

Çankırı Eldivan Ofiyolit Kompleksi Üzerinde Oluşmuş Toprakların Fiziksel, Kimyasal ve Mineralojik Özellikleri

Mahmut Yüksel

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 06110, Dışkapı-Ankara

Özet: Çankırı İlinin güney batısında, Eldivan Ofiyolit Kompleksi üzerinde oluşmuş toprakların fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kompleks ultra bazik ve bazik kayalar olan gabro, bazalt, peridotit, piroksenit, diyabazın yanı sıra çörtlü kireçtaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır. Yaklaşık 40 m yüksekliğe sahip bir yamaç arazide açılan 6 farklı katmandan alınan örneklerde fiziksel, kimyasal ve mineralojik analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlere göre, katmanlar arasında çok az farklılıklar bulunmuştur. Mineralojik analizlerde saptanan hakim kil minerali Ca-Montmorillonitidir. Ayrıca kil mineralleri dışında kuvars, kalsit, serpantin ve feldspat kırıntılı minerallere ait bileşenleri oluşturmuşlardır. Katmanlar bazik katyonların (Ca, Mg, Na, K) yanı sıra demir oksitlercede zengindir. Araştırma alanında toprak oluş olaylarından özellikle rubefaksiyon olayı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Smektit (Ca-Montmorilloniti), Rubefaksiyon, Eldivan Ofiyolit Kompleksi

Physical, Chemical and Mineralogical Properties of Soils Formed on the Çankırı-Eldivan Ofiyolit Complex

Abstract: The aim of this study is to investigate physical, chemical and mineralogical properties of soils formed on Eldivan Ofiyolit Complex in Southwest of Çankırı province. This complex consists of ultra basic and basic rocks that are gabbro, basalt, peridotite, pyroxenit, diabase and also cherty limestone and mudstone. Six different layers were determined on hilly slope land that is approximately 40 m high and soil samples were taken from each layer. Physical, chemical and mineralogical compositions determined by using XRD analysis were done for each soil sample. According to analysis results, it was found that there are slightly differences among the layers. Dominant clay mineral is smectite (Ca-Montmorillonite) for all layers and following it illite, clorite and kaolinite were determined. In addition that exception of clay minerals, quarts, calcite, serpentine, feldspars were also found in soil samples. Basic cations (Ca, Mg, Na, K) and Fe ions are significantly high in research soils. Rubefaction, one of the soil formation processes, was determined in study area.

Key Words: Smektite (Ca-Montmorillonite), Rubefaktion, Eldivan Ofiyolit Complex

Giriş

Belirli bir bölgedeki toprak oluşumu o bölgedeki iklim ve organizmaların belirli topografik koşullar altında ve belirli bir süreç içerisinde ana materyal üzerinde etkisi sonucu meydana gelmektedir (Joffe 1949). Toprağın en önemli inorganik bileşimlerinden birisini killer oluşturmaktadır. Toprakların kazanmış oldukları kendilerine özgü karakterleri ile kil fraksiyonlarının miktarı ve içerdiği minerallerin çeşitleri yakından ilişkilidir.

Toprak oluşunun çok yavaş seyretmesi nedeniyle, toprak gelişiminin izlenmesi özellikle yüzey ve yüzeye yakın kesimlerde sınırlanmış birkaç olay dışında gözlemlerden uzaktır. Fakat toprak yapan faktörlerin farklılıklarının bir sonucu olarak topraklarda meydana gelen farklılıkların incelenmesi ve bunlar arasında ilişki kurmak mümkündür (Tanju 1996). Örneğin arid iklim özelliğine sahip Harran ovasında yayılım gösteren yaygın

toprak serilerinin mineralojik ve mikromorfolojik özelliklerini inceleyen Kapur vd. (1991), araştırma alanında bulunan 25 toprak serisinde baskın olarak smektit olmak üzere sırasıyla paligorskit, illit ve kaolinit kil minerallerinin olduğunu ve ova topraklarında yaygın olan smektit kil mineralinin gelecekte alkalileşmeye neden olacak ana faktör olacağını belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise Seyrek ve İnce (1995), bazı matamorfik kayalar (gnays, amfibolit, amfibolitli gnays, apatitli amfibolit) üzerinde oluşmuş toprakların yüzeyden ve çeşitli derinliklerden alınan örneklerinde x ışını kırınımı incelemesinde kil mineralleri, smektit, kaolinit, hallosit, klorit, ve illit olarak tespit edilmiştir. Farklı formasyonlardan alınan örneklerdeki kil minerallerinin farklı köken ve zamanlarda oluşmalarına rağmen benzerlikler göstermesi

Jeolojik ve jeomorfolojik durum

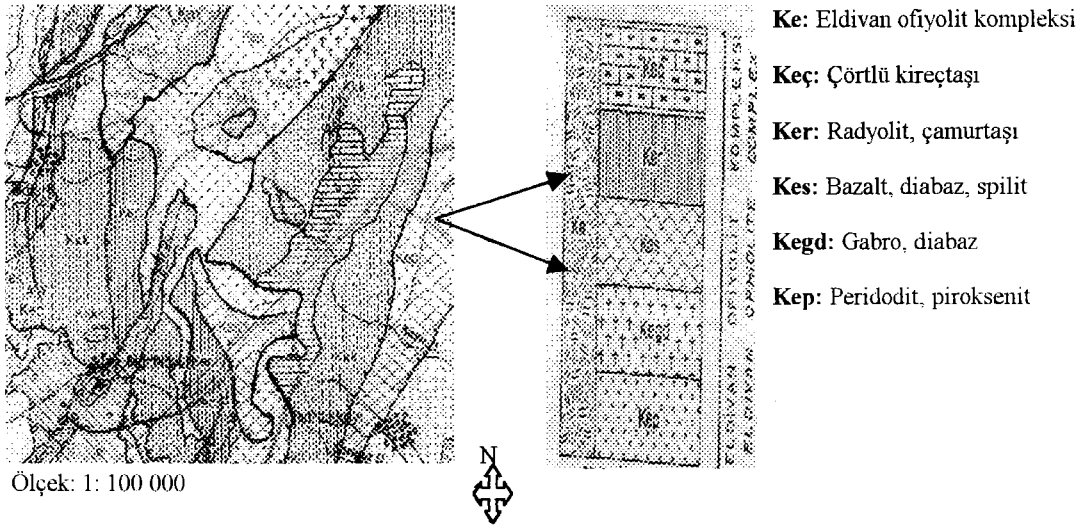
Araştırma alanı jeomorfolojik yapı yönünden hakim olarak yamaç arazi, çevre araziler ise alüviyal yelpazeler ile dağlık ve tepeliklerden oluşmaktadır.

Araştırma alanı toprakları, Kretaseye ait Eldivan Ofiyolit Kompleksi üzerinde oluşmuşlardır (Akyürek vd 1979, 1980, 1981). Eldivan Ofiyolit Kompleksi Orta Anadolu'da gözlenen ofiyolitli melanj yayılımında iç düzeni kısmen korunmuş okyanus kabuğu malzemesidir. Eldivan Dağın'da izlenen ofiyolit kompleksi tam bir istif olarak, Kaleciğin güney batısında ve Hasayazın doğusunda üstten eksikli olarak ayırtlanmıştır. Eldivan Ofiyolit Kompleksi, içerisinde değişik yaşlarda kireçtaşı

blokları, peridotit, gabro, diabaz, sipilit, serpantin ve çörtlü kireçtaşları bulunmaktadır (Şekil 2).

Ayrıca araştırma alanının güney ve güney batı kesimlerinde smektit kil gurubundan olan bentonitce zengin kil yatakları da bulunmaktadır. Büyük ve küçük Hacıbey formasyonu olarak adlandırılan bu serinin alt kısmı çakmak taşı, kıltaşı, şeyl, ve silttaşı ile ince kumtaşı tabakalarından ibarettir. Özellikle araştırma alanının bulunduğu yerlerde bentonit, toprak, kum ve kireç karışımları nedeniyle düşük kalitelidir.

Şekil 2. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası



Yöntem

Toprak örneklerinin bünye analizleri, çöktürme metodu ile (Bouyoucos 1951), organik madde, Jackson (1962), $CaCO_3$, Çağlar (1958), pH, EC, kation değişim kapasitesi (KDK) ve değişebilir kasyonlar US Salinity Lab. Staff (1954), hacim ağırlığı ise bozulmuş örneklerde Blake ve Hartage (1986) göre yapılmıştır.

Serbest demiroksit, Deb metoduna göre (Black 1965), toprak örneklerinin HF ile ergitilmesi sonucunda elde edilen çözeltide total alüminyum, demir, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, mangan, silisyum, titan, tayinleri Jackson (1962) ve Abbey (1971) e göre yapılmıştır.

XRD analizleri için tüm toprak örnekleri toz haline getirildikten sonra kil dışı minerallerin belirlenmesi amacıyla yönlendirilmiş preparatlar hazırlanmış ve XRD eğrileri elde edilmiştir (Saka 1997). Toz örneklerin kil fraksiyonları (< 2µm tane boyu) sedimentasyonla ayrıldıktan sonra santrifüj ile çöktürülmüş ve yönlendirilmiş preparatlar hazırlanmıştır. Kil mineral türleri, bu preparatların havada kurutulmuş, etilen glikol ile soğurulmuş ve fırınlama işlemleri sonrasında elde edilen XRD diyagramlarından Whitting ve Allardice (1986)'e göre incelenmiştir. XRD çekimleri MTA Genel Müdürlüğü XRD laboratuvarında RIGAKU model X-ışını difraktometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Araştırma Bulguları

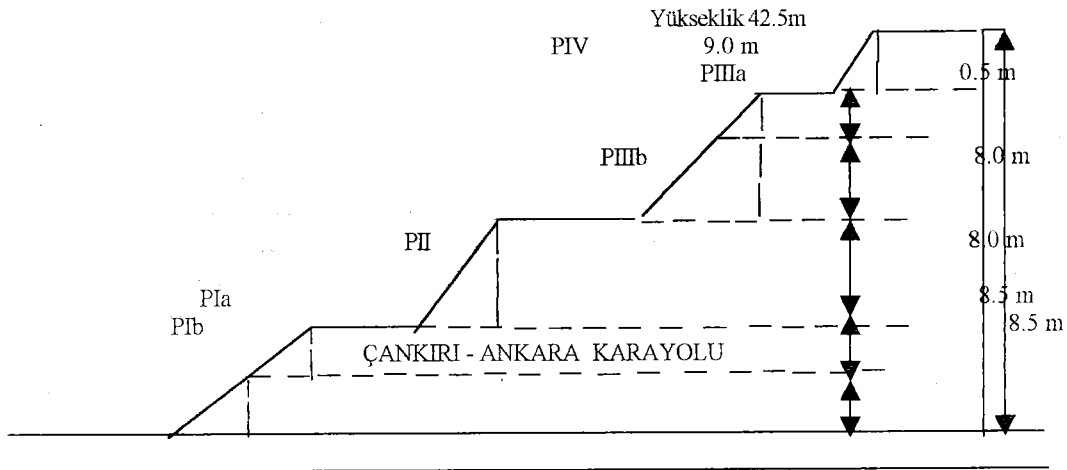
Kimyasal ve fiziksel özellikler

Araştırma alanı toprakları 1: 100 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritasına göre Kretase dönemine ait Eldivan Ofiolit Kompleksleri (Anonim 1998) üzerinde oluşmuş, % 12-20 eğimli, orta derindir ve dağlık, tepelik çevre arazilere sahiptir. Eldivan Ofiyolit Kompleksi, ultra bazik ve bazik magmatik kayalardan olan peridotit, piroksenit, gabro, bazalt, spilit, diabloz'un yanı sıra çamurtaşı ve çörtlü kireçtaşından oluşmaktadır. Ayrıca çalışma alanının yakın çevresinde özellikle güney ve güney batı kesimlerinde kilce zengin bentonit yatakları bulunmaktadır. Yoğun kil aktivasyonu sonucu vertic özellikler nedeniyle topraklarda çok sayıda değişik derinlik ve genişlikte çatlaklar bulunmaktadır. Yaklaşık 40 m yüksekliğe sahip yamaç arazinin değişik katmanlarından (Şekil 3) alınan toprak örneklerinde fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır (Çizelge 2). Analiz sonuçlarına göre tüm katmanlar özellikle kolloitlerde tutulan Na^+ iyonları yüksek olmaları nedeniyle alkali reaksiyonlu, düşük organik maddeli olup, EC' leri $7.2-14.6 \text{ dS.m}^{-1}$ arasında değişmektedir. P1b katmanı hariç diğer tüm katmanlar yoğun kil içerikleri nedeniyle ağır bünyelidirler. Hacim ağırlıkları, $1.16-1.32 \text{ gr/cm}^3$, Katyon değişim kapasiteleri, $40-82 \text{ meq/100 gr}$, tarla kapasiteleri, % 45.9-%68.6 ve solma noktaları, % 21.3-%31.6 arasında değişmektedir ve katmanların kil içerikleriyle doğru orantılıdır.

Topraklarda baskın olarak değişebilir katyonlardan Na olduğu belirlenmiştir. Bu oran üst katmanlardan aşağıya doğru bir azalma göstermektedir.

Toplam kimyasal analiz sonuçlarına göre (Çizelge 3), topraklarda en yaygın bulunan SiO_2 % 46.2-49.5, Al_2O_3 ise % 11.5-12.8 olarak belirlenmiştir. Örneklerin kimyasal ve mineralojik bileşimleri arasında CaO açısından büyük oranda paralellik yakalanmıştır. CaO yüzdesi en yüksek olan (% 8.9) PIIIa nın toz örneklerde yapılan tam mineralojik XRD analizinde kalsit minerali diğer katmanlara göre daha fazla bulunmuştur. MnO , TiO_2 , P_2O_5 değerleri ise oldukça azdır. NaO yüzdesi ise alt katmanlara doğru az da olsa bir azalış göstermesine karşılık elementlerin oksit haldeki yüzde dağılımları bakımından katmanlar arasında çok fazla bir farklılık gözlenmemiştir. Katmanların yüksek oranda ayrışmayla açığa çıkan serbest Fe_2O_3 oranlarının yüksek olması nedeniyle toprakta kırmızı renk (ana spektral renk 5 YR) hakimiyetini ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca yüksek orandaki serbest Fe_2O_3 oranı toprak yapan olaylardan rubefaksiyon'un varlığına kanıttır. Benzer bir durumu Cangir ve Ekinci (1991) kireç taşı ve denizel kireç taşı konklomeraları üzerinde oluşmuş toprakların yüksek orandaki serbest Fe_2O_3 içeriklerinden dolayı kırmızılaştığını ve rubefaksiyon olayının meydana geldiğini belirlemişlerdir.

Şekil 3. Toprak katmanlarının şematik gösterimi



Çizelge 2. Toprak katmanlarının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Katmanlar	Kalınlık (m)	pH	EC dSm ⁻¹	Kireç %	O.M %	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyonlar meq/100 gr			
							Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	
PI	PIa	8.5	9.2	7.2	3.9	0.46	64	27.7	1.25	35.05
	PIb	8.5+	8.6	7.9	8.4	0.46	40	21.6	0.96	17.44
PII		8	9.3	11.5	8.4	0.46	66	42.7	1.06	22.24
PIII	PIIIa	0-0.5	9.2	10.2	7.1	0.59	75	51.6	1.13	22.27
	PIIIb	0.5+	9.6	10.4	6.4	0.33	76	47.1	0.91	27.99
PIV		0-9	9.4	14.6	10.2	0.46	82	59.0	1.07	21.93

Çizelge 2'nin devamı

Renk	Tekstür (%)				Hacim ağırlığı gr.cm ³	Tarla K. %	Solma N. %
	Kil	Silt	Kum	Sınıf			
5 YR 5/3, K 5YR 4/3, N	74	16	10	C	1.20	63.6	28.2
-	39	37	24	CL	1.32	45.9	21.3
5 YR 5/3, K 5YR 4/3, N	72	17	11	C	1.21	64.7	29.0
5 YR 5/3, K 5YR 4/3, N	83	8	9	C	1.16	62.2	31.7
5 YR 6/3, K 5YR 6/4, N	78	14	8	C	1.17	68.6	31.5
5 Y 6/3, K 5Y 5/3, N	86	9	5	C	1.18	61.7	31.6

Çizelge 3. İncelenen numunelerin ana element oksit bileşimleri

Katmanlar	Na ₂ O %	MgO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	TiO ₂ %	MnO %	Fe ₂ O ₃ %	A.Z %	
PI	PIa	1.8	5.9	12.0	47.5	0.1	1.9	7.1	0.9	0.2	9.9	11.4
	PIb	1.3	5.5	12.8	49.5	0.1	1.7	7.0	1.0	0.2	9.2	11.1
PII		1.5	5.5	11.5	48.5	0.1	1.7	7.5	1.0	0.2	9.2	11.3
PIII	PIIIa	1.9	5.2	11.7	46.2	0.1	1.8	8.9	0.9	0.2	9.7	12.5
	PIIIb	2.0	5.1	11.8	48.5	0.1	1.8	7.2	1.0	0.1	9.7	10.7
PIV		2.0	5.5	12.0	49.5	0.1	1.8	6.7	1.0	0.2	9.2	10.3

Kil Mineralojisi

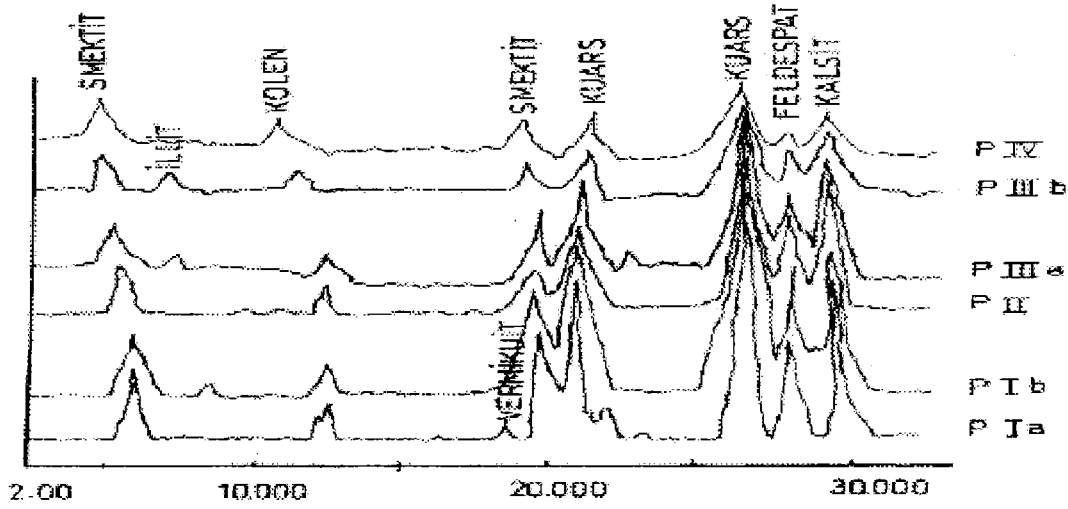
Toprakların toz örneklerinde XRD tekniği yardımıyla tüm mineral analizine göre, tüm katmanlarda montmorillonit (smektit) kil minerali başat durumda olup ayrıca kaolinit, illit, klorit, vermikülit kil mineralleri ile feldispat, kuvars, serpantin ve kalsit mineralleri değişik oranlarda mevcuttur (Çizelge 4, Şekil 4).

Serpantinlerin kırık ve çatlaklarında listvenitleşmeler sonucu karbonat ve silisli mineraller oluşmuştur. Aynı şekilde benzer ayrışma olayları gabro, diabaz, spilit ve peridotit türü kayalarda da görülmektedir. Bu ayrışma olayları hem toprağın bileşiminde yer

alan kil minerallerinin, hemde karbonatlı (Kalsit) ve silis grubu (kuvars) minerallerinin oluşumunda etkili olan petrografik değişimlerdir (Şekil 4).

Çizelge 4. Katmanlardaki tüm mineral dağılımı

Katmanlar	Mineralojik Bileşim
PIa	Montmorillonit/Smektit, Kaolinit, Kuvars, Kalsit, Feldispat, Klorit
PIb	Montmorillonit/Smektit, Kaolinit, Kuvars, Kalsit, Feldispat, Vermikülit, İllit, Serpantin
PII	Montmorillonit/Smektit, Kaolinit, Kuvars, Kalsit, Feldispat
PIIIa	Montmorillonit/Smektit, Kaolinit, Kuvars, Kalsit, Feldispat, İllit, Serpantin
PIIIb	Montmorillonit/Smektit, Kaolinit, Kuvars, Kalsit, Feldispat, İllit
PIV	Montmorillonit/Smektit, Kaolinit, Kuvars, Kalsit, Feldispat, Serpantin



Şekil 4. Katmanların mineral bileşimlerinin XRD diyagramı

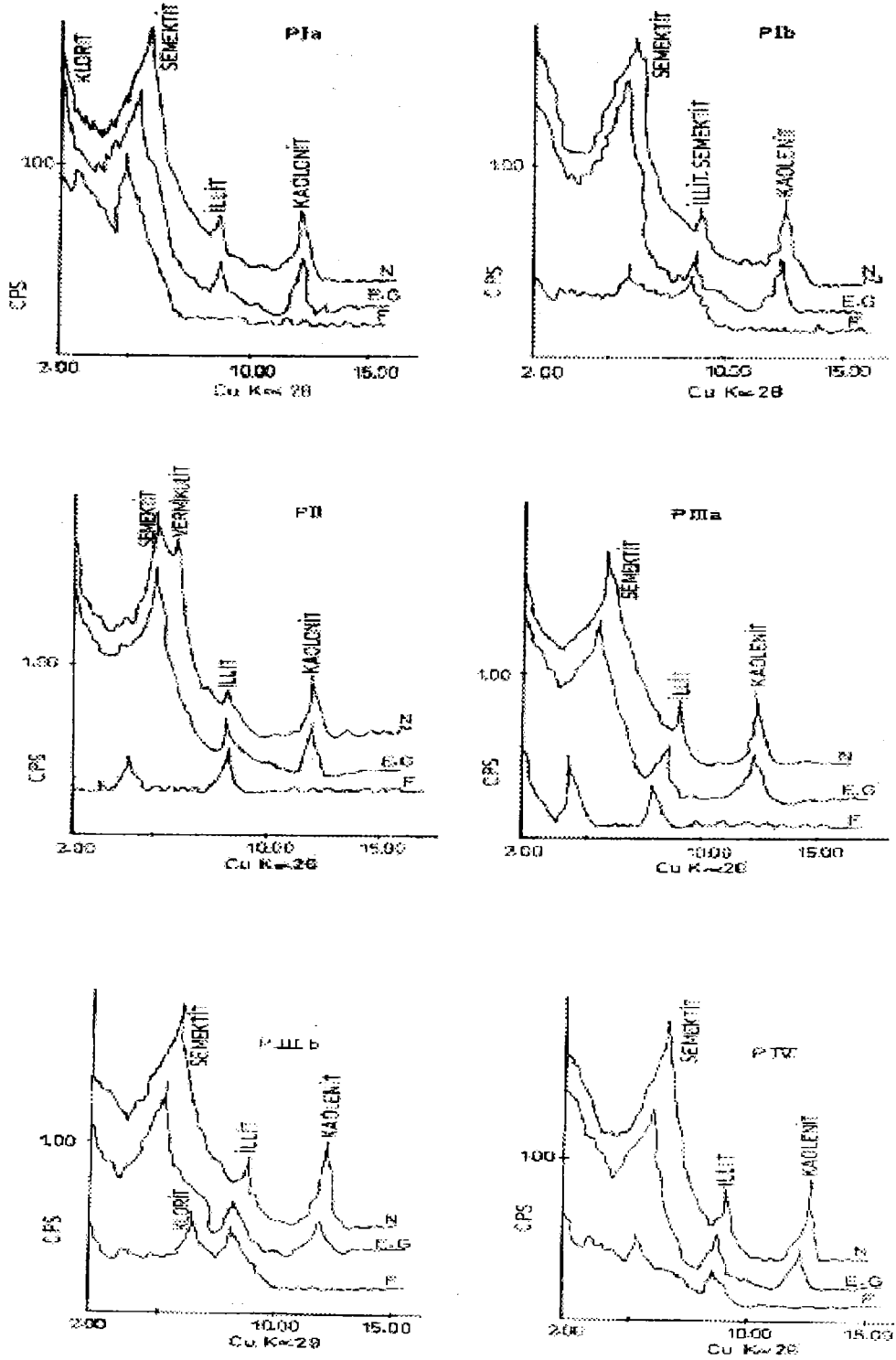
Her bir katmandan alınan toprak örneklerinde kil boyutundaki örneklerde (< 2µm) yapılan X- ışını difraktometre analizine göre (Çizelge 5 ve Şekil 4), katmanlar arasında kil mineralojisi bakımından önemli bir farklılık bulunmamıştır. Kil boyutundaki örneklerde de Smektit-montmorillonit yine başat durumdadır. Smektit kil minerali araştırma alanında olduğu gibi, zayıf drenaj koşullarında ve düşük yağışlı durumlarda meydana gelmektedir. Kaolin kil minerali tüm örneklerde düşük seviyelerde bulunmuştur. Bunun nedeni büyük olasılıkla kurak - yarı kurak iklime sahip araştırma alanında smektit'i (montmorillonit) kaolinite dönüştürecek (Hiller 1995) ayrışma düzeyinin olmamasıdır.

Montmorillonitin doğrudan doğruya XRD ölçümlerinden elde edilen 001 yüzeylerindeki pik'i, 12-16 °A arasında değişir. Etilen glikol ile montmorillonitler muamele edildiklerinde c ekseni boyunca gelişmeleri sonucu 17,1 °A uzunluğuna erişirler (Brindley ve Brown 1980). Montmorillonitler ayrıca bünyelerinde su bulundurdıklarından 300°C de fırınlanarak bu suyun uzaklaştırılması sonucu 001 yüzeylerinde c ekseni boyunca boyları kısalmakta ve 10 °A inmektedir. Bu özellik montmorillonitlerin tanımlanmalarında en önemli parametredir (Cradwick ve Wilson 1972). Çalışma alanında bulunan 6 katmandan alınan toprak örneklerinde baskın kil mineralinin montmorillonit olduğu yukarıda verilmiştir.

Normal, etilen glikol ve fırınlama sonrasında elde edilen XRD grafikleri Şekil 5 de görülmektedir. Örneklerin öğütülmüş kafes boyları 14.430 °A-15.788 °A arasında değişirken, etilen glikol ile muamelede 16.130 °A-17.975 °A arasında ve fırınlama sonucunda ise 9.774 °A-10.040 °A olduğu belirlenmiştir.

Bentonitlerin ana minerali olan smektitik killerin içerdikleri katyonlara bağlı olarak c ekseni boylarının değiştiği bilinmektedir (Fuji 1991). Na-montmorillonitin boyu 12.4 °A iken Ca-montmorillonitin 15.4 °A dur. Bu değerler, doğrudan alınan smektitik killerin XRD grafiklerinden saptanmıştır (Fuji 1991). 12.4 °A boyuna yaklaştıkça Na⁺ katyonunun, 15.4 °A boyuna gidildikçe Ca⁺⁺ katyonlarının arttığı belirtilmiştir (Brindley ve Brown 1980). Bu nedenle XRD çalışmaları ile aynı zamanda montmorillonitlerin Na veya Ca montmorilloniti olup olmadığı ortaya konulabilmektedir (Pettersson ve Murray 1975). Ayrıca magmatik ve volkanik kayaların bentonite (Ca-Na montmorilloniti) alterasyonu sırasında bentonitlerin CaO ve MgO yönünden zenginleştiği belirlenmiştir (Zielinski 1982). Yamaçtan alınan tüm katman örneklerinin, CaO ve MgO bakımından zengin ve 15.4 °A'a yakın veya biraz fazla değerlerde (14.43 °A-15.79 °A) piklere sahip olmaları nedeniyle Ca-montmorilloniti (Ca-Bentonit) olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5. Katmanların kil boyutundaki toprak örneklerinde XRD diyagramı



Çizelge 5. Toprak katmanlarında bulunan kil fraksiyonlardaki kil minerallerinin göreceli oranları

Katmanlar		Kil Mineralleri					
		Smektit	İllit	Kaolinit	Klorit	Vermikulit	Smektit-illit karışımı
PI	PIa	++++	+	+	+	+	++
	PIb	+++	++	+	++	+	++
PII		++++	++	+	++	++	++
PIII	PIIIa	++++	++	+	+	+	++
	PIIIb	++++	+	++	++	+	-
PIV		++++	++	++	+	+	++

++++ Başat, +++ orta bol, ++ az, + çok az

Sonuçlar

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

1- Eldivan Ofiyolit Kompleksi üzerinde oluşmuş olan yamaç arazinin değişik katmanlarından alınan toprak örneklerinde yapılan fiziksel, kimyasal ve minerolojik çalışmada katmanlar arası çok az farklılıklar olduğu görülmektedir.

2- Topraklar, araştırma alanında bulunan mağmatik kayaların (peridotit, proksenit, gabro, bazalt gibi) ayrışmaları sonucunda yüksek miktarlarda Ca, Mg ve Na gibi bazik katyonların yanı sıra serbest demir oksitleride içermektedirler.

3- Serpantin, gabro, diabaz, spilit, peridotit türü kayaların kırık ve çatlaklarında

listvenitleşme sonucunda karbonat (kalsit) ve silis (kuvars) mineralleri oluşmuştur.

4- Araştırma alanı topraklarında toprak yapan olaylardan *Rubefaksiyon* belirlenmiştir.

5- Katmanlarda başat kil gurubu olarak Ca-Montmorilloniti belirlenmiş, bunu sırasıyla illit, klorit ve kaolin izlemiştir. Kil mineralleri dışında ise kuvars, feldispat, serpantin, kalsit mineralleri tesbit edilmiştir.

6- Kaolinit kil minerallerinin toprakta az olmasının nedeni büyük olasılıkla kurak-yarı kurak iklime sahip araştırma alanında smektit'i (montmorillonit) kaolinite dönüştürecek ayrışma düzeyinin olmamasıdır.

Kaynaklar

- Abbey, S. 1971. Analysis of rocks and minerals by atomic absorption spectrometry, Part II, Canada.
- Black, C.A. 1965. Methods of Analysis. Part II. Am.Soc. Agr., Inc, pub. No. 9, Madison, Wisconsin.
- Blake, G.R., K.H. Hartage. 1986. Bulk Density and Particle Density. In : Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods. Pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9(2nd ed), Madison.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A Recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal. 43: 9
- Brindley, G.W., G.Brown, 1980. Crystal structure of clay minerals and their X-Ray identification. Mineralogical society of London. p. 1-233.
- Cangir, C., H. Ekinçi. 1991. Kireç taşı ve denizel kireç taşı konglomeraları üzerinde oluşmuş toprakların genesisleri ve yeni sınıflandırma sistemindeki yeri. Toprak İlimi Dern. 11. Bil.toplantı teb. Yayın no : 6.
- Cradwick, P.D., M.J. Wilson. 1972. Calculated X-Ray diffraction profiles for interstratified kaolinite-montmorillonite, clay minerals, 9, 935-405.
- Çağlar, K.Ö. 1958. Toprak İlimi. A.Ü. Ziraat Fakültesi yayınları, No:10 Ankara.
- Fuji, N. 1991. Kayaçların alterasyonu. MTA Yayın No: 183 s. 1-46, Ankara.
- Hiller, S. 1995. Erosion, sedimentation and sedimentary origin of clays, in Velde B., ed., origin and mineralogy of clays. New York, Springer-Verlag, p. 162-219.
- Jackson, M.L. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, p 183.
- Joffe, J.S. 1949. Pedology. New Brunswick.
- Kapur, S., M. Sayın, K.Y. Gülüt, C. Karaman, S. Şahan, S. Veysel, K. Yılmaz, U. Dinç. 1991. Harran Ovası yaygın toprak serilerinin mineralojik ve mikro morfolojik özellikleri. Toprak İlimi Deneği 11. Bilimsel toplantısı. Yayın No: 6, Ankara.
- Patterson, S.H., H.H. Murray. 1975. Clays in industrial minerals and rocks, p. 519-585.
- Saka, A.H. 1997. Mineralojik analizler. X-Işınları toz kırınım yöntemlerinin temel prensipleri ve laboratuvar şartlarının standardizasyonu. MTA Min. Arş. Koor. s, 235. Ankara.
- Seyrek, A., F. İnce. 1995. Bingöl yöresinde bulunan bazı metamorfik kayaların kil mineralojisi. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Semp. Cilt I, Yayın No: 7, Ankara.
- Tanju, Ö. 1996. Toprak Genesis ve Sınıflandırma. Ankara Üniv. Zir. Fak. Ders Kitabı: 437, Yayın No: 1472.
- US Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agri. Handbook. No:60, USDA.
- Whi Whitting, L.D., W.R. Allardice. 1986. Principles of X-Ray diffraction In: Methods of Soil Analysis, ASA publications, 331-359.
- Zielinski, R.A. 1982. The mobility of uranium and other elements during alteration of rhyolite ash to montmorillonite: A case study in the troublesome formation Colorado, USA, Chemical Geology, 35, 185-204.