



Araştırma Makalesi/Reserach Article

Çanakkale’de Farklı İklim Koşullarının Toprak Oluşumuna Etkisi

Aykut Yüksel¹ 

Hüseyin Ekinci^{2*} 

¹Çanakkale İl Tarım ve Orman Müdürlüğü

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Çanakkale

*Sorumlu yazar: hekinici@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 09.05.2022

Kabul Tarihi: 02.06.2022

Öz

Çanakkale İli Yenice (Ahiler köyü-P1) ve Ezine (Kızıltepe köyü-P2) ilçelerinde yürütülen bu çalışmada, andezitik kayalar üzerinde farklı yağış ve sıcaklık koşullarında oluşmuş iki toprak profili incelenmiştir. Yenice ilçesinin yıllık ortalama yağış miktarı (847 mm) Ezine ilçesinden (547 mm) daha fazladır. Arazide morfolojik tanımlamaları yapılan profillerden horizon esasına göre alınan toprak örneklerinde XRD (X Ray Difraksiyon), SEM (Taramalı Elektron Mikroskopu) ve EDS-EDX (Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi) ve major oksit gibi bazı fizikokimyasal analizler ve mineralojik analizler yapılmıştır. Oksit analizlerden CIA (kimyasal ayrışma indeksi), PIA (plajoklas alterasyon indeksi) ve SiO_2/Al_2O_3 gibi bazı ayrışma oranları hesaplanmıştır. Profil 1 (P1) O-A -Bt-C-R ve Profil 2 (P2) ise A-Bw-C horizonlarını içermektedir. P1 yüzeyde kumlu tın, yüzey altında ise kil tın ve kil, P2 ise genellikle kumlu kil tın bünye sınıfındadır. Yıkanmanın etkisiyle P1 de bir argillik horizon oluşmuşken P2 de kambik horizon mevcuttur. P1 de kation değişim kapasitesi (KDK) argillik horizonunda $42.48 \text{ cmolkg}^{-1}$ iken P2 nin kambik horizonunda $26.72 \text{ cmolkg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. P1’in CIA ve PIA ayrışma indeksleri P2’ye göre daha yüksek bulunmuştur. Buna göre P1 de feldspatların daha fazla ayrıştığı ve P2 ye göre daha yaşlı bir profil olduğu saptanmıştır Bunun yanında XRD analizlerine göre P1 de kaolinit mevcut olup feldspatlardan albite rastlanmazken P2 de kaolinite rastlanmamış ve önemli miktarda albit belirlenmiştir. Toprak profilleri toprak taksonomisine göre sırasıyla P1 Lithic Haplustalf, P2 ise Humic Dystroxepts; WRB sınıflamasına göre P1 Epileptic Luvisols (Abruptic), P2 ise Haplic Cambisols (Dystric) olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma sonuçları benzer topoğrafik koşullarda ve andezitik kayalar üzerinde oluşmuş iki toprak profilinde, iklim parametrelerinden yağıştaki farklılıkların toprakların profil yapısını, ayrışma düzeylerini, fiziko-kimyasal özelliklerini ve toprak taksonomisini etkilediğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Andezit, Çanakkale, İklim, Toprak Özelliği

The Effect of Different Climatic Conditions on Soil Formation in Çanakkale Abstract

This study was conducted within the borders of Çanakkale Province Yenice (Ahiler village-P1) and Ezine (Kızıltepe village-P2) formation of two soil profiles on andesitic rocks under different precipitation and temperature conditions were investigated. The annual average rainfall of Yenice district (847 mm) is higher than that of Ezine (547 mm). Some physicochemical analyzes and mineralogical analyzes such as XRD (X-Ray Diffraction), SEM (Scanning Electron Microscopy), and EDS-EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), and major oxides were performed on soil samples taken on the basis of horizon in soil profiles with morphological definitions. Some weathering rates such as CIA (chemical weathering index), PIA (plagioclase alteration index) and SiO_2/Al_2O_3 were calculated from the oxide analyses results. Profile 1 (P1) contains O-A -Bt-C-R and Profile 2 (P2) contains A-Bw-C horizons. P1 is sandy loam on the surface, clay loam and clay subsurface, and P2 is generally sandy clay loam. While an argillic horizon was formed in P1 as a result of leaching, there was a cambic horizon in P2. While the cation exchange capacity (CEC) in P1 was $42.48 \text{ cmolkg}^{-1}$ in the argillic horizon, it was determined as $26.72 \text{ cmolkg}^{-1}$ in the cambic horizon of P2. CIA and PIA dissociation indices of P1 were higher than that of P2. According to this result, it was determined that feldspars were more decomposed in P1 which had an older profile compared to P2. In addition, according to XRD analysis, kaolinite was present in P1 and albite was not found in feldspars, while kaolinite was not found in P2 and a significant amount of albite was determined. Soil profiles are classified as follows, respectively, according to soil taxonomy; P1 is Lithic Haplustalf, P2 is Humic Dystroxepts; According to the WRB classification, P1 is classified as Epileptic Luvisols (Abruptic) and P2 is classified as Haplic Cambisols (Dystric). The results of the study showed that the differences in precipitation, which is one of the climate parameters, affect the profile structure of the soils, weathering levels, physico-chemical properties, and soil taxonomy in two soil profiles formed on andesitic rocks and under similar topographic conditions.



Key words; Andesite, Canakkale, Climate, Soil Characteristics

Giriş

Doğal ve aynı zamanda canlı bir varlık olarak gözetilmesi gereken toprak, sınırlı bir kaynaktır ve sürdürülebilir kullanımı gerektiren tarımın en vazgeçilmez unsurudur. Tarım için böylesine önemli bir doğal kaynağın özelliklerinin bilinmesi ve bu özelliklere uygun kullanımı sürdürülebilirlik bakımından önemlidir.

Püskürük (volkanik), tortul (sedimenter) ve metamorfik (başkalaşım) olarak sınıflandırılan ana kayalar toprak oluşumunda ve toprakların karakter kazanmasında önemli rol oynamaktadır. Topraklar, bu kayaların yerinde ayrışmasıyla veya bunların ayrışma ve parçalanma ürünlerinin farklı güçler tarafından taşınarak birikmiş mineral veya organik kökenli ana materyaller üzerinde oluşurlar.

Andezitler, volkanik kökenli iç püskürük magmatik kayalar sınıfında olup ince taneli, dayklar ve siller gibi formlarda oluşmuşlardır. Esas mineralleri genellikle plajioklas, piroksen, hornblend ve mika olup biotit, magnetit, ilmenit, apatit ve zirkon gibi tali minerallere de sahip olabilirler. İçerdikleri silika ortalama olarak %57-63 arasında değişmektedir (Best, 2002; Winter, 2010).

ABD'nin batı bölgelerinde andezitten oluşmuş toprakların bölgesel bir öneme sahip olduğu, çalışmalarda saptanan andik toprak özelliklerinin iklim ile ilişkili olabileceği vurgulanmıştır (Rasmussen ve ark., 2007).

Kaz Dağları'nın Bayramiç-Çan arasında kalan kısmında yürütülen bir çalışmada andezitik kayalar üzerinde oluşmuş iki profilin başlıca andesin, albit, mikroklin, ortoklas ve muskovit minerallerini içerdiği belirlenmiştir. İncelenen profiller toprak taksonomisine göre Haploxerolls olarak sınıflandırılmıştır (Başarlar ve Ekinci, 2019).

İvrindi-Balıkesir (Sarıalan) yöresinde gerçekleştirilen bir çalışmada, sahanın büyük kısmının üst oligosen-alt miyosen yaşlı hallaçlar formasyonu ile andezit ve andezitik aglomeralardan oluştuğu gözlemlenmiştir (Avcı, 2019).

Şanlıyüksel Yücel ve Baba (2015), Çan (Çanakkale) civarındaki soğuk ve sıcak su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Yapılan çalışma sonucunda, geniş bir alanda yüzlek veren Çan volkanitlerinin (andezit, andezitik tüf, tüf ve bazalt) silisik alterasyon, arjilik/ileri arjilik alterasyon ve propilitik olmak üzere üç farklı tipte hidrotermal alterasyona uğradığı saptanmıştır.

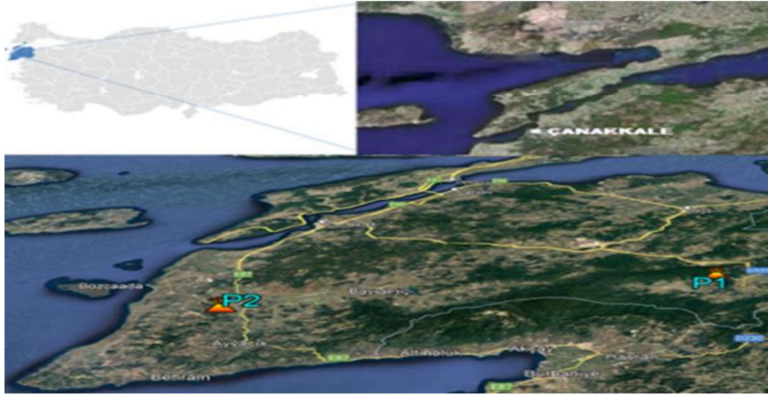
Toprakların ayrışma düzeyleri çeşitli ayrışma indeksleri ve ayrışma oranları tarafından belirlenebilmekte olup bunların bazıları, kimyasal ayrışma indeksi-CIA (Nesbitt ve Young,1982), bazlar/R₂O₃ oranı (Birkeland, 1999), plajioklas ayrışma oranı-PIA, (Fedó ve ark, 1995) gibi indeks ve oranlar şeklindedir.

Çanakkale İlinde yıllık yağış ve sıcaklık ortalamasının birbirinden farklı olduğu Yenice (Ahiler-P1) ve Ezine (Kızıltepe-P3) İlçelerinde yürütülen bu çalışmada, andezitik kayalar üzerinde oluşmuş iki toprak profili incelenmiştir. Toprak profillerinin morfolojik tanımlamaları yapılarak horizon esasına göre alınan toprak örneklerinde bazı fiziko-kimyasal ve mineralojik özellikler incelenmiş ve toprak taksonomisi (Soil Survey Staff, 2014) ile WRB (IUSS -2015) sistemlerine göre sınıflandırılması yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı ve coğrafi konumu

Çanakkale İli Yenice (Ahiler-P1) ve Ezine (Kızıltepe-P2) İlçeleri sınırları içerisinde yapılan bu çalışmada iki adet toprak profili incelenmiştir (Şekil 1). Toprak profilleri (Şekil 2) Soil Survey Division Staff, (2017) de belirtilen esaslara göre morfolojik olarak incelenmiş ve horizon esasına göre toplam 10 adet toprak örneği alınmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının ve toprak profillerinin konumu
Figure 1. Location of the study area and soil profiles



P1



P2

Şekil 2. Toprak profillerinin (P1 ve P2) arazideki konumu ve görünümü
Figure 2. Location and view of soil profiles (P1 and P2) in the field

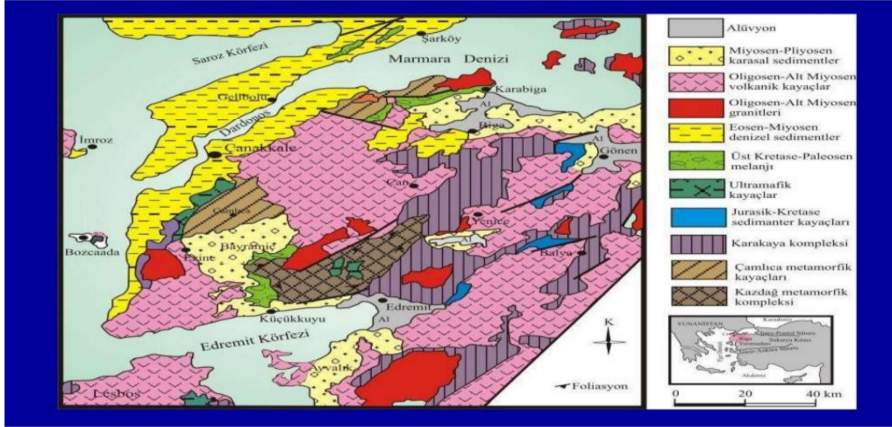
İklimi ve doğal bitki örtüsü

Çalışma alanında genellikle Marmara Bölgesi iklim tipi hakim olup, Karadeniz ve karasal iklime ait özelliklere de rastlanmaktadır. Bunun yanında Akdeniz ikliminin etkileri de gözlenmektedir. Toprak profillerinin incelendiği kısımlarda yağış ve sıcaklık gibi iklim özellikleri birbirinden farklılıklar göstermektedir. Yenice ilçesinin uzun yıllar yıllık yağış ortalaması 847 mm, yıllık ortalama sıcaklık değeri 13.2 °C, kış ayları sıcaklık ortalaması 5.23 °C, yaz ayları sıcaklık ortalaması ise 21.5 °C dir (TÜMAS, 2016). Ezine ilçesinin yıllık ortalama yağış miktarı 547 mm, yıllık ortalama sıcaklık değeri 15,7 °C, kış ayları sıcaklık ortalaması 7,06 °C, yaz ayları sıcaklık ortalaması ise 25,16 °C dir (Anonim, 2020). Buna göre Yenice ilçesinin nem rejimi ustic, sıcaklık rejimi mesic, Ezine ilçesinin nem rejimi xeric ve sıcaklık rejimi de thermic olarak belirlenmiştir.

Çanakkale’de ormanlar genellikle meşe (*Quercus*), karaçam (*Pinus nigra*), kızılçam (*Pinus brutia*), köknar (*Abies*) ve kayın (*Fagus*) türündeki karışık cins ağaç topluluklarından oluşmaktadır. Makiler ise (kocayemiş (*Arbutus unedo*), defne (*Laurus nobilis*), mersin (*Myrtus communis*) ve çalı türlerini kapsamaktadır (Anonim, 2019).

Jeoloji

Çalışma alanında yer alan andezitik kayalar daha çok Oligosen-Alt Miyosen volkanik kayalar grubu içerisinde yer almaktadır (Şekil 3). Erenoğlu (2017), Biga Yarımadası'nda Kazdağı'nın kuzeydoğu bölümünde Etili beldesi ve güneyinde yürüttüğü çalışmada, çalışma alanını metamorfik, magmatik ve sedimanter kayalardan oluşan farklı kaya birimlerini 7 litostratigrafi birime ayırmıştır. Bunlar; Üst Kretase yaşlı Çetmi Ofiyolit melanjı, Oligosen yaşlı Çan volkaniti, Ezine volkaniti, Kirazlı volkaniti, Çan Taşı Tüfü kayaları, Evciler Plütunu, ve etkin magmatizmadan sonra Miyosen ve sonrasında bölgede çökelmiş Çan Formasyonudur.



Şekil 3. Çalışma alanı jeoloji haritası (Yiğitbaş, 2006).

Figure 3. Geological map of the study area (Yiğitbaş, 2006).

Siyako ve ark. (1989), Biga Yarımadası'ndaki Bayramiç-Çan bölgesi ve Edremit Körfezi çevresindeki Oligosen-Miyosen volkanizması yüzleklerini Ezine volkaniti olarak adlandırmıştır. Ezine volkanitlerine ait birimler çalışma alanda Halılağa, Keçiagılı, Dereoba, Uzunalan, Küçükpaşa köyleri çevresinde görülmektedirler. Ezine volkanitleri çoğunlukla andezit ve dasit bileşimli lav akıntıları ve riyolitik bileşimli tüflerden oluşan piroklastik fasiyesleri içermektedir.

Söylemezoğlu ve ark. (1998), Kuzey batı Anadolu'da Çanakkale-Çan yöresi volkanik kayalarının jeolojik ve petrolojik özellikleri ve evriminin araştırdıkları çalışmada, Çanakkale-Çan arasında magmatik ve çökel kayaların bir arada bulunduğunu bildirmektedirler. Bölgedeki istifin temelini Üst Kretase-Alt Paleosen yaşlı Çamlıca metamorfiklerinin oluşturduğunu belirten araştırmacılar, inceleme alanında Üst Eosen-Alt Oligosenden itibaren kalkalkalen karakterli yaygın bir magmatik faaliyetin Dededağ volkanitlerinin andezitik ve riyolitik karakterli lav ve bunların piroklastikleri ile başlayıp andezit, riyolit lav akıntılarıyla devam ettiğini ifade etmektedirler.

Laboratuvar analizleri

Toprak rengi Japon tipi Munsell renk skalası ile, toprak reaksiyonu (pH) 1:2,5 toprak-saf su süspansiyonunda pH metre ile, organik karbon miktarı Smith-Weldon metoduna (Nelson ve Sommers,1996), toprak tekstürü hidrometre metodu ile (Bouyoucouc,1951), katyon değişim kapasitesi (KDK) sodyum asetad yöntemiyle (USDA, 1954) saptanmıştır. Toprakların major oksit analizleri XRF yöntemiyle MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarında yapılmıştır. XRD analizleri, (Harris ve White, 2008) de belirtildiği şekilde PANakytical Empyrean cihazında 5°-70° (2θ) aralığında ölçüm alınmış ve veriler X'Pert HighScore Plus software yazılımında işlenerek, SEM analizi White (2008)'e göre yüzey görüntüleri JEOL JSM-7100F marka-modelindeki Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM) ile EDX spektrumları Oxford Instrument X-Max marka-modelindeki dedektör kullanılarak ÇOMÜ Merkez Laboratuvarında (ÇOBİLTUM) yapılmıştır.

Bulgular

Toprakların bazı fizikokimyasal özellikleri

Profil 1 (P1), dağlık arazilerin (310 m) %6-12 orta eğimli yamaçlarında yer almakta ve O-A-Bt-C horizon dizilimine sahiptir. Profil 2 (P2) ise %2-6 eğimli, hafif su erozyonuna sahip tepelik arazilerde oluşmuş ve A-Bw-C horizon dizilimi göstermektedir. P1'in bulunduğu yörede yıllık



ortalama yağış (727 mm), P2'ye (547 mm) göre daha yüksek ve yıllık ortalama sıcaklık (13.2 °C) daha düşüktür. Toprak strüktürü, organik maddenin fazla olduğu (%4) yüzey katmanlarında küçük granüler, kil artışının olduğu B horizonlarında genellikle orta dayanıklılıkta, köşeli ve yarı köşeli bloktur. Morfolojik bulgular ve laboratuvar analizi sonuçları P1 de kil artışına bağlı olarak oluşmuş bir argillik horizonun varlığını göstermektedir. P2 de ise bir kambik horizon mevcuttur. P1 yüzeyde sarımsı kahverengi, yüzey altında ise kırmızımsı sarı, P2 ise yüzeyde koyu kahverengi, yüzey altında ise koyu sarımsı kahverengidir (Çizelge 1).

Çizelge 1. P1 ve P2'ye ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları
Table 1. Some physical and chemical analysis results of P1 and P2

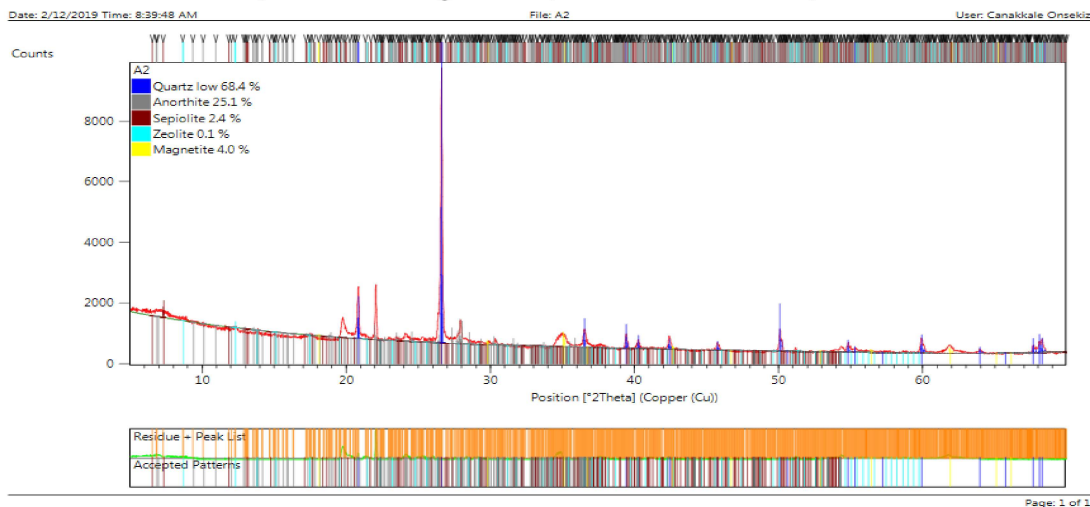
Horizon	Derinlik	pH (1:2.5)	EC dS/m	Renk	%Org Mad.	KDK (cmol kg ⁻¹)	%Kil	%Silt	%Kum	Bünye
P1										
O	0-3									
A	3-10	6.69	0.184	10YR5/4	4.18	27.50	15.33	23.67	61.00	SL
Bt1	10-20	7.36	0.129	10YR5/8	1.37	27.69	36.72	24.72	28.56	CL
Bt2	20-35	6.73	0.079	10YR6/6	1.17	35.58	42.48	27.28	30.24	C
C	35-45	7.53	0.117	10YR6/8	0.49	6.80	8.72	14.72	76.56	SL
Cr	45+	7.70	0.108	10YR8/2	0.13	-	9.44	13.80	76.76	SL
P2										
A1	0-10	5.92	0.072	10YR4/4	4.32	14.71	8.72	20.72	70.56	SL
A2	10-20	5.35	0.031	10YR4/6	1.80	20.16	22.72	20.72	56.56	SCL
Bw	20-27	4.93	0.033	10YR4/6	1.11	27.22	26.72	16.72	56.56	SCL
CB	27-40	4.75	0.023	10YR5/8	0.44	18.96	20.72	10.72	68.56	SCL
Cr	40+	4.47	-	-	0.25	-	-	-	-	-

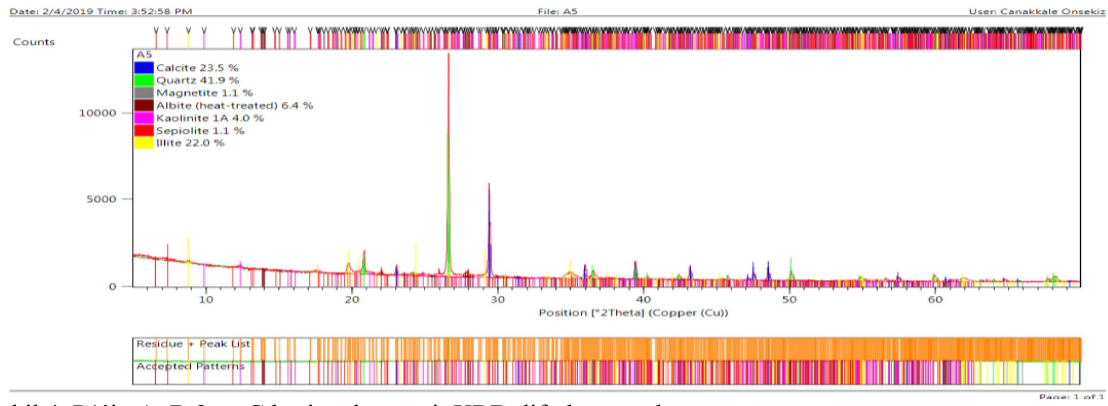
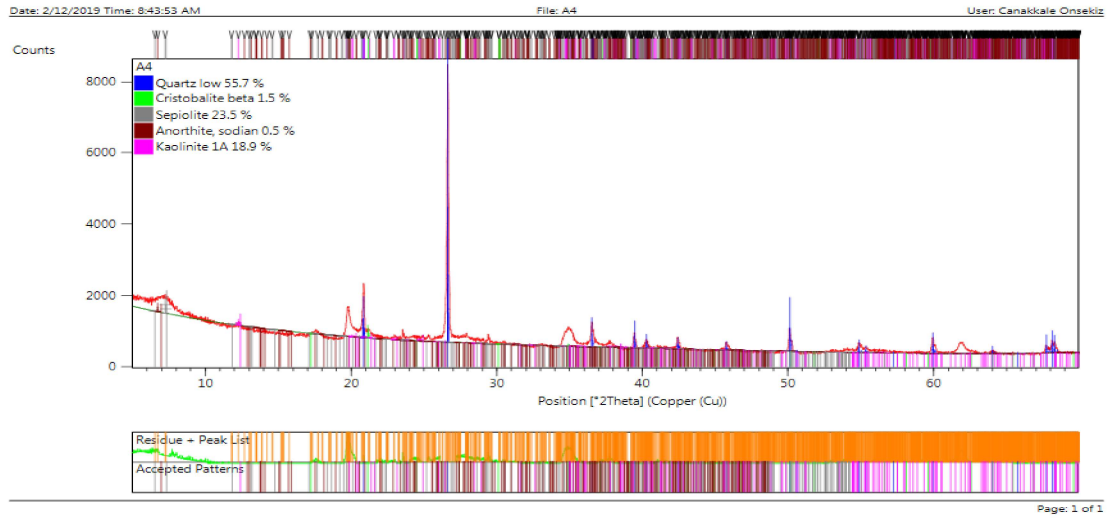
Çizelge 1'de görüldüğü gibi P1 de pH değeri 6.69–7.70 arasındadır. Katyon değişim kapasitesi 27.50 ile 35.58 cmolkg⁻¹ arasında değişmektedir. Organik madde içerikleri yüzeyde yüksek iken (%4.18) alt katmanlara inildikçe %0.13'e kadar düşmektedir. Kum içeriği %76'ya kadar çıkmakta ve kil oranı %8.72 ile %42.48 değerleri arasında değişmektedir. Tüm profil yüzeyden (%0.91) alta doğru (%13.45) artış gösteren kireç içermektedir.

P2'nin pH değerleri 4.47-5.92 arasında değişiklik göstermekte ve asidik özelliktedir. Katyon değişim kapasitesi 14.71-27.22 cmol kg⁻¹ arasında değişmektedir. Yüzey horizonunda %4.32 olan organik madde, alt horizonlarda %0.25'e kadar düşmektedir. Bu profildeki kum oranı %56.56-70.56 arasında, % silt oranı 10.72-20.72 arasında ve % kil oranı ise 8.72-26.22 arasında değişmektedir.

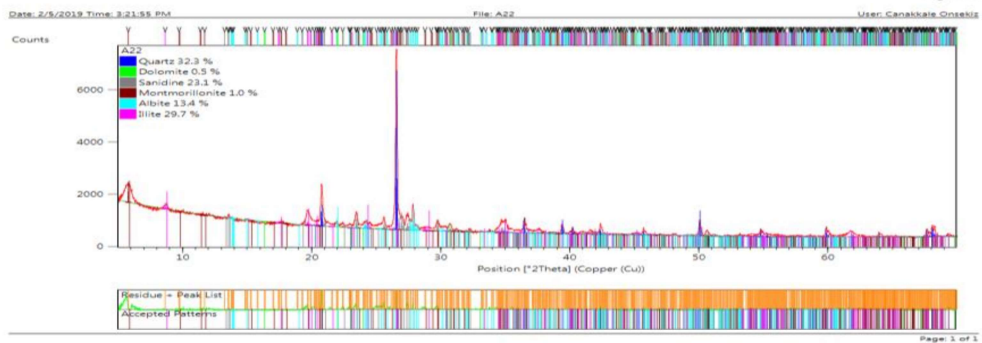
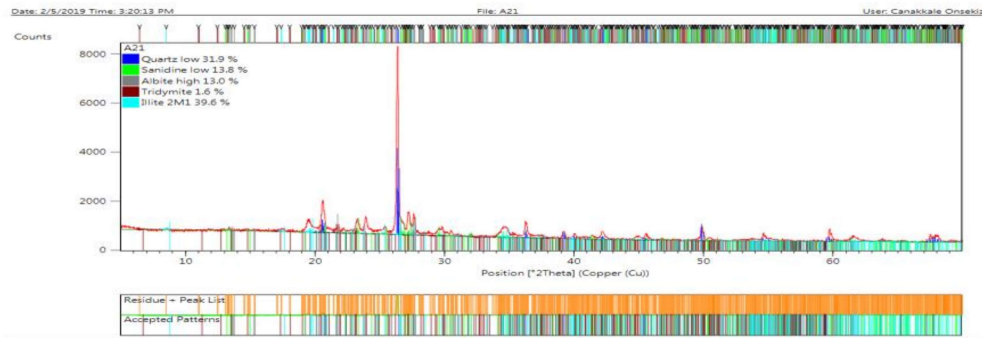
Toprak örneklerin bazı mineralojik özellikleri

Çalışma alanında incelenen 2 adet toprak profilinin bazı horizonlarına ait X-Işını Kırınım Yöntemi ile elde edilmiş XRD difraktogramları Şekil 4 ve 5'te verilmiştir.





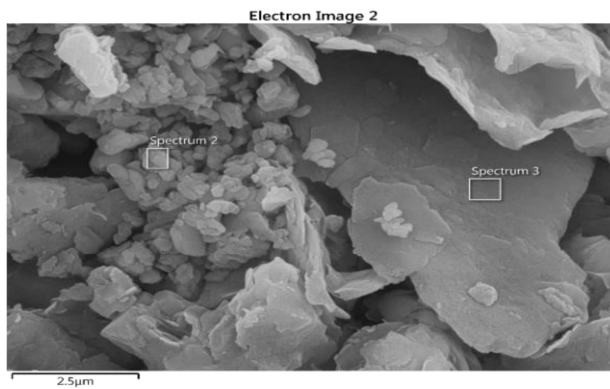
Şekil 4. P1'in A, Bt2 ve C horizonlarına ait XRD difraktogramları
Figure 4. XRD diffractograms of A, Bt2 and C horizons of P1





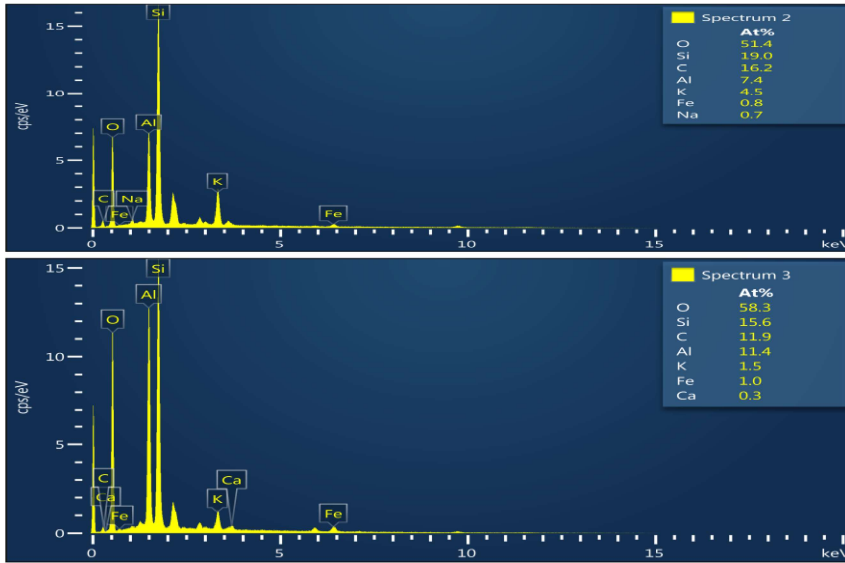
Şekil 5. P2'nin A1, A2, Bw ve CB horizonlarına ait XRD difraktogramı
Figure 5. XRD diffractograms of A1, A2, Bw and CB horizons of P2

Şekil 4 de görüldüğü gibi P1' in tüm horizonlarında en fazla kuvars mineraline rastlanmıştır. Bunun yanında anortit, sepiolit, magnetit, kaolinit, kalsit ve zeolit gibi mineraller de saptanmıştır. P2'nin A1 horizonunda en fazla illit (%39.6) bulunurken, bunu %31.9 ile kuvars minerali takip etmektedir. Bu profilin Bw horizonunda en fazla miktarda %30.5 vermikülit mineraline rastlanırken bunu %28.9 ile sandinin izlemektedir (Şekil 5). P1'in bazı horizonlarının taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri ve SEM'e bağlı enerji saçınımlı mikroanaliz X-ray spektrometresinde (EDS) elementel dağılımları incelenmiştir. P1'in A horizonuna ait SEM görüntüsü Şekil 6'da, bu görüntülerde belirtilen 2 ve 3 no'lu noktaların içerdikleri element oranları Şekil 7'de verilmiştir.



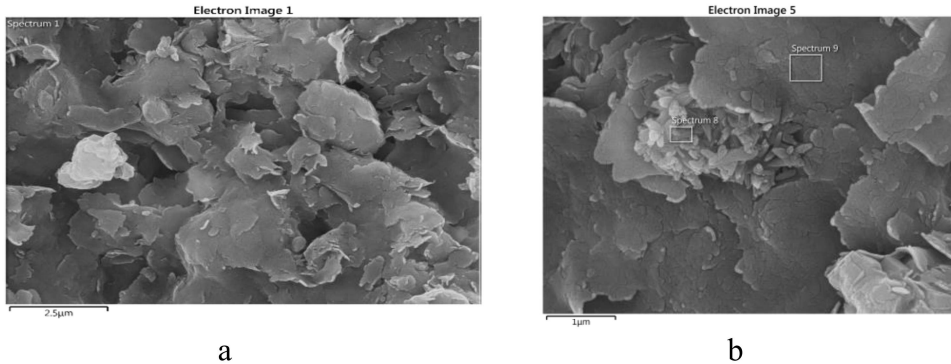
Şekil 6. P1'in A horizonuna ait SEM görüntüleri (Kuvars ve kaolinit minerali ile kaolinitin kenarında anortit minerali)

Figure 6. SEM images of the A horizon of P1 (quartz and kaolinite and anorthite on the edge of kaolinite)

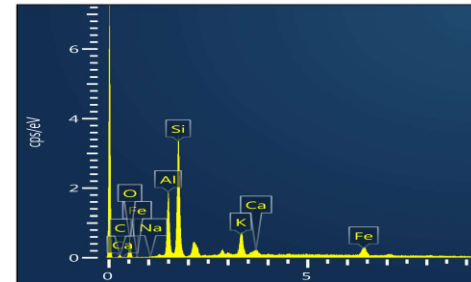
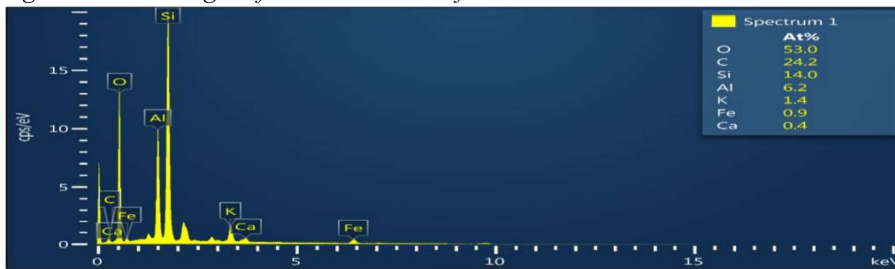


Şekil 7. P1'in A horizonuna ait 2 ve 3 no'lu spektrumların EDS analizleri (elementlerin yüzdesel dağılımı)
Figure 7. EDS analysis of spectrums 2 and 3 of the A horizon of P1 (percentage distribution of elements)

P1 profilinin Bt2 horizonunun taramalı elektron mikroskopundaki (SEM) görüntüsü Şekil 8 a ve b'de görülmektedir. Şekil üzerinde belirlenen noktalara göre 1 ve 9 numaralı spektrumların içerdiği element oranları yüzdesel dağılımı Şekil 9'da EDS mikrograflarında görülmektedir



Şekil 8. P1'in Bt2 horizonuna ait SEM görüntüleri
Figure 8. SEM images of the Bt2 horizon of P1



Şekil 9. P2'nin Bt2 horizonunun EDS mikrografları (Spektrum 1 ve 9) elementlerinin yüzdesel dağılımı
Figure 9. EDS micrographs of the Bt2 horizon of P2 (Spectrums 1 and 9) Percentage distribution of elements



Çalışma alanındaki toprakların major element oksit içerikleri Çizelge 2’de sunulmuştur. Buna göre SiO₂ içeriği bütün horizonlarda %51.55-66.20 arasında değişmektedir. Fe₂O₃ içeriği tüm horizonlarda %4.2 ile %6.10 arasında değişmektedir. CaO oranının ise tüm horizonlarda %0.55 ile %15.05 arasında değiştiği görülmektedir. CaO oranı en fazla P1’in C1 horizonunda görülmektedir. K₂O ve Na₂O değerleri ise P1 ve P2’de sırasıyla %2.65-5.00 ve %0.25-1.3 arasında değişmekte olup horizonlardaki TiO₂ içerikleri %1.0-1.3 arasındadır.

Çizelge 2. Çalışma alanı topraklarına ait major oksit analiz sonuçları
Table 2. Major oxide analysis results of the study area soils

Horizon	A. Za %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	Fe ₂ O ₃ %	K ₂ O %	MgO %	Na ₂ O %	SiO ₂ %	TiO ₂ %
P1									
A1	10.20	13.05	1.25	6.10	2.95	060	0.95	63.80	1.00
Bt	6.65	14.50	1.20	5.95	3.30	0.75	0.25	66.20	1.10
C1	11.10	13.25	15.05	4.20	2.65	0.55	0.55	51.55	1.10
P2									
A1	8.60	13.05	0.70	5.70	4.50	1.08	1.15	64.10	1.10
Bw	5.80	16.55	0.55	5.55	5.00	1.50	1.20	62.65	1.30
CB	5.70	17.10	0.60	5.85	4.90	1.55	1.30	61.60	1.30

İncelenen profillere ait bazı jeokimyasal ayrışma oranları Çizelge 3’de verilmiştir. Bu indeksler profillerin ayrışma özelliklerinin belirlenmesinde çoğu kez aşağıdaki alterasyon indeksleri olarak kabul görmektedir.

a)- Kimyasal alterasyon indeksi (CIA)- (Nesbitt ve Young, 1982)

$$CIA = (100) [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)]$$

b)- Bazlar/R₂O₃ oranı (Birkeland, 1999)

$$Bazlar/R_2O_3 = (MgO + CaO + Na_2O + K_2O) / (TiO_2 + Fe_2O_3 + Al_2O_3)$$

c)- Plajiyoklas alterasyon indeksi (PIA)- (Fedo ve ark., 1995)

$$PIA = (100) [Al_2O_3 - K_2O / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O - K_2O)]$$

d)- R= SiO₂/Al₂O₃ - (Ruxton, 1968)

Kimyasal alterasyon indeksi (CIA), toprak profilinde kimyasal ayrışma ile Na, K ve Ca gibi bazik kationların minerallerden uzaklaşmasına dayanmaktadır. Ayrışma arttıkça bu değer artmakta ve feldspatların kile alterasyonunu yansıtmaktadır. Nesbitt ve Young (1982) bu değer 50 ve altında olduğunda mineral ayrışmasının henüz taze olduğunu, 100 civarında ise optimum ayrışma seviyesine ulaşıldığını bildirmektedir. Bazlar/R₂O₃ oranı ise 0-10 arasında değişmekte olup ayrışma arttıkça azalmaktadır. PIA ise plajiyoklasların alterasyonu hakkında bilgi veren bir indekstir ve 100 e doğru yaklaştıkça feldspatların ayrışma oranının arttığını göstermektedir. R değeri olarak bilinen SiO₂/Al₂O₃ oranı da sifıra yaklaştıkça ayrışma derecesinin arttığına işaret etmektedir.

Bu eşitliklerde CaO değeri, silikat minerallerinden kaynaklanan CaO değeridir ve bu nedenle karbonat ve apatit düzeltmesi yapılarak kullanılması gerekir. Çünkü silikat minerallerinde önemli CaO kaynaklarından birisi apatittir. Eşitliklerde apatit düzeltmesi yapılırken CaO değeri Na₂O değerinden daha düşük bulunur ise indekslerde bu değer, yüksek bulunması durumunda ise bunun yerine Na₂O değeri kullanılmaktadır (McLennan ve ark., 1993).



Çizelge 3. Çalışma alanı topraklarının bazı jeokimyasal ayrışma oranları
Table 3. Some geochemical weathering rates of the soils of the study area

Horizon	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	PIA	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	CIA	Bazlar/R ₂ O ₃
P1					
A1	4.79	76	3.43	67	0.43
Bt	4.47	91	3.30	68	0.44
C1	3.81	82	2.93	67	0.46
P1					
A1	4.81	68	3.96	60	0.42
Bw	3.69	75	2.81	64	0.60
CB	3.53	74	2.68	65	0.59

Toprak profillerinin sınıflandırılması

Çalışma alanında incelenen 2 adet toprak profili, morfolojik bulgular, iklim verileri ve laboratuvar analiz sonuçları dikkate alınarak Toprak taksonomisi (Soil Survey Staff, 2014) ve WRB (IUSS, 2015) toprak sınıflandırma sistemlerine göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Çalışma alanı topraklarının sınıflandırılması

Table 4. Classification of the soils of the study area

Profil	Toprak Taksonomisi (Soil Survey Staff, 2014)				WRB (2014)
	Ordo	Alt ordo	Büyük grup	Alt grup	Referans toprak grubu
1	Alfisol	Ustalfs	Haplustalfs	Lithic Haplustalfs	<i>Epileptic</i> Luvisols (Abruptic)
2	Inceptisol	Xerepts	Dystroxerepts	Humic Dystroxerept	<i>Haplic</i> Cambisols (Dystric)

İncelenen profillerin verimlilik analizleri

İncelenen toprak profillerinin verimlilik analiz sonuçları (N, P, K) Çizelge 5’te sunulmuştur. Çizelgede verilen toplam azot (N), alınabilir fosfor (P₂O₅) ve alınabilir potasyum (K₂O) sınır değerleri (Sillanpaa, 1990)’a göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 5. İncelenen toprakların verimlilik analiz sonuçları

Table 5. Fertility analysis results of the examined soils

Horizon	Azot (N) (%)		Fosfor (P ₂ O ₅) (kg/da)		Potasyum (K ₂ O) (kg/da)	
P1						
A	0.154	Çok iyi	10.67	Yüksek	106.90	Fazla
Bt1	0.018	Çok Fakir	1.38	Çok Az	47.62	Fazla
Bt2	0.037	Çok Fakir	3.76	Az	58.92	Fazla
C	0.025	Çok Fakir	1.38	Çok Az	39.96	Yeterli
Cr	0.006	Çok Fakir	1.04	Çok Az	37.11	Yeterli
P2						
A1	0.161	Çok iyi	7.32	Orta	60.01	Fazla
A2	0.062	Çok Fakir	3.59	Az	26.26	Orta
Bw	0.031	Çok Fakir	3.00	Çok Az	22.42	Orta
CB	0.012	Çok Fakir	1.98	Çok Az	22.93	Orta
Cr	0.016	Çok Fakir	2.59	Çok Az	27.12	Orta

Tartışma

Araştırmada incelenen P1, %4-6 eğimli mera alanında oluşmuş O-A-Bt-C horizon dizilimine sahiptir. Sözü edilen profilde yıkanmanın etkili olduğu A horizonunun altında köşeli blok strüktüre sahip ve kil birikiminin olduğu argillik horizon bulunmaktadır. Üst horizonlardan alt horizonlara inildikçe organik madde miktarı azalmış, buna karşın kireç miktarı artmıştır. Yüzeyde %1 civarında olan kireç miktarının alt horizonlarda %14’e kadar yükseldiği saptanmıştır. Oluştukları andezitik kayalar, tektonizma nedeniyle oluşmuş çatlaklarına dolmuş karbonatlar nedeniyle ince karbonat damarlı ve ayrışmamış bir görünümde dirler (Şekil 2).



P1 genellikle kumlu tın tekstür hakimdir. Ancak Bt2 horizonunda (argillik) kil miktarı %42.48'e kadar yükselmektedir. Alt katmanlara inildikçe artan karbonat miktarına bağlı olarak toprak reaksiyonunun yükseldiği (pH: 7.7) görülmektedir. Bu profilin X-ışını difraksiyon (XRD) analiz sonuçlarına göre horizonların tamamında kuvars minerali görülmektedir. Kuvars mineralinin yanında anortit ve kalsit mineralleri de saptanmıştır. Kalsitin ince damarlar içinde kristalleşmiş olduğu düşünülmektedir. Bu profilde SiO₂ oranının (%51-63) arasında değiştiği görülmektedir. Toprağın içerdiği alüminyum miktarı kil dağılımı ile ilişkili olup yaşlı topraklarda Al₂O₃ miktarının arttığı bilinmektedir. Nitekim en fazla Al oranının (%14.50) kil birikiminin fazla olduğu B horizonlarında saptanmış olması da bunun bir göstergesidir. CIA değerleri aşırı derecede ayrılmış (90-100), ileri derecede ayrılmış (80-90), orta derecede ayrılmış (70-80), az ayrılmış (60-70) ve çok az ayrılmış (50-60) olarak sınıflandırılmaktadır. P1 de söz konusu değer Bt horizonunda diğer horizonlara göre yüksek (68) bulunmakla birlikte az ayrılmış sınıftadır. Söz konusu profilde PIA değerleri yüzeyde 76 iken Bt horizonunda 91'e ulaşmaktadır. Nesbitt ve Young (1982)'ye göre değerlendirildiğinde bu profilin Bt horizonunda feldspatların ileri derecede bir ayrışma derecesi gösterdiği, diğer horizonlarda ise orta düzeyde bir ayrışmanın olduğu belirlenmiştir. Bazlar/R₂O₃ oranı ayrışma arttıkça azalmaktadır. CIA değerinin en yüksek olduğu Bt horizonunda bu oran (0,44) olarak belirlenmiştir. Bazlar/R₂O₃ oranı 0-10 arasında değişmekte olup toprakta ayrışma arttıkça değer azalır. Bu değer in sıfıra doğru yaklaşması ayrışmanın arttığını göstermektedir (Ruxton, 1968). Çizelge 3'de SiO₂/Al₂O₃ oranının yüzeyde 4.79 iken, Bt horizonunda 4.47'ye düştüğü görülmektedir. Werstraten ve Sevink (1978), toprak profilinde SiO₂/Al₂O₃ oranında alta doğru bir azalmanın silisyumun alt horizonlara doğru yakanmakta olduğunu ve kil illüvyasyonunun varlığını gösterdiğinden söz etmektedir. Nitekim P1 de üst horizonlardan alt horizonlara inildikçe kil miktarının arttığı ve argillik horizonun varlığı doğrulanmaktadır.

İncelenen diğer profil (P2), %2-6 eğimli çam ve meşe ağırlıklı orman alanında yer almaktadır. Bu profilin horizon dizilimi A-Bw-C şeklindedir. Profilin üst katmanında, orman örtüsü nedeniyle organik madde miktarı (%4.32) yüksek bulunmuştur. Alt katmanlara doğru gidildikçe organik madde miktarı %0.25'e kadar düşmektedir. Söz konusu profilin üst horizonları kumlu tın, alt horizonlar kumlu kil tın tekstür sınıftadır. SiO₂/Al₂O₃ oranının üst katmanlardan (4.81) alta doğru (3.50) azalması, bir kil artışını göstermekle birlikte bu artışın argillik horizon oluşturacak seviyeye ulaşmadığı görülmüştür. Profilde CIA oranına bakıldığında bu değer in 60-65 arasında ve az ayrılmış sınıfta olduğu belirlenmiştir. PIA oranına bakıldığında bu oran in P2 de 68-75 arasında olduğu görülmüştür. Bu oranlar P1 ile kıyaslandığında, P2 de feldspatların daha az ayrıştığını ve dolayısıyla daha genç bir profil olduğunu göstermektedir. Nitekim Şekil 4 ve 5' in incelenmesinden de görüleceği üzere P1 de kaolinit mevcut olup feldspatlardan albite rastlanmazken P2 de ise kaolinite rastlanmamış, buna karşın yüksek oranda albit belirlenmiştir. Benzer topoğrafyada yer alan her iki profilden P1 in P2'ye göre daha yüksek yağış alan ve daha yoğun bir bitki örtüsüne sahip bir yörede yer alması, topraklardaki ayrışma düzeylerini etkileyen faktör olmuştur. Nieuwenhuys ve ark., (1993), kil mineralojisindeki farklılıkların esas olarak toprakların yaşındaki farklılıkların bir sonucu olduğunu düşünüldüğünü, ancak maruz kaldığı iklimin de bunda büyük rol oynadığını belirtmektedirler. Szymanski ve Szkaraderek, (2018) Güney Polonya'da orta humid bir iklimde andezit ayrışması ve toprak oluşumunu inceledikleri çalışmada, kimyasal farklılaşma ve ayrışma indeksi (CIA ve CIW), plajiolklas değişim indeksi (PIA) ve Parker'in ayrışma indeksine (WIP) bakarak iklim koşullarının etkisiyle tüm profillerin üst kısımlarında andezitik ana kayaya oranla ayrışmanın açıkça daha fazla olduğunu saptamışlardır.

Morfolojik bulgular ve laboratuvar analiz sonuçları dikkate alınarak toprak taksonomisine göre (Soil Survey Staff, 2014) P1 Lithic Haplustalf, P2 ise Humic Dystroxepts; WRB sınıflamasına göre (IUSS, 2015) P1 Epileptic Luvisols (Abruptic), P2 ise Haplic Cambisols (Dystric) olarak sınıflandırılmıştır.

Verimlilik analiz sonuçlarına göre incelenen her iki profilin yüzey horizonlarında N, P ve K yeterli olarak bulunmuş, alt horizonlara inildikçe bu besin elementlerinin azaldığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak üst horizonlarda mineral ve organik madde ayrışmasının fazlalığı ile insan etkisi (gübreleme vb) gibi etkenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, benzer topoğrafik koşullarda oluşmuş iki toprak profilinde, iklim parametrelerinden yağıştaki farklılıkların toprakların profil yapısı, ayrışma düzeyleri, fiziko-kimyasal özellikleri ve bunlara bağlı olarak toprak taksonomisini etkilediğini göstermiştir.



Teşekkür: Bu çalışma birinci yazarın ÇOMÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans tez çalışması sonuçlarından üretilmiştir. Araştırmanın majör oksit analizlerini gerçekleştiren MTA Genel Müdürlüğüne, XRD ve SEM analizlerini yapan ÇOMÜ ÇOBİLTUM personeline katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar makalelerinde, sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Anonim, 2020. Meteoroloji müdürlüğü iklim verileri- <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx>.Çanakkale
- Anonim, 2019.Çanakkale Tarım ve Orman İl Müdürlüğü 2019 Yılı brifingi <https://canakkale.tarimorman.gov.tr/>
- Avcı, S.O. 2019. Sarıalan (İvrindi - Balıkesir) Altın Yatağının Oluşumu ve Jeokimyasal Özellikleri Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir.
- Başarlar, F.F., Ekinci, H., 2019. Bayramiç-Çan arası farklı jeolojik ve jeomorfolojik araziler üzerinde oluşmuş toprakların özellikleri ve sınıflandırılması. ÇOMÜ Zir. Fak. Dergisi. (COMU J. Agric. Fac.) 2019: 7 (1): 69–80 ISSN: 2147–8384/e-ISSN: 2564–6826 doi:10.33202/comuagri.550835.
- Best, M.G., 2002. Igneous and metamorphic petrology. Wiley, 2nd edition, 752 pp.
- Birkeland, P.W., 1999. Soils and geomorphology, third edition. New York, Oxford University Press. 430 pp
- Bouyoucos G.J., 1951. A. Recalibration of the hydrometer methods for making mechanical analysis of soil Agron. Jour. No:43
- Erenoğlu, O., 2017. Çan Taşı tüfü'nün mineralojik özellikleri ve jeokronolojisi (Biga Yarımadası, KB Türkiye) Türkiye Jeoloji Bülteni Geological Bulletin of Turkey 60 (2017) 433-449 doi:10.25288/tjb.329486
- Fedo, C.M., Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1995. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols with implications for paleoweathering conditions and provenance. Geology 23(10): 921–924.
- Harris, W., White, G.N., 2008. X-Ray Diffraction techniques for soil mineral identification. Soil Science Society of America, 677 S. Segoe Road, Madison, WI 53711, USA. In: Ulery, A.L. and Drees, L.R. Ed, Method of Soil Analysis. Part 5. Mineralogical Methods. SSSA Book Series, no.5.
- IUSS Working Group, WRB., 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources. FAO, Rome. Reports No. 106.
- McLennan S M (1993). Weathering and global denudation. The Journal of Geology, 101(2), 295-303.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1996. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Series no.5, pp.961-1010.
- Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. Nature, 299 (5885), 715-717.
- Nieuwenhuys, A., Verburg, P.S.J., Jongmans, A.G., 1993. Soil genesis and mineral transformation across an environmental gradient on andesitic lahar Volume 57, Issue 4, June 1993, Pages 423-442.
- Rasmussen, C., Matsuyama, N., Dahlgren, R.A., Southard, R.J., Brauer, N., 2007. Soil genesis and mineral transformation across an environmental gradient on andesitic lahar. Soil Sci. Soc. Am. J. 71, 225–237. <https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0100>
- Ruxton, B.P., 1968. Measures of the degree of chemical weathering of rocks. Journal of Geology 76, 518–527.
- Siyako M. Burkan K.A., Okay A.I., 1989. Biga ve Gelibolu Yarımadaı tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. Turkish Association of Petroleum Geologist Bulletin, 1: 183–199.
- Sillanpaa, M., 1990. Micronutrient assessment at the country level: A global study. FAO Soils Bulletin 63. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- Soil Survey Staff., 2014. Keys to Soil Taxonomy. Soil Survey Staff, U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. S.372.
- Soil Survey Staff, 2017. Soil Survey Manual. United States Department of Agriculture, Handbook No.18
- Söylemezoğlu, S., Yılmaz, Y., Öngen, S., 1998. Kuzey batı Anadolu'da Çanakkale-Çan yöresi volkanik kayaların jeolojik ve petrolojik özellikleri ve evriminin araştırılması İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul



- Szymański, W., Szkaradek, M., 2018. Andesite weathering and soil formation in a moderately humid climate: a case study from the western carpathians (southern Poland). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. 13, No. 1, p. 93 – 105.
- Şanlıyüksel Yücel, D., Baba, A., 2015. Çan (Çanakkale) ilçesinin güney batısındaki su kaynaklarının hidrojeokimyasal özellikleri. 68. Türkiye Jeoloji Kurultayı
- TÜMAS, 2016. Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi. <http://ttumas.mgm.gov.tr/wps/portal>
- USDA, 1954. U.S. Salinity laboratory Staff. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. USDA, No.60.
- Verstraten J.M., Sevink J., 1978. Clay soils on limestone in south limburg, the netherlands, 2. Weathering. *Geoderma*, 21(4), 269-280.
- White, G.N., 2008. Scanning Electron Microscopy. Soil Science Society of America, 677 S. Segoe Road, Madison, WI 53711, USA. In: Ulery, A.L. and Drees, L.R. Ed, Method of Soil Analysis. Part 5. Mineralogical Methods. SSSA Book Series, no.5
- Winter, J.D., 2010. Principles of igneous and metamorphic petrology. Prentice Hall, 720 pp.
- Yiğitbaş, E., 2006. Biga Yarımadası ve Kazdağlarının Jeolojisi. ÇOMÜ. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh.Böl. <http://www.slideshare.net/serdaraksoy/jeoloji-yigitbas-2006>.