T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT VOLKANİK TÜF OCAKLARININ ELEMENTAL DAĞILIMLARININ BELİRLENMESİ

Aykut YILDIRIM

Danışman	**Prof. Dr. Şeref TURHAN**
Jüri Üyesi	**Prof. Dr. Mustafa BÖYÜKATA**
Jüri Üyesi	**Doç. Dr. Aybaba HANÇERLİOĞULLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANA BİLİM DALI

KASTAMONU – 2017

TEZ ONAYI

Aykut YILDIRIM tarafından hazırlanan **"Türkiye'deki mevcut volkanik tüf ocaklarının elemental dağılımlarının belirlenmesi"** adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

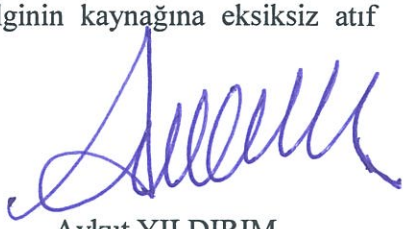
Danışman	Prof. Dr. Şeref TURHAN Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Mustafa BÖYÜKATA Bozok Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Aybaba HANÇERLİOĞULLARI Kastamonu Üniversitesi	.....

28/12/2017

Enstitü Müdürü Doç. Dr. Mehmet Altan KURNAZ .....

TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.



Aykut YILDIRIM

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT VOLKANİK TÜF OCAKLARININ ELEMENTAL DAĞILIMLARININ BELİRLENMESİ

Aykut YILDIRIM
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Şeref TURHAN

Volkanik patlamalar süresince püskürtülen irili ufaklı volkanik küllerin zamanla soğuması ve birleşmesi sonucunda oluşan, gözenekli ve değişik renkteki yapılara sahip olabilen volkanik tüf kayaçları, inşaat sektöründe yalıtım veya dekorasyon amacına yönelik kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, büyük bir kısmı turizm merkezi olarak bilinen Kapadokya Bölgesi'nde bulunan 15 volkanik tüf ocağından temin edilen faklı renkteki 70 adet volkanik tüf kayaç örneği, bu ocakların elemental dağılımlarını belirlemek için analize tabi tutuldu. Örneklerin element analizleri, dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresi kullanılarak yapıldı. Analizler sonucunda volkanik tüf kayaç örneklerinde bazıları çevre kirliliği ve radyolojik değerlendirmeler açısından önemli olan toplam 27 element (SiO_2, CaO, TiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3, MgO, Na_2O, P_2O_5, V, Sc, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pb, Th ve U) tespit edildi.

Çevresel kirlilik oluşturan V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Pb, Th ve U'un en yüksek derişimi, sırasıyla, 181,1 mg/kg (TO6 kodlu ocak) 200,7 mg/kg (TO8 kodlu ocak), 1427,0 mg/kg (TO13 kodlu ocak), 54,9 mg/kg (TO7 kodlu ocak), 115,7 mg/kg (TO8 kodlu ocak), 63,5 mg/kg (TO6 kodlu ocak), 128,2 mg/kg (TO12 kodlu ocak), 3502,0 mg/kg (TO12 kodlu ocak), 116,8 mg/kg (TO12 kodlu ocak) 111,9 mg/kg (TO12 kodlu ocak) ve 47,2 mg/kg (TO12 kodlu ocak) olarak ölçüldü. Bütün ocaklar için ölçülen SiO_2, Fe_2O_3, Na_2O, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pb, Th ve U'un ortalama derişimi, yerkabuğu ortalama derişim değerinden daha büyük bulundu.

Anahtar Kelimeler: Volkanik tüf, elemental analiz, çevre kirliliği, ana oksitler, uranyum, toryum, eser elementler, X-ışını floresans spektrometresi

Yıl 2017, 58 sayfa
Bilim Kodu: 202

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION OF ELEMENTAL DISTRIBUTION OF AVAILABLE VOLCANIC TUFF QUARRIES IN TURKEY

Aykut YILDIRIM
Kastamonu University
Institute of Science
Department of Physics

Supervisor: Prof. Dr. Şeref TURHAN

Abstract: Volcanic tuff stones, which are consisted of consolidated volcanic ash, and large and small pieces ejected from vents during a volcanic eruption, and having a porous in different colours structure, are used as coating materials for insulation or ornamental purposes in the construction sectors. In this study, 70 volcanic tuff stone samples with different colors collected from 15 volcanic tuff quarries generally located Cappadocia region, which is a popular tourist destination, were subjected to analysis to determine the elemental distribution of these quarries. Elemental analyzes of the samples were performed using a wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometer. As a results of analysis, a total of 27 elements (SiO_2, CaO, TiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3, MgO, Na_2O, P_2O_5, V, Sc, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pb, Th and U) some of which are important in the view of environmental pollution and radiological evaluation were detected in the volcanic tuff stone samples.

The highest average concentration of environmental polluting elements like V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Pb, Th and U was measured as 181.1 mg/kg (quarry codded of TO6), 200.7 mg/kg (quarry codded of TO8), 1247.0 mg/kg (quarry codded of TO13), 54.9 mg/kg (quarry codded of TO7), 115.7 mg/kg (quarry codded of TO8), 63.5 mg/kg (quarry codded of TO6), 128.2 mg/kg (quarry codded of TO12), 3502.0 mg/kg (quarry codded of TO12), 116.8 mg/kg (quarry codded of TO12), 111.9 mg/kg (quarry codded of TO12) and 47.2 mg/kg (quarry codded of TO12) mg/kg, respectively. The average concentrations of SiO_2, Fe_2O_3, Na_2O, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pb, Th and U measured for all quarries were found to be higher than the average concentration of the earth's crust.

Key Words: Volcanic tuff, elemental analysis, environmental pollution, major oxides, uranium, thorium, trace elements, X-ray fluorescence spectrometer

Year 2017, pages 58
Science Code: 202

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca her türlü desteği ve imkânı sağlayarak değerli bilgilerinden yararlandığım, danışman hocam Prof. Dr. Şeref TURHAN'a en kalbi duygularımla teşekkür eder ve saygılarımı sunarım.

Örneklerin toplanmasını sağlayan Elif ATICI'ya, örneklerin elemental analizi için hazırlanması aşamasında ve ölçümleri konusunda engin deneyimini ve emeğini esirgemeyen Dr. Asiye BAŞSARI'ya, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkez Müdürlüğüne, tez çalışmasına 114Y042 kodlu proje kapsamında destek veren TÜBİTAK'a, yüksek lisans yapmam için beni cesaretlendiren ve yönlendiren Doç. Dr. Aybaba HANÇERLİOĞULLARI'na ve Kastamonu Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü öğretim üyelerine içtenlikle teşekkür ederim.

Bu çalışmayı aileme ithaf ediyorum.

Aykut YILDIRIM
Kastamonu, Ekim, 2017

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLOLAR DİZİNİ	xiv
GRAFİKLER	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Özeti ve Değerlendirme	2
2. KURAMSAL BİLGİ	6
2.1. X-Işını Floresans Spektrometrik Yöntem	6
2.1.1. X-Işınlarının Madde ile Etkileşmesi	7
2.1.2. Floresans veya Karakteristik X-ışınlarının Oluşması	7
2.1.3. Rayleigh ve Compton Saçılması	11
2.1.4. Kutuplanma	13
2.2. X-ışını Spektrometresi	13
3. MALZEME VE ÖLÇME YÖNTEMİ	16
3.1. Tüf Örneklerinin Toplanması	16
3.2. Tüf Örneklerinin Elemental Analiz İçin Hazırlanması	16
3.3. Analiz Yöntemi	20
4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	22
4.1. Ana Element Analiz Sonuçları ve Değerlendirme	22
4.2. İkincil Element Analiz Sonuçları ve Değerlendirme	27
4.3. Eser Element Analiz Sonuçları ve Genel Değerlendirme	32
4.3.1. Çevre Kirletici Elementlerin Analiz Sonuçları ve Değerlendirme	34
4.3.2. Radyoaktif Elementlerin Analiz Sonuçları ve Değerlendirme	45
4.3.3. Diğer Elementlerin Analiz Sonuçları ve Değerlendirme	48

5. ÖNERİLER 55
KAYNAKLAR 56
ÖZGEÇMİŞ 58

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (Atomic Absorption Spectrometer)
eV	Elektron Volt
h	Saat
ICP-AES	Endüktif Eşlenmiş Plazma Atomik Emisyon Spektrometresi (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer)
ICP-MS	Endüktif Eşlenmiş Plazma Kütle Spektrometresi (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer)
ICP-OES	Endüktif Eşlenmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer)
keV	Kilo elektron volt (10^3 eV)
kg	Kilogram
m	Metre
nm	nano (10^{-9}) metre
SH	Standart hata
SS	Standart sapma
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
XRF	X-ışını Floresans (X-ray Fluorescence)
XRD	X-ışını Difraktometresi (X-ray Diffractometer)
EDXRF	Enerji Dağılımlı X-ışını Floresans (Energy Dispersive X-ray Fluorescence)
WDXRF	Dalga Boyu Dağılımlı X-ışını Floresans (Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence)

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1. Tüf örneklerinin kırılması için kullanılan düzenek 18
Fotoğraf 3.2. Tüf örneklerinin hazırlanmasında kullanılan a) fırın, b) agat havan ve c) kalıp takımı..... 19
Fotoğraf 3.3. WDXRF spektrometresi 21

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. X-ışını fotonlarının madde ile etkileşmesi 8
Şekil 2.2. Karakteristik X-ışınının oluşması 8
Şekil 2.3. Enerjiye karşı soğurulma. 10
Şekil 2.4. K, L ve M elektronları için floresans verim..... 11
Şekil 2.5. Ana çizgiler ve geçişleri..... 12
Şekil 2.6. Hafif ve ağır elementler için Compton ve Rayleigh saçılması 13
Şekil 2.7. EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin şematik gösterimi 15

TABLOLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. EDXRF ile WDXRF spektrometrelerinin karşılaştırılması	15
Tablo 3.1. Örneklerin toplandığı tüf ocaklarına ilişkin bilgi	17
Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan WDXRF spektrometresinin özellikleri	21
Tablo 4.1. Tüf örneklerinin içerdiği ana elementlere ilişkin tanımlayıcı bilgi ...	23
Tablo 4.2. TO1-TO7 kodlu ocaklarda ölçülen ana oksit değerleri	24
Tablo 4.3. TO8-TO15 kodlu ocaklarda ölçülen ana oksit değerleri	25
Tablo 4.4. Tüf ocaklarında ölçülen ana oksitlerin ortalama değerleri	26
Tablo 4.5. Tüf örneklerinin içerdiği ikincil elementlere ilişkin tanımlayıcı bilgi	28
Tablo 4.6. TO1-TO7 kodlu ocaklarda ölçülen ikincil oksit değerleri.....	30
Tablo 4.7. TO8-TO15 kodlu ocaklarda ölçülen ikincil oksit değerleri.....	31
Tablo 4.8. Tüf ocaklarında ölçülen ikincil oksitlerin ortalama değerleri.....	32
Tablo 4.9. Tüf örneklerinin içerdiği eser elementlere ilişkin tanımlayıcı bilgi ..	33
Tablo 4.10. Tüf ocaklarında ölçülen V, Cr, Mn, Co ve Ni derişimleri.....	37
Tablo 4.11. Tüf ocaklarında ölçülen Cu, Zn, Sr, Zr ve Pb derişimleri	40
Tablo 4.12. Tüf ocaklarında ölçülen ortalama ağır metal derişimleri.....	43
Tablo 4.13. TO1-TO7 kodlu ocaklarda ölçülen radyoaktif element değerleri....	46
Tablo 4.14. TO8-TO15 kodlu ocaklarda ölçülen radyoaktif element değerleri..	47
Tablo 4.15. Tüf ocaklarında ölçülen Sc, Y, La, Ce, Ba, Rb ve Nb derişimleri...	51
Tablo 4.16. Tüf ocaklarında ölçülen ortalama Sc, Y, La, Ce, Ba, Rb ve Nb derişimleri	54

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 4.1. Ortalama ana oksit derişimlerinin yer kabuğu ortalaması ile karşılaştırılması 23
Grafik 4.2. Ocaklara ait ortalama ana oksit derişimlerinin yer kabuğu ortalaması ile karşılaştırılması 26
Grafik 4.3. Ortalama ikincil oksit derişimlerinin yer kabuğu ortalaması ile karşılaştırılması 29
Grafik 4.4. Ocaklara ait ortalama ikincil oksit derişimlerinin yer kabuğu ortalaması ile karşılaştırılması 32
Grafik 4.5. Ortalama ağır element derişimlerinin yer kabuğu ortalaması ile karşılaştırılması 35

1. GİRİŞ

Yapılan çalışmalar, insanların karşılaştığı kanser, solunum yetmezliği, cilt hastalıkları vb. sağlık sorunları ile çevresel faktörlerin ve bölgelerin jeokimyasal yapılarının özellikle kayaç ve toprağın ihtiva ettiği kurşun, cıva, arsenik, kadmiyum, uranyum, toryum, radyum, polonyum, asbest, erionit vb. zehirli elementler arasında önemli bir ilişki olduğunu göstermektedir (Atıcı, 2016). Sanayileşmenin kaçınılmaz bir gerçeği olarak çevremiz, temiz su kaynakları, toprak, soluduğumuz hava ve tükettiğimiz gıdalar sürekli olarak sanayi tesislerinden ve madenlerden boşaltılan zehirli metaller, organik kirleticiler, radyonüklitler ve diğer zararlı maddeler ile kirletilmekte veya zarar görmektedir. Ülkemizin 400'den fazla farklı renk ve desen içeren doğal taş (tüf, granit, mermer, traverten, andezit, bazalt vb.) kaynakları, dünyanın toplam doğal taş kaynaklarının üçte birini oluşturmaktadır (DPT, 2001). Son onlu yıllarda hızla büyümekte olan doğal taş üretimi (1) doğal taş atıklarının veya cüruflarının biriktirilmesi, taşınması ve değerlendirilmesi ve (2) bu atıkların çevreye, su kaynaklarına ve tarımsal araziye karışabilmesi gibi ekonomik, sosyal ve çevre problemlerini de beraberinde getirmektedir.

Tüfler, volkanik patlama süresince püskürtülen küllerin zamanla bir katı kayaç içinde bir araya gelerek birikmesi ve soğumasıyla sertleşerek bir kayaca dönüşmesi ile meydana gelmektedir (Gündüz, Ulusoy ve Başpınar, 2006; Atıcı, 2016). Tüfler, serbest olarak kuvars mineralleri içerebilir ve tortul kayaçlar gibi tabakalanma gösterebilir. Bu tür kayaç serileri, özellikle İç Anadolu Bölgesinde Konya, Aksaray, Nevşehir ve Kayseri dolaylarında oluşumları bulunan volkanik yataklaşmalarda bulunmaktadır (Gündüz vd., 2006; Atıcı, 2016). Ülkemizde, ısı ve ses yalıtım özelliği diğer kaplama taşlarına göre daha üstün, işlemesi ve işçiliği çok daha kolay olan , farklı renk ve desenlere sahip volkanik kayaç türleri bulunmaktadır (Gündüz vd., 2006; Atıcı, 2016). Volkanik tüfler diğer doğal taşlar gibi çağlar öncesinden beri yapı ve tasarım malzemesi olarak, gücün, saygınlığın, eşsizliğin ve ölümsüzlüğün farklı coğrafyalardaki simgesi olmuştur (Öztank, 2012). Ülkemizdeki inşaat sektöründe volkanik kökenli kayaçlar, düşük birim ağırlığı, ısı ve ses yalıtımı, kolay işlenmesi ve farklı renk seçeneklerinin bulunması gibi öne çıkan özelliklerinden

dolayı dekoratif ve yalıtım amaçlı olarak kullanılmaktadır (Gündüz vd., 2006; Atıcı, 2016). Özellikle İç Anadolu Bölgesinde Erciyes ve Hasan Dağı'nın volkanik patlamaları sonucunda, Aksaray, Nevşehir ve Kayseri dolaylarında oluşan volkanik tüf kayaçları, bu kapsamda değerlendirilebilen kayaç serilerini teşkil etmektedir (Gündüz vd., 2006; Atıcı, 2016).

1.1. Literatür Özeti ve Değerlendirme

Koçu (1997) tarafından yapılan çalışmada, Konya çevresindeki volkanik tüfün yapı malzemesi olarak değerlendirilmesine yönelik olarak elde edilen ürünlerin fiziksel, mekanik, kimyasal özellikleri araştırılmıştır.

Kuşçu ve Yıldız (2001) tarafından yapılan çalışmada, Afyon-Ayazin Bölgesindeki değişik tüf kayaç örneklerinin kimyasal analizi, mikroskobik incelenmesi ve fiziko-mekanik testler yapılmıştır. Fiziko-mekanik testler sonucunda Ayazin tüflerinin betonarme karkas yapılarda duvar dolgu malzemesi ve yığma yapı temellerinde, su basman seviyesinin üst bölümlerinde yapı taşı olarak kullanılabilecek özelliklere sahip olduğu ileri sürülmüştür.

Kavas ve Çelik (2001) tarafından yapılan çalışmada, Ayazini (Afyon) civarında bulunan tüflerin, çimento endüstrisinde tras olarak kullanılabilirliğine yönelik olarak tüf örneklerinin kimyasal, mineralojik, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş tüflerin katkılı çimento üretiminde tras olarak kullanılabileceği ileriye sürülmüştür.

Özkahraman ve Işık (2003) tarafından yapılan çalışmada, Isparta'da köyke taşı isimlendirilen kaynaklanmış tüflerin mukavemeti, yoğunluk ve gözenekliliği ölçülmüş ve kaynaklanmış tüf taşlarının duvarlara levhalar hâlinde kaplanmasını sağlayacak özel bir yapıştırma harcı geliştirilmiştir.

Özkahraman ve Bolattürk (2003) tarafından yapılan çalışmada, Isparta bölgesindeki binalarda gözenekli köyke taşı kullanılması ile sağlanan enerji tasarrufu araştırılmış ve dış duvarlarda köyke taşı kullanılması ile beton duvara nazaran % 60 oranında enerji tasarrufu sağlanacağı ileri sürülmüştür.

Demirdağ (2005) tarafından yapılan çalışmada, Kula ve Salihli'den toplanan volkanik cüruf agregaları ile farklı çimento dozajlarında karışımlar hazırlanarak bu karışımların dayanımı incelenmiştir.

Ay (2006) tarafından yapılan çalışmada, Isparta yöresi pomza, tras ve volkanik tüflerinin çimento sanayinde katkı maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmış ve çalışma sonucunda, Isparta yöresi pomza, tras ve volkanik tüflerinin çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabileceği ileri sürülmüştür.

Gündüz, Ulusoy ve Başpınar (2006) tarafından yapılan çalışmada, Konya, Aksaray, Nevşehir ve Kayseri'de yer alan 8 farklı ayrı renkteki volkanik kayaçtan elde edilen kaplama malzemelerinin, inşaat sektöründe kullanılabilirliği ile ilgili tasarım ve mühendislik özellikleri analiz edilmiş ve bu kayaçların fiziko-kimyasal etkileşimlerine karşı dirençleri incelenmiştir.

Bekar, Şapcı ve Gündüz (2006) tarafından yapılan çalışmada, Aksaray Bölgesinden temin edilen volkanik tüflerin sıva harcı üretiminde de kullanılabileceği gösterilmiştir.

Akgül (2006) tarafından yapılan çalışmada, Datça bölgesindeki volkanik tüflerin yapı malzemesi olarak değerlendirilebilmesine yönelik olarak tüf ürünlerin mekanik, fiziksel ve mineralojik özellikleri incelenmiştir.

Atabey (2007) tarafından yapılan çalışmada, eriyonitli volkanik tüfler ile Aksaray-Nevşehir arasında bulunan yerleşim yerlerinde görülen kanser vakaları arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma sonucunda, akciğer kanserine yol açan eriyonitli volkanik tüf kayaçları üzerinde bulunan yerleşim yerlerinde yaşayan halkın sağlık riski fazlasıyla devam ettiğinden, bu yerleşim yerlerinin tahliye edilmesi, eriyonitli tüf kayaçlarının yapı malzemesi olarak ve alt yapı hizmetleri için kullanılmasının engellenmesi ve bu gibi alanların yeni yerleşimlere açılmaması tavsiye edilmiştir.

Daloğlu ve Emir (2010) tarafından yapılan çalışmada, tüflerle ilgili bir standardın oluşturulması ve mevcut standartlara göre de Eskişehir-Derbent tüflerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Sancak, Uzun, Çankıran ve Sancak (2010) tarafından yapılan çalışmada, küfeki olarak isimlendirilen tüflerin fiziko-mekanik özellikleri araştırılmış ve bu tüflerin, TSE tarafından kabul edilen niteliklere uygun olduğu görülmüştür.

Kaygısız (2010) tarafından yapılan çalışmada, Kayseri yöresinde yapıtaşı olarak kullanılan bazı tüf ve bazalt kayaçlarının fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Sınıksaran (2012) tarafından yapılan çalışmada, Nevşehir'de bulunan ve ekonomik kayıplara ve çevre kirliliğine yol açan volkanik tüf ocaklarından çıkan tüf atıklarının yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada, volkanik tüf tozları ve mermer tozları kullanılarak üretilen kompozit ürünler ile ilgili şekil bozukluğu, birim hacim ağırlığı, su emme, tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yükü dayanım indeksi deneyleri yapılarak üretilen malzemenin yapı sektöründe kullanılabileceği ileri sürülmüştür.

Canbolat ve Gürani (2012) tarafından yapılan çalışmada, taşıyıcı eleman ve kaplama malzemesi olarak kullanılan doğal taşların, blok ve ince kesitler hâlinde mobilya tasarımında kullanılması incelenmiştir.

Değerlier (2013) tarafından yapılan çalışmada, Kapadokya Bölgesinde üretilen 6 farklı renkteki volkanik tüf örneğindeki doğal radyonüklitlerin aktivite derişimleri ölçülmüş ve bu örneklerin mineralojik kompozisyonu XRD tekniği kullanılarak belirlenmiştir.

Atıcı (2016) tarafından yapılan çalışmada, Nevşehir ve Kayseri'de bulunan 12 ocaktan toplanan farklı renkteki 59 volkanik tüf taş örneğinin doğal olarak içerdiği doğal ^{238}U, ^{232}Th, ^{226}Ra ve ^{40}K'ın aktivite derişimi, gama-ışını spektrometrik yöntem ile ölçülmüş ve bu radyonüklitlerden yayınlanan iyonlaştırıcı radyasyonun insan sağlığında oluşturabileceği radyolojik risk değerlendirilmiştir.

Literatürde, Türkiye'de yalıtım veya dekoratif amaçlı olarak binaların iç ve dış alanlarında kullanılan volkanik tüflerin fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin ele alındığı görülmektedir. Bu tezde, Türkiye'nin farklı coğrafyasında bulunan 15 tüf ocağından toplanan farklı renkteki 70 adet volkanik tüf taş örneğinin içerdiği ana

(major), ikincil (minor) ve eser (trace) elementlerin derişimleri, dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresi kullanılarak belirlendi. Bu tez, Türkiye'deki volkanik tüf ocaklarının element dağılımlarının belirlenmesine yönelik kapsamlı ve ayrıntılı olarak yapılan ilk çalışmayı içermektedir.

Bu tez beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, volkanik tüf ocaklarının element dağılımlarının belirlenmesinin çevresel kirliliğin tespit edilmesi açısından önemi ve çalışmanın amacı açıklandı. Volkanik tüf taşları ile ilgili olarak literatürde yer alan çalışmalar özetlendi. İkinci bölümde, X-ışını floresans spektrometrik tekniğine, spektrometreyi oluşturan elemanlara ve analiz yöntemine ilişkin özlü bilgi verildi ve daha ayrıntılı bilgi için okuyucu referanslara yönlendirildi. Üçüncü bölümde, volkanik tüf taş örneklerinin toplanması, elemental analiz işlemine hazırlanması ve elementlerin analizi için kullanılan dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresi ayrıntılı olarak ele alındı. Dördüncü bölümde ölçme sonuçları, tablo ve grafik hâlinde sunuldu. Volkanik tüf örneklerinde analiz edilen ana, ikincil ve eser element derişimleri yer kabuğu ortalama derişim değerleri ile karşılaştırıldı. Beşinci bölümde volkanik tüf taş ocakları, çevre kirliliği açısından değerlendirildi.

2. KURAMSAL BİLGİ

2.1. X-Işını Floresans Spektrometrik Yöntem

Çevresel veya gıda örneklerinin ana, ikincil ve eser elemental analizleri, atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS), endüktif eşlenmiş plazma atomik emisyon spektrometresi (ICP-AES), endüktif eşlenmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES), endüktif eşlenmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) vb. spektrometrelerin kullanılması ile çok hassas bir şekilde yapılabilmektedir. Ancak bu yöntemler, zor ve uzun bir örnek hazırlama süreçlerine ihtiyaç duymaktadır. X-ışını floresans (XRF) yöntemi, sadece asgari düzeyde örnek hazırlama işlemini gerektiren, katı, sıvı, toz filtrelenmiş veya başka bir formda olabilen metal, alaşım, cam, çimento, mineral, kaya, toprak, seramik, cevher, polimer vb. değişik tipteki örneklerin içerdiği ana, ikincil ve eser elementleri kısa bir sürede nitel ve nicel olarak analiz edebilen tahribatsız, güvenilir ve hızlı bir yöntemdir. XRF analizinin kesinliği ve tekrarlanabilirliği çok yüksektir (Brouwer, 2013).

XRF spektrometre sistemleri, enerji dağılımlı X-ışını floresans (EDXRF) ve dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans (WDXRF) spektrometresi olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Analiz edilebilecek elementler ve bu elementlerin dedeksiyon seviyeleri esas olarak kullanılan spektrometre sistemine bağlıdır. EDXRF'in element aralığı sodyumdan uranyuma (Na'dan U'ya) kadar iken WDXRF'in element aralığı daha geniştir ve berilyumdan uranyuma (Be'den U'ya) kadardır. Genel olarak atom sayısı büyük olan elementleri dedeksiyon sınırları daha hafif elementlere göre daha yüksektir. Analiz veya ölçme zamanı, belirlenecek element sayısına ve istenilen doğruluğa bağlıdır ve birkaç saniye ile 30 dakika arasında değişmektedir. Analiz zamanı, ölçme işlemi tamamlandıktan sonra sadece birkaç saniye almaktadır (Brouwer, 2013).

X-ışınları, 0,01 nm- 10 nm aralığındaki dalga boylarına sahip elektromanyetik dalgalar veya 0,125 keV-125 keV aralığındaki enerjiye sahip fotonların oluşturduğu tanecik demeti olarak görülebilir. Dalga-parçacık ikileminden dolayı her iki

görünümde doğrudur ve dalga veya tanecik özelliği açıklanacak fiziksel olaya bağlı olarak anlaşılır. Bir X-ışını fotonunun dalga boyu λ, E enerjisi ile ters orantıdır ve

$$\lambda(\text{nm}) = \frac{hc}{E(\text{keV})} = \frac{1{,}24}{E(\text{keV})} \tag{2.1}$$

ile verilir. Burada, h; Planck sabiti ve c ışık hızıdır. Dalga boyu (λ), nm ve enerji (E) keV olarak alındığında, Planck sabiti ile ışık hızının çarpımı 1,24' e eşittir.

2.1.1. X-Işınlarının Madde ile Etkileşmesi

Şiddeti I_0 olan X-ışını demeti d kalığında ve ρ yoğunluğunda bir madde ile temas ettiğinde veya maddenin içinden geçtiğinde, X-ışını ile madde arasında üç temel etkileşme (floresans, Compton saçılması ve Rayleigh saçılması) meydana gelebilir. Bu etkileşmelerin sonucunda, X-ışını demetini oluşturan fotonların bir kısmı madde tarafından soğurulur (floresans radyasyon veya karakteristik X-ışınlarının oluşması) veya geliş doğrultusundan farklı açılarda enerji kaybederek (Compton saçılması) veya enerji kaybetmeyerek (Rayleigh saçılması) saçılmaya uğrar (Şekil 2.1). Floresans soğurma ve saçılma, malzemenin kalınlığına (d), yoğunluğuna (ρ), malzeme bileşimine ve X-ışınının enerjisine bağlıdır. Gelen X-ışını demetinin şiddeti (I_0), aşağıda verilen Lambert-Beer yasasına göre üstel olarak azalır.

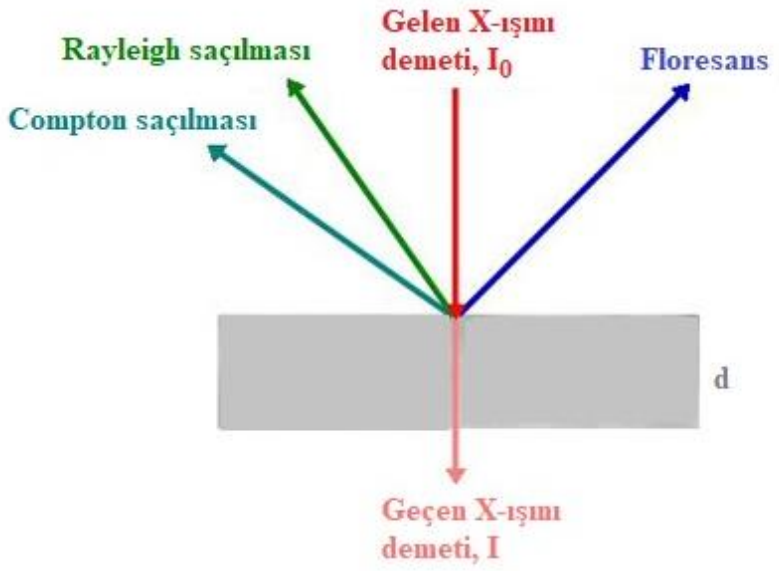
$$I = I_0 \cdot e^{-\mu d} \tag{2.2}$$

Burada, I; geçen X-ışını demetinin şiddeti, μ; doğrusal zayıflatma katsayısı (cm^{-1}) ve d; malzeme kalınlığıdır.

2.1.2. Floresans veya Karakteristik X-ışınlarının Oluşması

Klasik atom modeline göre bir atom, pozitif yüklü proton ve yüksüz nötronların oluşturduğu çekirdek ve bu çekirdek etrafındaki kabuk veya yörüngelerde (orbitallerde) dönen elektronlardan meydana gelmektedir. Çekirdekten dışa doğru elektronların döndüğü kabuklar (tabakalar), K-kabuğu, L-kabuğu, M-kabuğu vb.

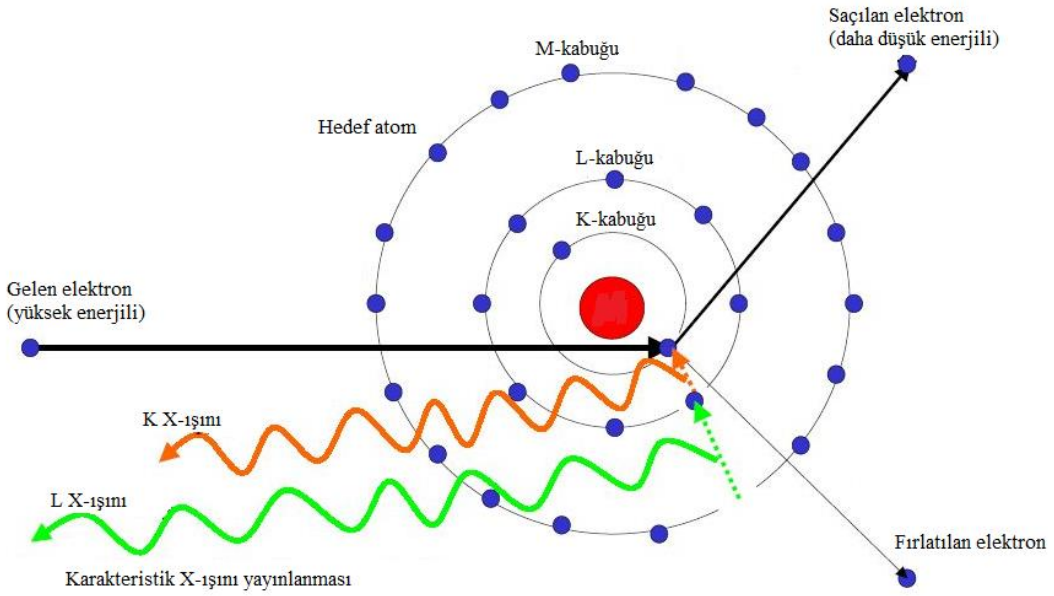
olarak isimlendirilmektedir. L-kabuğu, L_I, L_{II} ve L_{III} olmak üzere üç alt kabuğa sahip iken M-kabuğu, M_I, M_{II}, M_{III}, M_{IV} ve M_V olmak üzere 5 alt kabuğa sahiptir. K-kabuğu 2, L-kabuğu 8 ve M-kabuğu 18 elektron içermektedir. Bir elektronun enerjisi, yer aldığı kabuğa ve ait olduğu elemente bağlıdır. Bir atom, gama-ışını, X-ışını fotonu ve yeterli enerjiye sahip elektronlar gibi radyasyona maruz kaldığında, bu radyasyonlar atomdan bir elektronu koparır. Bu durum, Şekil 2.2'de görüldüğü gibi bir kabukta (K-kabuğunda) bir boşluk oluşmasına sebep verir ve atom daha yüksek enerjili uyarılmış kararsız durumuna gelir.



Şekil 2.1. X-ışını fotonlarının madde ile etkileşmesi

Atom uyarılmış durumdan kararlı durumuna (ilk durumuna) gelebilmek için meydana gelen bu elektron boşluğu daha dış kabuktaki (örneğin L-kabuğundaki) elektron ile doldurulur. K-kabuğuna göre daha yüksek enerjili L-kabuğundaki elektronun K-kabuğuna dönmesi sonucunda, fazla enerji karakteristik X-ışını fotonu olarak yayınlanır (Şekil 2.2). Spektrumda bu bir çizgi olarak görülür. Yayınlanan X-ışınının enerjisi, ilk boşluğun yer aldığı kabuk ile boşluğun doldurulduğu kabuk arasındaki enerji farkına (örnek olarak K-kabuğu ile L-kabuğunun enerjileri arasındaki fark) bağlıdır. Her bir atom kendisine özgün enerji seviyelerine sahip olduğundan, yayınlanan radyasyon da o atomun bir karakteristiğidir. Elektron tabaklarında faklı boşluklar oluşabildiği ve bu boşluklarda farklı elektronlar

tarafından doldurulabildiğinden atom tek bir enerjiden (veya bir çizgiden) daha fazlasını yayınlar. Yayınlanan çizgiler, elementin karakteristiğidir ve elementin parmak izi olarak da kabul edilebilir (Brouwer, 2013).



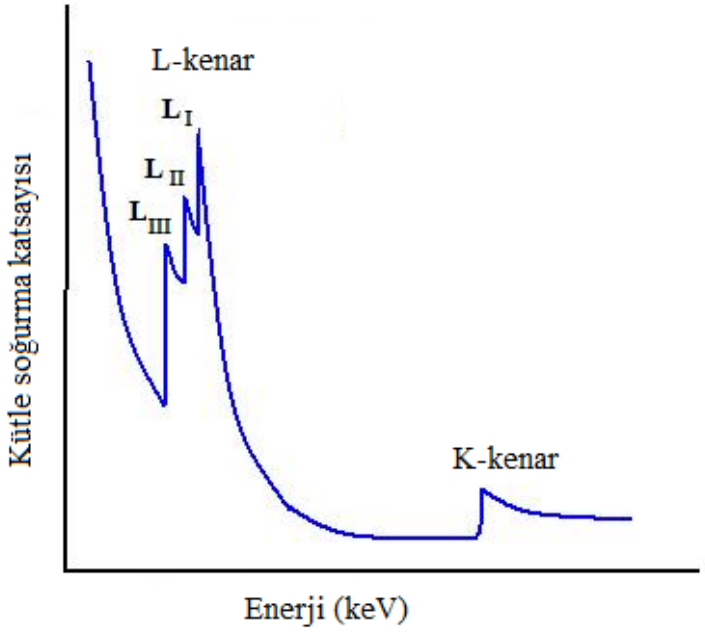
Şekil 2.2. Karakteristik X-ışının oluşması

Bir atomdan bir elektronun koparılması için gelen X-ışınlarının, elektronun bağlanma enerjisinden daha büyük bir enerjiye sahip olması gerekir. Eğer elektron koparılırsa, gelen radyasyon soğurulur ve yüksek soğurulma yüksek floresansı oluşturur. Diğer taraftan enerji çok yüksekse, fotonların çoğu atomdan soğurulmadan geçer sadece birkaç elektron koparılır. Yüksek enerjilerin keskin bir şekilde soğurulduğu ve düşük floresans oluşturduğu Şekil 2.3'te gösterilmektedir. Gelen fotonların enerjisi daha düşük olursa ve K-kabuğu elektronlarının bağlanma enerjisine yakın gelirse, radyasyonun daha fazlası soğurulur. En yüksek verim, foton enerjisinin koparılacak elektronun bağlanma enerjisinin biraz üzerinde olduğu zaman elde edilir. Gelen fotonların enerjisi bağlanma enerjinden daha düşük hale geldiğinde, Şekil 2.3'te görüldüğü gibi bir kenar (K-kabuğuna karşılık gelen K-kenarı ve L-kabuğuna karşılık gelen L-kenarı) görülebilir (Brouwer, 2013).

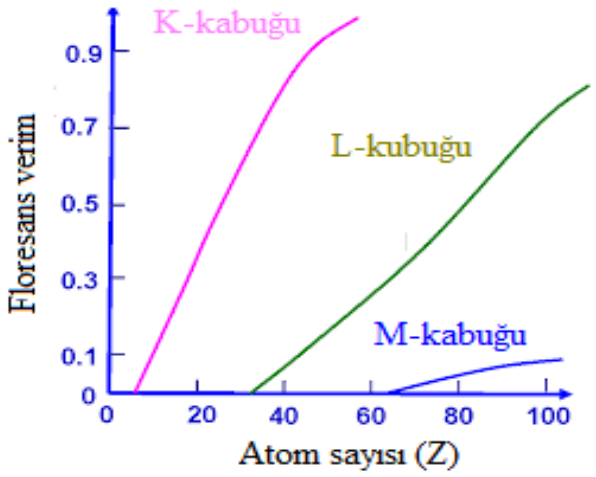
Gelen radyasyonun sebep olduğu başlangıçtaki boşlukların tamamı, floresans fotonları oluşturmaz çünkü diğer bir süreç olan Auger elektronun yayımı

gerçekleşebilir. Floresans verimi, yayınlanan floresans fotonlarının başlangıçtaki boşluk sayısına oranı olarak tarif edilir. Şekil 2.4, K-, L- ve M-çizgileri için floresans verimlerinin, atom sayısı Z'nin fonksiyonu olarak nasıl değiştiğini gösterilmektedir. Şekilden de açıkça görülebileceği gibi çok hafif elementler için floresans verimi düşüktür ve bu durum da bu tür elementlerin niçin daha zor ölçüldüğünü açıklamaktadır.

Farklı çizgileri göstermenin birkaç yolu vardır. Seigbahn notasyonu literatürde kullanılan notasyonlardan biridir. Seigbahn notasyonu, element sembolünü takip eden kabuk ismi ile bir çizgiyi gösterir. İlk elektron boşluğu, bağıl olarak çizgi şiddetine de işaret eden Yunan harfleri (α, β, γ vb.) ile gösterilir. Örneğin Fe Kα, K-kabuğundan koparılan bir elektron sebebiyle en kuvvetli demir çizgisidir. Geçişler ve bunlara eşlik eden notasyonlar, Şekil 2.5'te gösterilmektedir.



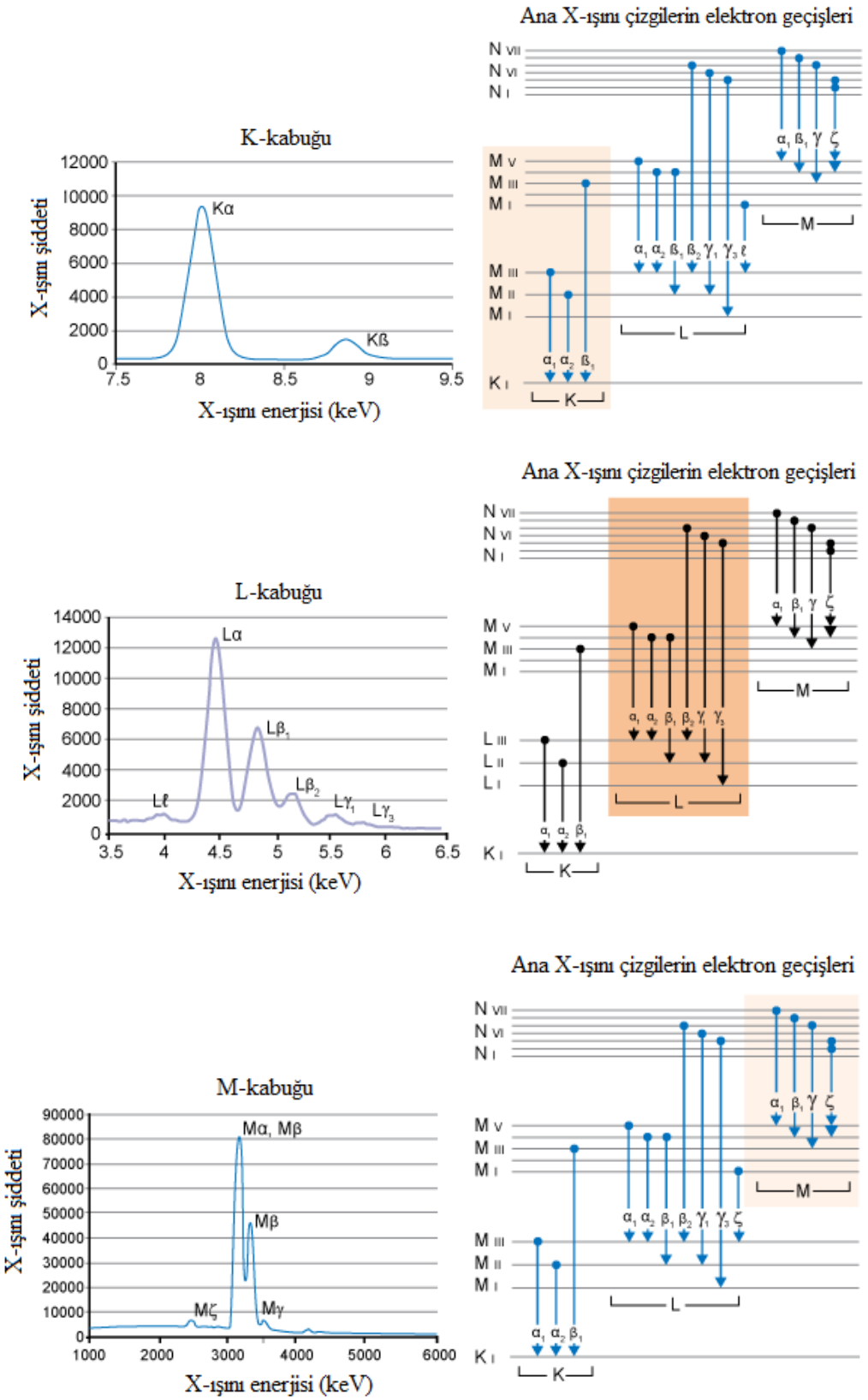
Şekil 2.3. Enerjiye karşı soğurulma



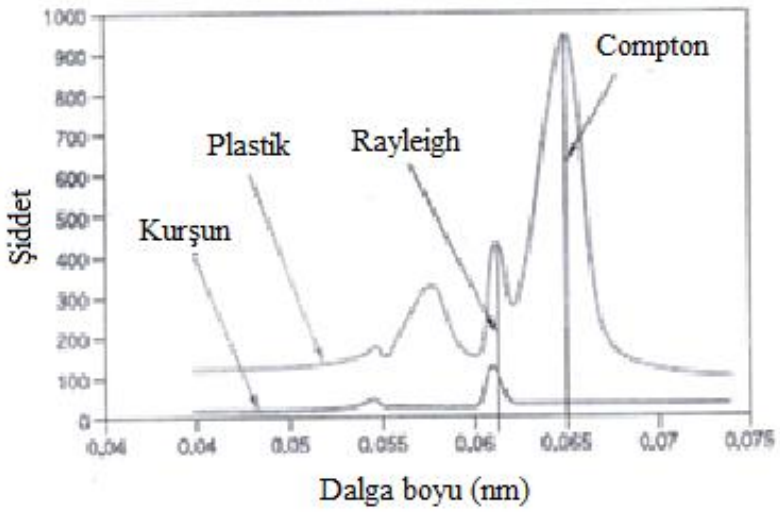
Şekil 2.4. K, L ve M elektronları için floresans verim

2.1.3. Rayleigh ve Compton Saçılması

Gelen X-ışınlarının bir kısmı, karakteristik radyasyon oluşturmak yerine örnek tarafından saçılmaya uğratılır. Saçılma, bir fotonun elektrona çarptığı ve onu fırlattığında meydana gelir. Bu çarpışma sonucunda, fotonlar enerjisinin bir kısmını elektrona vererek kaybeder ve saçılmaya uğrar. Bu saçılma Compton veya inkoherent saçılma olarak isimlendirilir. Fotonların kuvvetli bir şekilde bağlı elektronlar ile çarpışması sonucunda, elektronlar kabuklarında kalır ve gelen radyasyonun enerjisinde salınım (osilasyon) hareketine başlarlar. Salınım dolayısıyla gelen radyasyon gibi aynı frekansta (enerjide) radyasyon yayınlanır. Bu durum, radyasyonun atom tarafından saçılmaya uğratılmasına sebep olur ve bu tür saçılma Rayleigh saçılması veya koherent saçılma olarak isimlendirilir. Hafif elementlerin oluşturduğu örnekler, çok sayıda zayıf bağlı elektronlara sahip olduğundan yüksek oranda Compton saçılması ve düşük oranda Rayleigh saçılmasına sebep olurlar. Ağır elementlerin olması durumunda, saçılma olayları azalır ve Compton saçılması tam olarak gözükmez iken sadece Rayleigh saçılması oluşur (Brouwer, 2013). Kurşun ve sert plastik (hafif elementlerden oluşan) için elde edilen Compton ve Rayleigh saçılması Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi Compton saçılmasındaki enerji yayılması, Rayleigh saçılmasına göre daha geniştir.



Şekil 2.5. Ana çizgiler ve geçişleri



Şekil 2.6. Hafif ve ağır elementler için Compton ve Rayleigh saçılması (Brouwer, 2013)

2.1.4. Kutuplanma

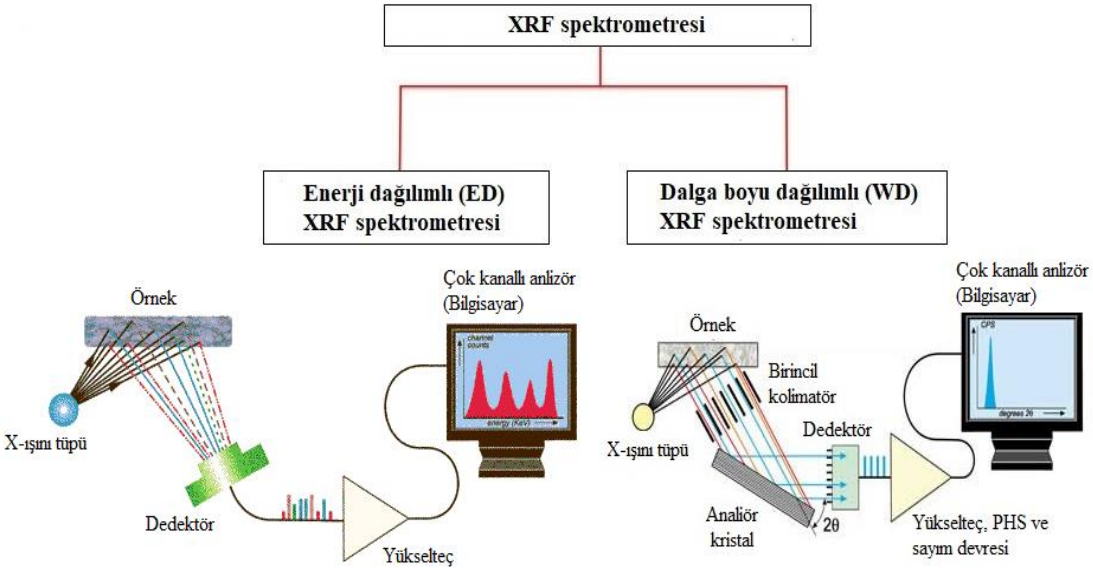
X-ışınları, elektrik (E) ve manyetik (B) bileşenlere sahip elektromanyetik dalgalardır. Elektromanyetik dalgaların genliği, X-ışınlarının şiddetine karşılık gelir. Elektromanyetik dalgalar, elektrik bileşeninin ilerleme doğrultusuna dik olan enine dalgalardır. X-ışınlarının elektrik bileşenlerinin tamamı bir düzlem içindeyse, X-ışınları doğrusal olarak kutuplanır. Elektrik bileşeni tercihli bir yöne sahip değilse, X-ışını kutuplanmaz. Kutuplanmamış X-ışınları bir örnek tarafında 90˚ ile saçılmaya uğratılırsa, saçılmaya uğrayan X-ışınları bir yöne kutuplanacaktır (Brouwer, 2013).

2.2. X-Işını Spektrometresi

Bütün spektrometreler temel olarak bir kaynak, bir örnek ve bir algılama (dedeksiyon) sisteminden oluşmaktadır. Kaynak bir örneği ışınlar ve dedektör örnekten gelen radyasyonu ölçer. Bazı XRF spektrometrelerinde, kaynak olarak ^{241}Am gibi radyoaktif kaynak veya sinkrotron radyasyonunun kullanılmasına rağmen spektrometrelerinde çoğunda kaynak olarak X-ışını tüpü kullanılmaktadır. WDRXF ve EDXRF spektrometre sistemleri arasındaki fark, dedeksiyon sisteminden ileri gelmektedir (Şekil 2.7). EDXRF spektrometresinde, örnekten doğrudan gelen farklı enerjilerdeki karakteristik radyasyonu ölçme kapasitesine sahip bir dedektör kullanılmaktadır. Dedektör, örnekten gelen radyasyonu, örnek içindeki

elementlerden gelen radyasyona ayırabilir. Bu ayırma işlemi dağılım olarak isimlendirilir. EDXRF spektrometreleri, 2D ve 3D optiklere sahip spektrometrelere ayrılabilir. Her ikisi de bir kaynak ve bir enerji dağılımlı dedektöre sahiptir ancak X-ışını optik yolunda fark olabilir. 2D spektrometreleri için X-ışını yolu bir düzlemdedir (dolayısıyla iki boyutludur). 3D spektrometreleri optik için yol bir düzlemde sınırlı değildir ve üç boyut içerir. Bir WDXRF spektrometresinin ilk kısmı, 2D optikli ve ikinci hedefi olmayan bir EDXRF spektrometresine eş değerdir. Bir WDXRF spektrometresinde dedeksiyon sistemi farklı olmasına rağmen EDXRF spektrometresinde olduğu gibi X-ışını tüpünden elde edilen X-ışını fotonları ile örnek bombardımana tabi tutular ve örnekten gelen karakteristik X-ışınları dedekte edilir. Bir WDXRF spektrometresinde dedeksiyon sistemi, bir doğrultucu (kolimatör) setinden, bir kırınım (difraksiyon) kristalinden ve bir dedektörden oluşmaktadır. Örnekten gelen karakteristik X-ışını kristal üzerine düşer ve kristal aynı prizmanın beyaz ışığı kırınıma uğrattığı gibi X-ışınlarını farklı yönlerde farklı dalga boylarına (enerjilerine) ayıracak şekilde kırınıma uğratır. Dedektör belli açılara yerleştirilerek belirli dalga boyuna sahip X-ışınları şiddeti ölçülebilir. Ayrıca bir açıölçer (gönyometre) üzerine bir dedektör monte edilerek bu dedektör, birçok dalga boyundaki X-ışınlarının şiddetini ölçebilmek için belli bir açı aralığında hareket ettirilebilir.

EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri, Tablo 2.1'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.7. EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin şematik gösterimi

Tablo 2.1. *EDXRF ile WDXRF spektrometrelerinin karşılaştırılması*

	EDXRF	WDXRF
Element aralığı	Na - U	Be - U
Dedeksiyon sınırı	- Hafif elementler için az elverişli - Ağır elementler için iyi	- Be ve bütün ağır elementler için iyi
Hassasiyet	- Hafif elementler için az elverişli - Ağır elementler için iyi	- Hafif elementler için makul - Ağır elementler için iyi
Çözünürlük	- Hafif elementler için az elverişli - Ağır elementler için iyi	- Hafif elementler için iyi - Ağır elementler için az elverişli
Maliyet	Bağıl olarak pahalı değil	Bağıl olarak pahalı
Güç tüketimi	5-1000 W	200-4000 W
Ayrılabilir kritik kısım	Yok	Kristal ve gönyemetre (açıölçer)

3. MALZEME VE ÖLÇME YÖNTEMİ

Tez kapsamında elemental analize tabi tutulan malzeme olarak ülkemizde, konut, okul ve iş yeri binalarının dış cephelerinin yalıtım ve/veya dekoratif amaçlı olarak kaplamalarında, tarihi eserlerin restorasyonunda, cami, minare ve peyzaj mimari gibi çalışmalarda ve yapıların iç ve dış duvarlarının örülmesinde kullanılmak üzere farklı ebatlarda üretilen volkanik tüf örnekleri toplandı.

3.1. Tüf Örneklerinin Toplanması

Öncelik olarak ülkemizde ticari olarak tüketilen tüf örneklerinin yaygın olarak temin edildiği İç Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgesinde yer alan Kayseri, Nevşehir, Eskişehir, Afyon, Manisa ve Isparta şehirlerinde ticari olarak işletilen volkanik tüf ocakları belirlendi. Daha sonra Kayseri İlinden 9, Nevşehir İlinden 2, Isparta, Afyon, Eskişehir ve Manisa İllerinden 1 olmak üzere toplam 15 tüf ocağından farklı renkteki 70 tüf örneği toplandı. Örnekler, temin edildiği ocağın yeri ve konumu ve rengi gibi bilgileri içerecek şekilde kodlanarak plastik torbalarda örnek hazırlama laboratuvarına getirildi. Örnekler, TO olarak kodlanan tüf ocaklarının konumları ve tüf örneklerinin özellikleri, Tablo 3.1'de verilmektedir.

3.2. Tüf Örneklerinin Elemental Analiz İçin Hazırlanması

Farklı ebatlarda plaka şeklindeki her bir tüf örneği, Fotoğraf 3.1'de gösterildiği gibi kırılarak öğütüldü. Öğütülen tüf örnekleri yaklaşık 300 g olacak şekilde plastik torbalara konuldu ve elemental analiz işlemlerinin yapılacağı TAEK'e bağlı olan ve İstanbul'da yerleşik Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Laboratuvarına kargo ile gönderildi. Merkez laboratuvarına getirilen tüf örnekleri, ilk olarak içerdikleri nemi uzaklaştırmak amacıyla sıcaklık kontrollü fırında 4 saat süreyle 75 ºC'de kurutuldu (Fotoğraf 3.2 a). Daha sona örnekler, bor karbürden yapılmış agat havan takımı kullanılarak (Fotoğraf 3.2 b) homojen toz hâline getirildi. Homojen toz tüf örneklerinden 12 g alınarak 3 g selüloz ile havanda 5 dakika süreyle iyice karıştırıldı. Daha sonra bu örnekler, paslanmaz çelikten yapılmış 40 mm çapındaki

kalıp takımına (Fotoğraf 3.2 c) konuldu ve 25 ton basınç uygulanarak pelet hâline getirildi.

Tablo 3.1. *Örneklerin toplandığı tüf ocaklarına ilişkin bilgi*

Ocak kodu	Örnek sayısı	Örneğin rengi	Ocağın yeri
TO1	6	Sarı (2), siyah (1), vişne (1), kurşuni siyah (1), gülkurusu (1)	$38^0$27'.1" K; $35^0$47'59.9" D
TO2	6	Sarı (2), kahverengi (1), siyah (1), gülkurusu (2)	$38^0$27.893' K; $35^0$48.357' D
TO3	3	Gri (2), sarı (1)	Kayseri
TO4	6	Sarı (1), siyah (1), gri (1), gülkurusu (1), açık kahve (1), koyu kahve (1)	$38^0$20'23.5" K; $35^0$28'21.5" D
TO5	6	Antik sarı (1), vişne (1), siyah (1), antik beyaz (1), başdere firuze(1), antik kızıl (1)	$38^0$37'53.0" K; $34^0$54'46.9" D
TO6	7	Gri (4), siyah (1), gülkurusu (1), kahverengi (1)	Kayseri-Tomarza
TO7	7	Vişne (1), kırmızı (1), kahverengi (1), sarı (1), gri (1), gülkurusu (1), siyah (1)	$38^0$26.67' K; 35^0.48.749' D
TO8	4	Sarı (4)	$38^0$41.256' K; $35^0$29.858'D
TO9	4	Sarı (3), kahverengi (1)	Kayseri-Tomarza
TO10	4	Sarı-beyaz (1), beyaz (1), açık sarı (1), Kapadokya gülü (1)	$38^0$33'24.5" K; $34^0$36'47.5"D
TO11	5	Sarı (1), vişne (1), gülkurusu (1), açık kahve (1), devetüyü (1)	$38^0$39'12.1" K; $34^0$43'56.8" D
TO12	6	Açık kahverengi (2), koyu kahve (1), bej (1), kahverengi (1), krem (1)	$37^0$44.249" K; $30^0$37.962' D
TO13	6	Bej (1), sarı (1), gri (1), krem (1), gülkurusu (1), beyaz (1)	$39^0$0.131 'K; $30^0$32.835'D
TO14	2	Gül rengi (2)	$39^0$37.418 'K; $30^0$35.518'D
TO15	2	Kahverengi (2)	Manisa



Fotoğraf 3.1. Tüf örneklerinin kırılması için kullanılan düzenek (Atıcı, 2016)

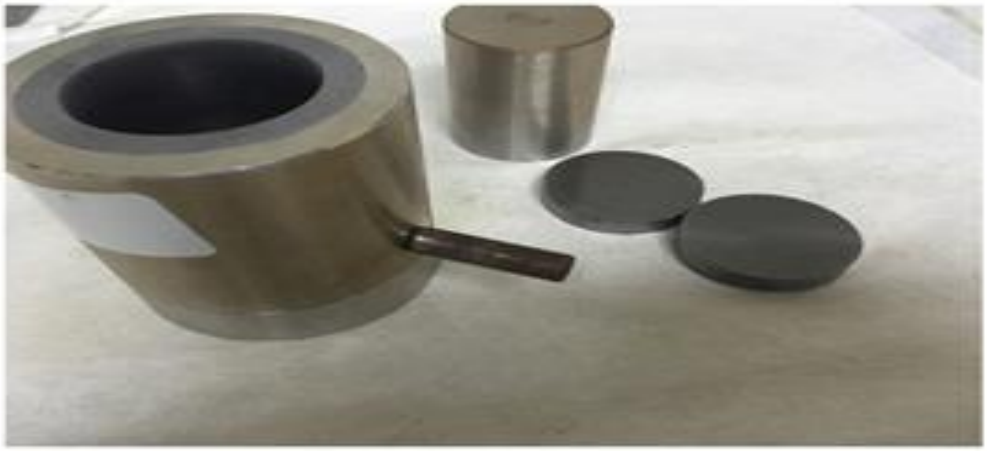
a)



b)



c)



Fotoğraf 3.2. Tüf örneklerinin hazırlanmasında kullanılan a) fırın, b) agat havan ve c) kalıp takımı

3.3. Analiz Yöntemi

Örneklerin içerdiği elementler, örnek içindeki derişim değerlerine göre genelde üç sınıfta incelenmektedir. Örnek içindeki derişim değeri % 1'den daha büyük olan elementler ana (major), derişim değeri % 0,1 - % 1 aralığında olan elementler ikincil (minor) ve derişim değeri % 0,1'den daha küçük olan elementler ise eser (trace) elementler olarak isimlendirilmektedir. Daha önce ikinci bölümde sözü edildiği gibi tüf örneklerinin içerdiği ana, ikincil ve eser elementlerin analizleri, birincil X-ışını demeti ile örnek atomlarının etkileşmesi sonucu elektronların uyarılmasından kaynaklanan elektron dizilimindeki yer değişmelerine bağlı olarak yayınlanan karakteristik X-ışınını esas alan X-ışını floresans yöntemi ile yapıldı. Bu yöntem, tahribatsız, hızlı, güvenilir ve bir veya birden fazla elementi aynı anda analiz edebilen, çok iyi bilenen ve uluslararası standartlarda kabul edilen bir yöntemdir. Bu kısımda, analiz işlemlerinde kullanılan X-ışını floresans spektrometresinin özelliklerine yer verildi.

Analiz işlemlerinde dalga boyu dağılımlı X-ışını floresan (WDXRF) spektrometresi (PANalytical Axios advanced model) kullanıldı (Fotoğraf 3.3). Analiz işlemleri, hazırlanan her bir tüf örneği peleti, paslanmaz çelikten yapılmış örnek kaplarına konularak 2 saat süreyle WDXRF spektrometresinde sayılarak tamamlandı. WDXRF spektrometresinin özellikleri Tablo 3.2'de verilmektedir. WDXRF spektrometresi, 4 kW çıkış gücüne sahip ve 160 mA'de çalışabilen SST-MAX X-ışını kaynağı (en gelişmiş X-ışını tüpü) ile donatılmıştır. Nihai yüksek X-ışını akısı, yüksek duyarlılığa ve hafif elementler için düşük dedeksiyon sınırlarına sağlamaktadır. WDXRF spektrometresinin AXIOS modeli, periyodik çizelgedeki berilyum (Be) ila uranyum (U) arasındaki bütün elementleri geniş derişim aralıklarında ölçebilmektedir. Ana element analizi için Super IQ-Analiz yazılımının kullanıldığı WDXRF spektrometresi ileri temel parametre algoritması kullanılarak kalibre edildi. Eser elementlerin doğru analiz edilebilesi için Pro-Trace yazılımı kullanıldı.



Fotoğraf 3.3. WDXRF spektrometresi

Tablo 3.2. *Çalışmada kullanılan WDXRF spektrometresinin özellikleri*

Modül	Özellikler
Program	1- Super IQ ve 2- Pro-Trace
Güç	4 kW
Tüp	Rh anot, SST (Super Sharp Tubes) tipte, 160 mA Tüp filtreleri: 4 adet (pirinç, berilyum, alüminyum 0,2 ve 0,7 mm)
Kristal	7 adet kristal (PX10, Ge-111-C, PE002-C, PX1, PX4A, PX7, LiF220)
Kolimatör	3 adet
Mask	6 farklı boyut
Dedektör	1- Akışkan ve 2- Parıldamalı (Scintillation)
Standart	IQ+ (16 adet) ve Pro-Trace (26 adet) standartları
Ölçme istemi	60 adet örnek programlanarak ardışık ölçülebilir.

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Tez kapsamında, Türkiye'de ticari olarak işletilen 15 tüf ocağından temin edilen 70 adet tüf örneğinde WDXRF spektrometresi ile yapılan ölçme işlemleri sonucunda, nitel olarak 6 ana oksit element (SiO_2, Al_2O_3, Na_2O, Fe_2O_3, CaO ve MgO), 2 adet ikincil oksit element (TiO_2 ve P_2O_5) ve 19 adet eser element (Sc, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pb, Th ve U) olmak üzere toplam 27 element gözlendi ve bu elementler nicel olarak analiz edildi. Analiz edilen element sonuçları ve değerlendirme ana, ikincil ve eser element başlıkları altında sunuldu.

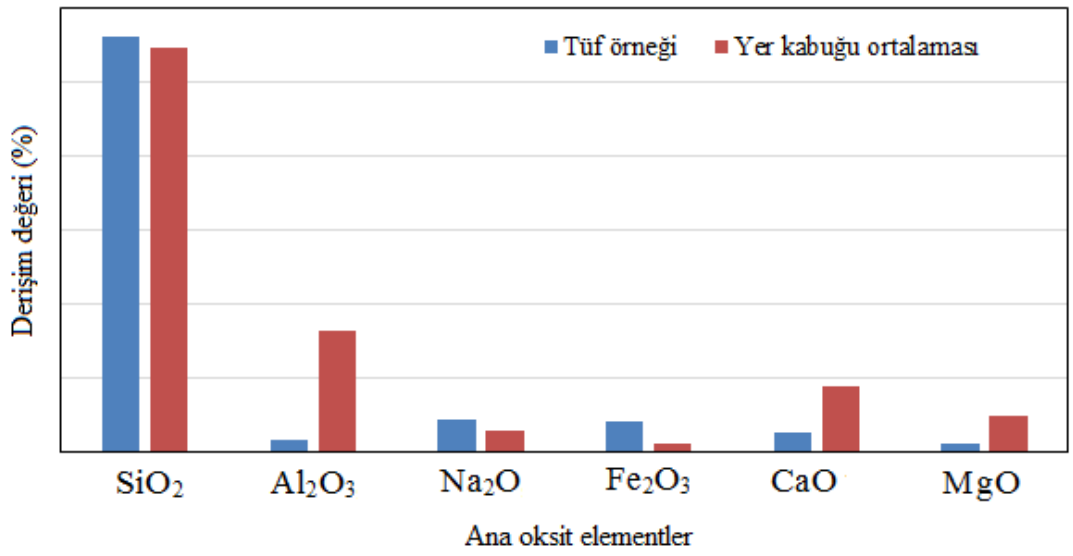
4.1. Ana Element Analiz Sonuçları ve Değerlendirme

Tüf örneklerinde analiz edilen ana oksitlere (elementlere) ilişkin tanımlayıcı istatistiki bilgi ve yer kabuğundaki ortalama bolluk değerleri (Yaroshevsky, 2006), Tablo 4.1'de verilmektedir. Tablo 4.1'den de görülebileceği gibi analiz edilen tüf örneklerinin doğal olarak içerdiği oksit elementler, ortalama derişim değerlerine göre SiO_2 > Al_2O_3 > Na_2O > Fe_2O_3 > CaO > MgO olarak sıralanmaktadır. Tüf örneklerindeki ana oksit elementlerin ortalama derişimi, SiO_2 için % 56,1; Al_2O_3 için % 11,6; Na_2O için % 4,2; Fe_2O_3 için % 4,1; CaO için % 2,5 ve MgO için % 1,0 olarak bulundu. Tüf örneklerindeki ikincil oksit elementlerin ortalama derişimi, TiO_2 için % 0,9 ve P_2O_5 için % 0,2 olarak bulundu.

Ana elementlerin birbirleri ve yer kabuğundaki ortalama bolluk değerleri ile karşılaştırılması Grafik 4.1'de gösterilmektedir. Tüf örneklerinde ölçülen ortalama SiO_2 derişimi, yer kabuğundaki ortalama bolluk değerinden %3 daha büyüktür. Tüf örneklerinde ölçülen ortalama Al_2O_3 derişimi, yer kabuğundaki ortalama bolluk değerinden %28 daha küçüktür. Tüf örneklerinde ölçülen ortalama Na_2O derişimi, yer kabuğundaki ortalama bolluk değerinden yaklaşık %56 daha büyüktür. Tüf örneklerinde ölçülen ortalama Fe_2O_3 derişimi, yer kabuğundaki ortalama bolluk değerinden yaklaşık 3 kat daha büyüktür. Tüf örneklerinde ölçülen ortalama CaO derişimi, yer kabuğundaki ortalama bolluk değerinden yaklaşık 3 kat daha küçük iken MgO derişimi ise yaklaşık 5 kat daha küçüktür.

Tablo 4.1. *Tüf örneklerinin içerdiği ana elementlere ilişkin tanımlayıcı bilgi*

	Derişim (%)					
	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	Fe_2O_3	CaO	MgO
Ortalama	56,1	11,6	4,2	4,1	2,5	1,0
Standart sapma (SS)	9,7	2,4	3,4	3,1	2,5	1,0
Standart hata (SH)	1,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,1
Ortanca	58,5	10,0	3,7	3,7	2,0	0,7
En küçük	28,0	8,9	1,3	0,6	0,1	0,1
En büyük	69,0	22,1	16,7	13,5	12,7	5,2
Basıklık (Kurtosis)	-0,01	5,2	1,3	0,3	5,0	4,8
Çarpıklık (Skewness)	-0,8	2,0	1,8	0,9	2,1	2,0
Örnek sayısı	70	70	65	70	70	70
Yer kabuğundaki ortalama bolluk	54,6	16,2	2,7	0,9	8,7	4,9



Grafik 4.1. Ortalama ana oksit derişimlerinin yer kabuğu ortalaması ile karşılaştırılması

TO1-TO7 kodlu tüf ocaklarında ölçülen ana oksitlerin derişim değerleri, Tablo 4.2'de, TO8-TO15 kodlu tüf ocaklarında ölçülen ana oksitlerin derişim değerleri, Tablo 4.3'te ve tüf ocaklarında ölçülen ana oksitlerin ortalama derişim değerleri ise Tablo 4.4'de verilmektedir. Ana oksitlerin ortalama derişim değerleri ile yer kabuğundaki bolluk değerlerinin karşılaştırılması Grafik 4.2'de gösterilmektedir. Tablolardan, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO ve MgO'in bütün ocaklarda nitel ve nicel olarak analiz edildiği ancak Na_2O'in, TO11 kodlu ocakta gözlenmediği anlaşılmaktadır.

Tablo 4.2. *TO1-TO7 kodlu ocaklarda ölçülen* a*na oksit değerleri*

Ocak kodu	Derişim (%)											
	SiO_2		Al_2O_3		Na_2O		Fe_2O_3		CaO		MgO	
TO1-1	67	± 3	10,9	± 0,6	6,22	± 0,01	0,98	± 0,01	0,585	± 0,003	0,28	± 0,02
TO1-2	60	± 3	12,1	± 0,6	4,06	± 0,01	5,15	± 0,03	1,975	± 0,010	1,27	± 0,03
TO1-3	43	± 2	8,9	± 0,6	4,61	± 0,01	8,26	± 0,04	4,610	± 0,023	1,37	± 0,03
TO1-4	36	± 1	13,5	± 0,6	5,68	± 0,01	13,53	± 0,07	11,019	± 0,055	3,00	± 0,80
TO1-5	61	± 3	11,2	± 0,6	6,53	± 0,02	4,75	± 0,02	1,950	± 0,010	0,57	± 0,02
TO1-6	63	± 3	10,3	± 0,6	5,85	± 0,01	2,15	± 0,01	0,724	± 0,004	0,36	± 0,01
TO2-1	68	± 3	11,1	± 0,6	6,46	± 0,02	1,22	± 0,01	0,629	± 0,003	0,30	± 0,02
TO2-2	59	± 3	11,9	± 0,6	6,88	± 0,02	5,47	± 0,03	1,962	± 0,010	0,68	± 0,06
TO2-3	53	± 3	11,3	± 0,6	5,71	± 0,01	5,16	± 0,03	2,536	± 0,013	0,63	± 0,06
TO2-4	54	± 3	11,2	± 0,6	5,25	± 0,01	4,87	± 0,02	2,811	± 0,014	0,88	± 0,07
TO3-1	66	± 3	10,7	± 0,6	6,07	± 0,01	1,01	± 0,01	0,607	± 0,003	0,34	± 0,03
TO3-2	67	± 3	10,8	± 0,6	6,08	± 0,01	1,21	± 0,01	0,672	± 0,003	0,29	± 0,03
TO3-3	67	± 3	10,9	± 0,6	6,08	± 0,01	1,21	± 0,01	0,603	± 0,003	0,29	± 0,03
TO4-1	59	± 2	11,5	± 0,6	4,50	± 0,01	1,23	± 0,01	0,637	± 0,003	1,06	± 0,06
TO4-2	64	± 3	10,5	± 0,6	6,12	± 0,01	5,10	± 0,03	2,152	± 0,011	0,17	± 0,01
TO4-3	63	± 3	11,8	± 0,6	6,11	± 0,02	3,54	± 0,02	1,416	± 0,007	0,53	± 0,05
TO4-4	50	± 2	10,6	± 0,6	4,85	± 0,01	4,29	± 0,02	2,007	± 0,010	1,02	± 0,09
TO4-5	52	± 2	10,5	± 0,6	5,30	± 0,01	5,64	± 0,03	4,910	± 0,025	0,93	± 0,08
TO4-6	62	± 3	10,2	± 0,6	5,74	± 0,01	5,26	± 0,03	2,611	± 0,013	0,28	± 0,02
TO5-1	40	± 1	9,2	± 0,6	4,38	± 0,01	1,27	± 0,01	0,710	± 0,004	1,41	± 0,09
TO5-2	58	± 2	11,4	± 0,6	4,33	± 0,01	8,41	± 0,04	4,630	± 0,023	1,41	± 0,09
TO5-3	66	± 3	11,3	± 0,6	6,50	± 0,02	5,09	± 0,03	2,253	± 0,011	0,08	± 0,01
TO5-4	64	± 3	10,9	± 0,6	6,14	± 0,01	0,67	± 0,00	0,698	± 0,004	0,31	± 0,01
TO5-5	63	± 3	12,3	± 0,6	7,32	± 0,02	1,20	± 0,01	0,787	± 0,004	0,89	± 0,02
TO5-6	40	± 1	9,4	± 0,6	4,02	± 0,01	5,21	± 0,03	2,394	± 0,012	2,09	± 0,07
TO6-1	40	± 1	9,6	± 0,6	4,29	± 0,01	10,08	± 0,05	5,881	± 0,029	1,62	± 0,06
TO6-2	47	± 1	12,5	± 0,6	3,46	± 0,01	10,40	± 0,05	6,004	± 0,030	1,88	± 0,01
TO6-3	58	± 2	11,5	± 0,6	6,89	± 0,02	10,58	± 0,05	4,049	± 0,020	0,76	± 0,05
TO6-4	66	± 3	11,3	± 0,6	6,03	± 0,01	5,36	± 0,03	2,190	± 0,011	0,24	± 0,01
TO6-5	68	± 3	11,6	± 0,6	6,32	± 0,01	1,08	± 0,01	0,596	± 0,003	0,27	± 0,01
TO6-6	55	± 2	11,5	± 0,6	4,39	± 0,01	1,06	± 0,01	0,619	± 0,003	0,86	± 0,06
TO6-7	60	± 3	15,3	± 0,6	5,12	± 0,01	5,32	± 0,03	2,300	± 0,012	0,42	± 0,02
TO7-1	53	± 3	12,0	± 2,0	5,45	± 0,03	7,26	± 0,04	4,219	± 0,021	1,84	± 0,01
TO7-2	48	± 2	10,0	± 1,0	4,81	± 0,02	7,03	± 0,04	3,977	± 0,020	1,75	± 0,01
TO7-3	59	± 4	12,0	± 2,0	4,70	± 0,02	4,44	± 0,02	3,840	± 0,019	0,74	± 0,00
TO7-4	63	± 4	10,0	± 1,0	5,85	± 0,03	1,86	± 0,01	0,615	± 0,003	0,21	± 0,00
TO7-5	63	± 4	11,0	± 1,0	5,99	± 0,03	2,02	± 0,01	0,699	± 0,004	0,26	± 0,00
TO7-6	63	± 4	12,0	± 2,0	6,65	± 0,03	3,96	± 0,02	1,495	± 0,008	0,49	± 0,00
TO7-7	50	± 3	10,0	± 1,0	3,89	± 0,02	4,54	± 0,02	2,278	± 0,011	0,98	± 0,01

Tablo 4.3. *TO8-TO15 kodlu ocaklarda ölçülen* an*a oksit değerleri*

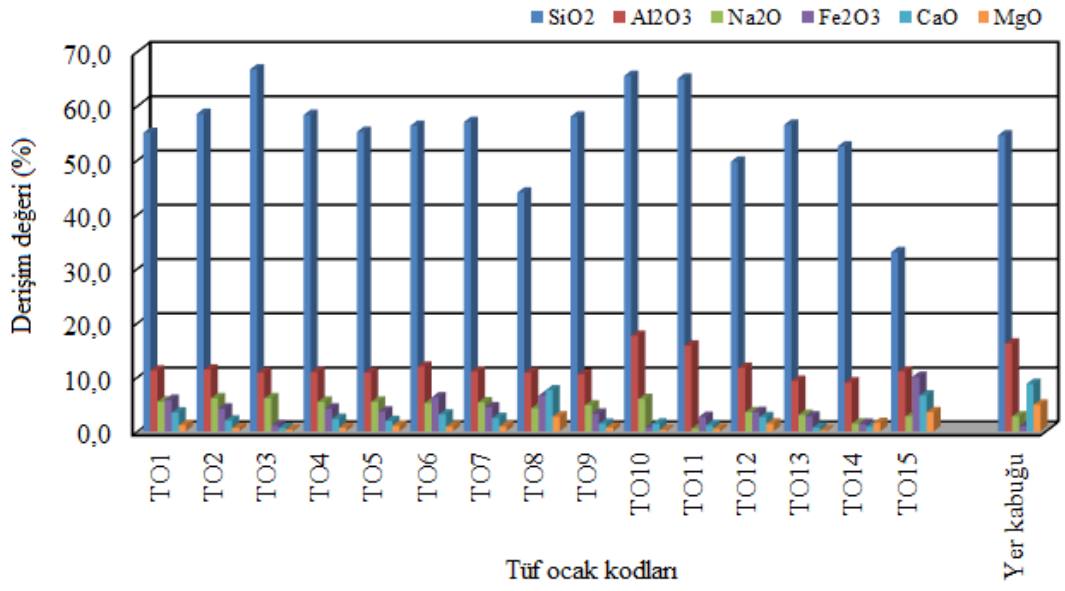
Ocak kodu	Derişim (%)					
	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	Fe_2O_3	CaO	MgO
TO8-1	37 ± 2	11,0 ± 1,0	3,90 ± 0,02	8,17 ± 0,04	8,845 ± 0,044	3,30 ± 0,16
TO8-2	36 ± 2	10,0 ± 1,0	3,26 ± 0,02	7,31 ± 0,04	12,733 ± 0,064	3,46 ± 0,02
TO8-3	41 ± 3	12,0 ± 2,0	4,19 ± 0,02	8,83 ± 0,04	7,812 ± 0,039	3,81 ± 0,02
TO8-4	62 ± 4	10,0 ± 1,0	5,66 ± 0,03	1,99 ± 0,01	0,866 ± 0,004	0,28 ± 0,01
TO9-1	64 ± 3	11,0 ± 1,0	6,07 ± 0,03	1,94 ± 0,01	0,685 ± 0,003	0,21 ± 0,00
TO9-2	52 ± 3	10,0 ± 1,0	3,52 ± 0,02	4,52 ± 0,02	2,084 ± 0,010	1,22 ± 0,01
TO10-1	67 ± 3	22,1 ± 0,7	5,80 ± 0,01	0,62 ± 0,00	0,071 ± 0,000	0,18 ± 0,02
TO10-2	65 ± 3	17,9 ± 0,7	5,92 ± 0,01	0,87 ± 0,00	0,078 ± 0,000	0,25 ± 0,02
TO10-3	66 ± 3	15,9 ± 0,7	5,84 ± 0,01	0,65 ± 0,00	2,346 ± 0,012	0,31 ± 0,02
TO10-4	64 ± 3	14,4 ± 0,7	6,28 ± 0,01	0,76 ± 0,00	3,184 ± 0,016	0,23 ± 0,03
TO11-1	60 ± 3	14,5 ± 0,6	-	3,76 ± 0,02	1,093 ± 0,006	0,73 ± 0,06
TO11-2	62 ± 3	14,6 ± 0,6	-	3,46 ± 0,02	1,126 ± 0,006	0,53 ± 0,04
TO11-3	65 ± 3	14,9 ± 0,6	-	1,17 ± 0,01	0,755 ± 0,004	0,48 ± 0,03
TO11-4	69 ± 3	17,5 ± 0,7	-	4,00 ± 0,02	1,331 ± 0,007	0,36 ± 0,02
TO11-5	69 ± 3	17,5 ± 0,7	-	0,91 ± 0,00	1,359 ± 0,007	0,36 ± 0,02
TO12-1	51 ± 3	12,0 ± 2,0	5,91 ± 0,03	2,92 ± 0,01	2,536 ± 0,013	1,23 ± 0,01
TO12-2	47 ± 2	11,0 ± 1,0	2,06 ± 0,00	3,10 ± 0,02	3,364 ± 0,017	2,86 ± 0,01
TO12-3	51 ± 4	13,0 ± 3,0	2,47 ± 0,01	4,29 ± 0,02	2,732 ± 0,014	1,12 ± 0,01
TO12-4	52 ± 4	12,0 ± 2,0	2,91 ± 0,02	2,88 ± 0,01	2,590 ± 0,013	0,91 ± 0,01
TO12-5	53 ± 4	12,0 ± 2,0	6,26 ± 0,03	2,97 ± 0,01	2,322 ± 0,012	1,20 ± 0,01
TO12-6	44 ± 3	10,0 ± 1,0	3,59 ± 0,18	5,14 ± 0,03	2,149 ± 0,011	1,26 ± 0,01
TO13-1	60 ± 4	9,0 ± 1,0	2,51 ± 0,01	1,63 ± 0,01	0,684 ± 0,003	0,09 ± 0,01
TO13-2	57 ± 4	10,0 ± 1,0	3,84 ± 0,02	8,11 ± 0,04	0,615 ± 0,003	0,15 ± 0,01
TO13-3	58 ± 4	10,0 ± 1,0	3,93 ± 0,02	0,77 ± 0,00	0,601 ± 0,003	0,26 ± 0,02
TO13-4	53 ± 3	9,0 ± 1,0	2,97 ± 0,02	1,60 ± 0,01	0,964 ± 0,005	0,21 ± 0,01
TO13-5	56 ± 4	9,0 ± 1,0	3,62 ± 0,02	1,85 ± 0,01	0,624 ± 0,003	0,15 ± 0,01
TO13-6	55 ± 4	9,0 ± 1,0	1,27 ± 0,01	2,50 ± 0,01	0,753 ± 0,004	0,24 ± 0,01
TO14-1	52 ± 3	9,0 ± 1,0	1,49 ± 0,01	1,44 ± 0,01	0,908 ± 0,005	1,43 ± 0,01
TO14-2	53 ± 3	9,0 ± 1,0	1,33 ± 0,01	1,32 ± 0,01	0,835 ± 0,004	1,69 ± 0,01
TO15-1	28 ± 1	11,0 ± 1,0	2,61 ± 0,13	9,87 ± 0,05	6,363 ± 0,032	1,87 ± 0,01
TO15-2	38 ± 2	11,0 ± 1,0	2,85 ± 0,01	10,19 ± 0,05	6,834 ± 0,034	5,19 ± 0,03

Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'ten, en düşük silisyum dioksit (SiO_2) derişimin % 28 olarak TO15 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise % 69 olarak TO11 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Tablo 4.4 ve Grafik 4.2'den görülebileceği gibi dört ocak (TO8, TO12, TO14 ve TO15 kodlu ocaklar) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama SiO_2 derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha büyüktür.

Tablo 4.4. *Tüf ocaklarında ölçülen* ana *oksitlerin ortalama değerleri*

Ocak kodu	Ortalama derişim (%)					
	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	Fe_2O_3	CaO	MgO
TO1	55,0	11,2	5,49	5,80	3,48	1,14
TO2	58,5	11,4	6,08	4,18	1,99	0,62
TO3	66,7	10,8	6,08	1,14	0,63	0,31
TO4	58,3	10,9	5,44	4,18	2,29	0,67
TO5	55,2	10,8	5,45	3,64	1,91	1,03
TO6	56,3	11,9	5,21	6,27	3,09	0,86
TO7	57,0	11,0	5,33	4,44	2,45	0,89
TO8	44,0	10,8	4,25	6,58	7,56	2,71
TO9	58,0	10,5	4,79	3,23	1,38	0,71
TO10	65,5	17,6	5,96	0,72	1,42	0,24
TO11	65,0	15,8	<DS*	2,66	1,13	0,49
TO12	49,7	11,7	3,53	3,55	2,62	1,43
TO13	56,5	9,3	3,02	2,74	0,71	0,18
TO14	52,5	9,0	1,41	1,38	0,87	1,56
TO15	33,0	11,0	2,73	10,03	6,60	3,53

*DS: Dedeksiyon sınırı % 0,01



Grafik 4.2. Ocaklara ait ortalama ana oksit derişimlerinin yer kabuğu ile karşılaştırılması

En düşük alüminyum oksit (Al_2O_3) derişimin % 8,90 olarak TO1 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise % 22,10 olarak TO10 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır.

Tablo 4.4 ve Grafik 4.2'den görülebileceği gibi bir ocak (TO10 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Al_2O_3 derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Sodyum oksit (Na_2O), TO11 kodlu ocakta gözlenmedi. Na_2O'in en büyük derişiminin % 7,32 olarak TO5 kodlu ocakta ölçüldü. Tablo 4.4 ve Grafik 4.2'den görülebileceği gibi bir üç ocak (TO11, TO14 ve TO15 kodlu ocaklar) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Na_2O derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha büyüktür.

En düşük demir üç oksit (Fe_2O_3) derişimin % 0,62 olarak TO10 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise % 13,53 olarak TO1 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Tablo 4.4 ve Grafik 4.2'den görülebileceği gibi bir ocak (TO110 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Fe_2O_3 derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha büyüktür.

En düşük kalsiyum oksit (CaO) derişimin % 0,07 olarak TO10 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise % 12,73 olarak TO8 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Tablo 4.4 ve Grafik 4.2'den görülebileceği gibi bütün ocaklarda ölçülen ortalama CaO derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

En düşük magnezyum oksit (MgO) derişimin % 0,08 olarak TO5 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise % 5,19 olarak TO15 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Tablo 4.4 ve Grafik 4.2'den görülebileceği gibi bütün ocaklarda ölçülen ortalama MgO derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

4.2. İkincil Element Analiz Sonuçları ve Değerlendirme

Tüf örneklerinde analiz edilen ikincil oksitlere (elementlere) ilişkin tanımlayıcı istatistiki bilgi ve yer kabuğundaki ortalama bolluk oranları (Yaroshevsky, 2006), Tablo 4.5'te verilmektedir. Tablo 4.5'den de görülebileceği gibi analiz edilen tüf örneklerinin doğal olarak içerdiği ikincil elementler, ortalama derişim değerlerine göre TiO_2 > P_2O_5 olarak sıralanmaktadır. Tüf örneklerindeki ikincil oksit elementlerin ortalama derişimi, TiO_2 için % 0,9 ve P_2O_5 için % 0,2 olarak bulundu.

İkincil elementlerin birbirleri ve yer kabuğundaki ortalama bolluk değerleri ile karşılaştırılması Grafik 4.3'te gösterilmektedir. Tüf örneklerinde ölçülen ortalama TiO_2 ve P_2O_5 derişim değerleri, yer kabuğundaki ortalama bolluk değerleri ile hemen hemen aynı büyüklüktedir.

Tablo 4.5. *Tüf örneklerinin içerdiği ikincil elementlere ilişkin tanımlayıcı bilgi*

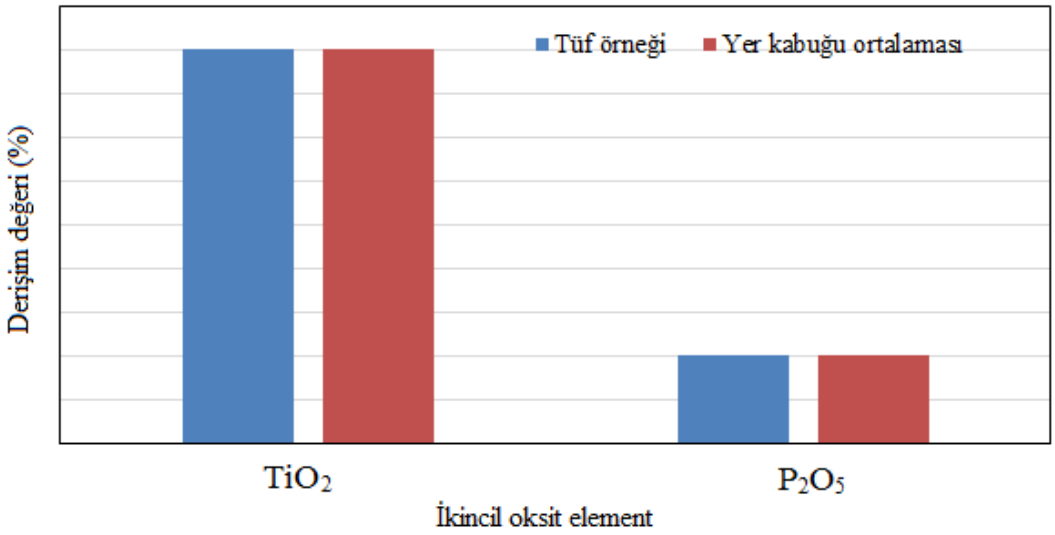
	Derişim (%)	
	TiO_2	P_2O_5
Ortalama	0,9	0,19
SS	0,8	0,18
SH	0,1	0,02
Ortanca	0,6	0,11
En küçük	0,1	0,01
En büyük	3,6	0,92
Basıklık	1,7	4,38
Çarpıklık	1,5	1,90
Örnek sayısı	70	70
Yer kabuğundaki ortalama bolluk	0,9	0,2

TO1-TO7 kodlu tüf ocaklarında ölçülen ikincil oksitlerin derişim değerleri, Tablo 4.6'da, TO8-TO15 kodlu tüf ocaklarında ölçülen ikincil oksitlerin derişim değerleri, Tablo 4.7'de ve tüf ocaklarında ölçülen ikincil oksitlerin ortalama derişim değerleri ise Tablo 4.8'de verilmektedir. Ana oksitlerin ortalama derişim değerleri ile yer kabuğundaki bolluk değerlerinin karşılaştırılması Grafik 4.4'de gösterilmektedir. Tablolardan, titanyum dioksit (TiO_2) ve fosfat oksit (P_2O_5)'in bütün ocaklarda nitel ve nicel olarak analiz edildiği anlaşılmaktadır.

Tablo 4.6 ve Tablo 4.7'den, en düşük TiO_2 derişimin % 0,09 olarak TO13 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise % 3,596 olarak TO15 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Tablo 4.8 ve Grafik 4.4'den görülebileceği gibi altı ocak (TO1, TO6, TO7, TO8, TO9 ve TO15 kodlu ocaklar) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama SiO_2 derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Tablo 4.6 ve Tablo 4.7'den, en düşük P_2O_5 derişimin % 0,009 olarak TO13 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise % 0,92 olarak TO15 kodlu ocakta ölçüldüğü

anlaşılmaktadır. Tablo 4.8 ve Grafik 4.4'den görülebileceği gibi beş ocak (TO1, TO2, TO5, TO8 ve TO15 kodlu ocaklar) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama SiO_2 derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.



Grafik 4.3. Ortalama ikincil oksit element derişimlerinin yer kabuğu ile karşılaştırılması

Tablo 4.6. *TO1-TO7 kodlu ocaklarda ölçülen ikincil oksit değerleri*

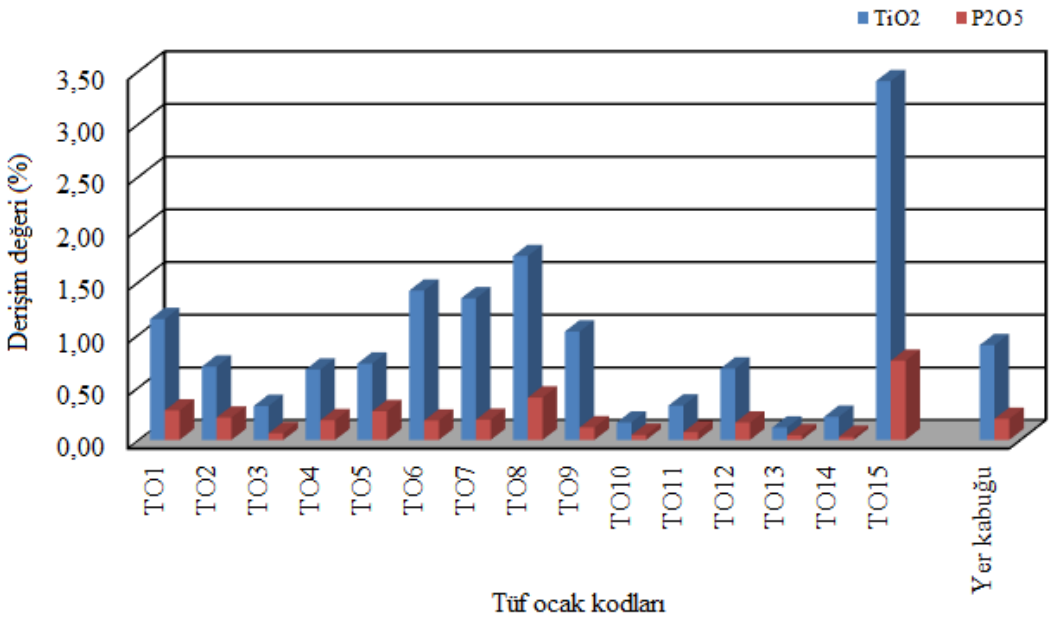
Ocak kodu	Derişim (%)	
	TiO_2	P_2O_5
TO1-1	0,294 ± 0,002	0,072 ± 0,001
TO1-2	0,909 ± 0,005	0,166 ± 0,001
TO1-3	1,482 ± 0,007	0,335 ± 0,002
TO1-4	3,185 ± 0,016	0,851 ± 0,001
TO1-5	0,644 ± 0,003	0,213 ± 0,001
TO1-6	0,371 ± 0,002	0,093 ± 0,001
TO2-1	0,335 ± 0,002	0,080 ± 0,001
TO2-2	0,962 ± 0,005	0,254 ± 0,001
TO2-3	0,890 ± 0,005	0,253 ± 0,001
TO2-4	0,597 ± 0,003	0,266 ± 0,001
TO3-1	0,294 ± 0,002	0,062 ± 0,001
TO3-2	0,337 ± 0,002	0,063 ± 0,001
TO3-3	0,334 ± 0,002	0,063 ± 0,001
TO4-1	0,366 ± 0,002	0,234 ± 0,002
TO4-2	0,923 ± 0,005	0,069 ± 0,001
TO4-3	0,314 ± 0,002	0,189 ± 0,001
TO4-4	0,604 ± 0,003	0,282 ± 0,002
TO4-5	0,944 ± 0,005	0,277 ± 0,001
TO4-6	0,861 ± 0,004	0,071 ± 0,001
TO5-1	0,341 ± 0,002	0,225 ± 0,001
TO5-2	1,409 ± 0,000	0,218 ± 0,001
TO5-3	0,920 ± 0,005	0,500 ± 0,001
TO5-4	0,416 ± 0,002	0,067 ± 0,001
TO5-5	0,329 ± 0,002	0,275 ± 0,001
TO5-6	0,933 ± 0,005	0,352 ± 0,002
TO6-1	2,361 ± 0,012	0,328 ± 0,001
TO6-2	2,500 ± 0,013	0,261 ± 0,001
TO6-3	2,578 ± 0,013	0,264 ± 0,001
TO6-4	0,943 ± 0,005	0,062 ± 0,001
TO6-5	0,298 ± 0,002	0,069 ± 0,001
TO6-6	0,304 ± 0,002	0,223 ± 0,001
TO6-7	0,933 ± 0,005	0,084 ± 0,001
TO7-1	2,281 ± 0,011	0,320 ± 0,002
TO7-2	2,210 ± 0,011	0,338 ± 0,002
TO7-3	1,364 ± 0,007	0,221 ± 0,001
TO7-4	0,590 ± 0,003	0,026 ± 0,001
TO7-5	0,579 ± 0,003	0,062 ± 0,001
TO7-6	0,989 ± 0,005	0,164 ± 0,001
TO7-7	1,398 ± 0,007	0,211 ± 0,001

Tablo 4.7. *TO8-TO15 kodlu ocaklarda ölçülen ikincil oksit değerleri*

Ocak kodu	Derişim (%)	
	TiO_2	P_2O_5
TO8-1	2,246 ± 0,011	0,516 ± 0,003
TO8-2	1,922 ± 0,010	0,545 ± 0,003
TO8-3	2,229 ± 0,011	0,471 ± 0,002
TO8-4	0,585 ± 0,003	0,075 ± 0,001
TO9-1	0,653 ± 0,003	0,081 ± 0,001
TO9-2	1,404 ± 0,007	0,157 ± 0,001
TO10-1	0,144 ± 0,001	0,043 ± 0,001
TO10-2	0,190 ± 0,001	0,039 ± 0,001
TO10-3	0,169 ± 0,001	0,050 ± 0,001
TO10-4	0,158 ± 0,001	0,058 ± 0,001
TO11-1	0,323 ± 0,002	0,073 ± 0,010
TO11-2	0,315 ± 0,002	0,085 ± 0,001
TO11-3	0,324 ± 0,002	0,107 ± 0,001
TO11-4	0,392 ± 0,002	0,053 ± 0,001
TO11-5	0,281 ± 0,001	0,053 ± 0,001
TO12-1	0,523 ± 0,003	0,104 ± 0,001
TO12-2	0,549 ± 0,003	0,039 ± 0,001
TO12-3	0,907 ± 0,005	0,294 ± 0,001
TO12-4	0,534 ± 0,003	0,105 ± 0,001
TO12-5	0,544 ± 0,003	0,113 ± 0,001
TO12-6	1,003 ± 0,005	0,332 ± 0,002
TO13-1	0,094 ± 0,001	0,009 ± 0,001
TO13-2	0,101 ± 0,001	0,131 ± 0,001
TO13-3	0,118 ± 0,001	0,020 ± 0,001
TO13-4	0,154 ± 0,001	0,038 ± 0,002
TO13-5	0,141 ± 0,001	0,036 ± 0,002
TO13-6	0,102 ± 0,001	0,029 ± 0,002
TO14-1	0,249 ± 0,001	0,035 ± 0,003
TO14-2	0,190 ± 0,001	0,025 ± 0,002
TO15-1	3,215 ± 0,016	0,917 ± 0,005
TO15-2	3,596 ± 0,018	0,586 ± 0,003

Tablo 4.8. *Tüf ocaklarında ölçülen ikincil oksitlerin ortalama değerleri*

Ocak kodu	Ortalama derişim (%)	
	TiO_2	P_2O_5
TO1	1,15	0,29
TO2	0,70	0,21
TO3	0,32	0,06
TO4	0,67	0,19
TO5	0,73	0,27
TO6	1,42	0,18
TO7	1,34	0,19
TO8	1,75	0,40
TO9	1,03	0,12
TO10	0,17	0,05
TO11	0,33	0,07
TO12	0,68	0,17
TO13	0,12	0,04
TO14	0,22	0,03
TO15	3,41	0,75



Grafik 4.4. Ocaklara ait ortalama ikincil oksit derişimlerinin yer kabuğu ile karşılaştırılması

4.3. Eser Element Analiz Sonuçları ve Genel Değerlendirme

Tüf örneklerinde analiz edilen eser elementlere ilişkin tanımlayıcı istatistiki bilgi ve yer kabuğundaki ortalama bolluk oranları (Yaroshevsky, 2006), Tablo 4.9'da

verilmektedir. Tablo 4.9'dan da görülebileceği gibi analiz edilen tüf örneklerinin doğal olarak içerdiği eser elementler, ortalama derişim değerlerine göre SiO_2 > Al_2O_3 > Na_2O > Fe_2O_3 > CaO > MgO > TiO_2 > P_2O_5 ve Ba > Mn > Sr > La > Zr > Rb > Ce > Zn > V > Y > Th > Pb > Nb > Cu > Ni > Cr > Co > U > Sc olarak sıralanmaktadır. Tüf örneklerinde analiz edilen eser elementlerin genel değerlendirilmesi çevre kirletici elementler, radyoaktif elementler ve diğer elementler olmak üzere üç başlık altında değerlendirildi.

Tablo 4.9. *Tüf örneklerinin içerdiği eser elementlere ilişkin tanımlayıcı bilgi*

	Derişim (mg/kg)									
	Sc	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr
Ortalama	4,3	42,1	11,2	569,8	11,1	11,2	16,7	50,3	141,1	401,2
SS	2,7	42,1	29,6	313,5	10,4	17,8	12,4	24,2	101,6	696,6
SH	0,5	5,0	4,2	37,5	1,2	2,1	1,7	2,9	12,1	83,3
Ortanca	3,6	29,2	2,9	593,5	8,0	5,0	13,3	48,0	134,5	179,0
En küçük	<1,7	2,1	<1,4	12,0	1,7	2,0	<1,5	14,0	8,0	19,0
En büyük	11,9	181,1	200,7	1427,0	54,9	115,7	63,5	128,2	497,0	3502,0
Basıklık	1,6	2,7	36,4	-0,1	7,4	19,4	3,9	1,1	3,6	8,8
Çarpıklık	1,4	1,7	5,8	0,5	2,5	4,1	1,9	1,1	1,8	3,0
Örnek sayısı	28	70	49	70	70	70	56	70	70	70
Yer kabuğu	10,0	90,0	83,0	1000,0	18,0	58,0	47,0	83,0	150,0	340,0

	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pb	Th	U
Ortalama	33,4	294,3	24,6	680,6	60,1	96,3	28,7	29,5	10,2
SS	14,6	130,6	19,8	271,4	73,7	103,6	33,5	25,0	11,1
SH	1,8	15,6	2,4	152,0	8,8	12,0	4,0	3,0	1,3
Ortanca	33,1	337,5	16,8	529,0	37,8	65,3	13,5	23,6	6,1
En küçük	10,0	92,0	7,9	31,0	6,3	33,9	2,5	2,1	2,0
En büyük	78,5	585,0	93,3	10269,0	323,6	516,9	116,8	111,9	47,2
Basıklık	1,6	-0,5	3,5	49,0	7,2	7,6	1,3	4,5	3,1
Çarpıklık	1,0	0,1	2,1	6,7	2,9	2,9	1,7	2,2	2,0
Örnek sayısı	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Yer kabuğu	29,0	170,0	20,0	650,0	29,0	70,0	16,0	13,0	2,5

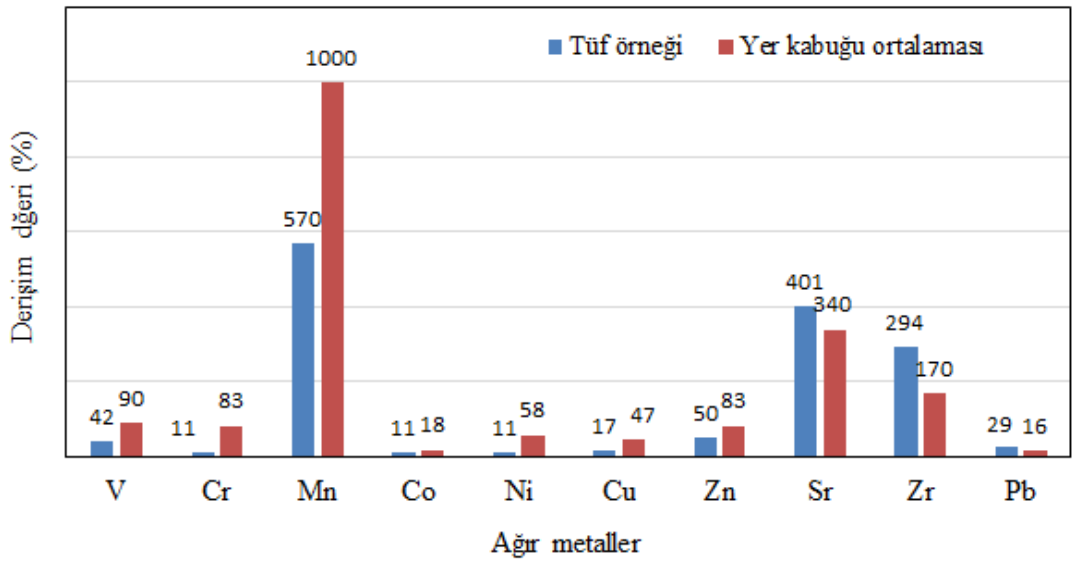
4.3.1. Çevre Kirletici Elementlerin Analiz Sonuçları ve Değerlendirme

Toprak, gıda ve su kaynaklarını kirleten elementler olarak zehirli (toksik) ağır metaller öne çıkmaktadır. Ağır metallerin atom ağırlıkları büyüktür ve yoğunlukları, suyun yoğunluğundan en az 5 kat daha yüksektir. Ağır metaller derişimleri bölgeden bölgeye değişecek şekilde doğal olarak yer kabuğunda bulunmalarına rağmen çevre ve insan sağılığı üzerinde potansiyel olumsuz etkilere yol açabilecek şekilde geniş ölçüde dağılmalarının sebebi, sanayi, tarım, tıp ve maden gibi insani teknolojik uygulamalardır (Tchounwou vd., 2012). Çevre kirliliği, metal korozyonu, atmosferik tortu, metal iyonların toprak erozyonu, ağır metallerin özütlenmesi, sedimente tutulma ve su kaynaklarından toprağa metal buharlaşması ile meydana gelebilmektedir (Tchounwou vd., 2012). Bunların yanında aşınma ve volkanik patlamalar gibi doğal olaylar da ağır metal kirlenmesine katkı verebilmektedir. Kobalt (Co), bakır (Cu), krom (Cr), demir (Fe), mangan (Mn), stronsiyum (Sr), nikel (Ni), çinko (Zn), arsenik (As), cıva (Hg), vanadyum (V), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) zehirli ağır metaller olarak bilinmektedir. Zehirlilik derecesine göre As, Cd, Cr, Pb ve Hg yukarıda sözü edilen metaller arasında birincil önem sahiptir. Tablo 4.9'dan görülebileceği gibi analiz edilen volkanik tüf örneklerinde arsenik ve cıva gözlenmedi. Tüf örneklerinde, çevre kirletici ağır metal olarak V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Zr ve Pb analiz edildi.

Tüf örneklerinde analiz edilen ağır metal elementlerin ortalama derişim değerleri ile yer kabuğundaki bolluk değerlerinin karşılaştırılması Grafik 4.5'te gösterilmektedir. TO1-TO7 kodlu tüf ocaklarında ölçülen ağır metal elementlerin derişim değerleri, Tablo 4.10'da, TO8-TO15 kodlu tüf ocaklarında ölçülen ağır metal elementlerin derişim değerleri, Tablo 4.11'de ve tüf ocaklarında ölçülen ağır metal elementlerin ortalama derişim değerleri ise Tablo 4.12'de verilmektedir.

Vanadyum (V) ve vanadyum bileşenleri, yer kabuğunda ve kayaçlarda bazı demir cevherlerinde ve ham petrol yataklarında bulunabilir (TSP, 2017). Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'dan, bütün tüf ocaklarında analiz edilen V'nin ortalama derişimi 42,1 mg/kg olmak üzere düşük V derişimin 2,1 mg/kg olarak TO13 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 181,1 mg/kg olarak TO6 kodlu ocakta ölçüldüğü

anlaşılmaktadır. V'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden 2 kat daha küçüktür. Tablo 4.12 ve Grafik 4.5'ten görülebileceği gibi sadece bir ocak (TO15 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama V derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.



Grafik 4.5. Ağır metal derişimlerinin yer kabuğu ile karşılaştırılması

Krom (Cr) yer kabuğunda doğal olarak oksitlenme durumunda ve Cr (II) - Cr (VI) aralığında bulunmaktadır. Metalürji, refrakter ve kimyasal sanayiden salınan Cr, hava, su ve toprak gibi farklı çevresel matrislere girebilmektedir (Tchounwou vd., 2012). Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'dan, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Cr'nin ortalama derişimi 11,2 mg/kg olmak üzere V derişiminin < 1,4 ila 200,7 mg/kg (TO8) aralığında değiştiği anlaşılmaktadır. Cr'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden yaklaşık 7 kat daha küçüktür. Tablo 4.12 ve Grafik 4.5'den görülebileceği gibi bütün ocaklarda ölçülen ortalama Cr derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Manganez (Mn), doğal olarak birçok kayaçta bulunabilen bir metaldir (TSP, 2017). Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'dan, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Mn'nin ortalama derişimi 593,5 mg/kg olmak üzere 12 mg/kg (TO10 kodlu ocakta) ila 1427,0 (TO13 kodlu ocakta) aralığında ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Mn'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden yaklaşık 2 kat daha küçüktür. Tablo 4.12 ve

Grafik 4.5’den görülebileceği gibi sadece bir ocak (TO15 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Mn derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Tablo 4.10. *Tüf ocaklarında ölçülen V, Cr, Mn, Co ve Ni derişimi*

Ocak kodu	Derişim (mg/kg)									
	V		Cr		Mn		Co		Ni	
TO1-1	15,19	± 0,15	<DS		98,00	± 1,00	6,35	± 0,06	2,26	± 0,02
TO1-2	43,92	± 0,44	2,73	± 0,10	591,00	± 6,00	5,88	± 0,06	3,71	± 0,04
TO1-3	118,45	± 0,59	4,03	± 0,04	800,00	± 4,00	19,68	± 0,20	8,46	± 0,08
TO1-4	155,75	± 1,56	35,00	± 0,35	1329,00	± 13,00	54,43	± 0,54	27,40	± 0,27
TO1-5	35,63	± 0,60	2,32	± 0,02	633,00	± 6,00	12,73	± 0,13	6,36	± 0,06
TO1-6	25,47	± 0,13	<DS		229,00	± 1,00	5,23	± 0,05	4,46	± 0,04
TO2-1	19,24	± 0,19	2,72	± 0,02	186,00	± 2,00	10,05	± 0,10	5,04	± 0,05
TO2-2	45,01	± 0,45	2,23	± 0,01	599,00	± 6,00	6,79	± 0,07	6,78	± 0,07
TO2-3	45,20	± 0,45	2,45	± 0,02	631,00	± 6,00	10,70	± 0,11	3,88	± 0,04
TO2-4	35,75	± 0,60	1,96	± 0,02	737,00	± 7,00	10,22	± 0,10	6,64	± 0,07
TO3-1	9,78	± 0,05	2,33	± 0,01	274,00	± 1,00	9,55	± 0,10	4,05	± 0,04
TO3-2	10,62	± 0,11	2,53	± 0,02	229,00	± 2,00	8,05	± 0,08	4,96	± 0,05
TO3-3	9,91	± 0,05	2,14	± 0,02	359,00	± 2,00	9,20	± 0,09	4,56	± 0,05
TO4-1	20,27	± 0,10	<DS		243,00	± 1,00	8,80	± 0,09	2,53	± 0,03
TO4-2	43,15	± 0,43	2,94	± 0,01	600,00	± 6,00	6,25	± 0,06	2,56	± 0,03
TO4-3	46,01	± 0,46	2,47	± 0,01	425,00	± 4,00	6,14	± 0,06	3,26	± 0,03
TO4-4	30,34	± 0,30	3,00	± 0,02	457,00	± 5,00	9,08	± 0,09	6,88	± 0,07
TO4-5	54,86	± 0,55	2,38	± 0,01	695,00	± 7,00	9,81	± 0,10	7,49	± 0,07
TO4-6	44,65	± 0,45	3,09	± 0,03	671,00	± 7,00	11,55	± 0,12	2,63	± 0,03
TO5-1	31,35	± 0,31	<DS		200,00	± 2,00	10,97	± 0,11	4,47	± 0,04
TO5-2	122,18	± 1,22	14,20	± 0,14	803,00	± 8,00	15,64	± 0,16	31,18	± 0,31
TO5-3	46,53	± 0,47	2,60	± 0,03	601,00	± 6,00	8,57	± 0,09	4,20	± 0,04
TO5-4	30,71	± 0,31	2,78	± 0,02	117,00	± 1,00	9,57	± 0,10	2,03	± 0,02

Tablo 4.10'un devamı

TO5-5	14,62	±	0,15	2,16	±	0,02	363,00	±	4,00	10,24	±	0,10	4,50	±	0,05
TO5-6	36,11	±	0,36	2,09	±	0,02	603,00	±	6,00	6,93	±	0,07	4,27	±	0,04
TO6-1	181,13	±	1,81	3,44	±	0,03	930,00	±	9,00	26,50	±	0,27	10,03	±	0,10
TO6-2	179,60	±	1,80	6,57	±	0,07	929,00	±	9,00	23,82	±	0,24	12,27	±	0,12
TO6-3	110,53	±	0,55	27,24	±	0,27	1010,00	±	5,00	25,88	±	0,26	21,32	±	0,21
TO6-4	39,43	±	0,39	2,00	±	0,02	663,00	±	7,00	6,28	±	0,06	5,14	±	0,05
TO6-5	8,80	±	0,09	2,00	±	0,02	307,00	±	3,00	8,88	±	0,09	7,26	±	0,07
TO6-6	9,37	±	0,09	2,36	±	0,02	302,00	±	3,00	13,35	±	0,13	7,57	±	0,08
TO6-7	44,57	±	0,45	2,52	±	0,02	619,00	±	6,00	7,99	±	0,08	4,47	±	0,04
TO7-1	58,74	±	0,59	13,94	±	0,14	841,00	±	4,00	54,87	±	0,55	13,00	±	0,13
TO7-2	59,91	±	0,60	5,64	±	0,06	813,00	±	4,00	16,71	±	0,17	10,81	±	0,11
TO7-3	22,09	±	0,22	<DS[a]			583,00	±	3,00	6,37	±	0,06	4,86	±	0,05
TO7-4	6,63	±	0,07	<DS			343,00	±	2,00	3,35	±	0,03	3,49	±	0,03
TO7-5	3,36	±	0,03	<DS			407,00	±	2,00	1,72	±	0,02	8,03	±	0,08
TO7-6	14,35	±	0,14	<DS			390,00	±	2,00	5,27	±	0,05	4,57	±	0,05
TO7-7	27,53	±	0,28	<DS			626,00	±	3,00	7,24	±	0,07	3,00	±	0,03
TO8-1	87,16	±	0,87	47,68	±	0,48	892,00	±	4,00	27,60	±	0,28	66,23	±	0,66
TO8-2	87,14	±	0,87	49,83	±	0,50	902,00	±	5,00	27,09	±	0,27	73,24	±	0,73
TO8-3	115,24	±	1,15	200,65	±	2,01	960,00	±	5,00	31,23	±	0,31	115,67	±	1,16
TO8-4	5,11	±	0,05	<DS			363,00	±	2,00	3,23	±	0,03	7,21	±	0,07
TO9-1	4,51	±	0,05	<DS			231,00	±	1,00	4,39	±	0,04	3,60	±	0,04
TO9-2	25,22	±	0,25	<DS			627,00	±	3,00	7,09	±	0,07	3,60	±	0,04
TO10-1	13,83	±	0,14	2,08	±	0,01	27,00	±	0,30	6,02	±	0,06	2,52	±	0,02
TO10-2	16,57	±	0,17	2,61	±	0,02	12,00	±	0,20	10,36	±	0,10	2,63	±	0,01
TO10-3	13,65	±	0,14	2,93	±	0,02	313,00	±	3,00	6,50	±	0,07	2,98	±	0,02

Tablo 4.10'un devamı

TO10-4	17,51	±	0,09	2,58	±	0,02	232,00	±	1,00	7,19	±	0,07	2,01	±	0,02
TO11-1	56,45	±	0,28	2,10	±	0,02	467,00	±	2,00	5,54	±	0,06	3,04	±	0,03
TO11-2	53,05	±	0,53	<DS			514,00	±	5,00	6,09	±	0,06	2,91	±	0,01
TO11-3	14,36	±	0,14	<DS			343,00	±	3,00	11,96	±	0,12	6,00	±	0,06
TO11-4	54,87	±	0,55	6,79	±	0,07	450,00	±	5,00	6,41	±	0,06	4,10	±	0,04
TO11-5	28,14	±	0,28	2,55	±	0,03	259,00	±	3,00	9,33	±	0,09	2,98	±	0,01
TO12-1	26,14	±	0,26	9,87	±	0,10	749,00	±	4,00	4,19	±	0,04	10,92	±	0,11
TO12-2	25,53	±	0,26	6,85	±	0,07	911,00	±	5,00	4,90	±	0,05	11,24	±	0,11
TO12-3	48,60	±	0,49	13,14	±	0,13	669,00	±	3,00	8,86	±	0,09	31,80	±	0,32
TO12-4	32,19	±	0,20	5,48	±	0,05	802,00	±	4,00	4,52	±	0,05	11,80	±	0,12
TO12-5	25,54	±	0,26	3,99	±	0,04	718,00	±	4,00	3,53	±	0,04	11,49	±	0,11
TO12-6	55,19	±	0,55	10,49	±	0,10	938,00	±	5,00	12,55	±	0,13	25,04	±	0,25
TO13-1	2,93	±	0,02	<DS			1427,00	±	7,00	2,54	±	0,02	5,31	±	0,05
TO13-2	15,88	±	0,16	<DS			1005,00	±	5,00	2,85	±	0,01	5,83	±	0,06
TO13-3	2,92	±	0,01	<DS			289,00	±	1,00	2,31	±	0,02	5,73	±	0,06
TO13-4	2,98	±	0,03	<DS			271,00	±	1,00	2,22	±	0,02	4,85	±	0,05
TO13-5	2,07	±	0,02	<DS			290,00	±	1,00	2,83	±	0,02	4,24	±	0,04
TO13-6	2,41	±	0,02	<DS			367,00	±	2,00	2,66	±	0,02	3,70	±	0,04
TO14-1	3,02	±	0,03	<DS			579,00	±	3,00	2,34	±	0,02	4,83	±	0,05
TO14-2	16,91	±	0,17	6,89			596,00	±	3,00	2,74	±	0,02	27,17	±	0,27
TO15-1	101,58	±	1,02	3,67	±	0,04	1208,00	±	6,00	25,27	±	0,25	20,89	±	0,21
TO15-2	133,87	±	1,34	3,40	±	0,03	1237,00	±	6,00	28,60	±	0,29	17,25	±	0,17

[a]DS: Dedeksiyon sınır, Cr için 1,4 mg/kg

Tablo 4.11. *Tüf ocaklarında ölçülen Cu, Zn, Sr, Zr ve Pb derişimi*

Ocak kodu	Derişim (mg/kg)									
	Cu		Zn		Sr		Zr		Pb	
TO1-1	2,84	± 0,02	29,03	± 0,29	65,00	± 1,00	339,00	± 2,00	15,41	± 0,15
TO1-2	14,60	± 0,15	57,91	± 0,58	208,00	± 2,00	386,00	± 2,00	14,41	± 0,14
TO1-3	26,91	± 0,27	61,77	± 0,62	337,00	± 3,00	253,00	± 3,00	6,53	± 0,07
TO1-4	32,21	± 0,32	63,33	± 0,63	497,00	± 5,00	211,00	± 1,00	10,23	± 0,16
TO1-5	26,09	± 0,26	48,26	± 0,48	222,00	± 2,00	357,00	± 2,00	14,55	± 0,15
TO1-6	45,97	± 0,46	36,64	± 0,37	90,00	± 1,00	391,00	± 4,00	15,35	± 0,15
TO2-1	9,51	± 0,10	27,44	± 0,27	79,00	± 1,00	365,00	± 2,00	14,45	± 0,14
TO2-2	14,57	± 0,15	51,11	± 0,51	223,00	± 2,00	389,00	± 2,00	12,17	± 0,12
TO2-3	13,12	± 0,13	53,38	± 0,53	273,00	± 3,00	342,00	± 2,00	12,12	± 0,12
TO2-4	20,66	± 0,21	50,39	± 0,50	316,00	± 3,00	303,00	± 2,00	13,10	± 0,13
TO3-1	6,06	± 0,06	29,79	± 0,30	64,00	± 1,00	348,00	± 3,00	12,35	± 0,12
TO3-2	6,35	± 0,06	29,27	± 0,29	70,00	± 1,00	343,00	± 2,00	12,60	± 0,13
TO3-3	8,28	± 0,08	38,91	± 0,39	71,00	± 1,00	350,00	± 4,00	15,86	± 0,16
TO4-1	7,10	± 0,07	29,68	± 0,30	68,00	± 1,00	370,00	± 4,00	14,00	± 0,14
TO4-2	10,02	± 0,10	55,29	± 0,55	239,00	± 2,00	360,00	± 2,00	12,89	± 0,13
TO4-3	10,76	± 0,11	52,83	± 0,53	79,00	± 1,00	161,00	± 1,00	17,17	± 0,17
TO4-4	23,64	± 0,24	45,08	± 0,45	185,00	± 2,00	382,00	± 2,00	12,63	± 0,13
TO4-5	13,46	± 0,13	56,33	± 0,56	306,00	± 3,00	316,00	± 2,00	11,61	± 0,12
TO4-6	11,22	± 0,11	57,34	± 0,57	270,00	± 3,00	335,00	± 2,00	11,65	± 0,12
TO5-1	7,09	± 0,07	29,29	± 0,29	97,00	± 1,00	366,00	± 2,00	14,07	± 0,14
TO5-2	53,76	± 0,54	62,19	± 0,62	329,00	± 3,00	262,00	± 1,00	8,31	± 0,08
TO5-3	12,79	± 0,13	53,17	± 0,53	234,00	± 2,00	361,00	± 2,00	14,13	± 0,14
TO5-4	7,48	± 0,07	19,53	± 0,20	133,00	± 1,00	416,00	± 2,00	14,82	± 0,15

Tablo 4.11'in devamı

TO5-5	10,56	±	0,11	35,67	±	0,36	110,00	±	1,00	380,00	±	2,00	13,24	±	0,13
TO5-6	12,87	±	0,13	44,96	±	0,45	230,00	±	2,00	378,00	±	2,00	10,84	±	0,11
TO6-1	36,79	±	0,37	93,85	±	0,94	345,00	±	3,00	213,00	±	1,00	7,35	±	0,07
TO6-2	63,53	±	0,64	81,51	±	0,82	351,00	±	4,00	216,00	±	1,00	8,70	±	0,09
TO6-3	34,65	±	0,35	65,68	±	0,66	315,00	±	3,00	237,00	±	2,00	8,04	±	0,08
TO6-4	14,45	±	0,14	52,68	±	0,53	232,00	±	2,00	382,00	±	2,00	12,73	±	0,13
TO6-5	7,91	±	0,08	35,22	±	0,35	82,00	±	1,00	355,00	±	2,00	13,45	±	0,13
TO6-6	7,58	±	0,08	30,95	±	0,31	90,00	±	1,00	370,00	±	2,00	13,07	±	0,13
TO6-7	14,90	±	0,15	56,03	±	0,56	260,00	±	3,00	356,00	±	2,00	13,52	±	0,14
TO7-1	12,19	±	0,12	60,25	±	0,60	327,00	±	3,00	239,00	±	2,00	7,57	±	0,08
TO7-2	14,34	±	0,14	56,32	±	0,56	327,00	±	3,00	260,00	±	3,00	9,51	±	0,10
TO7-3	<DS[a]			46,78	±	0,47	232,00	±	2,00	358,00	±	4,00	12,31	±	0,12
TO7-4	<DS			18,46	±	0,18	68,00	±	1,00	324,00	±	3,00	12,72	±	0,13
TO7-5	<DS			26,84	±	0,27	88,00	±	1,00	373,00	±	4,00	13,23	±	0,13
TO7-6	5,48	±	0,05	40,02	±	0,40	173,00	±	2,00	384,00	±	4,00	14,36	±	0,14
TO7-7	<DS			49,33	±	0,49	245,00	±	2,00	336,00	±	3,00	12,66	±	0,13
TO8-1	21,08	±	0,21	74,53	±	0,75	462,00	±	5,00	173,00	±	2,00	8,42	±	0,08
TO8-2	20,08	±	0,20	64,12	±	0,64	460,00	±	5,00	162,00	±	2,00	10,21	±	0,10
TO8-3	18,08	±	0,18	76,98	±	0,77	426,00	±	4,00	174,00	±	2,00	10,65	±	0,11
TO8-4	17,40	±	0,01	26,72	±	0,27	119,00	±	1,00	368,00	±	4,00	13,35	±	0,13
TO9-1	<DS			40,67	±	0,41	77,00	±	1,00	375,00	±	4,00	14,28	±	0,14
TO9-2	<DS			47,80	±	0,48	214,00	±	2,00	363,00	±	4,00	14,35	±	0,14
TO10-1	4,62	±	0,05	14,03	±	0,14	48,00	±	1,00	102,00	±	1,00	9,99	±	0,10
TO10-2	4,75	±	0,05	15,48	±	0,15	127,00	±	1,00	121,00	±	1,00	9,35	±	0,09
TO10-3	15,18	±	0,15	24,50	±	0,24	43,00	±	1,00	111,00	±	1,00	27,59	±	0,28
TO10-4	4,72	±	0,05	23,42	±	0,23	50,00	±	1,00	107,00	±	1,00	19,12	±	0,19

Tablo 4.11'in devamı

TO11-1	9,24	±	0,09	58,50	±	0,59	87,00	±	1,00	176,00	±	2,00	17,26	±	0,17
TO11-2	11,95	±	0,12	61,12	±	0,61	91,00	±	1,00	162,00	±	1,00	16,88	±	0,17
TO11-3	14,74	±	0,15	31,58	±	0,32	112,00	±	1,00	371,00	±	2,00	13,45	±	0,13
TO11-4	13,99	±	0,14	58,08	±	0,58	165,00	±	2,00	160,00	±	1,00	23,74	±	0,24
TO11-5	10,57	±	0,11	26,39	±	0,26	79,00	±	1,00	129,00	±	1,00	12,75	±	0,13
TO12-1	7,68	±	0,08	100,39	±	1,00	1655,00	±	17,00	548,00	±	5,00	93,91	±	0,94
TO12-2	22,41	±	0,22	108,97	±	1,09	3502,00	±	35,00	585,00	±	6,00	96,93	±	0,97
TO12-3	14,15	±	0,14	101,87	±	1,02	2776,00	±	28,00	507,00	±	5,00	104,07	±	1,04
TO12-4	8,53	±	0,09	94,84	±	0,95	2562,00	±	26,00	572,00	±	6,00	90,93	±	0,91
TO12-5	6,84	±	0,07	106,81	±	1,07	1550,00	±	15,00	551,00	±	6,00	95,48	±	0,95
TO12-6	34,64	±	0,35	128,15	±	1,28	2668,00	±	27,00	565,00	±	6,00	116,76	±	1,17
TO13-1	<DS			34,62	±	0,35	40,00	±	0,03	95,00	±	1,00	94,33	±	0,94
TO13-2	<DS			33,68	±	0,34	23,00	±	0,01	93,00	±	1,00	112,73	±	1,13
TO13-3	<DS			41,56	±	0,42	19,00	±	0,01	108,00	±	1,00	116,54	±	1,17
TO13-4	<DS			23,74	±	0,24	51,00	±	1,00	120,00	±	1,00	76,78	±	0,77
TO13-5	<DS			27,61	±	0,28	32,00	±	0,02	104,00	±	1,00	107,79	±	1,08
TO13-6	<DS			39,99	±	0,40	33,00	±	0,02	96,00	±	1,00	80,64	±	0,81
TO14-1	<DS			33,67	±	0,34	117,00	±	1,00	143,00	±	1,00	53,21	±	0,53
TO14-2	<DS			36,92	±	0,37	78,00	±	1,00	92,00	±	1,00	55,62	±	0,56
TO15-1	20,97	±	0,21	65,16	±	0,65	1250,00	±	13,00	252,00	±	3,00	2,50	±	0,01
TO15-2	32,21	±	0,32	67,25	±	0,67	1237,00	±	12,00	248,00	±	2,00	5,08	±	0,05

[a]DS: Dedeksiyon sınır, Cu için 1,5 mg/kg

Tablo 4.12. *Tüf ocaklarında ölçülen ortalama ağır metal derişimi*

Ocak kodu	Ortalama derişim (mg/kg)									
	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Sr	Zr	Pb
TO1	65,74	7,68	613,33	17,38	8,78	24,60	49,49	236,50	322,83	11,04
TO2	36,30	2,34	538,25	9,44	5,59	14,47	45,58	222,75	349,75	12,96
TO3	10,10	2,33	287,33	8,93	4,52	6,90	32,66	68,33	347,00	13,60
TO4	39,88	2,65	515,17	8,61	4,23	12,70	49,43	191,17	320,67	13,33
TO5	46,92	4,31	447,83	10,32	8,42	17,43	40,80	188,83	360,50	12,57
TO6	81,92	6,59	680,00	16,10	9,72	25,69	59,42	239,29	304,14	10,98
TO7	27,52	4,23	571,86	13,65	6,82	5,54	42,57	208,57	324,86	11,77
TO8	73,66	75,04	779,25	22,29	65,59	15,24	60,59	366,75	219,25	10,66
TO9	14,87	2,00	429,00	5,74	3,60	1,70	44,24	145,50	369,00	14,32
TO10	15,39	2,55	146,00	7,52	2,16	7,32	19,36	67,00	110,25	16,51
TO11	41,37	3,09	406,60	7,87	3,41	12,10	47,13	106,80	199,60	16,82
TO12	35,53	8,30	797,83	6,43	17,05	15,71	106,84	2452,17	554,67	99,68
TO13	4,70	2,00	608,17	2,57	4,94	1,70	33,53	33,00	102,67	98,14
TO14	9,97	4,45	587,50	2,54	16,00	1,70	35,30	97,50	117,50	54,42
TO15	117,73	3,54	1222,50	26,94	19,07	26,59	66,21	1243,50	250,00	3,79

Kobalt (Co), doğal olarak kayaçta, toprakta ve bitkilerde bulunabilen bir metaldir (TSP, 2017). Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'dan, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Co'nun ortalama derişimi 11,2 mg/kg olmak üzere en düşük 1,72 mg/kg ve en yüksek 54,9 mg/kg derişiminin TO7 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Co'nun ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden yaklaşık 1,6 kat daha küçüktür. Tablo 4.12 ve Grafik 4.5'den görülebileceği gibi üç ocak (TO1, TO8 ve TO15 kodlu ocaklar) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Co derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Nikel (Ni), doğal olarak bütün toprak çeşitlerinde ve volkanlardan yayılan lavlarda çok bulunan elementtir (TSP, 2017). Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'dan, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Ni'nin ortalama derişimi 11,2 mg/kg olmak üzere düşük Ni derişimin 2,0 mg/kg olarak TO10 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 115,7 mg/kg olarak TO8 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Ni'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden yaklaşık 5 kat daha küçüktür. Tablo 4.12 ve Grafik 4.5'den görülebileceği gibi sadece bir ocak (TO8 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Ni derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Bakır (Cu), doğal olarak kayaç, toprak, su ve havada bulunabilen bir metaldir. Tablo 4.9 ve Tablo 4.11'den, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Cu'nun ortalama derişimi 16,7 mg/kg olmak üzere Cu derişiminin < 1,5 ila 63,5 mg/kg (TO6) aralığında değiştiği anlaşılmaktadır. Cu'nun ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden yaklaşık 3 kat daha küçüktür. Tablo 4.12 ve Grafik 4.5'den görülebileceği gibi bütün ocaklarda ölçülen ortalama Cu derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Çinko (Zn), doğal olarak yer kabuğunda yaygın bir şekilde bir metaldir (TSP, 2017). Tablo 4.9 ve Tablo 4.11'den, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Zn'nin ortalama derişimi 50,3 mg/kg olmak üzere en düşük 14,0 mg/kg olarak TO10 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 128,2 mg/kg olarak TO12 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Zn'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden yaklaşık 1,7 kat daha küçüktür. Tablo 4.12 ve Grafik 4.5'den görülebileceği gibi bir ocak (TO12 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Zn derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Stronsiyum (Sr), doğal olarak toprak, kayaç, kömür, petrol ve tozda bulunabilen bir elementtir (TSP, 2017). Tablo 4.9 ve Tablo 4.11'den, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Sr'nin ortalama derişimi 401,2 mg/kg olmak üzere düşük Sr derişimin 19,0 mg/kg olarak TO13 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 3502,0 mg/kg olarak TO12 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Sr'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden 1,2 kat daha büyüktür. Tablo 4.12 ve Grafik 4.5'den görülebileceği gibi üç ocak (TO8, TO12 ve TO15 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Sr derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Zirkonyum (Zr), yer kabuğunda doğal olarak bir elementtir. Tablo 4.9 ve Tablo 4.11'den, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Zr'nin ortalama derişimi 294,3 mg/kg olmak üzere düşük Zr derişimin 92,0 mg/kg olarak TO14 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 585,0 mg/kg olarak TO12 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Zr'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden 1,7 kat daha büyüktür. Tablo 4.12 ve Grafik 4.5'den görülebileceği gibi üç ocak (TO10, TO13 ve

TO14 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Zr derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha büyüktür.

Kurşun (Pb), doğal olarak yer kabuğunda ve dolayısıyla çevresel örneklerin tamamında düşük miktarlarda bulunabilen bir elementtir (TSP, 2017). Tablo 4.9 ve Tablo 4.11'den, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Pb'nin ortalama derişimi 28,7 mg/kg olmak üzere düşük Pb derişimin 2,5 mg/kg olarak TO15 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 116,5 mg/kg olarak TO12 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Pb'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden 1,8 kat daha büyüktür. Tablo 4.12 ve Grafik 4.5'den görülebileceği gibi beş ocak (TO10, TO11, TO12, TO13 ve TO14 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Pb derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

4.3.2. Radyoaktif Elementlerin Analiz Sonuçları ve Değerlendirme

TO1-TO7 kodlu tüf ocaklarında ölçülen radyoaktif elementlerin derişim değerleri, Tablo 4.13'de ve TO8-TO15 kodlu tüf ocaklarında ölçülen radyoaktif elementlerin derişim değerleri, Tablo 4.14'de verilmektedir. Tüf ocaklarında analiz edilen radyoaktif elementlerin ortalama derişim değerleri ile yer kabuğundaki bolluk değerlerinin karşılaştırılması Grafik 4.6'da gösterilmektedir.

Toryum (^{232}Th), yer kabuğunda bulunan doğal radyoaktif toryum serisinin ana elementidir. Alfa bozunumu yapan ^{232}Th'nin yarılanma süresi 1,4 x 10^{10} yıldır. Kurşunun kararlı izotopuna (^{208}Pb'e) kadar radyoaktif bozunuma uğrayan bu doğal radyoaktif seride radyoaktif izotoplar (radyum, aktinyum, radon, polonyum, kurşun, bizmut ve talyum) oluşmaktadır. Bu radyoaktif izotoplardan yayınlanana alfa, beta ve gama-ışını gibi iyonlaştırıcı radyasyon bireylerin iç ve dış ışınlanmasına sebep olmaktadır. Tablo 4.9, Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'den, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Th'nin ortalama derişimi 29.5 mg/kg olmak üzere düşük Th derişimin 2,1 mg/kg olarak TO1 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 111,9 mg/kg olarak TO12

Tablo 4.13. *TO1-TO7 kodlu ocaklarda ölçülen radyoaktif element değerleri*

Ocak kodu	Derişim (mg/kg)	
	Th	U
TO1-1	30,01 ± 0,30	7,05 ± 0,07
TO1-2	17,15 ± 0,17	4,56 ± 0,05
TO1-3	13,34 ± 0,13	2,68 ± 0,03
TO1-4	2,07 ± 0,02	2,01 ± 0,00
TO1-5	20,61 ± 0,21	3,98 ± 0,04
TO1-6	28,51 ± 0,29	6,97 ± 0,07
TO2-1	29,98 ± 3,00	9,98 ± 0,10
TO2-2	17,76 ± 0,18	4,94 ± 0,05
TO2-3	15,69 ± 0,16	4,59 ± 0,05
TO2-4	17,31 ± 0,17	3,99 ± 0,04
TO3-1	29,48 ± 0,29	7,29 ± 0,07
TO3-2	29,21 ± 0,29	6,61 ± 0,07
TO3-3	29,53 ± 0,30	7,69 ± 0,08
TO4-1	30,43 ± 0,30	6,46 ± 0,06
TO4-2	16,69 ± 0,17	3,92 ± 0,04
TO4-3	23,40 ± 0,23	1,92 ± 0,02
TO4-4	20,67 ± 0,21	5,60 ± 0,06
TO4-5	15,76 ± 0,16	4,02 ± 0,04
TO4-6	15,07 ± 0,15	3,96 ± 0,04
TO5-1	27,43 ± 0,27	6,14 ± 0,06
TO5-2	12,96 ± 0,13	4,24 ± 0,04
TO5-3	16,87 ± 0,17	5,00 ± 0,05
TO5-4	27,42 ± 0,27	7,53 ± 0,08
TO5-5	27,44 ± 0,27	6,55 ± 0,07
TO5-6	17,19 ± 0,17	4,76 ± 0,05
TO6-1	10,72 ± 0,11	3,28 ± 0,03
TO6-2	10,61 ± 0,11	2,57 ± 0,03
TO6-3	13,71 ± 0,14	1,59 ± 0,02
TO6-4	17,93 ± 0,18	4,40 ± 0,04
TO6-5	28,74 ± 0,29	7,12 ± 0,07
TO6-6	28,67 ± 0,29	7,21 ± 0,07
TO6-7	16,81 ± 0,17	4,99 ± 0,05
TO7-1	11,77 ± 0,12	4,82 ± 0,05
TO7-2	12,23 ± 0,12	4,48 ± 0,04
TO7-3	16,41 ± 0,16	5,32 ± 0,05
TO7-4	26,19 ± 0,26	7,01 ± 0,07
TO7-5	28,14 ± 0,28	8,23 ± 0,08
TO7-6	20,95 ± 0,21	6,66 ± 0,07
TO7-7	15,03 ± 0,15	6,15 ± 0,06

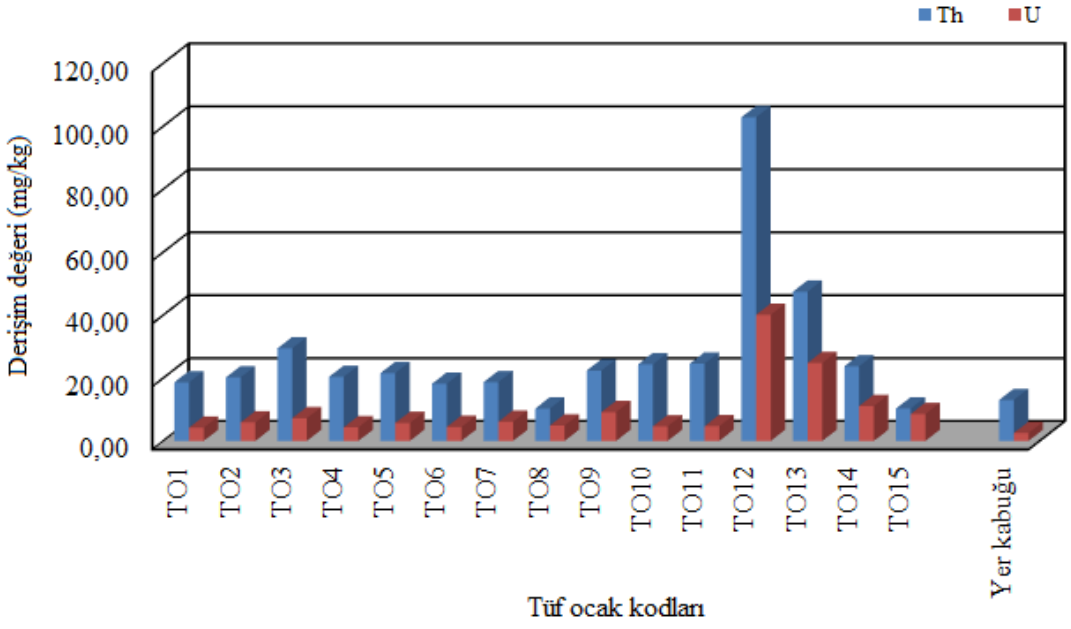
Tablo 4.14. *TO8-TO15 kodlu ocaklarda ölçülen radyoaktif element değerleri*

Ocak kodu	Derişim (mg/kg)	
	Th	U
TO8-1	4,81 ± 0,05	3,44 ± 0,03
TO8-2	4,99 ± 0,05	4,02 ± 0,04
TO8-3	4,61 ± 0,05	3,62 ± 0,04
TO8-4	26,67 ± 0,27	8,50 ± 0,09
TO9-1	28,38 ± 0,28	12,39 ± 0,12
TO9-2	16,32 ± 0,16	5,90 ± 0,06
TO10-1	23,81 ± 0,24	4,19 ± 0,04
TO10-2	25,47 ± 0,25	5,24 ± 0,05
TO10-3	23,47 ± 0,23	5,45 ± 0,05
TO10-4	24,70 ± 0,25	3,70 ± 0,04
TO11-1	25,13 ± 0,25	3,72 ± 0,04
TO11-2	23,07 ± 0,23	2,63 ± 0,03
TO11-3	27,07 ± 0,27	6,10 ± 0,06
TO11-4	23,41 ± 0,23	3,33 ± 0,03
TO11-5	23,98 ± 0,24	7,54 ± 0,08
TO12-1	108,11 ± 1,08	39,25 ± 0,39
TO12-2	104,94 ± 1,05	47,22 ± 0,47
TO12-3	87,87 ± 0,88	35,02 ± 0,35
TO12-4	106,63 ± 1,07	43,17 ± 0,43
TO12-5	111,85 ± 1,12	38,96 ± 0,39
TO12-6	97,54 ± 0,98	36,82 ± 0,37
TO13-1	40,85 ± 0,41	29,28 ± 0,29
TO13-2	44,29 ± 0,44	34,70 ± 0,35
TO13-3	45,99 ± 0,46	19,64 ± 0,20
TO13-4	55,41 ± 0,55	21,71 ± 0,22
TO13-5	56,32 ± 0,56	15,16 ± 0,15
TO13-6	41,62 ± 0,42	28,19 ± 0,28
TO14-1	24,83 ± 0,25	9,99 ± 0,10
TO14-2	22,64 ± 0,23	12,21 ± 0,12
TO15-1	9,60 ± 0,10	8,44 ± 0,08
TO15-2	10,97 ± 0,11	8,67 ± 0,09

kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Th'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden 2,3 kat daha büyüktür. Grafik 4.6'dan görülebileceği gibi iki ocak (TO8 ve TO15 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Th derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha büyüktür.

Uranyum (^{238}U), yer kabuğunda bulunan doğal radyoaktif uranyum serisinin ana elementidir. Aynı zamanda bu element, ^{238}U'in içinde izotopik bolluğu % 0,7 olan ve

doğal radyoaktif aktinyum serisinin ana elementi olan ^{235}U'i de içermektedir. Alfa bozunumu yapan ^{238}U'in yarılanma süresi 4,47 x 10^9 yıldır. Kurşunun kararlı izotopuna (^{206}Pb'e) kadar radyoaktif bozunuma uğrayan bu doğal radyoaktif seride radyoaktif izotoplar (toryum, protaktinyum, radyum, aktinyum, radon, polonyum, kurşun ve bizmut) oluşmaktadır. Bu radyoaktif izotoplardan yayınlanana alfa, beta ve gama-ışını gibi iyonlaştırıcı radyasyon bireylerin iç ve dış ışınlanmasına sebep olmaktadır. Tablo 4.9, Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'den, bütün tüf ocaklarında analiz edilen U'un ortalama derişimi 10,2 mg/kg olmak üzere düşük U derişimin 2,01 mg/kg olarak TO1 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 47,2 mg/kg olarak TO12 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. U'un ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden 4 kat daha büyüktür. Grafik 4.6'dan görülebileceği bütün ocaklarda ölçülen ortalama U derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha büyüktür.



Grafik 4.6. Radyoaktif element derişimlerinin yer kabuğu ile karşılaştırılması

4.3.3. Diğer Elementlerin Analiz Sonuçları ve Değerlendirme

Volkanik tüf örneklerinde analiz edilen skandiyum (Sc), itriyum (Y), lantanyum (La), seryum (Ce), baryum (Ba), rubidyum (Rb) ve niyobyum (Nb) elementlerinin derişimleri, Tablo 4.15'te ve bu elementlerin ortalama değerlerinin ocaklara göre dağılımı ise Tablo 4.16'da verilmektedir.

Sc, nadir toprak elementidir. Tablo 4.9 ve Tablo 4.15'ten, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Sc'nin ortalama derişimi 4,3 mg/kg olmak üzere Sc derişiminin < 1,7 ila 11,9 mg/kg (TO8) aralığında değiştiği anlaşılmaktadır. Sc'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden yaklaşık 2 kat daha küçüktür. Tablo 4.16'dan görülebileceği gibi bütün ocaklarda ölçülen ortalama Sc derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Y, nadir toprak elementidir. Tablo 4.9 ve Tablo 4.15'ten, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Y'nin ortalama derişimi 33,4 mg/kg olmak üzere düşük Zr derişimin 10,0 mg/kg olarak TO10 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 78,5 mg/kg olarak TO13 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Y'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden 1,2 kat daha büyüktür. Tablo 4.16'dan görülebileceği gibi beş ocak (TO8, TO10, TO11, TO14 ve TO15 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Y derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha büyüktür.

La, nadir toprak elementidir. Tablo 4.9 ve Tablo 4.15'ten, bütün tüf ocaklarında analiz edilen La'nın ortalama derişimi 60,1 mg/kg olmak üzere düşük La derişimin 6,3 mg/kg olarak TO1 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 323,6 mg/kg olarak TO12 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. La'nın ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden 2 kat daha büyüktür. Tablo 4.16'dan görülebileceği gibi bir ocak (TO13 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama La derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha büyüktür.

Ce, nadir toprak elementidir. Tablo 4.9 ve Tablo 4.15'ten, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Ce'nin ortalama derişimi 96,3 mg/kg olmak üzere düşük Ce derişimin 33,9 mg/kg olarak TO13 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 516,9 mg/kg olarak TO12 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Ce'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden 1,2 kat daha küçüktür. Tablo 4.16'dan görülebileceği gibi beş ocak (TO2, TO3, TO9, TO12 ve TO15 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama La derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Tablo 4.9 ve Tablo 4.15'ten, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Ba'nın ortalama derişimi 680,6 mg/kg olmak üzere düşük Ba derişimin 31,0 mg/kg olarak TO13

kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 10269,0 mg/kg olarak TO12 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Ba'nın ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden % 5 daha büyüktür. Tablo 4.16'dan görülebileceği gibi iki ocak (TO12 ve TO15 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Ba derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Tablo 4.9 ve Tablo 4.15'ten, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Rb'nin ortalama derişimi 141,1 mg/kg olmak üzere düşük Rb derişimin 8,0 mg/kg olarak TO1 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 497,0 mg/kg olarak TO13 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Rb'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden 21 kat daha büyüktür. Tablo 4.16'dan görülebileceği gibi dört ocak (TO12, TO13 ve TO14 ve TO15 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Rb derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Tablo 4.9 ve Tablo 4.15'ten, bütün tüf ocaklarında analiz edilen Nb'nin ortalama derişimi 24,6 mg/kg olmak üzere düşük Nb derişimin 7,9 mg/kg olarak TO1 kodlu ocakta ve en büyük derişimin ise 93,3 mg/kg olarak TO5 kodlu ocakta ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Nb'nin ortalama derişimi yer kabuğu ortalama bolluk değerinden 6 kat daha küçüktür. Tablo 4.16'dan görülebileceği gibi dört ocak (TO3, TO12, TO13 ve TO14 kodlu ocak) hariç bütün ocaklarda ölçülen ortalama Rb derişimi, yer kabuğu ortalamasından daha küçüktür.

Tablo 4.15. *Tüf ocaklarında ölçülen Sc, Y, La, Ce, Ba, Rb ve Nb derişimi*

Ocak kodu	Derişim (mg/kg)						
	Sc	Y	La	Ce	Ba	Rb	Nb
TO1-1	<DS[a]	34,55 ± 0,35	29,79 ± 0,30	61,73 ± 0,62	522 ± 5	157,0 ± 2,0	19,88 ± 0,20
TO1-2	<DS	35,09 ± 0,35	33,39 ± 0,33	68,01 ± 0,68	553 ± 6	99,0 ± 1,0	16,75 ± 0,17
TO1-3	<DS	27,81 ± 0,28	28,18 ± 0,28	66,80 ± 0,67	487 ± 5	43,0 ± 1,0	13,17 ± 0,13
TO1-4	<DS	32,45 ± 0,32	6,26 ± 0,06	45,19 ± 0,45	95 ± 1	8,0 ± 1,0	7,91 ± 0,08
TO1-5	<DS	31,48 ± 0,31	45,33 ± 0,45	75,14 ± 0,75	643 ± 6	100,0 ± 1,0	14,91 ± 0,15
TO1-6	<DS	41,10 ± 0,41	37,77 ± 0,38	79,60 ± 0,80	559 ± 6	149,0 ± 1,0	18,76 ± 0,19
TO2-1	<DS	45,70 ± 0,46	45,68 ± 0,46	86,06 ± 0,86	587 ± 6	159,0 ± 2,0	19,97 ± 0,20
TO2-2	<DS	34,93 ± 0,35	36,71 ± 0,37	76,08 ± 0,76	592 ± 6	73,0 ± 1,0	16,75 ± 0,17
TO2-3	<DS	32,92 ± 0,33	33,91 ± 0,34	64,63 ± 0,65	544 ± 5	84,0 ± 1,0	15,07 ± 0,15
TO2-4	<DS	27,84 ± 0,28	23,64 ± 0,24	71,51 ± 0,72	610 ± 6	68,0 ± 1,0	12,67 ± 0,13
TO3-1	<DS	42,66 ± 0,43	44,28 ± 0,44	80,16 ± 0,80	534 ± 5	155,0 ± 2,0	18,10 ± 0,18
TO3-2	<DS	42,99 ± 0,43	42,61 ± 0,43	85,85 ± 0,86	595 ± 6	152,0 ± 2,0	19,23 ± 0,19
TO3-3	<DS	43,49 ± 0,43	43,06 ± 0,43	64,01 ± 0,64	596 ± 6	157,0 ± 2,0	19,21 ± 0,19
TO4-1	<DS	34,31 ± 0,34	40,86 ± 0,41	79,19 ± 0,79	591 ± 6	155,0 ± 2,0	19,89 ± 0,20
TO4-2	<DS	34,16 ± 0,40	34,23 ± 0,34	57,86 ± 0,58	550 ± 5	95,0 ± 1,0	15,96 ± 0,16
TO4-3	<DS	11,06 ± 0,11	33,13 ± 0,33	51,56 ± 0,52	296 ± 3	176,0 ± 2,0	15,93 ± 0,16
TO4-4	<DS	32,33 ± 0,32	39,47 ± 0,39	77,61 ± 0,78	595 ± 6	107,0 ± 1,0	14,96 ± 0,15
TO4-5	<DS	32,95 ± 0,33	44,04 ± 0,44	82,99 ± 0,83	626 ± 6	77,0 ± 1,0	14,48 ± 0,14
TO4-6	<DS	33,31 ± 0,33	36,47 ± 0,60	64,67 ± 0,65	521 ± 5	84,0 ± 1,0	14,85 ± 0,15
TO5-1	<DS	35,13 ± 0,35	31,49 ± 0,31	78,95 ± 0,79	570 ± 6	151,0 ± 2,0	18,43 ± 0,18
TO5-2	<DS	28,02 ± 0,28	25,71 ± 0,26	60,66 ± 0,61	467 ± 5	70,0 ± 1,0	13,38 ± 0,13
TO5-3	<DS	34,29 ± 0,34	49,08 ± 0,49	78,50 ± 0,78	547 ± 5	96,0 ± 1,0	15,91 ± 0,16

Tablo 4.15'in devamı

TO5-4	<DS			22,84	±	0,23	39,98	±	0,40	56,16	±	0,56	600	±	6	145,0	±	1,0	19,10	±	0,19
TO5-5	<DS			41,76	±	0,42	42,04	±	0,42	74,37	±	0,74	557	±	6	145,0	±	1,0	18,77	±	0,19
TO5-6	<DS			35,61	±	0,36	36,14	±	0,36	72,09	±	0,72	557	±	6	79,0	±	1,0	16,64	±	0,17
TO6-1	<DS			26,32	±	0,26	38,57	±	0,39	42,98	±	0,43	459	±	5	52,0	±	1,0	11,58	±	0,12
TO6-2	<DS			26,03	±	0,26	27,79	±	0,28	45,76	±	0,46	489	±	5	51,0	±	1,0	11,41	±	0,11
TO6-3	<DS			32,74	±	0,33	52,59	±	0,53	95,96	±	0,96	472	±	5	68,0	±	1,0	12,87	±	0,13
TO6-4	<DS			36,85	±	0,37	44,76	±	0,45	71,80	±	0,72	555	±	6	75,0	±	1,0	16,77	±	0,17
TO6-5	<DS			59,14	±	0,59	50,49	±	0,50	59,28	±	0,59	566	±	6	154,0	±	2,0	19,16	±	0,19
TO6-6	<DS			48,88	±	0,49	45,52	±	0,46	48,00	±	0,48	554	±	6	153,0	±	2,0	19,17	±	0,19
TO6-7	<DS			34,84	±	0,35	38,77	±	0,39	77,10	±	0,77	622	±	6	88,0	±	1,0	15,64	±	0,16
TO7-1	10,92	±	0,11	26,88	±	0,27	30,37	±	0,30	53,80	±	0,54	387	±	4	58,0	±	1,0	14,60	±	0,15
TO7-2	10,36	±	0,10	28,82	±	0,29	29,61	±	0,30	56,70	±	0,57	355	±	4	46,0	±	0,0	12,89	±	0,13
TO7-3	6,02	±	0,06	33,43	±	0,33	39,06	±	0,39	72,80	±	0,73	478	±	5	91,0	±	1,0	15,58	±	0,16
TO7-4	2,76	±	0,03	20,14	±	0,20	33,47	±	0,33	55,40	±	0,55	527	±	5	143,0	±	1,0	17,40	±	0,17
TO7-5	3,11	±	0,03	56,70	±	0,57	53,52	±	0,54	65,84	±	0,66	539	±	5	148,0	±	1,0	18,55	±	0,19
TO7-6	5,7	±	0,06	33,82	±	0,34	41,67	±	0,42	70,72	±	0,71	523	±	5	103,0	±	1,0	15,39	±	0,15
TO7-7	6,59	±	0,07	33,18	±	0,33	41,43	±	0,41	64,36	±	0,64	433	±	4	90,0	±	1,0	14,53	±	0,15
TO8-1	8,78	±	0,09	22,56	±	0,23	26,85	±	0,27	38,70	±	0,39	272	±	3	17,0	±	0,0	10,27	±	0,10
TO8-2	4,93	±	0,05	21,66	±	0,22	30,47	±	0,30	49,21	±	0,49	308	±	3	18,0	±	0,0	9,68	±	0,10
TO8-3	11,92	±	0,12	22,54	±	0,23	29,46	±	0,29	47,89	±	0,48	216	±	2	24,0	±	0,0	9,43	±	0,09
TO8-4	3,5	±	0,03	39,14	±	0,39	49,68	±	0,50	73,30	±	0,73	512	±	5	140,0	±	1,0	17,29	±	0,17
TO9-1	2,64	±	0,03	75,00	±	0,75	74,70	±	0,75	145,48	±	1,45	531	±	5	149,0	±	1,0	19,30	±	0,19
TO9-2	7,27	±	0,07	34,28	±	0,34	34,24	±	0,34	71,20	±	0,71	442	±	4	92,0	±	1,0	15,68	±	0,16
TO10-1	<DS			10,22	±	0,10	32,97	±	0,33	45,82	±	0,46	104	±	1	38,0	±	1,0	12,53	±	0,13
TO10-2	<DS			12,15	±	0,12	40,59	±	0,41	59,09	±	0,59	40	±	1	91,0	±	1,0	15,09	±	0,15
TO10-3	<DS			12,56	±	0,13	33,20	±	0,33	39,06	±	0,39	188	±	2	117,0	±	1,0	13,25	±	0,13

Tablo 4.15'in devamı

TO10-4	<DS		12,40	±	0,12	35,69	±	0,60	57,06	±	0,57	198	±	2	129,0	±	1,0	13,56	±	0,14
TO11-1	<DS		11,33	±	0,11	31,69	±	0,32	55,71	±	0,56	397	±	4	171,0	±	2,0	16,86	±	0,17
TO11-2	<DS		10,24	±	0,10	35,84	±	0,36	58,97	±	0,59	484	±	5	174,0	±	2,0	15,76	±	0,16
TO11-3	<DS		45,81	±	0,46	39,74	±	0,40	63,59	±	0,64	554	±	6	142,0	±	1,0	18,49	±	0,18
TO11-4	<DS		12,84	±	0,13	37,13	±	0,37	77,95	±	0,78	451	±	5	142,0	±	1,0	15,29	±	0,15
TO11-5	<DS		13,63	±	0,14	34,17	±	0,34	44,34	±	0,44	265	±	3	32,0	±	0,3	14,01	±	0,14
TO12-1	2,3	± 0,01	25,95	±	0,26	276,32	±	2,76	382,11	±	3,82	895	±	9	217,0	±	2,0	67,65	±	0,68
TO12-2	2,06	± 0,01	26,84	±	0,27	282,91	±	2,83	386,64	±	3,87	1221	±	12	183,0	±	2,0	64,61	±	0,65
TO12-3	2,73	± 0,01	33,83	±	0,34	323,61	±	3,24	442,91	±	4,43	10269	±	103	192,0	±	2,0	63,99	±	0,64
TO12-4	2,8	± 0,02	27,62	±	0,28	300,71	±	3,01	413,50	±	4,13	1389	±	14	188,0	±	2,0	65,92	±	0,66
TO12-5	2,16	± 0,02	26,08	±	0,26	270,06	±	2,70	391,50	±	3,92	839	±	8	225,0	±	2,0	68,69	±	0,69
TO12-6	3,1	± 0,02	38,23	±	0,38	318,18	±	3,18	519,87	±	5,20	4232	±	42	251,0	±	3,0	65,96	±	0,66
TO13-1	3,02	± 0,03	72,42	±	0,72	22,18	±	0,22	36,81	±	0,37	31	±	0	497,0	±	5,0	42,77	±	0,43
TO13-2	2,69	± 0,03	78,53	±	0,79	24,80	±	0,25	36,47	±	0,36	80	±	1	437,0	±	4,0	55,09	±	0,55
TO13-3	4,18	± 0,04	65,71	±	0,66	28,91	±	0,29	42,93	±	0,43	55	±	1	472,0	±	5,0	52,58	±	0,53
TO13-4	2,65	± 0,03	43,51	±	0,44	34,26	±	0,34	56,13	±	0,56	66	±	1	306,0	±	3,0	27,10	±	0,27
TO13-5	3,67	± 0,04	42,78	±	0,43	28,68	±	0,29	54,02	±	0,54	62	±	1	329,0	±	3,0	27,94	±	0,28
TO13-6	3,65	± 0,04	54,63	±	0,55	19,81	±	0,20	33,93	±	0,34	41	±	1	412,0	±	4,0	44,28	±	0,44
TO14-1	2,49	± 0,02	24,77	±	0,25	46,73	±	0,47	72,02	±	0,72	748	±	7	209,0	±	2,0	19,26	±	0,19
TO14-2	4,02	± 0,04	26,18	±	0,26	37,80	±	0,38	49,95	±	0,50	492	±	5	246,0	±	2,0	24,68	±	0,25
TO15-1	3,76	± 0,04	25,27	±	0,25	81,46	±	0,81	125,08	±	1,25	981	±	10	66,0	±	1,0	92,30	±	0,92
TO15-2	5,93	± 0,06	25,19	±	0,25	76,64	±	0,77	128,38	±	1,28	923	±	9	68,0	±	1,0	93,29	±	0,93

[a]DS: Dedeksiyon sınırı Sc için 1,7 4 mg/kg

Tablo 4.16. *Tüf ocaklarında ölçülen ortalama Sc, Y, La, Ce, Ba, Rb ve Nb derişimleri*

Ocak kodu	Ortalama derişim (mg/kg)						
	Sc	Y	La	Ce	Ba	Nb	Rb
TO1	<DS	33,7	30,1	66,1	476,5	15,2	92,7
TO2	<DS	35,3	35,0	74,6	583,3	16,1	96,0
TO3	<DS	43,0	43,3	76,7	575,0	18,8	154,7
TO4	<DS	29,7	38,0	69,0	529,8	16,0	115,7
TO5	<DS	32,9	37,4	70,1	549,7	17,0	114,3
TO6	<DS	37,8	42,6	63,0	531,0	15,2	91,6
TO7	6,5	33,3	38,4	62,8	463,1	15,6	97,0
TO8	7,3	26,5	34,1	52,3	327,0	11,7	49,8
TO9	5,0	54,6	54,5	108,3	486,5	17,5	120,5
TO10	<DS	11,8	35,6	50,3	132,5	13,6	93,8
TO11	<DS	18,8	35,7	60,1	430,2	16,1	132,2
TO12	2,5	29,8	295,3	422,8	3140,8	66,1	209,3
TO13	3,3	59,6	26,4	43,4	55,8	41,6	408,8
TO14	3,3	25,5	42,3	61,0	620,0	22,0	227,5
TO15	4,8	25,2	79,1	126,7	952,0	92,8	67,0

5. ÖNERİLER

Tez kapsamında daha önce de belirtildiği gibi Türkiye'de mevcut ticari olarak işletin 15 tüf ocağından toplanan 70 adet tüf örneği elemental analiz edildi. Tüf örneklerinde, 6 ana oksit element, 2 ikincil oksit element, 10 çevre kirletici element, 2 radyoaktif element olmak üzere toplam 27 element analiz edildi Analiz sonuçları tüfün yaklaşık %81'nin oksitlerden oluştuğunu göstermektedir. İncelenen tüf örneklerinde çevre kirliliği açısından son derece önemli olan arsenik ve cıva elementi gözlenmemiştir. Analiz sonuçları, yer kabuğu ortalaması ile karşılaştırıldı. Sonuç olarak bazı tüf ocaklarının çevresel kirliliğe sebep olacak elementleri özellikle radyoaktif element olan uranyum ve toryumu yer kabuğu ortalamasına göre daha büyük oranda içerdiği gözlendi.

Bu tez kapsamında,

1) İncelenen tüf ocaklarından bazılarının, çevre kirliliğini artıracak özellikle de su kaynaklarını ve tarım alanlarını kirletebilecek seviye ağır metal ve radyoaktif element içermesinden dolayı su kaynaklarından, tarım alanlarından ve şehir merkezinden uzak alanlara taşınması veya kurulması,

2) Tüf ocaklarının artıklarının su kaynaklarından, tarım alanlarından ve şehir merkezinde uzak alanlarda depo edilmesi,

3) Yağmur, rüzgâr vb. doğal etkenlerden dolayı tüf atıklarının depolardan sızmaması veya taşınmaması için gerekli tedbirlerin alınması ve

4) Ocaklarda veya boş alanlarda depo edilen tüf atıklarının çevre kirliliğinin azaltılması ve/veya ekonomiye kazandırılması amacıyla değerlendirilmesine yönelik olarak örneğin yapı malzemelerinde katkı ham maddesi olarak veya jeoteknik uygulamalarda dolgu malzemesi olarak kullanılabilirliği gibi araştırma ve geliştirme çalışmalarının teşvik edilmesi önerilir.

KAYNAKLAR

Akgül, E. (2006). Datça Bölgesindeki Volkanik Tüflerin Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.

Atabey, E. (2007). Aksaray-Nevşehir arası eriyonit minerali içeren volkanik tüflerin dağılımı ve akciğer kanseri (Mezotelyoma) ilişkisi. *60. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 289-292, Ankara.

Atıcı, E. (2016). Kapadokya Bölgesinde Yapı Taşı Olarak Üretilen Tüflerdeki Doğal Radyoaktivitenin Gama Spektrometrik Yöntemle Ölçülmesi. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Nevşehir.

Ay, M.S. (2006). Isparta Yöresi Pomza, Tras ve Volkanik Tüflerinin Çimentonun Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Afyon.

Bekar, M., Şapcı, N., Gündüz, L. (2006). Aksaray Bölgesi volkanik tüf serilerinin sıva malzemesi olarak kullanımı. *IV. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 323-332, İstanbul.

Brouwer, P. (2013). *Theory of XRF-Getting acquinted with the principles*. PANalytical. EA Elmelo.

Canbolat, T., Gürani, F.Y. (2012). Mobilya tasarımında doğal taşın yeri. *Doğal Yaşam Doğal Taş Sempozyumu*, 84-93, İstanbul.

Daloğlu, G., Emir, E. (2010). Eskişehir-Derbent Bölgesi beyaz tüflerinin doğal yapı taşı olarak değerlendirilebilirliği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23*(1), 91-107.

Değerlier, M. (2013). Assessment of natural radioactivity and radiation hazard in volcanic tuff stones used as building and decoration materials in the Cappadocia region, Turkey. *Radioprotection, 48*(2), 215-219.

Demirdağ, S. (2005). Volkanik Cüruf Oluşumlarının İnşaat Endüstrisinde Hafif Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Isparta.

DPT (Devlet Planlama Teşkilatı), 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı-Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, "Yapı Malzemeleri II (Mermer-Granit-Yapı Taşları-Arduvaz (sleyt))", Çalışma Grubu Raporu, 2616- ÖİK:627. Ankara.

Gündüz, L., Ulusoy, M., Başpınar E. (2006). Volkanik doğal kayaçların dış mimari kaplamada kullanımı üzerine teknik inceleme. 3. *Ulusal Yapı Malzemeleri Kongresi*, 114-131, İstanbul.

Kavas, T., Çelik M.Y. (2001). Ayazini (afyon) tüflerinin çimento sanayiinde tras olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Madencilik Dergisi, 40*(2-3), 39-46.

Kaygısız, H. (2010). Kayseri Yöresindeki Yapıtaşlarının Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Adana.

Koçu, N. (1997). Konya çevresindeki volkanik tüflerin yapı malzemesi olarak değerlendirilmesi ve özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.

Kuşçu M., Yıldız, A. (2001), Ayazini (Afyon) tüflerinin yapı taşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması". *Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem'2001)*, 85-98, Afyon.

Özkahraman, H.T., Işık, E.C. (2003). Isparta kaynaklanmış tüflerinin kaplama taşı olarak kullanılmasının önemi ve uygun yapıştırma harcı üretimi. *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersem'2003)*, 201-211, Afyon.

Özkahraman, H.T., Bolattürk, A. (2003). Bina yapımında köyke taşı (kaynaklanmış tüf) kullanılmasının enerji tasarrufundaki önemi. *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersem'2003)*, 49-60, Afyon.

Öztank, N. (2012). Mimaride doğal taş kullanımının ekolojik açıdan değerlendirilmesi. *Doğal Yaşam Doğal Taş Sempozyumu*, 181-187, İstanbul.

Sancak, E., Uzun, İ., Çankıran, O. (2010). Yapı blok ve kaplama malzemesi olarak kullanılan sıkı-tüf (küfeki) volkanik hammaddesinin fiziko-mekanik özellikleri. *International Journal of Engineering Research and Development, 2*(1), 34-38.

Sınıksaran, M. (2012). Volkanik Tüf Tozları ile Polimer Esasli Kompozit Malzeme Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Konya.

Yaroshevsky, A.A (2006). Abundance of chemical elements in the earth's crust. *Geochemistry, 44*(1), 54-62.

Tchounwou P.B., Yedjou C. G., Patlolla A. K. & Sutton D. J. (2012). *Heavy Metals Toxicity and the Environment*. *EXS, 101*, 133–164.

TSP, https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=50, 2017

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Aykut YILDIRIM

Doğum Yeri ve Yılı : Yozgat-1971

Medeni Hali : Evli

E-posta :aykutyildirim66@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Balıkesir Lisesi

Lisans : Trakya Üniversitesi Fen -Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü