



Çatmakaya (Seydişehir – Türkiye) boksit yatağının kökenine jeostatistiksel ve jeokimyasal bir yaklaşım

A geochemical and geostatistical approach to the origin of the Çatmakaya (Seydişehir - Türkiye) bauxite deposit

M. Muzaffer KARADAĞ, Fetullah ARIK, Alican ÖZTÜRK

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, KONYA

Geliş (received) : 25 Ağustos (August) 2005

Kabul (accepted) : 04 Temmuz (July) 2006

ÖZ

Çatmakaya boksit yatağı; otokton konumlu Senomaniyen yaşlı Katrangediği formasyonuna ait kireçtaşlarının üzerinde gelişmiş olan karstik çukurluk içerisinde yer almakta, üzerinde Senoniyen yaşlı Doğanankuzu formasyonuna ait kireçtaşları bulunmaktadır. Diyabaz/dolerit, serpantin, radyolarit, kireçtaşı ve çörtlerle temsil edilen ve yerleşim yaşı Geç Eosen- Erken Miyosen olan allokton konumlu Bozkır birliğine ait ofiyolit dilimleri bu birimi tektonik dokanla örtmektedir. Boksitlere kaynak olabilecek kaya türünün belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada; boksitlerden ve bunlara kaynak olabilecek karbonatlar, terra-rosalar ve ofiyolitik kayalardan derlenen örneklerin analiz sonuçları jeokimyasal ve jeostatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Olası kaynak kayalardan ofiyolite yapılan çalışmalara göre, Al₂O₃-CaO çifti arasındaki yüksek pozitif ilişki, duraylı element oranlarının boksitlerden farklı olması ve dağılım diyagramlarında regresyon doğrusunun orijinden sapması bu kayaların boksitlere kaynaklık edemeyeceğini göstermektedir. Boksitlerin, kireçtaşlarından türediği varsayıldığında, jeokimyasal olarak bazı elementlerin davranışlarının açıklanması için bir ara ürüne gereksinim duyulmaktadır. Kireçtaşından terra-rosa oluşumu sürecinde Si ve K 77, Zr 60, Ti 50.5, Fe 45.5, Al, Cu, Ga, Nb ve Th 37-40, Pb 21, Cr 19.6, Na 14, V 11, Ni 9.3, Mg 7.5 ve Zn 2.5 kat artmış ve Ca 20.1 kat azalmıştır. Terra-rosadan boksite geçiş sürecinde ise; Ca 30.7, Mg 26.5, Na 17.9, Si 11, Zn 13.8, Cu 8.7, K 8.6 ve P'un 7.5 kez azalmasına karşın Al 3.04, Fe 2.14, Ti, Cr ve Th yaklaşık 2.5, Ga, Nb, Pb ve Zr 1.7-2 ve V 1.5 kat artmıştır. Karbonatlı kayalarda ve bunlardan türeyen terra-rosalarda Al-Fe ve Al-Si arasında saptanan yüksek pozitif, Ca-Al, Ca-Si ve Ca-Ti element çiftleri arasındaki yüksek negatif ilişkiler Al, Fe, Si, Ti ve Ca'un farklı kaynaklardan geldiğini göstermekte ve koefitik korelasyon dendogramları da bunu desteklemektedir. Çatmakaya yöresindeki karbonatlı kayalar, terra-rosalar ve boksitlerdeki duraylı element oranları (Al/Ti, Al/Th, Al/Zr, Ti/Zr, Ti/Ga, Ti/Nb, Ti/Th, Ga/Nb, Ga/Th, Ga/Zr, Nb/Th, Nb/Zr, Th/Zr) birbirine benzerken, ofiyolitik kayalarda farklı çıkmaktadır. Boksitler ve muhtemel kaynak kayalarının birlikte değerlendirildiği korelasyon analizlerinde, Al-Fe, Al-Ti, Al-Ga, Al-Nb, Al-Th, Al-Zr, Ti-Ga, Ti-Nb, Ti-Th, Ti-V, Ti-Zr, Ga-Nb, Ga-Th, Ga-Zr, Nb-Th, Nb-Zr ve Th-Zr element çiftlerinin çok yüksek pozitif ilişkiye (>0.95) sahip oldukları belirlenmiştir. Bu elementlere ait dağılım diyagramlarında da regresyon doğrusu merkezden veya merkeze çok yakın olarak geçmekte, terra-rosalar boksitlerle karbonatlı kayalar ve ofiyolitlerin arasında bir dağılım sunmaktadır. Bu verilere göre, kireçtaşlarından boksit oluşumu için gerekli olan ayrışma ürününün tüm Toros kuşağındaki karbonatlı kayalar üzerinde yaygın olarak gözlenen ve halen günümüzde de oluşumları devam eden terra-rosaların olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Boksit, Çatmakaya, jeostatistik, jeokimya, Seydişehir, terra-rosa.

ABSTRACT

The Çatmakaya bauxite deposit occurs in a karstic depression at the top of the Cenomanian limestone, namely the Katrangediği formation, and is overlain by the Senonian limestones of the Doğanankuzu formation. These formations are tectonically overlain by the ophiolitic slices of the Bozkır unit mainly comprising diabase-dolerite, serpentine, radiolarite, limestone and cherts with tectonic contact emplaced during the Late Eocene-Early Miocene period. In order to determine the possible source rocks of the Çatmakaya bauxite deposit, the samples collected from limestones, ophiolites, bauxite ore and terra-rossas were geochemically and geostatistically analysed. Based on

M. M. Karadağ

E-mail: mmkaradag@selcuk.edu.tr

the analysis results of ophiolite samples, the strong positive correlations were found between the Al_2O_3 -CaO pair, different stable elements ratios, and regression line deviation from origin on the stable elements scattering diagram indicate that ophiolites can not be the source rocks of the bauxites. When the fact that the bauxites were derived from limestones is taken into account, an intermediate-product is needed to explain the geochemical behaviour of some elements. In this case, the terra-rossa is the intermediate-product. During the course of the transformation from limestone to terra-rossa, increases in Si and K were 77 - fold the following elements were by multiples of the numbers following them in the list: Zr 60, Ti 50.5, Fe 45.5, Al, Cu, Ga, Nb and Th 37-40, Pb 21, Cr 19.6, Na 14, V 11, Ni 9.3, Mg 7.5 and Zn 2.5 times. While all these elements show increases, Ca decreased 20.1 times. During the transition from terra-rossa to bauxite, and causing the same convention for indicating increases whereas Ca 30.7, Mg 26.5, Na 17.9, Si 11, Zn 13.8, Cu 8.7, K 8.6 and P 7.5 decreased, Al 3.04, Fe 2.14, Ti, Cr and Th about 2.5, Ga, Nb, Pb and Zr 1.7-2 and V 1.5 times increased. The strong positive correlations between Al-Fe and Al-Si in the carbonate rocks and in terra-rossa which derived from them, and the strong negative correlation between Ca-Al, Ca-Si and Ca-Ti indicates that Al, Fe, Si and Ti and Ca have originated from different sources. The coefficient correlation dendograms also support this. However, while stable element ratios (Al/Ti, Al/Th, Al/Zr, Ti/Zr, Ti/Ga, Ti/Nb, Ti/Th, Ga/Nb, Ga/Th, Ga/Zr, Nb/Th, Nb/Zr, Th/Zr) of carbonate rocks, terra-rossas and bauxites of the Çatmakaya area are similar, those of ophiolitic rocks are different. If the elements of bauxites and probable provenance rocks are evaluated all together, the correlation coefficients of Al-Fe, Al-Ti, Al-Ga, Al-Nb, Al-Th, Al-Zr, Ti-Ga, Ti-Nb, Ti-Th, Ti-V, Ti-Zr, Ga-Nb, Ga-Th, Ga-Zr, Nb-Th, Nb-Zr and Th-Zr element pairs show very high positive (>0.95) correlation. In the scatter diagrams of these elements, regression lines pass through the origin and terra-rossas located between the carbonate rocks and bauxites. Based on these data, it can be stated that the source rock of the Çatmakaya bauxite is terra-rossa which is derived from the nearby carbonated rocks.

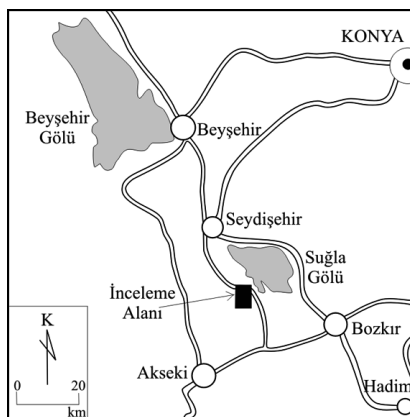
Key Words: Bauxite, Çatmakaya, geochemistry, geostatistic, Seydişehir, terra-rossa.

GİRİŞ

İnceleme alanı, Konya ili, Seydişehir ilçesinin 30 km güneydoğusunda, Çatmakaya Köyü'nün 500 m batısında ve Suğla Gölü'nün güneyinde yer almaktadır (Şekil 1). Çatmakaya boksit yatağı Seydişehir (Konya) bölgesinde bulunan önemli yataklardan biri olup jeolojik, stratigrafik ve mineralojik özellikleri açısından Orta Toros kuşağında yer alan diğer karst tipi boksit yataklarına benzer özellikler sergilemektedir. Bu çalışmada, Çatmakaya boksit yatağında bulunan boksitler ve yakın çevresindeki kayaların jeokimyasal özellikleri incelenerek boksitlerin olası kaynak

kayaç türünün saptanması amaçlanmıştır. Arazi çalışmaları sırasında daha önce yapılan çalışmalar (Orhon ve Tepebaşı, 1976; Orhon vd., 1977; Karadağ, 1987) temel alınmış olup, başta boksitler (34 örnek) olmak üzere, karbonatlı kayalar (10 örnek), ofiyolitler (10 örnek) ve terra-rossalardan (8 örnek) derlenen örneklerin mineralojik ve kimyasal analizleri, Eti Alüminyum A.Ş. Genel Müdürlüğü (Seydişehir), Acme (Vancouver-Kanada) ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (Ankara) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Acme laboratuvarlarında yaptırılan kimyasal analizlerde tüm örneklerde SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , Cr_2O_3 ve LOI (Ateş Zayıtı) % oksit, Cu, Ga, Nb, Ni, Pb, Th, V, Zn ve Zr'nun ise element konsantrasyonları ppm düzeyinde analiz edilmiştir. Örnekler üzerinde uygulanan veri analiz yöntemlerinde % 5 hata payı ile anlamlılık testleri yorumlanmış, incelenen her kayaç grubunda elementlerin birbirleriyle ilişkilerinin belirlenebilmesi amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. Korelasyon katsayısı istatistiksel olarak yüksek ve çok yüksek olan element çiftleri arasında basit regresyon analizleri uygulanarak regresyon eşitlikleri hesaplanmış ve örneklerin regresyon doğrusuna uyumunun denetlenmesi için regresyon dağılım diyagramları çizilmiştir. Elementlerin kökensel ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.
Figure 1. Location map of the study area.

ortak korelasyon katsayılarından yararlanılarak koefitik korelasyon diyagramları (dendogram) hazırlanmıştır. Ayrıca, duraylı element oranları kullanılarak boksit ve kaynak kayaç ilişkileri yorumlanmış ve yöredeki boksitler için bir oluşum modeli geliştirilmeye çalışılmıştır.

JEOLJİK KONUM

İnceleme alanı ile içinde bulunduğu Orta Toroslar ve Seydişehir-Akseki boksit kuşağını da kapsayan bölgedeki ilk araştırmalar Göksu (1953), Weisse (1956), Wippen (1962 ve 1965), Atabay (1976), Baysal ve Engin (1976), Orhon ve Tepebaşı (1976), Orhon vd. (1977), Özlü (1978)'ye ait olup, daha sonraki çalışmalar Lauber (1980), Karadağ (1987 ve 1996), Karadağ vd. (2002 ve 2003a) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Çatmakaya boksit yatağı ve çevresinde Erken-Orta Kambriyen-Geç Eosen zaman aralığında çökelmiş Geyikdağı birliğine ait otokton konumlu birimlerle, yerleşim yaşı Geç Eosen-Erken Miyosen olan allohton konumlu Bozkır birliğine ait ofiyolitik kayaçlar yer almaktadır. Geyikdağı Birliği alttan üste doğru Erken-Orta Kambriyen yaşlı Çaltepe formasyonu, Geç Kambriyen-Erken Ordovisiyen yaşlı Seydişehir Formasyonu, Anisiyen yaşlı Pınarbaşı formasyonu, Ladiniyen yaşlı Taraşçı formasyonu, Karniyan yaşlı Sarpyardere formasyonu, Doger yaşlı İçerikışla formasyonu, Senomaniyen yaşlı Katrangediği formasyonu, Senoniyen yaşlı Doğankuzu formasyonu Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı Yarpuz formasyonu ve Geç Eosen yaşlı Ağaçtepesi formasyonu ile temsil edilmektedir. İncelenen boksit yatağı Senomaniyen yaşlı Katrangediği formasyonuna ait karbonatlı kayaçların içerisinde gelişen karstik çöküntüde bulunmakta, Senoniyen yaşlı karbonatlı kayaçlardan oluşan Doğankuzu formasyonu tarafından örtülmektedir (Karadağ, 1987).

Merceğimsi bir çukurluk içinde yer alan boksit kütlesi ile taban kireçtaşının sınırı oldukça düzensizdir (Şekil 2). Cevher kütlelerinin tabanında yer yer bu kireçtaşına ait bloklar gözlenmektedir. Cevherin kısmen tabakalı bir yapı göstermesi ve içerisinde tatlı su alg fosillerinin (*Microcodium* sp.) bulunması, karst-içi bir çökeliyi yansıtmaktadır (Karadağ, 1987). Yatakta masif, demirli, oolitik-pisolitik, killi-toprağımsı ve breşik boksit olmak üzere beş farklı tip cevher saptanmış

olup, hakim cevher minerali bölgedeki diğer boksit yataklarında olduğu gibi böhmittir (Karadağ vd., 2003a). Böhmittin yanı sıra, değişen oranlarda diyaspor, gibsit, kaolinit, hematit, götit, lepidokrozit, kuvars, anataz, rutil, tridimit; yer yer ikincil oluşuklar halinde kalsit, piroluzit ve psilomelan ile birlikte amorf sulu Al ve Fe-oksitleri izlenmektedir (Karadağ, 1987).

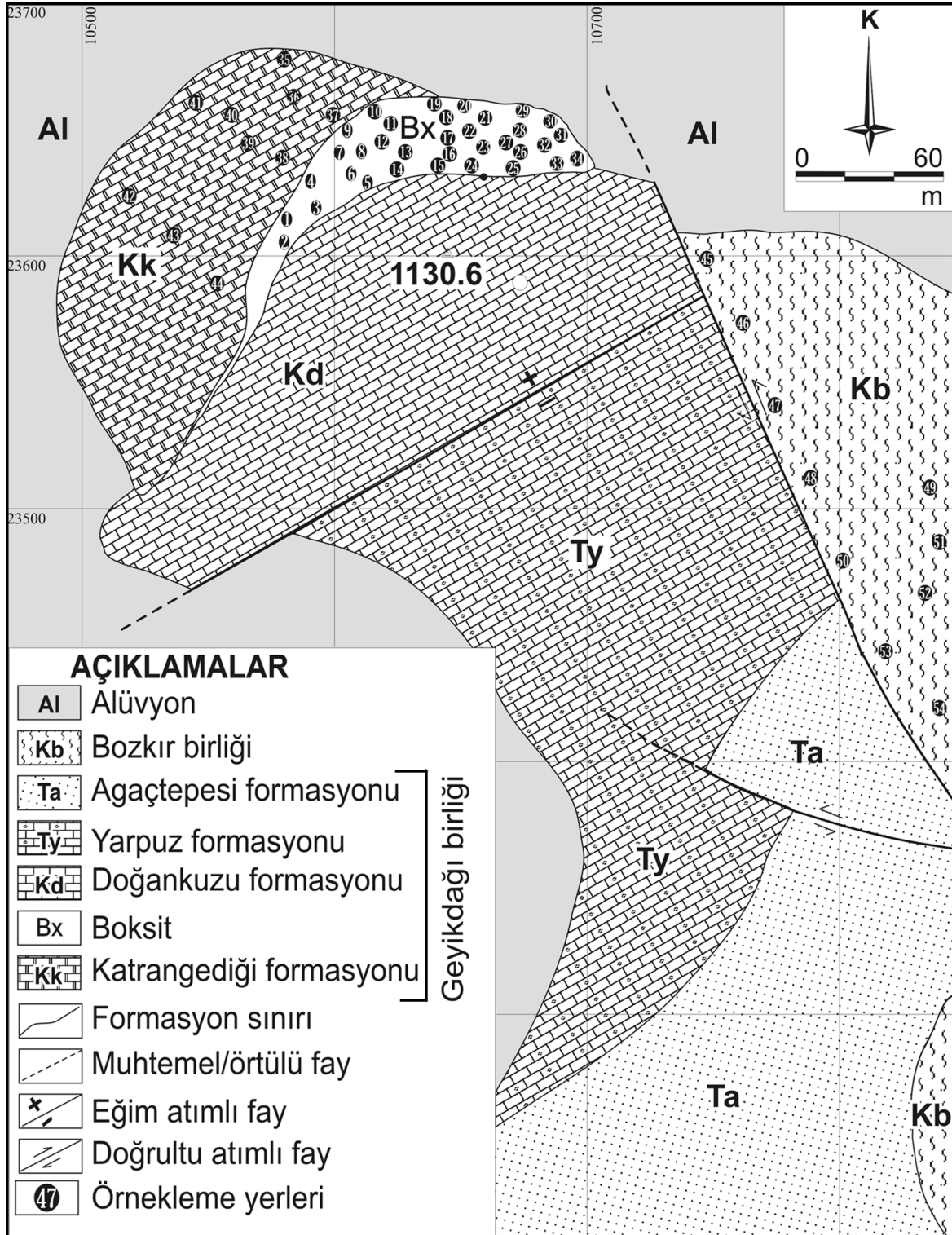
YANKAYAÇ JEOKİMYASI

Karbonatlı kayaçlar

Boksit yatağı ve yakın çevresinde yer alan Katrangediği, Doğankuzu ve Yarpuz formasyonları karbonatlı kayaçlarla, Ağaçtepesi formasyonu ise kumtaşı, kıltaşı, killi kireçtaşı ve marnlar ile temsil edilmektedir. Bunlardan Doğankuzu, Yarpuz ve Ağaçtepesi formasyonları cevherli seviyenin üzerinde yer aldıkları için boksit oluşumuna kaynaklık etmiş olamazlar. Bu düşünceden hareketle, yörede mevcut karbonatlardan yalnız taban kayacını oluşturan Katrangediği formasyonundan 10 adet örnek alınmış ve bunlarda analizi yapılan 20 bileşenin değerleri kullanılmıştır (Çizelge 1).

Söz konusu kireçtaşlarının ortalama Al_2O_3 konsantrasyonu % 0.52 olup, kireçtaşlarının tamamında % 0.21 ila % 0.84 arasında değişen oranlarda Al_2O_3 beklenmektedir (Şekil 3). Kireçtaşından kaynaklanan Al_2O_3 'in boksit oluşturabilmesi için 115 kat zenginleşmesi gerekmektedir. Yapılan regresyon analizlerinde Al_2O_3 - SiO_2 , Al_2O_3 - TiO_2 , Al_2O_3 -Ga, Al_2O_3 -Th, Al_2O_3 -Zr, Fe_2O_3 -Pb, Fe_2O_3 -Th, TiO_2 -Ga, TiO_2 -Ni, TiO_2 -Th, TiO_2 -Zr, Ga-Ni, Ga-Pb, Ga-Zr, Pb-V ve Th-Zr çiftleri arasında çok yüksek pozitif, SiO_2 -CaO, CaO- TiO_2 , CaO-Ni ve CaO-Zr arasında ise çok yüksek negatif ilişkiler saptanmıştır (Çizelge 2). Anılan element çiftlerinin basit regresyon eşitliklerine göre çizilen dağılım diyagramlarında noktaların regresyon doğrusuyla uyumlu olduğu görülmüştür (Şekil 3).

Ortak korelasyon katsayılarının değerlendirildiği dendogramda da (Şekil 4); (MgO- P_2O_5)-(CaO-LOI) grubuna Na_2O uzaktan eklenmektedir. Öte yandan kireçtaşlarında oldukça az miktarlarda bulunan (Al_2O_3 -Th)- TiO_2 -Zr-(Ga-Ni)'in oluşturduğu gruba sırasıyla SiO_2 , Fe_2O_3 , (K_2O -Nb), (Pb-V), (Cu-Zn) ve Cr_2O_3 eklenerek belirgin bir grup oluşturmaktadır. Buna göre kireçtaşlarının



Şekil 2. Çatmakaya boksit yatağının jeoloji haritası (Orhon vd., 1977 ve Karadağ, 1987'den).

Figure 2. Geological map of the Çatmakaya bauxite deposit (after Orhon et al., 1977, and Karadağ, 1987).

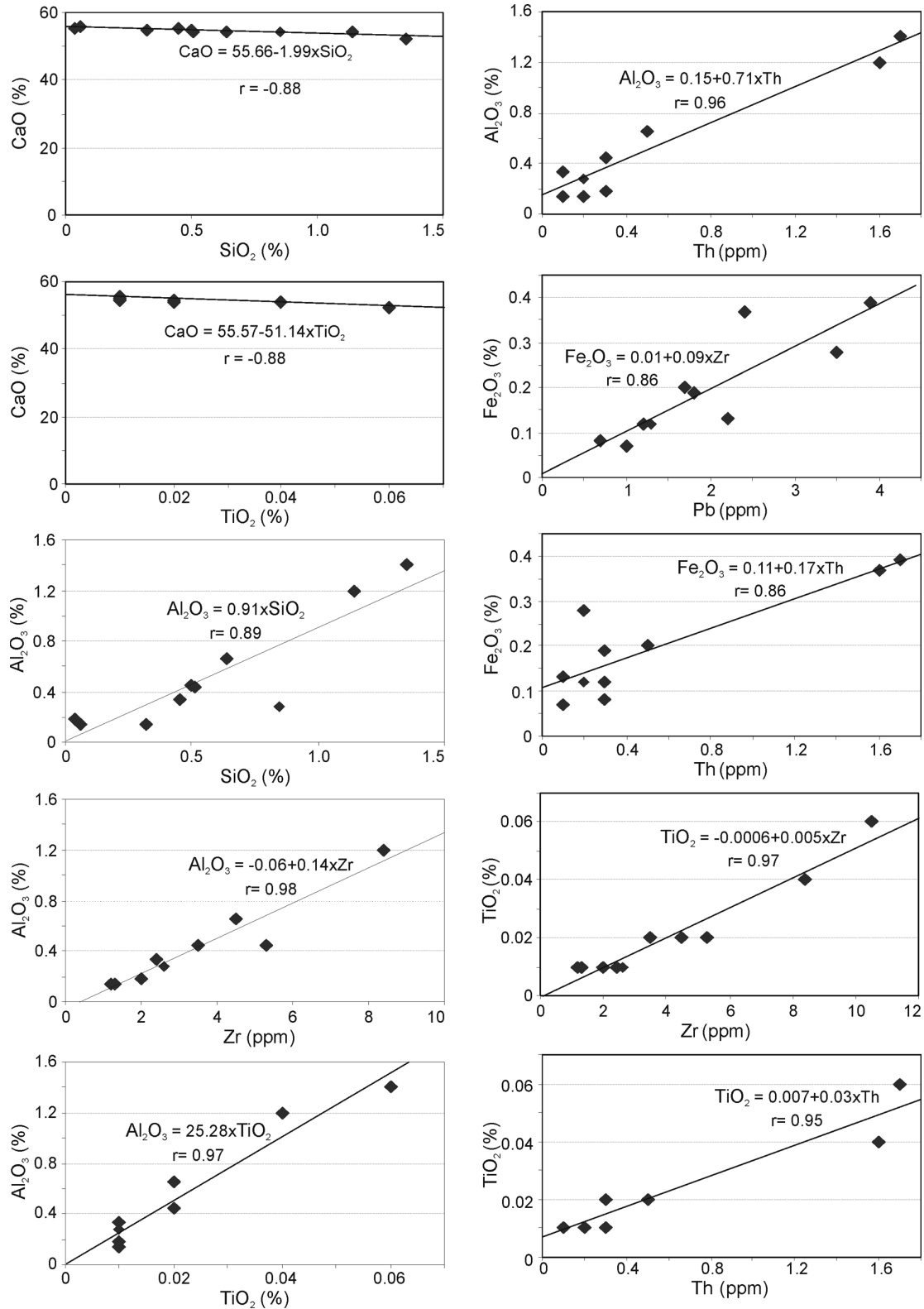
Çizelge 1. Katrangediği formasyonuna ait karbonatlı kayaçların bazı ana ve iz element konsantrasyonları ve istatistiksel analiz özetleri (AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, SH: Standart hata, Ht: Hesaplanan t, AS: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait alt sınır, ÜS: Ana kitle aritmetik ortalamasının üst sınırı, eleman sayısı= 10, Tt: Tablo t değeri=1.83).

Table 1. Statistical analysis summaries of some major and trace element concentrations of carbonate rocks of the Katrangediği formation (AO: Arithmetic mean, SS: Standard deviation, SH: Standard error, Ht: Calculated t, Tt: Table t value, AS: Lower limit of arithmetic mean of the main mass, ÜS: Upper limit of arithmetical mean of the main mass, 10 sample, Tt: Table t value=1.83).

Örnek No.	Bileşenler																			
	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	Cr ₂ O ₃ %	LOI %	Cu ppm	Ga ppm	Nb ppm	Ni ppm	Pb ppm	Th ppm	V ppm	Zn ppm	Zr ppm
1	0.85	0.28	0.12	0.39	54.40	0.05	0.04	0.01	0.01	0.001	43.70	1.10	0.50	1.30	10.65	1.30	0.20	9.00	70.00	2.60
2	0.45	0.34	0.13	0.16	55.17	0.01	0.02	0.01	0.01	0.001	43.70	0.50	0.50	0.50	12.00	2.20	0.10	18.00	29.00	2.40
3	1.14	1.20	0.37	0.15	54.15	0.02	0.02	0.04	0.01	0.001	42.90	1.20	1.10	0.70	16.15	2.40	1.60	16.00	22.00	8.40
4	1.35	1.41	0.39	0.16	52.22	0.01	0.06	0.06	0.01	0.002	43.50	1.20	1.90	1.40	30.75	3.90	1.70	51.00	86.00	10.50
5	0.04	0.18	0.08	0.08	55.30	0.02	0.02	0.01	0.01	0.003	43.60	0.50	0.60	0.50	13.40	0.70	0.30	14.00	42.00	2.00
6	0.06	0.14	0.07	0.11	55.86	0.01	0.03	0.01	0.01	0.002	43.60	0.30	0.60	0.50	11.10	1.00	0.10	9.00	35.00	1.30
7	0.64	0.66	0.20	0.18	54.21	0.02	0.03	0.02	0.01	0.002	43.40	0.90	0.50	0.50	13.15	1.70	0.50	26.00	58.00	4.50
8	0.32	0.14	0.28	0.50	54.69	0.01	0.03	0.01	0.03	0.001	43.90	1.10	0.50	0.50	14.05	3.50	0.20	50.00	80.00	1.20
9	0.51	0.44	0.19	0.14	54.38	0.01	0.02	0.02	0.01	0.001	43.60	1.90	0.50	0.50	12.15	1.80	0.30	8.00	243.00	5.30
10	0.50	0.45	0.12	0.15	54.56	0.01	0.03	0.02	0.01	0.002	43.80	0.70	0.50	0.50	12.15	1.20	0.30	9.00	22.00	3.50
AO	0.59	0.52	0.20	0.20	54.49	0.02	0.03	0.02	0.012	0.002	43.57	0.94	0.72	0.69	14.56	1.97	0.53	21.00	68.70	4.17
SS	0.43	0.44	0.12	0.13	0.97	0.01	0.01	0.02	0.006	0.001	0.28	0.47	0.45	0.35	5.90	1.05	0.60	16.50	65.58	3.11
SH	0.14	0.14	0.04	0.04	0.31	0.00	0.00	0.01	0.002	0.000	0.09	0.15	0.14	0.11	1.87	0.33	0.19	5.22	20.74	0.98
Ht	4.34	3.73	5.34	4.78	178.30	4.30	7.61	3.99	6.000	7.236	500.9	6.36	5.01	6.16	7.80	5.91	2.78	4.03	3.31	4.24
AS	0.28	0.21	0.11	0.11	53.80	0.01	0.02	0.01	0.007	0.001	43.37	0.61	0.40	0.44	10.33	1.22	0.10	9.20	21.78	1.94
ÜS	0.89	0.84	0.28	0.30	55.19	0.03	0.04	0.03	0.017	0.002	43.77	1.27	1.05	0.94	18.78	2.72	0.96	32.80	115.62	6.40

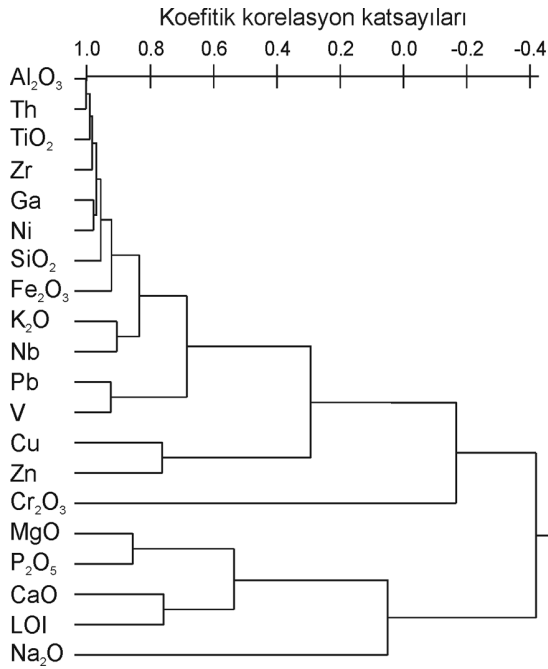
Çizelge 2. Katrangediği formasyonu kireçtaşı örneklerinin element konsantrasyonlarının korelasyon matrisi.
Table 2. Correlation matrix of the elements from the limestone samples of the Katrangediği formation.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	LOI	Cu	Ga	Nb	Ni	Pb	Th	V	Zn	Zr		
SiO ₂	1.00																					
Al ₂ O ₃	0.89	1.00																				
Fe ₂ O ₃	0.78	0.83	1.00																			
MgO	0.07	-0.27	0.19	1.00																		
CaO	-0.88	-0.84	-0.79	-0.08	1.00																	
Na ₂ O	0.23	-0.10	-0.18	0.37	-0.02	1.00																
K ₂ O	0.58	0.47	0.40	0.23	-0.73	0.14	1.00															
TiO ₂	0.84	0.97	0.82	-0.25	-0.88	-0.20	0.59	1.00														
P ₂ O ₅	-0.22	-0.30	0.26	0.78	0.07	-0.20	0.00	-0.23	1.00													
Cr ₂ O ₃	-0.33	-0.04	-0.32	-0.54	0.08	-0.15	0.13	0.04	-0.30	1.00												
LOI	-0.53	-0.69	-0.51	0.42	0.27	-0.09	0.13	-0.55	0.42	0.05	1.00											
Cu	0.52	0.38	0.56	0.25	-0.57	0.08	0.11	0.40	0.12	-0.52	-0.20	1.00										
Ga	0.74	0.87	0.75	-0.20	-0.80	-0.16	0.69	0.94	-0.17	0.13	-0.44	0.22	1.00									
Nb	0.74	0.52	0.41	0.24	-0.71	0.52	0.83	0.57	-0.19	-0.11	-0.11	0.28	0.67	1.00								
Ni	0.68	0.80	0.75	-0.11	-0.86	-0.25	0.74	0.90	-0.03	0.18	-0.26	0.25	0.96	0.63	1.00							
Pb	0.58	0.56	0.86	0.41	-0.69	-0.32	0.50	0.62	0.51	-0.40	-0.07	0.42	0.64	0.38	0.73	1.00						
Th	0.84	0.96	0.86	-0.21	-0.78	-0.08	0.44	0.95	-0.19	0.01	-0.73	0.35	0.90	0.52	0.82	0.57	1.00					
V	0.35	0.38	0.69	0.44	-0.59	-0.30	0.57	0.47	0.62	-0.03	0.11	0.17	0.55	0.31	0.71	0.88	0.42	1.00				
Zn	0.05	-0.02	0.13	0.07	-0.24	-0.11	-0.01	0.06	0.06	-0.31	0.14	0.81	-0.04	0.04	0.04	0.16	-0.07	0.00	1.00			
Zr	0.88	0.98	0.81	-0.30	-0.87	-0.11	0.46	0.97	-0.34	-0.06	-0.65	0.52	0.86	0.53	0.80	0.54	0.94	0.33	0.18	1.00		



Şekil 3. Katrangediği formasyonuna ait kireçtaşlarında Al ile yüksek ve çok yüksek ilişkiye sahip olan element çiftlerinin dağılım diyagramları ve regresyon doğruları.

Figure 3. Distribution diagrams and regression curves of the element pairs that have strong and very strong correlations with Al in the limestone units of the Katrangediği formation.



Şekil 4. Katrangediği formasyonuna ait kireçtaşılarından derlenen örneklerin koefistik korelasyon katsayılarına göre yakınlık sıralaması.

Figure. 4. Proximity ranking based on the coefficient correlation coefficients of the samples collected from limestone units of the Katrangediği formation.

da, aralarında yüksek pozitif ilişki bulunan Al_2O_3 , TiO_2 , Th, Zr, Ni ve Ga ile bu elementlerle yüksek negatif ilişki gösteren CaO'ın farklı kaynaklardan gelmiş oldukları söylenebilir. Al, büyük olasılıkla karbonatlı kayaçların içerisinde yer alan killi seviyelerle ilişkili olmalıdır.

Ofiyolitik Kayaçlar

Bozkır birliğine ait diyabaz/dolerit, serpantin, radyolarit, kireçtaşı ve çörtlerle temsil edilen ofiyolitik kayaçlar, Çatmakaya boksit yatağının güneydoğusunda yer almaktadırlar. Seydişehir-Akseki yöresi boksitlerinin kökensel yorumunu yapan bazı araştırmacılar (Peyronnet, 1971; Özlü, 1979; Çağatay ve Arman, 1982; Ayhan ve Karadağ, 1985; Karadağ, 1987), bu kayaçların boksitlerle olan ilişkilerini tartışmışlardır. Ofiyolitik kayaçların, yöreye cevher oluşumundan çok daha sonra yerleşmiş olmaları ve stratigrafik konumları nedeniyle boksitlere kaynak olabileceği olasılıkları oldukça düşüktür. Ancak bu kayaçların naplaşmadan önceki konumlarından dolayı

boksitlere kaynak olabileceği olasılığı da dikkate alınarak, bu çalışmada jeokimyasal özellikleri incelenmiş ve istatistiksel analizleri yapılmıştır. Bu amaçla; derlenen 10 adet ofiyolit örneğinde gerçekleştirilen kimyasal analizlerde (bkz. Şekil 2; Çizelge 3) ortalama % 1.59 Al_2O_3 saptanmış olup, elde edilen verilere göre yöredeki ofiyolitlerde % 0.83 ila % 2.35 arasında Al_2O_3 beklenmektedir (bkz. Çizelge 3). Klark konsantrasyonu % 8.13 olan Al için bu değerler oldukça düşüktür. İnceleme alanındaki boksitlerin ofiyolitik kayaçlardan oluştuğu varsayıldığında, Al'un en az 38 kat zenginleşmesi gerekmektedir.

Ofiyolitik kayaçlardan derlenen örneklere ait bileşenlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin belirlenmesi için yapılan regresyon analizlerinde Al_2O_3 - TiO_2 , Al_2O_3 - P_2O_5 ve Al_2O_3 -Ga, SiO_2 -MgO, SiO_2 -Ni, Fe_2O_3 - Cr_2O_3 , MgO-Ni, CaO-Zr, K_2O -Pb, K_2O -Th, TiO_2 -Ga, TiO_2 -Zr, P_2O_5 -Ga, Cu-Zr, Nb-Pb, Nb-Th element çiftleri arasında çok yüksek pozitif, SiO_2 -CaO, MgO-CaO, MgO-Ga, Ni-CaO, TiO_2 -Ni, P_2O_5 -Ni, ve Ni-Zr arasında ise çok yüksek negatif ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 4). Adı geçen element çiftlerine ait regresyon dağılım diyagramlarında noktaların regresyon doğrusuna uyumu önemli görülmektedir (Şekil 5). Elementlerin ortak korelasyon katsayılarına göre hazırlanan dendrogramda (Al_2O_3 - TiO_2 -Ga- P_2O_5) - (CaO-LOI-Zr) grubuna (Na_2O -V) ve (K_2O -Nb)-Pb-Th grubu uzaktan eklenmektedir. Öte yandan SiO_2 -Ni-MgO grubu ile Fe_2O_3 - Cr_2O_3 ve Cu-Zn grupları birleşerek ayrı bir grup oluşturmaktadırlar. Bu veriler; ofiyolitlerde Al, Ti, Ga, P ve Ca ile Mg, Si, Ni, Fe ve Cr'un farklı kaynaklardan gelmiş olabileceğini göstermektedir (Şekil 6).

Terra-Rosa

İnceleme alanı ve yakındaki kireçtaşlarının üzerinde çok yaygın bir şekilde gözlenen kırmızı, sarımsı-kırmızı, siltli ve killi toprağımsı oluşuklar "terra-rosa" olarak tanımlanmıştır. Genellikle karbonatlı kayaçların ayrışması ile oluşan Al, Fe ve Si bakımından zengin bu oluşuklar, Akdeniz kuşağında yer alan ülkelerde (Fransa, İtalya, Yunanistan, İsrail ve Türkiye) kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı veya dolomitlerin üzerinde örtüler şeklinde bulunmakta (Yaalon, 1997; Miko vd., 1999) ve karbonat tipi boksit yataklarının oluşumu için bir ara ürün olarak düşünülmektedir (Güldal,

Çizelge 3. Bozkır birliğine ait ofiyolitik kayaçların bazı ana ve iz element konsantrasyonları (ppm) ve istatistiksel analiz özetleri (AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, SH: Standart hata, Ht: Hesaplanan t değeri, AS: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait alt sınır, ÜS: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait üst sınır, örnek sayısı= 10, Tt: Tablo t değeri=1.83).

Table 3. Concentrations (ppm) and statistical analysis summaries of some major and trace elements in the ophiolitic rocks of the Bozkır unit (AO: Arithmetic mean, SS: Standard deviation, SH: Standard error, Ht: Calculated t, AS: Lower limit of arithmetic mean of the main mass, ÜS: Upper limit of arithmetic mean of the main mass, 10 sample, Tt: Table t value=1.83).

Örnek No.	Bileşenler																			
	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	Cr ₂ O ₃ %	LOI %	Cu ppm	Ga ppm	Nb ppm	Ni ppm	Pb ppm	Th ppm	V ppm	Zn ppm	Zr ppm
1	37.01	2.02	7.20	37.69	0.56	0.01	0.02	0.05	0.01	0.29	14.8	23.70	1.60	0.50	1949.15	0.50	0.10	72.0	35.00	2.10
2	37.03	0.59	7.79	38.07	0.69	0.04	0.02	0.01	0.01	0.26	14.4	9.20	0.80	0.50	2035.70	0.30	0.10	34.0	38.00	0.80
3	37.00	0.88	7.71	37.84	0.40	0.05	0.02	0.01	0.01	0.39	14.2	11.40	1.70	0.50	1955.55	0.60	0.10	42.0	36.00	1.60
4	36.91	0.71	7.42	38.68	0.42	0.01	0.02	0.01	0.01	0.32	14.4	8.80	1.10	0.50	2007.35	0.60	0.10	36.0	34.00	0.70
5	35.94	0.62	7.52	37.33	0.48	0.01	0.02	0.01	0.01	0.31	16.7	12.10	1.20	0.50	1865.55	0.10	0.10	42.0	37.00	0.60
6	18.90	2.42	6.62	5.58	34.42	0.02	0.04	0.08	0.05	0.24	31.0	12.90	3.00	0.60	984.15	1.90	0.30	60.0	24.00	6.90
7	23.40	3.02	7.51	19.22	22.56	0.09	0.02	0.08	0.12	0.26	23.5	21.50	3.10	0.50	1142.10	0.20	0.10	76.0	45.00	3.90
8	27.01	0.41	11.11	27.00	12.45	0.01	0.02	0.01	0.01	0.69	20.1	12.70	1.60	0.50	1726.95	0.10	0.10	59.0	18.00	0.50
9	16.56	2.12	5.11	14.55	30.99	0.04	0.02	0.06	0.09	0.21	29.3	5.80	2.60	0.50	930.90	0.30	0.20	54.0	37.00	3.80
10	25.11	3.10	8.12	21.77	18.92	0.17	0.02	0.08	0.09	0.31	21.3	4.60	3.30	0.50	1269.55	0.30	0.10	109.0	18.00	3.80
AO	29.49	1.59	7.61	27.77	12.19	0.05	0.02	0.04	0.04	0.33	20.0	12.27	2.00	0.51	1586.70	0.49	0.13	58.4	32.20	2.47
SS	8.22	1.06	1.49	11.99	13.67	0.05	0.01	0.03	0.04	0.14	6.3	6.14	0.92	0.03	451.51	0.53	0.07	22.9	9.07	2.09
SH	2.60	0.33	0.47	3.79	4.32	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04	2.0	1.94	0.29	0.01	142.78	0.17	0.02	7.2	2.87	0.66
Ht	11.34	4.75	16.14	7.33	2.82	2.80	11.00	3.83	2.99	7.62	10.1	6.32	6.90	51.00	11.11	2.94	6.09	8.1	11.23	3.73
AS	23.61	0.83	6.54	19.20	2.41	0.01	0.02	0.02	0.01	0.23	15.5	7.88	1.34	0.49	1263.70	0.11	0.08	42.0	25.72	0.97
ÜS	35.37	2.35	8.68	36.35	21.97	0.08	0.03	0.06	0.07	0.42	24.5	16.66	2.66	0.53	1909.69	0.87	0.18	74.8	38.68	3.97

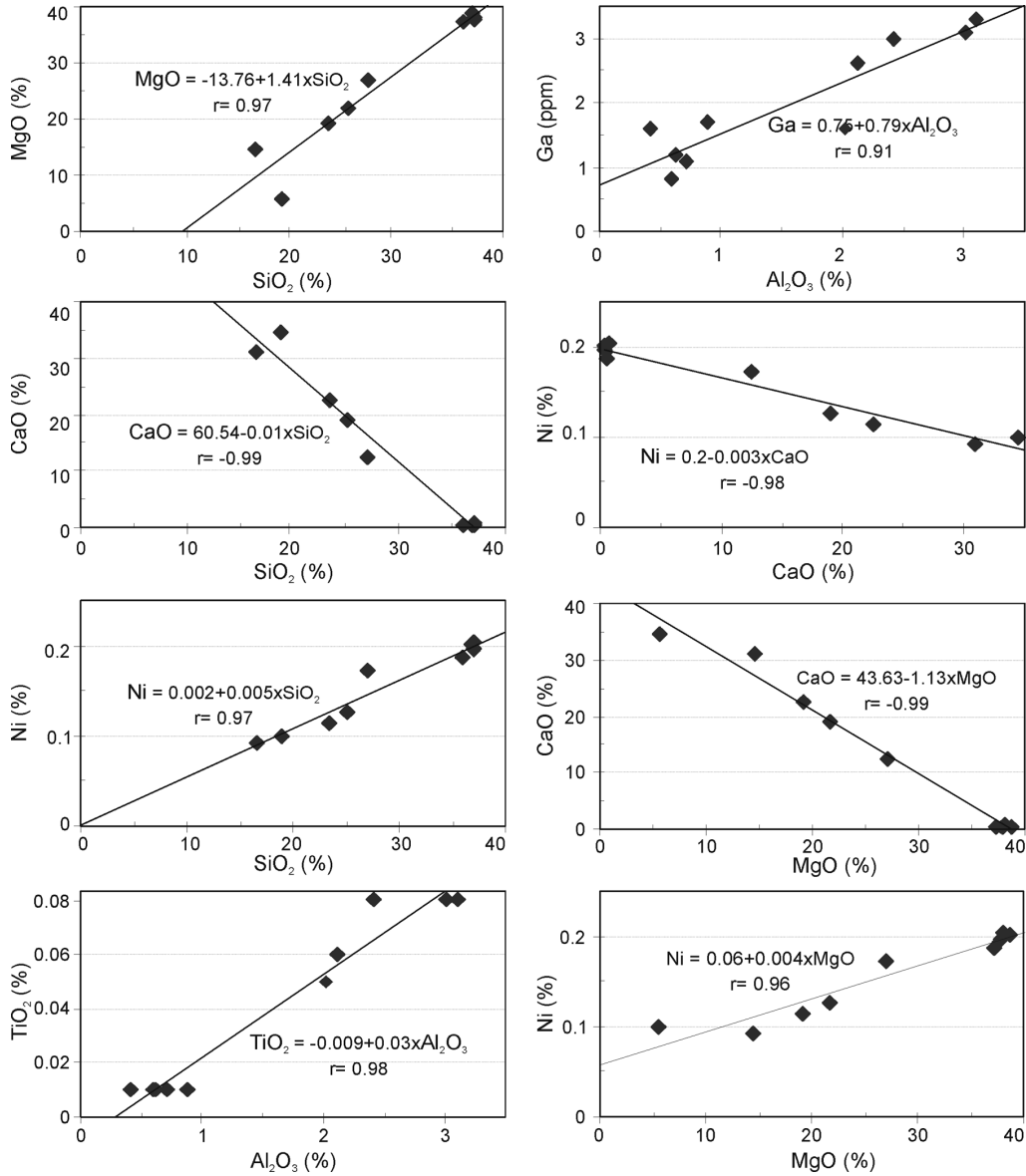
Çizelge 4. Ofiyolitik kayaç örneklerine ait element konsantrasyonlarının korelasyon matrisi.

Table 4. Correlation matrix of element concentrations of the ophiolitic rock samples.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	LOI	Cu	Ga	Nb	Ni	Pb	Th	V	Zn	Zr	
SiO ₂	1.00																				
Al ₂ O ₃	-0.64	1.00																			
Fe ₂ O ₃	0.27	-0.41	1.00																		
MgO	0.97	-0.68	0.29	1.00																	
CaO	-0.99	0.69	-0.33	-0.99	1.00																
Na ₂ O	-0.31	0.67	0.00	-0.28	0.30	1.00															
K ₂ O	-0.45	0.28	-0.23	-0.65	0.57	-0.17	1.00														
TiO ₂	-0.75	0.98	-0.41	-0.80	0.80	0.56	0.43	1.00													
P ₂ O ₅	-0.77	0.86	-0.36	-0.72	0.76	0.68	0.07	0.84	1.00												
Cr ₂ O ₃	0.15	-0.50	0.91	0.22	-0.24	-0.19	-0.24	-0.48	-0.40	1.00											
LOI	-0.97	0.61	-0.37	-0.98	0.99	0.17	0.62	0.74	0.69	-0.26	1.00										
Cu	0.18	0.17	0.09	0.11	-0.14	-0.29	0.04	0.16	-0.04	0.01	-0.14	1.00									
Ga	-0.82	0.91	-0.26	-0.85	0.85	0.66	0.38	0.93	0.88	-0.27	0.78	-0.01	1.00								
Nb	-0.45	0.28	-0.23	-0.65	0.57	-0.17	1.00	0.43	0.07	-0.24	0.62	0.04	0.38	1.00							
Ni	0.97	-0.77	0.41	0.96	-0.98	-0.41	-0.47	-0.85	-0.86	0.34	-0.96	0.13	-0.90	-0.47	1.00						
Pb	-0.29	0.24	-0.33	-0.49	0.42	-0.19	0.94	0.36	-0.03	-0.31	0.45	0.04	0.30	0.94	-0.32	1.00					
Th	-0.68	0.34	-0.50	-0.79	0.76	-0.18	0.89	0.50	0.26	-0.36	0.82	-0.14	0.47	0.89	-0.68	0.82	1.00				
V	-0.45	0.81	0.10	-0.45	0.44	0.76	0.03	0.77	0.64	-0.03	0.34	0.10	0.77	0.03	-0.52	-0.05	-0.01	1.00			
Zn	0.27	-0.05	-0.52	0.30	-0.25	-0.21	-0.32	-0.12	0.09	-0.53	-0.23	0.38	-0.25	-0.32	0.16	-0.24	-0.21	-0.44	1.00		
Zr	-0.78	0.82	-0.49	-0.89	0.87	0.34	0.74	0.89	0.67	-0.49	0.85	0.04	0.86	0.74	-0.86	0.69	0.80	0.49	-0.17	1.00	

1978; Lauber, 1980; Bardossy, 1982 ve 1984; Jennings, 1985; Mylorie ve Carew, 1995; Khadikar ve Basavaiah, 2004). Karbonatlı kayaçların yüzeysel bozunmaları sırasında gelişen hızlı kimyasal tepkimelerle karbonat mineralleri çö-

zünmekte ve açığa çıkan alkali elementler sular aracılığıyla ortamdaki uzaklaştırılarak kireçtaşlarında önemli miktarda hacim azalmasına neden olmaktadır. Kireçtaşlarının içerdiği kil ve diğer silikat mineralleri ise daha yüksek duraylılıkları



Şekil 5. Ofiyolitik kayalarda Al ile anlamlı ilişkiye sahip element çiftlerinin dağılım diyagramları ve regresyon doğruları.

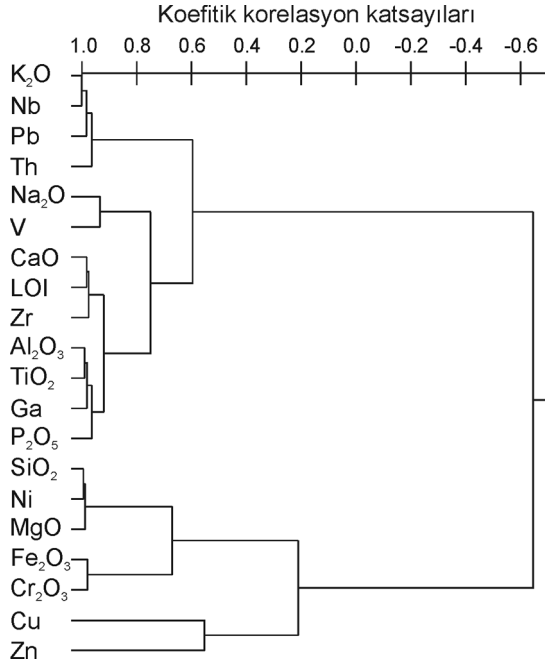
Figure 5. Distribution diagrams and regression curves of element pairs that show significant relationship with Al in ophiolitic rocks.

nedeniyle ya yerinde kalarak, ya da kısa mesafelerde taşınarak terra-rosaları oluşturmaktadır.

Çatmakaya köyü civarındaki terra-rosalardan alınan 8 örnekte, Eti Alüminyum A.Ş. Genel Müdürlüğü araştırma ve kimya laboratuvarlarında (Seydişehir) gerçekleştirilen X-ışını kırınımı (XRD) analizlerinde; kuvars, klinoklor, muskovit, albit, mikroklin, diyaspor, hematit, montmorillonit ve kloritoid; Altınapa (Konya batısı) civarındaki terra-rosa örneklerinde kalsit, hematit, böhmüt, dolomit, kaolinit, götit, kuvars, muskovit, gipsit,

spinel, montmorillonit; Seydişehir civarındaki terra-rosa numunelerinde ise kalsit, kuvars, kaolinit, muskovit, rutil, dolomit ve klorit (Karadağ vd., 1995) parajenezleri saptanmıştır. Bu karşılaştırmalarda inceleme alanındaki terra-rosaların mineralojik bileşenlerinin bölgede yer alan terra-rosaların bileşimiyle hemen hemen aynı olduğu görülmektedir.

Terra-rosa örneklerinde yapılan kimyasal analiz sonuçları üzerinde gerçekleştirilen t-testlerinde örnek ortalamalarının tümü % 5 hata payı ile an-



Şekil 6. Ofiyolitik kayalardan derlenen örneklerin koefisitik korelasyon katsayılarına göre yakınlık sıralaması.

Figure 6. Proximity ranking, based on the coefficient correlation coefficients of the samples collected from ophiolitic rocks.

lamlı çıkmaktadır. Terra-rosaların ortalama Al_2O_3 içeriği % 19.8 olup, ana kitlede % 18.7 ila % 20.9 arasında Al_2O_3 beklenmektedir (Çizelge 5). Kireçtaşlarının ortalama % Al_2O_3 oranının % 0.52 olduğu dikkate alındığında, bu kayalardan türeyen terra-rosaların yaklaşık 38 kat zenginleşme geçirmiş oldukları söylenebilir. Terra-rosalar için yapılan regresyon analizlerinde Al_2O_3 - Fe_2O_3 , Al_2O_3 -Ga, Al_2O_3 -V, SiO_2 - Na_2O , MgO - Cr_2O_3 ve Ga-V arasında çok yüksek, Al_2O_3 - TiO_2 , SiO_2 - MgO , SiO_2 - K_2O , SiO_2 -Zn, SiO_2 -Zr, Fe_2O_3 - TiO_2 , Fe_2O_3 -Ga, Fe_2O_3 -V, MgO - Na_2O , MgO - K_2O , MgO - P_2O_5 , MgO -Ni, CaO - TiO_2 , CaO -V, Na_2O - K_2O , Na_2O - P_2O_5 , Na_2O - Cr_2O_3 , K_2O - Cr_2O_3 , TiO_2 -Ga, TiO_2 -Nb, TiO_2 -V, Cr_2O_3 -Ni, Cu-Ni, Cu-V, Pb-Zn ve Zn-Zr arasında ise yüksek pozitif ilişkiler belirlenirken, CaO - SiO_2 ve CaO - Na_2O arasında çok yüksek, SiO_2 -Ga, SiO_2 -V, Al_2O_3 - Na_2O , Al_2O_3 - P_2O_5 , Fe_2O_3 - P_2O_5 , CaO - K_2O , Na_2O - TiO_2 , Na_2O -Ga, Na_2O -V, TiO_2 - P_2O_5 , Ga - P_2O_5 , Pb - P_2O_5 ve Cu -Zn arasında yüksek negatif ilişkiler elde edilmiştir (Çizelge 6). Çok yüksek ilişki gösteren elementler arasında hesaplanan basit regresyon eşitliklerine göre çizilen dağılım diyagramlarında, noktalar regresyon doğrusuyla uyumluluk göstermektedir

(Şekil 7). Öte yandan, elementlerin ortak korelasyon katsayılarına göre hazırlanan dendogramda (MgO - Cr_2O_3)- K_2O grubuna sırasıyla (SiO_2 - Na_2O)- P_2O_5 -(Zn-Zr) eklenerek belirgin bir grup oluşturmaktadır. Al_2O_3 -Ga-V- TiO_2 ayrı ve çok belirgin bir grup oluşturmakta ve bu gruba sırasıyla Fe_2O_3 -Nb-(CaO-Cu)-Ni-(Pb-Th) ve LOI uzaktan eklenmektedir (Şekil 8). Buna göre; terra-rosalarda bulunan ve henüz çözünmeye başlamamış olan Mg, Na ve K'lu silikatlarla Al, Fe ve Ca içeren oksit ve karbonatlı mineraller ayrı gruplarda toplanmaktadır.

Al'un Fe, Ti, Ga ve V gibi duraylı elementlerle yüksek ve çok yüksek pozitif, Ca'un ise Si, Na ve K gibi elementlerle yüksek ve çok yüksek negatif ilişkilere sahip olmaları, ana kayaçtan itibaren bozunma ve taşınma sırasında duraylı elementlerin birlikte hareket ettiklerini, ancak karbonatlarda gerçekleşen şiddetli ayrışmanın henüz silikat minerallerinde gerçekleşmediğini göstermektedir.

CEVHER JEOKİMYASI

Cevher yatağının değişik kesimlerinden alınan 34 örneğin analiz sonuçlarına göre boksitlerin Al_2O_3 içeriği ortalama % 60.3 olup, bu örneklerin ait olduğu ana kitlede % 59.0 ila % 61.60 aralığında Al_2O_3 beklenmektedir (Çizelge 7). Bu ortalama karşılık gelen % 31.92 Al değeri, yer kabuğundaki Al oranının (Clark sayısı: 8.13), 3.95, yörede mevcut kireçtaşlarının (% 0.52) 115.1 ofiyolitik kayaların (% 1.59) 37.95 ve terra-rosaların (% 19.81) 3.04 katıdır. Bu veriler, Çatmakaya boksitlerinin Al içeriği çok düşük olan kireçtaşlarından doğrudan türemelerinin güç olduğunu göstermektedir. Öte yandan, Al içeriği göreceli olarak yüksek olan ofiyolitik kayaların boksite kaynaklık etme olasılığı olsa bile, boksitlerdeki yüksek Ca içeriği bu olasılığı zayıflatmaktadır.

Al_2O_3 , kimyasal analizleri gerçekleştirilen diğer bileşenlerden TiO_2 ile çok yüksek, Cr_2O_3 , Ga ve Nb ile yüksek pozitif, SiO_2 , MgO ve Ni ile çok yüksek ve CaO ile yüksek negatif ilişkiler göstermektedir (Çizelge 8). Boksitlerde ayrıca TiO_2 -Nb arasında çok yüksek, SiO_2 - MgO , SiO_2 - CaO , SiO_2 - K_2O , SiO_2 -Ni, MgO - CaO , MgO -Ni, CaO -Ni, K_2O -V, TiO_2 - Cr_2O_3 , TiO_2 -Zr, Cr_2O_3 -Nb, Cu-Pb, Ga-Nb ve Nb-Zr element çiftleri arasında yüksek

Çizelge 5. Terra-rosaların bazı ana ve iz element konsantrasyonları ve istatistiksel analiz özetleri (AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, SH: Standart hata, Ht: Hesaplanan t, Tt: Tablo t değeri, AS: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait alt sınır, ÜS: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait üst sınırı, eleman sayısı= 8, Tt: Tablo t değeri=1.90).

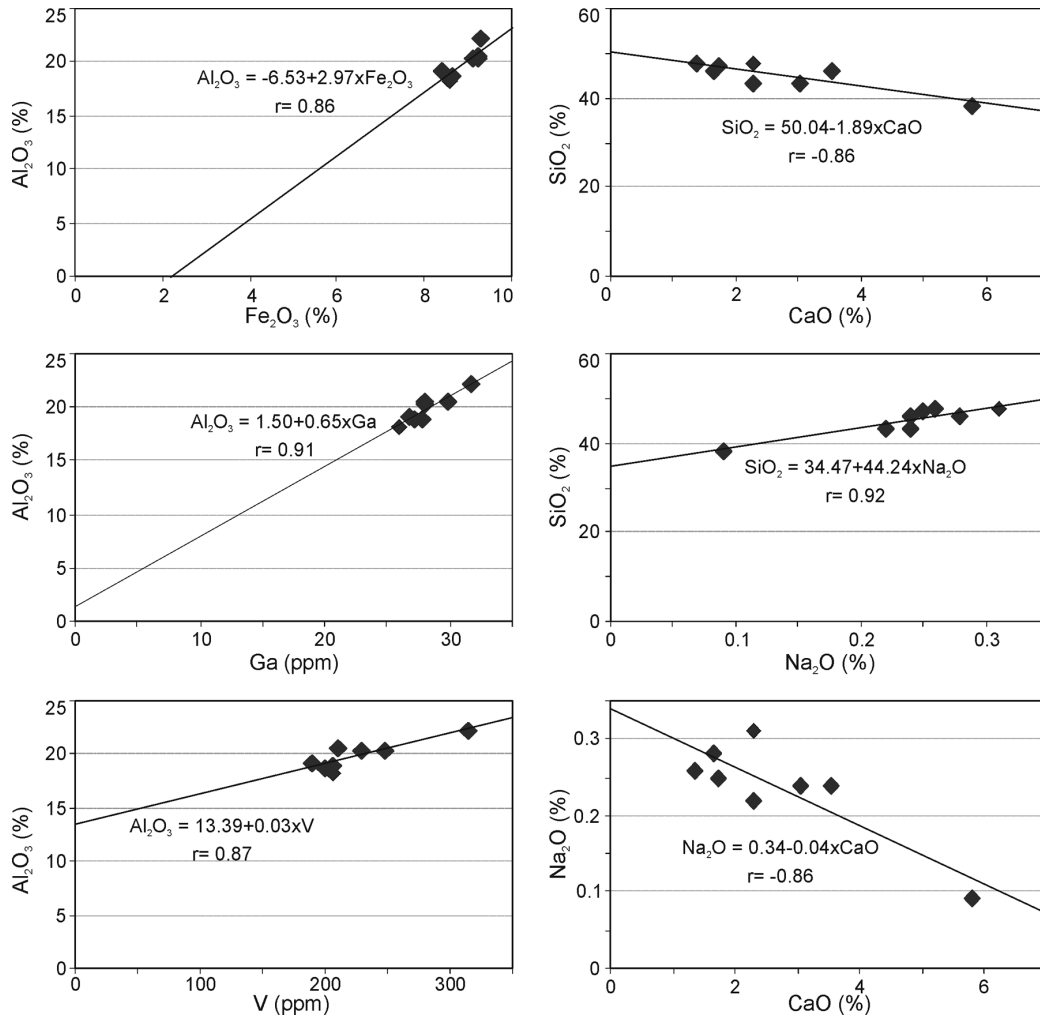
Table 5. Concentrations and statistical analysis summaries of some major and trace elements in terra-rossas (AO: Arithmetical mean, SS: Standard deviation, SH: Standard error, Ht: Calculated t, AS: Lower limit of arithmetic mean of the main mass, ÜS: Upper limit of arithmetic mean of the main mass, 8 sample, Tt: Table t value=1.90).

Örnek No.	Bileşenler																			
	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	Cr ₂ O ₃ %	LOI %	Cu ppm	Ga ppm	Nb ppm	Ni ppm	Pb ppm	Th ppm	V ppm	Zn ppm	Zr ppm
1	47.49	18.15	8.58	2.14	2.28	0.31	2.59	1.03	0.49	0.040	16.8	37.80	25.90	27.6	164.1	30.1	17.5	206.5	162.0	262.2
2	46.00	18.79	8.62	1.31	3.55	0.24	1.98	1.09	0.23	0.031	18.0	34.10	27.10	28.9	116.0	46.3	21.3	200.0	193.0	267.2
3	47.81	20.61	9.22	1.56	1.37	0.26	2.61	1.09	0.25	0.028	15.0	33.40	27.90	27.2	131.7	52.6	21.0	211.0	184.0	276.8
4	46.96	20.43	9.26	1.67	1.72	0.25	2.43	1.06	0.28	0.037	15.8	35.50	29.90	27.5	153.5	46.0	31.2	248.0	187.0	260.8
5	43.24	18.95	8.44	1.33	3.03	0.24	2.30	0.99	0.39	0.030	20.9	34.10	27.70	24.5	109.0	38.0	18.3	207.0	164.0	228.2
6	38.39	22.27	9.28	1.19	5.79	0.09	2.01	1.17	0.17	0.026	19.4	40.10	31.70	28.7	151.4	42.2	20.1	315.0	149.0	233.8
7	43.35	19.06	8.42	1.24	2.30	0.22	2.08	1.02	0.31	0.024	21.8	31.60	26.70	25.0	106.9	40.4	19.4	189.0	180.0	233.6
8	46.14	20.26	9.12	1.63	1.66	0.28	2.44	1.05	0.28	0.035	16.9	31.90	27.90	26.9	144.4	38.9	19.6	230.0	168.0	249.3
AO	44.92	19.81	8.87	1.51	2.71	0.24	2.30	1.06	0.30	0.031	18.1	34.81	28.10	27.0	134.6	41.8	21.1	225.8	173.4	251.5
SS	3.16	1.33	0.39	0.31	1.44	0.07	0.25	0.06	0.10	0.006	2.4	2.91	1.86	1.6	22.0	6.7	4.3	40.4	15.0	18.0
SH	1.12	0.47	0.14	0.11	0.51	0.02	0.09	0.02	0.04	0.002	0.9	1.03	0.66	0.6	7.8	2.4	1.5	14.3	5.3	6.4
Ht	40.27	42.12	65.00	13.62	5.33	10.24	25.75	54.42	8.52	15.980	21.1	33.87	42.71	48.6	17.3	17.6	13.9	15.8	32.8	39.5
AS	42.28	18.70	8.54	1.25	1.51	0.18	2.09	1.02	0.22	0.027	16.0	32.38	26.54	25.7	116.2	36.2	17.5	192.0	160.9	236.4
ÜS	47.56	20.93	9.19	1.77	3.92	0.29	2.52	1.11	0.38	0.036	20.1	37.24	29.66	28.3	153.0	47.4	24.6	259.6	185.9	266.5

Çizelge 6. Terra-rosa örneklerine ait elementlerin korelasyon matrisi.

Table 6. Correlation matrix for the element concentrations in terra-rossa samples.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	LOI	Cu	Ga	Nb	Ni	Pb	Th	V	Zn	Zr	
SiO ₂	1.00																				
Al ₂ O ₃	-0.50	1.00																			
Fe ₂ O ₃	-0.02	0.86	1.00																		
MgO	0.70	-0.37	0.05	1.00																	
CaO	-0.86	0.40	0.03	-0.55	1.00																
Na ₂ O	0.92	-0.71	-0.30	0.73	-0.86	1.00															
K ₂ O	0.71	-0.13	0.25	0.81	-0.74	0.70	1.00														
TiO ₂	-0.42	0.78	0.69	-0.30	0.61	-0.70	-0.34	1.00													
P ₂ O ₅	0.40	-0.77	-0.62	0.68	-0.41	0.67	0.52	-0.78	1.00												
Cr ₂ O ₃	0.63	-0.35	0.08	0.87	-0.41	0.67	0.61	-0.28	0.56	1.00											
LOI	-0.70	-0.18	-0.64	-0.64	0.47	-0.45	-0.69	-0.26	0.06	-0.60	1.00										
Cu	-0.43	0.36	0.29	0.16	0.67	-0.50	-0.10	0.57	-0.03	0.18	-0.09	1.00									
Ga	-0.60	0.91	0.75	-0.40	0.55	-0.78	-0.27	0.71	-0.69	-0.24	-0.06	0.53	1.00								
Nb	0.03	0.37	0.54	0.14	0.38	-0.24	-0.14	0.80	-0.47	0.24	-0.55	0.56	0.38	1.00							
Ni	0.15	0.33	0.59	0.69	0.01	0.06	0.48	0.37	0.11	0.66	-0.63	0.64	0.34	0.57	1.00						
Pb	0.11	0.48	0.52	-0.44	-0.09	-0.23	-0.09	0.46	-0.75	-0.43	-0.35	-0.24	0.37	0.26	-0.26	1.00					
Th	0.25	0.31	0.53	0.04	-0.23	-0.02	0.09	0.17	-0.34	0.25	-0.44	0.03	0.47	0.26	0.26	0.50	1.00				
V	-0.63	0.87	0.71	-0.21	0.65	-0.75	-0.23	0.76	-0.54	-0.10	-0.08	0.72	0.93	0.50	0.55	0.10	0.26	1.00			
Zn	0.63	-0.31	-0.07	-0.04	-0.54	0.42	0.02	-0.17	-0.18	0.02	-0.31	-0.60	-0.33	0.06	-0.38	0.60	0.51	-0.57	1.00		
Zr	0.80	-0.11	0.32	0.53	-0.48	0.52	0.50	0.19	-0.04	0.44	-0.87	-0.06	-0.24	0.55	0.33	0.44	0.32	-0.25	0.60	1.00	



Şekil 7. Terra-rosa örneklerinde Al ile yüksek ilişkiye sahip element çiftlerinin dağılım diyagramları ve regresyon doğruları.

Figure 7. Distribution diagrams and regression curves of the element pairs having a significant correlation with Al in terra-rossa samples.

pozitif, SiO₂-TiO₂ arasında çok yüksek, SiO₂-Ga, SiO₂-Nb, SiO₂-Zr, MgO-TiO₂, MgO-Nb, CaO-TiO₂, K₂O-TiO₂, K₂O-Cr₂O₃, K₂O-Ga, TiO₂-Ni ve Nb-Ni arasında yüksek negatif ilişkiler belirlenmiştir (bkz. Çizelge 8). Çok yüksek ve yüksek ilişkilere sahip olan elementlere ait regresyon denklemlerine göre hazırlanan dağılım diyagramlarında noktaların regresyon doğrusuna uyumu önemli görülmektedir (Şekil 9).

Boksitlerde ortak korelasyon katsayılarına göre hazırlanan dendogramda 3 adet çok belirgin grup ortaya çıkmaktadır. Birinci grup boksitlerdeki duraylı ve az hareketli bileşenlerden oluş-

makta, (TiO₂-Nb)-Al₂O₃-Zr-Cr₂O₃-Ga-Th ve bu gruba uzaktan eklenen Fe₂O₃ ile temsil edilmektedir. İkinci grup ise, boksitlerde duraysız bileşenlerden (MgO-CaO)-Ni-SiO₂-Na₂O grubuna uzaktan eklenen K₂O-V grubu ile temsil edilmektedir. Boksitlerdeki üçüncü grup ise (Cu-Pb)-(P₂O₅-LOI)-Zn ile temsil edilmekte ve LOI hariç diğer bileşenler boksitleşme esnasında duraylı ve duraysız bileşenlerin arasında bir davranış sergilemektedirler (Şekil 10). Buna göre; Al boksitlerde Ti, Cr, Nb, Ga ve Zr gibi duraylı elementlerle ortak hareket ederek zenginleşmişler, Al ile yüksek negatif ilişki sergileyen Ca ve Ca ile pozitif ilişki sergileyen Si, Mg, Ni, K, V ve Na bozunma ile göreceli olarak azalmışlardır.

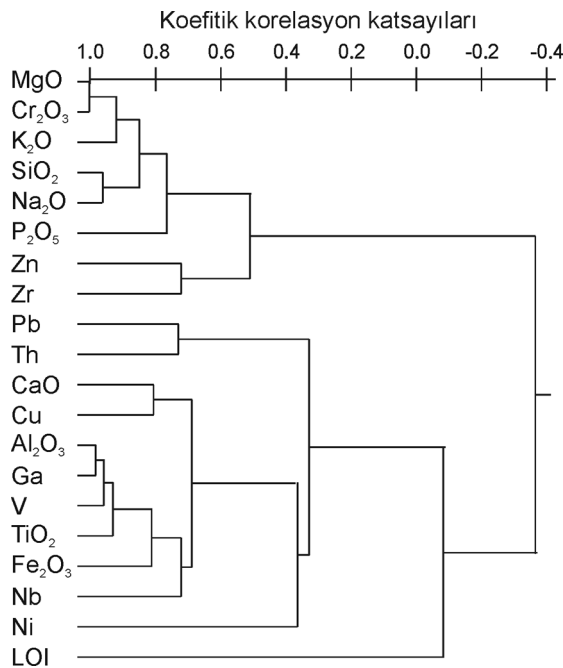
Çizelge 7. Çatmakaya boksitlerinin bazı ana ve iz element konsantrasyonları ve istatistiksel analiz özetleri (AO: Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, SH: Standart hata, Ht: Hesaplanan t, AS: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait alt sınır, ÜS: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait üst sınırı, eleman sayısı= 8, Tt: Tablo t değeri=1.685).

Table 7. Concentrations and statistical summaries of some major and trace elements in Çatmakaya bauxites (AO: Arithmetical mean, SS: Standard deviation, SH: Standard error, Ht: Calculated t, AS: Lower limit of arithmetic mean of the main mass, ÜS: Upper limit of arithmetic mean of the main mass, 34 sample, Tt: Table t value=1.685).

Örnek No.	Bileşenler																			
	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	Cr ₂ O ₃ %	LOI %	Cu ppm	Ga ppm	Nb ppm	Ni ppm	Pb ppm	Th ppm	V ppm	Zn ppm	Zr Ppm
1	3.18	61.94	18.38	0.03	0.10	0.01	0.19	2.86	0.04	0.10	12.5	1.9	55.5	49.1	73.55	10.6	52.7	294.0	8.0	428.2
2	3.46	59.90	20.04	0.06	0.10	0.01	0.27	2.82	0.06	0.09	12.9	4.1	50.5	47.3	104.15	10.7	45.6	360.0	43.0	426.9
3	2.70	59.19	21.35	0.06	0.07	0.01	0.42	2.54	0.04	0.08	12.9	2.4	59.2	44.6	66.60	67.1	38.5	321.0	5.0	411.8
4	9.22	58.31	15.96	0.03	0.06	0.01	1.17	2.64	0.02	0.05	12.2	1.8	50.6	47.0	60.35	31.5	48.1	462.0	5.0	451.4
5	2.38	62.40	19.55	0.05	0.07	0.01	0.11	2.73	0.02	0.07	12.2	16.6	56.7	46.1	82.90	66.4	48.5	386.0	8.0	399.4
6	1.84	63.68	18.35	0.03	0.06	0.01	0.04	2.84	0.04	0.08	12.7	2.2	57.6	48.7	71.40	74.6	47.1	291.0	15.0	445.7
7	5.53	62.49	15.26	0.07	0.09	0.01	0.59	2.75	0.02	0.06	12.7	1.8	55.3	46.8	65.10	58.1	44.2	363.0	10.0	412.3
8	2.80	59.10	21.19	0.05	0.08	0.01	0.13	2.86	0.06	0.07	13.0	1.8	60.1	51.3	84.10	64.6	53.2	297.0	9.0	460.8
9	9.50	58.68	15.44	0.03	0.08	0.02	1.10	2.61	0.07	0.05	12.2	1.6	48.3	41.3	67.15	23.7	45.2	410.0	5.0	415.3
10	3.04	61.38	18.76	0.04	0.08	0.01	0.26	2.79	0.02	0.08	12.9	1.5	62.0	48.7	53.60	52.6	44.7	298.0	32.0	432.8
11	2.84	60.28	20.39	0.06	0.05	0.01	0.11	2.71	0.04	0.07	12.8	2.6	56.6	46.8	74.80	63.0	53.6	377.0	10.0	414.7
12	1.70	62.86	19.13	0.05	0.08	0.01	0.07	2.83	0.03	0.08	12.9	1.0	57.2	48.4	61.65	63.7	51.2	294.0	6.0	428.5
13	2.81	61.40	19.29	0.05	0.06	0.02	0.09	2.78	0.03	0.08	13.2	1.9	55.1	46.7	68.45	60.6	49.5	362.0	9.0	426.1
14	1.62	61.35	20.84	0.04	0.07	0.01	0.10	2.92	0.03	0.09	12.6	3.3	59.0	48.6	79.90	77.6	58.8	311.0	8.0	458.2
15	1.91	61.67	19.63	0.07	0.07	0.01	0.14	2.91	0.02	0.09	12.7	2.1	56.8	51.1	64.10	76.3	64.9	313.0	7.0	483.6
16	1.95	60.54	21.18	0.06	0.07	0.01	0.11	2.91	0.04	0.09	12.6	1.6	54.2	51.0	50.70	72.7	60.0	310.0	7.0	484.3
17	2.53	61.30	19.65	0.07	0.08	0.01	0.10	2.77	0.03	0.07	13.0	1.9	53.9	46.7	59.75	63.5	53.7	356.5	9.5	414.7
18	1.98	62.16	19.25	0.06	0.09	0.01	0.04	2.85	0.04	0.08	12.8	3.0	58.7	49.6	86.15	77.6	64.7	308.0	10.0	474.7
19	3.52	58.80	21.02	0.11	0.14	0.01	0.18	2.65	0.03	0.07	12.9	3.0	53.0	43.3	80.35	69.9	52.2	375.0	10.0	394.4
20	14.16	48.57	20.74	0.21	0.20	0.07	0.70	2.18	0.03	0.06	12.7	6.3	48.2	41.0	189.10	87.0	55.4	386.0	9.0	395.1
21	10.30	53.31	20.43	0.10	0.09	0.01	0.51	2.41	0.03	0.07	12.7	2.1	51.7	42.5	133.15	86.8	60.3	429.0	9.0	419.9
22	1.49	63.69	18.20	0.03	0.07	0.01	0.05	3.04	0.02	0.08	13.1	2.3	52.6	52.4	49.80	68.2	63.2	294.0	8.0	464.7
23	16.58	47.90	19.16	0.20	0.17	0.01	0.61	2.05	0.04	0.04	12.9	7.6	44.8	34.1	228.40	89.0	45.3	317.0	12.0	334.4
24	2.55	61.87	18.82	0.02	0.08	0.01	0.14	2.85	0.07	0.10	13.2	3.6	51.0	49.2	70.85	50.8	55.7	314.0	37.0	415.1
25	1.92	61.72	19.54	0.03	0.08	0.01	0.06	2.95	0.05	0.08	13.0	4.5	57.9	56.0	84.25	72.2	65.8	306.0	8.0	495.8
26	1.45	62.45	19.02	0.03	0.07	0.03	0.06	2.94	0.02	0.07	13.4	3.8	57.5	54.3	56.15	68.0	61.6	275.0	6.0	449.3
27	2.09	63.44	17.48	0.04	0.11	0.01	0.07	2.91	0.05	0.10	13.5	2.4	59.6	52.9	83.10	64.4	56.0	293.0	16.0	440.2
28	1.70	62.85	18.48	0.02	0.13	0.01	0.08	2.82	0.05	0.10	13.5	2.4	62.8	53.1	76.55	77.9	58.9	294.0	9.0	461.2
29	1.61	62.95	18.66	0.03	0.10	0.01	0.09	2.83	0.01	0.10	13.3	2.0	59.7	51.1	67.75	80.1	57.0	288.0	8.0	430.9
30	5.94	57.70	18.05	0.05	0.11	0.02	0.35	2.44	0.10	0.08	14.9	19.3	61.4	47.9	137.95	533.8	55.1	472.0	12.0	432.9
31	1.65	63.14	17.94	0.04	0.06	0.01	0.11	2.74	0.06	0.08	14.1	6.1	63.0	50.6	89.65	17.3	63.2	310.0	26.0	445.7
32	3.60	59.33	21.08	0.03	0.09	0.01	0.23	2.78	0.03	0.10	12.7	3.0	49.6	48.3	70.30	23.3	54.9	354.0	12.0	436.6
33	5.45	62.73	14.02	0.04	0.09	0.01	0.42	2.81	0.05	0.07	14.2	6.6	65.3	48.5	65.50	17.7	48.9	302.0	15.0	431.9
34	3.67	61.11	17.43	0.05	0.06	0.01	0.43	2.57	0.07	0.09	14.4	7.9	57.6	45.1	94.15	21.0	65.8	277.0	23.0	416.1
AO	4.08	60.30	18.93	0.06	0.09	0.01	0.27	2.74	0.04	0.08	13.0	4.0	56.0	47.9	83.86	71.8	54.2	335.3	12.5	433.3
SS	3.68	3.73	1.79	0.04	0.03	0.01	0.29	0.21	0.02	0.01	0.6	4.0	4.8	4.3	37.49	85.0	7.2	52.0	9.1	31.0
SH	0.63	0.64	0.31	0.01	0.01	0.00	0.05	0.04	0.00	0.00	0.1	0.7	0.8	0.7	6.43	14.6	1.2	8.9	1.6	5.3
Ht	6.46	94.39	61.65	7.78	16.22	7.06	5.48	75.13	11.93	31.18	125.1	5.9	68.5	65.7	13.04	4.9	44.1	37.6	8.0	81.6
AS	2.79	59.00	18.31	0.04	0.08	0.01	0.17	2.66	0.03	0.07	12.8	2.6	54.3	46.5	70.78	42.2	51.7	317.1	9.4	422.5
ÜS	5.36	61.60	19.56	0.07	0.10	0.02	0.37	2.81	0.05	0.08	13.2	5.4	57.6	49.4	96.95	101.5	56.7	353.4	15.7	444.1

Çizelge 8. Çatmakaya boksitlerine ait element konsantrasyonları arasındaki korelasyon matrisi.
Table 8. Correlation matrix among the element concentrations in bauxites.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	LOI	Cu	Ga	Nb	Ni	Pb	Th	V	Zn	Zr	
SiO ₂	1.00																				
Al ₂ O ₃	-0.90	1.00																			
Fe ₂ O ₃	-0.15	-0.27	1.00																		
MgO	0.75	-0.86	0.29	1.00																	
CaO	0.62	-0.67	0.12	0.74	1.00																
Na ₂ O	0.46	-0.52	0.11	0.54	0.54	1.00															
K ₂ O	0.78	-0.56	-0.44	0.31	0.23	0.28	1.00														
TiO ₂	-0.87	0.89	-0.05	-0.79	-0.60	-0.43	-0.61	1.00													
P ₂ O ₅	0.07	-0.06	-0.17	-0.13	0.05	-0.03	0.10	-0.17	1.00												
Cr ₂ O ₃	-0.75	0.62	0.21	-0.57	-0.26	-0.35	-0.67	0.65	0.08	1.00											
LOI	-0.16	0.16	-0.28	-0.14	0.03	-0.01	-0.21	-0.05	0.57	0.24	1.00										
Cu	0.19	-0.20	-0.08	0.16	0.18	0.17	0.05	-0.38	0.42	-0.13	0.45	1.00									
Ga	-0.62	0.62	-0.18	-0.51	-0.33	-0.27	-0.48	0.45	0.14	0.43	0.54	0.13	1.00								
Nb	-0.80	0.77	-0.03	-0.73	-0.44	-0.24	-0.62	0.86	-0.03	0.67	0.22	-0.19	0.61	1.00							
Ni	0.78	-0.86	0.17	0.82	0.74	0.44	0.31	-0.84	0.25	-0.47	0.12	0.44	-0.40	-0.65	1.00						
Pb	0.11	-0.19	0.04	0.09	0.20	0.16	-0.03	-0.28	0.42	-0.05	0.47	0.64	0.19	-0.01	0.32	1.00					
Th	-0.31	0.19	0.16	-0.14	-0.11	0.04	-0.42	0.31	0.06	0.42	0.31	0.02	0.19	0.51	-0.05	0.07	1.00				
V	0.51	-0.46	-0.06	0.24	0.12	0.23	0.60	-0.50	0.13	-0.47	-0.16	0.36	-0.40	-0.47	0.27	0.43	-0.29	1.00			
Zn	-0.11	0.10	-0.07	-0.10	-0.02	-0.14	-0.11	0.05	0.38	0.29	0.30	0.09	0.03	0.02	0.07	-0.13	-0.09	-0.15	1.00		
Zr	-0.61	0.57	0.03	-0.60	-0.47	-0.20	-0.38	0.74	-0.01	0.51	0.04	-0.27	0.46	0.85	-0.57	0.00	0.57	-0.28	-0.13	1.00	

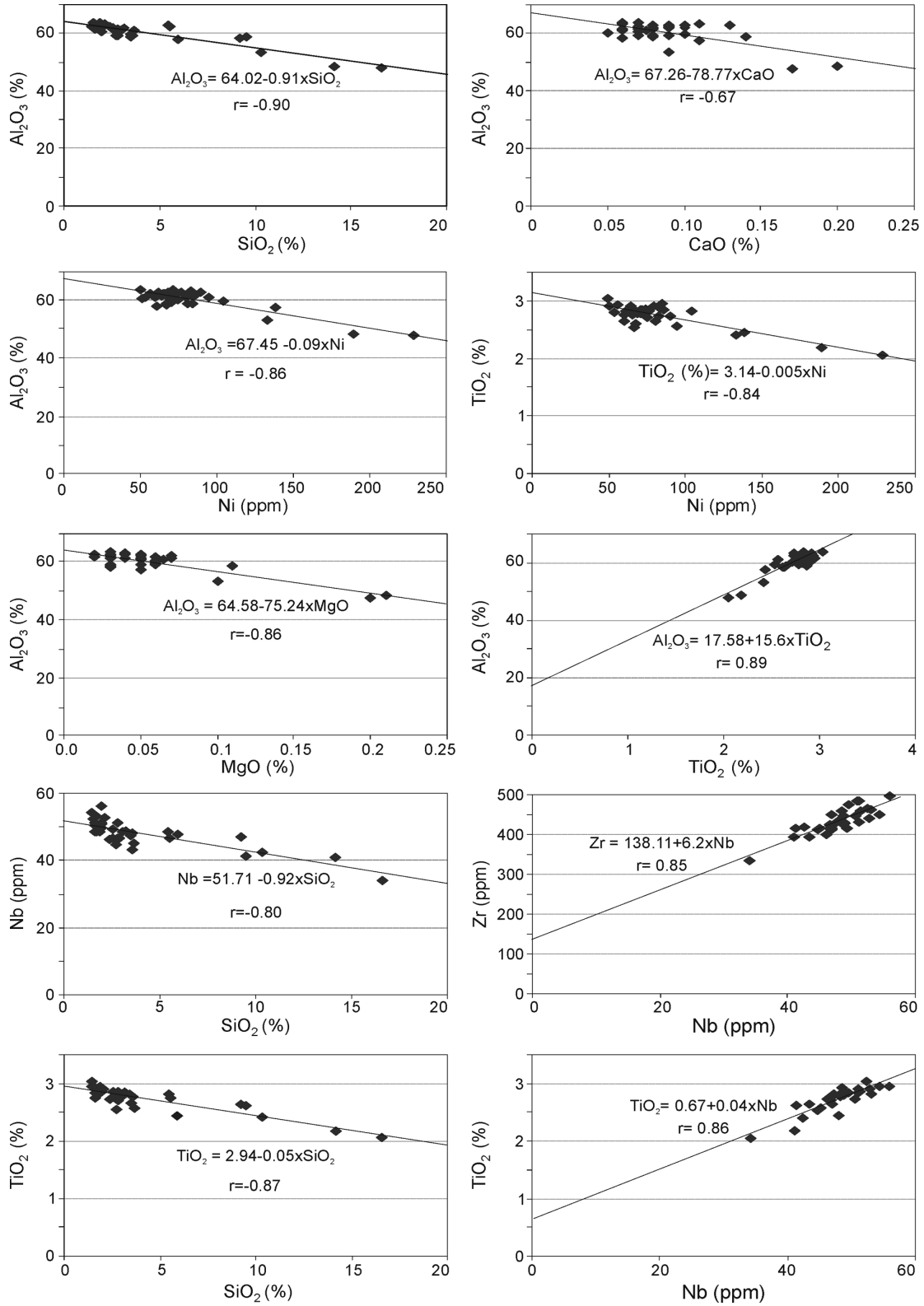


Şekil 8. Terra-rosa örneklerindeki elementlerin koefitik korelasyon katsayılarına göre yakınlık sıralaması.

Figure 8. Proximity ranking of the elements in terra-rossa samples according to coefficient correlation coefficients.

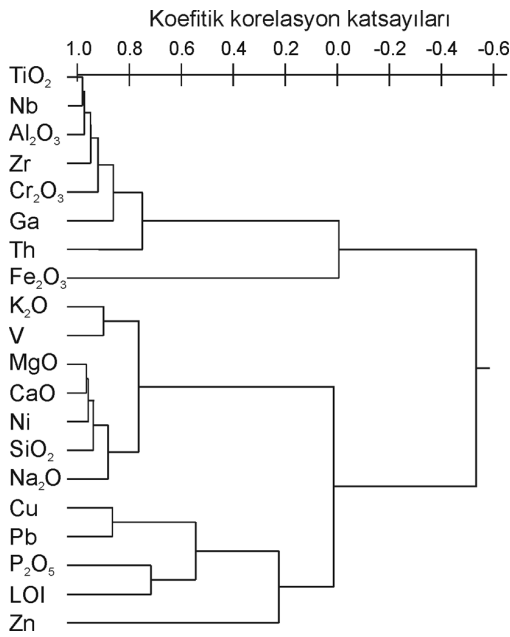
TARTIŞMA

Çalışma alanındaki boksitler; genellikle Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃ ve TiO₂ gibi major oksitlerle temsil edilmekte, ayrıca eser miktarlarda Na, K, Mg, Ca, Mn, Cu, Zn, Ni, Cr, V, Ga, Zr, P, Nb vb. elementleri içermektedirler. Kayaçların ayrışma ve taşınmalarında, diğer bir ifadeyle boksit oluşumu sürecinde etkili olan başlıca faktörler iklim, morfoloji, ortamın fiziko-kimyasal koşulları (Eh, pH) ve yüzeysel bozunmaya maruz kalan kayacın türüdür. Tropikal iklimlerde, düzgün bir topoğrafya ve düşük Eh-pH koşulları altında yer üstü sularının kayaçlarla etkileşimi oldukça uzun sürmekte, dolayısıyla kayaçların bozunmaları daha kolay gerçekleşmektedir (Park ve MacDiarmid, 1975). Bozunma ve boksitleşme sürecinde Al, Ti, Zr, Nb, Th, Ga ve V gibi hareketliliği düşük elementler taşınmayıp bozundukları ortamda çökerek artarken, Fe, Pb, Ni gibi elementler düşük hareketlilikleri nedeniyle ortamdaki kısmen, Ca, Na, K, Si, Mg vb elementler ise oldukça fazla miktarlarda çözünerek tamamen uzaklaşmaktadırlar (Valeton vd., 1997; MacLean vd., 1997).



Şekil 9. Boksitlerde yüksek ilişki gösteren bazı ana ve iz element çiftlerinin dağılım diyagramları ve regresyon doğruları.

Figure 9. Distribution diagrams and regression lines some of the major and trace element couples showing the strong positive correlations with each other in bauxites.



Şekil 10. Boksitlerdeki elementlerin koefitik korelasyon katsayılarına göre yakınlık sıralaması.

Figure 10. Proximity ranking of coefficient correlation coefficients of the elements in bauxites.

Dünyanın değişik yörelerinde bulunan 47 boksit yatağının kaynak kayalarından ait ortalama % 6.6 olan Al içeriği, ilgili boksit yataklarında yaklaşık 4 kat zenginleşerek % 25.6'ya yükselmiştir (Karadağ vd., 2002; Karadağ vd., 2003b; Çizelge 9). Al oranı karbonatlı kayalarda en düşük (% 0.3), killi sedimanter kayalarda (% 9.8) en yüksektir. Buna karşın; değişim (zenginleşme) oranları karbonatlı kayalarda 57.2 kat iken, killi sedimanter kayalarda 2.4 kattır (bkz. Çizelge 9).

Kaynak kayalarla boksitlerin Fe içerikleri karşılaştırıldığında ise, karbonatlı kayalarda Fe miktarında önemli bir artış (6.2) gözlenirken, ultrabazik, bazik ve asidik magmatik ve killi sedimanter kayalarda azalma gözlenmiştir (bkz. Çizelge 9). Diğer elementlerden Ti, Cr, Zr ve Ga ise, değişik oranlarda olmak üzere tüm kayalar gruplarında artış göstermektedir. Bununla birlikte tüm elementlerin daha çok karbonatlı kayalarda arttığı görülmektedir (bkz. Çizelge 9)

Çatmakaya boksit yatağının yakınında yer alan ofiyolitik kayalar, karbonatlar ve terra-rosaların

Çizelge 9. Dünyanın 47 farklı boksit yatağı ile bunların kaynak kayalarından ait bazı element konsantrasyonları ve değişim (zenginleşme) oranları.

Table 9. Concentrations and enrichment ratios of some elements in 47 different bauxite deposits in the World together with their source rocks.

Ana kaya türü	Yatak sayısı	Ana kayaç, boksit ve zenginleşme oranları	Al	Cr	Fe	Ga	Si	Ti	Zr	Kaynaklar
Ultrabazik kayaç	6	Ana kayaç	1.2	15841.7	21.9	40.0	15.9	0.32	28.5	Maksimovic ve Papastamatiou (1973), Maksimovic (1976), Özlü (1979), Caillere vd. (1976)
		Boksit	32.28	1408.3	13.3	31.3	7.9	2.6	315.7	
		Değişim	27.5	0.1	0.6	0.8	0.5	8.1	11.1	
Bazik magmatik kayaç	14	Ana kayaç	9.1	255.5	8.7	32.4	19.5	1.07	234.5	Carvalho vd. (1991), Hill vd. (2000), Patterson (1971), Papiu ve Udrescu (1973), Gordon vd. (1958), Maksimovic (1968), Shaffer (1975), Maksimovic ve Papastamatiou (1973), Khahghi (1968)
		Boksit	24.04	425.2	7.1	42.6	4.4	1.8	452.6	
		Değişim	2.6	1.7	0.8	1.3	0.2	1.7	1.9	
Nötr magmatik kayaç	4	Ana kayaç	8.9	200.0	7.5		35.0	0.55	74.0	Özlü (1978, 1979), Jepsen ve Shellmann, (1974), Shaffer (1975)
		Boksit	27.71	95.0	8.5	67.0	2.2	1.2	588.0	
		Değişim	3.1	0.5	1.1		0.1	2.2	7.9	
Asit magmatik kayaç	4	Ana kayaç	10.2	121.0	7.7	70.0	26.5	0.39	387.0	Meyer vd. (2002), LoMonaco ve Yanes (1990), Dudich ve Siclosi (1970), Shaffer (1975)
		Boksit	29.17	120.0	6.8	69.0	1.6	0.9	892.0	
		Değişim	2.8	1.0	0.9	1.0	0.1	2.4	2.3	
Killi sedimanter kayaç	9	Ana kayaç	9.8	261.8	7.1	7.0	22.2	0.84	234.4	Franceshelli vd. (1998), Kronberg vd. (1982), Boski ve Herbosch (1990), Shaffer (1975), MacLean vd. (1997)
		Boksit	23.45	387.8	6.3	45.2	5.7	1.5	525.7	
		Değişim	2.4	1.5	0.9	6.5	0.3	1.8	2.2	
Karbonatlı kayalar	10	Ana kayaç	0.3	66.7	1.5		2.3	0.07	17.3	Karadağ (1987), Carvalho vd. (1991), MacLean vd. (1997), Temur ve Karadağ (1998)
		Boksit	17.13	314.3	9.3	59.0	11.3	1.2	375.4	
		Değişim	57.2	4.7	6.2		4.9	17.2	21.7	
Genel	47	Ana kayaç	6.6	2791.1	9.1	24.9	20.2	0.54	162.6	
		Boksit	25.63	458.4	8.5	52.3	5.5	1.5	524.9	
		Değişim	3.9	0.2	0.9	2.1	0.3	2.9	3.2	

boksitlere kaynaklık etmiş olabilecekleri varsayılarak, oksit cinsinden verilen analiz sonuçları element konsantrasyonlarına dönüştürülerek element içeriklerinin zenginleşme oranları Çizelge 10'da verilmiştir. Ayrıca terra-rosaların karbonatlar ve ofiyolitik kayalardan zenginleşme oranları da hesaplanmıştır (Çizelge 10).

Zenginleşme oranlarına göre boksitlerin ofiyolitik kayalardan türemesi durumunda Al, Fe, K, Ti, Ga, Nb, Pb, Th ve Zr'un sırasıyla; 38, 2.5, 12.2, 68.5, 28, 94, 146.6, 417 ve 175.4 kat artmasına karşın Si, Mg, Ca, Na, Cr, Cu, Ni ve Zn'un sırasıyla 7.2, 488, 138, 3.4, 4.2, 3.1, 19 ve 2.5 kez azalması gerekmektedir. İnceleme alanındaki boksitlerin ofiyolitik kayalardan oluştuğu ilk kez Wippen (1965) tarafından ortaya atılmış ve daha sonra bazı araştırmacılar (Baysal ve Engin, 1976; Çağatay ve Arman, 1982) tarafından da bu görüş desteklenmiştir. Ancak, Karadağ (1987)'a göre ofiyolitik kayalardan boksit oluşumu mümkün görülmemektedir. Saptanan

zenginleşme oranlarına göre de yüzey şartlarında azalması beklenen K'un 68.5 kat artmasının yanı sıra, hareketliliği düşük olan Cr ve Ni gibi bazı elementlerin önemli oranlarda azalması yöre boksitlerinin doğrudan ofiyolitik kayalardan türemeyeceğini göstermektedir. Ofiyolitik kayaların terra-rosaları ve bunların da boksitleri oluşturduğu varsayıldığında ise, ofiyolitik kayaların terra-rosaya dönüşümünde Al'un 12.5, K'un 105, Ti'un 26.6, P'un 7.3, Cu'nun 2.8, Ga'un 14, Nb'un 53, Pb'un 85.3, Th'un 162, V'un 3.9, Zn'un 5.39 ve Zr'un 102 kat zenginleşmesi ne karşın Mg'un 18.4, Ca'un 4.5, Cr'un 10.4 ve Ni'in 11.8 kez azalması, Si ve Fe'in yaklaşık aynı kalması gerekmektedir. Bozunma ve taşınmanın yüzey koşullarında gerçekleşmesi gerektiğinden Cr ve Ni azalması terra-rosaların ofiyolitik kayalardan türemeyeceğini göstermektedir.

Boksitlerin karbonatlı kayalardan oluştuğu var sayılarak yapılan analizlerde Si, Al, Fe, K, Ti, P, Cr, Cu, Ga, Nb, Ni, Pb, Th, V ve Zr'un sırasıyla

Çizelge 10. Çatmakaya boksit yatağında boksitler ve yatak çevresinde yüzeyleyen kayalardan alınan örnekler ait ana bileşenler ve bazı iz element oranları ile terra-rosa ve boksitlerin olası kaynak kayalardan zenginleşme oranları (Bx: boksit, T-R: Terra-rossa, KL: Katrangediği kireçtaşları, BO: Bozkır ofiyolitleri).

Table 10. Means of the major and some trace elements of bauxite and the rocks of its probable provenance with the enrichment ratio of components with respect to terra-rossa and bauxites in the Çatmakaya bauxite deposit (Bx: bauxite, T-R: Terra-rossa, KL: Katrangediği limestones, BO: Bozkır ophiolites).

Bileşen	Örnek ortalamaları				Terra-rosalara göre değişim oranları		Boksitlere göre değişim oranları		
	Bx	T-R	KL	BO	T-R/KL	T-R/BO	Bx/T-R	Bx/KL	Bx/BO
Si (%)	4.08	44.92	0.586	29.49	76.660	1.523	0.091	6.960	0.138
Al (%)	60.30	19.81	0.524	1.59	37.814	12.470	3.043	115.076	37.948
Fe (%)	18.93	8.87	0.195	7.61	45.471	1.165	2.135	97.090	2.488
Mg (%)	0.06	1.51	0.202	27.77	7.469	0.054	0.038	0.282	0.002
Ca (%)	0.09	2.71	54.494	12.19	0.050	0.223	0.033	0.002	0.007
Na (%)	0.01	0.24	0.017	0.05	13.900	5.251	0.056	0.779	0.294
K (%)	0.27	2.30	0.030	0.02	76.812	104.744	0.116	8.947	12.200
Ti (%)	2.74	1.06	0.021	0.04	50.595	26.563	2.577	130.371	68.445
P (%)	0.04	0.30	0.012	0.04	25.000	7.317	0.133	3.321	0.972
Cr (%)	0.08	0.03	0.002	0.33	19.613	0.096	2.475	48.548	0.238
LOI (%)	13.04	18.08	43.570	19.97	0.415	0.905	0.721	0.299	0.653
Cu (ppm)	4.00	34.81	0.940	12.27	37.035	2.837	0.115	4.254	0.326
Ga (ppm)	55.97	28.10	0.720	2.00	39.028	14.050	1.992	77.738	27.986
Nb (ppm)	47.94	27.03	0.690	0.51	39.176	53.003	1.774	69.483	94.006
Ni (ppm)	83.86	134.61	14.555	1586.70	9.248	0.085	0.623	5.762	0.053
Pb (ppm)	71.83	41.81	1.970	0.49	21.221	85.319	1.718	36.462	146.594
Th (ppm)	54.22	21.05	0.530	0.13	39.717	161.923	2.576	102.304	417.085
V (ppm)	335.28	225.81	21.000	58.40	10.753	3.867	1.485	15.966	5.741
Zn (ppm)	12.54	173.38	68.700	32.20	2.524	5.384	0.072	0.183	0.389
Zr (ppm)	433.34	251.49	4.170	2.47	60.309	101.817	1.723	103.919	175.442

7, 115, 97, 9, 130.3, 3.3, 48.5, 4.3, 78, 69.5, 5.8, 36.5, 102.3, 16 ve 194 kat artmış olmasına karşın, Mg'un 3.6, Ca'un 616.6, ve Zn'un 5.5 kez azalması gerekmektedir. Yüzeysel bozunma sırasında Mg, Ca ve Na'un azalması ve diğer bileşenlerin artmasının beklenen bir durum olmasına rağmen özellikle Ca için gerçekleşmesi gereken 617 kat azalma ve Al için 115 kat zenginleşme oldukça zor bir ihtimal olarak görülmektedir. Bu nedenle bir ara evre ürününe gereksinim vardır. Günümüzde de daha çok kireçtaşlarına bağlı olarak oluşumu devam eden terra-rosaların gereksinim duyulan ara evre ürünü olarak kabul edilmesi durumunda Ca'un haricinde tüm bileşenlerde artış beklenmektedir. Bu durumda Si ve K'un 77, Zr 60, Ti'un 50.5, Fe'in 45.5, Al, Cu, Ga, Nb ve Th'un 37-40, Pb'un 21, Cr'un 19.6, Na'un 14, V'un 11, Ni'in 9.3, Mg'un 7.5 ve Zn'nun 2.5 kat artması ve Ca'un 20.1 kez azalması gerekmektedir. Yüksek oranda Si ve K artışı yüzey şartlarında silikat minerallerinin henüz çözünmeye başlamadığını göstermektedir.

Bölgedeki terra-rosalardan alınan örneklerde önemli miktarlarda muskovit, kuvars, kaolinit, götit, hematit ve anatas ile az miktarda böhmüt bulunmaktadır. Boksitlerin terra-rosalardan türediği varsayımında Al'un 3.04, Fe'in 2.14, Ti, Cr ve Th'un yaklaşık 2.5, Ga, Nb, Pb ve Zr'un 1.7-2 ve V'un 1.5 kat artmasına karşılık Ca'un 30.7, Mg'un 26.5, Na'un 17.9, Si'un 11, Zn'un 13.8, Cu'un 8.7, K'un 8.6 ve P'un 7.5 kez azalması gerekmektedir. Bu durum, boksit oluşumunda öncelikle terra-rosa oluşum evresini desteklemektedir. Kireçtaşlarından terra-rosaya geçiş evresinde Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve TiO_2 artarken, CaO önemli miktarda azalmaktadır. Terra-rosalardaki yüksek SiO_2 ise, henüz taşınmanın tamamiyle gerçekleşmediği izlenimini vermektedir. Kireçtaşı-terra-rosa-boksit ilişkisini benimseyen Atabey ve Özkaya (1975), Atabey (1976), Güldalı (1978) ve Lauber (1980) boksitlerin kökeninin ki-

reçtaşları olduğunu belirtmektedirler.

MacLean vd. (1997) tarafından Al, Ti, Zr gibi duraylı elementlerin miktarının bozunma sırasında önemli değişikliğe uğramadığı, dolayısıyla boksitler ve kaynak kayalarında bu elementlerin birbiriyle olan oranlarının da değişmeyeceği belirtilmektedir. İnceleme alanındaki boksitler ve bunlara kaynaklık etme olasılığı yüksek olan kayalarda bulunan ve oksit cinsinden verilen bileşenler element konsantrasyonlarına dönüştürülerek duraylı elementler birbirine oranlanmıştır. Buna göre; boksitler ve onlara kaynaklık etme olasılığı olan kireçtaşları ve terra-rosalara ait duraylı element oranları büyük bir benzerlik gösterirken, ofiyolitik kayalar farklılık göstermektedir (Çizelge 11).

Al/Ti, Al/Th, Ti/Zr, Al/Zr vb duraylı elementlerin oranlarının ana kayaktan boksite dönüşüm sürecinde aynı kalmaları, dolayısıyla kaynak kayacık ve boksitin birlikte değerlendirilmeleriyle elde edilecek korelasyon katsayılarının yüksek olması beklenmektedir (MacLean vd., 1997). Bu durumda boksit ile türeyebileceği kaynak kayacığın tahmini yapılabilmektedir. Ancak MacLean vd. (1997), bu tahminin tutarlı olabilmesi için duraylı elementler arasındaki korelasyon katsayısının 0.90'dan büyük olmasının, regresyon doğrusunun merkezden geçmesinin ve doğrusal ilişkinin sağlanmasının gerekliliğini belirtmektedirler.

Çizelge 9'da verilen 47 yatağın kaynak kayacığına göre ortalamaları esas alınarak hazırlanan Al-Ti dağılım diyagramında (Şekil 11) boksitler ile kaynak kayaların belirgin olarak farklı alanlara düştükleri görülmektedir. Diyagramda tüm boksitlerde hem Ti, hem de Al değerleri yükselmiş olarak ortaya çıkmaktadır. Al ve Ti arasındaki yüksek korelasyon katsayısı, bu iki elementin

Çizelge 11. Kaynak kayaları ile boksitlere ait duraylı element oranları.

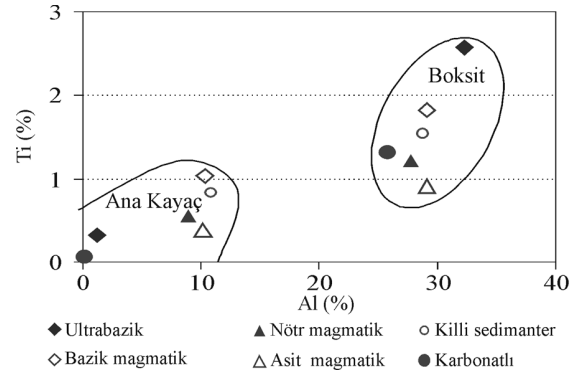
Table 11. Stable element ratios of source rocks and bauxites.

	Al/Ti	Al/Th	Al/Zr	Ti/Zr	Ti/Ga	Ti/Nb	Ti/Th	Ga/Nb	Ga/Th	Ga/Zr	Nb/Th	Nb/Zr	Th/Zr
Boksit	19.45	0.59	0.07	0.004	0.029	0.03	0.03	1.17	1.03	0.13	0.88	0.11	0.13
Terra-rosa	16.47	0.50	0.04	0.003	0.023	0.02	0.03	1.04	1.33	0.11	1.28	0.11	0.08
Kireçtaşı	22.03	0.52	0.07	0.003	0.017	0.02	0.02	1.04	1.36	0.17	1.30	0.17	0.13
Ofiyolitik kayacık	35.07	6.47	0.34	0.010	0.012	0.05	0.18	3.92	15.38	0.81	3.92	0.21	0.05

boksit oluşumu sürecindeki davranışlarının birbirlerine benzediğini veya en azından paralel olduklarını göstermektedir.

İnceleme alanı ve yakın çevresindeki boksitlerle diğer kayaç grupları ayrı ayrı birleştirilerek yapılan regresyon analizlerine göre Al, Ti, Ga, Nb, Th, V ve Zr'un birbirleri ile çok yüksek pozitif ilişkiye sahiptirler. Çatmakaya boksitleri ile kireçtaşı, terra-rosa ve ofiyolit örneklerinin tümü birlikte ele alınıp regresyon analizi yapıldığında da; Al-Fe, Al-Ti, Al-Ga, Al-Nb, Al-Th, Al-Zr, Ti-Ga, Ti-Nb, Ti-Th, Ti-V, Ti-Zr, Ga-Nb, Ga-Th, Th, Ga-Zr, Nb-Th, Nb-Zr ve Th-Zr element çiftlerinin çok yüksek pozitif ilişkiye (>0.95) sahip oldukları belirlenmiştir (Çizelge 12).

Boksitlerin ayrı ayrı diğer kayaç grupları ile birleştirilerek yapılan regresyon analizlerinde de benzer ilişkiler ortaya çıkmaktadır. Tüm örneklerin birlikte değerlendirildiği regresyon analizinde Al ile çok yüksek pozitif korelasyona sahip olan Ti, Ga, Nb, Th ve Zr elementlerinin dağılım diyagramlarında da örneklerin regresyon doğrusuna uyumu önemli olup, regresyon doğrusu merkezden veya merkeze çok yakın olarak geç-



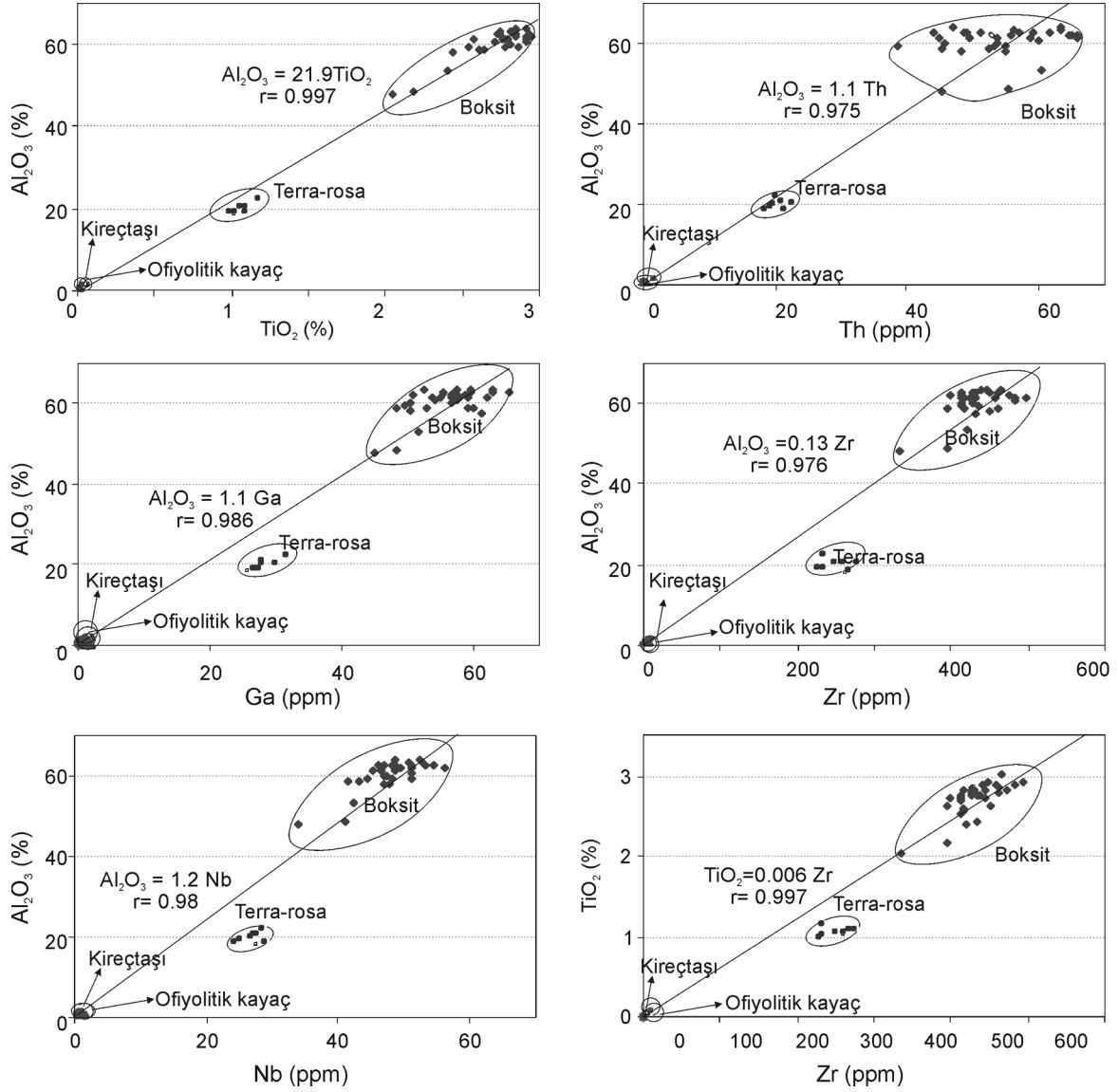
Şekil 11. Dünyadaki 47 farklı boksit yatağının verisine göre kaynak kayaçlarla boksitlerin Al-Ti dağılım diyagramı.

Figure 11. Al-Ti distribution diagram of source rocks and bauxites according to the data from 47 different bauxite deposits in the World.

mektedir. Dağılım diyagramlarında ofiyolitik kayaçlar ve kireçtaşları merkeze yakın, boksitler ise daha yüksek değerlerde toplanmışlardır. Bütün diyagramlarda terra-rosalar bu iki grubun arasında yer almaktadır. (Şekil 12). Bu sonuç da ana kayaç→terra-rosa→boksit dönüşümünü desteklemektedir.

Çizelge 12. Kaynak kayaçları ile boksitlere ait bazı element konsantrasyonlarının korelasyon matrisi.
Table 12. Correlation matrix of some element concentrations for source rocks and bauxite.

	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	Ti	P	Cr	LOI	Cu	Ga	Nb	Ni	Pb	Th	V	Zn	Zr	
Si	1.00																				
Al	-0.48	1.00																			
Fe	-0.29	0.93	1.00																		
Mg	0.52	-0.52	-0.29	1.00																	
Ca	-0.25	-0.69	-0.82	-0.09	1.00																
Na	0.79	-0.31	-0.25	0.00	-0.12	1.00															
K	0.71	-0.09	-0.08	-0.19	-0.26	0.88	1.00														
Ti	-0.45	1.00	0.93	-0.53	-0.70	-0.27	-0.05	1.00													
P	0.70	-0.15	-0.12	-0.13	-0.21	0.92	0.89	-0.11	1.00												
Cr	0.34	-0.26	0.00	0.82	-0.22	-0.11	-0.28	-0.28	-0.19	1.00											
LOI	-0.16	-0.73	-0.87	-0.08	0.99	-0.04	-0.17	-0.73	-0.12	-0.24	1.00										
Cu	0.87	-0.30	-0.20	0.17	-0.24	0.83	0.83	-0.27	0.84	0.06	-0.15	1.00									
Ga	-0.39	0.99	0.92	-0.54	-0.72	-0.20	0.03	0.99	-0.03	-0.29	-0.75	-0.18	1.00								
Nb	-0.36	0.98	0.92	-0.56	-0.72	-0.15	0.07	0.99	0.01	-0.31	-0.75	-0.16	0.99	1.00							
Ni	0.53	-0.51	-0.25	0.99	-0.10	-0.01	-0.20	-0.52	-0.12	0.87	-0.10	0.18	-0.53	-0.55	1.00						
Pb	-0.14	0.43	0.43	-0.26	-0.33	-0.05	0.04	0.42	0.06	-0.16	-0.33	0.08	0.47	0.45	-0.24	1.00					
Th	-0.44	0.98	0.92	-0.53	-0.68	-0.26	-0.05	0.98	-0.11	-0.28	-0.72	-0.26	0.97	0.97	-0.52	0.46	1.00				
V	-0.24	0.91	0.89	-0.50	-0.74	-0.09	0.18	0.91	0.06	-0.27	-0.77	-0.05	0.93	0.92	-0.48	0.54	0.90	1.00			
Zn	0.64	-0.47	-0.49	-0.05	0.18	0.77	0.74	-0.43	0.72	-0.24	0.27	0.73	-0.37	-0.33	-0.07	-0.16	-0.42	-0.30	1.00		
Zr	-0.34	0.98	0.92	-0.56	-0.73	-0.13	0.10	0.99	0.03	-0.32	-0.75	-0.15	0.99	1.00	-0.55	0.45	0.97	0.93	-0.32	1.00	



Şekil 12. Çatmakaya yatağı ile kaynak kayaların birlikte değerlendirilmesiyle elde edilen regresyon dağılım diyagramları.

Figure 12. Regression distribution diagrams obtained by evaluating the Çatmakaya deposit and source rocks together.

SONUÇLAR

Çatmakaya boksitlerinin köken kayacını belirleyebilmek amacıyla yürütülen bir dizi çalışmanın sonuçları aşağıda verilmiştir:

(1) Boksitler ve karbonatlı kayalarda Al_2O_3 -CaO yüksek ve çok yüksek negatif, ofiyolitik kayalarda ise yüksek pozitif ilişki göstermektedir.
 (2) Kümelendirme analizi dendogramlarında boksitler, Katrangediği kireçtaşları ve terra-rosalar-

da Al_2O_3 CaO'ten bağımsız olarak TiO_2 -Ga-Nb-Th-V ile aynı grupta yer alırken, ofiyolitik kayalara ait dendogramda CaO aynı grupta yer almaktadır.

(3) Al, Ti, Th, Ga, Nb, Zr ve V gibi duraylı elementlerin kaynak kayaç ve boksitlerde değişmeyeceği varsayıldığında, boksitlerle karbonatlı kayalar ve terra rosalar benzerlik gösterirken ofiyolitik kayalar farklı değerler göstermektedir.

(4) Bileşenlerin zenginleşme oranlarına göre karbonatlar ve ofiyolitik kayaçlar doğrudan boksitleri oluşturamamaktadır. Ofiyolitik kayaçlar boksitlerden daha fazla Cr ve Ni içermektedirler. Oysa bozunma sonucu bu durumun tam tersi gerçekleşmeliydi. Bu durum, bozunma sonucu duraylı elementlerde gerçekleşmesi beklenen zenginleşme ile örtüşmemektedir. Diğer bir ifadeyle boksitler, ileri sürüldüğü gibi (Wippert, 1965; Baysal ve Engin, 1976; Çağatay ve Arman, 1982), ofiyolitik kayaçlardan türemiş olsalardı Cr ve Ni içeriklerinin ofiyolitlerin içeriğinden çok daha fazla olması gerekirdi.

(5) Duraylı elementler kullanılarak yapılan dağılım diyagramlarında, karbonatlı kayaçlarla ofiyolitik kayaçlar merkezde toplanırken, boksitler yüksek değerlerde yer almakta ve terra rosalar bu iki grup arasında dağılım göstermektedir.

Tüm bu değerlendirmeler ve bölge boksit yataklarının sahip oldukları özellikler, kireçtaşları ile boksitlerin içerdikleri elementlerin jeokimyasal davranışlarının pek çok yönden birbirlerine benzerlik göstermeleri, bölge boksitlerinin kaynak kayacının kireçtaşları olabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca, yöredeki boksit yataklarının karbonat tipi boksit özelliği göstermeleri de, kaynak kayacın kireçtaşları olabileceğine işaret etmektedir. Ancak, bazı elementlerin jeokimyasal davranışlarının açıklanması için bir ara ürüne gereksinim duyulmaktadır. Bu ara ürün de tüm Toros kuşağındaki karbonatlı kayaçlar üzerinde yaygın olarak gözlenen ve güncel olarak çok hızlı bir şekilde oluşumları devam eden "terra-rosalar" olmalıdır.

KATKI BELİRTME

Yazarlar; bu çalışmanın olgunlaşması sırasında değerli görüş ve katkılarından dolayı Selçuk Üniversitesi öğretim üyeleri Ahmet Ayhan ve Fisun Alkaya'ya, Karadeniz Teknik Üniversitesi öğretim üyesi M. Burhan Sadıklar'a ve XRD analizlerinin gerçekleşmesini sağlayan Eti Alüminyum A.Ş. Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Atabey, E., 1976. Mortaş boksit yatağının mineralojisi, kimyası ve kökeni. TJK Bülteni, 19, 9-14.
- Atabey, E. ve Özkaya, İ., 1975. Mortaş boksit yatağının kökeninin araştırılmasında trend yüzeyi yönteminin uygulanması. TJK Bülteni, 18, 143-150.
- Ayhan, A. ve Karadağ, M.M., 1985. Şarkikaraağaç (Isparta) güneyinde bulunan boksitli demir ve demirli boksit yataklarının jeolojisi ve oluşumu. TJK Bülteni, 28, 137-146.
- Bardossy, G., 1982. Karst bauxites; bauxite deposits of carbonate rocks. Amsterdam, Elsevier.
- Bardossy, G., 1984. European bauxite deposits. In: Jacob Leonard Jr (ed.), Proceedings of 1984 Bauxite Symposium, Los Angeles, California. Society of Mining Engineers, New York, 411-435.
- Baysal, O. ve Engin, N.A., 1976. Değirmenlik-Kızılağaç boksit yatağı. Yerbilimleri, 2, 140-160.
- Boski, T., and Herbosch, A., 1990. Trace elements and their relations to the mineral phases in the lateritic bauxites from southeastern Guinea, Bissou. Chemical Geology, 82, 279-297.
- Caillere, S., Maksimovic, Z., and Pobeguın, T., 1976. Les elements en traces dans quelques bauxites karstiques de l'Ariege et du var. Proceedings of the Symposium on Advances in Geology, Geochemistry, and Treatment of Bauxite. Travaux-ICSOBA, 13, 233-252.
- Carvalho, G., Mestrinho, S.S.P., Fontes, V.M.S., Godel, O.P., and Souza, F.A., 1991. Geochemical evolution of laterites from two areas of the semiarid region in Bahia State, Brazil. Journal of Geochemical Exploration, 40, 385-411.
- Çağatay, A. ve Arman, B., 1982. Boksit ve Türkiye'deki boksit yatakları. Jeoloji Mühendisliği, 14, 23-34.
- Dudich, E., and Siclosi, L., 1970. A comparative geochemical study of some major and minor elements in four bauxite deposits of Transdanubia, Hungary. Annual Institute Publication Hungarici, 54, 318-345.
- Franceschelli, M., Puxeddu, M., and Memmi, I., 1998. Li, Bi-rich Rhaiean metabauxite, Tuscany, Italy: reworking of older bauxites and igneous rocks. Chemical Geology, 144, 221-242.

- Gordon, M., Tracey, J.I., and Ellis, M.W., 1958. Geology of the Arkansas bauxite region. U.S. Geological Survey Professional Paper 268.
- Göksu, E., 1953. Akseki (Antalya) boksit yataklarının jeolojisi, jenez ve maden bakımından etüdü ve diğer Türkiye ve Avrupa boksitleriyle mukayesesi. TJK Bülteni, 4, 79 -139.
- Güldalı, N., 1978. Toros paleokarstı ve Seydişehir-Akseki boksit yatakları. Jeomorfoloji Dergisi, 8, 1-23.
- Hill, I.G., Worden, R.H., and Meighan, I.G., 2000. Geochemical evolution of a palaeolaterite: The interbasaltic formation, Northern Ireland. Chemical Geology, 166, 65-84.
- Jennings, J.N., 1985. Karst. The MIT Press, Massachusetts.
- Jepsen, K., and Shellmann, W., 1974. Über den Stoffbestand und die Bildungsbedingungen der Bauxitlagerstaette Weipa/Australien; Geologisches Jahrbuch, Reihe D, 7, 19-106.
- Karadağ, M.M., 1987. Seydişehir bölgesi boksitlerinin jeolojik, petrografik ve jenetik incelemesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (yayımlanmamış).
- Karadağ, M.M., 1996. Seydişehir yöresi boksitlerinin jeolojik ve petrografik incelemesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeolojisi Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Sempozyumu. Bildiriler Kitabı, S. Korkmaz ve M. Akçay (eds.), Trabzon; Cilt 1, 96-111.
- Karadağ, M.M., Çelik, M. ve Karakaya, N., 1995. Konya batısı Kızılören-Seydişehir arasındaki bölgede yer alan lateritik oluşumların incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Proje No. 91/081.
- Karadağ, M.M., Temur. S., Öztürk. A. ve Arık. F., 2002. Çatmakaya (Seydişehir-Konya) boksit yataklarının jeolojik ve jeokimyasal incelemesi. Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Proje No. 2000/076, 139 s (yayımlanmamış).
- Karadağ, M.M., Temur. S., Arık. F. ve Öztürk. A., 2003a. Çatmakaya (Seydişehir-Konya) boksit yatağının jeolojik ve petrografik özellikleri. Yerbilimleri, 28, 109-122.
- Karadağ, M.M., Temur. S., Arık. F. ve Öztürk. A., 2003b. Maşatdağı (Alanya, Antalya) diyasporitik boksitlerinin dört ana bileşen jeokimyası. Geosound, 42, 35-51.
- Khadkikar, S.A., and Basavaiah, N., 2004. Morphology, mineralogy and magnetic susceptibility of epikarst-terra rossa developed in late Quaternary aeolianite deposits of southeastern Saurashtra, India. Geomorphology, 58, 339-355.
- Khahghi, M., 1968. Zur Untersuchung der Spurenelemente in den indischen Bauxiten, Lateriten und deren Ausgangsgesteinen basalt und charnockit. Doktora Tezi, Hamburg (yayımlanmamış).
- Kronberg, B. I., Ryfe, W. I., McKinnon, B. J., Cokston, J. F., Stillianida, B. F., and Nashi, R. A., 1982. Model for bauxite formation, Paragomines (Brazil). Chemical Geology, 35, 311-320.
- Lauber, T., 1980. Zur Genese der Bauxite der Mine Mortaş bei Seydişehir (Türkei). Doktora Tezi, Bern Üniversitesi, Bern (yayımlanmamış).
- LoMonaco, S., and Yanes, C., 1990. Model for bauxite formation; Los Pijiguaos, Venezuela. Chemical Geology, 84 (1-4), 98-99.
- MacLean, W.H., Bonavia, F.F., and Sanna, G., 1997. Argillite debris converted to bauxite during karst weathering: Evidence from immobile element geochemistry at the Olmedo deposit, Sardinia. Mineralium Deposita, 32, 607-616.
- Maksimovic, Z., 1968. Distribution of trace elements in bauxite deposits of Herzegovina, Yugoslavia. Travaux-ICSOBA, 5, 63-70.
- Maksimovic, Z., 1976. Genesis of some Mediterranean karstic bauxite deposits. Symposium on advances in geology, geochemistry, and treatment of bauxite. Travaux-ICSOBA, 13, 1-14.
- Maksimovic, Z., and Papastamatiou, J., 1973. Distribution D'oligoelements dans les gisement de bauxite de la Greece Centrale. In International Comitee for Studies of Bauxites, Oxides and Hydroxides of Aluminium. Proceedings, ICSOBA International Symp. 3d, Nice, France, 33-46.
- Meyer, F.M., Happel, U., Hausberg, J., and Wiechowski, A., 2002. The geometry and anatomy of the Los Pijiguaos bauxite deposit, Venezuela. Ore Geology Reviews, 20, 27-54.
- Miko, S., Durn, G., and Prohic, E., 1999. Evaluation of terra rosa geochemical baselines from Croatian karst regions. Journal of Geochemical Exploration, 66, 173-182.
- Mylorie, J.E., and Carew, J.L., 1995. Karst development on carbonate islands. In: D. Budd, P.M. Harris, A. Saller. (eds.), Unconformities and Porosity in Carbonate Strata. AAPG Memoir, Tulsa, Vol. 63, pp 55-76.

- Orhon, Ş. ve Tepebaşı, E., 1976. Seydişehir Çatmakaya köyü çevresinin jeolojisi ve boksit olanakları. Etibank ATGB Rapor No. 019 (yayımlanmamış).
- Orhon, Ş., Altan, N. ve Vuran, A., 1977. Çatmakaya boksit yatağı arama raporu. Etibank ATGB Rapor No. ARE-048 (yayımlanmamış).
- Özgül, N., 1976. Toroslar'ın bazı temel jeoloji özellikleri. TJK Bülteni, 19, 65-78.
- Özlü, N., 1978. Etude Geologique, Mineralogique et Geochimique des Bauxites de la Region d'Akseki-Seydişehir (Taurus Occidental-Turquie). Université Pierre-Marie Curie, Ph.D. These, Paris (yayımlanmamış).
- Özlü, N., 1979. Akseki-Seydişehir boksitlerinin kökeni hakkında yeni bulgular. TJK Bülteni, 22, 215-226.
- Papiu, V.C., and Udrescu, C., 1973. Elements mineurs der bauxites de Roumanie, Travaux-ICSOBA, 9, 159-175.
- Park, Jr. C.F., and MacDiarmid, R.A., 1975. Ore Deposits. W.H. Freeman and Company, San Francisco, USA.
- Patterson, S.H., 1971. Investigation of ferroginous bauxite and other mineral resources on Kauai and a reconnaissance of ferroginous bauxite deposits on Maui, Hawaii. U. S..Geological Survey Professional Paper 656.
- Peyronnet, P., 1971. Alanya bölgesinin petrografi ve mineralojisi ile Alanya masifindeki boksitlere bitişik kloritoidli şistlerin kökeni. MTA Enstitüsü Dergisi, 76, 154-160.
- Shaffer, W.J., 1975. "Bauxitic Raw Materials": Stanley J. Leford (Ed,) In: Industrial Minerals and Rocks; American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc. New York, 443-462.
- Temur, S. ve Karadağ, M.M., 1998. Seydişehir-Akseki boksitlerinin iz element veri analizleri. Fırat Üniversitesi Jeoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 521-530.
- Valeton, I., Schumann, A., Vinx, R. and Wieneke, M., 1997. Supergene alteration since the Upper Cretaceous on alkaline igneous and metasomatic rocks of the Poços de Caldas ring complex, Minas Gerais, Brazil. Applied Geochemistry, Pergamon, 12, 133-154.
- Weisse, G., 1956. Akseki boksitleri hakkında rapor. MTA Rapor No. 2471 (yayımlanmamış).
- Wippert, J., 1962. Toros boksitleri ve bunların tektonik durumu. MTA Enstitüsü Dergisi, 58, 47-70.
- Wippert, J., 1965. Boksit teşekkülünün başlangıç kayaları. MTA Dergisi, 64, 37-41.
- Yaalon, D.Y., 1997. Soils in the Mediterranean region: what makes them different. Catena, 28, 157-169.