

**ERCİYES STRATO VOLKANINDAN  
PÜSKÜRTÜLEN ANA MATERYALLER  
ÜZERİNDE OLUŞMUŞ TOPRAKLARIN  
MİNERALOJİK ÖZELLİKLERİ**

**Mehmet BİLİM**  
**Yüksek Lisans Semineri**  
**Toprak Anabilim Dalı**  
**Danışman: Doç. Dr. Kenan KILIÇ**  
**2009**

**Her hakkı saklıdır**

TC  
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TOPRAK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERCİYES STRATO VOLKANINDAN PÜSKÜRTÜLEN ANA  
MATERYALLER ÜZERİNDE OLUŞMUŞ TOPRAKLARIN  
MİNERALOJİK ÖZELLİKLERİ

Mehmet BİLİM

Tokat  
2009

Her hakkı saklıdır

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Mehmet BİLİM

**ÖZET****YÜKSEK LİSANS TEZİ****ERCİYES STRATO VOLKANINDAN PÜSKÜRTÜLEN ANA  
MATERYALLER ÜZERİNDE OLUŞMUŞ TOPRAKLARIN MİNERALOGİK  
ÖZELLİKLERİ****Mehmet BİLİM****GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TOPRAK ANABİLİM DALI****Danışman: Doç. Dr. Kenan KILIÇ**

Bu çalışma Erciyes strato volkanından püskürtülen ana materyaller üzerinde oluşmuş topraklarda yürütülmüştür. Bu çalışmanın amacı, Erciyes strato volkanından püskürtülen ana materyaller üzerinde oluşmuş toprakların mineralojik özelliklerini belirlemektir. Çalışma alanındaki ana materyaller dasit, andezit, bazalt, volkan külü ve ignimbrit'dir. Her bir ana materyalden bir toprak profili açılarak Soil Survey Staff'e (1975) göre tanımlanmış ve toprak örnekleri alınmıştır. Toprak profil yerleri sayısal yükselti haritası, landsat uydu görüntüsü ve jeolojik harita'ya göre belirlenmiştir. Tüm toprak ve kil partiküllerinin mineralojik analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre tüm toprak örneklerinde kil mineralleri (% 10-77) ve feldispat (% 10-89) bulunmuştur. Kuvars tüm örneklerde bulunmakla birlikte yüzdesi düşüktür (% 2-17). Karbonat mineralleri kalsit ve dolomit ise genellikle düşük miktarlarda (% 7-21) bulunmaktadır. En az bulunan mineraller ise hornblend ve ojittir. Toprak örneklerinin XRD-kil fraksiyonu incelemelerinde belirlenen kristalin mineraller kaolinit, smektit ve illittir. Amorf fazlar ise allofan, imogolit ve ferrihidrittir. Allofan içerikleri ignimbrit, bazalt, andezit ve volkan külünde %8-49, dasit ana materyalinde ise diğer ana materyallerden daha yüksek (%54) bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Erciyes Strato volkanı, kil mineralojisi, allofan, imogolit

**ABSTRACT****MASTER THESIS****MINERALOGICAL PROPERTIES OF SOILS FORMED ON PARENT MATERIALS FROM ERCIYES STRATO VOLCANO****Mehmet BİLİM****UNIVERSITY OF GAZIOSMANPASA  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE****Supervised: Assoc. Prof.Dr. Kenan KILIÇ**

This research was conducted on soils formed on parent materials spewed out Erciyes strato volcano. The object of this study was to determine the mineralogical properties of soils formed on parent materials from Erciyes strato volcano. In the study area parent materials are of dasite, andesite, basalt, volcanic ash and ignimbrite. Each soil profile was described from each parent material, and soil samples were taken from each horizon according to Soil Survey Staff (1975). The region of soil profiles were determined based on the digital elevation model, landsat images and geological map. The mineralogical analysis of clay particles and soil were made. According to the analysis results all soil samples were included the clay minerals (% 10-77) and feldspar (% 10-89). All soil samples have quartz, but the amount of this mineral is low (% 2-17). The contents of calcite and dolomite from carbonate minerals were also generally low (% 7-21). Hornblende and augite were the least in the soil samples. The clay minerals determined by means of the X-Ray Diffraction analysis were kaolinite, smectite and illite and also amorphous phases allophane, imogolite and ferrihydrite. The contents of allophane in dasite (54%) were found higher than ignimbrite, basalt, andesite and volcanic ash (8-49 %).

**Key words:** Erciyes Strato volcano, clay mineralogy, allophane, imogolite

**TEŞEKKÜR**

Bu çalışmada yer alan;

GOÜ. Ziraat Fakültesi Toprak Bölüm Başkanı Prof. Dr. Alper DURAK

Cumhuriyet Üni. Jeoloji Bölüm Başkanı Prof. Dr. Hüseyin YALÇIN

GOÜ. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Kenan KILIÇ

GOÜ. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr.  
Tekin ÖZTEKİN

GOÜ. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Öğretim Üyesi Yard. Doç. Dr. Hakan Mete  
DOĞAN' a teşekkür ederim.

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen TÜBİTAK ÇAYDAĞ 106Y307 numaralı  
proje kapsamında yürütülmüştür.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	v
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	vi
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. LİTERATÜR ÖZETLERİ</b> .....	4
<b>3. MATERYAL VE METOT</b> .....	8
3.1. Materyal.....	8
3.1.1. Çalışma Alanı.....	8
3.1.2. İklim Özellikleri.....	9
3.1.3. Jeolojik Özellikleri.....	10
3.1.4. Toprak Özellikleri.....	11
3.1.5. Profil Yerlerinin Belirlenmesi için Yükselti Veri Katmanlarının Oluşturulması.....	12
3.2. Metot.....	13
3.2.1. Toprak Profil Yerlerinin Belirlenmesi ve Profil Örneklemeleeri.....	13
3.2.2. Mineralojik Analizleri.....	14
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA</b> .....	15
4.1. Dasit Ana Materyali Üzerinde Oluşmuş Toprakların Mineralojik Özellikleri	15
4.2. İgnimbirit Ana Materyali Üzerinde Oluşmuş Toprakların Mineralojik Özellikleri.....	18
4.3. Bazalt Ana Materyali Üzerinde Oluşmuş Toprakların Mineralojik Özellikleri...	21
4.4. Andezit Ana Materyali Üzerinde Oluşmuş Toprakların Mineralojik Özellikleri	24
4.5. Volkan Külü Ana Materyali Üzerinde Oluşmuş Toprakların Mineralojik Özellikleri.....	27
<b>5. SONUÇLAR</b> .....	34
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	36

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1. Erciyes dağı.....	9
Şekil 2. Çalışma alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası.....	11
Şekil.3. Sayısal yükselti modeli (a), eğim (b) ve bakı (c) katmanları.....	12
Şekil 4. Arazi Çalışması.....	13
Şekil 5. Dasit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profili .....	15
Şekil 6. İgnimbirit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profili .....	18
Şekil 7. Bazalt ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profili .....	21
Şekil 8. Andezit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profili .....	24
Şekil 9. Volkan Külü ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profili.....	27
Şekil 10. Dasit ana materyali üzerinde oluşmuş toprak profilindeki Bw horizonunun kil taneciklerinin X-ışınları difraksiyonu.....	30
Şekil 11. Dasit ana materyali üzerinde oluşmuş toprak profilindeki C horizonunun kil taneciklerinin X-ışınları difraksiyonu.....	31
Şekil 12. İgnimbirit ana materyali üzerinde oluşmuş toprak profilindeki Bw horizonunun kil taneciklerinin X-ışınları difraksiyonu.....	31



## TABLOLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Kayseri ilinin meteorolojik verileri.....	9
Tablo 2. Dasit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu tüm-toprak mineralojik bileşimleri (%).....	15
Tablo 3. Dasit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu kil fraksiyonu mineralojik bileşimleri (%).....	15
Tablo 4. Dasit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin sodyum profosfat, amonyum oksalat ve sodyum sitratta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe içerikleri ve allofan ve ferrihidritin ortalama değerleri.....	16
Tablo 5. İğnimbirit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu tüm-toprak mineralojik bileşimleri (%) .....	18
Tablo 6. İğnimbirit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu kil fraksiyonu mineralojik bileşimleri (%).....	18
Tablo 7. İğnimbirit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin sodyum profosfat, amonyum oksalat ve sodyum sitratta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe içerikleri ve allofan ve ferrihidritin ortalama değerler.....	19
Tablo 8. Bazalt ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu tüm-toprak mineralojik bileşimleri (%).....	21
Tablo 9. Bazalt ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu kil fraksiyonu mineralojik bileşimleri (%).....	21

Tablo 10. Bazalt ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin sodyum profosfat, amonyum oksalat ve sodyum sitratta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe içerikleri ve allofan ve ferrihidritin ortalama değerleri.....	22
Tablo 11. Andezit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu tüm-toprak mineralojik bileşimleri (%).....	24
Tablo 12. Andezit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu kil fraksiyonu mineralojik bileşimleri (%).....	24
Tablo 13. Andezit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin sodyum profosfat, amonyum oksalat ve sodyum sitratta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe içerikleri ve allofan ve ferrihidritin ortalama değerleri.....	25
Tablo 14. Volkan Külü ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu tüm-toprak mineralojik bileşimleri (%).....	27
Tablo 15. Volkan Külü ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu kil fraksiyonu mineralojik bileşimleri (%).....	27
Tablo 16. Volkan Külü ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin sodyum profosfat, amonyum oksalat ve sodyum sitratta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe içerikleri ve allofan ve ferrihidritin ortalama değerleri... ..	28

## 1.GİRİŞ

Mineraloji; mineralleri inceleyen bilim dalıdır. Yerkabuğunda doğal olarak oluşmuş kristal yapıdaki maddeleri inceler.

Bir maddenin mineral olarak tanımlanabilmesi için;

- Homojen olması
- Katı halde bulunması
- Doğal olarak oluşması
- Düzenli bir atom yapısı ile belirli bir kimyasal bileşime sahip olması ve bir kimyasal formül ile ifade edilebilmesi gerekmektedir (Durak ve ark., 2003).

Mineralojinin konusu doğal şekilde oluşan maddeleri içerdiği için bu bakımdan sınırlandırılmıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle laboratuvarlarda sentetik olarak elde edilen kimyasal bileşikler mineral sayılmazlar. Bu yapay bileşikler halindeki katı maddelere doğada tabii halde rastlanmaz. Dolayısıyla da doğal şartlarda oluşturulamazlar. Bu tür katı maddelere "yapay mineraller" adı verilebilir. Bu tür yapay mineraller de, tabii minerallerde olduğu gibi benzer kristal içyapılarına sahiptir (Anonim, 2000).

Minerallerin doğada veya deneysel olarak yapılan incelemelerde de gözlendiği gibi, oluşum şartları bunların belirli fizikokimyasal şartlarda (belirli sıcaklık ve basınç altında ve ortamın kimyasal durumu gibi) oluşurlar. Buradan mineralojinin bir amacının da minerallerin oluşturduğu yerkabuğunun kimyasal ve fiziksel yapısının öğrenilmesi, yerkabuğunun tarihinin bilinmesi ve yeraltı kaynaklarından yararlanılması olduğunu anlıyoruz.

Mineraller belirli bir kimyasal bileşime sahiptirler. O halde her mineral bir kimyasal formül ile ifade edilir. Minerallerin kimyasal formülleri genellikle sabittir. Ancak belirli sınırlar içinde belirli kurallarla değişebilir. Çok ender olarak saf elementler (altın, gümüş, bakır vs) şeklinde oluşan mineraller, yerkabuğunda meydana gelen doğal fizikokimyasal olayların ürünleridir.

Minerallerin bir diğeri özelliği de inorganik oluşudur. Yer kabuğunda bulunan petrol, kömür, fosil ve reçine gibi maddeler mineralojinin kapsamına girmez. Ancak nadir de olsa organik mineraller de vardır (Anonim, 2000).

Minerallerin katı olmaları düzenli bir atomsal iç yapıya sahip olduklarını gösterir. Mineral kristallerinin dış yapıları incelendiğinde düzgün geometrik dış şekilli oldukları görülür. Yine aynı şekilde iç yapılarının da düzgün olduğu görülür. Minerallerin "cıva" gibi sıvı olan tipleri de vardır.

Mineraller homojen bir yapıya sahiptirler. Alınan bir mineral örneğinin her tarafı aynı mineralden ibaret olmalıdır. Ancak her mineralde az veya çok yabancı mineral varlığı bulunmaktadır. Yabancı madde oranının çokluğu, mineralin özelliklerini değiştirir. Esasta; gözle görülebilen boyutta homojen olması basit tanımlama için yeterlidir.

Topraktaki mineraller oluşumları bakımından doğal bir kimyasal bileşime sahiptir. Mineraller ortam koşulları değişmeksizin veya dış faktörlerin etkisi olmaksızın orijinal yapılarını korurlar. Bazı durumlarda yani dış ortam koşullarının değişmesi halinde mineraller ayrışmaya uğrayarak yeni koşullar altında başka tür minerallere "ikincil Minerallere" dönüşürler (Dingil, 2003).

Allofan yüksek yağışlı rejimler altında egemen kil mineralidir, yağış azaldığı zaman allofan halloysite dönüşür. Düşük yağış altındaki topraklarda halloysitin fazlalığı, sınırlı yıkanma koşullarının bir sonucu olarak toprak çözeltisindeki daha yüksek Si konsantrasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Metal-Humus kompleksleri ve allofan içeriği yüksekliğin azalması ile azalır iken, halloysit içeriği artar. İleri derece ayrışma aşamalarında olan topraklar daha az kation, daha fazla halloysit, kaolinit, jibsit, Fe ve Al hidroksitler içerirler.

Volkanik ana materyallerden oluşmuş toprakların içerdiği minerallerin tipi ve miktarı volkanik ana materyallerin tabiatı ve yaşına bağlıdır. Volkanik materyallerden gelişmiş toprakların kil mineralojisi bileşimleri yaşlardaki farklılıklara bağlıdır. Genç küllerden gelişmiş topraklar baskın olarak amorf kil minerali içerirler.

İmogolit ve allofan oluşumu yerinde oluşumla olur ve daha çok  $pH > 5$ , organik bileşik komplekslerinin düşük, bazca zengin volkanik kül ve düşük yıkanma oranı olduğu ortamlarda gerçekleşir (Shoji ve ark, 1996).

Sodyum dithionite-citrate ve pyrophosphate, serbest Fe ve Al ile organik komplekslerdeki Fe ve Al'u uzaklaştırmak için kullanılır. Fe ve Al yüzey horizonu veya E horizonlarında en düşüktür. Bu kimyasallarla uzaklaştırılan Fe ve Al oranları B horizonlarında artar, ayrışmanın az olduğu C horizonlarında yeniden azalır.

Asit oksalatta allofan, imogolit ve Al/Fe-humus komplekslerini içeren amorf materyaller uzaklaştırılabilir. Oksalatta uzaklaştırılabilir Al ( $Al_o$ ) amorf Al, organik ve inorganik Al'un ve Si ise inorganik Si'un bir ölçümüdür.  $(Al_o-Al_p)/Si$ 'un oranı allofan'ın miktarının belirlenmesinde kullanılır. Allofan içerikleri  $Si_o \times 7.14$  formülü kullanılarak tahmin edilir (Parfit ve Wilson, 1985).

Çalışmanın yapıldığı alan Erciyes dağının püskürdüğü materyallerden oluşmaktadır. Volkanik toprakların kendine özgü tipik özellikleri vardır. Bu özelliklerden bazıları, hacim ağırlıklarının düşük ( $< 0.9 \text{ g/cm}^3$ ), su tutma ve fosfor tutma kapasitelerinin yüksek, volkanik cam oranlarının yüksek olması ve allofan ve imogolit gibi amorf minerallerin bulunması vs.

Bölgede bulunan ana materyaller andezit, dasit, bazalt, ignimbirit ve volkanik kül dür. Çalışma alanının topografyası çok değişkendir. Arazi yükseklik olarak çalışma ekibi tarafından 3 farklı topografyaya ayrılmıştır. Toprak profil örneklemeleri yükseklik farklılıkları ve ana materyaller dikkate alınarak yapılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Volkanik materyallerden gelişmiş toprakların benzer iklim koşullarına sahip diğer mineral topraklardan farklı morfolojik, fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklere sahip oldukları bilinmektedir (Wada, 1985). Bu topraklar düşük hacim ağırlığı, yaklaşık  $600 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  kadar yüzey alanı, % 40-142 arasında su tutma, yüksek fosfor tutma ve yüksek organik karbon gibi özelliklerle karakterize edilir. Volkanik topraklardaki imogolit, allofan, allofan benzeri materyaller, halloysit ve amorf maddeler bu toprakların birçok fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkiler (Wada, 1985; Shoji ve ark., 1993; Nizeyimana ve ark., 1997). Etkilenen bu özelliklerden bazıları yüksek su tutma ve fosfat tutma kapasitesi, düşük hacim ağırlığı, yüksek KDK ve organik karbon içeriğidir (Parfitt ve Clayden, 1991; Shoji ve ark., 1993; Shoji ve ark., 1996). Birçok Andisol' un oluşumundaki egemen pedojenik süreç, kristalin olmayan materyallerin oluşumu ve organik karbon birikimidir (Shoji ve ark., 1993). Bununla beraber volkanik küllerin ayrışması kristalin olmayan bileşenlerin oluşumuyla sonuçlanır. Volkanik küllerden oluşmuş topraklarda bu süreçlerin baskın olarak oluşması andosolizasyon olarak isimlendirilmiştir (Duchaufour, 1984).

Volkanik ana materyal üzerinde oluşmuş topraklarda kristalin olmayan (amorf) materyallerin oluşumu ana materyal olarak volkanik çıkışın özellikleri ile yakından ilgilidir (Shoji ve ark., 1993). Bu materyallerin tipi ve miktarı, ana materyalin tabiatı ve yaşına bağlıdır (Parfitt ve Wilson, 1985). Volkanik çıkışın partiküllerin küçüklüğü, cam özelliğinde olan partiküller, yüksek gözeneklilik ve geçirgenlik kimyasal ayrışma oranlarını artırır. Amorf bileşenlerin tipi ve miktarı ortamdaki yağışın miktarına göre farklılık gösterir (Parfitt ve ark., 1983; Parfitt ve ark., 1984; Parfitt ve Kimble, 1989; Ugolini ve Dahlgren, 1991). Allofan ve imogolit humid iklimlerde oluşmuş topraklarda, halloysit yağışın sınırlı olduğu iklimlerde oluşmuş topraklarda egemendir (Shoji ve Fujiwara, 1984; Parfitt ve Kimble, 1989; Shoji ve ark., 1996; Nizeyimana ve ark., 1997).

Histic, gleyic ve kahverengi Andosoller %30' dan daha yüksek allofan içeriklerine sahip andic materyallerce baskın toprakların karakteristik özelliklerini gösterirler.

Ferrihidrit yaygın olarak %5-15 arasında bulunur. Allofan ve ferrihidrit içerikleri toprak horizonlarının organik karbon içeriğinin artması ile azalır (Shoji ve ark., 1993). Yağış miktarı 3000 mm'den yüksek olan Hawaii'de yapılan bir çalışmada Fe-oksitler, gibsit ve allofan içeriklerinin oldukça yüksek olduğu (yaklaşık % 25) ve Fe-oksitlerin ferrihidrit mineraliyle benzer karakteristikleri sahip olduğu belirtilmiştir (Parfitt ve ark., 1988). Aynı bölgede 1500 mm yağışa sahip olan alanda oluşmuş toprağın allofan içeriğinin yaklaşık % 25 olduğu, ferrihidrit, diğer Fe-oksitler ve gibsitin ise çok az miktarlarda bulunduğu, 1000 mm ve daha düşük yağış zonlarında ise baskın mineralin halloysit olduğu ve aynı zamanda allofan, ferrihidrit ve hematitin de bulunduğu rapor edilmiştir (Parfitt ve ark., 1988).

Kuzey Tanzania'da farklı nem rejimleri altında Kuvarterner yaşlı volkanik küller altında oluşmuş toprakların kil mineralojileri araştırılmış ve perudic nem rejimi altında topraklarda alüminyum-humus kompleksleri, allofan ve gibsit'in başat, udic ve ustic nem rejimleri altında oluşmuş topraklarda ise kaolinit ve halloysitin başat olduğu belirlenmiştir (Mizota ve ark., 1988). Fiji adasında yapılan başka bir çalışmada ise az ve orta derecede ayrılmış toprak profillerinde Ca-feldspat ve allofanic materyallerin başat, kuvvetli derecede ayrılmış toprak profillerinde ise gibsit ve 1:1 tipi kil minerallerinin başat olduğu bulunmuştur (Naidu ve ark., 1987).

Al ve Fe-humus kompleksleri, allofan ve imogolit oluşumu önemli derecede toprak asitliği ile ilgilidir (Shoji ve Fujiwara, 1984). Al ve Fe-humus komplekslerinin oluşumu pH'nın düşmesi ile artar. Allofan ve imogolit oluşumu  $pH > 4.9$  olduğunda meydana gelir, ancak Al-humus komplekslerinin oluşumu ile ters bir ilişkiye sahiptir (Shoji ve Fujiwara, 1984). Toprak asitliğinin orta ve kuvvetli olduğu udic nem rejimi altında oluşmuş volkanik kül topraklarında yapılan bir çalışmada toprak asitliğinin düşük olması nedeni ile allofan miktarının az olduğu belirlenmiştir (Broquen ve ark., 2005).

Yeni Zelanda volkanik kül topraklarında yürütülen bir çalışmada imogolit'in allofan içeriğinin %2 veya daha yüksek olduğu toprak horizonlarında oluştuğu ve oluşan imogolit'in çok stabil ve çok kolay oluştuğu belirtilmiştir (Parfitt ve Kimble, 1989). Adı geçen çalışmada allofan'ın udic nem rejimi ve iyi drenaj koşullarına sahip olan ve

pH'nin yaklaşık 5 olduğu ortamda volkanik camdan, feldspar veya biotit'den oluştuğu belirlenmiştir. Aynı zamanda allofan oluşumu için ortamın pH'sının 4.7'den büyük olması gerektiği rapor edilmiştir.

Bir topografya boyunca volkanik külden oluşmuş toprakların kil mineralojilerindeki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada 2700 m, 2400 m ve 2000 m yüksekliklerde bulunan topraklarda profiller açılmış, 2700 m'deki toprak profilinde allofan ve Al ve Fe-humus komplekslerinin diğer yüksekliklerde oluşmuş topraklara göre daha yüksek olduğu, yüksekliğin azalması ile allofanın Al/Si oranının azaldığı, ancak halloysit içeriğinin arttığı gözlemlenmiştir (Nizeyimana ve ark., 1997). Yine bir topografya boyunca Tayvan'da subtropikal bir iklimde oluşmuş volkanik topraklar ile ilgili yapılan başka bir çalışmada A horizonlarında kristalin olmayan Fe ve Al formlarının humus ile kompleks oluşturmamasından dolayı allofanın çok az veya hiç oluşmadığı gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada toprak horizonlarındaki baskın minerallerin kaolinit, halloysit, gibsit ve kuvars olduğu ve kaolinit, halloysit ve gibsit'in feldspar'ın ayrışması ile oluştuğu, kuvarsın ise ana materyal ve pedojenik süreçler ile oluştuğu belirlenmiştir (Chen ve ark., 1999).

Alaska'da volkanik külden oluşmuş üç pedonun özellikleri belirlenmiş, pedonların hepsinin allofanik olduğu, yüzey horizonlarında allofan ve Al-humus'un yüzey altı horizonlarda ise allofanın baskın mineral olduğu, aynı zamanda yüzey ve yüzey altı horizonlarında laminalı opalin silikanın olduğu belirlenmiştir (Ping ve ark., 1988).

Endonezya'da perudic nem rejimi altında oluşmuş bir andosol'un mineralojisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada allofan içeriği A horizonunda %3-4, daha alt horizonlarda ise %12-18 arasında bulunmuştur (Van Ranst ve ark., 2008). Aynı çalışmada kil fraksiyonunun smektit, hidroksi-Al ara tabakalı 2:1 tipi kil mineralleri, klorit, kaolinit, pirofillit, mika, kristobalit ve gibsit, silt ve kum fraksiyonlarının ise plajiyoklas ve piroksen içerdiği belirlenmiştir.

Volkanik materyallerden gelişmiş topraklar allofan, imogolit, ferrihidrit, opalin silika, Fe ve Al-humus kompleksleri ve volkanik cam gibi kısa mesafeli bileşik ve minerallerin



karışımı ve kristalin halloysit, gibsit, götit ve 2:1 tabakalı silikatler ile karakterize edilir. Al'un dominant formlarına göre 2 çeşit andosol vardır: bunlar allofanik (allofan ve imogolitce baskın olan Al) ve allofanik olmayan (Al içeriği Humus ile kompleks oluşturmuş bileşiklere bağlı) andosollerdir (Shoji ve Fujiwara, 1984). Allofan ve imogolit pH'ın yaklaşık 5 olduğu ortamlarda oluşur, daha asidik koşullarda Al-humus kompleksleri baskın olma eğilimindedir (Nanzyo ve ark., 1993).

Volkanik toprakların birçok özelliği onların aktif Al ve Fe havuzları ile ilgilidir. Her ne kadar volkanik topraklar çoğunlukla Fe-Al-humus kompleksleri, kısa mesafeli alumina silikatlar (allofan ve imogolit) ve ferrihidrit içerse de, havuz değişebilir Al, serbest Fe oksitlerle yer değiştiren Al, 2:1 tabakalı silikatların ara tabakaları arasındaki hidroksi-Al polimerleri ve zayıf kristalize olmuş gibsit gibi diğer alüminyum fraksiyonlarını içerebilir (Shoji ve ark., 1993). Al-humus kompleksleri toprak çözeltisindeki Al aktivitesinin düzenlenmesinde ve pH bufferlanmasında önemli bir rol oynar (Takahashi ve ark., 1993).

### **3.MATERYAL VE METOT**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Çalışma Alanı**

Kapadokya Volkanik Provensi'nin en yüksek stratovolkanı olan Erciyes (3917 m), Kayseri'nin 20 km güneyinde yeralan, 4.zamanda sönmüş bir volkan dağıdır (Şekil 1). Sönmüş bir "küme volkan" olan dağın, volkanik patlamaları günümüzden 30 milyon yıl önce başlamıştır.

Erciyesden çıkan küller, rüzgârla kilometrelerce uzaklara taşınmış ve Hasan Dağı ile birlikte, Nevşehir, Ürgüp etrafındaki peri bacalarını oluşturmuştur.

Erciyes, III. Zaman ortalarından başlayarak çeşitli dönemlerde etkinlik gösteren, lav ve tuf püskürten eski bir yanardağ olma özelliği ile türlü yaştaki volkanlardan oluşmuş bir küme volkan olarak nitelendirilmektedir. Toros orojenez kuşağı ile İç Anadolu masifleri arasındaki alanda, püskürmelerle ortaya çıkan kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu dağların en önemlisi olan Erciyes, özellikle Pontiyen, Pliyosen ve Pleistosen'deki yanardağ püskürmeleri sonucu bir stratovolkan (tabakalı volkan) olarak yükselmiştir. Bu arada dağın püskürmeleri sırasında ortaya çıkan lav, tuf, cüruf ve lapilliler (yanardağ çakılı) yaklaşık 100 km. uzaklığa dek yayılmış ve bu volkanik malzemeler, Erciyes Dağı'nın çevresindeki tepe ve platolar bugünkü yapısını belirlemiştir (Anonim, 2004).



**Şekil 1.**Erciyes Dağı

### **3.1.2. İklim Özellikleri**

Kayseri’de step iklimi görülür, yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır. Ancak il iklimi yükseltiye göre farklılık gösterir. Buna bağlı olarak ilde iklim, çukurda kalan bölgelerde daha yumuşakken yaylalardan dağlık kesimlere doğru gidildikçe sertleşir.

Kayseri’nin ortalama hava sıcaklığı,  $10,40^{\circ}\text{C}$ ’dir. 2000 yılında ise  $10,30^{\circ}\text{C}$  olarak gerçekleşmiştir. En düşük sıcaklık Ocak ayı içerisinde  $-8,50^{\circ}\text{C}$ , en yüksek sıcaklık Temmuz ve Ağustos ayında  $32,40^{\circ}\text{C}$  olarak tespit edilmiştir. Nisbi nem genel olarak % 65 iken 2000 yılında % 49 olmuştur. Kayseri’nin yıllık ortalama yağışı 375,0 mm iken 2000 yılında 356,5 mm olarak gerçekleşmiştir. Kayseri iline ait meteorolojik veriler Tablo.1 de verilmiştir. Merkezin denizden yüksekliği 1093 m.dir. Hâkim rüzgâr kuzey batı, en şiddetli rüzgârlar ve fırtınalar güney ve güneydoğu rüzgârlarıdır.

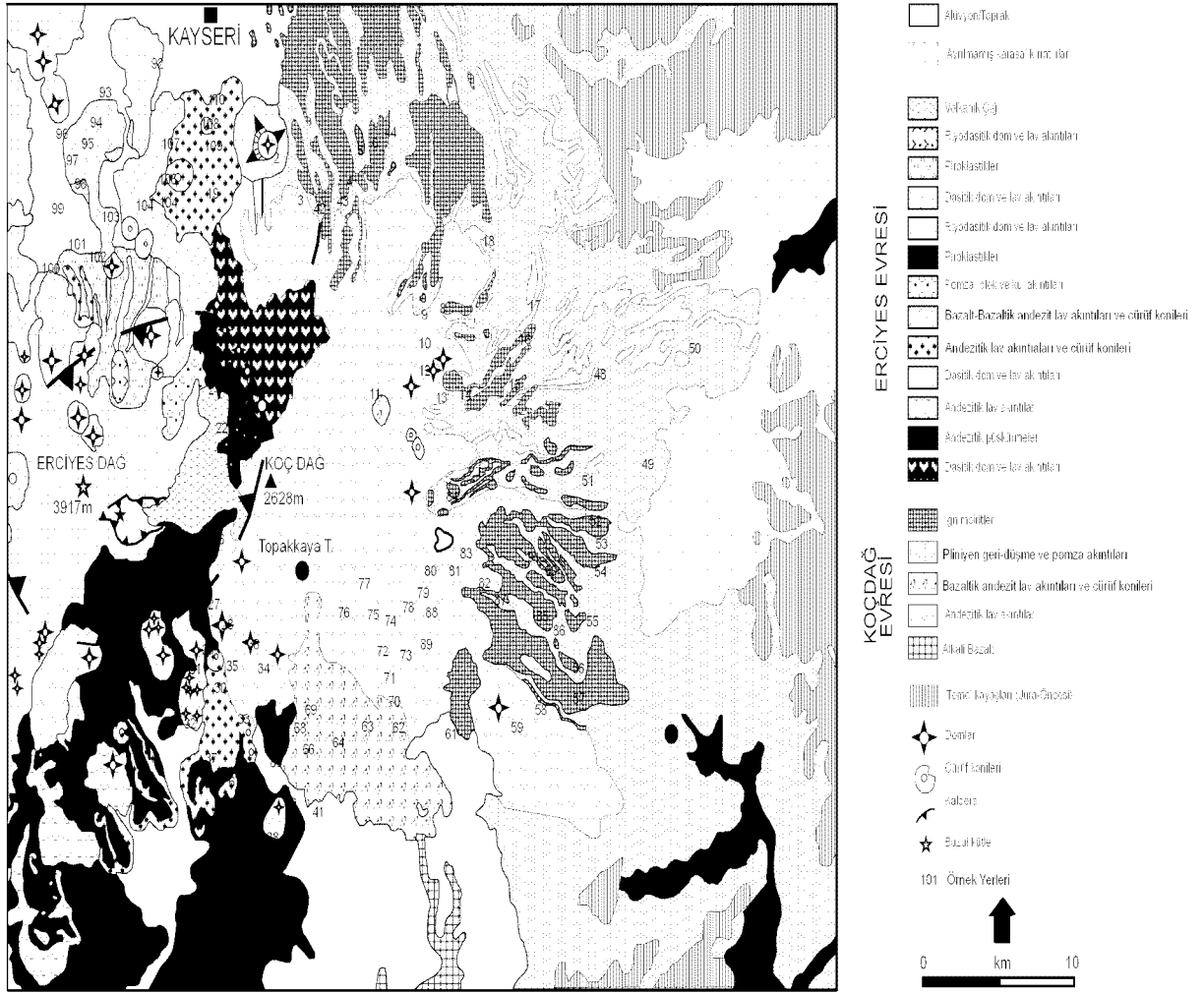
Dağlar arasındaki çöküntülü havza ve ovalarda önceleri bozkır bitki örtüsünün egemen olmasına karşılık bu kesimler daha sonraki geniş ölçüde tarım alanı durumuna getirilmiştir (Anonim, 2007).

**Tablo 1.** Kayseri ilinin meteorolojik verileri (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü)

KAYSERİ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 – 2006)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	-1.8	-0.2	4.6	10.7	14.8	18.8	22.4	21.7	17.1	11.3	4.7	0.1
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	3.9	5.8	11.4	17.6	22.1	26.4	30.5	30.4	26.6	20.1	12.2	5.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-6.8	-5.3	-1.8	3.5	6.7	9.5	12.0	11.2	7.3	3.5	-1.2	-4.7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.8	3.9	5.0	6.1	8.1	10.2	11.7	11.3	9.0	6.6	4.5	2.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.6	11.8	12.3	13.7	13.8	8.5	2.9	2.4	4.0	7.7	9.6	11.9
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 – 2007)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.0	19.6	26.6	30.2	33.4	35.7	40.7	40.0	36.0	32.6	24.8	21.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-28.1	-28.4	-28.1	-11.6	-5.5	-0.4	3.7	2.1	-2.5	-8.3	-16.2	-25.

### 3.1.3. Jeolojik Özellikleri

Kayseri ili sınırları içinde Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik zamanlarına ait birimler görülmektedir. Kayseri il merkezi ve yakın çevresi graben çöküntü alanı içerisinde yer alır. Bu graben Kuvaterner tektonizması sonucu oluşmuştur. Erciyes volkanizmasının tamamen bitmesi düşey blok hareketlerinden dolayı olmuştur. Bölgenin paleocoğrafyasına gelince; Alt Kretase devrinde bölgede bir jeosenkinalin var olduğu ve bu devirde denizaltı volkanizmasının etkili olduğu kabul edilmektedir (Anonim, 2004).



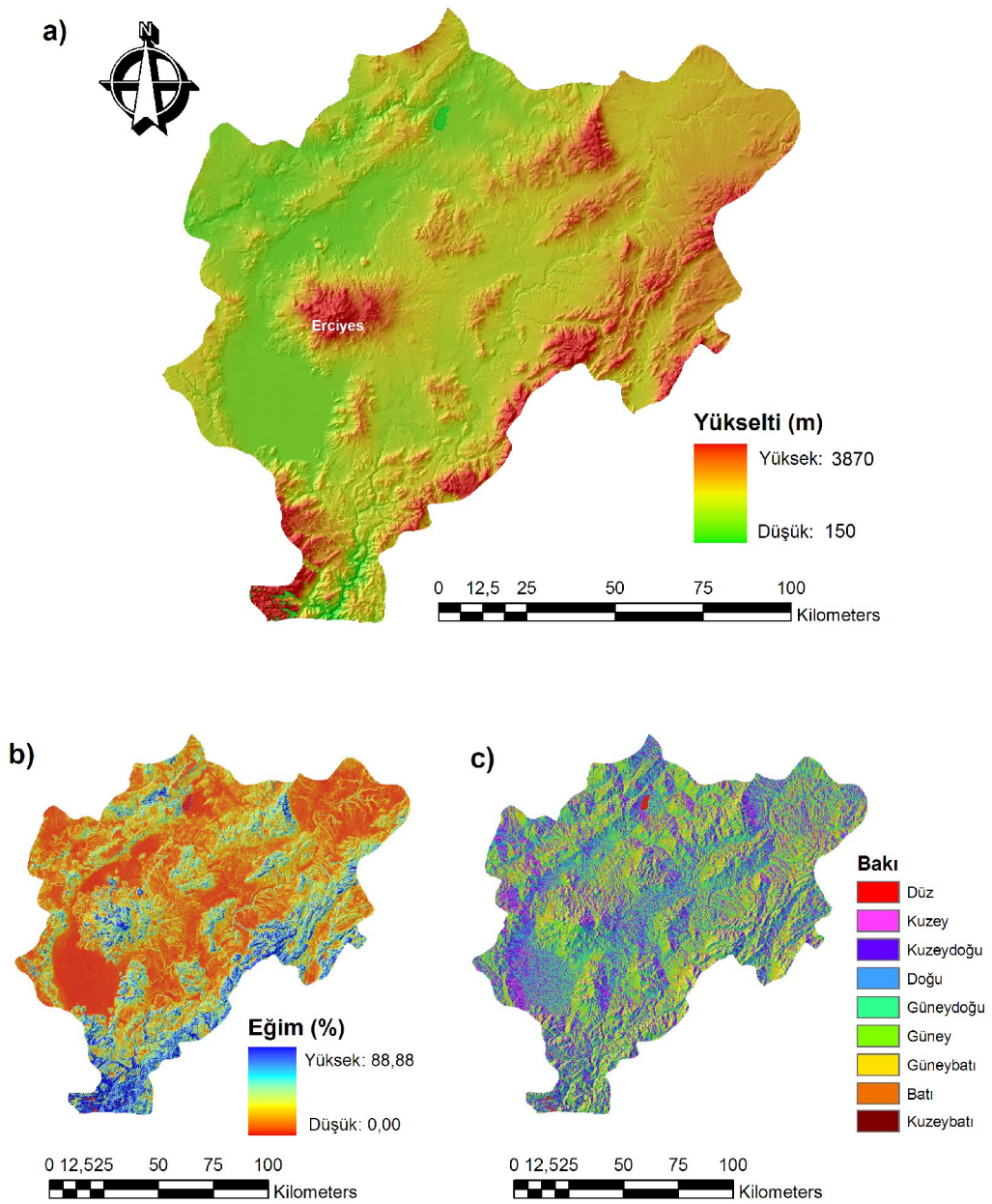
Şekil 2. Çalışma alanının 1/25.000 ölçekli Jeoloji haritası (Tubitak Çaydag 106Y307 nolu proje kapsamında derlenmiştir)

### 3.1.4. Toprak Özellikleri

Çalışma alanında tanımlanan toprak profillerden alınan örneklerde yapılan analiz sonuçlarına göre; pH (H<sub>2</sub>O)' da 5.82 - 8.26, pH(KCl)'de 4.65 – 7.42, pH(Naf)'de 9.26 – 11.8 aralıklarında değişim göstermektedir. Çalışma alanındaki tüm profillerde kireç oranı genellikle düşük (% 2.42) miktarlardadır. Örneklerde yapılan tekstür analizi sonuçlarına göre kil oranı, %2.7 – 58.8, silt oranı, %0.9 – 37.05, kum oranı ise %35.75 – 89.15 arasında değişim göstermektedir. Organik madde miktarı genel olarak yükseklik ile doğru orantılı olarak artış (%0.2 – 7.7) göstermektedir (Tubitak Çaydag 106Y307 nolu Proje verileri, yayımlanmamış).

### 3.1.5. Profil Yerlerinin Belirlenmesi için Yükselti Veri Katmanlarının Oluşturulması

Çalışmanın ilk aşamasında ASTER uydu görüntüsünden üretilen 90 m çözünürlüklü sayısal yükselti modelinden (DEM) faydalanılmıştır (Şekil 3a). Bu sayısal yükselti modelinden faydalanılarak eğim (Şekil 3b) ve bakı (Şekil 3c) katmanları ARCGIS 9.1 yazılımında üretilmiştir.



Şekil 3. Sayısal yükselti modeli (a), eğim (b) ve bakı (c) katmanları

### 3.2. Metot

#### 3.2.1. Toprak Profil Yerlerinin Belirlenmesi ve Profil Örneklemeleri

Toprak profil yerleri SPOT 5 uydu görüntüsü, 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ve 1/250000 ölçekli sayısal yükselti modelinden faydalanılarak belirlenmiştir. 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasından görüleceği gibi (Şekil 2) çalışma alanında ana kaya ve ana materyal olarak dasit, andezit, bazalt, ignimbirit ve volkanik kül akıntıları yer almaktadır. Rakımı yüksek alanlarda genellikle dasit, andezit ve volkanik küller bulunur iken, rakımı daha düşük ve düz ve düze yakın alanlarda ise ignimbirit ve bazalt akıntıları bulunmaktadır.

Ancak çalışma alanındaki ana materyallerin bazı bölgelerde karışık bir durumda oldukları da görülmektedir. Ana materyallerin dağılımı ve rakım dikkate alınarak büroda belirlenen yerlerden her bir ana materyalden bir toprak profil çukuru açılmıştır. Açılan profillerin makro morfolojik toprak karakteristik tanımlamaları standart işleme göre yapılmıştır (Soil Survey Staff, 1993). Her bir pedonun horizonlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmış, havada kurutulmuş, 2 mm'lik elekten geçirilerek fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerin analizleri için kullanılmıştır.



Şekil 4. Arazi çalışması

### 3.2.2.Mineralojik Analizler

Sodyum dithionite-citrate'ta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe, Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture (1972) yöntemine göre, Dithionite-citrate metodu ile yapılmıştır. Sodyum pyrophosphate'ta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe, Mckeague (1967) yöntemine göre yapılmıştır. Sodyum dithionite-citrate ve pyrophosphate, serbest Fe ve Al ile organik komplekslerdeki Fe ve Al'u uzaklaştırmak için kullanılır. Asit oksalatta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe, Mckeague and Day (1966) yöntemine göre yapılmıştır. Asit oksalatta allofan, imogolite ve Al/Fe-humus komplekslerini içeren amorf materyaller atılabilir. Oksalatta uzaklaştırılabilir Al ( $Al_o$ ) amorf Al, organik ve inorganik Al'un ve Si ise inorganik Si'un bir ölçümüdür.

Kil mineralleri, sedimentasyon ile elde edilen kil fraksiyonlarında X-ray difraksiyon (XRD) ile belirlenmiştir. XRD çalışmaları, Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir.

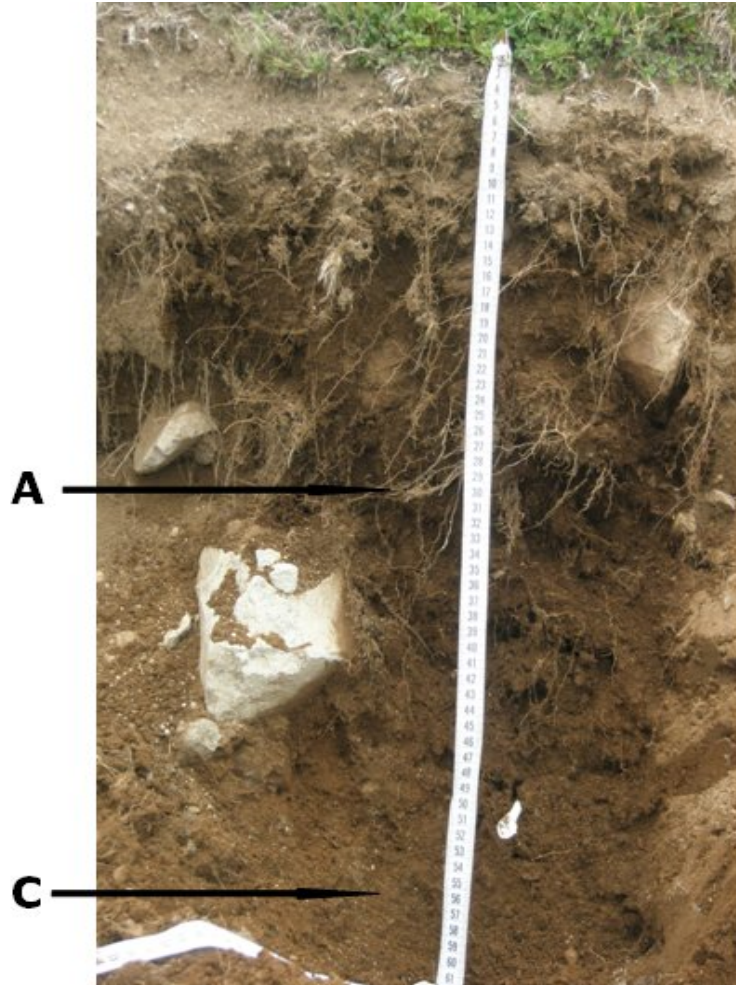
Allofan içerikleri: Al/Si atomik oranı ve Si içeriği arasındaki ilişki tahmin edilmiştir (Parfitt ve Wilson, 1985). Bunu şu şekilde formüleştirebiliriz: allofan:  $100 \cdot Si_o / \{ 5.1[(Al_o - Al_p)/Si_o] + 23.4 \}$ .



#### 4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

##### 4.1.Dasit Ana Materyali Üzerinde Oluşmuş Toprakların Mineralojik Özellikleri

Örnekleme yeri	36 717787 DOĞU 42 67977 KUZAY
Yükseklik	2662 m
Eğim	Doğu yönünde % 20-40
Arazi kullanımı	Mera (Keven)
Nem rejimi	Udic
Ana materyal	Dasit
Drenaj	İyi
Profilde nem	Nemli
Yüzey taşlılığı	Orta



Şekil 5.Dasit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profili

**Tablo 2.** Dasit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu tüm-toprak mineralojik bileşimleri (%).

Horizon	Cal	Qtz	Clp	Fel	Bi	Cm	Hb	Aug
A		6		56		38		
C		7		41		52		

Cal=Kalsit, Qtz=Kuvars, Clp=Klinoptilolit, Fel=Feldispat, Bi=Biyotit, Cm=Kil mineralleri, Hbl=Hornblend, Aug=Ojit

**Tablo 3.** Dasit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu kil fraksiyonu mineralojik bileşimleri (%).

Horizon	Kln	All	Imo	Sm	Ill
A	20	20	40		20
C	25	30	25		20

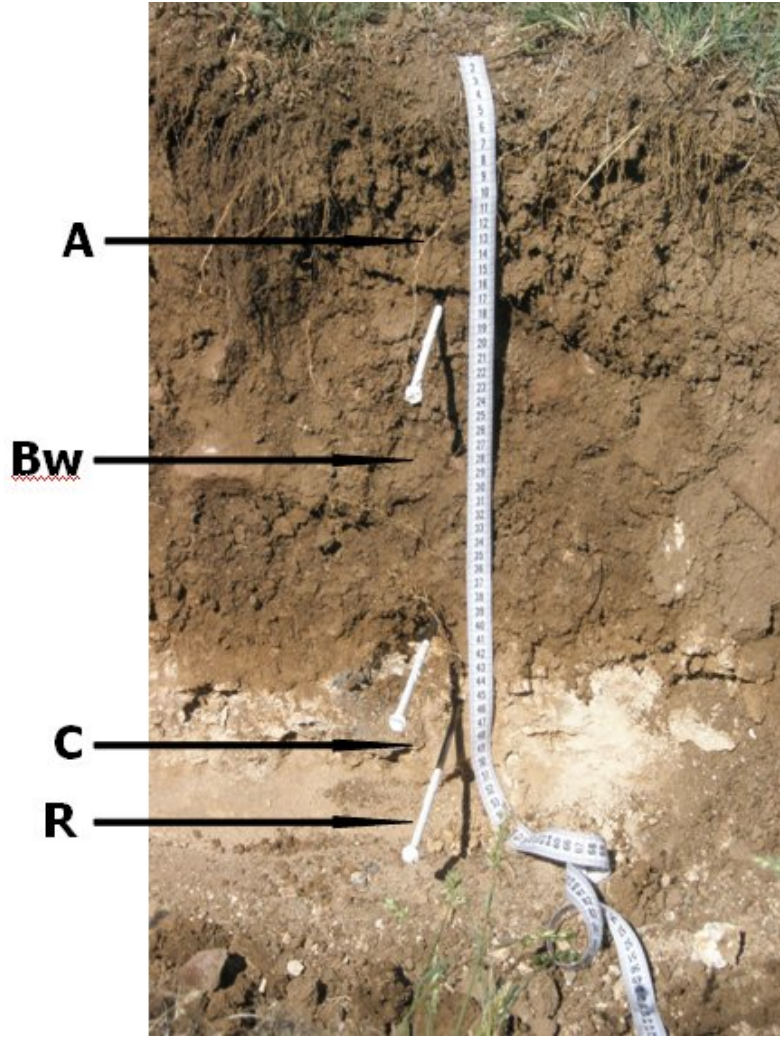
Kln=Kaolinit, All=Allofan, Imo= İmogolit, Sm=Smektit, Ill=İllit

**Tablo 4.** Dasit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin sodyum profosfat, amonyum oksalat ve sodyum sitratta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe içerikleri ve allofan ve ferrihidritin ortalama değerleri

Horizon	Derinlik (cm)	Sodyum profosfat (%)			Amonyum Oksalat (%)			Sodyum Sitrata (%)			$Al_o + 1/2Fe_o$ %	$Al_p / Al_o$ %	Allofan %	Ferrihidrit %
		Al	Fe	Si	Al	Fe	Si	Al	Fe	Si				
A	0-50	151	37,71	26,1	110,96	50,44	18,60	26,28	28,53	3,53	136,18	1,36	54	86
C	50-100	158,4	30,9	17,25	301,32	46,56	59,36	11,25	13,58	2,19	324,60	0,53	534	79

#### 4.2.İgnimbirit Ana Materyali Üzerinde Oluşmuş Toprakların Mineralojik Özellikleri

Örnekleme yeri	36 730226 DOĞU 42 83205 KUZEY
Yükseklik	1435
Eğim	Batı yönünde % 2-4
Arazi kullanımı	Mera
Nem rejimi	Xeric
Ana materyal	İgnimbirit
Drenaj	İyi
Profilde nem	Yok
Yüzey taşlılığı	Orta



Şekil 6. İgnimbirit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profili

**Tablo 5.** İgnimbirit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu tüm-toprak mineralojik bileşimleri (%).

Horizon	Cal	Qtz	Clp	Fel	Bi	Cm	Hb	Aug
A		6		26		51	4	13
Bw		6		28		66		
C		5		51		44		
R	21	4		10		65		

Cal=Kalsit, Qtz=Kuvars, Clp=Klinoptilolit, Fel=Feldispat, Bi=Biyotit, Cm=Kil mineralleri, Hbl=Hornblend, Aug=Ojit

**Tablo 6.** İgnimbirit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu kil fraksiyonu mineralojik bileşimleri (%).

Horizon	Kln	All	Imo	Sm	Ill
A	20	30	25		25
Bw	10	15	15	50	10
C	10	10	40	30	10
R	30	25	30		15

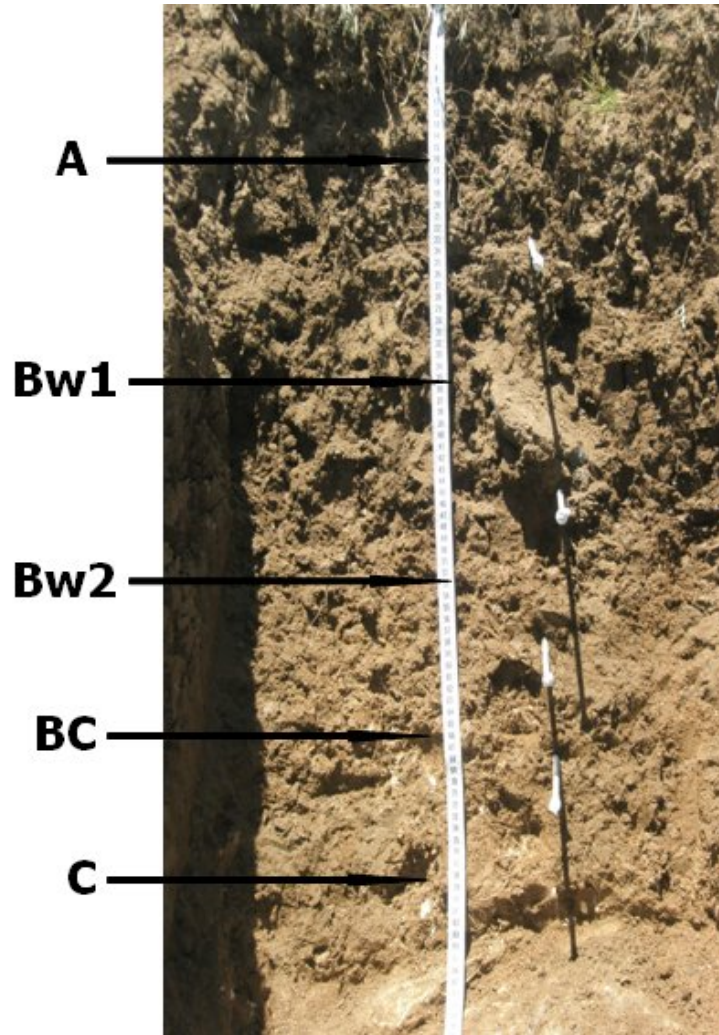
Kln=Kaolinit, All=Allofan, Imo= İmogolit, Sm=Smektit, Ill=İllit

**Tablo 7.** İğnimbirit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin sodyum profosfat, amonyum oksalat ve sodyum sitratta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe içerikleri ve allofan ve ferrihidritin ortalama değerleri

Horizon	Derinlik (cm)	Sodyum profosfat (%)			Amonyum Oksalat (%)			Sodyum Sitrata (%)			$Al_o + 1/2Fe_o$ %	$Al_p / Al_o$ %	Allofan %	Ferrihidrit %
		Al	Fe	Si	Al	Fe	Si	Al	Fe	Si				
A	0-20	26,34	12,22	37,9	15,94	15,52	6,44	7,77	27,47	6,96	23,70	1,65	20	26
Bw	20-40	62,28	30,7	92,73	25,52	16,80	10,86	11,41	37,21	11,58	33,92	2,44	27	29
C	40-47	34,73	17,48	67,63	29,30	19,94	12,57	13,17	42,44	14,60	39,28	1,19	49	34
R	47+	2,132	1,384	47,87	7,11	1,52	3,53	2,71	7,57	7,80	7,87	0,30	22	3

### 4.3. Bazalt Ana Materyali Üzerinde Oluşmuş Toprakların Mineralojik Özellikleri

Örnekleme yeri	36 741701 DOĞU 42 74199 KUZZEY
Yükseklik	1538 m
Eğim	Doğu yönünde % 2-4
Arazi kullanımı	Mera
Nem rejimi	Xeric
Ana materyal	Bazalt
Drenaj	İyi
Profilde nem	B horizonuna kadar kuru daha sonra hafif nemli
Yüzey taşlılığı	Yok



Şekil 7. Bazalt ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profili

**Tablo 8.** Bazalt ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu tüm-toprak mineralojik bileşimleri (%).

Horizon	Cal	Qtz	Clp	Fel	Bi	Cm	Hb	Aug
A		17		25		58		
Bw <sub>1</sub>		6		16		47	9	22
Bw <sub>2</sub>		11		20		69		
BC	7	10		19		64		
C	8	12		17		63		

Cal=Kalsit, Qtz=Kuvars, Clp=Klinoptilolit, Fel=Feldispat, Bi=Biyotit, Cm=Kil mineralleri, Hbl=Hornblend, Aug=Ojit

**Tablo 9.** Bazalt ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu kil fraksiyonu mineralojik bileşimleri (%).

Horizon	Kln	All	Imo	Sm	Ill
A	20	20	25	20	15
Bw <sub>1</sub>	30	20	20	15	15
Bw <sub>2</sub>	35	10	20	20	15
BC					
C					

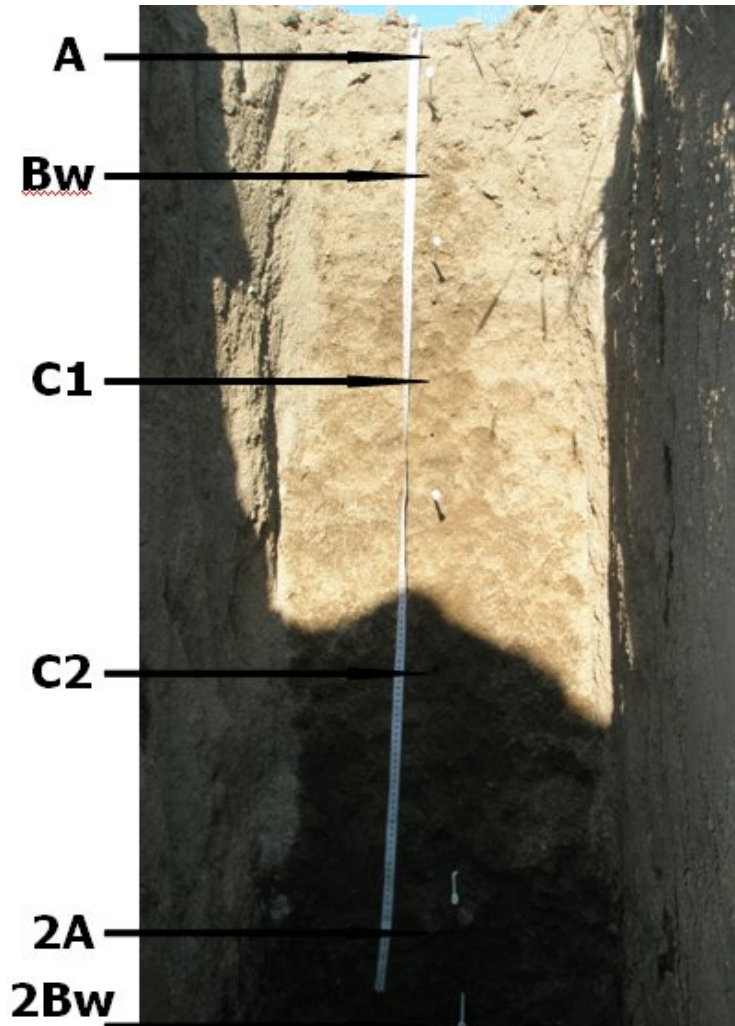
Kln=Kaolinit, All=Allofan, Imo= İmogolit, Sm=Smektit, Ill=İllit





#### 4.4. Andezit Ana Materyali Üzerinde Oluşmuş Toprakların Mineralojik Özellikleri

Örnekleme yeri	36 729324 DOĞU 42 55242 KUZAY
Yükseklik	1453 m
Eğim	Güney doğu yönünde % 2-4
Arazi kullanımı	Kuru tarım arazisi
Nem rejimi	Xeric
Ana materyal	Andezit
Drenaj	İyi
Profilde nem	C2 horizonuna kadar kuru daha sonra hafif nemli
Yüzey taşlılığı	Az



Şekil 8. Andezit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profili

**Tablo 11.** Andezit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu tüm-toprak mineralojik bileşimleri (%).

Horizon	Cal	Qtz	Clp	Fel	Bi	Cm	Hb	Aug
A		6		51		43		
Bw		8		34		58		
C <sub>1</sub>		6		18		43	4	29
C <sub>2</sub>		2		89		10		
2A		10		20		62	4	5
2Bw		5		32		63		

Cal=Kalsit, Qtz=Kuvars, Clp=Klinoptilolit, Fel=Feldispat, Bi=Biyotit, Cm=Kil mineralleri, Hbl=Hornblend, Aug=Ojit

**Tablo 12.** Andezit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu kil fraksiyonu mineralojik bileşimleri (%).

Horizon	Kln	All	Imo	Sm	Ill
A	20	20	15	30	15
Bw	15	15	30	30	10
C <sub>1</sub>	30	20	10	15	25
C <sub>2</sub>	30	25	15	15	15
2A	10	10	10	60	10
2Bw	15	15	10	40	20

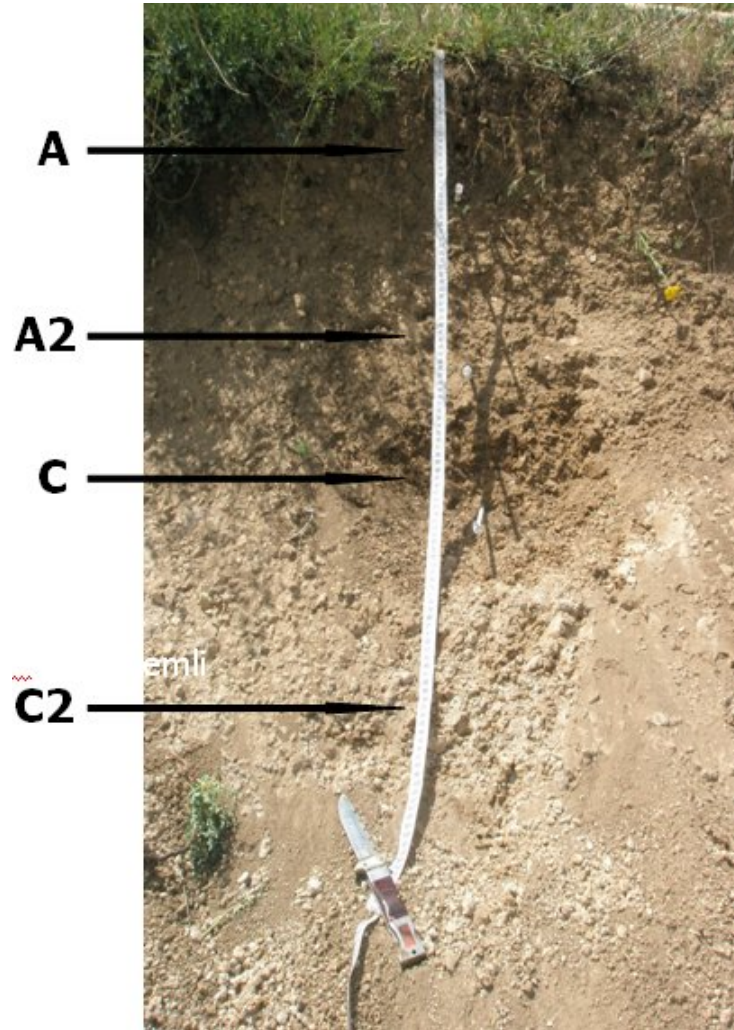
Kln=Kaolinit, All=Allofan, Imo= İmogolit, Sm=Smektit, Ill=İllit

**Tablo 13.** Andezit ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin sodyum profosfat, amonyum oksalat ve sodyum sitratta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe içerikleri ve allofan ve ferrihidritin ortalama değerleri

Horizon	Derinlik (cm)	Sodyum profosfat (%)			Amonyum Oksalat (%)			Sodyum Sitrata (%)			$Al_o + 1/2Fe_o$ %	$Al_p / Al_o$ %	Allofan %	Ferrihidrit %
		Al	Fe	Si	Al	Fe	Si	Al	Fe	Si				
A	0-15	18,84	10,69	29,9	12,76	16,16	4,41	6,37	20,33	7,45	20,84	1,48	14	27
Bw	15-38	31,84	16,85	47,23	13,61	9,54	5,04	5,84	18,73	6,64	18,38	2,34	12	16
C <sub>1</sub>	38-75	38,56	18,33	51,87	13,63	41,64	4,34	5,08	15,91	5,85	34,45	2,83	8	71
C <sub>2</sub>	75-132	15,29	6,92	24,5	12,04	11,55	4,04	4,66	13,30	5,80	17,82	1,27	15	20
2A	132-150	57,98	31,09	94,04	22,98	15,48	11,68	13,14	48,61	20,71	30,72	2,52	30	26
2Bw	150-200	59,23	31,38	99,6	19,73	22,43	6,66	11,72	52,05	18,20	30,94	3,00	12	38

#### 4.5.Volkan Külü Ana Materyali Üzerinde Oluşmuş Toprakların Mineralojik Özellikleri

Örnekleme yeri	36 734614 DOĞU 42 77599 KUZAY
Yükseklik	1599 m
Eğim	Kuzey doğu-doğu yönünde % 2-4
Arazi kullanımı	Kuru tarım arazisi
Nem rejimi	Xeric
Ana materyal	Volkan külü
Drenaj	İyi
Profilde nem	A horizonu kuru, C horizonu hafif nemli
Yüzey taşlılığı	Orta



Şekil 9. Volkan Külü ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profili

**Tablo 14.** Volkan Külü ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu tüm-toprak mineralojik bileşimleri (%).

Horizon	Cal	Qtz	Clp	Fel	Bi	Cm	Hb	Aug
A		6		31		63		
A <sub>2</sub>		4		50		46		
C		5		20		75		
C <sub>2</sub>		4		19		77		

Cal=Kalsit, Qtz=Kuvars, Clp=Klinoptilolit, Fel=Feldispat, Bi=Biyotit, Cm=Kil mineralleri, Hbl=Hornblend, Aug=Ojit

**Tablo 15.** Volkan Külü ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu kil fraksiyonu mineralojik bileşimleri (%).

Horizon	Kln	All	Imo	Sm	Ill
A	50	20	20		10
A <sub>2</sub>	30	30	20		20
C	25	25	30		20
C <sub>2</sub>	25	25	30		20

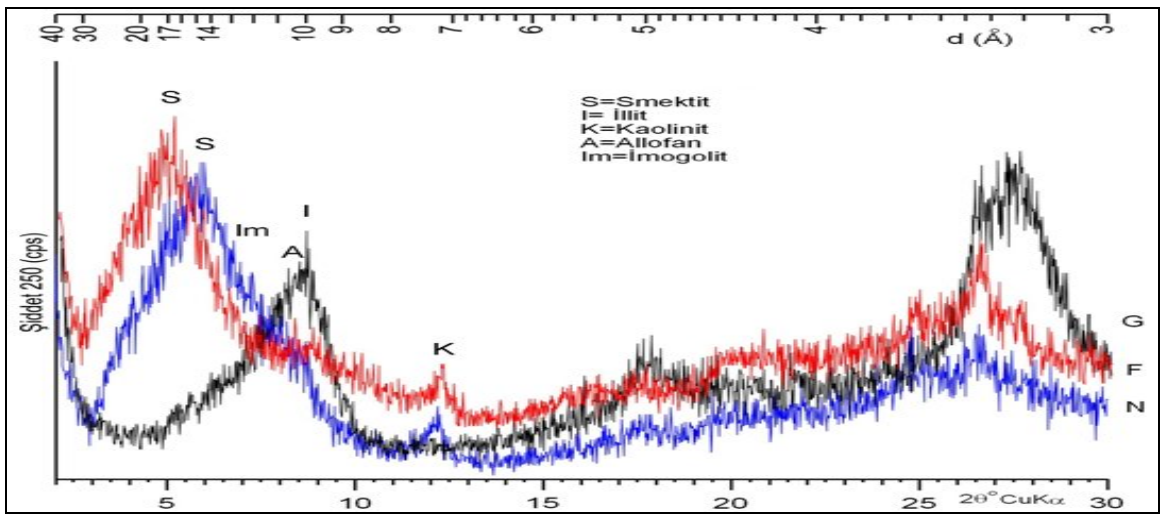
Kln=Kaolinit, All=Allofan, Imo= İmogolit, Sm=Smektit, Ill=İllit

**Tablo 16.**Volkan Külü ana materyali üzerinde tanımlanmış toprak profilinden alınan örneklerin sodyum profosfat, amonyum oksalat ve sodyum sitratta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe içerikleri ve allofan ve ferrihidritin ortalama değerleri

Horizon	Derinlik (cm)	Sodyum profosfat (%)			Amonyum Oksalat (%)			Sodyum Sitrata (%)			$Al_o + 1/2Fe_o$ %	$Al_p / Al_o$ %	Allofan %	Ferrihidrit %
		Al	Fe	Si	Al	Fe	Si	Al	Fe	Si				
A	0-22	41,83	18,86	47,28	23,46	69,04	8,38	9,00	35,79	10,13	57,98	1,78	24	117
A <sub>2</sub>	22-43	37,42	16,56	45,72	23,33	25,10	7,65	10,36	42,76	12,24	35,88	1,60	23	43
C	43-75	64,89	28,23	78,23	30,42	18,76	8,43	12,50	39,99	14,31	39,80	2,13	19	32
C <sub>2</sub>	75-100	53,75	23,37	62,15	25,65	19,07	5,96	7,51	21,66	9,03	35,18	2,10	13	32

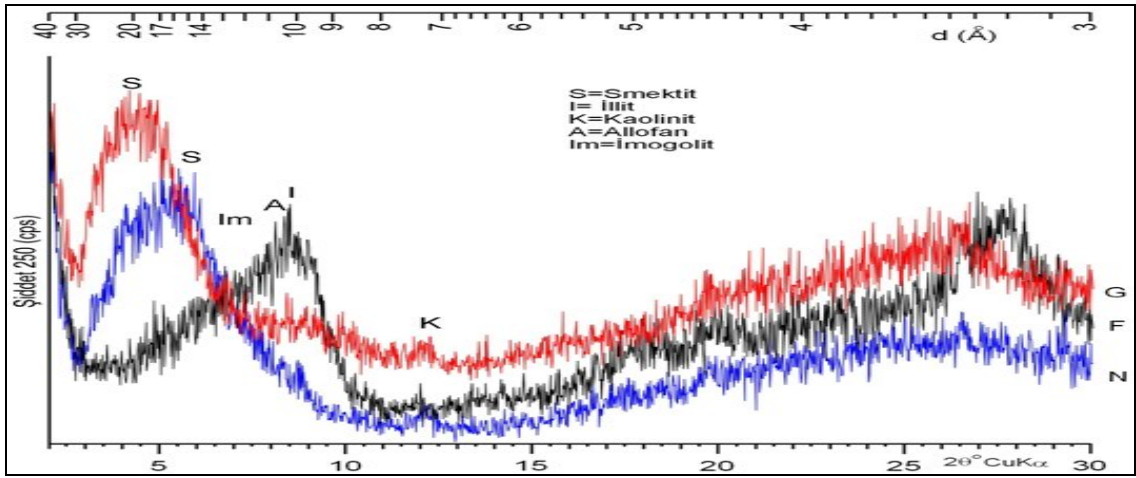
Erciyes Strato-Volkanından püskürtülen ana materyaller üzerinde oluşmuş toprakların X-ışınları difraksiyonu tüm-toprak mineralojik bileşimleri Tablolarda verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; tüm toprak örneklerinde kil mineralleri (% 10-77) ve feldispat (% 10-89) bulunmaktadır. Kuvars tüm örneklerde bulunmakla birlikte yüzdesi düşüktür (% 2-17). Nieuwenhuys ve ark. (2000)'nın humid iklim altında ve farklı yaşlara sahip volkanik topraklarda yaptıkları bir çalışmada 2000 yıl yaşındaki toprakta birincil minerallerden opak mineraller, piroksen, plajiyoklaz ve volkanik camların ikincil minerallerden ise kristalin olmayan ve Fe ve Al-humus komplekslerinin baskın olduğu, 18000 yıl yaşındaki toprakta A ve B horizonlarında volkanik camın bulunmadığı, plajiyoklaz ve piroksenin kuvvetli derecede ayrıştığı, ikincil minerallerden Fe ve Al-humus komplekslerinin üst horizonlarda, kristalin olmayan minerallerin ise alt horizonlarda baskın olduğu, 450.000 yıl yaşındaki toprakta ise opak mineraller dışındaki diğer minerallerin tamamen ayrıştığı tüm profile kaolinit, halloysit, gibbsit ve götit'in baskın olduğu belirlenmiştir.

Karbonat mineralleri kalsit ve dolomit ise genellikle düşük miktarlarda (% 7-21) bulunmaktadır. En az bulunan mineraller ise hornblend ve ojitir. Bu minerallerden feldispat, kuvars, hornblend ve ojit volkanojenik kökenlidir. Kalsit ve dolomit ise yüzeysel koşullarda karbondioksitli suların etkisiyle sentezlenmiştir.

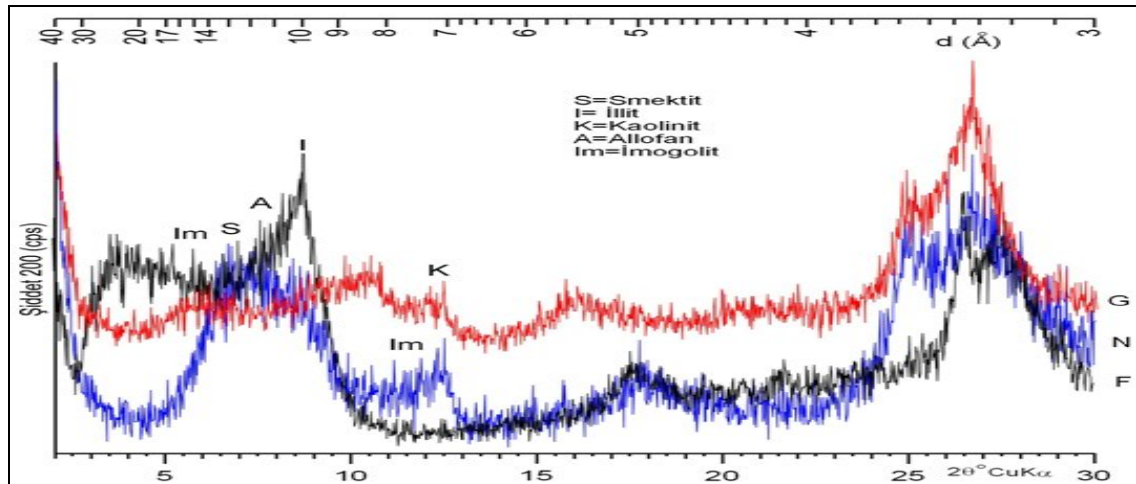


**Şekil 10.** Dasit ana materyali üzerinde oluşmuş toprak profilindeki Bw horizonunun kil taneciklerinin X-ışınları difraksiyonu





**Şekil 11.** Dasit ana materyali üzerinde oluşmuş toprak profilindeki C horizonunun kil taneciklerinin X-ışınları difraksiyonu



**Şekil 12.** İgnimbirit ana materyali üzerinde oluşmuş toprak profilindeki Bw horizonunun kil taneciklerinin X-ışınları difraksiyonu

Toprak örneklerinin XRD-kil taneciği incelemelerinde belirlenen kristalin mineraller kaolinit, smektit ve illittir. Amorf fazlar ise allofan, imogolit ve ferrihidrittir. Bu minerallerden allofan ve imogolitin bolluğu; volkandan atılan camın toprakta henüz bütünüyle hidrolize olmadığını göstermektedir. İllit, volkanojenik biyotitin kil boyu bileşenini temsil etmektedir. Kaolinit asidik-nötr, buna karşın smektit nötr-bazik toprakların karakteristiğidir. Kaolin minerallerinin oluşumu ana materyallerdeki farklılıklardan çok iklim ve yaş farklılıklarından etkilenmektedir. Birincil minerallerin ayrışma derecesi ve ikincil minerallerin bileşimi çalışma alanındaki toprakların

mineralojik gelişiminin ana materyal farklılıklarından değil yaş farklılıklarından kaynaklandığını göstermektedir. Allofan ve imogolit içeren volkanik topraklardaki 2:1 tipi kil minerallerinin oranı yükseklik ve yağış artışı ile artmaktadır (Buytaert ve ark., 2005). Mizota ve Van Reeuwijk (1989) Ekvator'daki volkanik topraklarda yaptıkları çalışmada çeşitli miktarlarda allofan içeriklerine sahip kil fraksiyonundaki kuvars ve 2:1 tabakalı silikatlerin yüksek yağış alan alanlarda daha yüksek, daha kurak alanlarda ise halloysitin yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Dasit ana materyali üzerinde yaklaşık 2800 m yükseklikte oluşmuş toprak profilinin diğer toprak profillerine göre daha yüksek ferrihidrit ve allofan içerdiği bulunmuştur (Tablo 1.3). Van Ranst ve ark. (2008) Endonezya'da perudic bir andosol'un kil taneciklerinin allofan, smektit, ara tabakalı 2:1 mineralleri, Al-klorit, kaolinit, pirofillit, mika, kristobalit ve az miktarda gibsit, silt ve kum taneciklerinin ise ayrışabilir birincil minerallerden plajiyoklaz ve piroksen içerdiklerini saptamışlardır.

Amonyum oksalatta uzaklaştırılabilir Al, Fe ve Si allofan, imogolit ve ferrihidrit gibi Andisollerin kısa mesafeli mineral karakteristikleri gösterir (Parfitt ve Henmi, 1982). Oksalat değerleri andik materyallerin miktarını gösterir. Oksalat amorf ve organik Al, Fe, Si ve amorf alüminyum silikatlerin hepsini uzaklaştırır. Oksalatta uzaklaştırılabilir Al amorf Al, organik ve inorganik Al'un, oksalatta uzaklaştırılabilir Si ise inorganik Si'un bir ölçümüdür. Oksalatta uzaklaştırılabilir Al, Fe ve Si oranları genellikle %10-30 arasında değişmektedir. Oksalatta uzaklaştırılabilir Al içerikleri genellikle Fe ve Si'a göre yüksek bulunmuştur. Allofan içerikleri  $Si_{0.7}Al_{1.4}$  (Parfitt ve Henmi, 1982) formülü ile tahmin edilebilir. Allofan içerikleri ignimbrit, bazalt, andezit ve volkan külünde %8-49, dasit ana materyalinde ise diğer ana materyallerden daha yüksek (%54) bulunmuştur. Dasit ana materyalinde amonyum oksalatta uzaklaştırılabilir Si miktarı diğer ana materyallere göre oldukça yüksektir (%18.6).  $Si_0$  miktarının yüksek olması dasit ana materyalinden oluşmuş topraklardaki allofan içeriğinin yüksek olmasına neden olmuştur. Dasit ana materyali yaklaşık 2800 m yükseklikte bulunmaktadır. Dasit ana materyalinin yüksek rakımda bulunması, diğer ana materyallerin bulunduğu yerlere göre yağışın daha fazla ve sıcaklığın düşük olması  $Si_0$  değerlerinin daha yüksek olmasına neden olmuş olabilir.

Sodyum sitrat ve sodyum profosfat sırasıyla serbest Fe ve Al ve organik bağlı Fe ve Al'un uzaklaştırılmasında kullanılır. Sodyum sitratta uzaklaştırılabilir Fe ( $Fe_d$ ) ve Al ( $Al_d$ ) ve pirofosfatta uzaklaştırılabilir Fe ( $Fe_p$ ) ve Al ( $Al_p$ ) yüzey horizonlarında daha düşük bulunmuştur.  $Fe_p$  ve  $Al_p$  derinlik ile artmıştır ve bu humus ile kompleks oluşturma oranının arttığını göstermektedir.  $Fe_p$  ve  $Al_p$  oranları en yüksek Bw horizonlarında bulunmuştur.  $Fe_d$  ve  $Al_d$  oranları Bw horizonlarına doğru derinlikle ile artmış, daha sonra tekrar azalmıştır. Profosfatta ve sitratta uzaklaştırılabilir Fe ve Al miktarları genel olarak yüksektir ve bu yüksek değerler volkanik kül materyallerinin ayrışma derecesinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Alaska'da volkanik külden oluşmuş topraklarda yapılan benzer bir çalışmada  $Fe_p$  ve  $Al_p$  değerlerinin sırasıyla ortalama %5.7 ve %6.3,  $Fe_d$  ve  $Al_d$  değerlerinin ise sırasıyla ortalama %3.3 ve %3.7 olduğu bulunmuştur (Ping ve ark., 1989). Arnalds ve Kimble (2001) İzlanda da volkanik toprakların  $Fe_p$  ve  $Al_p$  değerlerinin  $0-1 \text{ gkg}^{-1}$ ,  $Fe_d$  ve  $Al_d$  değerlerinin ise  $2-56 \text{ gkg}^{-1}$  olduğunu belirlemişler ve değerlerin düşük olmasının nedeninin organik madde içeriğinin düşük ve humus maddeleri ile Al'un sınırlı kompleks oluşturması olduğunu belirtmişlerdir. Kleber ve ark. (2004) Almanya'daki andisollerler ilgili yaptıkları bir çalışmada  $Fe_p$  ve  $Al_p$  değerlerini sırasıyla yaklaşık %1 ve %1.5 ve  $Fe_d$  ve  $Al_d$  değerlerini ise sırasıyla yaklaşık %3 ve %1.5 bulmuşlardır. Amonyum oksalat, sodyum pirofosfat ve sodyum sitrat ile toprakların uzaklaştırılması sırasında bazı problemler olmaktadır. Mizota ve Van Reeuwijk (1989) bu problemlerin (1) pirofosfat taki dispersiyon problemleri ve (2) humus-metal komplekslerinin tam olarak uzaklaştırılmasında oksalatın yetersiz kalması olduğu belirtmişlerdir. Pirofosfat ta uzaklaştırılabilir Al kısmi olarak Al-hidroksit fazlarının alkali çözünmesine ve organik madde ile bağ oluşturan peptize olmuş Al hidroksit'e atfedilebilir (Kaiser ve Zech, 1996). Pirofosfat sadece humus komplekslerinde bulunan Al tahmininde kullanılmamalıdır (Kleber ve ark., 2004). Pirofosfat mineral bileşiklerinden Al'u ekstrakte edebilir (Higashi ve ark., 1981). Bu çalışmada pirofosfat ekstraksiyonu ile elde edilen Si, Al ve Fe değerlerinin Hidroksi-Al'u benzer fazların (Örneğin; zayıf kristalli gibsit, allofan ve imogolit benzeri mineraller) varlığının göstergesi olarak yorumlanabilir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Erciyes strato volkanından püskürtülen ana materyaller üzerinde oluşmuş toprakların mineralojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla beş farklı ana materyal üzerinde birer toprak profili tanımlanmıştır. Tüm toprak profillerinden alınan toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre; dasit ana materyali üzerinde oluşmuş olan toprakların amonyum oksalatta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe, allofan ve ferrihitrit içeriği diğer ana materyaller üzerinde oluşmuş topraklara göre yüksek bulunmuştur. Bu toprak profili araştırma alanının en yüksek rakımlı yerinde tanımlanmıştır ve dolayısıyla bu durum kuvvetli yıkanmanın olduğunu göstermektedir. Sodyum profosfatta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe değerleri, amonyum oksalat ve sodyum sitratta uzaklaştırılabilir Si, Al ve Fe oranlarından daha yüksek bulunmuştur. Bu durum organik bağlı (organik kompleks) Si, Al ve Fe oranlarının inorganik bağlı Si, Al ve Fe oranlarına göre yüksek olduğunu göstermektedir.

Bütün toprak profillerinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu tüm-toprak mineralojik bileşimlerinde Feldispat ve Kuvars tüm profillerde bulunmaktadır ancak kuvars düşük miktarda bulunmuştur. Kil mineralleri volkan külü ana materyalinde diğer ana materyallere göre daha yüksektir. Kalsit, bazalt ve ingimbit ana materyali üzerinde bulunmuştur. Homblend ve ojit tüm profillerde en az bulunan minerallerdir.

Profillerinden alınan örneklerin X-ışınları difraksiyonu kil fraksiyonu mineralojik bileşimlerinde, kaolinit, allofan, imogolit ve illit tüm profillerde, smektit ise bazalt, andezit ve ignimbit ana materyalleri üzerinde oluşmuş profillerde belirlenmiştir.  $Al_o+1/2Fe_o$  %2 veya daha büyük bir değere ve  $Al_p/Al_o$  oranının ise 0.5 veya daha büyük olmasından dolayı araştırma alanı toprakları genel olarak alu-andic Andosol olarak sınıflandırılabilir.

Bütün toprak profillerinin allofan ve imogolit içerikleri oldukça yüksektir. Dünyada sadece andosol ordosunda bulunan bu mineraller toprağa bitkisel üretim açısından çok olumlu önemli özellikler kazandırmaktadır. Bu minerallerden dolayı andosollerin fosfor tutma yüzdeleri, sus tutma kapasiteleri, pH değerleri ve hacim ağırlıkları bitkisel üretim için oldukça uygundur. Bununla beraber andosoller, fosfor tutma kapasitelerinin yüksek

olmasından dolayı, yüksek miktarlarda fosforlu gübrelemeye gereksinim duyarlar. Su tutma kapasitelerinin yüksek hacim ağırlıklarının ise düşük olması bitkilerin kök gelişiminin iyi olmasını ve özellikle büyüme dönemlerinde bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyu daha kolay ve rahat almalarını sağlar.

Mineralojik analiz sonuçlarına göre çalışma alanındaki topraklar dünyanın en verimli toprakları arasında sayılabilir. Sulamanın yapılmadığı ve en sıcak ve kurak yaz aylarında bile su tutma kapasitelerinin yüksek olması bitkilerde herhangi bir su stresinin oluşmasını önler, bitkiler susuzluk çekmezler. Aynı zamanda tekstürlerinin kaba olması toprak yüzeyinde gözenekli örtü gibi bir ortam oluşturmakta ve kapilariteyi kırarak evaporasyonun önemli derecede azalmasını sağlamaktadır. Örneklemlerin yapıldığı ağustos ayında hava sıcaklığının en yüksek olmasından dolayı bitkilerde su stresinin olması gerekirken mineralojik ve fiziksel özellikleri bitkilerde stres oluşumlarını engellemiştir. Toprak profillerinden görüleceği gibi yüzeyin hemen altındaki horizonlar nemlidir. Volkanik toprakların hacim ağırlıkları düşük olduğundan dolayı üretimi yapılmak istenen bitkilerin seçiminde önemli bir faktör olabilir.

## 5. KAYNAKLAR

- Anonim, 2000. <http://ansiklopedi.turkcebilgi.com/Mineraloji>
- Anonim, 2004. Kayseri Çevre Durum Raporu, T.C.Kayseri Valiliği İl Çevre Ve Orman Müdürlüğü. [http://www.cedgm.gov.tr/icd\\_raporlari/kayseriicd2004.pdf](http://www.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/kayseriicd2004.pdf).
- Anonim, 2007. Türkiye Toprak Veri Tabanı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. <http://www.scribd.com/doc/6589024/Turkiye-Toprak-Veritaban>.
- Arnalds, O., and Kimble, J. 2001. Andisols of desert in Iceland, published in Soil Sci. Soc. Am. J. 65:1778–1786.
- Broquen, P., Lobartini, J.C., Candan, F., Falbo, G., 2005. Allophane, aluminium, and organic matter accumulation across a bioclimatic sequence of volcanic ash soils of Argentina. *Geoderma* 129, 167–177.
- Buytaert, W., Sevink, J., De Leeuw, B., Deckers, J. 2005. Clay mineralogy of the soil in the South ecuadorian parama region. *Geoderma*127:114-129.
- Dingil, M., 2003. Türkiye’de Andisol Ordosuna Girebilecek Bazı Toprakların Özellikleri, Genesisi ve Sınıflandırılması.Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı Doktora Tezi, Adana.
- Duchaufour, P., 1984. *Pedologic*, Mason, Paris.
- Durak, A., Topbaş, M. T., Kılıç. K., 2003. Mineraloji ve Petrografi, GOÜ. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 9
- Higashi, T., de Coninck, F., Gelaude, F. 1981. Characterization of some spodic horizons of the Campine (Belgium) with dithionite-citrate, pyrophosphate, and sodium hydroxide tetraborate. *Geoderma* 28, 285-292.
- Kaiser, K., Zech, W. 1996. Defects in estimation of aluminium in humus complexes of podzolic soils by pyrophosphate extraction. *Soil Science* 161, 452-458.
- Kleber, M., Mikutta, C., and Jahn, R. 2004. Andosols in Germany-Pedogenesis and properties, *Catena* 56, 67-83.
- McKeague, J.A. 1967. An evaluation of 0.1 M pyrophosphate and pyrophosphate-dithionite in comparison with oxalate as extratants of the accumulation products in Podzols and some other soils. *Can. J. Soil Sci.* 47:95-99.
- McKeague, J.A., and Day, J.H. 1966. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci.* 46:13-22.
- Mitoza, C., Kawasaki, I. and Wakatsuki, T. 1988. Clay mineralogy and chemistry of seven pedons formed in volcanic ash, Tanzania. *Geoderma* 43:131-141.

- Mitoza, C., Van Reeuwijk, L.P., 1989. Clay mineralogy and chemistry of soils formed in volcanic material in diverse climatic regions. International Soil Reference and Information Centre Soil Monograph, vol. 2. Wageningen.
- Naidu, R., Kirkman, J.H. and, Morri R.J. son, 1987. Mineralogy of soils from basaltic ash, Taveuni, Fiji, *Geoderma* 39:181-192.
- Nanzoy, M., Dahlgren, R.A, and, Shoji, S. 1993. Chemical characteristics of volcanic ash soils. In *Volcanic Ash Soils: Genesis, Properties and Utilisation*. S. Shoji, M. Nanzoy, and R.A. Dahlgren (eds.). Elsevier, Amsterdam, pp,141-188.
- Nieuwenhuysse, A., Verburg, P.S.J. and Jongmans, A.G. 2000. Mineralogy of a soil chonosequence on andesitic lava in humid tropical Costa Rika. *Geoderma* 98:61-82
- Nizeyimana, E., Bicki,T.J. and Agbu, P.A. 1997. An assessment of colloidal constituents and clay mineralogy of soils derived from volcanic materials along a toposequence in Rwanda.
- Parfitt, R.L., Wilson, A.D. 1985. Estimation of allophane and halloysite in three sequences of volcanic soils, New Zeland. *Catena Suppl.* 7:1-8.
- Parfitt, R.L., and Clayden, B. 1991. Andisols-The development of a new order in Soil Taxonomy. *Geoderma* 49:181–198.
- Parfitt, R.L., Childs, C.W. and Eden, D.N. 1988. Ferrihydrite and allophane in four Andepts from Hawaii and implications for their classification. *Geoderma* 41:223–241.
- Parfitt, R.L., and Henmi, T. 1982. Comparison of an oxalate extraction method and an infrared spectroscopic method for determining allophane in soil clays. *Soil Sci. Plant Nutr.* 28.
- Parfitt, R.L., Kimble, J.M., 1989. Conditions for formation of allophane in soils. *Soil Science Society of Amerika Journal* 53:971–977.
- Parfitt, R.L., Russell, M. and Orbell, G.E. 1983. Weathering sequence of soils from volcanic ash involving allophane and halloysite. *Geoderma* 29:41-57.
- Parfitt, R.L., Saigusa, M. and Cowie, J.D. 1984. Allophane and halloysite in a volcanic ash bed under different moisture conditions. *Soil Sci.* 138:360–364.
- Ping, C.L., Shoji, S., Ito, T., Takahashi, T. and Moore, J.P. 1989. Characteristics and classification of volcanic-ash-derived soils in Alaska. *Soil Sci.* 148

- Ping, C.L., Shoji, S., and Ito, T. 1988. Properties and classification of three volcanic ash-derived pedons from Aleutia Islands and Alaska. *Soil Sci. Am. J.* 52:455-462.
- Shoji, S., Nanzyo, M., and Dahlgren, R. 1983. *Volcanic ash soils*. Elsevier, science pup., Amsterdam. 288s.
- Shoji, S., and Fujiwara, Y 1984. Active aluminum and iron in the humus horizons of Andisols from northeastern Japan: Their forms, properties and significance in clay weathering. *Soil Sci.* 137:216–226.
- Shoji, S., Nanzyo, M., and Dahlgren, R.A. 1993. *Volcanic Ash soils. Genesis, properties, and utilization*. Dev. Soil Sci. 21. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Shoji, S., Nanzyo, M., Dalhgren, R.A., Quantin, P., 1996. Evaluation and proposed revisions of criteria for Andosols in the world reference base for soil resources. *Soil Science*.
- Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture. 1972. *Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples*. Soil Survey Investigations Report No. 1 (revised), U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Soil Survey Staff. 1993. *Soil survey manual*. USDA Agric. Handb. 18. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Takahashi, T., Dahlgren, R., Van Susteren, P. 1993. Clay mineralogy and chemistry of soils formed in volcanic materials in the xeric moisture regime of northern California. *Geoderma* 59:131-150.
- Ugolini, F.C., and Dahgren, R.A. 1991. *Weathering Environments and Occurrence of Imogolite/Allophane in Selected andisols and spodosols*,
- Van Rast, E., Utami, S.R., Verdoodt, A. And Qofaku, N.P. 2008. Mineralogy of a perudic Andosol in central Java, Indonesia, *Geoderma* 144: 379-386.
- Wada, K., 1985. Distinctive properties of Andosols. *Adu. Soil Sci.*, 2:173-229.



