

**KAPADOKYA (NEVŞEHİR-KAYSERİ) BÖLGESİ
KAOLİNİTİK TÜFLERİN OLUŞUMU VE
HAMMADDE POTANSİYELİ**

NESRİN ERTEK

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
MAYIS – 2008**

**KAPADOKYA (NEVŞEHİR-KAYSERİ) BÖLGESİ
KAOLİNİTİK TÜFLERİN OLUŞUMU VE
HAMMADDE POTANSİYELİ**

NESRİN ERTEK

**Mersin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Jeoloji Mühendisliği
Ana Bilim Dalı**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Fevzi ÖNER**

**MERSİN
Mayıs – 2008**

Bu tezin gerek bilimse içerik, gerekse elde edilen sonuçlar açısından tüm gerekleri sağladığı kanaatine ulaşan ve aşağıda imzaları bulunan biz jüri üyeleri, sunulan tezi oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul ediyoruz.

Tez Danışmanı
Prof.Dr. Fevzi ÖNER

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Necdet SAKARYA

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Musa ALPASLAN

Bu tezin Fen Bilimleri Enstitüsü yazım kurallarına uygun olarak yazıldığı Enstitü Yönetim Kurulunun / / tarih ve / sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mahir TURHAN
Enstitü Müdürü

Not: bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ÖZ

Bu çalışma, Kapadokya (Nevşehir) bölgesindeki alterasyon sonucu killeşen tüflerin mineralojik, jeokimyasal özelliklerini ve hammadde potansiyelini belirlemeyi amaçlar. Bu amaç doğrultusunda arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır.

Çalışma kapsamında Ürgüp formasyonunun üyesi olan 8.6–11.2 milyon yıl yaşlı Kavak İgnimbriti detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bölgede KD-GB doğrultulu normal faylar belirlenmiştir. Bu fayların bulunduğu yerlerde yoğun bir alterasyon gözlenmektedir. Faylar çevresinde bu alterasyona bağlı olarak mineralojik ve kimyasal bir zonlanma tespit edilmiştir. Yeni kil minerallerinin oluşumundaki bu düzenli zonlanma killeşmede hidrotermal aktivitenin etkili olduğunu, ayrıca jarosit mineralinin varlığı hidrotermal alterasyona neden olan sıvıların asidik özellikte olduğunu göstermektedir. Mineralojik incelemeler sonucunda en yaygın tüm kayaç mineral parajenezlerini kaolinit + kuvars oluşturmaktadır. Bazı örneklerde bu birlikteliğe opal-CT, jarosit, illit, simektit, kalsit, feldspatlar, nadir olarak hematit ve zeolit mineralleri eşlik etmektedir. Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre kaolinitik tüflerin trakiandezitik bileşimli olduğu ve K_2O , Na_2O , MgO , Fe_2O_3 , CaO , MnO , P_2O_5 gibi ana oksitlerin kayaç bileşiminden uzaklaştığı belirlenmiştir. Tüf örnekleri düşük K, Sr, Rb ve yüksek Ba gibi iz element içeriklerine sahiptir.

Tüflerin ayrışması sonucu oluşan kaolinitin yapısal formülünün ($Na_{0.00084} K_{0.002} Ca_{0.0032} (Si_{2.0} O_5) [Al_{1.9829} Si_{0.004} Fe_{0.0049} Mg_{0.0013} (OH)_4]$) şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Bu hammaddenin (kaolin) büyük bir kısmının en önemli özelliği Fe_2O_3 içeriğinin % 0.4'ten az ve diğer renklendirici elementler (Cr, Cu, Co vs.) bakımından fakir ve beyazlık derecesinin yüksek olmasıdır (>%85). Mineralojik ve jeokimyasal analiz sonuçları bu hammaddenin çimento ve seramik sektöründe özellikle beyaz çimento, sır ve masse üretiminde kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kapadokya, Kaolinit, Hammadde, Beyaz Çimento, Seramik.

ABSTRACT

Main aim of this study is determine the mineralogical and geochemical characteristics of altered tuffs in the Cappadocia area (Nevşehir) located at the Central Anatolia and to investigate raw material potential of the altered tuffs. Field investigations and laboratory studies have been carried out for these purposes.

In frame of this study, The Kavak Ignimbrite of 8.6-11.2 million age which is member of Ürgüp formation is investigated in detail. Widespread and intensive hydrothermal alteration zones have developed across NE-SW striking faults in the study area (Türkmenlik Hill). The field observations and the results of analysis show that there are some changes in mineralogical and chemical composition across these alteration zones which were formed probably by hydrothermal activity. The presence of jarosite mineral in some samples indicates that the hydrothermal solution might have an acidic character. Mineralogical analyses show that the altered tuffs are mainly composed of quartz and kaolinite. In some samples, minerals such as opal-CT, jarosite, illite, smectite, calcite, zeolite and rarely hematit have also been determined as accessory minerals. Geochemical analysis show that the altered tuffs are trachyandesite in composition and that the major oxide such as K_2O , Na_2O , MgO , Fe_2O_3 , CaO , MnO and P_2O_5 were leached out from rock by hydrothermal alteration. Altered tuffs have low K, Sr, Rb and high Ba contents.

General formula of kaolinite is $(Na_{0.00084} K_{0.002} Ca_{0.0032}) (Si_{2.0} O_5) [Al_{1.9829} Si_{0.004} Fe_{0.0049} Mg_{0.0013} (OH)_4]$. The most of samples have very low concentration (<0.5%) of colouring elements such as Fe_2O_3 and MnO and there by the material was coloured very whitely (>%85). These properties, which particularly depend of mineralogical and geochemical composition, allow using this rock as industrial raw material in cement and ceramic sectors for manufacturing of white cement, glaze and masse especially.

Keywords: Cappadocia, Kaolinite, raw material, white cement, ceramic.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Kapadokya (Nevşehir) bölgesinde bulunan alterasyona uğramış olan tüfleri konu edinen bu çalışmada tüflerin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri irdelenmiştir.

“Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Fonu” tarafından desteklenen çalışmamın başlangıcından sonuna kadar her aşamasında bilgi, deneyim ve tecrübesi ile beni aydınlatan, destekleyen ve çalışmamın meydana gelmesinde büyük katkısı olan danışman hocam Sn. Prof. Dr. Fevzi ÖNER'e minnet ve şükran borçluyum.

Özellikle çalışmam süresince beni “İz Bırakanlar” bursu ile destekleyen Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği'ne, öğütme işlemleri için laboratuvarlarını bana kullandıran KROMSAN A.Ş.'ye (Mersin), beyazlık test çalışmaları için KALEKİM'e (Mersin), malzemenin beyaz çimento üretimde değerlendirilmesine yönelik çalışmalarda bana yardımcı olan Çimsa (Mersin) Çimento Sanayii ve Ticaret A.Ş. ve Adana Çimento Sanayii A.Ş.'ye teşekkür ederim. Seramikle ilgili yönlendirmede yardımcı olan Çukurova Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü öğretim üyesi Sn. Yrd. Doç. Dr. Necdet SAKARYA'ya çok teşekkür ederim. Seramik deneylerinin yapılmasına olanak sağladığı için YURTBAY Seramik A.Ş.'ye (Eskişehir) ve burada seramik deneylerinin her aşamasında bana yardımlarını esirgemeyen Güven KOÇ'a ve kimya laboratuvar çalışanları Pınar ÖZER, Mehtap ARSLAN, Cemil KÖKSOY, Hüseyin KAYDAN ve Gülay BAYRAM'a ayrıca teşekkür ederim. Tezimin yazım aşamasında yardımlarından dolayı bölüm başkanımız Sn. Prof. Dr. Kemal TASLI'ya çok teşekkür ederim.

Çalışmamın başından beri beni her türlü konuda teşvik eden ve destekleyen aileme, manevi katkılarından dolayı teyzem Hülya KAYHAN, eniştem Deniz KAYHAN'a ve çocuklarına, dostlarıma ve ayrıca Tülay KAYHAN'a müteşekkirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA NO</u>
ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI.....	1
1.2. ÇALIŞMA ALANININ TANIMI.....	2
1.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2. MATERYAL VE METOD.....	7
2.1. ARAZİ ÇALIŞMALARI.....	7
2.2. LABORATUAR ÇALIŞMALARI.....	8
2.2.1. Kırma ve Öğütme.....	8
2.2.2. Mineralojik Analizler.....	8
2.2.2.1. X-Işınları difraksiyon yöntemi (XRD).....	8
2.2.2.2. Fourier transform infrared yöntemi (FTIR).....	12
2.2.2.3. Taramalı elektron mikroskobu.....	12
2.2.3. Kimyasal Analizler.....	12
2.2.4. Beyazlık Derecesini Belirleme Çalışmaları.....	13
2.2.5. Seramik Testleri.....	13
2.2.5.1. Sır yapımında kullanılacak kaoline uygulanan testler.....	13
2.2.5.2. Masse üretiminde kullanılacak kaoline uygulanan testler.....	15
2.3. BÜRO ÇALIŞMALARI.....	19
3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE STRATİGRAFİSİ.....	20
3.1. GİRİŞ.....	20
3.2. STRATİGRAFİ.....	21
3.2.1. Temel Kayaçlar.....	24

3.2.2. Yeşilhisar Formasyonu.....	24
3.2.3. Ürgüp Formasyonu.....	24
3.2.3.1. Kavak İğnimbriti.....	24
3.2.3.2. Zelve İğnimbriti.....	26
3.2.3.3. Sarımaden Tepe İğnimbriti.....	27
3.2.3.4. Damsa Lavı.....	27
3.2.3.5. Cemilköy İğnimbriti.....	27
3.2.3.6. Tahar İğnimbriti.....	27
3.2.3.7. Gördeles İğnimbriti.....	28
3.2.3.8. Topuzdağ Lavı.....	28
3.2.3.9. Kızılkaya İğnimbriti.....	28
3.2.3.10. Kışladağ Kireçtaşı.....	28
3.2.3.11. Valibaba Tepe İğnimbriti.....	29
3.2.4. Kuvaterner Oluşukları.....	29
4. EKONOMİK JEOLJİ.....	30
4.1. KİL MİNERALLERİ.....	30
4.1.1. İki Tabakalı Killer.....	31
4.1.2. Üç Tabakalı Killer.....	32
4.1.3. Dört Tabakalı Killer.....	32
4.1.4. Bantlı (Kanal Yapılı) Kil Mineralleri.....	33
4.1.5. Önemli kil mineralleri.....	33
4.1.6. Killerin Özellikleri.....	34
4.2. KAOLİN MİNERALİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	34
4.2.1. Kaolinitlerin Oluşum Koşulları.....	36
4.2.2. Kullanım Alanları.....	40
4.3. ÇİMENTO.....	40
4.3.1. Tanımlar.....	41
4.3.2. Çimentoda Kullanılan Hammaddeler.....	41
4.3.3. Çimento ve Üretim.....	43
4.3.4. Türkiye'deki Çimento Tipleri.....	44
4.3.4.1. Portland çimentoları.....	44
4.3.4.2. Traslı çimentolar.....	45
4.3.4.3. Uçucu kül çimentolar.....	46

4.3.4.4. Cüruf çimentoları.....	46
4.3.4.5. Sorel çimentosu.....	47
4.3.4.6. Beyaz çimento.....	47
4.4. SERAMİK.....	49
4.4.1. Seramik Üretiminde Kullanılan Hammaddeler.....	49
4.4.2. Seramik Kaplama Malzemeleri ve Üretim Süreçleri.....	51
4.4.3. Türkiye’de ve Dünyada Seramik.....	52
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	54
5.1. MİNERALojİK ANALİZLER.....	54
5.1.1. Fourier Transform Infrared (FTIR) İncelemeleri.....	54
5.1.2. X-Isınları Difraksiyonu (X RD) İncelemeleri.....	60
5.2.3. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) İncelemeleri.....	66
5.2. JEOKİMYA.....	68
5.2.1. Ana Element Jeokimyası.....	68
5.2.2. İz Element ve NTE Jeokimyası.....	70
5.2.3. Kütle Değişim Hesapları.....	76
5.3. KAPADOKYA (NEVŞEHİR) BÖLGESİ TÜFLERİNİN ALTERASYONU VE KAOLİNİT OLUŞUMLARI.....	78
5.4. Beyazlık Derecesini Belirleme Çalışmaları.....	81
5.5. KAPADOKYA (NEVŞEHİR) BÖLGESİNDEKİ KAOLİNİTİK TÜFLERİN HAMMADDE POTANSİYELİ.....	82
5.5.1. Kapadokya (Nevşehir) kaolinitik tüflerinin çimento sektöründe değerlendirilmesi.....	82
5.5.2. Kapadokya (Nevşehir) bölgesi kaolinitik tüflerinin seramik sektöründe değerlendirilmesi.....	84
5.5.2.1. Sır yapımında kullanılacak örneklere uygulanan testler.....	85
5.5.2.2. Kapadokya kaolinitik tüflerin masse olarak kullanılabilirliğine yönelik testler.....	88
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	90
KAYNAKLAR	93
ÖZGEÇMİŞ	99
EKLER	100

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE	SAYFA NO
Çizelge 2.1. Hammaddelerin Sır deneme reçetelerinde % bileşimi.....	13
Çizelge 2.2. Hammaddelerin gerçek sır reçetelerinde % bileşimi.....	14
Çizelge 2.3. Çökme testi reçetesinde hammaddelerin bileşimi.....	15
Çizelge 4.1. Killerin kristal yapılarına göre sınıflandırması.....	31
Çizelge 4.2. Çimentoda kullanılan hammaddeler ve ortalama kimyasal bileşimi	42
Çizelge 4.3. Çimentoda kullanılan hammadde parametreleri.....	42
Çizelge 4.4. Gri Portland çimentosu kimyasal bileşimi.....	45
Çizelge 4.5. Gri ve Beyaz Portland çimento kimyasal bileşimleri ve klinker fazları.....	47
Çizelge 5.1. Kapadokya (Nevşehir) bölgesinden alınan örneklerin Al, Ti, Hf, Nb, Zr, Y elementlerine ait korelasyon değerleri.....	76
Çizelge 5.2. Kapadokya (Nevşehir) bölgesinden derlenen TT, Düvertepe (DT) ve Söğüt (SÖ) kaolinlerinin kimyasal bileşimi.....	84
Çizelge 5.3. Birinci reçeteye göre hazırlanan sırların pişirilme sonrası renk.....	86
Çizelge 5.4. İkinci reçeteye göre sırlanan ürünlerin pişme sonrası renk ölçüm değerleri.....	87
Çizelge 5.5. Örneklerin çökme miktarları.....	87
Çizelge 5.6. TT örneği + %20 Ukrayna kili karışımı ve Düvertepe kaolenine ait tablet testi sonuçları.....	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL	SAYFA NO
Şekil 1.1. Yapı taşı kullanımına uygun olmayıp bir kenara yığılan malzeme.....	1
Şekil 1.2. Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 2.1. Numune üzerine çarpan X- ışınlarının geometrisini gösteren şekil.....	9
Şekil 2.2. Çekme testinde kullanılan çekme kalıbı ve çekme işlemi.....	14
Şekil 2.3. Tepsilere dökülüp etüvde kurutulan malzeme.....	16
Şekil 2.4. Etüvde kurutulan malzemenin rutubetlendirilme işlemi.....	16
Şekil 2.5. Rutubetlendirilen toz örneklerin presle şekillendirilmesi.....	19
Şekil 2.6. Örneklerin presle şekillendirilmesi ile oluşturulan tabletler.....	19
Şekil 3.1. Kapadokya (Nevşehir) Bölgesinin jeolojik haritası.....	22
Şekil 3.2. Kapadokya (Nevşehir) Bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik istifi.....	23
Şekil 3.3. Bölgede yapıtaşı üretimi yapılan bir taş ocağı.....	25
Şekil 3.4. Türkmenlik Tepe ve yakın çevresinin morfolojik görüntüsü.....	26
Şekil 4.1. Kil minerallerinin yapısı.....	30
Şekil 4.2. Kaolinit levhalarının şematik görünümleri.....	35
Şekil 4.3. Çimento üretim şeması.....	44
Şekil 5.1. Kapadokya bölgesinden alınan örneklerden tipik olanlarının FTIR spektrumları.....	55
Şekil 5.2. Kapadokya bölgesinden alınan örneklerden tipik olanlarının XRD difraktogramları.....	61
Şekil 5.3. TT16 örneğine ait kil fraksiyonunun XRD difraktogramı.....	65
Şekil 5.4. Örneklerle ait SEM görüntüleri.....	66
Şekil 5.5. Kaolinitler için tipik olan kitapçık ve akordeon(d) yapıları.....	67
Şekil 5.6. Örneklerle ait SEM görüntüleri.....	67
Şekil 5.7. Alterasyona uğramış olan kayaların SiO ₂ ye karşı ana ve iz element değişimleri.....	69
Şekil 5.8. Örneklerin CT miktarının CaO'ya göre değişimi.....	70
Şekil 5.9. Örneklerin K ₂ O- Rb değişim grafiği.....	72
Şekil 5.10. Örneklerin TiO ₂ 'ye karşı HFSE elementlerinin değişim diyagramları.....	72

Şekil 5.11. Örneklerin NTE-Zr değişim grafiği.....	73
Şekil 5.12. Alterasyona uğramış olan örneklerin SiO ₂ 'ye karşı toplam alkali (Na ₂ O+K ₂ O) kayaç sınıflandırma diyagramı.....	74
Şekil 5.13. Alterasyona uğramış olan örneklerin Nb/Y'ye karşı Zr/TiO ₂ *0.0001 kayaç adlandırma diyagramı.....	74
Şekil 5.14. Alterasyona uğramış olan örneklerin Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları.....	75
Şekil 5.15. Alterasyona uğramış olan örneklerin ana oksitlerindeki kütle kayıp ve kazanç değişimleri.....	78
Şekil 5.16. Alterasyona uğramış olan örneklerin iz element ve NTE kütle kayıp ve kazanç değişimleri.....	78
Şekil 5.17. Çalışma alanı içerisinde yer alan Türkmenlik tepedeki fay ve zonlanmaları gösteren şematik kesiti.....	79
Şekil 5.18. Örneklerin TiO ₂ -Zr değişim grafiği.....	80
Şekil 5.19. Örneklerin Ce+Y+La – Ba+Sr değişim grafiği.....	81
Şekil 5.20. Kapadokya (Nevşehir) bölgesindeki kayaçların beyazlık derecesi ile Fe ₂ O ₃ ve Cu değerlerindeki değişim.....	82
Şekil 5.21. Engoplu duvar karoları üzerine sürülen sır malzemesinin pişirilmeden önceki görünümü.....	85
Şekil 5.22. Engoplu duvar karoları üzerine sürülen sır malzemesinin pişirildikten sonraki görünümü.....	86
Şekil 5.23. İkinci reçeteye göre sırlanan ürünlerinin 1142 °C pişirildikten sonraki görünümleri.....	86
Şekil 5.24. Darvor Kaoleni ve TT örneğinin çökme miktarları.....	88
Şekil 5.25. Şekillendirme işleminde tablet haline getirilemeyen TT örneği.....	88
Şekil 5.26. TT örneğine %20 Ukrayna kili karıştırılarak elde edilen tabletler.....	89

1. GİRİŞ

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Kapadokya (Nevşehir) ülkemizin en önemli doğal yapı taşı (duvar taşı) üretiminin yapıldığı bölgelerin başında gelmektedir. Yapı taşları, bölgedeki Erciyes ve Hasandağı volkanizmalarının ürünleri olan piroklastik ve ignimbritik kayalardan elde edilmektedir. Ancak bazı taş ocaklarında çıkarılan, özellikle beyaz ve krem renkli kayaların düşük dayanım özellikleri gösterdikleri ve yapı taşı olarak şekillendirme esnasında veya hemen sonrasında dağıldıkları görülmüştür (Şekil 1.1). Yapı taşı olarak herhangi bir değere sahip olmayan bu malzemenin dağılma nedenlerini araştırmak için yapılan ön çalışmalarda, bu kayalardan alınan örneklerin mineralojik ve kimyasal bileşimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarda, yapı taşı özelliklerine sahip olmayan ve çevreye atık olarak dökülen bu kayalarda büyük ölçüde killeşmenin varlığı tespit edilmiştir.



Şekil 1.1 Yapı taşı kullanımına uygun olmayıp bir kenara yığılan malzeme.

Ülkemizde Kapadokya'daki gibi killeşmiş tüfler ve benzeri volkanik kayalar birçok bölgede seramik ve çimento sektöründe endüstriyel hammadde olarak değerlendirilmektedir [1]. Örneğin Balıkesir-Sındırgı bölgesinde kısmen

kaolinitleşmiş riolititik ve dasitik kayalar ile Bursa Kemalpaşa bölgesinde ayrışma sonucu kısmen kaolinleşmiş andezitik-dasitik türden volkanik kayalar seramik sektöründe hammadde olarak yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu tez çalışması'nda, Nevşehir ili merkezi ve Avanos ilçesi güney batısında yüzlek veren beyaz, açık krem, gri ve kırmızı renkli tüflerde görülen killeşme mekanizmasının ortaya konulması ve mineralojik bileşimi yapı taşı üretimine uygun olmayan ve çevreye gelişigüzel bir şekilde dökülen bu doğal malzemenin çimento ve seramik sektöründe hammadde olarak değerlendirilip-değerlendirilmeyeceğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda ilksel bileşimini ayrışma veya alterasyon olayları sonucu önemli miktarda değişen tüflerin arazideki konum ve sınırları tespit edilerek sistematik olarak alınan 70 adet örnek üzerinde mineralojik ve jeokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Alınan örnekler mineralojik ve jeokimyasal açıdan incelenerek kaolinitleşmeye neden olan fiziko-kimyasal parametreler ortaya çıkarılmaya ve kaolinleşen bu doğal malzemenin endüstriyel hammadde olarak kullanılabilirliği belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrışma ürünlerinin endüstriyel hammadde özellikleri bakımından uygun çıkması ve değerlendirilmesi durumunda ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca bu kayaların çevreye rasgele dökülmesinden kaynaklanan çevre sorunları da kendiliğinden çözülmüş olacaktır.

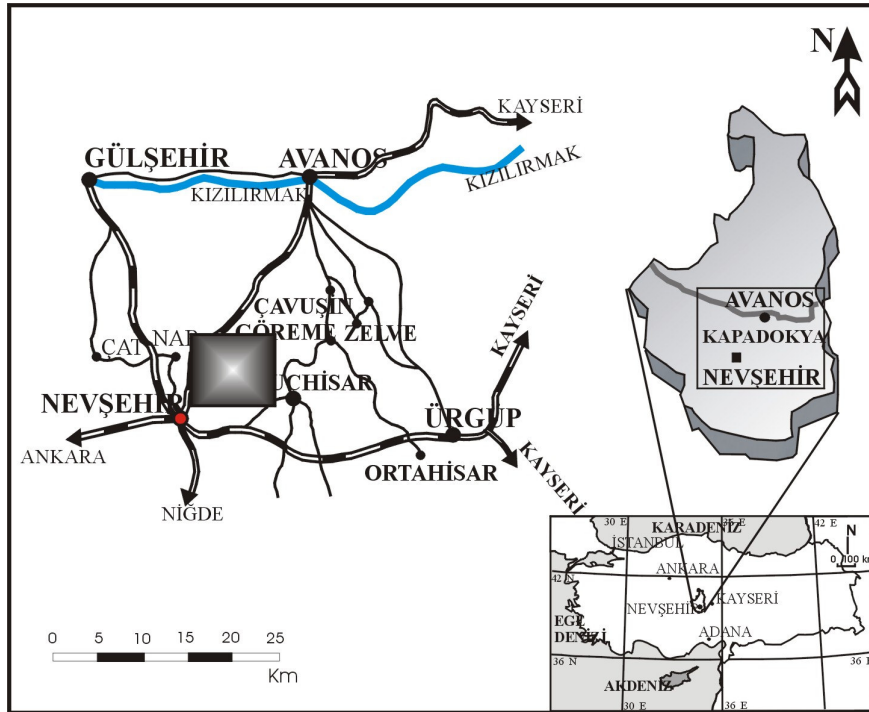
1.2. ÇALIŞMA ALANININ TANIMI

Çalışma alanını içeren Kapadokya bölgesi Orta Anadolu'da Nevşehir sınırları içerisinde, 1/25.000 ölçekli K33 c1 paftasında yer almakta olup, kuzeyde Avanos-Nevşehir karayolu, güneyde Üçhisar, doğuda Mahlaça Deresi batıda Nevşehir ile sınırlandırılmıştır (Şekil 1.2).

Kapadokya bölgesi; ülkemizin, doğa ve tarihin en güzel bütünleştiği yerlerinden birisidir. Jeolojik olaylar peribacalarını oluştururken, tarihi süreçte

insanlarda bu peri bacalarının içlerine ev, kilise vs. oymuş, bunları fresklerle süsleyerek, binlerce yıllık medeniyetlerin izlerini günümüze taşımıştır.

Çalışma alanında yer alan önemli yerleşim merkezleri Nevşehir ili ile bu ile bağlı Avanos, Zelve, Ürgüp ve Uçhisar oluşturmaktadır. Bölgenin hâkim yeryüzü şekilleri yayla özelliği taşımaktadır. Dağlar ve ovaların kapladığı alan nispeten azdır. Genellikle piroklastik kayaların yüzlek verdiği plato şeklindeki inceleme alanının belli başlı yükseltilerini; Göbekli Tepe, Çakmaklı Tepe, Türkmenlik Tepe, Taşkesti Tepe, Kılıçdağ, Çaltı Tepe ve Karadağ oluşturmaktadır. Bölgedeki en önemli akarsu çalışma alanını kuzeyden sınırlayan Kızılırmak Nehridir (1355 km). Bunun dışında yaz aylarında kuruyan Hırsız Dere, Kükürtlü Dere ve Kemerağıl Dere gibi daha küçük ölçekte drenaj sistemi gelişmiştir. Bölgede karasal bir iklim hüküm sürmekte olup, yöre halkı Kızılırmak vadisi üzerinde ve diğer dere alüvyonlarında sulu tarım, meyve ve sebzeçilik yaparak geçimini sağlamaktadır. Ayrıca son yıllarda gelişen turizm sektörü bölgede önemli bir geçim kaynağını oluşturmaktadır.



Şekil 1.2. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından Kapadokya bölgesinde genel jeoloji, mineraloji-petrografi, maden yatakları – jeokimya, volkanizma ve tektonik amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar aşağıda sunulmuştur

Lebkuchner [2], çalışmasında Kayseri ve Avanos-Ürgüp havalisi ile Boğazlıyan havalisinin Uzunyayla'ya kadar olan kesiminin jeolojisini incelemiştir.

Pisoni [3], Nevşehir, Avanos ve İncesu bölgeleri jeolojisi ve petrol imkânlarını araştırmıştır.

Bölgenin en kapsamlı çalışmasını gerçekleştiren Pasquere [4] bölgedeki kaya birimlerinin stratigrafik özellikleri ayrıntılı bir biçimde ortaya koymuş ve 1/25000 ölçeğinde haritalama çalışmasında bulunmuştur.

Innocenti ve diğ [5], Nevşehir çevresinde yüzlek veren ignimbritlerin, stratigrafik, jeokimyasal ve jeokronolojik özelliklerine yönelik çalışmalarında, bölge volkanizmasının kalk-alkalin karakterde olduğunu ve ana volkanik aktivitenin Orta-Geç Miyosen – Pliyosen döneminde meydana geldiğini ortaya çıkarmıştır.

Batum [6], Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeoloji ve petrografisini irdelemiştir.

Temel [7], Kapadokya da yer alan piroklastik kayaların stratigrafik konumunu, petrolojik ve jeokimyasal bileşimlerini ortaya koyarak bölgedeki volkaniklerin büyük bir ölçüde manto bileşimli bir magmanın fraksiyonel kristalleşmesi sonucu oluştukları bununla beraber eksplozif volkaniklerin oluşumunda kabuksal kirlenmenin de rol oynayabileceğini belirtmiştir.

Le Pennec et al. [8] Kapadokya bölgesinde daha önce yapılmış olan stratigrafik çalışmaları gözden geçirmiş ve birimlerin hacimlerini yeniden hesaplamıştır.

Aydar et al. [9], Orta Anadolu'da yer alan Kuvaterner yaşı magmatizma oluşumunda etkili olan süreçleri araştırmışlardır.

Temel ve Gündoğdu [10] Kapadokya bölgesinde akciğer zarı kanserine sebep olan Eriyonit mineralinin dağılımı ile gölsel çökellerde bulunan Zeolit oluşuklarının mineralojik özelliklerini incelemişlerdir.

Schumacher et al. [11], Akdağ-Zelve ignimbritine ait malzemenin çıkış merkezini Kaymaklı'nın kuzeydoğusunda yer aldığını ve toplam 50 metre kalınlığa ulaşan bu birimin beş ayrı stratigrafik seviyeden oluştuğunu belirlemişlerdir.

Topal ve Doyuran [12, 13], Bölgedeki tarihi eserlerin (mağara evler, kiliseler vs.) korunmasına yönelik olarak gerçekleştirdikleri araştırmalarında, Kapadokya tüflerinin jeolojik özelliklerine yönelik önemli veriler elde etmişlerdir. Tüflerin fiziko-kimyasal özelliklerini inceleyerek mühendislik parametrelerini ortaya koymuşlardır.

Dhont et al. [14], uydu ve DEM (Digital Elevation Models) görüntülerinden yararlanarak Orta Anadolu da yer alan volkanlar ile tektonik yapıların ilişkilerini incelemişlerdir.

Froger et al. [15], çok kaynaklı jeofiziksel verileri kullanarak, Nevşehir Acıgöl ile Derinkuyu olmak üzere iki kaldera kompleksinin varlığını saptamış ve özelliklerine yönelik veriler sunmuşlardır.

Kuzucuoğlu et al. [16], İç Anadoluda Kuvaterner yaşı sedimanter serilerde yer alan tefra tabakalarının özelliklerini ve yaşlarını tanımlamışlardır.

Kürkçüoğlu et al. [17], çalışmasında Erciyes volkanının alkalın ve kalkalkalin magmasının evrimini jeokimyasal yaklaşımlarla açıklamaya çalışmıştır.

Temel et al.[18], Orta Anadolu volkanik bölgesinde bulunan Kapadokya ignimbritlerinin petrolojik ve jeokimyasal özellikleri ile bölgenin tektonik evrimle olan ilişkisini ortaya koymuşlardır.

Toprak et al. [19], Kapadokya bölgesinde yer alan polijenetik ve monojenetik volkanik merkezlerin dağılımını ve volkan bacalarının yerleşimi ile sıralanmasında tektonizmanın olası etkisini araştırmıştır.

Daniel et al. [20], çalışmasında Hasandağı volkanına ait lavların mineralojik, izotopik ve jeokimyasal özelliklerine ait önemli veriler sunmuşlardır.

Pipper et al. [21], çalışmasında Orta Anadolu Volkanik bölgesindeki 11-1 milyon yıl yaşlı, yüksek potasyumlu kalkalkalin ignimbrit dizisinin paleotektonik dönemden neotektonik döneme kadar olan değişiminin temel özelliklerini ve paleomanyetik özelliklerini ortaya koymaya çalışmıştır.

Şen et al. [22], Erciyes stratovolkanının jeolojik evrimini ile Valibaba Tepe İgnimbritinin oluşumunu araştırmış ve Valibaba Tepe İgnimbritinin kaynağının Koç Dağ olduğunu ileri sürmüştür.

Le Pennec et al. [23], çalışmasında Kapadokya bölgesindeki ignimbritlerle ilgili yapılan paleontolojik, radyojenik, jeokimyasal ve paleomanyetik çalışmalardan yararlanarak, ignimbritik birimlerin stratigrafisini yeniden gözden geçirmiş ve ayrı birimler olarak tanımlanan Sofular ve Gördeles İgnimbritlerinin aynı birim olduğunu ileri sürmüştür.

Kapadokya da yapılan ve yukarıda özetlenmeye çalışılan tüm çalışmalar irdelendiğinde özellikle ayrışma ve hidrotermal alterasyon sonucu değişime uğrayarak açık renk kazanan ve Nevşehir-Avanos arasında çok geniş alanlarda yüzlek veren tüflerin mineralojik ve kimyasal bileşimiyle ilgili herhangi bir çalışmanın olmadığı görülmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen araştırmalar arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Örneklerin ana ve iz element içerikleri ICP-ES ve ICP-MS yöntemleri kullanılarak ACME (Kanada) laboratuvarlarında tespit edilmiştir. Mineralojik analizler için XRD (Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde) FTIR (Mersin Üniversitesi Kimya Bölümünde) yöntemleri kullanılmıştır. Örneklerin bileşiminde bulunan killerin morfolojik yapılarının ortaya konulması için SEM (Gebze İleri Teknoloji Enstitüsünde) analizleri yapılmıştır. Ayrıca hammadde özelliklerinin belirlenmesi için beyazlık derecesi çalışmaları (Kalekim Mersin) ve seramik testleri yapılmıştır (Yurtbay Seramik AŞ.)

2.1. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Orta Anadolu'da Nevşehir sınırları içerisinde, 1/25.000 ölçekli K33 C1 paftasında yaklaşık 20 km² kapsayan çalışma alanı kuzeyde Avanos-Nevşehir karayolu, güneyde Üçhisar, doğuda Mahlaça Deresi batıda Nevşehir ile sınırlanmıştır. Bu alanda Geç Miyosen yaşlı Ürgüp formasyonuna ait kayalar ve Kuvaterner oluşuklar geniş yayılımlar sunmaktadır. Bölgede arazi çalışmaları yapılarak toplam 70 adet örnek sistematik bir şekilde alınmıştır. Araziden alınan bu örnekler kırma-öğütme işlemleri ile analize hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan örnekler mineralojik, jeokimyasal analizler ve renk parametre çalışmaları için kullanılmıştır. Hammadde potansiyelinin araştırılmasına yönelik olarak renk indisi belirlenen kaolinitik tüflerden beyazlık derecesi % 80 büyük olan, beyaz-acık krem renkli kaolinitik tüflerden 500 ton (12 kamyon) malzeme alınarak Çimsa (Mersin) ve Adana Çimento da beyaz çimento üretimi için denenmiştir. Aynı şekilde bu malzemenin seramik sektöründe değerlendirilip-değerlendirilmeyeceğine yönelik testler için, 20 kg ağırlığında bir adet (TT-örneği) örnek hazırlanarak değişik testlere tabi tutulmuştur.

2.2. LABORATUAR ÇALIŞMALARI

Laboratuar çalışmaları aşağıda açıklanan aşamalarda gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Kırma ve Öğütme

Arazi çalışmaları esnasında bölgede yüzlek veren ve kaolinit içeren malzemeden, her birinin ağırlığı 1 kg olacak şekilde 70 adet örnek toplanmıştır. Bu örneklerin kırma işlemi Mersin Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarların da gerçekleştirilmiştir. Örneklerin ince toz haline getirilme işlemi için KROMSAN (Mersin) laboratuvarları kullanılmıştır.

2.2.2. Mineralojik Analizler

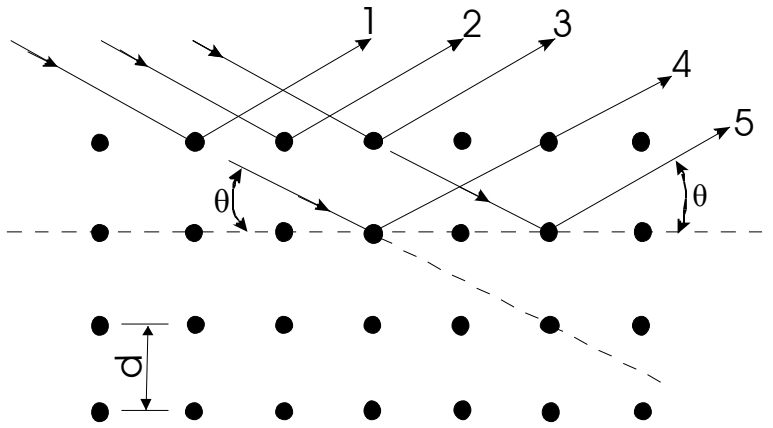
Araziden alınan kil numunelerinin XRD tüm kayaç ve kil fraksiyonu incelemeleri Hacettepe Üniversitesi jeoloji mühendisliği bölümünde yapılmıştır.

2.2.2.1. X-Işınlari difraksiyon yöntemi (XRD)

X – Işınlari, elektromanyetik spektrumun morötesi ile gamma ışınları arasında yer alan ve dalga boyu 0.5-2.5 Å arasında olan ışınlardır. Frekans hızları $10^{20} - 10^{16}$ Hz arasında değişmektedir. X ışınları difraksiyonunda en çok karşılaşılan ışınlar $K\alpha$ ve $K\beta$ ışınlarıdır. $K\alpha$ ışınları, elektronun L yörüngesinden K yörüngesine geçerken oluşturdukları ışınlar, $K\beta$ ışınları ise elektronun M yörüngesinden K yörüngesine geçmesi ile yayılan ışınlardır [24].

Bu yöntemle numuneleri oluşturan fazlar nicel olarak tespit edilebilmektedir. Bazı uygulamalarda, minerallere ait belirli açıdaki şiddetin konsantrasyona karşı kalibrasyonunun oluşturulması ile nitel analiz (kuvars, kalsit gibi) yapmak mümkün olmaktadır [24].

Doğada bulunan malzemelerden sadece katı olanlar ve kristal yapıya sahip olanlar X- ışınları difraksiyonu ile incelenebilmektedir. Bir kristal, aynı yapıdaki moleküllerin üç boyutta sonsuz tekrarlanması ile meydana gelir. Herhangi bir üç boyutlu kristalde atomlar düzlemler şeklinde düzenlenmiştir. Düzleme gelen ışın ile yansıyan ışın yönleri normale göre aynı açıda olur (gelen ışın açısı = yansıyan ışın açısı). Yansıyan ışınlar arasındaki faz farkının, ışın dalga boyunun tam katlarına karşılık geldiği açılarda ışınlar birbirini kuvvetlendirir (Şekil 2.1). Buna Bragg yasası denir ve $n\lambda = 2d \sin\theta$ eşitliği ile gösterilir.



Şekil 2.1. Numune üzerine çarpan X- ışınlarının geometrisini gösteren şekil.

n: tamsayı

λ : X ışını dalga boyu

d: düzlemler arasındaki boşluk

θ : yansıma açısı

Atomların üzerinde bulunduğu düzlemler, Miller indisleri ile tanımlanır (hkl). Hacim kafes ise abc gibi üç eksenle tanımlanır. Her bir düzlem bu eksenleri kesmek zorundadır. Abc eksenli bir düzlemin miller indislerini bulmak için abc eksenlerinin tersi alınır ve en küçük tamsayı ile çarpılır.

	3a	2b	2c
6*	1/3	1/2	1/2
	6/3	6/2	6/2

$$2 \quad 3 \quad 3 \quad (hkl) = (233)$$

Buna göre hkl düzlemleri arasındaki boşluk d (hkl) dir ve şu şekilde formüle edilir;

$$2 - d \text{ için} \quad d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2}}$$

$$3 - d \text{ için} \quad d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

Atomların yansıtma gücü, içerisindeki elektron sayısı ve pozisyonu ile orantılıdır. Difraksiyona uğrayan ışın genliği (şiddet, I) elektron sayısına ve atomların konumlarına göre hesaplanır.

Özetlenecek olursa;

- Bir kristal atomlardan oluşmaktadır.
- Atomlar X- ışınlarını soğurur ve yansıtırlar
- Atomlar latis düzlemi içerisinde bulunurlar
- Periyodik dizilen atomlar, X ışınlarını tanımlanmış yönde difraksiyona uğratır.
- Bu yön, hacim kafes düzlemleri arasındaki d boşluğu ile orantılıdır.

Her bir mineral için kristal yapı tek olduğundan dolayı difraksiyon modeli de tektir. Kristal yapıları belli olan maddelerin d ve I değerleri hesaplanır ve her bir yapı için listelenerek difraksiyon sonucunda elde edilen model ile karşılaştırılır. Bu yöntemle yapılan analizlerde de her mineralin kendine özgü bir piki vardır. Bazı minerallerin karakteristik pikleri şöyledir; Kaolinit: 7.17(1)A°, 1.49(0.9)A°, 3.58(0.8)A°, Alunit: 2.89(1)A°, 2.99(1)A°, 2.293(0.8)A°, Kuvars: 3.342(1)A°, 4.257(0.22)A°, 1.8179(0.14)A°, İllit: 4.43(1)A°, 2.56(0.85)A°, 3.66(0.4)A°, Dolomit: 2.883(1)A°, 1.785(0.6)A°, 2.191(0.5)A°, Jips: 7.63(1)A°, 4.28(1)A°, 3.07(0.8), Albit: 3.176(1)A°, 3.211(0.3)A°, 3.752(0.3)A°, Hematit: 2.69(1)A°, 1.69(0.6)A°,

2.51(0.5)A°, Kalsit: 3.03(1)A°, Mikroklin: 3.24(1) A°, Jarosit: 3.08(1) A°, Erionit 6.65 A°, Analsim: 3.42(1) A°.

XRD kil fraksiyonu çözümlenmeleri için örnekleri normal (N), Glikollü (G) ve fırınlanmış (H) difraktogramları çekilmiştir.

2.2.2.2. Fourier transform infrared yöntemi (FTIR)

Infrared ışıması (kırmızı Ötesi) elektromanyetik spektrumda görünür bölge ve mikro dalga arasında bulunan dalga boyu 0.8 – 500 μm (frekans 12500 – 20 cm^{-1}) olan bir ışımadır. Kırmızı ötesi ışınım dalga boyu baz alınarak üç bölgeye ayrılır. Bunlardan dalga boyu 0.8 – 2.5 μm (frekans 12500 – 400 cm^{-1}) arasında olan bölgeye yakın kırmızı ötesi, 2.5 – 25 μm (frekans 4000 – 400 cm^{-1}) kırmızı ötesi ve 25 – 500 μm (frekans 400 – 20 cm^{-1}) uzak kırmızı ötesi bölge olarak adlandırılır. Katı örneklerin analizlerinde genellikle dalga boyu 2.5 – 25 μm olan ışınım kullanılır.

Herhangi bir madde Infrared ışımaya maruz kaldığında bu enerjinin bir kısmı madde tarafından soğrulmaktadır. Absorbe edilen bu enerji o maddeyi oluşturan moleküllerin titreşimine neden olmaktadır. Soğrulan enerji miktarı ile incelenen maddenin bileşimi hakkında bilgi vermektedir. İnfrared yöntemiyle katı, sıvı ve gaz fazında bulunan maddeler incelenebilmektedir. Herhangi bir madde Infrared ışımaya maruz kaldığında bu enerjinin bir kısmı madde tarafından soğrulmaktadır. Absorbe edilen bu enerji o maddeyi oluşturan moleküllerin titreşimine neden olmaktadır. Soğrulan enerji miktarı ile incelenen maddenin derişimi ve ışınım yolunun uzunluğu arasında düzgün bir ilişki bulunmaktadır. Soğrulan enerji bantlarının yeri yani piklerin dalga boyu konumu incelenen maddenin bileşimi hakkında bilgi vermektedir.

Infrared yöntemiyle nitel analizler yapmak için günümüzde çok sayıda minerale ait Infrared spektrumlarını içeren kitaplar bulunmaktadır ve bu kitaplardaki abaklar kullanılarak spektrumların verdiği piklerin hangi minerallere ait olduğu bulunabilir. Jeolojik malzemenin bileşiminde Si-O, Al-OH, CO₂, SO₄ ve H₂O gibi

molekül grupları bulunur. Bu tür moleküller kızıl ötesi enerjiye maruz kaldıklarında titreşir ve çok özel bölgelerde piklerin ortaya çıkmasına neden olurlar. Örneğin Al-O-H titreşimleri 3700 ile 3500 cm^{-1} ortaya çıkarken, Si-O titreşimleri 1050 – 950 cm^{-1} arasında (silikat piki) ve CO_3 titreşimleri 1500–1400 cm^{-1} (karbonat piki) arasında görülürler [25]. IR yönteminde her mineralin belirli bir dalga boyutunda ortaya çıkan bir piki vardır ve o mineral için özeldir. Örneğin; Kaolinit:3696 cm^{-1} , İllit: 3620 cm^{-1} , Montmorillonit: 3627 ve 1630 cm^{-1} , kuvars: 798 ve 778 cm^{-1} , kalsit: 712 cm^{-1} , dolomit: 728 cm^{-1}

Bu çalışmada klasik KBr tablet yöntemi kullanılmıştır. Bunun için incelenen örnek toz haline getirilir, belirli oranlarda potasyum bromür (KBr) veya diğer tuzlarla karıştırılıp homojen hale getirilir ve daha sonra belirli bir basınç altında tablete dönüştürülerek analizi yapılır. Bir örneğin hazırlanması ve analizinin yapılması için gereken maksimum süre 30 dakikayı geçmemektedir.

2.2.2.3. Taramalı elektron mikroskobu

SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) incelemeleri Marmara Araştırma Merkezi Malzeme Bilimi Analiz laboratuvarlarında yapılmıştır. Bunun için örneklerden 1 cm^3 'luk parçalar koparılmış ve örneklerin doğal engebeli yüzeyleri altınla kaplanmıştır. Elektron mikroskobu incelemeleri yardımıyla kil minerallerinin morfolojisi, boyut ve birbirileri ile olan dokusal ilişkileri saptanarak kökensel yorumlar elde edilir.

2.2.3. Kimyasal Analizler

Kimyasal analizler için FTIR yöntemiyle mineralojisi belirlenen 70 örnekten 36 tanesi seçilerek iz ve nadir toprak element içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca çöktürme yöntemiyle zenginleştirilen 3 örnekteki kil miktarı hakkında bilgi edinmek için ana element bileşimi ile iz ve nadir toprak element içerikleri saptanmıştır. Bütün kimyasal analizler ACME (Vancouver-Kanada) laboratuvarların da örneklerin lityummetaborat/ lityumtetaborat ile eritilerek çözeltiye alınmış ve çözeltilerden

ICP-MS yöntemiyle nadir toprak element analizleri ve ICP-AES yöntemiyle ana ve iz element analizleri ücret karşılığı yapılmıştır.

2.2.4. Beyazlık Derecesini Belirleme Çalışmaları

Bu amaçla arazide toplanan ve toz haline getirilen beyaz ve acık krem renkli toplam 70 numunenin doğal ve 1050 °C'de 3 saat pişirilmiş ve desikatör de soğutulmuş beyazlık dereceleri KALEKİM (Mersin) firmasında C-054 data colour international aletiyle ölçülmüştür.

2.2.5. Seramik Testleri

Kapadokya bölgesi kaolinitik tüflerinin seramik sektöründe sır ve masse (bünye) yapımında kullanılıp kullanılmayacağını tespiti için Yurtbay Seramik A.Ş. laboratuvarları kullanılarak aşağıdaki testler yapılmıştır.

2.2.5.1. Sır yapımında kullanılacak kaoline uygulanan testler

Çekme Testi: Malzemenin sırda kullanılabilirliğini tespit etmek için 2 ayrı reçete uygulanmıştır. Öncelikle Çizelge 2.1'deki sır deneme reçetesi uygulanmıştır. Çizelge 2.2'de ise malzeme gerçek sır reçetesinde kullanılmıştır. Karşılaştırmada kullanılmak üzere Yurtbay Seramik AŞ. tarafından kullanılan Darvor kaoleni standart olarak alınmıştır.

Çizelge 2.1. Hammaddelerin Sır deneme reçetelerinde % bileşimi. (TT: Kapadokya kaolinitik tüf örneği; STPP: Sodyum-tripoli-fosfat)

REÇETE 1		
	S1	S2
Darvor Kaoleni	100 gr	---
TT	---	100 gr
STPP	0.10 gr	0.10 gr
SU	65 ml	65 ml

Çizelge 2.2. Hammaddelerin gerçek sır reçetelerinde % bileşimi. (STPP: Sodyum-tripoli-fosfat sırn akışkanlığı sağlamak ve viskoziteyi düşürmek için, CMC: Karboksimetilselüloz, bu bileşik ise sırda bağlayıcılığı sağlar).

REÇETE 2		
	SR1	SR2
Opak Frit	92 gr	92 gr
TT	8 gr	---
Darvor Koleni	---	8 gr
STPP	0,2 gr	0,2 gr
CMC	0,1 gr	0,1 gr
SU	32 ml	32 ml

Malzemeler reçetede belirtilen oranlarda değirmen kapları içine konularak birinci reçete 10 dakika ikinci reçete bir saat yaş olarak öğütülmüştür. Sulu kıvamda hazırlanan bu sırlar daldırma, püskürtme veya akıtma yöntemlerinden birisi kullanılarak astarlı ya da astarsız seramik ürünler üzerine uygulanmaktadır. Çekme öncesinde 63 µm'luk elekten geçirilen sırlar iki bisküvi arasına konulan işletme engoplu (astarlı) duvar karosu bisküvisi üzerine, sırn yüzeye yapışabilme yeteneğini ölçmek amacıyla Şekil 2.2'te görülen kalıplarla çekme yöntemi kullanarak uygulanır. Kalıbın bir kenarının alt kısmında bulunan 1mm'lik açıklık yardımı ile numune engoplu bisküvi üzerine yayılır (Kırılma ve hata olasılığı düşünülerek üç adet işletme engoplu duvar karosu bisküvisi kullanılmıştır). Son olarak üzerine sırlık malzeme sürülen duvar karosu bisküvilerinin duvar karosu pişirim fırınında (roller fırında) 1142 °C'de 33 dakika pişirildikten sonra renk ölçümleri yapılır.



Şekil 2.2. Çekme testinde kullanılan çekme kalıbı ve çekme işlemi.

Renk Ölçümü: Sır denemesi yapılan bisküvilerin yüzeylerinin renk ölçümleri Minolta CR-300 model renk ölçüm cihazı kullanılarak CIE-L* a* b* değerleriyle ölçülmüştür. L*: Açıklık (+) / Koyuluk (-); a*: Yeşillik (-) / Kıızılık (+); b*: Mavilik(-) / sarılık (+) renklerini ifade etmektedir.

Manyetiklik Testi: Kaplara yüzer gram numune ve üzerine bir miktar su eklenerek manyetik bir çubukla karıştırmak suretiyle numunelerin manyetik kirliliği gözle kıyaslanarak tespit edilmiştir.

Çökme Testi: Reçetede belirtilen oranlarda malzemeler değirmen kaplarına konularak bir saat değirmende öğütülür. Öğütme işleminden sonra hazırlanan örnekler piknometre kabına konularak tartılıp yoğunlukları eşitlenir. Aynı yoğunluğa sahip olan örneklerin çökme miktarları ölçmek için malzeme 100 ml'lik mezürlere konularak 24 saat bekleme bırakılır ve çökme miktarları ölçülür.

Çizelge2.3. Çökme testi reçetesinde hammaddelerin bileşimi.

RECETE		
	S1	S2
Darvor Kaoleni	100 gr	---
TT	---	100 gr
STPP	0.10 gr	0.10 gr
SU	65 ml	65 ml

2.2.5.2. Masse üretiminde kullanılacak kaoline uygulanan testler

Kapadokya kaolinitik tüflerin masse olarak kullanımını belirlemeye yönelik aşağıdaki testler uygulanmıştır.

Şekillendirme: Örnekler birer kg olacak şekilde tartılıp değirmen kaplarına 500 gr örnek artı 5 gr STPP eklenir. Üzerlerine katı/su oranına göre 65/35 olarak (500 gr kuru malzemeye 270 gr su) su eklenir ve elek bakiyesi 2 – 2,5 olacak şekilde 30 dakika değirmende yaş olarak öğütülür. Öğütülen malzemeler 63 µm'luk titreşimli elekten geçirilerek elek bakiyeleri kontrol edilip hazırlanan çamur tepsilere dökülüp 24 saat 150°C'de etüvde kurutulur (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Tepsilere dökülüp etüvde kurutulan malzeme

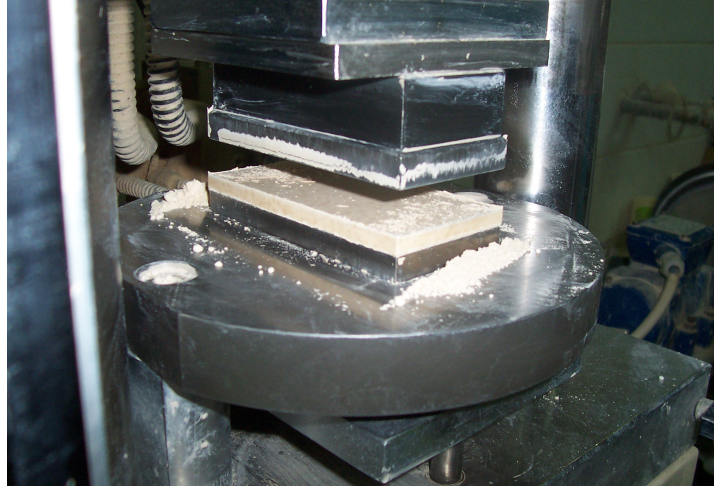
Karışımın tamamen homojenleşmesi için etüvde kurutulan malzeme çekiçle kırılıp değirmende tekrar öğütülür. Elde edilen toz örnekler malzeme kaplarına konularak tartılıp ve ağırlıklarının %10'u oranında rutubetlendirildikten sonra (Şekil 2.4) 120 bar basınç altında Gabbrielli SRL marka preste (Şekil 2.6) 110x55 mm ebatlarında tablet şekline getirilir (Şekil 2.6).



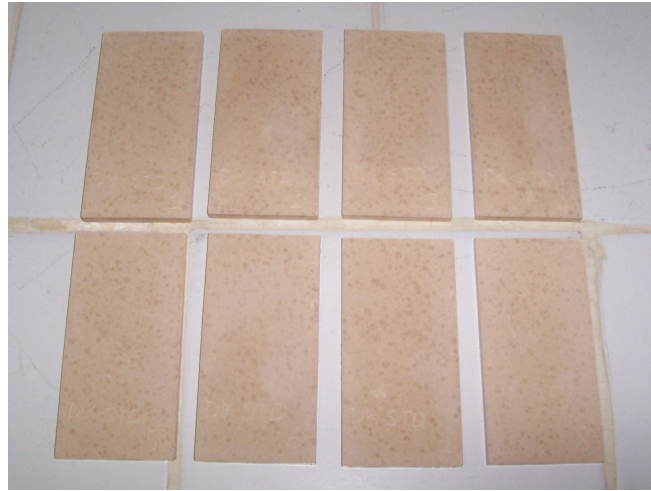
Şekil 2.4. Etüvde kurutulan malzemenin rutubetlendirilme işlemi.

Şekillendirme işleminde öncelikle 10 adet tablet hazırlanır.10 adet tablettten ikisi ham mukavemet için ayrılıp diğerleri 150°C'de 24 saat etüvde bekletilir.

Etüvden çıkarılan tabletlerin ikisi kuru mukavemet için ayrılıp diğer altı tanesinden ikisi duvar karosu pişirim fırınında kalan dördü yer karosu pişirim fırınında pişirilir.



Şekil 2.5. Rutubetlendirilen toz örneklerin presle şekillendirilmesi.



Şekil 2.6. Örneklerin presle şekillendirilmesi ile oluşturulan tabletler.

Küçülme (Çekme): Şekillendirme işlemi ile hazırlanan tabletlerde ham, kuru ve pişmiş ebatları ölçülerek çekmeleri (küçülme) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$\% \text{ küçülme}_{(\text{pişmiş})} = \frac{\text{Ham uzunluk} - \text{Pişmiş uzunluk}}{\text{Ham uzunluk}} \times 100$$

Mukavemet: Tabletlerin ham, kuru ve pişmiş mukavemetleri “üç noktalı eğme mukavemeti” testi ile test cihazına tabletlerin genişlik ve kalınlık değerleri girilerek ölçülür.

Eğme mukavemeti (δ) değerleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\delta = \frac{3P \times L}{2a^2 \times b}$$

δ : Mukavemet (Kg/cm^2), P: Yük (kg), L: Mesnet aralığı (cm), a: Tablet kalınlığı (cm), b: Tablet genişliği (cm)

Su emme: Pişen ürünün gözeneklerine aldığı su miktarı su emme olarak tanımlanmaktadır. Su emme yüzdelerinin ölçümü için pişmiş ve mukavemeti ölçülmüş tabletler kullanılır. Bunun için tabletler tartılıp ve 3 saat suda kaynatılıp, 24 saat suda bekletilir. Sudan çıkartıldıktan sonra kurutulup tartımı yapılan tabletler aşağıdaki formül kullanılarak % su emme değerleri hesaplanır.

$$\% \text{ su emme}_{(\text{pişmiş})} = \frac{\text{Yaş pişmiş ağırlık} - \text{Kuru pişmiş ağırlık}}{\text{Kuru pişmiş ağırlık}} \times 100$$

2.3. BÜRO ÇALIŞMALARI

Büro çalışmalarının ilk aşamasında proje alanında daha önceden yapılmış olan çalışmalar derlenmiş ve bu çalışmalar okunarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmalarda, bölgenin genel jeolojisi, stratigrafisi ve volkanizması ele alınarak incelenmiştir. Bölgede büyük alanlarda gözlenen kaolinleşmeyle yönelik bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Grafik çizim programı kullanılarak haritalar bilgisayar ortamında çizilmiştir. Analitik yöntemlerle elde edilen veriler çeşitli bilgisayar programları kullanılarak değerlendirilmiş ve grafiksel şekiller elde edilmiştir. Çalışmanın son aşamasında araziden alınan örneklerin mineralojik ve kimyasal analiz sonuçları ile malzemenin endüstriyel hammadde olarak kullanılabilirliğine yönelik yapılan çalışmalardan elde edilen veriler değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Yapılan çalışmaların tümü birleştirilerek elde edilen veriler ve sonuçlar tez kapsamında ortaya konulmuştur.

3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE STRATİGRAFİSİ

3.1.GİRİŞ

Kapadokya Bölgesi'ndeki Erciyes, Hasan dağı, Melendiz ve Güllü dağ jeolojik devirlerde aktif birer volkan durumundaydı. Volkanların püskürmeleri, Üst Miyosen'de (10 milyon yıl önce) başlayıp Holosen'e (günümüze) kadar sürmüştür. Neojen gölleri altındaki yanardağlardan çıkan lavlar, platoda göller ve akarsular üzerinde 100 – 150 m. kalınlığında, farklı sertlikte bir tuf tabakası meydana getirmiştir. Bu tabakanın yapısında tufün dışında, tüfit, ignimbrit tuf, lahar, volkan külü, kil, kumtaşı, marn, aglomera ve bazalt gibi jeolojik kayalar da bulunmaktadır.

Ana volkanlardan püsküren maddelerle şekillenen plato, şiddeti daha küçük volkanların püskürmeleriyle sürekli değişime uğramıştır. Üst Paleosen'den başlayarak, başta Kızılırmak olmak üzere akarsu ve göllerin bu tuf tabakasını aşındırmaları nedeniyle bölge bugünkü halini almıştır.

"Peribacası" diye adlandırılan oluşumlar, vadi yamaçlarından inen sel sularının ve rüzgârın, tüflerden oluşan yapıyı aşındırmasıyla ortaya çıkmıştır. Sel sularının dik yamaçlarda kendine yol bulması, sert kayaların çatlamasına ve kopmasına neden olmuştur. Alt kısımlarda bulunan ve daha kolay aşınan malzemenin derin bir şekilde oyulmasıyla yamaç gerilemiş, böylece üst kısımlarında bulunan şapka sayesinde aşınmadan korunan konik biçimli gövdeler ortaya çıkmıştır. Daha çok Ürgüp civarında bulunan şapkalı peribacaları, konik gövdelidir ve tepe bölümlerinde bir kaya bloğu yer almaktadır. Gövde tuf, tüfit ve volkan külünden ibaret bir kayaktan, şapka kısmı ise lahar ve ignimbrit gibi sert kayalardan oluşmaktadır. Yani şapka, gövdeye oranla daha dayanıklı bir kaya türüdür. Bu, peribacasının oluşumunun ilk şartıdır. Şapkadaki kayanın direncine bağlı olarak peribacaları uzun veya kısa ömürlü olabilmektedir.

Kapadokya'da erozyonun meydana getirdiği diğer peribacası tipleri ise, konili, mantar biçimli, sütunlu ve sivri peribacalarıdır. Peribacaları en yoğun biçimde Ürgüp- Uçhisar- Avanos üçgeni arasında kalan vadilerde ve Ürgüp-Şahinefendi arasındaki bölgede görülmektedir.

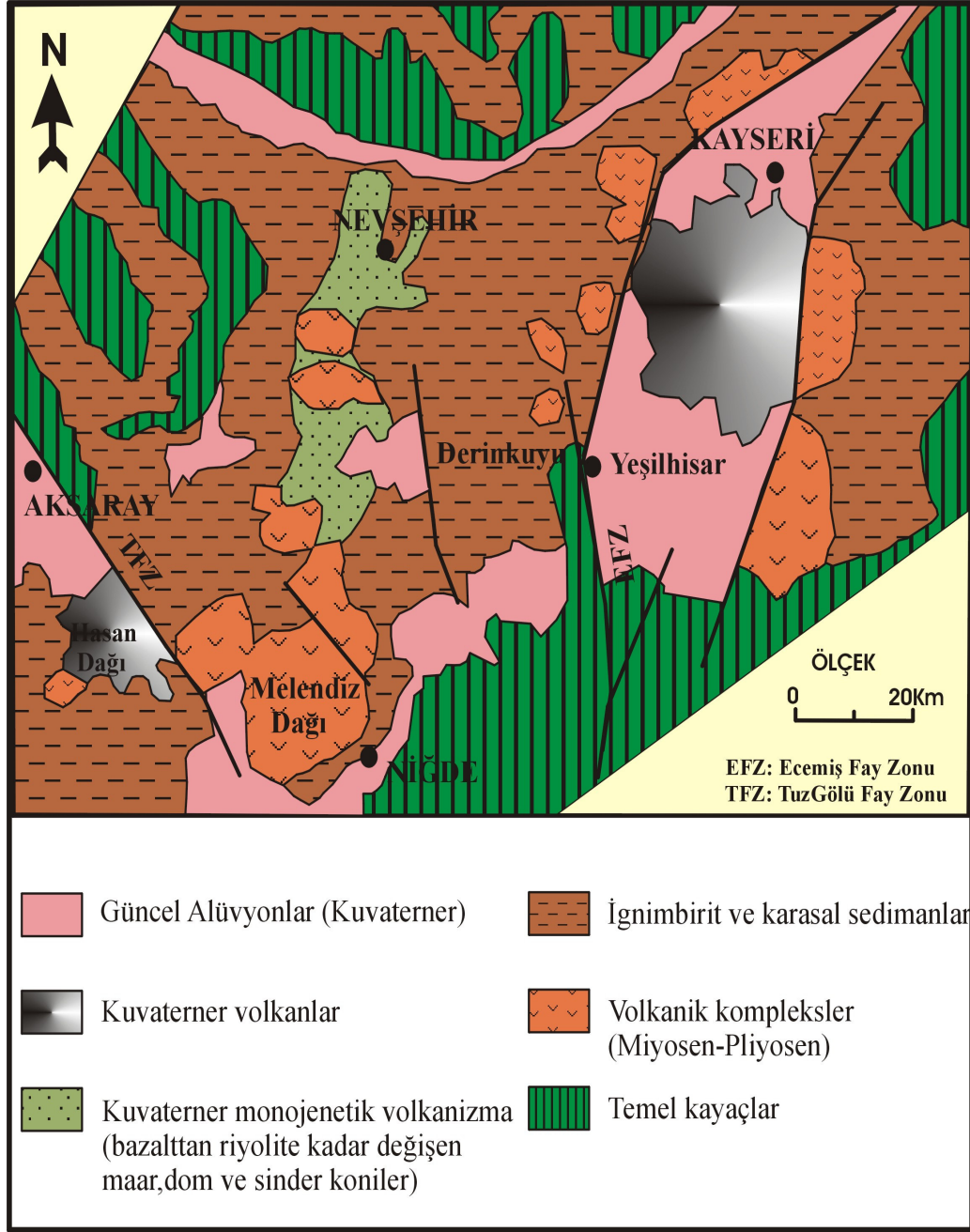
Deprem durumu açısından Nevşehir, 3. derecede tehlikeli deprem bölgesinde bulunmaktadır. Kırşehir ve Kayseri gibi bölgesel deprem sahalarının tesirinde kalabilir. Avanos, Özkonak, Göynük, Sarılar, Hacıbektaş, Kozaklı, Karahasanlı, Ürgüp, Aksalur, Mustafapaşa, Ortahisar yerleşim yerleri ise 3. derecede tehlikeli deprem bölgesindedir.

3.2. STRATİGRAFI

Jeodinamik modellemelere göre, Anadolu Neotektoniği, Afrika ve Avrasya plakalarının çarpışması sonucu gelişmiştir. Türkiye'deki yaygın volkanizma oluşumları Miyosen ve Kuvaterner zamanı arasındadır. Kırşehir Masifi, Toroslar, Tuz Gölü ve Sultan Sazlığı Havzası arasında Nevşehir Platosu üzerinde yayılmış olan Kapadokya volkanikleri Geç Miyosen ve Kuvaterner yaşlıdır [5]. Plato üzerindeki ignimbritlerin kapladığı alan 20000 km², toplam hacmi ise 870 km³'ten fazladır [15].

Çalışma alanı ve yakın çevresinde, Geç Kretase öncesi magmatik kayalar, Geç Miyosen-Pliyosen döneminde çökelmiş tortul kayalar ve Geç Miyosen-Pliyosen-Kuvaterner dönemlerini kapsayan zaman aralığında oluşmuş volkano tortullar (tüf, tüfit, ignimbrit) geniş alanlarda yüzlek verirler. Bu çalışmada bölgenin jeolojik haritası, Pasquare [4] ve Temel [7] çalışmaları baz alınarak hazırlanmıştır (Şekil 3.1). Bölgede yüzlek veren birimler stratigrafik konumlarına göre aşağıda anlatılmaktadır.

Temel [7]'e göre bölgede yüzlek veren birimler: Temel kayalar, Yeşilhisar Formasyonu, Ürgüp Formasyonu ve Kuvaterner oluşukları olmak üzere dört litostratigrafik birime ayrılmıştır. Ürgüp Formasyonu da kendi içinde, Kavak İgnimbriti, Zelve İgnimbriti, Sarımaden Tepe İgnimbriti, Damsa Lavı, Cemilköy İgnimbriti, Tahar İgnimbriti, Gördeles İgnimbriti, Topuz Dağı Lavı, Kızılkaya İgnimbriti, Kışladağ Kireçtaşı, Valibaba Tepe İgnimbriti olmak üzere toplam 11 birime ayrılmıştır (Şekil 3.2). İgnimbritik birimler ve lavlar, gölsel özellikteki killi karbonatlı birimlerle arakatlı olarak bulunmaktadır [10, 18].



Şekil 3.1. Kapadokya (Nevşehir) Bölgesinin jeolojik haritası (Pasquare [4]; Le Pennec et.al., [8]; Temel [18]'den değiştirilerek).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK(m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
SENOZOYİK	KUVATERNER			KUVATERNER OLUŞUKLARI			Güncel Alüvyonlar	
				TERSİYER	MİYOSEN	ÜR G Ü P	VALİBABA TEPE	5-15
	KIŞLADAĞ KRÇ.	5-60					Kireçtaşı	
	KIZILKAYA	4-60					İgnimbrit	
	TOPUZDAĞ	60-70					Lav akıntısı	
	GÖRDELES	4-20					İgnimbrit, tabanda döküntü çökelleri	
	TAHAR	4-80					İgnimbrit	
	CEMİLKÖY	10-110					İgnimbrit	
	DAMSA	12-100					Lav akıntısı	
	SARIMADENTEPE	4-15					İgnimbrit, tabanda döküntü çökelleri	
	ZELVE	...-60					İgnimbrit, tabanda döküntü çökelleri	
	KAVAK	10-150					İgnimbrit	
	YEŞİLHİSAR	...-80					Gösel çökeller	
	MİYOSEN ÖNCESİ				TEMEL KAYAÇLAR			Granit, granadiyorit, siyenit, monzonit
						Gabro, proksenit		

Şekil 3.2. Kapadokya (Nevşehir) Bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik istifi (Temel, [18] ve Le Pennec et.al., [23]'ten değiştirilerek).

3.2.1. Temel Kayaçlar

Bu kayaçlar, plütonik ve ofiyolitik kayaçlar ile temsil edilmektedir. Geç Kretase öncesi bir yaşa sahip olan bu kayaçların [26, 27, 28] üst sınırı Neojen yaşlı Ürgüp Formasyonu ile uyumsuzdur [7].

3.2.2. Yeşilhisar Formasyonu

Birim ilk defa Pasquare [4] tarafından adlandırılmış olup, kalınlığı 80 metredir. Çalışma bölgesinin batı kısmında yüzlek veren birimin alt kesimleri, iyi yuvarlaklaşmış granit, kuvarsit, çört, mermer, nummulitik kireçtaşı ve ofiyolitik kayaç çakılları içeren, konglomeralardan oluşmaktadır. Birimin üst kesimlerinde kuvarşa zengin, gevşek çimentolu kumtaşları yer almaktadır [7]. Birimin üst sınırı, Ürgüp Formasyonunun göl çökelleri ile uyumsuzdur.

3.2.3. Ürgüp Formasyonu

İgnimbritik birimler ilk olarak Pasquare [4] tarafından birimlerin üzerindeki yerleşim yerleri ve tepe isimlerine göre adlandırılmıştır. Temel [7]'e göre Formasyon Alt miyosen yaşlı Yeşilhisar Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Ürgüp formasyonu akarsu ve gölsel ortam çökelleri olan killi, karbonatlı birimler ile volkanitlerin ardalanmasından oluşmuştur. Geç Miyosen –Pliyosen yaş aralığında oluşmuş toplam 11 üyeye ayrılmıştır. Bunlar yaşlıdan gence doğru sırasıyla Kavak İgnimbriti, Zelve İgnimbriti, Sarımaden Tepe İgnimbriti, Damsa lavı, Cemilköy İgnimbriti, Tahar İgnimbriti, Gördeles İgnimbriti, Topuz dağı lavı, Kızılkaya İgnimbriti, Kışladağ kireçtaşı, Valibaba Tepe İgnimbriti [7, 8].

3.2.3.1. Kavak İgnimbriti

Erozyon sonucu tipik peribacaları şeklinde görülen bu birim ilk ignimbritik aktiviteyi temsil etmekte olup kalınlığı 10–150 m arasında değişmektedir [7]. Birim 2600 km²'lik bir alana ve 80 km³'lük bir hacme sahiptir [8]. Birkaç piroklastik

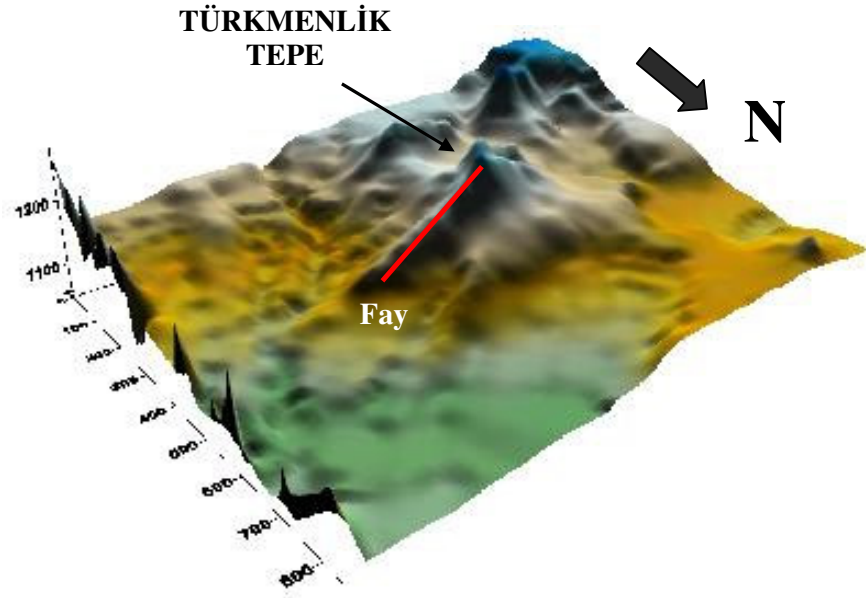
akıntıdan oluşmakta olan bu birim riyolitik-dasitik bir bileşime sahiptir. Bazı kısımlarında killeşmiş feldispat mineralleri, biyotitler ve gözenekli pumis parçaları tespit edilen bu birim çalışma alanında en büyük yayılımı göstermekte olup yoğun bir şekilde kaolinleşmeye uğramıştır. Yüzeysel ve hidrotermal ayrışma sonucu beyaz, açık krem, kirli beyaz, gri, pembe ve mor-kırmızı gibi değişik renklere bürünmüş olan bu kayaçlar aynı zamanda bölgede yapı taşı olarak değerlendirilmektedirler (Şekil 3.3). Kaolinleşme ile beraber kayaçların bir kısmında silisleşme görülmektedir. Arazide bu tür silisleşmenin olduğu kısımlar morfolojik olarak genellikle yükselti şeklinde ortaya çıkmaktadırlar. K/Ar yaş tayinine göre yaşı 8.6-11.2 milyon yıldır [5, 7]. Le Pennec et al. [8]'e göre bu ignimbritin olası kaynağı Nevşehir Derinkuyu arasında yer almaktadır. Çalışma kapsamında araziden alınan örnekler bu birime aittir.



Şekil 3.3. Bölgede yapıtaşı üretimi yapılan bir taş ocağı.

Kavak İgnimbriti: Nevşehir ilinin yaklaşık 4 km doğu-kuzeydoğusunda ortaya çıkan bu oluşumlar tabanda kırmızı renkli ayrışmış tüflerle başlayıp üste doğru silis içeriği yüksek beyaz, krem, sarı renkli alterasyon ürünleriyle temsil edilmektedir. Türkmenlik Tepe'de KD-GB yönelimli doğrultu atımlı belirgin bir fay saptanmıştır (Şekil 3.4). Bu fay ve bu fayla beraber ortaya çıkan kırık ve çatlaklarda

hareket eden sınırların etkisiyle tüfleri oluşturan hamur ve feldspatların ayrışarak kaolinleşmesi ve bu olay sonucu ortaya çıkan eriyik halindeki silisin ise belirli zonlarda birikmesi ile küçük ölçekli tepeciklerin oluşturduğu gözlenmektedir. Türkmenlik Tepede bulunan faya paralel, farklı bileşimde zonların varlığı tespit edilmiştir. Bölgedeki kaolin oluşumlarında tabandan tavana doğru taşınma ve depolanma izlerine rastlanılmaması, tüflerin buldukları yerde (insitu) ayrıştıklarına işaret etmektedir.



Şekil 3.4. Türkmenlik Tepe ve yakın çevresinin morfolojik görüntüsü.

3.2.3.2. Zelve İğnimbriti

Pasquare [4]'e göre Tahar İğnimbriti'nin bir parçası kabul edilen Zelve İğnimbriti, Zelve ilçesi civarında ortaya çıktığı için Le Pennec et al. [8] tarafından adlandırılmış ve Tahar İğnimbritinden daha yaşlı olduğu belirlenmiştir [23]. Zelve İğnimbritinin tabanında, 5–12 m kalınlığına sahip pliniyen döküntü seviyesi bulunmakta olup, bu seviye ile Kavak üyesinden kolaylıkla ayırt edilmektedir. Zelve İğnimbritinin yaklaşık kalınlığı 60m'dir [8,18]. Bu ignimbitik oluşum kayaç parçalarınınca zengindir ve birimin pomzaları ters derecelenme göstermektedir. Zelve üyesinin altındaki ve üstündeki birimlere bakılarak Geç Miyosen yaşı verilmiştir.

3.2.3.3. Sarımaden Tepe İgnimbriti

Birim ilk defa Pasquare [4] tarafından adlandırılmıştır. Birimin hacmi 80 km^3 ve alanı ise 3900 km^2 'dir [8]. Tek bir piroklastik akıntıdan oluşan birimin tabanında döküntü çökelleri yer almakta ve onun üstünde gri renkli kaynaklanmış ignimbrit seviyesi bulunmaktadır. Üst bölümde de bozulmuş döküntü oluşukları yer almaktadır [7, 8]. Innocenti et al. [5], tarafından biyotitler üzerinde K-Ar yöntemiyle yapılan yaş tayininde 8.0, 8.2, 8.5 milyon yıllık yaşlar bulunmuştur. Birimin kalınlığı 4-15 m arasında değişmektedir [7, 8].

3.2.3.4. Damsa Lavı

Topuz dağı güneyinde ve Damsa Çayı arasında mostra veren bu lav akıntısı, volkanosedimanter oluşumlar arasında depolanmıştır. Kalınlığı 12–100 m arasında değişmektedir. K/Ar yöntemiyle yapılan taş tayininde yaşı 8.2 milyon yıl olarak bulunmuştur [7].

3.2.3.5. Cemilköy İgnimbriti

Birim ilk defa Pasquare [4] tarafından adlandırılmıştır. Birimin hacmi 300 km^3 ve alanı 8600 km^2 'dir [7, 8, 18]. Cemilköy ignimbriti tek bir piroklastik akıntıdan oluşan kaynaklanmamış bir birimdir. Kalınlığı 10-110 m arasında değişmektedir [7, 8]. Birimin olası yaş 7.6-8.4 milyon yıldır [23].

3.2.3.6. Tahar İgnimbriti

Pembe, kırmızı, beyazımsı-sarı gibi değişik renklere görünen bu birim ilk kez Pasquare [4] tarafında adlandırılmıştır. Pomza ve lav parçalarından oluşan bu birim değişik bileşimli orta-kalın tabakalı tüfitlerden oluşmaktadır. Çalışma alanının kuzey kısmında dar bir alanda yayılım gösteren tüfitlerde de kısmen kaolinleşme görülmektedir.

3.2.3.7. Gördeles İgnimbriti

İlk defa Pasqare [4] tarafından adlandırılan birimin kapladığı alan 3600 km^2 ve hacmi 110 km^3 'tür [8, 23] tarafından yapılan çalışmada Sofular İgnimbritinin, Gördeles İgnimbritinin bir parçası olduğu ileri sürülmüştür. Tek bir piroklastik akıntıdan oluşan birimin kalınlığı 4-20 m arasında değişmektedir [8]. Birimin yaşı Innocenti et al. [5] tarafından 6.8-7.8 milyon yıl olarak belirlenmiştir.

3.2.3.8. Topuz Dağı Lavı

Bu birim, Topuz Dağı'nda yüzlek vermektedir ve yaklaşık olarak 9 km'lik bir uzunluğa sahiptir [7]. Birimin kalınlığı 50–70 m arasında değişmektedir [4]. Birim siyah renkli, sert ve kompakt bir yapıya sahip olup, yaşı 7 milyon yıl olarak belirlenmiştir [7].

3.2.3.9. Kızılkaya İgnimbriti

Kapadokya bölgesinde, 10600 km^2 'lik bir alanı kapsayan ve 180 km^3 'lük bir hacme sahip olan Kızılkaya İgnimbritinin en iyi gözleendiği yerler Kızılkaya köyü ile Soğanlı ve Ihlara Vadileridir [8]. Birimin kalınlığı 4–60 m arasında değişmektedir. Bazı bölgelerde, birimin tabanında, 20 cm ye ulaşan kalınlıkta bir pliniyen döküntü seviyesi bulunmaktadır. Farklı iki akıntıdan oluşan bu birim genellikle sütunsal bir yapı gösterir [7, 8]. Kızılkaya İgnimbritinin yaşı 4.4- 5.4 milyon yıl arasında değişmektedir [5].

3.2.3.10. Kışladağ Kireçtaşı

Ürgüp formasyonunun üst düzeylerini oluşturan bu birimin kalınlığı 5-60 m arasında değişmektedir. Birim genel olarak kireçtaşından oluşmaktadır [7]. Konumları yataya yakın olan birim gri bej ve beyaz renkli, ilksel gözenekli yer yer silis nodül ve bantlı olup oldukça sert ve sıkıdır [7].

3.2.3.11. Valibaba Tepe İgnimbriti

Bu birim Nevşehir platosunun doğusunda mostra vermektedir. Le Pennec et al. [8]'e göre birimin alanı 5200 km²'den daha fazla ve hacmi yaklaşık 100 km³'tür. Valibaba Tepe İgnimbrit akıntısı genelde siyah renkli, kuvvetli kaynaklanma gösteren ve kalınlığı 5-15 m arasında değişen bir akıntı birimidir [4]. Innocenti et al. [5] tarafından birimin yaşı 2.7- 3 milyon yıl olarak belirlenmiştir..

3.2.4. Kuvaterner Oluşukları

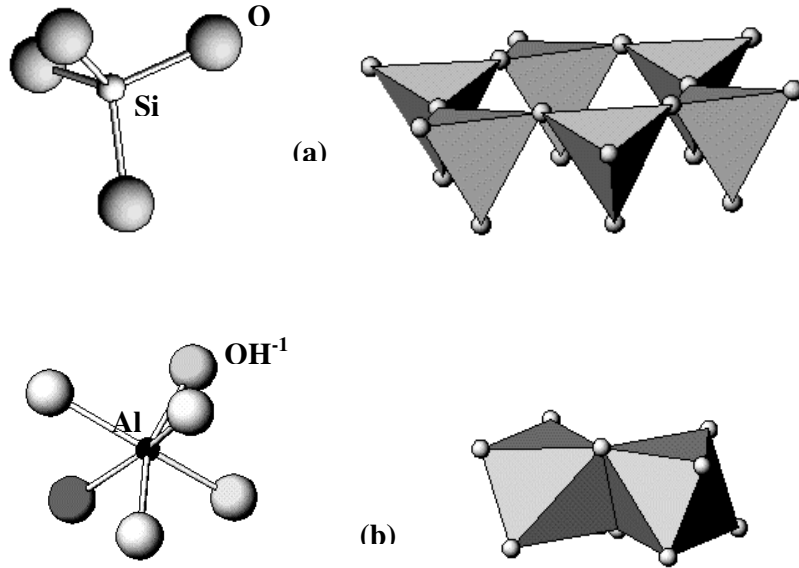
Kuvaterner çalışma sahasında diğer bütün serilerin üzerinde görülen volkan külleri, traverten, eski alüvyon (taraçalar) ve yeni alüvyonlarla temsil edilmektedir. Volkan külleri süngertaşı, lapili ve ince volkanik kayaç parçalarından oluşurlar. Bölgede hışır taşı olarak adlandırılan pomzalar biriket yapımında kullanılırlar. Yeraltı sularının aktivitesi sonucu oluşan CaCO₃ bileşimli travertenler çalışma alanında Kemerağıl Dere, Sarı Dere ve Kotarın Tepe'de görülmektedirler. Bölgede Hacıbektaş taşı olarak isimlendirilen bu kayaçlar beyaz, kirli beyaz ve pembe renkli olup süs eşyası yapımında kullanılırlar. Eski alüvyonlar(taraçalar) Kızılırmak boyunca birkaç yükselti (Taraça) şeklinde ortaya çıkarlar. Kalınlıkları 1-2 metre arasında değişen bu nehir birikintilerin çakılları değişik boyutlarda olup, oldukça yuvarlanmış bazalt, andesit, granodiyorit, kuvarsit, silt taşı ve kil taşından oluşurlar

4. EKONOMİK JEOLJİ

4.1. KİL MİNERALLERİ

Killer kırıntılı tortul kayaç grubu içinde yer alan 2 µm daha küçük tane boyuna sahip, tabakalı yapı gösteren, bileşiminde genellikle Al, Si, O ve OH bulunduran sulu alüminyum silikat minerallerdir.

Kil mineralleri Tetraeder (T) ve Oktaeder (O) tabakalarından oluşur (Şekil 4.1). Tetraedrik tabakanın merkezinde Si atomu bulunmakta olup 4 tane oksijen atomu bu Si atomuna bağlanmış (SiO_4) şekilde yer alırlar. Merkezde Si atomunun yerini genellikle Al atomu nadiren de olsa Fe^{+3} iyonu almaktadır. İkinci Oktaedrik tabakanın merkezinde ise Al atomu bulunmakta olup 6 tane OH^{-1} (Hidroksil) iyonu tarafında sarılmış olarak bulunur $\text{Al}(\text{OH})_6$. Bu tabakada merkezdeki Al atomunun yerine genellikle Mg^{+2} , Fe^{+2} , daha az oranlarda da Fe^{+3} , Ti, Ni, Zn, Cr, ve Mn almaktadır. Bu tabakaların bir araya gelerek oluşturdukları birliğe tabaka birimi adı verilir. Tetraedrik (T) ve Oktaedrik (O) tabakaların birbirine bağlanmaları ise Oktaedrik tabakalarda ki (OH⁻) iyonlarının H⁺ hidrolik bağlarıyla gerçekleşir.



Şekil 4.1. Kil minerallerinin yapısı; a-Tetrahedral yapı, b- Oktaedrik yapı.

Kil terimi kökeni belirtmez. Terim hem hidrotermal faaliyetin sebep olduğu bozuşma ürünleri için, hem de sedimentasyon yoluyla çökelmiş taneler için geçerli bir kavram olarak sayılmakta olup, bu tür küçük parçacıklar özelliklerine göre de çeşitli sınıflara ayrılırlar. Bu özelliklerin başında kristal yapıları gelmektedir. Kristal yapılarına göre killerin sınıflama Çizelgesi aşağıdadır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Killerin kristal yapılarına göre sınıflandırması.

TABAKA	GRUP	CİNS
2 Tabakalı olanlar	Kaolinit Grubu	Kaolinit, Dikit Halloysit
3 Tabakalı olanlar	Simektit Grubu İllit Grubu Vermikülit Grubu	Montmorillonit, Nontronit, Saponit Beidellit, Hektorit İllit, Glaukonit Vermikülit
4 Tabakalı olanlar	Klorit Grubu	Klorit, Sudoit, Donbasit , Repidolit, Penin, Şamozit, Trungit ve Kokittir
Kanal Yapısı olanlar	Sepiyolit Grubu	Sepiyolit Atapulgit Paligorskit

4.1.1. İki Tabakalı Killer (T-O; 1:1; 7 A⁰)

Bu killerin tabaka yapısı T-O şeklinde olup ara katmanları genellikle çok küçüktür. Bu özelliklerinden dolayı suyla temaslarında şişme veya büzülme göstermezler. Bu killerin tabaka birimlerinin kalınlığı 7 A⁰ olduğunda bunlara aynı zamanda 7 A⁰ killeri olarak tanımlanırlar. Bu grubun en önemli mineralleri Kaolinit grubuna ait Kaolinit, Dikit, Narkit, Halloysit ve Serpantin grubuna ait Antigorit, Krizotil ve Lizardittir (Asbest mineralleri). Bu killerden kaolen grubundaki mineraller (SiO₂)(Al, Fe⁺³)₂ (OH)₄ seramik sanayinin en önemli hammaddesini oluşturmaktadırlar.

4.1.2. Üç Tabakalı Killer (T-O-T; 2:1; 10 Å⁰)

Üç tabakalı killer bir oktahedron ve iki tetrahedron tabakalarının bir araya gelmesiyle oluşurlar ve kendi içinde şişen ve şişmeyen olarak iki grupta toplanırlar. Bu killerin ara katmanları iki tabakalı (T-O yapısındaki) killere göre daha büyük kalınlıktadır. Şişmeyen killerin önemli bir kısmında ara katmanların tümü veya büyük bir kısmı K⁺ elementi tarafında doldurulmuş olup, tabaka birimlerinin birbirine sıkı bir şekilde bağlanması sağlanmıştır. Bundan dolayı bu tür killerin sıvılarla ilişkilerinde şişme veya sıvının ortamdaki uzaklaşmasıyla büzülme görülmez. Bu grubun en önemli kil minerali Profillit, İllit, Talk ve Glaukonit'tir. Ayrıca Muskovit ve Biyotit benzer tabakalı yapı ve şişmeme özelliklerinden dolayı bu grup içinde yer alırlar. Bu grupta yer alan minerallerin tabaka birimlerinin kalınlıkları 9–10 Å⁰ değişir.

Şişen killerdeki ara katman şişmeyen killere göre daha geniş olup genellikle su veya çevresi su molekülleriyle sarılmış Mg, Na, Ca, Fe katyonları içerir. Bu killerde tabaka birimlerinin kalınlıkları değişken olup >10 Å⁰ daha büyüktür ve diğer killere göre iç ara yüzeye sahiptirler. Bu tür killerin en önemli mineralleri Smektit grubundaki Montmorillonit (Mg), Beidellit (Al), Nontronit (Fe), Volkonskoit (Cr), Saponit (Mg), Hektorit (Li), ve Sakonittir (Zn). Ayrıca Vermikulite şişme özelliği ve üç tabakalı yapı gösteren bu grubun diğer önemli bir mineralidir.

4.1.3. Dört Tabakalı Killer (T-O-T-O; Å⁰)

Tabaka yapısı T-O-T-O-ara Katman-T-O-T-O şeklinde olup, şişme veya büzülme özellikleri göstermezler. Bu killerin tabaka birimlerinin kalınlıkları 14 Å⁰ dolayındadır. Dört tabakalı killerin en önemli mineralleri Klorit grubu içinde yer alan Klorit, Sudoit, Donbasit, Repidolit, Penin, Şamozit, Trungit ve Kokittir. Bu killerin önemli kullanım alanları yoktur, ancak illit türü killerle beraber bulduklarında tuğla ve kiremit yapımında kullanılırlar.

4.1.4. Bantlı (Kanal Yapılı) Kil Mineralleri

Yapraksı görünümündeki tabakalı kil minerallere karşılık bu killerde tetraedrik ve oktaedrik kanallar oluşturacak şekilde birbirine bağlanırlar. Bu kanalların genişliği ortalama 35 \AA dur ve genellikle suyla doludur. Kanallardaki suyun uzaklaşmasıyla bu minerallerde de şişen killere benzer özellikler ortaya çıkar ve bundan dolayı benzer kullanım alanlarına sahiptirler. Bantlı (kanal) yapı gösteren kil mineralleri en önemlileri Palygorskit (Atapuljit) ve Sepiyolittir(Lületaşı).

4.1.5. Önemli kil mineralleri

Önemli kil mineralleri ve kimyasal Bileşimleri aşağıda verilmiştir.

Kaolinit Grubu

1- Kaolinit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
2- Halloysit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
3- Dikit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
4- Nakrit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

Smektit Grubu

1- Montmorillonit	$\text{Na}_{0,2}\text{Ca}_{0,1}\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_{10}$
2- Nontronit	$\text{Na}_{0,3}\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$
3- Saponit	$\text{Ca}_{0,1}\text{Na}_{0,1}\text{Mg}_{2,25}\text{Fe}^{2+}_{0,75}\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$
4- Beidellit	$\text{Na}_{0,5}\text{Al}_{2,5}\text{Si}_{3,5}\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})$
5- Hektorit	$\text{Na}_{0,4}\text{Mg}_{2,7}\text{Li}_{0,3}\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

İllit Grubu

İllit	$\text{K}_{0,6}(\text{H}_3\text{O})_{0,4}\text{Al}_{1,3}\text{Mg}_{0,3}\text{Fe}^{2+}_{0,1}\text{Si}_{3,5}\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})$
-------	--

Klorit Grubu

1- Klorit	$\text{Mg}_5(\text{Al,Fe})(\text{OH})_8(\text{SAl})_4\text{O}_{10}$
2- Sudoit	$\text{Mg}_{1,9}\text{Fe}^{2+}_{0,1}\text{Al}_{2,9}\text{Fe}^{3+}_{0,2}\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_{7,9}$
3- Donbasit	$\text{Al}_{5,3}\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
4- Şamozit	$\text{Fe}^{2+}_3\text{Mg}_{1,5}\text{AlFe}^{3+}_{0,5}\text{Si}_3\text{AlO}_{12}(\text{OH})_6$
5- Kokit	$\text{LiAl}_5\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$

Kanal Yapılı Killer

1- Atapulgit	$\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
2- Sepiyolit	$\text{Mg}_4\text{Si}_6\text{O}_{15} \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$
3- Allofan	$\text{Al} + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

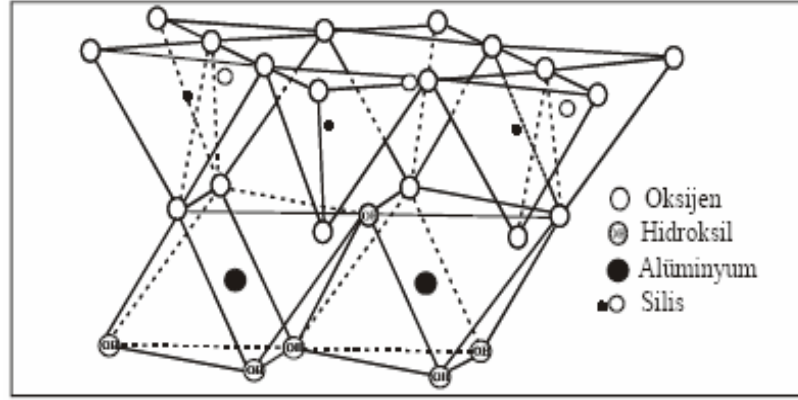
4.1.6. Killerin Özellikleri

Killer, diğer kayaçlardan farklı birçok kimyasal ve fiziksel özelliklere sahiptirler. Örneğin killer hacimlerinin % 80'i kadar yapılarına su alırlar. Buda bu malzemenin yüksek miktarda gözeneğe sahip olduğunun bir göstergesidir. Bu yüksek gözenekliliğe rağmen suyu hemen hemen hiç iletmezler, yani permabiliteleri sıfıra yakındır ve bu özelliklerinden dolayı doğada geçirimsiz tabakaları oluştururlar. Killerin diğer önemli özelliklerinden biride plastik olmaları ve şekil alabilmeleridir. Buda bu tür malzemenin çok eski tarihlerden beri çanak çömlek, kiremit, tuğla, seramik ve porselen yapımında kullanımına neden olmuştur. Killer sıvı çözeltilerde bulunan katyonları yüzeylerine adsorbe ederek bağlarlar ve gerektiğinde tekrar çözeltiye verirler, yani katyon ve anyon alışveriş özelliklerine sahiptirler. Ayrıca killer yüksek spesifik yüzey alanına sahiptirler. Örneğin bir gram killin ortalama spesifik yüzey alanı 1–800 m² (1 kg Smektit grubu killin yüzey alanı yaklaşık 2000 m²) arasında değişir. Günümüzde killer birçok sektörün (seramik, çimento, boya, kâğıt vs.) önemli hammaddelerini oluşturmaktadırlar. Ayrıca son yüzyılda meydana gelen teknolojik gelişmeye bağlı olarak ortaya çıkan çevre sorunlarının çözümünde (atıkların arıtılması, bariyer- geçirimsiz tabaka olarak deponi alanlarının dizaynında ve yer seçiminde) de killer önemli bir yer tutarlar.

4.2. KAOLİN MİNERALİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Kaolin hammaddesini oluşturan en önemli mineral Kaolinit ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) olup alüminyum hidro silikat bileşimli bir kil mineralidir (Şekil 4.2). Kaolin, beyaz, yarı plastik, yumuşak bir kil türü olup çok küçük tane boyutu (2µm) ile temsil edilir. Yoğunluğu 2.62 gr/cm³ ve sertliği 1,5 – 2 arasındadır. Kaolin terimi altında çeşitli jenetik modellerle oluşmuş kaolin türleri ve kaolinitik killer yer almaktadır. İdeal Kaolin Bileşimi: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ olup kaolinitte;

SiO ₂ (Silika)	% 46.54	
Al ₂ O ₃ (Alüminyum Oksit)	% 39.50	
H ₂ O (Su)	% 13.96	
	<hr/>	
	% 100.00	bulunur.



Şekil 4.2. Kaolinit levhalarının şematik görünümüleri [29].

Kristal yapılarına göre yapılan kil sınıflandırmalarında, eş boyutlu ve bir yönde uzamış olanlar Kaolinit grubu olarak diğerlerinden ayrılmaktadır. Fiziksel özellikleri ve bulunduğu ortam şartı nedeniyle kaolinleşme, orijinal ana kayacın (feldspat içeren granitik veya volkanik kayalar) alterasyon (bozunma) işleminin yerinde gerçekleşmesiyle oluşan cevherleşmedir. Yani bir kaolin yatağını bir kil yatağından ayıran en önemli fiziksel faktör, cevherleşme ile orijinal kayacın aynı yerde olmasıdır. Ana kayaların bozunma öncesi taşınıp, taşındıktan sonra depolanması veya bozunma sonucu taşınıp sedimanter yataklarda depolanması sonucu kaolinit bileşimli kil yatakları da oluşur.

Kaolin özellikle Seramik ve çimento söktürlerinin vazgeçilmez hammaddelerinden biridir ve kaliteli olması önemlidir. Kaolinleşme sırasında silisin fazlası dışarıya atılmaktadır. Kaliteyi belirleyen en önemli unsurlardan olan silislerin bünyeden yoğun olarak atılması halinde kaliteli kaolin cevheri meydana gelmektedir. Orijinal kayaç bünyesinde yer alan demirin kaolin içinde olmaması istenilen en önemli kriterlerden biridir. Feldspatlar ne kadar fazla bozunursa, ortamdaki o kadar fazla K_2O ve/veya Na_2O atılmaktadır. Bunların ortamdaki uzaklaşması ne kadar fazla olursa, kaolinleşmeyi belirleyen Al_2O_3 oranını o kadar artacaktır. Kaolinleşme sırasında ortamda elementel S varsa; $H_2SO_4^+$ (Sülfürik Asit) oluşmaktadır. Bu nedenle kaolinin bileşiminde alunit varsa K_2O oranı ile SO_3 den dolayı ateş yasıyatı yüksek çıkmaktadır. Bu nedenle alunit içeren kaolinler seramik sektöründe istenmez.

4.2.1. Kaolinitlerin Oluşum Koşulları

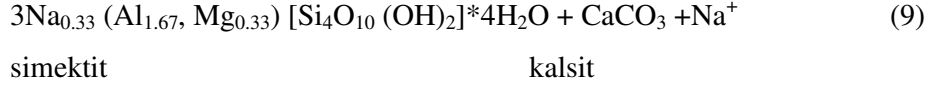
İkincil mineraller olarak tanımlan killer yüksek ısı ve basınç altında oluşmuş magmatik veya metamorfik kayalar oluşturulan minerallerin ayrışmasıyla oluşurlar. Bu tür değişimler üç ana başlık altında ele alınır:

- a) Yüzeysel ayrışma (Weathering – Supergene Alteration) olayları sonucu oluşan killer
- b) Hidrotermal ayrışma (Hypogene Alteration) sonucu oluşan killer
- c) Diyajenetik ve metamorfik olaylara bağlı gelişen killer

Bu kil oluşumları neoformasyon veya transformasyon şeklinde gelişir. Neoformasyon türü oluşumlarda birincil mineral tümüyle ayrışarak yeni minerallere dönüşür. Örneğin feldispatların kaolinit, simektit vb. minerallere dönüşmesi neoformasyon türü bir oluşumdur. Transformasyon türü değişimlerde ise birincil mineralin yapısı (çatı) aynen korunur. Bu tür kil oluşumuna muskovitin-illite dönüşümü örnek olarak verilebilir. Muskovitin tabakalı yapısı korunarak ara katmandaki potasyumun bir kısmını kaybetmesiyle illite dönüşür. Bütün bu değişimlerde oluşacak kil mineralinin türü ana kayacın bileşimine, ortamın ısısına, basıncına, ortamda hareket eden sıvıların bileşimlerine ve diğer özelliklerine (pH ve Eh) bağlıdır. Kaolin terimi altında çeşitli jenetik modellerle oluşmuş kaolin türleri ve kaolinitik killer yer almaktadır. Bunlar;

1. Kaolinler yerinde (in situ) ayrışma,
2. Hidrotermal alterasyon;
3. Sedimanter kayaların diyajenezi; ana kayaların bozunma öncesi taşınıp, taşındıktan sonra depolanması veya bozunma sonucu taşınıp sedimanter yataklarda depolanması sonucu kaolinit bileşimli kil yatakları da oluşur [30].

Bu tür oluşumlar genellikle birincil minerallerin neoformasyonu veya transformasyonu şeklinde meydana gelirler. Oluşum itibariyle, feldispat içeren plütonik veya volkanik kayaların feldispatlarının alterasyonu sonucu kaolinler oluşmaktadır. Ana kayaç olan volkanik veya plütonikler içinde kaolinleşmeyi



Plajiyoklazların ayrışmasından kaolin, zeolit, epidot, serisit, kuvars, kalsit vb. mineraller oluşur. Alkali feldispatlar, kalsiyumlu ve sodyumlu feldispatlara göre daha dayanıklıdır.

Yüzeysel ortamlardaki çözeltilerin asidik özelliğe bürünmelerinde organik bileşenlerin oksitlenmesi (bitkilerin çürümesi) sonucu açığa çıkan CO₂ önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Karbondioksit'in üretimi ise bitki yoğunluğunun olduğu bölgelerde yani tropik iklim kuşaklarında meydana gelir. Ayrıca ayrışma sonucu çözeltilere geçen alkalilerin ortamdan uzaklaşmaları için kısmen engebeli, drenajı iyi olan bir topografya gerekir. Bu tür özelliklere sahip bölgelerde oluşan topraklarının kil fraksiyonunun en önemli bileşeni kaolinit minerali oluşturmaktadır. Bu şekilde meydana gelen ayrışma lateritleşme olarak da isimlendirilmektedir.

Kaliteli kaolin oluşumu doğada en yaygın olan ve genellikle bir arada bulunan Si-Fe-Al elementlerinin birbirlerinden ayrılmalarına bağlıdır. Bu üç element diğer kayaç oluşturan elementlere göre daha düşük hareketliliğe sahip olup, özel bir takım şartların özellikle pH ve Eh'ların ortaya çıkması sonucu birbirlerinden ayrılırlar. pH değerlerinin çok düşük (<4), yani yüksek asidik özellikteki eriyiklerde Fe₂O₃ ve Al₂O₃ yüksek çözünürlüğe sahipken SiO₂ daha az çözünür. Şayet ortamın pH değeri 9-10 üstünde olduğu zaman, yani kuvvetli bazik ortamlarda SiO₂ yüksek bir çözünürlüğe sahip olur ve ortamdan uzaklaşır [31]. Redoks potansiyeli (Eh) demirin hareketliliğini önemli ölçüde denetleyen bir parametredir. Demir, Eh değerinin yüksek olduğu ortamlarda (Oksidan) hareketsiz, düşük olduğu (redükleyici) ortamlarda daha yüksek bir hareketliliğe sahip olduğu için ortamdan çözünerek ayrılır.

Kayaçların ayrışması asidik ortamlarda geliyorsa Al₂O₃/SiO₂ oranı 1/2 olan kaolinit minerali, bazik ortamlarda meydana geliyorsa Al₂O₃/SiO₂ oranı 1/3-4 olan montmorillonit minerali oluşur. Kaolin oluşumunda asidik ortam genellikle karbonik

asit, sülfürik asit ve humus asidi ile sağlanır (reaksiyonlara bakınız). Doğada asidik çözeltilerin nötr ve bazik hale getiren olaylar ise, karbon dioksitin ortamdan ayrılması, H₂O miktarının artması, çevrede yer alan kireçtaşlarının çözünmesi, magmatik kayaçların önemli bileşenlerinden feldispatların ayrışması sonucu açığa çıkan Na⁺ ve K⁺ iyonlarının eriyiğe geçmesidir. Eriyiklerin aşırı doygun hale gelmeleri sonucu çökme veya çözen maddenin buharlaşması sonucunda pH değişiklikleri ortaya çıkar. pH değerlerindeki değişimin hızı da önemli bir rol oynar [31].

Yukarıda anlatılan kimyasal ortam değişiklikleri kaolin yataklarında oluşabilecek mineral parajenezlerinin türlerini belirler. Örneğin kayaç ayrışması esnasında çok kuvvetli asit eriyiklerin çözdüğü demir bileşikleri pH değerindeki yükselme (bazikleşme) yavaş ise, kaolin yatağının yan kayacında konsantre olarak ekonomik değeri olan küçük demir yatakları meydana getirmektedir. pH değerleri hızlı bir şekilde yükselirse demir bileşiklerinin ana kayaç eklemlerinde ve kaolin içinde ayrışma zonlarında kaldığı görülür. pH değerinin yükselmesi ile başlayan kaolin oluşumu esnasında büyük miktarlarda silis de açığa çıkar (reaksiyonlara bakınız). Açığa çıkan silis ya alterasyona uğrayan ana kayacın içinde damarlar şeklinde görülür veya kaolinin bir kısmını silisleştirir. Buna karşın alkalitenin yükselmesi ile kaolinin içinde serbest şekilde bulunan silis ortamdan uzaklaşarak saf kaolinli zonlar veya boksitlerin oluşumları meydana gelebilir. Alkali sıvıların ortamı terk etmemesi durumunda ise kaolinitlerin yerine simektit grubu mineraller (montmorillonitler) oluşur [31].

Kaolinleşmeyi sağlayan kimyasal işlem sırasında ortamda elementel S varsa; H₂SO₄⁺ (Sülfürik Asit) oluşacaktır. Kaolinleşme işleminin olabilmesi için ortamdan uzaklaştırılabilecek madde, alkalilerden K₂O olup, bunun çözünmesi sırasında bazen tamamı uzaklaştırılmamakta ve ortamda bir miktar K kalmaktadır. K, ortamda çözünür halde bulunan; Al₂O₃ 2(SO₄)₃ + H₂O → 2 Al (OH)₃ + H₂SO₄ şeklinde çözümü Al⁺³ suda çözünen Si(OH)₄ ile birleşerek kaolinit oluşur. Ortamda K geldiği zaman K mevcut Al₂(SO₃)₃ ile birleşerek alunit KAl(SO₄)₂.12H₂O oluşacaktır. Bu nedenle kaolinle birlikte alunit varsa K₂O oranı ile SO₃ den dolayı ateş ziyatı

yüksek çıkmaktadır. Kaolin oluşumuna sülfürik içerikli eriyikler, kaolin içinde saf kükürt, jips, jarosit vs. sulfat mineralleri oluşmasına neden olur, Bu tür mineral parajenezlerine termal kaplıcaların ve jeotermik enerji kaynaklarının, yani hidrotermal suların etkin olduğu bölgelerde sık rastlanılır.

4.2.2. Kaolinin Kullanım alanları

Dünya kaolin tüketiminde parasal ve tonaj değerleri bakımından, birinci sırayı kâğıt sanayi almaktadır. Avrupa pazarında kâğıt dolgu maddesi olarak toplam tüketimin % 40'ı, Amerika pazarında ise bu amaçla toplam tüketimin % 80'i kullanılmaktadır. Seramikte kaolin tüketimi, en çok sıhhi tesisat, porselen ve izolator sanayinde olmaktadır. Fayansta tüketim maksimum % 20 dolayındadır. Son yıllarda seramik sektörü dışında, kaolinin en büyük tüketimi çimento sanayinde olup, kaolin tüketim oranı tüvenan üretimin % 30'u mertebesine ulaşmaktadır. Seramik sektörü dışında kaolinin en büyük tüketimi, boya, lastik ve plastik sanayisinde dolgu maddesi olarak kullanılmasıdır. Tesis türü kaolinler, cam elyafı, kimya sanayi, ilaç sanayi gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Türkiye'de üretilen kaolinlerin % 60'ı seramik sektöründe, % 30'u çimento sektöründe, %10'u da cam, kâğıt ve diğer sektörlerde tüketilmektedir [32]. Bu da Türkiye'de üretilen kaolinlerin ham olarak tüketildiğini göstermektedir.

4.3. ÇİMENTO

Latince ZEMENTUM'dan gelen çimento su ile sertleşebilen bu sebeple hidrolik bağlayıcı adını alan bir üründür

Çimento prosesinde yarı mamul olan Portland Çimentosu klinkerinin bir miktar alçı taşı ve/veya uygun oran ve özellikteki katkı maddesi ile birlikte öğütülmesi sonucu elde edilen, havada ve su altında sertleşen Hidrolik Bağlayıcıdır.

Kuzey İngiltere' nin Leeds şehrinde yaşayan Joseph Aspdin tarafından, Portland çimentonun ilk patenti 21 Ekim 1824 tarihinde alınmıştır. Düşük maliyetli

bir beton için kullanılan ve o zamanların en iyi inşaat malzemesi olan portland taşı ve bununla elde edilen betonun renk ve şekil olarak bu taşa benzemesi sebebiyle bulunan çimentoya “Portland Çimento” adı verilmiştir.

4.3.1. Tanımlar

Klinker, silisyum-kalsiyum-alüminyum-demir oksitlerini içeren kalker-kil-marn gibi hammaddelerin tek başına ya da belirli oranlarda karıştırılarak "sinterleşme" sıcaklığına dek pişirilmesi ve ani soğutma ile elde edilen mamule verilen addır.

Çimento, klinkerin alçı taşı ya da alçı taşı ve katkı maddesi eklenerek öğütülmesi sonucu yapılan hidrolik bağlayıcılarıdır.

Hazır Beton, çimento, doğal ve/veya yapay agrega (mıcır), su ve gerektiğinde kimyasal katkıların uygun dozajlarda karıştırılarak üretilen ve priz almadan önce (sertleşmeden önce) kullanılacağı yere transmikser adı verilen özel kamyonlarla taşınan üründür.

4.3.2. Çimentoda Kullanılan Hammaddeler

Çimento sektöründe büyük miktarlarda hammadde tüketilir. Bu tür sektörlerde hammaddenin fabrikaya taşınması en önemli gideri oluşturmaktadır ve bundan dolayı Çimento fabrikaları genellikle hammaddenin bulunduğu bölgelere kurulur ve hammadde temini genellikle fabrikalara yakın bölgelerde bulunan ocaklardan yapılır.

Çimentonun ana bileşeni klinker olup klinker de başlıca kireçtaşı (kalker), kil ve marndan oluşmaktadır (Çizelge 4.2 ve 4.3). Puzzolanik maddeler (yüksek fırın cürufu, uçucu kül, alçı taşı, demir cevheri ve benzeri katkı maddeleri) klinkere katılarak 5 ana çimento türünde 27 çeşit tipte çimento imal edilmektedir.

Çizelge 4.2. Çimentoda kullanılan hammaddeler ve ortalama kimyasal bileşimi.

Çimento Hammaddeleri	Kimyasal Bileşim	SiO ₂	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	Fe ₂ O ₃ +MnO	MgO	Na ₂ O	CaO	LOI (CO ₂ +H ₂ O)
Kireçtaşı+Kiltaşı+Marn		%12-16	%2-5	%1-2	%0,3-3	%1.2	%40-50	%32-36

Kireçtaşı; Kimyasal bileşiminde en az %90 kalsiyum karbonat (CaCO₃) bulunan kayalara kalker ya da kireçtaşı adı verilmektedir. Kalkerler, bileşimlerinde kalsiyum karbonatın yanı sıra, magnezyum karbonat, kil mineralleri, demir silikat-oksit ve sülfürleri gibi bileşikler içerir.

Çimento sektöründe hammadde veya düzenleyici olarak kullanılacak kalkerlerin kalitesinde, içerdikleri yabancı unsurlardan oluşan safsızlıkların durumu doğrudan etkili olmaktadır. Kalkerlerin içerdikleri CaCO₃ ve CaO yüzde miktarları saflıklarını göstermektedir.

Çimento üretiminde kullanılan kalkerin kimyasal özelliklerinin yanı sıra, yatakların fabrikaya yakınlığı, cevherin sökölme, kırılma, öğütölme, pişirilme nitelikleri, nem oranı, homojenliği üretim maliyetini etkileyen önemli faktörlerdir.

Çizelge 4.3. Çimentoda kullanılan hammadde parametreleri.

Hammadde Bileşenleri	
Kireçtaşı + Kiltaşı	
Kullanım Oranları	
Silis Modülü (SI) = SiO ₂ /(Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃)= 2.2-2.6	Yüksek Silis Modül değerleri: Fırında karışımın zor yanmasına neden olur.
Kil Modülü (TM) = Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃ =1.5-2.5	Yanma esnasında oluşan eriyik fazların bileşimi hakkında bilgi verir
Kireç Modülü (KM) = CaO/(2.8*SiO ₂ +1.18*Al ₂ O ₃ +0.65*Fe ₂ O ₃) = 90-95	Yüksek kireç modülü değerleri dayanımı yüksek çimento oluşumuna neden olur (>95)

Kil; Çimento hammaddesi olarak kullanılacak killerin kimyasal analizinde Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O, Na₂O, SO₃ ve kızdırma kaybı yüzde

oranlarının tespit edilmesi gerekir. Mineralojik analizlerinde ise kil minerallerinin dışında bulunan safsızlık oluşturan unsurlar ve bunların yüzde oranları belirlenir. Çimento yapımında kullanılacak kilin kimyasal bileşimde Al_2O_3/Fe_2O_3 oranının 2/1 civarında olması, SiO_2 miktarının belirli bir üst sınırdan kalması ve alkali oksitlerin miktarının % 1 in altında olması istenir. Beyaz çimento yapımında kullanılan kaolin, kil minerali olarak çimento sanayinde ayrı bir önem taşımaktadır.

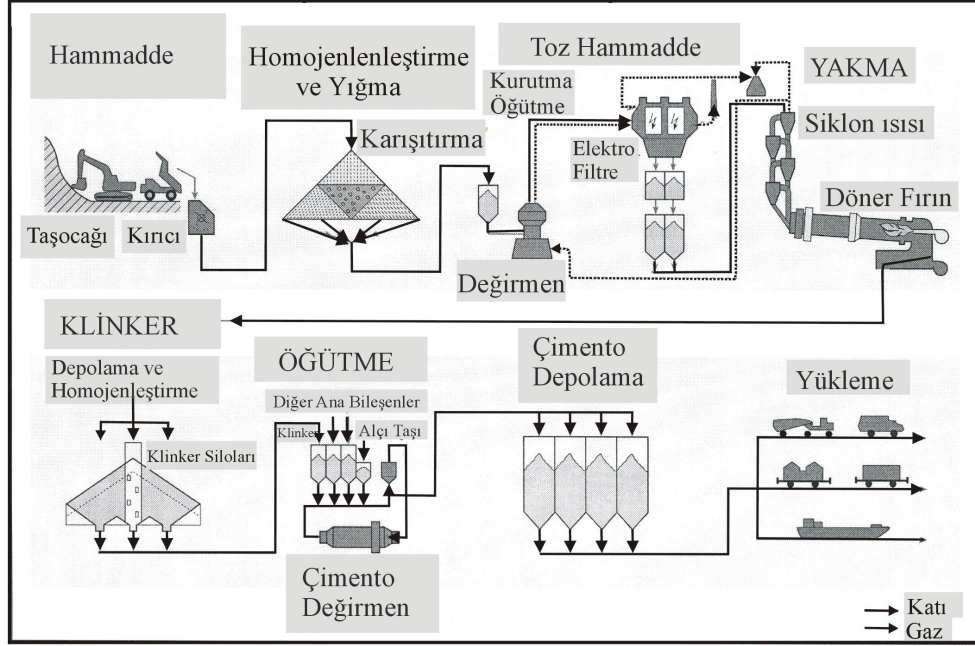
Marn; Doğada, % 50-70 oranında kalker ve % 50-30 oranında kil karışımından oluşmuş kayaca denir. Çimento klinkeri, ortalama %70 kalker ve %30 kil içeren hammaddenin öğütüldükten sonra yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi ile elde edilmektedir. Marn doğal olarak bu bileşimi taşıdığından ideal çimento hammaddesidir. Ayrıca kalkere göre daha yumuşak olduğundan kolay öğütülebilmekte bu nedenle kırma-öğütme işlemleri sırasında enerji tüketimi düşük olmaktadır.

4.3.3. Çimento ve Üretim

Çimento, ana hammaddeleri kalkerle kil olan ve mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, briket vs.) yapıştırmada kullanılan bir malzemedir. Çimentonun bu yapıştırma özelliğini yerine getirebilmesi için mutlaka suya ihtiyaç vardır. Diğer bağlayıcı maddeler gibi çimentolar da, CaO , MgO gibi alkalik öğeler ve SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 gibi hidrolik öğelerden oluşur. Çimento bağlayıcılık görevini su ile tepkimeye girdikten sonra kazandığı için hidrolik bağlayıcı olarak adlandırılır. Kırılmış kalker, kil ve gerekiyorsa demir cevheri ve / veya kum katılarak öğütülüp toz haline getirilir. Bu malzeme $1400-1500^{\circ}C$ 'de döner fırınlarda pişirilerek meydana gelen klinkere daha sonra bir miktar alçı taşı eklenip (%4 oranında), çok ince toz halinde öğütülerek Portland Çimentosu elde edilir. Katkılı çimento üretiminde; klinker ve alçı taşı dışında, çimento tipine göre tek veya birkaçı bir arada olmak üzere tras, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı vb. katılır (Şekil 4.3).

Çimento bir beton karışımında hacimce en küçük yeri işgal eden bileşendir; ancak beton bileşenleri en önemlisidir. En çok kullanılan çimento tipleri Portland

Kompoze Çimento, Katkılı Çimento, Cürüflu Çimento ve Sülfata Dayanıklı Çimento'dur, bunun dışında özel amaçlar için Beyaz Portland Çimentosu ve diğer bazı tip çimentolar kullanılmaktadır. Çimento hamurunun mukavemeti önemli ölçü su/çimento oranına da bağlıdır.



Şekil 4.3. Çimento üretim şeması.

Katkılar: Betonun özelliklerini geliştirmek üzere üretim sırasında veya dökümden önce transmiksere az miktarda ilave edilen maddelere katkı adı verilir. Katkı maddelerini kökenine göre kimyasal ve mineral katkılar olarak ikiye ayırılır.

4.3.4. Türkiye'deki Çimento Tipleri

4.3.4.1. Portland çimentoları

Portland çimentosunun kimyevi bileşenleri %65 CaO , %20 SiO₂ , %6 Al₂O₃, %3Fe₂O₃, %3MgO ve %2,5 SO₃'dir. Betonarme yapılarda kullanımı en yaygın çimento türüdür. Portland çimentosu belirli oranda kalker taşı (CaO) ve kilin (SiO₂ ve Al₂O₃) karıştırılıp pişirilmesinden sonra klinkerle öğütülmesiyle elde edilir. Çimentonun sertleşmesini geciktirmek üzere klinkere bir miktar alçı taşı da eklenir.

Gri Portland çimento: Kimyasal, fiziksel ve mineralojik özellikleri nedeniyle yüksek dayanımlı bir portland çimentosudur (Çizelge 4.4). Yüksek oranda C3S içermesi, dayanım artışının yüksek olmasını sağlamaktadır. C3A miktarı gram olarak düşüktür. Hacim genişmesi düşük, erken dayanımı yüksektir. İnce öğütülmüş olması, daha geniş bir yüzeyin reaksiyona girmesini sağlar. İçerdiği ince dolgu malzemesi, beton içindeki mikro gözenekleri doldurarak sıkılaştırır, geçirimsizliğini artırır. Portland Kompoze Çimento üretiminde kullanılan ince öğütülmüş puzolanik malzemeler, ileri yaşlardaki reaksiyonları hızlandırarak son dayanımın yüksek olmasını sağlar. Betonun dış etkilere karşı direncini artırır [33].

Çizelge 4.4. Gri Portland çimentosu kimyasal bileşimi.

GRİ PORTLAND ÇİMENTO		
Ana Oksitler	Kısaltma	(%)
SiO ₂	S	20.5
Al ₂ O ₃	A	5.4
Fe ₂ O ₃	F	2.6
CaO	C	63.9
MgO	M	2.1
H ₂ O	H	1.4
Na ₂ O	N	0.61
Klinkerdeki Fazlar		CAM
C3S = 3CaO.SiO ₂		ALİT
C2S = 2CaO.SiO ₂		BELİT
C4AF =4CaO.Al ₂ O ₃ .SiO ₂		CELİT

Yüksek mukavemetli taşıyıcı beton elemanları ve diğer prefabrik imalatlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Ön germeli prefabrik uygulamalarda özellikle tercih edilmektedir. Ayrıca yüksek dayanımlı beton sınıfları ve sanat yapılarında en çok kullanılan çimento tipidir. Yine çok katlı yüksek bina inşaatları ile toplu konut inşaatlarında yaygın olan tünel-kalıp sistemlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır.

4.3.4.2. Traslı çimentolar

Traslar silisli ve alüminli maddeler içeren volkanik tüflerdir. Kendi başlarına bağlayıcılık özellikleri olmamasına rağmen, çimentoda mevcut kireçle bu özelliği kazanırlar. Bu tür çimentolar imalat aşamasında portland çimentosu klinkerine aktif volkanik tüfler veya benzeri traslar katılarak, bunların öğütülmesiyle elde edilir. Karışımda ki tras oranı %20-%40 düzeyinde tutulur. Bu tür çimentoların geçirimsizliği az hidrasyon ısıları düşük olduğundan genellikle su yapılarında kullanılırlar. Türk standartlarında traslı çimentolar iki grupta toplanır,

a) TÇ 30–70

b) TÇ 40–60

30–40 rakamları tras yüzdesini 60–70 rakamları ise karışımdaki normal portland çimento yüzdesini ifade eder [33].

4.3.4.3. Uçucu kül çimentolar

Ağırlıkça %15 oranında TS 639'a göre uygun uçucu kül ile ağırlıkça %85 oranında TS 19'a göre uygun portland çimentosunun karıştırılarak meydana gelen bir hidrolik bağlayıcıdır [33].

4.3.4.4. Cüruf çimentoları

Sülfatlı cüruf çimento: simgesi SCC, ani soğutularak granüle haline getirilmiş yüksek fırın cürufu ile içinde en az %5 SO₃ bulunan CaSO₄ ve katalizatör olarak da portland çimentosu ile öğütülerek homojen olarak karıştırılması oluşan hidrolik bağlayıcıdır.

Demir portland çimentosu: simgesi NDPÇ350; minimum %70 portland çimentosu ile %30 ani soğutulmuş yüksek fırın cürufunun birlikte öğütülmesiyle elde edilir. Simgesi NYÇ olan normal yüksek fırın portland çimentosu %15–69 portland

çimentosu ile %85–31 ani soğutulmuş yüksek fırın cürufunun birlikte öğütülmesi ile elde edilir. Bu çimentolar mukavemetin ikinci derecede rol oynadığı inşaatlarda az sülfatlı yapılarda deniz suyu inşaatlarında kullanılabilir [33].

4.3.4.5. Sorel çimentosu

Sorel çimentosu klinkeri ile $MgCl_2$ çözeltisinin hazır tozu veya herhangi bir mineral agregayla karışılması ile elde edilir.

4.3.4.6. Beyaz çimento

Simgesi BPC olup Safa yakın kireçtaşı, beyaz renkli kaolen ya da profilit ile birlikte pişirilip, bir miktar alçıtaşının ilave edilmesi sonucu öğütülerek elde edilen hidrolik bir bağlayıcıdır. Beyaz çimentonun üretim süreci normal gri çimentonun üretim sürecine benzer. Süreç doğal maddelerin seçimi, doğal karışımın hazırlanışı, klinkerin yakılışı/kalıplanması, beyazlama/soğutma ve son olarak öğütülmesi safhalarından oluşur. Gri ve beyaz Portland çimentolarının kimyasal bileşimi ve klinker fazları Çizelge 4.5.'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Gri ve Beyaz Portland çimento kimyasal bileşimleri ve klinker fazları

		GRİ P. ÇİMENTO	BEYAZ ÇİMENTO
Kimyasal Bileşim (%)	SiO ₂	20.5	22.4
	Al ₂ O ₃	5.4	4.5
	Fe ₂ O ₃	2.6	0.4
	CaO	63.9	66.3
	MgO	2.1	1.0
	SO ₃	3.0	2.8
	LOI	1.4	1.7
	Na ₂ O	0.61	0.17
Klinker Fazları(%)	C ₃ S	10.0	11.0
	C ₂ S	54.0	60.0
	C ₄ AF	8.0	1.0

Beyaz çimento üretiminde hammadde karışımının hazırlanması klinkerin yakılışı/kalıplanması, beyazlama/soğutma ve son olarak öğütülmesi, çimentonun beyazlığı açısından çok önemli olup, bu işlemler sırasında dikkatli olunması gerekmektedir.

Hammadde karışımının hazırlanmasında, olası bir demir kirliliğinin oluşmaması için hammaddenin öğütüleceği değirmenin ve öğütücü araçlarının seçimine dikkat edilmelidir. Genelde kullanılan değirmenler demir oranının artmasına neden olur [34]. Ancak özel çelikten (Cr - Ni gibi) yapılmış malzemelerin kullanımı hammaddenin beyazlık derecesinin artmasını sağlamaktadır. Beyaz çimento klinkeri üretiminde en iyi sonucun elde edilmesi için hazırlanan hammadde karışımının pişirilmesinde 1873–1973 K en ideal sıcaklıktır [34].

Beyaz çimento üretiminde kullanılacak hammaddelerin renk verici elementler içermemesi gerekir. Doğal mineral veya bunların oluşturduğu kayaçların rengi, renk verici elementlerin varlığına bağlıdır. Mineraller ve bunların oluşturduğu kayaçların rengini belirleyen en önemli elementler Fe, Co, Ni, Mn, Cr, Ti, Cu (cromofor elementler)'dir. Beyaz çimento üretiminde kullanılacak hammaddelerde aranan en önemli özellik Fe, Cu, Cr vs. gibi renklendirici olarak tanımlanan bileşenleri miktarlarının belirli bir değerin altında olmasıdır. Sobolew [35]'e göre Fe^{+3} en önemli renklendirici element olup hammaddede genellikle kırmızı ve sarı renklerin oluşumuna neden olur. Hammadde bulunan Cr^{+3} yeşil-mavi, Fe^{+2} ise kırmızı ve yeşil renklerin ortaya çıkmasına neden olur [34].

Beyaz çimentonun kimyasal bileşiminde C_4AF (C:CaO; A: Al_2O_3 ; F: Fe_2O_3) olmaması istendiğinden, Si-Ca-Al kaynaklarının saflığı yüksek kalitede beyaz çimento üretiminin esasını oluşturur. Yüksek derecede beyaz çimento için kullanılan kireçtaşı %0.15'ten az Fe_2O_3 , %0,015'ten az MnO içermelidir. Alüminyum kaynağı olarak kullanılan killerin (genellikle profilit ve kaolinit) ise Fe_2O_3 içeriği %0,5'den az olmalı ve ayrıca renk verici elementleri de içermemeleri gerekmektedir.

Beyaz çimento büyük ölçüde düşük $C_4AF(4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3)$ %1,5 dan daha az içerikli) ve yüksek $C_3S(3CaO \cdot SiO_2)$ ile $C_2S(2CaO \cdot SiO_2)$ ile karakterize edilmektedir. Beyaz çimentonun beyazlığı onun en önemli özelliğidir. Beyaz çimento beyazlık derecesine göre üç ayrı gruba ayrılır:1.derece: %80'den fazla beyaz, 2.derece: %75–80 beyaz ve 3.derece: %68–75 beyaz.

Beyaz çimento, betonarme inşaat betonu olarak gelişmiş ülkelerde başta kongre, sanat ve kültür merkezleri olmak üzere, metro ve tren istasyonlarında, iletişim kulelerinde, stadyum ve spor alanlarında, siteler ve konut inşaatlarında, köprü ve üst geçitler ile istinat duvarları betonarme inşaatlarında, bina süsleme elemanları, dekoratif kaplama taşları üretiminde, hazır sıva, derz dolgu malzemeleri ana bağlayıcı bileşen olarak ve kent mobilyaları gibi uygulama alanlarında kullanılmaktadır.

4.4. SERAMİK

Anorganik hammaddelerden, şekillendirildikten sonra pişirilerek sertleştirilmesiyle elde edilen ürünlere seramik denir. “Seramik” eski Yunancada “pişmiş şey” anlamında kullanılan “Keramos” kelimesinden gelmektedir. Seramik kelimesi aynı zamanda bu ürünlerin yapımı, bilimi ve sanatını da kapsar. Seramik ürünleri dört grupta toplanabilir.

- Tuğla, kiremit malzemeler (dekoratif malzemeler)
- Kaplama malzemeleri
- Sofra ve süs eşyaları
- Sağlık gereçleri
- Teknik seramikler (porselen izolatörler, ileri seramik malzemeleri vb.)

4.4.1. Seramik Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Seramikte kullanılan üç ana hammadde vardır. Bunlar; kil, kaolen, feldspat ve kuvarstır. Seramikte kullanılan diğer hammaddeler arasında mermer, vollastonit,

manezit, kalsit, dolomit, talk, flint taşı ve sileks, alçı taşı, disten, çeşitli volkanik tüfler, perlit vb. sayılabilir. Kil mineralleri geleneksel seramiklerin ana hammaddesidir. Plastiklik, reolojik özellikler (viskozite, tiksotropi), suda dağılma, süspansiyonda tutuma özelliği, pişme davranışı gibi özellikler önemlidir.

Seramik bünye (masse) ve sır bileşiminde kullanılan hammaddeler fonksiyonlarına göre sınıflandırılırsa [36];

Doldurucular: Kuvars, kuvars kumu, alümina gibi yüksek ergime sıcaklığına sahip minerallerdir. Seramik bünyede başlıca fonksiyonları, pişirilme esnasında mamullerin bozulmalarını önlemektir. Pişirilmeyle cam fazını oluştururlar.

Ergiticiler: Feldspat, nefelin, siyenit; Mamul pişirildiğinde ergiticiler eriyerek bünye içerisinde yer alan diğer materyallerin partiküllerini birbirine yaklaştırarak, mamulün boyutlarının çekmesini sağlar. Mamul soğumaya başladığında cam fazı donarak, tüm masseyi bir olarak tutar ve mekanik mukavemetini artırır.

Bağlayıcılar: Kaolen ve killer plastik özelliğe sahip olan malzemeler olduklarından, pişme öncesinde mamulün kuru mukavemetinin oluşmasını sağlarlar.

Seramik çamurunda kullanılan hammaddelerin çamur içerisindeki işlevleri aşağıda özetlenmiştir [37].

- **Kaolin;** Çamurun beyazlığı ve pişmede iskelet oluşumunu ve fiziksel direnç sağlar.
- **Kil;** Çamurun ham halde plastikliğini ve kuru mukavemetini sağlar.
- **Feldispat;** Çamurun pişme esnasında ergimesini, camsı faza geçmesini sağlar.
- **Kuvars-Kuvars Kum;:** Pişmiş çamurun iskeletini oluşturur ve fiziksel direnç sağlar.
- **Mermer;** Feldispatın erime noktasını düşürerek daha kolay eriyen bir cam meydana getirir.

- **Vollastonit;** Fayans masselerinde çekmeyi azaltmak için mermer yerine kullanılır. Deformasyona karşı direnç sağlar.
- **Manyezit;** Massenin pişme esnasında sinterleşmesini ve sağlamlaşmasını sağlar.
- **Dolomit;** Seramik yapıda kireç gibi davranır. Fiziksel direnç ve sıcaklığa dayanım sağlar.
- **Talk;** Su miktarı kaolenden daha az olduğundan çekmesi de kaolenden daha azdır. Bu nedenle çekmesi az fayans massesi üretiminde kullanılır (teknik seramik yapımında, ısıl şokuna dayanıklı seramikte).
- **Alçı Taşı;** Dökümle yapılan üretimlerde gerekli kalıplar alçıtaşından yapılmakta olup fabrikalardan hazır paketler halinde temin edilir.
- **Flint Taşı ve Sileks;** Değirmen kaplamalarında ve öğütme işleminde kullanılan saf SiO₂ den oluşan yardımcı malzemelerdir.

4.4.2. Seramik Kaplama Malzemeleri ve Üretim Süreçleri

Seramik kaplama malzemeleri yer ve duvar kaplamalarında kullanılan, seramikten yapılmış plakalardır. Seramik karolar, çoğunlukla killer ve/veya diğer anorganik hammaddelerden üretilen, genellikle yer ve duvar kaplamalarında kullanılan, kalıptan çekme metoduyla veya oda sıcaklığında preslenerek şekillendirilen, fakat başka işlemlerde şekillendirilebilen, daha sonra kurutulup istenen özellikleri kazandırmaya yeterli olacak sıcaklıklarda pişirilen ince plakalardır. Karolar sırlı veya sırsız olabilir, yanmazlar ve ışıktan etkilenmezler. Dekorlu olarak üretilen yer ve duvar karoları yapısal açıdan dört kısımdan oluşur; bünye (masse), engop (astar), sır ve dekor(desen).

Bünye, karonun omurgası olarak kabul edilen bisküvinin sıkışmadan önceki halidir. Bisküvi ile sır arasındaki engop (astar) masseden gelen olumsuzlukları örtmek ve masse ile sır arasındaki uyumu sağlamak için kullanılır. Sır seramik ürünlerinde yüzeyi kaplayan ürüne teknik, estetik ve hijyenik özellik veren cam veya cama benzer bir tabakadır. Sır aynı zamanda bünyeye parlak ve düzgün bir yüzey sağlar, geçirgenlik meydana getirdiği gibi mekanik dayanıklılık ve elektriksel

yalıtkanlık oluşturur. Asitlere ve bazlara karşı dayanıklı olup çarpma ve darbelere karşı bünyeye mukavemet kazandırır.

Ocaklardan hammaddeler işletme stok sahasına nakledilip bütün girdi kontrolleri yapılarak bünyedeki hammadde oranlarını gösteren reçeteye göre hammaddeler beşigerlerde (terazi) tartılır. Beşigerlerdeki hammadde, konveyör bant ile değirmenlere yüklenir. Gereken öğünme sağlandığında elde edilen çamur, çamur havuzlarına, oradan da pompalar vasıtasıyla püskürtmeli kurutuculara (spray-dryer) basılmaktadır. Kurutucudan alınan granül masse konveyör bantlar ile dinlenme silolarına alınır. Silolardaki toz malzeme gerekli kontroller yapıldıktan sonra otomatik olarak pres kalıplarına dolar ve nemlendirme işlemlerinden sonra, yüksek basınç altında şekillendirilir. Bu işlemler sonucu elde edilen ürün seramik sektöründe bisküvi olarak adlandırılır. Yüksek basınçla preslenen bisküvi fırınlarda pişirilir. Fırından çıkan bisküviye estetik özellikler vermek amacıyla sırlama işlemi uygulanır. Sırlamadan sonra ürüne desen verilir. Buradan fırına beslenen karo fırın çıkışında önce istiflenir, sonra kalite masasında TSE Standartlarına uyacak şekilde ayrılarak paketlenir.

Frit, belirlenen reçete oranlarında silis kumu, alümina, K-feldspat, asit borik, kalsit, zirkon, çinko, potasyum karbonat gibi harmanlanan hammaddelerin yüksek sıcaklıklarda ergitilip şoklanmasıyla oluşan camsı yarı mamuldür. Sırın ana yapısını oluşturan frit işletme bünyelerinde üretilebilmektedir.

Seramiğin estetiğini oluşturan, ona görsellik ve zarafet ve aynı zamanda mukavemet kazandıran sır, belirlenen reçete oranlarında hammaddelerin sulu öğütülmesiyle hazırlanmaktadır.

4.4.3. Türkiye’de ve Dünyada Seramik

Büyük oranda yerli girdileri kullanan seramik sektörü yarattığı katma değer bakımında ülkemizin en köklü ve temel sanayi gruplarından biridir. Ülkemizde, 1950’li yıllarda endüstriyel anlamda üretime başlayan Seramik sektörü, 1980’lerden

sonra hızla gelişmiştir. Son yirmi yılda inşaat gelişmelere paralel olarak, sektörde üretim yapan firma sayısı artmıştır. Türkiye, seramik mamullerinin üretiminde kullanılan hammaddeler açısından zengin bir ülkedir. Türk seramik sektörü, hammadde ihtiyacının %80'nini yurtiçinden karşılamaktadır. Türkiye'de ilk kurulan seramik fabrikaları Söğüt- Bozüyük çevresinde kurulmuştur. Burada amaç seramik hammaddelerine yakınlık olmuştur. Maliyet açısından, diğer sektörlerde (çimento, cam vs.) olduğu gibi seramik sektöründe de hammadde seçiminde hammaddenin fabrikaya yakın olması tercih edilir.

Dünyada seramik üretiminde birinci sırayı Çin almaktadır. Çin'den sonra en büyük üreticiler ise İspanya, İtalya, Brezilya, Endonezya, Türkiye, Meksika, Hindistan ve İran'dır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

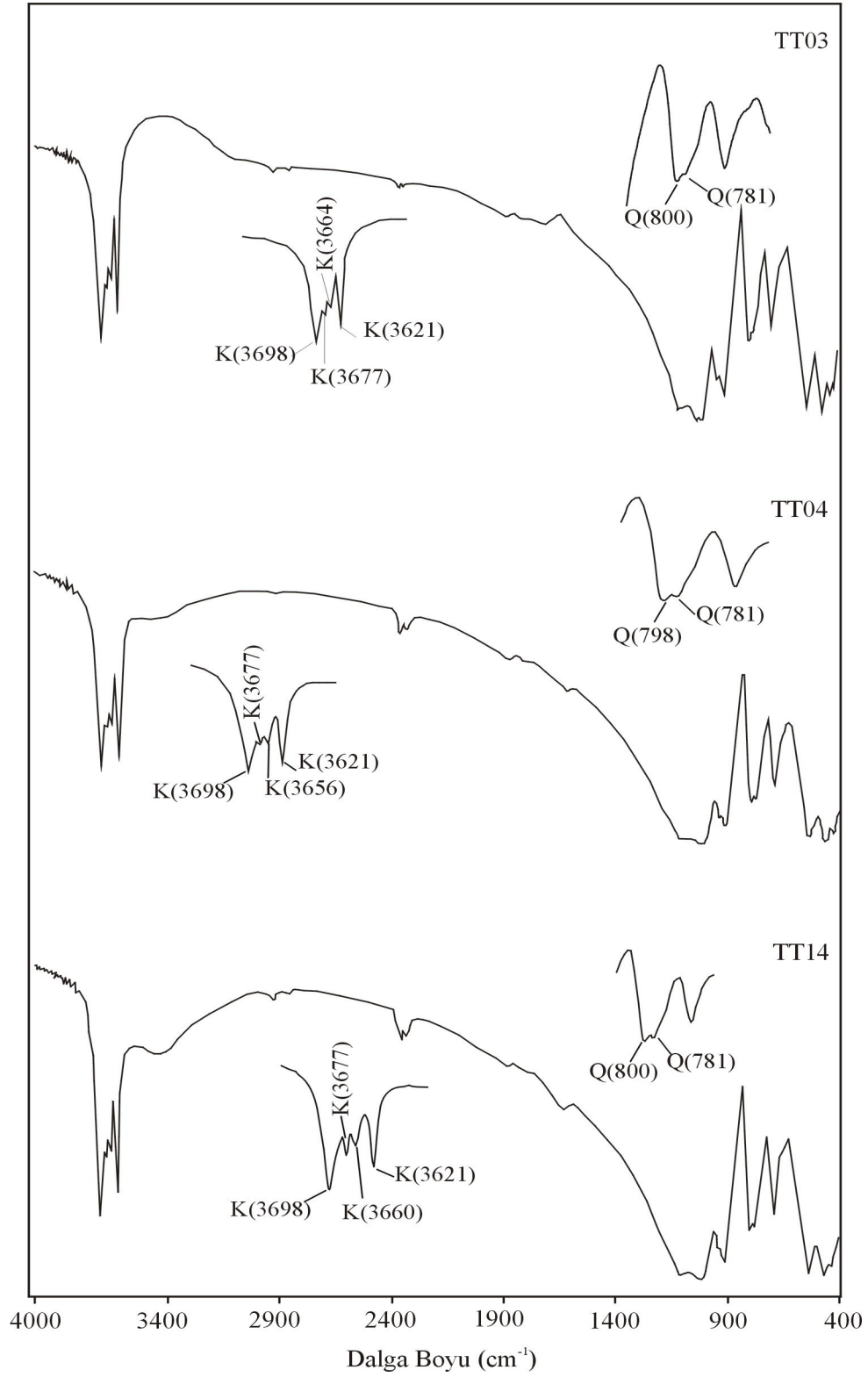
5.1. MİNERALOGİK ANALİZLER

5.1.1. Fourier Transform Infrared (FTIR) İncelemeleri

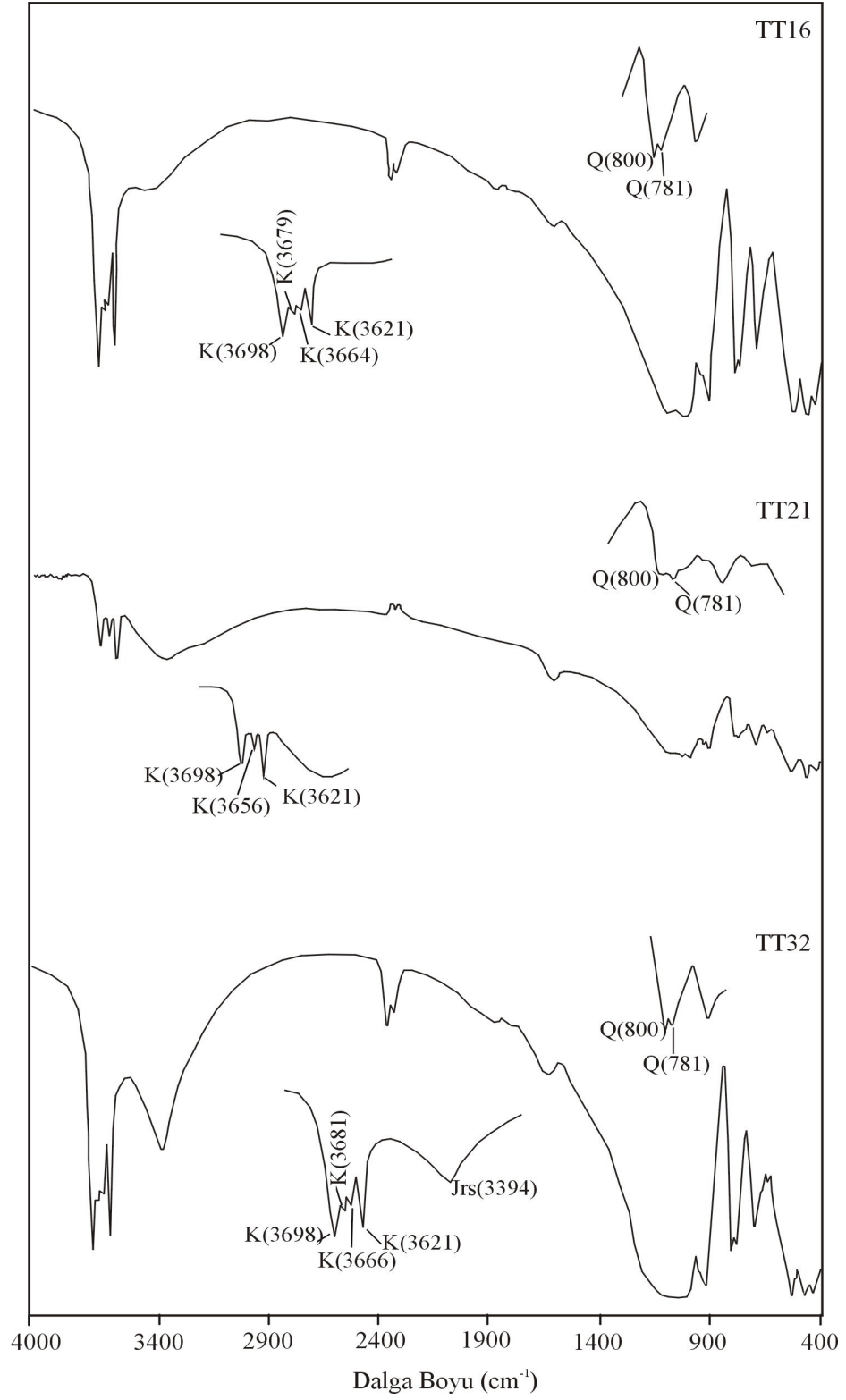
Çalışma alanından sistematik olarak toplanan örneklerin tamamı FTIR yöntemiyle incelenmiştir. Şekil 5.1’de örneklerden tipik olanlarının FTIR spektrumları ve minerallerin karakteristik pikleri gözlenmektedir. FTIR spektrumları incelendiğinde örneklerin ana mineral bileşenlerini kuvars ve kaolinin oluşturduğu görülmektedir. Bazı örneklerin bileşiminde bu minerallerle beraber simektit, kalsit, Jarosit, jips opal ve zeolit gibi minerallerde bulunmaktadır.

Kaolinit minerali 3700 ve 3600 cm^{-1} arasında OH bandı keskin pikler verdiği bilinmektedir [38]. Örneklerin FTIR spektrumları incelendiğinde 3698 , 3675 , 3654 ve 3621 cm^{-1} arasında kaolinit için karakteristik olan dört OH’dan kaynaklanan pikler ortaya çıkmaktadır. Kuvars ise $798\text{--}780\text{ cm}^{-1}$ ’deki Si-O’dan kaynaklanan çift pikle kendini göstermektedir. FTIR spektrumlarında, kalsit (712 cm^{-1} dolaylarında) , opal CT (798 cm^{-1} ve 3400 cm^{-1}), jarosit (3392 cm^{-1}), simektit (3620 cm^{-1}) ve hidroksil grubu (1640 cm^{-1}) moleküllerden kaynaklanan ve bu minerallere ait olan karakteristik pikler de gözlenmektedir. Ayrıca bazı örneklerde çok zayıf karbonat pikleri de ($1500 - 1400\text{ cm}^{-1}$) belirlenmiştir. Örneklerin mineral içerikleri Ek-1’de verilmiştir.

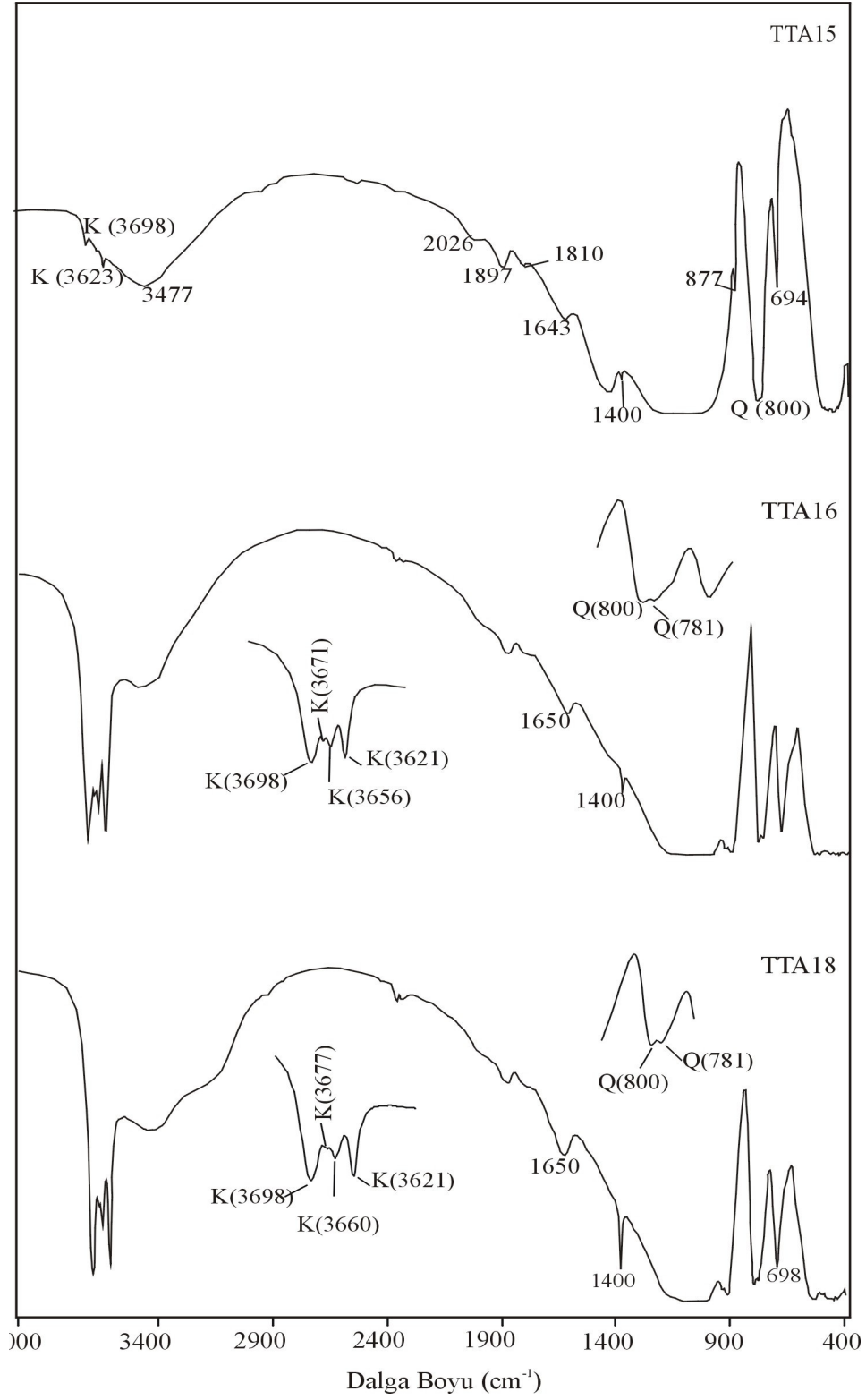
FTIR analizlerinde örneklerin ana silis fazını kuvars oluştururken, bazı örneklerde ana silis fazı olarak kuvars yerine opal-CT geçtiği görülmektedir. Kapadokya örneklerinde karbonat minerallerinin çok az miktarda olması ya da bulunmaması ve sülfat minerallerinden jarositin, kaolin ve kuvars mineralleriyle beraber bulunması ve opal-CT’nin varlığı olası bir hidrotermal ayrışmaya işaret etmektedir.



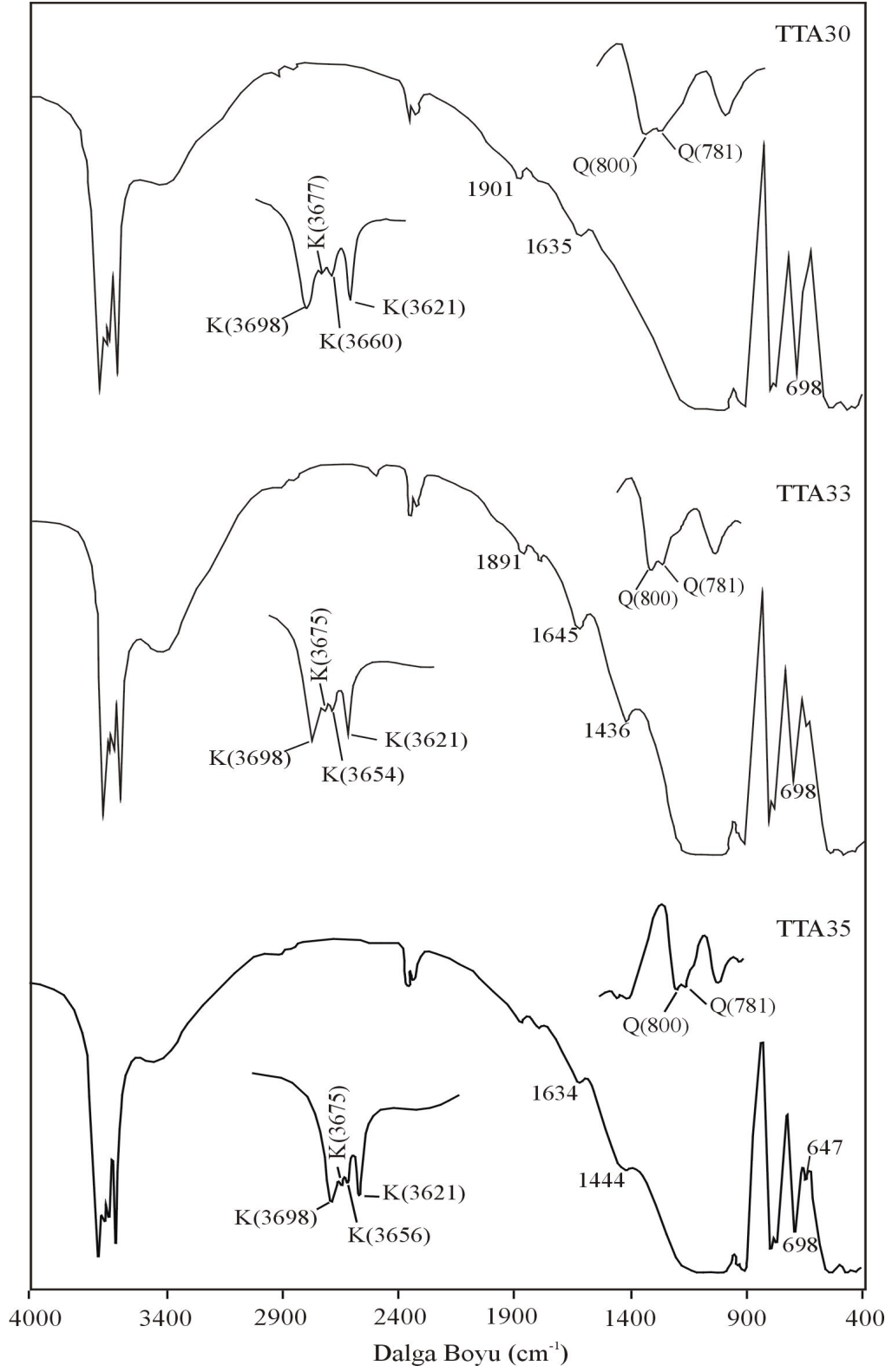
Şekil 5.1. Kapadokya bölgesinden alınan örneklerden tipik olanlarının FTIR spektrumları (K:Kaolinit; Q: Kuvars; Jrs; Jarosit).



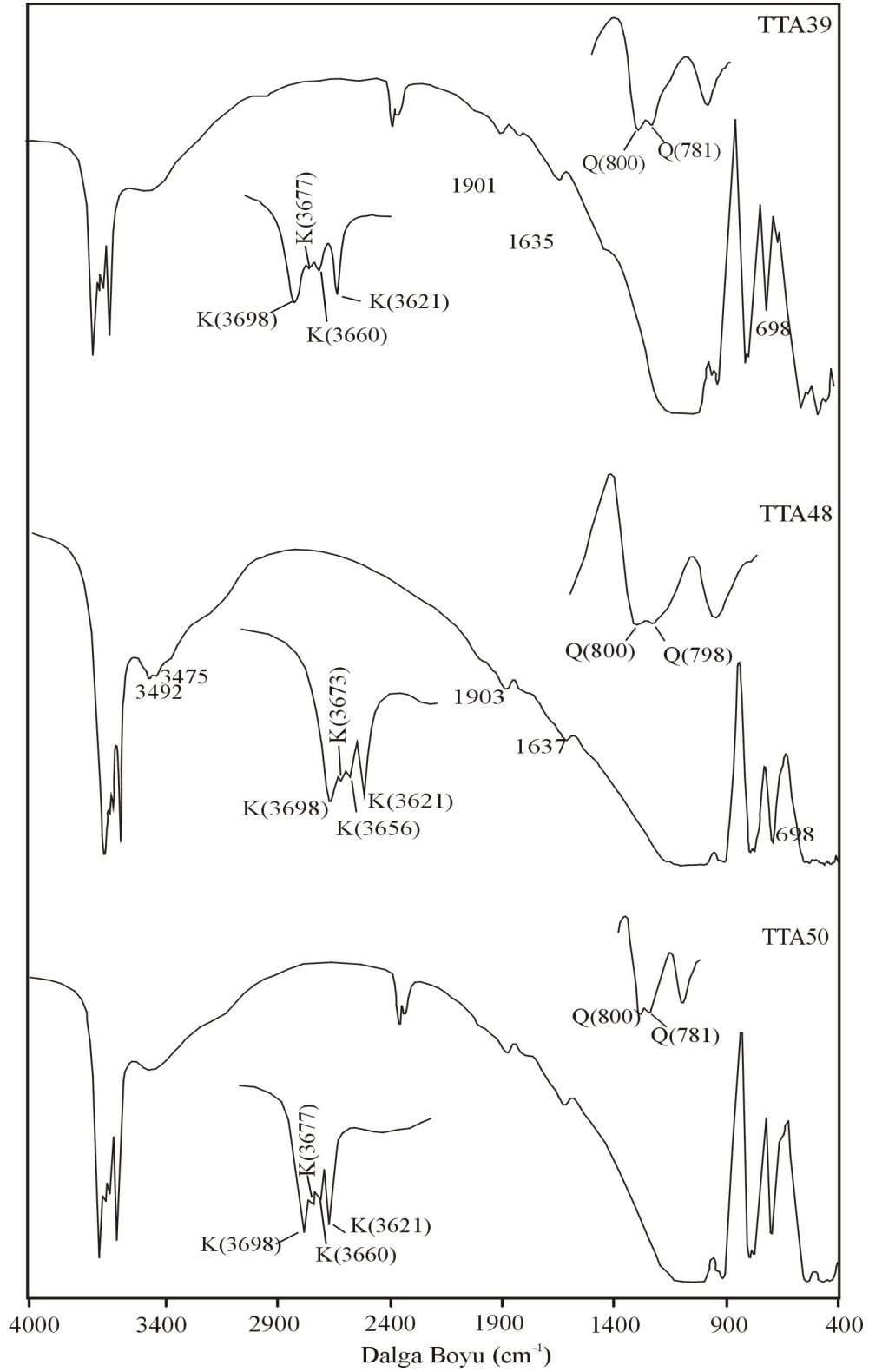
Şekil 5.1. (devam).



Şekil 5.1. (devam).



Şekil 5.1. (devam).



Şekil 5.1. (devam).

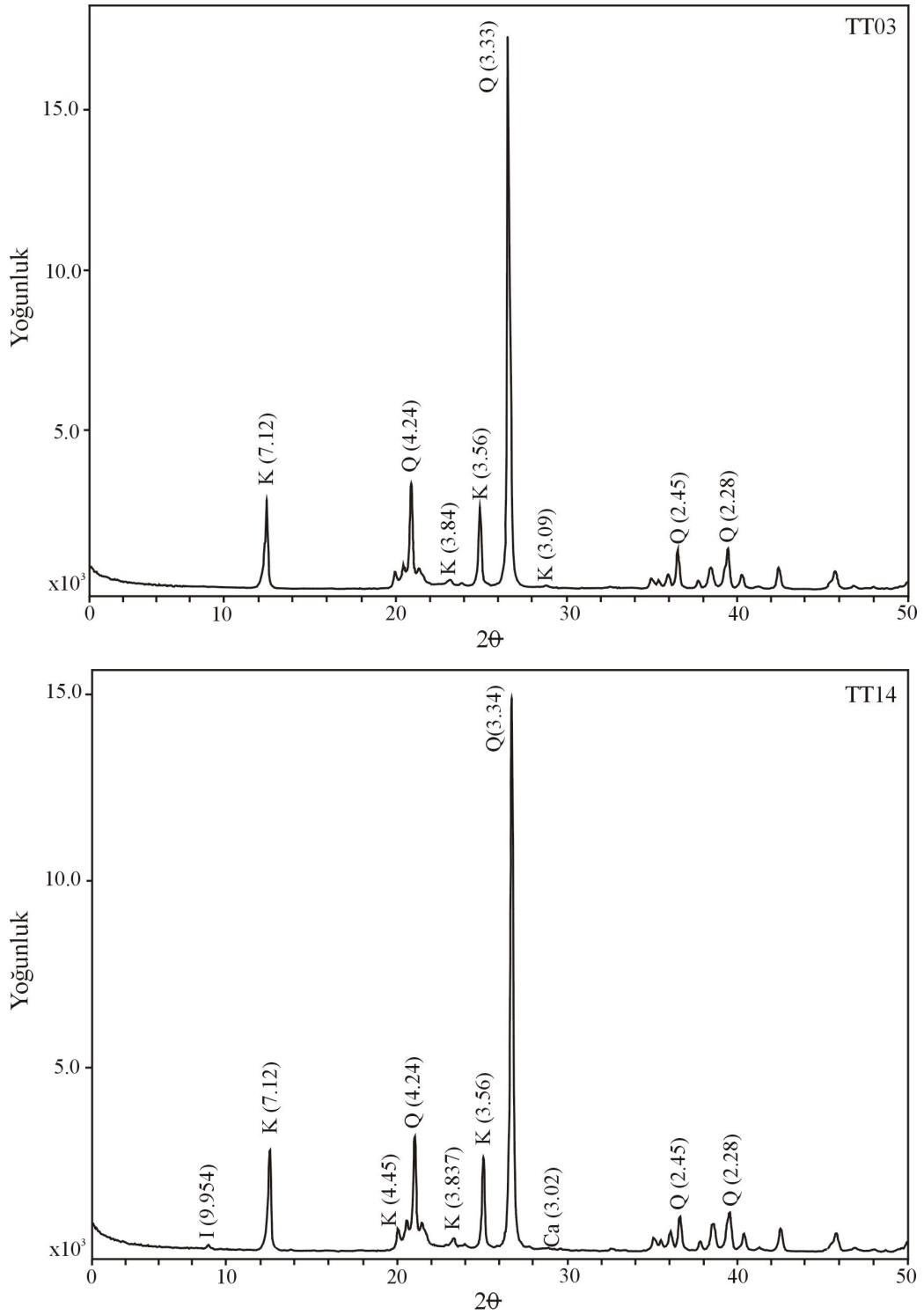
5.1.2. X-Isınları Difraksiyonu (X RD) İncelemeleri

FTIR analizlerinden sonra çalışma alanı içerisinde yer alan killeşmiş örneklerin kil ve diğer mineral bileşenlerinin belirlenmesi amacı ile 16 örnek üzerinde XRD-tüm kayaç analizi ve 1 örnek üzerinde ise XRD-kil fraksiyonu çözümü yapılmıştır. Araziden alınan örneklerden tipik olanların XRD-tüm kayaç, kil fraksiyonu difraktogramları mineral içerikleriyle beraber verilmiştir (Şekil 5.2). XRD tüm kayaç analiz sonuçları FTIR yöntem ile elde edilen sonuçları desteklemektedir.

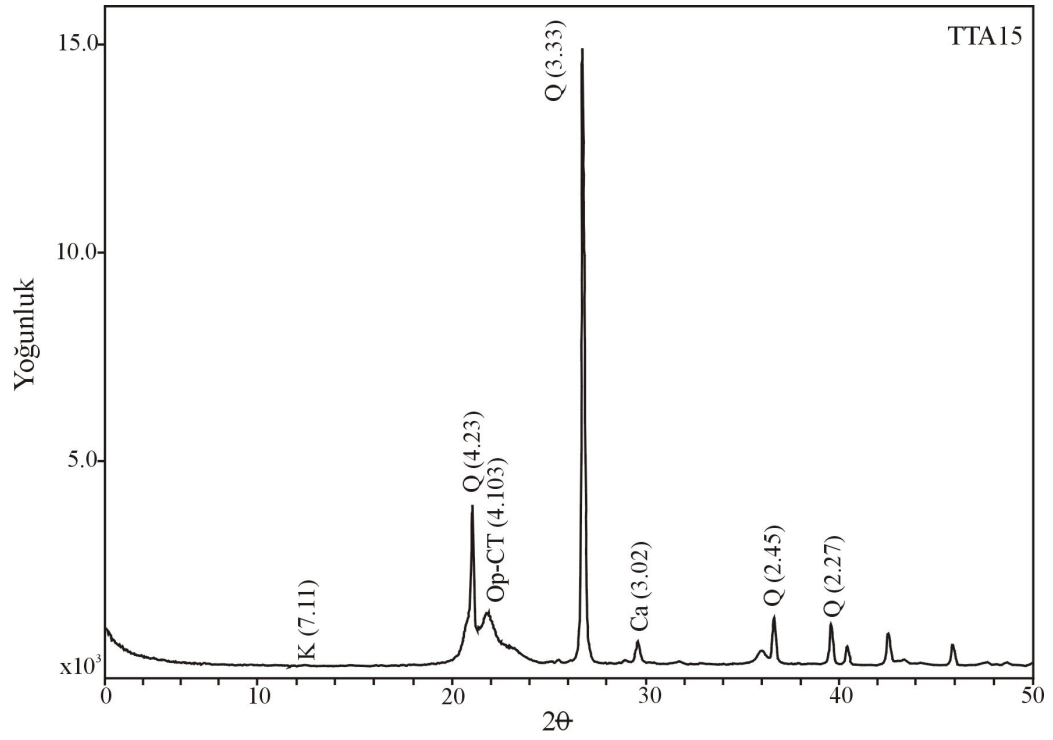
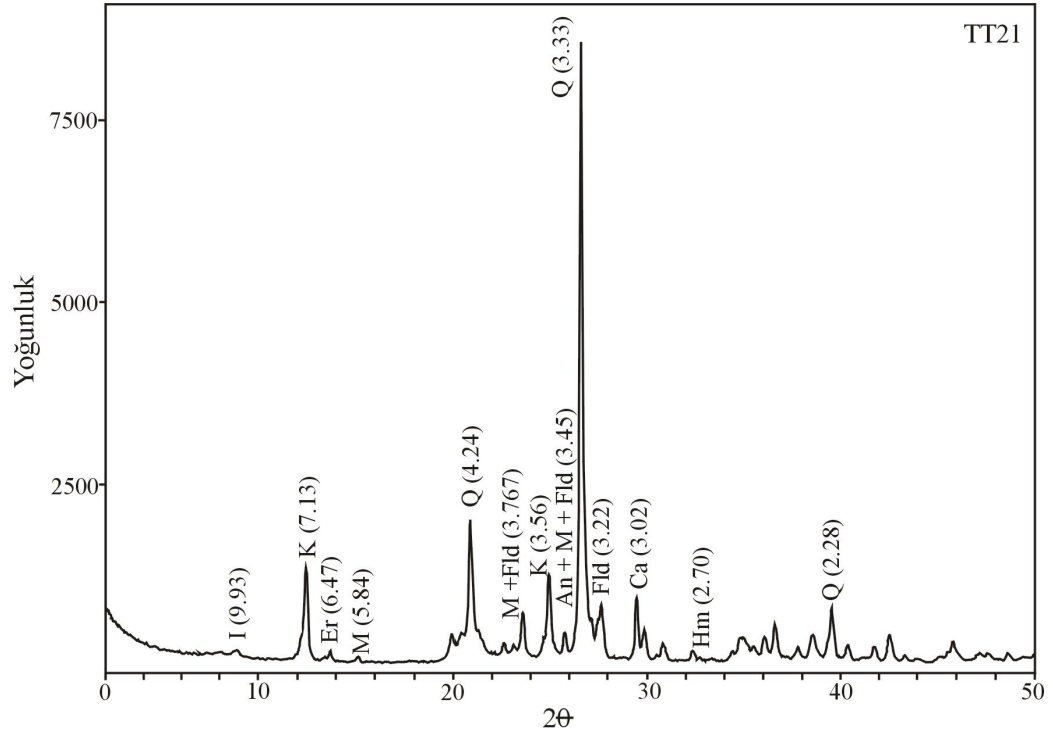
Belirlenen minerallerden bir silis polimorfu olan opal-CT'nin (düzensiz yapılu α -kristobalit+ α -tridimit) XRD tanımlaması Jones ve Segnit'in [39] verilerinden yararlanılarak yapılmıştır. Opal -CT'nin tipik piki $\sim 4.10 \text{ \AA}^\circ$ civarındadır [40]. Bolluk sırasına göre; en yaygın tüm kayaç mineral parajenezlerini kuvars + kaolin oluşturmaktadır. Bazı örneklerde bu birlikteliğe opal-CT, jarosit, kalsit, feldispatlar, zeolit ve nadir olarak demir mineralleri eşlik etmektedir. Örneklerin mineral içerikleri Ek-1'de verilmiştir.

XRD difraktogramları incelendiğinde baskın kil mineralinin kaolinit olduğu görülmüştür. Kaolinit mineralinin genel olarak $7.1- 4.44 - 3.84 - 3.56 - 3.09 \text{ \AA}^\circ$ civarında pik verir. Kuvars minerali $4.27 - 2.28 \text{ \AA}^\circ$ arasında, zeolit mineralleri $6.6 - 3.45 \text{ \AA}^\circ$ arasında, illit ve simektit $10.95 - 9.8 \text{ \AA}^\circ$ arasında ortaya çıkan piklerle kendini göstermektedir. Difraktogramlarda, kalsit için $3.02 \text{ (}\text{Å}^\circ\text{)}$, feldispat mineralleri için $3.2 \text{ (}\text{Å}^\circ\text{)}$, opal CT $4.02 \text{ (}\text{Å}^\circ\text{)}$ ve jarosit için karakteristik olan $5.09 \text{ (}\text{Å}^\circ\text{)}$ pikleri de tespit edilmiştir. Bazı örneklerde çok zayıf ve hematit için karakteristik olan $2.69 \text{ (}\text{Å}^\circ\text{)}$ piki tespit edilmiştir.

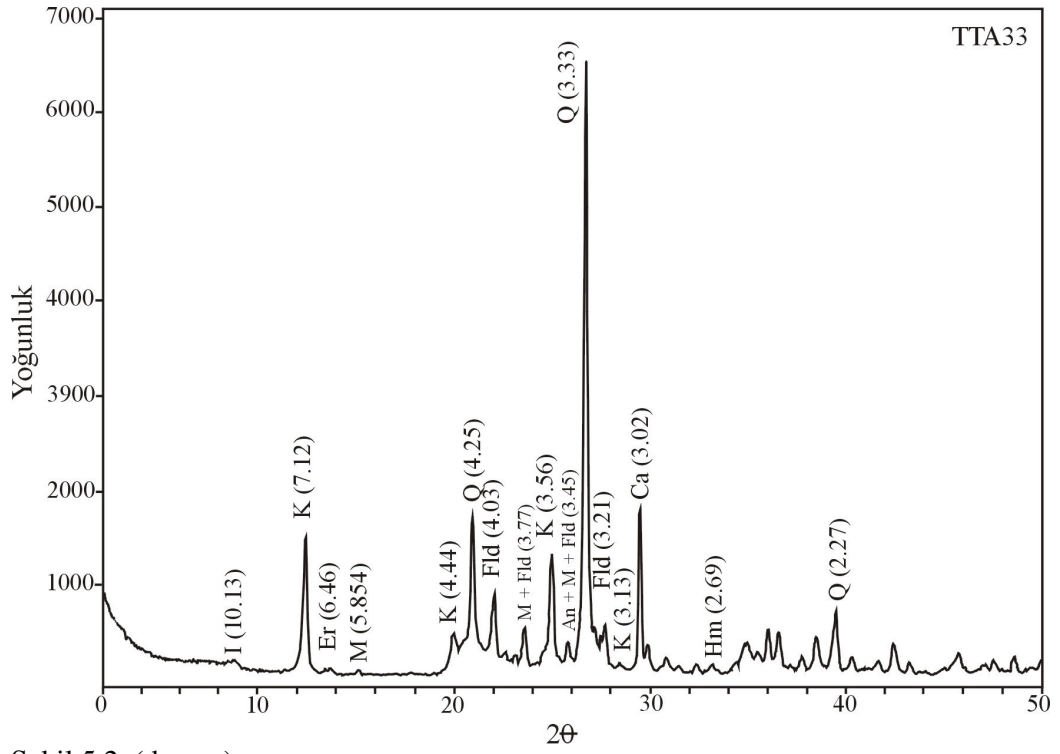
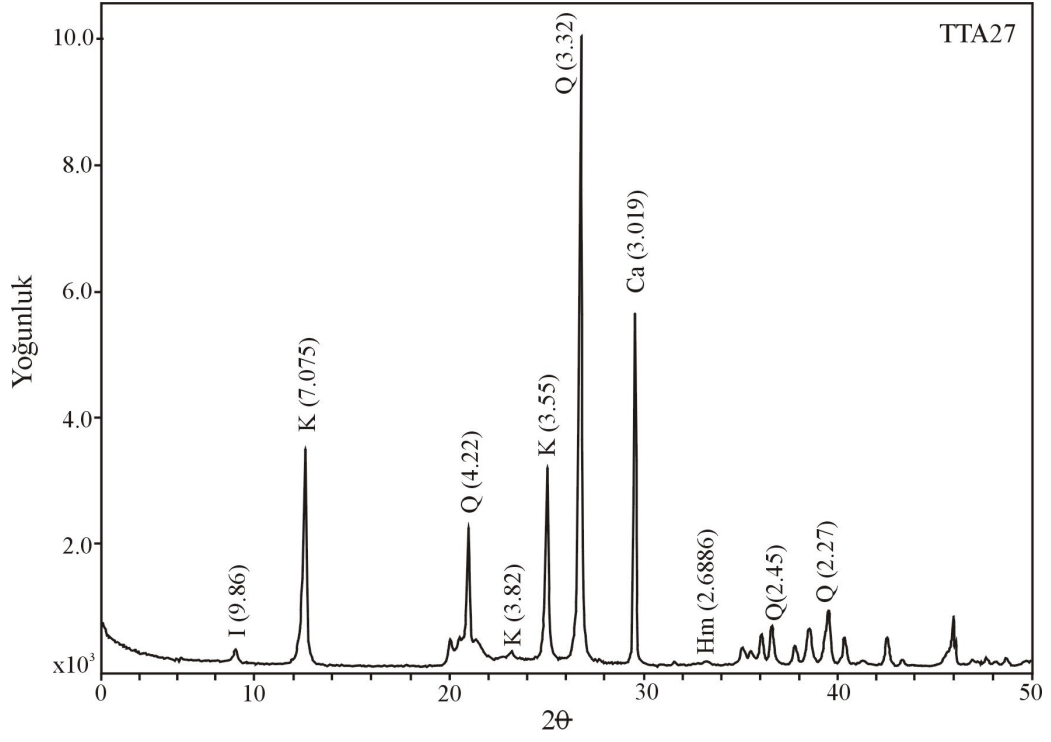
Çalışma bölgesinde alınan örneklerden elde edilen kil fraksiyonlarına ait XRD difraktogramı Şekil 5.3'te verilmiştir. Kil fraksiyonuna ait difraktogram incelendiğinde (Şekil 5.3) örneklerin ana kil mineralinin kaolinit olduğu görülmektedir.



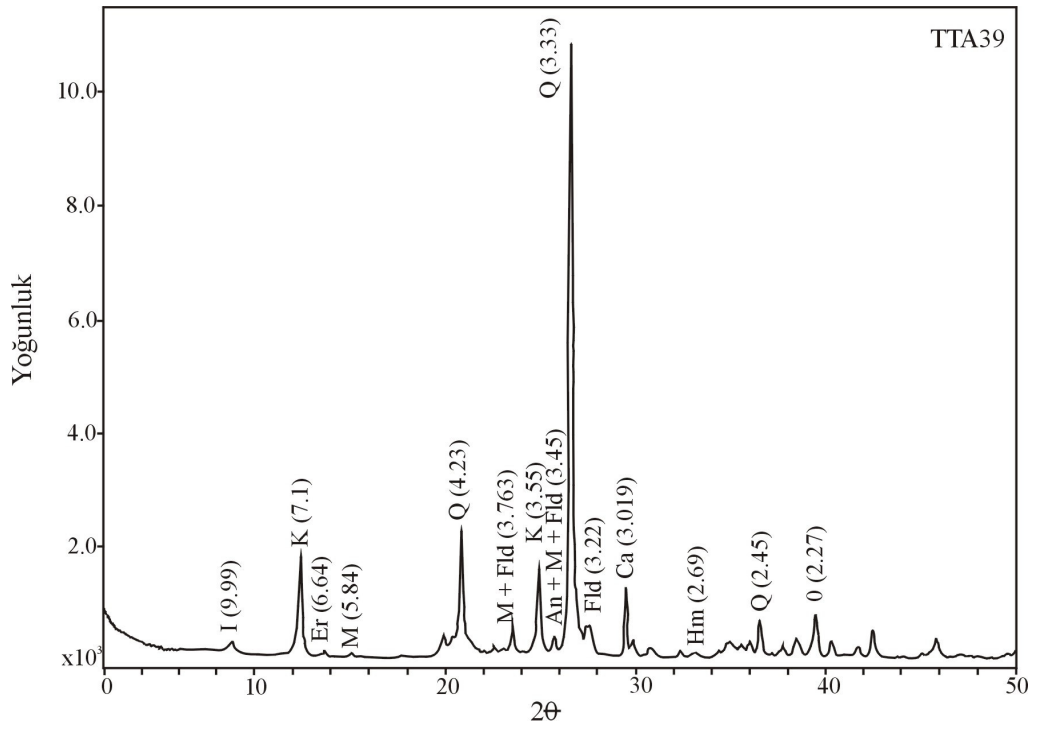
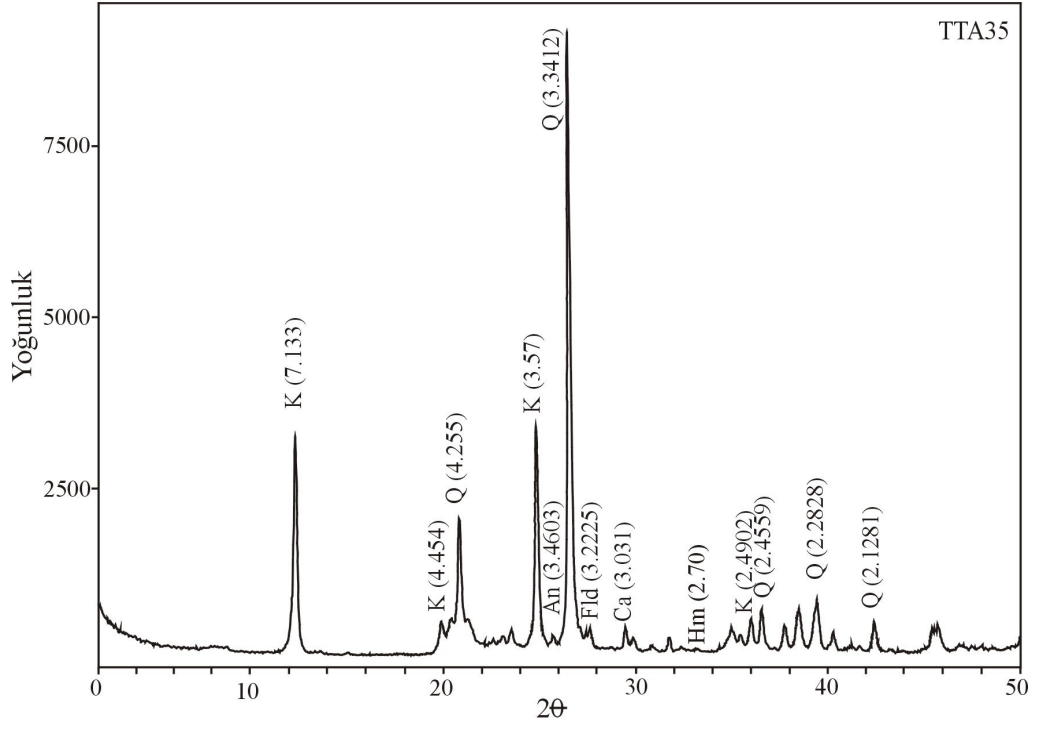
Şekil 5.2. Kapadokya bölgesinden alınan örneklerden tipik olanlarının XRD difraktogramları (K: kaolinit, Q: kuvars, I: illit, Opal-CT: opal kristobalit, Ca: kalsit, Fld: feldispat, Er: erionit, M: mordenit, An: analsim, Hm: hematit,).



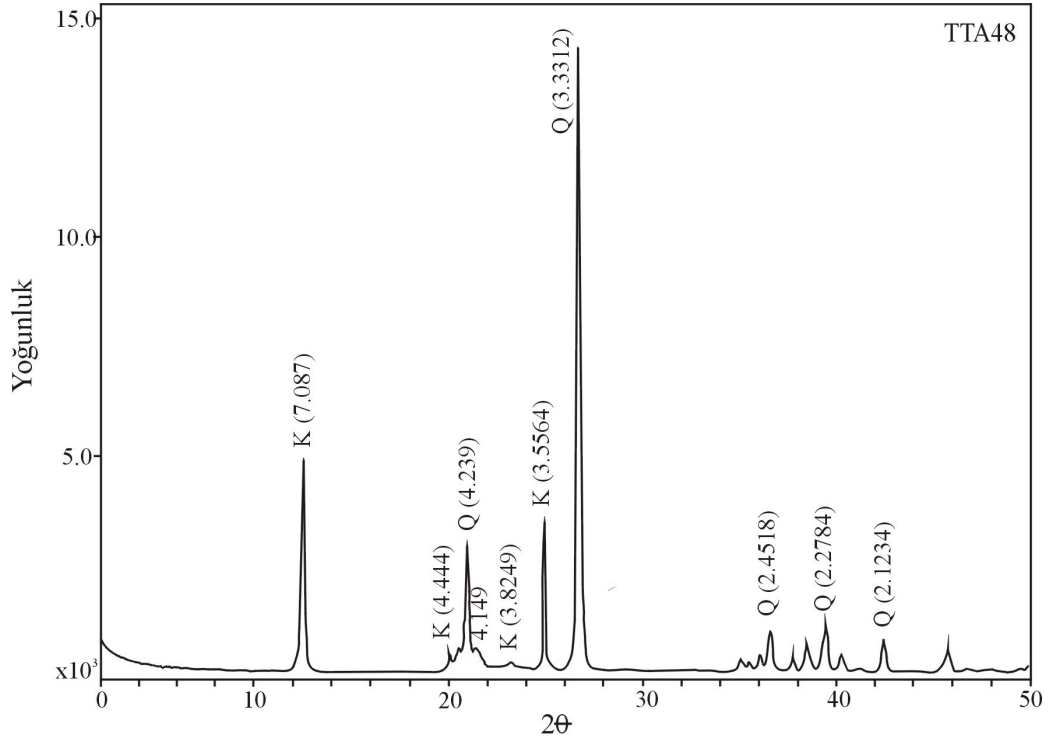
Şekil 5.2. (devam).



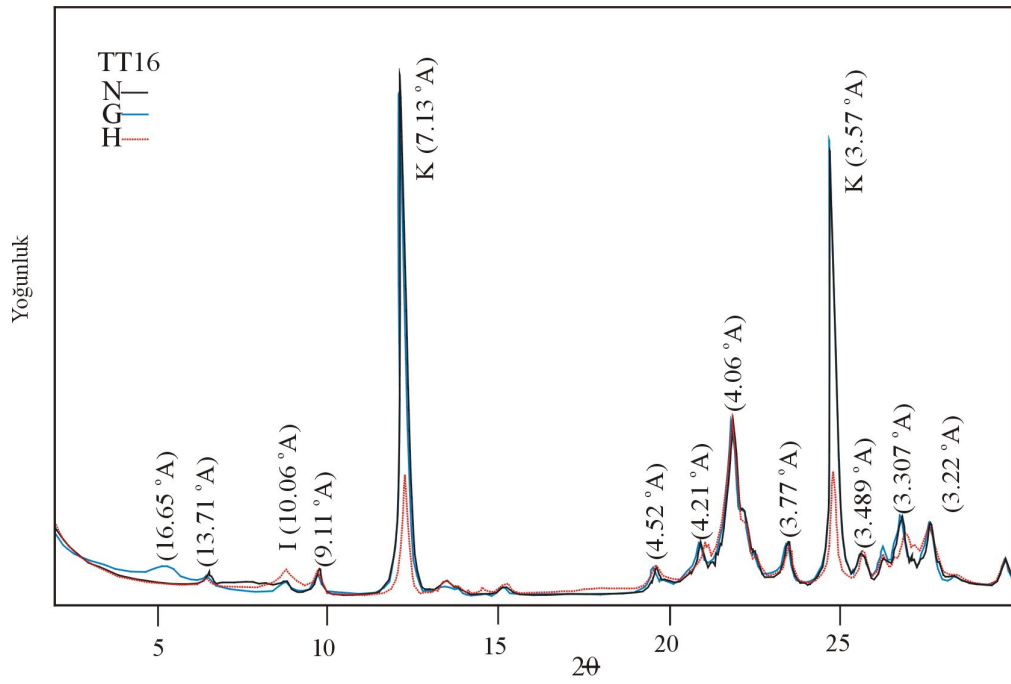
Şekil 5.2. (devam).



Şekil 5.2. (devam).



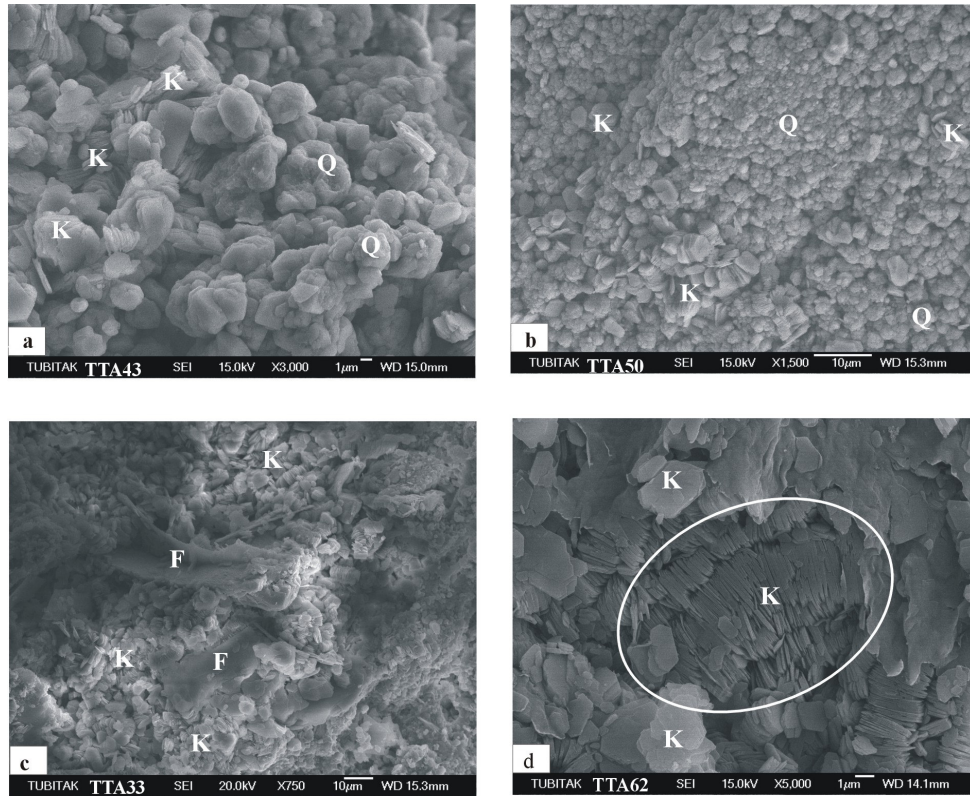
Şekil 5.2. (devam).



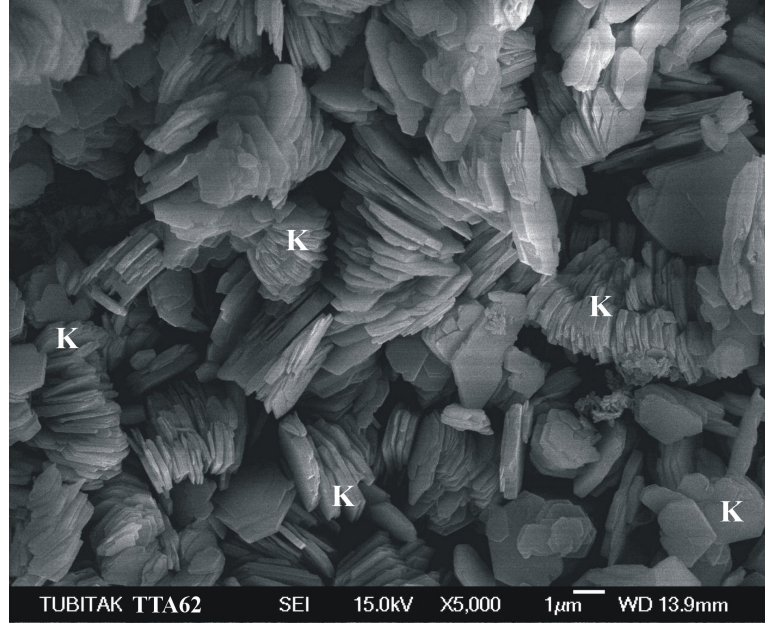
Şekil 5.3. TT16 örneğine ait kil fraksiyonunun XRD difraktogramı (N: normal, G: glikollü, H: ısıtılmış).

5.2.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri

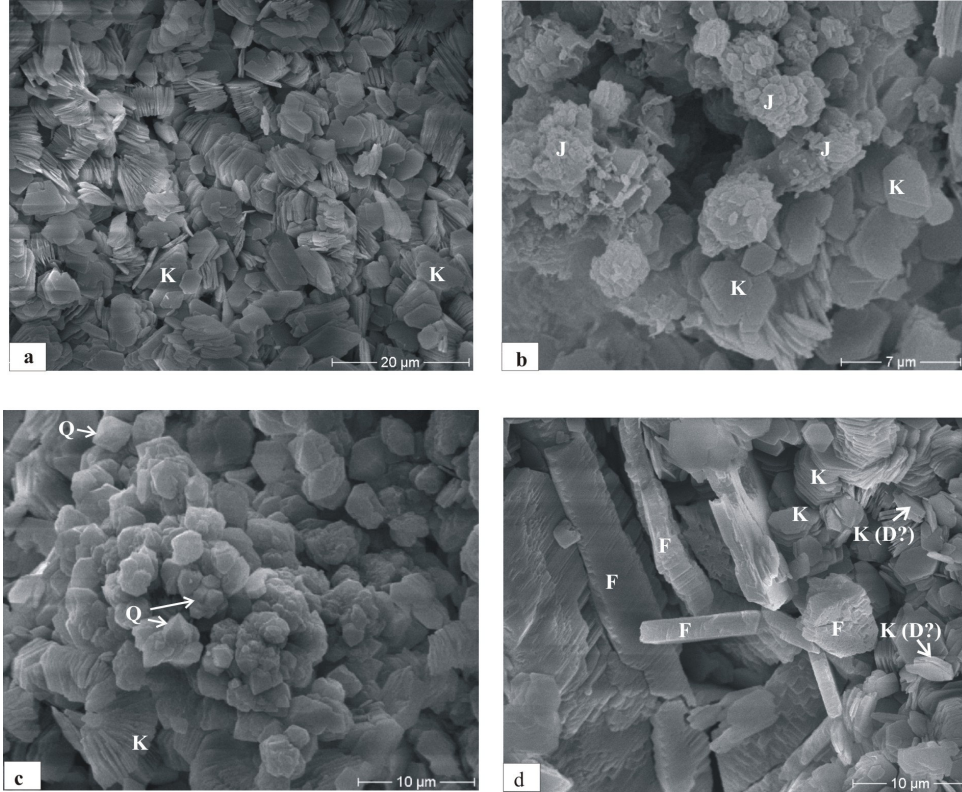
Çalışma bölgesinden alınan örneklerin taramalı elektron mikroskobunda (SEM) incelemeleri sonucunda minerallerin morfolojik, dokusal özellikleri, bileşimi, kristallenmesi ve oluşumu hakkında bilgi edinilmesi hedeflenmiştir. Tüm örneklerde kaolinit için tipik olan kitapçık, akordiyon yapıları ve psödoheksagonal kaolinit levhaları belirgin bir şekilde görülmektedir (Şekil 5.4 ve 5.5) [41]. Keller [41]'e göre kaolinit levhaların düzgün kenarlı olmaması ve levhaların oluşturduğu paketlerin gevşek dokulu olması ve kristallerin ince taneli olması hidrotermal oluşumu göstermektedir. Kapadokya örneklerinde de bu tür yapılar ve dokulara rastlanmıştır. Ayrıca örneklerde feldispat, jarosit ve yeni oluşmuş kuvars kristalleri de görülmektedir (Şekil 5.6). Kaolinit levhalarının düzgün kenarlı olamamaları yerinde oluşumun (in-situ) diğer bir göstergesidir. SEM incelemeleri bölgeden alınan örneklerin bileşiminde bulunan minerallerin yerinde oluştuklarına işaret etmektedir.



Şekil 5.4. Örneklere ait SEM görüntüleri. a-b: kaolinit ve kuvars, c: kaolinit ve feldispat, d: kaolinitler için tipik olan akordiyon yapısı.



Şekil 5.5. Kaolinitler için tipik olan kitapçık ve akordiyon(d) yapıları.



Şekil 5.6. Kaolinitik tüflerin SEM görüntüsü. a: heksagonal- psödo heksagonal kaolinit yapıları, b: jarosit ve kaolinit, c: kaolinit ve yeni oluşmaya başlamış kuvars kristalleri, d: kaolinit (veya dikit) ve feldispat.

5.2. JEOKİMYA

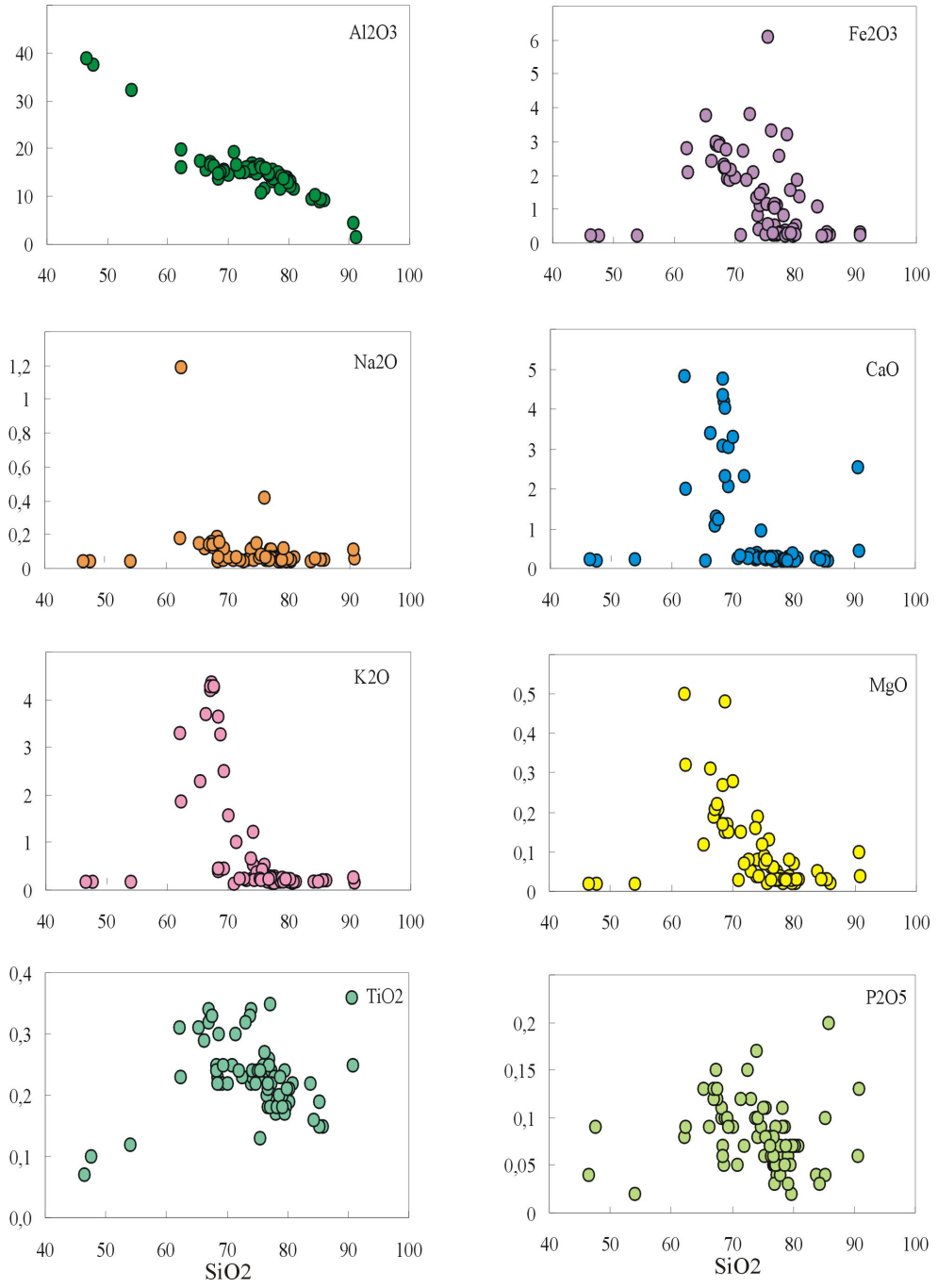
Araziden alınan örnekler üzerinde ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır (Ek-1). Analizler yardımıyla örneklerin kimyasal içeriğinin ortaya çıkarılması, kaolin oluşumuna kaynaklık eden ana kayaç ve alterasyonun gelişimi hakkında bilgi edinilmesi hedeflenmiştir.

5.2.1. Ana Element Jeokimyası

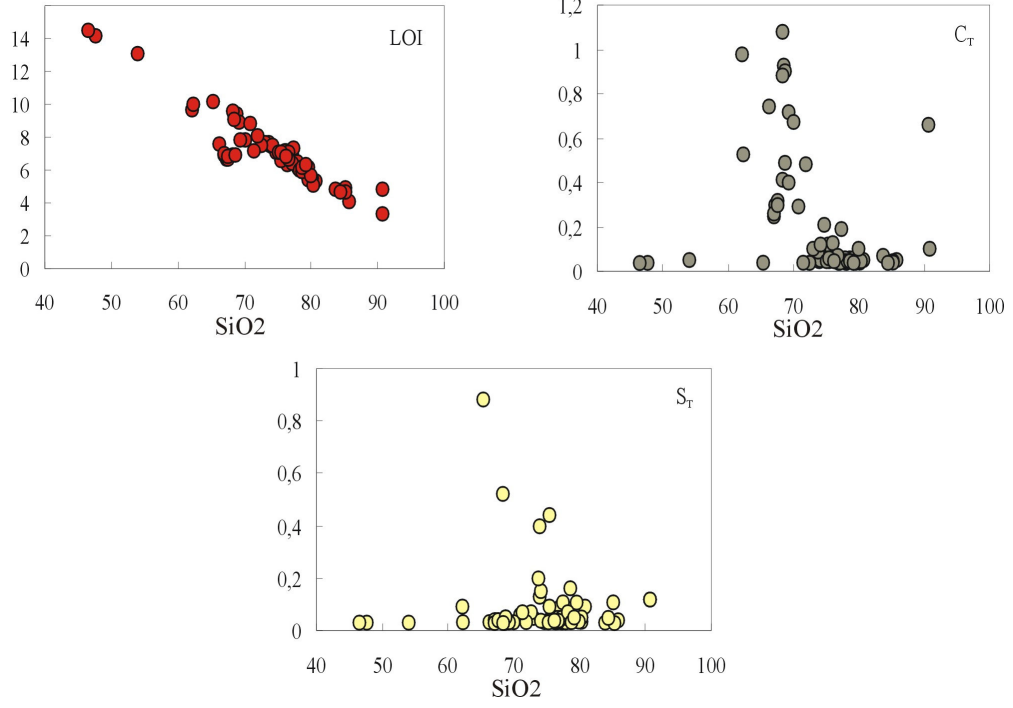
Toplam 70 örnek üzerinde ana element analizi ve yapılmış olup örneklerin ana element içerikleri Ek-1'de gösterilmiştir. Ayrıca süspansiyon-çöktürme yöntemiyle elde edilen 3 örneğin ana element içerikleri de belirlenmiştir.

Örneklerin SiO_2 içeriği çok değişken olup, %62 ile %91 arasında değişmektedir. Yüksek silis içeriğine sahip örnekler mineralojik olarak kuvars içermekte ve bölgedeki tepeleri oluşturmaktadırlar. Örneklerin Al_2O_3 içeriği ortalama % 14.2 iken, bazı örneklerde % 20'ye kadar çıkmaktadır. Diğer ana oksit miktarları sırasıyla Fe_2O_3 : % 0.04 – 6,1; MgO : % 0.01– 0.5; CaO : % 0.02 – 4.9; Na_2O : % 0,02 – 1,2; K_2O : % 0.08 – 4.4; TiO_2 : % 0.01– 0.9; MnO : % 0.01– 0.1 ve P_2O_5 içeriği % 0.02 – 0.2 arasında değişmektedir. Bu bölgedeki örneklerin toplam karbon (C_T) ve toplam kükürt (S_T) içerikleri ise % 1'den küçüktür. Örneklerin ateşte kayıp değerleri ise (LOI) % 3.3 – 10.2 arasında değişmektedir.

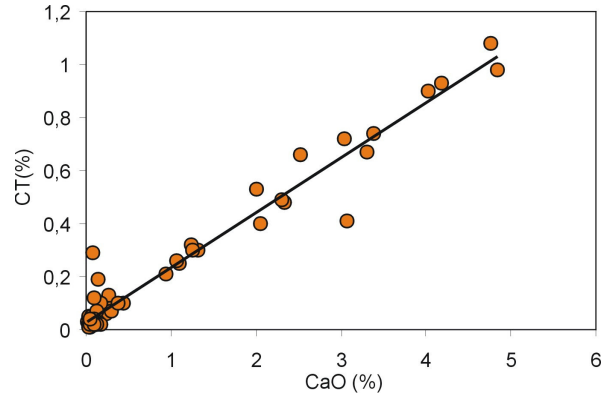
Çalışma alanından alınan örneklerin ana elementlerin birbirleriyle olan ilişkilerine bakıldığında (Şekil 5.7) sadece SiO_2 ile Al_2O_3 ve LOI arasında negatif bir ilişki görülmektedir ve kaolinleşme (killeşme) sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca CaO ile C_T arasında kuvvetli pozitif bir ilişki vardır ($r= 0.97$ ve Şekil 5.8), buda bu iki bileşenin aynı mineralin (kalsit) yapısında bulduklarının bir göstergesidir. SiO_2 ile C_T ve S_T ilişkilerine bakıldığında SiO_2 ile aralarında belirgin bir ilişki olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.7. Alterasyona uğramış olan kayaların SiO₂ ye karşı ana element % değişimleri.



Şekil 5.7. (devam).



Şekil 5.8. Örneklerin CT miktarının CaO'ya göre değişimi.

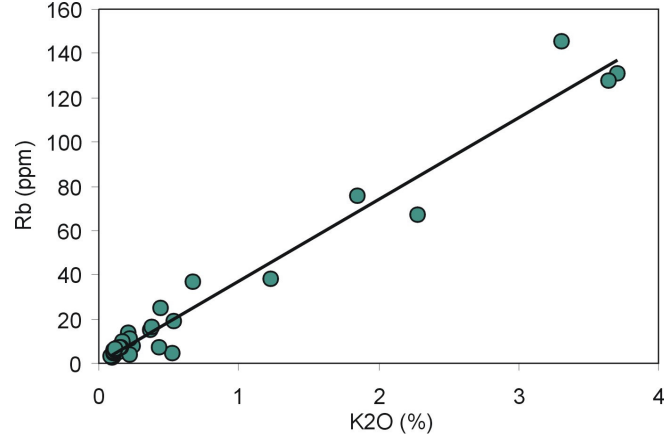
5.2.2. İz Element ve NTE Jeokimyası

Ana element içerikleri belirlenen örneklerden 36 adet toplam ve süspansiyon-çöktürme yöntemiyle elde edilen üç adet kaolinit örneğinin (kil fraksiyonu) iz ve nadir toprak element içeriği saptanmıştır (Ek-1). Örneklerin iz

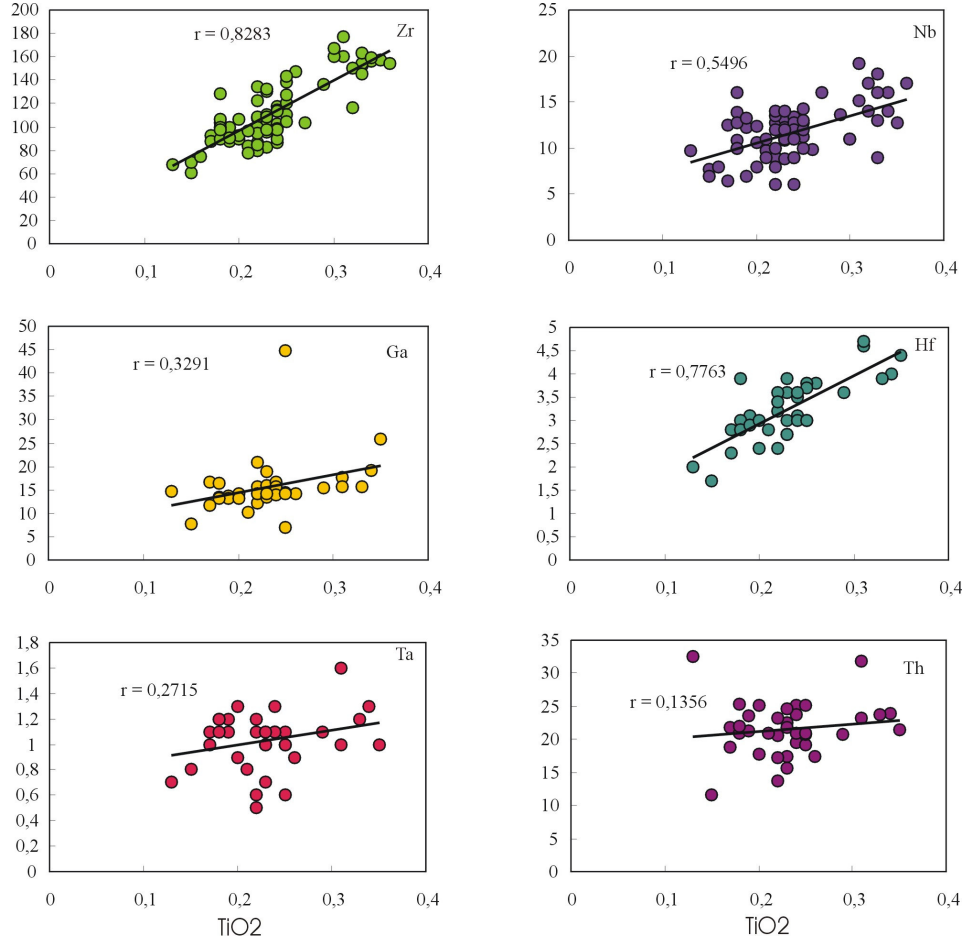
element dağılımlarına bakıldığında büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerden K, Ba, Sr ve Rb miktarları önemli değişimler göstermektedir. Örneklerin Ba içeriği 14 ppm ile 4132 ppm ve Sr içeriği 47 ppm ile 440 ppm arasında değişirken, Rb değerleri düşük olup (üç örnek hariç) 50 ppm altındadır. Örneklerin düşük Rb değerleri bu elementin killeşme esnasında ortamdan uzaklaştığını gösterirken, yüksek Ba miktarları bu elementin kili oluşturan çözeltilerle beraber ortama gelmiş olabileceğine işaret etmektedir. Örneklerin Sr içeriklerinin önemli değişimler göstermesi ilksel kayacın farklı bileşime sahip olabileceğini göstereceği gibi bu elementin örneğin Rb'ye göre daha az hareketli olmasından da kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Jeolojik süreçlerde hareketsiz davranan uyumsuz elementlerden Zr, Nb, Ga, Hf, Ta ve Th'un değerleri daha az değişim göstermektedirler. Bu elementlerin örneklerdeki ortalama miktarları sırasıyla Zr:109.6 ppm; Nb:11 ppm; Ga: 14.6 ppm; Hf:3.4 ppm; Ta:1.0 ppm ve Th: 20.7 ppm'dir. Ayrıca örneklerin diğer bazı iz element içerikleri ise sırasıyla; Zn miktarı <0.1 ppm ile 35 ppm arasında değişirken, Cu miktarı 0.4–24.8 ppm arasında değişmektedir. Diğer bazı element miktarları: Pb ortalama 9.7 ppm, Ag <0.1 ppm, Au 1.55 ppb, Hg 0.52 ppm Ni miktarı 6.6 ppm'dir.

İz elementlerinin ana elementlerle ve birbiriyle olan ilişkilerine bakıldığında K₂O ile Rb arasında kuvvetli bir pozitif ilişki bulunmaktadır ($r=0.98$, Şekil 5.9). K-feldispat, illit/mika gibi minerallerin kristal kafes yapılarında yer alan K miktarının artışıyla K'nın iyon yarıçapı ve yüküne benzer özellikte olan Rb miktarı da artmaktadır. HFSE olarak tanımlanan elementlerle (Zr, Nb, Ga, Hf, Ta, Th) ana oksitlerden TiO₂ arasında bir korelasyon mevcuttur (Şekil 5.10). Bu davranış yukarıda belirtilen elementlerin aynı minerallerin yapısında bulunmalarında kaynaklanmaktadır (Titan, İlmenit vs.).

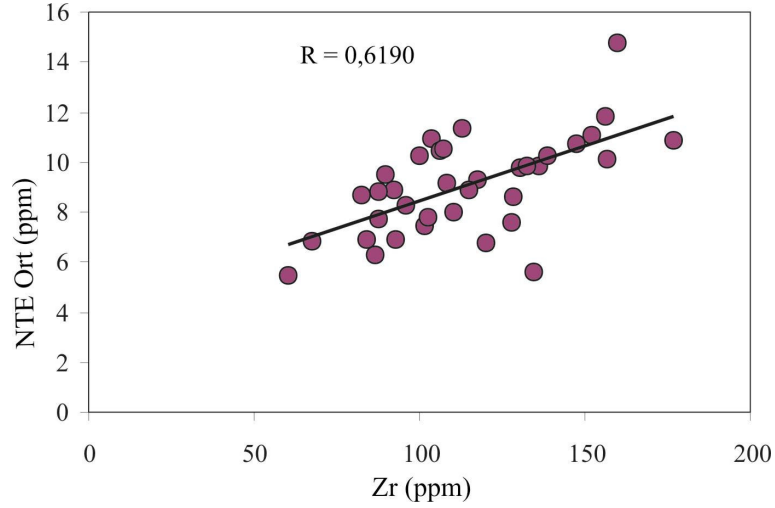


Şekil 5.9. Örneklerin K₂O-Rb değişim grafiği.



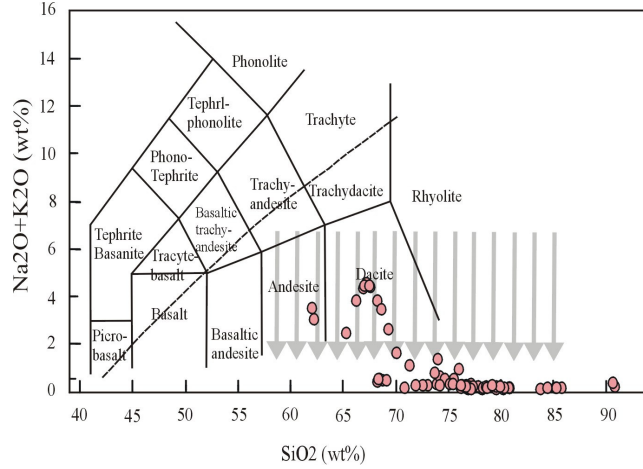
Şekil 5.10. Örneklerin TiO₂'ye karşı HFSE elementlerinin değişim diyagramları.

Örneklerin ortalama nadir toprak element (La-Lu) içerikleri 95 ile 208 ppm arasında değişmektedir. Yapılan istatistikî değerlendirmede ana elementlerle NTE elementleri arasında herhangi bir ilişki yoktur. İz elementlerden sadece Zr ile NTE elementleri arasında kuvvetli bir pozitif ilişki bulunmaktadır ($r=0,62$, Şekil 5.11). Buda NTE elementlerinin büyük bir olasılıkla zirkon mineralinin yapısında yer aldıklarını göstergesi olarak düşünülebilir.



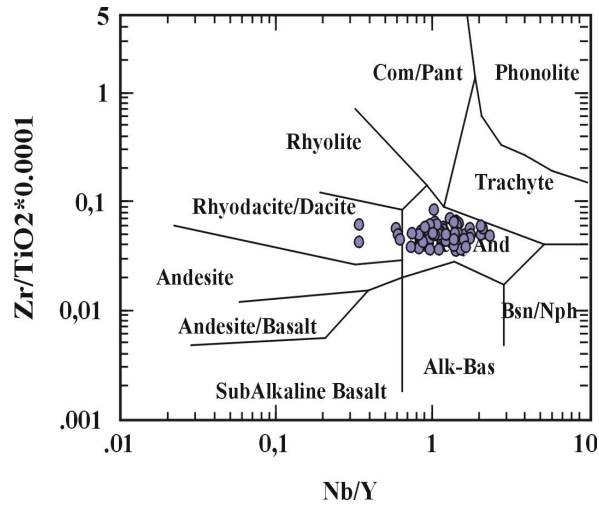
Şekil 5.11. Örneklerin NTE-Zr değişim grafiği.

Çalışma alanında ayrışma veya hidrotermal alterasyon sonucu oluşan kaolinitlerin kaynaklandığı ilksel kayacın bileşimini ortaya koyabilmek için değişik kimyasal adlandırma diyagramları kullanılmıştır. Şekil 5.12’de SiO_2 -toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) kayaç sınıflandırma diyagramında [42] örneklerin tamamına yakın bir kısmı tanımlanan alanların dışına düşmektedir. Bunun nedeni yüksek hareketliliğe sahip olan alkali elementlerin killeşme sürecinde ilksel kayacın bileşiminden yani ortamdan uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır.



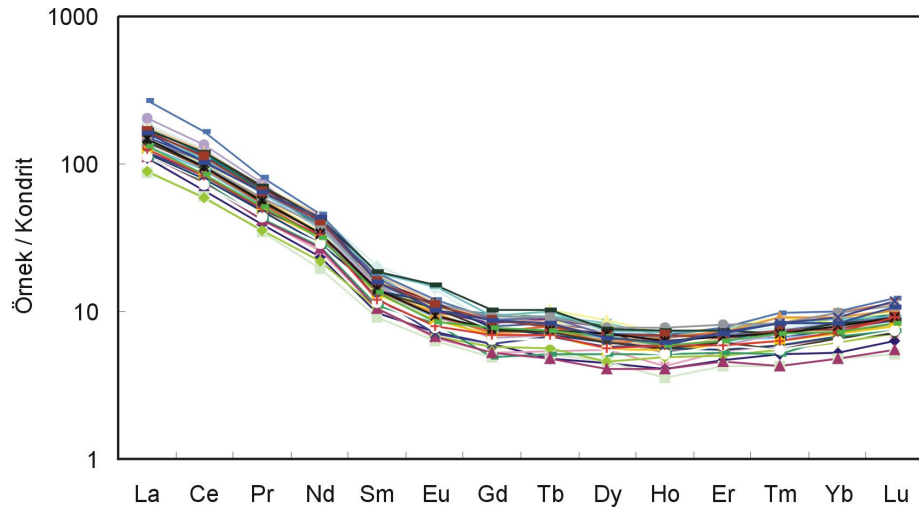
Şekil 5.12. Alterasyona uğramış olan örneklerin SiO₂-toplam alkali (Na₂O+K₂O) kayaç sınıflandırma diyagramı [39].

Alterasyona uğrayan malzemenin ilksel kayacını ortaya çıkarmak için genellikle Zr, Ti, Nb vs. türü HFS (High field strong: yüksek alan şiddeti elementler) elementleri kullanılmaktadır. Çünkü bu elementlerin metamorfizma ve hidrotermal alterasyon gibi jeolojik olaylardan az veya hiç etkilenmedikleri düşünülmektedir [43, 44]). Bu nedenle çalışma bölgesinden toplanan kayaçların isimlendirilmesi için Floyd [45] tarafından hazırlanan Nb/Y-Zr/TiO₂*0.0001 diyagramı kullanılmıştır (Şekil 5.13). Buna diyagrama göre çalışma bölgesinde alınan örneklerin büyük bir kısmı trakiandezit alanına düşerken birkaç tanesi riyodasit–dasit alanına düşmektedir.



Şekil 5.13. Alterasyona uğramış olan örneklerin Nb/Y-Zr/TiO₂*0.0001 kayaç adlandırma diyagramı [45].

Çalışma alanından alınan örneklerin Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları incelendiğinde (Şekil 5.14) hafif nadir toprak elementleri (LREE) ağır nadir toprak elementlerine (HREE) göre ortalama 16 kat zenginleşmişlerdir. $(La/Lu)_N$ değerleri 10.15 ile 20.26 arasında değişmektedir. Bu tür yönelmeler ayrışmaya uğramayan trakiandezit, riyodasit-dasit bileşimli kayalarda da gözlenmektedir ve NTE elementlerinin de HFS elementleri gibi hareketsiz davrandıklarının göstermektedir. NTE elementlerinin en önemli özelliklerinden birisi Ce ve Eu hariç tümünün +3 değerlikli olmasıdır. Ce +3 ve +4, Eu +2 ve +3 değerlikli olarak doğada bulunurlar ve belirli fiziko- kimyasal ortamları karakterize ederler. Örneğin Ce oksitli ortamlarda +4 değerlikli ve CeO₂ şeklinde bulunması aynı zamanda pozitif bir anomali ile kendini gösterir [46, 47]. $Ce/Ce^* = Ce_N / \sqrt{(La_N * Pr_N)}$ formülüne göre hesaplanan Ce anomali değerleri bizim örnekler için genellikle pozitif olup (1.03 – 1.12) oksitleyici ortam ve çözeltileri göstermektedir. $Eu/Eu^* = Eu_N / \sqrt{(Sm_N * Gd_N)}$ formülüne göre hesaplanan Eu- anomali ise genellikle negatif (<1, üç örnek hariç) olup büyük bir olasılıkla ilksel kayaların oluşum koşullarını yansıtmaktadır (plajiyoklas fraksiyonlaşması).



Şekil 5.14. Alterasyona uğramış olan örneklerin Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Normalize değerler Sun nd Mc Danough [48]).

5.2.3. Kütle Değişim Hesapları

Kayaçların alterasyona uğraması esnasında, alterasyona bağlı olarak kayaçta bulunan elementlerin bazılarında ortamdan uzaklaşma bazılarında da zenginleşme gözlenilebilmektedir. Bu çalışmada Element miktarlarında meydana gelen bu değişimlerin belirlenmesi için; altere olan kayaçtaki elementlerde meydana gelen artış ve azalmaların hesaplanmasında, en az altere olmuş örneğin element içeriklerinin temel alındığı, Maclean ve Kranidiotis [49] tarafından geliştirilmiş olan yöntem benimsenmiştir.

Yöntemin uygulanmasında öncelikle en hareketsiz davranan elementler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu sebeple genelde hareketsiz davrandıkları bilinen elementlerden Al, Ti, Hf, Zr, Nb ve Y arasındaki korelasyonlar hesaplanmış (Çizelge 5.1) ve diğer elementlerle en iyi korelasyonu gösteren Zr elementi hesaplamalarda kullanılmıştır.

Çizelge 5.1. Kapadokya (Nevşehir) bölgesinden alınan örneklerin Al, Ti, Hf, Nb, Zr, Y elementlerine ait korelasyon değerleri.

	Al	Ti	Hf	Nb	Zr	Y
Al	1,00	-0,46	0,39	-0,57	-0,53	-0,25
Ti	-0,46	1,00	0,17	0,76	0,89	0,06
Hf	0,39	0,17	1,00	-0,08	0,20	-0,08
Nb	-0,57	0,76	-0,08	1,00	0,78	0,78
Zr	-0,53	0,89	0,20	0,78	1,00	0,68
Y	-0,25	0,06	-0,08	0,77	0,68	1,00

Hesaplamalarda ana, iz ve nadir toprak element içerikleri analiz edilen örnekler kullanılmıştır. Kayıp ve kazanç miktarlarının belirlenmesinde örneklere ait kimyasal analizlerden ateşte kayıp değeri (LOI) çıkartılmış ve analiz sonuçları 100'e tamamlanmıştır (Ek-2). Daha sonra her bir elementin hidrotermal alterasyona göre düzeltilmiş miktarları formül yardımı ile ana elementler gr, iz ve nadir toprak elementler ppm cinsinden hesaplanmıştır. Hesaplamalar için en az altere olan örnek olarak TT21 örneği seçilmiştir.

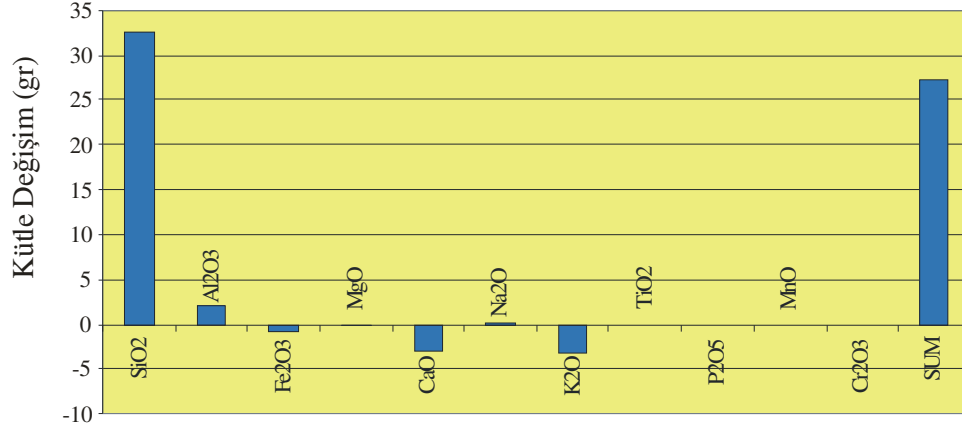
Bu işlemi SiO₂ için yaptığımızı varsaydığımızda kullanılan formül şöyledir;

$$\text{SiO}_2 \text{ (gr)} = \left[\frac{\text{SiO}_2 \text{ (altere kayaç)}}{\text{Zr (altere kayaç)}} \right] \times \text{Zr (taze kayaç)}$$

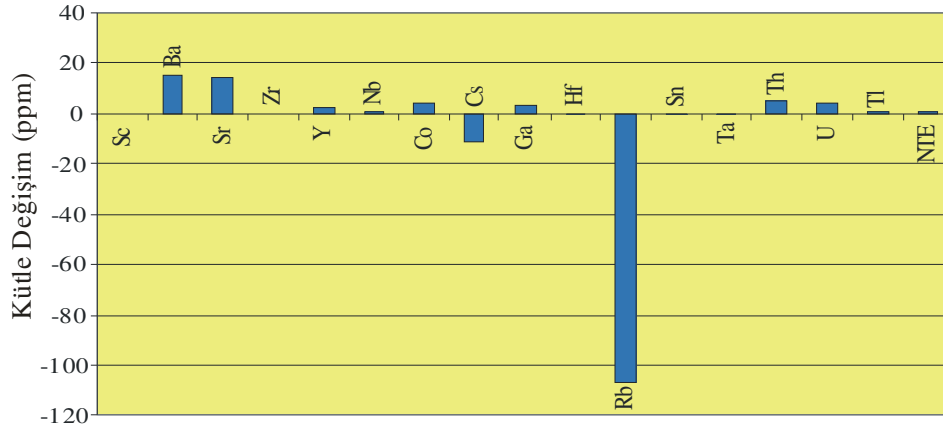
Formül yardımı ile hesaplanarak elde edilen değerlerden en az altere olan örnekteki değerlerin çıkartılması ile her bir elementte meydana gelen kayıp ve kazanç miktarları bulunmuştur. (Ek-3). Çizelgedeki negatif (-) değerler kayıpları, pozitif (+) değerler ise kazançları ifade etmektedir. Örneklerin ortalama değeri alınarak ana ve iz elementlerdeki ortalama değişimleri gösteren histogramlar çizilmiştir (Şekil 5.15).

Ana elementlerdeki değişimleri ifade eden histogramlar incelendiğinde, SiO₂ bileşimlerinde ortalama 32,53 gr'lık bir artış gözlenmektedir. Killeşme süresi içerisinde Al₂O₃ (+ 1,96 gr) neredeyse hareketsiz davranmıştır. Zaten Al₂O₃'ün hareketsiz davranmasından ötürü miktarının neredeyse sabit kaldığı bilinmektedir [50, 51]). Fe₂O₃, K₂O ve CaO değerlerinde azalma gözlenirken MgO ve Na₂O değerlerinde ise neredeyse bir değişme gözlenmemektedir. Kil oluşumunda fazla gelen silis opal-CT ve/veya zeolit ve yankayaçlarda kısmen silişleşmelerin oluşumuna neden olmuştur. MnO, TiO₂, Cr₂O₃ ve P₂O₅ gibi oksitlerin değişiminin eser miktardaki ağır minerallerin (titanomagnetit, apatit, kromit vs.) varlığından kaynaklandığı bilinmektedir. Bu elementler bakımından değişimlerin olmaması örneklerin ağır mineral içermemesinden kaynaklanmaktadır.

İz elementlerdeki değişimlere bakıldığında Rb'da azalma, Sr'da miktarlarında artış oluşu göze çarpmaktadır (Şekil 5.16). Nadir toprak elementlerine bakıldığında değişim olmadığı görülür. Herhangi bir değişimin gözlenmemesi, alterasyona uğramış olan örneklerin nadir toprak element içeriklerinin köken kayaçlarını yansıttıklarını düşündürmektedir. Hidrotermal alterasyon sonucu oluşan kaolen yataklarında özellikle Sr zenginleşmesi hidrotermal çözeltilerin magmatik kaynaklı olabileceği savını desteklemektedir [52].



Şekil 5.15. Alterasyona uğramış olan örneklerin ana oksitlerindeki kütle kayıp ve kazanç değişimleri.



Şekil 5.16. Alterasyona uğramış olan örneklerin iz element ve NTE kütle kayıp ve kazanç değişimleri.

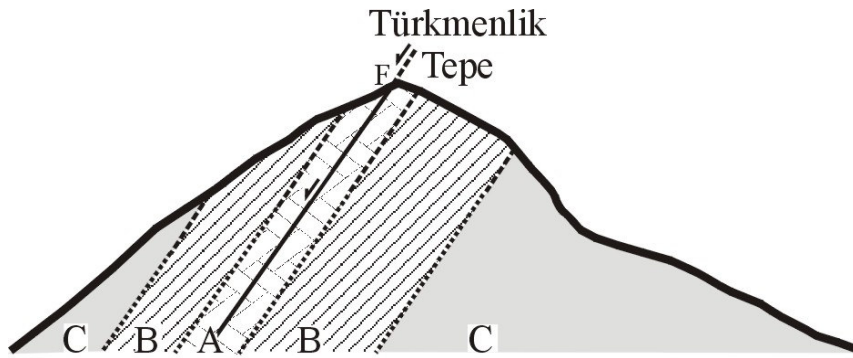
5.3. KAPADOKYA (NEVŞEHİR) BÖLGESİ TÜFLERİNİN ALTERASYONU VE KAOLİNİT OLUŞUMLARI

Çalışma alanında yüzlek veren trakiandezit ve riyalit bileşimli tüflerin tümünün alterasyona uğrayarak killeşmiş oldukları tespit edilmiştir. Çalışma alanında KD-GB yönlü normal faylar belirlenmiştir. Bu fayların yer aldığı bölgede yoğun bir alterasyon gözlenmektedir. Alterasyon sonucu tüfler kaolinleşmiş ve bunun sonucu ortaya çıkan silis tekrar ikincil kuvars ve opal CT şeklinde çökerek silisçe zengin bir çekirdek zon (A) oluşturmuştur. Bu zondan alınan örneklerin bileşiminden alkali ve

toprak alkali elementlerin tamamen yıkanarak uzaklaştığı görülmektedir. Mineralojik olarak kuvars ve opal CT ile birlikte az oranlarda da kaolin bulunmaktadır.

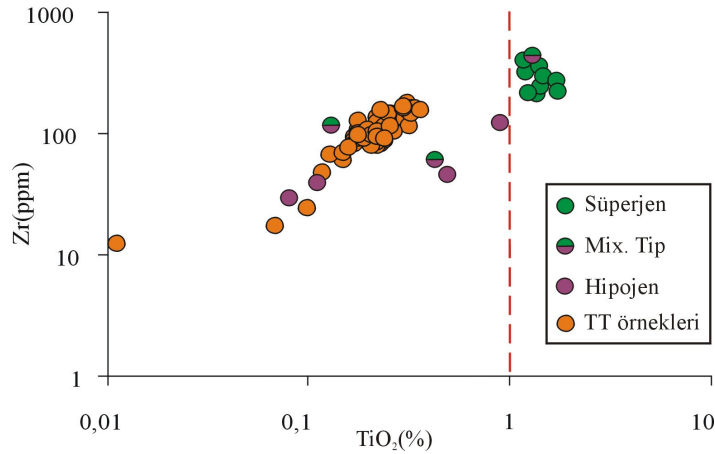
Bu silis zonunu yatay yönde gelişen kaolin içeriği daha yüksek olan bir zon (B) izlemektedir. Bu zonda kaolin, kuvars, opal CT ve bunlarla birlikte birkaç örnekte jarosit minerali de ortaya çıkmaktadır. Yanal yönde dışa doğru bu zonu saran ve mineralojik olarak kaolin, kuvars ve simektit (Na-montmorillonit) fazlarını içeren üçüncü zon (C) yer almaktadır (Şekil 5.17). Ayrıca orta ve dış zondan alınan bazı örneklerde kalsit ve dolomit mineralleri de tespit edilmiştir. Killeşme esnasında tüflerin içinde yer alan pumis parçaları ve fenokristallerin (feldispat veya kayaç parçaları) morfolojileri korunmuş bir şekilde tamamen kaolinleşmişlerdir.

Killeşme esnasında ortaya çıkan bu tür zonlanmalar kil oluşumunda hidrotermal sıvıların rol oynadığını göstermektedir. Çünkü hidrotermal alterasyon sonucu oluşan yeni kil minerallerinde düzenli bir zonlanma görmek gerekmektedir [53, 54, 55, 56, 57, 58]. Yüzeysel (superjen) ayrışma sonucu oluşan kaolin yataklarında, genelde toprak oluşumu esnasında ortaya çıkan mineralojik ve kimyasal zonlanmalar görülmektedir [59,60]). Çalışma alanında yatay yönde görülen bu zonlanma ve mineralojik değişim düşey yönde yapılan örneklemelerde gözlenmemiştir.

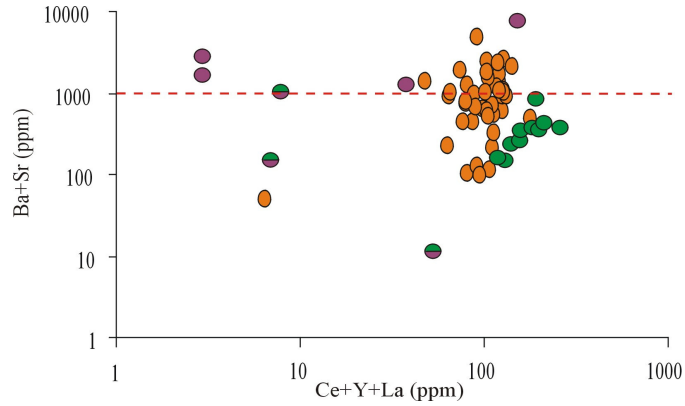


Şekil 5.17. Çalışma alanı içerisinde yer alan Türkmenlik tepedeki normal faylar ve zonlanmaları gösteren şematik kesit(F: Fay, A:Silis içeriği yüksek zon, B: kaolin içeriği daha yüksek zon, C: kaolin, kuvars ve simektitten oluşan zon) .

Dill [58] bazı ana (SO_3 , P_2O_5 , TiO_2) ve iz elementleri (Ba, Sr, Ce, Y, La, Zr) kullanarak yüzeysel ayrışma (süperjen) ve hidrotermal alterasyon (hipojen) sonucu oluşan kaolinitleri birbirinden ayırmıştır. Buna göre Ba + Sr miktarı 1000 ppm üzerinde olan veya TiO_2 miktarı %1'den küçük olan kaolinitler hidrotermal oluşumları karakterize ederken düşük değerler yüzeysel ayrışmayı veya bu iki olayın (mixed type) etkin olduğu ayrışma türünü göstermektedir (Şekil 5.18 ve 5.19). Cr süperjen kaolinleşme süresince TiO_2 deki Ti^{+4} veya Götütteki Fe^{+3} yerine geçebilir. Nb'de aynı iyonik yarıçaptan dolayı Ti minerallerinde zenginleştiği bilinir [58]. Süperjen kaolin yataklarında Cr ve Nb içeriği yüksek hipojen kaolin yataklarında ise düşüktür. Çalışma alanında alınan örneklerin büyük bir kısmı yüksek Ba içeriklerine sahip iken TiO_2 içerikleri de %1'den küçük olup, Cr içeriği %0.001'den küçük, Nb içeriği ise ortalama 11 ppm'dir. Bu da Killeşme sürecinde hidrotermal sıvıların etkili olduğunu göstermektedir. Alterasyona uğrayan tüflerin bileşiminde jarosit minerallerinin bulunması hidrotermal oluşumu destekleyen diğer bir kanıt olarak değerlendirilebilmektedir. Ayrıca bu minerallerin varlığı hidrotermal alterasyona neden olan sıvıların asidik özellikte olduğunu göstermektedir. Bunlara ek olarak C_T (toplam karbon) miktarının da çok düşük olması kaolinleşmenin hidrotermal kökenli olduğunu desteklemektedir.



Şekil 5.18. Kapadokya (Nevşehir) bölgesi örneklerinin TiO_2 -Zr değişim grafiği.



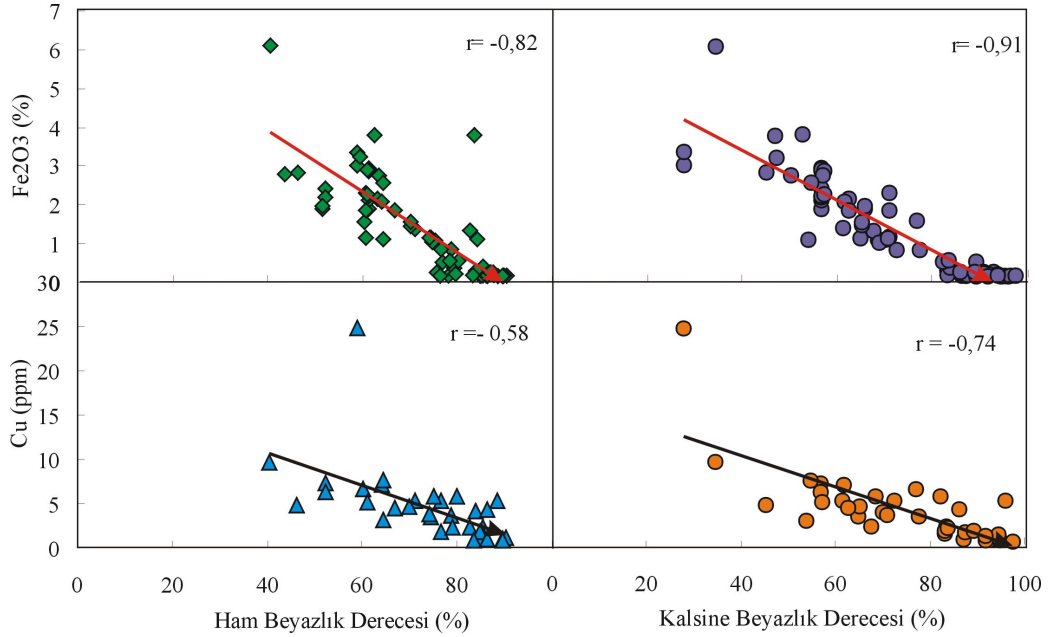
Şekil 5.19. Kapadokya (Nevşehir) bölgesi örneklerinin Ce+Y+La – Ba+Sr değişim grafiği.

Çalışma alanındaki kaolin mineralinin yapısal formülünü ortaya koymak için bölgede alınan örneklerden süspansiyon-çöktürme yöntemiyle saf kaolinit elde edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen malzemenin XRD yöntemiyle yapılan analizlerde saf kaolinitten oluştuğu belirlenmiştir. Aynı örnek kimyasal analizlere tabi tutularak ana element içeriği saptanarak yapısal formülü çıkarılmıştır. Buna göre tüflerin ayrışması sonucu oluşan kaolinitlerin yapısal formülü ($\text{Na}_{0.00084} \text{K}_{0.002} \text{Ca}_{0.0032}$) ($\text{Si}_{2.0} \text{O}_5$) [$\text{Al}_{1.9829} \text{Si}_{0.004} \text{Fe}_{0.0049} \text{Mg}_{0.0013} (\text{OH})_4$] şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

5.4. BEYAZLIK DERESESİNİ BELİRLEME ÇALIŞMALARI

Çalışma bölgesinde alınan örneklerin normal (ham örnek) ve 1050°C kalsine edilerek ölçülen beyazlık dereceleri Ek 1’de verilmiştir. Kapadokya (Nevşehir) bölgesi örneklerinin beyazlık dereceleri ham örnekler için % 40-%90 arasında değişirken kalsine örneklerde %27- % 97.5 arasında değişmektedir. Beyaz ve açık krem renkli ve Fe_2O_3 miktarı %1’den az olan örneklerin beyazlık dereceleri ise %77.8 ile % 97.5 arasında değişir. Bu bölgeden alınan örneklerin yarısına yakın bir kısmı bu özelliktedir.

Örneklerin beyazlık dereceleri ile kimyasal bileşim arasında ilişki korelasyon hesaplamaları yapılarak, grafiksel olarak diyagramlar şeklinde verilmiştir (Şekil 5.20). Kapadokya bölgesi örneklerinin beyazlık dereceleri ile Fe_2O_3 ve Cu miktarları arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır ($r_{HFe_2O_3} = -0.82$; $r_{HCu} = -0.58$; $r_{KFe_2O_3} = -0.91$; $r_{KCu} = -0.74$; H:ham, K: kalsine edilmiş örnek). Kalsine edilen örneklerdeki beyazlık derecelerinin düşmesinin nedeni büyük bir olasılıkla Fe ile diğer renk verici elementlerin (Cu, Mn vs) de oksitlenmesidir.



Şekil 5.20. Kapadokya (Nevşehir) bölgesindeki kayaların beyazlık derecesi ile Fe_2O_3 ve Cu değerlerindeki değişim.

5.5. KAPADOKYA (NEVŞEHİR) BÖLGESİNDEKİ KAOLİNİTİK TÜFLERİN HAMMADDE POTANSİYELİ

5.5.1. Kapadokya (Nevşehir) kaolinitik tüflerinin çimento sektöründe değerlendirilmesi

Ülkemizde önemli miktarda beyaz çimento üretimi yapan fabrikaların başında ÇİMSA (Mersin) ve Adana Çimento gelmektedir. Akdeniz bölgesinde beyaz çimento üretiminde CaO kaynağı olarak kullanılan yeteri saflıkta kireçtaşı rezervleri

mevcuttur ve bu konuda herhangi bir problem bulunmamaktadır. Örneğin ÇİMSA (Mersin) beyaz çimento üretimi için Permiyen ve Miyosen yaşlı kireçtaşlarını kullanmaktadır. Beyaz çimento üretiminde ikinci önemli bileşen olan Al_2O_3 kaynağı olarak genellikle renk verici elementler bakımında fakır olan profilit veya kaolin kullanılmaktadır. ÇİMSA (Mersin) ve Adana Çimento Al_2O_3 ihtiyacını karşılamak için Malatya ve Sivas bölgelerindeki hammaddeleri kullanmaktadır.

Bu hammaddelerin (kaolin ve profilit) en önemli özelliği Fe_2O_3 içeriğinin %0.4'ün altında olması ve diğer renklendirici elementler (Cr, Cu, Co vs.) bakımından fakır olmalarıdır. Bu hammadde ocaklarının Adana ve Mersin çimento fabrikalarına uzaklıkları 570 km (Sivas) ve 530 km (Malatya) arasında değişmektedir. Hammaddenin ocaktaki fiyatı taşıma fiyatının beşte biri kadardır ve maliyetin büyük bir bölümünü bu malzemenin fabrikalara taşınmasından kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmanın en önemli amaçlarından biri Kapadokya bölgesinde bulunan kaolinitik tüflerin çimento sektöründe hammadde olarak değerlendirilip değerlendirilmeyeceğinin ortaya çıkarılmasıdır. Bölgedeki tüflerden yapılan kimyasal analiz, beyazlık testleri ve çimento fabrikalarında 500 ton hammadde kullanılarak elde edilen sonuçlar arazide beyaz, açık krem renkli tüflerin beyaz çimentoda kullanılacağı ortaya konulmuştur. Özellikle Çalışma alanı içindende yer yer kalınlıkları 4 metreye varan ve mineralojik olarak kaolinit ve kuvarstan oluşan, kimyasal bileşimlerinde Fe_2O_3 miktarı %0.4'ten daha az olan ve diğer renk verici elementler (MnO, Cr, Co vs.) bakımında fakır olan kaolinitik tüflerin beyazlık dereceleri % 80'den fazla olup 1 derece beyaz çimento üretiminde kullanılacak özellikte oldukları tespit edilmiştir. Kapadokya bölgesinde bulunan bu hammaddenin kullanılması, Malatya ve Sivas bölgesinden getirilen ve halen kullanılmakta olan malzemeye göre önemli oranda nakliye giderlerinin azaltılmasına neden olacaktır. Çünkü Kapadokya bölgesinin çimento fabrikalarına olan uzaklığı 280–300 km arasında olup nakliye giderlerinin %40-%50 dolaylarında azalmasına ve üretim maliyetlerinin önemli ölçüde düşmesini beraberinde getirecektir.

5.5.2. Kapadokya (Nevşehir) bölgesi kaolinitik tüflerinin seramik sektöründe değerlendirilmesi

Seramik sektörünün en önemli bileşenlerinden biri olan kaolin kimyasal bileşimi üretilen seramik türüne göre değişmektedir. Örneğin fayans üretimi için kullanılacak kaolinin SiO_2 içeriği %55–80, Al_2O_3 içeriği %13–25, Fe_2O_3 içeriği en fazla %1 olması istenirken, elektro porselen veya porselen üretimi için kullanılacak kaolinin SiO_2 içeriğinin daha düşük (%55-%65), Al_2O_3 içeriğinin daha yüksek (%28-32) ve Fe_2O_3 içeriğinin daha düşük (<%0.6) olması istenir [37]. Sır üretiminde kullanılan kaolinlerde aranan en önemli özellikler; hammadde temiz olmalı (renklendirici element ve maddeler içermemeli), düşük miktarlarda demir içermeli (Fe_2O_3 <% 0.4), Al_2O_3 (% 30–35) içeriği yüksek olmalı ve plastik özellikte olmalıdır.

Bu çalışmanın diğer bir amacı da çalışma bölgesinde yüzlek veren kaolinitik tüflerin seramik sektöründe hammadde olarak kullanılıp kullanılmayacağına araştırılması oluşturmaktadır. Bu amaç kapsamında bölgede arazi çalışmaları esnasında derlenen örneklerden bir numune hazırlanarak Yurtbay Seramik A.Ş. firmasında laboratuvar koşullarında sır ve masse hammaddesi olarak yer ve duvar karosu üretiminde denenmiştir.

Yapılan testlerde karşılaştırma için Yurtbay Seramik A.Ş tarafından sır yapımında kullanılan Darvor kaolinin ve masse üretiminde kullanılan Düvertepe ve Söğüt bölgesi kaolinlerini seçilmiştir. Çizelge 5.2’de Çalışma alanındaki beyaz tüflerden derlenen örnek (TT) ve Yurtbay Seramik A.Ş tarafında masse üretimi için kullanılan kaolinlerin kimyasal bileşimleri verilmiştir

Çizelge 5.2. Kapadokya (Nevşehir) bölgesinden derlenen TT, Düvertepe (DT) ve Söğüt (SÖ) kaolinlerinin kimyasal bileşimi.

Hammadde	SiO_2	$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	KK	Top.
TT	74.1	16.43	0.45	0.05	0.25	0.06	0.32	0.08	7.1	99,01
DT Kaolini	64.63	23.58	0.91	0.18	0.53	0.47	0.28	---	9.2	99,78
SÖ Kaolini	73.85	16.39	0.61	0.18	1.03	1.54	4.77	---	3.38	101,75

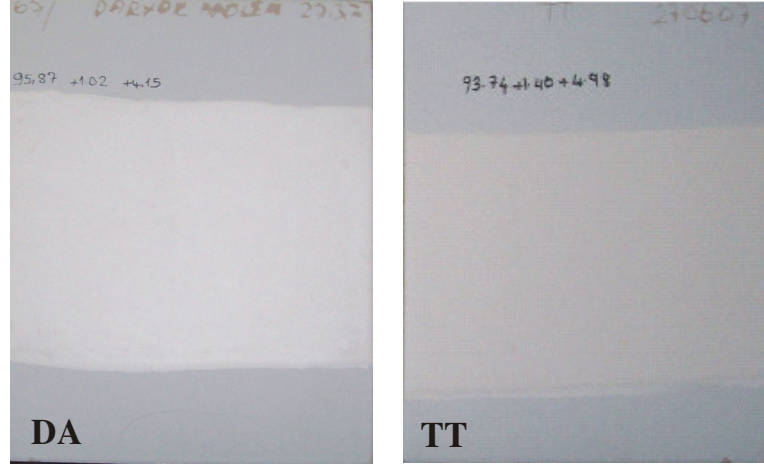
5.5.2.1. Sır yapımında kullanılacak örneklere uygulanan testler

Çekme testi ve Renk Ölçümü: Sır yapımı için Kapadokya'dan alınan TT örneği ve karşılaştırma amacıyla Yurtbay Seramiğin kullandığı Darvor Kaolini kullanılarak Çizelge 2.1'de verilen reçeteye göre iki ayrı sır hazırlanmıştır. Sulu kıvamda öğütülerek hazırlanan sırlık malzeme işletme engoplu duvar karosu bisküvileri üzerine çekme yöntemi kullanılarak uygulanmış ve duvar karosu pişirim fırınında (roller fırında) 1142 °C'de 33 dakika pişirildikten sonra renk ölçümleri yapılmıştır. Engoplu duvar karosu bisküvileri üzerine sürülen sır malzemesinin pişirim fırınına verilmeden ve verildikten sonraki görünümü Şekil 5.21 ve Şekil 5.22'te verilmiştir.

Örneklerin sır yapımında kullanımına yönelik yapılan renk ölçüm testinde TT örneğinin renginin beyaz olduğu belirlenmiştir. Pişme sonrasında ölçülen renk değerleri Çizelge 5.3'da verilmiştir. TT örneğinin L (beyazlık) değeri 93.75, a (kıızılık) değeri 1.4 ve b (sarılık) değeri 4.9 olup Darvor kaolinin rengine benzer renk vermiştir ve ikinci bir sır reçetesinde daha kullanılmıştır (Çizelge 2.2). İkinci test sonucunda TT örneği Darvor kaolinine benzer renk indisleri göstermiştir (Şekil 5.23 ve Çizelge 5.4). Elde edilen veriler TT örneğinin sır yapımında kullanılabileceğini göstermiştir.



Şekil 5.21. Engoplu duvar karoları üzerine sürülen sır malzemesinin pişirilmeden önceki görünümü (DA:Darvor kaolini ve TT: Kapadokya kaolinitini).



Şekil 5.22. Engoplu duvar karoları üzerine sürülen sıır malzemesinin pişirildikten sonraki görünümü (DA:Darvor kaolini, TT: Kapadokya kaolinitini).

Çizelge 5.3. Birinci reçeteye göre hazırlanan sıırların pişirilme sonrası renk parametreleri (L*: Açıklık (+) / Koyuluk (-); a*: Yeşillik (-) / Kıızılık (+); b*: Mavilik(-) / sarılık (+)).

Örnek	Renk Ölçüm Değerleri			1142°C deki pişme rengi
	L*	a*	b*	
Darvor Kaolini	95,87	1,02	4,1	Beyaz
TT	93,74	1,46	4,98	Beyaz



Şekil 5.23. İkinci reçeteye göre sırlanan ürünlerinin 1142 °C pişirildikten sonraki görünüşleri

Çizelge 5.4. İkinci reçeteye göre sırlanan ürünlerin pişme sonrası renk ölçüm değerleri (L*: Açıklık (+) / Koyuluk (-); a*: Yeşillik (-) / Kızzılık (+); b*: Mavilik (-) / sarılık (+)).

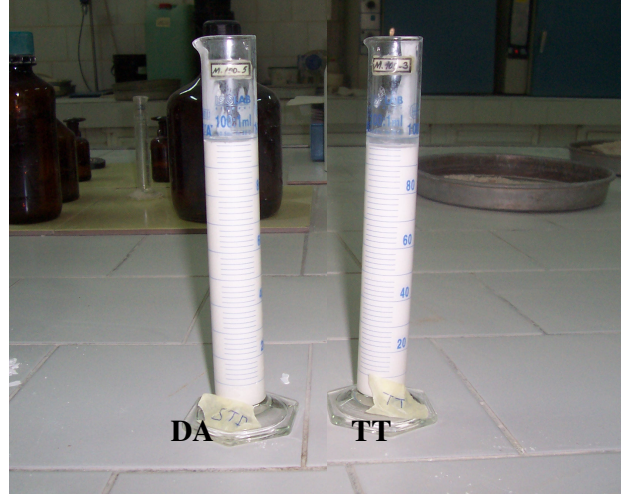
Örnek	Renk Ölçüm Değerleri			1142°C deki pişme rengi
	L*	a*	b*	
Darvor Kaolini	93,18	- 0,49	0,71	Beyaz
TT	93,19	- 0,26	0,81	Beyaz

Manyetiklik Testi: Sır üretiminde kullanılan hammaddenin en önemli özelliklerden biri de temiz olması (renklendirici element ve maddeler içermemeli) ve düşük miktarlarda demir içermesidir ($Fe_2O_3 < \% 0.4$). Hammaddenin manyetit içermesi sır yüzeyinde siyah beneklerin, deliklerin oluşumuna neden olmaktadır ve rengi bozmaktadır. Bu nedenle dolayı seramik sektöründe özellikle olası bir kirliliği önlemek için hammaddenin toz haline getirildiği değirmenlerde sileksit, kuvars veya demir içermeyen malzemedan yapılan seramik bilyalar kullanılmaktadır. Bu teste tabi tutulan örneklerin toz haline getirilmesi için seramik bilyalı değirmen kullanıldığından dolayı herhangi bir kirlilik ve buna bağlı renk ölçüm testleri esnasında ortaya çıkan herhangi olumsuzluk gözlenmemiştir.

Çökme Testi: Çökme miktarının belirlenmesi için çalışma alanından derlenen örnek (TT) ve karşılaştırma amacıyla Yurtbay seramik tarafında sır yapımında kullanılan Darvor Kaolini (DA) kullanılmıştır. Darvor kaolini süzölmüş ve sadece kaolin minerallinden oluşan bir malzeme olduğundan dolayı çökme değerleri düşüktür. Çalışma alanından derlenen örneğin çökme değerinin Darvor kaolinine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 5.7 ve şekil 5.24). TT örneği mineralojik olarak kuvars ve kaolinden oluşan doğal bir malzemedir. Bu nedenle çökme değerinin yüksek olmasının büyük olasılıkla örneğin mineralojik içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Hammaddede çökmenin fazla olması işletme koşullarında istenmeyen bir durumdur (P. Özer, Kişisel görüşme) ¹.

Çizelge 5.5. Örneklerin çökme miktarları.

Örnek	Çökme Miktarı (%)
Darvor Kaolini	10
TT	18



Şekil 5.24. Darvor Kaolini ve TT örneğinin çökme miktarları.

5.5.2.2. Kapadokya kaolinitik tüflerin masse olarak kullanılabilirliğine yönelik testler

Hammaddenin yer ve duvar karosu (masse olarak) üretiminde kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla öncelikle, tablet testi için örnekler hazırlanmış ve örnekler % 10 nemlendirilerek 110x55 mm ebatlarında tabletler yapılarak değişik testlere tabi tutulmuştur. Ancak TT örneği, kuvars içeriğinin yüksek plastik kil içeriğinin düşük olması nedeni ile şekillendirilememiştir. (Şekil 5.25).



Şekil 5.25. Şekillendirme işleminde tablet haline getirilemeyen TT örneği.

Yapılan deneyler sonucu masse üretiminde doğrudan kullanılmayan TT örneğini Termal Seramik Fabrikasının kullandığı Ukrayna kili ile (ağırlıklı olarak kaolinit \pm İllit \pm Smektit ve kuvars'tan oluşmaktadır) %20 dolaylarında karıştırılarak şekillendirilmiştir (Şekil 5.26). Tabletlere uygulanan testlerin sonuçları Çizelge 5.8'de verilmiştir. Üretilen karonun dayanıklı olması açısından, massede kullanılacak malzemenin kuru mukavemetinin yüksek olması önemlidir (P. Özer, Kişisel görüşme)¹. TT numunesinden elde edilen masse örneğinin kuru mukavemetinin yapılan deneyler sonucunda yüksek olduğu belirlenmiştir (40.46 kg/cm²). Buda TT örneğinin kil içeriği yüksek hammaddeler ile karıştırılarak duvar karosu üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir.



Şekil 5.26. TT örneğine %20 Ukrayna kili karıştırılarak elde edilen tabletler.

Çizelge 5.6. TT örneği + %20 Ukrayna kili karışımı ve Düvertepe Kaolinine ait tablet testi sonuçları.

Hammede Adı	Elek bakiye 63 mik.üzeri (gr)	Ham muk. (kg/cm ²)	Kuru muk. (kg/cm ²)	Pişmiş muk. (kg/cm ²)	Çekme (%)	Su emme (%)	Sıcak./ Süre (°C/dk)
Düvertepe K.	3,49	10,23	37,67	255,76	1,13	12,1	1160/39
TT + % 20 Ukrayna kili	2.79	11,12	40.46	196.5	0.81	12,9	1206/32

¹ Pınar ÖZER, YURTBAY Seramik A.Ş. Kimya Laboratuar Şefi (Eskişehir)

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Nevşehir'in doğusu ve Avanos'un güneybatısında Türkmenlik tepe ve çevresinde yüzlek veren ve Kavak ignimbriti olarak isimlendirilen beyaz, açık krem renkli kaolinitleşmiş tüfler değişik yöntemler kullanılarak mineralojik ve kimyasal bileşimleri incelenmiştir. Elde edilen verilerden kaolinitlerin oluşum şekli ve hammadde olarak kullanılabilirliğinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışma alanında KD-GB yönlü normal faylar belirlenmiştir. Bu faylar boyunca ignimbritik kayalar içerisinde hareket eden hidrotermal çözeltiler yoğun bir alterasyona neden olmuşlar ve kayalarda yatay yönde mineralojik ve kimyasal bileşim açısından bir zonlanma meydana getirmişlerdir. Bu zonlardan alınan örneklerin tümünde alterasyona bağlı olarak gelişen ikincil (Neoformasyon oluşum) mineraller tespit edilmiştir.

FTIR ve XRD yöntemleriyle yapılan analizlerde bolluk sırasına göre; en yaygın tüm kayaç mineral parajenezlerini kaolin + kuvars mineralleri oluşturmaktadır. Bazı örneklerde bu minerallerle birlikte opal-CT, jarosit, kalsit, illit, simektit, feldispatlar, zeolit ve nadir olarak demir mineralleri gözlenmiştir. Jarositin varlığı killeşmede etkin olan sıvıların asidik özellikte olduğunu göstermekte ve hidrotermal oluşumu desteklemektedir. Ayrıca SEM görüntülerinde kaolinit için tipik olan kitapçık, akordiyon yapıları ve psödoheksagonal kaolinit levhaları belirlenmiştir.

Örneklerin kimyasal içeriğinde killeşmeye bağlı olarak önemli değişimler gözlenmektedir. Kaolinitleşme sonucu silis açısından bir zenginleşme alkali ve toprak alkali elementlerce belirgin bir fakirleşme meydana gelmiştir. Kaolinleşen malzemenin ilksel kayaçlarının genelinin trakiandezit, birkaç tanesinin riyodazit-dasit bileşimli olduğu belirlenmiştir. Ana elementlerden SiO_2 ile Al_2O_3 ve LOI (ateşte kayıp) değerleri arasında negatif bir ilişki gözlenmektedir ve bu ilişki killeşmeye bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Örneklerin iz element dağılımlarına

bakıldığında büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerden K, Ba, Na, Sr ve Rb miktarları önemli değişim göstermektedir. Özellikle örneklerin düşük Rb (üç örnek hariç, <50 ppm) ve Na değerleri bu elementlerin killeşme esnasında ortamdan uzaklaştığını gösterirken, yüksek Ba miktarları (4132 ppm'e kadar) bu elementin kili oluşturan çözeltilerle beraber ortama gelmiş olabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca örneklerin genelinde belirlenen pozitif Ce anomalisi ortamın oksitleyici özellikte olduğunu göstermektedir.

Kütle kayıp-kazanç değişimlerinde ana elementlerden SiO₂ miktarında bir artış, Fe₂O₃, K₂O, Na₂O ve CaO değerlerinde azalma gözlenirken MgO değerlerinde ise neredeyse bir değişim gözlenmemiştir. İz elementlerdeki değişimlere bakıldığında Rb'da azalma, Sr'da miktarlarında artış oluşturmaktadır. HFSE ve NTE elementlerine bakıldığında önemli değişimlerin olmadığı görülmektedir. Bu gözlem alterasyona uğramış olan kayaların HFSE ve NTE bakımından köken kayaç içeriklerini yansıttıklarını düşündürmektedir. .

Mineralojik ve jeokimyasal verilerin tümü bir arada değerlendirildiğinde bölgede yüzlek veren kaolinitik kil oluşumlarının faylar ve çatlaklar boyunca yükselen hidrotermal sıvıların kayaları yerinde alterasyona uğratması ve kayaç bünyesinde bulunan alkalileri ortamdan uzaklaştırması sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Bu ayrışma sonucu oluşan kaolinitlerin yapısal formülünün (Na_{0.00084} K_{0.002} Ca_{0.0032}) (Si_{2.0} O₅) [Al_{1.9829} Si_{0.004} Fe_{0.0049} Mg_{0.0013} (OH)₄] şeklinde olduğu tespit edilmiştir

Bölgedeki malzemenin hammadde olarak kullanılmasına yönelik yapılan araştırmalarda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Yapılan değişik analizler sonucunda arazide beyaz ve açık krem renkli görünüme sahip ve Fe₂O₃ içeriği %0.4 düşük olan kaolinitik tüflerin beyazlık derecesi normal ve 1050 °C ısıtılmış örneklerde %80 üzerinde çıkmıştır. Buda bu tür malzemenin beyaz çimento üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu amaçla 500 ton örnek ÇİMSA (MERSİN) ve Adana çimento

fabrikalarında beyaz çimento üretiminde kullanılarak olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Ülkemizde beyaz çimento üretiminde önemli bir paya sahip olan bu kuruluşlar Al_2O_3 kaynağı olarak kullanılan hammaddelerinin uzak bölgelerden (Malatya 500 ve Sivas 570 km) temin etmektedirler. Çimento büyük miktarlarda hammadde tüketen bir sektördür. Bu sektörde hammaddenin fabrikaya taşınması en önemli gideri oluşturmaktadır ve bundan dolayı hammadde temini genellikle fabrikalara yakın bölgelerde bulunan ocaklardan yapılır. Kapadokya bölgesi Mersin ve Adana'ya 300–320 km uzaklıkta yer almaktadır. Bu bölgeden temin edilecek hammaddenin kullanılması durumunda diğer bölgelerden alınacak malzemeye oranla taşıma maliyetlerinde yaklaşık %50 avantaj sağlanmış olacaktır. Buda çimento üretim maliyetlerinin önemli miktarlarda düşmesine neden olacaktır.

2. Çalışmanın diğer önemli bir amacı çalışma alanındaki malzemenin seramik sektöründe kullanılıp kullanılmayacağını belirlenmesidir. Bu kapsamda YURTBAY Seramik A.Ş. fabrikasında, laboratuvar koşullarında numune üzerine yapılan testlerde duvar ve yer karosu sır üretiminde uygun sonuçlar vermiş ancak çökme miktarı yüksek çıkmıştır. Doğal örneklerin kaolinit içeriği %5.7–34.8 arasında ($Al_2O_3*1.4+LOI$) değişmektedir. Oysa Süspansiyon-çöktürme yöntemiyle elde edilen örneklerin kaolinit içeriği %68'dir. Buda çok yüksek maliyeti olmayan bir ön zenginleştirme işlemi ile birinci kalite sır üretiminde kullanılacak malzeme elde edilebileceğini göstermektedir. Aynı örneğin tek başına masse (çamur) üretiminde kullanılması uygun sonuçlar vermemiştir. Bunun nedeni bu örneğin plastisitesinin düşük olmasıdır. Örneğe %20 kil (Ukrayna kili) katılarak yapılan deneylerde ise olumlu sonuçlar alınmıştır. Kapadokya bölgesi kaolinitik tüfleri doldurucu ve kısmen bağlayıcı özelliğe sahiptir. İşlevi esas alınca yüksek düzeyde dolgu malzemesidir. Malzeme sır üretimine uygun olmakla birlikte kullanım yüzdesi düşüktür. Ancak; seramik masse (çamur) üretiminde ise kullanım yüzdesi çok yüksektir. Bu amaçla kullanım alanı (Dekoratif tuğla ve kaplama malzemeleri, yer ve duvar karosu üretimi, beyaz çimento üretimi gibi) tartışılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Dündar, A., “Türkiye Seramik Hammaddelerinin kimyası ve Kalitesi”, D. İ. ÖNENÇ(Ed) Seramik Semineri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, s.95 – 112, (2003).
- [2] Lebküchner, R. F., “Kayseri ve Avanos-Ürgüp havalisi ile Boğazlıyan havalisinin Uzunyayla’ya kadar olan kesiminin jeolojisi”, MTA, Rapor No: 2656, (1957).
- [3] Pisoni, C., “Ortaköy (Aksaray), Nevşehir, Avanos ve İncesu bölgeleri jeolojisi ve petrol imkanları”, MTA, Rapor No: 2839, (1961).
- [4] Pasquare, G., “Geology of the Cenozoic volcanic area of Central Anatolia”, Memoire, Roma, **9**(8): 57-201, (1968).
- [5] Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati, Di Brozola, F., Villari, L., , “The Neogene calcalkaline volcanism of central Anatolia: geochronological data on Kayseri-Niğde area, Geological Magazine”, **112**: 349-360, (1975)
- [6] Batum, İ.,, “Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeoloji ve petrografisi”, Yerbilimleri, **74**:50-69, (1978a).
- [7] Temel, A., , “Kapadokya Eksploziv Volkanizmasının Petrolojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Doktora Tezi”, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 208s., (1992).
- [8] Le Pennec, J.L., Bourdier, J.L., Froger, J.L., Temel, A., Camus, G., Gourgaud, A., “Neogene ignimbrites of the Nevşehir plateau, Central Turkey”, Journal of Volcanology and Geothermal Research, **63**: 59-87, (1994).
- [9] Aydar, E., Gourgaud, A., Deniel, C., Lyberies, N., et Gündoğdu, N., “Le volcanisme quaternaire d’Anatolie centrale (Turquie): association de magmatismes calco-alcalin et alcalin en domaine de convergence”, Can.J. Earth Sci., **32**: 1058-1069, (1995).
- [10] Temel, A., Gündoğdu, M.N., “Zeolite occurrences and the erionite-mesothelioma relationship in Cappodocia, central Anatolia, Turkey”, Mineralium Deposita, **31**: 539-547, (1996).
- [11] Schumacher, R., Mues-Schumacher, U., “The pre-ignimbrite (phreato) plinian and phreatomagmatic phases of the Akdag-Zelve ignimbrite eruption in Central

- Anatolia, Turkey”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* **78**: 139-153, (1997).
- [12] Topal, T., Doyuran, V., “Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocian tuff (Central Anatolia, Turkey)”, *Engineering Geology*, **47**: 175-187, (1997).
- [13] Topal, T., Doyuran, V., “Analyses of deterioration of the Cappadocian tuff, Turkey”, *Environmental Geology*, **34**: 5-20. (1998).
- [14] Dhont, D., Chorowicz, J., Yürür, T., Froger, J.L., Köse, O., Gündoğdu, N., “Emplacement of volcanic vents and geodynamics of central Anatolia, Turkey”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **85**: 33-54, (1998).
- [15] Froger, J.L., Lenat, J.F., Chorowicz, J., Le Pennec, J.L., Bourdier, J.L., Köse, O., Zimitoğlu, O., Gündoğdu, N.M., Gourgaud, A., “Hidden calderas evidenced by multisource geophysical data; example of Cappadocian Calderas, Central anatolia”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **85**: 99-128, (1998).
- [16] Kuzucuoğlu, C., Pastre, J.F., Black, S., Ercan, T., Fontugne, M., Guillo, H., Hatté, C., Karabyıkoğlu, M., ;Orth, P., Türkecan, A., “Identification and dating of tephra layers from Quaternary sedimentary sequences of inner Anatolia, Turkey”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **85**: 153-172. (1998).
- [17] Kürkçüoğlu, B., Şen, E., Aydar, E., Gourgaud, A., Gündoğdu, N., “Geochemical approach to magmatic evolution of Mt. Erciyes stratovolcano Central Anatolia, Turkey”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **85**: 473–494, (1998).
- [18] Temel, A., Gündoğdu, M.N., Gourgaud, A., Le Pennec J.L., “Ignimbrites of Cappadocia (Central Anatolia, Turkey): petrology and geochemistry”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **85**: 447-471, (1998).
- [19] Toprak, V., “Vent distribution and its relation to regional tectonics, Cappadocian Volcanics, Turkey”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **85**: 55-67, (1998).
- [20] Daniel, C., Aydar, E., Gourgaud, A., “The Hasan Dağı stratovolcano (Central Anatolia, Turkey): evolution from calc-alkaline to alkaline magmatism in a

- collision zone”, Journal of Volcanology and Geothermal Research, **87**: 275-302, (1998).
- [21] Phipps, J.D.A., Gürsoy, H., Tatar, O., “Paleomagnetism and magnetic properties of the Cappadocian ignimbrite succession, central Turkey and Neogene tectonics of the Anatolia collage”, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 117: 237-262, (2002).
- [22] Şen, E., Kürkçüoğlu, B., Aydar, E., Gourgaud, A., Vincent, P.M., “Volcanological evolution of Mount Erciyes stratovolcano and origin of the Valibaba Tepe ignimbrite (Central Anatolia, Turkey)”, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 125: 225-246, (2003).
- [23] Le Pennec J.L., Temel, A., Froger, J.L., Sen, S., Gourgaud, A., Bourdier, J.L., “Stratigraphy and age of the Cappadocia ignimbrites, Turkey: reconciling field constraints with paleontologic, radiochronologic, geochemical and paleomagnetic data”, Journal of Volcanology and Geothermal Research, **141**: 45-64, (2005).
- [24] Ewing, G.W., Instrumental methods of chemical analysis, Mc Graw-Hill Book Company, 5th edition (1985)
- [25] Van der Marel, H.W and Beutelsbacher, H.,: “Atlas of infrared spectroscopy of clay minerals and their admixtures”, Elsevier Publisher Company, Jan van Galenstraat 335, Amsterdam Netherlands, 1257s, (1976)
- [26] Ataman, G., “Ankara’nın güneydoğusundaki granit-granadiyoritik kütlelerin Cefalık Dağının radyometrik yaşı hakkında ön çalışma”, Hacettepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, **2**: 44-49, (1972).
- [27] Göncüoğlu, C., “Niğde Masifi batı yarısının jeolojisi”, MTA Raporu, Derleme No: 7856, (1985).
- [28] Göncüoğlu, C., “Orta Anadolu Masifinin güney ucunda jeokronolojik yaş bulguları”, MTA Dergisi, 105-106, 27-28, (1986).
- [29] Grim, R. E.,. “Clay mineralogy”, McGraw Hill, New York, (1953).
- [30] Murray, H.H. and Keller, W.D., “Kaolins, Kaolins and Kaolins, Pp. 1-24 in: Kaolin Genesis and Utilization (H. Murray, W. Bundy and C. Harvey, editors)”. Special Publication 1. The Clay Minerals Society, Bloomington, Indiana,(1993).

- [31] Seyhan, İ., “Volkanik Kaolen Oluşumu ve Andezit Problemi”, Maden Tetkik Arama Enstitüsü yayınlarından, Ankara, (1971).
- [32] Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Seramik-Refrakter-Cam Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu Kaolen-Seramik Killeri-Feldspat-Wollastonit-Pirofillit, 8. Bes yıllık Kalkınma planı, Yayın No DPT: 2418, Ö_K. 477, s. 39-84, Ankara, (1995).
- [33] www.kalitekontrol.org
- [34] Royak, S.M., Royak, G.S., “Special Cements”, Stroyizdat, Moscow, 191-202s, (1985).
- [35] Sobolev, K., Sobilev, S., “High Performance Cement: Solution For Next Millennium”, Materials Technology, 14: 191-193, (1999).
- [36] Kapkaç, F., “Türkiye Seramik Hammadde Yatakları ve Potansiyelleri”, D. İ. ÖNENÇ(Ed) Seramik Semineri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları,s.112-117., (2003).
- [37] Çiçek, S., “Seramik Sektörü ve Türkiye Seramik Hammaddeleri Potansiyeli”, D. İ. ÖNENÇ(Ed) Seramik Semineri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, s.1-16., (2003).
- [38] Farmer, V. C., “The Infrared Spectra of Minerals”, Mineralogical Society, London, (1974).
- [39] Jones, J., Segnit, E.R., “The nature of opal:I. Nomenclature and Constituent Phases”, J. Geol. Soc. Aust., 18: 57-68, (1972).
- [40] Wilson, J.A., “Determinative Methods in Clay Mineralogy”, Blackie-Son (Chapman Hall, N.Y.), 384p., (1987).
- [41] Keller, W.D., “Scan electron micrographs of kaolins collected from diverse environments of origin 1”. Clays Clay Minerals, **24**: 107–113, (1976).
- [42] Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine P. A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wooley, A.R., Zanettin, B., A “Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms”, Blackwell, Oxford, 193p. (1989).
- [43] Boryta, M.D. and Condie, K.C., “Geochemistry and origin of the Archaean Beit Bridge complex”, Limpopo Belt, South Africa, *J. Geol. Soc. (Lond.)* **147**: 229–239, (1990).

- [44] Rollinson, H. R., “Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation”, Longman Scientific and Technical, John Wiley and Sons, 352 pp., (1993).
- [45] Winchester, J.A. and Floyd P.A., “Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements”, *Chem. Geol.* **20**: 245-252, (1977).
- [46] Dill, H.G., Fricke, A., Henning, K.H., Theune, C.H., “Aluminium phosphate mineralization from the hypogene La Vanguardia kaolin deposit (Chile)”, *Clay Miner.* **30**: 249–256, (1995b).
- [47] Cravero, F., Dominguez, E., Iglesias, C., “Genesis and applications of the Cerro Rubio kaolin deposit”, Patagonia (Argentina). *Applied. Clay Science*, **18**: 157–172, (2001).
- [48] Sun, S.S., McDanough, W.F., “Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes”, In: Saunders A.D. and Norry M.J.(Eds), *Magmatism in Ocean Basins*. Geol. Soc. London Spec. Pub., **42**: 313-345, (1989).
- [49] Maclean, W.H., Kranidiotis, P., “Immobile elements as Monitors of Mass Transfer in Hydrothermal Alteration: Phelps Dodge Massive Sulfide Deposit”, Matagami, Quebec, *Economic Geology*, **2**: 95-962, (1987).
- [50] Broxton, G., Bish, D.L., Waren, R.G., “Distribution and Chemistry of Diagenetic Minerals at Yucca Mountain”, Nye County, Nevada, *Clays Clay Minerals*, **35**: 89-110, (1987).
- [51] Altaner, S.P., Grim, R.E., “Mineralogy, Chemistry and Diagenesis of Tuffs in The Sucker Creek Formation (Miocene)”, Eastern Oregon, *Clays Clay Minerals*, **38**: 561-572, (1990).
- [52] Sayın, A. S., “The Role of Hydrogen-Metasomatism in the Hydrothermal Kaolen Occurrences, Gönen, Western Turkey”, *Key Engineering Materials*, **264(268)**: 1379-1382, (2004a).
- [53] Konta, J., “Quantitative analytical petrological classification of sedimentary rocks”, *Acta Univ. Carol., Geologica* **1**:175 – 253, (1969).

- [54] Meunier, A., Velde, B., Dudoignon, P., Beaufort, D., “Identification of weathering and hydrothermal alteration in acidic rocks: petrography and mineralogy of clay minerals”, *Sci. Géol., Mém., Strasbourg*, **72**: 93–99 (1983).
- [55] Kitagawa, R., Koster, R., “Genesis of the Tirschenreuth kaolin deposit in Germany compared with the deposit in Japan”, *Clay Miner.* **26**: 61–79, (1991).
- [56] Meunier, A., “Hydrothermal alteration by veins. In: Velde, B. (Ed.), *Origin and Mineralogy of Clays*”, *Clays and the Environment*. Springer, Berlin, pp. 247–267, (1995).
- [57] Inoue, A., “Formation of Clay Minerals in Hydrothermal Environments in: *Origin and Mineralogy of Clay Minerals*”, Velde, B. (Eds), Springer-Verlag, 268-329, (1995).
- [58] Dill, H.G., Bosse, H.R., Henning, K.H., Fricke, A., “Mineralogical and chemical variations in hypogene and supergene kaolin deposits in a mobile fold belt”. *The Central Andes of north- western Peru. Miner. Depos.* **32**: 149–163. (1997).
- [59] Braun, J.J., Pagel, M., Muller, J.P., Bilong, P., Michard, A., Guillet, B., “Cerium anomalies in lateritic profiles”, *Geochim, Cosmochim, Acta* **54**: 781–795, (1990).
- [60] Braun, J.J., Viers, J., Dupré, B., Polve, M., Ndam, J., Muller, J.P., “Solid/liquid REE fractionation in the lateritic system of Goyoum, East Cameroon: the implication for the present dynamics of soil covers of the humid tropical regions”, *Geochim, Cosmochim, Acta* **62 (2)**: 273–299, (1997).

ÖZGEÇMİŞ

İLETİŞİM

E-mail : nesrin-ertek@hotmail.com

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Nesrin ERTEK
Doğum Yeri/Tarihi : Siirt- 06.07.1981

İŞ TECRÜBESİ

07.2002-09.2002 TPAO Batman Bölge Müdürlüğü
07.2003-09.2003 İstanbul Büyükşehir Belediyesi Zemin Etüt Müdürlüğü

EĞİTİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans : Mersin Üniversitesi Jeoloji Ana Bilim Dalı
Lisans : Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği 2000-2004 (4 yıl)
Lise : Bağcılar Lisesi (1998) Fen-Matematik
Yabancı Dil : İngilizce (iyi)
Bilgisayar Bilgileri : Microsoft Office Programları, Corel Draw, Surfer Programı, Autocad

LİSANS PROJELERİ

- **PROJE 1:** Plaka Tektoniniği ve Maden Yatakları arasındaki ilişki
- **PROJE 2:** Ceyhan (Adana) Güneydoğusunda yeralan pliyokuvaterner yaşlı Delihalil volkanının üç boyutlu modellemesi.

ALINAN BURSLAR ve ÖDÜLLER

2004 Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi ikinciliği ve Jeoloji Bölüm birinciliği. Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği “İz Bırakanlar” bursu.

YAYINLAR

Ertek, N., ÖNER, F., “Mineralogy, geochemistry of altered tuff from Cappadocia (Central Anatolia) and its use as potential raw material for the manufacturing of white cement”, Applied Clay Science, article in press, (2008).

EKLER

Ek-1. Kapadokya (Nevşehir) bölgesinde yer alan kaolinitik tüflerin ana element (%), iz element (ppm), NTE (ppm) değerleri, mineral içerikleri ve beyazlık dereceleri (%).

Örnek		TT01	TT03	TT04	TT06	TT07	TT10	TT12	TT13	TT14
MİNERALLER	K(D)	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX
	I									X
	Sm									
	Q	XXX	XXX	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	Op-CT	XXX	XX							
	Ca									X
	J								X	
	Fld									
	Er									
	M									
	An									
Hm	X							X	X	
Örnek		TT01	TT03	TT04	TT06	TT07	TT10	TT12	TT13	TT14
DBD	%	70,98	78,72	89,23	90,2	85,48	85,22	76,47	84,03	74,36
IBD	%	61,35	77,54	94,85	94,47	83,56	83,23	72,52	70,09	64,98
Ana elementler										
SiO ₂	%	80,8	78,0	78,6	76,8	78,2	77,0	73,9	74,1	75,2
Al ₂ O ₃	%	11,6	14,2	14,7	15,4	14,6	14,7	16,9	16,2	15,4
Fe ₂ O ₃	%	1,39	0,84	0,12	0,14	0,32	0,31	0,84	1,11	1,15
MgO	%	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,05	0,04	0,08	0,09
CaO	%	0,1	0,05	0,02	0,03	0,03	0,1	0,07	0,09	0,26
Na ₂ O	%	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,11	0,05	0,07	0,07
K ₂ O	%	0,11	0,1	0,12	0,09	0,1	0,14	0,24	0,54	0,37
TiO ₂	%	0,22	0,17	0,19	0,18	0,18	0,26	0,22	0,23	0,23
P ₂ O ₅	%	0,07	0,06	0,09	0,05	0,09	0,05	0,1	0,08	0,06
MnO	%	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	%	<,003	<,004	<,005	<,006	<,007	<,008	<,009	<,010	<,011
LOI	%	5,3	6,1	5,9	6,8	6,2	7,1	7,5	7,4	7,1
SUM	%	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	100,0	100,1	100,1
C _T	%	0,05	0,04	0,03	0,05	0,02	0,04	0,02	0,05	0,12
S _T	%	0,09	0,07	0,03	0,05	0,05	0,07	0,13	0,15	0,04
İz elementler										
Ni	ppm	5	6	5	5	5	5	5	5	5
Sc	ppm	1	1	2	1	2	2	4	2	2
Ba	ppm	1849	2614	1303	2646	1609	538	816	472	548
Sr	ppm	191,6	118	183	135	197	101	172	97	113
Zr	ppm	86,4	92	100	103	106	147	107	130	96
Y	ppm	7,9	11	13	13	11	11	13	11	11
Nb	ppm	9	13	12	14	13	10	13	13	12
Be	ppm	2	3	2	2	1	2	3	3	3

Fe₂O₃: toplam demir, LOI: ateşte kayıp, K: kaolinit, D: dikit, I:illit, Sm: simektit, Q: kuvars, Opal-CT: opal kristobalıt, Ca: kalsit, J: jarosit, Fld: feldispat, Er: erionit, M: mordenit, An: analsim, Hm: hematit, DBD: doğal beyazlık derecesi, IBD: ısıtılmış beyazlık derecesi.

Ek-1. (devam)

Örnek		TT01	TT03	TT04	TT06	TT07	TT10	TT12	TT13	TT14
Co	ppm	0,8	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	0,6	0,8
Cs	ppm	1	1,8	2,2	1,2	1,5	1,2	1,7	2,4	3,2
Ga	ppm	21	16,7	13,7	16,3	13,5	14,3	15,6	16	14
Hf	ppm	2,4	2,8	3,1	3	2,8	3,8	3,2	3,6	2,7
Rb	ppm	3,8	5	4,5	2,8	3,5	7,4	7,6	19	15,1
Sn	ppm	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ta	ppm	0,5	1,1	1,2	1,2	1,2	0,9	1,1	1,1	1
Th	ppm	13,8	21,8	23,6	25,4	20,9	17,4	20,5	22,6	17,4
U	ppm	3,4	7,3	3,7	4,7	3,7	4,3	4,5	4,7	6,1
V	ppm	44	18	24	18	29	46	35	28	24
W	ppm	27,9	17,7	14	7,3	25	19,9	2,4	5,6	5,9
Mo	ppm	0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Cu	ppm	5,3	3,6	0,5	1,1	2,4	1,6	5,3	4,1	3,5
Pb	ppm	9,2	8,2	3,2	2,7	3	12,1	9,2	5,2	6,8
Zn	ppm	12	3	2	1	2	2	12	8	4
Ni	ppm	1,1	1,3	0,5	0,4	0,5	0,5	1,1	1	1,2
As	ppm	2,4	20,8	1,8	2,2	34,6	44,6	2,4	6,2	5,7
Cd	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sb	ppm	1,3	0,7	0,9	1,2	3,2	1,1	1,3	1,4	2
Bi	ppm	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,23	0,2	0,2	0,2
Ag	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Au	ppm	1,5	2,1	1,3	1,2	1,2	1,1	1,5	1,1	1,1
Hg	ppm	0,04	0,22	0,05	0,11	0,17	1,23	0,04	0,04	0,18
Tl	ppm	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2	0,2
Se	ppm	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Nadir toprak elementler										
La	ppm	26	32,9	38,6	41,8	38,5	42,6	41,1	36	31,5
Ce	ppm	40,6	60,2	69,9	74,1	70,6	72,5	71,1	66,3	56,0
Pr	ppm	3,71	5,35	6,11	6,54	6,48	6,57	6,31	6,09	4,93
Nd	ppm	10,9	16,3	18,2	19,6	20,2	18,8	17,9	19,1	14,4
Sm	ppm	1,5	2,2	2,4	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,1
Eu	ppm	0,42	0,56	0,57	0,58	0,58	0,67	0,62	0,64	0,53
Gd	ppm	1,24	1,46	1,84	1,85	1,71	1,81	1,97	1,62	1,53
Tb	ppm	0,18	0,3	0,32	0,35	0,33	0,31	0,34	0,31	0,28
Dy	ppm	1,14	1,77	2,08	2,13	1,96	1,88	2	1,68	1,67
Ho	ppm	0,23	0,32	0,34	0,38	0,33	0,3	0,34	0,3	0,32
Er	ppm	0,77	1,07	1,25	1,28	1,19	1,1	1,2	1,12	1,03
Tm	ppm	0,13	0,18	0,23	0,21	0,21	0,19	0,21	0,17	0,19
Yb	ppm	0,9	1,35	1,41	1,43	1,52	1,19	1,42	1,28	1,29
Lu	ppm	0,16	0,24	0,26	0,25	0,26	0,21	0,24	0,22	0,23
(La/Lu) _N	ppm	17,41	14,69	15,91	17,91	15,86	21,74	18,35	17,53	14,67
(Ce/Ce*) _N	ppm	1,01	1,11	1,11	1,1	1,09	1,06	1,08	1,1	1,10
(Eu/Eu*) _N	ppm	0,94	0,95	0,82	0,79	0,84	0,96	0,85	0,99	0,90

(Eu/Eu*)_N= [Eu_N/√(Sm_N*Gd_N)], (Ce/Ce*)_N= [Ce_N/√(La_N*Pr_N)], Normalize değerler Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır.

Ek-1. (devam)

Örnek		TT16	TT18	TT19	TT21	TT22	TT23	TT26	TT32	TTA01
MİNERALLER	K(D)	XXX	X	XX	XX	X	XXX	XXX	XXX	XXX
	I				X		X	X	X	X
	Sm						X	X	X	
	Q	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XXX
	Op-CT									
	Ca				X					X
	J								XXX	
	Fld				X		X	X		X
	Er				X					X
	M				X					X
	An				X					X
Hm				X					X	
Örnek		TT16	TT18	TT19	TT21	TT22	TT23	TT26	TT32	TTA01
DBD	%	88,41	84,8	75,21	52,21	86,29	85,22	82,75	83,49	61,26
IBD	%	95,89	87,12	68,61	56,8	86,22	83,23	67,63	46,94	56,76
Ana elementler										
SiO ₂	%	76,2	85,8	76,3	66,2	90,8	74,0	73,7	65,3	68,8
Al ₂ O ₃	%	15,8	9,2	15,5	15,7	4,5	15,6	15,5	17,5	14,8
Fe ₂ O ₃	%	0,16	0,12	1,08	2,42	0,11	0,41	1,33	3,79	1,90
MgO	%	0,03	0,01	0,06	0,31	0,04	0,19	0,16	0,12	0,15
CaO	%	0,08	0,03	0,12	3,39	0,44	0,22	0,31	0,15	4,03
Na ₂ O	%	0,04	0,05	0,05	0,12	0,06	0,12	0,11	0,15	0,04
K ₂ O	%	0,11	0,12	0,21	3,71	0,15	1,23	0,67	2,28	0,42
TiO ₂	%	0,24	0,15	0,24	0,29	0,25	0,34	0,33	0,31	0,22
P ₂ O ₅	%	0,07	0,2	0,06	0,09	0,13	0,17	0,1	0,13	0,1
MnO	%	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06
Cr ₂ O ₃	%	<,012	<,013	<,014	0,00	<,015	<,016	<,017	<,018	<,001
LOI	%	7,2	4,1	6,3	7,6	3,3	7,5	7,7	10,2	9,4
SUM	%	100,1	99,9	100,1	99,9	99,9	100,1	100,1	100,1	100,1
C _T	%	0,03	0,05	0,02	0,74	0,1	0,1	0,09	0,03	0,9
S _T	%	0,03	0,02	0,01	0,03	0,12	0,4	0,2	0,88	0,03
İz elementler										
Ni	ppm	5	5	5	5,00	5	5	5	5	5
Sc	ppm	3	1	2	3	1	7	4	4	3
Ba	ppm	747	887	697	1078	1137	1799	980	265	1372
Sr	ppm	226,4	64	63	162	209	440	160	244	77
Zr	ppm	113	60	117	136	120	156	152	160	100
Y	ppm	12,3	7	14	11	9	10	11	13	13
Nb	ppm	13,4	8	12	14	13	16	16	19	10
Be	ppm	3	1	3	1,00	<1	1	1	2	

Fe₂O₃: toplam demir, LOI: ateşte kayıp, K: kaolinit, D: dikit, I: illit, Sm: simektit, Q: kuvars, Opal-CT: opal kristobalit, Ca: kalsit, J: jarosit, Fld: feldispat, Er: erionit, M: mordenit, An: analsim, Hm: hematit, DBD: doğal beyazlık derecesi, IBD: ısıtılmış beyazlık derecesi.

Ek-1. (devam)

Örnek		TT16	TT18	TT19	TT21	TT22	TT23	TT26	TT32	TTA01
Co	ppm	0,5	<0,5	1,2	3,80	<0,5	<0,5	1,5	0,7	
Cs	ppm	2,1	1,5	4,2	14,90	1,2	3,6	4,9	4,8	
Ga	ppm	16,7	7,8	14,7	15,50	6,9	19,2	15,6	17,7	
Hf	ppm	3,5	1,7	3,1	3,60	3	4	3,9	4,6	
Rb	ppm	5,7	5,4	13,7	131,30	5,5	38	37	67	
Sn	ppm	1	1	2	1,00	1	1	1	1	
Ta	ppm	1,3	0,8	1,1	1,10	1	1,3	1,2	1,6	
Th	ppm	25,2	11,6	19,6	20,70	19,2	23,9	23,7	31,8	
U	ppm	7	4,7	6,5	4,90	11,9	12,3	7,5	6,6	
V	ppm	14	12	29	46,00	11	106	40	64	
W	ppm	16,6	33,4	8,6	1,70	15,4	5,4	7,7	3,6	
Mo	ppm	0,1	0,4	0,9	0,70	1,7	5,7	0,9		
Cu	ppm	5,3	1	5,8	7,30	4,3	1,9	2,4		
Pb	ppm	9,2	3,2	15,7	11,10	16,3	15,3	14,1		
Zn	ppm	12	1	18	27,00	3	2	5		
Ni	ppm	1,1	0,7	2,2	0,40	1,7	0,7	0,6		
As	ppm	2,4	3,4	17,3	4,40	4,1	43,1	24,9		
Cd	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1		
Sb	ppm	1,3	0,8	1,8	0,20	0,6	2,1	0,8		
Bi	ppm	0,2	0,1	0,2	0,20	0,1	0,2	0,2		
Ag	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1		
Au	ppm	1,5	1,2	1,6	2,70	1,6	7,1	2,5		
Hg	ppm	0,04	3,66	0,07	0,05	1,68	0,81	0,47		
Tl	ppm	0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	0,1	0,8		
Se	ppm	<0,5	<0,5	<0,5	0,50	<0,5	0,6	<0,5		
Nadir toprak elementler										
La	ppm	44,1	20,8	35,2	37,50	26,5	48,3	41,8	64,4	
Ce	ppm	76,7	37,1	61,7	67,70	45,4	83,4	75,0	102,0	
Pr	ppm	6,68	3,27	5,6	5,98	4	6,99	6,65	7,69	
Nd	ppm	20,7	9,2	16,2	17,00	12	18,3	21,1	21,2	
Sm	ppm	3,1	1,4	2,5	2,30	1,6	2,3	2,7	2,8	
Eu	ppm	0,82	0,37	0,62	0,63	0,38	0,54	0,66	0,7	
Gd	ppm	1,68	1	1,82	1,83	1,08	1,35	1,77	1,82	
Tb	ppm	0,32	0,19	0,38	0,34	0,2	0,26	0,32	0,29	
Dy	ppm	1,87	1,17	2,19	1,77	1,38	1,64	1,67	1,81	
Ho	ppm	0,38	0,2	0,4	0,32	0,24	0,3	0,32	0,39	
Er	ppm	1,16	0,71	1,27	1,07	0,89	0,98	1,1	1,28	
Tm	ppm	0,2	0,11	0,23	0,17	0,15	0,18	0,19	0,25	
Yb	ppm	1,4	0,82	1,55	1,19	1,1	1,27	1,24	1,71	
Lu	ppm	0,23	0,13	0,25	0,20	0,18	0,24	0,21	0,31	
(La/Lu) _N	ppm	20,55	17,15	15,09	20,09	15,78	21,57	21,33	22,26	
(Ce/Ce*) _N	ppm	1,10	1,10	1,08	1,11	1,08	1,11	1,10	1,12	
(Eu/Eu*) _N	ppm	1,10	0,96	0,89	0,94	0,88	0,94	0,92	0,95	

(Eu/Eu*)_N= [Eu_N/√(Sm_N*Gd_N)], (Ce/Ce*)_N= [Ce_N/√(La_N*Pr_N)], Normalize değerler Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA02	TTA03	TTA04	TTA05	TTA06	TTA07	TTA08
MİNERALLER	K(D)	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	I	X	X				X	X
	Sm							
	Q	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	Op-CT							
	Ca	X	X				X	X
	J							
	Fld	X	X				X	X
	Er	X	X				X	X
	M	X	X				X	X
	An	X	X				X	X
	Hm	X	X				X	X
Örnek		TTA02	TTA03	TTA04	TTA05	TTA06	TTA07	TTA08
DBD	%	60,67	51,43	86,29	85,22	86,29	61,26	61,26
IBD	%	70,94	65,93	86,22	83,23	86,22	56,76	56,76
Ana elementler								
SiO ₂	%	68,3	69,2	77,8	70,8	77,4	67,3	67,6
Al ₂ O ₃	%	13,7	15,6	14,8	19,2	13,7	16,7	16,3
Fe ₂ O ₃	%	2,32	1,89	0,12	0,17	0,21	2,87	2,95
MgO	%	0,17	0,17	0,02	0,03	0,02	0,2	0,21
CaO	%	4,77	3,04	0,06	0,08	0,14	1,31	1,23
Na ₂ O	%	0,03	0,04	0,06	0,04	0,06	0,16	0,13
K ₂ O	%	0,41	0,45	0,13	0,13	0,16	4,36	4,25
TiO ₂	%	0,24	0,22	0,23	0,25	0,22	0,33	0,33
P ₂ O ₅	%	0,11	0,1	0,07	0,05	0,05	0,15	0,12
MnO	%	0,1	0,07	<,01	<,01	<,01	0,07	0,07
Cr ₂ O ₃	%	0,001	0,001	<,001	0,001	<,001	<,001	<,001
LOI	%	9,6	8,9	6,5	8,8	7,3	6,7	6,7
SUM	%	99,9	99,8	100,1	99,9	99,7	100,2	100,0
C _T	%	1,08	0,72	0,02	0,29	0,19	0,3	0,32
S _T	%	0,02	0,02	0,05	0,06	0,11	0,02	0,02
İz elementler								
Ni	ppm	12	7	<5	<5	<5	6	13
Sc	ppm	3	3	1	1	1	4	4
Ba	ppm	1109	688	1723	2030	3620	794	702
Sr	ppm	64	53	89	91	106	114	114
Zr	ppm	87	80	110	104	85	154	163
Y	ppm	13	12	10	12	11	15	14
Nb	ppm	11	14	11	12	12	9	13

Fe₂O₃: toplam demir, LOI: ateşte kayıp, K: kaolinit, D: dikit, I:illit, Sm: simektit, Q: kuvars, Opal-CT: opal kristobalit, Ca: kalsit, J: jarosit, Fld: feldispat, Er: erionit, M: mordenit, An: analsim, Hm: hematit, DBD: doğal beyazlık derecesi, IBD: ısıtılmış beyazlık derecesi.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA09	TTA10	TTA11	TTA12	TTA13	TTA14	TTA15
MİNERALLER	K(D)	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	X
	I	X	X				X	
	Sm							
	Q	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XX	XXX
	Op-CT							
	Ca	X	X				X	X
	J							
	Fld	X	X				X	
	Er	X	X				X	
	M	X	X				X	
	An	X	X				X	
	Hm	X	X	X	X		X	
Örnek		TTA09	TTA10	TTA11	TTA12	TTA13	TTA14	TTA15
DBD	%	61,26	58,98	60,67	61,26	70,03	61,11	78,04
IBD	%	56,76	27,83	70,94	56,76	65,16	57,18	95
Ana elementler								
SiO ₂	%	67,0	67,0	76,7	73,0	74,2	67,5	90,6
Al ₂ O ₃	%	17,1	16,7	14,6	16,2	15,9	16,4	0,6
Fe ₂ O ₃	%	2,92	3,01	1,17	2,11	1,47	2,89	0,04
MgO	%	0,19	0,21	0,02	0,05	0,04	0,22	0,1
CaO	%	1,09	1,07	0,05	0,18	0,1	1,25	2,53
Na ₂ O	%	0,14	0,14	0,04	0,04	0,04	0,14	0,11
K ₂ O	%	4,2	4,28	0,13	0,2	0,21	4,27	0,26
TiO ₂	%	0,32	0,34	0,21	0,32	0,24	0,33	0,36
P ₂ O ₅	%	0,12	0,13	0,08	0,12	0,1	0,13	0,06
MnO	%	0,07	0,07	<,01	0,01	0,01	0,07	<,01
Cr ₂ O ₃	%	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
LOI	%	6,9	7,0	7,1	7,7	7,5	6,8	4,8
SUM	%	100,1	100,1	100,1	99,9	99,8	100,1	100,0
C _T	%	0,25	0,26	0,02	0,1	0,12	0,3	0,66
S _T	%	0,02	0,01	0,03	0,05	0,04	0,02	0,12
İz elementler								
Ni	ppm	6	7	8	6	7	<5	13
Sc	ppm	4	4	2	4	3	4	2
Ba	ppm	1033	758	36	88	77	761	4132
Sr	ppm	108	102	81	105	81	118	252
Zr	ppm	150	159	78	116	99	145	154
Y	ppm	13	15	12	15	14	14	14
Nb	ppm	17	14	9	14	11	18	17

Fe₂O₃: toplam demir, LOI: ateşte kayıp, K: kaolinit, D: dikit, I:illit, Sm: simektit, Q: kuvars, Opal-CT: opal kristobalıt, Ca: kalsit, J: jarosit, Feld: Fldispat, Er: erionit, M: mordenit, An: analsim, Hm: hematit, DBD: doğal beyazlık derecesi, IBD: ısıtılmış beyazlık derecesi.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA16	TTA17	TTA18	TTA19	TTA20	TTA21	TTA22
MİNERALLER	K(D)	XXX	XX	XX	XXX	XXX	XX	XXX
	I							
	Sm							
	Q	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	Op-CT							
	Ca							
	J							
	Fld			X				
	Er							
	M							
	An							
Hm			X					
Örnek		TTA16	TTA17	TTA18	TTA19	TTA20	TTA21	TTA22
DBD	%	84,88	64,41	58,98	76,74	89,64	79,13	84,93
IBD	%	87,5	53,89	27,83	89,42	96,64	83,93	89,79
Ana elementler								
SiO ₂	%	77,2	83,7	76,0	80,2	77,2	79,6	78,3
Al ₂ O ₃	%	14,3	9,4	11,7	13,2	15,6	14,0	15,0
Fe ₂ O ₃	%	0,20	1,10	3,35	0,53	0,12	0,38	0,19
MgO	%	0,05	0,05	0,13	0,01	0,02	0,03	0,02
CaO	%	0,24	0,29	0,27	0,03	0,04	0,04	0,05
Na ₂ O	%	0,11	0,03	0,42	0,03	0,02	0,04	0,03
K ₂ O	%	0,22	0,1	0,52	0,08	0,08	0,1	0,11
TiO ₂	%	0,35	0,22	0,25	0,19	0,18	0,18	0,18
P ₂ O ₅	%	0,09	0,04	0,08	0,07	0,05	0,02	0,11
MnO	%	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01
Cr ₂ O ₃	%	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	0,002
LOI	%	7,0	4,8	7,2	5,5	6,4	5,4	6,0
SUM	%	100,1	99,9	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1
C _T	%	0,06	0,07	0,13	0,01	0,01	0,01	0,02
S _T	%	0,09	0,02	0,05	0,03	0,05	0,04	0,07
İz elementler								
Ni	ppm	9	11	8	10	8	5	6
Sc	ppm	3	1	2	1	1	2	3
Ba	ppm	2231,1	1022,1	933,9	1612,4	2738	1850,7	919
Sr	ppm	287,3	66,1	113,3	83,9	118	45,2	241
Zr	ppm	156,8	134,3	127,6	87,4	100	128,2	90
Y	ppm	13,6	8,6	10,3	12,3	11	12,3	13
Nb	ppm	12,8	9	10	13,2	10	10,8	10
Be	ppm	1	<1	1	<1		<1	

Fe₂O₃: toplam demir, LOI: ateşte kayıp, K: kaolinit, D: dikit, I: illit, Sm: simektit, Q: kuvars, Opal-CT: opal kristobalit, Ca: kalsit, J: jarosit, Fld: feldispat, Er: erionit, M: mordenit, An: analsim, Hm: hematit, DBD: doğal beyazlık derecesi, IBD: ısıtılmış beyazlık derecesi.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA16	TTA17	TTA18	TTA19	TTA20	TTA21	TTA22
Co	ppm	17	10,5	17,1	9,7		10,1	
Cs	ppm	0,7	1,2	0,8	1,2		1,5	
Ga	ppm	25,9	12,3	44,7	13,2		13,3	
Hf	ppm	4,4	3,6	3,8	2,9		3,9	
Rb	ppm	3,7	3,8	4,5	3,6		4,8	
Sn	ppm	1	<1	<1	<1		1	
Ta	ppm	1	0,6	0,6	1,1		1,1	
Th	ppm	21,5	17,2	20,8	21,3		21,9	
U	ppm	9,6	6,1	9,3	5,5		2,8	
V	ppm	26	10	25	<5		<5	
W	ppm	247,1	143,8	227,1	108,9		126,3	
Mo	ppm	0,9	0,4	1	0,2		<0,1	
Cu	ppm	1,8	3,1	24,8	1,9		2,3	
Pb	ppm	25,1	7,6	6,4	3,5		2,5	
Zn	ppm	<0,1	1	4	1		1	
Ni	ppm	0,4	0,2	1,9	0,4		0,2	
As	ppm	69,2	315,3	614,1	17,8		13,6	
Cd	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	
Sb	ppm	4,9	0,9	8,2	0,4		1	
Bi	ppm	0,2	0,1	0,2	0,2		0,2	
Ag	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	
Au	ppm	0,6	<0,5	<0,5	0,7		<0,5	
Hg	ppm	1,58	1,01	0,56	0,16		0,63	
Tl	ppm	7,3	1,4	1,7	0,2		0,1	
Se	ppm	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	
Nadir toprak elementler								
La	ppm	40,3	21,3	28,3	33,7		33,1	
Ce	ppm	65,5	36,1	50,4	59		57,5	
Pr	ppm	6,05	3,34	4,62	5,43		5,11	
Nd	ppm	18,8	10,3	14,7	15,8		14,8	
Sm	ppm	2,81	1,59	2	2,12		2,12	
Eu	ppm	0,85	0,39	0,51	0,57		0,54	
Gd	ppm	1,91	1,18	1,41	1,44		1,5	
Tb	ppm	0,37	0,21	0,26	0,28		0,3	
Dy	ppm	1,88	1,15	1,38	1,62		1,54	
Ho	ppm	0,41	0,28	0,31	0,38		0,37	
Er	ppm	1,24	0,82	0,98	1,21		1,2	
Tm	ppm	0,21	0,14	0,16	0,23		0,21	
Yb	ppm	1,53	1,06	1,2	1,56		1,67	
Lu	ppm	0,23	0,18	0,2	0,26		0,29	
(La/Lu) _N	ppm	18,78	12,68	15,16	13,89		12,23	
(Ce/Ce*) _N	ppm	1,03	1,05	1,08	1,07		1,08	
(Eu/Eu*) _N	ppm	1,12	0,87	0,93	1,00		0,93	

(Eu/Eu*)_N= [Eu_N/√(Sm_N*Gd_N)], (Ce/Ce*)_N= [Ce_N/√(La_N*Pr_N)], Normalize değerler Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA23	TTA24	TTA25	TTA26	TTA27	TTR A27	TTA28
MINERALLER	K(D)	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XX	XXX
	I					X	X	
	Sm							
	Q	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	Op-CT					X	X	
	Ca					XX	XX	X
	J							
	Fld							
	Er							
	M							
	An							
	Hm		X		X	X	X	X
	Örnek		TTA23	TTA24	TTA25	TTA26	TTA27	TTR A27
DBD	%	74,63	62,53	80,05	60,3	52,21	61,26	60,67
IBD	%	68,91	52,73	82,27	76,97	56,8	56,76	70,94
Ana elementler								
SiO ₂	%	76,7	72,5	76,6	74,7	68,5	68,4	71,9
Al ₂ O ₃	%	14,9	15,2	15,3	14,7	14,8	14,8	15,1
Fe ₂ O ₃	%	1,04	3,81	0,54	1,58	2,21	2,24	1,87
MgO	%	0,06	0,08	0,06	0,12	0,17	0,17	0,07
CaO	%	0,13	0,09	0,06	0,94	4,18	4,35	2,33
Na ₂ O	%	0,04	0,03	0,04	0,15	0,07	0,07	0,04
K ₂ O	%	0,19	0,24	0,22	0,38	0,44	0,44	0,23
TiO ₂	%	0,22	0,23	0,20	0,22	0,23	0,22	0,24
P ₂ O ₅	%	0,06	0,15	0,07	0,09	0,07	0,06	0,07
MnO	%	<,01	<,01	<,01	0,03	0,03	0,04	0,07
Cr ₂ O ₃	%	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
LOI	%	6,7	7,5	6,9	7,1	9,3	9,1	8,1
SUM	%	100,1	99,9	100,1	100,1	100,1	99,9	100,1
C _T	%	0,07	0,04	0,02	0,21	0,93	0,88	0,48
S _T	%	0,04	0,07	0,05	0,03	0,01	0,01	0,03
İz elementler								
Ni	ppm	5	10	<5	8	7	<5	7
Sc	ppm	2	8	3	3	3	3	3
Ba	ppm	543	399	134,3	48,3	399,1	446	829
Sr	ppm	101	84	88,2	67,5	74	75	58
Zr	ppm	122	108	89,8	108,3	101,7	105	90
Y	ppm	15	14	12,4	14,4	10,4	10	13
Nb	ppm	6	14	12,4	13,5	8,8	9	9
Be	ppm			<1	1	<1		

Fe₂O₃: toplam demir, LOI: ateşte kayıp, K: kaolinit, D: dikit, I: illit, Sm: simektit, Q: kuvars, Opal-CT: opal kristobalit, Ca: kalsit, J: jarosit, Fld: feldispat, Er: erionit, M: mordenit, An: analsim, Hm: hematit, DBD: doğal beyazlık derecesi, IBD: ısıtılmış beyazlık derecesi.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA23	TTA24	TTA25	TTA26	TTA27	TTR A27	TTA28
Co	ppm			8,2	11,5	8,3		
Cs	ppm			2,2	4,1	5,4		
Ga	ppm			14,3	14,2	13,5		
Hf	ppm			3	3,4	2,7		
Rb	ppm			11,3	16,4	24,9		
Sn	ppm			1	1	1		
Ta	ppm			1,3	1,2	0,7		
Th	ppm			25,2	23,2	15,6		
U	ppm			16,2	7,1	2,6		
V	ppm			15	17	20		
W	ppm			78,8	53	42,2		
Mo	ppm			0,1	0,5	0,3		
Cu	ppm			5,8	6,7	6,4		
Pb	ppm			6,1	14	14		
Zn	ppm			2	27	29		
Ni	ppm			0,9	1,2	0,8		
As	ppm			10,9	6,8	5,4		
Cd	ppm			<0,1	<0,1	<0,1		
Sb	ppm			1,5	0,9	0,8		
Bi	ppm			0,2	0,2	0,1		
Ag	ppm			<0,1	<0,1	<0,1		
Au	ppm			<0,5	<0,5	<0,5		
Hg	ppm			0,1	0,19	0,4		
Tl	ppm			0,1	0,1	0,1		
Se	ppm			<0,5	<0,5	<0,5		
Nadir toprak elementler								
La	ppm			34,3	33,9	27,9		
Ce	ppm			63,6	59,9	49		
Pr	ppm			6,14	5,56	4,58		
Nd	ppm			18,5	17,6	13,5		
Sm	ppm			2,61	2,33	2,11		
Eu	ppm			0,6	0,65	0,67		
Gd	ppm			1,78	1,94	1,58		
Tb	ppm			0,34	0,34	0,26		
Dy	ppm			1,76	1,97	1,58		
Ho	ppm			0,38	0,44	0,32		
Er	ppm			1,15	1,34	0,92		
Tm	ppm			0,19	0,21	0,15		
Yb	ppm			1,43	1,65	1,14		
Lu	ppm			0,23	0,28	0,18		
(La/Lu) _N	ppm			15,98	12,98	16,61		
(Ce/Ce*) _N	ppm			1,07	1,07	1,06		
(Eu/Eu*) _N	ppm			0,85	0,93	1,12		

(Eu/Eu*)_N= [Eu_N/√(Sm_N*Gd_N)], (Ce/Ce*)_N= [Ce_N/√(La_N*Pr_N)], Normalize değerler Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA29	TTA30	TTA31	TTA32	TTA33	TTA34	TTA35
MINERALLER	K(D)	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	I					X		
	Sm					X		
	Q	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	Op-CT		X					X
	Ca	X				X	X	X
	J							
	Fld					X	X	X
	Er					X	X	X
	M					X	X	X
	An					X	X	X
	Hm	X	X			X	X	X
Örnek		TTA29	TTA30	TTA31	TTA32	TTA33	TTA34	TTA35
DBD	%	51,43	70,03	83,7	78,21	46,27	62,97	64,16
IBD	%	65,93	65,16	92,86	83,64	45,14	62,45	61,65
Ana elementler								
SiO ₂	%	70,1	79,2	75,1	75,4	62,1	69,3	62,3
Al ₂ O ₃	%	14,6	12,7	16,6	16,0	16,1	15,5	19,9
Fe ₂ O ₃	%	1,96	1,57	0,28	0,57	2,82	2,16	2,09
MgO	%	0,28	0,04	0,07	0,08	0,5	0,15	0,32
CaO	%	3,3	0,14	0,12	0,1	4,84	2,06	2
Na ₂ O	%	0,07	0,05	0,05	0,08	0,18	0,12	1,19
K ₂ O	%	1,56	0,17	0,24	0,22	3,31	2,49	1,85
TiO ₂	%	0,22	0,20	0,24	0,24	0,31	0,25	0,23
P ₂ O ₅	%	0,09	0,06	0,11	0,08	0,08	0,09	0,09
MnO	%	0,08	<,01	<,01	0,01	0,06	0,07	0,07
Cr ₂ O ₃	%	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
LOI	%	7,8	5,9	7,1	7,1	9,7	7,8	10,0
SUM	%	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1
C _T	%	0,67	0,03	0,02	0,03	0,98	0,4	0,53
S _T	%	0,02	0,04	0,01	0,09	0,02	0,02	0,09
İz elementler								
Ni	ppm	<5	6	7	<5	<5	<5	<5
Sc	ppm	3	1	3	3	4	2	3
Ba	ppm	816	47,3	694	679	851,5	1006	289,1
Sr	ppm	77	55,7	125	95	254,2	105	338
Zr	ppm	95	92,9	98	113	176,8	143	82,3
Y	ppm	13	9,5	15	12	13,7	12	11,1
Nb	ppm	8	10,6	6	9	15,1	13	12,3
Be	ppm		<1			1		1

Fe₂O₃: toplam demir, LOI: ateşte kayıp, K: kaolinit, D: dikit, I: illit, Sm: simektit, Q: kuvars, Opal-CT: opal kristobalit, Ca: kalsit, J: jarosit, Fld: feldispat, Er: erionit, M: mordenit, An: analsim, Hm: hematit, DBD: doğal beyazlık derecesi, IBD: ısıtılmış beyazlık derecesi.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA29	TTA30	TTA31	TTA32	TTA33	TTA34	TTA35
Co	ppm		18,9			10,9		23
Cs	ppm		2,5			15,1		19,6
Ga	ppm		13,1			15,7		19
Hf	ppm		2,4			4,7		3
Rb	ppm		10			145,2		75,5
Sn	ppm		<1			1		<1
Ta	ppm		0,9			1		1
Th	ppm		17,7			23,3		21,8
U	ppm		3,9			3,3		4,4
V	ppm		<5			29		22
W	ppm		88,9			32		6,9
Mo	ppm		0,2			0,3		0,3
Cu	ppm		4,7			4,8		7,1
Pb	ppm		5			16		10,9
Zn	ppm		3			30		28
Ni	ppm		0,7			1,7		2,9
As	ppm		77,5			7,4		17
Cd	ppm		<0,1			<0,1		0,1
Sb	ppm		5,1			0,1		0,7
Bi	ppm		0,1			0,2		0,1
Ag	ppm		<0,1			<0,1		0,1
Au	ppm		<0,5			1,1		1
Hg	ppm		0,39			0,04		0,11
Tl	ppm		0,7			0,2		0,2
Se	ppm		<0,5			<0,5		<0,5
Nadir toprak elementler								
La	ppm		26,2			40,3		33,2
Ce	ppm		45,9			73,7		59
Pr	ppm		4,08			6,66		5,18
Nd	ppm		13			19,8		15,7
Sm	ppm		1,66			2,88		2,09
Eu	ppm		0,48			0,87		0,61
Gd	ppm		1,01			2,09		1,53
Tb	ppm		0,19			0,38		0,27
Dy	ppm		1,29			1,94		1,56
Ho	ppm		0,29			0,42		0,32
Er	ppm		0,87			1,23		1,01
Tm	ppm		0,13			0,18		0,14
Yb	ppm		1,16			1,42		1,12
Lu	ppm		0,19			0,22		0,18
(La/Lu) _N	ppm		14,78			19,63		19,77
(Ce/Ce*) _N	ppm		1,09			1,10		1,10
(Eu/Eu*) _N	ppm		1,13			1,08		1,04

(Eu/Eu*)_N= [Eu_N/√(Sm_N*Gd_N)], (Ce/Ce*)_N= [Ce_N/√(La_N*Pr_N)], Normalize değerler Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA36	TTA37	TTA39	TTA40	TTA41	TTA42	TTA43
MINERALLER	K(D)	XXX	XX	XX	XXX	XXX	XX	XXX
	I		X	X				
	Sm		X	X				
	Q	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	Op-CT							
	Ca		X	X				
	J					XXX		
	Fld		X	X				
	Er		X	X				
	M		X	X				
	An		X	X				
	Hm	X	X	X	X	X		
	Örnek		TTA36	TTA37	TTA39	TTA40	TTA41	TTA42
DBD	%	63,55	61,11	43,72	59,38	40,41	75,72	83,27
IBD	%	57,15	57,18	50,38	47,36	34,46	90,89	91,8
Ana elementler								
SiO ₂	%	71,3	68,3	68,7	78,6	75,5	85,2	79,6
Al ₂ O ₃	%	16,7	15,0	15,0	11,6	10,8	8,9	14,0
Fe ₂ O ₃	%	2,75	2,26	2,78	3,23	6,11	0,26	0,09
MgO	%	0,15	0,27	0,48	0,02	0,01	0,02	0,01
CaO	%	0,17	3,07	2,31	0,05	0,07	0,13	0,05
Na ₂ O	%	0,07	0,19	0,16	0,04	0,07	0,05	0,03
K ₂ O	%	1,02	3,64	3,28	0,18	0,43	0,13	0,1
TiO ₂	%	0,30	0,25	0,30	0,20	0,13	0,19	0,17
P ₂ O ₅	%	0,12	0,1	0,05	0,05	0,11	0,1	0,05
MnO	%	0,07	0,07	0,04	<,01	<,01	0,01	<,01
Cr ₂ O ₃	%	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	0,001	<,001
LOI	%	7,2	6,9	6,9	5,9	6,6	4,9	5,9
SUM	%	100,1	100,2	100,2	99,9	100,0	100,1	100,1
C _T	%	0,02	0,41	0,49	0,02	0,02	0,02	0,01
S _T	%	0,07	0,52	0,03	0,16	0,44	0,11	0,02
İz elementler								
Ni	ppm	5	5	<5	<5	<5	5	<5
Sc	ppm	3	3	4	1	2	2	1
Ba	ppm	993	842,6	989	744	598,5	1474	605
Sr	ppm	136	270	226	47	185,9	242	105,8
Zr	ppm	160	138,8	167	106	67,5	91	87,5
Y	ppm	13	12,7	13	10	7,5	10	10,9
Nb	ppm	11	14,3	11	8	9,7	7	6,4
Be	ppm		1			2		2

Fe₂O₃: toplam demir, LOI: ateşte kayıp, K: kaolinit, D: dikit, I: illit, Sm: simektit, Q: kuvars, Opal-CT: opal kristobalit, Ca: kalsit, J: jarosit, Fld: feldispat, Er: erionit, M: mordenit, An: analsim, Hm: hematit, DBD: doğal beyazlık derecesi, IBD: ısıtılmış beyazlık derecesi.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA36	TTA37	TTA39	TTA40	TTA41	TTA42	TTA43
Co	ppm		7,4			10,8		10,8
Cs	ppm		10,2			1,2		1,2
Ga	ppm		14,5			14,8		11,7
Hf	ppm		3,7			2		2,3
Rb	ppm		127,9			7		5,1
Sn	ppm		1			1		1
Ta	ppm		1,1			0,7		1
Th	ppm		25,2			32,5		18,9
U	ppm		4,3			7,1		4,3
V	ppm		39			79		17
W	ppm		14,5			180,4		179,9
Mo	ppm		0,5			0,7		<0,1
Cu	ppm		5,2			9,7		0,4
Pb	ppm		13,3			19,6		5,7
Zn	ppm		35			7		1
Ni	ppm		0,4			1		0,3
As	ppm		5,6			648,8		8,4
Cd	ppm		<0,1			<0,1		<0,1
Sb	ppm		0,1			8,6		0,5
Bi	ppm		0,2			0,2		0,2
Ag	ppm		<0,1			<0,1		<0,1
Au	ppm		0,9			<0,5		0,5
Hg	ppm		0,01			0,7		0,52
Tl	ppm		0,1			0,2		<0,1
Se	ppm		0,6			0,9		<0,5
Nadir toprak elementler								
La	ppm		39,6			26,8		28,4
Ce	ppm		68,2			45,5		50,7
Pr	ppm		6,17			3,99		4,66
Nd	ppm		19,6			12,7		15,5
Sm	ppm		2,4			1,59		1,88
Eu	ppm		0,63			0,39		0,41
Gd	ppm		1,81			1,09		1,25
Tb	ppm		0,3			0,18		0,25
Dy	ppm		1,74			1,03		1,47
Ho	ppm		0,39			0,23		0,33
Er	ppm		1,09			0,75		1,2
Tm	ppm		0,19			0,11		0,21
Yb	ppm		1,3			0,81		1,55
Lu	ppm		0,23			0,14		0,3
(La/Lu) _N	ppm		18,45			20,52		10,15
(Ce/Ce*) _N	ppm		1,07			1,08		1,08
(Eu/Eu*) _N	ppm		0,92			0,91		0,82

$(Eu/Eu^*)_N = [Eu_N / \sqrt{(Sm_N * Gd_N)}]$, $(Ce/Ce^*)_N = [Ce_N / \sqrt{(La_N * Pr_N)}]$, Normalize değerler Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA44	TTA45	TTA46	TTA47	TTA48	TTA49	TTA50
MINERALLER	K(D)	XXX	XX	XX	XX	XX	XXX	XX
	I							X
	Sm							
	Q	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	Op-CT					X		
	Ca							
	J							
	Fld							
	Er							
	M							
	An							
Hm					X		X	
Örnek		TTA44	TTA45	TTA46	TTA47	TTA48	TTA49	TTA50
DBD	%	79,43	76,2	85,96	86,29	66,81	87,36	64,37
IBD	%	90,84	89,21	93,64	91,65	62,65	94,02	54,65
Ana elementler								
SiO ₂	%	79,9	85,2	84,4	79,5	80,3	78,7	77,3
Al ₂ O ₃	%	12,9	9,5	10,2	13,4	12,2	14,4	13,2
Fe ₂ O ₃	%	0,21	0,16	0,08	0,17	1,86	0,13	2,57
MgO	%	0,07	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03
CaO	%	0,37	0,03	0,05	0,13	0,04	0,05	0,07
Na ₂ O	%	0,06	0,05	0,06	0,05	0,04	0,04	0,06
K ₂ O	%	0,15	0,12	0,11	0,16	0,11	0,1	0,12
TiO ₂	%	0,21	0,15	0,16	0,24	0,21	0,23	0,24
P ₂ O ₅	%	0,07	0,04	0,03	0,07	0,07	0,07	0,04
MnO	%	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01	<,01
Cr ₂ O ₃	%	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
LOI	%	5,7	4,7	4,7	6,2	5,1	6,2	6,4
SUM	%	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1
C _T	%	0,1	0,01	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03
S _T	%	0,09	0,01	0,05	0,05	0,05	0,03	0,01
İz elementler								
Ni	ppm	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sc	ppm	2	1	1	2	2	1	1
Ba	ppm	3020	691	1902	425	786,8	904	62,6
Sr	ppm	193	68	165	116	51,9	94	68
Zr	ppm	97	70	75	114,8	83,9	98	102,7
Y	ppm	11	8	9	11,3	9,1	11	10,6
Nb	ppm	11	7	8	12,8	9,7	12	12
Be	ppm				1	<1		1

Fe₂O₃: toplam demir, LOI: ateşte kayıp, K: kaolinit, D: dikit, I: illit, Sm: simektit, Q: kuvars, Opal-CT: opal kristobalit, Ca: kalsit, J: jarosit, Fld: feldispat, Er: erionit, M: mordenit, An: analsim, Hm: hematit, DBD: doğal beyazlık derecesi, IBD: ısıtılmış beyazlık derecesi.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA44	TTA45	TTA46	TTA47	TTA48	TTA49	TTA50
Co	ppm				7,3	8,2		10,4
Cs	ppm				2,1	1,3		1,7
Ga	ppm				15,7	10,3		13,9
Hf	ppm				3,6	2,8		3
Rb	ppm				7,4	5,1		5,7
Sn	ppm				1	1		1
Ta	ppm				1,1	0,8		1,1
Th	ppm				23,7	21		20,9
U	ppm				6,5	4,6		7,3
V	ppm				14	42		16
W	ppm				111,1	125,4		121,2
Mo	ppm				0,1	4,7		<0,1
Cu	ppm				1	4,5		7,7
Pb	ppm				20,9	1,4		7,2
Zn	ppm				1	3		5
Ni	ppm				0,5	1,1		0,4
As	ppm				34,6	163,6		67,1
Cd	ppm				<0,1	<0,1		<0,1
Sb	ppm				0,9	11,5		1,8
Bi	ppm				0,1	0,2		0,1
Ag	ppm				<0,1	<0,1		<0,1
Au	ppm				<0,5	<0,5		<0,5
Hg	ppm				0,24	0,96		0,01
Tl	ppm				0,1	0,1		0,3
Se	ppm				0,9	<0,5		0,6
Nadit toprak elementler								
La	ppm				35	26,5		29,7
Ce	ppm				58,8	44,5		51,1
Pr	ppm				5,33	4,17		4,78
Nd	ppm				15,9	13,4		15,3
Sm	ppm				2,17	1,74		1,82
Eu	ppm				0,54	0,45		0,46
Gd	ppm				1,56	1,33		1,43
Tb	ppm				0,28	0,24		0,26
Dy	ppm				1,79	1,39		1,44
Ho	ppm				0,36	0,29		0,33
Er	ppm				1,11	0,97		0,98
Tm	ppm				0,18	0,14		0,16
Yb	ppm				1,35	1,07		1,22
Lu	ppm				0,23	0,19		0,23
(La/Lu) _N	ppm				16,31	14,95		13,84
(Ce/Ce*) _N	ppm				1,06	1,04		1,05
(Eu/Eu*) _N	ppm				0,90	0,90		0,87

(Eu/Eu*)_N= [Eu_N/√(Sm_N*Gd_N)], (Ce/Ce*)_N= [Ce_N/√(La_N*Pr_N)], Normalize değerler Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır.

Ek-1. (devam)

Örnek		TTA51	TTA52	TTA60	TTA61	TTPKU	TTPKAO	TTSK
MİNERALLER	K(D)	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	I							
	Sm							
	Q	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XX
	Op-CT							
	Ca							
	J							
	Fld							
	Er							
	M							
An								
Hm		X						
Örnek		TTA51	TTA52	TTA60	TTA61	TTPKU	TTPKAO	TTSK
DBD	%	87,59	74,06	89,4	86,78			
IBD	%	89,05	70,81	97,49	85,99			
Ana elementler								
SiO ₂	%	76,2	76,9	77,8	79,2	47,6	54,0	46,5
Al ₂ O ₃	%	15,9	14,7	15,2	13,7	37,7	32,3	38,8
Fe ₂ O ₃	%	0,25	1,14	0,12	0,27	0,21	0,21	0,15
MgO	%	0,03	0,03	0,04	0,08	0,02	0,02	0,02
CaO	%	0,1	0,06	0,1	0,04	0,04	0,05	0,07
Na ₂ O	%	0,07	0,07	0,07	0,12	0,01	0,03	0,01
K ₂ O	%	0,17	0,15	0,12	0,15	0,04	0,04	0,04
TiO ₂	%	0,27	0,25	0,23	0,18	0,10	0,12	0,07
P ₂ O ₅	%	0,07	0,03	0,04	0,03	0,09	0,02	0,04
MnO	%	<,01	<,01	<,01	<,01	0,01	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	%	<,001	<,001	<,001	<,001	0,00	<,002	0,00
LOI	%	6,8	6,6	6,3	6,3	14,2	13,1	14,5
SUM	%	99,9	99,9	100,0	100,1	100,0	100,1	100,0
C _T	%	0,02	0,05	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03
S _T	%	0,04	0,04	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01
İz elementler								
Ni	ppm	<5	<5	<5	<5	5,00	6	5,00
Sc	ppm	2	1	2	1	1	2	1
Ba	ppm	14	33,7	242	447	324	1430	168
Sr	ppm	376	67,5	87,8	69	134	61	65
Zr	ppm	103	110,5	132,4	98	24	47	17
Y	ppm	13	11	12,1	11	6	5	5
Nb	ppm	16	11,3	10,8	16	4	9	3
Be	ppm		1	2		2,00	2	2,00

Fe₂O₃: toplam demir, LOI: ateşte kayıp, K: kaolinit, D: dikit, I: illit, Sm: simektit, Q: kuvars, Opal-CT: opal kristobalit, Ca: kalsit, J: jarosit, Fld: feldispat, Er: erionit, M: mordenit, An: analsim, Hm: hematit, DBD: doğal beyazlık derecesi, IBD: ısıtılmış beyazlık derecesi.

Ek-1. (devam)

Örnek	TTA51	TTA52	TTA60	TTA61	TTPKU	TTPKAO	TTSK
Co ppm		12	7,3		0,50	0,5	0,50
Cs ppm		1,8	1,8		0,40	9	0,30
Ga ppm		14,1	14,3		36,70	33,5	41,00
Hf ppm		3	3,9		2,20	2,8	1,90
Rb ppm		7,1	6,7		0,80	1,3	1,40
Sn ppm		1	1		1,00	2	1,00
Ta ppm		1	1,1		0,30	0,8	0,30
Th ppm		20,9	24,6		9,80	10,6	9,50
U ppm		8,4	4,3		1,80	2,5	1,30
V ppm		17	8		28,00	15	38,00
W ppm		122,6	100,7		31,50	15,7	18,30
Mo ppm		0,4	<0,1		0,10		0,10
Cu ppm		3,8	0,4		1,70		0,40
Pb ppm		11,1	6,5		14,20		7,50
Zn ppm		2	2		8,00		6,00
Ni ppm		0,8	0,3		0,60		0,40
As ppm		7,6	1,2		6,20		3,90
Cd ppm		<0,1	<0,1		0,10		0,10
Sb ppm		2	0,2		0,60		0,40
Bi ppm		0,1	0,2		0,40		0,20
Ag ppm		<0,1	<0,1		0,10		0,10
Au ppm		<0,5	0,6		9,70		7,40
Hg ppm		0,05	0,08		0,40		0,55
Tl ppm		0,4	0,1		0,10		0,10
Se ppm		<0,5	0,5		0,50		0,50
Nadir toprak elementler							
La ppm		31,1	38		24,90	15,8	21,10
Ce ppm		52,4	63,2		45,30	27,1	36,50
Pr ppm		4,92	6,07		3,93	2,43	3,23
Nd ppm		14,7	20,6		11,40	6,8	9,40
Sm ppm		2,06	2,41		1,50	1	1,20
Eu ppm		0,49	0,59		0,31	0,29	0,26
Gd ppm		1,58	1,79		1,08	0,59	0,86
Tb ppm		0,28	0,31		0,19	0,09	0,15
Dy ppm		1,72	1,67		0,95	0,6	0,81
Ho ppm		0,33	0,35		0,19	0,12	0,15
Er ppm		1,04	1,17		0,66	0,47	0,51
Tm ppm		0,18	0,21		0,08	0,08	0,07
Yb ppm		1,23	1,4		0,63	0,43	0,46
Lu ppm		0,21	0,27		0,11	0,08	0,07
(La/Lu) _N ppm		15,87	15,08				
(Ce/Ce*) _N ppm		1,04	1,02				
(Eu/Eu*) _N ppm		0,83	0,87				

$(Eu/Eu^*)_N = [Eu_N / \sqrt{(Sm_N * Gd_N)}]$, $(Ce/Ce^*)_N = [Ce_N / \sqrt{(La_N * Pr_N)}]$, Normalize değerler Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır

Ek-2. Kapadokya (Nevşehir) bölgesinden alınan örneklerin ateş kaybı değerleri çıkartıldıktan sonra 100'e tamamlanmış analiz değerleri.

Örnek	En az Altr.örn.	TT01	TT03	TT04	TT06	TT07	TT10	TT12	TT13
(gr)									
SiO ₂	71,79	85,35	83,13	83,56	82,49	83,42	82,92	79,85	80,02
Al ₂ O ₃	16,96	12,27	15,14	15,60	16,54	15,52	15,88	18,31	17,50
Fe ₂ O ₃	2,62	1,47	0,90	0,13	0,15	0,34	0,33	0,91	1,20
MgO	0,34	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,05	0,04	0,09
CaO	3,67	0,11	0,05	0,02	0,03	0,03	0,11	0,08	0,10
Na ₂ O	0,13	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,12	0,05	0,08
K ₂ O	4,02	0,12	0,11	0,13	0,10	0,11	0,15	0,26	0,58
TiO ₂	0,31	0,23	0,18	0,20	0,19	0,19	0,28	0,24	0,25
P ₂ O ₅	0,10	0,07	0,06	0,10	0,05	0,10	0,05	0,11	0,09
MnO	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	0,001	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,009	0,010	0,011
SUM	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
(ppm)									
Sc	3	1	1	2	1	2	2	4	2
Ba	1077,9	1849	2613,5	1302,7	2646,4	1608,8	537,7	815,9	471,6
Sr	161,7	191,6	117,5	182,5	135,2	196,9	101,4	172,3	97,4
Zr	136	86,4	92,4	100	103,4	106	147,2	107	130,4
Y	11,1	7,9	11,3	12,7	12,8	11,4	11,1	12,9	11,4
Nb	13,6	9,1	12,5	12,3	13,9	12,7	9,9	12,7	13,1
Co	3,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,6
Cs	14,9	1	1,8	2,2	1,2	1,5	1,2	1,7	2,4
Ga	15,5	21	16,7	13,7	16,3	13,5	14,3	15,6	16
Hf	3,6	2,4	2,8	3,1	3	2,8	3,8	3,2	3,6
Rb	131,3	3,8	5	4,5	2,8	3,5	7,4	7,6	19
Sn	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ta	1,1	0,5	1,1	1,2	1,2	1,2	0,9	1,1	1,1
Th	20,7	13,8	21,8	23,6	25,4	20,9	17,4	20,5	22,6
U	4,9	3,4	7,3	3,7	4,7	3,7	4,3	4,5	4,7
W	1,7	27,9	17,7	14	7,3	25	19,9	2,4	5,6
Tl	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	1	0,1	0,2
NTE	9,86	6,28	8,87	10,25	10,94	10,46	10,76	10,52	9,80

Fe₂O₃: Toplam demir, NTE: Ortalama nadir toprak element miktarı

Ek-2. (devam)

Örnek	TT14	TT16	TT18	TT19	TT22	TT23	TT26	TT32	TTA16
(gr)									
SiO ₂	80,95	82,05	89,51	81,40	93,96	79,95	79,81	72,67	82,92
Al ₂ O ₃	16,56	17,00	9,64	16,52	4,61	16,84	16,74	19,52	15,36
Fe ₂ O ₃	1,24	0,17	0,13	1,15	0,11	0,44	1,44	4,22	0,21
MgO	0,10	0,03	0,01	0,06	0,04	0,21	0,17	0,13	0,05
CaO	0,28	0,09	0,03	0,13	0,46	0,24	0,34	0,17	0,26
Na ₂ O	0,08	0,04	0,05	0,05	0,06	0,13	0,12	0,17	0,12
K ₂ O	0,40	0,12	0,13	0,22	0,16	1,33	0,73	2,54	0,24
TiO ₂	0,25	0,26	0,16	0,26	0,26	0,37	0,36	0,35	0,38
P ₂ O ₅	0,06	0,08	0,21	0,06	0,13	0,18	0,11	0,14	0,10
MnO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,020	0,001
SUM	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
(ppm)									
Sc	2	3	1	2	1	7	4	4	3
Ba	547,8	747	887	697,4	1136,8	1799,2	980	265	2231,1
Sr	112,6	226,4	63,7	63	209,4	439,5	160	244	287,3
Zr	96	113	60,3	117,4	120,3	156,1	152,3	160	156,8
Y	11	12,3	7	13,8	8,6	10	11	13	13,6
Nb	11,7	13,4	7,7	12,4	12,8	16	16	19,15	12,8
Co	0,8	0,5	0,5	1,2	0,5	0,5	1,5	0,7	17
Cs	3,2	2,1	1,5	4,2	1,2	3,6	4,9	4,8	0,7
Ga	14	16,7	7,8	14,7	6,9	19,2	15,6	17,7	25,9
Hf	2,7	3,5	1,7	3,1	3	4	3,9	4,6	4,4
Rb	15,1	5,7	5,4	13,7	5,5	38	37	67	3,7
Sn	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Ta	1	1,3	0,8	1,1	1	1,3	1,2	1,6	1
Th	17,4	25,2	11,6	19,6	19,2	23,9	23,7	31,8	21,5
U	6,1	7	4,7	6,5	11,9	12,3	7,5	6,6	9,6
W	5,9	16,6	33,4	8,6	15,4	5,4	7,7	3,6	247,1
Tl	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,8	0,1	7,3
NTE	8,29	11,38	5,46	9,28	6,79	11,86	11,05	14,76	10,15

Fe₂O₃: Toplam demir, NTE: Ortalama nadir toprak element miktarı.

Ek-2. (devam)

Örnek	TTA17	TTA18	TTA19	TTA21	TTA25	TTA26	TTA27	TTA30	TTA33
(gr)									
SiO ₂	88,02	81,81	84,80	84,10	82,25	80,35	75,41	84,07	68,66
Al ₂ O ₃	9,89	12,62	13,96	14,78	16,43	15,84	16,35	13,53	17,79
Fe ₂ O ₃	1,16	3,61	0,56	0,40	0,58	1,70	2,43	1,67	3,12
MgO	0,05	0,14	0,01	0,03	0,06	0,13	0,19	0,04	0,55
CaO	0,30	0,29	0,03	0,04	0,06	1,01	4,61	0,15	5,35
Na ₂ O	0,03	0,45	0,03	0,04	0,04	0,16	0,08	0,05	0,20
K ₂ O	0,11	0,56	0,08	0,11	0,24	0,41	0,48	0,18	3,66
TiO ₂	0,23	0,27	0,20	0,19	0,21	0,24	0,25	0,21	0,34
P ₂ O ₅	0,04	0,09	0,07	0,02	0,08	0,10	0,08	0,06	0,09
MnO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,07
Cr ₂ O ₃	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
SUM	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
(ppm)									
Sc	1	2	1	2	3	3	3	1	4
Ba	1022,1	933,9	1612,4	1850,7	134,3	48,3	399,1	47,3	851,5
Sr	66,1	113,3	83,9	45,2	88,2	67,5	74	55,7	254,2
Zr	134,3	127,6	87,4	128,2	89,8	108,3	101,7	92,9	176,8
Y	8,6	10,3	12,3	12,3	12,4	14,4	10,4	9,5	13,7
Nb	9	10	13,2	10,8	12,4	13,5	8,8	10,6	15,1
Co	10,5	17,1	9,7	10,1	8,2	11,5	8,3	18,9	10,9
Cs	1,2	0,8	1,2	1,5	2,2	4,1	5,4	2,5	15,1
Ga	12,3	44,7	13,2	13,3	14,3	14,2	13,5	13,1	15,7
Hf	3,6	3,8	2,9	3,9	3	3,4	2,7	2,4	4,7
Rb	3,8	4,5	3,6	4,8	11,3	16,4	24,9	10	145,2
Sn	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ta	0,6	0,6	1,1	1,1	1,3	1,2	0,7	0,9	1
Th	17,2	20,8	21,3	21,9	25,2	23,2	15,6	17,7	23,3
U	6,1	9,3	5,5	2,8	16,2	7,1	2,6	3,9	3,3
W	143,8	227,1	108,9	126,3	78,8	53	42,2	88,9	32
Tl	1,4	1,7	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,2
NTE	5,57	7,60	8,83	8,59	9,50	9,15	7,42	6,89	10,86

Fe₂O₃: Toplam demir, NTE: Ortalama nadir toprak element miktarı.

Ek-2. (devam)

Örnek	TTA35	TTA37	TTA41	TTA43	TTA47	TTA48	TTA50	TTA52	TTA60
(gr)									
SiO ₂	69,10	73,20	80,86	84,49	84,73	84,59	82,56	82,43	83,01
Al ₂ O ₃	22,09	16,05	11,60	14,88	14,28	12,81	14,06	15,70	16,17
Fe ₂ O ₃	2,32	2,42	6,55	0,10	0,18	1,96	2,74	1,22	0,13
MgO	0,36	0,29	0,01	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04
CaO	2,22	3,29	0,07	0,05	0,14	0,04	0,07	0,06	0,11
Na ₂ O	1,32	0,20	0,07	0,03	0,05	0,04	0,06	0,08	0,07
K ₂ O	2,05	3,90	0,46	0,11	0,17	0,12	0,13	0,16	0,13
TiO ₂	0,26	0,27	0,14	0,18	0,26	0,22	0,26	0,27	0,25
P ₂ O ₅	0,10	0,11	0,12	0,05	0,07	0,07	0,04	0,03	0,04
MnO	0,08	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
SUM	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
(ppm)									
Sc	3	3	2	1	2	2	1	1	2
Ba	289,1	842,6	598,5	605	425	786,8	62,6	33,7	242
Sr	338	270	185,9	105,8	116	51,9	68	67,5	87,8
Zr	82,3	138,8	67,5	87,5	114,8	83,9	102,7	110,5	132,4
Y	11,1	12,7	7,5	10,9	11,3	9,1	10,6	11	12,1
Nb	12,3	14,3	9,7	6,4	12,8	9,7	12	11,3	10,8
Co	23	7,4	10,8	10,8	7,3	8,2	10,4	12	7,3
Cs	19,6	10,2	1,2	1,2	2,1	1,3	1,7	1,8	1,8
Ga	19	14,5	14,8	11,7	15,7	10,3	13,9	14,1	14,3
Hf	3	3,7	2	2,3	3,6	2,8	3	3	3,9
Rb	75,5	127,9	7	5,1	7,4	5,1	5,7	7,1	6,7
Sn	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ta	1	1,1	0,7	1	1,1	0,8	1,1	1	1,1
Th	21,8	25,2	32,5	18,9	23,7	21	20,9	20,9	24,6
U	4,4	4,3	7,1	4,3	6,5	4,6	7,3	8,4	4,3
W	6,9	14,5	180,4	179,9	111,1	125,4	121,2	122,6	100,7
Tl	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1
NTE	8,71	10,26	6,81	7,72	8,90	6,88	7,80	8,02	9,86

Fe₂O₃: Toplam demir, NTE: Ortalama nadir toprak element miktarı.

Ek-3. Kapadokya (Nevşehir) bölgesinden alınan örneklerdeki kütle kayıp ve kazanç miktarları.

Örnek	TT01	TT03	TT04	TT06	TT07	TT10	TT12
(gr)							
SiO ₂	62,56	50,56	41,85	36,70	35,24	4,82	29,70
Al ₂ O ₃	2,36	5,32	4,26	4,79	2,96	-2,29	6,31
Fe ₂ O ₃	-0,31	-1,30	-2,45	-2,42	-2,18	-2,31	-1,47
MgO	-0,31	-0,29	-0,31	-0,31	-0,33	-0,29	-0,29
CaO	-3,50	-3,59	-3,64	-3,63	-3,63	-3,57	-3,57
Na ₂ O	-0,05	-0,07	-0,09	-0,10	-0,10	-0,02	-0,06
K ₂ O	-3,84	-3,86	-3,85	-3,89	-3,88	-3,88	-3,69
TiO ₂	0,06	-0,04	-0,04	-0,06	-0,06	-0,05	-0,01
P ₂ O ₅	0,02	-0,01	0,03	-0,03	0,02	-0,05	0,04
MnO	-0,03	-0,03	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
$\sum\Delta C_i$	57,41	47,19	36,00	31,53	28,30	-7,61	27,10
(ppm)							
Sc	-1,43	-1,53	-0,28	-1,68	-0,43	-1,15	2,08
Ba	1832,56	2768,81	693,77	2402,86	986,22	-581,11	-40,87
Sr	139,89	11,24	86,50	16,13	90,93	-68,02	57,30
Zr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y	1,34	5,53	6,17	5,74	3,53	-0,84	5,30
Nb	0,72	4,80	3,13	4,68	2,69	-4,45	2,54
Co	-2,54	-3,06	-3,12	-3,14	-3,16	-3,34	-2,78
Cs	-13,33	-12,25	-11,91	-13,32	-12,98	-13,79	-12,74
Ga	17,56	9,08	3,13	5,94	1,82	-2,29	4,33
Hf	0,18	0,52	0,62	0,35	-0,01	-0,09	0,47
Rb	-125,32	-123,94	-125,18	-127,62	-126,81	-124,46	-121,64
Sn	0,57	0,47	0,36	0,32	0,28	-0,08	0,27
Ta	-0,31	0,52	0,53	0,48	0,44	-0,27	0,30
Th	1,02	11,39	11,40	12,71	6,12	-4,62	5,36
U	1,95	7,34	1,63	2,78	1,35	0,57	2,32
W	42,22	24,35	17,34	7,90	30,38	16,69	1,35
Tl	0,06	0,34	0,04	0,16	0,03	0,82	0,03
NTE	0,02	3,20	4,08	4,53	3,56	0,08	3,51

Fe₂O₃: Toplam demir, NTE: Ortalama nadir toprak element miktarı, $\sum\Delta C_i$ toplam kütle değişim miktarı

Ek-3. (devam)

Örnek	TT13	TT14	TT16	TT18	TT19	TT22	TT23
(gr)							
SiO ₂	11,67	42,88	26,96	130,09	22,51	34,43	-2,14
Al ₂ O ₃	1,29	6,50	3,49	4,79	2,18	-11,75	-2,28
Fe ₂ O ₃	-1,37	-0,87	-2,41	-2,34	-1,29	-2,49	-2,23
MgO	-0,25	-0,20	-0,30	-0,32	-0,27	-0,29	-0,16
CaO	-3,57	-3,27	-3,57	-3,60	-3,52	-3,16	-3,46
Na ₂ O	-0,05	-0,02	-0,08	-0,01	-0,07	-0,06	-0,02
K ₂ O	-3,41	-3,46	-3,88	-3,74	-3,76	-3,84	-2,86
TiO ₂	-0,05	0,04	0,00	0,04	-0,01	-0,02	0,01
P ₂ O ₅	-0,01	-0,01	-0,01	0,37	-0,03	0,05	0,06
MnO	-0,04	-0,03	-0,04	-0,03	-0,04	-0,04	-0,04
Cr ₂ O ₃	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01
$\sum\Delta C_i$	4,29	41,67	20,35	125,54	15,84	13,05	-12,88
(ppm)							
Sc	-0,91	-0,17	0,61	-0,74	-0,68	-1,87	3,10
Ba	-586,05	-301,85	-178,86	922,63	-270,01	207,26	489,63
Sr	-60,12	-2,18	110,78	-18,03	-88,72	75,03	221,21
Zr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y	0,79	4,48	3,70	4,69	4,89	-1,38	-2,39
Nb	0,06	2,98	2,53	3,77	0,76	0,87	0,34
Co	-3,17	-2,67	-3,20	-2,67	-2,41	-3,23	-3,36
Cs	-12,40	-10,37	-12,37	-11,52	-10,03	-13,54	-11,76
Ga	1,19	4,33	4,60	2,09	1,53	-7,70	1,23
Hf	0,15	0,23	0,61	0,23	-0,01	-0,21	-0,12
Rb	-111,48	-109,91	-124,44	-119,12	-115,43	-125,08	-98,19
Sn	0,04	0,42	0,20	1,26	1,32	0,13	-0,13
Ta	0,05	0,32	0,46	0,70	0,17	0,03	0,03
Th	2,87	3,95	9,63	5,46	2,01	1,01	0,12
U	1,50	5,24	5,02	7,20	4,13	10,05	7,32
W	4,14	6,66	18,28	73,63	8,26	15,71	3,00
Tl	0,11	0,18	0,02	0,13	0,02	0,01	-0,01
NTE	0,36	1,88	3,84	2,46	0,89	-2,18	0,47

Fe₂O₃: Toplam demir, NTE: Ortalama nadir toprak element miktarı, $\sum\Delta C_i$ toplam kütle değişim miktarı

Ek-3. (devam)

Örnek	TT26	TT32	TTA16	TTA17	TTA18	TTA19	TTA21
(gr)							
SiO ₂	-0,52	-10,02	0,13	17,34	15,41	60,17	17,43
Al ₂ O ₃	-2,01	-0,37	-3,64	-6,94	-3,51	4,76	-1,28
Fe ₂ O ₃	-1,33	0,97	-2,43	-1,45	1,22	-1,75	-2,19
MgO	-0,19	-0,23	-0,29	-0,29	-0,19	-0,32	-0,31
CaO	-3,37	-3,53	-3,45	-3,36	-3,36	-3,62	-3,63
Na ₂ O	-0,02	0,01	-0,03	-0,10	0,35	-0,08	-0,09
K ₂ O	-3,37	-1,86	-3,81	-3,91	-3,42	-3,89	-3,91
TiO ₂	0,01	-0,02	0,02	-0,08	-0,02	0,00	-0,11
P ₂ O ₅	0,00	0,02	-0,02	-0,06	-0,01	0,02	-0,08
MnO	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,03	-0,04
Cr ₂ O ₃	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\sum\Delta C_i$	-10,70	-15,00	-13,27	1,27	6,58	55,61	6,08
(ppm)							
Sc	0,57	0,40	-0,40	-1,99	-0,87	-1,44	-0,88
Ba	-202,79	-852,65	857,24	-42,86	-82,52	1431,10	885,40
Sr	-18,82	45,70	87,49	-94,76	-40,94	-31,15	-113,75
Zr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y	-1,28	-0,05	0,70	-2,39	-0,12	8,04	1,95
Nb	0,69	2,68	-2,50	-4,49	-2,94	6,94	-2,14
Co	-2,46	-3,21	10,94	6,83	14,43	11,29	6,91
Cs	-10,52	-10,82	-14,29	-13,68	-14,05	-13,03	-13,31
Ga	-1,57	-0,46	6,96	-3,04	32,14	5,04	-1,39
Hf	-0,12	0,31	0,22	0,05	0,45	0,91	0,54
Rb	-98,26	-74,35	-128,09	-127,45	-126,50	-125,70	-126,21
Sn	-0,11	-0,15	-0,13	0,01	0,07	0,56	0,06
Ta	-0,03	0,26	-0,23	-0,49	-0,46	0,61	0,07
Th	0,46	6,33	-2,05	-3,28	1,47	12,44	2,53
U	3,30	2,21	4,93	2,78	6,51	5,16	-0,43
W	5,18	1,36	212,62	143,92	240,35	167,76	132,28
Tl	0,61	-0,02	6,23	1,32	1,71	0,21	0,01
NTE	0,01	2,69	-1,06	-4,22	-1,76	3,88	-0,75

Fe₂O₃: Toplam demir, NTE: Ortalama nadir toprak element miktarı, $\sum\Delta C_i$ toplam kütle değişim miktarı

Ek-3. (devam)

Örnek	TTA25	TTA26	TTA27	TTA30	TTA33	TTA35	TTA37
(gr)							
SiO ₂	52,78	29,11	29,05	51,29	-18,97	42,40	-0,06
Al ₂ O ₃	7,92	2,94	4,90	2,85	-3,27	19,54	-1,23
Fe ₂ O ₃	-1,74	-0,49	0,64	-0,18	-0,22	1,21	-0,25
MgO	-0,24	-0,18	-0,09	-0,28	0,09	0,25	-0,06
CaO	-3,57	-2,40	2,49	-3,45	0,45	0,00	-0,44
Na ₂ O	-0,06	0,07	-0,03	-0,05	0,02	2,05	0,07
K ₂ O	-3,66	-3,51	-3,37	-3,76	-1,20	-0,63	-0,20
TiO ₂	0,02	-0,01	0,03	0,00	-0,05	0,11	-0,05
P ₂ O ₅	0,01	0,02	0,00	-0,01	-0,03	0,07	0,01
MnO	-0,03	-0,01	-0,01	-0,03	0,00	0,08	0,02
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\sum\Delta C_i$	51,45	25,58	33,73	46,39	-23,08	65,25	-2,02
(ppm)							
Sc	1,54	0,77	1,01	-1,54	0,08	1,96	-0,06
Ba	-874,51	-1017,25	-544,20	-1008,66	-422,90	-600,16	-252,30
Sr	-28,12	-76,94	-62,74	-80,16	33,84	396,84	102,85
Zr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y	7,68	6,98	2,81	2,81	-0,56	7,24	1,34
Nb	5,18	3,35	-1,83	1,92	-1,98	6,73	0,41
Co	8,62	10,64	7,30	23,87	4,58	34,21	3,45
Cs	-11,57	-9,75	-7,68	-11,24	-3,28	17,49	-4,91
Ga	6,16	2,33	2,55	3,68	-3,42	15,90	-1,29
Hf	0,94	0,67	0,01	-0,09	0,02	1,36	0,03
Rb	-114,19	-110,71	-98,00	-116,66	-19,61	-6,54	-5,98
Sn	0,51	0,26	0,34	0,46	-0,23	0,65	-0,02
Ta	0,87	0,41	-0,16	0,22	-0,33	0,55	-0,02
Th	17,46	8,43	0,16	5,21	-2,78	15,32	3,99
U	21,13	5,52	0,08	2,31	-0,86	3,87	0,81
W	117,64	64,86	54,73	128,44	22,92	9,70	12,51
Tl	0,05	0,03	0,03	0,92	0,05	0,23	0,00
NTE	4,53	1,63	0,06	0,23	-1,50	4,53	0,19

Fe₂O₃: Toplam demir, NTE: Ortalama nadir toprak element miktarı, $\sum\Delta C_i$ toplam kütle değişim miktarı

Ek-3. (devam)

Örnek	TTA41	TTA43	TTA47	TTA48	TTA50	TTA52	TTA60	Ort
(gr)								
SiO ₂	91,12	59,54	28,59	65,33	37,54	29,66	13,47	32,53
Al ₂ O ₃	6,41	6,17	-0,05	3,80	1,66	2,36	-0,35	1,96
Fe ₂ O ₃	10,57	-2,47	-2,41	0,56	1,01	-1,12	-2,49	-0,85
MgO	-0,32	-0,32	-0,30	-0,31	-0,30	-0,30	-0,30	-0,24
CaO	-3,52	-3,59	-3,51	-3,60	-3,57	-3,59	-3,56	-3,01
Na ₂ O	0,02	-0,08	-0,07	-0,06	-0,05	-0,04	-0,05	0,03
K ₂ O	-3,09	-3,85	-3,82	-3,83	-3,85	-3,82	-3,89	-3,39
TiO ₂	-0,03	-0,03	-0,01	0,05	0,03	0,02	-0,06	-0,01
P ₂ O ₅	0,14	-0,02	-0,01	0,02	-0,04	-0,06	-0,06	0,01
MnO	-0,03	-0,03	-0,04	-0,03	-0,04	-0,04	-0,04	-0,03
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
$\sum\Delta C_i$	101,48	55,43	18,47	62,10	32,42	23,08	2,72	27,18
(ppm)								
Sc	1,03	-1,45	-0,63	0,24	-1,68	-1,77	-0,95	-0,32
Ba	127,97	-137,5	-574,4	197,4	-995	-1036,4	-829,3	67,73
Sr	212,85	2,74	-24,28	-77,57	-71,65	-78,62	-71,51	16,66
Zr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y	4,01	5,84	2,29	3,65	2,94	2,44	1,33	2,83
Nb	5,94	-3,65	1,56	2,12	2,29	0,31	-2,51	1,24
Co	17,96	12,99	4,85	9,49	9,97	10,97	3,70	4,73
Cs	-12,48	-13,03	-12,41	-12,79	-12,65	-12,68	-13,05	-10,92
Ga	14,32	2,69	3,10	1,20	2,91	1,85	-0,81	3,88
Hf	0,43	-0,03	0,66	0,94	0,37	0,09	0,41	0,32
Rb	-117,20	-123,37	-122,53	-123,03	-123,75	-122,56	-124,42	-108,96
Sn	1,01	0,55	0,18	0,62	0,32	0,23	0,03	0,30
Ta	0,31	0,45	0,20	0,20	0,36	0,13	0,03	0,18
Th	44,78	8,68	7,38	13,34	6,98	5,02	4,57	6,42
U	10,91	3,28	4,30	4,06	6,27	6,94	1,02	4,36
W	361,77	277,92	129,92	201,57	158,80	149,19	101,74	84,72
Tl	0,30	0,06	0,02	0,06	0,30	0,39	0,00	0,41
Örnek	3,86	2,14	0,68	1,30	0,47	0,01	0,27	1,25

Fe₂O₃: Toplam demir, NTE: Ortalama nadir toprak element miktarı, $\sum\Delta C_i$ toplam kütle değişim miktarı