

Orta Karadeniz Bölge'sinde (Ordu) Yer Alan Gabroik Kayaçların Ayrışması ve Asidik Toprakların Oluşumu

Ali GÜREL

Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye

agurel@nigde.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 17.08.2016

Kabul Tarihi (Accepted): 10.02.2017

Ordu iline bağlı Yeşilköy Mahallesi ve yakın çevresinde bulunan orman toprakları araştırma yeri olarak belirlenmiştir. Gabro kayaçları üzerinde gelişmiş olan toprak horizonları kil ve kum miktarları artan toprak derinliği ile artmaktadır. Gabro tipi kayaçların ayrışması sonucu silt zengini toprakların geliştiği belirlenmiştir. Gabro üzerinde gelişen toprakların üst horizonlarında kuvars miktarlarının artmış olduğu, buna karşılık feldispat, piroksenler, amfiboller ve olivin miktarlarının ise azalmış olduğu ve yeni kil minerallerinin olduğu gözlenmektedir. Gabro üzerinde gelişen toprak horizonlarında CaO, MgO, Na₂O, K₂O ve P₂O₅ gibi oksitlerin, ana kayaca göre, miktarlarının azaldığı gözlenmiştir. Burada azalma göstermeyen ana element oksit ise Al₂O₃, Fe₂O₃ ve TiO₂'dir. Seçilen bir lokalitede Co, Sr, Cd gibi mobil olan iz elementler toprak ekosistemi içinde dikey olarak taşındığı, Cu, Ni, Ba, Zn gibi yarı mobil iz elementler ise aynı sistemden uzaklaştırıldığı Cr, Zr, Nb, Ce gibi immobil iz elementler ise toprak ekosisteminde toplandığı tespit edilmiştir. Seçilen bir profilden elde edilen veriler, Kuzey Amerika Çamurtaşı içeriği (NASC) ana ve iz element dağılım aralığında yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: orman toprakları, gabro, asidik topraklar, mineralojik içerik, ana ve iz element miktarları

Weathering of Gabbroic Rocks in the Central Black Sea Area (Ordu) and Formation of Acid Soils

The study area is located in forest soils in and around Yeşilköy village of Ordu. It is observed that the ratio of sand and clay in soil horizons developed on gabbro increased with the depth of the profile. The mineralogical studies carried out on gabbro indicate that the amount of quartz minerals in upper horizons of the soil increased, but that the amount of feldspar, pyroxene, amphibole and olivine minerals decreased. The soil horizons developed on gabbro, the amount of oxides such as Al₂O₃, Fe₂O₃ and MnO were increased and CaO, MgO, Na₂O, K₂O and P₂O₅ decreased with respect to host rock. It is observed that in this locality, the mobile trace elements such as Co, Sr and Cd were leached vertically, the semi mobile trace elements such as Cu, Ni, Ba and Zn, are leached away completely and the immobile trace elements such as Cr, Nb, Ce, and Zr were concentrated in soil profile. The data obtained from this locality is in the range of the North American Shale Composite (NASC).

Key Words: Forest soils, gabbro, acid soils, mineralogical content, major and trace element content

Giriş

Çalışma alanı, Orta Karadeniz Bölgesi, Ordu ilinin Yeşilyurt mahallesi ve yakın çevresinde yüzeyleyen Üst Kretase - Eosen yaşlı gabroik kayaçların yer aldığı sahayı kapsamaktadır. Bu çalışma ile orman ekosistemi içinde tabii ve antropolojik asit etkisi ve toprak ekosisteminde, onu oluşturan ana kayaç mineralojisinde ve kimyasında meydana gelen değişikliklerin incelemesi amaçlanmaktadır. Toprak ekosistemi, tabii ve antropolojik etkiler sonucu hızlı bir şekilde değişikliğe uğramakta, özellikle süzülen suya asit ve ağır metallerin katılmasıyla da yeraltı suyu ve akarsuların fiziksel ve kimyasal özellikleri olumsuz bir şekilde etkilenmektedir (Gürel 1991). Bilindiği gibi ayrışma olayı, fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylarla kayaçların parçalanmasıdır. Bu mekanizmayla oluşan toprak ekosistemi üç ayrı alt sisteme ayrılabilir, bunlar toprağın içerisinde

bulunan gaz, sıvı ve katı halleridir. Ayrıca, hiç şüphe yok ki, atmosferde bulunan CO₂'nin uzaklaştırılması karbonik asit ve silikatların kimyasal reaksiyonları sonucu gerçekleşir. Bölgede yer alan gabroik kayaçları oluşturan mafik minerallerin ayrışması sonucu [Ca]²⁺, [Mg]²⁺ ve [HCO₃]⁻ ortaya çıkar (Gürel ve Özcan, 2016). Buna karşılık, felsik minerallerin ayrışması sonucu ise, [K]⁺, [Na]⁺ ve [HCO₃]⁻ katyonlar ve anyon serbest kalırlar (Gürel, 2009). Çözünme ve yağış oranı mafik minerallerin yoğun olduğu bölgeler ile felsik minerallerin yoğun olduğu bölgeler de değişir (Velbel, 1992; Velbel ve diğ., 1996; Gürel ve Özcan, 2016). Hangi silikat ayrışması sonucu ortamdan CO₂'nin ve diğer asitlerin uzaklaştırıldığı bilinmesinde mineral ayrışma sırası çok önemlidir (Gürel ve Çopuroğlu, 1994). Türkiye'de tabii ve antropolojik asit ve zararlı maddelerin toprak ekosistemi içindeki miktarları

ve döngüsü üzerine henüz çok az çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışma modeli (yöntemi) ile mafik minerallerin ağırlıkta olduğu kayaların ayrışma özelliklerini, kayaç, toprak horizonları ve bölgesel iklim arasındaki bağlantıyı belirlemek, mafik mineraller ile felsik minerallerin çoğunlukta olduğu kayaların ayrışmaya karşı davranışlarına ışık tutmak mümkün olabilecektir. Özellikle ana kayaç ile toprak horizonları arasındaki kimyasal kütle kayıplarının nasıl geliştiği ve elementlerin toprak horizonlarında yeni dağılımları ve mineral değişimleri de tespit edilebilecektir.

Araştırma Bölgesinin Jeolojisi

Doğu Pontid Tektonik Kuşağı'nın batısında yer alan inceleme alanı, Üst Kretase-Eosen zaman aralığında yerleşen, volkanik ve sedimanter kayalardan oluşmaktadır. Bölgedeki volkanizma andezit, bazalt ve trakiandezit bileşimli olup, tüf-breş ve konglomera içerir. Genel olarak kireçtaşı-kiltaşı-kumtaşı-marn, çamurtaşı-tüfit ve çakıltaşlarından oluşan sedimanter kayalar geniş alanları kaplamaktadır. Bütün bu volkanik ve tortul kayalar, Üst Kretase ve Tersiyer yaşlı genç intrüzifler tarafından kesilmişlerdir. Jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru şu şekilde sıralanmaktadır (Çınar ve diğ., 1998, Yıldız ve Gürel, 2005; Şekil 1-2).

Gabro (G): Makroskobik olarak gri-yeşilimsi koyu siyahımsı renkli ve iri taneli derinlik kayacıdır. Mikroskobik olarak holokristalin dokulu olup, plajiyoklas (labrador), klinopiroksen (diopsit-ojit), olivin ve biyotit kristalleri ile opak mineraller içermektedir. Gabroiklerin yaşının Üst Kretase veya daha genç olduğu düşünülmektedir.

Kumtaşı - çamurtaşı arakatkılı andezit - bazalt lav ve piroklastları (Krüv): Bölgeye ait stratigrafi kesitinin en alt birimlerinden biridir. Başlıca andezit - bazalt, lav ve piroklastlardan oluşmaktadır ve kalın kumtaşı-çamurtaşı arakatkılıdır. Birimin tabanı bölgede yüzeylenmediğinden daha yaşlı birimlerle olan dokunak ilişkileri ve gerçek kalınlığı

bilinememektedir. Ordu merkez kuzeyinde görünür kalınlığı 2000 m. olarak tahmin edilmiştir.

Trakiandezit - andezit lav ve piroklastları (Ta): Üst Kretase yaşlı bazik birimlerin üzerine uyumlu olarak gelen bu birimler, tabanda piroklastlarla başlar ve bazen de belirgin tabakalanma göstermektedir. Yeşilyurt ve çevresinde görünür kalınlığı 750 m. olarak tahmin edilmiştir.

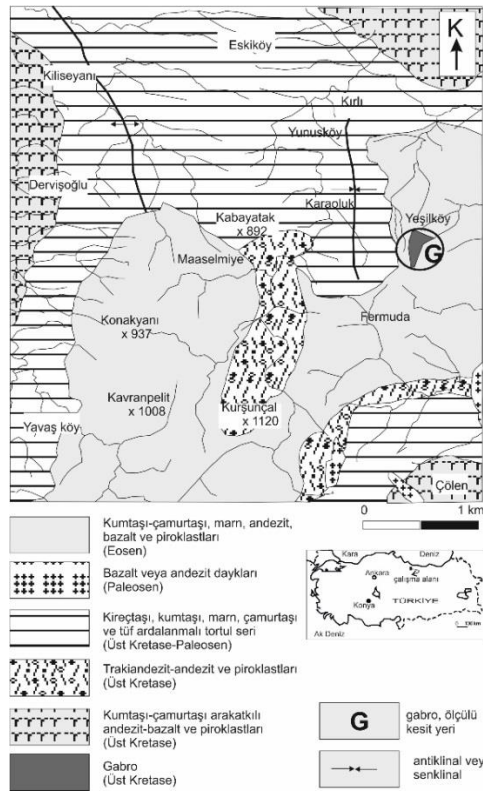
Kireçtaşı - kumtaşı - konglomera- çamurtaşı - tüfit aralanmalı tortul seri (Krü - E): Trakiandezitlerin üzerine uyumlu olarak gelen bu seri tamamen tortul birimlerden oluşmaktadır. Genellikle kalın tabakalı kireçtaşlarıyla başlar ve marn, çamurtaşları ile son bulur. İnce tabakalanma gösterirler. Yeşilyurt ve çevresinde görünür kalınlığı 750 m. olarak tahmin edilmektedir.

Andezit daykı (A): Makroskobik olarak kalsit dolgulu gaz boşluklarının yaygın olduğu gri-siyah görünümlü, ince taneli olan andezit daykları, mikroskobik olarak porfirik dokulu olup, plajiyoklas (andesin-oligoklas) ve amfibol (hornblende) fenokristalleri içermektedir.

Bazalt daykı (B): Makroskobik olarak siyah renkli ve ince tanelidir. Mikroskobik olarak porfirik dokulu olup, plajiyoklas (labrador-bitovnit) ve klinopiroksen (ojit) fenokristalleri içermektedir. Plajiyoklaslardan oluşan mikrolitler akma doku ve çapraz yapılı intersertal doku özelliği göstermektedir.

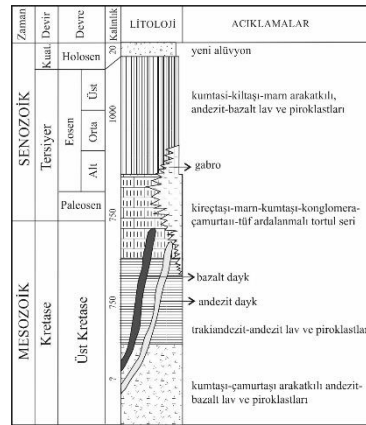
Kumtaşı - kiltaşı - marn arakatkılı andezit - bazalt lav ve piroklastları (Ev): Üst Kretase - Eosen yaşlı tortul serilerin üzerine uyumlu olarak gelen bu seri, volkano - sedimanter oluşumlardır. Tortul seviyeler ise, volkanikler içerisinde arakatkılar halinde izlenmektedir. Yeşilyurt ve çevresinde görünür kalınlığı 100 m. olarak tahmin edilmiştir.

Eski Alüvyon ve Yeni Alüvyon (Qe ve Qy): Eski alüvyonlar deniz kıyı kesimlerinde gözlenmekte ve çakıl, kum, kil ve silt tortul malzemelerden oluşmaktadır. Yeni alüvyonlar ise, tutturulmamış çakıl, kum ve silt içermektedir.



Şekil 1. Ordu ili Yeşilköy mahallesinin basitleştirilmiş jeolojik haritası

Figure 1. Simplified geologic map of the Ordu district Yeşilköy area



Şekil 2. Ordu ili yakın çevresinin geliştirilmiş stratigrafik kesiti (Çınar ve diğ., 1998)

Figure 2. Simplified stratigraphical section of the Ordu district Yeşilköy area

Materyal ve Metod

Analizi yapılan örnekler A, E, EB, Bt, BC, C1 ve C2 horizonları içeren (Şekil 3) profiller ile ana kayalardan derlenmiştir. Bu örneklemenin belirtilen bölgenin ortalama özelliklerini taşıyor olmasına özen gösterilmiş ve bunların profil açıklamaları, Amerika Birleşik Devletleri toprak sınıflama sistemi (Soil Survey Staff, 1998) dikkate

alınarak yapılmıştır. Islak numunelerin renklerini belirleyebilmek için Munsell renk skalası kullanılmıştır. Bütün analizler için 2 mm'lik elekten elenmiş toprak örnekleri kullanılmıştır (2 mm'lik elek üstü ise atılmıştır). Yöreyi temsil edebilecek en tipik bir profil seçilmiş olup, gabro toprakları üzerinde oluşan bir profilden 8 örnek derlenmiştir.

Toprak horizonlarındaki pH değerlerini belirlemek için ise, 1/2.5 oranında CaCl_2 - sıvısı (0.01 M) kullanılmış ve süspansiyon 1 saat sonra pH - metre ile ölçülmüştür.

Elek analizi ise toprak horizonlarından elde edilen örneklerin tane boyu değişimini araştırmak için Walker (1971) metodu örnek alınarak, granulometrik analizler yapılmıştır. Saha çalışmalarında elde edilen örnekler bu amaçla Niğde Üniversitesi jeoloji Mühendisliği laboratuvarlarında elekten geçirilmiştir.

Petrografik incelemeler için yapılan ince kesitler ise, gabro ve onun ayrışma horizonlarına ait kayaçlardan yapılmıştır. Bu ince kesitler MTA Genel Müdürlüğü'ne ait kesit hanesinde yapılmış ve Niğde Üniversitesinde polarizan mikroskopta (Nikon Poll 400) incelemeler yapılarak mikrofotografları çekilmiştir.

Aynı malzemenin mineralojik ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, araziden alınan örnekler Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nde (MTA) X-ışını kırınımı (XRD) analizi (Cu X-ışın tüplü Bruker D8 Advanced XRD analiz cihazı ile) gerçekleştirilmiştir.

X- ışını floresan spektrometresi (XRF) analizi için numuneler 105 °C'de kurutulup, analiz sonuçları Kanada ACME Laboratuvarında tamamlanmıştır. Burada XRF ve ICP analiz yöntemleri uygulanmış olup, 0.200 gr'lık örnekler 1.5 gr'ı LiBO_2 ile karıştırıldıktan sonra 100 μLS , % 5'lik HNO_3 içerisinde çözündürülmüştür. Diğerleri metaller oksitler olarak toplanmıştır. C ve S ise toplamda gösterilmiştir.

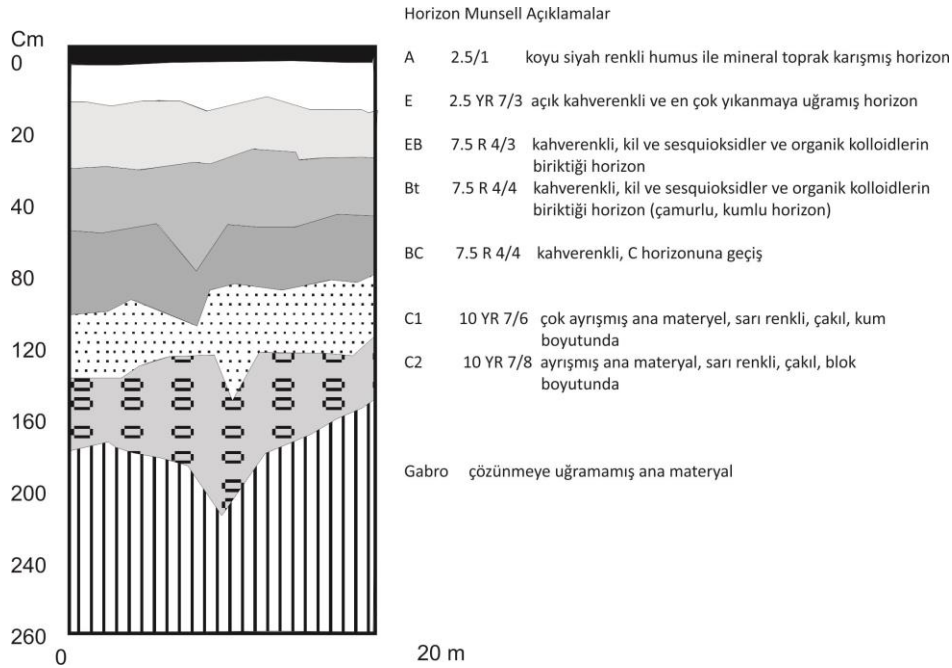
Yukarıda bahsedildiği gibi, analizler esnasında, istatistiksel güvenilirliğe dikkat edilmiştir. Eğer her iki ölçüm arasında büyük değer sapması (standart sapma) tespit edilmiş ise, istatistiksel güvenilirlik için üçüncü bir ölçüm yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Araştırma Bölgesinin İklimi Ve Toprak Profilleri

Araştırma alanının iklimi, çevresinde ve içinde bulunan meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilerle incelenmiştir (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 1992). Yıllık ortalama sıcaklıklar Orta Karadeniz, Ordu ili için 16 °C'dir. Sıcaklığın en yüksek olduğu aylar bütün istasyonlarda Temmuz ve Ağustos'tur (24 °C). Yıllık ortalama yağış Orta Karadeniz, Ordu ili için 1000 - 1250 mm'dir. Yağışın en yüksek olduğu aylar bütün istasyonlarda Ekim, Kasım, Aralık'dır. Yukarıda da görüldüğü gibi, bölgenin ılıman bir iklime sahip olduğu gözlenmektedir. Bunun nedeni ise, bu orman bölgesinde deniz ikliminin etkisi altına olmasından kaynaklanmaktadır. Bu asidik orman topraklarının ayrışma özelliklerini belirleyebilmek için, yükselti, eğim, bakı ve drenaj faktörleri de dikkate alınmıştır. Bölgede asidik toprak oluşumunu sağlayan magmatik kayaçlardan gabrolar üzerinde gelişen toprak horizonları belirlenmiş ve incelenen dört (4) ayrı profil benzer olduğundan birleştirilerek bir profil elde edilmiştir. Bu ön çalışmalar tamamlanmış ve bunun sonucu, aşağıdaki asidik orman toprakları araştırılmıştır.

Şekil 3'de görüldüğü gibi, gabro kayacı üzerinde oluşan topraklarda ince bir A - horizonu (0 - 6cm) ve ince bir E - horizonu (6 - 16 cm) gelişmiştir. EB ve Bt - horizonları oldukça kalındır (16 - 43 cm) ve kil birikimleri mevcuttur. Bu durum tane yüzeylerinde kil kaplamaları veya gözenek ve kanallardaki kil dolguları ile kendini belli eder. Kil dolguları sınırlı olduğundan ve kum gibi iri taneler içerdiklerinden oldukça iyi drenaj gösterirler.



Şekil 3. İnceleme alanında gabro üzerinde gelişmiş toprak profili (Konum: Sarı Boğaz; 37 T 392382 D; 45 33007 K, UTM değerleri, m, yükseklik: 770 m)

Figure 3. Gabbro rock section and soil profile developed on it occurring in the study area (locality: Sarı Boğaz; 37 T 392382 D; 45 33007 K, UTM, m, height: 770 m)

pH – Değerleri ve Taneboyu Dağılımı

Gabro üzerinde gelişmiş toprak horizonlarında yapılan pH ölçüm değerleri, A horizonunda ortalama pH - değerleri 4.8 ile 4.9 arasındadır (Tablo 1). Scheffer ve Schachtschabel (1984) tarafından yapılan 'pH - sınıflamasına göre, asit durumu sınıflamasında' bu horizon şiddetli asidik toprak olarak gösterilebilir. E - horizonunda pH - değerleri 4.7 ve 4.8 arasındadır ve bu horizon şiddetli asidiktir. EB ve Bt - horizonlarında pH - değerleri E - horizonuna göre daha yüksek olup, ortalama 5.8 civarındadır. BC - horizonunda pH - değerleri 6.0 ile 6.2 arasında değişmektedir. C1 ve C2 - horizonlarında ise pH - değerleri 6.1 ile 6.6 arasında değişmektedir. Bu pH - sınıflamasına göre orta dereceli asidik horizon olarak belirlenmiştir. Gabro gibi anakayaçlar üzerinde yapılan pH - ölçümlerinde zayıf asidik bir özellik gösterdikleri ve pH - değerleri 6.5 ile 6.9 arasında değişmektedir.

Granulometrik araştırmaları, gabro kayacı üzerinde gelişmiş olan toprak horizonlarında kil ve kum miktarları artan toprak derinliği ile artmakta ve silt miktarları ise azalmaktadır (Tablo 1). Bunun sonucu olarak, toprağın tane boyu dağılımı ile ana kayaç arasında sıkı bir ilişki olduğu görülmüştür. Genellikle, gabro gibi magmatik kayaçlar

ayrıştıklarında silt zengini toprakların oluştuğu tespit edilmiştir (Gürel, 1991). Bundan dolayıdır ki, toprağın yukarı horizonları miktar bakımından silt zenginliği göstermektedir. Toprağın aşağı horizonları ise kil miktarının çokluğu, bunların süzülen su ile dikey olarak taşınmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 1. İnceleme alanındaki toprak profilinin pH ölçüm değerleri ve tane boyu dağılımı

Table 1. pH values and grain size distribution of the studied soil profile

Toprak horizonları	pH	kil %	silt %	kum %	toplam %
A	4.9	7.2	71.6	21.2	100
E	4.8	9.6	73.1	17.3	100
EB	5.8	12.1	71.2	16.3	100
Bt	5.9	16.4	67.2	16.4	100
BC	6.1	16.5	62.8	20.7	100
C1	6.2	15.7	24.7	59.6	100
C2	6.5	11.8	22.4	65.8	100
Gabro	7.0	6.0	10.5	83.5	100

Özellikle bu toprak profillerinde kum boyutunda malzemenin artan derinlikle artması iklim değişiklikleri ile de açıklanabilir. Bilindiği gibi bu topraklar son buzul çağı sonrasında oluştuğu kabul görmektedir (Holosen) ve yağışlı dönemlerin etkisi sonucu bu kadar derin ayrışma profillerinin oluşmasını sağlamış olmalıdır.

Toprak ve Kayaç Mineralojisinde Meydana gelen Değişiklikler

Bilindiği gibi, toprakta ayrışma, antropojen ve tabii asit etkisi yağışa bağlı olarak gelişmektedir. Toprakta pH 6'nın altına düşerse, öncelikli çözülen mineraller ayrışır (Gürel ve Çopuroğlu, 1994). Bazı pirojen mineraller (ana kayaç kaynaklı örneğin kuvars) değişikliğe uğramadan kalırken, ayrışmaya bağlı pedojen (toprak oluşumu esnasında örneğin montmorillonit) kökenli yeni mineraller oluşmaktadır. Anakayaç kaynaklı mineraller fiziksel, kimyasal ve biyolojik ayrışma ile devamlı küçülmekte, ayrışma derecesi, artan toprak derinliği ile azalmaktadır.

Mineralojik ve Petrografik İncelemeleri

Şekil 4'de gabro kayacının taze yüzeyi (Şekil 4a) ve ayrılmış gabronun (Şekil 4b, C2- horizonu) gözlenmektedir. Mikroskobik olarak iri taneli, koyu masif minerallerin oluşturduğu kayaç hypidomorf dokuya sahiptir. Mikroskop altında, klinopiroksen (ojit) yer yer diyopsit bileşimde olup, az miktarda da ortopiroksen (hipersten) içermektedir. Plajiyoklaz (labrador), olivin, hornblend ve kloritleşmiş biyotit kayacın diğer esas mineralleridir. Manyetit, ilmenit ve piritten oluşan opak mineraller de bu gabro içerisinde yer yer zenginleşmiştir (Şekil 4c-d). Modal analiz hesaplamalarına göre, plajiyoklaz (labrador-bitownit) % 50-60, klinopiroksen (ojit, diyopsid) ve ortopiroksen (enstatit, hipersten) % 25-40, olivin % 20-30, hornblend % 20 ve ayrıca opak mineraller ise % 5 mertebesindedir.

Şekil 4e-f'de görüldüğü gibi, gabro üzerinde gelişmiş C1 ve C2 toprak horizonlarında biyotitin kloritleşmiş, buna karşılık olivin, piroksen ve amfibollerin ise sepeylenişme (özellikle olivin), karbonatlaşma, uralitleşme ve serusitleşme özelliği göstermektedir.

XRD ölçümleri

Tablo 2 ve Şekil 5'de görüldüğü gibi, kuvars minerali gabro ve onun üzerinde gelişen C1 ve C2-horizonlarında eser miktarlarda bulunmakta ve toprağın yukarı horizonlarına doğru artış göstermektedir. Piroksen ve amfibol grubu minerali ana kayaç ve Cv- horizonlarında miktar

bakımından oldukça zengindir. Bu mineral toprağın EB-Bt ve E horizonlarında ise tamamı ayrışmaya uğradığından, X - Işınları Diffraktometre ölçümlerinde, pikleri gözlenmemektedir. Feldispat, olivin, piroksen ve amfibol miktarı ise anakayaç, C1-C2 ve EB-Bt horizonlarında ilk sırada bulunmakta, fakat E ve A horizonlarında ise, toprakta meydana gelen kuvvetli ayrışma sonucu, miktarları oldukça azalmaktadır. Ana kayaç kökenli minerallere karşın pedojen mineraller olarak mikalar ve diğer silikatlar, kayaç içerisinde genellikle silt ve kum boyutunda bulunmakta olup, fiziksel ayrışma esnasında ince silt boyutuna kadar ufalanırlar. Burada toprak oluşumu esnasında, ince silt boyutunda bulunan taneler kimyasal ayrışmaya uğradığından, montmorillonit ve kaolin gibi, ince taneli killer oluşmaktadır.

Tablo 2 ve Şekil 5'de görüldüğü gibi, gabro ve onun üzerinde gelişen toprak horizonlarında, piroksen, amfibol ve feldispat gurubu mineral miktarlarının azaldığı ve buna karşılık toprak horizonlarında illit, montmorillonit, kaolin miktarları artmaktadır.

Sonuç olarak, pedojen minerallerinin oluşmasında, ana kayaktan köken alan ve kolay ayrışabilen minerallerin dönüşüm ve ayrışması yeni kil minerallerinin oluşmasında büyük rol oynadığı tespit edilmiştir.

Tablo 2. İnceleme alanındaki gabro kayacı üzerinde gelişmiş toprak profilinin mineral içeriği (sıralama miktar bakımından en fazladan ve en aza doğrudur)

Table 2. Mineralogical content of gabbro rock section and soil profile developed on it occurring in the study area (alignment from of the high amount to the least amount)

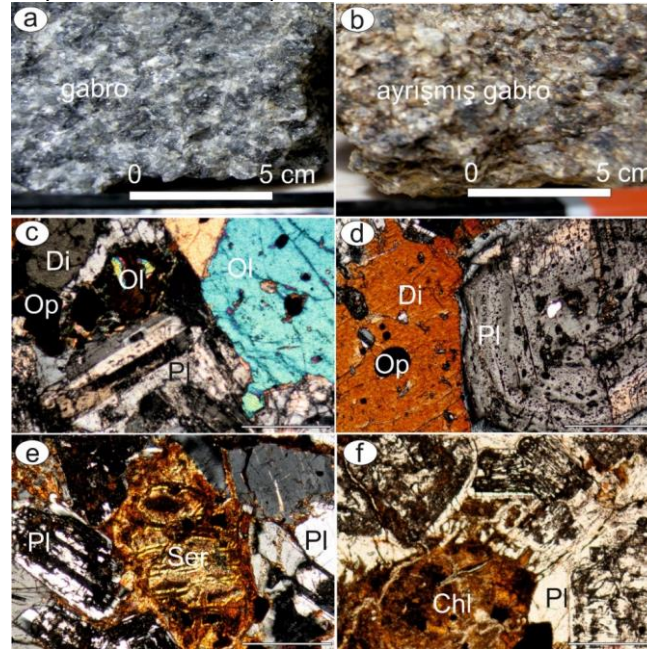
Ordu ili, Gabro ve toprak horizonları, XRD ölçüm sonuçları

	Ordu ili, Gabro ve toprak horizonları, XRD ölçüm sonuçları
A	kuvars, montmorillonit, kaolin, feldispat, opak mineraller
E	kuvars, montmorillonit, kaolin, feldispat, opak mineraller
EB	montmorillonit, feldispat, kuvars, opak mineraller, biyotit, kaolin
Bt	montmorillonit, feldispat, kuvars, opak mineraller, biyotit, kaolin
BC	feldispat, montmorillonit, piroksen, serpantin, klorit, opak mineraller, biyotit,
C1	feldispat, montmorillonit, piroksen, serpantin, klorit, opak mineraller, biyotit,
C2	feldispat, piroksen, hornblend, klorit, biyotit, opak mineraller
Gabro	feldispat, piroksen, hornblend, klorit, biyotit, opak mineraller

Asit Etkisi ile Kayaç Kimyasında Meydana Gelen Değişiklikler

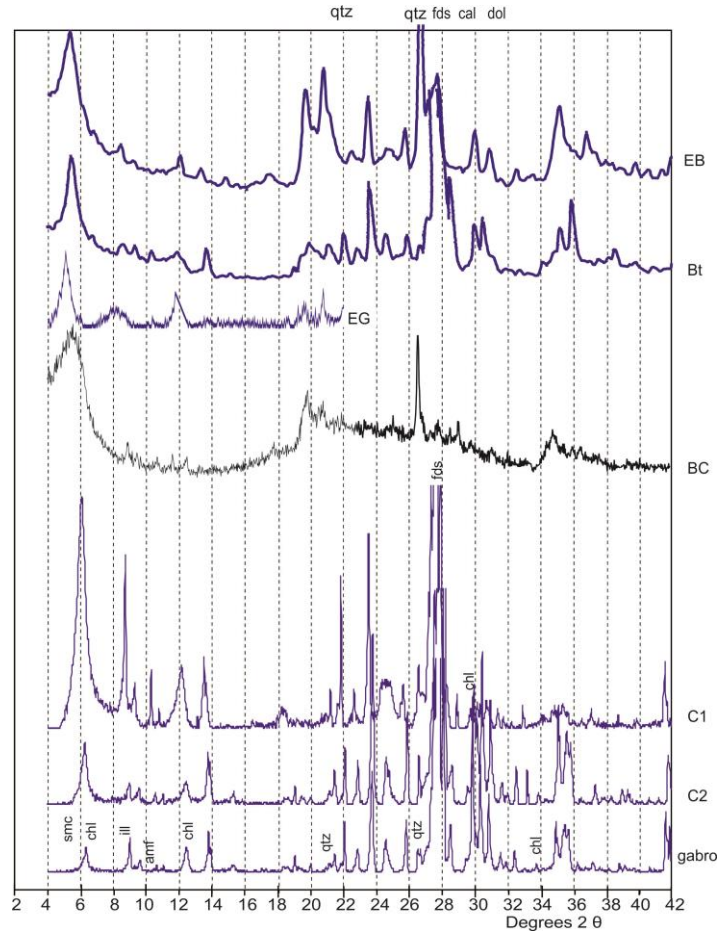
Gabro (Orta Karadeniz Bölgesi) üzerinde gelişmiş toprak ve ana kayaç numunelerinden elde edilen ana element oksit yüzdeleri ve iz element miktarları mg/kg olarak Tablo 3'de sunulmuştur. Buna göre toprak profillerinde SiO₂ miktarları ana kayaca göre oldukça zenginleşmiştir. Bunun nedeni toprak oluşumu esnasında atmosfer olayları örneğin fırtına olayları ile kuvars zengini tozun geldiği ve bu şekilde kuvars zenginleşmelerini gerçekleştirebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, gabro içerisinde eser miktarlarda kuvars minerali bulunmaktadır ve bu aynı kayacın kırık ve çatlaklarında da ikincil oluşmuş kuvars minerali tespit edilmiştir. Yağışın fazla olduğu bir toprak sisteminde, kil, humus, seskioksitler ve bazlar yıkandıklarından, toprak

horizonlarında atmosferik kuvars zengini toz girdileri de olmadan kuvars zenginleşmeleri mümkündür. Buna karşılık, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve MnO miktarları aynı toprak profilinde zenginleşmektedir. Bilindiği gibi, bu daha çok tropikal ve subtropikal bölgelerde fazla yağış ve sıcaklık şartları altında şiddetli ayrışma olayları sonucunda toprak yüzeylerindeki silislerin önemli ölçüde yıkanması ve demir, mangan ile alüminyum oksitçe zengin killi bir materyalin kalması ile oluşmaktadır. Bu toprak ekosisteminden SiO₂ yeraltı suyuna ve oradan da akarsulara geçerler. Bu tür topraklar genelde podzolik- ve lateritik topraklar olarak da bilinir (Scheffer ve Schachtschabel, 1984). Na₂O, MgO, SiO₂, CaO ve P₂O₅ gibi ana element oksit miktarları üst toprak horizonlarında, ana kayaca ve Kuzey Amerika Çamurtaşı Bileşenlerine (NASC) göre, azalmıştır.



Şekil 4. (a) Ayrışmamış taze gabro görüntüsü, (b) ayrışmış gabro görüntüsü, (c) ayrışmamış taze gabroya ait genel mikroskop görünümü, klinopiroksen (ojit) yer yer diyopsit, ortopiroksen (hipersten), plajiyoklaz (labrador), olivin (çift nikel), (d) ayrışmamış taze gabroya ait genel mikroskop görünümü, diyopsit, ortopiroksen (hipersten), plajiyoklaz (labrador) ve opak mineraller, (çift nikel), (e) ayrışmış gabroya ait genel mikroskop görünümü, ayrışmış plajiyoklaz (labrador), serpantin, kil mineralleri ve opak mineraller (çift nikel), (f) ayrışmış gabroya ait genel mikroskop görünümü, ayrışmış plajiyoklaz (labrador), klorit, diğer kil mineralleri ve opak mineraller (çift nikel). Di: diopsit, Pl: plajiyoklaz, Ser: serpantin, Chl: klorite, Op: opak mineraller, Ol: olivin

Figure 4. (a) View of the fresh gabbro, (b) view of the weathered gabbro, (c) photomicrographs of the fresh gabbro, clinopyroxene (ojite) partly diopside, orthopyroxene (hyperstene), plagioclase (labradore) and opac minerals, (crossed polars), (d) photomicrographs of the fresh gabbro, diopside, orthopyroxene (hyperstene), plagioclase (labradore) and opac minerals, (crossed polars), (e) photomicrographs of the weathered gabbro, weathered plagioclase (labradore), serpentine, clay minerals and opac minerals, (crossed polars), (f) photomicrographs of the weathered gabbro, altered plagioclase (labradore), chlorite, other clay minerals and opac minerals, (crossed polars)



Şekil 5. Gabro ana kayacı ve onun üzerinde gelişen toprak horizonlarının XRD desenleri (smc: smektit, chl: klorit, ill: illit, amf: amfibol, qtz: kuvars, fds: feldispat, cal: kalsit)

Figure 5. Gabbro rock section and soil profile developed on it occurring in the study area and its XRD patterns. (smc: smectite, chl: chlorite, ill: illite, amf: amphibole, qtz: quartz, fds: feldspar, cal: calcite)

Bu elementler bitki besin elementleri olduğu gibi, yağmur suyu topraktan süzülürken, burada mineralleşir, bu şekilde normal mineralleşmiş yeraltı sularını oluştururlar. Eğer toprak ve kayaç ekosisteminde stabil olmayan bir durum arz ederse, yani bazik karakterli elementler (Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, gibi) azaldığında, buna bağlı olarak akarsuların kalitesi düşmektedir (Gürel ve Çopuroğlu, 1994).

Toprak ekosistemi içinde bulunan iz elementler killer, hidroksit killeri (seskioksitler, Fe-, Mn-, Al-oksitler) ve humus tarafından tutulmaktadır. Bu iz elementlerinin toprak ekosistemindeki davranışları ise çeşitli araştırmacılarca yürütülmüştür, örneğin, Herms ve Brümer (1983) tarafından yapılmış araştırmalarda, iz elementlerden Cd>Zn>Ni>Cu>Pb>Cr gibi bir sıralamada buldukları ve mobil olma özelliğine

sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise iz elementler üç ayrı gruba ayırarak incelenmişlerdir.

Co, Sr, Cd gibi mobil olan iz elementler, toprak ekosistemi içinde dikey olarak taşındığı ve aşağı toprak horizonlarında tekrar toplandığı belirlenmiştir. Bu şekilde ana kayaca göre, toprak horizonlarının bazılarında mobil iz element zenginleşmesi mümkün olmaktadır.

Cu, Ni, Ba, Zn gibi yarı mobil iz elementler, toprak ekosisteminden süzülen su ile birlikte sistemden uzaklaşırlar. Bu şekilde toprak ekosistemindeki miktarlarında genellikle azalmalar görülür.

Ti, Cr, Zr, Nb, Ce gibi immobil (hareketsiz) iz elementler, toprak ekosisteminden hemen hemen hiç taşınmazlar, bu yüzden toprağın üst horizonlarında zenginleştikleri tespit edilmiştir. Ancak toprak oluşumu esnasında (pedojenez)

miktarlarında azalmalar gözlenmektedir (Gürel, 1991).

Dünyada literatüründe sıklıkla kullanılan çeşitli moleküler ayrışma endeksleri incelenmiş ve bir tablo haline getirilmiştir (Tablo 4). Tablo 3-4 ve Şekil 6'da görüldüğü gibi moleküler ayrışma endeksleri (Σ bazlar/Al, killeşme, tuzlaşma, karbonatlaşma, provenans, redoks şartları, ayrışma, yeni element dağılımı, podzollaşma, immobilite) çalışma bölgesine ait moleküler ayrışma endeksleri için de hesaplanmış olup, buna göre çalışma alanının normal moleküler ayrışma değerleri taşıdığı belirlenmiştir. Ayrıca toprağın üst horizonlarında asitleşme sonucu özellikle tuzlaşma ve karbonatlaşma oranlarının çok düşük olduğu, buna karşılık ayrışma yüzdelerinin (CIA-K) ve killeşme oranlarının ise oldukça arttığı gözlenmiştir.

Türkiye için, antropojen asit ve zararlı maddelerin hava yolu ile taşınım miktarları, henüz literatürde yerini almamıştır. Bu değerler Almanya'nın orman toprakları için belirlenmiş olup, sisteme taşınan miktar 1.2 ile 6.4 kilomol H⁺ hektar/yıl arasında değişmektedir. Aynı ülkede zararlı maddelerin hava yolu ile orman ekosistemine taşınma miktarları ise ortalama 1.2 kg/hektar/yıl'dır (Scheffer ve Schachtschabel, 1984). Dünyada toprak ekosistemi üzerine çalışmalar, son 30 yıldan beri yoğunlaşarak devam etmektedir. Bu yüzden literatür çalışmaları çok geniş olup, bu araştırmalara benzer çalışma yapanların bazıları (Ulrich, vd. 1979, Ulrich, 1981, Ulrich, 1983, Scheffer ve Schachtschabel, 1984)'dir. Bu çalışma sonucu elde edilen ayrışma sonuçları, yukarıda adı geçen yazarların bulgularına benzerlik göstermektedir.

Sonuçlar

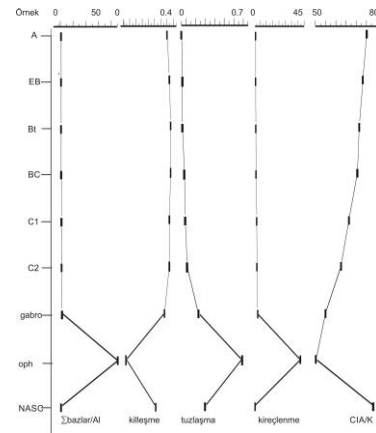
Gabro ve onun üzerinde gelişen toprak horizonlarında yapılan pH-ölçümlerine göre, toprağın üst horizonlarında şiddetli asidik, toprağın alt horizonları ise orta dereceli asidik'dirler. Granulometrik araştırmalara göre, gabro kayaları ve onun üzerinde gelişmiş olan toprak horizonlarında kil ve kum miktarları artan toprak derinliği ile artmaktadır.

Aynı lokalitede yapılan, toprak horizonları ve kayaların mineral içeriği üzerine araştırmalar, toprağın üst horizonlarında kuvars miktarlarının artmış olduğu, buna karşılık feldispat, olivin, piroksen, amfibol gibi minerallerin miktarlarının

ise azalmış olduğu ve yeni kil minerallerinin oluştuğu gözlenmektedir.

Tabii ve antropojen faaliyetler sonucu toprak ekosisteminde asit üretilmektedir. Bu asit ise toprak ekosistemi içinde bazı kimyasal reaksiyonlara sebep olmakta ve öncelikli çözülen minerallerden başlamak üzere kimyasal ayrışma meydana gelmektedir. Ayrışma sonucu asidik su nötr duruma gelmektedir. Toprakta ayrıca yeni yani ikincil mineraller de oluşmaktadır (kil minerallerinin oluşumu).

Bitki örtüsü ve yeraltı suyunun mineralleşmesi için önemli olan ana element oksit miktarları CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ toprağın üst horizonlarında (solum, A ve B horizonları) azalmaktadır. Buna karşılık, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve MnO ana element oksit miktarları toprak ekosisteminde artarak depolanmaktadır. Al₂O₃ ve ağır metallerin zenginleşmesi ise bitki örtüsü ve yeraltı suyu için olumsuzluk sunmaktadır. Asitleşme sonucu Al³⁺ iyonu ile birlikte iz elementler de kolaylıkla yeraltı suyuna oradan da akarsulara geçmektedir. İz elementlerden özellikle Cd, As, Cu gibileri hayvan ve bitkiler için ekotoksik özelliklidir. Türkiye için de 'asit ve zararlı madde içerikleri' ve silis ayrışması üzerine araştırmalar yoğunlaştırılmalıdır, çünkü asit ve zararlı maddelerin etkilerini toprakta kontrol eden yegâne unsur silikat ayrışmasıdır. Toprak derinliğine bağlı silikat ayrışma içerikleri belirlenmelidir.



Şekil 6. NASC, ofiyolit, gabro ana kayacı ve onun üzerinde gelişen toprak horizonlarının seçilmiş bazı moleküler ayrışma endeksleri

Figure 6. Vertical distribution of selected molecular weathering ratios in the gabro section and soil profile developed on it occurring in the study area, NASC and ophiolite

Tablo 3. Gabro kayacı üzerinde gelişmiş toprak ve ana kayaç numunelerinin ana element oksit yüzdeleri, iz element mg/kg içerikleri (Oph: ofiolit; ve Kuzey Amerika Çamurtaşı Bileşeni (NASC, Gromet et al., 1984) ve moleküler ayrışma endeks değerleri

Table 3. Major- (wt.%) and trace-element (mg/kg) composition of the gabbro section and soil profile developed on it occurring in the study area (Oph: ophiolite; and North American Shale Composite (NASC, Gromet et al., 1984) and the multi-element ratios

Elementler %	A	EB	Bt	BC	C1	C2	Gabro	Oph	NASC*
SiO ₂	51.27	49.6	49.02	48.2	45.97	46.85	49.1	38.45	58.3
TiO ₂	1.35	1.19	1.25	1.1	1.3	1.35	1.5	0.01	0.5
Al ₂ O ₃	17.96	18.46	18.59	18.5	17.19	17.41	16.3	0.95	15.2
ΣFe ₂ O ₃	5.28	6.01	6.98	7.02	7.59	7.62	6.86	8.2	5.5
MnO	0.15	0.11	0.12	0.09	0.1	0.3	0.16	0.13	0.06
MgO	4.15	4.19	4.27	5.83	8.02	7.54	8.90	41.52	2.6
CaO	5.43	6.23	6.81	7.1	7.7	9.34	11.02	0.93	3.2
Na ₂ O	0.5	0.5	0.6	0.6	0.98	1.05	2.3	0.01	1
K ₂ O	0.42	0.67	0.52	0.89	0.59	0.9	1.4	0.65	3.6
P ₂ O ₅	0.09	0.08	0.06	0.05	0.13	0.14	0.15	0.03	0.1
Cr ₂ O ₃	0.12	0.17	0.17	0.21	0.23	0.21	0.32	0.46	0.01
LOI	13.3	12.84	11.6	10.4	10.2	7.3	2.02	8.61	10
Total	100.02	100.05	99.99	99.99	100	100.01	100.03	99.95	100.07
TOT/C	1.92	1.22	1.09	1.12	0.9	1.45	--	0.2	--
TOT/S	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	--	0.01	--
ppm									
Ba	270	260	255	270	255	250	220	10	636
Cu	27	27	29	28	30	37	45	24	--
Zn	85	73	80	78	76	71	75	56	--
Ni	550	555	590	585	580	600	620	1865	58
Co	60	60	56	61	63	70	59	102	26
Sr	275	259	253	251	250	210	15	9	142
Zr	185	190	125	120	125	125	130	7	200
Ce	29	57	124	120	119	125	130	8	68
Y	21	28	19	32	25	19	25	12	--
Nb	14	13	9	14	11	10	6	6	--
Sc	8	11	9	14	10	6	<5	9	15
Ta	9	15	10	9	14	6	<5	15	1
Ti	11759	10289	10808	9511	11240	11759	12970	86	4323
Ana elementler									
bazlar/Al	0.58	0.63	0.66	0.78	1.01	1.08	1.45	45.38	0.68
killeşme	0.35	0.37	0.38	0.38	0.37	0.37	0.33	0.02	0.26
tuzlaşma	0.05	0.06	0.06	0.08	0.09	0.11	0.23	0.69	0.30
karbonatlaşma	0.53	0.56	0.60	0.70	0.91	0.97	1.22	44.68	0.38
provenans	0.08	0.06	0.07	0.06	0.08	0.08	0.09	0.01	0.03
redoks	5.29	6.02	6.99	7.02	7.60	7.64	6.87	8.34	5.50
CIA-K(ayrışma)	75.18	73.28	71.50	70.61	66.45	62.63	55.03	50.26	78.35
İz elementler									
podzollaşma	0.98	1.00	1.01	1.08	1.02	1.19	14.67	1.11	4.48
Ana ve iz elementler									
immobillik 1	0.016	0.018	0.012	0.013	0.011	0.011	0.010	0.081	0.046
immobillik 2	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.00	0.000	0.070	--

Tablo 4. Dünya literatüründen derlenerek oluşturulmuş moleküler ayrışma endeksleri (NV: normal değerler; SE: kuvvetli etki; Soil Survey Staff, 2001; Retallack, 1990; Sheldon and Tabor, 2009)

Table 4. Molecular weathering and pedogenesis ratios (NV: normal value; SE: strong effect; Soil Survey Staff, 1998; Retallack, 1990; Sheldon and Tabor, 2009)

Oran	Förmül	Pedojenik Süreç	ND	KD
Ana elementler				
∑ bazlar/Al	(CaO+MgO+Na ₂ O+K ₂ O)/Al ₂ O ₃	hidroliz	< 2	> 10
Killeşme	Al ₂ O ₃ /SiO ₂	hidroliz	< 0.1	> 0.3
Tuzlaşma	(Na ₂ O+K ₂ O)/Al ₂ O ₃	tuzlaşma	< 1	> 1
Karbonatlaşma	(CaO+MgO)/Al ₂ O ₃	tuzlaşma	< 2	> 10
Provenans	TiO ₂ /Al ₂ O ₃	asitleşme (pH)	--	--
Redoks şartları	∑Fe ₂ O ₃ +MnO/Al ₂ O ₃	oksitleme	--	--
Ayrışma (CIA-K)	(Al ₂ O ₃ /(Al ₂ O ₃ +CaO+Na ₂ O))*100	yeni element dağılımı	--	--
İz elementler				
Podzollaşma	Ba/Sr	yıkanma/hidroliz	< 2	> 10
Ana ve iz elementler				
İmmobilite indeksi 1	Zr/Ti	asitleşme (pH)	--	--
İmmobilite indeksi 2	Nb/Ti	asitleşme (pH)	--	--

Teşekkür

Bu çalışma Niğde Üniversitesi Kuvaterner Araştırma Gurubu'nu tarafından yürütülmüştür. Yazar bu makaleye katkı koyan tüm hakemlere ve dergi editörü Prof. Dr. Aydın Adiloğlu'na teşekkür eder. Ayrıca, Prof. Dr. İ. Çopuroğlu (Niğde Üniversitesi) bu çalışmanın değişik aşamalarında olumlu eleştirilerle katkı sağlamıştır. Bu katkılarından dolayı kendisine teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Çınar, S, Çekiç, Y., Akıncı S., Türkmen İ. ve Özdoğan, K. 1998. Ordu-Fatsa- Ünye-Tekiraz-Cilader Yöresinin Jeolojisi ile maden zuhurlarına ilişkin jeoloji raporu. Trabzon, MTA-Raporu, 1-98.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Harita İstatistik Bülteni, 1992. Yayın No. 991, Özel No. 177, Ankara.
- Gromet, L.P., Dymek, R.F., Haskin, L.A. ve Korotev, R.L. 1984. The 'North American Shale Composite': its compilation, major and trace element characteristics. Geochim. Cosmochim. Acta 48, 2469-2482.
- Gürel, A. 1991. Veränderung im Stoffbestand der Verwitterungsdecke als Folge natürlicher Bodenbildungsprozesse und anthropogener atmosphärischer Deposition. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reich A, Bd. 82, 1-197.
- Gürel, A., ve Çopuroğlu, İ. 1994. Toprağın Tamponluk Özelliği ve Su Kalitesi, Çukurova Üniversitesi. 15 Yıl Sempozyumu, Geosound, Özel Sayı, I, 517-524.
- Gürel, A ve Özcan, Ş. 2016. Paleosol and dolomite associated clay mineral occurrences in siliciclastic red sediments of the Late Miocene Kömüşi Formation of the Tuzgölü basin in central Turkey. Catena 143:102-113.
- Hermes, U. ve Brümer, G. 1983. Einflussgrößen der Schwermetalllöslichkeit und -bindung in Böden. In: Z. Bodenkunde u. Pflanzenernährung 147: 400-424.

- Retallack, G.J. 1990. Soils of the Past: An Introduction to Palaeopedology, Unwin Hyman, London, 520p.
- Scheffer, F. ve Schachtschabel, P., 1984 Lehrbuch der Bodenkunde. Enke Verlag Stuttgart, 0-442.
- Sheldon, DN., ve Tabor, NJ. 2009. Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols. Earth-Science Reviews, 95, 1-52.
- Soil Survey Staff 1998. Keys to Soil Taxonomy. 8th edition, U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 327pp.
- Ulrich, B. 1981. Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. Z. Bodenkunde u. Pflanzenernährung 144: 289-305.
- Ulrich, B. 1983. A concept of forest ecosystems stability and of acid deposition as driving force for destabilization. In: ULRICH: effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems. Reidel, 75-98.
- Ulrich, B., Mayer, R. ve Khanna, P. K. 1979. Die Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen 58.
- Velbel, M.A. 1992. Geochemical mass balances and weathering rates in forested watersheds of the southern Blue Ridge: III. Cation budgets and the weathering rate of amphibole. American Journal of Science 292, 58-78.
- Velbel, M.A., Charles, L., Basso, J. ve Zieg, M.J. 1996. The natural weathering of staurolite: crystal-surface textures, relative stability, and the rate determining step. American Journal of Science 296, 453-472.
- Walker, R. G. 1971. Non deltaic deposition in environments in the Catskill clastic wedge. Bull. Geol. Soc. Amer. 82. 1305-1326.
- Yıldız, A. ve Gürel, A. 2005. Palaeontological, diagenetic and facies characteristics of Cretaceous/Paleogene boundary sediments in the Ordu, Yavuzlu and Uzunisa areas, Eastern Pontides, NE Turkey, Cretaceous Research, Vol. 26, No. 2, pp. 329-341.