



Yarı-kurak ekolojik koşullar altında farklı kayaç türleri üzerinde oluşmuş toprakların fiziko-kimyasal ve jeo-kimyasal özellikleri

Physicochemical and geochemical properties of soil formed on different rocks types under subarid ecological condition

Pelin ALABOZ^{1*}, Sinan DEMİR¹, Hüseyin ŞENOL¹, Orhan DENGİZ², Kamil YILMAZ³,
Oğuz BAŞKAN⁴

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü-Isparta

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü-Samsun

³Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü- Isparta

⁴Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü-Siirt

¹<https://orcid.org/0000-0001-7345-938X>; ²<https://orcid.org/0000-0002-1119-1186>; ³<https://orcid.org/0000-0001-5676-7161>;

⁴<https://orcid.org/0000-0002-0458-6016>; ⁵<https://orcid.org/0000-0002-2129-1949>; ⁶<https://orcid.org/0000-0002-1797-6590>

To cite this article:

Alaboz, P., Demir, S., Şenol, H., Dengiz, O., Yılmaz, K., & Başkan, O. (2021). Yarı-kurak ekolojik koşullar altında farklı kayaç türleri üzerinde oluşmuş toprakların fiziko-kimyasal ve jeo-kimyasal özellikleri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(4):480-496.

DOI: 10.29050/harranziraat.903887

*Address for Correspondence:

Pelin ALABOZ

e-mail:

pelinalaboz@isparta.edu.tr

Received Date:

26.03.2021

Accepted Date:

23.10.2021

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ÖZ

Toprağı oluşturan ana materyalin niteliği, toprak oluşumunu ve besin elementlerinin elverişliliğini önemli ölçüde etkileyen bir faktördür. Bu çalışmada; Afyon ili Sandıklı ilçesinde bulunan magmatik, metamorfik ve tortul kayaçlar üzerinde oluşmuş toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerdeki değişimlerin belirlenmesi ve jeokimyasal özelliklerin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Arazi kullanım türü mera ve kuru tarım olan toprakların fiziko-kimyasal özelliklerindeki değişkenlik en yüksek metamorfik, en düşük ise tortul kayaçlar üzerinde oluşmuş topraklarda belirlenmiştir. Tortul kayaçlar üzerinde oluşan topraklar genellikle kireç içeriği yüksek ve hafif alkalin reaksiyonlu olup, bazik katyonlarca zengindir. Tortul kayaçlarda kil ile tarla kapasitesi ve solma noktası arasında çok kuvvetli ilişki belirlenmiştir ($r:0.93;0.89$; $p<0.001$). Ayrıca, Fe içeriğinin kil ($r: 0.71$) ve solma noktası ile pozitif ($r: 0.75$) yönlü yüksek seviyeli ilişki gösterdiği de tespit edilmiştir. Magmatik kayaçlar üzerinde oluşmuş topraklarda ise Mg ile solma noktası (0.78 ; $p<0.001$) ve kum ($r:-0.77$; $p<0.001$) önemli yüksek ilişki göstermiştir. Metamorfik kayaçlarda oluşum gösteren topraklarda kum ve Fe içeriği diğer toprak özellikleri ile negatif yönlü, değişebilir katyonlar ile tarla kapasitesi ve solma noktasında ise kuvvetli, pozitif yönlü korelasyon belirlenmiştir. Magmatik kayaçlar üzerinde oluşmuş topraklarda P_2O_5 , tortullarda CaO, metamorfiklerde ise SiO_2 içerikleri diğer toprak gruplarına göre istatistiksel olarak önemli değişim sergilemiştir ($p<0.01$). Genel olarak temel toprak özelliklerinde arazi kullanımı ve ana materyale bağlı istatistiksel olarak önemli değişkenlikler tespit edilmiştir. Majör oksitlerde ise ana kayadaki farklılığa göre önemli, arazi kullanımına bağlı değişimler ise önemsiz bulunmuştur. Çalışma sonucunda, yarı kurak ekolojik koşulları altında toprak oluşturan faktörlerinden birisi olan ana materyalin toprak özellikleri üzerinde önemli derecede farklılıklar gösterdiği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Magmatik, Metamorfik, Tortul, Toprak özellikleri, Afyon-Sandıklı

ABSTRACT

The nature of parent material that makes up a soil significantly affects the formation of soil and the availability of nutrients. This study aimed to determine changes in some physicochemical properties of soils formed on magmatic, metamorphic and sedimentary rocks located in Sandıklı District of Afyon province and to compare geochemical properties. The variability in the physicochemical properties of the soils whose land use types are pasture and dry farming were determined the highest in the soils formed on metamorphic and the lowest sedimentary rocks. Soils on sedimentary rocks have usually high in lime

content and have a slightly alkaline reaction and rich in basic cations. In sedimentary rocks, a very strong relationship between clay and field capacity and wilting point was determined ($r: 0.93; 0.89; p < 0.001$). It was also found that Fe content showed a significantly positive directional relationship with clay ($r: 0.71$) and the wilting point ($r: 0.75$). In soils formed on magmatic rocks, the wilting point ($0.78; p < 0.001$) and sand ($-0.77; p < 0.001$) showed a significant high relationship with Mg. In soils that formed on metamorphic rocks, a strong, positive correlation was determined with sand and Fe content with other soil properties and negative directional, changeable cations and field capacity and wilting point. P_2O_5 in soils formed on magmatic rocks, CaO in sediments, and SiO_2 content in metamorphic showed statistically significant changes compared to other soil groups ($p < 0.01$). In general, the effects of land use and parent material on basic soil properties were found to be statistically significant. In major oxides, the bedrock effect was found to be statistically significant ($p < 0.01$) and the land use effect was statistically insignificant. As a result of the study, it was found that the parent material, which is one of the factors that make up the soil under semi-arid ecological conditions, shows significant differences in soil properties.

Key Words: Magmatic, Metamorphic, Sedimentary, Soil properties, Afyon-Sandıklı

Giriş

Toprağın oluşumunda etkin rol alan başlıca çevresel faktörlerden birisi ana materyal-kayaçlardır. Topraklar yüzyıllar süren bir zaman diliminde gevşek yapıda olan ana materyal üzerinde oluşmaktadır. Ana kayanın parçalanma ve ayrışması sonucu ortaya çıkan ana materyalin olduğu kayaçların çeşit ve özellikleri, oluşacak toprak özellikleri için önemli bir etkidir. Toprakların majör, minör ve nadir element içerikleri ana materyalin özelliği, ayrışma süreçleri, biyolojik faaliyetler ve çeşitli faktörlerle ilave olan depozitlere bağlıdır. Bu nedenle, ana materyalin özelliği, toprak oluşumu ve besin elementlerinin varlığını önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Ayrıca ana materyalin jeokimyasal ve mineralojik özellikleri, toprakların ayrışma indisleri, besin elementi konsantrasyonları, verimlilik, strüktürel yapı, nem tutma, tamponlama özelliği çevresel etkiler neticesinde belirlenir. Fauna ve floraya ait artıklar ve biyolojik süreçlerde, oluşum süreçlerine katkı sağlayan etkenlerdendir (Altınbaş, 2000). Toprağın oluşumu sırasında bazı dönüşümler, yer değiştirmeler, katımlar ve kayıplar şeklinde farklı süreçlerin hâkim olması toprak özelliklerindeki değişkenliğin bir sebebidir (Brady ve Weil, 1999). Hasandağ volkanik materyal üzerinde toprak oluşum sürecini inceleyen Özyaytekin ve Dedeoğlu (2021); solumdan bazik katyonların ve Al'nin yıkanması ve kaybı ile demir ve alüminyumun kumdan ve silt fraksiyonlarından, ikincil kil ve kristalize Fe minerallerine dönüşümünün etkin olduğunu bildirmiştir. Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların fiziksel, kimyasal, mineralojik

ve verimlilik özelliklerinin profil bazlı değişiminin incelendiği çalışmada; profillerin değişebilir baz içeriklerinin itibir üzerinde oluşan Ultisoller dışında düşük olduğu, oldukça geniş fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak toprakların ayrışma derecelerinin artmasına göre ana kayanın Fe, Al ve Si içeriği ile toprakların içerikleri arasında bir ilişki belirlenmemesine rağmen demir içeriği ile toprak yoğunluğu arasında kuvvetli ilişkiler bulunmuştur (Araujo ve ark., 2014). Dengiz ve ark., (2013) kireç taşı- marn üzerinde farklı topoğrafik pozisyonlarda oluşmuş toprakların fiziko-kimyasal özellikleri ve ayrışma oranlarının incelenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, toprakların pedolojik gelişim süreçleri ve ayrışma oranlarının tamamen birbirinden farklı olduklarını belirtmişlerdir. Şenol ve ark. (2020) ise volkanik ana materyal üzerinde toprakların kil, kireç ve Ca içeriğini düşük seviyede belirlemiştir. Ayrıca çamurtaşı, kumtaşı ve çakıltası ana materyal üzerinde oluşmuş alüvyonlarda organik madde içerikleri düşük olarak belirlenmiştir.

Oluşum süreçleri sonucu toprak özellikleri farklılıklar gösterse de toprak özelliklerinin bir biri ile ilişkili olduğu yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur. Farklı topoğrafik pozisyonlar üzerinde oluşmuş toprakların bazı özelliklerinin modellenmesine yönelik yapılan bir çalışmada; toprakların katyon değişim kapasitesi ve eğim arasında negatif yönlü (-0.923), yükseklik ile organik madde arasında ise pozitif yönlü (0.914) önemli seviyede korelasyon belirlenmiştir (Ekberli ve Dengiz, 2017). Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların morfolojisi ve mineralojik özelliklerinin incelendiği başka bir çalışmada;

Vertisol olarak sınıflandırılan topraklarda baskın kil minerali smektit olarak belirlenirken, Calci Haplustert yüzey horizonlarında likit limit, Entic Haplustert topraklar da ise plastiklik indeksi yüksek seviyelerde belirlenmiştir (Gürsoy ve Dengiz, 2018). Tunçay ve ark. (2020), tarafından yapılan çalışmada; ayrışma süreçlerinden daha fazla etkilenmiş B_{ss} horizonu içeren Vertisol toprak gruplarında su tutma özelliği ve ayrışma indisi değerleri Regosellere göre daha yüksek bulunmuştur. Yapılan çalışmalar genellikle tek bir kayaç oluşumlarında gerçekleştirilmiş ve aynı ana materyal olsa da diğer oluşum faktörlerinin etkileri sonucu farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Şenol ve ark. (2020) belirttiği gibi ve yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı üzere özellikle toprakların sürdürülebilir yönetimleri açısından kazandıkları fiziko-kimyasal karakteristikleri ile verimliliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde farklı özelliklere sahip ana materyal kaynağının bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca farklı arazi kullanım şekillerine bağlı olarak toprakların fiziko-kimyasal özelliklerinde değişikliklerin olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Madenoğlu ve Erpul, 2018; Yılmaz ve Dengiz, 2021).

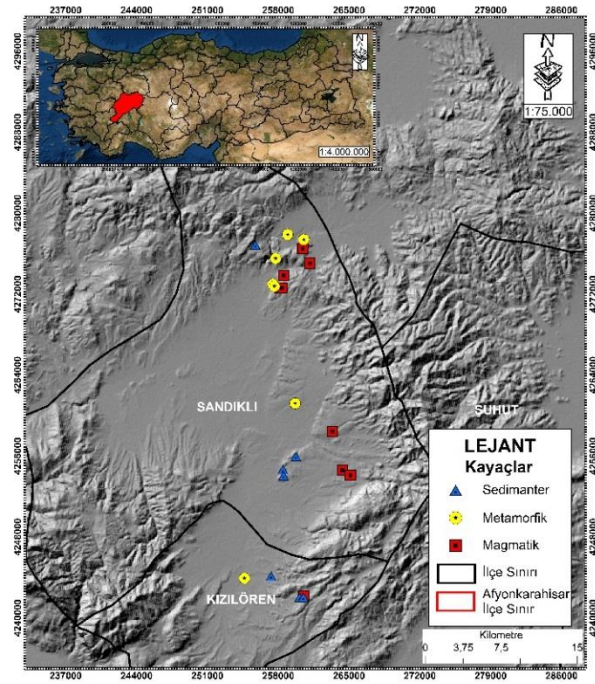
Bu çalışmada; Afyonkarahisar ili Sandıklı-Şuhut ilçeleri arasında yarı kurak iklim koşullarında kısa mesafeler içerisinde dağılım gösteren üç farklı jeolojik yapıya sahip (magmatik, tortul ve metamorfik) kayaçlar üzerinde oluşmuş mera ve kuru tarım arazi yönetimi altındaki toprakların, bazı fiziko-kimyasal ve jeo-kimyasal özellikleri ile ilişkileri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanının yeri

Çalışma alanı, Afyon il sınırları içerisinde Sandıklı ve çevresini içeren yaklaşık 750 km²lik bir alanı kaplamakta olup, 1:25.000 topoğrafik paftalar olan K24-d3, K24-c4, L24-a2, L24-b1, L24-a3 ve L24-b4 paftalar içerisine girmektedir (Şekil 1). Sandıklı ilçesi ve civarında yer alan alanlar 1000-1200 m yüksekliğe sahip iken doğu, kuzey doğu ve güney doğu yönlerde bu yükseklik daha da artmaktadır.

Yükseklikte artışa bağlı olarak topoğrafik özelliklerde değişmekte ve eğim de artış göstermektedir.



Şekil 1. Çalışma alanına ait lokasyon haritası
Figure 1. Location map of the study area

Çalışma alanı içerisinde profil yerlerinin belirlenmesinde öncelikle alana ait 1:100.000 ölçekli jeoloji haritası değerlendirilmiş sonrasında, sahada kontrolleri yapılmıştır. Profil yerlerine ait arazi kullanım türleri yapılan arazi çalışması sırasında yerinde tespit edilmesinin yanı sıra, alanın arazi kullanım ve arazi örtüsünün genel anlamda dağılımını vermek amacıyla Corine (2018) sınıflamasına göre, alanın yaklaşık %30'dan fazlası tarım alanı olarak kullanılırken yaklaşık dörtte birlik kısmı (%25.1) mera ve %15.5' lik kısmı ise orman örtüsü ile kaplı bulunmaktadır. Ayrıca yaklaşık %1.5'lük kısmı ise yapay alanlar oluşturmaktadır. Çalışmada değerlendirilen profillerin arazi kullanımı mera ve kuru tarımdır.

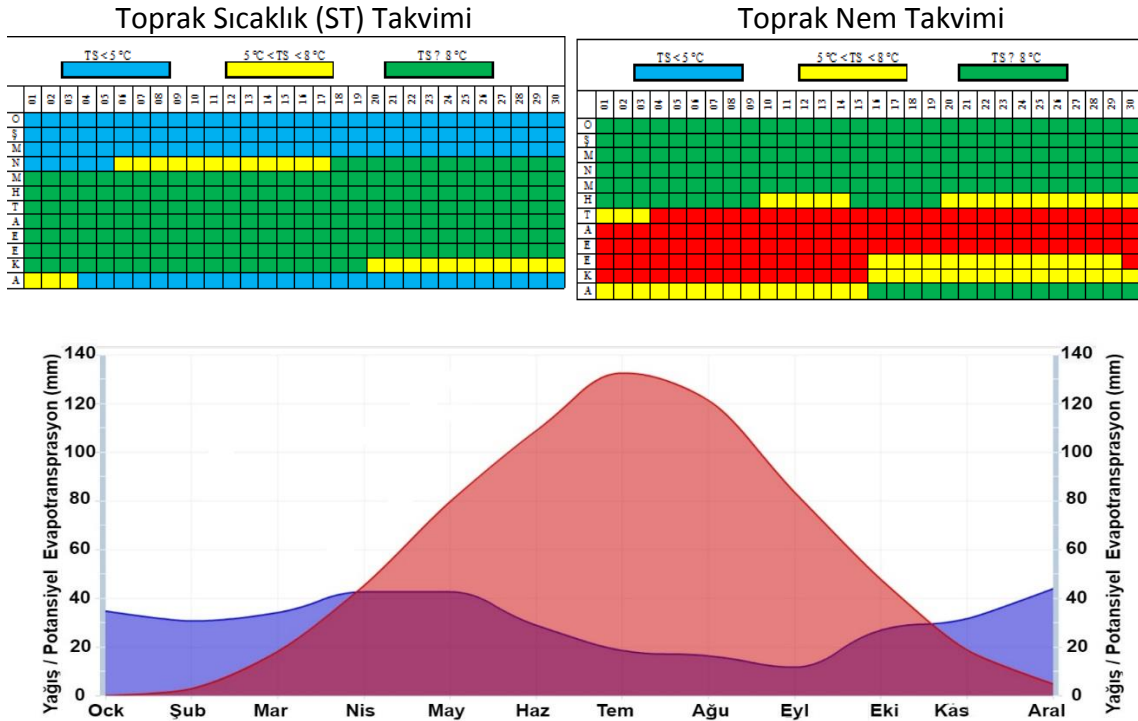
Çalışma alanına ait iklim verileri uzun yıllara ait Afyonkarahisar (Şuhut) Meteoroloji istasyonu rasat verilerine göre, yıllık ortalama sıcaklık 10.8 °C, yıllık yağış 362.40 mm, yıllık buharlaşma 663.08 mm'dir (Çizelge 1). Bölgeye en fazla yağış aralık ayında (43.9 mm) ve en az yağış ise eylül ayında (11.7 mm) düşmektedir. Kışları soğuk, yazları sıcak ve uzun bir iç Anadolu step iklimi egemendir (Erinç, 1969).

Çizelge 1. Çalışma alanına ait meteorolojik veriler
Table 1. Meteorological data of the study area

İstasyon No	: 17829			Enlem	:38.31°								
Periyot	:1983-2018			Boylam	:30.34°								
Toprak Sıcaklık rejimi	: Mesic			Yükselti	:1140								
Toprak Nem Rejimi	: Xeric			Toprak su tutma kapasitesi	:100 mm								
Alt gurup	:Dry Xeric												
	AYLAR												
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
T (°C)	0	1.3	5	10	14.5	18.6	21.7	21.3	17.3	11.7	6.1	2	10.8
P (mm)	37.7	30.7	37.1	42.6	42.6	28.9	18.5	16.3	11.7	26.8	31.6	43.9	362.4
PE (m)	0	2.84	18.11	45.18	79.59	108.81	132.46	121.19	83.52	47.78	18.84	4.76	663.08

Ayrıca, alanın toprak nem ve sıcaklık rejimlerinin belirlenmesinde jNSM 1.6.0 - Java Newhall Simülasyon Modeli (Newhall ve Berdanier, 1994; Van Wambeke, 2000) ve Toprak

Sınıflaması (Anonymous, 1999) kullanılmıştır (Şekil 2). Toprak sıcaklık rejimi "Mesic", toprak nem rejimi ise "Xeric" altgrup olarak "Dry Xeric" olarak belirlenmiştir.

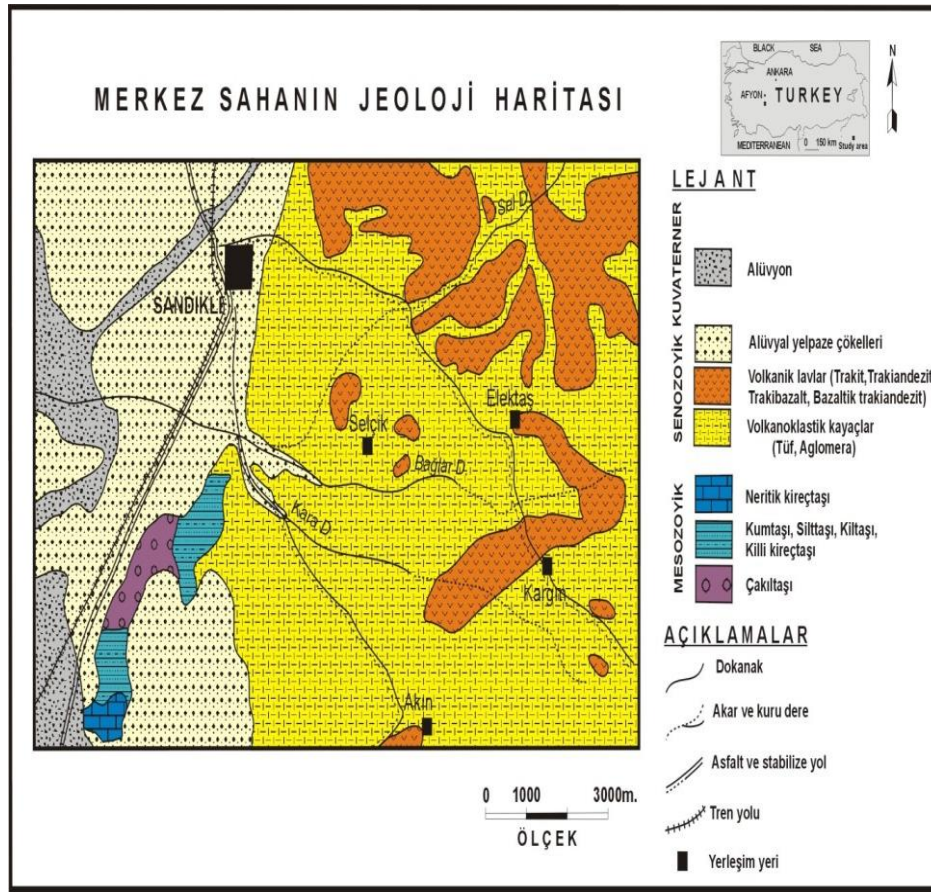


Şekil 2. Çalışma alanı Newhall modeline göre toprak nem bütçesi dağılımı

Figure 2. Soil moisture budget distribution according to the study area Newhall model

Çalışma, Sandıklı (Afyonkarahisar) ilçesi ve çevresinde bulunan üç farklı alanı içerir. (1) ilçenin yaklaşık 12 km kuzeyi, (2) Sandıklı yerleşim alanı çevresi, (3) ilçenin yaklaşık 14 km güneyi. Bunlar, MTA (Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü) 1/100.000 ölçekli haritalardan alınmıştır (MTA, 2011). Çalışma alanında MTA, (2011)'e göre Metamorfik birimler, şistler ve kuvarsit, tortul

(Çökel) birimler (dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı, çakıl taşı), kumtaşı, silt taşı, kil taşı, killi kireçtaşı, neritik kireçtaşı, melanj (serpantinit, bazik lav, gabro, radyolarit, çört, kireçtaşı), çakıl taşı, marn, aluviyal yelpaze çökelimleri, alüvyonlar iken, Volkanik birimler ise volkano-klastik kayalar (tüf, aglomera) volkanik lavlardır (trakit, trakiandezit, trakibazalt, bazaltik trakiandezit) (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışma alanına ait jeoloji haritası
Figure 3. Geology map of the study area

Toprak profilleri ve ana materyaller

Çalışmada; tortul kayalar üzerinde oluşmuş (kireçtaşı, çakıl taşı, kumtaşı, siltaşı) 7 profil, Magmatik kayalarda (tüf, trakibazalt, trakiandezit, andazitik bazalt, bazaltik trakiandezit) 9 profil, Metomorfik kayalar üzerinde (alüvyon depozit, kolüvyal depozit, kuvarsit, killi şist, plajioklas-kuvars-sarisit şist) ise 9 profil üzerinde toplamda 64 toprak örneği ile çalışılmıştır. Profillerin ana materyalleri aşağıda tanımlanmıştır.

Kireçtaşı; Kayaç kirli beyaz, oldukça yumuşak ve erime boşlukları bulunan, içinde yabancı kayaç parçalarının bulunduğu mikritik karbonat çamurundan oluşmuş gölsel kireçtaşıdır. Bu doku içinde çökelmeye veya daha sonra erimeye bağlı olarak oluşmuş boşluklar bulunur. Boşluklar yarı yuvarlak, uzamış ve gelişmiş güzel olarak gelişmiş şekillerdedir. Bazı boşlukların çeperlerinde kalsit minerali kristallenerek meydana gelmiştir.

Çakıltaşı; Kayaç, büyük çoğunluğunu kireçtaşı çakılları, seyrek olarak volkanik kayaç, şist ve kuvarsların oluşturduğu hemen hemen yuvarlaklaşmış, polijenik, tanelerin kum matriksle tutturulduğu çakıltaşıdır. Çakıltaşını oluşturan

tanelerin yaklaşık % 90 kadarını kireçtaşı, % 4-5'ini şist, % 2-3'ünü ise volkanik kayaç parçaları ve seyrek olarak kuvarslar oluşturur. Çakıllar spari kalsitlerden oluşan bir çimento ile birbirine bağlanarak çimentolanmıştır.

Kumtaşı; Alterasyon yüzeyi kahve, taze yüzeyi gri renkli, kırıldığı zaman keskin köşelere sahip, sertliği yüksek bir kumtaşıdır. Kayaç karbonat çimentoyla birbirine bağlanan kuvars, seyrek plajioklas, mika ve kireçtaşı kırıntılarında meydana gelmiş olan bir litarenittir.

Siltaşı; Kayaç kahve-grimsi renkli, sert, keskin kırılma köşelerine sahip ince taneli siltaşıdır. Kayaç ince taneli kuvars kristalleri ile birlikte kil ve karbonat çamurundan oluşmuştur. Ayrıca kayaçta paralelkenar ve altıgen biçimler gösteren, yarı öz şekilli, kloritlemiş olan bazı mineraller de bulunmaktadır. Az sayıda bulunan kırık ve çatlaklar silis ve bazen de demir oksit oluşumları tarafından doldurulmuştur.

Tüf; Kayaç, yeşilimsi-gri renkli, oldukça yumuşak, içerisinde volkanik kayaç parçaları ve mineral içeren tüftür. Kayaç egemen olarak plajioklas, mika (biyotit veya flogopit), alkali

feldispat (sanidin) minerallerinin yer aldığı kristal bir tüftür. Bu kristallerle birlikte seyrek olarak volkanik kayaç taneleri ve apatit minerali bulunur.

Trakibazalt; Bol gaz boşlukları içeren, afanitik dokulu, orta-sert, koyu gri renkli olan volkanik bir kayaçtır. Piroksen, sanidin ve opak minerallerin mikrolitlerinden oluşan bir matrikste piroksen mikro fenokristallerinden ve seyrek olarak mikalardan meydana gelmiştir. Bununla birlikte, amigdoloidal gaz boşluklarında olasılıkla ikincil olan kuvars kristalleri oluşmuştur. Ayrıca gaz boşluklarında bulunan silis (kuvars ve/veya tridimit), seyrek mika ve apatit minerallerinden meydana gelmiştir.

Trakiandezit; Koyu gri renkli, afanitik dokulu, düşük sertliğe sahip volkanik bir kayaçtır. Başlıca plajioklas, sanidin ve mika (biyotit ve/veya flogopit) kristallerinden oluşmuştur. Hamur (matriks) volkanik cam, plajioklas ve mika mikrolitlerinden oluşur. Plajioklaslar kısa prizmalar, levhalar ve çubuksu kristaller şeklindedirler. Genellikle polisentetik ikizleri vardır.

Andezitikbazalt; Porfirik dokulu, plajioklas kristallerinin gözle görüldüğü, ileri düzeyde ayrılmış ve buna bağlı olarak da renginin pembeleştiği volkanik bir kayaçtır. Kayaç plajioklas, amfibol ve piroksen fenokristallerinden meydana gelmiştir. Nosean ve opak mineraller tali olarak oluşmuştur. Porfirik dokusu bulunan kayacın hamurunu (matriks) plajioklas, amfibol ve piroksen mikrolitleri oluşturur.

Bazaltiktrakiandezit; Koyu ve açık minerallerin egemen olduğu, yeşilimsi-gri renkli, orta sertlikte porfirik dokulu volkanik bir kayaçtır. Kayaç esas olarak piroksen ve mika (olasılıkla flogopit) minerallerinden oluşmuştur. Bunlar piroksen, sanidin ve mika mikrolitlerinden meydana gelen bir matriks içinde bulunurlar. Piroksen mikro fenokristalleri ince-uzun ve bazen de kısa-geniş prizmalar olarak görülürler.

Plajioklas-Kuvars-Serisit Şist; Kayaç açık yeşilimsi, belirgin şiztozite ve klivajı gelişmiş,

kuvars ve feldispat porfiroblastları bulunan şisttir.

Kuvarsit; Kayaç ince-orta taneli, açık kahverenkli, eş tane boyutlu, homojen, sert kırılmalı meta-kumtaşıdır. % 90'dan fazla oranda kuvarstan meydana gelmiş olan kayaç metamorfik bir kuvarsittir. % 8-10 kadarını plajioklaslar oluşturur.

Çalışma alanı içerisindeki araştırılan topraklarda taksonomik değişiminin belirlenmesi Soil Survey Staff (2014)'e göre tanımlanmıştır. Çalışmaya ait profillerin, arazi kullanımları, horizon ve derinlikleri Çizelge 2'de belirtilmiştir. Her bir horizondan bozulmuş toprak örnekleri alınarak toprak analizleri yapılmıştır.

Toprak ve jeo-kimyasal analizler

Örnekler laboratuvara getirilerek hava kurusu hale gelince 2 mm elekten elenerek analize hazırlanmıştır. Tekstür, hidrometre yöntemi (Bouyoucous, 1951), Kireç, Scheibler kalsimetre (Soil Survey Staff, 1993), pH ve EC, Saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH ve EC metre (Soil Survey Laboratory, 1992) aracılığıyla, organik madde ise Modifiye Walkley-Black yöntemi ile (Jackson, 1958) belirlenmiştir. 1 N amonyum asetat (NH₄OAc) ile ekstrakte edilen Ca, Mg, K ve Na atomik absorpsiyon spektroskopisi cihazı kullanılarak (Soil Survey Staff, 1992), yarayıslı fosfor, Olsen (Olsen,1954), Mikro besin elementler (Fe, Mn, Cu ve Zn) ise DTPA ile ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell,1978;Kacar, 2016). Tarla kapasitesi (0.33 bar) ve solma noktası (15 bar) nem sabiteleri seramik tablalı pF seti (U.S.A, Soil Moisture Equipment Corp.) yardımıyla gravimetrik olarak belirlenmiştir. Katyon değişim kapasitesi (KDK) değerleri, toprakları Na-asetat ile doyurulmasından sonra amonyum asetat ile ekstrakte edilmesi ve ekstrakte edilen sodyumun atomik absorpsiyon spektrofotometresinde okunmasıyla (Richards, 1954; Anonymous, 1973) elde edilmiştir.

Çizelge 2. Toprak profillerinin horizon ve derinlikleri
Table 2. Horizons and depths of soil profiles

Tortul <i>Sedimentary</i>		Magmatik <i>Magmatic</i>		Metamorfik <i>Metamorphic</i>		
Horizon <i>Horizon</i>	Derinlik (cm) <i>Depth (cm)</i>	Horizon <i>Horizon</i>	Derinlik (cm) <i>Depth (cm)</i>	Horizon <i>Horizon</i>	Derinlik (cm) <i>Depth (cm)</i>	
Mera	A	0-20	Mera A	0-13	Mera A	0-10
	A2	20-45	Ap	0-20	Bw	10-30
	AC	45-65	Kuru tarım Bw	20-60	C1	30-50
	C1	65-89	C	60-72	Mera A	0-20
Mera	A	0-14	Mera A	0-25	Mera A	0-25
	AC	14-26	Kuru tarım A	0-22	Bw	25-65
	C	26-48	A	0-18	C	65+
Mera	A	0-15	Bss1	18-35	Mera A	0-29
	C	15-36	Mera Bss2	35-92	C	29+
	Cr	36-72	C1	92+	A	0-12
Mera	A	0-25	Mera A	0-28	Mera C	12-50
	C	25+	A1	0-13	A	0-23
Kuru tarım	Ap	0-20	A2	13-34	Mera Bw1	23-67
	Ad2	20-49	Mera C1	34-58	Bw2	67-109
	Bss	49-78	C2	58-85	C	109+
	C	78+	A	0-24	Ap	0-11
Kuru tarım	A	0-12	Mera AC	24-47	Kuru Tarım C1	11-40
Kuru tarım	A	0-23	C	47+	C2	40+
	C	23+	Ap	0-20	Ap	0-26
			Kuru Tarım Bss	20-60	Bss	26-66
		Cr	60+	C1	66+	
				Ap	0-16	
				Kuru Tarım Bw	16-54	
				C	54+	

Kurutulmuş, öğütülmüş ve 2mm'den elenmiş toprak örneklerinde daha homojen bir yapı elde etmek için agat havanda tanecik çapı <38 µm boyuta öğütülerek örnekler yakmaya hazır hale getirilmiştir. Öğütülen örneklerden 0,1 gr alınacak üzerine 6 ml HNO₃ (konsantre) + 2 ml HCl (konsantre) ilave edilip 180°C'de 40 dakika mikrodalgada ön yakma işlemine tabi tutulmuş, üzerine 3 ml HF ilave edilerek tekrar 180°C'de 40 dakika yakılmıştır. Son aşamada ise 15 ml doygun H₃BO₃ eklenerek aynı programda son yakma işlemi yapıp son hacim 50 ml olacak şekilde %0.2'lik HNO₃ ile tamamlanmış ve elde edilen ekstraktlarda, majör elementler ICP-OES cihazı aracılığıyla belirlenmiştir (Chao ve Sanzalone, 1992).

İstatistiksel yöntemler

Toprak özelliklerinin normal dağılımlarının kontrolü Kolmogorov-Smirnov testi ile kontrol edilmiştir. Tanımlayıcı istatistikleri belirlenmiştir. Normal dağılım göstermeyen özelliklerde Logaritmik ve karekök dönüşümleri uygulanmıştır. Toprak özellikleri aralarındaki ilişkiler ise Pearson korelasyonu kullanılarak R core programında analiz edilmiş ve önemli korelasyonlar belirlenmiştir. Fiziko-kimyasal özellikler ve majör oksitlerin arazi kullanımı ve ana kayadaki farklılıklara göre değişimleri çoklu karşılaştırma testlerinden TUKEY kullanılarak Minitap 16 paket programı aracılığıyla belirlenmiştir.

Araştırma Bulgular ve Tartışma

Tortul kayaçlar üzerinde oluşmuş toprakların tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 3'de belirtilmiştir. Toprakların pH'sı nötr-hafif alkalin reaksiyonlu olup tuzluluk problemi görülmemektedir. Toprak örneklerinin % 31.60'ı kil, % 21.05'i kumlu killi tın, % 21.05'i killi tın, % 15.78'i tın, % 5.26'sı siltli tın, % 5.26'sı ise kumlu tın tekstür sınıfında belirlenmiştir. Toprak analiz sonuçları literatürlerde kullanılan sınır değerlere göre sınıflandırılmıştır (Richards, 1954; Lindsay ve Norvell, 1969; Follet ve ark., 1981; Maas, 1986; FAO 1990; TOVEP, 1991; Güneş ve ark., 1996). Topraklar kireçli ve çok fazla kireçli, organik madde çok az ve yüksek seviyelerde değişim sergilemiştir. Varyasyon katsayısı % 68.13 olarak belirlenen kireç içeriklerinin yüksek seviyelerde seyretmesinin sebebi karbonat içeriği yüksek, kireçtaşı kayaçlar üzerinde oluşmuş ana materyallerin bulunmasıdır. Everest ve Özcan, (2018) tortul materyalin fazla olmasıyla toprakların % CaCO₃ içeriklerinin yüksek ve pH değerlerinin hafif alkalin olmasının nedeni olarak belirtmiştir. Ayrıca kireçli tortul birimlerin kalsiyum ve magnezyumun ana kaynağı olarak bildirmiştir. Toprakların Ca içerikleri fazla seviyede (23.14-49.78 cmol (+) kg⁻¹) iken Na içerikleri çok az-az (0.0167- 0.2370 cmol (+) kg⁻¹) aralıklarında değişim sergilemiştir. Mg ve K içerikleri ise çok az-fazla ve çok fazla olarak geniş değişim aralıklarına sahiptirler. Bu değişim aralığının geniş olması çarpıklık ve basıklık katsayıları ile varyasyon katsayısının da yüksek seviyelerde olmasına neden olmuştur. İncelenen özelliklerin ortalama değerlerin üzerinde dağılım göstermesi pozitif, altında olması ise negatif çarpıklık değerlerinin bir sonucudur. Mikro elementler içerisinde en düşük varyasyon katsayısına sahip olan Fe içerikleri orta-fazla sınıfları arasında olup diğer mikro elementlere göre daha az değişkenlik göstermiştir. Diğerleri ise çok az-az ile yeterli-çok fazla sınıflarda geniş alanda değişim sergilemiş çarpıklık ve basıklık katsayıları ile varyasyon katsayısı da bu

değişkenliği doğrular seviyede yüksek bulunmuştur. Tortul kayaçlar kalsiyum ve kükürt yönünden zengin iken fosfor ve potasyum içerikleri düşüktür (Anderson, 1988). Toprakların KDK'sı 8.24-36.29 cmol kg⁻¹ arasında normal bir dağılım sergilemiştir. Tarla kapasitesi %16.17-49.43 aralıklarında sağa çarpık ortalamanın üzerinde sivri bir dağılım göstermiştir. Solma noktası ise %8.28-30.70 arasında normal dağılım da değişim gösterirken normal dağılıma en uzak özellik Mn içeriği olarak belirlenmiştir. Parçalanma ayrışmaya karşı direnç yönünden en zayıf kayaç grubunu oluşturan tortul kayaçlarda, toprak çözeltilisine karışım daha fazla olabilmektedir.

Metamorfik kayaçlar üzerinde oluşmuş toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4'de belirtilmiştir. Topraklar hafif asit-hafif alkalin reaksiyonlu olup EC içeriklerine göre tuzsuz sınıfında yer almaktadır. Kum, silt ve kil yüzdeleri sırasıyla % 12.99-77.69, 7.64-36.39, 12.30-68.51 arasında değişim sergilemiş olan toprakların organik madde içerikleri "çok az-orta" olarak belirlenmiştir. Kireçli ve fazla kireçli sınıfında yer alan toprakların K, Mg, Na, Mn ve Zn içerikleri "çok az-çok fazla" Ca içeriği "az-çok fazla", Cu içeriği, "yetersiz-yeterli," Fe içeriği, "fazla" olarak dağılım sergilemiştir. Toprak özelliklerinin dağılım durumlarının gösteren çarpıklık ve basıklık özellikleri incelendiğinde ± 1 'den yüksek değere sahip özellikler normale göre daha çok sola çarpık diğer özelliklerde sağa çarpık (+) bir dağılım göstermektedir. Normalden en uzak dağılım gösteren özellik EC olarak belirlenmiştir. Toprakların KDK değerleri 2.45-42.36 cmol kg⁻¹ aralığında belirlenmiş olup söz konusu özellik için toprakların kil miktarı ve tipi etkili olan özellikler içerisinde yer almaktadır. Yine bu özelliklere bağlı olarak TK ve SN önemli seviyede değişkenlik göstermektedir. Toprakların TK ve SN değerleri sırasıyla % 6.97-45.46, % 4.18-30.19 aralıklarında belirlenmiştir. Surya ve ark. (2015), metamorfik kayaçlar üzerinde yürüttükleri çalışmada toprakların KDK'larını 3.9 ile 17.7 cmol kg⁻¹ aralığında belirlemişlerdir.

Çizelge 3. Tortul kayalar üzerinde oluşan toprakların tanımlayıcı özellikleri

Table 3. Descriptive characteristics of soils formed on sedimentary rocks

Özellikler Properties	Ortalama Mean	Standart sapma Standard deviation	Varyasyon katsayısı coefficient of variation	En Düşük Minimum	En Yüksek Maksimum	Çarpıklık Skewness	Basıklık Kurtosis
pH	7.90	0.17	2.13	7.48	8.23	-0.51	1.19
EC dS m ⁻¹	0.17	0.06	36.39	0.10	0.37	1.81	4.11
Kil %	32.96	12.82	38.89	13.89	56.19	0.54	-0.68
Silt %	30.12	8.48	28.16	16.44	52.67	1.30	2.03
Kum %	36.92	12.48	33.79	19.38	58.65	0.06	-1.51
CaCO ₃ %	21.24	14.47	68.13	4.66	46.50	0.49	-1.12
Na cmol(+)kg ⁻¹	0.12	0.07	61.98	0.02	0.27	0.67	-0.13
K cmol(+)kg ⁻¹	0.77	0.68	88.26	0.03	2.98	1.96	5.43
Ca cmol(+)kg ⁻¹	40.66	7.65	18.82	23.14	49.78	-0.64	-0.29
Mg cmol(+)kg ⁻¹	2.06	2.41	117.23	0.22	7.86	1.54	1.12
Cu mg kg ⁻¹	1.64	1.11	67.46	0.09	3.54	0.22	-1.19
Mn mg kg ⁻¹	40.73	40.86	100.31	7.02	175.66	2.51	6.71
Fe mg kg ⁻¹	7.71	3.80	49.20	2.26	12.94	0.17	-1.77
Zn mg kg ⁻¹	0.58	0.46	80.48	0.15	1.91	1.76	2.88
KDK cmol kg ⁻¹	23.32	8.60	36.88	8.24	36.29	-0.57	-0.89
P mg kg ⁻¹	4.87	2.27	46.56	1.63	10.31	0.64	0.35
Organik madde %	1.45	1.06	73.39	0.38	4.11	1.22	0.83
Tarla kapasitesi % (w/w)	31.99	10.29	32.15	16.17	49.43	1.04	1.54
Solma noktası %(w/w)	20.70	8.78	42.43	8.28	30.70	0.79	-0.21

Çizelge 4. Metamorfik kayalar üzerinde oluşan toprakların tanımlayıcı özellikleri

Table 4. Descriptive features of soils formed on metamorphic rocks

Özellikler Properties	Ortalama Mean	Standart sapma Standard deviation	Varyasyon katsayısı coefficient of variation	En Düşük Minimum	En Yüksek Maksimum	Çarpıklık Skewness	Basıklık Kurtosis
pH	7.11	0.67	9.39	5.93	8.36	0.39	-0.40
EC dS m ⁻¹	0.14	0.22	157.20	0.02	1.13	4.01	17.59
Kil %	28.50	12.58	44.13	12.30	68.51	1.35	3.14
Silt %	24.79	7.77	31.34	7.64	36.39	-0.33	-0.68
Kum %	46.71	16.17	34.62	12.99	77.69	0.06	-0.28
CaCO ₃ %	7.93	5.46	68.91	2.10	24.40	2.16	4.08
Na cmol(+)kg ⁻¹	0.12	0.10	83.59	0.00	0.39	1.35	1.36
K cmol(+)kg ⁻¹	0.71	0.91	128.97	0.06	3.59	2.21	4.25
Ca cmol(+)kg ⁻¹	17.44	18.37	105.36	2.32	52.48	1.05	-0.54
Mg cmol(+)kg ⁻¹	3.32	3.14	94.42	0.41	9.43	0.78	-0.79
Cu mg kg ⁻¹	1.56	0.91	58.42	0.33	2.85	-0.17	-1.83
Mn mg kg ⁻¹	90.70	85.40	94.08	6.30	281.10	0.86	-0.56
Fe mg kg ⁻¹	21.54	12.84	59.60	5.50	51.72	0.91	0.21
Zn mg kg ⁻¹	1.02	1.59	155.15	0.24	7.89	3.90	16.51
KDK cmol kg ⁻¹	15.21	13.87	91.22	2.45	42.36	1.03	-0.56
P mg kg ⁻¹	7.48	4.09	54.66	2.81	19.43	1.47	2.16
Organik madde %	1.06	0.71	66.72	0.14	2.99	0.91	0.73
Tarla Kapasitesi % (w/w)	22.87	10.13	44.27	6.97	45.46	0.78	-0.35
Solma noktası %(w/w)	13.12	9.23	70.36	4.18	30.19	1.24	0.39

Magmatik kayalar üzerinde oluşmuş toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 5’de belirtilmiştir. Topraklar hafif asit-hafif alkalin reaksiyonlu olup tuz içerikleri 0.04-0.28 dS m⁻¹ arasında belirlenmiştir. Tane büyüklük dağılımı

özelliklerinden kil içerikleri en yüksek varyasyon katsayısına sahipken kum ve silt içeriklerin değişkenlik oranı benzer bulunmuştur. Toprakların tekstür sınıfı kumlu tın, tın, kumlu killi tın, killi tın ve kil’dir. Toprakların kum içerikleri diğer kayaç

türlerine göre daha yüksek belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısının pozitif yönlü daha yüksek belirlenmesi, ortalamadan daha yüksek değerlerin olduğunun göstergesidir. Tüf ve Andezit ana materyal üzerinde genellikle kum içerikleri yüksek belirlenmiştir. Toprakların K, Mg, Ca içerikleri "yeterli-çok fazla", Na içeriği "çok az-yeterli", Cu içeriği, "yeterli," Fe içeriği, "fazla", Zn içeriği ise, "çok az-yeterli" sınıfları arasında dağılım sergilemiştir. Toprak özelliklerinin dağılım durumlarını gösteren çarpıklık ve basıklık özellikleri incelendiğinde tüm özellikler sağa çarpık (+) bir dağılım göstermektedir. Çarpıklık katsayısı en yüksek normalden en uzak dağılım gösteren ve varyasyon katsayısı en yüksek özellik K olarak belirlenmiştir. Sönmez ve Kuşçu (2017); Afyon-

Sandıklı bölgesindeki K-feldispat siyenitlerin bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu mineralin varlığı K içeriklerinin yüksek seviyelerde belirlenmesine yol açabilecektir. Yine Fiantis ve ark. (2010), volkanik kül depozitlerinde K, Ca ve Na'nın feldispat, piroksen ve hornblend kaynaklı olabileceğini bildirmiştir. Kil, pH, kum, Ca, Mg, P, OM, TK, SN özellikleri normale göre daha basık (-) diğer özellikler ise normale göre daha dik (+) olarak dağılım sergilemiştir. Sydie (2017), volkan kül ve bazalt üzerinde çalıştığı topraklarda yağışa bağlı olarak ortalama pH'yı 5.95 - 6.15 olarak belirlemiştir. Normal dağılım gösteren tarla kapasitesi ve solma noktası özellikleri ortalama olarak sırasıyla % 27.67 ve % 19.06 olarak bulunmuştur.

Çizelge 5. Magmatik kayalar üzerinde oluşan toprakların tanımlayıcı özellikleri

Table 5. Descriptive characteristics of soils formed on igneous rocks

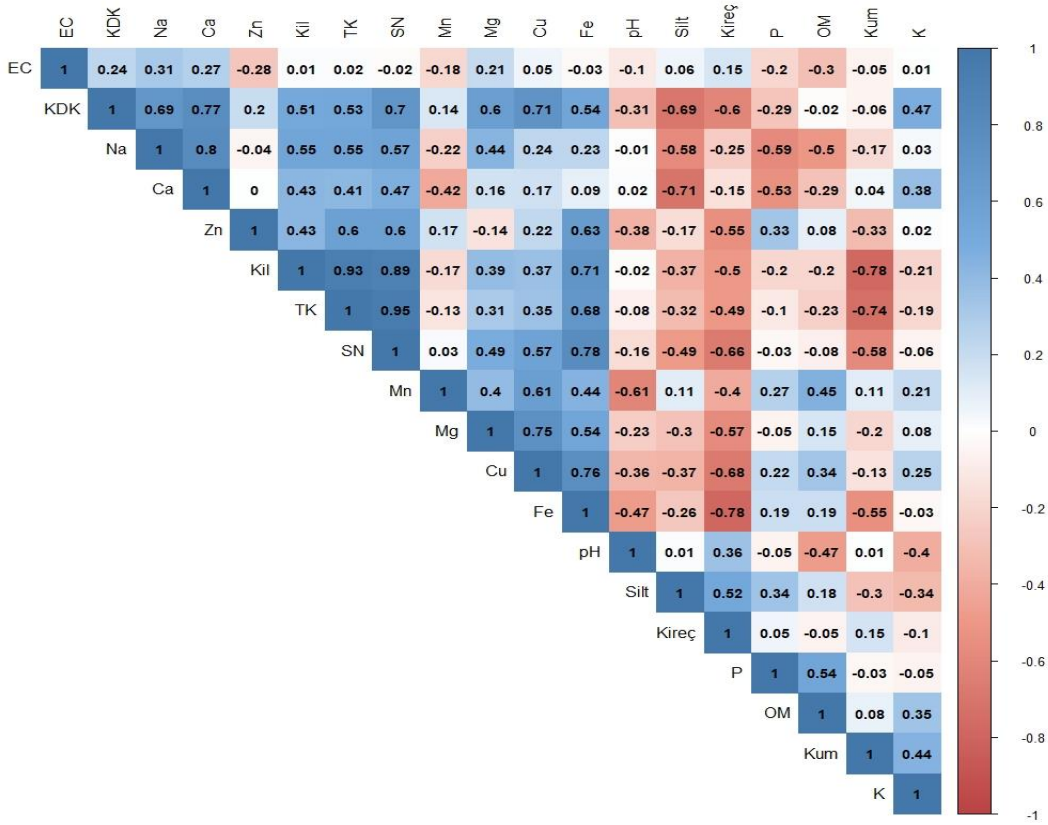
Özellikler Properties	Ortalama Mean	Standart sapma Standard deviation	Varyasyon katsayısı coefficient of variation	En Düşük Minimum	En Yüksek Maksimum	Çarpıklık Skewness	Basıklık Kurtosis
pH	7.21	0.53	7.31	6.42	8.14	0.15	-1.43
EC dS m ⁻¹	0.12	0.07	56.29	0.04	0.28	0.84	0.12
Kil %	32.82	14.15	43.11	12.66	56.40	0.24	-1.26
Silt %	22.39	7.59	33.88	15.13	46.11	1.90	3.84
Kum %	44.79	14.91	33.29	23.36	71.06	0.46	-0.90
CaCO ₃ %	6.83	5.11	74.81	2.01	25.37	2.69	8.60
Na cmol(+) ^{kg} ⁻¹	0.15	0.09	59.92	0.06	0.42	1.80	3.27
K cmol(+) ^{kg} ⁻¹	1.22	2.72	222.61	0.33	13.00	4.49	20.43
Ca cmol(+) ^{kg} ⁻¹	27.67	15.50	56.04	8.09	59.87	0.20	-1.15
Mg cmol(+) ^{kg} ⁻¹	4.87	2.91	59.71	1.37	10.45	0.41	-1.10
Cu mg kg ⁻¹	1.85	0.93	50.56	0.66	4.26	1.24	1.15
Mn mg kg ⁻¹	50.90	48.70	95.78	6.00	181.20	1.58	1.60
Fe mg kg ⁻¹	19.77	19.14	96.84	4.64	95.51	3.33	13.15
Zn mg kg ⁻¹	0.56	0.41	72.83	0.19	1.85	1.81	3.78
KDK cmol kg ⁻¹	21.83	10.26	47.01	8.07	42.59	0.17	-1.00
P mg kg ⁻¹	7.26	6.32	87.15	1.76	20.23	1.23	-0.01
Organik madde %	1.55	0.92	59.15	0.25	3.21	0.22	-1.29
Tarla Kapasitesi %(w/w)	27.67	8.84	31.94	15.78	47.44	0.30	-0.54
Solma noktası %(w/w)	19.06	7.85	41.20	6.44	30.97	0.20	-0.20

Tortul kayalar üzerinde oluşmuş toprak özelliklerinin korelasyon katsayıları Şekil 4'de belirtilmiştir. Alpar, (2017)'e göre $\pm 0.2-0.39$ korelasyon katsayısı "zayıf", $\pm 0.40-0.69$ "orta", $\pm 0.70-0.89$, "kuvvetli", $\pm 0.90-1.00$ ise çok kuvvetli ilişki olarak sınıflandırılmıştır. Toprakların KDK özellikleri ile Na (0.69; $p < 0.01$), Ca (0.77; $p < 0.01$), SN (0.7; $p < 0.01$), Cu (0.71; $p < 0.01$) özellikleri önemli seviyede ($p < 0.01$) pozitif yönlü korelasyon sergilemişlerdir. Kil miktarı ile TK (0.93; $p < 0.001$), SN (0.89; $p < 0.001$) ve Fe (0.71; $p < 0.01$) yüksek

seviyede korelasyona sahiptir. Tarla kapasitesini etkileyen faktörler kil miktarı, strüktür ve organik madde iken solma noktasını ise kil tipi ve organik madde belirleyebilmektedir (Lal ve Shukla, 2004; Karahan ve ark., 2014). Kil miktarı ile TK ve SN aralarında ilişkinin yüksek olması beklenen sonuç olmuştur. Demir içerikleri ile yüksek sonuçlar vermesi kil zerrelerinin etrafındaki demir kaplamaları rol oynamıştır. Toprakların Cu içerikleri ile Mg (0.75) ve Mn (0.61) istatistiksel olarak önemli korelasyonlar göstermiştir.

Toprakların kireç içerikleriyle mikro elementler arasında negatif yönlü ilişkiler bulunmuştur. Everest ve Özcan, (2018) magmatik kayalarda

granit ve bazalt kaynaklı demir içeriğinin yüksek olduğunu, Fe ile EC, kireç ve fosfor arasında negatif yönlü bir ilişki olduğunu belirtmiştir.

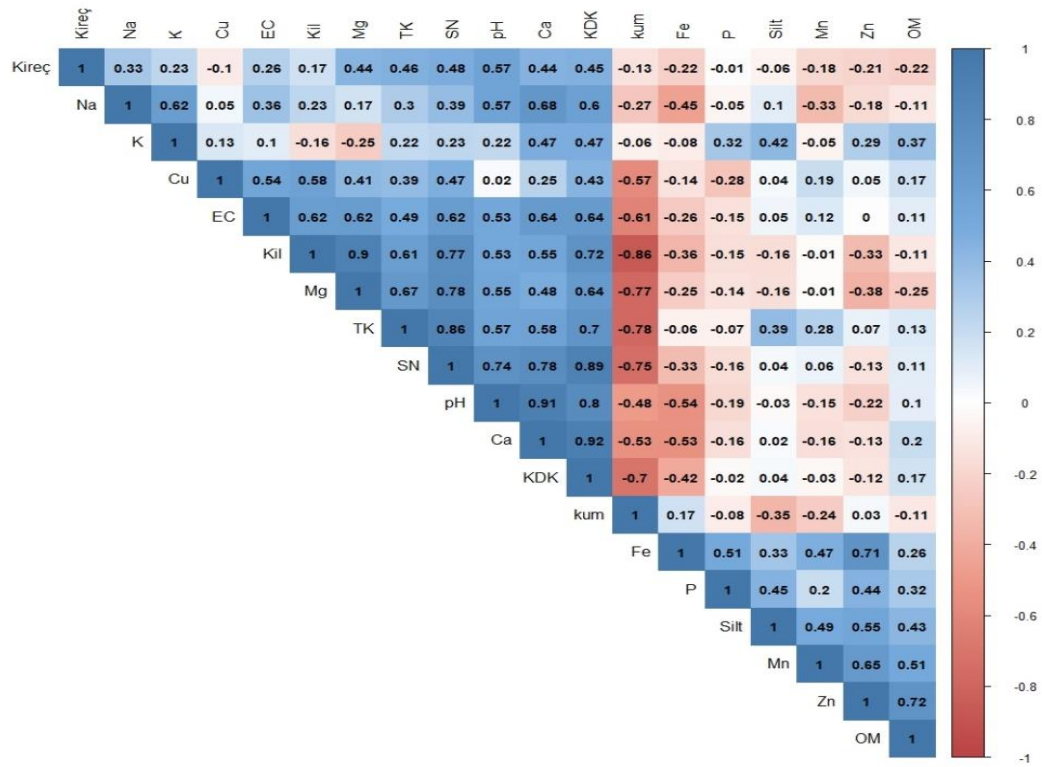


Şekil 4. Tortul kayalar üzerinde oluşan toprakların korelasyon katsayıları
Figure 4. Correlation coefficients of soils formed on sedimentary rocks

Toprakların Fe içerikleri kil (0.71; $p < 0.01$), TK (0.68; $p < 0.01$) ve SN (0.78; $p < 0.01$) ile pozitif yönlü önemli seviyede korelasyon göstermiştir. Çepel, (1988) sedimentlerin kil, kireç, silisyumdioksit, demirli bileşikler gibi çimentolayıcı materyaller tarafından birbirine yapıştırılması ile oluştuğunu belirtmiştir. OM-pH arasında bulunan negatif yönlü ilişkinin nedeni (-0.47; $p < 0.05$), organik karbonun kimyasal reaksiyonu sonucu bikarbonat ve hidrojen iyonun ortaya çıkması olarak düşünülmektedir. Ayrıca organik madde ile fosfor arasında pozitif (0.54; $p < 0.05$) yönlü önemli korelasyonun sebebi kalkerli topraklara organik fosfor kaynaklarının ilavesinde yarıyıllı fosfor artışı olarak düşünülmektedir (Frossard ve ark., 2002).

Magmatik kayalar üzerinde oluşmuş toprak özelliklerinin korelasyon ve önemlilik seviyeleri Şekil 5'de verilmiştir. Toprakların Na içeriği ile K (0.62; $p < 0.01$), Ca (0.68; $p < 0.01$) ve KDK (0.6; $p < 0.01$) önemli seviyede pozitif yönlü korelasyon

sergilemiştir. EC ile kil (0.62), Mg (0.62; $p < 0.01$), SN (0.62; $p < 0.01$), Ca (0.64; $p < 0.01$) ve KDK (0.64; $p < 0.01$) önemli seviyede yüksek korelasyon sergilemiştir. Kil'in Mg (0.91; $p < 0.001$), SN (0.77; $p < 0.01$) ve KDK (0.72; $p < 0.01$) ile pozitif yönlü bir ilişki belirlenmiştir. Kil içeriğinin artmasıyla katyon değişim kapasitesinin artmasına bağlı olarak değişebilir katyonların miktarı da artmaktadır. Yine kil içeriğine bağlı olarak toprakların solma noktasındaki nem içeriklerinin artması literatürlerde de benzer bulunmuştur (Şenol ve ark., 2018). Tarla kapasitesi tekstür, organik madde ve strüktüre bağlı olarak önemli farklılıklar göstermekle birlikte (Karahan ve ark., 2014), solma noktasındaki değişimde kil minerallerinin çeşitliliği ve miktarı daha fazla etkilidir. (Lal ve Shukla, 2004). Ayrıca kireç içeriğinin artmasıyla agregatlaşmanın artması, gözeneklerde daha fazla su tutulmasına neden olmaktadır (Yılmaz ve ark., 2005; Aksakal ve Öztaş, 2010).

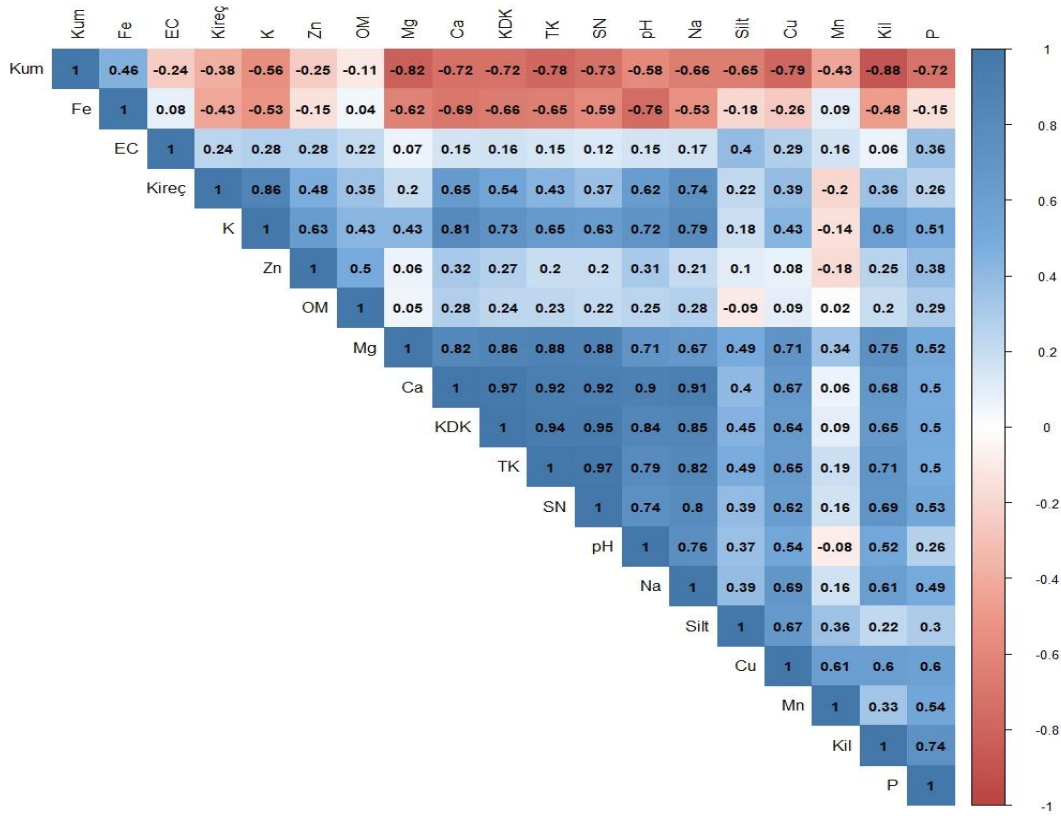


Şekil 5. Magmatik kayalar üzerinde oluşmuş toprak özelliklerinin korelasyon katsayıları
 Figure 5. Correlation coefficients of soil properties formed on igneous rocks

Potasyum ile organik madde içeriği arasında pozitif yönde önemli ilişki bulunmuş (0.37; $p < 0.05$) ve sonuçlar literatürlerde de benzerlik göstermektedir (Çimrin ve Boysan, 2006; Şenol ve ark., 2018). pH ile TK (0.57; $p < 0.01$) ve SN (0.74; $p < 0.001$) arasındaki pozitif ilişkinin nedeni; Ca ve Mg gibi katyonların artmasıyla flokülasyonun sağlanması sonucu gözenek yapısındaki değişkenlik ile suyun tutulmasının artışı olarak düşünülmektedir. Magmatik kayalar üzerinde

oluşmuş topraklarda OM ile Zn arasındaki önemli ilişki (0.72; $p < 0.001$) dikkat çekmektedir. Perez-Sirvent ve ark. (2009) tarafından toprakların çinko içeriği anakaya, tekstür, organik madde ve pH'ya göre değişim sergilediği belirtilmiştir.

Metamorfik kayalar üzerinde oluşmuş toprak özelliklerinin korelasyon ve önemlilik seviyeleri Şekil 6'da verilmiştir. İncelenene özelliklerden kum ve Fe içeriği genel olarak diğer toprak özellikleri ile negatif yönlü ilişkiler sergilemiştir.



Şekil 6. Metamorfik kayalar üzerinde oluşan toprak özelliklerinin korelasyon katsayıları
Figure 6. Correlation coefficients of soil properties formed on metamorphic rocks

Toprakların pH değerlerinin negatif çarpıklık göstermesi genel eğilimin ortalamadan düşük olmasını göstermektedir. Bu toprak grubu için ortalama pH değeri 7.105'dir. pH değerlerinin bu seviyelerde olması Fe'nin çözünürlüğünü arttırmış olarak düşünülmektedir (-0.76; $p < 0.001$). Toprakların kireç içerikleri K (0.88; $p < 0.001$) ve Na (0.74; $p < 0.01$) ile yüksek korelasyon sergilemiştir. Toprakların P içeriği kum ile negatif (-0.72; $p < 0.01$) kil ile pozitif (0.74; $p < 0.01$) yönlü ilişkili bulunmuştur. Kuvarsitler, fillitler ve mikaşitler gibi kristalin şistler az seviyede fosfor içermektedir (Çepel, 1996). Liu ve ark., (2000) topraklarda kil içeriğinin artmasıyla yüzey alanının etkisiyle P arasında pozitif yönlü bir ilişki belirlemiştir.

Farklı kayaç türleri ve arazi kullanımlarına bağlı toprak özellikleri Çizelge 6'da belirtilmiştir. Toprakların EC, Na, Ca, Mg, Cu, Mn, KDK, TK ve SN

içerikleri arazi kullanımına bağlı istatistiksel olarak önemli seviyede değişim sergilemiştir ($P < 0.01$). pH, $CaCO_3$, silt, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, KDK, TK ve SN özellikleri ana kayaya bağlı önemli seviyede değişkenlikler göstermiştir. Farklı arazi kullanımlarına bağlı olarak gerek toprak işleme gerek yetiştiriciliklere bağlı olarak uygulanana gübreler ya da kök gelişimindeki farklılıklardan dolayı toprakların fiziko-kimyasal özelliklerinde değişkenlerin olması beklenmektedir. Yılmaz ve Dengiz, (2021) en yüksek toprak organik C stoğunu ormanlık alanlarda ($53.356 \text{ ton ha}^{-1}$) en düşük ise tarım arazilerinde ($34.048 \text{ ton ha}^{-1}$) belirlemiştir. Madenoğlu ve Erpul, (2018) toprak aşınım faktörünü (K) en yüksek mera ($0,0389 \text{ t/ha*ha/MJ*h/mm}$) en düşük kolüvyal tarım alanlarında ($0,0263 \text{ t/ha*ha/MJ*h/mm}$) tespit etmiştir.

Çizelge 6. Farklı kayaç türleri ve arazi kullanımına bağlı toprakların bazı özelliklerindeki değişim
 Table 6. Changes in some properties of soils due to different rock types and land use

Özellikler Properties	Mera Pasture	Kuru Tarım Dry farming	Tortul Sedimentary	Magmatik Magmatic	Metamorfik Metamorphic
pH	7.26	7.65	7.95a*	7.21b	7.15b
EC dS m ⁻¹	0.11b	0.20a	0.18	0.13	0.15
CaCO ₃ %	11.94	12.10	21.25a	6.85b	7.94b
Kil %	28.89b*	35.93a	33.88	33.99	29.37
Silt %	25.49	26.25	30.21a	22.52b	24.88ab
Kum %	45.60a	37.80b	35.89	43.48	45.73
Na cmol(+)kg ⁻¹	0.16a	0.10b	0.12	0.16	0.12
K cmol(+)kg ⁻¹	0.82	1.03	0.80	1.25	0.73
Ca cmol(+)kg ⁻¹	23.84b	37.05a	42.39a	29.87b	19.08c
Mg cmol(+)kg ⁻¹	2.41b	5.21a	2.42b	5.33a	3.67ab
Cu mg kg ⁻¹	2.27a	1.35b	1.76	2.00	1.67
Mn mg kg ⁻¹	48.64b	82.39a	45.17b	56.51ab	94.94a
Fe mg kg ⁻¹	17.83	13.67	7.16b	19.07a	21.02a
Zn mg kg ⁻¹	0.65	0.83	0.59b	0.59b	1.04a
KDK cmol kg ⁻¹	15.75b	27.91a	24.92a	23.86a	16.72b
P mg kg ⁻¹	5.95	7.57	5.08	7.52	7.68
Organik madde %	1.22	1.58	1.49	1.60	1.10
Tarla Kapasitesi %(w/w)	25.25b	31.53a	32.81a	28.71ab	23.65ab
Solma noktası %(w/w)	14.48b	22.11a	21.70a	19.12ab	14.06b

*Herbir özellik için harfler kendi içerisindeki istatistiksel değişkenliği göstermektedir (p<0.01)

Farklı kayaç türleri ve arazi kullanımlarına bağlı major oksitlerin değişimi Çizelge 7’de belirtilmiştir. Majör oksitlerden MnO dışında diğerleri kayaç türlerine göre istatistiksel olarak önemli değişim göstermişlerdir. Tortul ve magmatik kayaçlar üzerinde oluşmuş toprakların MgO, Fe₂O₃ ve TiO₂ seviyeleri istatistiksel olarak benzer Metamorfik kayaçlarda ise önemli seviyede farklılık göstermiştir (p<0.01). MgO değerlerinin ana kaya ve ana materyale bağlı olarak artması ortamda ferromagnezyen minerallerin bulunup bulunmayışı ile alakalıdır. Amfibol minerallerinin varlığı bu değerlerin yüksek olmasında etken olmaktadır. CaO en yüksek tortul, Al₂O₃ ve P₂O₅ ise Magmatik kayaçlar üzerinde oluşmuş topraklarda diğerlerine göre istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. CaO içeriği diğer toprak gruplarına göre tortullar üzerinde yaklaşık 2 ve 4 kat fazla bulunmuştur. Söz konusu bu değişim kireç taşı ana materyal kaynaklıdır. P₂O₅ ise magmatik kayaçlarda yaklaşık 2 kat fazladır. Magmatik kayaçlardaki en önemli

fosfat minerali apatittir. Alkali magmatik kayaçlarda P₂O₅ miktarı daha fazladır. Ateşte kayıp değerleri metamorfik ve magmatik toprak gruplarına göre tortullarda yüksek belirlenmiştir. Bu denli yüksek sonuçlar CaCO₃ bileşiklerinden yakma sonrası CO₂ çıkışına bağlı olarak artar. Topraklarda Al₂O₃ değerleri kil dağılımı ile doğrudan ilişkilidir. Olgun topraklarda bu değerler elüvyasyona bağlı olarak artar. Ayrışmaya karşı dayanıklı olan TiO₂’nin % miktarları toprağın ayrışma düzeyini ortaya koymaktadır. En yüksek TiO₂ % 1.08 ile magmatik kayaçlar üzerindeki topraklarda belirlenmiştir. SiO₂ ise en yüksek % 66.64 ile metamorfiklerde belirlenmiştir. MnO ise % 0.07-0.12 arasında önemsiz bir değişim sergilemiştir. K₂O ve Na₂O değerlerindeki yükseklik andezit ve bazaltik andezit türü kayaçlar ile bu kayaçların metamorfizması sonucu oluşan yapı iken, düşük sonuçlar kuvarsit ana materyal üzerinde oluşan topraklarda rastlanılmıştır.

Çizelge 7. Farklı arazi kullanımı ve ana materyal türlerine bağlı majör oksitlerin değişimi (%)

Table 7. Change of major oxides due to different land use and parent materia types (%)

Özellikler Properties	Mera Pasture	Kuru Tarım Dry farming	Tortul Sedimentary	Magmatik Magmatic	Metamorfik Metamorphic
MgO	1.20b	1.55a	1.36ab	1.63a*	0.99 b
CaO	4.48	4.4	8.65a*	3.08b	1.59b
K ₂ O	3.78a*	2.85b	2.73b	3.62a*	3.98a
Na ₂ O	1.34a*	0.90b	0.49b	2.12a*	0.94b
Fe ₂ O ₃	4.72	4.94	4.92 a*	5.78a	3.75b
SiO ₂	57.19	55.07	47.55c	55.25b	66.46a*
Al ₂ O ₃	13.32	13.11	11.93b	16.03a*	11.77b
MnO	0.107	0.093	0.12	0.09	0.07
TiO ₂	0.93	0.9	0.89ab	1.08a*	0.80b
P ₂ O ₅	0.144	0.148	0.08b	0.25a*	0.10b
Kül	12.84b	16.07a	21.14a*	11.30b	9.67b

*Herbir element için harfler kendi içerisindeki istatistiksel değişkenliği göstermektedir (p<0.01)

Farklı arazi kullanım türlerine bağlı olarak majör oksitlerin değişim yüzdeleri incelendiğinde toprakların K₂O, Na₂O ve kül içeriklerinde istatistiksel olarak önemli değişkenlikler belirlenmiştir (P<0.01). Diğer özelliklerdeki değişimler arazi kullanımlarına bağlı olarak önemli seviyede değişkenlik sergilememiştir.

Sonuçlar

Bu çalışmada; yarı kurak iklim koşullarında farklı kayaç türleri ve arazi kullanımları üzerinde oluşmuş toprakların fiziko-kimyasal özellikleri ve jeokimyasal ilişkileri ortaya konulmuştur. Toprak özelliklerinde en yüksek değişkenlik ve güçlü korelasyonlar metamorfik kayaçlar üzerinde belirlenmiştir. Tortul kayaçlar üzerinde oluşmuş toprakların özelliklerinde değişkenlikler (varyasyon katsayısı) ve korelasyonlar diğer topraklara göre daha düşüktür. Tortul kayaçlar üzerinde nem sabiteleri daha yüksek belirlenirken, magmatik kayaçlarda toprakların kum içerikleri diğer kayaç türlerine göre daha yüksek ve genel olarak makro ve mikro besin elementleri ile negatif korelasyon sergilemiştir. P₂O₅ miktarı en yüksek magmatik kayaçlar üzerinde oluşmuş topraklarda iken yanma kaybıyla orantılı olarak CaO miktarı tortullarda istatistiksel olarak önemli değişim sergilemiştir (p<0.01). Toprakların makro ve mikro element içerikleri ana materyalin etkisine ek olarak arazi kullanımıyla da önemli değişkenlikler sergilerken,

majör oksit elementlerin içerikleri genellikle ana materyaldeki farklılıktan önemli derecede etkilenmiştir.

Çalışma sonucunda; benzer iklim koşullarında oluşum gösteren toprak özelliklerinin değişkenliklerinde toprak oluşturan faktörlerden ana materyalin ve arazi kullanım türlerinin önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir. Ana materyaldeki farklılıklar diğer toprak oluşturan faktörlerinde etkisiyle toprak özelliklerinde önemli derecede değişkenlik sağlamaktadır. Toprakların yönetiminde etkili bir şekilde arazi kullanımı sağlamak amacıyla toprak oluşturan süreçlerin dikkate alınması gerekliliği bu çalışma ile ortaya konmuştur.

Ekler

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen TOVAG 118O282 No'lu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yazar Sinan DEMİR Organik Tarım alt alanında 100/2000 YÖK Doktora Bursiyeri'dir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Yazar Katkısı: Pelin Alaboz; metodoloji, araştırma, yazma, inceleme, düzenleme, Sinan demir; metodoloji, araştırma, yazma, inceleme,

düzenleme, Hüseyin Şenol; metodoloji, araştırma, yazma, inceleme, düzenleme, Orhan Dengiz; metodoloji, araştırma, yazma, inceleme, düzenleme, Kamil Yılmaz; okuma ve düzenleme, Oğuz Başkan; okuma ve düzenleme

Kaynaklar

- Aksakal, E.L., & Öztaş, T. (2010). Changes in distribution patterns of soil penetration resistance within a silage-corn field following the use of heavy harvesting equipments. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34, 173-179.
- Alpar, R. (2017). *Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemler*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Altınbaş, Ü. (2000). Toprak genetiği ve sınıflaması. İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Anderson, J.M. (1988). Spatiotemporal effects of invertebrates on soil processes. *Biol. Fert. Soils*, 6, 216-227.
- Anonymous (1973). *Analytical Methods for A.A. Spektrometry*. Perkin Elmer. Norwalk, Connecticut, USA.
- Anonymous (1999). *Soil Survey Staff. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey*. USA: Agriculture Handbook, No: 436 Washington, D.C.
- Araujo, M.A., Pedroso, A.V., Amaral, D.C., & Zinn, Y.L. (2014). Mineral assemblage of soils developed from different lithologies in southern Minas Gerais. *Brazil. Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 38(1), 11-25.
- Bouyoucos G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43, 434-438.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (1999). *The nature and properties of soil 12th ed*. New York: Mac. Pub. Com.
- Chao, T.T., & Sanzalone, R.F. (1992). Decomposition techniques. *Journal of Geochemical Exploration*, 44-65, 106.
- Corine (2018). Arazi örtüsü istatistik verileri. <http://corine.tarimorman.gov.tr/corine>.
- Çepel, N. (1996). *Toprak ilmi: orman topraklarının karakteristikleri, toprakların oluşumu, özellikleri ve ekolojik bakımdan değerlendirilmesi*. İstanbul Üniversitesi Yayınları, No, 3945
- Çimrin, K. M., & Boysan, S. (2006). Van yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(2), 105-111.
- Dengiz, O. Sağlam, M., Özaytekin, H.H., & Başkan, O. (2013). Weathering rates and some physico-chemical characteristics of soils developed on a calcic toposequences. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8 (2), 13 – 24.
- Ekberli, İ., & Dengiz, O. (2017). Bazalt ana materyali ve farklı topografik pozisyonlar üzerinde oluşmuş toprakların bazı topografik ve fiziko-kimyasal özellikleri arasındaki doğrusal regresyon modellerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 6(1), 15-27.
- Erinç, S. (1969). *Klimatoloji ve metodları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğr. Enst. Yayınları.
- Everest, T., & Özcan, H. (2018). Toprak verimliliğinin değerlendirilmesinde pedo-jeolojik yaklaşım. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4), 589-603.
- FAO, (1990). *Micronutrient, assesment at the country level: an intemational study*. Rome: FAO Soils Bulletin by Sillanpaa. 63.
- Fiantis, D., Nelson., Shamshuddin, J., Goh, T.B., & Van Ranst, E. (2010). Determination of the geochemical weathering indices and trace elements content of new volcanic ash deposits from Mt. Talang (West Sumatra) Indonesia. *Eurasian Soil Science*, 43 (13), 1477-1485.
- Follett, R. H., Murphy, L. S., & Donahue, R. L. (1981). *Fertilizers and soil amendmets*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, USA.
- Frossard, E. Brossard, M. Hedley, M.J. & Metherell, A. (2002). Phosphorus in the global environment. Institute for Plant Sciences, Swiss Federal Institute of Technology (ETH), CH-8092 Zürich, Switzerland.
- Güneş, A., Aktaş, M., İnal, A., & Alpaslan, M. (1996). Konya kapalı havzası topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri. Ankara: A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Gürsoy, F. E., & Dengiz, O. (2018). Farklı iki anamateryal üzerinde oluşmuş vertisol toprakların morfolojisi, minerolojik özellikleri ve sınıflaması. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(2), 162-169.
- Kacar, B. (2016). *Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analizleri*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Karaman, M.R., Brohi, A.R., Müftüoğlu, N.M., Öztaş, T., & Zengin, M. (2007). Sustainable soil fertility. Turkey: Koyulhisar Agriculture Culture Publisher.
- Lal, R., & Shukla, M. K. (2004). Principles of soil physics. The ohoi state University Columbus, Ohio, USA, Marcel Dekker, Inc. CRC Press.
- Lindsay, W. L. & Norvell, W. A. (1969). Development of a DTPA Micronutrient Soil Test. *Soil Science Society of American Proceeding*, 35, 600-602.
- Li, H.X., Zhang, X.M. & Liu, Y.J. (2000). Soil Components Affecting Phosphota Sorption Parameters of Acid Paddy Soils in Guangdong Province. *Pedosphere*, 10(4), 317– 321.
- Maas, E.V. (1986). Salt Tolerance of Plants. *Applied Agricultural Research*, 1(1), 12-25.
- Madençoğlu, S., & Erpul, G. (2018). Yarı Kurak Bölgelerde Farklı Arazi Kullanımlarında Toprak Erozyon Duyarlılığının Belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, Özel sayı, 484-493.
- MTA. (2011). 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, 158-162 pafta. Ankara.
- Newhall, F., & Berdanier, C.R. (1996). Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. Soil Survey Investigations Report No. 46, National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service, Lincoln, NE.
- Özaytekin, H. H., & Dedeoğlu, M. (2021). Hasandağ Volkanik Materyali Üzerinde Oluşan Toprakların Ayrışma Oranları ve Kütle Dengesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(1), 81-92.
- Pérez-Sirvent, C., Martínez-Sánchez, M. J., García-Lorenzo, M. L., Molina, J., & Tudela, M. L. (2009). Geochemical background levels of zinc, cadmium and mercury in anthropically influenced soils located in a semi-arid zone (SE, Spain). *Geoderma*, 148(3-4), 307-317.

- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and Improvement Saline and Alkaline Soils*. U.S. Dep. Agr. Handbook 60.
- Soil Survey Staff. (1992). *Soil survey manual*. United States Department of Agronomy. Washingto, USA: Handbook No: 18.
- Soil Survey Staff. (1993). *Soil Survey Staff. Soil Survey Manual*. USDA Washington D.C.: Handbook No: 18-437.
- Soil Survey Staff. (2014). *Keys to Soil Taxonomy*. Soil Survey Staff, U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. S.372.
- Sönmez, Ş.U. & Kuşçu, İ. (2017). Afyon-Sandıklı (AS alkaleen porfiri bakır-altın cevherleşmesinin alterasyon ve magmatizma ile olan uzay-zaman ilişkisi. *70.Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Özeti*, (ss. 474-475) 10-14 Nisan. Ankara.
- Surya, J. N., Walia, C. S., Ahmad, N., Singh, H., Goyal, V., & Khajuria, V. (2015). Characterization and Clay Minerals Composition of Soils Derived from Metamorphic Formation of Kumaon Himalayas. *Clay Research*, 34(1), 15-24.
- Syldie, B. (2017). Crop yield potential as telltale indice of soil weathering extent and fertility status: The case of East African Highland Bananas. *African Journal of Agricultural Research*, 12 (16), 1362-1378.
- Şenol, H., Alaboz, P., Gülsoy, S., & Özkan, G. (2018). Boylu ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) ormanları altındaki toprakların fizikokimyasal özellikleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 8-17.
- Şenol, H., Alaboz, P., Demir, S., & Dengiz, O. (2020). Computational intelligence applied to soil quality index using GIS and geostatistical approaches in semiarid ecosystem. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(23), 1-20.
- Şenol, H., Alaboz, P., & Dengiz, O. (2020). Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların fiziko-kimyasal ve besin elementi içeriklerinin Enterpolasyon Yöntemle Değerlendirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35, 505-516.
- TOVEP (1991). Türkiye toprakları verimlilik envanteri. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Tunçay, T., Dengiz, O., & İmamoğlu, A. (2020). Influence of toposequence on physical and mineralogical properties of soils developed on basaltic parent material under sub-humid terrestrial ecosystem. *Journal of Agricultural Sciences*, 26(1), 104-116.
- Van Wambeke, A.R. (2000). The Newhall Simulation Model for estimating soil moisture & temperature regimes. Department of Crop and Soil Sci., Cornell University, Ithaca, NY.
- Yılmaz, M., & Dengiz, O. (2021). Bazı Toprak Özellikleri İle İlişkili Olarak Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsünün Toprak Organik Karbon Stokuna Etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(2), 154-167.
- Yılmaz, E., Alagöz, Z., & Öktüren, F. (2005). Aggregate formation and stability in soil. *Selcuk Agriculture and Food Sciences Journal*, 19(36), 78-86.