine göre yüksek olması ortamın alkalın koşullar altında oluştuğunu göstermektedir (Abedini vd., 2011). Nadir toprak elementleri bentonitleşme ile azalmaktadır (Kadir vd, 2021). Bu

özellikler bentonit örneklerine aittir ve nadir toprak elementlerinin fraksiyona uğraması ve negatif Eu göstermesi hafif ve ağır nadir toprak elementlerinin zenginleşmesi ve tükenmelerinin kaynağıdır (Şekil 5.14; Bertog vd., 2007). Güney İngiltere, Galler ve Birleşik Krallık'taki bentonit yatakları içinde rapor edilmiştir (Huff ve Morgan, 1990; Huff vd., 1993). HNTE'lerin ANTE'lerine göre göreceli zenginleşmesi ve Eu negatif anomalisinin birlikte görülmesi, plaka dalma bölgeleri veya çarpışma ortamlarında oluşan kalkali magmalarla ilgilidir (Spear et al., 1999).

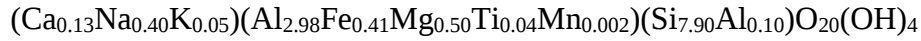
Nadir toprak elementleri içeriklerine bakıldığında magmanın asidik ve ortaç bileşimli karakterde olduğunu doğrular, ve Reşadiye (Tokat) bentonitlerinin yüksek silika içeriği, riyolitik bir öncünün göstergesi olabilir (Karakaya vd., 2011).



Şekil 5.14. Çalışma alanından derlenen bentonit ve tuf örneklerinin Kondrit ve İlksel Manto değerlerine göre normalize edilmiş NTE değişimleri.

5.8. Saflaştırılmış Killerin Jeokimyası

PRT-12, KYP-8, YLU-1, YLU-3, KYP 2-1, PRT-5 ve YLU-11 bentonit örneklerinin kil fraksiyonlarının kimyasal analiz sonuçları kimyasal formülü:



olarak hesaplanmıştır. Tetrahedral alan az miktardaki Al'un yerini alan Si ile doldurulmuştur. Al oktahedral alandaki baskın katyon olup Fe^{+3} , Mg ve eser miktarda Ti ve Mn ile birlikte bulunmaktadır. Ca, Na, K değiştirilebilir tabaka içi katyonlar olarak kabul edilmiştir. Ortalama tetrahedral yük/oktahedral yük oranı (x_t/x_o) 1,00 olarak hesaplanmıştır. (Güven, 1988) ve (Inoue vd., 2004) bildirdikleri gibi smektitlerin montmorillonit türünde olduğunu göstermiştir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Saflaştırılmış bentonit örneklerinin kimyasal bileşimleri (% ağı.) ve kimyasal formülleri.

Majör oksitler (% ağı.)	PRT-12 Na bentonit	KYP-8 Na bentonit	YLU-1 Na bentonit	YLU-3 Na bentonit	KYP 2-1 Na-Ca bentonit	PRT-5 Na-Ca bentonit	YLU-11 Na-Ca bentonit	Ort.
SiO ₂	60,36	56,64	59,93	60,29	57,81	57,85	55,74	58,37
Al ₂ O ₃	19,20	20,16	19,68	19,87	19,68	17,44	19,26	19,33
ΣFe ₂ O ₃	4,35	3,59	4,04	3,92	3,35	4,09	5,10	4,06
MgO	2,46	2,40	2,48	2,50	2,12	3,11	2,19	2,47
CaO	0,56	0,73	0,68	0,76	0,95	0,95	1,40	0,86
Na ₂ O	1,80	1,79	1,79	1,75	1,58	1,37	0,66	1,53
K ₂ O	0,41	0,34	0,19	0,20	0,36	0,35	0,18	0,29
TiO ₂	0,43	0,37	0,43	0,45	0,33	0,57	0,50	0,44
P ₂ O ₅	0,05	0,08	0,03	0,03	0,06	0,05	0,03	0,05
MnO	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,02	0,02
A.K.	10,2	13,6	10,6	10,0	13,6	13,9	14,8	12,39
Toplam	99,83	99,72	99,86	99,78	99,86	99,69	99,88	99,80
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	3,14	2,81	3,41	3,03	2,94	3,32	2,89	3,08
Tetrahedral								
Si	7,97	7,79	7,93	7,93	7,91	7,99	7,78	7,90
Al	0,03	0,21	0,07	0,07	0,09	0,01	0,22	0,10
Σ	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Oktahedral								
Al	2,96	3,05	3,00	3,01	3,08	2,83	2,95	2,98
Fe	0,43	0,37	0,40	0,39	0,34	0,43	0,54	0,41
Mg	0,48	0,49	0,49	0,49	0,43	0,64	0,46	0,50
Ti	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,06	0,05	0,04
Mn	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003	0,001	0,003	0,00
Σ	3,91	3,95	3,94	3,93	3,90	3,96	3,99	3,94
Tabaka Arası								
Ca	0,08	0,11	0,10	0,11	0,14	0,14	0,21	0,13
Na	0,46	0,48	0,46	0,45	0,42	0,37	0,18	0,40
K	0,07	0,06	0,03	0,03	0,06	0,06	0,03	0,05
Σ	0,61	0,01	0,71	0,59	0,62	0,57	0,004	0,44
Na ⁺ /(Na ⁺ +Ca ²⁺)	0,85	0,81	0,59	0,79	0,75	0,72	0,52	0,72
Tetrahedral yük	0,03	0,21	0,07	0,07	0,09	0,01	0,22	0,10
Oktahedral yük	0,69	0,59	0,64	0,65	0,71	0,73	0,43	0,63
Toplam yük	0,72	0,81	0,71	0,72	0,80	0,74	0,65	0,74
Tabaka arası yük	0,72	0,81	0,71	0,72	0,80	0,74	0,65	0,74
x _t /x _o	0,04	0,36	0,11	0,11	0,13	0,02	0,52	0,18

5.9. Kütle Kayıp ve Kazanç Hesaplamaları

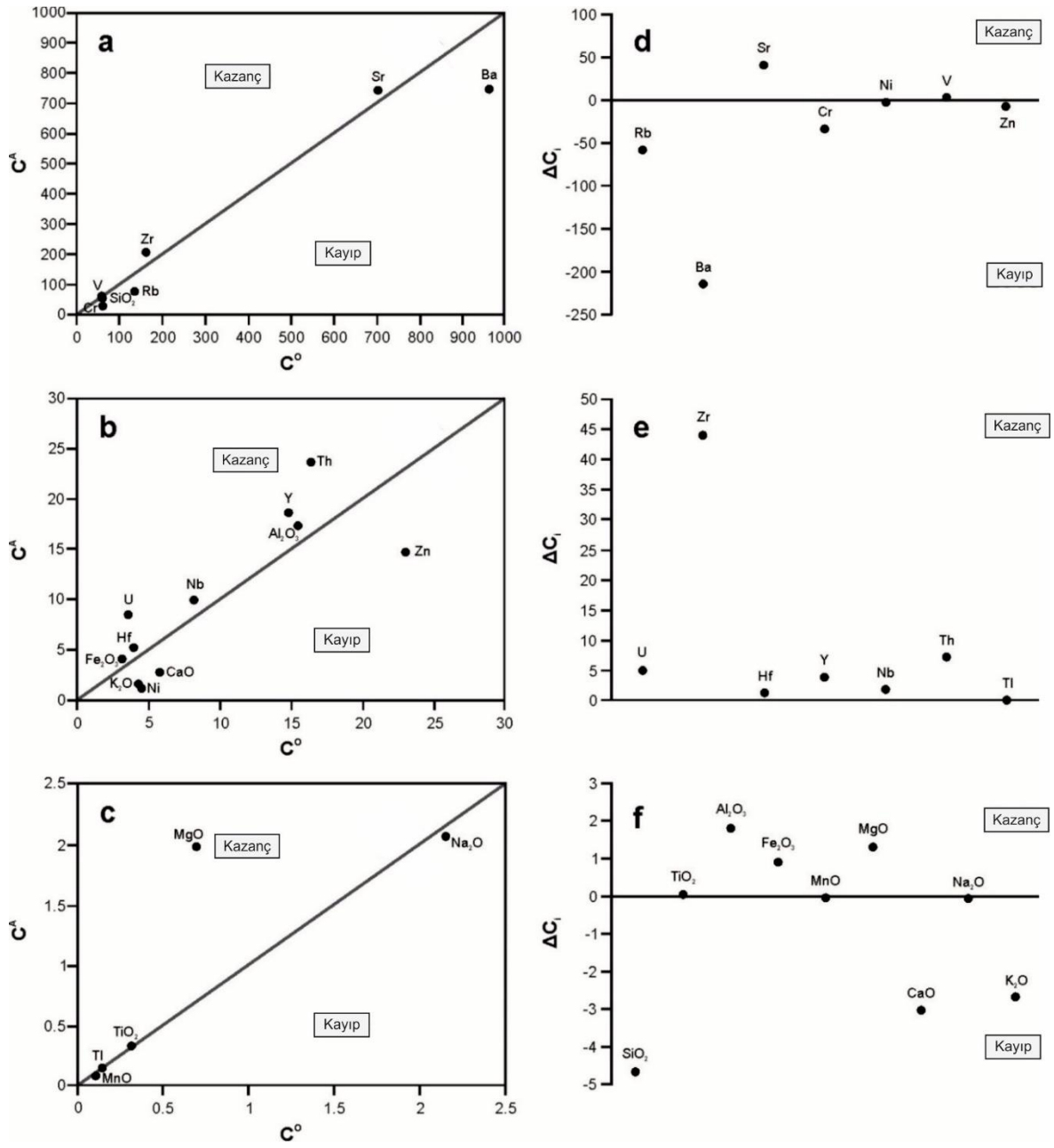
Reşadiye çevresindeki bentonit ocaklarından derlenen taze ve altere örneklerin jeokimyasal analizlerinden faydalanarak, tüflerin alterasyonu ile bentonit oluşumu sırasında majör ve iz elementlerdeki kütle kazanç ve kayıp miktarları izokon yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır (Grant, 1986, 2005). Buna göre; alterasyon süreçleri boyunca SiO_2 , CaO , K_2O , Na_2O , MnO , P_2O_5 , Ba, Rb, Cr ve Zn miktarlarında kayıp görülürken; Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 , Zr, Sr, Th, La, Y, U, Pr, Nb, Hf ve Sc değerlerinde ise kazanç meydana geldiği saptanmıştır (Şekil. 5.15). Kütle kazanç ve kayıp hesaplamaları yapılırken TiO_2 hareketsiz olarak kabul edilmiştir (Çizelge 5.4).

Si ve K' un tükenmesi, feldispatların alterasyonu ve su-kayaç reaksiyon sistemi içerisinde değişen solüsyonların girmesiyle ilişkilidir (Munch vd., 1996). Tüflerdeki alterasyon yoğunluğundaki farklılıklar, Ca, Mn, Fe, Ti ve P zenginleşmesine veya tükenmesine sebebiyet verir (Munch vd., 1996). Fe, yapısal birleşme sırasında muhtemel olarak kil mineralleri ile sabit veya ikincil olarak bulunur (Zielinski, 1982; Christidis, 1998; Muchangos, 2006).

Al'un nispi kütle artışı volkanik camların kil minerallerine dönüşmesine bağlıdır (Broxton vd., 1987; Altaner ve Grim, 1990). Mg'un kütle kazancı smektit mineralinin gelişmesinden kaynaklanmaktadır. Na'nın zenginleşmesi montmorillonit kristal yapısındaki ara tabaka konumlarından ya da çözünmüş Ca'un yerini almasından kaynaklanmaktadır (Muchangos, 2006). K ve Si'un tükenmesi, feldispatların değişmesine ve bunların su-kayaç reaksiyon sistemi içerisindeki değişen çözeltilere girmesine bağlıdır (Munch vd., 1996). Genel olarak Ca, Mn, Fe ve Ti'nin tükenmesi ve zenginleşmesi alterasyon sisteminin açıklığını ve/veya tüfler içerisindeki alterasyon yoğunluğuna bağlı farklılıkları gösterebilir (Munch vd., 1996). Çoğu örnek içerisindeki Ca'ın tükenmesi alterasyon ortamındaki yüksek çözünürlükten kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte bazı örnekler içerisindeki Ca'un zenginleşmesi killerin kristal kafesinde ara katman olarak yer almasından veya kalsit oluşumundan kaynaklanmaktadır (Vogt ve Kostner, 1978; Christidis, 1998). SiO_2 ile CaO arasında ise negatif bir ilişkinin varlığı da CaO 'ın kalsiti temsil ettiğini göstermektedir ve CaO ile TOT/C pozitif korelasyon göstermektedir.

Riyolit ve dasit içerisindeki Rb, Ba, ve Sr içerikleri kıtasal kabuk kayaların veya sedimanların kısmen erimesiyle değişen mantodan türetilen magmalarda zenginleştirilebilir (Wilson, 1987). Sr içerikleri tüf içerikleri ile orantılı olarak artma eğilimine sahiptir. Piroklastik malzemenin killeşmesi Sr zenginleşmesine yol açmıştır ve ayrıca örneklerin feldispat içeriği Sr ve Ba dağılımlarını da kontrol etmektedir (Yalçın ve Gümüşer, 2000).

Bazı örnekler içerisindeki Mn tükenmesi, su-kaya reaksiyon sistemi içerisindeki ferromanyezik minerallerin, örneğin piroksen'in alterasyonunu gösterir (Abedini vd. 2011). Bazı elementler örneğin Co, Ba, Rb, Cs tüflerin alterasyonu ile azalır. Bu elementlerin yoğunluğu K ile doğrudan ilişkilidir (Abedini vd., 2011). Bu elementlerin tükenmesine Zr ve Nb elementleri zenginleşerek eşlik eder (Abedini vd., 2011). Alterasyon ürünleri zenginleşirken Zr ve Nb elementlerinin uyumsuz olması bu yüzdendir (Chrisditiş, 1998). Ba, Rb, Cs elementleri alkali feldispatların alterasyonu ile sistem dışına taşınır (Kadir vd, 2021). Zn, Pb, Sc ve U tüfler ile artış gösterir. Cr, V ve Be elementleri alterasyon ile tutarsızlık gösterir. Hf, Zr, Th ve Nb bentonitleşme ile Al ile benzer ve uyumsuz karakter sergilerler.



Şekil 5.15. Reşadiye (Tokat) bölgesi bentonit yataklarından derlenen örneklere ait kütle kayıp ve kazanç diyagramları.

Çizelge 5.4. Reşadiye (Tokat) bölgesi bentonit yataklarından derlenen örneklerle ait majör oksit (% ağırlık) ve iz element (ppm) kütle kazanç – kayıp değerleri (Grant, 1986, 2005).

Toplam Hacim Değişimi (%)			2.30
Toplam Kütle Değişimi (%)			0.00
Eğim			1.00
Örnek	Tüf	Bentonit	
Majör oksitler	Taze	Altere	Kazanç/Kayıp C_i^0
(% ağırlık)	C^0	C^A	$\Delta C_i/C_i^0$
SiO ₂	60.31	55.65	-0.08
TiO ₂	0.32	0.34	0.06
Al ₂ O ₃	15.46	17.28	0.12
Fe ₂ O ₃	3.11	4.02	0.29
MnO	0.11	0.09	-0.18
MgO	0.70	1.99	1.84
CaO	5.76	2.74	-0.52
Na ₂ O	2.15	2.08	-0.03
K ₂ O	4.25	1.56	-0.63
P ₂ O ₅	0.15	0.14	-0.07
Iz elementler (ppm)			Kazanç/Kayıp (ppm)
As	2.80	2.86	0.02
Cs	2.10	2.42	0.15
Rb	134.90	77.32	-0.43
Ba	961.30	747.20	-0.22
Sr	702.20	742.50	0.06
Pb	14.90	17.49	0.17
Cr	62.00	27.40	-0.56
V	58.00	61.30	0.06
Sc	4.75	6.26	0.32
Ga	12.20	12.77	0.05
Zn	23.00	14.70	-0.36
Bi	0.14	0.21	0.50
U	3.54	8.50	1.40
Zr	161.80	205.80	0.27
Hf	3.93	5.16	0.31
Y	14.78	18.68	0.26
Nb	8.16	9.95	0.22
Ta	0.55	0.56	0.02
Th	16.36	23.66	0.45
Tl	0.15	0.15	0.00
La	36.11	42.52	0.18
Ce	60.16	76.10	0.26
Pr	6.23	8.23	0.32
Nd	21.69	29.27	0.35
Sm	3.68	5.20	0.41
Eu	1.00	1.23	0.23
Gd	3.05	4.36	0.43
Tb	0.44	0.60	0.36
Dy	2.46	3.35	0.36
Ho	0.50	0.65	0.30
Er	1.48	1.94	0.31
Tm	0.23	0.28	0.22
Yb	1.56	1.95	0.25
Lu	0.26	0.31	0.19

5.10. Duraylı İzotop Analizleri

Tokat (Reşadiye) bölgesine ait, Bereketli üyesi içerisindeki kil fraksiyonundan ($< 2\mu\text{m}$) seçilen smektit minerallerine ait oksijen ve hidrojen izotopik analiz sonuçları Çizelge 5.5 ve Şekil 5.16’da verilmiştir. δD verileri -82,61 ile -73,67 ve $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ise 20,67 ile 28,08 arasında değişmektedir. Oluşum sıcaklıkları hesabı aşağıda verilen denklem kullanılarak hesaplanmıştır (Savin ve Lee., 1988). Oksijen izotop su farklılaşma değeri, deniz seviyesi ‘0’ kabul edilerek hesaplanmıştır.

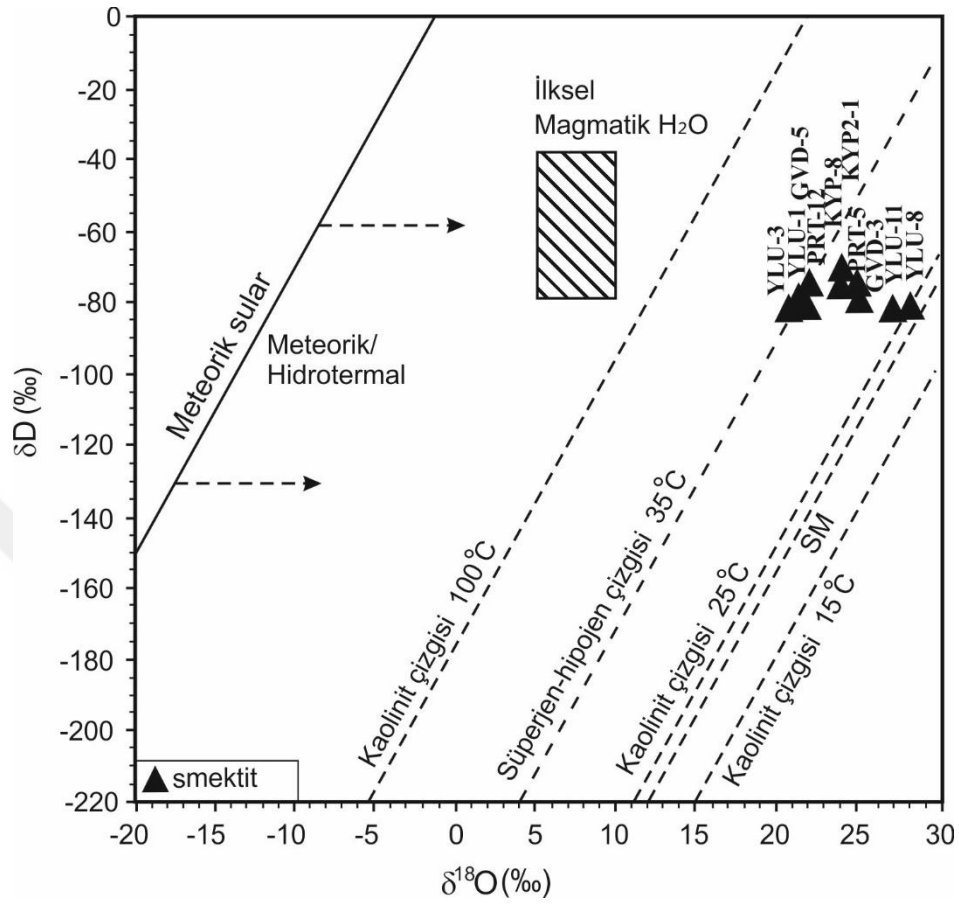
$$1000\ln\alpha_{\text{smektit-su}}=2,55(10^6/T^2)-4,05$$

$\alpha_{\text{smektit-su}}$: Oksijen izotop farklılaşma faktörü

T: Mutlak sıcaklık (Kelvin)

Çizelge 5.5. Bereketli üyesi’ne ait smektit örneklerinin δD , $\delta^{18}\text{O}$ izotopik analiz sonuçları ve $\delta^{18}\text{O}$ α_{su} :0 göre hesaplanan örneklerin T ($^{\circ}\text{C}$) değerleri.

ÖRNEK	Mineral	$\delta\text{D}(\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
PRT-5	Smektit	-75.64	25.19	22.31
PRT-12	Smektit	-81.00	21.60	42.30
KYP2-1	Smektit	-73.67	24.09	28.03
KYP-8	Smektit	-76.68	24.25	27.18
YLU-1	Smektit	-82.61	22.12	39.15
YLU-3	Smektit	-81.88	20.67	48.18
YLU-8	Smektit	-80.94	28.08	8.72
YLU-11	Smektit	-81.79	26.66	15.16
GVD-3	Smektit	-80.60	25.23	22.11
GVD-5	Smektit	-79.30	22.68	35.87



Şekil 5.16. Bereketli üyesi'ne ait smektit örneklerinin δD ve $\delta^{18}O$ izotopik analiz sonuçları dağılımı. Smektit çizgisi Faure (1986), Sheppard ve Gilg (1996), Yui ve Chang'dan (1999) alınmıştır. Meteorik su çizgisi Craig'den (1961) alınmıştır.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Erken Kretase'den itibaren Anadolu'nun geçirdiği tektonik evrim Türkiye'deki bentonit oluşumları ile yakından ilişkilidir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1997). Bentonitlerin, volkano-sedimanter birimler içerisinde Geç Kretase-Neojen'de, volkanik kuşaklar ile ilişkili yay önü havzaları veya tektonik çöküntü havzaları ile ilişkili ofiyolitik sütür zonu üzerinde veya yakın bölgelerinde geliştiği görülmektedir (Akbulut, 1996; Bakır vd., 2012).

Arazi çalışmalarına göre Tokat iline bağlı Reşadiye ilçesi Reşadiye Formasyonu Bereketli üyesi ve çevresinde yüzeylenen bentonit ocakları riyolitik, dasitik ve trakiandezitik bileşimli piroklastik kayalar içerisinde bulunmaktadır (Tüysüz, 1993; Kadir vd., 2021).

Volkanoklastik birimlere eşlik eden sedimanların mineralojik ve kimyasal bileşimleri, volkanik püskürme oranı, piroklastik malzemenin özellikleri (kimyasal bileşim, tane boyu vb.) alterasyon derecesi, ortamın pH'ı tuzluluk derecesi ve organik madde içeriği gibi parametrelerin smektit ile birlikte illit, kaolinit, paligorskit veya klorit gibi diğer kil minerallerinin oluşumlarına etkileri irdelenmiştir (Kadir, 2007; Arslan vd., 2010).

Petrografik incelemeler sonucu, piroklastik kayalardan oluştuğu gözlenen smektit mineralleri kompakt, boşluklar içerisinde daha iri smektit taneleri ile gözlenmiştir (Steefel ve Van Cappellen, 1990; Kadir vd., 2021). Bu piroklastik kayalar içerisinde K-feldispat (sanidin), plajiolaz, biyotit ve kuvars mineralleri yanı sıra fosiller tespit edilmesi bu kayaların denizel ortam koşulları altında çökdiklerini göstermektedir (Terlemez ve Yılmaz, 1980; Christidis et al., 1995). Heulandit-klinoptilolit türü zeolit minerallerinin varlığı volkanik malzemelerin, bentonitleşme süreçleri boyunca alkalın ($\text{pH} < 11$) koşullar altında alterasyona uğradıklarını göstermektedir (Caballero vd., 1983; Villa vd., 2001; Savage vd., 2007; Ekinci Şans vd., 2015, 2020; Esenli vd., 2019).

Zeolit mineralinin bol miktarda gözlenmemesi ve yaygın SiO_2 kaybı görülmesi bentonitleşme sırasında alterasyonun iyi yıkanmış bir sistem içerisinde gerçekleştiğini göstermektedir (Christidis ve Dunham, 1997, Abdioğlu ve Arslan, 2005).

Mikromorfolojik açıdan, bentonit yataklarındaki smektitlerle ilişkili illit liflerinin, kaolinit ve heulandit-klinoptilolit türü zeolit minerallerinin feldspat kristalleri üzerinde bulunması bu minerallerin volkanik kökenli malzemenin yerinde (*in-situ*) ayrışması sonucu oluştuklarını göstermektedir (Hassouta vd., 1999). Ayrıca, smektit grubu minerallerin genellikle bal peteği, mısır gevreği, yaprağımsı veya rozetimsi görünümü andıran bir morfoloji göstermesi bu öneriyi desteklemektedir (Külâh vd., 2014). İnce illit kristallerinin çoğunlukla tekil plakaların düzensiz kenarlarında kıvrılma izleri göstermesi ile birlikte, diyajenetik kumtaşlarının gözeneklerinde gelişen illit kristallerinin varlığı da bentonit oluşumlarının diyajenetik koşullar altında meydana geldiğini kanıtlamaktadır (Zaid ve Al Gahtani, 2015). Mikromorfolojik olarak, smektitçe zengin çamurtaşıda görülen yönlenme, kompakt yapı ve gözeneklerde oluşan mikrokalsit kristallerinin varlığı da bu görüşü desteklemektedir.

Smektit *d001* piklerinin keskin oluşu, DTA-TG eğrisinde ideal asimetrik endotermik pik vermesi ve IR spektrumlarında gösterdiği bantlar da smektitlerin yüksek kristallenme derecesine sahip olduğunu göstermektedir.

Bereketli üyesi içerisindeki 6 farklı bentonit ocağı içerisindeki $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}$, Al_2O_3 ve SiO_2 yoğunluklarındaki değişim ise kaynak alandaki kayaç tiplerindeki değişiklikler ile ilgilidir. Örneğin inceleme alanının kuzeybatısındaki Al'un yüksek oluşu kuzeyde bulunan Zinav Kireçtaşı üyesidir. Güneye doğru inildikçe Fe_2O_3 oranındaki artış güneye doğru andezitik volkanik kayaçlar ile ilgili olarak değişmektedir.

Jeokimyasal veriler değerlendirilerek bentonitlerin oluştukları ortamların pH koşulları tartışılmıştır (Arslan vd., 2010). Nadir Toprak Elementleri (NTE) ve iz element değişimleri saptanarak bentonit oluşturan kaynak kayaların türleri ve oluşum mekanizmalarındaki etkileri ortaya konulmuştur. Bununla birlikte alterasyon ürünleri içerisindeki Eu ve Ce gibi NTE ile birlikte iz element oranlarındaki değişimler yorumlanarak kimyasal alterasyon mekanizmalarının geliştikleri sulu ortamların (göl, deniz vb.) fiziko-kimyasal koşulları (açık/kapalı hidrolojik sistemler, ortamdaki pH değişimi vb.) irdelenmiştir (Külâh vd., 2014; İkinci Şans vd., 2015).

SiO_2 içeriğinin Na_2O ve Dy/Yb içeriğine bağlı olarak artış göstermesi, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ve Rb+Ba oranlarının yanı sıra Zr/Ni ve Zr/Co oranlarının pozitif olması ve kondrite göre normalize edilen nadir toprak elementlerinde negatif Eu anomalisinin görülmesi plajiyoklaz, K-feldspat, hornblend türü minerallerin alterasyonu ile volkanik camın devitrifikasyonunun bentonit oluşumuna kaynak sağladığını ispatlamaktadır (Ghanem ve Jarrar, 2013; Wulaningsih vd., 2013; Wang vd., 2015). Ayrıca, ilksel mantoya göre normalize edilen nadir toprak elementlerinde hafif bir Ce anomalisi gözlenmesi oksidasyon ve redüksiyon koşulları altındaki demir oksit/hidroksit fazlarındaki Fe'nin Ce ile yer değiştirmesine işaret etmektedir (Fulignati vd., 1999; Karakaya, 2009; Zhou vd., 2013). Bu önerme, çökelme ortamındaki oksidasyon ve redüksiyon koşullarındaki değişimlere bağlı olarak oluşan yeşil, sarı ve koyu kırmızı renk ardalanması ile de desteklenmektedir (Eren ve Kadir, 1999; Gürel ve Kadir, 2008; Eren ve Kadir, 2013; Eren vd., 2015). Örneğin bazı bölgelerde hidrotermal alterasyona bağlı oluşan smektitlerin Ti, Cr, Ni, Co, Pb ve Zn bakımından zengin oluşu, ofiyolitik temel kayalar içerisinden geçen hidrotermal sıvıların kimyasal bileşimi ile ilişkilidir (Çoban ve Ece, 1999; Yıldız ve Kuşçu, 2004; Kadir vd. 2015). Benzer olarak volkanoklastik kayaların yanı sıra temeldeki ofiyolitik birimlerin diyajenetik süreçler içerisinde de smektit oluşumlarında etkili olduğu saptanmıştır (Kadir, 2007; Külâh vd., 2014). Buna ek olarak piroklastik malzemenin bentonite dönüşmesi sırasında meydana gelen mobil ve immobil element hareketliliği alterasyon derecesine göre değişebildiğini ortaya konmuştur (Arslan vd., 2010).

$(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/(\text{CaO} + \text{MgO})$ ortalama kütle oranı hesabına göre bentonitler Na'lu ve Na-Ca'lu olarak sınıflandırılmıştır (Günay vd., 2001). Ca içeren bentonit örneklerinin ortalama SiO_2 içeriği, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranı, silika (kuvars ve opal-CT) varlığından dolayı Na içeren bentonitlerden daha yüksektir. Kuzey Doğu Türkiye, Ordu ilinde Na'lu ve Ca'lu bentonitlerin $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranı sırasıyla yaklaşık 3,64 ve 5,21'dir (Karakaya vd., 2011). Bu değerler özellikle Ca'lu bentonitler, serbest silika varlığından dolayı (Grim ve Güven., 1978)' e göre 2,7 olan değere göre yüksektir. Lalapaşa (Edirne), Çankırı ve Reşadiye (Tokat) bentonitleri kimyasal ve mineralojik kompozisyonları açısından uyumluluk vardır (Bulut vd., 2009). Düşük $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranı (3,2-3,6) ve yüksek Fe_2O_3 değerleri (2,4-5,5%) ve MgO (1,9-3,5%) illit ve smektit/illit mineralleri varlığına ve kil minerallerinin zenginliğine işaret etmektedir. Ca'lu bentonitlerin Fe_2O_3 ve TiO_2 içerikleri, bentonitin beyaz rengi ve

parlaklığıyla yansıtılan Na'lu bentonitlerden çok daha düşüktür. Na'lu bentonitlerde $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}$, Ca'lu bentonitlere göre daha yüksektir. Yüksek A.K. (Ateş kaybı) değerleri Ca karakterli smektitlerle ilgilidir (Bulut vd., 2009). Tokat ili Reşadiye ilçesinde yapılan çalışmalarda Na ve Ca'lu bentonitler $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranları değerlendirildiğinde 3,10 ve 3,05 olarak hesaplanmıştır. Ortalama ateş kaybı (A.K), Reşadiye smektit örneklerinde %12,39 iken, Ordu'da, Ca ve Na'lu bentonitler sırasıyla %12,55, %10,43 biraz daha yüksektir (Karakaya vd., 2011). Na'ca zengin bentonit yatakları Ca'ca zengin bentonit yataklarından daha homojendir ve daha az opal-CT, kuvars ve albit içerir (Karakaya vd., 2011). Na'ca zengin bentonitler ile kıyaslandığında, Zn, Ni, As gibi metalik elementlerin bolluğu, Ca'ca zengin bentonitlerde daha yüksek iken Cu daha azdır. Ordu bentonit yatakları incelendiğinde (Abdioğlu ve Arslan, 2005) herhangi bir deniz fosili veya deniz sedimanına rastlamamışlardır, ancak bentonitleri üzerleyen Geç Kretase-Palaeosen yaşlı Akveren Formasyonu denizel bir ortam olduğunun kanıtıdır.

Kütle kazanç kayıpları sonucu olarak bentonitler ve piroklastik kayaçları kıyaslandığında Mg ve Sr zenginleşmesi tipik denizel ortam alterasyonuna işaret etmektedir (Abdioğlu ve Arslan 2005; Christidis, 2001). SiO_2 , CaO, K_2O , Na_2O , MnO, P_2O_5 , Ba, Rb, Cr ve Zn değerlerinin alterasyon süreçlerindeki artışına karşılık Al_2O_3 , MgO, Fe_2O_3 , TiO_2 , Zr, Sr, Th, La, Y, U, Pr, Nb, Hf ve Sc değerlerindeki azalma, volkanik köken kayaçlarındaki sanidin, plajiolaz, hornblend ve az miktarda biyotit ve piroksen minerallerinin ayrışmasını yansıtmaktadır (Nesbitt ve Young, 1984; Anceau, 1992; Christidis, 1998; Abedini vd., 2011; Yan vd., 2016). Ba ve Sr kazanç ve kayıpları feldispat minerallerinin ve volkanik camın parçalanması ve süzülmesi ile ilgili olabilir, buna ek olarak Rb kaybı biotitlerin korozyonuna neden olabilir (Arslan vd., 2010).

Oksijen ve hidrojen duraylı izotop değerleri yorumlanarak bentonitlerin oluşum şekilleri, oluşum ortamları, oluşum sıcaklıkları ve oluştukları ortamların iklimsel özelliklerine yönelik bulgular ortaya konmuştur (Abdioğlu ve Arslan, 2005; Kadir, 2007; Arslan vd., 2010; Çiflikli vd., 2013; Kadir vd., 2015). Smektit türü kil minerallerine ait $\delta^{18}\text{O}$ ve δD içeriklerinin sırasıyla 20.67 ve 28.08 ‰ V-SMOW ve -73.67 and -82.61‰ V-SMOW aralığında görülmesi, smektit oluşumlarının piroklastik kayaçların düşük sıcaklık koşulları altında denizel ortamdaki diyajenetik alterasyonu sonucunda oluştuklarını desteklemektedir

(Craig, 1961; Savin ve Epstein, 1970; Lawrence ve Taylor, 1971, 1972; Yeh ve Savin, 1976; Clauer vd., 1990; Sheppard ve Gilg, 1996).

Anadolu'nun kuzeybatısında Lalapaşa (Edirne) civarındaki Ca-bentonit oluşumları Eosen yaşlı dasitik-riyodasitik karakterli piroklastikler ile arakatkılı volkano-sedimanter birimlerin sığ denizel ortamdaki diyajenetik alterasyonları sonucunda oluşmuşlardır (Ekinci Şans vd., 2015). Buna karşın, Biga yarım adası'nda (Çanakkale) bulunan Na- ve Ca-bentonitler Miyosen yaşlı kalkalkalen tüflerin bölgedeki faylar etkisinde hidrotermal alterasyonları sonucunda meydana gelmişlerdir (Çoban ve Ece, 1999).

Batı Anadolu'da ise Manisa civarındaki Na-, Ca-bentonit yatakları Neojen yaşlı kalkalkalen karakterli volkano-sedimanter birimlerin sığ göl ortamındaki kimyasal ayrışması ve göl suyu ile sıcak volkanik malzeme arasındaki metasomatik reaksiyonlar sonucunda oluşurken (Çiflikli vd., 2013), tektonizmanın yoğun olduğu iç bölgelerde Kütahya (Yıldız ve Kuşçu, 2004 ve 2007) ve Eskişehir (Yıldız ve Dumlupınar, 2009) çevrelerindeki Na-, Ca-bentonitler Tersiyer yaşlı volkanizma ürünlerinin hidrotermal alterasyonu sonucunda meydana gelmiştir. Ayrıca Uşak (Muratdağı bölgesi) civarındaki ofiyolitik birimlerin kimyasal ve hidrotermal alterasyonu sonucu Ca- ve Na-smektit oluşumları mevcuttur (Kadir vd., 2015).

Orta Anadolu'da Ankara-Çankırı arasındaki bölgede Na-, Ca-bentonit yatakları, Miyosen yaşlı volkanizma ürünlerinin gerek kimyasal ayrışmaları, gerekse hidrotermal alterasyonları ile geniş bir alana yayılmışlardır (Türkmenoğlu vd., 1991; Bakır vd., 2012). Bölgenin güneyinde ise, Konya (Kadir, 2007), Nevşehir (Kapadokya) civarında (Gürel ve Kadir, 2006 ve 2008; Külâh vd., 2014) yer alan bentonitler, tektonik çöküntü havzalarında depolanmış Neojen yaşlı volkano-sedimanter istifler ile birlikte bulunan volkanik birimlerin sığ göl ya da anaerobik bataklık ortamlarında meteorik sular ve periyodik iklim değişimleri etkisindeki alterasyonları sonucunda oluşmuşlardır.

Orta Karadeniz bölgesinde ise batıdan doğuya doğru Tokat (Niksar-Reşadiye) ve Ordu (Ünye-Fatsa) bölgelerindeki Geç Kretase yaşlı kalkalkalin karakterli trakitik ve trakiandezitik volkanizma ürünlerinin sığ deniz ortamında meteorik ve deniz suyu etkisi ile

kimyasal ayrışmaları sonucunda Ca-bentonitler meydana gelmiştir (Akbulut, 1995; Yalçın ve Gümüşer, 2000; Abdioğlu ve Arslan, 2005). Bununla birlikte bölgedeki Geç Kretase yaşlı kalkalkalin volkaniklerin hidrotermal alterasyonu sonucunda oluşmuş Ca-bentonitler ile bu volkanoklastik birimlerin sedimantasyon havzası içerisinde geçirdiği kimyasal alterasyon ve diyajenez sonucunda oluşan Na-bentonitler (Çelik Karakaya vd., 2011) bölgede çalışılmış önemli bentonit yataklarıdır.

Bölgenin güneyinde (Şebinhisar/Giresun) civarındaki Ca-Bentonit yatakları, Geç Kretase yaşlı trakitik ve trakiandezitik piroklastiklerin hidrotermal alterasyonu sonucu oluşmuştur (Karakaya ve Çelik Karakaya, 2001a, b). Buna karşın bölgenin kuzeyindeki (Tirebolu/Giresun) Ca-bentonitler, mineralojik, jeokimyasal ve O-H izotop değerlerindeki değişimlere göre Geç Kretase yaşlı piroklastik birimlerin sığ deniz ortamında meteorik ve deniz suyu etkisi ile kimyasal ayrışmaları sonucunda meydana gelmiştir (Arslan vd., 2010).

Analiz sonuçları değerlendirildiğinde, Reşadiye formasyonu'na ait bentonit yatakları, piroklastik kayaçların alterasyonu sonucu olarak doğrudan oluşmuştur (Jeans vd., 1982; Okay ve Şahintürk, 1997). Saha genelinde yanal ve düşey yönlü olarak herhangi bir değişim gözlenmemektedir. Bununla birlikte saha içerisindeki bentonit ocakları içerisinde mineralojik ve kimyasal içerik bakımından herhangi bir zonlanma bulunmaması, sülfat ve sülfid fazlarının görülmemesi ve genç sokulum kayaçlarının gözlenmemesi bentonit oluşumunda hidrotermal aktivitelerin etkin olmadığını göstermektedir (Kamitani., 1978; Çelik vd., 1999; Abdioğlu ve Arslan, 2005; Karakaya vd., 2005, 2011).

Bereketli üyesi smektit örnekleri oluşumunun diyajenetik ortam koşullarına örnek olarak, kuruma çatlakları yüzeylerinde görülen bitki kök izleri, yer yer demir ve mangan oksit sıvamaları ile kızılımsı, kahverengi, grimsi, yeşil renk araldanmasını verebiliriz (Eren vd., 2014; Kassab, vd., 2014; Zaid ve Al Gahtani, 2015). Bir diğer diyajenetik oluşum ortamı kanıtı olarak, çamurtaşları arasında yer alan kumtaşı ve çakıltaşı mercceklerinin sıkı, tane destekli, kalsit ve demir oksit ile çimentolanmış olmasıdır (Eren ve Kadir, 1999; Eren ve Kadir, 2013).

Volkanogenik masif sülfit yatakları ile ilişkili hidrotermal alterasyon gözlenmemesi, arazi gözlemleri sonucu yatay ve düşey yönde zonlanmanın olmaması, fay kontrolü ile bentonit oluşumu gözlenmemesi, demir oksit ve sülfit, sülfat fazlarının olmaması hidrotermal alterasyon yerine diyagenetik bir alterasyon olduğunu göstermektedir (Çağatay, 1993; Meunier, 1995, 2005; Inoue, 1995; Kadir ve Akbulut, 2009; Kadir ve Kart, 2009, Acarlioğlu vd., 2013).



7. SONUÇLAR

1. Geç Kretase yaşlı Reşadiye Formasyonu Bereketi üyesi'ne ait Reşadiye (Tokat) ve çevresinde yüzeylenen bentonit ocakları birincil bentonit ocaklarıdır ve riolitik, dasitik ve trakiandezitik bileşimli piroklastik kayalar içerisinde bulunmaktadır.
2. Bentonit ocaklarındaki grimsi-yeşil-kırmızımsı-kahverengi renk değişimleri de depolanma sırasında iklimsel değişimler etkisiyle, ortamda gelişen farklı oksidasyon-redüksiyon koşullarını belirtmektedir.
3. Piroklastik kayalar içerisinde K-feldispat (sanidin), plajiolaz, biyotit ve kuvars minerallerinin yanı sıra fosillerin tespit edilmesi bu piroklastik kayaların denizel ortam koşulları altında çökdiklerini göstermektedir.
4. Arazi gözlemleri, mineralojik ve jeokimyasal analizler bentonit yataklarının riolitik, dasitik ve trakiandezitik bileşimli piroklastiklerin alterasyonu sonucunda oluştuğunu göstermektedir.
5. Ca ve Na'ca zengin bentonit yataklarının mineralojik ve jeokimyasal analizleri sonucu yanal ve düşey yönde bir değişim göstermemesi ve sülfat/sülfid fazlarının bulunmaması bentonit oluşumunda hidrotermal aktivitenin etkin olmadığını ve diyajenetik koşullar altında oluştuğunu kanıtlamaktadır.
6. Mikromorfolojik olarak, bentonit yataklarındaki smektitlerle ilişkili illit liflerinin ve bu illit kristallerinin çoğunlukla düzensiz kıvrılma izleri göstermesi ve diyajenetik kumtaşlarının gözeneklerinde gelişen illit kristallerinin varlığı da bentonit oluşumunun diyajenetik koşullar altında meydana geldiğini kanıtlamaktadır. Ayrıca, smektit grubu minerallerin bal peteği, mısır gevreği, yaprağımsı veya rozetimsi görünümü andıran bir morfoloji göstermesi bu öneriyi desteklemektedir.

7. Heulandit-klinoptilolit minerallerinin varlığı volkanik malzemelerin, bentonitleşme süreçleri boyunca alkalın ortam ve $Ph < 11$ koşullar altında alterasyona uğradıklarını göstermektedir.

8. SiO_2 , CaO , K_2O , Na_2O , MnO , P_2O_5 , Ba , Rb , Cr ve Zn değerlerinin alterasyon süreçlerindeki artışına karşılık Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , Zr , Sr , Th , La , Y , U , Pr , Nb , Hf ve Sc değerlerindeki azalma, volkanik köken kayalarındaki sanidin, plajiyoklas, hornblend ve az miktarda biyotit ve piroksen minerallerinin ayrışmasını yansıtmaktadır.

9. SiO_2 içeriğinin Na_2O ve Dy/Yb içeriğine bağlı olarak artış göstermesi, Na_2O+K_2O ve $Rb+Ba$ oranlarının yanı sıra Zr/Ni ve Zr/Co oranlarının pozitif olması ve kondrite göre normalize edilen nadir toprak elementlerinde negatif Eu anomalisinin görülmesi plajiyoklas, K -feldspat, hornblend türü minerallerin alterasyonu ile volkanik camın devitrifikasyonunun bentonit oluşumuna kaynak sağladığını ispatlamaktadır.

10. Smektit türü kil minerallerine ait $\delta^{18}O$ ve δD içeriklerinin sırasıyla 20.67 ve 28.08 ‰ V-SMOW ve -73.67 and -82.61‰ V-SMOW aralığında görülmesi, smektit oluşumlarının piroklastik kayaların düşük sıcaklık koşulları altında denizel ortamdaki diyajenetik alterasyonu sonucunda oluştuklarını desteklemektedir.

11. Bereketli üyesi bentonit ocakları farklı kimyasal içeriklerinde görülen bölgesel değişimler, beslenme alanlarına olan mesafe ile ilgilidir.

12. Bereketli üyesi'ne ait bentonitlerdeki kuruma çatlakları yoğun organik malzeme ile birlikte demir oksit sıvamaları ve mangan oksit boyamalarının varlığı, kumtaşlarının kalsit ve Fe -(oksihidr)oksit malzemesi ile çimentolanmış olması ve opak mineraller içermesi bu çökellerin depolandıktan sonra sıkıştıklarını göstermektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdioğlu, E. ve Arslan, M. 2005, Mineralogy, geochemistry and genesis of bentonites of the Ordu area, NE Turkey, *Clay Minerals*, 40, 131-151.
- Abedini, A., Calagari, A.A., Akbari, M. 2011, Geochemistry and genesis of Mehredjan bentonite deposit, Southeast of Khor, Isfahan province, *Geopersia*, 1, 47–58.
- Acarlioğlu, S., Kadir, S., Abdioğlu, E., Arslan, M. 2013, Epithermal-alteration geology, mineralogy and geochemistry of Eocene volcanic rocks in the Hasandağ (Giresun) area, eastern Pontides, NE Turkey, *Neues Jahrbuch Für Mineralogie, Abhandlungen*, 190/1, 79-99.
- Adamia, Sh., Lordkipanidze, M., Zakariadze, G. 1977, Evolution of active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus, *Tectonophysics*, 40, 183-199.
- Akbulut, A. 1991, Niksar-Reşadiye (Tokat)-Koyulhisar (Sivas) yöresi bentonit ön arama raporu: MTA Der. No. 9264, Ankara (yayımlanmamış).
- Akbulut, A., 1992, Yazıcık (Niksar-Tokat) bentonit yatağının maden jeolojisi raporu: MTA Der. No. 9627, Ankara (yayımlanmamış).
- Akbulut, A., 1995, Yazıcık (Niksar-Tokat/Türkiye) bentonitleri: İlk veriler, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt 38, Sayı 1, 53-61.
- Akbulut, A. 1996, Bentonit, *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Serisi*, 32, 78.
- Aktimur, H. T., Tekirli, M. E., Ateş, S., Teoman, M. Ş., Yurdakul, M.E., Ürgün, B. M., Keçer, M., Turşucu, A., Genç, S., 1989, Niksar, Erbaa ve Destek dolayının jeolojisi: MTA Der. No. 8894, Ankara (yayımlanmamış).
- Allo, W. A., Murray, H. H. 2004, Mineralogy, chemistry and potential applications of a white bentonite in San Juan province, Argentina, *Applied Clay Science* 25, 237–243.
- Altaner, S. P., Grim, R. E., 1990. Mineralogy, chemistry, and diagenesis of tuffs in the Sucker Creek Formation (Miocene), Eastern Oregon, *Clay and Clay Mineralogy*, 38, 561-572.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Alp, O. 1972, Amasya yöresinin jeolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, 22, 101, İstanbul.
- Anceau, A. 1992, Sûdoite in some Visean (Lower Carboniferous) K-bentonites from Belgium, *Clay Minerals*, 27, 283–292.
- Arslan, M., Abdioğlu, E., Kadir., S. 2010, Mineralogy, geochemistry, and origin of bentonite in Upper Cretaceous pyroclastic units of the Tirebolu area, Giresun, northeast Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 58, 120-141.
- Aslan, Z., Arslan, M., Temizel, İ., Kaygusuz, A., 2013, K-Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of calc-alkaline volcanic rocks around the Gümüşhane area: implications for post-collisional volcanism in the Eastern Pontides, Northeast Turkey. *Mineralogy and Petrology*
- Bakır, S., Akbulut, A., Kapkaç, F., Karahan, D.S., Çetin, C. 2012, Türkiye bentonit envanteri (Envanter Serisi 204), Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Batchelor, R. A., Jeppsson, L. 1994, Late Liandover Bentonites from Gotland, Sweden, as Chemostratigraphic Markers, *Journal of the Geological Society, London* 151, 741–746.
- Birkan, Ö., Kartal, G. 1974, Reşadiye (Tokat) bentonit sahalarına ait jeolojik etüdler: MTA Der. No.5152, Ankara (yayımlanmamış).
- Blumenthal, M. M. 1945, Kuzey Anadolu'nun bazı ofiyolit mıntıkları Liyas'tan evvelki devreye mi aittir? *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Mecmuası*, 1/53.
- Blumenthal, M. M. 1950, Orta ve Aşağı Yeşilırmak bölgelerinin (Tokat, Amasya, Havza, Erbaa, Niksar) jeolojisi hakkında. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayını, Seri D, No:4*.
- Bulut, G., Chimeddorj, M., Esenli, F., Çelik, S. M. 2009, Production of desiccants from Turkish bentonites.
- Brindley, G. W. 1980, Quantitative X-ray mineral analyses of clays. *Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray Identification*, Mineralogical Society Monograph, 5, 411–438.
- Caballero, E., Fernandes Pôrto, M., Linares, J., Reyes, E. 1983, Las bentonitas de la Serrata de Nijar (Almeria). *Mineralogia, Geoquímica y Mineralogenesis, Estudios Geológicos*, 39, 121–140.
- Caballero, E., Jimenez de Cisneros, C., Huertas, J. F., Huertas, F., Pozzuoli, A., Linares, J. 2005, Bentonites from Cabo de Gata, Almeria, Spain: A mineralogical and geochemical overview, *Clay Minerals*, 40, 463–480.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cama, J., Ganor, J., Ayora, C., Lasaga, A. 2000, Smectite dissolution kinetics at 80°C and pH 8.8, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 15, 2701–2717.
- Carretero, M. J., Pozo, M., Martín-Rubí, J. A., Pozo, E., Maraver, F. 2010, Mobility of elements in interaction between artificial sweat and peloids used in Spanish spas, *Applied Clay Science* 48, 506–515.
- Carretero, M. I., Pozo, M., Legido, J. L., Fernández-González, M. V., Delgado, R., Gómez, I., Armijo, F., Maraver, F. 2014, Assessment of three Spanish clays for their use in pelotherapy, *Applied Clay Science*, 99, 131–143.
- Christidis, G., Scott, P.W., Marcopoulas, T. 1995, Origin of the bentonite deposits of Eastern Milos and Kimalos, Greece: geological, mineralogical and geochemical evidence, *Clays and Clay Minerals*, 43, 63–77.
- Christidis, G., Dunham, A. C., 1997, Compositional variations in smectites Part II: Alteration of acidic precursors, a case study from Milos Island, Greece, *Clay Minerals*, 32, 253-270.
- Christidis, G., Scott, P. W. 1997, The origin and control of colour of white bentonites from the Aegean Islands of Milos and Kimolos, Greece, *Mineralium Deposita*, 32, 271–279.
- Christidis, G. 1998, Comparative study of the mobility of major and trace elements during alteration of an andesite and a rhyolite to bentonite, in the islands of Milos and Kimolos, Aegean, Greece, *Clays and Clay Minerals*, 46, 379–399.
- Christidis, G. 2001, Formation and growth of smectites in bentonites: A case study from Kimolos Island, Aegean, Greece, *Clays and Clay Minerals*, 49, 204–215.
- Christidis, G. E., Huff, W. D. 2009, Geological aspects and genesis of bentonites, *Elements*, 5, 93–98.
- Clarke, G. M. 1985, Special clays, *Indian Mineralogy*, 216, 25–51.
- Clayton, R.N., Mayeda T.K. 1963, ‘The use of bromine pentafluoride in the extraction of oxygen from oxides and silicates for isotopic analysis’ *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 27, 43-52.
- Clauer, N., O’Neil, J.R., Bonnot-Courtois, C., Holtzapffel T. 1990, Morphological, chemical and isotopic evidence for an early diagenetic evolution of detrital smectite in marine sediments, *Clays and Clay Minerals*, 38, 33–46.
- Craig, H., 1961, Isotopic variations in meteoric waters, *Science*, 133, 1702-1703.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Çağatay, M. N., 1993, Hydrothermal alteration associated with volcanogenic massive sulfide deposits, examples from Turkey, *Economic Geology*, 88, 606-621.
- Çelik, M., Karakaya, N., 1997, The investigation of hydrothermal clay occurrences around Ordu and Giresun, In: I. Isik (Ed.), *Proceedings Volume of the National Clay Symposium*, Kütahya, 8, 99-106.
- Çelik, M., Karakaya, N., Temel, A., 1999, Clay minerals in hydrothermally altered volcanic rocks, Eastern Pontides, Turkey, *Clays and Clay Minerals*, 47, 708-717.
- Çelik, M., Karakaya, N., Küpeli Ş., 2011, Mineralogical and geochemical properties of the Na- and Ca-bentonites of Ordu, Turkey, *Clays and Clay Minerals*, 59, 75-94.
- Çiflikli, M., Çiftçi, E., Bayhan H. 2013, 'Alteration of glassy volcanic rocks ot Na- and Ca-smectites in the Neogene basin of Manisa, western Anatolia, Turkey', *Clay Minerals*, 48, 513-527.
- Çoban, F., Işık E. Ö. 1999, 'Fe-rich montmorillonite-beidellite series in Ayvacık Bentonite deposit, Biga Peninsula, Northwest Turkey'. *Clays and Clay Minerals*, 47, 165-173.
- Çörtük, M. R., Çelik, F. Ö., Özkan, M., Sherlock, C. S., Marzoli, A., Altıntaş, E. İ., Topuz, G., 2016, Origin and geodynamic environments of the metamorphic sole rocks from the İzmir- Ankara- Erzincan suture zone (Tokat, northern Turkey), *International Geology Review*, Vol. 58, No:15, 1839-1855.
- Delibaş, O., Moritz, R., Ulianov A., Chiaradia, M., Saraç, C., Revan, M. K., Göç, D., 2016, Cretaceous subduction-related magmatism and associated porphyry-type Cu-Mo prospects in the Eastern Pontides, Turkey: New constraints from geochronology and geochemistry, *Elsevier*, 119-137.
- Dewey, J. F., Pitman, W. C., Ryan, W. B. F., Bonnin, J., 1973, Plate tectonics and evolution of the Alpine system. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin* 84, 3137-3180.
- Dokuz, A., Aydınçakır, E., Kandemir, R., Karşlı, O., Siebel, W., Derman, S. A., Turan, M., 2016, Late Jurassic Magmatism and Stratigraphy in the Eastern Sakarya Zone, Turkey: Evidence for the Slab Breakoff of Paleotethyan Oceanic Lithosphere, *The Journal of Geology*, Vol: 125, 1-31.
- Ekinci Şans, B., Esenli, F., Kadir, S., Elliott W. C. 2015, 'Genesis of smectite in siliciclastics and pyroclastics of the Eocene İslambeyli Formation in the Lalapaşa region, NW Thrace, Turkey', *Clay Minerals*, 50, 459-483.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ekinci Şans, B., Esenli, F., Kadir, S., 2020, Geology, mineralogy and geochemistry of the smectite-bearing Eocene-İslambeyli Formation in the Pınarhisar region, NW Thrace, Turkey, *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 377-391.
- Elliot, W. C., Wampler, J. M., Kadir, S., Kūlah, T., Connell Hewit, K., Önalgil, N., Erkoyun, H., 2020. K-Ar age constraints on the sources of K minerals in bentonites of the Ankara-Çankırı Basin, Central Anatolia, Turkey, *International Journal of Earth Science*.
- Elzea, J. M., Murray, H. H. 1994, *Bentonite, Industrial Minerals and Rocks*, 6th edition. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton, Colorado, USA, 233–246.
- Eren, M., Kadir, S., 1999, Colour origin of upper Cretaceous pelagic red sediments within the Eastern Pontides, northeast Turkey, *International Journal of Earth Sciences*, 88, 593-595.
- Eren, M., Kadir, S., 2013, Colour origin of red sandstone beds within the Hūdai Formation (Early Cambrian), Aydıncık (Mersin), southern Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 563-573.
- Eren, M., Kadir, S., Zucca, C., Akşit, İ., Kaya, Z., Kapur, S., 2014, Pedogenic manganese oxide coatings (calcium buserite) on fracture surfaces in Tortorian (Upper Miocene) red mudstones, southern Turkey, *Catena*, 116, 149-156.
- Eren, M., Kadir, S., Kapur, s., Huggett, J., Zucca, C., 2015, Colour origin of Tortonian red mudstones within the Mersin area, southern Turkey, *Sedimentary Geology*, 318, 10-19.
- Erentöz, C. 1950, Türkiye Jeoloji Haritası, 1/100.000 ölçekli Reşadiye 44-2 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.
- Esenli, F., Kadir, S., Ekinci Şans, B., 2019, Geochemistry of the zeolite-rich Miocene pyroclastic rocks from the Gördes, Demirci and Şaphane regions, West Anatolia, Turkey. *Geochemistry International*, 57, 1158-1172.
- Fanning, C. M., Pankhurst, R. J., Rapela, C. W., Baldo, E. G., Casquet, C., Galindo C. 2004. 'K-bentonites in the Argentine Precordillera contemporaneous with rhyolite volcanism in the Famatinian Arc', *Journal of the Geological Society, London*, 161, 747–756.
- Faure, G., 1986, *Principles of Isotope Geology*, 2nd ed., John Wiley and Sons, 589 p.
- Ghanem, H., Jarrar, G.H. 2013, Geochemistry and petrogenesis of the 595 Ma shoshonitic Qunai monzogabro, Jordan, *Journal of African Earth Sciences*, 88, 1–14.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gomes, C.S.F., Carretero, M. I., Pozo, M., Maraver, F., Cantista, P., Armijo, F., Legido, J.L., Teixeira, F., Rautureau, M., Delgado, R. 2013, Peloids and pelotherapy: historical evolution, classification and glossary, *Applied Clay Science*, 75–76, 28–38.
- Göksu, E. 1960, 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Samsun Paftası, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayını, Ankara.
- Görür, N., Şengör, A. M. C., Akkök, R., Yılmaz, Y. 1983, Sedimentologic data on the recovery of NEotethys in the Pontides. *Geological Bulletin of Turkey*, 26, 11-20 (in Turkish).
- Graetsch, H., Gies, H and Topalovic, I. 1994, NMR, XRD and IR study on microcrystalline opal. *Physics Chemistry of Minerals*, 21,166-175.
- Grant, J.A. 1986, The isocon diagram – a simple solution to Gresens equation for metasomatic alteration, *Economic Geology*, 81, 1976–1982.
- Grant, J.A. 2005, “Isocon analysis: A brief review of the method and applications, *Physics and Chemistry of the Earth*, 30, 997–1004.
- Grim, R. E. 1968. ‘Clay Mineralogy’, McGraw-Hill, 596.
- Grim, R. E., Güven, N. 1978, Bentonite. *Geology, Mineralogy, Properties and Uses. Developments in Sedimentology*, Elsevier, New York, 24, 256.
- Gromet, L. P., Dymek R. F., Haskin L. A., Korotev R. L. 1984, The ‘North American Shale Composite’: its compilation, major and trace element characteristics, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 2469-2482.
- Gümüşer, G., 1997. Kelkit Vadisi kuzeyi (Reşadiye-Yazıcık-Bereketli) bentonit yataklarının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi. MSc Thesis, Institute of Science, Sivas Cumhuriyet University, 85.
- Gümüşer, G., Yalçın, H., 1998. Kelkit Vadisi kuzeyindeki (Reşadiye-Yazıcık-Bereketli/Tokat) bentonit yataklarının mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. *Yerbilimleri*, 20, 91-110.
- Gürel, A., Kadir S. 2006, Geology, mineralogy and origin of clay minerals of the Pliocene fluvial-lacustrine deposits in the Cappadocian Volcanic Province Central Anatolia, Turkey, *Clays and Clay Minerals*, 54, 555–570.
- Gürel, A., Kadir S. 2008, Geology and mineralogy of Late Miocene clayey sediments in the southeastern part of the central Anatolian volcanic province, Turkey, *Clays and Clay Minerals*, 56, 307–321.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gürsoy, H., Öztürk, A., İnan, S. 1993, Kelkit (Gümüşhane) ve Yakın Dolayının Tektono Stratigrafik Gelişimi, A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu (2-5 Eylül 1991) Bildirileri, 53-64.
- Güven, N., 1988, Smectites, Hydrous Phyllosilicates S. W. Bailey, (Ed.) Reviews in Mineralogy, 19. Mineralogical Society of America, 497-559.
- Harnois, L., 1988, The CIW index: A new chemical index of weathering, Sedimentary Geology, 55 (3-4), 319-322.
- Huber, G. K., 2011, Geochemistry and geochronology of meta-igneous rocks from the Tokat Massif, north-central Turkey, Doktora Tezi, Texas University, 137s.
- Huff, W. D., Morgan, J. D. 1990, Stratigraphy, mineralogy and tectonic setting of Silurian K-bentonites in southern England and Wales.
- Huff, W. D., Anderson, T. B., Rundle, C. C., Odin G. S. 1991. Chemostratigraphy, K-Ar ages and illitization of Silurian K-bentonites from the Central Belt of the Southern Uplands-Down-Longford terrane, British Isles, Journal of the Geological Society, 148, 861-868.
- Huff, W. D., Merriman, J. R., Morgan, J. D., Roberts, B. 1993. Distribution and tectonic setting of Ordovician K-bentonites in the United Kingdom.
- Huff, W. D., 1997. Silurian K-bentonites of Podolia, Ukraine, The Eleventh International Clay Conference Program with Abstracts, Ottawa, 38.
- Huff, W. D., Davis, D. W., Bergstrom, S. M., Krekeler, M. P. S., Kolata, D. R., Cingolani C. A. 1997. 'A Biostratigraphically Well-constrained K-Bentonite U-Pb Zircon age of the Lower most Darriwilian stage (Middle Ordovician) from the Argentine Precordillera', Episodes, 20, 29-33.
- Huff, W. D., Bergstrom, S. M., Kolata, D. R., Sun H. 1998a. 'The Lower Silurian Osmundsberg K-Bentonite. part 2: mineralogy, geochemistry, chemostratigraphy, and tectonomagmatic significance', Geological Magazine. 135, 15-26.
- Huff, W. D., Bergstrom, S. M., Kolata, D. R., Cingolani, C. A., Astini R. A. 1998b. Ordovician K-Bentonites in the Argentine Precordillera: relations to Gondwana Margin Evolution, The Proto-Andean Margin of Gondwana, Geological Society of London, Special Publications, 142, 107-126.
- Huff, W. D., Bergström, S. M., Kolata D. R. 2000. 'Silurian K-Bentonites of the Dnestr basin, Podolia, Ukraine', Journal of the Geological Society of London, 157, 493-504.
- Inoue, A., 1995, Formation of Clay Minerals in Hydrothermal Environments, In: Origin and Mineralogy of Clay Minerals (B. Velde, editör). Springer-Verlag, 268-329.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Inoue, A., Meunier, A., Beaufort, D., 2004, Illite-smectite mixed-layer minerals in felsic volcanoclastic rocks from drill cores, Kakkonda, Japan, *Clays and Clay Minerals*, 52, 66-84.
- Irvine, N. T., Baragar, A. R. W., 1971, A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks, Geological Survey of Canada, Ottawa, Canada.
- Jeans, C. V., Merriman, R. J., Mitchell, J. G., Bland, D. J. 1982 Volcanic clays in the Cretaceous of southern England and northern Ireland, *Clay Minerals*, 17, 105–156.
- Kadir, S. 2007, Mineralogy, geochemistry and genesis of smectite in Pliocene volcanoclastic rocks of the Doğanbey Formation, Beyşehir basin, Konya, Turkey, *Clays and Clay Minerals*, 55, 402–422.
- Kadir, S., Kart, F., 2009, The occurrence and Origin of the Söğüt Kaolinite Deposits in the Paleozoic Sarıcakaya Granite-Granodiorite Complexes and Overlying Neogene Sediments (Bilecik, Northwestern Turkey).
- Kadir, S., Akbulut, A., 2009, Mineralogy, geochemistry and genesis of the Taşoluk kaolinite deposits in pre Early Cambrian metamorphites and Neogene volcanites of Afyonkarahisar, Turkey, *Clay Minerals*, 44, 89-112.
- Kadir, S., Aydoğan, M. S., Elitok, Ö., Helvacı C. 2015. ‘Composition and genesis of nickel-chrome-bearing nontronite and montmorillonite in lateritized ultramafic rocks in the Muratdağı region Uşak, western Anatolia, Turkey’, *Clays and Clay Minerals*, 63, 163–184.
- Kadir, S., Külah, T., Önalgil, N., Erkoyun, E., Elliott, W. C., 2017, Mineralogy, geochemistry and genesis of bentonites in Miocene volcanic-sedimentary units of the Ankara-Çankırı Basin, Central Anatolia, Turkey, *Clay and Clay Mineralogy*, 65, 64-92.
- Kadir, S., Külah, T., Erkoyun, H., Önalgil, N., Eren, M., Elliott, W. C., 2021, Mineralogy, geochemistry, and genesis of bentonites in Upper cretaceous pyroclastics of the Bereketli member of the Reşadiye Formation, Reşadiye (Tokat), Turkey, *Applied Clay Science*, 204, 106024.
- Kalyoncuoğlu, A., Yaşar, M. Ve Karabulut, A., 1975, Reşadiye (Tokat) bentonit sahalarına ait ayrıntılı çalışma raporu: MTA Der. No. 836, Ankara (yayımlanmamış).
- Kamitani, M., 1978, Doğu Karadeniz bölgesi’ndeki kaolin, serisit ve montmorillonit kil yatakları. M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara (unpublished).
- Karakaş, Z., Kadir, S., 2000, Devitrification of volcanic glasses in Konya volcanic units, Turkey, *Turkish Journal Of Earth Sciences*, 9, 39-46.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Karakaya, N., Çelik Karakaya, M. 2001a, Hydrothermal alteration of the Şaplıca volcanic rocks, Şebinkarahisar, Turkey, *International Geology Reviews*, 43, 953–962.
- Karakaya, N., Çelik Karakaya, M. 2001b, Şaplıca (Şebinkarahisar, Giresun) volkanitlerinin hidrotermal alterasyon türlerinin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 44, 75–89.
- Karakaya, M. Ç., Karakaya, ., Ekmekçi, M., 2005, Investigation of Some Mine Deposits and Their Alteration on Environmental Health in Eastern Black Sea Region. TÜBİTAK, YDABÇAG-103Y016, 168. (unpublished).
- Karakaya, M. Ç., Karakaya, N., Sarioğlu, S., Koral M. 2010. ‘Some properties of thermal muds of some spas in Turkey’, *Applied Clay Science*, 48, 531–537.
- Karakaya, M. Ç., Karakaya, N., Küpeli, Ş., 2011, Mineralogical and geochemical properties of the Na- and Ca-Bentonites of Ordu (N. E. Turkey). *Clays and Clay Minerals*, 59 (1), 75-94.
- Karşlı, O., Uysal, İ., Ketenci, M., Dokuz, A., Aydın, F., Kandemir, R., Wijbrans, J., 2011, Adakite-like granitoid porphyries in Eastern Pontides, NE Turkey: potential parental melts and geodynamic implications, *Lithos*, 127, 354-372.
- Karşlı, O., Uysal, İ., Dilek, Y., Aydın, F., Kandemir, R. 2013, Geochemical modelling of early Eocene adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Anatolia: continental crust or subducted oceanic slab origin?, *International Geology Review*, Vol: 55, No: 16, 2083-2095.
- Kassab, M. A., Hassanain, I. M., Salem, A. M., 2014, Petrography, diagenesis and reservoir characteristics of the Pre-Cenomanian sandstone, Sheikh Attia area, East Central Sinai, Egypt, *Journal of African Earth Sciences*, 96, 122-138.
- Kaufhold, S., Dohrmann, R., Sanden, T., Sellin, P., Svensson, D. 2013, Mineralogical investigations of the first package of the alternative buffer material test-I. Alteration of bentonites, *Clay Minerals*, 48, 199–213.
- Keskin, İ., Yergök, F. A., Kara, H., Dönmez, M., Arslan, M. 1998, Ünye-Fatsa-Kumru-Korgan (Ordu) dolayının jeolojisi, *Maden Tetkik Arama Rapor*, 10182 (yayımlanmamış).
- Ketin, İ. 1966, Tectonic Units of Anatolia, *Bulletin of Mineral Research and Exploration*, 66, 23-34.
- Kirov, G., Samajova, E., Nedialkov R., Stanimirova, T. S. 2011, Alteration processes and products of acid pyroclastic rocks in Bulgaria and Slovakia, *Clay Minerals*, 46, 279–294.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Korkmaz., S. and Yılmaz., C, 1994, Evolution of the Pontide carbonate platform during Upper Dogger- Lower Cretaceous, NE Turkey. *Perimediterranean carbonate platforms. Geologie Mediterranean*, 21, 103-104.
- Koçyiğit, A., 1979a, Tekneli bölgesinin (Tokat güneyi) tektonik özelliği. *Tübitak Matematik, Fizik ve Biyolojik Araştırma Grubu*, Proje No: TBAG-262, 63.
- Külâh, T., Kadir, S., Gürel, A., Eren, M., Önalgil, N. 2014, Mineralogy, geochemistry, and genesis of mudstones in the upper Miocene Mustafapaşa member of the Ürgüp formation in the Cappadocia region, central Anatolia, Turkey, *Clays and Clay Minerals*, 62, 267–285.
- Lawrence, J.R., Taylor, H.R. 1972, Hydrogen and oxygen isotope systematics in weathering profiles, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 36, 1377–1393.
- López-Moro, F.J. 2012, EASYGRESGRANT – A Microsoft Excel spreadsheet to quantify volume changes and to perform mass-balance modeling in metasomatic systems, *Computers and Geosciences*, 39, 191–196.
- MacEwan, D. M. C., M. J. Wilson, 1980, Interlayer and Intercalation complexes of clay minerals, in G. W. Brindley and G. Brown, eds., *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*, London, Mineralogical Society, 197-248.
- Mackenzie, R. C., 1970, Simple phyllosilicates based on gibbsite and brucite-like sheets, in *Differential Thermal Analysis*, Vol. I, (R. C. Mackenzie, ed), Academic Press, London, 497-537).
- Meunier, A., 1995, Hydrothermal alteration by veins, 247-267 in: *Origin and Mineralogy of Clays, Clays and the Environment* (B. Velde, editor). Springer- Verlag, Berlin.
- Meunier, A., Velde, B., 2004, *Illite, Origin, Evolution and Metamorphism*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 286.
- Meunier, A., 2005, *Clays*, Springer, Heidelberg, 472.
- Modabberi, S., Namayandeh, A., Galindo, A. L., Viseras, C., Setti, M., Ranjbaran, M. 2015, Characterization of Iranian bentonites to be used as pharmaceutical materials, *Applied Clay Science*, 116–117, 193–201.
- Moe, J. A., Ryan, P. C., Elliot W. C., Reynolds R. C. 1996. ‘Petrology, chemistry, and clay mineralogy of a K-bentonite in the proterozoic belt supergroup of western Montana’, *Journal of Sedimentary Research*, 66, 95-99.
- Moore, D.M., Reynolds, R.C. 1989, *X-ray Diffraction and the identification and analysis of clay minerals*, Oxford University Press, New York, 332 pp.
- MTA, 2002a. 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Sinop paftası, No: 3. Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- MTA, 2002b. 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Samsun paftası, No: 4. Ankara.
- Murray, H.H., 2007, Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite- Sepiolite and Common Clays, Applied Clay Mineralogy, Elsevier, USA, 2, 180.
- Nesbitt, H.W., Young, G.M. 1984, Prediction of some weathering trend of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic consideration, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 1523–1534.
- Odom, I. E. 1984. ‘Smectite clay minerals: Properties and uses. Philosophical Transactions of the Royal Society of London’, Series A, Mathematical and Physical Sciences, 311, 391-409.
- Okay, A. I., Şahintürk, Ö., 1997, Geology of the Eastern Pontides, in Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region. A. G. Robinson, (Eds). AAPG Memoir 68, 291-311.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M., Tekeli, O. 1980, Kuzey Anadolu Fayı-Kırşehir Masifi arasının temel jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Rapor No: 6722, Ankara (yayımlanmamış).
- Özdamar, Ş., Ece, I, Ö, Uz, B., Boylu, F, Ercan, Ü. H., Yanık, G., 2014, Element mobility during the formation of the Uzunisa-Ordu bentonite, NE Turkey, and potential applications, 49, 609-633.
- Öztürk, A. 1979, Ladik-Destek yöresinin stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 22/1, 27-34.
- Pacey, R. N. 1984, Bentonites in the chalk of Central Eastern England and their relation to the opening of the Northeast Atlantic, *Earth and Planetary Science Letters*, 67, 48–60.
- Paterson, E. and Swaffield, R., 1987, Thermal Analysis, In: A Handbook of Determinative Methods in Clay Mineralogy, (Wilson, M.J., ed.), Blackie, London, 99-132.
- Paz, S. P. A., Angélica, R. S., Neves, R. F. 2012, Mg-Bentonite in the Parnaíba Paleozoic Basin, Northern Brazil, *Clay and Clay Minerals*, 60, 265–277.
- Ray, C. D., Collings, J. V. A., Worton, J. G., Jones, G. 2011, Upper Wenlock bentonites from Wren’s Nest Hill, Dudley: comparisons with prominent bentonites along Wenlock Edge, Shropshire, England, *Geological Magazine*, Cambridge University Press, 148, 670–681.
- Roberson, E. H. 1964, Petrology of Tertiary Bentonites of Texas, *Journal of Sedimentary Petrology*, 34, 401–411.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ruffell, A. H., Hesselbo, S. P., Wach, G. D., Simpson, M. I., Wray, D. S. 2002, Fuller's earth (bentonite) in the Lower Cretaceous (Upper Aptian) of Shanklin (Isle of Wight, southern England), *Proceedings of the Geologists Association*, 113, 281–290.
- Savage, D., Walker, C., Arthur, R., Rochelle, C., Oda, C., Takase, H. 2007, Alteration of bentonite by hyperalkaline fluids: a review of the role of secondary minerals, *Physics and Chemistry of the Earth*, 32, 287–297.
- Savin, S. M. & Epstein S. 1970, The oxygen and hydrogen isotope geochemistry of clay minerals, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 34, 25-42.
- Seymen, L., 1975, Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay zonu'nun Tektonik Özelliği: Doktora tezi, İTÜ Maden Fak. 192 s. İstanbul.
- Shah, L. A., Valenzuela, S. G. M., Ehsan, M. A., Díaz, V. R. F., Khattak, S. N. 2013, Characterization of Pakistani purified bentonite suitable for possible pharmaceutical application, *Applied Clay Science*, 83–84, 50–55.
- Sheppard, S.M.F., Gilg, H.A. 1996, Stable isotope geochemistry of clay minerals, *Clay Minerals*, 31, 1–24.
- Somelar, P., Kırşın, K., Środoń J. 2009. 'Mixed-layer illite-smectite in the Kinnekulle K-Bentonite, northern Baltic Basin', *Clay Minerals*, 44, 455–468.
- Środoń, J., Clauer N., Banas, M., Wojtowicz, A. 2006a, K-Ar evidence for a Mesozoic thermal event superimposed on burial diagenesis of the Upper Silesia Coal Basin, *Clay Minerals*, 41, 669–690.
- Środoń, J., Kotarba M., A. Biroń, P., Such, N., Clauer, A., Woâ, J. 2006b, Diagenetic history of the Podhale-Orava Basin and the underlying Tatra sedimentary structural units, Western Carpathians, evidence from XRD and K-Ar of illite-smectite, *Clay Minerals*, 41, 751–774.
- Steefel, C. I., Van Cappellen, P., 1990, A new kinetic approach to modeling water-rock interaction: The role of nucleation, precursors and Ostwald ripening. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 2657-2677.
- Summa, V., Tateo, F. 1998, The use of pelitic raw materials in thermal centres: mineralogy, geochemistry, grain size and leaching test: examples from the Lucania area, southern Italy, *Applied Clay Science*, 12, 403–417.
- Sun, S.S., McDonough, W.F. 1989, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, *Geological Society*, 42, 313–345.
- Sümengen, M., 2013, 1/100.000 scale geological map of Turkey-Tokat, General Directorate of Mineral Research and Exploration of Turkey.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. 1981, Tethyan Evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 81–241.
- Takagi, T., Koh, M. S., Song, S. M., Itoh, M., Mogi, K. 2005, Geology and properties of the Kawasaki and Dobuyama bentonite deposits of Zao region in northeastern Japan, *Clay Minerals*, 40, 333–350.
- Tatar, O., Yurtmen, S., Temiz, H., Gürsoy, H., Koçbulut, F., Mesci, L., Guezou, J. C. 2007, Intracontinental Quaternary Volcanism in the Niksar Pull-Apart Basin, North Anatolian Fault Zone, Turkey, 16, 417-440
- Tateo, F., Summa, V. 2007, Element mobility in clays for healing use, *Applied Clay Science*, 36, 64–76.
- Terlemez, İ., Yılmaz, A. 1980, Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan yörenin stratigrafisi, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 23 (2), 179–191.
- Tokel, S., 1983, Distribution of the Lias volcanites in north Anatolia and importance, as was revealed by the evolution of north Tethys Island-arc system. *Geological Congress of Turkey*, Ankara, 42-43.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W. H., Dokuz, A., Meyer, Hans-Peter. 2007, Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex (Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey, *International Journal of Earth Science*, 96-861-873.
- Trofimovs, J., Sparks, R. S. J., Talling, P. J., 2008, Anatomy of a submarine pyroclastic flow and associated turbidity current: July 2003 dome collapse, Soufrière Hills volcano, Montserrat, West Indies. *Sedimentology*, 55, 617-634.
- Türkmenoğlu, A. G., Akıman, O., Aker, S., Tankut A. 1991. ‘Geology and origin of clay deposits at Orta (Çankırı) area’, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 113, 87-92.
- Tüysüz, O., 1993. Karadeniz’den Orta Anadolu’ya bir jeotravers: Kuzey Neo- Tetisin tektonik evrimi [A geo-traverse from the Black Sea to the Central Anatolia: Tectonic evolution of northern Neo-Tethys]. *T. P. J. D. Bülteni*, 5, 1-33.
- Tüysüz, O., Tekin U.K. 2007, Timing of imbrication of an active continental margin facing the northern branch of Neotethys, Kargı Massif, northern Turkey, *Cretaceous Research*, 28, 754-764.
- Uysal, Ş., Bedi, Y., Kurt, İ., Kılınç, F., 1995, Koyulhisar (Sivas) dolayının jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 9839*, Ankara (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Uz, B., Esenli, F., Özdamar, Ş., Esenli, V., Suner, F., 2003, The Comparison of Ordering in Opal Structure in Two Different Bentonite Occurrences, *Journal Geological Society of India*, 62, 478-484.
- Van der Marel, H. W., Beutelspacher, H., 1976, *Atlas of IR Spectroscopy of Clay Minerals and Their Admixtures*, Elsevier, 396.
- Veniale, F., Barberis, E., Carcangiu, G., Morandi, N., Setti, M., Tamanini, M., Tessier, D. 2004, Formulation of muds for pelotherapy: effects of ‘maturation’ by different mineral waters, *Applied Clay Science*, 25, 135–148.
- Veniale, F., Bettero, A., Jobstraibizer, P. G., Setti, M. 2007, Thermal muds: Perspectives of innovations, *Applied Clay Science*, 36, 141–147.
- Ver Straeten, A. C. 2015. ‘K-bentonites, volcanic ash preservation, and implications for Early to Middle Devonian volcanism in the Acadian orogen, eastern North America’, *Geological Society of America*, 116, 474–489.
- Villa, V.R., Cuevas, J., Ramirez, S., Leguey, S. 2001, Zeolite formation during the alkaline reaction of bentonite, *European Journal of Mineralogy*, 13, 635–644.
- Vivaldi, J. L. M. 1962, The bentonites of Cabo de Gata (Southeast Spain) and of Guelaya Volcanic Province (North Morocco), *Estacion Experimental del Zaidin, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C)*, 327–357.
- Vogt, K., Kostner, H. M., 1978 Zur Mineralogie, Kristallchemie und Geochemie einiger Montmorillonite aus Bentoniten, *Clay Minerals*, 13, 25-43.
- Wilson, M. J. 1987, X-ray powder diffraction methods. 26-98 in: *a Handbook of Determinative Methods in Clay Mineralogy* (M.J. Wilson, editor), Blackie, Glasgow, UK.
- Wang, W., Tang, J., Xu, W.-L., Wang, F. 2015, Geochronology and geochemistry of Early Jurassic volcanic rocks in the Erguna Massif, northeast China: Petrogenesis and implications for the tectonic evolution of the Mongol-Okhotsk suture belt, *Lithos*, 218-219, 73–86.
- Weaver, C. E., 1989, *Clays, muds, and shales. Developments in Sedimentology*, Elsevier, Amsterdam, 44, 819.
- Whitney, D. L., Evans, B. W., 2010, Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist* 95, 185-187.
- Wilson, M. J., 1987, X-ray powder diffraction methods. In: Wilson, M. J. (Ed.), *A Handbook of Determinative Methods in Clay Mineralogy*. Blackie and Sons Ltd, Glasgow, 26-98.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Winchester J. A. & Floyd P. A. 1977, Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Wright, V. P., Tucker, M. E., 1991. *Calcretes*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 351.
- Wulaningsih, T., Humaida, H., Harijoko, A., Watanabe, K. 2013, Major element and rare earth elements investigation of Merapi volcano, central Java, Indonesia, *Procedia Earth and Planetary Science*, 6, 202–211.
- Yalçın, H., and Gümüşer, G. 2000, Mineralogical and geochemical characteristics of late Cretaceous bentonite deposits of the Kelkit Valley Region, northern Turkey, *Clay Minerals*, 35, 807-825.
- Yalçınalp, B. 1995, Doğu Pontidler’de porfiri Cu-Mo mineralleşmeleri içeren granitoidlerin jeokimyasal özellikleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 38, 25-32.
- Yan, L.-L., He, Z.-Y., Jahn, B.-M., Zhao, Z.-D. 2016, Formation of the Yandangshan volcanic-plutonic complex (SE China) by melt extraction and crystal accumulation, *Lithos*, 266-267, 287–308.
- Yeh, H.W., Savin, S.M. 1977, Mechanism of burial metamorphism of argillaceous sediments: 3. O-isotope evidence, *Geological Society of America Bulletin*, 88, 1321-1330.
- Yıldız, A., Genç, Ö. ve Bektaş, S., 1997, *Enstrümantal Analiz Yöntemleri*, Hacettepe Üniversitesi, 64, 506.
- Yıldız, A., Kuşçu M. 2004, ‘Origin of the Başören, Kütahya West Turkey, Bentonite deposits’. *Clay Minerals*, 39, 219-231.
- Yıldız, A., Gürel, A., 2005, Palaeontological, diagenetic and facies characteristics of Cretaceous/Paleogene boundary sediments in the Ordu, Yavuzlu and Uzunisa areas, Eastern Pontides, NE Turkey. *Cretaceous Research*, 26, 329-341.
- Yıldız, A., Kuşçu M. 2007, ‘Mineralogy, chemistry and physical properties of bentonites from Başören, Kütahya, west Anatolia, Turkey’, *Clay Minerals*, 399-414.
- Yıldız, A., Dumlupınar İ. 2009, ‘Mineralogy and geochemical affinities of bentonites from Kapıkaya, Eskişehir, western Turkey’, *Clay Minerals*, 44, 339–360.
- Yılmaz, A., 1980, Tokat le Sivas arasındaki bölgede ofiyolitlerin kökeni, iç yapısı ve diğer birimlerle ilişkisi: Ph. D. Thesis, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, 97.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yılmaz, A., 1982, Tokat (Dumanlıdağ) ile Sivas (Çeltekdağı) dolaylarının temel jeolojik özellikleri ve ofiyolitli karmaşığın konumu: Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi, 99-100, 1-18.
- Yılmaz, Y., A. M. C. Şengör, 1985, Paleotethyan ophiolites in northern Turkey, petrology and tectonic setting:Ofioliti 10, 2-3, 485-504.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, C. S., Şengör, A. M. C. 1997, Geology and tectonic evolution of the Pontides, in: Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, American Association of Petroleum Geologists Memoir, 68, 183–226.
- Yılmaz, Y., Serdar, H. S., Genç, C., Yiğitbaş, E., Gürer, Ö. F., Elmas, A., Yıldırım, M., Bozcu, M., Gürpınar, O., 1995, The Geology and Evolution of the Tokat Massif, South-Central Pontides, Turkey, International Geology Review, 39, 365-382.
- Yui, T. F., Chang, S. S.,1999, Formation conditions of vesicle/fissure-filling smectites in Penghu basalts: A stable-isotope assessment, Clay Minerals, 34, 381-393.
- Zaid, S. M., Al Gahtani, F. 2015, Provenance, diagenesis, tectonic setting and geochemistry of Hawkensbury Sandstone (Middle Triassic), southern Sydney Basin, Australia, Turkish Journal of Earth Sciences, 24, 72–98.
- Zielinski, R.A., 1982, The mobility of uranium and other elements during alteration of rhyolite ash to montmorillonite: a case study in the Troublesome .formation, Colorado, U. S. A. Chemical Geology, 35, 185-204.