

**KEBAN VE MALATYA METAMORFİTLERİ'NDE
ORGANİK MADDE İÇEREN LİTOLOJİLERİN
METALİK ELEMENT JEOKİMYASI**

Hatice KARA

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet SAĞIROĞLU

NİSAN-2013

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KEBAN VE MALATYA METAMORFİTLERİ'NDE ORGANİK MADDE İÇEREN
LİTOLOJİLERİN METALİK ELEMENT JEOKİMYASI**

Yüksek Lisans Tezi
Hatice KARA
092116102

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Ahmet SAĞIROĞLU

NİSAN -2013

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KEBAN VE MALATYA METAMORFİTLERİ'NDE ORGANİK MADDE İÇEREN
LİTOLOJİLERİN METALİK ELEMENT JEOKİMYASI**

Yüksek Lisans Tezi
HATİCE KARA
092116102

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: Nisan 2013
Tezin Savunulduğu Tarih: Nisan2013

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet SAĞIROĞLU (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mehmet YAMAN (F.Ü)

Doç. Dr. Leyla KALENDER (F.Ü)

ÖNSÖZ

‘Keban ve Malatya Metamorfikleri’nde Organik Madde İçeren Litolojilerin Metalik Element Jeokimyası’ başlıklı bu çalışma 2010-2013 yılları arasında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği, Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Fırat Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından FÜBAP-MF-1135 no’lu proje ile desteklenmiştir. Araştırmayı maddi açıdan destekleyen Fırat Üniversitesi Rektörlüğü’ne ve Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (FÜBAP)’ne teşekkür ederim.

Bu çalışmanın hazırlanması, arazi ve büro çalışmalarında yardımcı olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Ahmet SAĞIROĞLU’na teşekkürlerimi sunarım. Mikroskop çalışmalarında yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Calibe KOÇ TAŞGIN’a, çalışmalarım sırasında önerilerde bulunan Sayın Yrd. Doç. Dr. Bünyamin AKGÜL, Sayın Yrd. Doç. Dr. Muharrem AKGÜL’e ve Sayın Prof. Dr. Ahmet Şaşmaz’a teşekkür borçluyum.

Çalışmalarım sırasında her konuda yardımlarını gördüğüm ve desteğini esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Leyla KALENDER’e çok teşekkür ederim.

Çalışmalarıma katkı ve önerilerde bulunan Arş. Gör. Yasemin ASLAN’a, Arş. Gör. Mehmet Ali ERTÜRK’e, Arş. Gör. Nevin KONAKÇI’ya, Arş. Gör. Onur ALKAÇ’a, Arş. Gör. Mehmet KÖKÜM’e, Arş. Gör. Mustafa Eren RİZELİ’ye ve Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Bölümünden Arş. Gör. Kadriye KARADENİZ’e teşekkür ederim.

Tezin hazırlanması sürecinde yardımlarını gördüğüm Jeoloji Mühendisliği’nin tüm üyelerine ve Bölüm Teknisyeni Fuat İSTEK ve Tuncay ÖZDEMİR’e teşekkür ederim.

Her zaman desteklerini gördüğüm, varlıklarıyla mutlu olduğum değerli ailem ve sevgili eşim Veysel KARA’ya sonsuz teşekkürler...

Hatice KARA
ELAZIĞ-2013

ÖZET

Organik maddece zengin sedimanter kayaçlar (siyah şeyl, bitümlü şeyl, organik maddece zengin karbonatlar) ve meta-sedimanter formasyonlar (bitümlü şist) yüksek oranlarda S, Ba, Fe, B, V, U ve iz element (Ge, As, Bi, Cd, Pb, Mo, PGE, Zn, Au) içerirler. Bu organik maddece zengin litolojilerin okyanusal anoksik olaylar (OAE) sırasında oluştuğu kabul edilmektedir ve organik maddece zengin litolojilerin metal içerikleri ekonomik derecelerde olabilmektedir.

Bu çalışmada Permiyen yaşlı Malatya ve Keban Metamorfitleti'nde organik madde içeren litolojilerin jeokimyası incelenmiştir. Malatya ve Keban Metamorfitleti metakarbonat, metapelit, organik maddece zengin şeyl ve kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Malatya ve Keban Metamorfitleti'nde organik madde içeren litolojilerin iz element, metalik element ve nadir toprak element içerikleri kabuk ortalama değerlerinden oldukça yüksektirler. Toplam organik karbon (TOK)-toplam metalik element (Σ ME) ve toplam nadir toprak element (Σ REE)-toplam metalik element (Σ ME) arasında pozitif bir korelasyon vardır. Organik maddenin varlığı, framboidal pirit içeriği, pozitif Ce ve negatif Eu anomalileri organik maddece zengin litolojilerin anoksik sedimanter havzalarda oluştuğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Keban ve Malatya Metamorfitleti, Organik madde, Okyanusal anoksik olaylar (OAE), Jeokimya, Metalik element, NTE.

SUMMARY

Metallic Element Geochemistry Of Including Organic Matter Rich Lithologies Of Malatya And Keban Metamorphics

Organic-rich sedimentary rocks (black shale, bituminous shale, organic rich carbonates), and meta-sedimentary formations (black schists) have significant amounts of S, Ba, Fe, B, V, U and, trace elements; Ge, As, Bi, Cd, Pb, Mo, PGE, Zn, Au. The organic-rich lithologies is considered to form during the Oceanic Anoxic Events (OAE) and metal content of these lithologies can be economical.

In this study, geochemistry of organic-rich lithologies of Permian Malatya and Keban Metamorphics are investigated. Malatya and Keban Metamorphics are composed of metacarbonate and metapelites, organic-rich shales and limestones.

The organic-rich lithologies of Malatya and Keban metamorphics have higher trace element, metallic element and REE content than that of crustal average. There is a positive correlation between TOC- Σ ME and Σ REE- Σ ME. The presence of organic matter and framboidal pyrite, positive Ce and negative Eu anomalies indicate that organic-rich lithologies formed in anoxic sedimentary basins.

Key Words: Malatya- Keban Metamorphics, Organic-rich, Oceanic Anoxic Events (OAEs), Geochemistry, Metallic Element, REE.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET	iii
SUMMARY	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
SEMBOLLER LİSTESİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Önceki Çalışmalar	3
1.3. Çalışma Alanının Genel Jeolojisi.....	6
1.3.1. Malatya Metamorfizmaları	9
1.3.2. Keban Metamorfizmaları	13
1.4. Keban ve Malatya Bölgeleri'ndeki Cevherleşmeler	17
1.5. Mikroskop Çalışmaları	18
2. MATERYAL VE METOD	23
2.1. Arazi Çalışmaları	23
2.2. Kimyasal Analizler.....	23
2.3. Büro Çalışmaları	25
3. BULGULAR.....	26
3.1. Ana Element Jeokimyası	26
3.2. İz Element Jeokimyası.....	28
3.3. Nadir Toprak Element (NTE) Jeokimyası.....	38
3.4. Th/U, Ni/Co, V/Cr Jeokimyası	51
3.5. Toplam Organik Karbon (TOK) Analizi	54
4. TARTIŞMA.....	60
5. SONUÇLAR.....	66
KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ	76

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	İnceleme alanının yer bulduru haritası	2
Şekil 1.2.	Torosların konumu, Türkiye’de bazı ana tektonik yapılar (Yazgan ve Chessex 1991’den sadeleştirilmiştir).....	6
Şekil 1.3.	a) İnceleme alanının (Elazığ) jeolojik haritası (MTA 2002’den sadeleştirilmiştir). b)İnceleme alanının (Malatya) jeolojik haritası (MTA 2002’den sadeleştirilmiştir).	9
Şekil 1.4.	Malatya Metamorfitle’ne ait dikme kesit (Bozkaya ve diğ., 2007 den düzenlenmiştir ölçeksizdir).....	11
Şekil 1.5.	Malatya Metamorfitle’nin (Taş ocağı) organik madde içeren kireçtaşları ve şeyllerden görünüm (G bakış)	12
Şekil 1.6.	Malatya Metamorfitle’nin (Malatya-Cafana) Pb-Zn yataklarında organik madde içeren şeyllerden bir görünüm (GB bakış)	12
Şekil 1.7.	Malatya Metamorfitle’nin (Malatya-Cafana) Pb-Zn yataklarında organik madde içeren şeyllerin yakından görünümü (GB bakış)	13
Şekil 1.8.	Keban Metamorfitle’ne ait dikme kesit (Bozkaya ve diğ., 2007 den düzenlenmiştir ölçeksizdir).....	15
Şekil 1.9.	Keban Metamorfitle’nin (Elazığ-Keban karayolu) organik madde içeren kireçtaşları ve şeyllerin görünümü (KB bakış)	16
Şekil 1.10.	Keban Metamorfitle’nin (Elazığ-Keban karayolu) organik madde içeren kireçtaşları ve şeyllerin görünümü	16
Şekil 1.11.	Keban Metamorfitle’nin (Elazığ-Keban karayolu) organik madde içeren kireçtaşları ve şeyllerin görünümü(KB bakış)	17
Şekil 1.12.	Organik maddece zengin kireçtaşları içinde kalsit mineralleri (Geçirgen ışık, kls:kalsit) (K2-1: Keban).....	19
Şekil 1.13.	Organik madde içinde Bryozoon fosili (Geçirgen ışık, OM: organik madde) (MC-2:Malatya).....	19
Şekil 1.14.	Organik madde bantları (Geçirgen ışık, OM: organik madde) (MC-1: Malatya).....	20
Şekil 1.15.	Organik madde içinde framboidal pirit taneleri (Yansıyan ışık) (MC-4: Malatya).....	21
Şekil 1.16.	Organik madde içinde framboidal pirit (Yansıyan ışık) (MS-5:Malatya).....	21
Şekil 1.17.	Organik madde içinde framboidal pirit (Yansıyan ışık, pyr: Pirit) (MT-3:Malatya).....	22
Şekil 3.1.	Organik maddece içeren kayaç örnekleri için ortalama ana element/ortalama kabuk değerler diyagramı (%).....	27
Şekil 3.2.	Organik maddeli kayaçların SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , CaO değerler diyagramı	28
Şekil 3.3.	Keban Metamorfitle’ne ait organik madde içeren karbonat kayaçların karbonat ortalamasına göre normalize diyagramı	30
Şekil 3.4.	Keban Metamorfitle’ne ait organik madde içeren karbonat kayaçların kabuk ortalamasına göre normalize diyagramı	30
Şekil 3.5.	Keban Metamorfitle’ne ait organik madde içeren şeyllerin şeyl ortalamasına göre normalize diyagramı.....	32
Şekil 3.6.	Keban Metamorfitle’ne ait organik madde içeren şeyllerin kabuk ortalamasına göre normalize diyagramı.....	32

Şekil 3.7.	Malatya Metamorfitleleri'ne ait organik madde içeren karbonat kayaçların karbonat ortalamasına göre normalize diyagramı	35
Şekil 3.8.	Malatya Metamorfitleleri'ne ait organik madde içeren karbonat kayaçların kabuk ortalamasına göre normalize diyagramı	35
Şekil 3.9.	Malatya Metamorfitleleri'ne ait organik madde içeren şeylin şeyl ortalamasına göre normalize diyagramı.....	37
Şekil 3.10.	Malatya Metamorfitleleri'ne ait organik madde içeren şeylin kabuk ortalamasına göre normalize diyagramı.....	37
Şekil 3.11.	Keban bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (Kondrite göre normalize).....	40
Şekil 3.12.	Keban bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (PAAS'a göre normalize).....	40
Şekil 3.13.	Keban bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (Üst Kabuğa göre normalize)	41
Şekil 3.14.	Keban bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (Avrupa Şeyle göre normalize)	41
Şekil 3.15.	Keban bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (Kondrite göre normalize)	42
Şekil 3.16.	Keban bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (PAAS'a göre normalize)	43
Şekil 3.17.	Keban bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (Üst Kabuğa göre normalize)	43
Şekil 3.18.	Keban bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (Avrupa Şeyle göre normalize)	44
Şekil 3.19.	Malatya bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (Kondrite göre normalize).....	45
Şekil 3.20.	Malatya bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (PAAS'a göre normalize).....	46
Şekil 3.21.	Malatya bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (Üst Kabuğa göre normalize).....	46
Şekil 3.22.	Malatya bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (Avrupa Şeyle göre normalize)	47
Şekil 3.23.	Malatya bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (Kondrite göre normalize)	48
Şekil 3.24.	Malatya bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (PAAS'a göre normalize)	48
Şekil 3.25.	Malatya bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (Üst Kabuğa göre normalize)	49
Şekil 3.26.	Malatya bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (Avrupa Şeyle göre normalize)	49
Şekil 3.27.	Toplam organik karbonun (%) metallerle ilişkisi (Be, Sr, Ba) (ppm).....	56
Şekil 3.28.	Toplam organik karbonun (%) metallerle ilişkisi (Sb, Rb, As) (ppm).....	57
Şekil 3.29.	Toplam organik karbonun (%) metallerle ilişkisi (Cs, Co, V) (ppm)	58
Şekil 3.30.	Toplam organik karbonun (%) metallerle ilişkisi (Mo, Cu, Zn) (ppm).....	59

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Çalışma alanından alınan örneklerde yapılan analizler	24
Tablo 3.1.	Ana oksitler (% ağırlık cinsinden verilmiştir, ** Turekian ve Wedepohl 1961, *Clarke ve Washington).....	26
Tablo 3.2.	Keban Metamorfizmaları'ne ait organik madde içeren karbonatlı kayaların iz element içerikleri (ppm, ppb**, 1:Turekian ve Wedepohl 1961)	29
Tablo 3.3.	Keban Metamorfizmaları'ne ait organik madde içeren şeylerin iz element içerikleri (ppm, ppb**, 1:Turekian ve Wedepohl 1961)	31
Tablo 3.4.	Malatya Metamorfizmaları'ne ait organik madde içeren karbonat kayaların iz element içerikleri (ppm, ppb**,1:Turekian ve Wedepohl 1961)	34
Tablo 3.5.	Malatya Metamorfizmaları'ne ait organik madde içeren şeylerin iz element içerikleri (ppm, ppb**,1:Turekian ve Wedepohl 1961)	36
Tablo 3.6.	Keban bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaların nadir toprak element içerikleri	39
Tablo 3.7.	Keban bölgesine ait organik madde içeren şeylerin nadir toprak element içerikleri	42
Tablo 3.8.	Malatya bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaların nadir toprak element içerikleri	45
Tablo 3.9.	Malatya bölgesine ait şeylerin nadir toprak element içerikleri	47
Tablo 3.10.	Tüm kayaç içinde NTE verilerinin değerleri ve referans değerleri (1: 2: McLennan, 1989, 3: Boynton, 1984, 4:Haskin ve Haskin, 1966, 5: Taylor ve McLennan, 1981).....	50
Tablo 3.11.	Keban bölgesinden alınan karbonatlı kayalar (A: anoksik, O: oksik)	52
Tablo 3.12.	Keban bölgesinden alınan şeyler (A: anoksik, O: oksik)	52
Tablo 3.13.	Malatya bölgesinden alınan karbonatlı kayalar (A: anoksik, O: oksik)	52
Tablo 3.14.	Malatya bölgesinden alınan şeyler (A: anoksik, O: oksik).....	52
Tablo 3.15.	Keban bölgesinden alınan karbonatlı kayalar (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)	52
Tablo 3.16.	Keban bölgesinden alınan şeyler (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik).....	53
Tablo 3.17.	Malatya bölgesinden alınan karbonatlı kayalar (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)	53
Tablo 3.18.	Malatya bölgesinden alınan şeyler (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)	53
Tablo 3.19.	Keban bölgesinden alınan karbonatlı kayalar (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)	53
Tablo 3.20.	Keban bölgesinden alınan şeyler (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik).....	53
Tablo 3.21.	Malatya bölgesinden alınan karbonatlı kayalar (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)	54
Tablo 3.22.	Malatya bölgesinden alınan şeyler (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)	54
Tablo 3.23.	Organik maddece madde içeren toplam organik karbon (%) ve element (ppm) içerikleri.....	54
Tablo 4.1.	Keban ve Malatya bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaların ana element ve kükürt içerikleri (% ağırlık olarak verilmiştir).....	65
Tablo 4.2.	Keban ve Malatya bölgesine ait organik madde içeren şeylerin ana element ve kükürt içerikleri (% ağırlık olarak verilmiştir)	65

SEMBOLLER LİSTESİ

OAE : Okyanusal anoksik olaylar
TOK : Toplam organik karbon
ME : Metalik element
NTE : Nadir toprak element
Kls : Kalsit
Pyr : Pirit

1. GİRİŞ

İnceleme alanları Elazığ-Keban ve Malatya-Yeşilyurt bölgelerini kapsamaktadır (Şekil 1.1). ‘Keban ve Malatya Metamorfitler’inde Organik Madde İçeren Litolojilerin Metalik Element Jeokimyası’ başlıklı bu çalışma 2010-2013 yılları arasında Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

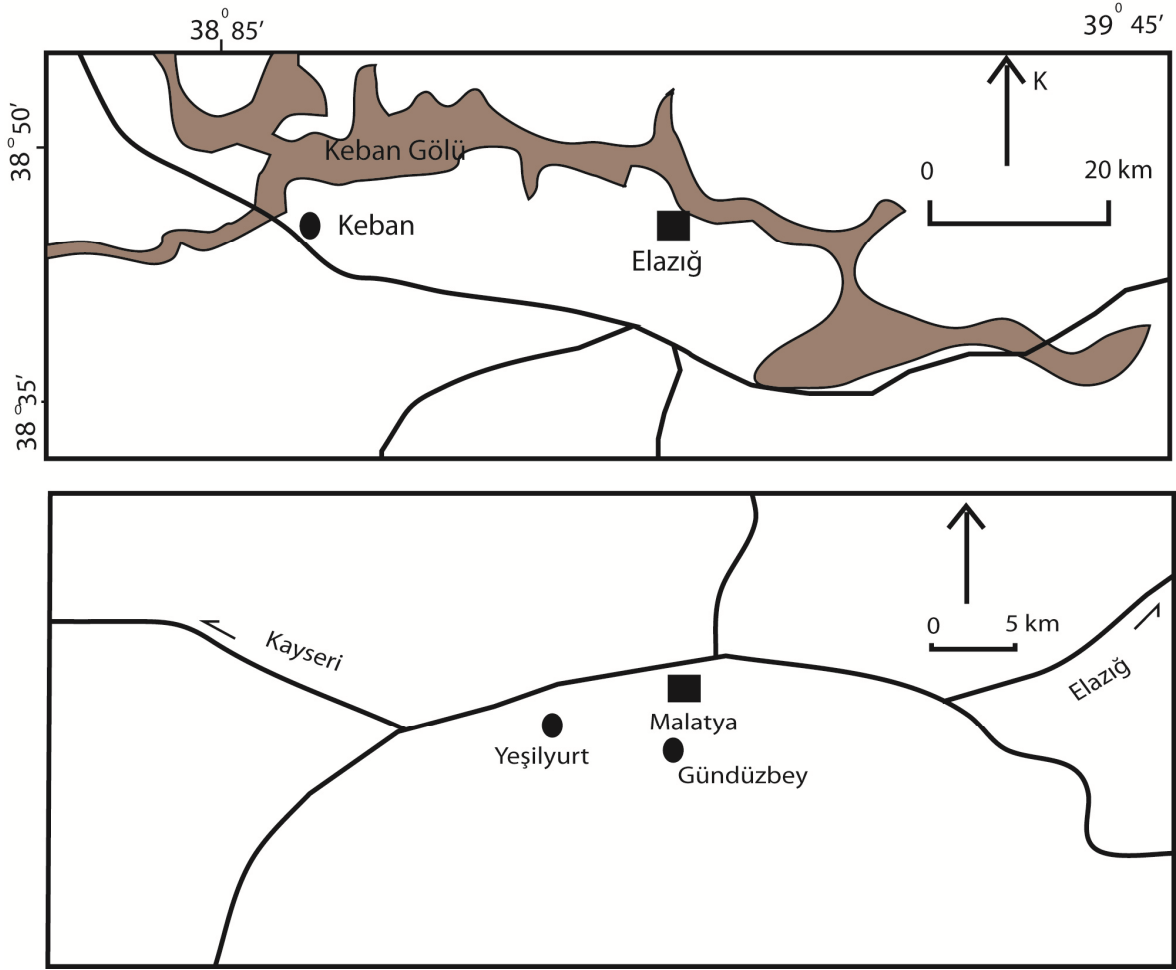
Organik maddece zengin litolojilerde metalik element ve iz element zenginleşmeleri görülmektedir. Özellikle kayaçlardaki organik madde miktarı arttıkça U, Ba, Sb, Cd, Mo, Rb, Se, As, Zn, Cu, Ni, Co, Cr ve V elementlerinde de artış olduğu görülmektedir (Vine ve Tourtelot, 1970; Brumsack, 1980). Organik madde miktarını etkileyen etmenler; birincil biyolojik üretkenlik, fiziko-kimyasal koşullar, tane boyu, sedimentasyon hızı ve kayacın cinsidir. Organik maddeler serbest oksijenli ortamlarda duraylı olmayıp, süratle bozunarak su ve karbondioksit dönuşürler. Organik maddenin korunması için anoksik ve asidik kimyasal şartlar gereklidir. Organik madde miktarı kayacın litolojisine de bağılıdır ve kilitaşı, çamurtaşı gibi kayaçlar organik maddece zengin, silttaşı ve kumtaşı gibi kayaçlar ise organik maddece fakirdirler. Karbonat kayaçlar ise organik madde miktarı açısından bu iki tip arasında yer alır ve değışken oranlarda organik madde içerebilirler (Kavak, 2010).

Dünyada organik maddece zengin kayaçlardan günümüzde ekonomik olarak işletilen pek çok maden yatağı bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; İsveç’de bitümlü şeyllerden çıkarılan uranyum, Afrika’da en önemli ve en çok bilinen çökeller Zambia bakır kuşağı (Fleischer ve diğ., 1976), Amerika’da Permiyen ve Mesozoyik yaşlı uranyum yatakları, Afrika’da ki Triyas yaşlı fosforit ve uranyum yatakları, ayrıca Avrupa’nın merkezindeki dünyanın en büyük Cu, Pb, Zn Kupferschiefer siyah şeyl çökelleri, bilinen en geniş yataklardan biridir (Oszczepalski, 1989).

Jeolojik tarih boyunca organik maddece zengin litolojilerin yaygın olarak geliştiğı dönemler olmuştur. Bu dönemlere okyanusal anoksik olaylar (OAE) denir ve bu dönemler anormal iklim koşullarının varlığını yansıtır. Okyanusal anoksik olaylar (OAE’ler) dünyamızın iklimik, paleocoğrafik durumunu ve küresel karbon döngüsündeki düzensizlikleri yansıtır (Jenkyns, 2010, Arthur ve diğ., 1990).

Okyanusal anoksik olayların en önemlileri sıcak dönemler olan Kretase ve Jura periyotlarında gelişmiştir. Bu çalışmada Permiyen’de ki okyanusal anoksik olaylarla

gelişen organik madde içeren litolojilerin (Keban ve Malatya Metamorfitleri) metalik element jeokimyası incelenmiştir.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

1.1. Çalışmanın Amacı

Doğu Toroslar da bugüne kadar organik madde içeren kayaçların iz element ve metalik element içeriklerini inceleyen çalışmalar yapılmamıştır. Bunun dışında Elazığ ve Malatya bölgelerinde genel jeoloji ve maden yatakları açısından irdelenen çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu amaçla Keban ve Malatya Metamorfitleri'nde organik madde içeren litolojilerden alınan örnekler üzerinde metalik elementlerin jeokimyası yapılmıştır. Elazığ (Keban) ve Malatya (Yeşilyurt) bölgelerinden alınan organik madde içeren kireçtaşları ve şeyl örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analizlerle organik madde içeriğiyle metalik elementler arasındaki ilişkiler detaylı olarak incelenmiştir.

1.2. Önceki Çalışmalar

Keban ve Malatya Metamorfitleleri'nin yüzeylediği alanlarda daha önceden genel jeoloji ve maden yatakları konularında çeşitli araştırmalar yapılmıştır fakat organik madde içeren litolojilerden detaylı olarak bahsedilmemiştir. Bu bölümde Keban ve Malatya bölgelerinde yapılan çalışmalar özetlenmiştir;

Arni (1937) tarafından Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'da geniş mostralara veren birim Malatya Metamorfitleleri adı altında incelenmiştir.

Kipman (1976, 1982), Keban civarında yaptığı çalışmalarda Keban Metamorfitleleri'ni yaşlıdan gence doğru; mermer (rekristalize kireçtaşı), alt şist (kalkşist) ve üst şist (kalkfillit) olmak üzere üç ayrı birime ayırmıştır. Rekristalize kireçtaşı-Kalkşist Formasyonunun fosil içeriğine göre birime Permian yaşı veren araştırmacı, bölgesel metamorfizma yaşının da Jura-Alt Kretase olabileceğini ileri sürmüştür.

Özgül (1976), Kambriyen-Tersiyer aralığında çökelmiş kayaç birimlerini kapsayan Toros Orojenik Kuşağını bir takım birliklere ayırarak incelemiştir. Ayrıca Keban Metamorfitleleri'ni Alanya Birliğine dahil etmiş, bu birliğin şelf türü karbonat ve kırıntılı kayalardan meydana geldiğini belirtmiştir.

Ketin (1976), Türkiye'yi dört tektonik birliğe ayırmıştır. Bunlar kuzeyden güneye Pontitler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrım Kuşağıdır. Keban ve Malatya Metamorfitleleri Torid kuşağında yer almaktadır.

Perinçek (1978), Çelikoba-Koçali-Sincik (Adıyaman) yöresinin petrol kaynaklarını incelediği doktora çalışmasında, inceleme alanında geniş yayılımı olan Permo-Karbonifer yaşlı şist ve kireçtaşı birimlerini ilk defa Malatya Metamorfitleleri olarak adlandırarak evrimini modellemiştir.

Perinçek ve Özkaya (1981), Malatya Metamorfitleleri'nin Keban mikro-kitasına ait olduğunu belirtmişlerdir.

Yazgan (1981), Doğu Anadolu'da Malatya-Elazığ arası Toros kuşağında Geç Kretase ve Orta Eosen yaşlı iki ayrı dizge içerisinde etkin bir kıta kenarında oluşan denizaltı volkanik kayalar ve bunların derinlik, yarı derinlik karşılıkları olan kayaları incelemiştir. Orta Maastrichtiyen ile Orta Eosen arasında volkanik etkinliği olmayan bir

arayı da kapsayan Geç Kretase'den Geç Eosen'e kadar etkin bir kıta kenarının varlığının kesinlik kazandığını belirtmiştir.

Yazgan ve diğ., (1983), tarafından Malatya ile Keban Metamorfitleeri arasındaki litolojik ve paleontolojik benzerlikler tartışılıp birime Malatya-Keban Metamorfitleeri adı verilmiştir.

Curialle ve diğ. (1983) tarafından Oklahoma'nın Kiowa şehrindeki Permiyen yaşlı Hennesay grubu Red-Bed tipi yataklarındaki demirli uranyum nodüllerinin organik madde ilişkileri jeolojik ve jeokimyasal analizlerle kökensel ilişkileri belirlenmiştir.

Bingöl (1984), Bölgede Paleozoyik'i mermer ve amfibolitlerden oluşan Keban Metamorfitleeri'nin temsil ettiğini ve bu metamorfitleerin Geç Kretase yaşlı Yüksekova karmaşığına (Elazığ Magmatitleeri) ait dayklar tarafından kesildiğini belirtmiştir. Ayrıca Geç Kretase yaşlı Yüksekova Karmaşığı'nın düşey bir şekilde amfibolitler, granitik kayalar, diyabazlar, yastık lavlar, andezitler, andezitik piroklastik kayalar, dasitler ve mikritik kireçtaşlarından oluştuğunu ortaya koymuştur.

Asutay ve diğ., (1986), tarafından Keban Metamorfitleeri alt şist, alt mermer, üst şist ve üst mermer olarak alt bölümlere ayrılmıştır.

Akgöl (1987), Keban yöresinde yaptığı çalışmada Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfitleeri'nin yaşlıdan gence doğru; rekristalize kireçtaşı, kalkşist, mermer ve metakonglomera-kalkfillit formasyonundan oluştuğunu ve mermerler üzerinde uyumsuz olarak yer aldığını belirtmiştir.

Kürüm (1987), Keban ilçe merkezi civarında yaptığı çalışmada Keban Metamorfitleeri'nin; Permo-Karbonifer yaşlı mermer, Permiyen yaşlı kalkşist ve Triyas yaşlı kalkfillitlerden oluştuğunu kabul etmekte ve Jura-Geç Kretase 'de metamorfize olduklarından söz etmektedir.

Kucha (1990), 'Geochemistry of the Kupferschiefer, Poland' çalışmasında Polonya'daki Kupferschiefer yatakları içinde oluşan Cu, Pb ve Zn ana metallerin jeokimyasından bahsetmiştir. Siyah şeyllerdeki bakır zonlarında özellikle Ag, Ni, Co, V (600-1500 ppm) gibi iz metal zenginleşmeleri bulunmaktadır. Pb zonlarında yüzlerce ppm Au, PGE ve U içermektedir.

Akgül (1991), Baskil (Elazığ) Granitoidini petrografik ve petrolojik olarak incelemiştir. Elazığ baseninin temelinde yer alan Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfik Kompleksinin içeriğini incelemiştir.

Ruskeeniemi (1991), Finlandiya Outokumpu ve Kainuu alanlarındaki Proterozoyikyaşlı metamorfize olmuş siyah şeylerin sülfür, baz metal ve altın içeriğini, metal ve sülfürlerin hidrotermal kökenle ilişkilendirmiştir. Güncel okyanus sırtındaki kanallarda, Cu, Zn, Pb, Mn, V, Cd ve Hg'nin yüksek değerlerde olmasına benzer şekilde element zenginleşmelerinin Outokumpu ve Kainuu alanlarındaki serpantin-skarn-kuvars ile bir arada bulunan siyah şeylerle ilişkili olduğunu belirtmiştir.

Tüfekçi ve Ulutürk (1987), Görgü Pb-Zn yatağının düşük- orta ısıda oluşmuş hidrotermal bir yatak olduğunu belirtmişlerdir.

Önal ve diğ., (1990), Görgü (Malatya) karbonatlı Pb-Zn sülfid yataklarının kökenini, mineralojisini ve jeolojik ortamını incelemiştir. Bu araştırmacılar Malatya Metamorfitleri'nin yaşının paleontolojik verilere dayanarak Üst Permiyen olduğu (Perinçek ve Kozlu, 1984), yeşilist fasiyesinde metamorfizmaya uğradığını ve kireçtaşı, kalkışist, mermer ve nadiren pelitik şistlerden oluştuğunu belirtmiştir.

Yazgan ve Chessex (1991), Malatya bölgesinde Güneydoğu Torid'lerin jeolojisi ve tektonik evrimi ilgili çalışmalarında Doğu Toros tektoniğinin Keban ve Arap mikro levhaları arasında Geç Kampaniyen-Erken Maastrichtiyen arasında meydana gelen yay-kıta çarpışması ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir.

Aksoy (1993), Elazığ'ın yakın çevresinde yaptığı çalışmada, burada yüzeyleyen mermerlerin, Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfitleri'ne ait olup, bunların allohton konumlu olduklarından bahsetmiştir.

Yalçın ve diğ., (1999), tarafından Malatya Metamorfitleri (Permiyen) üst (mermer) ve alt (şist, kalkışist) metamorfik birimlere ayrılmıştır. Bu çalışmada Malatya Metamorfitleri sleytler ile kısmen laminalı mermer ve üst metakarbonatlar, mermerler ile kısmen laminalı sleyt, alt metapelitler olarak incelenmiştir.

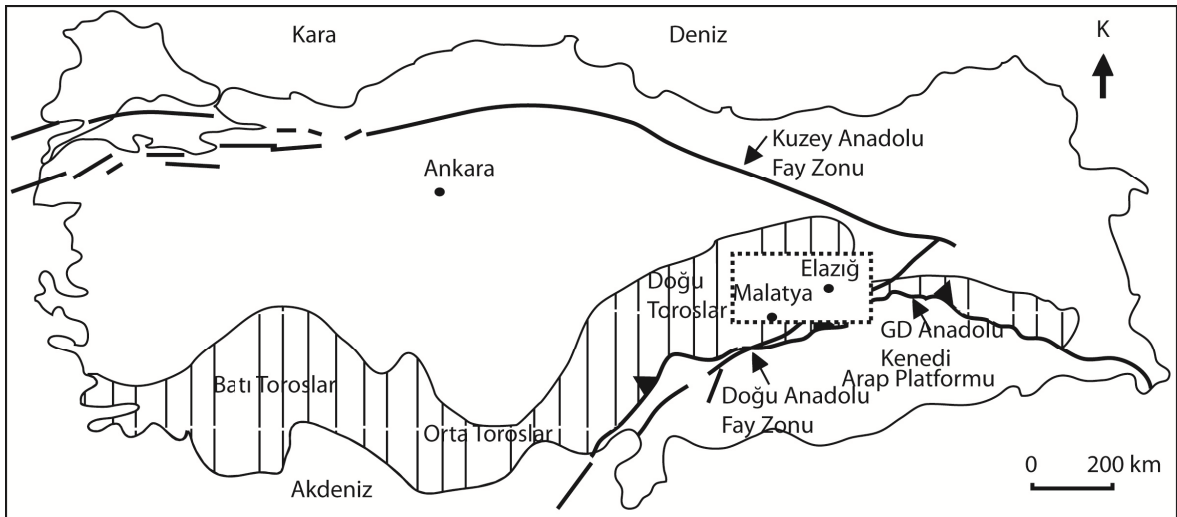
Revan ve Genç (2003), tarafından Malatya-Yeşilyurt altınlı florit cevherleşmesinin diskordans düzlemlerine bağlı paleokarstik bir yatak olduğunu ve bölgede Genç Eosen'den beri devam eden karşılaşma süreçleriyle oluştuğunu düşünmektedir.

Lipinski ve diğ. (2003), yaptığı bu çalışmada Norveçşelfi ve Barents Denizindeki Jura-Kretase siyah şeyllerinde yüksek oranda iz metal zenginleşmesi olduğunu ve tabakalar arasında özellikle disoksik şartlarda yüksek Re/Mo oranı bulunduğunu söylemektedir. Bölgedeki şeyllerde, önemli oranda nadir iz elementleri (Ag, Bi, Cd, Mo, Re, Sb, Th, U kadar Co, Cu, Cr ve Ni gibi) biriktirdiği ve bunların ortamda sülfid olarak veya Fe, Mo olarak çökmesinde ortamdaki organik maddelerin büyük rol oynadığını ileri sürmüşlerdir.

Bozkaya ve diğ., (2007), ‘Güneydoğu Anadolu Metamorfik Kompleksinin Kökeni ve Evrimi’ çalışmasında Keban ve Malatya Metamorfitleri’nin petrografisi ayrıntılı olarak incelenmiştir.

1.3. Çalışma Alanının Genel Jeolojisi

Ketin (1976), Türkiye’yi dört ana tektonik birliğe ayırmıştır. Bunlar kuzeyden güneye Pontitler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrım Kuşağıdır. Çalışma alanı (Elazığ ve Malatya) Türkiye’nin tektonik birlikleri açısından Doğu Torid (Toros Orojenik Kuşağı) kuşağında yer alır (Şekil 1.2). Bu çalışma alanındaki önemli birimler: Metamorfik kayalar (Keban, Malatya, Pütürge Metamorfitleri), Kömürhan Ofiyolitleri, Elazığ Magmatitleri ve Maden Karmaşığı’dır (Şekil 1.3).



Şekil 1.2. Torosların konumu, Türkiye’de bazı ana tektonik yapılar (Yazgan ve Chessex 1991’den sadeleştirilmiştir)

Çalışma alanındaki Malatya Metamorfitleri’nin güneydoğusunda Pütürge Metamorfitleri ve Maden Karmaşığı, doğusunda Kömürhan Ofiyoliti, kuzey ve güney

doğusunda Elazığ Magmatitleri ve kuzey batısında genç sedimanter birimler yer almaktadır. Keban Metamorfileri'nin güneyinde Elazığ Magmatitleri, kuzey ve kuzeybatısında Kuvaterner yaşlı güncel çökeller yer almaktadır.

Pütürge Metamorfileri (Prekambriyen) genellikle mikaşistlerden oluşan bu birim, Perinçek (1978) tarafından Pütürge dolaylarında yüzeylemesi nedeniyle adlandırılmıştır. Yazgan ve diğ., (1983) Pütürge Metamorfileri'ni Pütürge-Bitlis suture alanı kuzeyinde yeşilşist ve amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış, metamorfizma ile eş yaşlı tektonik oluşum belirtileri gösteren allokon kütle için kullanmıştır. Sungurlu ve diğ., (1985) Elazığ-Hazar-Palu civarında yaptıkları çalışmada birimin yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirdiğini söylemişlerdir. Yazarlar birimin yeşil, sarımsı, kahverengi, grimsi sarı, gri, granatlı kuvarslı şist, kuvarslı biyotitli şist, yer yer mermer ve kalkıştten oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Perinçek ve Kozlu (1983) ise doğu ve güneydoğu Anadolu'da yaptıkları çalışmada Pütürge Metamorfileri'nin kuvars-biyotit-şist, muskovit şist ve az miktarda kalk-şistten oluştuğunu ve genellikle açık gri-kahverengimsi, gri renkli görünümde olduğunu belirtmişlerdir. Birim ayrıca mermer ara seviyeleri içermektedir (Yılmaz, 1971; Yazgan, 1981,1984; Şahin ve Işık, 2010).

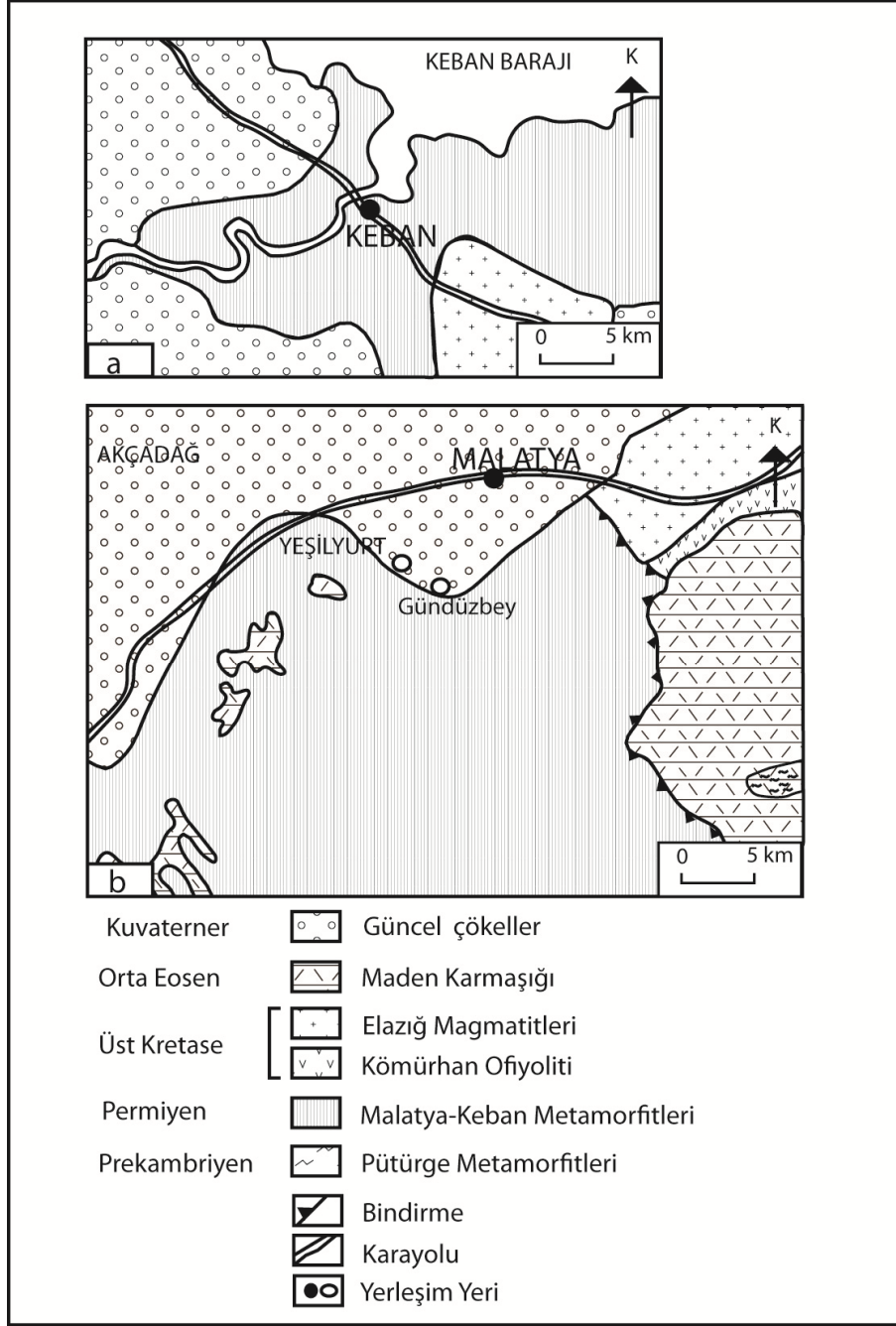
Kömürhan Ofiyoliti (Üst Kretase) ilk defa Yazgan (1981, 1984) tarafından adlandırılmıştır. Kömürhan Ofiyoliti'nin tam bir okyanusal litosfer kesiti sunduğu ve tabandan tavana doğru tektonitler, kümülatlar, izotrop gabrolar, levha dayk kompleksi ve volkanitlerden oluştuğu belirtilmiştir, ayrıca ofiyolitik birimin toleyitik karakterli bir magmadan türediği ve okyanus içi dalma-batma zonu üzerinde oluştuğu söylenmiştir (Yazgan, 1983; Bingöl, 1986; Beyarslan, 1996; Beyarslan ve Bingöl, 2000; Rızaoğlu, 2006).

Elazığ çevresinde geniş yayılım sunan Üst Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri'nin diyorit, monzodiyorit, kuvars diyorit ve tonalitten oluşan derinlik kayaçları, bazaltik yastık lavlar, lav akıntıları, andezitler ve andezitik piroklastiklerden oluşan yüzey kayaçları ile anılan tüm bu birimleri kesen granitik bileşimli plütonik kayaçlar ile dasit bileşimli volkanik kayaçlar ve volkano sedimanlardan oluşan geniş kaya grubuna sahip magmatiklerden oluşmuşlardır. Elazığ Magmatitleri'ne ait derinlik kayaçlarının Üst Kretase yaşlı Kömürhan Ofiyolitleri'ni de kestiğini belirten çalışmacılar birimin Üst Triyas'tan itibaren açılmaya başlayan Neotetis'in güney kolunun Üst Kretase'den itibaren kuzeye doğru dalımı ve buna bağlı olarak üstteki levhada meydana gelen okyanus içi

dalma batma zonu (Suprasubduction zone) üzerinde oluşan Kömürhan Ofiyoliti üzerinde meydana gelen kalkalkalen seriye ait adayı ü rünü oldu ğ unu ifade etmişlerdir. Yazgan, 1984; Bingöl, 1984; Akgöl, M., 1987, 1991; Aksoy, 1994 tarafından ayrıntılı incelenmiştir.

Tipik olarak Elazığ'ın Maden ilçesi ve çevresinde gözlenen bu birimi ilk defa 'Maden Birimi ' diye adlandıran araştırmacı Rigo de Righi ve Cortesini (1964) olmuştur. Perinçek (1978) tarafından ilk defa birim, Maden Karmaş ığı olarak adlandırılmış tır. Hempton (1984, 1985), Maden Karmaş ığı (Orta Eosen) adını aynen kabul edip, tabandan tavana doğru; taban konglomerası, masif kireçtaşı, pelajik kireçtaşı, kırmızı ç amurtaşı, bazaltik andezitik volkanitler ve volkano klastitler olmak üzere yedi litofasiyese ayırarak incelemiştir. Orta Eosen'deki ada yayının bir bölümü üzerindeki bazaltik-andezitik bir volkanizmanın etkin oldu ğ u kenar havza ç ökelleri oldu ğ unu söylemiştir. (Erdoğan, 1977, 1982; Özkaya, 1978; Yazgan, 1981, 1984; Bingöl, 1988; Özçelik, 1985; Sungurlu ve diğ., 1985; Yiğ itbaş ve diğ., 1993; Önal ve Bingöl, 1996; Robertson ve diğ., 2007).

Ç alış ılan birim Keban ve Malatya Metamorfitle ri olup örnekler bu birimlerden alınmıştır. Keban ve Malatya Metamorfitle ri'nin jeolojisi ayrıntılı olarak açıklanmıştır.



Şekil 1.3. a) İnceleme alanının (Elazığ) jeolojik haritası (MTA 2002'den sadeleştirilmiştir).
b) İnceleme alanının (Malatya) jeolojik haritası (MTA 2002'den sadeleştirilmiştir).

1.3.1. Malatya Metamorfikleri

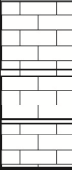
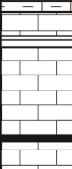
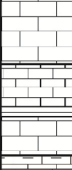
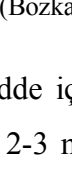
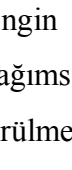
Arni (1937) ve Yiğitbaş (1989) tarafından Malatya Metamorfikleri adı altında incelenmiştir. Yazgan ve diğ., (1983), Asutay (1985) tarafından birim ile Keban Metamorfikleri arasındaki litolojik ve paleontolojik benzerlikler tartışılıp birime Malatya-Keban Metamorfikleri adı verilmiştir. Perinçek ve Özkaya (1981) Malatya Metamorfikleri'nin Keban mikro-kıtasına ait olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışma alanında geniş bir yayılım sunan oldukça kıvrımlı, kırıklı ve kendi içerisinde ekaylı bir yapıya sahip olan Malatya Metamorfikleri'nin tabanından tavanına kadar şimdiye kadar düzenli bir istif tespit edilememiştir. Özellikle, Görgü kuzeyindeki koyu gri renkli dolomit ile mermerlerde bol miktarda *Mizzia* ve fusulinler tespit edilmiş olup *Dagmarita* sp., *Geinitzina* sp., *Mizziavelebitina*, *Paraglabialvulina mira*, *Stafella* sp. fosillerle de Üst Permian yaşı saptanmıştır (Güdücü, 1994).

Malatya Metamorfikleri üst (mermer) ve alt (şist, kalkışist) metamorfik birimlere ayrılmıştır (Şekil 1.4). Bu çalışmada Malatya Metamorfikleri sleyt ile kısmen laminalı mermer ve üst metakarbonatlar, mermerler ile kısmen laminalı sleyt, alt metapelitler olarak incelenmiştir (Yalçın ve diğ., 1999).

Alt metapelitlerin ana litolojisi, yeşilimsi-kahverengimsi sleytler ve yeşilimsi-kahverengi laminalı sleyt ile kalın kireçtaşları ve yeşilimsi metakumtaşlarıdır. Metapelitik kayalar metaklastikler (metakumtaşları ve metasilttaşları) ve metakarbonatlar (mermer ve dolomitik mermer) ile kısmen aralanmıştır (Bozkaya ve diğ., 2007).

Üst metakarbonatlar kısmen breşli grimsi siyah-kahverengi mermerler ve dolomitik mermerlerden oluşan kalın tabakalı, az metavolkanit, metakumtaşı, metasilttaşı ve ara katkılı sleyt içerir. Bu kayalar tipik granoblastik dokuludur ve bazı seviyelerde bükülmüş laminalı sleyt içerir (0.5-2 mm kalınlık). Bu kayalar laminalı sleyt ile mermerler içerir, düşük dereceli metamorfizmadan dolayı birincil sedimanter özelliği yansıtır (metamorfik farklılaşma etkilerinden hariç) (Bozkaya ve Yalçın, 2004b). (Önal, 1986, 1995; Cengiz ve diğ., 1991; Yılmaz ve diğ., 1993; Turan ve diğ., 1993) .

Sistem	Grup	Birim	Kayaç	Litoloji
Karbonifer-Triyas	Malatya Metamorfikleri	ÜST METAKARBONAT		Mermer ile sleyt ve metasilttaşı arakatkılı
				mermerler ile laminalı sleyt
				klorit mermer
				mermer ile laminalı sleyt
				sleyt ve metasilttaşı
				mermer
				sleyt ve metasilttaşı
		ALT METAPELİT		metasilttaşı
				kloritoyid fillit
				
				

Şekil 1.4. Malatya Metamorfikleri'ne ait dikme kesit (Bozkaya ve diğ., 2007 den düzenlenmiştir ölçeksizdir).

Malatya Metamorfikleri'nde organik madde içeren kireçtaşı ve şeyl seviyeleri değişik kalınlıklardadır. Örneğin Cafana'da şeyller 2-3 m kalınlığa ulaşmaktadır. Yeşilyurt'ta taş ocağında (Şekil 1.5) organik maddece zengin şeyl ve kireçtaşı kalınlıkları 10-15 cm civarındadır. Organik madde tamamen toprağımsı şeyller içinde olduğu gibi koyu ve/veya açık gri renkli kireçtaşları içinde de görülmektedir. Sincik yolunda organik madde tamamen kireçtaşları içindedir ve bu kısımlarda şeyl görünmemektedir (Şekil 1.6 ve Şekil 1.7).



Şekil 1.5. Malatya Metamorfikleri'nin (Taş ocağı) organik madde içeren kireçtaşları ve şeyllerden görünüm (G bakış)



Şekil 1.6. Malatya Metamorfikleri'nin (Malatya-Cafana) Pb-Zn yataklarında organik madde içeren şeyllerden bir görünüm (GB bakış)



Şekil 1.7. Malatya Metamorfikleri'nin (Malatya-Cafana) Pb-Zn yataklarında organik madde içeren şeyllerin yakından görünümü (GB bakış)

1.3.2. Keban Metamorfikleri

Jeolojik olarak Anadolu'nun Toros Tektonik Birliği'ne bağlı bulunan Keban Bölgesi'nin yakın çevresi (Kipman, 1976 ve 1982; Asutay, 1987, 1988; Yazgan ve Chessex, 1991; Yılmaz, 1993; Akgül, B., 1987; Akgül, M., 1987; Kürüm, 1987; Turan ve Bingöl, 1991; Sağıroğlu, 1992; Yılmaz ve diğ., 1993) Keban Metamorfikleri adı altında ayrıntılı incelenmiştir.

Bölgesel çalışmalarda birimin düşük derecede metamorfizma geçirmiş mermer, şist, sleyt, siyah fillit ve çok ender olarak meta-konglomeraları içerdiği belirtilmiştir.

Yazgan (1984)'a göre Keban Metamorfikleri'nin metamorfizması yay magmatizmasına bağlı olarak gelişmiştir, ancak Bingöl (1984)'ün amfibolitlerde kısmi ergime saptamış olması ve Özgül ve Turşucu (1984) tarafından Keban yöresinde metamorfizmanın bölgesel metamorfizma şeklinde yorumlanması; Keban Metamorfikleri'nin kısmende bölgesel metamorfizmayla başkalaşıma uğradığını göstermektedir.

Bu birim Asutay ve diğ., (1986) tarafından alt bölümlere ayrılmıştır; alt şist, alt mermer, üst şist ve üst mermer. Bu kayalar üzerinde petrografik incelemeler başlıca sleyt, fillit ve

metakireçtaşı ve/veya metadolomit olarak gösterildiği kadar marn ve şist için metakarbonat ve metapelit terimleri tercih edilmiştir (Şekil 1.8).

Alt metapelit üyesi- Keban Metamorfitleri'nin alt kısımları gri-siyah metakarbonat kayaçları ile arakatlı kalk-şist ve gri-siyah kalk-fillit, fillit içerir ve siyenit intrüzyonlarının kenar boşlukları boyunca garnet zonları ile - yaygın metamorfizma geçirmiştir. Kalk- fillit ve nadir kuvars – fillit fillosilikatce zengin kısımlarda tipik büküm dilinim gösterir. Metakarbonat kayaçlar metakireçtaşları mikrolaminalar ve marn (tipik granoblastik doku) içerir. Ayrıca siyenitik intrüzyonlar yakınında metamorfizma geçirdiğinden, garnet (andradit), tremolit, albit ve epidot içerir. Alt metakarbonat üyesi pembe dolomitler ve gri-siyah rekristalize kireçtaşı içerir.

Üst metapelit üyesi alt metakarbonat üyesi üzerine uyumsuz yatmaktadır; gri-kahve metakonglomeralar onun tabanında meydana gelir, metakarbonat birim altından elde edilen ince çakıl uzun eksenleri şistozite ile paralel uzanır. Ana litolojileri gri-yeşil metabazik (epidot-albit-aktinolit-klorit şist) kayaçlar, gri-siyah metakireçtaşı ve kuvarsit arakatlıları ile gri fillit (kalsit-epidot-albit-biyotit-fillit, kalk-fillit, albit-kuvars fillit, albit-mikaklorit fillit, albit-muskovit fillit) dir. Fillitler tipik büküm dilinim ile karakterize edilmiştir. Metakarbonat seviyeler ince mikrolaminalı fillit içerir ve fillit laminasyonları ile metakireçtaşı/mermer olarak sınıflandırılabilir. Metabazik seviyeler epidot+tremolit/aktinolit+klorit+albit±biyotit mineral parajenezine sahiptir. Ayrıca, organik maddece zengin seviyeler fillit ve kristalize kireçtaşlar içinde 2-3 metreye kadar kalınlıkta birimin üst seviyelerinde karakteristiktir (Bozkaya ve Yalçın, 2004b).

Sistem	Grup	Birim	Kayaç	Litoloji
Karbonifer-Triyas	Keban Metamorfitleeri	ÜST META-KARBONAT		Kristalize kireçtaşları-metamarn
		ÜST METAPELİT		Kristalize kireçtaşı ile organik maddece zengin metamarn ve sleyt arakatkıları
				Metakireçtaşı, kuvarsit ara katkılı fillitler
				Metakonglomera
		ALT META-KARBONAT		Kristalize kireçtaşı ve dolomitler
		ALT METAPELİT		siyenitik intrüzyon etrafında Fillitler ve kontakt metamorfik mermerler

Şekil 1.8. Keban Metamorfitleeri'ne ait dikme kesit (Bozkaya ve diğ., 2007 den düzenlenmiştir ölçeksizdir).

Keban Metamorfitleeri'nde üst metapelitlerde kireçtaşı ve organik madde içeren litolojilerin araldanmasının olduğu yerlerden örnekler alınmıştır. Organik madde seviyelerinin kalınlığı milimetre seviyesinden metreye kadar değişmektedir. Keban yöresinde örneklenen bölgelerde tabaka kalınlıkları 5-10 cm civarındadır. Organik maddece zengin (şeyl) oldukça yumuşak olup, toprağımsı özellikler taşımaktadır. Organik

maddece zengin kireçtaşları siyah, koyu gri ve aç ı gri renklerde gözlenmektedir. Keban ilçesinin güneyinde alınan örnekler genelde organik madde, kireçtaşı ar dalanması milimetre düzeyindedir (Şekil 1.9, 1.10 ve Şekil 1.11).



Şekil 1.9. Keban Metamorfitleri'nin (Elazığ-Keban karayolu) organik madde içeren kireçtaşları ve şeyllerin görünümü (KB bakış)



Şekil 1.10. Keban Metamorfitleri'nin (Elazığ-Keban karayolu) organik madde içeren kireçtaşları ve şeyllerin görünümü



Şekil 1.11. Keban Metamorfitleri'nin (Elazığ-Keban karayolu) organik madde içeren kireçtaşları ve şeyllerin görünümü(KB bakış)

1.4. Keban ve Malatya Bölgeleri'ndeki Cevherleşmeler

İnceleme alanlarında birçok sülfürlü ve oksitli cevherleşmeler bulunmaktadır. Bu cevherleşmeler hakkında özet bilgiler aşağıda verilmiştir.

Keban Cevherleşmeleri

Öztunalı (1989), tarafından polimetalik bir cevher provensi olarak nitelendirilen Keban bölgesi Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, F, W, Mo, Au, ve Ag elementlerinin değişik sülfür ve oksit minerallerinden oluşan birincil ve ikincil cevherleşmeler ile Doğu Anadolu'nun en önemli metalik maden yatakları bölgesi olarak bilinmektedir. Görgü cevherleşmeleri dışında Malatya Metamorfitleri içinde birçok lokasyonda ince Pb-Zn damarları gözlenmektedir (Dirim ve diğ., 1985; Yiğit, 1989; Hanelçi, 1991 ve 1996; Çelebi ve Hanelçi, 1998; Kalender ve Hanelçi, 2001).

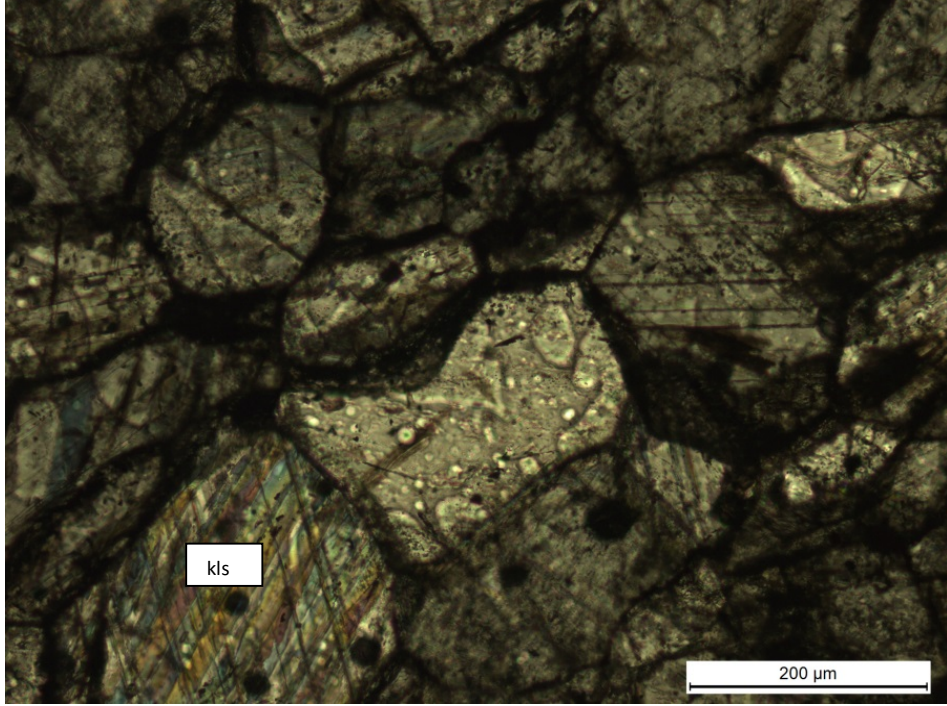
Malatya Cevherleşmeleri

Görgü (Malatya -Yeşilyurt) karbonatlı çinko cevherleşmeleri karbonatlı cevherler, zayıf karbonatlı cevherler, saçınımlı ve masif sülfid cevherler olmak üzere farklı özellikler göstermektedir (Stendal ve diğ., 1986; Tüfekçi ve Ulutürk, 1987; Sağiroğlu, 1988; Pratt, 1990; Güdücü, 1994). Görgü cevherleşmeleri dışında Malatya Metamorfitleri içinde birçok lokasyonda ince Pb-Zn damarları gözlenmiştir.

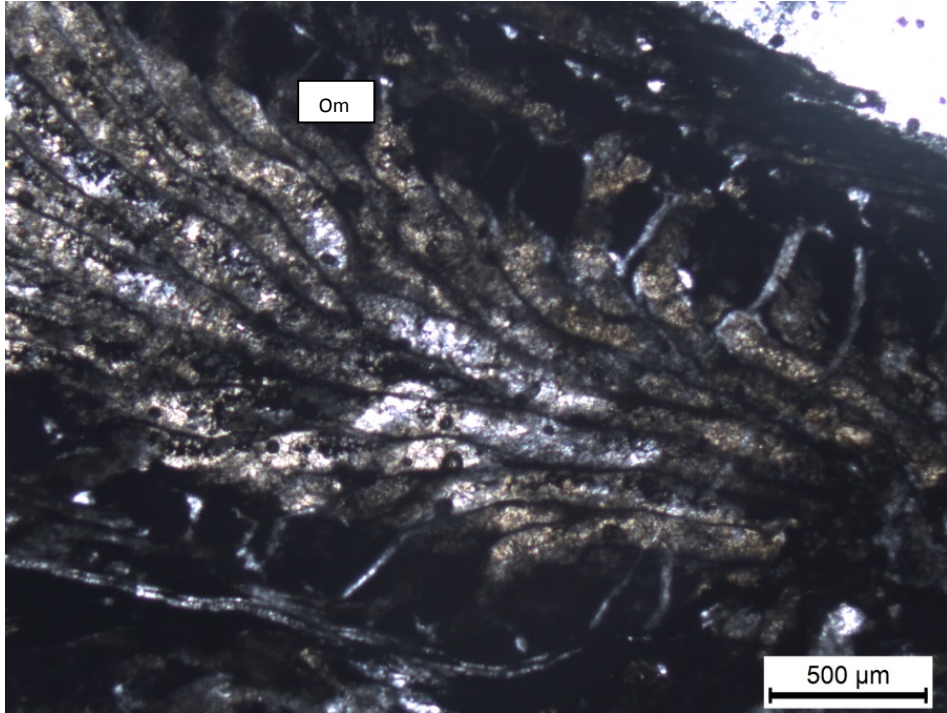
1.5. Mikroskop Çalışmaları

Çalışma alanı içinde gözlenen birimlerden (Keban ve Malatya Metamorfitleri'nden) alınan kayaç örneklerinden ince ve parlak kesitleri yapılarak kayaçların mineralojik ve petrografik özellikleri incelenmiştir. Böylece hem kimyasal analiz için örnek seçimi hemde analiz yöntemleri saptanmıştır.

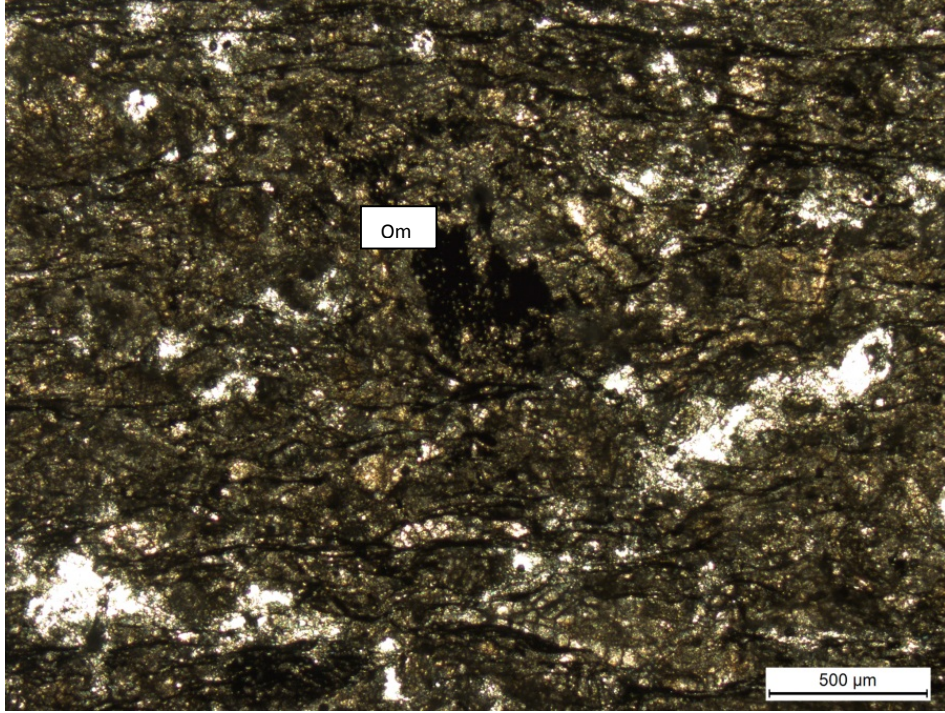
Geçirgen ışık mikroskobisinde şeyl örneklerinin kil mineralleri, organik madde, kalsit ve kuvars minerallerinden oluştuğu görülmektedir. Organik madde, kesitlerde zayıf metamorfizma dokuları gösteren bantlar halindedir (Şekil 1.14). Organik maddeli kireçtaşlarında asıl bileşen kalsit mineralleri olup çok az sayıda kuvars minerali ve kalsit mineralleri arasında matriks olarak organik madde yığılımları bulunmaktadır (Şekil 1.12). Organik madde miktarı kayacın renk koyuluğuyla doğrudan orantılıdır. Bilhassa şeyllerde fosiller yaygın olarak görülebilmektedir. Örneğin Cafana şeyllerinde oldukça fazla sayıda fosil bulunmaktadır ve bu fosillerden çoğunluğu Bryozoan ve Mercan fosilleri olup (Şekil 1.13) Bryozoan fosili Ordovisiyen'den güncele kadar yaş aralığı vermektedir.



Şekil 1.12. Organik maddece zengin kireçtaşları içinde kalsit mineralleri (Geçirgen ışık, kls:kalsit) (K2-1: Keban)



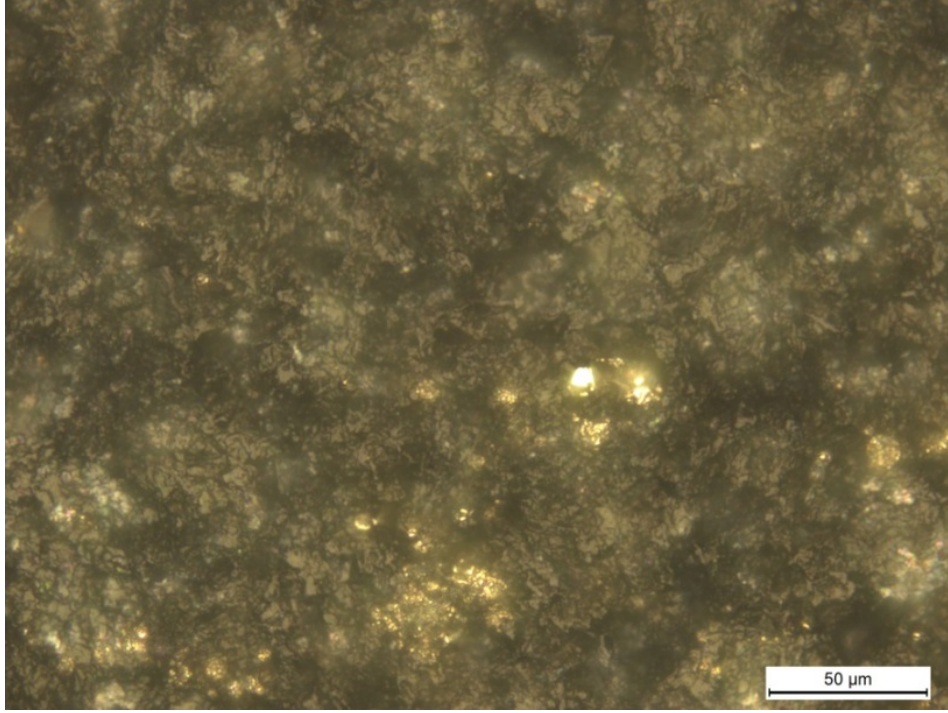
Şekil 1.13. Organik madde içinde Bryozoan fosili (Geçirgen ışık, OM: organik madde) (MC-2:Malatya)



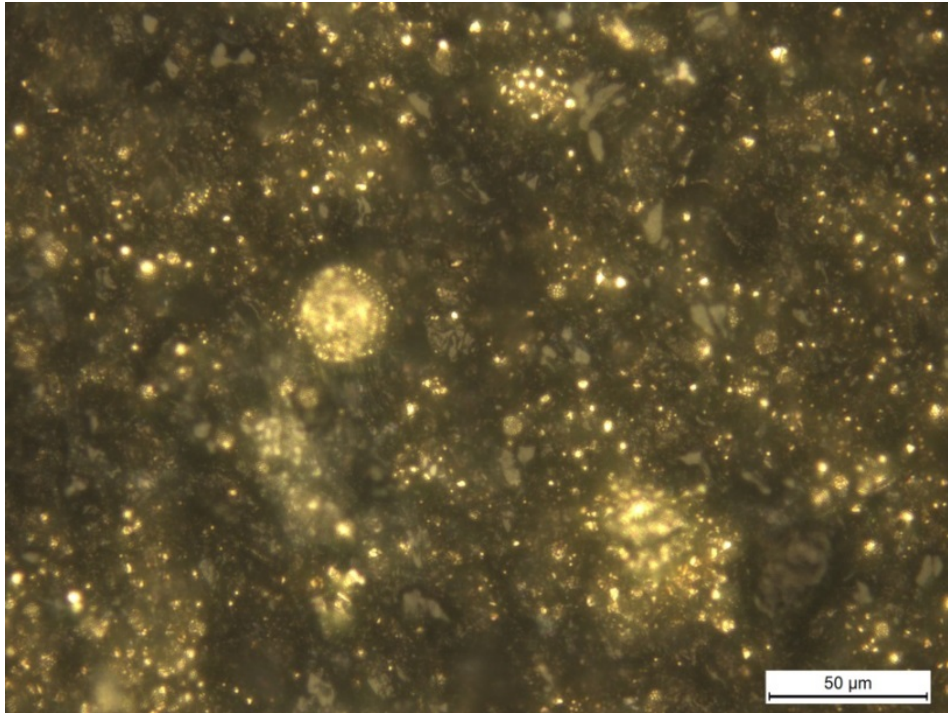
Şekil 1.14. Organik madde bantları (Geçirgen ışık, OM: organik madde) (MC-1: Malatya)

Parlak kesit incelemelerinde cevher minerali olarak sadece piritler ayırtlanabilmiştir (Şekil 1.15, Şekil 1.16. ve Şekil 1.17.). Piritler iki şekilde bulunmaktadır; özşekli ve framboidal piritler. Pirit framboidlerin (küresel pirit) oluşumu oldukça tartışmalı olup bu konuda pek çok araştırma yapılmıştır (Sweeney ve Kaplan, 1973; Graham ve Ohmoto, 1994) ve bu araştırmaların sonuçlarına göre tüm framboidal (küresel) piritlerin oluşum mekanizması dört ardışık fazda gelişmiştir: 1) nükleasyon ve ilk demir monosülfid mikrokristallerinin büyümesi; 2) monosülfid (FeS) mikrokristallerinin greigite (Fe_3S_4) dönüşümü 3) eşit boyutlu greigite mikrokristallerin yani framboidlerin büyümesi 4) framboidlerdeki greigitin piritte dönüşümü (Wilkin ve Barnes, 1997). Bu dört fazlı dönüşüm bütün araştırmacılar tarafından kabul edilmesine rağmen bazı araştırmacılar ilk aşamadaki demir mono sülfidlerin mikro organizmalar üzerinde gelişmeye başladığını iddia etmektedirler. Bu konudaki en eski görüş bakteri kolonilerinin piritik fosilleşmesi şeklindedir (Love, 1957).

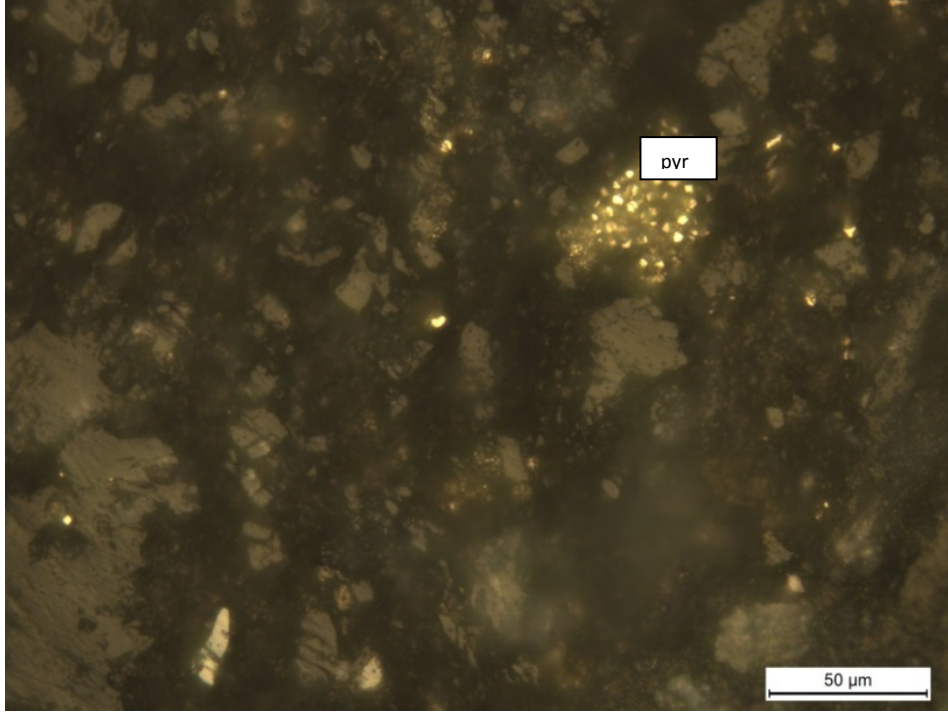
Framboidal morfoloji anoksik havzaları işaret ettiğinden, organik maddece zengin tüm litolojiler ve anoksik havzalarda gelişmiş tortul kayalarda gözlenir (Vallentyne, 1963).



Şekil 1.15. Organik madde içinde framboidal pirit taneleri (Yansıyan ışık) (MC-4: Malatya)



Şekil 1.16. Organik madde içinde framboidal pirit (Yansıyan ışık) (MS-5:Malatya)



Şekil 1.17. Organik madde içinde framboidal pirit (Yansıyan ışık, pyr: Pirit) (MT-3:Malatya)

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma alanını oluşturan Keban ve Malatya Metamorfitleri içerisinde çok yaygın olarak organik madde içeren litolojiler bulunmaktadır. Bunların tamamının örneklenmesi çok aşırı bir çalışma yükü ve maliyeti getireceğinden sadece cevherleşmelerle ilişkili bölgelerdeki organik madde içeren litolojiler örneklenmiştir. Örnek alım yerleri iki bölgeyi kapsamaktadır; Malatya (Yeşilyurt, Sincik Yolu ve civarı) ve Elazığ (Keban ilçesi güneyi ve yol güzergâhı). Malatya bölgesinden; karbonatlı kayaç (MS-2, MS-1, MT-4, ST-2, MT-2, MS3.1, ST-1) ve şeyl (MC-1, MC-4, MC-6, MC-5, MT-3, MS-5, MC-2, MC-3, MT-1) örnekleri analiz için alınmıştır. Keban bölgesinden; karbonatlı kayaç (K2-1, K2-3, K2-5, K3-1, K4-1, K4-2) ve şeyl (K1-1, K1-2, KP6-3, K2-4) örnekleri analiz için alınmıştır.

2.2. Kimyasal Analizler

Malatya bölgesinden 16 tane ve Keban bölgesinden 10 tane kayaç örneği alınıp çeşitli kimyasal analizler yaptırılmıştır. Çalışma alanından derlenen örnekler ve her örnekte yapılan analizler aşağıda verilmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Çalışma alanından alınan örneklerde yapılan analizler

Örnek Bölgeleri	Örnek No	Kayaç Türü	Metod (ICP)				TOK	Toplam S	İnce Kesit	Parlak Kesit
			4A-4B	1DX	1F	4B	2A-C	2A-C		
Malatya	MT-2	karbonat	X							
	MC-5	şeyl	X				X			
	MS3.1	karbonat	X	X			X			
	ST-1	karbonat	X							
	MS-2	karbonat			X			X		
	MS-1	karbonat			X			X		
	MT-4	karbonat			X			X		
	ST-2	karbonat			X			X		
	MC-1	şeyl			X			X	X	
	MC-4	şeyl			X		X	X		X
	MC-6	şeyl			X			X		
	MT-3	Şeyl					X			X
	MS-5	şeyl								X
	MC-2	şeyl							X	
	MC-3	şeyl		X		X	X			
	MT-1	şeyl		X		X	X			
Keban	KP6-3	şeyl	X							
	K2-1	karbonat			X			X	X	
	K2-3	karbonat			X			X		
	K2-5	karbonat			X			X		
	K3-1	karbonat			X			X		
	K4-1	karbonat			X			X		
	K4-2	karbonat			X			X		
	K1-1	şeyl			X			X		
	K1-2	şeyl			X			X		
	K2-4	şeyl		X		X	X			

Malatya ve Keban'dan alınan kayaç örnekleri üzerinde toplam karbon, toplam kükürt, ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Toplam sülfür (Total S) ve toplam karbon (TOC) Leco yöntemiyle, ana, iz ve nadir toprak element tayinleri ise ICP-AES ve ICP-MS teknikleri ile ACME Analitik Laboratuvarlar'ında yaptırılmıştır. Toplam ana oksitler (4A-4B) lityum metaborat/tetraborat füzyon ve nitrik asitle parçalanma ve seyreltilmesinden sonra ICP-AES ile analiz edilmiştir. Ayrıca örneklerin bir kısmı 1DX metoduyla 0.5 gr örnek üzerinde 95⁰C de sıcak kral suyunda (3HCL-HNO₃ asitleri) yıkanarak lityum metaborat/tetraborat füzyon ve nitrik parçalama seyreltilme yöntemiyle

nadir toprak ve iz elementler ICP-MS ile analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin diğer bir kısmı ise 4B metoduyla ICP-MS ile toplam iz element, nadir ve refrakter elementler (0,2gr) lityum metaborat/tetraborat füzyon ve nitrik parçalama seyreltilme yöntemiyle ICP kütle spektrometre tarafından analizi saptanmıştır. Grup 1F ile de kayaçlarda 0.5, 15 ya da 30 gr örneklerin kral suyunda parçalandıktan sonra ICP kütle spektrometre analizi yaptırılmıştır. LOI (Ateşte kayıp) 1000°C’de yakılma sonrası ağırlık farkıdır. Toplam kükürt ve toplam karbon Leco yöntemiyle (2A-C) ACME Analitik Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Toplam organik karbon (TOK) analiz yöntemi, öğütülerek toz haline getirilmiş kayaç örneklerinin HCl ile işlem görerek kalsiyum ve magnezyum karbonatlar (CaCO_3 ve MgCO_3) uzaklaştırıldıktan sonra Leco krozelerinde O_2 gazı yardımıyla yakılması (2000°C) esasına dayanmaktadır. Analiz sonucunda 1gr kayaç içerisindeki karbon miktarı yüzde olarak belirlenmektedir. Aynı yöntemle toplam kükürt analizleri de gerçekleştirilmiştir. Bu analiz için karbonatların asitle uzaklaştırılma işlemi yapılmamıştır.

2.3. Büro Çalışmaları

Arazi ve kimyasal analizlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması büro çalışmalarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar, ulusal ve uluslararası literatürlerin taranması, arazi çalışmasından elde edilen verilerin tablo ve şekillere aktarılarak yorumlanması ve tez yazımını kapsamaktadır.

3. BULGULAR

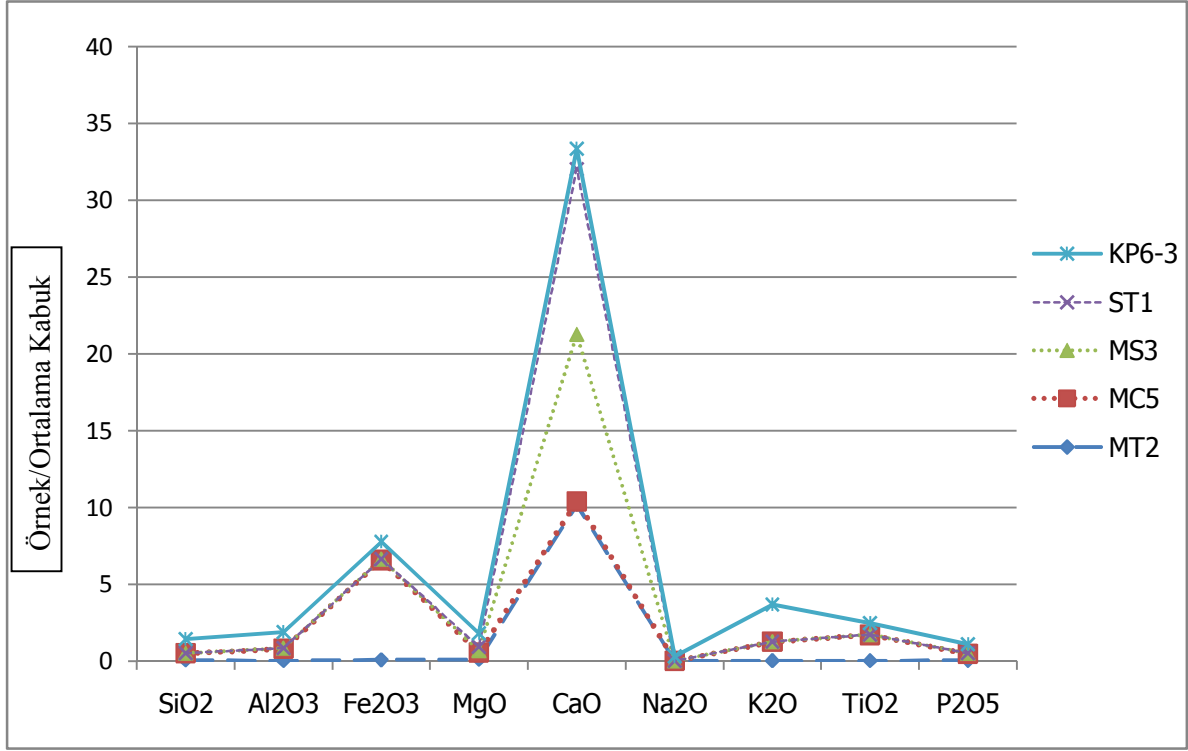
3.1. Ana Element Jeokimyası

Amaca yönelik seçilen 5 adet kayaç örneği (karbonatlı kayaç örnekleri; MT-2, MS3.1, ST-1 ve şeyller MC-5, KP6-3) ana oksitler; SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, Cr₂O₃ ve TOT/S, C/ORG için analiz edilmiştir (Tablo 3.1).

Keban ve Malatya bölgelerinden alınan örneklerin CaO, SiO₂, Fe₂O₃ ve K₂O ana oksit içerikleri yer kabuğu ortalamasına göre yüksek değerlerdedir. CaO bakımından yüksek olması bu kayaçların karbonat kayaçlar olduğuna, SiO₂ ise kıvrıntılılardan türeyen şeyll olduklarını göstermektedir (Şekil 3.1.). CaO genel olarak biyokimyasal kökenli olarak değerlendirilirken SiO₂, Al₂O₃, TiO₂ ve K₂O karasal kökene işaret etmektedir (Bogs, 2009).

Tablo 3.1. Ana oksitler (% ağırlık cinsinden verilmiştir, ** Turekian ve Wedepohl 1961, *Clarke ve Washington)

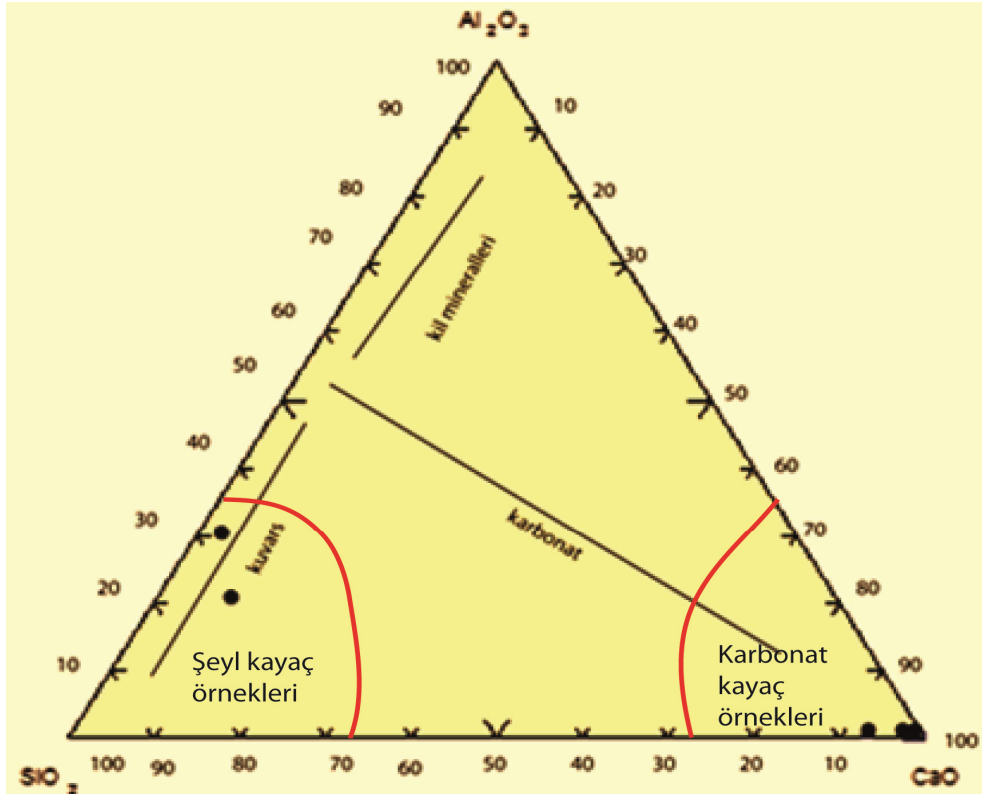
Oksitler	MT-2	MC-5	MS3.1	ST-1	KP6-3	Ortalama Şeyl**	Ortalama Kabuk*
SiO ₂	3.71	27.65	1.04	0.3	55.41	58,55	60.18
TiO ₂	0.02	1.79	0.02	0.01	0.8	0,77	15.61
Al ₂ O ₃	0.35	12.54	0.24	0.08	16.31	15,00	3.14
Fe ₂ O ₃	0.25	20.45	0.11	0.04	3.56	4,72	3.56
MgO	0.38	1.64	0.37	0.91	3.21	2,5	5.17
CaO	52.74	1.08	56.08	55.73	6.85	3,10	3.91
Na ₂ O	0.02	0.05	0.01	0.01	1.16	1,3	3.19
K ₂ O	0.08	3.94	0.04	0.03	7.75	3,10	1.06
P ₂ O ₅	0.01	0.13	0.01	0.01	0.17	0,16	0.3
Cr ₂ O ₃	0.002	0.014	0.002	0.006	0.015		
TOT/S	0.1	11.4	0.05	n.a	n.a		
C/ORG	n.a	3.18	0.53	n.a	n.a		
LOI	42.3	18.9	41.9	42.8	4.4		
Toplam	99.98	88.65	99.77	99.85	99.73		



Şekil 3.1. Organik maddece içeren kayaç örnekleri için ortalama ana element/ortalama kabuk değerler diyagramı (%)

Al_2O_3 değerleri örneklerde 0.08-16.31 arasındadır. Al_2O_3 özellikle feldispat ve kil minerallerinin fazla olduğu örneklerde yüksektir. CaO değerleri ise örneklerde 1.08- 56.08 arasındadır ve karbonat mineralleriyle doğru orantılıdır. SiO_2 içeriği 0.3-55.41 arasında olması değişik silikat minerallerinden kaynaklanmış olabilir (Boggs, 2009).

Şeyllerin SiO_2 , Al_2O_3 ve CaO 'den meydana gelen başlıca üç oksitin karışımından meydana geldiği kabul edilebilir. Bu nedenle SiO_2 - Al_2O_3 - CaO üçgen diyagramı yardımıyla çalışma alanındaki örneklerin litolojisi hakkında bir yorum yapılabilir. Şeyl ve karbonat kayaçlar belirgin olarak diyagramda farklı alanlara düşmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Organik maddeli kayaçların SiO₂, Al₂O₃, CaO değerler diyagramı

3.2. İz Element Jeokimyası

Keban Bölgesi

Keban Bölgesinden (Keban Metamorfitleri'nden) alınan 8 adet organik madde içeren karbonatlı kayaç ve şeyl örneği (karbonatlı kayaç K2-1, K2-3, K2-5, K3-1, K4-1, K4-2 ve şeyller K1-1, K1-2) iz element analizi yaptırılmıştır. Bu analizlerin sonuçları, dedeksiyon limitleri, istatistiksel değerler, kabuk ve karbonat ortalaması Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'de verilmiştir.

Organik madde içeren karbonat kayaçlara ait iz elementler, kabuk ortalamasına göre; Zn, Ag, U, Sb, Ba, Se ve Pb, karbonat ortalamasına göre ise; Zn, Co, Sr, Cd, Sb, Ba, Se ve Pb içerikleri oldukça yüksek değerlerdedir (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4).

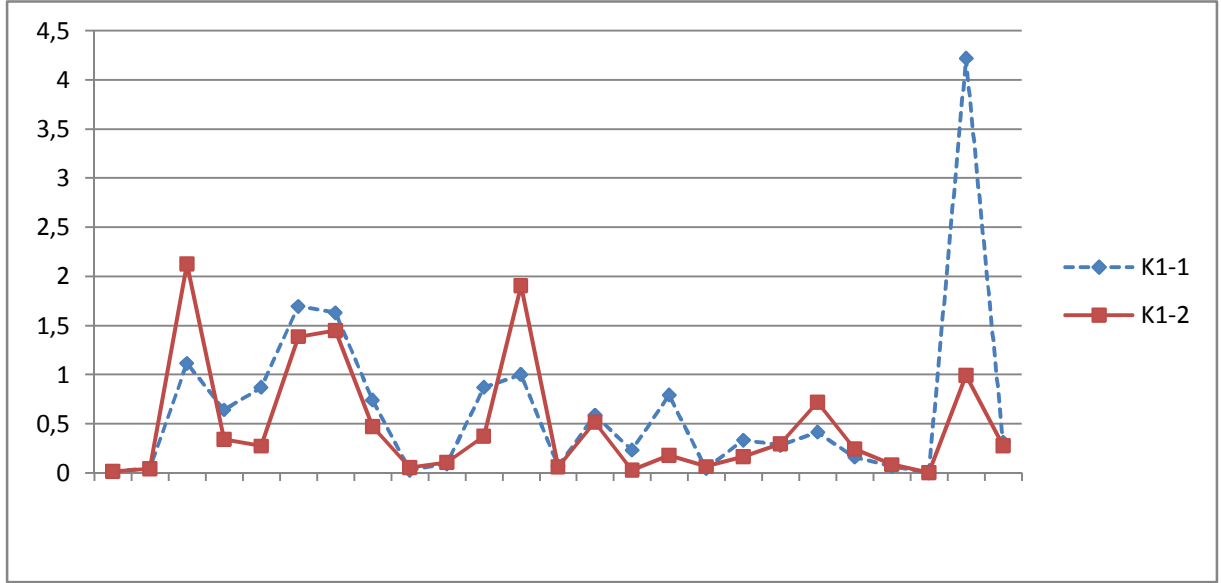
Organik madde içeren şeyllere ait iz elementler, kabuk ortalamasına göre; Zn, Co, Mn, As, Cd, V, Ba, B, Se, Cs ve Pb, şeyl ortalamasına göre ise Zn, Co, Mn, Cd, V, Ba, Cs ve Pb yüksek değerlerdedir (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6).

Tablo 3.2. Keban Metamorfitleri'ne ait organik madde içeren karbonatlı kayaların iz element içerikleri (ppm, ppb**, 1:Turekian ve Wedepohl 1961)

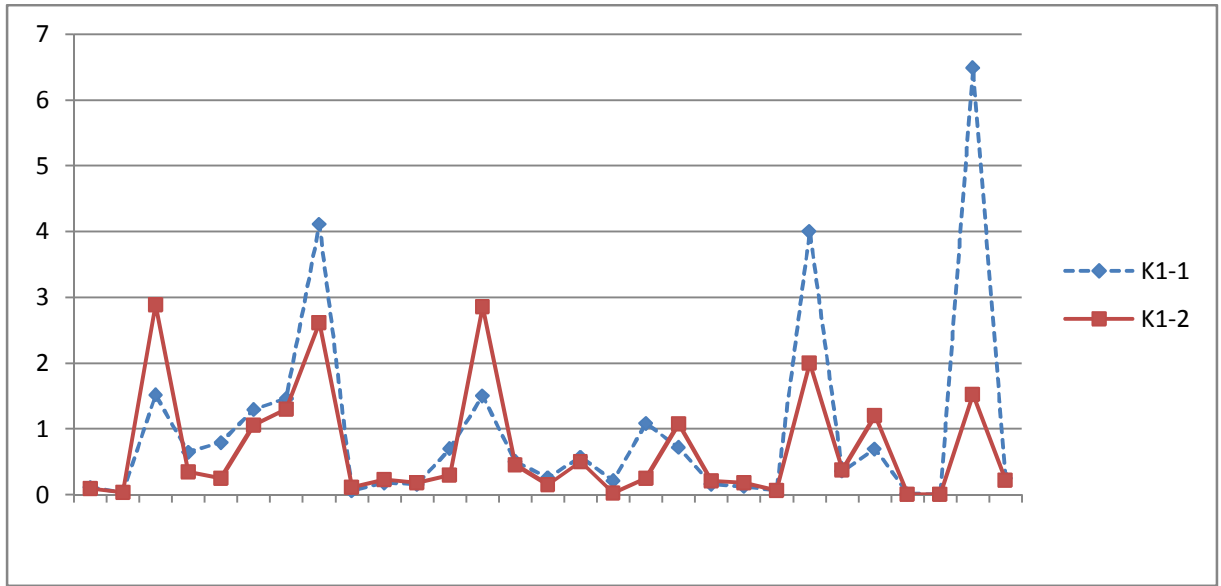
Örnek	K2-1	K2-3	K2-5	K3-1	K4-1	K4-2	Dedeksiyon Limiti	Standart Sapma	Ortalama	En Küçük	En Büyük	Karbonat ortalaması ¹	Kabuk ¹
Mo	0.32	0.21	0.22	0.2	0.14	0.18	0.01	0.05	0.21	0.2	0.32	0.3	1.5
Cu	6.41	2.12	1.87	1.48	1.49	1.48	0.01	1.77	2.47	1.48	6.41	4	55
Zn	145.3	25.9	89.6	17.3	48.1	16.4	0.1	46.78	57.1	17.3	145.3	20	70
Ag**	27	18	20	11	276	278	2	121.71	105	11	278	n.d	0.07
Ni	6.5	5.4	2.6	3.7	3.9	2.2	0.1	1.49	4.05	2.2	6.5	20	75
Co	2.5	1.2	0.5	0.7	0.6	0.3	0.1	0.73	0.96	0.3	2.5	0.1	25
Mn	170	115	45	92	67	44	1	44.14	88.83	44	170	1100	950
As	0.9	1.4	1.3	<0.1	0.5	0.7	0.1	0.34	0.96	<0.1	1.4	1	1.8
U	2	1.1	1	0.9	0.9	0.6	0.1	0.43	1.08	0.6	2.2	2.2	1.8
Au**	0.8	0.5	0.5	1.1	0.6	<0.2	0.2	0.22	0.7	<0.2	1.1	n.d	0.004
Th	1.5	0.6	0.2	0.5	0.3	0.2	0.1	0.45	0.55	0.2	1.5	1.7	7.2
Sr	1807	2427.4	3089.5	3211.5	2720.4	3356.1	0.5	530.36	2768.65	610	3356.1	610	375
Cd	0.4	0.15	0.27	0.1	0.3	0.06	0.01	0.11	0.21	0.04	0.4	0.04	0.2
Sb	0.09	0.15	0.04	0.06	0.6	0.74	0.02	0.28	0.28	0.04	0.74	0.2	0.2
Bi	0.05	0.02	0.04	0.03	<0.02	<0.02	0.02	0.01	0.035	<0.02	0.05	n.d	n.d
V	11	2	<2	<2	<2	<2	2	4.5	6.5	<2	11	20	135
Sc	2.1	1	0.3	0.5	0.4	0.4	0.5	0.63	0.78	0.3	2.1	n.d	100
Tl	0.06	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.5	0.01	0.04	<0.02	0.06	2.2	425
Cr	12.1	5.7	2	2.6	2.1	1.9	1	3.68	4.4	1.9	12.1	11	2.8
Ba	42.4	193.8	13.4	69.8	1049.7	958	0.1	439.97	387.85	13.4	1049.7	10	425
B	2	<1	<1	2	<1	<1	0.1	0	2	<1	2	n.d	22
W	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.02					0.6	0.5
Hg**	<5	<5	<5	11	34	37	5	11.61	27.33	<5	37	0.04	0.08
Se	0.4	0.1	<0.1	0.2	0.1	<0.1	0.1	0.12	0.2	<0.1	0.4	0.08	0.05
Te	0.26	0.23	0.41	0.28	0.31	0.33	0.02	0.05	0.30	0.23	0.41	n.d	0.01
Ga	1.7	0.4	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.55	0.46	0.1	1.7	4	15
Cs	0.92	0.31	0.11	0.11	0.19	0.06	0.02	0.29	0.28	0.06	0.19	n.d	3
Ge	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1					0.2	1.5
Hf	0.19	0.05	<0.02	0.08	0.03	<0.02	0.02	0.06	0.08	<0.02	0.19	0.3	3
Nb	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03	0.05	0.02	0.006	0.04	0.03	0.05	19	20
Rb	14.4	3.1	1.5	1.1	2.1	0.7	0.1	4.79	3.81	0.7	14.4	3	90
Sn	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0	0.2	<0.1	0.2	n.d	2
Ta	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05					n.d	2
Zr	6.1	2.6	0.9	3.5	1.7	0.8	0.1	1.82	2.6	0.8	6.1	31.18	165
Y	4.77	2.46	1.43	1.86	1.66	1.52	0.01	1.16	2.28	1.43	4.77	30	33
Pb	17.77	53.6	11.9	20.32	385.34	374.75	0.01	167.50	143.94	11.9	385.34	9	13

Tablo 3.3. Keban Metamorfitleri'ne ait organik madde içeren şeyllerin iz element içerikleri (ppm, ppb**, 1:Turekian ve Wedepohl 1961)

Örnek	K1-1	K1-2	Dedeksiyon Limiti	Standart Sapma	Ortalama	En Küçük	En Büyük	Şeyl Ortalaması ¹	Kabuk ¹
Mo	0.16	0.14	0.01	0.01	0.15	0.14	0.16	11	1.5
Cu	1.87	1.93	0.01	0.03	1.9	1.87	1.93	45	55
Zn	105.8	201.7	0.1	47.95	153.75	105.8	201.7	95	70
Ag**	45	24	2	10.5	34.5	24	45	0.07	0.07
Ni	59.2	18.5	0.1	20.35	38.85	18.5	59.2	68	75
Co	32.2	26.3	0.1	2.95	29.25	26.3	32.2	19	25
Mn	1385	1230	1	77.5	1307.5	1230	1385	850	950
As	7.4	4.7	0.1	1.35	6.05	4.7	7.4	10	1.8
U	0.1	0.2	0.1	0.05	0.15	0.1	0.2	3.7	1.8
Au**	0.7	0.9	0.2	0.1	0.8	0.7	0.9	n.d	0.004
Th	1.1	1.3	0.1	0.1	1.2	1.1	1.3	12	7.2
Sr	261.3	111.7	0.5	74.8	186.5	111.7	261.3	300	375
Cd	0.3	0.57	0.01	0.135	0.435	0.3	0.57	0.3	0.2
Sb	0.1	0.09	0.02	0.005	0.095	0.09	0.1	1.5	0.2
Bi	0.05	0.03	0.02	0.01	0.04	0.03	0.05	n.d	n.d
V	76	67	2	4.5	71.5	67	76	130	135
Cr	20.9	2.6	0.5	9.15	11.75	2.6	20.9	90	100
Ba	459.5	103.7	0.5	177.9	281.6	103.7	459.5	580	425
B	2	3	1	0.5	2.5	2	3	n.d	2.8
W	<0.1	<0.1	0.1	0	-	<0.1	<0.1	0.6	2
Sc	3.4	4.6	0.1	0.6	4	3.4	4.6	n.d	22
Tl	0.06	0.09	0.02	0.015	0.075	0.06	0.09	1.4	0.5
Hg**	<5	<5	5	0	<5	<5	<5	0.4	0.08
Se	0.2	0.1	0.1	0.05	0.15	0.1	0.2	0.6	0.05
Te	0.02	0.06	0.02	0.02	0.04	0.02	0.06	n.d	0.01
Ga	5.3	5.6	0.1	0.15	5.45	5.3	5.6	19	15
Cs	2.07	3.6	0.02	0.765	2.835	2.07	3.6	5	3
Ge	<0.1	<0.1	0.1	0	-	<0.1	<0.1	1.6	1.5
Hf	<0.02	<0.02	0.02	0	-	<0.02	<0.02	2.8	3
Nb	<0.02	0.06	0.02	0	0.06	<0.02	0.06	160	20
Rb	22.4	34.3	0.1	5.95	28.35	22.4	34.3	140	90
Sn	0.4	0.5	0.1	0.05	0.45	0.4	0.5	6	2
Ta	<0.05	<0.05	0.05	0	-	<0.05	<0.05	0.8	2
Zr	0.2	0.3	0.1	0.05	0.25	0.2	0.3	160	165
Y	8.18	7.13	0.01	0.525	7.655	7.13	8.18	26	33
Pb	84.34	19.79	0.01	32.275	52.065	19.79	84.34	20	13



Şekil 3.5. Keban Metamorfitleleri'ne ait organik madde içeren şeyllerin şeyl ortalamasına göre normalize diyagramı



Şekil 3.6. Keban Metamorfitleleri'ne ait organik madde içeren şeyllerin kabuk ortalamasına göre normalize diyagramı

Malatya Bölgesi

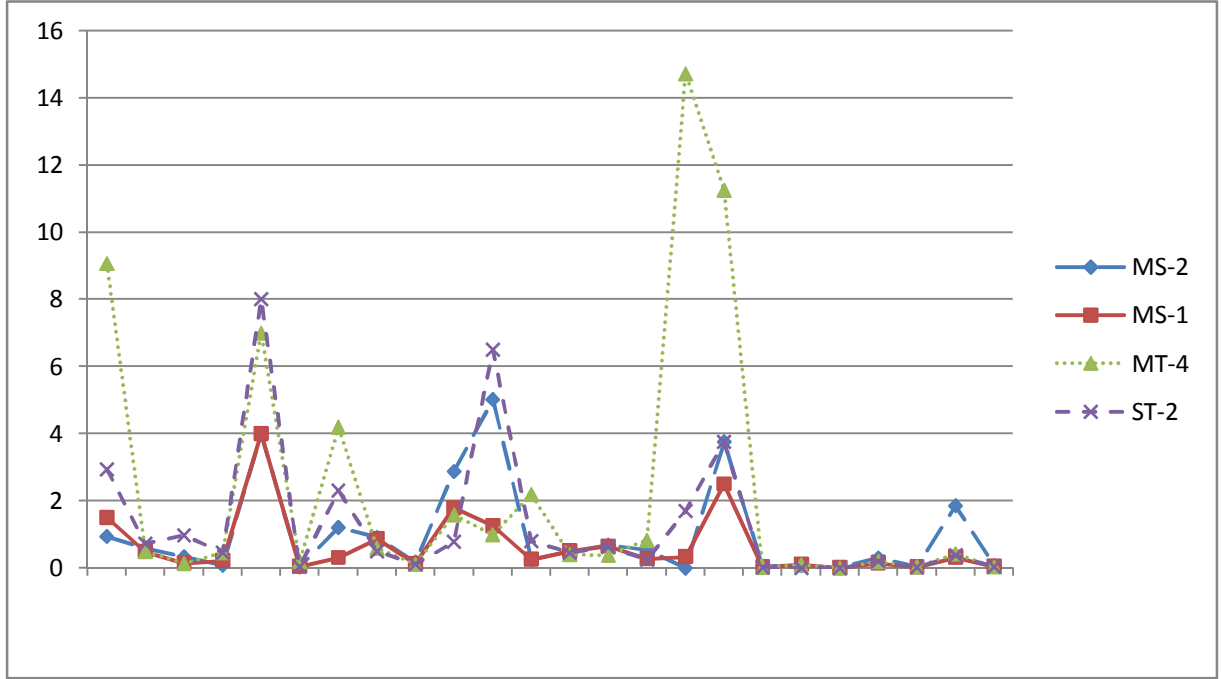
Malatya Bölgesinden (Malatya Metamorfitleleri'nden) alınan 7 adet organik madde içeren karbonatlı kayaç ve şeyl örneği (karbonatlı kayaç MS-2, MS-1, MT-4, ST-2 ve şeyller MC-1, MC-4, MC-6) iz element analizi yaptırılmıştır. Bu analiz sonuçlarının iz element içerikleri, dedeksiyon limiti, istatistiksel veriler, kabuk ve karbonat ortalaması Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'de verilmiştir.

Organik madde içeren karbonat kayaçlara ait iz elementler, kabuk ortalamasına göre; As, U, Sr, Sb, Se, Pb ve Hg, karbonat ortalamasına göre ise; Mo, Co, As, Sr, Cd, Se ve Pb yüksek değerlerdedir (Şekil 3.7 ve Şekil 3.8).

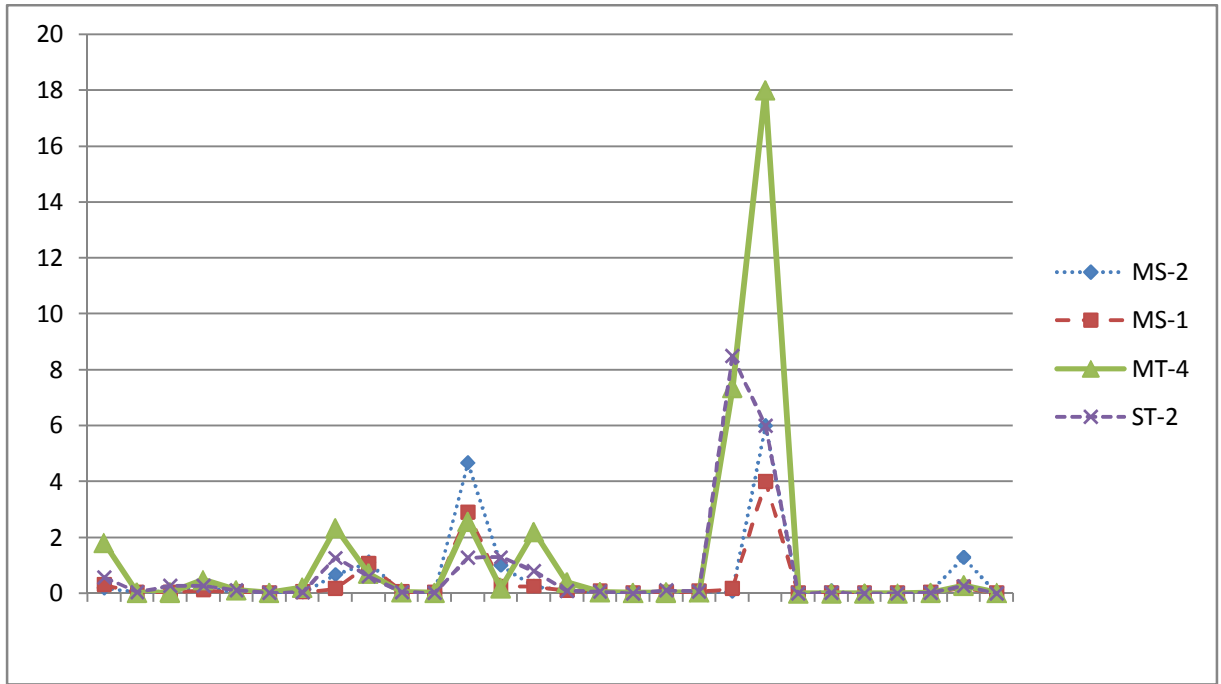
Organik madde içeren şeyllere ait iz elementler, kabuk ortalamasına göre; Zn Ag, As, Cd, B, Se ve Pb, şeyl ortalamasına göre ise; Zn, Ag, Cd ve Pb yüksek değerlerdedir (Şekil 3.9 ve Şekil 3.10).

Tablo 3.4. Malatya Metamorfitleri'ne ait organik madde içeren karbonat kayaçların iz element içerikleri (ppm, ppb**1:Turekian ve Wedepohl 1961)

Örnek	MS-2	MS-1	MT-4	ST-2	Dedeksiyon Limiti	Standart Sapma	Ortalama	En Küçük	En Büyük	Karbonat Ortalaması ¹	Kabuk ¹
Mo	0.28	0.45	2.72	0.88	0.01	0.970	1.08	0.28	2.72	0.3	1.5
Cu	2.33	1.91	1.98	2.91	0.01	0.39	2.28	1.91	2.91	4	55
Zn	6.6	2.7	2.7	19.6	0.1	6.94	7.9	2.7	19.6	20	70
Ag**	18	9	34	19	2	8.97	20	9	34	n.d	0.07
Ni	1.7	4.3	9.1	9.3	0.1	3.23	6.1	1.7	9.3	20	75
Co	0.4	0.4	0.7	0.8	0.1	0.17	0.57	0.4	0.8	0.1	25
Mn	35	46	209	39	1	73.28	82.25	35	209	1100	950
As	1.2	0.3	4.2	2.3	0.1	1.45	2	0.3	4.2	1	1.8
U	2	1.9	1.3	1.1	0.1	0.38	1.57	1.1	2	2.2	1.8
Au**	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	-	-	-	-	n.d	0.004
Th	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.04	0.22	0.2	0.3	1.7	7.2
Sr	1750.5	1088.8	963.7	480.7	0.5	453.32	1070.92	480.7	1750.5	610	375
Cd	0.2	0.05	0.04	0.26	0.01	0.09	0.13	0.04	0.26	0.04	0.2
Sb	0.05	0.05	0.44	0.16	0.02	0.15	0.17	0.05	0.44	0.2	0.2
Bi	<0.02	<0.02	0.08	<0.02	0.02	0	0.08	<0.02	0.08	n.d	n.d
V	10	10	8	9	2	0.82	9.25	2	10	20	135
Sc	0.5	0.4	0.4	0.3	0.5	0.07	0.4	0.3	0.5	n.d	100
Tl	0.03	<0.02	<0.02	0.06	0.5	0.01	0.04	<0.02	0.06	2.2	425
Cr	7.5	7.1	4.2	7	1	1.31	6.45	4.2	7.5	11	2.8
Ba	5.3	2.7	8.3	2.4	0.1	2.37	4.67	2.4	5.3	10	425
B	<1	1	<1	<1	0.1	0	1	<1	1	n.d	22
W	<0.1	<0.1	0.1	0.3	0.02	0.1	0.2	<0.1	0.3	0.6	0.5
Hg**	<5	13	589	68	5	259.53	223.33	<5	589	0.04	0.08
Se	0.3	0.2	0.9	0.3	0.1	0.27	0.42	0.2	0.9	0.08	0.05
Te	0.36	0.25	0.29	0.29	0.02	0.03	0.29	0.25	0.36	n.d	0.01
Ga	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.04	0.125	0.1	0.2	4	15
Cs	0.24	0.06	<0.02	0.08	0.02	0.08	0.12	<0.02	0.24	n.d	3
Ge	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	-	-	-	-	0.2	1.5
Hf	0.02	0.03	0.03	<0.02	0.02	0.004	0.02	<0.02	0.03	0.3	3
Nb	0.05	0.06	0.03	0.05	0.02	0.01	0.04	0.03	0.06	19	20
Rb	0.9	0.4	0.6	0.6	0.1	0.17	0.62	0.4	0.9	3	90
Sn	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	-	-	-	-	n.d.	2
Ta	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05	-	-	-	-	n.d	2
Zr	1	0.9	1.4	0.7	0.1	0.25	1	0.7	1.4	31.18	165
Y	2.19	1.09	0.95	0.95	0.01	0.51	1.29	0.95	2.19	30	33
Pb	16.67	2.8	3.8	3.49	0.01	5.77	6.69	2.8	16.67	9	13



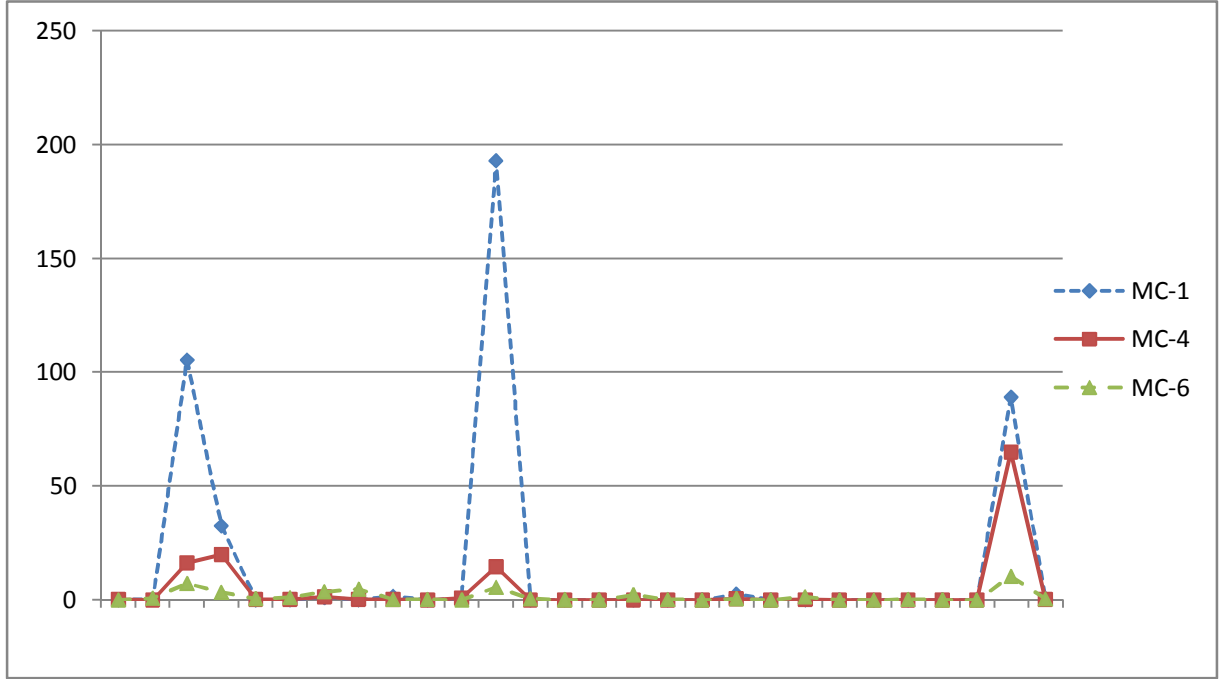
Şekil 3.7. Malatya Metamorfitleleri'ne ait organik madde içeren karbonat kayaçların karbonat ortalamasına göre normalize diyagramı



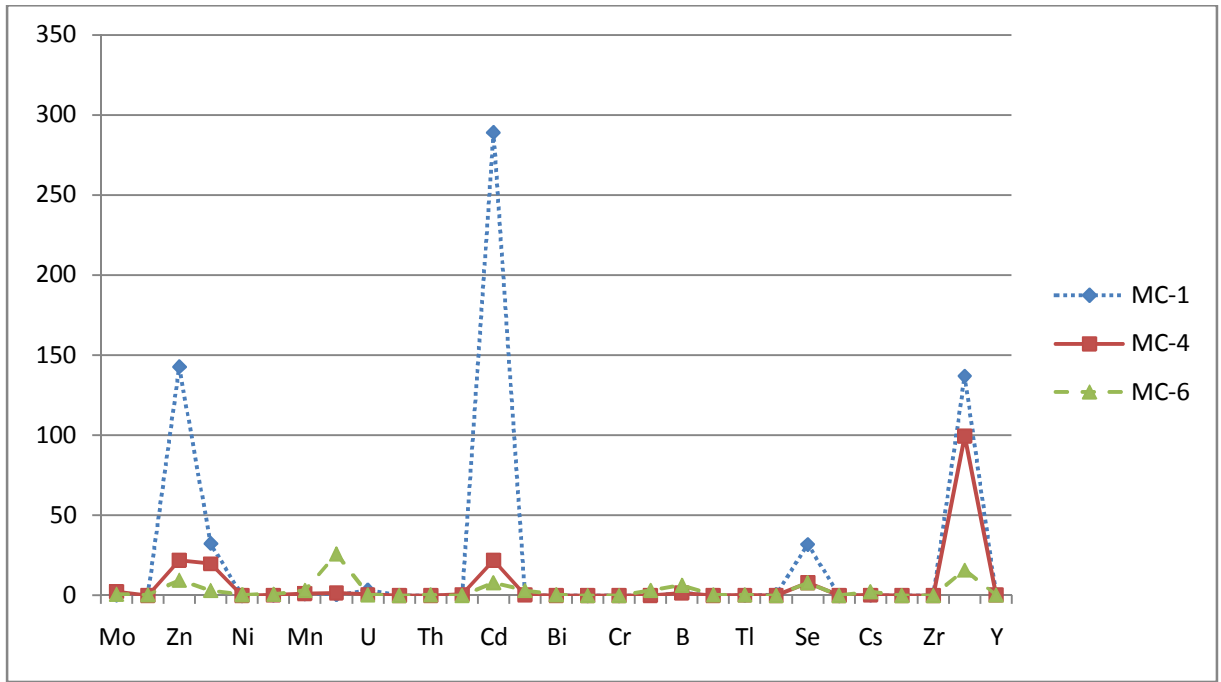
Şekil 3.8. Malatya Metamorfitleleri'ne ait organik madde içeren karbonat kayaçların kabuk ortalamasına göre normalize diyagramı

Tablo 3.5. Malatya Metamorfitleri'ne ait organik madde içeren şeyillerin iz element içerikleri (ppm, ppb**,1:Turekian ve Wedepohl 1961)

Örnek	MC-1	MC-4	MC-6	Dedeksiyon Limiti	Standart Sapma	Ortalama	En Küçük	En Büyük	Şeyl Ortalaması ¹	Kabuk ¹
Mo	0.65	3.78	1.1	0.01	1.38	3.308	0.65	3.78	11	1.5
Cu	19.23	4.51	31.3	0.01	10.95	20.01	4.51	31.3	45	55
Zn	>10000.0	1546.3	679.4	0.1	433.45	580.2	679.4	>10000.0	95	70
Ag**	2278	1389	228	2	839.36	779.41	228	2278	0.07	0.07
Ni	3.3	13.1	45.6	0.1	18.07	26.02	3.3	45.6	68	75
Co	2.3	5.6	20.8	0.1	8.05	9.56	2.3	20.8	19	25
Mn	927	1130	3096	1	978.14	1200.8	927	3096	850	950
As	1	2.9	46.7	0.1	21.10	12.14	1	46.7	10	1.8
U	6	1.2	0.8	0.1	2.36	2.36	0.8	6	3.7	1.8
Au**	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	0	0.2	<0.2	<0.2	n.d	0.004
Th	0.6	0.5	2.9	0.1	1.108	3.22	0.5	2.9	12	7.2
Sr	208.9	253.2	29.7	0.5	96.62	158.46	29.7	253.2	300	375
Cd	57.81	4.41	1.63	0.01	25.85	12.83	1.63	57.81	0.3	0.2
Sb	0.1	0.11	0.63	0.02	0.24	0.47	0.1	0.63	1.5	0.2
Bi	<0.02	<0.02	0.12	0.02	0	0.07	<0.02	0.12	n.d	n.d
V	5	7	17	2	5.24	32.2	5	17	130	135
Cr	2.7	6.9	10.8	0.5	3.30	22.18	2.7	10.8	90	100
Ba	77.2	59.8	1343.9	0.5	601.27	412.28	59.8	1343.9	580	425
B	5	5	18	1	6.12	7.25	5	18	n.d	2.8
W	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0	0.35	<0.1	<0.1	0.6	2
Sc	1.7	1.8	8.1	0.1	2.99	2.925	1.7	8.1	n.d	22
Tl	0.1	0.11	0.26	0.02	0.07	0.378	0.1	0.26	1.4	0.5
Hg**	41	8	11	5	14.89	13.08	8	41	0.4	0.08
Se	1.6	0.4	0.4	0.1	0.56	0.62	0.4	1.6	0.6	0.05
Te	0.13	0.07	<0.02	0.02	0.03	0.07	<0.02	0.13	n.d	0.01
Ga	0.5	0.6	2.2	0.1	0.77	4.48	0.5	2.2	19	15
Cs	0.31	0.82	6.87	0.02	2.97	2.604	0.31	6.87	5	3
Ge	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0	0.85	<0.1	<0.1	1.6	1.5
Hf	0.19	0.05	0.1	0.02	0.05	0.632	0.05	0.19	2.8	3
Nb	0.06	0.02	0.12	0.02	0.04	32.04	0.02	0.12	160	20
Rb	2.4	3.5	23.2	0.1	9.55	33.84	2.4	23.2	140	90
Sn	0.5	0.1	0.5	0.1	0.18	1.44	0.1	0.5	6	2
Ta	<0.05	<0.05	<0.05	0.05	0	0.425	<0.05	<0.05	0.8	2
Zr	10.9	2	3.8	0.1	3.84	35.36	2	10.9	160	165
Y	15.61	10.09	10.91	0.01	2.43	12.52	10.09	15.61	26	33
Pb	1780.71	1295.61	205.21	0.01	658.82	660.30	205.21	1780.71	20	13



Şekil 3.9. Malatya Metamorfitleri'ne ait organik madde içeren şeylin şeyl ortalamasına göre normalize diyagramı



Şekil 3.10. Malatya Metamorfitleri'ne ait organik madde içeren şeylin kabuk ortalamasına göre normalize diyagramı

3.3. Nadir Toprak Element (NTE) Jeokimyası

Nadir toprak elementleri (NTE) periyodik tabloda atom numaraları 57'den (Lantanyum- La) 71'e (Lutesyum- Lu) kadar olan ve kimyasal olarak benzer özellikler gösteren 15 elementi içermektedir. Bu elementlere ayrıca lantanid grubu elementler de denilmektedir. Atom sayısı 39 olan itriyum (Y) ile atom numarası 21 olan skandiyum (Sc) elementleri de benzer iyon çapları ve küçük atomik çapları nedeniyle NTE grubuna dahil edilmektedir. NTE'lerinin büyük bir bölümü +3 değerlidir. Bu durum benzer iyon potansiyelleri ve iyon yarıçapları ile ilgilidir. NTE grubu elementler atomik ağırlıklarına göre 2 alt gruba ayrılmaktadır; lantanyum'dan (La) europiyum (Eu) elementine kadar olan ve atom numaraları 57 ile 63 arasında değişen elementler hafif nadir toprak elementler, atom sayıları 64 ile 71 arasında değişen ve gadolinyum (Gd) ile lutesyum (Lu) arasındaki elementler ise ağır nadir toprak elementler olarak ayrılmaktadır (U.S. DOE, 2010).

Nadir toprak elementleri (Lantan-Lutesyum) genelde magmatik süreçlerin bir göstergesidir. Kayaçlar içerisindeki NTE dağılımları, kayacın ortalama bileşiminin bir belirteci olabilir. NTE'ler bozunma ve diyajenetik süreçler boyunca çözünürlüklerinin çok düşük olması nedeniyle kaynak kayaç belirlemede kullanılmaktadır. NTE 'lerin iki önemli elementi Ce ve Eu, özellikle çözelti kökeni ve depolanma ortamının redoks potansiyellerine yaklaşımda bulunmada kullanılmaktadır (Taylor ve Fryer, 1983).

Organik madde içeriği bakımından zengin pek çok yatakta yapılan NTE değerlendirmelerinde normalizasyon için ortalama şeyl, PAAS, Üst Kabuk, Kondrit, Avrupa Şeyli gibi referans değerler normalizasyon için kullanılmıştır. $La/La^* = La^N / (3Pr^N - 2Nd^N)$, Bolhar ve diğ., (2004); $Eu/Eu^* = Eu^N / (Sm^N * Gd^N)^{1/2}$, McLennan ve diğ., (1990); $Ce/Ce^* = \log(Ce^N / (2/3La^N + 1/3Nd^N))$, Ruhlin ve Owen (1986) formülleriyle hesaplanmıştır (N: kondrite göre normalize değer) (Tablo 3.6, Tablo 3.7, Tablo 3.8 ve Tablo 3.9).

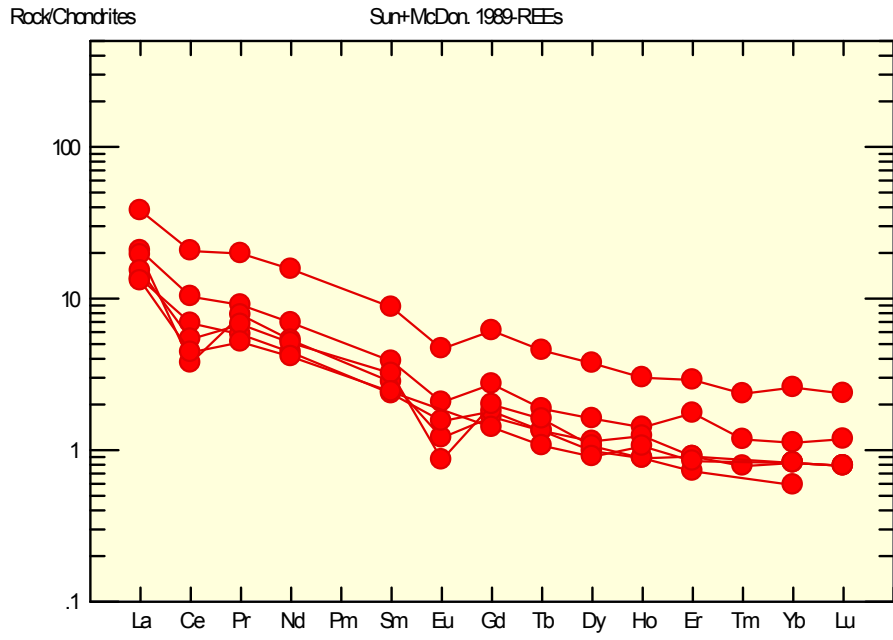
Keban Bölgesi'nin Nadir Toprak Element Jeokimyası

Keban Metamorfikleri'nden alınan karbonatlı kayaç örnekleri; normalize NTE'ler kondritlere göre zenginleşme gösterirken, PAAS (Arkeen öncesi Avustralya ortalama sedimanter kayaç), Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre düşüktür (Şekil 3.11-14). Ce/Ce* oranları ortalama 1.65, Eu/Eu* ortalama 0.51 dir.

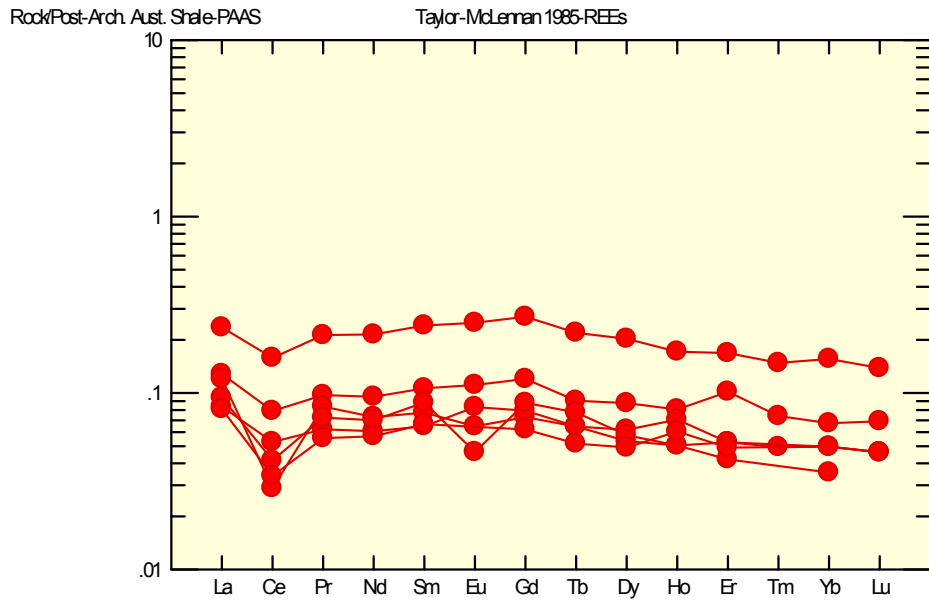
Keban Metamorfizitleri'nden alınan şeyl örneklerinde de aynı şekilde kondritlere göre normalize NTE'lerinde zenginleşme gösterirken, PAAS (Arkeen öncesi Avustralya ortalama sedimanter kayaç), Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre düşüktür (Şekil 3.14-18). Ce/Ce* oranları ortalama 2.89, Eu/Eu* ortalama 0.68 dir.

Tablo 3.6. Keban bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların nadir toprak element içerikleri

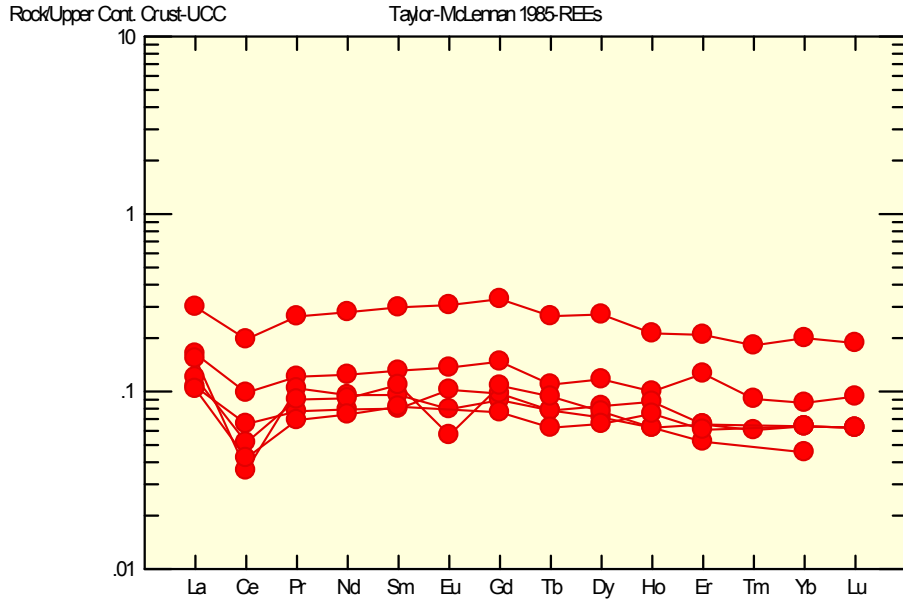
Element	K2-1	K2-3	K2-5	K3-1	K4-1	K4-2	Dedeksinyon Limiti	Standart Sapma	Ortalama
La	9	4.9	4.6	3.2	3.6	3.1	0.5	2.02	4.73
Ce	12.6	6.3	2.3	4.2	3.3	2.7	0.1	3.54	5.23
Pr	1.88	0.86	0.74	0.55	0.64	0.49	0.02	0.47	0.86
Nd	7.28	3.23	2.48	2.06	2.38	1.93	0.02	1.85	3.22
Sm	1.34	0.59	0.43	0.36	0.49	0.37	0.02	0.34	0.59
Eu	0.27	0.12	0.07	0.09	0.05	<0.02	0.02	0.07	0.12
Gd	1.26	0.56	0.34	0.37	0.41	0.29	0.02	0.33	0.53
Tb	0.17	0.07	0.05	0.05	0.06	0.04	0.02	0.04	0.07
Dy	0.95	0.41	0.25	0.29	0.27	0.23	0.02	0.25	0.4
Ho	0.17	0.08	0.05	0.07	0.05	0.06	0.02	0.04	0.08
Er	0.48	0.29	0.12	0.15	0.15	0.14	0.02	0.12	0.22
Tm	0.06	0.03	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	0.02	0.01	0.03
Yb	0.44	0.19	0.1	0.14	0.14	0.14	0.02	0.11	0.19
Lu	0.06	0.03	<0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03
ΣNTE	35.96	17.66	11.53	11.57	11.56	9.51		9.14	16.29
ΣHNTE	32.37	16	10.62	10.46	10.46	8.59		8.20	14.75
ΣANTE	3.59	1.66	0.91	1.11	1.1	0.92		0.94	1.54
La/La*	1.27	1.47	1.45	1.5	1.43	1.71		0.12	1.47
Eu/Eu*	0.67	0.68	0.59	0.8	0.36	0		0.26	0.51
Ce/Ce*	2.51	1.88	1.37	1.4	1.48	1.29		0.42	1.65



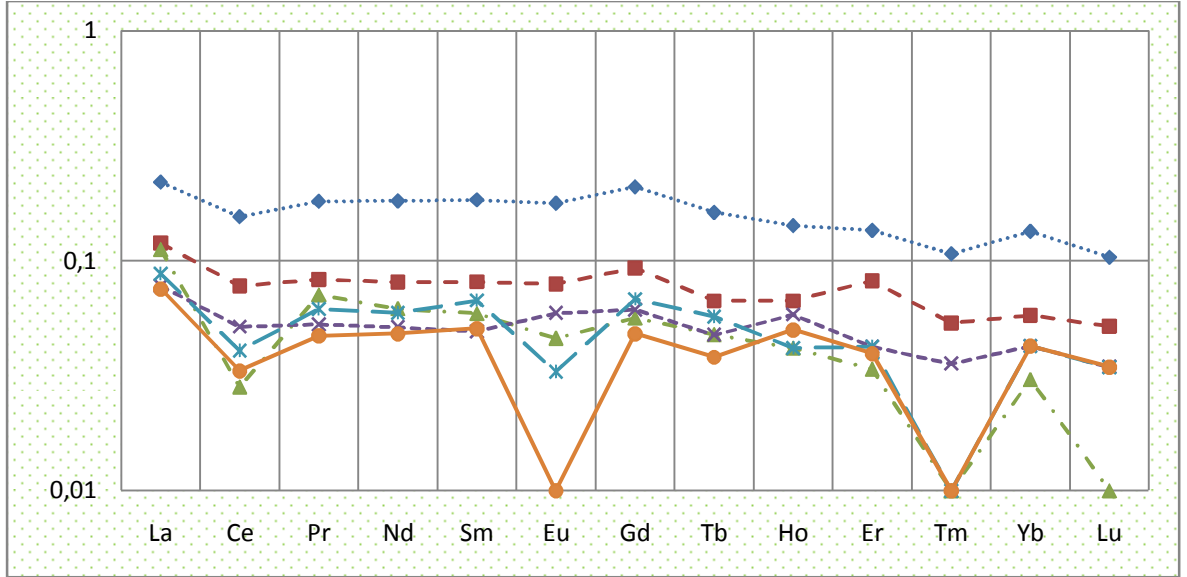
Şekil 3.11. Keban bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (Kondrite göre normalize)



Şekil 3.12. Keban bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (PAAS'a göre normalize)



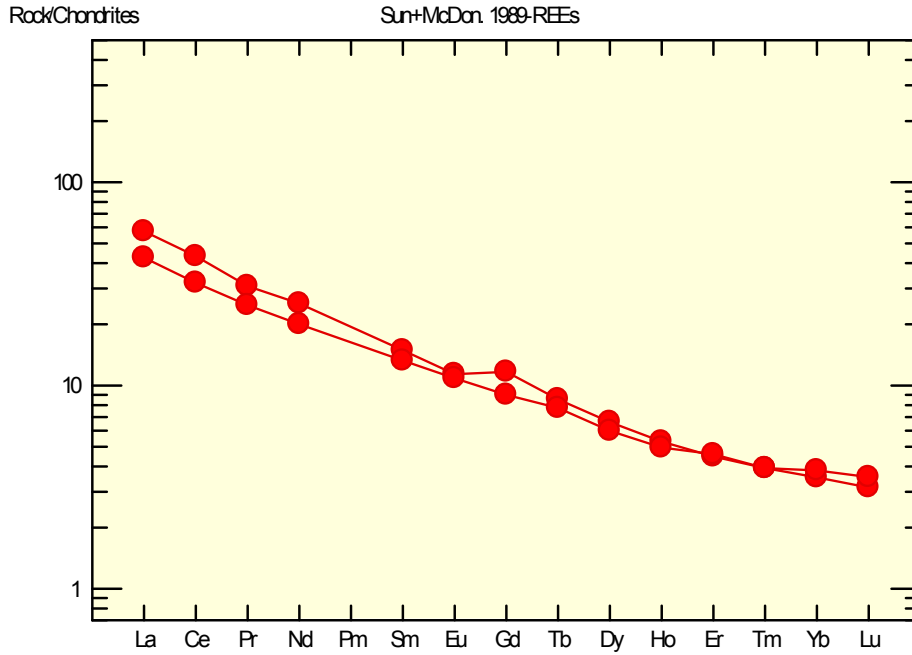
Şekil 3.13. Keban bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (Üst Kabuğa göre normalize)



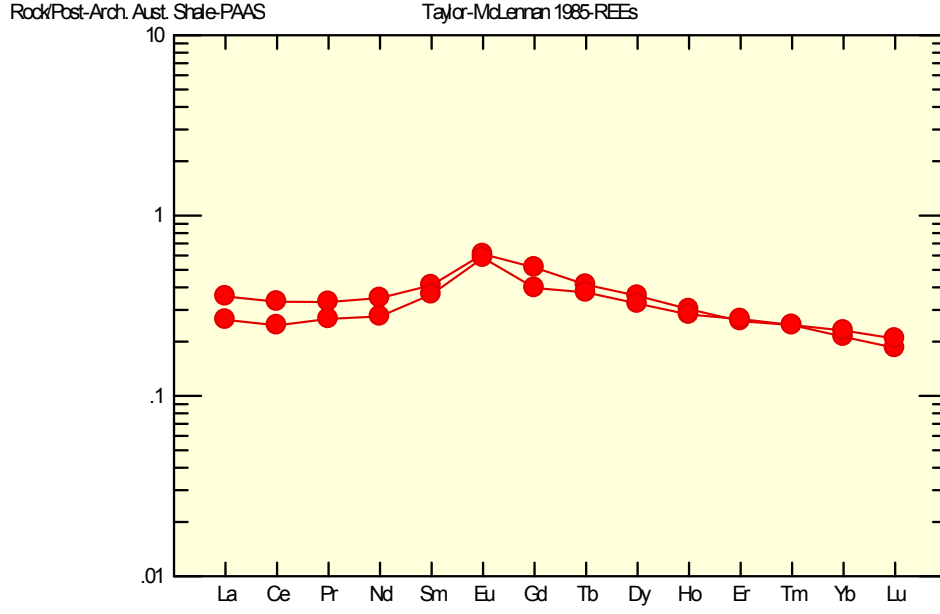
Şekil 3.14. Keban bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (Avrupa Şeyle göre normalize)

Tablo 3.7. Keban bölgesine ait organik madde içeren şeylerin nadir toprak element içerikleri

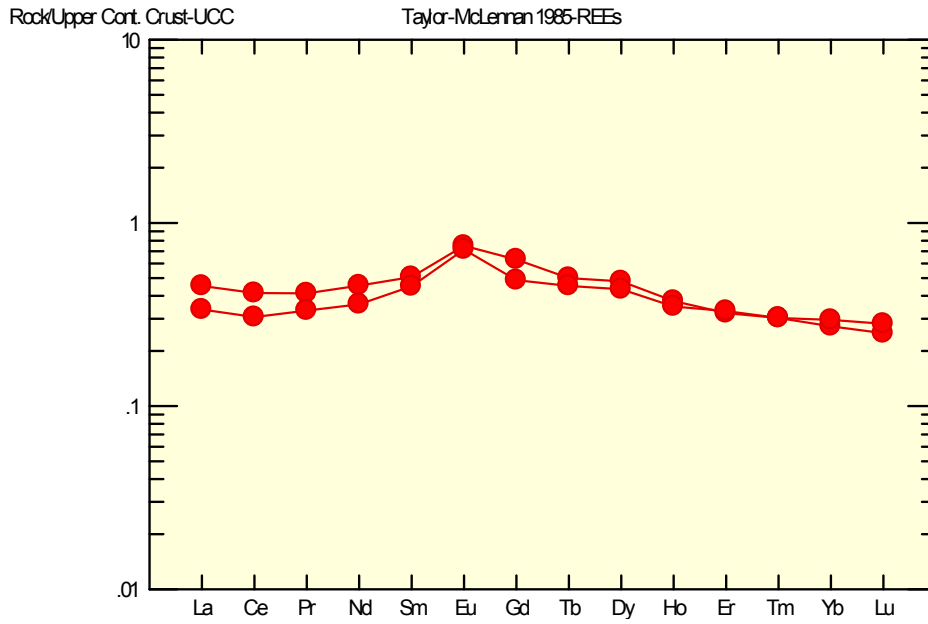
Element	K1-1	K1-2	Dedeksiyon Limiti	Standart Sapma	Ortalama
La	13.6	10.1	0.5	1.75	11.85
Ce	26.5	19.6	0.1	3.45	23.05
Pr	2.93	2.36	0.02	0.285	2.645
Nd	11.83	9.35	0.02	1.24	10.59
Sm	2.28	2.03	0.02	0.125	2.155
Eu	0.66	0.63	0.02	0.015	0.645
Gd	2.4	1.85	0.02	0.275	2.125
Tb	0.32	0.29	0.02	0.015	0.305
Dy	1.68	1.52	0.02	0.08	1.6
Ho	0.3	0.28	0.02	0.01	0.29
Er	0.74	0.76	0.02	0.01	0.75
Tm	0.1	0.1	0.02	0	0.1
Yb	0.6	0.65	0.02	0.025	0.625
Lu	0.08	0.09	0.02	0.005	0.085
ΣNTE	64.02	49.61		7.20	56.81
ΣHNTE	57.8	44.07		6.86	50.93
ΣANTE	6.22	5.54		0.34	5.88
La/La*	1.29	1.17		0.06	1.23
Eu/Eu*	0.31	1.06		0.37	0.68
Ce/Ce*	3.009	2.78		0.11	2.89



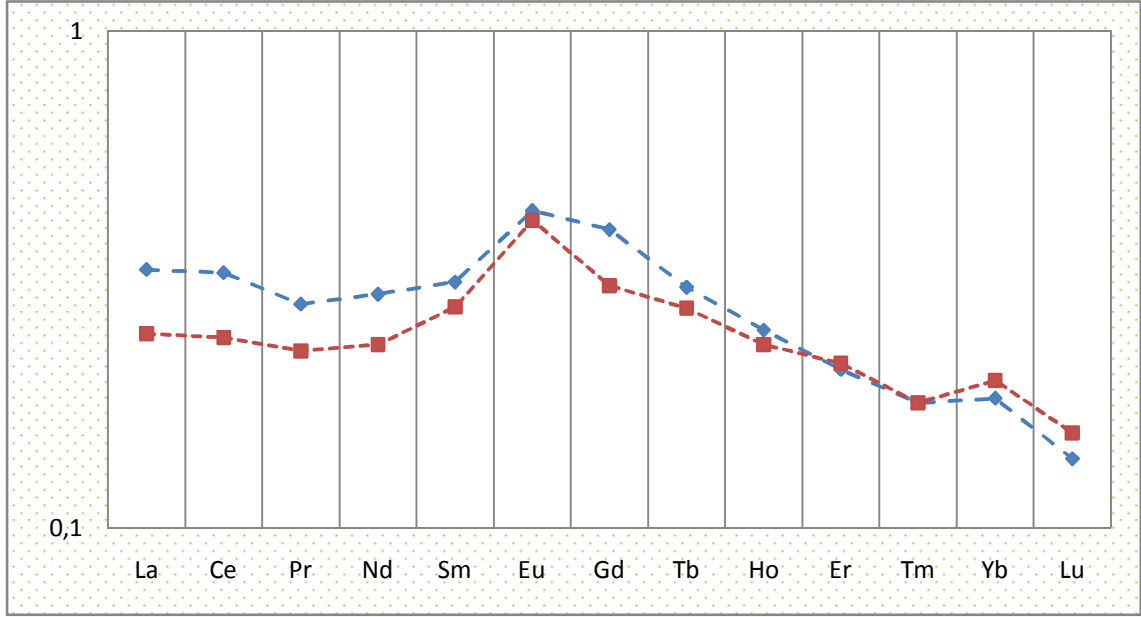
Şekil 3.15. Keban bölgesine ait organik madde içeren şeylerin NTE dağılımları (Kondrite göre normalize)



Şekil 3.16. Keban bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (PAAS'a göre normalize)



Şekil 3.17. Keban bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (Üst Kabuğa göre normalize)



Şekil 3.18. Keban bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (Avrupa Şeyle göre normalize)

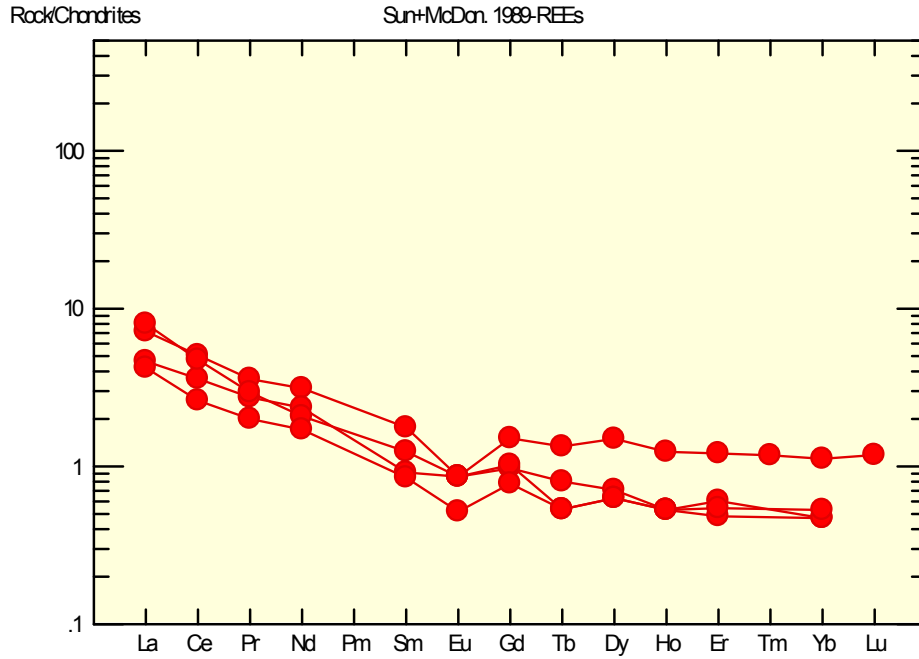
Malatya Bölgesi'nin Nadir Toprak Element jeokimyası

Malatya Metamorfikleri'nden alınan karbonatlı kayaç örnekleri; normalize olan NTE'ler kondritlere göre zenginleşme gösterirken, PAAS (Arkean öncesi Avustralya ortalama sedimanter kayaç), Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre ise oldukça tüketilmiştir (Şekil 3.19-22). Eu/Eu^* ortalama 0.75, Ce/Ce^* ortalama 0.97 dir.

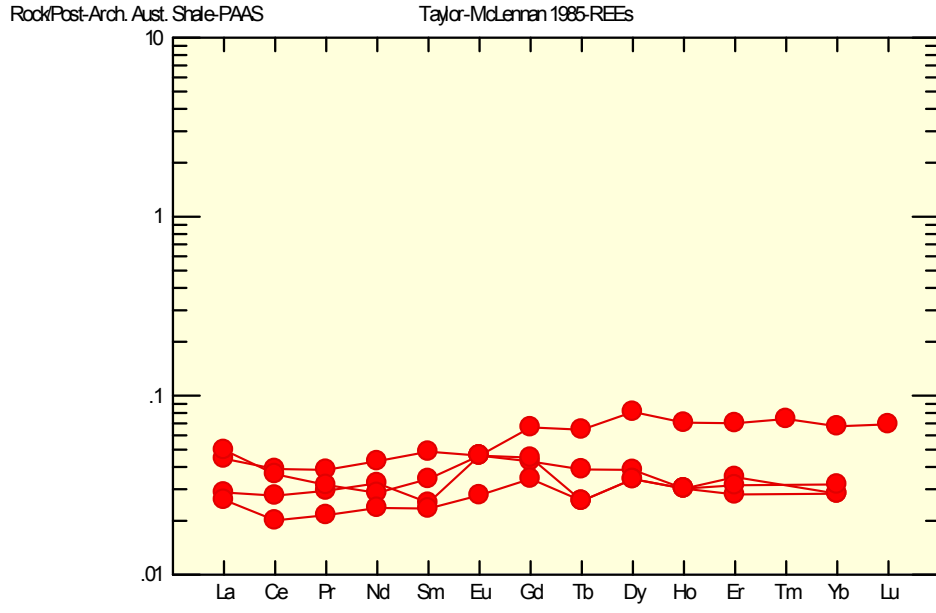
Şeyl örneklerinde yine aynı durum söz konusudur. Yani kondritlere göre zenginleşme gösterirken; PAAS, Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre ise oldukça tüketilmiştir (Şekil 3.23-26). Eu/Eu^* ortalama 0.54, Ce/Ce^* ortalama 2.81dir.

Tablo 3.8. Malatya bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların nadir toprak element içerikleri

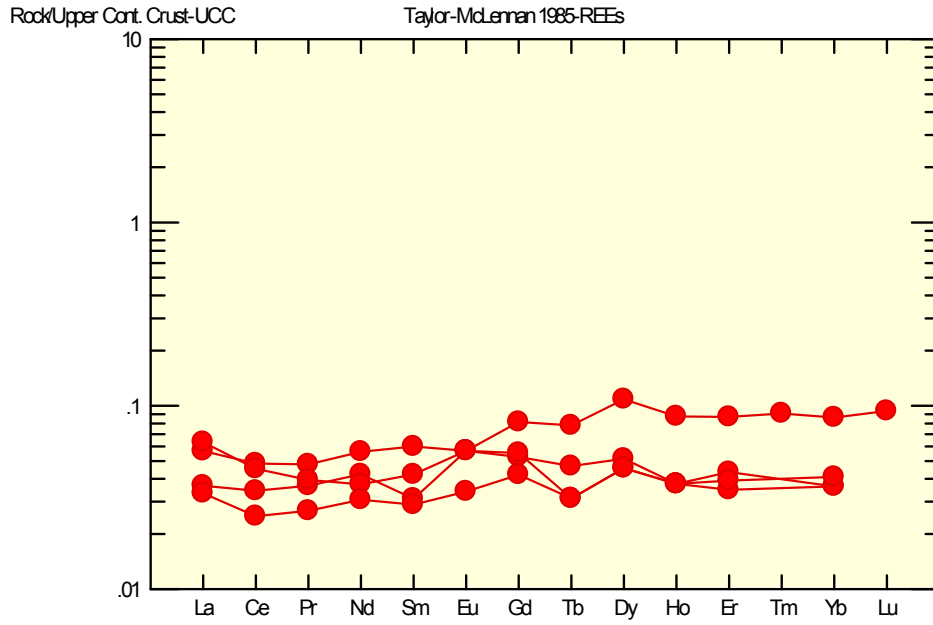
Element	MS-2	MS-1	MT-4	ST-2	Dedeksinyon Limiti	Standart Sapma	Ortalama
La	1.7	1.1	1.9	1	0.5	0.38	1.425
Ce	3.1	2.2	2.9	1.6	0.1	0.59	2.45
Pr	0.34	0.26	0.28	0.19	0.02	0.05	0.26
Nd	1.46	1.1	0.97	0.8	0.02	0.24	1.08
Sm	0.27	0.14	0.19	0.13	0.02	0.05	0.18
Eu	0.05	0.05	0.05	0.03	0.02	0.008	0.04
Gd	0.31	0.2	0.21	0.16	0.02	0.05	0.22
Tb	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03
Dy	0.38	0.18	0.16	0.16	0.02	0.09	0.22
Ho	0.07	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.04
Er	0.2	0.1	0.08	0.09	0.02	0.04	0.11
Tm	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	0.02	0	0.03
Yb	0.19	0.08	0.08	0.09	0.02	0.04	0.11
Lu	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	0.02	0	0.03
ΣNTE	8.18	5.47	6.87	4.3		1.45	6.20
ΣHNTE	6.92	4.85	6.29	3.75		1.23	5.45
ΣANTE	1.26	0.62	0.58	0.55		0.29	0.75
La/La*	1.5	1.25	1.62	1.54		0.13	1.47
Eu/Eu*	0.56	0.97	0.81	0.67		0.15	0.75
Ce/Ce*	1.18	0.86	1.23	0.61		0.25	0.97



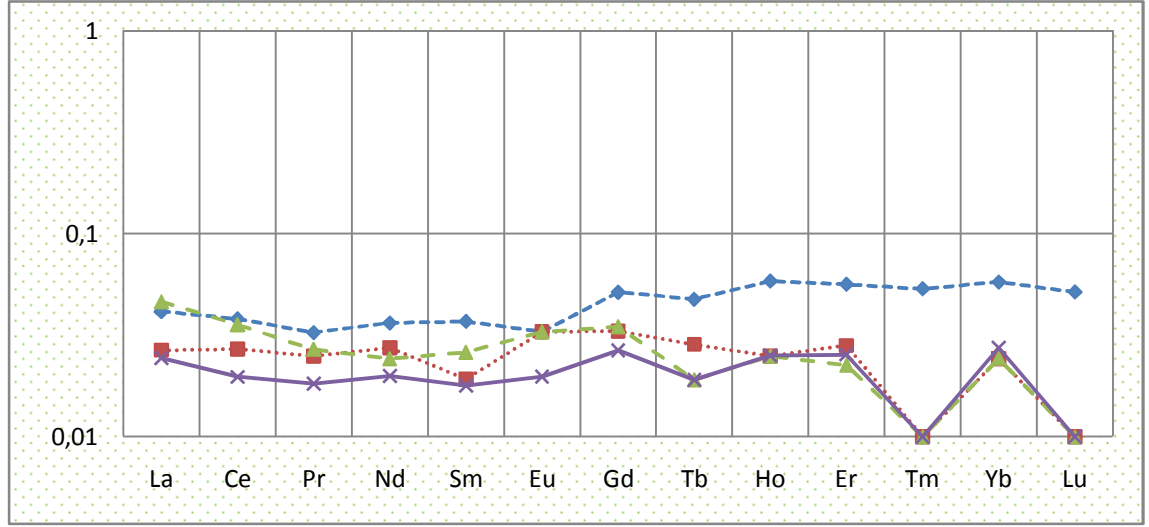
Şekil 3.19. Malatya bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (Kondrite göre normalize)



Şekil 3.20. Malatya bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (PAAS'a göre normalize)



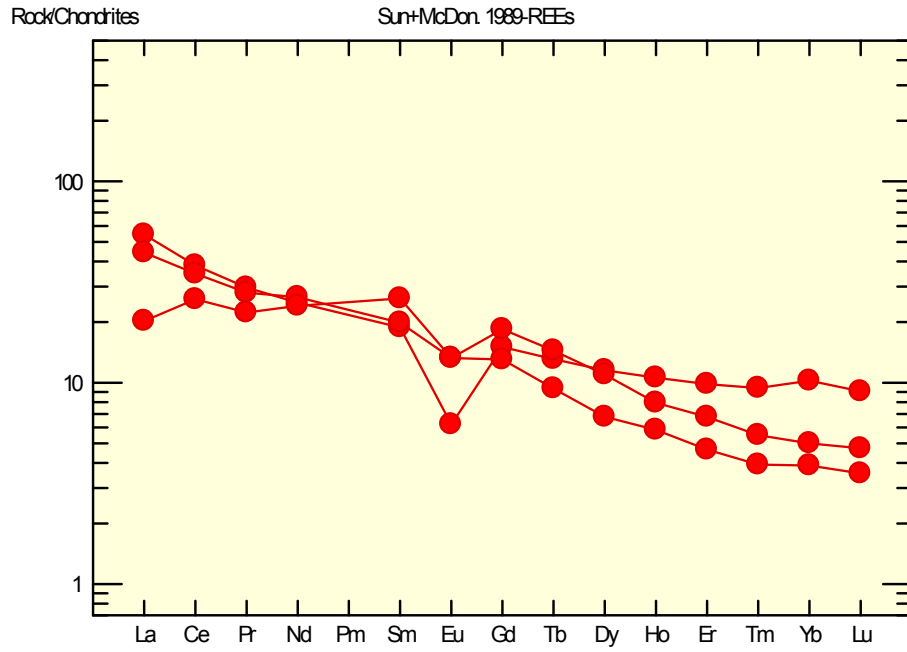
Şekil 3.21. Malatya bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (Üst Kabuğa göre normalize)



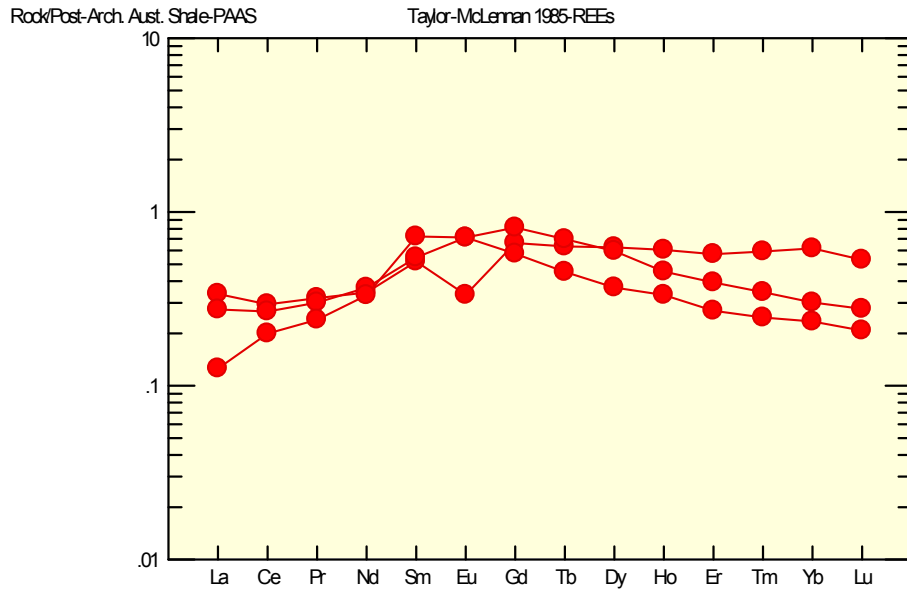
Şekil 3.22. Malatya bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların NTE dağılımları (Avrupa Şeyle göre normalize)

Tablo 3.9. Malatya bölgesine ait şeyllerin nadir toprak element içerikleri

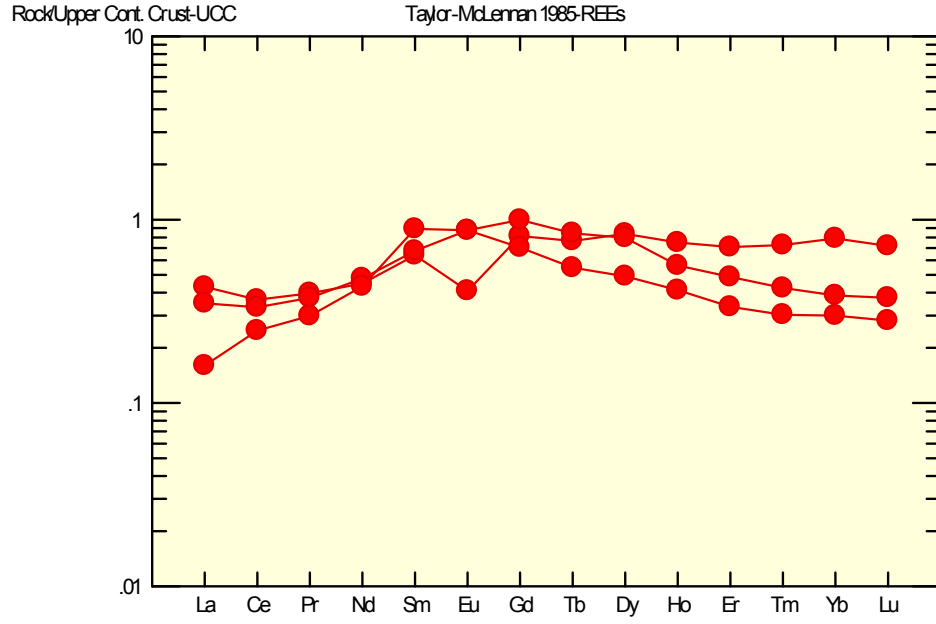
Örnek	MC-1	MC-4	MC-6	Dedeksinyon Limiti	Standart Sapma	Ortalama
La	12.9	10.5	4.8	0.5	3.39	9.4
Ce	23.4	21.3	15.9	0.1	3.15	20.2
Pr	2.82	2.66	2.12	0.02	0.29	2.53
Nd	11.67	12.42	11.25	0.02	0.48	11.78
Sm	2.88	3.04	4.01	0.02	0.49	3.31
Eu	0.36	0.77	0.77	0.02	0.19	0.63
Gd	3.09	2.68	3.79	0.02	0.45	3.18
Tb	0.49	0.35	0.54	0.02	0.08	0.46
Dy	2.93	1.72	2.79	0.02	0.54	2.48
Ho	0.6	0.33	0.45	0.02	0.11	0.46
Er	1.63	0.77	1.12	0.02	0.35	1.17
Tm	0.24	0.1	0.14	0.02	0.05	0.16
Yb	1.74	0.66	0.85	0.02	0.47	1.08
Lu	0.23	0.09	0.12	0.02	0.06	0.14
ΣNTE	64.98	57.39	48.65		6.67	57
ΣHNTE	54.03	50.69	38.85		6.51	47.85
ΣANTE	10.95	6.7	9.8		1.79	9.15
La/La*	1.31	1.35	1		0.15	1.22
Eu/Eu*	0.11	0.87	0.64		0.31	0.54
Ce/Ce*	2.94	3	2.51		0.21	2.81



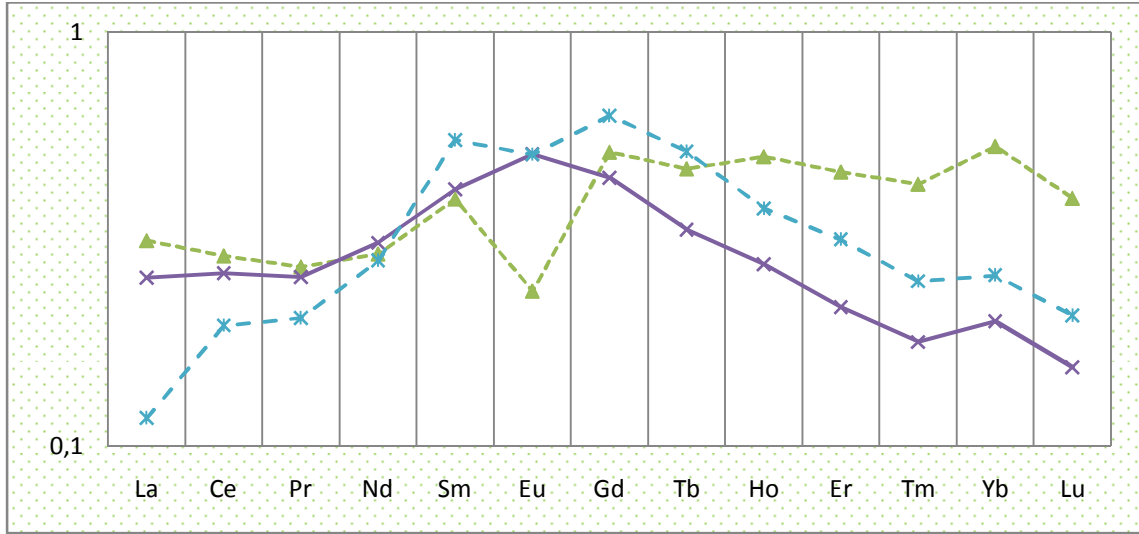
Şekil 3.23. Malatya bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (Kondrite göre normalize)



Şekil 3.24. Malatya bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (PAAS'a göre normalize)



Şekil 3.25. Malatya bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (Üst Kabuğa göre normalize)



Şekil 3.26. Malatya bölgesine ait organik madde içeren şeyllerin NTE dağılımları (Avrupa Şeyle göre normalize)

Eu/Eu* oranını 1'den büyük olması pozitif Eu anomalisini gösterirken, Eu/Eu* oranını 1'den küçük olması negatif Eu anomalisine işaret etmektedir (Rollinson, 1993). Keban ve Malatya bölgelerinden alınan örnekler bu şartlar altında değerlendirildiğinde her iki bölgenin de negatif Eu ve pozitif Ce anomalisine sahip olduğu görülmektedir.

Negatif Eu anomali oksijen hareketliliği sonucu Eu'nun yükseltgenmesinden kaynaklanır (Ekambaram ve diğ., 1986). Ayrıca, NTE sülfat bileşiklerinin oldukça duyarlı

olması ve Eu^{+2} ile Ba^{+2} 'un eşit iyonik yarıçapları nedeniyle baritler tipik olarak her zaman pozitif Eu anomalisi verirler (Özgenç, 1993). Eu^{+2} 'un barit tarafından tutulmuş olabileceği söylenebilir. Bununla birlikte negatif Eu anomalisi hidrotermal sıvıların kaynağından gelmiş olabilir (Alderton ve diğ., 1980). Negatif Eu anomalisi, hidrotermal sıvıların bünyesinde iki farklı değerlikli Eu'un (Eu^{+2} ve Eu^{+3}) birlikte varlığına işaret eder (Özgenç, 1993).

Ce anomalisi kayaç oluşumunun redoks ortamını yansıtmaktadır. Negatif (-) Ce anomalisi kayaç oluşum ortamının yüksek oksijen fugositesine sahip olduğunu göstermektedir. Pozitif (+) Ce anomalisi ise düşük oksijen fugositesine işaret etmektedir. Negatif Ce anomalisi denizel depolanma ortamları için bir indikatördür (Murray ve diğ., 1990). Ce zenginleşmesi anlamına gelen bu anomali, deniz suyunun indirgeyici özelliği ile açıklanmaktadır (Önal ve diğ., 2002).

Çalışma alanında tüm örneklerde hafif NTE içerikleri ağır NTE içeriklerine göre nispeten yüksektir. Hafif NTE'lerin zenginleşmesi karasal kökeni işaret etmektedir. Karbonatlar ve şeyllerde karasal kökenli malzemenin önemli miktarda olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.10. Tüm kayaç içinde NTE verilerinin değerleri ve referans değerleri (1: 2: McLennan, 1989, 3: Boynton, 1984, 4:Haskin ve Haskin, 1966, 5: Taylor ve McLennan, 1981)

NTE	Ortalama Şeyl ¹	PAAS ²	KONDRIT ³	EU SHALE ⁴	Üst Kabuk ⁵	Örnek Ortalamaları
La	41.00	38.20	0,31	41,10	30,00	10,38
Ce	83.00	79.60	0,81	81,30	64,00	21,34
Pr	10.1	8,83	0,12	10,40	7,10	2,57
Nd	38.00	33,90	0,60	40,10	26,00	11,30
Sm	7.5	5,55	0,20	7,30	4,50	2,84
Eu	1.61	1,08	0,07	1,52	0,88	0,63
Gd	6.35	4,66	0,26	6,03	3,80	2,76
Tb	1.23	0,77	0,05	1,05	0,64	0,39
Dy	5.50	4,66	0,32		3,50	2,12
Ho	1.34	0,99	0,07	1,20	0,80	0,39
Er	3.75	2,85	0,21	3,55	2,30	1,00
Tm	0.63	0,41	0,03	0,56	0,33	0,13
Yb	3.53	2,86	0,21	3,29	2,20	0,9
Lu	0.61	0,43	0,03	0,58	0,32	0,122
ΣNTE	189.11	176,64	3,89	197,78	142,02	56,93
ΣHNTE/ΣANTE	7.90	9,48	1,78	16,06	9,54	6.25

3.4. Th/U, Ni/Co, V/Cr Jeokimyası

Uranyum (U)'un, atom numarası 92 olup, üç ana izotopa sahiptir. Bunlar ^{234}U (0,0054%), ^{235}U (0,720%) ve ^{238}U (99,275%)'dir. Oksidasyon durumunda U; U^{4+} ve U^{6+} formunda bulunurken, bazı doğal sular içinde ve düşük oksidasyon potansiyeline sahip ortamlar içinde $(\text{UO}_2)^+$ olarak U^{+5} formunda bulunmaktadır. Uranyum ve toryum aktinit serisi elementlerden olup periyodik tabloda uranyum VI B Grubunun ilk elementi ve Th ise IV B Grubunun son elementidir.

Toryum (Th)'un, atom numarası 90 olup 6 izotopu vardır. Bu izotoplardan en bol ve yarılanma ömrü en uzun olan izotop ^{232}Th 'dir. Bozunmanın sonunda ^{208}Pb oluşmaktadır. Oksidasyon durumunda Th^{+4} formunda çökelir. Kimyasal olarak Zirkonyum (Zr), Hafnium (Hf), NTE'lerin bazıları özellikle Seryum (Ce) bünyesinde Th barındırmaktadır. Bu nedenle mineraller içinde Zr, Y, Ce ve U'un yerini alabilir. Th^{+4} pH >3 'deki suyla etkileşime girmektedir. Hem toryum hem de uranyum dikkate değer oksijene ilgisi olan elementler olmasına rağmen biyofil eğilimlere de sahiptir. Bu nedenle çeşitli organizmalar içinde, humus, kömür, petrol, bitüm gibi organik bileşenler içinde konsantre olabilmektedir (Koç ve diğ.,2011).

Th/U oranı ortamın fiziko kimyasal şartları hakkında bilgi veren önemli belirteçlerdendir. Th/U oranı, 0.1- 0.8 arasında anoksik, 0.8-1.33 arasında disoksik, 1.33- 10 arasında ise oksik ortamı temsil etmektedir (Tyson and Pearson, 1991). Bu veriler değerlendirilerek organik madde içeren şeyller ve karbonatlı kayaç örneklerinin U ve Th içerikleri ve Th/U oranına göre ortam yorumu yapılmıştır.

Keban bölgesinden alınan karbonatlı kayaç örnekleri (K2-1, K2-3, K2-5, K4-1, K4-2) Th/U oranına göre anoksik ortamı vermektedir. Şeyl örnekleri ise (K1-1, K1-2) oksik ortam olarak belirlenmiştir (Tablo 3.11-12).

Malatya bölgesinden alınan karbonatlı kayaç örnekleri (MS-2, MS-1, MT-4, ST-1) Th/U oranına göre anoksik, şeyl örnekleri MC-1 ve MC-4 anoksik, MC-6 örneği oksik olduğu Tablo 3.13 ve Tablo 3.14'de görülmektedir.

Tablo 3.11. Keban bölgesinden alınan karbonatlı kayaçlar (A: anoksik, O: oksik)

Örnek	Th	U	Th/U	Açıklama
K2-1	1.5	2	0.75	A
K2-3	0.6	1.1	0.545	A
K2-5	0.2	1	0.2	A
K3-1	0.5	0.9	0.55	A
K4-1	0.3	0.9	0.33	A
K4-2	0.2	0.6	0.33	A

Tablo 3.12. Keban bölgesinden alınan şeyller (A: anoksik, O: oksik)

Örnek	Th	U	Th/U	Açıklama
K1-1	1.1	0.1	11	O
K1-2	1.3	0.2	6.5	O

Tablo 3.13. Malatya bölgesinden alınan karbonatlı kayaçlar (A: anoksik, O: oksik)

Örnek	Th	U	Th/U	Açıklama
MS-2	0.3	2	0.15	A
MS-1	0.2	1.9	0.10	A
MT-4	0.2	1.3	0.15	A
ST-2	0.2	1.1	0.18	A

Tablo 3.14. Malatya bölgesinden alınan şeyller (A: anoksik, O: oksik)

Örnek	Th	U	Th/U	Açıklama
MC-1	0.6	6	0.1	A
MC-4	0.5	1.2	0.41	A
MC-6	2.9	0.8	3.625	O

Jones ve Manning (1994) tarafından yapılan çalışmada Ni/Co oranlarının < 5 olması durumu oksik koşulları, 5–7 arasında disoksik koşullar ve > 7 olması ise anoksik kadar olan koşulları temsil ettiğini ileri sürülmüştür.

Keban bölgesinden alınan karbonatlı kayaç örnekleri (K2-1, K2-3, K2-5, K4-1, K4-2) Ni/Co oranına göre oksik, disoksik ve anoksik ortamlarını vermektedir. Şeyl örnekleri ise (K1-1, K1-2) oksik ortam olarak belirlenmiştir (Tablo 3.15 ve Tablo 3.16).

Malatya bölgesinden alınan karbonatlı kayaç örnekleri (MS-2, MS-1, MT-4, ST-1) Ni/Co oranına göre MS-2 oksik diğer örnekler anoksik, şeyl örnekleri ise oksiktir (Tablo 3.17 ve Tablo 3.18).

Tablo 3.15. Keban bölgesinden alınan karbonatlı kayaçlar (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)

Örnek	Ni	Co	Ni/Co	Açıklama
K2-1	6.5	2.5	2.6	O
K2-3	5.4	1.2	4.5	O
K2-5	2.6	0.5	5.2	D
K3-1	3.7	0.7	5.2	D
K4-1	3.9	0.6	6.5	D
K4-2	2.2	0.3	7.3	A

Tablo 3.16. Keban bölgesinden alınan şeyller (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)

Örnek	Ni	Co	Ni/Co	Açıklama
K1-1	59.2	32.2	1.8	O
K1-2	18.5	26.3	0.7	O

Tablo 3.17. Malatya bölgesinden alınan karbonatlı kayaçlar (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)

Örnek	Ni	Co	Ni/Co	Açıklama
MS-2	1.7	0.4	4.2	O
MS-1	4.3	0.4	10.7	A
MT-4	9.1	0.7	13	A
ST-2	9.3	0.8	11.6	A

Tablo 3.18. Malatya bölgesinden alınan şeyller (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)

Örnek	Ni	Co	Ni/Co	Açıklama
MC-1	3.3	2.3	1.4	O
MC-4	13.1	5.6	2.3	O
MC-6	45.6	20.8	2.1	O

Rimme (2004), V/Cr oranlarının < 2 olduğu durumlar oksik koşulları, 2 - 4.25 arası disoksik koşulları ve >4.25 olduğu durumlarda ise anoksik kadar olan koşulları temsil ettiğini belirlemiştir.

Keban bölgesinden alınan karbonatlı kayaç örnekleri (K2-1, K2-3, K2-5, K4-1, K4-2) V/Cr oranına göre K2-1, K2-3, oksik, ortamı verirken diğer örnekler dedeksiyon limitinin altında kaldığı için hesaplanamamıştır. Şeyl örnekleri ise K1-1 disoksik ortam, K1-2 anoksik ortamı göstermektedir (Tablo 3.19 ve Tablo 3.20).

Malatya bölgesinden alınan karbonatlı kayaç örnekleri (MS-2, MS-1, MT-4, ST-1) V/Cr oranına göre örneklerin tümü oksiktir, şeyl örnekleri de örneği oksiktir (Tablo 3.21 ve Tablo 3.22).

Tablo 3.19. Keban bölgesinden alınan karbonatlı kayaçlar (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)

Örnek	V	Cr	V/Cr	Açıklama
K2-1	11	12.1	0.9	O
K2-3	2	5.7	0.3	O
K2-5	<2	2	-	-
K3-1	<2	2.6	-	-
K4-1	<2	2.1	-	-
K4-2	<2	1.9	-	-

Tablo 3.20. Keban bölgesinden alınan şeyller (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)

Örnek	V	Cr	V/Cr	Açıklama
K1-1	76	20.9	3.6	D
K1-2	67	2.6	25.7	A

Tablo 3.21. Malatya bölgesinden alınan karbonatlı kayalar (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)

Örnek	V	Cr	V/Cr	Açıklama
MS-2	10	7.5	1.3	O
MS-1	10	7.1	1.4	O
MT-4	8	4.2	1.9	O
ST-2	9	7	1.2	O

Tablo 3.22. Malatya bölgesinden alınan şeyler (A: anoksik, D: disoksik, O: oksik)

Örnek	V	Cr	V/Cr	Açıklama
MC-1	5	2.7	1.8	O
MC-4	7	6.9	1.01	O
MC-6	17	10.8	1.5	O

Th/U, Ni/Co, V/Cr'a göre ortamlara bakıldığında bazı örneklerin oksik veya disoksik ortamı gösterdiği görülmektedir. Organik maddece zengin tüm litolojilerin anoksik ortamda gelişmesine rağmen oksik ortamı göstermesi karalardan gelen malzemeler içindeki bu elementlerin girdisiyle açıklanabilir.

3.5. Toplam Organik Karbon (TOK) Analizi

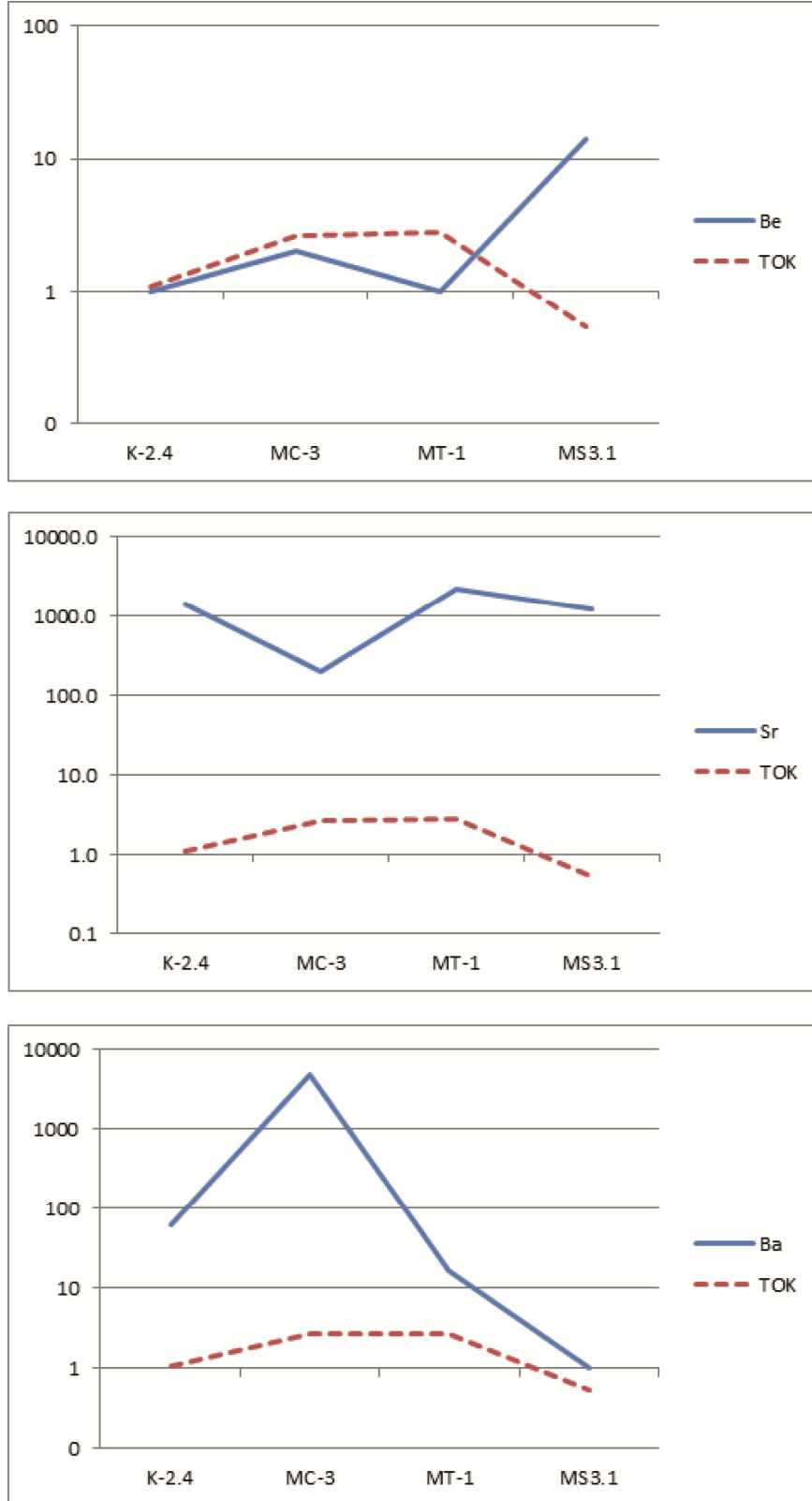
TOK analizi kayaç içerisinde bulunan organik karbon miktarını belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Bu analiz sonucunda 1 gr kayaç örneği içerisindeki karbon miktarı ağırlıkça yüzde olarak belirlenmektedir. Çalışmanın amacına yönelik olarak 4 adet organik madde içeren kayaç örneğinin toplam organik karbon miktarı belirlenmiştir (Tablo 3.23).

Tablo 3.23. Organik maddece madde içeren toplam organik karbon (%) ve element (ppm) içerikleri

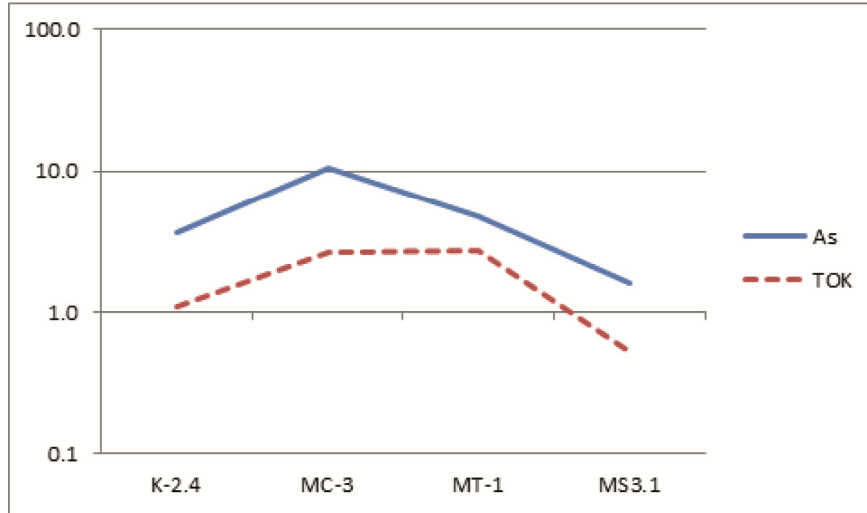
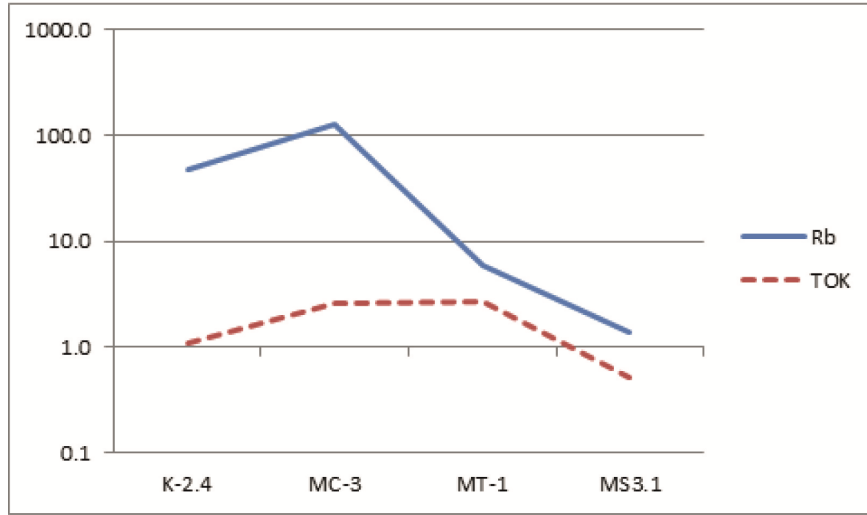
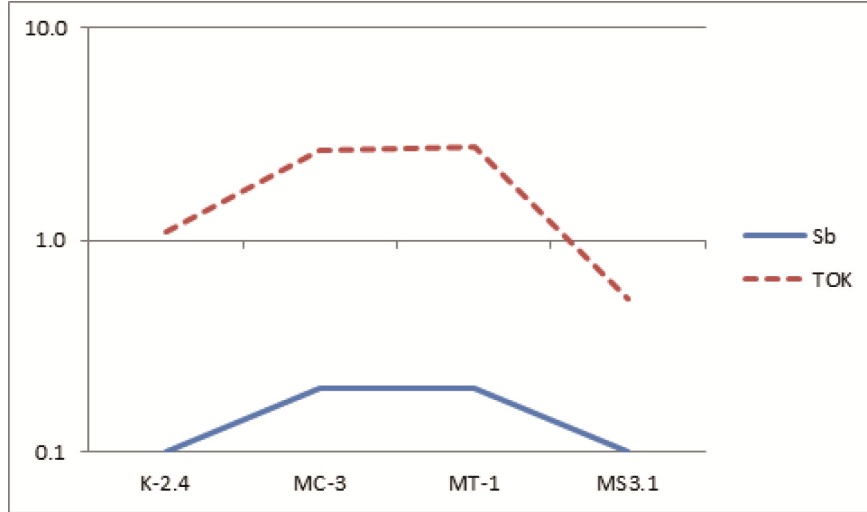
Element	K2-4	MC-3	MT-1	MS3.1	Dedeksiyon Limiti	Standart Sapma	Ortalama
Be	<1	2	<1	14	1	6	8
Sr	1419.2	205.9	2189.5	1211.4	0.5	707.5936	1257
Ba	62	4832	17	<1	1	2259.281	1637
Rb	47.3	125.2	6.0	1.4	0.1	49.64697	45
Cs	2.7	24.5	0.5	0.2	0.1	10.164	7
Ga	6.2	14.7	0.6	<0.5	0.5	5.796742	7
Sn	<1	2	<1	<1	1	0	2
Pb	98.5	1551.1	13.2	4.1	0.1	655.966	417
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	-	-
Tl	0.2	0.5	<0.1	<0.1	0.1	0.15	0
As	3.7	10.4	4.7	1.6	0.5	3.258067	5
Co	3.1	31.8	<0.2	0.6	0.2	14.15541	12
V	47	133	52	14	8	43.78641	62
Mo	1.5	13.7	1.3	0.2	0.1	5.521492	4
Cu	7.8	26.1	1.1	2	0.1	10.06243	9
Zn	58	>10000	30	257	1	101.0577	115
Sb	0.1	0.2	0.2	<0.1	0.1	0.04714	0
TOK	1.10	2.66	2.76	0.53	0.02	0.969339	2

Organik madde ile metal miktarları arasında çok yakın ilişkilerin olduğu bilinmektedir. Özellikle kayaçlardaki organik madde miktarı yükseldikçe U, W, Ce, Ba, I, Sb, Cd, Mo, Rb, Se, As, Ge, Zn, Cu, Ni, Co, Cr ve V elementlerinde de artış olduğu görülmektedir. Bu tür elementlerin organik maddece zengin kayaçlarda yan kayaçlara nazaran çok daha fazla birikmelerinin sebebi depolanma ortamının jeokimyası, oksijenli su kolonundaki biyolojik üretkenlik, tabandaki su kolonunun anoksikliği, organik maddenin korunumu ve kayaçlardaki birikimi ile ilişkilidir (Koca ve diğ., 2010).

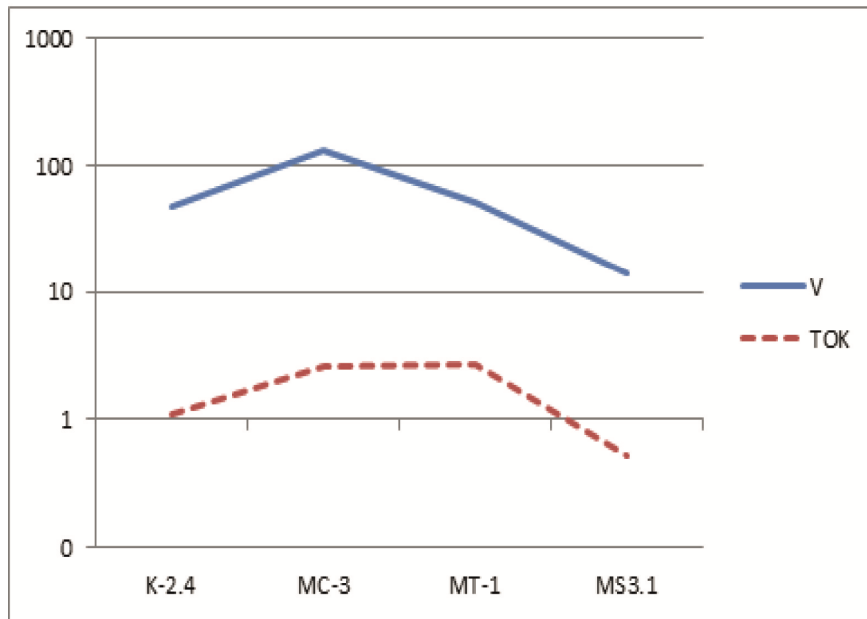
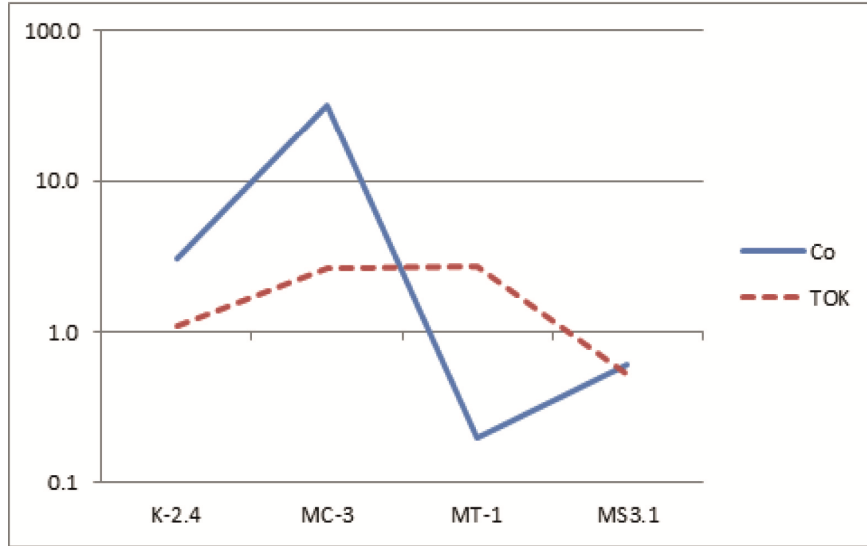
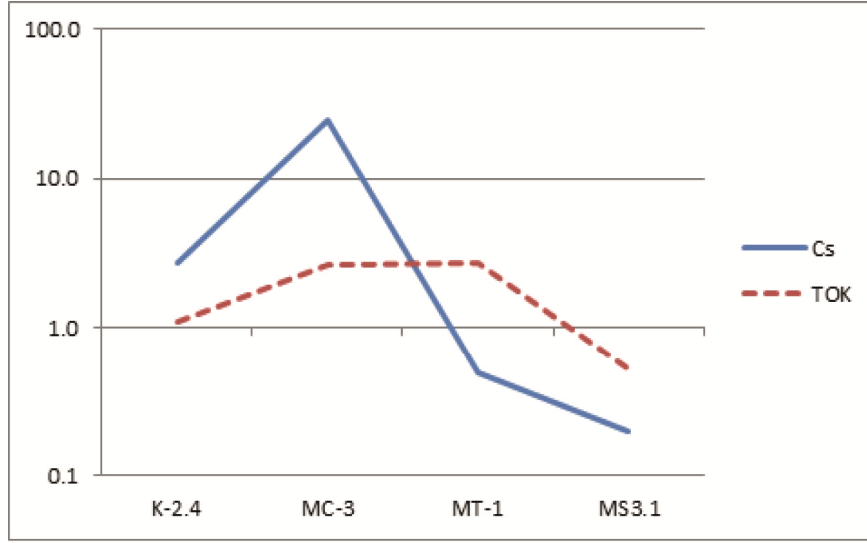
Be, Sr, Ba, Sb, Rb, As, Cs, Ga, Pb, Co, Mo, V, Cu, Zn metalik elementler ile toplam organik karbon (TOK) arasındaki ilişkiler Şekil 3.27, 3.28, 3.29, 3.30'da verilmiştir. Elementler ile organik madde miktarı arasında yaklaşık paralel bir ilişki olmakla birlikte özellikle Ba, Sb, Rb, As, Pb, Mo, V elementleri arasında doğrusal bir ilişki bariz bir şekilde görülmektedir. Organik madde miktarının artmasıyla metalik element içeriğinin de doğru orantılı olarak arttığı söylenebilir.



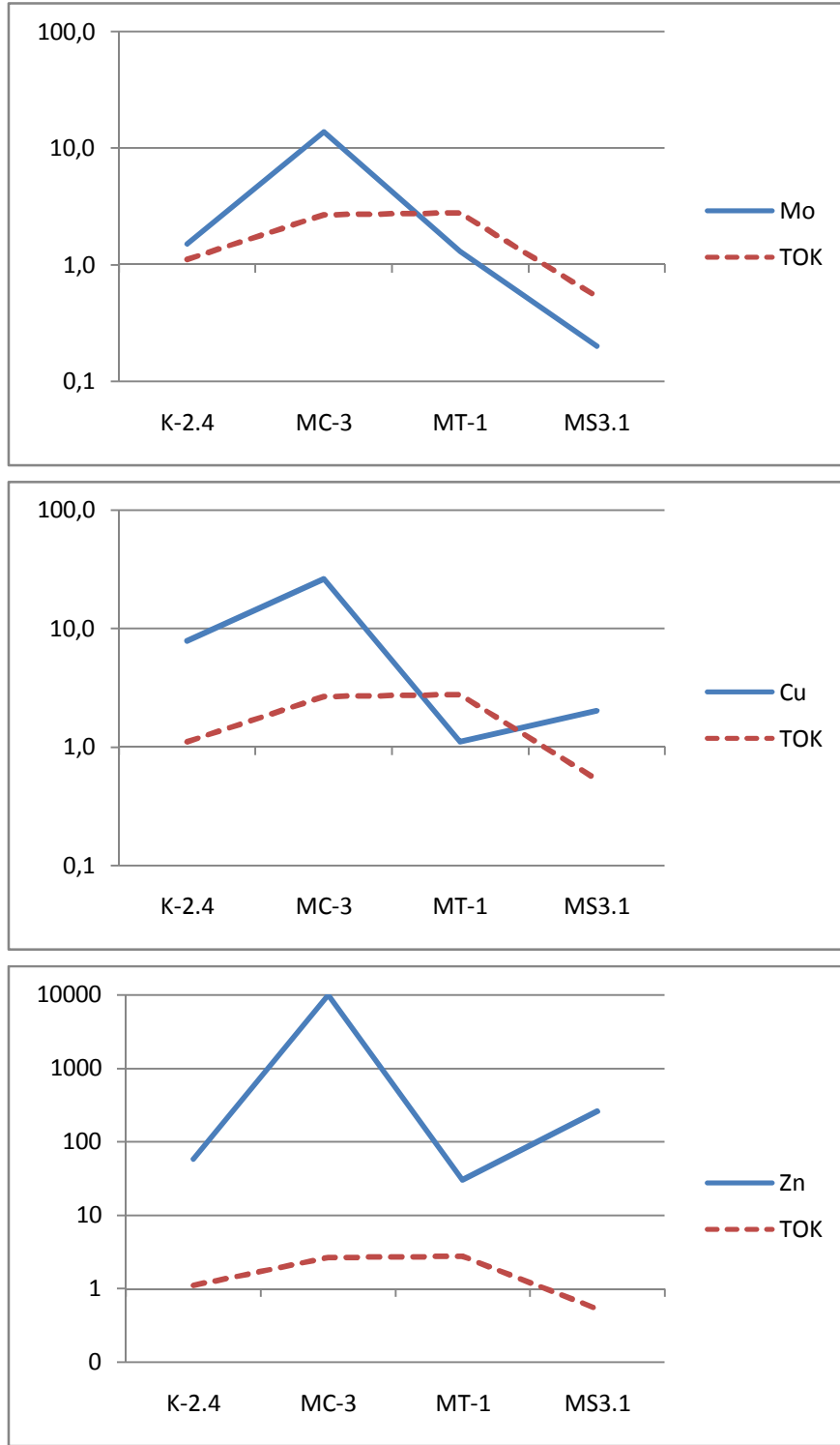
Şekil 3.27. Toplam organik karbonun (%) metallere ilişkisi (Be, Sr, Ba) (ppm)



Şekil 3.28. Toplam organik karbonun (%) metallerle ilişkisi (Sb, Rb, As) (ppm)



Şekil 3.29. Toplam organik karbonun (%) metallerle ilişkisi (Cs, Co, V) (ppm)



Şekil 3.30. Toplam organik karbonun (%) metallere ilişkisi (Mo, Cu, Zn) (ppm)

4. TARTIŞMA

Çalışma alanı Doğu Toros kuşağı üzerinde olup Elazığ (Keban) ve Malatya (Yeşilyurt) bölgesinde Permiyen yaşlı Keban ve Malatya Metamorfikleri'ni içermektedir. Keban Metamorfikleri'nde üst metapelitlerde organik maddece zengin litolojilerin aralanmasının olduğu kireçtaşı ve şeyllerden ve Malatya Metamorfikleri metakarbonat, metapelitlerde organik maddece zengin şeyller ve kireçtaşlarından örnekler alınmıştır.

Malatya bölgesinden 16 tane ve Keban bölgesinden 10 tane kayaç örneği alınıp üzerinde toplam karbon, toplam kükürt, ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Ayrıca ince ve parlak kesitler yapılarak kayaç bileşenleri tanınmaya çalışılmıştır.

İnce kesit örnekleri incelendiğinde kil mineralleri, organik madde, kalsit ve kuvars minerallerinden oluşmaktadır. İncelenen bu kesitlerde Cafana bölgesindeki şeyllerde Mercan ve Ordovisiyen'den güncel kadar yaş aralığı veren Broyozoan fosilleri bulunmaktadır. Parlak kesit incelemeleri sonucunda ise cevher minerali olarak sadece pirit görülmektedir. Piritler özşekilli, yarı özşekilli ve çoğunlukla framboidal (küresel) pirit içermektedir. Framboidal piritlerin olduğu ortamlar anoksik havzaları işaret ettiğinden organik maddece zengin tüm litolojiler ve anoksik havzalarda gelişmiş tortul kayaçlarda gözlenir (Vallentyne, 1963).

Keban ve Malatya bölgelerinden alınan örneklerin ana element içerikleri yer kabuğu ortalamasına göre, CaO, SiO₂, Fe₂O₃, TiO₂ ve K₂O yüksek değerlerdedir. CaO bakımından yüksek olması bu kayaçların karbonat kayaçlar olduğuna, SiO₂ ise kırıntılardan türeyen şeyl olduklarını göstermektedir.

Keban Bölgesinden (Keban Metamorfikleri'nden) alınan 8 adet organik madde içeren karbonatlı kayaç ve şeyl örneği (karbonatlı kayaç K2-1, K2-3, K2-5, K3-1, K4-1, K4-2 ve şeyller K1-1, K1-2) iz element analizi yaptırılmıştır. Organik madde içeren karbonat kayaçlara ait iz elementler, kabuk ortalamasına göre; Zn, Ag, U, Sb, Ba, Se ve Pb, karbonat ortalamasına göre ise; Zn, Co, Sr, Cd, Sb, Ba, Se ve Pb içerikleri oldukça yüksek değerlerdedir (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4). Organik madde içeren şeyllere ait iz elementler, kabuk ortalamasına göre; Zn, Co, Mn, As, Cd, V, Ba, B, Se, Cs ve Pb, şeyl ortalamasına göre ise Zn, Co, Mn, Cd, V, Ba, Cs ve Pb yüksek değerlerdedir (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6).

Malatya Bölgesinden (Malatya Metamorfikleri'nden) alınan 7 adet organik madde içeren karbonatlı kayaç ve şeyl örneği (karbonatlı kayaç MS-2, MS-1, MT-4, ST-2 ve şeyller MC-1, MC-4, MC-6) iz element analizi yaptırılmıştır. Organik madde içeren karbonat kayaçlara ait iz elementler, kabuk ortalamasına göre; As, U, Sr, Sb, Se, Pb ve Hg, karbonat ortalamasına göre ise; Mo, Co, As, Sr, Cd, Se ve Pb yüksek değerlerdedir (Şekil 3.7 ve Şekil 3.8). Organik madde içeren şeyllere ait iz elementler, kabuk ortalamasına göre; Zn, Ag, As, Cd, B, Se ve Pb, şeyl ortalamasına göre ise; Zn, Ag, Cd ve Pb yüksek değerlerdedir (Şekil 3.8 ve Şekil 3.9).

Keban bölgesi'nde organik madde içeren şeyller içerisinde Mn, Cs, V, B, As elementleri organik madde içeren karbonatlı kayaçlardakinden daha fazla miktarlardadır. Malatya bölgesinde ise organik madde içeren karbonatlı kayaçlarda Mo yüksek olmasına rağmen organik madde içeren şeyller içerisinde düşüktür.

İz element içerikleri şeyl, kabuk ve karbonat ortalamalarına göre yüksek değerler verse de Keban bölgesine ait iz element içerikleri Malatya bölgesinden fazla olduğu Şekil 3.3, 3.4, 3.5 ve 3.6'da görülmektedir.

Siyah şeyller organik maddece zenginleşmelerinin yanında şeyllerle ilişkili metaller ve sülfidlerce de zengindirler. Bununla birlikte, organik maddece zengin olan şeyller her zaman metalce zengin olmayabilir. Çünkü bazı durumlarda yüksek sedimantasyon oranı klastik seyrilmeye yol açarak metal değerlerinin düşük olmasına yol açabilir. Bundan dolayı, yüksek organik üretimlilik ve/veya organik korunuma rağmen çok zayıf metal içerikli siyah şeyllerde meydana gelebilir.

Organik kökenli kayaçlardaki iz metal zenginleşmeleri depolanma ortamlarındaki organik üretkenlik, organik maddenin korunumu, miktarı dolayısıyla ortamın anoksikliği ile çok yakından ilişkilidir. Metaller ve sülfür içerikleri kayaçların depolanma süreçleri boyunca fizikokimyasal koşullarla çok yakın ilişkidirler (Koca ve diğ., 2010).

Metaller, sülfidlerle, organik maddeyle veya killerle ilişkili olabilirler (LeRiche, 1959). Metallerin sinjenetik zenginleşmesinden sonra diagenetik ve epigenetik hareketler metalleri yeni bölgelere taşıyabilir. Örneğin, başlangıçta organik maddeye bağlı vanadyum (V), diagenetik ve/veya metamorfizma sonrasında kil minerallerinin bir bileşeni olabilir. (Leventhal ve Knapp, 1988).

Nadir toprak elementleri (Lantan-Lutesyum) genelde magmatik süreçlerin bir göstergesidir. Kayaçlar içerisindeki NTE dağılımları, kayacın ortalama bileşiminin bir belirteci olabilir. NTE'ler bozunma ve diyajenetik süreçler boyunca çözünürlüklerinin çok düşük olması nedeniyle kaynak kayaç belirlemede kullanılmaktadır. NTE'lerin iki önemli elementi Ce ve Eu, özellikle sıvıların kökeni ve depolanma ortamının redoks potansiyellerine yaklaşımda bulunmada kullanılmaktadır (Taylor ve Fryer, 1983).

Organik madde içeriği bakımından zengin pek çok yatakta yapılan NTE değerlendirmelerinde normalizasyon için ortalama şeyl, PAAS, Üst Kabuk, Kondrit, Avrupa Şeyli gibi referans değerlerde normalizasyon için kullanılmıştır. $La/La^* = La^N / (3Pr^N - 2Nd^N)$, Bolhar ve diğ., (2004); $Eu/Eu^* = Eu^N / (Sm^N * Gd^N)^{1/2}$, McLennan ve diğ., (1990); $Ce/Ce^* = \log(Ce^N / (2/3La^N + 1/3Nd^N))$, Ruhlin ve Owen (1986) formülleriyle hesaplanmıştır (N:kondrite göre normalize değer).

Keban Metamorfitle'lerinden alınan karbonatlı kayaç örnekleri; normalize NTE'ler kondritlere göre zenginleşme gösterirken, PAAS (Arkean öncesi Avustralya ortalama sedimanter kayaç), Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre düşüktür (Şekil 3.11-14). Ce/Ce^* oranları ortalama 1.65, Eu/Eu^* ortalama 0.51 dir.

Keban Metamorfitle'lerinden alınan şeyl örneklerinde de aynı şekilde kondritlere göre normalize NTE'lerinde zenginleşme gösterirken, PAAS (Arkean öncesi Avustralya ortalama sedimanter kayaç), Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre düşüktür (Şekil 3.14-18). Ce/Ce^* oranları ortalama 2.89, Eu/Eu^* ortalama 0.68 dir.

Malatya Metamorfitle'lerinden alınan karbonatlı kayaç örnekleri; normalize olan NTE'ler kondritlere göre zenginleşme gösterirken, PAAS (Arkean öncesi Avustralya ortalama sedimanter kayaç), Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre ise oldukça tüketilmiştir (Şekil 3.19-22). Eu/Eu^* ortalama 0.75, Ce/Ce^* ortalama 0.97 dir. Şeyl örneklerinde yine aynı durum söz konusudur. Yani kondritlere göre zenginleşme gösterirken; PAAS, Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre ise oldukça tüketilmiştir (Şekil 3.23-26). Eu/Eu^* ortalama 0.54, Ce/Ce^* ortalama 2.81dir.

Şeyl örneklerinde yine aynı durum söz konusudur. Yani kondritlere göre zenginleşme gösterirken; PAAS, Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre ise oldukça tüketilmiştir (Şekil 3.23-26). Eu/Eu^* ortalama 0.54, Ce/Ce^* ortalama 2.81dir.

Eu/Eu* oranını 1'den büyük olması pozitif Eu anomalisini gösterirken, Eu/Eu* oranını 1'den küçük olması negatif Eu anomalisine işaret etmektedir (Rollinson, 1993). Keban ve Malatya bölgelerinden alınan örnekler bu şartlar altında değerlendirildiğinde her iki bölgenin de negatif Eu ve pozitif Ce anomalisine sahip olduğu görülmektedir.

Negatif Eu anomalisi oksijen hareketliliği sonucu Eu'nun yükseltgenmesinden kaynaklanır (Ekambaram ve diğ., 1986). Ayrıca, NTE sülfat bileşiklerinin oldukça duyarlı olması ve Eu⁺² ile Ba⁺², un eşit iyonik yarıçapları nedeniyle baritler tipik olarak her zaman pozitif Eu anomalisi verirler (Özgenç, 1993). Eu⁺²'un barit tarafından tutulmuş olabileceği söylenebilir. Bununla birlikte negatif Eu anomalisi hidrotermal sıvıların kaynağından gelmiş olabilir (Alderton ve diğ., 1980). Negatif Eu anomalisi, hidrotermal sıvıların bünyesinde iki farklı değerlikli Eu'un (Eu⁺² ve Eu⁺³) birlikte varlığına işaret eder (Özgenç, 1993).

Ce anomalisi kayaç oluşumunun redoks ortamını yansıtmaktadır. Negatif (-) Ce anomalisi kayaç oluşum ortamının yüksek oksijen fugositesine sahip olduğunu göstermektedir. Pozitif (+) Ce anomalisi ise düşük oksijen fugositesine işaret etmektedir (Constantopoulos 1988). Organik maddeler içindeki hafif negatif Ce anomalisi muhtemelen deniz etkisiyle meydana gelmektedir. Negatif Ce anomalisi denizel depolanma ortamları için bir belirteçtir (Murray ve diğ., 1990). Örneklerde görülen Ce zenginleşmesi anlamına gelen bu anomali, deniz suyunun indirgeyici özelliği ile açıklanmaktadır (Önal ve diğ., 2002).

Çalışma alanında tüm örneklerde hafif NTE içerikleri ağır NTE içeriklerine göre nispeten yüksektir. Hafif NTE'lerin zenginleşmesi karasal kökeni işaret etmektedir. Karbonatlı kayaçlar ve şeyllerde karasal kökenli malzemenin önemli miktarda olduğunu göstermektedir.

Th/U oranı ortamın fiziko kimyasal şartları hakkında bilgi veren önemli belirteçlerdendir. Keban bölgesinden alınan karbonatlı kayaç örneklerinin (K2-1, K2-3, K2-5, K4-1, K4-2) Th/U oranına göre anoksik ortamı vermektedir. Şeyl örnekleri ise (K1-1, K1-2) oksik ortam olarak belirlenmiştir. Malatya bölgesinden alınan karbonatlı kayaç örneklerinin (MS-2, MS-1, MT-4, ST-1) Th/U oranına göre anoksik, şeyl örnekleri MC-1 ve MC-4 anoksik, MC-6 örneği oksiktir (Tablo 3.11-14).

Ni/Co oranlarının Keban bölgesinden alınan karbonatlı kayaç örneklerinin (K2-1, K2-3, K2-5, K4-1, K4-2) Ni/Co oranına göre oksik, disoksik ve anoksik ortamlarını

vermektedir. Şeyl örnekleri ise (K1-1, K1-2) oksik ortam olarak belirlenmiştir (Tablo 3.15 ve Tablo 3.16). Malatya bölgesinden alınan karbonatlı kayaç örneklerinin (MS-2, MS-1, MT-4, ST-1) Ni/Co oranına göre MS-2 oksik diğer örnekler anoksik, şeyl örnekleri ise örneği oksiktir (Tablo 3.17 ve Tablo 3.18).

Keban bölgesinden alınan karbonatlı kayaç örneklerinin (K2-1, K2-3, K2-5, K4-1, K4-2) V/Cr oranına göre K2-1, K2-3, oksik, ortamı verirken diğer örnekler dedeksiyon limitinin altında kaldığı için hesaplanamamıştır. Şeyl örnekleri ise K1-1 disoksik ortam, K1-2 anoksik ortamı göstermektedir (Tablo 3.19 ve Tablo 3.20). Malatya bölgesinden alınan karbonatlı kayaç örneklerinin (MS-2, MS-1, MT-4, ST-1) V/Cr oranına göre örneklerin tümü oksiktir, şeyl örnekleri de örneği oksiktir (Tablo 3.21 ve Tablo 3.22).

Organik maddece zengin litolojiler anoksik ortamlarda gelişmesine rağmen Th/U, Ni/Co, Ni/Co, V/Cr değerlerinin bir kısmında oksik koşulları işaret etmesi, bu bileşenlerin karasal kökenli kırıntılarda bulunduğunu ve sedimanter ortama taşındığını göstermektedir.

TOK analizi kaya içerisinde bulunan organik karbon miktarını belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Bu analiz sonucunda 1 gr kaya örneği içerisindeki karbon miktarı yüzde olarak belirlenmektedir. İnceleme alınan 4 adet organik maddece zengin kayaç örneği üzerinde toplam organik karbon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonucunda, örneklerin toplam organik karbon miktarları belirlenmiştir (Tablo 4.2).

Be, Sr, Ba, Sb, Rb, As, Cs, Ga, Pb, Co, Mo, V, Cu, Zn metalik elementler ile toplam organik karbon (TOK) arasındaki ilişkiler Şekil 3.5.6.1 ve Şekil 3.5.6.2 de verilmiştir. Elementler ile organik madde miktarı arasında yaklaşık paralel bir ilişki olmakla birlikte özellikle Ba, Sb, Rb, As, Pb, Mo, V elementleri arasında doğrusal bir ilişki bariz bir şekilde görülmektedir. Organik madde miktarının artmasıyla metalik element içeriğinin de doğru orantılı olarak arttığı söylenebilir.

Toplam %S değeri genellikle organik maddenin olduğu yerlerde yüksek olması gerekir iken, incelenen örneklerde kükürt içeriği oldukça düşük ve bazı örneklerin dedeksiyon limitinin altında kaldığı görülmüştür (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2). Yüksek S içeriğinin sülfat getiriminin fazla olması, organik kükürt miktarının katkısı ve artan bakteri etkinliğinin bir sonucu olduğu düşünülebilir.

Tablo 4.1. Keban ve Malatya bölgesine ait organik madde içeren karbonatlı kayaçların ana element ve kükürt içerikleri (% ağırlık olarak verilmiştir)

Element (%)	K2-1	K2-3	K2-5	K3-1	K4-1	K4-2	MS-2	MS-1	MT-4	ST-2	Dedeksiyon Limiti	Standart Sapma	Ortalama
Fe	0.48	0.25	0.09	0.22	0.13	0.11	0.03	0.05	0.21	0.12	0.01	0.13	0.16
Ca	34.32	35.86	36.38	35.86	36.49	35.63	36.47	37.18	36.49	36.73	0.01	0.78	36.14
P	0.011	0.009	0.005	0.011	0.005	0.005	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	0.005
Ti	0.011	0.002	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.005	0.004
Al	0.71	0.11	0.04	0.06	0.07	0.04	0.08	0.03	0.02	0.04	0.01	0.20	0.12
Na	0.007	0.005	0.003	0.008	0.017	0.003	0.005	0.003	0.006	0.003	0.001	0.004	0.006
K	0.27	0.05	0.03	0.02	0.04	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.07	0.05
S	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.02	0	0.02

Tablo 4.2. Keban ve Malatya bölgesine ait organik madde içeren şeyillerin ana element ve kükürt içerikleri (% ağırlık olarak verilmiştir)

Element (%)	K1-1	K1-2	MC-1	MC-4	MC-6	Dedeksiyon Limiti	Standart Sapma	Ortalama
Fe	3.05	3.22	0.41	2.33	8.38	0.01	2.95	3.47
Ca	13.03	8.86	28.74	19.71	5.63	0.01	9.22	15.19
P	0.268	0.197	0.037	0.03	0.056	0.001	0.10	0.11
Ti	0.169	0.227	<0.001	0.001	0.004	0.001	0.11	0.10
Al	1.75	1.54	0.1	0.13	1.1	0.01	0.77	0.92
Na	0.021	0.024	0.01	0.032	0.007	0.001	0.01	0.018
K	1.23	1.17	0.06	0.09	0.51	0.01	0.56	0.61
S	<0.02	<0.02	0.97	0.86	0.03	0.02	0.51	0.62

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Malatya (Yeşilyurt) ve Elazığ (Keban) bölgelerinde organik maddece zengin litolojilerin jeokimyası incelenmiştir ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1. İncelenen örneklerin ana element içerikleri yerkabuğu ortalamasına göre, CaO, SiO₂, Fe₂O₃ ve K₂O yüksek değerlerdedir. CaO bakımından yüksek olması bu kayaların karbonat kayaçlar olduğuna, SiO₂ ise kırıntılılardan türeyen şeyl olduklarını göstermektedir.
2. Keban Bölgesinde organik madde içeren karbonatlı kayaçlara ait iz elementler kabuk ortalamasına göre; Zn, Ag, U, Sb, Ba, Se ve Pb, karbonat ortalamasına göre ise; Zn, Co, Sr, Cd, Sb, Ba, Se ve Pb içerikleri oldukça yüksek değerlerdedir. Organik madde içeren şeyllere ait iz elementlerin kabuk ortalamasına göre; Zn, Co, Mn, As, Cd, V, Ba, B, Se, Cs ve Pb, şeyl ortalamasına göre ise Zn, Co, Mn, Cd, V, Ba, Cs ve Pb yüksek değerlerdedir.
3. Malatya Bölgesinde organik madde içeren karbonatlı kayaçlara ait iz elementler; kabuk ortalamasına göre, As, U, Sr, Sb, Se, Pb ve Hg, karbonat ortalamasına göre ise, Mo, Co, As, Sr, Cd, Se ve Pb yüksek değerlerdedir. Organik maddece zengin şeyllere ait iz elementler; kabuk ortalamasına göre, Zn, Ag, As, Cd, B, Se ve Pb, şeyl ortalamasına göre ise Zn, Ag, Cd ve Pb yüksek değerlerdedir.
4. Keban Metamorfikleri'nden alınan karbonatlı kayaç örnekleri; normalize NTE'ler kondritlere göre zenginleşme gösterirken, PAAS (Arkean öncesi Avustralya ortalama sedimanter kayaç), Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre düşüktür (Şekil 3.11-14). Ce/Ce* oranları ortalama 1.65, Eu/Eu* ortalama 0.51 dir.
5. Keban Metamorfikleri'nden alınan şeyl örneklerinde de aynı şekilde kondritlere göre normalize NTE'lerinde zenginleşme gösterirken, PAAS (Arkean öncesi Avustralya ortalama sedimanter kayaç), Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre düşüktür (Şekil 3.14-18). Ce/Ce* oranları ortalama 2.89, Eu/Eu* ortalama 0.68 dir.
6. Malatya Metamorfikleri'nden alınan karbonatlı kayaç örnekleri; normalize olan NTE'ler kondritlere göre zenginleşme gösterirken, PAAS (Arkean öncesi Avustralya ortalama sedimanter kayaç), Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre ise oldukça tüketilmiştir (Şekil 3.19-22). Eu/Eu* ortalama 0.75, Ce/Ce* ortalama 0.97

dir. Şeyl örneklerinde yine aynı durum söz konusudur. Yani kondritlere göre zenginleşme gösterirken; PAAS, Üst Kabuk ve Avrupa Şeyline göre ise oldukça tüketilmiştir (Şekil 3.23-26). Eu/Eu* ortalama 0.54, Ce/Ce* ortalama 2.81dir.

7. Çalışma alanında tüm örneklerde hafif NTE içerikleri ağır NTE içeriklerine göre nispeten yüksektir. Hafif NTE'lerin zenginleşmesi karasal kökeni işaret etmektedir. Karbonatlar ve şeyllerde karasal kökenli malzemenin önemli miktarda olduğunu göstermektedir.
8. Be, Sr, Ba, Sb, Rb, As, Cs, Ga, Pb, Co, Mo, V, Cu, Zn metalik elementler ile toplam organik karbon (TOK) arasında yaklaşık paralel ilişki gözlenmektedir. Özellikle Ba, Sb, Rb, As, Pb, Mo, V elementleri arasında doğrusal bir ilişki bariz bir şekilde görülmektedir. Organik madde miktarının artmasıyla metalik element içeriğinin de doğru orantılı olarak arttığı söylenebilir.
9. Bu çalışmada organik madde içeren seviyelerin metalik element içerikleri yüksek çıkmasına rağmen hiçbir alanda işletilebilecek kadar ekonomik düzeyde olmadığı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Akgül, B., 1987.** Keban Yöresi Metamorfik Kayaçların Petrografik İncelenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, (Yayınlanmamış).
- Akgül, M., 1987.** Baskil (Elazığ) granodiyoritinin petrografik ve petrolojik incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. 60 s. (Yayınlanmamış).
- Akgül, M., 1991.** Baskil (Elazığ) granodiyoritinin petrografik ve petrolojik özellikleri. *Yerbilimleri Geosound*, 18, 68-78.
- Aksoy, E., 1993.** Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri. *TÜBİTAK. Yerbilimleri Dergisi*. 113-123.
- Alderton, D.H.M., Pearce, J.A. ve Potts, P.J., 1980.** Rare earth element mobility during granite alteration: evidence from southeast England. *Earth. Planet. Sei. Lett.*, 49: 149-165.
- Arthur, M.A., Jenkyns, H.C., Brumsack, H.J., ve Schlanger, S.O., 1990.** Stratigraphy, geochemistry, and paleoceanography of organic carbon-rich Cretaceous sequences; In Ginsburg, R.N. and Beaudoin, B. (Eds.), *Cretaceous Resources, Events and Rhythms: Background and Plans for Research*. NATO ASI Ser., Ser. C, 304, 75–119.
- Asutay, H. J., 1985.** Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve petrografik incelenmesi: Doktora tezi (yayınlanmamış), A.Ü. Fen Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, Ankara.
- Asutay, H. J., 1987.** Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve Baskil magmatitlerinin petrolojisi. *MTA Bull.*, 107, 49-72, Ankara.
- Asutay, H. J., 1988.** Baski (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve petrografik incelemesi. *MTA Derg.*, 107, 38-60.
- Asutay, H.J., Turan, M., Poyraz N., Orhan, H., Tarı, E. and Yazgan, E. 1986.** Geology of the Eastern Taurides in the vicinity of Keban- Baskil (Elazığ). *Miner. Res. Explor. Inst. Turkey Report 8007*, 1-154 (in Turkish).
- Beyarslan, M. Bingöl, A.F., 2000.** Petrology of a supra- subduction zone ophiolite (Kömürhan- Elazığ- Turkey). *Canadian Journal of Earth Sciences*. 37:1411-1424, Canada.
- Beyarslan, M., 1996.** Kömürhan ofiyolit biriminin petrografik ve petrolojik incelenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ Doktora Tezi, 103 s.
- Bingöl, A. F., 1984.** Geology of the Elazığ Area in the Eastern Taurus Region: Proceedings of the Int. Symposium on the Geology of the Taurus Belt (edited by Tekeli, O. and Goncuoğlu, M.C.) Ankara-Turkey, 209-216.

- Bingöl, A. F., 1986.** New findings on the structural setting of the chromites in the Guleman ophiolitic massive (Eastern Taurus), Jour. Firat Univ. Sci. And Tech., 1/1., 37-46.
- Bingöl, A.F.,1988.** Petrographical and Features of Intrusive rocks of Yuksekova Complex in the Elazığ region (Eastern Taurus-Turkey). Journ. of Firat Univ. 3/2, 1- 17.
- Boynton, W.V., 1984.** Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In Henderson P.(ed.), rare earth element geochemistry. Elsevier, pp. 63-114.
- Boggs, Jr.S., 2009.** Petrology of sedimentary rocks. Cambridge University Press, UK, 2nd edition, 600 p.
- Bolhar,R., Kamber, B.S., Moorbath, S., Whitehouse,M.J., VE CollersonK.D., 2004.** Chemical characterization of earth's most ancient clastic metasediments from the Isua Greenstone Belt, southern West Greenland. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 69, No. 6, pp. 1555–1573.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2004b.** Diagenetic to low-grade metamorphic evolution of clay mineral assemblages in Palaeozoic to early Mesozoic rocks of the Eastern Taurides, Turkey. Clay Miner. 39, 481—500.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Başibüyük, Z., Özfırat, O., Yılmaz, H., 2007.** Origin and evolution of the Southeast Anatolian Metamorphic Complex (Turkey). Geologica Carpathica, 58, 3, 197—210.
- Brumsack, H.-J., 1980.** Geochemistry of Cretaceous black shales from the Atlantic Ocean (DSDP Legs 11, 14, 36 and 41).Chem. Geol. 31, 1–25.
- Cengiz, R., Yılmaz, H., ve Türkyılmaz, B., 1991.** Malatya- Yeşilyurt- Cafana (Görgü) yakınındaki Çinkur'a ait ÖİR:671 ve ÖİR:1714 nolu ruhsat sahaları ara raporu. MTA, Ankara.
- Curialle J. A., Bloch S., Rafalska-Bloch J., Harrison W.E., 1983.** Petroleum-Related Origin for Uraniferous organic rich Nodules of Southwestern Oklohama. The American Association of Petroleum Geologists Bul., V.67, No.4, pp: 588-608.
- Çelebi, H., Hanelçi, Ş., 1998.** Geochemische und geostatistische Untersuchungen an Mineralen des Lagerstättentypizierten Keban,Elazığ / Osttürkei, Geologisches Jahrbuch Hannover, D 108:3-33.
- Dirim, M.S., Koçak, N., Yiğit, L., Kançın, N., ve Esen, K., 1985.** Keban Fırat batı yakası Mn, Ag, Pb, Zn, Au cevherleşmesi ve 1984 yılı arama çalışmaları. Etibank Raporu, 1985/3 (yayınlanmamış). 52s.
- Ekambaram, V., Brookins, D. G., Rosenberg, P. E. ve Emanuel, K. M., 1986,** Rare-earth elements geochemistry of fluorite-carbonate deposits in Western Montana, USA. Chem. Geol. 54, 319-331.
- Erdoğan, B.,1977.** Geology, geochemistry and genesis of the sulphide deposits of the Ergani-Maden region, SE Turkey: Univ. of New Brunswick, Doktora tezi (yayınlanmamış).

- Erdoğan, B.,1982.** Bitlis Masifinin Avnik (Bingöl) yöresinde Jeolojisi ve yapısal özellikleri: Ege Univ. Yerbilimleri Fak. İzmir, 106 s, doçentlik tezi (yayınlanmamış).
- 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.
- Graham U. M. and Ohmoto H., 1994.** Experimental study of formation mechanisms of hydrothermal pyrite. *Geochim. Cosmochim. Acta* 58, 2187-2202.
- Güdücü, A., 1994.** 1:100 000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Malatya L40 paftası. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans semineri (Yayınlanmamış).
- Hanelçi, Ş., 1991.** Zerya Dere-Siftil Tepe (Keban-Elazığ) metalojenisinin incelenmesi. Doktora Tezi. (yayınlanmamış).200s.
- Hanelçi, Ş., 1996.** Mineralogie und die Genese der Cu – Vorkommen von Zeryan Dere des Lagerstaetendistriktes. Keban, Elazığ/ Osttürkei. *Geol. Jahrb.* (baskıda).
- Haskin, M.A. and Haskin, L.A., 1966.** Rare earths in European shales: a redetermination. *Science*, 154, 507-509.
- Hempton, M. R.,1984.** Results of detailed mapping near lake Hazar (Eastern Taurus Mountains): Tekeli, O. Ve Goncuoğlu, M.C., ed., *Geology of the Taurus Belt Proceedings*, 223-228.
- Hempton, M. R.,1985.** Structure and deformation history of Bitlis suture near lake Hazar, southeastern Turkey, *Geol. Soc. Ame. Bull.*, 96, 233-243.
- Jenkyns, H.C., 2010.** Geochemistry of oceanic anoxic events. *Geochemistry, Geophysics Geosystem* 11, 30. doi:10.1029/2009 GC002788. G3.
- Jones P.J., ve Manning, 1994.** A comparison and correlation of different geochemical indices used for the interpretation of depositional environments in ancient mudstones. *Chemical Geology*, v. 111, p.111-129.
- Kalender, L., Hanelçi, Ş., 2001.**Keban (Elazığ) Civarı Eski imalat Paşalarında Au, Ag, Pb,Zn Cevherleşmelerinin Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*. Cilt 44, Sayı 2.
- Kavak, O., 2010.** Petroleum properties of Karaboğaz formation in Adıyaman oil field at South East Turkey through organic geochemical studies. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 6 (562), 30-38.
- Ketin, İ., 1976.** Anadolu'nun tektonik birlikleri. *MTA Dergisi*, 66, 20-34.
- Kipman, E., 1976.** Kebanın Jeolojisi ve volkanitlerinin petrolojisi. Doçentlik Tezi. İst. Üniv. (yayınlanmamış).

- Kipman, E.,1982.** Kebanın volkanitlerinin petrolojisi, İst. Üniv. Yerbilimleri Derg., 3-4, 203-230.
- Koca, D., Sarı,A., Koç,Ş.,Yavuz, B., Koralay, D. B., 2010.** Denizel Kaynak Kayalarda Ana Ve İz Element Zenginleşmelerine Türkiye’den Bir Örnek: Akkuyu Formasyonu (Orta Toroslar) Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 25, No 2, 243-256.
- Koç, Ş., Sarı, A., Yavuz Pehlivanlı, B., Koca, D., Koçak, İ., 2011.** Hırka Formasyonu (Bey pazarı, ANKARA) Bitümlü Şeyllerinin Gama-Ray Spektrometresi Yöntemiyle Radyoaktif Madde İçerikleri ve Bunların Kökensel İlişkilerinin İncelenmesi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri. Ankara.
- Kucha.H., 1990.** Geochemistry of the Kupferschiefer, Poland. Geologische Rundschau. 1990, Volume 79, Issue 2, pp 387-399
- Kürüm, S., 1987.** Keban ilçe merkezi çevresinin tektonik özellikleri, Yüksek Lisans Tezi. F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. 52 s. (Yayınlanmamış).
- Lipinski ve diğ., 2003.** Trace metal signatures of Jurassic/Cretaceous black shales from the Norwegian Shelf and the Barents Sea.
- Love L. G., 1957.** Microorganisms and the presence of syngenetic pyrite. Q. J. Geol. Soc. London 113, 429-440.
- McLennan S.M., 1989.** Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In lipin B.R. and McKay G.A.(eds.), Geochemistry an mineralogy of rare earth elements. Reviews in Mineralogy, 21, pp.169-200.
- McLennan S.M., Taylor, S.R., McCulloch, M.T., ve Maynard, J.B., 1990.** Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep sea turbidites: crustal evolution and plate tectonic associations. Geochim. Cosmochim. Acta., 54, 2015-2050.
- MTA 2002.** 1: 500,000 scaled geological map series of Turkey. Sivas section. Miner. Res. Explor., Ankara.
- Muramoto J. A., Honjo S., Fry B., Hay B. J., Howarth R. W., and Cisne J. L., 1991.** Sulfur, iron and organic carbon fluxes in the Black Sea: sulfur isotopic evidence for origin of sulfur fluxes. Deep-Sea Res. 38, S1151-S1187.
- Oszczepalski, S.,1989.** Kupferschiefer in southwestern Poland: sedimentary environments, metal zoning, and ore controls. Geol. Assoc. Can. Sp. Paper. 36: 571-600.
- Önal, A.,Şaşmaz, A. ve Önal, A., 2002.** Pınarbası (Çelikhan-Adıyaman) apatitli manyetit cevherinin mineralojisi, jeokimyası ve kökeni. Yerbilimleri Dergisi 40/41, 207-226.
- Önal, A. ve Bingöl, A. F., 1996.** Polat-Begre Granitoyidi'nin (Malatya) mineralojisi ve petrografisi. Çukurova Üniversitesi Geosound, Yerbilimleri, 29,41-58.

- Önal, M., 1986.** Gelibolu yarımadasındaki iki ana kayanın organik jeokimyası ve kil mineralleri ile incelenmesi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 29/1,97-104.
- Önal, M., Tuzcu, N. ve Helvacı, C., 1990.** Geological setting, mineralogy and origin of Cafana (Malatya) Zn-Pb sulfide and carbonate deposit, Eastern Anatolia, Turkey: International Earth Sciences Congress on Aegean Regions, (IESCA – 1990) p. 23, İzmir-Turkey.
- Önal, M., 1995.** Malatya Graben Havzası kuzeyinin stratigrafisi, kömür potansiyeli ve neotektoniği, Doğu Anadolu. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8, 159-175.
- Özçelik, M.,1985.** Malatya güneydoğusundaki magmatik kayaçların jeolojisi ve tektonik ortamına jeokimyasal bir yaklaşım. TJK Bült., 28, 1, 19-35. Ankara.
- Özgül, N., 1976.** Toroslar'ın bazı temel jeoloji özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült.. 19, 65-78,
- Özgül, N., ve Turşucu, A., 1984.** Stratigraphy of the Mesozoic carbonate sequence of the Munzur Mountains (Eastern Taurides). In: O. Tekeli and M.C. Göncüoğlu (eds.), Proceedings of the Geology of the Taurus Belt, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 173-185.
- Özkaya, İ.,1978.** Ergani-Maden yöresi stratigrafisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 21/2, 129-139.
- Öztunalı, Ö., 1989.** Keban maden sahaları durum tespit raporları. 1985-89. (yayınlanmamış).. Etibank Maden Arama Müdürlüğü. Ankara.30s.
- Özgenç, İ., 1993.** Ovacık (Tavşanlı-Kütahya) Florit Yatağının Jeolojisi Ve Oluşumu. Jeoloji Mühendisliği s, 43,5-14.
- Perincek D. ve Özkaya, 1981.** Arabistan Levhası kuzey Kenarı tektonik evrimi: H.U. Yerbilimleri, B, 91-100.
- Perincek, D.,1978.** Çelikhan- Sincik- Koçali (Adıyaman ili) alanının jeolojisi ve petrol olanaklarının araştırılması . Doktora tezi, İstanbul Univ. Fen Fak. Tatbiki Jeol. Kursusu 212s
- Perinçek, D., and Kozlu, H., 1983.** Stratigraphy and structural relations of the units in the Afşin-Elbistan-Doğanşehir region (Eastern Taurus). In: Tekeli O. And Göncüoğlu M.C. (Eds.): Geology of the Taurus Belt. Proceedings of International Symposium Proceedings on the Geology of the Taurus Belt. Miner. Res. Explor. Inst. Turkey, Spec. Publ. 181—198.
- Pratt, A.D., 1990.** The geology, geochemistry and mineralogy of the sedimentary Cafana Zn-Fe-Pb-Ba deposit, SE Turkey: ph.d. tezi, 2 Cilt, 116 s., Copenhagen, Danimarka.
- Revan, K.M., ve Genç, Y., 2003.**Malatya-Yeşilyurt Altınlı Florit Cevherleşmesi: Toroslarda Paleokarst Tipi Bir Yatak. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 27' (2).

- Rızaoğlu, T.,2006.** Baskil-Sivrice (Elazığ) Arasında Yüzeyleyen Tektonomagmatik Birimlerin Petrografisi ve Jeokimyası. Doktora Tezi, C.U. Fen Bilimleri Enstitüsü, 218s.
- Rigo de Righi, M and Cortesini.,1964.** Gravity tectonicsin foothills Structure belt of southeast Turkey. Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geol., v.48, pp.1911-1937.
- Rimmer, S.M., 2004.** Geochemical paleoredox indicators in Devonian–Mississippian black shales, Central Appalachian Basin (USA). Chemical Geology 206 (2004) 373– 391.
- Rollinson, H.R., 1993.** Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Copublished in the United States with John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Robertson, A.H.F., Parlak, O., Rızaoğlu, T., Unlugenc, U.C., Inan, N.,Tash, K., ve Ustaömer, T., 2007.** Tectonic evolution of the South Tethyan ocean: evidence from the Eastern Taurus Mountains (Elazığ region, SE Turkey). Geol. Soc. London Spec Publication, 272, 233-272.
- Ruhlin, Douglas, E., ve Owen, Robert, M., 1986.** The rare earth element geochemistry of hydrothermal sediments from the East Pacific Rise: Examination of a seawater scavenging mechanism. Geochemica et Cosmochimica Acta Vol. 50. pp. 393-400.
- Ruskeeniemi K.L.,1991.** Geochemical evidence fort he hydrothermal origin of sulphur, base metal and gold in Proterozoic metamorphased black, Kainuu and Outokumpu areas, Finland, Mineral Deposit, 26, 152-164.
- Sağiroğlu, A., 1988.** Cafana (Görgü) Malatya Karbonatlı Pb-Zn Yatakları. C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C. 5 (1), 3-13.
- Sağiroğlu, A., 1992,** Pertek-Demürek (Tunceli) skarn tipi manyetit ve ilişkili bakır cevherleşmeleri. TJK. Bült. 35, 63-70.
- Stendal, H., Madsen, J.K. ve Ünlü, T., 1986.** Çeşitli gezi sahaları broşürü, Cafana sahasına ait bilgiler.
- Stosch, H.G., 2000.** Geochemie der Seltenen Erden. ders notları, Karlsruhe Üniversitesi, Karlsruhe, 192 s.
- Sungurlu, O., Perinçek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E., Naz, H., 1985.** Elazığ-Hazar-Palu Alanının Jeolojisi, Türkiye Petrolleri A. o. Mart-1985 (Yayınlanmamış).
- Sweeney R. E. ve Kaplan I. R., 1973.** Pyrite framboid formation: laboratory synthesis and marine sediments. Econ. Geol. 68, 618- 634.
- Şahin, Ö., Işık, V., 2010.** Çelikhan (Adıyaman) Civarında Yüzeyleyen Metamorfik ve MagmatikKayaların Petrolojisi Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 53, Sayı 2-3.
- Taylor R.P. ve Fryer B.J.,1983.** Rare earth elements lithochemistry of granitoid mineral deposits, Can. Mining Metallurg. Bull.

- Taylor S. R. ve McLennan S. M., 1981.** The Composition and Evolution of The Continental Crust: rare earth element evidence from sedimentary rock. Phil. Trans. R. Soc. A.381, 381-399.
- Turan, M. ve Bingöl, A.F., 1991.** Kovancılar-Baskil (Elazığ) arası bölgenin tektonostratigrafik özellikleri. Çukurova Üniversitesi Ahmet Acar Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Adana, 213-227.
- Turan, M., Aksoy, E., ve Bingöl, A. F., 1993.** Doğu Torosların jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. Hacettepe Üniv. Yerbilimlerinin 25. Yılı Semp.
- Turekian K.K. Wedepohl K.H., 1961.** "Distribution of the elements in some major units of the earth's crust", Geological Society of America Bulletin, Cilt 72, 175-192,
- Tüfekçi, M. Ş. Ve Ulutürk, Y., 1987.** Malatya-Yeşilyurt-Görgü Köyü Zn-Pb-Ba yatağı Maden Jeolojisi Raporu. MTA, Ankara.
- U.S. Department of Energy, 2010.** Critical Materials Strategy, 166p. (available at www.energy.gov)
- Vallentyne J. R., 1963.** Isolation of pyrite spherules from recent sediments. Limnol. Oceanogr. 8, 16-30.
- Vine, J.D., ve Tourtelot, E.B., 1970.** Geochemistry of black shale deposits--A summary report: Economic Geology, v. 65, p. 25~272
- Wilkin R. T. ve Barnes H. L.,1997.** Pyrite formation by reactions of iron monosulfides with dissolved inorganic and organic sulfur species. Geochim. Cosmochim. Acta 60, 4167-4179.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., Başbüyük, Z., 1999.** Phyllosilicate mineralogy of very low-grade Malatya metamorphites of Upper Paleozoic age. Proc. 52nd Geol. Cong. of Turkey, 10—12 May, Ankara, 271—278 (in Turkish with English abstract).
- Yazgan, E., 1981.** Doğu Toros'larda Etkin Bir Paleokita Kenarı Etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen), Malatya- Elazığ, Doğu Anadolu, Yerbilimleri, 7:83-104.
- Yazgan, E., 1983.** A geotraverse between the Arabian Platform and the Munzur Nappes: int. Symp. Geol. Taurus Belt, 26-29 Sept-, Ankara, Guide Book for Excursion V.
- Yazgan, E., 1984.** Geodynamic evolution of the Eastern Taurus region. In: Tekeli O. & Göncüoğlu M.C. (Eds.): Geology of the Taurus Belt. Proceedings of International Symposium Proceedings on the Geology of the Taurus Belt. Miner. Res. Explor. Inst. Turkey, Spec. Publ. 199—208.
- Yazgan, E., Michard, D., White, A., Whitechurch, H., Montigny, R., 1983.** Le Taurus De Malatya (Turquie Orientale), Element De La Suture Sud-Tethysienne, Bul. Soc. Geol. France. 1:59-69.
- Yazgan, E., ve Chessex, R., 1991.** Geology and tectonic evolution of the Southeastern Taurides in the region of Malatya. TPJD. Bült., 3,1,1-41.

- Yılmaz, O., 1971.** Etude Petrographique et geochronologique de la region de cacas, Univ. Grenoble, 230s.
- Yılmaz, A., Bedi, Y., Uysal, Ş., Yusufoglu, H., ve Aydın, N., 1993.** Geological structure of the area between Uzunyayla and Berit-dağ of the Eastern Taurids. Turkish Assoc. Petrol. Geol. Bull. 5, 69—87.
- Yılmaz, Y., 1993.** New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen. Geol. Soc. Amer. Bull. 105, 251—271.
- Yiğit, E., 1989.** Engizek Dağı (K. Maraş) Dolayındaki Tektonik Birliklerin Petrolojik İncelenmesi. İ. Ü. Doktora Tezi, 347 s., İstanbul.
- Yiğitbaş, E., 1989.** Engizek Dağı (Kahramanmaraş) dolayındaki tektonik birliklerin petrolojik incelemesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., İstanbul, Doktora Tezi, 347s (yayımlanmamış).
- Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C., Yılmaz, Y., 1993.** Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağında Maden grubunun tektonik konumu ve jeolojik önemi. A. Suat Erk Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Rize’de doğdum. İlköğretim ve lise eğitimimi Rize’de tamamladım. 2003 yılında girdiğim Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden 2007 yılında mezun oldum. 2010 yılından beri Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı’nda araştırma görevlisi olarak görev yapmaktayım.