

## JURA-KRETASE YAŞLI AKKUYU FORMASYONUNUN (ORTA TOROSLAR/TÜRKİYE) PROVENANS, TEKTONİK VE REDOKS KOŞULLARINA BİR YAKLAŞIM

Ali SARI\* ve Derya KOCA\*\*

ÖZ.-Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Akkuyu formasyonu Orta Toroslar bölgesinde denizel karbonat platformunda çökelmiştir. Birimin organik madde içeriği daha çok karadan taşınmış odunsu materyallerden oluşan Tip-III kero-jenden meydana gelmiştir. Geç Jura-Erken Kretase dünya ölçeğinde yüzey sularındaki birincil organik üretkenliğe bağlı olarak deniz tabanlarında büyük anoksik olayların meydana geldiği önemli dönemlerden bir tanesidir. Ni, V, U, Cr, Co, Th gibi çeşitli iz elementler kullanılarak Geç Jura-Erken Kretase döneminde Akkuyu formasyonu paleo-redoks koşullarının oksik, disoksik ve anoksik koşullarda olduğu ve bu dönemde birincil üretkenliğin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. İncelenen Akkuyu formasyonu örneklerinin  $Al_2O_3$  ile  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$  ve  $K_2O$  ana oksitleri arasında çok yüksek pozitif bir ilişkinin varlığı görülmektedir. Bu korelasyonlar ana oksitlerin detritik ilişkilerini yansıtmaktadır. Jura-Kretase dönemindeki Kimyasal günlenme incelemeleri Orta Toroslar bölgesinde orta ve yüksek bir günlenme olduğuna işaret eder.  $K_2O/Na_2O$  ile  $SiO_2$ ;  $SiO_2/Al_2O_3$  ile  $K_2O/Na_2O$ ;  $Al_2O_3/SiO_2$  ile  $Fe_2O_3 + MgO$  ve  $TiO_2$  ile  $Fe_2O_3 + MgO$  diyagramlarına göre Akkuyu formasyonu kayaç örneklerinin çoğunlukla aktif ve pasif kıtasal kenar boyunca yer aldıkları ve bazalt, bazalt+granit bileşimli kayaçlardan türedikleri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Geç Jura – Erken Kretase, köken kaya, Orta Toroslar, redoks, ana oksit

ABSTRACT.- Late Jurassic-Early Cretaceous Akkuyu formation was deposited on marine carbonate platform in Central Taurids. The organic material of the unit is composed of Type III kerogen which is woody material transported from the land. Late Jurassic- Early Cretaceous is an important period which great anoxic events in deep sea bottom occurred due to the primary organic productivity in global sea surface. Use of several trace elements values (Ni, V, U, Cr, Co, Th) revealed that Late Jurassic-Early Cretaceous Akkuyu formation shows oxic, disoxic and anoxic paleoredox conditions. In this period the primary productivity was considerably high. Examination of specimen derived from Akkuyu formation revealed that there exist a very good positive relationship between the major oxides of  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ , and  $K_2O$ . These combinations of major oxides indicate a detrital origin of source rock. Chemical weathering evaluations of Central Taurids in Jurassic-Cretaceous period indicated moderate and strong weathering of source rock.  $K_2O/Na_2O$  versus  $SiO_2$ ;  $SiO_2/Al_2O_3$  versus  $K_2O/Na_2O$ ;  $Al_2O_3/SiO_2$  versus  $Fe_2O_3 + MgO$  ve  $TiO_2$  versus  $Fe_2O_3 + MgO$  diagrams indicated that Akkuyu formation was deposited along active and/or passive continental margin and derived from basalt and basalt+granite mixed rocks.

Key words: Late Jurassic-Early Cretaceous, Provenance, Central Taurids, Redox, Major oxide

\* Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Tandoğan/ANKARA  
ali.sari@eng.ankara.edu.tr

\*\* Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 06830 Gölbaşı/ANKARA (derya.koca@gmail.com)

## GİRİŞ

Çalışma bölgesi Antalya ilinin kuş uçuşu 100 km KD'sinde yer alır (Şekil 1). Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Akkuyu formasyonu Orta Toroslar bölgesinde denizel karbonat platformunda çökelmiştir. Bu karbonat platformu tektonik aktiviteler nedeniyle faylanmış ve çeşitli tektonik dilimlere ayrılmıştır. Geç Jura-Erken Kretase dünya ölçeğinde global ısınma sonucunda buzulların eridiği, büyük denizel transgresyonların olduğu ve şelf bölgelerinde yüksek oksijen, çözülmüş fosfat ve nitrat bolluğuna bağlı olarak gelişen yüksek birincil organik üretkenlik sonucunda deniz tabanlarında da anoksik olayların meydana geldiği bir döneme karşılık gelir (Pedersen ve Calvert, 1990; Caplan ve Bustin, 1998).

Akkuyu formasyonu otokton veya paraotokton Geyikdağı birliği içerisinde yer almakta olup, birimin taban seviyelerinde gri renkli, ince-orta tabakalı killi kireçtaşları, üste doğru da killi plaket kireçtaşlarından oluşur. Birim ayrıca siyah renkli, bitümlü, yapraklı şeyl ara tabakalarına da sahiptir (Şekil 2).

Orta Toroslar bölgesi ve yakın civarında genel jeoloji ve petrol jeolojisi konularında yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır (Blumenthal, 1951; Martin, 1969; Monod, 1977; Toker ve diğerleri, 1993; Sonel ve diğerleri, 1995; Albayrak, 1995; Sarı ve diğerleri, 2008; Koca ve diğerleri, 2010).

Denizlerin şelf bölgelerinde özellikle suda çözülmüş olan bol miktardaki fosfat ve nitrat tuzları ile suda yüksek oranda çözülmüş oksijen içeriği yüksek organik üretkenliğe yol açmaktadır. Deniz fotik zonundaki yüksek organik üretkenlik sonucu su kolonu zamanla organizmaların ihtiyacı olan çözülmüş oksijen ihtiyacını karşılayamaz duruma gelir. Üst su kolonundaki oksijen ihtiyacının karşılanamaması sonucunda özellikle bitkisel ve hayvansal planktonlar kitleler halinde ölecek deniz tabanında birikirler. Tabandaki organik yığılma, oksijen eksikliği ve H<sub>2</sub>S bollaşması ile taban suyu zamanla anoksik/öksinik hale dö-

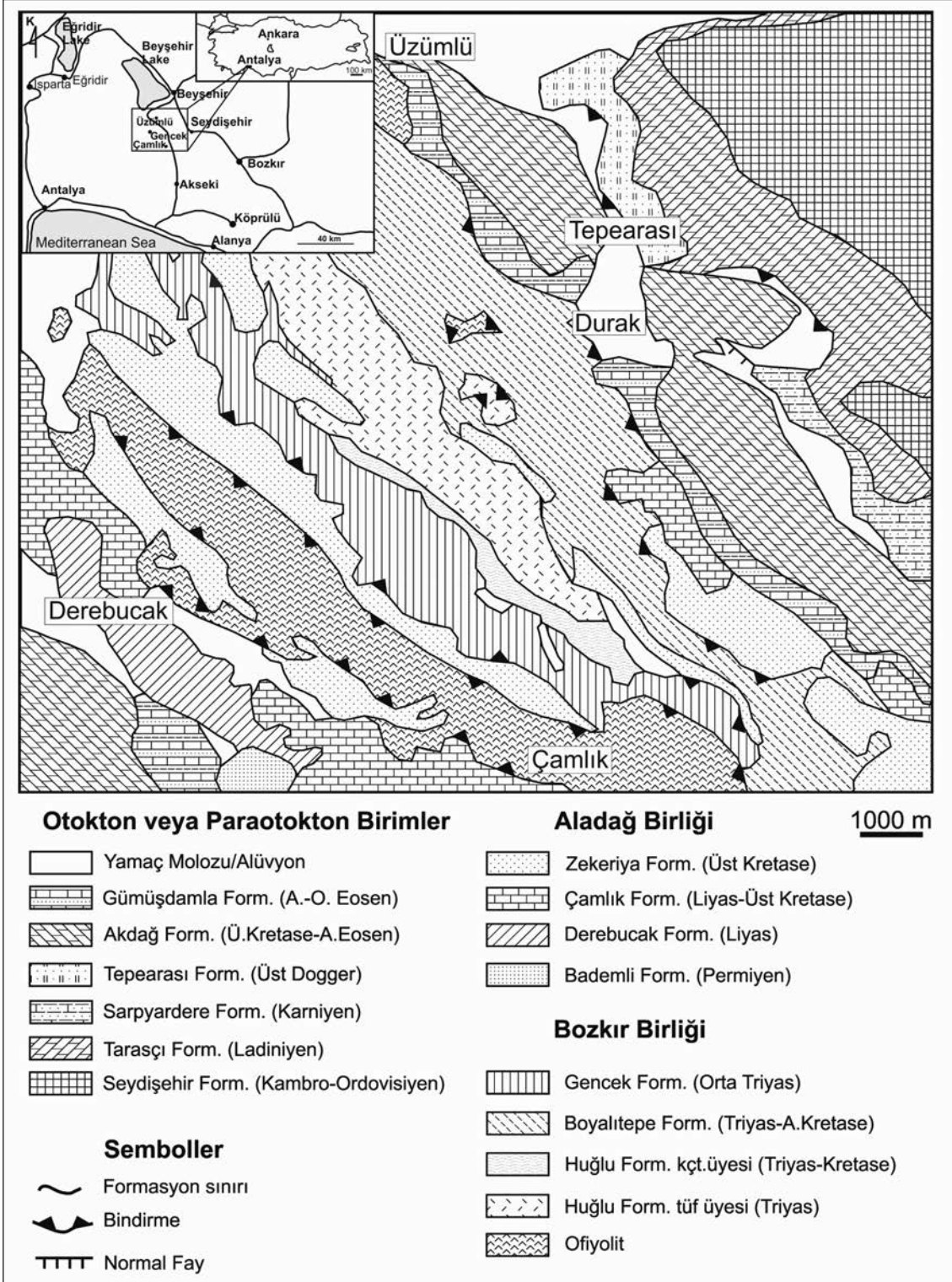
nüşerek Akkuyu formasyonunun organik maddece zenginleşmesini sağlamıştır.

Organik maddece zengin kayaçlar dünyada petrol ve gaz kaynağı olarak kullanılmalarının yanında, ekonomik bakımdan ihtiyaç duyulan elementleri biriktirme ve maden yatağı olma yönünden de büyük önem taşırlar. Dünyada organik maddece zengin kayaçlardan ekonomik olarak işletilen pek çok maden yatağı mevcuttur. Örneğin İsveç'te bitümlü şeyllerden uranyum zenginleştirilmektedir (Andersson ve diğerleri, 1985).

Şeyl türü kayaçlardaki başlıca metal çökelleri Proterozoyik'te Avustralya, Kuzey Amerika ve Afrika'da oluşmuştur. Afrika'da en önemli ve en çok bilinen çökeller Zambia bakır kuşağıdır. Burada bir seri stratiform bakır (Cu)-kobalt (Co) depolanmaları 120 km<sup>2</sup> lik bir kuşak şeklinde yer almaktadır (Fleischer ve diğerleri, 1976). İlk cevherleşme en az 30x10<sup>6</sup> metrik ton metalik bakır içerir (veya 10<sup>9</sup> metrik ton madende % 3 bakır ve % 0.1-0.3 kobalt). Zambia bakırlı şeyl depolarının farklı tipleri Fleischer ve diğerleri (1976) tarafından tanımlanmıştır.

Avustralya'da Proterozoik yaşlı Mt. Isa, Hilton, McArthur Nehri ve Lady Loretta gibi bazı büyük ve iyi bilinen şeyl ana kayalarında Pb-Zn-Ag depolanmıştır (Gustavson ve Williams, 1981). Kuzey Amerika'da şeyllerle alakalı iyi bilinen mineral depolanmaları Michigan'daki Proterozoyik yaşlı White Pine Cu cevherleşmeleri ve Britanya Kolombiya'sındaki Sullivan Pb-Zn yataklarıdır. White Pine bakır cevherleşmeleri, Keweenawan Rifti içerisindeki gölgesel çökeller olarak yorumlanmış olan Proterozoik Nonesuch şeylinde meydana gelir (Gustavson ve Williams, 1981).

Özellikle kayaçlardaki organik madde miktarı yükseldikçe U, Ba, Sb, Cd, Mo, Rb, Se, As, Zn, Cu, Ni, Co, Cr ve V elementlerinde de zenginleşmelerin olduğu görülmektedir. Bu tür elementlerin organik maddece zengin kayaçlarda yan kayaçlara nazaran çok fazla birikmelerinin



Şekil 1- Çalışma alanına ait jeoloji haritası (Sarı ve diğerleri, 1997)



sebebi; üst su kolonundaki organik maddenin birincil üretimi, sedimentasyon hızı, depolanma ortamının redoks (Eh, pH) koşulları, sülfat indirgeyici bakterilerin faaliyetleri sonucu H<sub>2</sub>S zenginleşmesi, organik madde korunumu yanında sülfütlü bileşiklerin çökmesidir.

Bu çalışmada Akkuyu formasyonu kayaçlarının organik madde içerikleri belirlenerek, bu organik maddece kayaçların depolanma koşulları tespit edilmeye çalışılmıştır. Bunun yanında incelenen örneklerin kaynağının tespiti ve geçirmiş oldukları günlenme seviyeleri belirlenmiştir.

## MATERYAL VE METOD

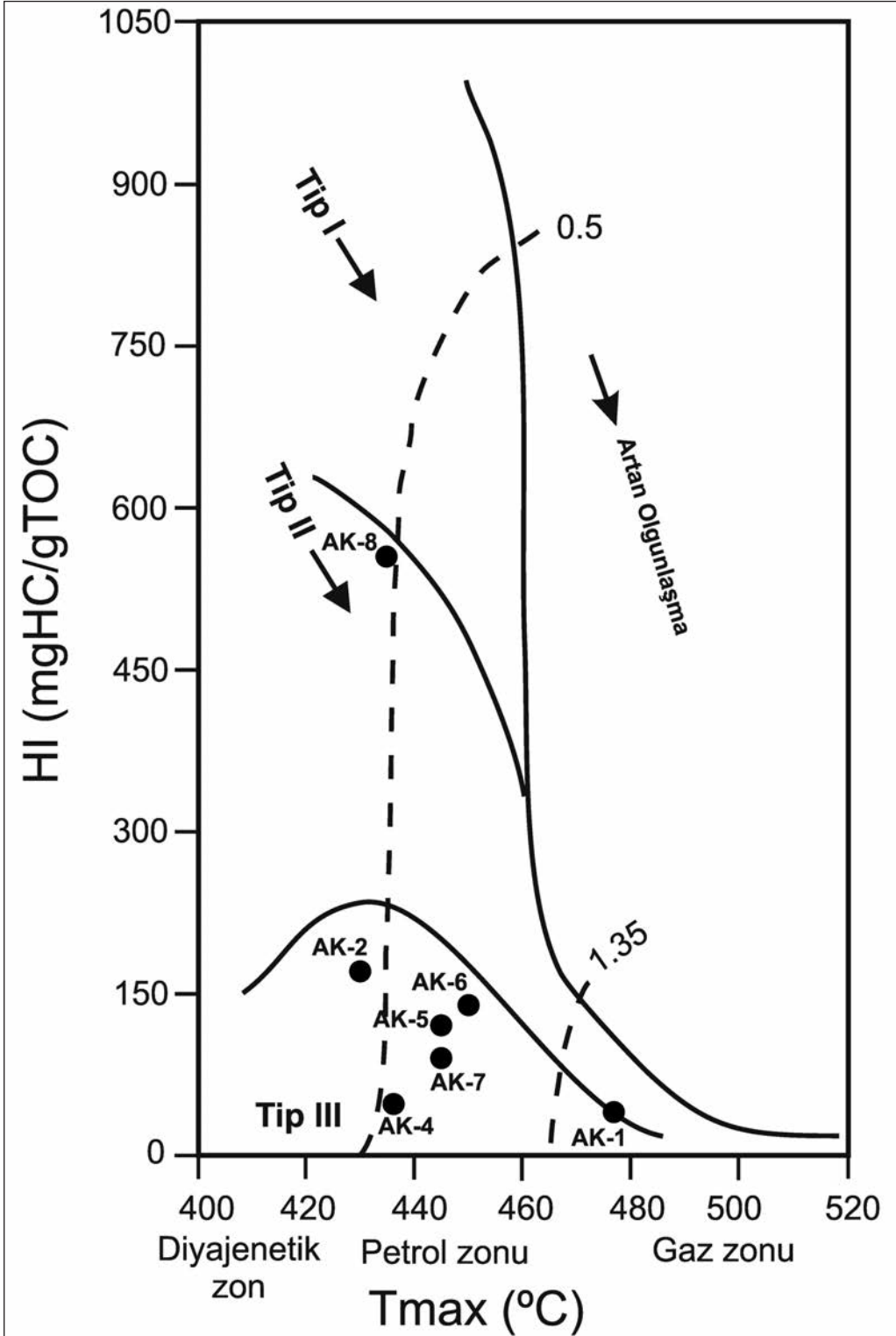
Bu çalışmada Akkuyu (Orta Toroslar) bölgesi Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Akkuyu formasyonuna ait sistematik olarak derlenen organik maddece zengin 10 adet kayaç örneği çeşitli jeokimyasal, petrografik ve kil analizlerine tabii tutulmuştur. TPAO Araştırma Laboratuvarında toplam organik karbon analizleri (% TOK) WR - 12 tipindeki karbon analiz cihazında yapılmıştır. TOK analizlerinin ardından piroliz cihazı (Oil Show Analyser) kullanılarak S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, T<sub>max</sub>, Oksijen İndeks (OI) ve Hidrojen İndeks (HI) değerleri elde edilmiştir. Piroliz analizlerinden elde edilen HI ve T<sub>max</sub> değerleri kullanılarak kerojen tipleri belirlenmiştir. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeokimya Laboratuvarında, Akkuyu formasyonuna ait organik karbonca (C<sub>org</sub>) zengin kayaç örneklerinde ana oksitler (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, MgO, CaO, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>) ve iz element (U, Ba, Cu, Ni, Cr, As, V, Zn, Sb, Co, Mo, Cd) incelemeleri yapılmıştır. Örnekler öncelikle Mikro Analiz-ICP laboratuvarında jeokimyasal analize uygun hale getirilmiştir. Numuneler öncelikle Retsch Marka otomatik taş kırıcıda ufaltılmış, daha sonra FRITSCH marka otomatik öğütücüde Tungsten Karbid değirmene konularak öğütülmüştür. 4 g örnek 0,9 g bağlayıcı malzeme (Wachs) ile karıştırılıp ve hidrolik pres altında sıkıştırılarak pres-pastil (pellet-32 mm çaplı) halinde analize hazır hale getirilmiştir. Pres-pastil halinde hazırlanan örnekler Spectro X-Lab 2000 model PED-XRF

(Polarized Energy Dispersive XRF) cihazında ana element oksit ve iz element analizleri yapılmıştır. XRF analizleri Tq-7220 metodu kullanılarak yapılmıştır. Tüm kayaç kil analizleri ise MTA Laboratuvarında Rigaku marka XRD cihazında yapılmıştır. Korelasyonlar Statistica programı yardımıyla Pearson korelasyonu ile hesaplanmıştır.

## Organik madde türü ve element ilişkileri

Analiz edilen kayaç örneklerinin organik madde türleri piroliz analizlerinden elde edilen hidrojen indeksi (HI: mgHC/g kaya; S<sub>2</sub>\*100/TOC) ve T<sub>max</sub> (°C) değerleri kullanılarak, AK-8 no.lu örnek (Tip-II) dışında, Tip-III olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Tip II kerojenler spor, polen, karasal bitki kütükülleri, lipidler, resinler; denizel alglerden oluşurken; Tip-III kerojen karasal bitkiler, ağaçlar ve selülozdan oluşur. Organik maddece zengin denizel sedimanların depolanması çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz; anoksik/düşük oksijenli taban suyu (Erbacheret ve diğerleri, 2001), deniz tabanına organik karbon akışını arttıran yüksek birincil üretkenlik (Pedersen ve Calvert, 1990; Ibach, 1982), sedimentasyon hızı (Pedersen ve Calvert, 1990), hızlı gömülme böylece bakteriyel olarak organik madde bozunması ihtimalinin azalması, yukarı doğru akıntı/upwelling (Suess ve diğerleri, 1987), kil mineralleri üzerindeki organik maddenin koruyucu-adsorpsiyonu (Hedges ve Keil, 1995) ve inorganik komponentler tarafından seyreltme etkisidir (Demaison ve Moore, 1980).

Anoksik koşullar altında belirli iz elementlerin birikim ve transfer oranları yüksek olabildiği gibi deniz suyunda da önemli iz element değişimleri gerçekleşmektedir (Nijenhuis ve diğerleri, 1999; Morford ve diğerleri, 2001). Bunun yanında organik maddece zengin sedimanlar çoğu kez özellikle oksijenle kısıtlı koşullar altında iz elementler için önemli kapan görevi gören redoksa duyarlı ve sülfid oluşturan metallerce zenginleşir (Arnaboldi ve Meyers, 2003; Brumsack, 2006).



Şekil 3- HI-T<sub>max</sub> grafiğine göre Akkuyu formasyonu örneklerinin kerojen tipleri

Akkuyu formasyonu organik maddece zengin kayaçların element konsantrasyonlarının zenginleşmeleri belirlenmeye çalışılmıştır. V, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Cd, Mo, U gibi iz elementler ortalama şeylin üzerinde zenginleşme değerleri sunmuştur.

### **Geç Jura–Erken Kretase dönemi paleoredoks koşullarının belirlenmesi**

Metaller disoksik-anoksik ve öksinik redoks koşulları altında genellikle metal sülfidleri oluşturarak birikirler. En fazla metal zenginleşmesi ise tam sülfidik olan öksinik redoks koşullarında olur (Warning ve Brumsack, 2000; Arnaboldi ve Meyers, 2003; Brumsack, 2006). Mo, Mn, Ni, V, U, Cr, Co gibi çeşitli iz elementler paleoredoks koşulları değerlendirmek için çeşitli araştırmalarda kullanılmıştır (Hatch ve Leventhal, 1992; Jones ve Manning, 1994; Algeo ve Maynard, 2004; Rimmer ve diğerleri, 2004). Belirli elementler, deniz ortamı ve gözenek sularındaki redoks değişimlerine duyarlı ve karakteristik özelliğine sahip olmaları, özellikle yoğun organik madde depoları ve oksijence fakir ortamlardaki sülfid oluşumları ile ilişkili genç ve yaşlı sedimanter basenlerde redoks koşulların yeniden yapılandırılması amacıyla kullanılmaktadır (Brumsack, 2006; Tribovillard ve diğerleri, 2006). Sülfidlerin oksidasyonu, anoksik koşullara yol açan sülfat indirgeyici bakteriler için sülfat kaynağını üretir, (Brüchert ve diğerleri, 2003). Ni ve V'un tercihen anoksik koşullar altında korunan tetrapirrol yapılarında bulunduğu düşünülür (Lewan ve Maynard, 1982). Lewan (1984), diyajenez ile altere olmamış ham petrolerde V/Ni oranı depolanma anındaki ortamsal koşulları belirttiğini sunmuştur ve öksinik koşullar altında oluşan organikler için V/(V+Ni) oranının 0.5'ten büyük olduğunu göstermiştir. Hatch and Leventhal (1992) V/(V+Ni) oranlarının öksinik koşullar için 0.84'ten büyük, anoksik koşullar için 0.54 – 0.82 arası, disoksik koşullar için 0.46 – 0.60 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle anoksik koşullar altında tetrapirrol yapılarına dahil olan V aynı zamanda kil mineralleri yüzeylerine adsorblanarak çökelebilir ve büyük

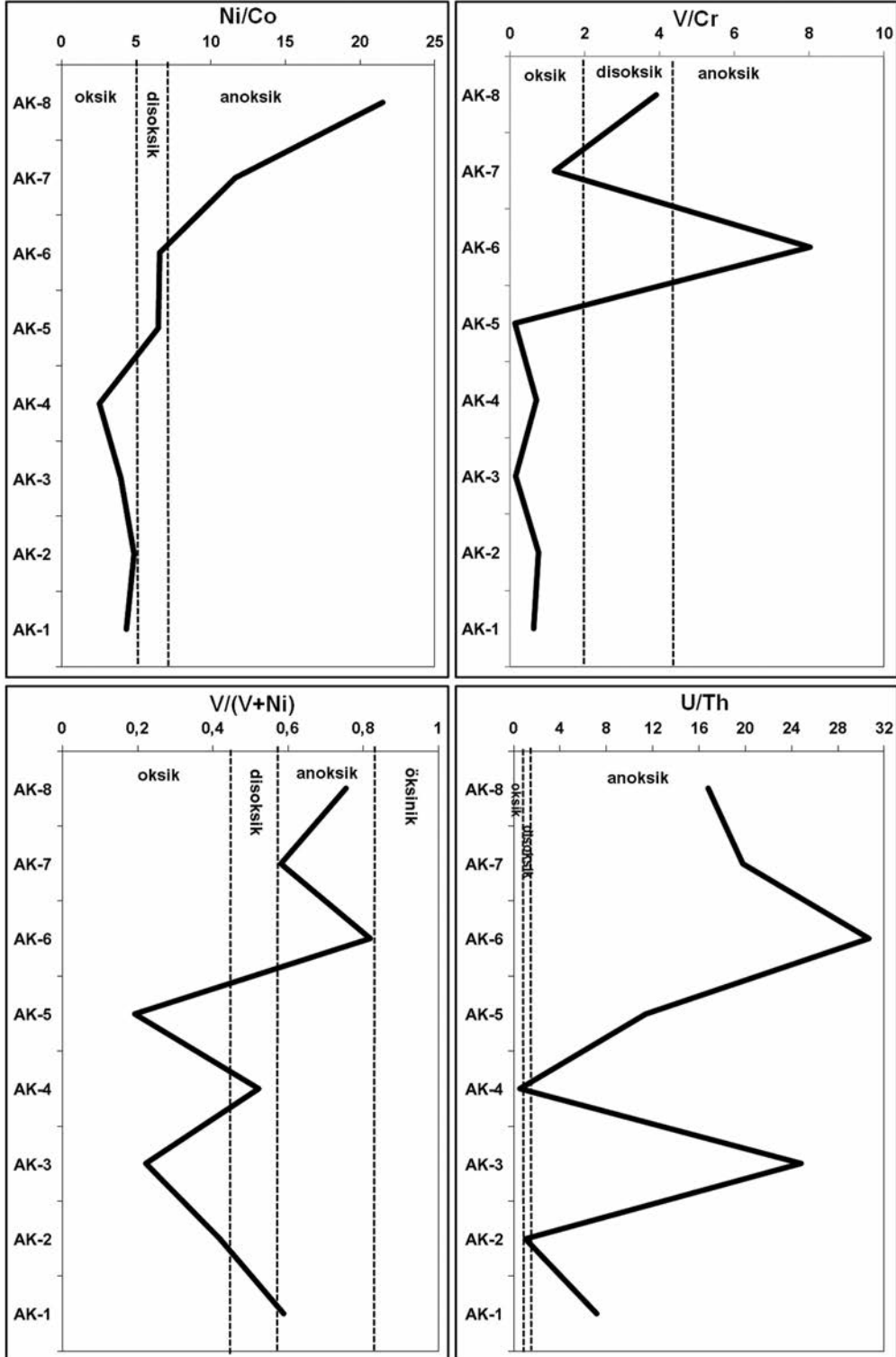
olasılıkla bu durum gömülme sonrası meydana gelir (Breit ve Wanty, 1991). Cr'un sadece detritik fraksiyon ile ilişkili olduğu düşünülür (Dill, 1986) ve redoks koşullardan etkilenmez; böylece yüksek V/Cr değerlerinin (> 4.25) anoksik koşullara işaret ettiği düşünülmektedir (Jones ve Manning, 1994). V/Cr oranı Jones ve Manning (1994) tarafından paleoortam üzerine yorum yapabilmek için de kullanılmıştır. V/Cr oranı paleooksijenlenme koşullarının indeksi olarak sunulmuştur (Dill ve diğerleri, 1988). Ni ve V indirgenmiş sedimanlarda organik madde tarafından tutulmaktadır (Lewan ve Maynard, 1982). Cr ve Co konsantrasyonlarının detritik kökenli olduğu belirtilmiştir (Ross ve Bustin, 2006). Hem Ni hem Co piritin yapısında bulunur. Fakat yüksek Ni/Co oranlarının anoksik koşullar ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Jones ve Manning, 1994).

İncelenen Akkuyu formasyonu kayaç örneklerinin Ni/Co değerlerine göre disoksik-anoksik; V/Cr değerlerine göre oksik-disoksik ve anoksik; V/V+Ni değerlerine göre oksik ve anoksik; U/Th değerlerine göre disoksik ve anoksik koşullarında depolandıkları belirlenmiştir (Şekil 4; Çizelge 1).

Şekil 4'te de görüldüğü üzere Akkuyu formasyonunun depolanma ortamı taban bölgesinin iyi oksijenlendiği, bu dönem içerisinde yüzey koşullarında bol organik üretkenliğin geliştiği fakat daha sonra üst su kolonunda etkili olan oksijen ve besin yetersizliği canlıların (plankton ve algler) kitlesel halde ölmelerine ve deniz tabanında da H<sub>2</sub>S'li taban sularının gelişmesine yol açmıştır. H<sub>2</sub>S'li koşulların yetersiz olduğu orta seviyelerde disoksik redoks şartları hakim iken, en üst seviyelere doğru ise kuvvetli H<sub>2</sub>S'li koşulların hakim duruma geçmesi ile de anoksik şartlar etkin olmuştur.

### **Geç Jura–Erken Kretase döneminde paleo-üretkenlik**

Denizel ortamlarda yaşayan özellikle planktonik canlıların besin ihtiyaçları akarsuların karadan çözümlenerek bünyelerine aldıkları fosfat ve nitrat türü



Şekil 4- Akkuyu formasyonu örneklerinin paleoredoks koşulları

Çizelge1- Paleoredoks ortam işaretçisi metal oranları

	Oksik	Disoksik	Anoksik	Öksinik
Ni/Co <sup>1</sup>	< 5	5 – 7	> 7	
V/Cr <sup>2</sup>	< 2	2 – 4.5	>4.5	
V/(V+Ni) <sup>3</sup>	< 0.46	0.46 – 0.60	0.54 – 0.82	> 0.84
U/Th <sup>4</sup>	< 0.75	0.75 – 1.25	> 1.25	

<sup>1,2,4</sup> Jones ve Manning (1994)

<sup>2</sup> Dill ve diğerleri (1988)

<sup>3</sup> Hatch ve Leventhal (1992)

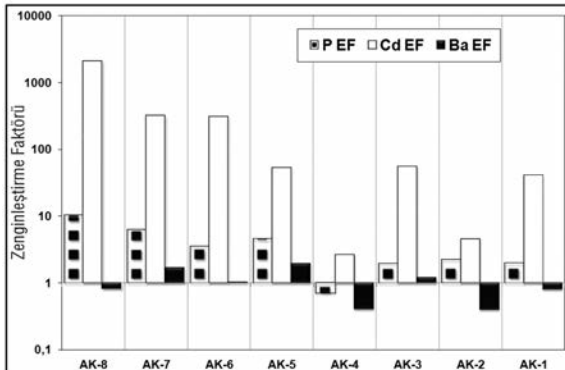
tuzlar tarafından karşılanır. Denizel ortamlardaki biyolojik üretkenliğin başlıca kontrolünü azot (N) ve fosfor (P) varlığı sağlamaktadır (Holland, 1978). P elementindeki değişiklikler kıtasal günlenme değişimlerine (Algeo ve diğerleri, 1995; Algeo ve Scheckler, 1998), sedimanter organik madde bileşimindeki C/P değişimlerine (Ruttenberg ve Goñi, 1997), veya anoksik veya çok düşük oksijenli taban suyu koşulları altında P akışındaki değişimlere (Ingall ve Jahnke, 1997; Murphy ve diğerleri, 2000) bağlı olabilmektedir. Genellikle Ba, P ve Cd'la birlikte paleoüretkenlik için jeokimyasal birer belirleyici olarak referans edilirler (van Capellen ve Ingall, 1994; Filipelli ve diğerleri, 1994). Yüksek P ve Ba içeriği kuvvetli birincil organik üretkenliği yansıtmaktadır. Cd'u konsantre edebilen P-birikimli apatitin varlığı ve nadir görülen yüksek Cd içeriği tabandaki hakim olan indirgen koşullara bağlanabilir. Çeşitli araştırmalarda fosforit depolarında sık sık tekrarlanan Cd zenginleş-

mesi ile tutarlı hidroksiapatit varlığının yüksek benzerliklerinin altı çizilmiştir (Middleburg ve Comans, 1991). İncelenen örneklerde P ve Cd elementlerinin tüm örneklerde ortalama şöyle oranla oldukça zenginleşmiş olduğu tespit edilip, Ba'un ise düşük de olsa zenginleşmeler sergilemektedir (Şekil 5). Bu yüksek Cd, P ve Ba element zenginliği ortamın yüksek üretkenliğine bir işaretidir.

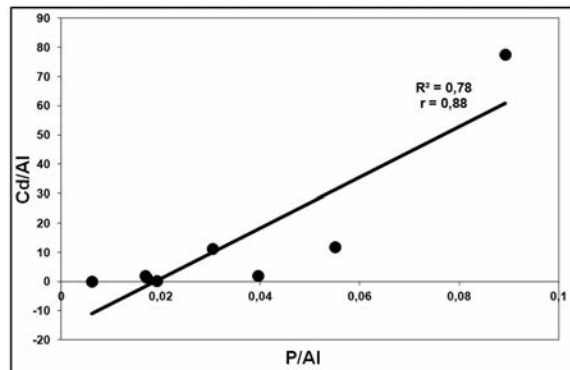
İncelenen Akkuyu formasyonu kayaç örneklerinde Cd/Al il P/Al arasındaki kuvvetli pozitif korelasyon ( $r=0.88$ ;  $R^2=0.78$ ) birimin depolanma havzasındaki birincil paleoüretkenliğin yüksek olduğuna işaret eder (Şekil 6).

### Akkuyu formasyonunda ana element incelemeleri

Çalışma alanımıza ait örneklerin ana oksit değerleri çizelge 2'de görülmektedir. Örneklerde hakim ana oksit CaO olup, AK-4 (5.81) no.lu



Şekil 5- Cd, P, ve Ba elementlerinin zenginleşme oranları



Şekil 6- Cd/Al – P/Al korelasyon ilişkisi

**Çizelge 2- Çalışma alanına ait örneklerin ana oksit (%) ve iz element (ppm) dağılımları**

Örnek	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	V	Cr	Ni	Cd	U	Th	Co	Rb
AK-8	4,57	1,59	0,76	0,23	30,99	0,12	0,75	0,17	0,17	0,003	1011,66	259,31	328,09	65,5	15,1	0,9	15,26	12,62
AK-7	5,01	1,34	0,63	0,04	46,40	0,10	0,66	0,08	0,09	0,003	216,78	182,00	155,68	8,4	17,8	0,9	13,37	14,08
AK-6	7,13	1,47	0,53	0,49	49,32	0,09	0,50	0,08	0,05	0,002	570,25	71,16	125,42	8,8	18,4	0,6	19,03	15,36
AK-5	2,74	0,76	0,24	0,25	57,80	0,09	0,30	0,05	0,04	0,003	14,56	117,00	61,22	0,8	10,3	0,9	9,44	7,22
AK-4	48,83	15,13	5,88	3,01	5,81	0,23	2,85	0,77	0,11	0,048	147,88	207,31	135,72	0,8	7,6	14,5	52,93	131,95
AK-3	3,65	1,01	0,34	0,19	56,24	0,09	0,38	0,05	0,02	0,004	15,68	106,74	54,85	1,1	14,9	0,6	13,84	10,24
AK-2	36,52	9,99	6,43	8,75	11,36	1,04	1,56	0,52	0,23	0,137	136,68	177,21	189,62	0,9	7,5	7,5	38,93	66,02
AK-1	2,93	1,38	0,54	0,26	56,72	0,09	0,26	0,12	0,03	0,005	64,98	101,95	45,50	1,1	8,6	1,2	10,46	8,05

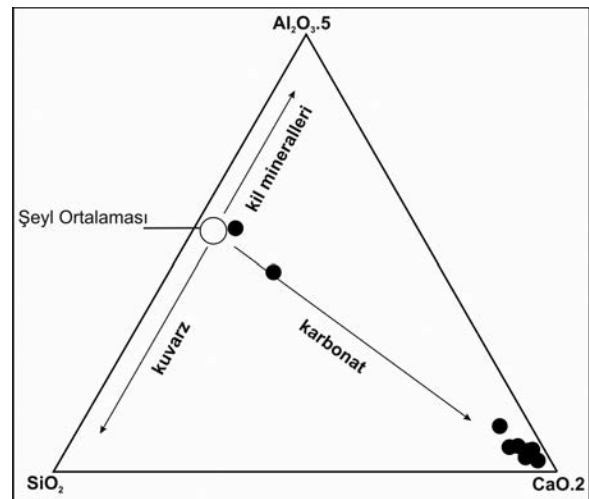
örnek dışında 11.36 - 57.80 arasında değişmektedir. Şeyl türü kayalarda CaO miktarı % 1-10 arasında değişmekte olup, yüksek miktarlarda CaO (% 25-75) içeren kayalar genellikle marn olarak adlandırılırlar. Kayalardaki Ca, kalsiyumca zengin plajioloklar ve özellikle kalsit ve dolomit gibi karbonat minerallerinden gelmektedir. Kalsiyum aynı zamanda bazı kil minerallerinde, jips ve anhidritte bulunmaktadır. SiO<sub>2</sub> değerleri ise AK-4 no.lu örnekte 48.83 olup, diğer örneklerde 2.73-36.52 arasında değişir.

İnce taneli kayalardaki SiO<sub>2</sub> içeriği tüm silikat mineralleri tarafından, fakat özellikle çoğu şeyl ve çamurtaşında bol bileşenlerden biri olan kuvars tarafından etkilenir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerleri AK-4 nolu örnekte % 15.13 olup, diğer örneklerde % 0.76-9.99 arasındadır. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> özellikle feldispat ve kil mineral miktarıyla ilişkilidir (Boggs, 2009). Şeyl ve marnların SiO<sub>2</sub> (detritik kuvars ve/veya biyojenik silika), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (kil fraksiyonu) ve CaO (karbonat içerik) den meydana gelen başlıca üç oksitin karışımından meydana geldiği kabul edilebilir. Bu nedenle SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO üçgen diyagramı yardımıyla çalışma alanındaki örneklerin litolojisi hakkında bir yorum yapılabilir (Çizelge 2; Şekil 7). Diyagrama göre örneklerimizin genel olarak detritik ve kil fraksiyonuna oranla karbonata doğru bir yöneliminin olduğu görülmektedir. Bu bize örneklerimizin AK-4 ve AK-2 no.lu örnekler dışında daha çok marn litolojisinde olduklarını işaret eder.

Akkuyu formasyonu örneklerindeki K<sub>2</sub>O içeriği % 0.26 - 2.85 arasında, MgO içeriği % 0.26 - 8.75 arasında, Na<sub>2</sub>O içeriği ise % 0.09 - 1.04 arasında değişmektedir (Çizelge 2). K<sub>2</sub>O ve MgO oksitlerinin her biri ortalama şeyllerde % 5'ten

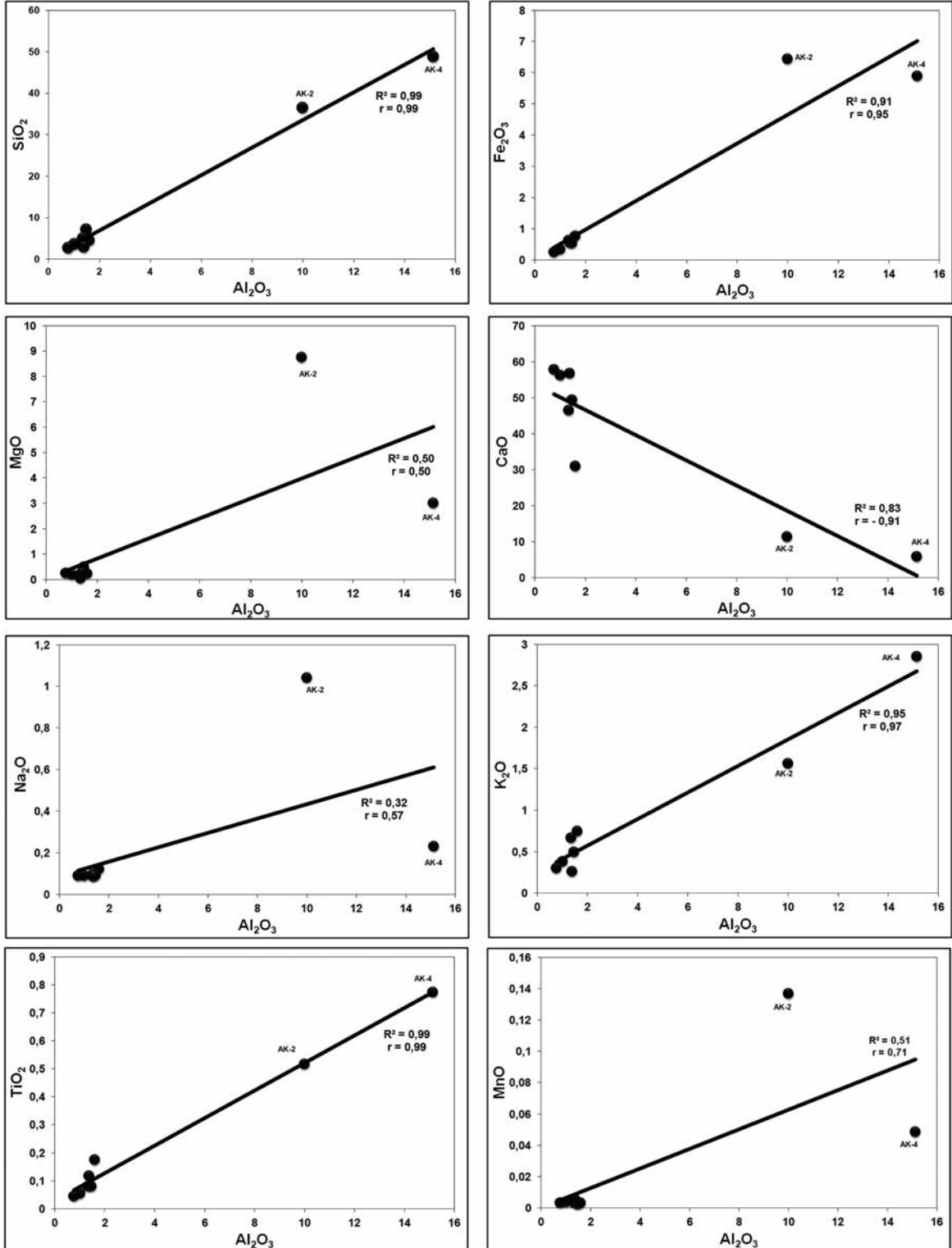
daha az olarak bulunur. Şeyller ve çamurtaşlarında K ve Mg miktarı özellikle kil minerallerinden kaynaklanmaktadır. Bunun yanında Mg miktarı dolomit ile zenginleşmekte ve K da K-feldispatlarda bulunmaktadır. % 5'ten yüksek K<sub>2</sub>O içeren şeyller oldukça nadirdir. Yani şeyllerin yüksek potasyum içeriği otijenik K-feldispat varlığına bağlıdır. Na<sub>2</sub>O in şeyllerdeki ortalaması yaklaşık % 1-3 arasında değişir. Sodyum miktarı hem smektit ve hem de Na-plajioloklara bağlıdır. Çalışılan örneklerdeki Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği % 0.24 - 6.43 arasında değişmektedir.

Demir, demir oksit mineralleri (hematit, limonit, götit), bazı mikalar ve kil mineralleri (biyotit, simektit ve klorit) ve karbonat minerallerine (siderit, ankerit) katılmaktadır. Aynı zamanda bazı organik karbonca zengin şeyllerde önemli demir miktarı sülfid minerallerinde (pirit, markazit) bulunmaktadır.



Şekil 7- SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO üçgen diyagramı (Brumsack, 1989)



Şekil 9- Major oksitlerin  $Al_2O_3$  ile ilişkileri

SiO<sub>2</sub> ile ayrıca MnO arasında (r=0.76), MgO (r=0.75), Na<sub>2</sub>O (r=0.62), ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> arasında da (r=0.57) gibi yüksek ve çok yüksek pozitif korelasyonlar bulunmaktadır (Çizelge 3, şekil 9). Sedimanter kayaçların bileşimine giren silis çoğunlukla karasal kökenli bir elementtir. Kırıntılı silikatlar silis olarak kuvarstan ve biyokimyasal olarak da radyolarya, diatomlar ve spiküllerden gelmektedir. Denizel ortamlarda silis kaynağı olarak, hidrotermal çözeltilerden gelen silis de çört olarak çökebilir. İncelenen örneklerdeki SiO<sub>2</sub> ile MnO, MgO, Na<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> arasındaki yüksek ve çok yüksek korelasyonlar bu elementlerin karasal kaynaklı olduklarını ve büyük bir olasılıkla da havzaya kırıntılı malzemeler şeklinde taşındıklarını gösterir.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile CaO arasında ise (r= - 0.91) gibi negatif bir korelasyonun bulunması bu iki elementin farklı kaynaklardan geldiğine işaret eder (Çizelge 3, Şekil 9). Bilindiği üzere Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> karasal kaynaklı olmasına karşın CaO ise karbonat kökenden gelmektedir. Çalışılan örneklerdeki Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, MnO, K<sub>2</sub>O ve TiO<sub>2</sub> gibi karasal kaynaklı elementlerin düşük oranda olmalarının yanında, CaO değerleri çoğunlukla yüksektir. Geç Jurada çökelmeye başlayan Akkuyu formasyonunun fasiyes özellikleri, hakim litolojisinin mikritlerden oluşması ve bitümlü seviyeler içermesi, birimin Orta Toros karbonat platformunda bir engelle sınırlanmış alanlarda depolanmış olduğuna işaret eder.

Çoğu klastik kayacın Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e karşılık TiO<sub>2</sub> oranları kaynak kayacın kompozisyonunu belirlemek amacıyla sık olarak kullanılmaktadır. Amajor (1987) granitik ve bazaltik kaynak kayaları ayırmak için Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> karşılık TiO<sub>2</sub> diyagramını kullanmıştır (Şekil 10).

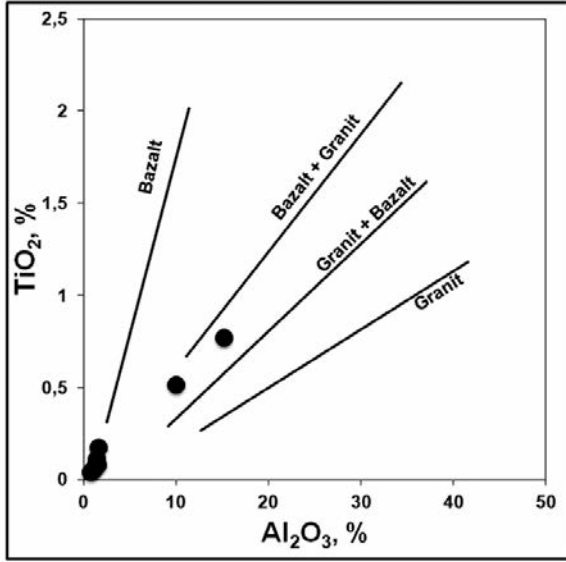
2 adet örnek dışında incelenen örneklerin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> karşılık TiO<sub>2</sub> diyagramına göre kaynak materyalinin bazalt bileşimli olduğu, AK-2 ve AK-4 nolu örneklerin ise granit+bazalt ve bazaltik+granitik kayaçlar arasında yer aldığı görülmektedir. TiO<sub>2</sub> e karşılık Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diyagramında her ne kadar

örneklerin bazalt eğrisi başlangıcında yoğunlaşmaları bir anlaşmazlık ortaya çıkardığı düşünülse de K<sub>2</sub>O ya karşılık Rb grafiğinde (Şekil 17) de görüldüğü üzere 2 adet (Ak-2,4) örneğin asidik+ortaç kompozisyon kayaç bölgesinde diğer 6 adet örneğin ise bazik kompozisyon bölgesinde yer alması kayaçların çoğunlukla bazik kompozisyonları olduklarını göstermektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> oranı mafik magmatik kayaçlarda % 3-8, karışık kayaçlarda % 8-21 ve felsik kayaçlarda % 21-70 arasında artışlar sergiler. Karışık kayaçları içeren Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> oranı da felsik kayaçlar ile bazik kayaçlardan gelen Ti içeren mafik fazları işaret eder (Çizelge 4).

**Çizelge 4- Akkuyu formasyonu örneklerinin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> oranları**

Örnekler	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub>
<b>AK-8</b>	9,15
<b>AK-7</b>	16,71
<b>AK-6</b>	18,28
<b>AK-5</b>	16,86
<b>AK-4</b>	19,57
<b>AK-3</b>	18,66
<b>AK-2</b>	19,35
<b>AK-1</b>	11,75
<b>Mafik Magmatik</b>	3 – 8
<b>Ortaç</b>	8 – 21
<b>Felsik</b>	21 – 70

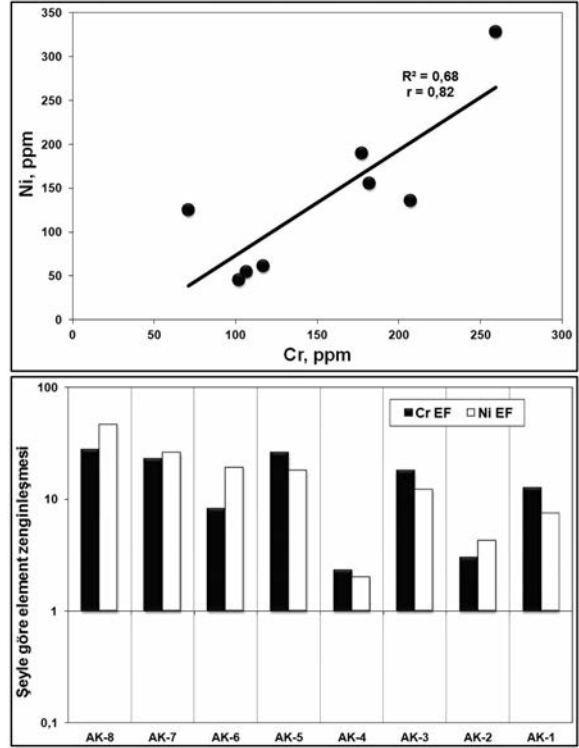
Cr ve Ni arasındaki güçlü korelasyon ve yüksek konsantrasyonları daha önce çeşitli araştırmacılar tarafından sedimanter kayacın mafikten ultramafite olan kaynağını ortaya koymak için kullanılmıştır (Hiscott 1984; Garver ve diğerleri, 1994, 1996). Şeyllerdeki Cr ve Ni konsantrasyonu, kromit ve diğer Cr ve Ni li mineralleri içeren ultramafik kayaçların günlenmesi (günlenmesi) süresince kil partiküllerine Cr ve Ni iyonlarının katılımını yansıtır (Garver ve diğerleri, 1996). İncelenen örneklerde de Cr ve Ni arasında oldukça kuvvetli pozitif korelasyonlar bulunmaktadır (r=0.82, şekil 11). Örneklerdeki yüksek Cr içeriği büyük olasılıkla değişen kaynak içeriğinin ve orta/bazik özellikteki detritik materyalin yansımadır (Floyd ve Leveridge, 1987).

Şekil 10- TiO<sub>2</sub> e karşılık Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diyagramı

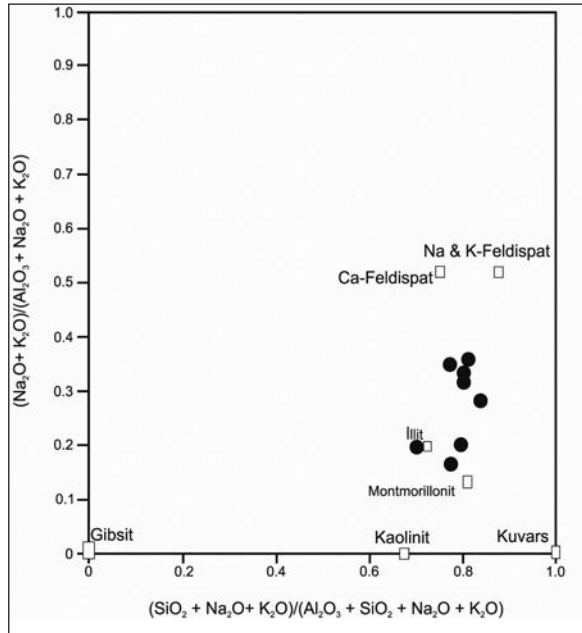
### Jura-Kretase dönemindeki kimyasal günlenme incelemeleri

Günlenme genellikle fiziksel, kimyasal ve biyotik etkiler ile yüzeyde veya yüzeye yakın kayaların alterasyonu ve parçalanması süreçleri olarak tanımlanmaktadır (Selby, 1993). Kimyasal günlenme indeksleri genç ve yaşlı günlenme profili çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır (Kirschbaum ve diğerleri, 2005; Goldberg ve Humayun, 2010). Günlenme indeks ve kimyasal alterasyon indeksi sedimanı oluşturan tanelerin türediği kara alanının günlenme derecesini ölçmede kullanılır. Şeyllerin bileşimsel olgunlaşma derecesi için günlenme indeks grafiği kullanılarak yaklaşık bir sonuca varılabilir (Kronberg ve Nesbitt, 1981).

Akkuyu formasyonuna ait örneklerin  $(Na_2O+K_2O)/(Al_2O_3+Na_2O+K_2O)$ 'e karşılık  $(SiO_2+Na_2O+K_2O)/(SiO_2+Al_2O_3+Na_2O+K_2O)$  ile verilen aşınma indeks grafiğinde çoğunlukla illit ve Ca-Feldispat ve Na/K Feldispat bölgesi arasındaki alan içerisinde yer aldıkları görülmektedir (Şekil 12). Bu durum feldispatların kil mineralle-



Şekil 11- Cr ve Ni korelasyonu ve element zenginleşmeleri



Şekil 12- Aşınma indeks grafiği (Kronberg ve Nesbitt, 1981)

rine doğru bozulduğunu ve bozunmuş feldispatlardan oluşan  $K_2O$  nun illit ve montmorillonit-simektitdeki  $Na_2O$  içerisinde tutulduğuna işaret eder (Kronberg ve Nesbitt, 1981).

Kimyasal günlenme indeksi (CIW; Harnois, 1988), Kimyasal Alterasyon İndeksi (CIA; Nesbitt ve Young, 1984, 1989), Plajiolklaz Alterasyon İndeksi (PIA; Fedo ve diğerleri, 1995), Vogt Rezidüel İndeksi (V; Vogt, 1927) gibi günlenme indeksleriyle kaynak kayanın günlenmesi hakkında yorumlar yapılabilmektedir. Bu indekslere göre Akkuyu formasyonuna ait hesaplanan veriler çizelge 5'te verilmiştir. Günlenme ve alterasyon aralıkları değerlendirildiğinde Akkuyu

formasyonuna ait örneklerin CIW değerleri bölgede güçlü kimyasal günlenme varlığını; CIA'ya göre bölgede çoğunlukla orta kimyasal alterasyon varlığını; PIA değerlerine göre ise bölgede güçlü bir alterasyon varlığı görülmektedir (Çizelge 5, şekil 13).

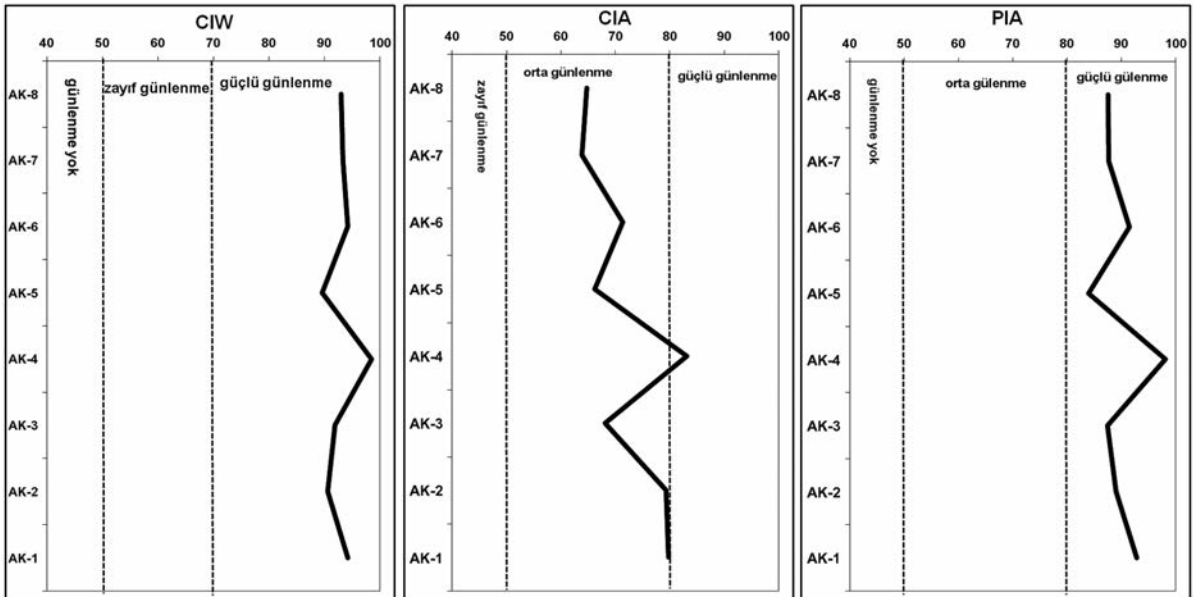
### Vogt rezidüel indeksi (V)

Vogt (1927) rezidüel sediman olgunlaşmasını değerlendirmek için jeokimyasal metod sunmuştur ve Vogt Rezidüel İndeks olarak adlandırılır. Roaldset (1972) Norveç Numedal Bölge Kuaterner depolarında killerin günlenme durumunu belirlemek için bu indeksi kullanmıştır. Moren (buzultas) ve denizel kil depolarının tüm kimyasını kıyaslamak için "V" indeksini kullanmıştır ve moren killerin denizel killere göre daha günlenmiş olduğu sonucunu çıkarmıştır. Vogt Rezidüel İndeksine göre Akkuyu formasyonu örneklerinde zayıftan güçlüye varan günlenme sonuçları elde edilmiştir (Şekil 14).

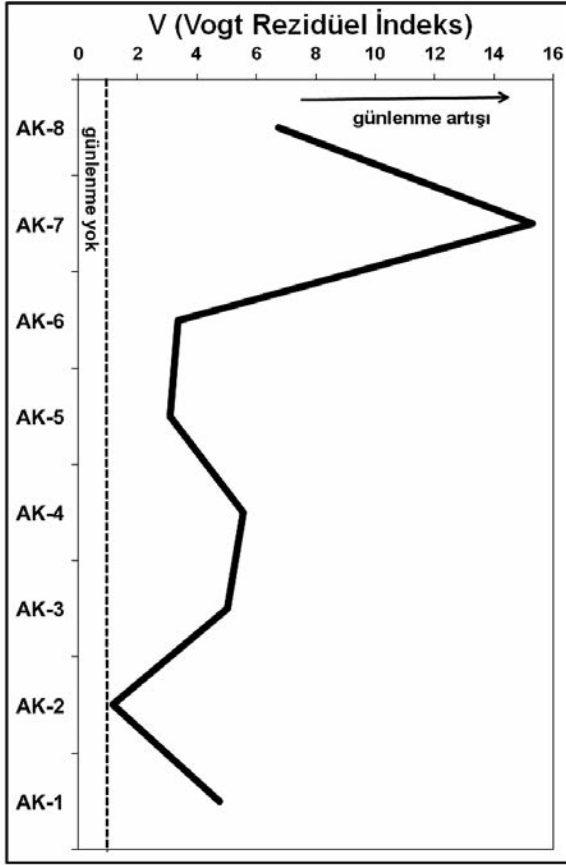
Sıcak ve nemli iklimler daha az duraylı minerallerin ve kayaç fragmanlarının alterasyonunu iletir, oysa çok soğuk ve çok kurak iklimler

Çizelge 5- CIW, CIA ve PIA günlenme indekslerinin incelenen örneklerdeki ortalamaları

Örnekler	CIW	CIA	PIA
AK-8	93,00	64,82	87,61
AK-7	93,39	63,86	87,70
AK-6	94,22	71,42	91,51
AK-5	89,65	66,27	84,01
AK-4	98,50	83,09	98,16
AK-3	91,87	68,11	87,52
AK-2	90,57	79,34	89,02
AK-1	94,18	79,82	92,90



Şekil 13- Akkuyu formasyonuna ait örneklerin günlenme indeksleri



Şekil 14- Akkuyu formasyonuna ait örneklerin Vogt Rezidüel İndeksi sonuçları

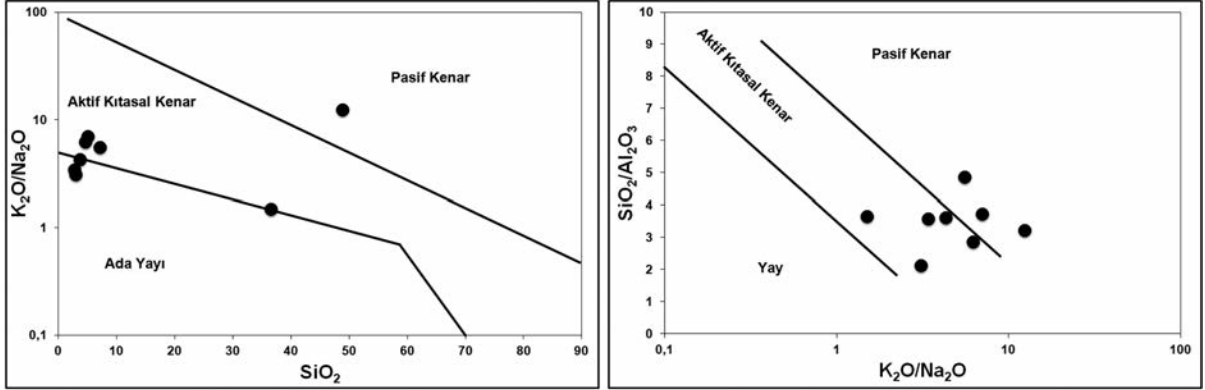
daha duraylı bileşiklerin korunmasına eğilimli etki göstermektedir. Ayrıca düşük rölyef ve hafif eğilimli koşullar kimyasal günlenmeyi yükseltir, çünkü partiküller bu bölgelerde yavaşça aşınmaktadır. Bunun tersine yüksek rölyefli ve dik şevler önemli miktarda günlenmeden önce hızlı erozyonu desteklemektedir. Sethie ve diğerleri (1998) Na, Mg, Ca, U ve Rb gibi belirli elementler günlenmeden ve diyajenezden kolayca etkilenirken, nadir toprak elementlerin (NTE) günlenme ve diyajenez süresince ayrılma ve parçalanmaya karşı yüksek derecede dirençli olduğuna işaret etmiştir. Akkuyu formasyonuna ait sedimanlar içindeki element konsantrasyonlarının aşınma, çözünme ve sediment diyajenezinden etkilendik-

leri anlaşılmaktadır. İncelenen örneklerdeki  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$  ve  $SiO_2$  gibi karasal girdinin ölçümü olarak değerlendirilen elementlerin sedimentlerdeki konsantrasyonlarının genel olarak düşük oldukları görülmektedir. Halbuki incelenen örneklerdeki karbonat (CaO) içeriğinin yüksek olması ve görsel veriyi gösterecek hiçbir verinin bulunmaması, birimin fasiyes özellikleri ve örneklerimizin organik madde içeriğinin yüksek olması Akkuyu formasyonunun korunaklı indirgen şartlar altında depolandığına işaret eder.

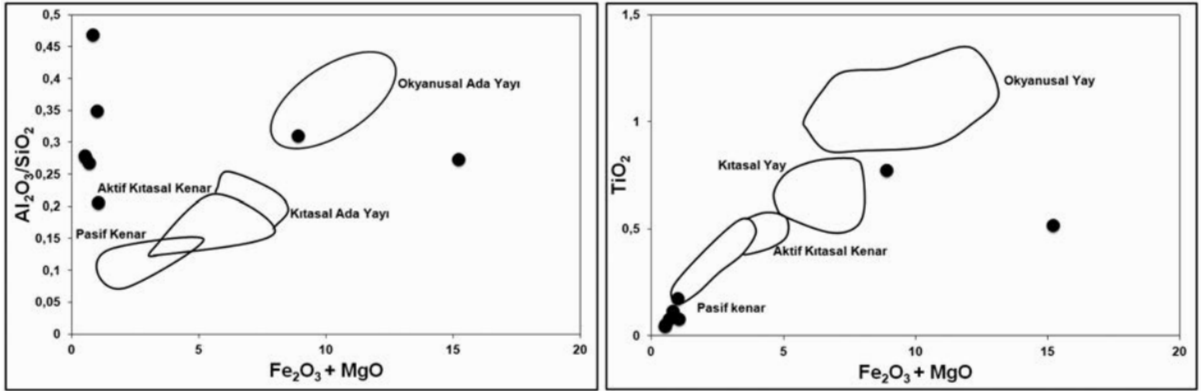
#### Orta Toroslar bölgesinin Jura-Kretase dönemindeki tektonik koşulları

Bhatia (1983) ve Roser ve Korsch (1986) kırıntılı sedimanların kaynak alanının tektonik düzeni hakkında bilgi elde etmek için  $K_2O/Na_2O$  ile  $SiO_2$ ;  $SiO_2/Al_2O_3$  ile  $K_2O/Na_2O$ ;  $Al_2O_3/SiO_2$  ile  $Fe_2O_3 + MgO$  ve  $TiO_2$  ile  $Fe_2O_3 + MgO$  diyagramlarını kullanmıştır. İncelenen Akkuyu formasyonu kayaç örnekleri genel olarak benzer bir dağılım göstermekte olup, çoğunlukla aktif ve pasif kıtasal kenar boyunca yer aldıkları belirlenmiştir (Şekil 15, 16).

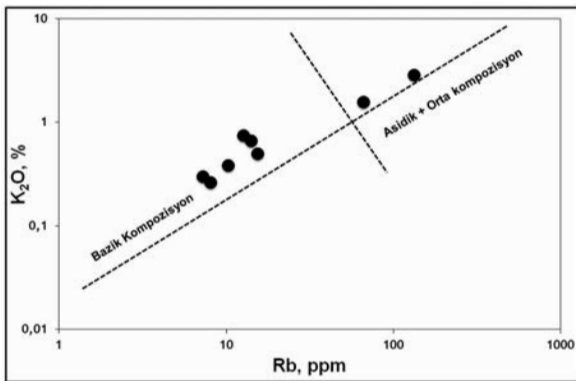
Sedimanter kayaçların jeokimyasal kompozisyonları, kırıntılı sedimanların kaynak alanlarının tektonik düzeni ve kaynak kayası hakkında bilgi sunmaktadır. Çoğu elementin günlenme ve alterasyon sonucunda kolayca yeniden dağıtıldığını göz önünde bulundurduğumuzda kaynak belirlenmesi için kullanımlarında dikkatli incelenmelidirler. Bu nedenle iz element veya iz element oranları ile kombine ana oksitler kaynak işaretçilerinin belirlenmesinde tercih edilme sebebidir (Mader ve Neubauer, 2004; Gabo ve diğerleri, 2009). Floyd ve Leveridge (1987) asidik ve ortaçdan bazik kayaç kompozisyonlarından gelen sedimanları ayırt etmek için  $K_2O$ 'ya karşılık Rb grafiği kullanmışlardır. Bu çalışmada incelenen Akkuyu formasyonu kayaç örnekleri iki adet örnek dışında  $K_2O$ -Rb diyagramına göre çoğunlukla bazik kayaç kompozisyonu sergilemektedir (Şekil 17).



Şekil 15- Tektonik düzeni belirlemek amacıyla ana ve iz element diyagramları (Roser ve Korsch, 1986)



Şekil 16- Major element kompozisyonları ile tektonik koşulları ayıran diyagram (Bhatia, 1983)



Şekil 17-  $K_2O$ 'a karşılık Rb diyagramı (Floyd ve Leveridge, 1987)

İncelediğimiz örneklerde AK-2 örneğinin  $K_2O$  ve Rb değerleri sırasıyla %1,56, 66,02 ppm; AK-4 no.lu örneğin  $K_2O$  ve Rb değerleri ise %2,85, 131,95 ppm'dir. AK-1,3,5,6,7,8 no.lu örneklerin  $K_2O$  değerleri %0,26-0,75 ve Rb değerleri ise 7,22-15,36 ppm arasında değişmektedir.  $TiO_2$ 'e karşılık  $Al_2O_3$  (Şekil 10) diyagramında da görüldüğü üzere örneklerin büyük bir çoğunluğunun bazalt ekseninde yer almasına karşılık Ak-2 ve Ak-4 no.lu örneklerin bazalt+granit ile granit+bazalt bölgeleri arasında yer almaları da yukarıdaki sonucu desteklemektedir.

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Geç Jura'da çökelmeye başlayan Akkuyu formasyonunun fasiyes özellikleri, hakim litolojisinin mikritlerden oluşması ve bitümlü seviyeler içermesi, birimin Orta Toros karbonat platformunda bir engelle sınırlanmış alanlarda depolanmış olduğuna işaret eder.

Akkuyu formasyonuna ait organik maddece zengin koyu gri ve siyah renkli kayaçların organik madde tipleri Hidrojen İndeksi (HI) ve sıcaklık ( $T_{max}$ , °C) ilişkisi kullanılarak Tip-III kerojen olarak belirlenmiştir.

Akkuyu formasyonu kayaç örneklerinin redoks koşulları Ni/Co değerlerine göre disoksik-anoksik; V/Cr değerlerine göre oksik-disoksik ve anoksik; V/V+Ni değerlerine göre oksik ve anoksik; U/Th değerlerine göre disoksik ve anoksik koşullar oldukları belirlenmiştir.

İncelenen Akkuyu formasyonu kayaç örneklerinde Cd/Al il P/Al arasındaki pozitif korelasyon ( $r=0.84$ ) birimin depolanma havzasındaki birincil paleoüretkenliğin çok yüksek olduğuna işaret eder.

Brumsack, (1989)'un  $SiO_2$ - $Al_2O_3$ -CaO üçgen diyagramına göre Akkuyu formasyonu örnekleri marn, Pettijohn ve diğerleri (1987)  $Si_2O/Al_2O_3$  oranı ile  $Fe_2O_3/K_2O$  diyagramına göre ise Akkuyu formasyonu örnekleri şeyl-kum litolojisini sergilemektedir.

Petrografik incelemelere göre de örnekler mikrit-sparitik istiftaşı, çamurtaşı ve tane taşı özelliğinde olup, petrol emarelidir. Matriks mikrit ve az oranda sparitten oluşur. Tüm kayaç XRD incelemelerinde ise örneklerin kalsit, kuvarsit, kaolinit, anortit, illit ve muskovit minerallerinden oluştuğu görülmüştür.

İncelenen örneklerde  $Al_2O_3$  ile  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ , ve  $K_2O$  arasında çok yüksek pozitif bir ilişkinin varlığı görülmektedir. Bu korelasyonlardan dolayı kayaçların silisiklastik ilişkilerinden bahse-

dilebileceği gibi,  $Al_2O_3$ 'ün  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$  ve  $K_2O$  ile göstermiş olduğu güçlü pozitif korelasyonlar bunların aynı zamanda killer ile ilişkisini de yansıtmaktadır.

Akkuyu formasyonu sediman depolanmalarının tektonik düzeni hakkında bilgi elde etmek için  $K_2O/Na_2O$  ile  $SiO_2$ ;  $SiO_2/Al_2O_3$  ile  $K_2O/Na_2O$ ;  $Al_2O_3/SiO_2$  ile  $Fe_2O_3 + MgO$  ve  $TiO_2$  ile  $Fe_2O_3 + MgO$  diyagramlarını kullanmıştır. İncelenen Akkuyu formasyonu kayaç örneklerinin çoğunlukla aktif ve pasif kıtasal kenar boyunca yer aldıkları belirlenmiştir.

Akkuyu formasyonunu oluşturan kaynak kayaçlarının bazalt ve bazalt+granit ile granit+bazalt bileşimli oldukları belirlenmiştir.

*Yayına verildiği tarih, 23 Mart 2011*

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Albayrak, M., 1995. Akseki-Aydıncık (Antalya) arasının Jeolojisi ve Petrol Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Algeo, T.J., Berner, R.A., Maynard, J.B. ve Scheckler, S.E., 1995. Late Devonian oceanic anoxic events and biotic crises: "rooted" in the evolution of vascular land plants? GSA Today, 5, 64-66.
- ve Scheckler, S.E., 1998. Terrestrial-marine teleconnections in the Devonian: links between the evolution of land plants, weathering processes, and marine anoxic events. Philosophical Transactions of Royal Society B: Biology Science, 353, 113-130.
- ve Maynard, J.B., 2004. Trace-Element Behavior and Redox Facies in Core Shales Of Upper Pennsylvanian Kansas-Type Cyclothems. Chemical Geology, 206, 289 - 318.

- Amajor, L.C., 1987. Major and trace elements geochemistry of Albin and Turonian shales from the Southern Benue trough, Nigeria. *Journal of African Earth Science*, 6, 633 – 461.
- Andersson, A., Dahlman, B., Gee, D.G., ve Snäll, S., 1985. The Scandinavian Alum Shales. *Sveriges Geologiska Undersökning, Serie Ca: Avhandlingar och Uppsatser I A4, NR 56*, 50 p.
- Arnaboldi, M. ve Meyers, P.A., 2003. Geochemical evidence for paleoclimatic variations during deposition of two Pliocene sapropels from the Vrica section, Calabria. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 190, 257–271.
- Bhatia, M.R., 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *Journal of Geology* 91, 611–627.
- Blumenthal, M.M., 1951, Batı Toroslarda Alanya ard ülkesinde jeolojik araştırmalar. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü dergisi*, 5, 194.
- Boggs, Jr.S., 2009. *Petrology of sedimentary rocks*. Cambridge University Press, UK, 2nd edition, 600 p.
- Breit, G.N. ve Wanty, R.B., 1991. Vanadium accumulation in carbonaceous rocks: a review of geochemical controls during deposition and diagenesis. *Chemical Geology*, 91, 83-97.
- Brüchert, V., R., Jorgensen, B.B., Neumann, K., Richmann, D., Schlösser, M. ve Schulz, H., 2003. Regulation of bacterial sulfate reduction and hydrogen sulfide fluxes in the central Namibian coastal upwelling zone. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67, 4505–4518.
- Brumsack, H.ve J., 2006. The trace metal content of recent organic carbon-rich sediments: implications for Cretaceous black shale formation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 232, 344–361.
- Caplan, M.L. ve Bustin, R.M., 1998. Paleoenvironmental controls on geochemical characteristics of organic-rich Exshaw mudrocks: role of enhanced primary productivity. *Organic Geochemistry*, 30, 161–188.
- Demaison, G.J. ve Moore, G.T., 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 64, 1179–1209.
- Dill, H., 1986. Metallogenesis of Early Paleozoic Graptolite Shales from the Graefenthal Horst (Northern Bavaria-Federal Republic of Germany). *Economic Geology*, 81, 889–903.
- , Teschner, M. ve Wehner, H., 1988. Petrography, inorganic and organic geochemistry of Lower Permian Carbonaceous Fan sequences (“Brandschiefer Series”) Federal Republic of Germany: Contrints to their paleogeography and assessment of their source rock potential. *Chemical Geology*, 67, 307–325.
- Erbacher, J., Huber, B.T., Norris, R.D. ve Markey, M., 2001. Increased thermohaline stratification as a possible cause for an open ocean anoxic event in the Cretaceous period. *Nature*, 409, 325-326.

- Fedo, C.M., Nesbitt, H.W. ve Young, G.M., 1995. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology*, 23, 921– 924.
- Filipelli, G.M., Delaney, M.L., Garrison, R.E., Omarzai, S.K. ve Behl, R.J., 1994. Phosphorus accumulation rates in a Miocene low oxygen basins: the Monterey Formation (Pismo Basin), California. *Marine Geology*, 116, 419-430.
- Fleischer, V.D., Garlick, W.G., ve Haldane, R., 1976. Geology of the Zambian Copperbelt; In: K.H. Wolf (ed). *Handbook of Stata-Bound and Stratiform Ore Deposits*, vol. 6. Elsevier, Amsterdam, 223–352.
- Floyd, P.A. ve Leveridge, B.E., 1987. Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbidite sandstones. *Journal of the Geological Society London*, 144, 531–542.
- Gabo, J.A.S., Dimalanta, C.B., Asio, M.G., Queaño, K.L., Yumul Jr., G.P. ve Imai, A., 2009. Geology and geochemistry of the clastic sequences from Northwestern Panay (Philippines): Implications for provenance and geotectonic setting. *Tectonophysics*, 479, 111-119.
- Garver, J.I., Royce, P.R. and Scott, T.J., 1994. The presence of ophiolites in tectonic highlands as determined by chromium and nickel anomalies in synorogenic shales: two examples from North America. *Russian Geology and Geophysics*, 35, 1-8.
- Garver, J.I., Royce, P.R. ve Smick, T.A., 1996. Chromium and nickel in shale of the Taconic Foreland: A case study for the provenience of fine-grained sediments with an ultramafic source. *Journal of Sedimentary Research*, 66, 100-106.
- Goldberg, K. ve Munir Humayun, M., 2010. The applicability of the Chemical Index of Alteration as a paleoclimatic indicator: An example from the Permian of the Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 293, 175-183.
- Gustavson, L.B., ve Williams, N., 1981. Sediment-hosted stratiform deposits of copper, lead, and zinc; In: B.J. Skinner (ed). *Seventy-Fifth Anniversary Volume, The Economic Geology Publishing Co., Yale*, 139–178.
- Harnois, L., 1988. The CIW index: a new Chemical Index of Weathering. *Sedimentary Geology*, 55, 319– 322.
- Hatch, J.R. ve Leventhal, J.S., 1992. Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) Stark Shale Member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, U.S.A. *Chemical Geology*, 99, 65–82.
- Hedges, J.I. ve Keil, R.G., 1995. Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. *Marine Chemistry*, 49, 81-115.
- Hiscott, R.N., 1984. Ophiolitic source rocks for Taconic-age flysch: Trace element evidence. *Geological Society of America Bulletin*, 95, 1261-1267.

- Holland, H., 1978. *The Chemistry of the Atmosphere and the Oceans*. Wiley Interscience, New York. 351 p.
- Ibach, L.E.J., 1982. Relationship between sedimentation rate and total organic carbon content in ancient marine sediments. *American Association Petroleum Geologist Bulletin*, 66, 170-188.
- Ingall, E.D. ve Jahnke, R.A., 1997. Influence of water-column anoxia on the elemental fractionation of carbon and phosphorus during sediment diagenesis. *Marine Geology*, 139, 219-229.
- Jones, B. ve Manning, D.A.C., 1994. Comparison of geological indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones. *Chemical Geology* 111, 111-129.
- Kirschbaum, A., Martinez, E., Pettinari, G. ve Herrero, S., 2005. Weathering profiles in granites, Sierra Notre (Cordoba, Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, 19, 479-493.
- Koca, D., Sarı, A., Koç, Ş., Yavuz, B. ve Koralay, D.B., 2010. Denizel kaynak kayalarda ana ve iz element zenginleşmelerinde Türkiye'den bir örnek: Akkuyu formasyonu (Orta Toroslar). *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25, 243-256.
- Kronberg, B. I. ve Nesbitt, H. W., 1981. Quantification of weathering, soil geochemistry and soil fertility. *Journal of Soil Science*, 32, 453-459.
- Lewan, M.D., 1984. Factors controlling the proportionality of vanadium and nickel in crude oils. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 2231-2238.
- , ve Maynard, J.B., 1982. Factors controlling enrichment of vanadium and nickel in the bitumen of organic sedimentary rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46, 2547-2560.
- Mader, D. ve Neubauer, F., 2004. Provenance of Palaeozoic sandstones from the Carnic Alps (Austria): petrographic and geochemical indicators. *International Journal of Earth Sciences*, 93, 262-281.
- Martin, C., 1969. Akseki kuzeyindeki bir kısım Torosların stratigrafik ve tektonik incelemesi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 72, 157-175.
- Middleburg, J.J. ve Comans, R.N.J., 1991. Sorption of cadmium on hydroxyapatite. *Chemical Geology*, 90, 45-53.
- Monod, O., 1977. *Recherches géologiques dans les Taurus occidental au sud de Beyşehir (Turquie)*. Thèse de Doctorat, Université Paris – Sud (Orsay), 442 (yayınlanmamış).
- Morford, J.L., Russell, A.D. ve Emerson, S. 2001. Trace metal evidence for changes in redox environment associated with the transition from terrigenous clay to diatomaceous sediment, Saanich Inlet, BC. *Marine Geology*, 174, 355-369.
- Murphy, A.E., Sageman, B.B., Hollander, D.J., Lyons, T.L. ve Brett, C.E., 2000. Black shale deposition and faunal overturn in the Devonian Appalachian Basin: clastic starvation, seasonal watercolumn mixing, and efficient biolimiting nutrient recycling. *Paleoceanography*, 15, 280-291.

- Nesbitt, H.W. ve Young, G.M., 1984. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 1523–1534.
- ve ———, 1989. Formation and diagenesis of weathering profiles. *Journal of Geology*, 97, 129–147.
- Nijenhuis, I.A., Bosch, H.-J., Sinninghe Damsté, J.S., Brumsack, H.-J. ve De Lange, G.J., 1999. Organic matter and trace element rich sapropels and black shales: a geochemical comparison. *Earth and Planetary Science Letters*, 169, 277–290.
- Pedersen, T.F. ve Calvert, S.E., 1990. Anoxia vs. productivity: what controls the formation of organic-carbon-rich sediments and sedimentary rocks? *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 74, 454–466.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.R. ve Siever, R., 1987. *Sand and sandstones*. Springer, New York, 2nd edition. 553p.
- Potter, P.E., 1978. Petrology and chemistry of modern big river sands. *Journal of Geology*, 86, 423–449.
- Rimmer, S.M., Thompson, J.A., Goodnight, S.A. ve Robl, T.L., 2004. Multiple controls on the preservation of organic matter in Devonian–Mississippian marine black shales: geochemical and petrographic evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 215, 125–154.
- Roaldset, E., 1972. Mineralogy and geochemistry of Quaternary clays in the Numedal Area, southern Norway. *Norsk Geolisk Tidsskrift*, 52, 335–369.
- Roser, B.P. ve Korsch, R.J., 1986. Determination of tectonic setting of sandstone mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio. *Journal of Geology*, 94, 635–650.
- Ross, D.J.K. ve Bustin, R.M., 2006. Sediment geochemistry of the Lower Jurassic Gordondale Member, northeastern British Columbia. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 54, 337–365.
- Ruttenberg, K.C. ve Goñi, M.N., 1997. Phosphorus distribution, C:N:P ratios, and <sup>13</sup>C in arctic, temperate, and tropical coastal sediments: tools for characterizing bulk sedimentary organic matter. *Marine Geology*, 139, 123–145.
- Sarı, A., Sonel, N. ve Doğan A.O., 1997. Üzümlü-Çamlık arasında kalan bölgenin Stratigrafisi (Beyşehir Güneyi, Konya). *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2, 17–38.
- , Koca, D., Koc, S., Yavuz, B. ve Koralay, D.B., 2008. Üst Jura denizel fasiyeslerinde iz element birikimlerinde organik madde içeriğinin rolü (Orta Toroslar, Türkiye). *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23, 43–56.
- Selby, M.J., 1993. *Hillslope Materials and Processes*. 2<sup>nd</sup> Edition Oxford University Press, Oxford, 480 p.

- Sethie, P. S., Hannigan, R.E. ve Leithold, E.L., 1998. Rare-earth element chemistry of Cenomanian–Turonian shales of the North American Greenhorn Sea, Utah. In: Schieber, J., W. Zimmerle, and P. Sethi (ed). Shales and Mudstones II:E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 296p.
- Sonel, N., Sarı, A., Doğan, A.O. ve Bozüyük, İ., 1995. Üzümlü (Beyşehir) civarının kaynak kaya fasiyesleri ve petrol oluşumunun organik jeokimyasal yöntemlerle incelenmesi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 10, 34–40.
- Suees, E., Kulm, L.D. ve Killingley, J.S., 1987. Coastal upwelling and a history of organic-rich mudstone deposition off Peru. : In: J.Brooks and A.J. Fleet (ed). Marine Petroleum Source Rocks. Geological Society Special publication, 26, 181-197.
- Toker, V., Sonel, N., Ayyıldız, T. ve Albayrak, M., 1993. Akseki Kuzeyi–Üzümdere (Antalya) civarının stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 36, 57–71.
- Tribovillard, N., Algeo, T.J., Lyons, T. ve Riboulleau, A., 2006. Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: An update. Chemical Geology, 232, 12-32.
- van Cappellen, P. ve Ingall, E.D., 1994. Benthic phosphorus regeneration, net primary production and ocean anoxia: a model of the coupled marine biogeochemical cycles of carbon and phosphorus. Paleooceanography, 9, 677-692.
- Vogt, T., 1927. Sulitjelmfeltets geologi og petrografi. Norges Geologiske Undersøkelse, 121, 1– 560 (in Norwegian, with English abstract).
- Warning, B. ve Brumsack, H.J. 2000. Trace metal signatures of Mediterranean sapropels. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 158, 293–309.
-

