

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DODURGA (ÇORUM) BİTÜMLÜ ŞEYL HAVZASININ ANA VE İZ ELEMENT
JEOKİMYASININ İNCELENMESİ**

Gurur TANTOĞLU

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2017**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Gurur TANTOĞLU tarafından hazırlanan “**Dodurga (Çorum) Bitümlü Şeyl Havzasının Ana ve İz Element Jeokimyasının İncelenmesi**” adlı tez çalışması 14/11/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ali SARI

Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri :

Başkan :Prof. Dr. Şükrü KOÇ

Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye :Prof. Dr. Ali SARI

Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye :Prof. Dr. Fetullah ARIK

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fak. Jeoloji Mühendisliği Böl.



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN

Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

Tarih

13.12.2017

İmza



Gurur TANTOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DODURGA (ÇORUM) BİTÜMLÜ ŞEYL HAVZASININ ANA VE İZ ELEMENT JEOKİMYASININ İNCELENMESİ

Gurur TANTOĞLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali SARI

Bu çalışmada Çorum ilinin Dodurga ilçesindeki Miyosen yaşlı Hançili formasyonu bitümlü şeylleri ana ve iz element jeokimyası yönünden incelenmiştir. Çalışma alanında Hançili formasyonuna ait organik maddece zengin kayalardan Alpagut (AP) ve Madenin Deresi (MD) ÖSK (ölçülü stratigrafik kesit) olmak üzere iki kesit alınmış ve bu kesitlerden derlenen örnekler organik madde içeriklerine göre sınıflandırılmıştır. Bu örneklerin ana oksit miktarları ICP-OES tekniği, iz elementleri ise ICP-MS tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıca tüm örnekler için ise piroliz analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen ana element ve iz element verileri ile TOC değerleri istatistiksel yöntemler kullanılarak karşılaştırılmış ve yorumlanmaya çalışılmıştır. Her iki ÖSK için paleoçevre koşullarının ana ve iz element ilişkilerine göre belirlenebilmesi için sırası ile detritik girdi, karbonat yapıcı element ilişkileri, besin girdisi ve üretkenlik ile genel olarak element zenginleşmeleri incelenmiştir.

Kasım 2017, 97 sayfa

Anahtar Kelimeler: Dodurga, Hançili formasyonu, bitümlü şeyl, ana element, iz element

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF MAJOR AND TRACE ELEMENTS OF DODURGA (ÇORUM) BITUMINOUS SHALE BASIN

Gurur TANTOĞLU

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Ali SARI

In this study Miocene aged Hançili formation bituminous shales in Dodurga district of Corum province, were investigated in terms of major and trace element geochemistry. On the study area, two measured stratigraphic sections (MSS): Alpagut (AP) and Madenin Deresi (MD) were taken which is rich in organic matter in Hançili formation; and the samples collected from these sections are classified according to their organic matter content. The major oxide quantities of these samples were analyzed using the ICP-OES technique and the trace elements were analyzed using the ICP-MS technique. In addition, pyrolysis analyzes were carried out for all samples. The major and trace element data and TOC rates obtained from these analyzes were compared and interpreted using statistical methods. In order for paleoenvironmental conditions to be determined according to the major and trace element relationships for both MSS, detrital input, carbonate forming element associations, nutrient input and productivity and element enrichment in general have been investigated.

November 2017, 97 pages

Key Words: Dodurga, Hancili formation, bituminous shale, major element, trace element

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar beşeri ilişkilerde de engin fikirleriyle gelişmeye katkıda bulunan danışman hocam sayın Prof. Dr. Ali SARI'ya, çalışmalarım süresince maddi ve manevi desteğini esirgemeyen eşim ve aileme, tez yazım sürecinde desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Gökhan TUNCAY, Özgün Can ÖZGÜNEŞ, Yağmur ÖZTOSUN, Pelin AKKAYA ve Ergin YALÇIN'a en derin duygularla teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen 13B4343011 numaralı proje çalışması kapsamında hazırlanmış olup ilgili kuruma desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Gurur TANTOĞLU

Ankara, Kasım 2017

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Çalışma Alanı.....	2
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL VE METOD.....	7
3.1 Arazi Çalışmaları	7
3.2 Laboratuvar Çalışmaları.....	7
3.3 Büro Çalışmaları	9
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	10
4.1 Bölgesel Jeoloji ve Stratigrafi.....	10
4.1.1 Tektonik birimler	14
4.1.2 Derin deniz birimleri	14
4.1.3 Deliceirmak formasyonu	14
4.1.4 İncik formasyonu	14
4.1.5 Güvendik formasyonu	15
4.1.6 Kızılırmak formasyonu.....	15
4.1.7 Hañçili formasyonu.....	16
4.1.8 Bayındır formasyonu	18
4.1.9 Bozkır formasyonu.....	19
4.1.10 Değim formasyonu	19
4.2 Jeokimyasal İncelemeler	20
4.2.1 AP ÖSK organik maddeli örneklerin jeokimyasal incelemeleri.....	25
4.2.2 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin jeokimyasal incelemeleri	42
4.2.3 MD ÖSK organik maddeli örneklerin jeokimyasal incelemeleri	58
4.2.4 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin jeokimyasal incelemeleri	73
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	87
KAYNAKLAR	93
ÖZGEÇMİŞ.....	97

SİMGELER DİZİNİ

Al	Alüminyum
As	Arsenik
Ba	Baryum
Ca	Kalsiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Na	Sodyum
Ni	Nikel
P	Fosfor
Rb	Rubidyum
Sb	Antimon
Si	Silisyum
Sr	Stronsiyum
Ti	Titanyum
U	Uranyum
V	Vanadyum
Zn	Çinko
Zr	Zirkonyum

Kısaltmalar

AP	Alpagut
C/T	Senomaniyen / Turoniyen
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma - Kütle Spektrometresi
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma - Optik Emisyon Spektrometresi
IFP	Fransız Petrol Enstitüsü
MD	Madenin Deresi
NASC	Kuzey Amerikan Şeyl Kompozitleri (North American Shale Composite)
OM	Organik Madde
ÖSK	Ölçülü Stratigrafik Kesit
PAAS	Arkean Sonrası Avustralya Şeylleri (Post Archean Australian Shales)
TOC	Toplam Organik Karbon
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
UCC	Üst Kıtasal Kabuk (Upper Continental Crust)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası	2
Şekil 4.1 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin 1/100000 ölçekli Jeoloji Haritası (Özçelik ve Savun 1993'ten Değiştirilmiştir), (1(Qal):Kuvaterner yaşlı Alüvyon; 2(Tki):Miyosen yaşlı Hançili Formasyonu; 3(Tb):Oligosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu; 4(Ty):Oligosen yaşlı Güvendik Formasyonu; 5(Th):Oligosen yaşlı Incik Formasyonu; 6(Mk):Kretase yaşlı Kalecik Tektonik Birimleri) ..	12
Şekil 4.2 Çalışma alanının genelleştirilmiş ölçülü stratigrafik kolon kesiti (Karadenizli 2011'den değiştirilmiştir)	13
Şekil 4.3 Çalışma alanından alınan bitümlü şeyl örneğinde görülen yaprak fosili	16
Şekil 4.4 Kömür ve bitümlü kayalardan (marn, kilaşı) oluşan Hançili formasyonunun uzaktan görünümü	17
Şekil 4.5 Hançili formasyonu içerisinde görülen Ostracod ve Gastropod fosilleri.....	17
Şekil 4.6 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Pettijohn vd. (1972) diyagramı	25
Şekil 4.7 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Brumsack (1989) diyagramı.....	26
Şekil 4.8 AP ÖSK organik maddeli örneklerin detritik girdi TOC ilişkisi	28
Şekil 4.9 AP ÖSK organik maddeli örneklerin TOC – Al (%) ilişkisi	29
Şekil 4.10 AP ÖSK organik maddeli örneklerin SiO ₂ , K ₂ O, Fe ₂ O ₃ ve TiO ₂ miktarlarının Al ₂ O ₃ ile ilişkisi.....	31
Şekil 4.11 AP ÖSK organik maddeli örneklerin K (%) – Rb (ppm) ilişkisi.....	32
Şekil 4.12 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Rb/Al – K/Al ilişkisi	33
Şekil 4.13 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Cs/Al – K/Al ilişkisi.....	33
Şekil 4.14 AP ÖSK organik maddeli örneklerin karbonat yapıcı elementler ile TOC ilişkisi	35
Şekil 4.15 AP ÖSK organik maddeli örneklerin TOC – Ca (%) ilişkisi.....	36
Şekil 4.16 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Ca/Al - Mg/Al ilişkisi.....	37
Şekil 4.17 AP ÖSK organik maddeli örneklerin besin girdisi ve üretkenlik incelemesi	38
Şekil 4.18 AP ÖSK organik maddeli örneklerin P/Al - Si/Al ilişkisi	39
Şekil 4.19 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Cd/Al - P/Al ilişkisi.....	40
Şekil 4.20 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Mn/Al - Ca/Al ilişkisi.....	41

Şekil 4.21 AP ÖSK organik maddeli örneklerin ana oksit değerlerinin referans değerler ile kıyaslaması	41
Şekil 4.22 AP ÖSK organik maddeli örneklerin iz element değerlerinin referans değerler ile kıyaslaması	42
Şekil 4.23 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Pettijohn vd. (1972) diyagramı	43
Şekil 4.24 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Brumsack (1989) diyagramı	43
Şekil 4.25 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin detritik girdi incelemesi	45
Şekil 4.26 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin SiO ₂ , K ₂ O, Fe ₂ O ₃ ve TiO ₂ miktarlarının Al ₂ O ₃ ile ilişkisi.....	47
Şekil 4.27 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin K (%) – Rb (ppm) ilişkisi ...	48
Şekil 4.28 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Rb/Al – K/Al ilişkisi.....	49
Şekil 4.29 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Cs/Al – K/Al ilişkisi	50
Şekil 4.30 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin karbonat yapıcı element incelemesi.....	51
Şekil 4.31 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Ca/Al - Mg/Al ilişkisi	52
Şekil 4.32 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin besin girdisi ve üretkenlik incelemesi.....	53
Şekil 4.33 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin P/Al - Si/Al ilişkisi.....	54
Şekil 4.34 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Cd/Al - P/Al ilişkisi	55
Şekil 4.35 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Mn/Al - Ca/Al incelemesi...	56
Şekil 4.36 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin ana oksit değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması	57
Şekil 4.37 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin iz element değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması	58
Şekil 4.38 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Pettijohn vd. (1972) diyagramı	59
Şekil 4.39 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Brumsack (1989) diyagramı	59
Şekil 4.40 MD ÖSK organik maddeli örneklerin detritik girdi TOC ilişkisi.....	61
Şekil 4.41 MD ÖSK organik maddeli örneklerin TOC – Al (%) ilişkisi.....	62
Şekil 4.42 MD ÖSK organik maddeli örneklerin SiO ₂ , K ₂ O, Fe ₂ O ₃ ve TiO ₂ miktarlarının Al ₂ O ₃ ile ilişkisi.....	63
Şekil 4.43 MD ÖSK organik maddeli örneklerin K (%) – Rb (ppm) ilişkisi	64

Şekil 4.44 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Rb/Al – K/Al ilişkisi	65
Şekil 4.45 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Cs/Al – K/Al ilişkisi	65
Şekil 4.46 MD ÖSK organik maddeli örneklerin karbonat yapıcı elementler ile TOC ilişkisi	67
Şekil 4.47 MD ÖSK organik maddeli örneklerin TOC – Ca (%) ilişkisi	68
Şekil 4.48 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Ca/Al ile Mg/Al ilişkisi.....	68
Şekil 4.49 MD ÖSK organik maddeli örneklerin besin girdisi ve üretkenlik incelemesi.....	69
Şekil 4.50 MD ÖSK organik maddeli örneklerin P/Al – Si/Al ilişkisi	70
Şekil 4.51 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Cd/Al – P/Al ilişkisi.....	71
Şekil 4.52 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Mn/Al - Ca/Al ilişkisi	71
Şekil 4.53 MD ÖSK organik maddeli örneklerin ana oksit değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması	72
Şekil 4.54 MD ÖSK organik maddeli örneklerin iz element değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması	73
Şekil 4.55 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Pettijohn vd. (1972) diyagramı.....	74
Şekil 4.56 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Brumsack (1989) diyagramı.....	74
Şekil 4.57 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin detritik girdi incelemesi.....	75
Şekil 4.58 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin SiO ₂ , K ₂ O, Fe ₂ O ₃ ve TiO ₂ miktarlarının Al ₂ O ₃ ile ilişkisi.....	77
Şekil 4.59 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin K (%) – Rb (ppm) ilişkisi ..	78
Şekil 4.60 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Rb/Al – K/Al ilişkisi.....	79
Şekil 4.61 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Cs/Al – K/Al incelemesi....	79
Şekil 4.62 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin karbonat yapıcı element incelemesi.....	80
Şekil 4.63 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Ca/Al - Mg/Al ilişkisi.....	81
Şekil 4.64 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin besin girdisi ve üretkenlik incelemesi.....	82
Şekil 4.65 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin P/Al – Si/Al ilişkisi.....	83
Şekil 4.66 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Cd/Al – P/Al ilişkisi	84

Şekil 4.67 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Mn/Al - Ca/Al ilişkisi.....	84
Şekil 4.68 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin ana oksit değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması.....	85
Şekil 4.69 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin iz element değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması.....	86



ÇİZELGELER

Çizelge 3.1 Çalışma alanından derlenen ÖSK'lar, örnek sayıları ve örneklere yapılan analizler	9
Çizelge 4.1 AP ÖSK örneklerinin (%) cinsinden TOC ve ana oksit miktarları.....	20
Çizelge 4.2 AP ÖSK örneklerinin (ppm) cinsinden iz element miktarları	22
Çizelge 4.3 MD ÖSK örneklerinin (%) cinsinden TOC ve ana oksit miktarları	24
Çizelge 4.4 MD ÖSK örneklerinin (ppm) cinsinden iz element miktarları	24



1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Bitümlü şeyller yüksek oranda organik madde içeren çökel kayaçlardır. İçeriklerinde yüksek oranda organik madde barındırmaları nedeni ile bu kayaçlardan çeşitli yöntemlerle petrol ve gaz eldesi yanında kıymetli ve yarı kıymetli metaller ile nadir toprak elementleri elde edilmesi mümkündür. Günümüzde Estonya, Ürdün, Çin ve Rusya gibi ülkeler bu kayaçlardan petrol üretmektedirler. Petrol üretimi için yerinde veya doğal yeri dışında yüksek sıcaklıklara maruz bırakılan bitümlü şeyllerden arta kalan küllerden de faydalanmak mümkündür. Organik madde içeriği nedeni ile bitümlü kayaçlar özel koşullarda depolanırlar. Bitümlü kayaçların depolandığı ortamlar bu nedenle indirgen yani oksijensiz veya yarı oksijenli ortamlardır. Bu tür ortamlar bol kükürtlü olduklarından organik maddeleri hem yüksek oranda bozunmadan korurlar hem organik maddenin yapısına yerleşen metalleri biriktirirler hem de deniz suyunda serbest halde bulunan metallerin sistemde bulunan kükürt ile bileşik yaparak sülfidler şeklinde depolanmasına olanak sağlarlar. Bu nedenle bitümlü kayaçlar çevrelerindeki kayaçlara oranla elementleri yüksek oranlarda biriktirme özelliğine sahiptir. Bitümlü kayaçların petrol ve gaz damıtıldıktan sonra geriye kalan küllerinden element zenginleştirmeleri mümkün olabilmektedir. Bu kapsamda, ülkemizde de bu kayaçlardan petrol üretilmesi için çalışmalar halen devam etmekte olup ekonomik olarak petrol eldesi yapıldıktan sonra küllerinden element zenginleştirme işlemlerinin yapılması da söz konusu olabilecektir. Bu nedenle bitümlü şeyllerin organik karbon içeriklerinin tespit edilmesinin yanında ana ve iz element içeriklerinin belirlenmesi de önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Çorum ilinin Dodurga ilçesinde yüzlek veren Dodurga bitümlü şeyl havzası ana ve iz element jeokimyası yönünden incelenmiştir. Çalışma alanındaki organik maddece zengin kayaçlar üzerinde Alpagut (AP) ve Madenin Deresi (MD) ÖSK (ölçülü stratigrafik kesit) olmak üzere iki kesit alınmış ve bu kesitlerden derlenen numuneler organik madde içeriklerine göre sınıflandırılarak Dodurga havzası bitümlü şeylleri jeokimyasal analizleri yapılmak suretiyle değerlendirilmiştir. Analizler sonucu elde edilen verilerin yorumlanması ile Dodurga havzası bitümlü şeyllerinin paleoçevre ve

element içeriklerinin belirlenmesi, elementlerin kaynaklarının belirlenmesi, depolanma ortamının jeokimyasal koşulları hakkında bilgi edinilmesi ve element zenginleşmelerinin ortaya konulması hedeflenmiştir.

1.2 Çalışma Alanı

Çalışma alanı Karadeniz bölgesinin Orta Karadeniz bölümünde bulunan Çorum ilinin 45 kilometre kuzey batısında yer almaktadır. Dodurga ilçesinin kuzeyinde Osmancık, batısında İskilip, kuzeydoğusunda Laçın ilçeleri yer alır. Yüzölçümü 214 kilometre, denizden yüksekliği 510 metre olan Dodurga ilçesi Kızılırmak'a 25 kilometre mesafede Alpagut çayı kenarına kurulmuştur. Dodurga ilçesi Pontid tektonik birliğine çok yakın bir bölgede yer almakta olup kuzeyinden Kuzey Anadolu Fay Hattı geçmektedir. İlçenin kurulduğu saha üç tarafı tepelerle çevrili sadece doğusu açık olan yarım çanak şeklindeki Miyosen havzasıdır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma alanı ve yakın çevresinde daha önceden yapılan bilimsel çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalara aşağıda kısaca değinilmiştir.

Akarsu (1958), Çorum ili ile Sungurlu ve Alaca ilçeleri arasında kalan bölgenin mineral içeriklerini bu minerallerin bulundukları birimleri, yaşlarını ve bölgenin paleocoğrafyasını incelemiştir.

Wedding (1966), Alpagut – Dodurga sahasındaki kömür zuhurunu incelemiştir. Bu zuhurun tahmin edilenin aksine güney veya batıya hiçbir şekilde uzanmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Yoldaş (1982), havzanın batı ve kuzeybatısının jeolojik ve sedimantolojik özelliklerini ayrıntılı olarak araştırmış, daha çok Eosen yaşlı çökellere değinmiştir. Taşcı vd. (1983a), tarafından Ayvaköy sahasında sondajlı bir çalışma yapılmış ve havzanın jeolojisi ile ilgili bir rapor düzenlenmiştir. Taşcı vd. (1983b), Kargı ve İncesu civarında da bir çalışma yaparak, havzanın kayaçlarını Neojen öncesi, Neojen ve Neojen sonrası olarak ayırmış, yapılan sondajlarda havzanın kömürlerinin konumu belirlenmeye çalışılmıştır.

Turgut ve Taşcı (1985), Narlı ve Laçın kasabası ile Evlik köyleri arasında sondajlı çalışma yapmışlar, bölgenin linyit potansiyelini ve cevherli sahalarını belirlemeye çalışmışlardır. Göçmen (1989), Alpagut ve Dodurga sahası kayaçlarını Eosen, Miyosen ve Pliyokuvaterner - Kuvaterner yaşlı kayaçlar olarak ayırmışlardır. Kara vd. (1990), Alpagut – Dodurga sahası ve civarının 1/5000 ölçekli jeolojik haritası ile birlikte, havzanın genelleştirilmiş stratigrafik kesitini çizmişlerdir. Özçelik ve Savun (1993), İskilip - Osmancık – Çorum - Sungurlu arasındaki alanın jeolojisi ve petrol olanaklarını araştırmışlardır.

Toprak (1996), Alpagut – Dodurga Bölgesi çevresindeki kömürlerin oluşum ortamlarını ve özelliklerini incelemiştir. Kömürlerin yaşının Orta – Üst Miyosen olduğunu, iz

element değerlerinin dünya ortalamasının üzerinde olduğunu ve kömürlerin gölge nitelikte olduğunu tespit etmiştir.

Yalçın ve Karslı (1998), Dodurga formasyonunun ana litolojisini kilit, bitümlü şeyl, dolomit ve kömürlerin oluşturduğunu, kireçtaşı ve marnların nadiren görüldüğünü, hâkim minerallerin ise killi, yer yer de kalsit ve dolomit olduğunu belirtmiş, mineral türleri ve biçimleri hakkında detaylı incelemelerde bulunmuştur. Mineral türleri ve biçimlerindeki değişikliklerin mikrogözeneklerin kimyası denetiminde oluştuğunu ileri sürmüştür.

Kazancı vd. (1999), Çankırı – Çorum Havzasının güney bölümünde Orta Turolian yaşı verilen ve zengin bir fauna sunan Akkaşdağı bölgesinin sedimanter yataklarını Kızılırmak Formasyonu olarak haritalamış ve genel olarak akarsu çökelleri olarak depolandığını tespit etmiştir. Fasiyes dağılımları ve jeolojik gözlemler Miyosen’de çökelim merkezinin bölgenin kuzeyinden güneyine doğru kaydığı sonucuna ulaşmıştır.

Hoşgör ve Okan (2006), Jura’dan Erken Tersiyer’e kadar sığ su ve denizel ortamlarda rastlanan, stratigrafik ve paleoekolojik açıdan üzerinde ender olarak durulan annelid cinsi *Rotularia*’yı Çankırı Havzası’ndaki Yoncalı formasyonunda tanımlanmış, yaşam şekli ve paleobiyocoğrafik yayılımlarını incelemiştir.

Huvaz (2009), İç ve Doğu Anadolu havzalarının jeolojik evrimini ve petrol potansiyelini jeolojik, sismik, jeokimyasal ve petrofiziksel veriler ile incelemiş ve havza modelleri ile karşılaştırmıştır. Çankırı Havzasının organik maddece zengin kaynak kaya dışında ideal bir petrol sisteminde gerekli olan tüm unsurlarını bulundurduğunu bu nedenle Çankırı Havzasında hidrokarbon bulunma olasılığının düşük olduğunu belirtmiştir.

Karadenizli (2011), Çankırı - Çorum Havzasının İç Anadolu havzasının en büyük havzalarından biri olduğunu belirterek Oligosen - Pleistosen zaman aralığında on adet sedimantolojik formasyon belirlemiş, bu süreçte havzanın karasal bir çevrede geliştiğini ve havzanın sanayi ve enerji için gerekli olan ham maddeleri önemli oranda içerdiğini belirterek bölgenin paleocoğrafik gelişimini incelemiştir.

Aslan vd. (2013), Çankırı – Çorum havzasını jeofiziksel verilerin ve jeolojik bulguların ışığında incelemiş ve havzanın hidrokarbon potansiyelini değerlendirmiştir.

Sarı vd. (2014a), Dodurga (Çorum) formasyonu bitümlü kayaçlarındaki Uranyum zenginleşmelerini değerlendirmiştir. Kayda değer zenginleşmelerin bulunmadığı tespit edilmiştir.

Sarı vd. (2014b), Dodurga (Çorum) civarı bitümlü şeyllerinin depolanma ortamı redoks koşullarını incelemiştir. Organik jeokimyasal incelemeler neticesinde ortamın oksik - disoksik olduğu belirlenmiştir.

Sarı vd. (2015a), Dodurga (Çorum) sahası kömürlerinde nadir toprak element zenginleşmelerini inceleyerek dünyada referans değerler sunan ve anoksik koşullarda depolandığı bilinen Peru Kıyusal Şelfi Sedimanları, Namibya Kıyusal Şelfi Sedimanları, Kaliforniya Körfezi Sedimanları, Akdeniz Sapropelleri, Karadeniz Sapropelleri, Senomaniyen / Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanları ve C / T Gubbio Anoksik Sedimanlarına ait ana ve iz element değerleri ile kıyaslamıştır.

Sarı vd. (2015b), Dodurga (Çorum) sahası kömürlerinde organik jeokimyasal incelemeler yapmıştır.

Moradi vd. (2016a), Çankırı - Çorum havzası Miyosen yaşlı bitümlü şeyllerinin (Hançili Formasyonu) paleoiklim koşulları, kaynak kaya günlenmesi, provenans ve tektonik koşullarını incelemiştir. İncelemeler sonucunda paleoiklimin genel olarak yarı-kurak ve nemli arasında değişiklikler gösterdiği belirlenmiştir. Hançili formasyonunun depolandığı dönemin ise sıcak ve nemli olduğunu tespit etmiştir.

Moradi vd. (2016b), Çankırı - Çorum havzası Miyosen yaşlı Hançili Formasyonu bitümlü şeyllerinin paleoredoks koşullarını değerlendirmiştir. Organik jeokimyasal incelemeler neticesinde organik madde kaynağının algal kökenli tip 1 ve tip 2 kerojenler olduğu,

olgunluğunun ise yetersiz olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışma alanından alınan numunelerin göl ortamında çökeldiğı belirlenmiştir.



3. MATERİYAL VE METOD

Bu tez çalışmasında Dodurga havzası bitümlü şeyllerinin organik karbon içerikleri, ana ve iz element içerikleri ve bunların organik karbonla olan ilişkilerini değerlendirilmek için arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları yapılmıştır.

3.1 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları Dodurga ilçesi civarında 2013 yılının Eylül ayında yapılmıştır. Arazide önce mevcut jeoloji haritasının revizyonu yapılmıştır. Daha sonra farklı noktalarda yüzlek veren organik maddece zengin kayalar üzerinde yoğunlaşmıştır. Çalışma alanında iki noktada ölçülü stratigrafik kesitler yapılarak sistematik örnek alımları ile fotoğraflamalar yapılmıştır. Dodurga havzası genelde düz bir arazi topografyasına sahiptir. Bu nedenle arazi sistematik örnek toplanmasına çok müsait değildir. Bunun sonucu olarak, başlangıçta ölçülü stratigrafik kesit yapımına uygun yer bulmakta sıkıntılar yaşanmıştır. Ancak, özel bir kömür işletmesinden izin alınarak tüm formasyonu tabandan tavana kadar kesen bir güzergâh boyunca yaklaşık 450 metrelik AP ÖSK'sı alınmıştır. Bu sahadan alınan 100 adet örneğin ilk 30 tanesi kömür olduğundan bu örnekler çalışma kapsamına dahil edilmemiş ve APK ÖSK 70 adet örnekten oluşturulmuştur. Buna ek olarak aynı bölgedeki bir yol yarmasından 17 adet örnek alınmış ve MD ÖSK olarak adlandırılmıştır.

3.2 Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanından derlenen AP ve MD ÖSK örneklerinin majör ve iz element değerlerinin belirlenebilmesi amacıyla ACME Analytical Laboratories Ltd.'da ICP-OES ve ICP-MS teknikleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Toplam majör oksitler lityum metaborat / tetraborat füzyon ve nitrik parçalama seyreltilmesi şeklinde ICP-OES ile analiz edilmiştir. İz elementler lityum metaborat / tetraborat füzyon ve nitrik parçalama seyreltilmesi şeklinde ICP-MS ile analiz edilmiştir.

AP ÖSK ve MD ÖSK örneklerinin toplam organik karbon miktarının (TOC) belirlenmesi için Rock-Eval VI cihazı ve IFP 160000 (Institut Français du Pétrole) standardı kullanılarak Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) laboratuvarlarında piroliz analizleri yapılmıştır.

Toplam organik karbon miktarı (TOC, wt %), kayacın içindeki kerojene ait karbon miktarı ile bu kerojenden türemiş fakat kayaç dışına atılamamış hidrokarbonlara ait karbonların toplamının genellikle yüzde ağırlık cinsinden değerini ifade eder (Hunt 1995). Toplam Organik Karbon analizi kayaç içerisinde bulunan organik karbon miktarını belirlemek amacıyla uygulanmaktadır. Bu analiz Leco metodu, Carmhograph metodu veya Rock-Eval metoduyla yapılabilir. Bir kayaç örneğinin TOC değeri organik maddenin hava veya oksijen atmosferi altında yakılması ile ölçülmektedir. Bu sıcaklık Leco için 1500° C, Carmhograph için 1100° C ve Rock - Eval için 600° C'dir. Kaynak kayaların ticari miktarda petrol üretebilmeleri için belirli miktarda organik madde içermeleri gerekmektedir. Bir kayacın kaynak kaya olabilmesi için içermesi gereken en az TOC miktarı şeyller için % 0,5, karbonatlı kayalar için % 0,3 olarak kabul edilmektedir (Tissot ve Welte 1984).

Bu kapsamda yapılan analiz sonucunda TOC miktarı % 0,5 den düşük olan numuneler organik maddesiz örnek olarak kabul edilmiştir. Bu analiz sonucu AP ÖSK'da 42, MD ÖSK'da 5 adet örnek "organik maddeli örnek" olarak adlandırılmıştır.

Çalışma alanından derlenen ÖSK'lar, bu ÖSK'ların örnek sayıları ve örneklerle yapılan jeokimyasal analizleri gösterir çizelgede çalışmayı oluştural materyal özet olarak sunulmuştur (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Çalışma alanından derlenen ÖSK'lar, örnek sayıları ve örneklere yapılan analizler

ÖSK	Örnek Sayısı	Element Analizi	Piroliz Analizi
AP ÖSK	70	70	70
MD ÖSK	17	17	17

3.3 Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar da elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması büro çalışmalarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar, ulusal ve uluslararası çeşitli literatürün taranması, arazi çalışmasından elde edilen ölçülü stratigrafik kesitlerin çizimleri, mevcut jeoloji haritasının revizyonu, elde edilen jeokimyasal analiz verilerinin çizelge ve grafiklere aktararak yorumlamaların yapılması ve tez yazımını kapsamaktadır.

Bu çalışmada AP ve MD ÖSK'dan alınan örnekler daha detaylı bir inceleme yapılabilmesi ve besin girdisi / üretkenlik ilişkilerinin ortaya konulabilmesi için organik madde içeriklerine göre ikiye ayrılmıştır. Organik madde içeriğine göre her iki ÖSK'da yapılan bölümlendirme neticesinde dört ayrı örneklem grubu oluşturulmuştur. Bunlar sırası ile;

- 1- AP ÖSK organik maddeli örnekler (42 adet)
- 2- AP ÖSK organik madde içermeyen örnekler (28 adet)
- 3- MD ÖSK organik maddeli örnekler (5 adet)
- 4- MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerdir (12 adet).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Bölgesel Jeoloji ve Stratigrafi

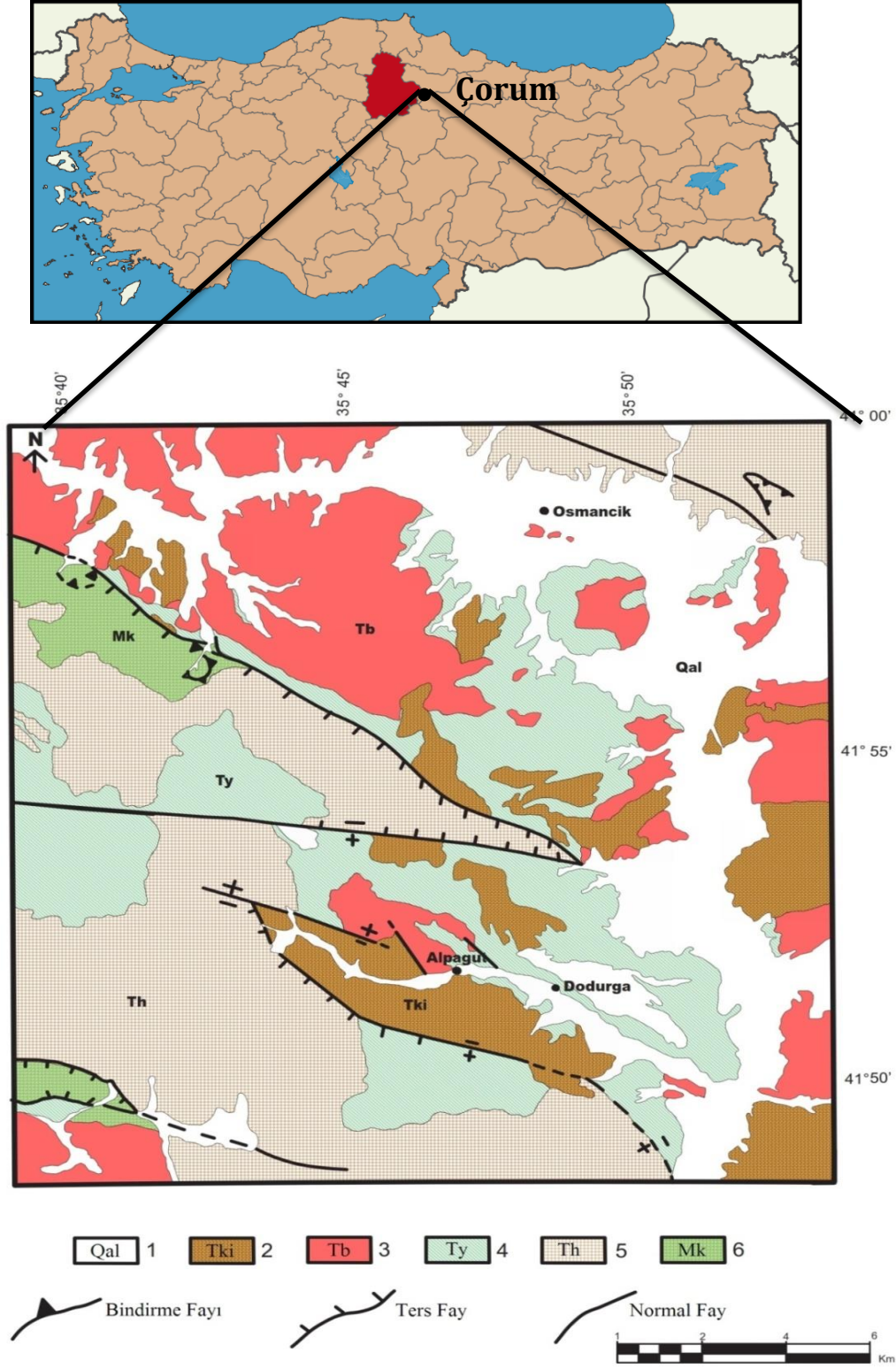
Çalışma alanı Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimlerden oluşmaktadır. İnceleme alanının en yaşlı birimleri zayıf metamorfizmaya uğramış metadetritikler ve ofiyolitik melanjdan oluşan temel kayaçlarıdır (Karadenizli 2011). Ofiyolitik melanjin oluşumu Geç Kretase'de Neo-Tetis'in kapanması ile ilişkilidir (Şengör ve Yılmaz 1981). Bu birimleri Maastrichtiyen ve Alt Paleosen yaşlı türbidit ve deniz dibi çökelleri örtmektedir (Kazancı ve Varol 1990). Alt Paleosen yaşlı türbiditleri Bartoniyen – Piriabonian yaşlı fosilli kireçtaşları olan Deliceirmak Formasyonu üzerler. Çalışma alanında bu formasyon Tersiyer yaşlı kıtasal çökellerle örtülmüş olup yüzlek vermemektedir (Karadenizli 2011).

Üst Tersiyer yaşlı sedimanter kayaçlar sırasıyla İncik, Güvendik, Kızılırmak, Hançili, Bayındır, Bozkır ve Değim formasyonları ile üzerlenmektedir. Bu birimlerin tamamı karasal kökenlidir. Masif tabakalı konglomera, çapraz tabakalı kumtaşı ve masif çamurtaşlarından oluşan İncik formasyonunun Erken Oligosen'de oluşan örgülü akarsu sisteminde depolandığı düşünülmektedir (Karadenizli 2011). Oligosen yaşlı Güvendik formasyonu, tabakalı jips, laminalı kıltaşı ve masif çamurtaşlarından oluşmaktadır (Karadenizli 2011). Bu birimi üzerleyen Kızılırmak formasyonu genel olarak tabakalı konglomera, kumtaşı ve masif kumtaşından oluşmakta olup sırası ile örgülü akarsu, menderesli akarsu ve taşkın ovası sistemlerinde çökelmiştir. Bu formasyonun memeli fosilleri sayesinde Geç Oligosen yaşlı olduğu belirlenmiştir (Karadenizli vd. 2004). Kızılırmak formasyonu, Güvendik formasyonunu üzerlemekte olup Hançili formasyonu bu birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. İncik, Güvendik ve Kızılırmak formasyonları, Erken Oligosen'den Geç Oligosen'e kadar geçen süre boyunca Neotetis okyanusunun kapanmasını içeren kıtalararası sıkışma rejimi etkisinde depolanmıştır (Tüysüz ve Dellaloğlu 1992). Miyosen'de, bu rejim yerini tektonik genişlemeye bırakmıştır (Seyitoğlu vd. 2000).

Memeli fosillerine istinaden Erken Miyosen'den, Geç Miyosen aralığında yaşlandırılan 400 metre kalınlığındaki Hançili Formasyonu göl ve kıyı ortamında depolanan

konglomera, kömür ve organik maddece zengin şeyl ve kiltaşlarından oluşmaktadır (Karadenizli vd. 2004). Bu formasyon Geç Miyosen yaşlı Bayındır formasyonu tarafından üzerlenmektedir. Bayındır formasyonunu üzerleyen Bozkır formasyonu sülfatlar, karbonatlar ve silisiklastik fasiyeslerden oluşmaktadır. Bu birimler Erken Pliyosen’de bölgede bulunan ve oldukça tuzlu olan göl sisteminde depolanmıştır (Varol vd. 2002). Geç Pliyosen’den itibaren havzanın batı kenarı boyunca, Kuzey Anadolu Fayı ve Kırıkkale - Erbaa Fay Zonu arasında meydana gelen kuzeybatı ve güneydoğu yönlü sıkışma sonucunda tektonik kamalar meydana gelmiştir (Seyitoğlu vd. 2009). Orta ve Geç Pliyosen’de Değim formasyonu bu kamaların önünde depolanmıştır. Bu formasyon daha yaşlı kayaaç birimlerini uyumsuzlukla örtmektedir. Sırası ile alüvyal fan, örgülü akarsu ve taşkın ovası ortamlarında depolanan bu formasyon konglomera, masif kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşmaktadır (Karadenizli, 2011).

Çalışma alanının jeoloji haritası Özçelik ve Savun (1993)’den değiştirilerek şekil 4.1’de gösterilmiştir. Ayrıca şekil 4.2’de çalışma alanının genelleştirilmiş ölçülü stratigrafik kolon kesiti Karadenizli (2011)’den değiştirilerek sunulmuştur.



Şekil 4.1 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin 1/100000 ölçekli Jeoloji Haritası (Özçelik ve Savun 1993'ten Değiştirilmiştir), (1(Qal):Kuvaterner yaşlı Alüvyon; 2(Tki):Miyosen yaşlı Hançili Formasyonu; 3(Tb):Oligosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu; 4(Ty):Oligosen yaşlı Güvendik Formasyonu; 5(Th):Oligosen yaşlı Incik Formasyonu; 6(Mk):Kretase yaşlı Kalecik Tektonik Birimleri)

ZAMAN	SİSTEM	DÖNEM	EVRE/ KAT	FORMAS YON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR		
SENOZOYİK	TERSİYER	KUVATER NER	PLEİSTOSEN	ALÜVYON	Alluvium	Alüvyon		
		NEOJEN	PLİYOSEN	G	Değim		Kahverengi, sarımsı renkli çakıltı, çamurtaşı ve kumtaşı	
				O		Bozkır		Sülfatlar, karbonatlar ve silikatlar
				E	Bayındır			Tabakalı jips, lamineli kıltaşı, tabakalı kumtaşı ve masif tabakalı çamurtaşı
			GEÇ	Hançili			Kıltaşı, marn, organik maddece zengin kıltaşı, masif marn, fosilli kireçtaşı, bitümlü şeyl ve kömür	
								ORTA
			ERKEN					
			OLİGOSEN	GEÇ	Kızılırmak		Kahverengi ve kırmızı renkli tabakalı kumtaşı, çamurtaşı, tabakalı konglomeralar	
				Güvendik				Tabakalı jips, Laminalı kıltaşıları
				ERKEN	İncik		Masif tabakalı konglomera, kumtaşı, silttaşı, volkanitler ve ofiyolitik kayaç	
				EOSEN	GEÇ	Delicermak		Türbiditik ve sığ denizel fosilli kireçtaşlar
					PALEO SEN	ERKEN	?	
				KRETASE		GEÇ	Tektonik Birimler	

Şekil 4.2 Çalışma alanının genelleştirilmiş ölçülü stratigrafik kolon kesiti (Karadenizli 2011'den değiştirilmiştir)

4.1.1 Tektonik birimler

Çalışma alanındaki en yaşlı birim Geç Kretase yaşlı tektonik birimlerdir. Genel olarak çalışma alanının güneyinde gnays ve kuvars şist ile, kuzeyinde ise ofiyolitik melanj ile temsil edilir (Karadenizli 2011).

4.1.2 Derin deniz birimleri

Derin deniz sedimanlarını temsil eden ve henüz adlandırılmamış olan bu birim, Geç Eosen yaşlı türbiditlerden oluşur (Karadenizli 2011).

4.1.3 Deliceirmak formasyonu

Çalışma bölgesinde gözlemlenemeyen bu birim fosilli kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Formasyonun fosil içeriği Nummulites cf. Milnecaput, Discocyalina sp., Operculina sp., Asterigerina sp., Sphaerogypsina sp., Rotaliidae olarak tanımlanmıştır (Özçelik ve Savun 1993). Fosil içeriğine göre Bartoniyen - Priaboniyen olarak yaşlandırılan bu kireçtaşları sığ denizel ortamda çökelmiştir (Karadenizli 2011).

4.1.4 İncik formasyonu

İncik ve Satıyüzü bölgelerinde en iyi gözlemlenen bu formasyon, ilk kez Birgili vd. (1975) tarafından adlandırılmıştır. Masif konglomeralar ve çapraz tabakalı kumtaşlarından oluşan bu birimin kalınlığı 1200 m'dir ve yaşı fosil içermemesine rağmen Erken Oligosen olarak tanımlanmıştır. Yaş tayini formasyonun içinde kaya blokları ve çakılları şeklinde görülen kireçtaşlarına bakılarak göreceli bir biçimde yapılmıştır. Bu kireçtaşı bloklarında görülen fosiller; Nummulites sp., Alveolina sp., Chapmanina gassinensis (Oppenheim), Discocyalina sp., Gypsine mastalensis (Burch), Sphaerogypsina golula (Reuss) ve Orbitolites sp.'dir. Bu fosiller İncik formasyonunun Bartoniyen - Priaboniyen'den genç olduğunu göstermektedir (Karadenizli 2011).

4.1.5 Güvendik formasyonu

Yanal olarak Kızılırmak formasyonu ile geçişli olan Güvendik formasyonunun kalınlığı 500 m'dir ve en iyi Çorum ili Sungurlu ilçesinde gözlemlenmektedir. Birimin, çok sıcak ve kurak iklim koşullarında, geçici akarsuların beslediği kapalı göl ortamında hatta göl havzasının kuruması sırasında çökeldiği tahmin edilmektedir. Formasyonun yaşı içerdiği memeli fosillerine (*Eucricetodon* sp., *Muhsinia* sp., ve *Eumyarion* sp.) göre Oligosen olarak tanımlanmıştır (Kaymakçı 2000; Ünay vd. 2003; Karadenizli vd. 2004).

4.1.6 Kızılırmak formasyonu

Çakıлтаşı, kumtaşı, çamurtaşı litolojilerinden oluşan bu birimin yaşı Karadenizli (2011) tarafından Geç Oligosen olarak verilmiştir. Yayvan bir topoğrafyaya sahip olan bu birimin kalınlığı yer yer 130 m'ye kadar ulaşmaktadır. Tip yeri Kızılırmak çevresidir. Formasyon, esas olarak tabakalı kumtaşı, masif çamurtaşı ve tabakalı konglomeralardan oluşur. Bu birimlerin renkleri kırmızı ve kahverengidir.

Geç Oligosen sırasında, havzanın batı kesimlerinde flüvyal koşullar hakimken, havzanın iç kesimlerinde sığ göl ortamı koşullarının hakim olduğu düşünülmektedir. Flüviyal fasiyes tabakalı konglomeralar ve masif kumtaşlarıyla temsil edilmektedir. Dizisinin üst seviyelerinde akarsu depolanma koşullarının göstergesi olan çapraz tabakalı kumtaşı ve çamurtaşı hakimdir. Bazı sınırlı alanlarda organik maddece zengin bataklıklarda kömür oluşumlarının yanı sıra, çamurtaşları da bulunur.

Formasyonda yer yer gözlenen memeli fosilleri; *Iberomeryx* cf. *parvus*, *Procervulus* sp., *Dremotherium* sp., *Paraceratherium* sp., *Eucricetodon* sp., and *Tataromys* sp.'dir (Karadenizli vd. 2004, Antoine vd. 2008). Bu fosillere göre birimin yaşı Geç Oligosen olarak değerlendirilmiştir.

4.1.7 Hançili formasyonu

İlk kez Akyürek vd. (1980) tarafından isimlendirilen Hançili formasyonu, tipik olarak Hançili Köyü'nde görülmektedir. Yaprak ve memeli fosilleri içermektedir (Şekil 4.3). Formasyonun kalınlığı 400 m'dir. Organik maddece zengin bitümlü şeyl, marn, kiltası, tuf, linyit ve ince kömür tabakalı marnlardan oluşan bu birim göl ortamını karakterize etmektedir (Şekil 4.4). Bu birimde ostracod, gastropod ve charophyte fosilleri içeren, kiltalarıyla yataklanmış karbonat bantları yer almaktadır (Şekil 4.5). Platt ve Wright (1991) fasiyes modelini gölsel karbonatlar üzerine kurmuşlar ve bunu 10 m'ye kadar bulunabilen ostracod kavkıları, 10 m ile 60 m derinlikte bulunabilen düzlemsel stromatolitler ve 0 m ile 2 m arasında çamurlarda bulunabilen Charophytes kavkılarına dayandırmışlardır. Bunun yanında aynı yazar bu katmanların 2 m ile 4 m derinlikte oluştuğunu, ayrıca kömürlerin de benzer bir çevrede biriktiğini belirtmektedir (Platt ve Wright 1991).



Şekil 4.3 Çalışma alanından alınan bitümlü şeyl örneğinde görülen yaprak fosili



Şekil 4.4 Kömür ve bitümlü kayalardan (marn, kiltası) oluşan Haçili formasyonunun uzaktan görünümü



Şekil 4.5 Haçili formasyonu içerisinde görülen Ostracod ve Gastropod fosilleri

Hançili formasyonunda bulunan bir çok fasiyes bu formasyonun gölsel bir çevrede oluştuğunu göstermektedir. Görünüşe göre göldeki su seviyesi tektonizma ve iklim değişikliklerinden etkilenmiştir ve göl seviyesinde derinleşme ve sığlaşma olmuştur. Göl su seviyesi derinleştiğinde zengin organik maddeli kilaşı ve bir miktar marn depolanmıştır. Çünkü tabakalanmamış ve kısa ömürlü göller anoksik koşullar göstermekte ve organik madde 100 m'ye kadar derinlikteki göllerde korunabilmektedir (Platt ve Wright 1991). Göl seviyesi yükseldiğinde kara içindeki tepelerin etrafı gölle çevrilebilir ve bunun sonucunda iyi tanelenmiş gölsel depolanma alanları şekillenir. Diğer yandan, göl sığlaştığında lamine kilaşlarının ve marnların oluştuğu alanlarda karbonatlar daha çok oluşur ve basene gelen klastik malzeme akışı artarak proksimal çevrede oluşan fan - delta depolanma alanlarına dönüşür (Horton ve Schmitt 1996).

4.1.8 Bayındır formasyonu

Birgili vd. (1975) tarafından tanımlanan bu formasyon, tipik olarak Çankırı yakınlarında Bayındır Köyü'nde görülür. Kalınlığı 300 m olan bu birim kırmızı - yeşil klastikler ile sarı - beyaz evaporitik kayalardan oluşur (Karadenizli 2011).

Formasyon içinde dört fasiyes belirlenmiştir. Bunlar sırası ile jips yatakları ile killeri, lamine kilaşları, tabakalı kumtaşı ve masif çamurtaşıdır. Genel olarak formasyon jipslerden oluşmaktadır. Taban seviyesinde siltaşı ve kumtaşı, tavan seviyesinde ise kilaşı ve marnlardan meydana gelir (Özçelik ve Savun 1993; Kaymakçı 2000; Ünay vd. 2000; Karadenizli vd. 2004).

Bayındır formasyonu zengin memeli fosilleri içermektedir. Bunlar; *Schizogalerix* sp., *Parapodemus* sp., *Byzantinia* sp., *Myomimus* sp., *Pseudomeriones* sp., *Pliospalax* sp., *Hypsocricetus strimonis*, *Apodemus gudrunae*, *Castillomys* sp., *Tamias* sp., *Occitanomys* sp., and *Hipparion* sp. olarak Karadenizli vd. (2004) tarafından tanımlanmıştır. Bu fosillere göre yaşı Geç Miyosen olmalıdır.

4.1.9 Bozkır formasyonu

Çankırı - Kızılırmak yolu üzerindeki Bozkır Köyü'nde tipik olarak gözlenen bu birim, ilk kez Birgili vd. (1975) tarafından adlandırılmıştır. Jips, kireçtaşı, konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı litolojilerini içeren Bozkır formasyonu 750 m kalınlıktadır. Formasyona Erken Pliyosen yaşı *Promimomys* sp. fosiline istinaden Karadenizli vd. (2004) tarafından verilmiştir.

Formasyon evaporitik göllerde depolanmış olup alüvyal, göl kıyısı ve göl ortası olmak üzere üç çökeltme ortamına ayrılmıştır (Varol vd. 2002).

Sönmez (2014) tarafından yapılan çalışma kapsamında sondaj verilerine göre üç litolojik zon belirlenmiştir. Alttan üste doğru kilitaşı – az anhidrit zonu, kayatuzu - kilitaşı – anhidrit – globerit zonu ve kilitaşı - jips – az anhidrit zonudur. Ayrıca bu zonların yanal devamlılığında belirlenmiştir.

4.1.10 Değim formasyonu

Konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı ile temsil edilen ve yaklaşık 160 m kalınlığında olan formasyon Birgili vd. (1975) tarafından tanımlanmıştır. Bu formasyona Geç Pliyosen yaşını *Microtus* sp. fosiline istinaden Kaymakçı (2000) vermiştir.

Formasyon Yapraklı ve Çandır arasında kalan havzanın kuzey bölümünde geniş düzlükler boyunca görülmektedir. Üzerlediği birimleri uyumsuzlukla örter. Üç fasiyes birlikteliğinden meydana gelmiştir. Bunlar alüvyal fan, örgülü akarsu ve taşkın ovası fasiyesleridir. Alüvyal fan çökelleri masif konglomera ve kumtaşlarından, örgülü akarsu çökelleri ise tabakalı konglomera ve tabakalı kumtaşlarından oluşur. Sekansın en üst bölümünde yer alan taşkın ovası çökellerinin hakim litolojisi ise çamurtaşlarıdır (Karadenizli 2011).

4.2 Jeokimyasal İncelemeler

Piroliz analizi ve element analizi sonucu elde edilen AP ÖSK örneklerine ait TOC ve ana oksit miktarları (%) cinsinden çizelge 4.1’de, iz element miktarları ise ppm cinsinden çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 AP ÖSK örneklerinin (%) cinsinden TOC ve ana oksit miktarları

Örnek	TOC	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃
AP-31	6,1	31,83	10,97	5,74	2,7	15,79	0,57	1,48	0,71	0,48	0,12	0,018
AP-32		39,34	12,37	7,32	3,38	9,89	0,56	1,47	0,73	0,19	0,18	0,029
AP-33	1,5	44,31	14,52	7,56	3,79	5,31	0,59	1,63	0,82	0,16	0,12	0,031
AP-34	0,6	47,85	13,16	6,88	3,52	6,55	0,8	1,73	0,93	0,18	0,15	0,038
AP-35	0,7	51,77	13,24	5,59	3,18	5,73	0,97	1,67	0,92	0,17	0,1	0,04
AP-36		50,7	13,32	5,34	3,47	6,57	0,93	1,69	0,93	0,17	0,11	0,037
AP-37	7,6	36,31	12,1	6,62	2,88	3,06	0,49	1,32	0,7	0,11	0,04	0,026
AP-38		50,16	12,69	6,71	3,31	5,65	1,08	1,43	0,89	0,23	0,14	0,039
AP-39		35,94	8,63	5,27	2,31	17,17	0,56	0,89	0,54	0,22	0,12	0,018
AP-40		48,12	14,18	6,99	3,61	3,96	0,85	1,41	0,84	0,13	0,15	0,031
AP-41	3,6	44,37	12,66	6,97	3,2	7,17	0,68	1,22	0,71	0,21	0,11	0,023
AP-42	1,3	49,02	13,26	7,18	3,65	4,75	1,03	1,42	0,86	0,19	0,16	0,034
AP-43		50,11	13,43	6,75	3,47	4,28	1,07	1,42	0,88	0,16	0,15	0,036
AP-44	3,5	56,4	13,19	5,49	2,18	1,87	0,71	0,96	0,61	0,2	0,1	0,016
AP-45		51,99	12,34	5,93	1,67	3,67	0,68	1,04	0,56	0,22	0,06	0,016
AP-46	6,4	16,41	4,52	6,72	7,42	25,49	0,33	0,48	0,23	0,75	0,33	0,008
AP-47	4,1	54,3	11,26	4,13	1,69	6,24	0,52	0,81	0,48	0,15	0,05	0,014
AP-48		49,71	13,61	5,93	2,31	6,29	0,69	1,13	0,66	0,3	0,14	0,017
AP-49		56,59	10,96	5,09	1,97	4,3	0,63	0,93	0,52	0,47	0,19	0,016
AP-50	3,3	55,91	9,54	4,46	1,95	6,99	0,3	0,83	0,45	0,37	0,21	0,013
AP-51	2,9	57,79	12,95	5,74	2,47	1,07	0,31	1,07	0,6	0,19	0,17	0,021
AP-52		40,86	9,57	4,85	1,81	10,83	0,36	1	0,5	1,26	0,12	0,015
AP-53	13	43,56	10,4	6,14	1,76	6,28	0,46	1,18	0,57	1,04	0,11	0,017
AP-54		47,45	14,26	5,95	3,27	3,07	0,32	1,47	0,8	0,2	0,07	0,03
AP-55		9,86	2,76	4,44	14,62	25,93	0,13	0,32	0,17	0,48	0,19	0,007
AP-56	6,1	39,09	12,18	4,75	4,98	8,43	0,38	1,32	0,67	0,49	0,08	0,022
AP-57	2,3	49,34	15,75	5,79	2,8	3,34	0,47	1,6	0,82	0,19	0,06	0,024
AP-58		42,62	12,95	6,19	2,8	9,14	0,41	1,34	0,64	0,31	0,2	0,025
AP-59	3,6	44,05	12,21	8,71	2,96	7,06	0,42	1,16	0,61	0,3	0,35	0,022
AP-60		45,48	11,82	7,01	2,4	8,06	0,43	1,12	0,59	0,35	0,32	0,019
AP-61		40,5	12,23	7,38	3,72	9,2	0,5	1,24	0,61	0,25	0,19	0,023
AP-62	2,8	41,31	12,89	6,91	3,21	9,37	0,48	1,29	0,68	0,27	0,15	0,025
AP-63	2,6	38,81	12,17	5,98	3,5	12,36	0,44	1,27	0,62	0,24	0,16	0,023

Çizelge 4.1 AP ÖSK örneklerinin (%) cinsinden TOC ve ana oksit miktarları (devam)

Örnek	TOC	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃
AP-64		38,41	12,01	6,23	3,13	13,26	0,38	1,24	0,6	0,19	0,19	0,023
AP-65	6,1	47,85	12,79	4,68	2,57	5,2	0,47	1,41	0,67	0,25	0,12	0,02
AP-66		44,27	11,91	4,33	2,14	8,77	0,46	1,32	0,64	0,26	0,09	0,02
AP-67	1,9	46,6	14,93	6,3	4,52	2,31	0,4	1,39	0,69	0,16	0,09	0,021
AP-68	2,3	47,91	15,92	6,93	4,11	2,93	0,43	1,68	0,77	0,19	0,1	0,027
AP-69		44,6	13,81	5,5	4,6	5,11	0,46	1,51	0,71	0,34	0,13	0,019
AP-70	7	38,38	12,23	5,63	4,43	7,3	0,38	1,53	0,69	0,25	0,13	0,022
AP-71		47,2	14,09	4,71	2,71	3,56	0,45	1,38	0,69	0,33	0,07	0,017
AP-72	8,2	34,84	10,27	4,35	6,43	9,64	0,39	1,37	0,59	0,2	0,12	0,02
AP-73		49,05	14,66	7,01	3,95	2,96	0,47	1,65	0,71	0,2	0,1	0,023
AP-74		42,5	13,73	7,33	4,35	6,64	0,43	1,57	0,68	0,27	0,15	0,029
AP-75		44,63	12,76	5,62	3,3	8,6	0,49	1,56	0,66	0,27	0,11	0,021
AP-76	6	45,94	13,16	4,1	4,18	3,57	0,46	1,54	0,68	0,13	0,06	0,022
AP-77		33,9	9,63	4,14	7,42	10,11	0,38	1,38	0,54	0,14	0,07	0,016
AP-78	2,6	50,3	16	6,67	3,3	1,85	0,46	1,76	0,76	0,21	0,08	0,025
AP-79	9,5	33,81	8,5	4,89	7,2	11,59	0,32	1,14	0,49	0,18	0,11	0,017
AP-80	4,3	46,05	13,64	5,52	3,81	3,21	0,34	1,95	0,68	0,14	0,06	0,019
AP-81	7,9	48	10,92	5,38	2,9	4,82	0,32	1,42	0,57	0,26	0,08	0,018
AP-82	8	47,38	14,47	4,46	2,22	4,14	0,35	1,57	0,67	0,33	0,06	0,019
AP-83	12	46,44	11,09	5,1	2,24	6,18	0,47	1,39	0,63	0,27	0,25	0,019
AP-84	5,2	47,75	13,8	6,1	2,77	3,09	0,49	1,63	0,69	0,34	0,15	0,021
AP-85	12	47,65	9,48	4,96	3,45	14,03	0,4	1,22	0,54	0,31	0,07	0,015
AP-86		6,6	2,4	2,83	17,26	26,6	0,16	0,27	0,12	0,18	0,1	0,005
AP-87	3,4	51,93	12,48	5,52	3,48	2,56	0,38	1,41	0,63	0,18	0,07	0,018
AP-88		43,59	12,92	6,8	3,86	8,03	0,44	1,6	0,63	0,29	0,18	0,017
AP-89	4,5	38,61	7,53	5,25	3,22	16,51	0,32	0,92	0,42	0,21	0,28	0,013
AP-90	5,4	41,5	9,42	4,94	2,36	12,9	0,3	0,98	0,47	0,33	0,15	0,012
AP-91		49,82	12,33	5,78	2,34	2,43	0,41	1,36	0,59	0,23	0,1	0,019
AP-92		41,5	9,42	4,94	2,36	12,9	0,3	0,98	0,47	0,33	0,15	0,012
AP-93	3,8	51,13	7,71	5,52	1,96	9,84	0,29	0,88	0,41	0,23	0,54	0,014
AP-94	9,9	43,57	11,78	5,3	2,34	3,12	0,37	1,29	0,61	0,26	0,05	0,03
AP-95		8,38	3,13	2,87	16,55	24,87	0,15	0,34	0,15	0,34	0,16	0,007
AP-96		49,2	15,44	6,46	2,9	1,7	0,39	1,76	0,73	0,38	0,11	0,029
AP-97	6,8	52,46	12,86	5,28	2,12	3,05	0,43	1,42	0,61	0,27	0,07	0,018
AP-98	14	37,88	11,56	6,3	2,79	6,54	0,63	1,3	0,71	0,45	0,11	0,021
AP-99	11	45,81	14,14	5,82	1,75	2,33	0,57	1,35	0,71	0,24	0,06	0,02
AP-100	5,3	46,27	13,85	7,29	1,71	2,92	0,42	1,31	0,65	0,73	0,02	0,021

Çizelge 4.2 AP ÖSK örneklerinin (ppm) cinsinden iz element miktarları

Örnek	As	Ba	Co	Cu	Ni	Rb	Sb	Sr	U	V	Zn	Zr
AP-31	26,7	299	22,1	41,9	57,5	65,3	0,1	632,6	1,4	90	45	99,8
AP-32	24	262	23	53,4	157	63,2	0,1	308,9	1,6	153	55	106,1
AP-33	11,6	247	23	54,4	162,5	68,9	0,1	211,2	1,6	158	61	110,3
AP-34	10,2	219	16,1	53,2	84,3	64,6	0,1	211,4	1,5	151	61	123,7
AP-35	21,1	251	28,5	48,2	229,4	59	0,1	198,4	1,4	143	63	117,7
AP-36	12,1	272	30,1	54,4	205,3	62	0,1	211,7	1,8	144	66	117,3
AP-37	28,3	216	21,4	46,9	97,8	56,1	0,3	161,1	3,2	176	51	126,5
AP-38	42,4	227	32,2	44,1	177,6	54	0,1	207,2	1,4	148	54	112,5
AP-39	42,6	196	17,8	40,8	107,7	39,7	0,1	374,2	1,2	112	39	86,8
AP-40	29,8	204	25,3	44	157,2	61,2	0,1	189,3	1,5	155	59	105,7
AP-41	65,9	237	19,8	46,6	160,3	58,5	0,1	261,9	1,7	160	52	98
AP-42	18,2	191	22,8	42,2	133,9	56	0,1	184,6	1,3	143	52	109,6
AP-43	21,8	186	26,6	42,7	137,4	55,6	0,1	176,1	1,3	136	56	112,1
AP-44	21,1	145	16,7	48,7	59,2	44,8	0,1	141,7	0,9	121	43	91,2
AP-45	26,3	175	17,3	42	61,9	44,6	0,1	176,2	1,2	97	44	87,6
AP-46	31,8	361	9,8	21,7	49,9	20,9	0,1	1335,9	1,2	68	18	51,5
AP-47	20,9	137	13,3	39,7	52,8	35,2	0,1	188,2	1,2	110	38	71,4
AP-48	42,5	202	15,2	48,5	65,7	52,9	0,1	222,2	1,1	136	43	99,2
AP-49	15,3	220	14,5	41,7	55,7	40,1	0,1	273,8	1	118	43	81,1
AP-50	19,1	171	12,9	37,8	53,5	33	0,1	239,4	0,8	106	37	69,1
AP-51	6,2	152	16,4	47,2	85,8	45,8	0,1	142,9	1,1	129	43	80
AP-52	164,7	278	26	40,3	138,7	39,2	0,3	463,2	1,6	104	51	98,7
AP-53	135,1	181	29,2	46	279,6	49,4	0,1	269,4	1,8	98	77	88,3
AP-54	56,5	145	25	40,4	197,8	76,1	0,1	208,7	1,5	137	66	90,9
AP-55	23,9	151	9,6	12,9	63,4	15	0,1	289,4	0,7	48	17	31,2
AP-56	41,7	175	25,4	51	129,8	64,6	0,1	380,9	1,7	117	62	90,2
AP-57	29,4	361	23,6	63,1	78,5	73,4	0,1	198,1	1,8	180	54	115,5
AP-58	38	238	22,2	54,5	124,1	60,3	0,2	318,9	1,2	168	54	99,3
AP-59	28,7	205	21,6	46,2	106,2	55,7	0,1	241,4	1	154	52	90,7
AP-60	30,8	278	21	52,3	116,6	50,4	0,2	320,9	1,2	154	56	87,7
AP-61	23,6	281	20,3	48	80,3	62,7	0,2	426,1	1,4	151	49	93,8
AP-62	13,4	334	20,8	43,8	115,4	64,6	0,2	618,1	1,3	159	49	96,6
AP-63	14,9	310	19,6	47,3	107,8	60,6	0,2	451,7	1,5	146	46	96,6
AP-64	15,8	230	20	48,7	113	59,2	0,1	397,4	1,4	146	45	89,9
AP-65	7,5	203	21,5	48,5	59,3	59,2	0,1	325,9	1,9	156	60	97,6
AP-66	8,8	270	21,8	52,1	69,4	57,4	0,1	550,4	1,6	143	57	94,3
AP-67	9,6	175	22,6	53	109,3	63,4	0,1	180,9	1,8	148	58	111,8
AP-68	8,5	202	22,2	57,6	85,8	74,9	0,2	205,3	1,5	171	66	118
AP-69	11,2	224	22,5	56,3	76,6	61,9	0,1	236,5	2,5	162	60	112,8
AP-70	9,7	217	19,4	49,8	68,5	65,3	0,1	337,5	1,7	147	51	104,5
AP-71	5,5	250	22,2	56,9	68,8	56,9	0,1	220,8	2,6	163	51	117,8
AP-72	10,6	250	16,7	43,9	47,8	57,5	0,1	523,1	2	121	46	87,7

Çizelge 4.2 AP ÖSK örneklerinin (ppm) cinsinden iz element miktarları (devam)

Örnek	As	Ba	Co	Cu	Ni	Rb	Sb	Sr	U	V	Zn	Zr
AP-73	14,2	202	22,1	55,3	114,4	68	0,2	204,6	1,6	199	51	112
AP-74	13,4	267	23	57,1	89,1	65	0,2	358,7	2,2	248	46	98,2
AP-75	14,2	296	22,7	48,4	95,6	61,2	0,1	449	1,4	221	37	101,6
AP-76	9,2	198	22,8	45,3	55,9	66,2	0,1	317,1	2,1	147	47	98,7
AP-77	51,3	189	20,3	46,4	152,1	56,6	0,2	359,7	2,3	112	43	75,1
AP-78	23,8	217	25,6	59,9	121,6	77,5	0,3	231,6	2,1	182	71	121,7
AP-79	10,1	208	16,7	36,2	39,3	48,2	0,1	486	1,7	113	34	73,6
AP-80	15,9	195	30,4	52,1	85,6	77,5	0,1	237,7	1,7	151	64	108
AP-81	9,3	185	22,9	42,6	98,1	57,8	0,1	245,6	2	131	49	89,5
AP-82	9,4	184	22,3	53,6	95,7	66,1	0,1	221,3	2,6	146	54	108,6
AP-83	31,3	401	24,6	68,3	57,5	64,6	0,2	381,9	2,6	186	37	120,7
AP-84	15,8	322	27,4	63,9	85,7	83,3	0,1	173,5	2,2	169	52	129,1
AP-85	11,1	387	22,1	50,9	97,3	61,3	0,1	207,8	4,4	102	50	99,2
AP-86	0,8	444	6,8	9,8	15,5	14,5	0,1	748,2	0,6	42	5	72,3
AP-87	9	271	18,2	53,1	90,5	76,9	0,1	208,7	2,4	146	45	116,9
AP-88	5,5	459	21,9	56,2	80,7	79,6	0,1	1000,4	2,5	148	44	140,4
AP-89	37,8	503	19,3	42,7	88	42,7	0,3	755	1,9	146	35	103,8
AP-90	52,4	592	19,7	57,7	106,2	50,7	0,3	934,4	4,5	128	37	116,5
AP-91	20,1	246	26,9	64,6	105,3	69,3	0,2	161,2	2	153	52	103,9
AP-92	52,4	592	19,7	57,7	106,2	50,7	0,3	934,4	4,5	128	37	116,5
AP-93	47,1	361	16,4	43,1	108	40,9	0,3	369,6	2,3	125	43	74,5
AP-94	8,2	268	22,1	48,9	90,7	63,5	0,1	164,8	2,9	200	54	108,4
AP-95	2,7	511	5,9	11,1	23,6	15,8	0,1	439,3	0,4	56	8	41,9
AP-96	20,8	484	23,1	66,4	136,4	84,9	0,1	390	2,3	163	56	113,1
AP-97	7,2	237	19	63,7	66,7	65	0,1	176,8	1,6	143	40	107,1
AP-98	14,6	290	30	61,5	134,6	62,5	0,1	283,7	5	138	69	110,9
AP-99	19,2	338	27,5	70,9	97,6	58,5	0,2	195	3,3	213	44	103,3
AP-100	29,3	767	10,4	71,7	113	59,2	0,2	668,5	3,6	186	58	115

Piroliz analizi ve element analizi sonucu elde edilen MD ÖSK örneklerine ait TOC ve ana oksit miktarları (%) cinsinden çizelge 4.3’de, iz element miktarları ise ppm cinsinden çizelge 4.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 MD ÖSK örneklerinin (%) cinsinden TOC ve ana oksit miktarları

Örnek	TOC	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃
MD-1		44,74	8,76	5,86	1,73	11,84	0,52	0,94	0,5	0,29	0,37	0,015
MD-2		52,54	9,91	7,07	1,58	6,52	0,57	1,08	0,56	0,24	0,38	0,017
MD-3		13,49	4,34	4,09	14,52	23,21	0,25	0,51	0,25	0,26	0,16	0,011
MD-4		46,35	13,03	5,64	3,64	4,17	0,6	1,37	0,68	0,45	0,08	0,021
MD-5		46,38	12,97	6,84	2,83	2,55	0,69	1,49	0,7	0,29	0,08	0,021
MD-6	8,4	43,76	11,32	5,57	3,07	5,23	1	1,38	0,72	0,3	0,09	0,024
MD-7		51,32	11,72	5,06	2,31	3,27	0,69	1,29	0,69	0,42	0,07	0,039
MD-8		44,71	8,37	4,34	1,64	14,21	0,4	0,86	0,44	0,23	0,14	0,013
MD-9	2,8	50,66	10,67	7,16	1,57	6,82	0,53	1,16	0,59	0,22	0,5	0,018
MD-10		48,3	11,01	5,65	2,11	7,78	0,56	1,24	0,61	0,3	0,1	0,019
MD-11	5,1	45,64	13,44	6,7	2,34	6,73	0,59	1,5	0,7	0,25	0,11	0,024
MD-12		45,4	14,29	6,2	1,58	1,01	0,83	1,57	0,81	0,26	0,02	0,028
MD-13		47,71	12,63	5,42	1,96	6,98	0,89	1,47	0,83	0,32	0,08	0,03
MD-14		47,22	11,2	4,93	1,48	7,89	0,71	1,25	0,67	0,43	0,06	0,02
MD-15	1,8	48,87	9,65	4,87	1,44	17,22	0,68	1,11	0,58	0,25	0,14	0,032
MD-16		43,78	7,62	4,18	1,21	13,18	0,35	0,73	0,39	0,22	0,19	0,011
MD-17	1,8	47,24	8,86	4,79	1,37	9,68	0,42	0,89	0,48	0,15	0,1	0,014

Çizelge 4.4 MD ÖSK örneklerinin (ppm) cinsinden iz element miktarları

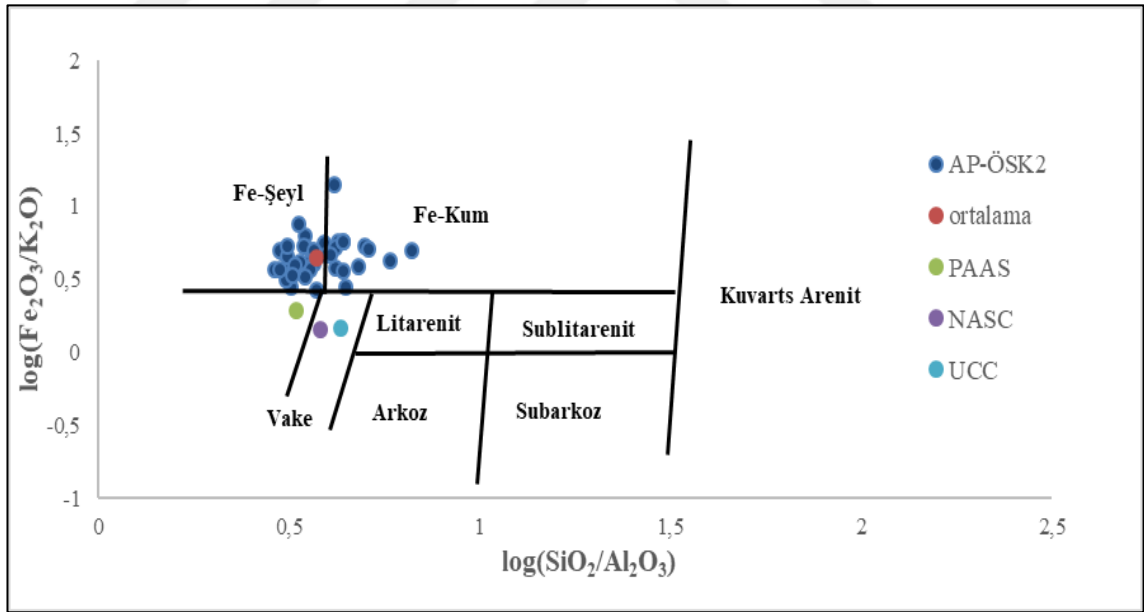
Örnek	As	Ba	Co	Cu	Ni	Rb	Sb	Sr	U	V	Zn	Zr
MD-1	25,5	391	46,6	43,6	137,1	42,6	0,2	707,3	1,8	125	48	85,7
MD-2	31	179	25	57,5	85,9	46	0,2	251,7	2,5	144	45	81,8
MD-3	3,8	236	22,4	15,9	27	21,9	0,1	200,8	0,7	67	14	45,3
MD-4	20,7	468	27,7	61,3	83	59,2	0,1	468,3	2,4	139	50	97,3
MD-5	14,9	264	24,4	58,8	89,6	64,5	0,1	225,6	2,4	143	55	114,2
MD-6	5,2	261	25	44,8	97,8	56	0,1	253,9	3,6	121	60	115,2
MD-7	7	207	31,2	59,4	109,8	52,2	0,1	212,7	4	190	54	108,6
MD-8	17,9	254	18,2	43	43	38,2	0,2	502,1	2,1	125	34	76,3
MD-9	32,3	234	22,4	59,8	87,8	51,4	0,3	345,2	2,1	153	50	90,5
MD-10	21,9	293	20,1	59	86,8	54,3	0,1	469,3	2,1	187	45	89,5
MD-11	15,3	298	19,8	51,3	82,4	66,8	0,2	393,6	1,9	189	56	107,3
MD-12	22,8	288	15,8	62,6	58,5	65,9	0,2	229,5	4	175	48	127,7
MD-13	5,2	261	18,1	44,3	69,7	65,7	0,1	286,4	2,7	153	45	120,9
MD-14	10,7	310	18,4	46	59,5	54,2	0,1	541,8	3,3	136	37	105,7
MD-15	9,7	301	17,7	36,1	37,8	43,4	0,1	425,5	1,5	130	35	93,4
MD-16	18,9	316	14,8	33,4	46,3	33	0,1	442,5	1,3	116	31	64,4
MD-17	16,8	339	14,7	34,9	48,2	42,7	0,1	345,1	1,9	132	35	78,7

AP ve MD ÖSK’lardan alınan ve organik madde içeriklerine göre organik maddeli ve organik maddesiz olarak ikiye ayrılan örneklerin analiz edilmesi sonucu elde edilen veriler çizelge ve şekiller yardımı ile yorumlanmıştır.

4.2.1 AP ÖSK organik maddeli örneklerin jeokimyasal incelemeleri

AP ÖSK organik maddeli örneklerin ICP – OES analizi ile elde edilen ana element değerleri; Pettijohn vd. (1972) diyagramı ve SiO_2 - Al_2O_3 - CaO (Brumsack 1989) üçgen diyagramı kullanılarak incelenmiş ve kimyasal sınıflamaları yapılmıştır.

Pettijohn vd. (1972) diyagramına göre AP ÖSK organik maddeli örneklerin büyük bölümünün Fe - Şeyl litolojisinde olduğu geri kalanların ise Fe - Kum litolojisinde olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin ortalama değerinin ise Fe - Şeyl olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.6).

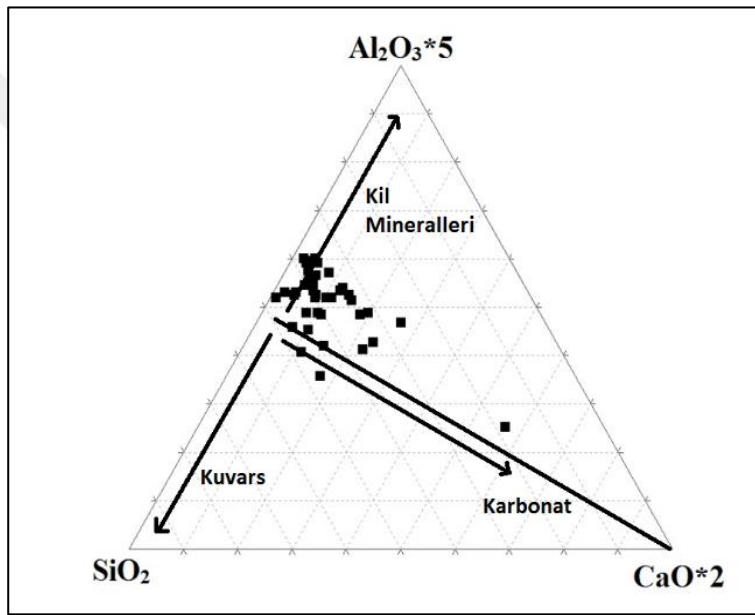


Şekil 4.6 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Pettijohn vd. (1972) diyagramı

Şeyller ve çamurtaşları başlıca SiO_2 (detritik kuvars ve/veya biyojenik silika), Al_2O_3 (kil fraksiyonu) ve CaO (karbonat içeriği) oksitlerinin karışımı şeklinde kabul edilebilir. Bu itibarla Brumsack (1989) üçgen diyagramı yardımıyla çalışma alanındaki örneklerin

mineralojik bileşimi ve litolojik yapısı incelenerek yorum yapılabilmiştir (Brumsack 1989, Şekil 4.7).

Buna göre örneklerin genel olarak detritik kuvars ve/veya biyogenik silika (SiO_2) ve karbonat (CaO) fraksiyonuna oranla, kil (Al_2O_3) fraksiyonuna doğru bir yöneliminin olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7). Bu durum, örneklerde kil baskınlığının bulunduğunu ve çoğunlukla şeyl ya da kiltaş litolojisinde olduklarını göstermektedir. Bu durum saha çalışması ile paralellik göstermektedir.

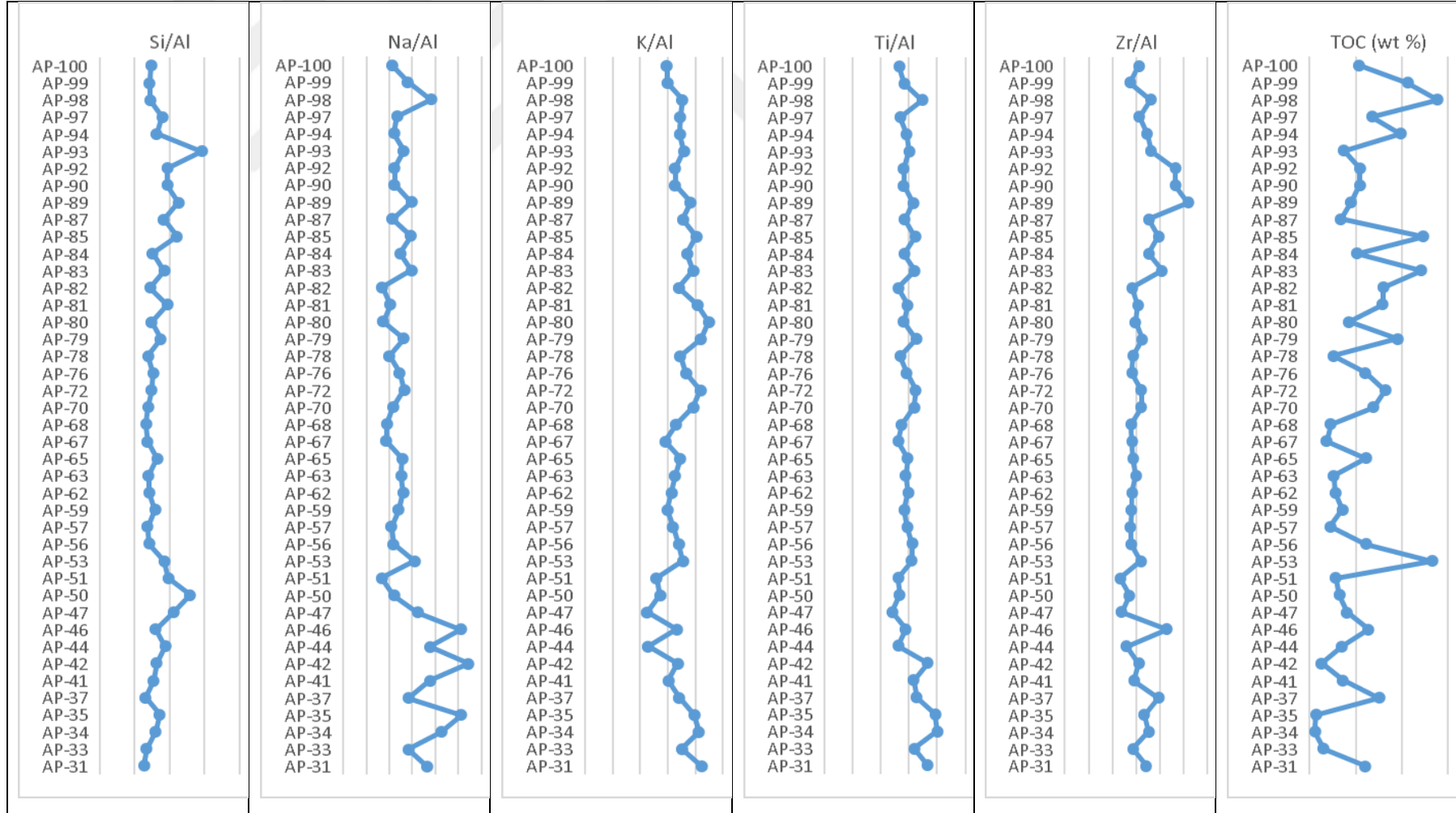


Şekil 4.7 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Brumsack (1989) diyagramı

Ti/Al silisiklastik tane boyu ve sedimantasyon oranı indikatörü olarak kullanılabilir (Caplan and Bustin 1998, Murphy vd. 2000b). Al sadece kil minerallerinde bulunurken, Ti hem killerde hem de ilmenit, rutil ve ojit gibi kum ve silt boyutlarındaki tanelilerde bulunur (Calvert 1976, Shimmiel 1992). Bu kapsamda yüksek Ti/Al bazen kaba taneli sedimanlarla ilişkili Ti içeren aksesuar mineral varlığını sunar (Schmitz 1987). Bu oran tane boyu belirleyici olarak ve aynı zamanda paleo rüzgâr dayanımı indikatörü olarak kullanılmıştır (Shimmiel 1992, Bertrand vd. 1996).

Si/Al detritik girdi için bir belirleyici olarak kullanılmıştır (Tribovillard vd. 1994, Caplan ve Bustin 1998, Murphy vd. 2000b). Ayrıca Zr ve killerin bünyesine giren Na, K ve Ti elementleri detritik belirleyici olarak Si'ye ek olarak kullanılmıştır. Genel olarak karasal akım göstergesi olan bu elementlerin tabandan tavana değişimleri, birbirleri ile olan ilişkileri ve bu elementlerin kaynaklarının belirlenmesi için değerlendirilmiştir. Buna ek olarak TOC miktarının tabandan tavana değişimi ile de bir kıyaslamaya gidilmiş ve detritik girdi ile organik madde arasındaki ilişki incelenmiştir (Şekil 4.8).

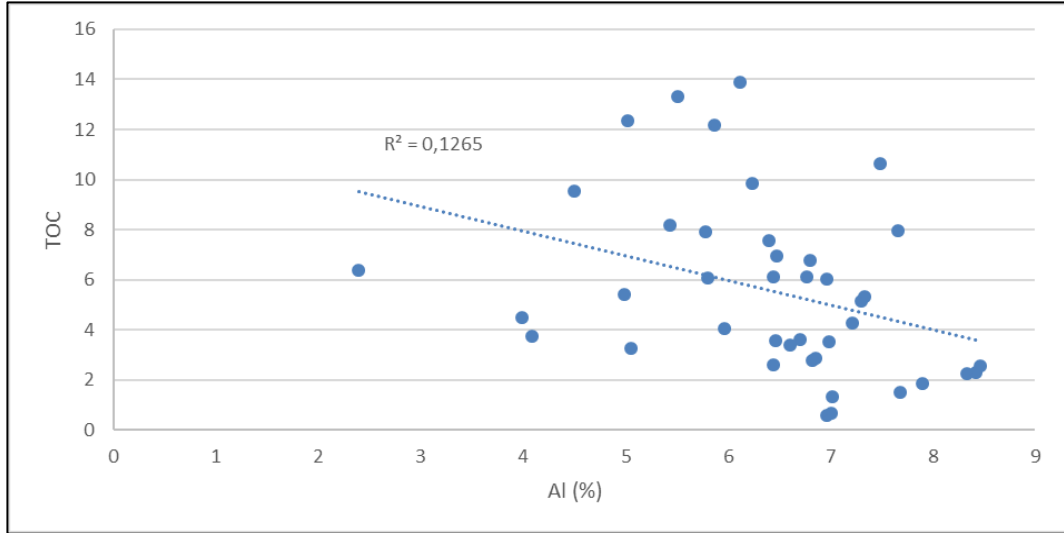




Şekil 4.8 AP ÖSK organik maddeli örneklerin detritik girdi TOC ilişkisi

İncelenen örneklerin genel olarak benzer trendler sergiledikleri görülmüştür. Bu elementler detritik kaynaklı olup çökelim ortamına akarsu ve rüzgâr gibi kaynaklar ile taşınmışlardır. Depolanma ortamında da bu elementler killerin yapısında zenginleşmişlerdir. Ayrıca killere organik madde (OM)'yi tutan bir aracı olduğundan TOC miktarı genel olarak bu elementlerle benzer trendler göstermiştir. Organik maddeler kil boyutundaki tanelerde korunabildiklerinden ve zenginleşebildiklerinden bu elementler ile TOC arasındaki bu ilişkinin varlığı beklenen bir durumdur. Ayrıca organik madde oksijensiz ortamlarda zenginleştiğinden bu elementler ile TOC'nin benzer trendler sergilediği seviyelerin disoksik veya anoksik olabileceğine dair yorum yapılabilmesi mümkündür.

TOC ile Al arasında ilişki incelendiğinde, TOC ile Al arasında zayıf ve negatif yönlü bir korelasyonun bulunduğu görülmüştür. Killerin OM'yi bünyelerine bağlama özelliğinden Al ile OM arasında güçlü pozitif bir korelasyonun olması beklenmektedir. Ancak burada aksi bir durum söz konusudur. Bunun nedeni; sahadan alınan örneklerin kilaşı yerine daha çok marn olmasıdır. Marnların mineralojik yapısından ve içeriğindeki Al miktarının az olmasından dolayı böyle bir tablonun oluştuğu düşünülmektedir (Şekil 4.9).

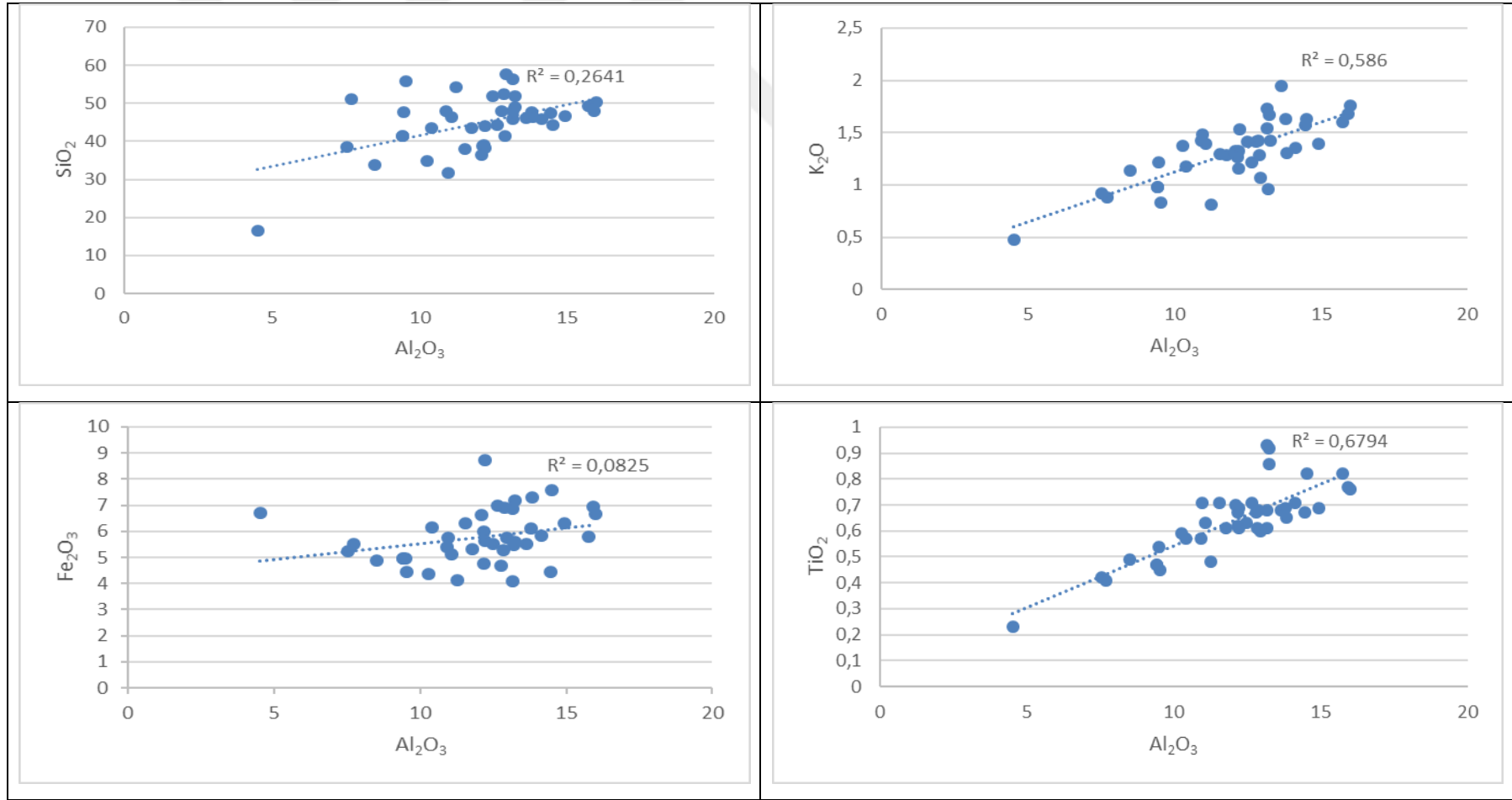


Şekil 4.9 AP ÖSK organik maddeli örneklerin TOC – Al (%) ilişkisi

AP ÖSK organik maddeli örneklerin Fe_2O_3 , K_2O , TiO_2 , ve SiO_2 miktarlarının Al_2O_3 miktarı ile kıyaslanması sonucunda K_2O ve TiO_2 'nin Al_2O_3 ile pozitif korelasyon

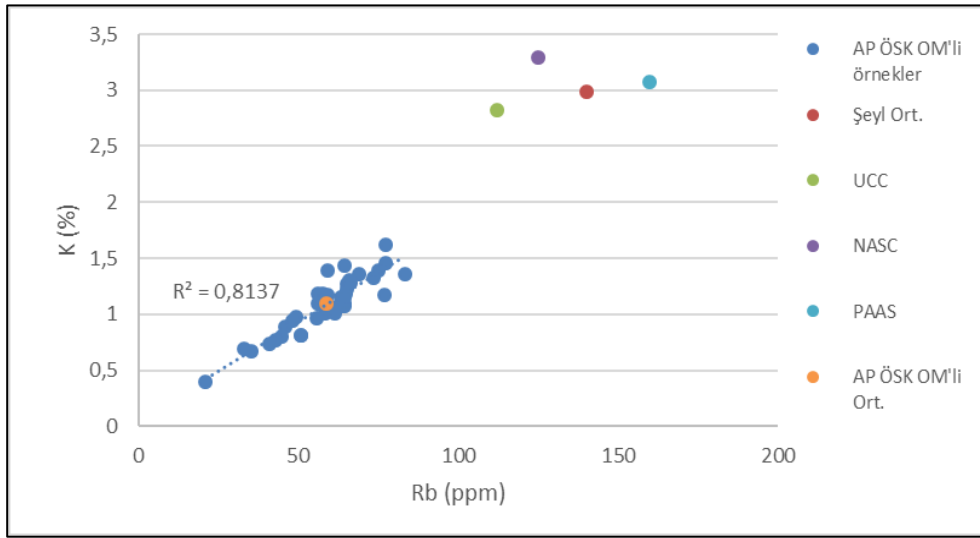
göstermesi bu elementlerin kaynağının detritik kökenli olduğunu gösterir (Şekil 4.10). Fe_2O_3 'in Al_2O_3 ile korelasyon göstermemesi Fe_2O_3 'in detritik kaynaklı olmadığına işaret etmektedir. Ayrıca SiO_2 'nin Al_2O_3 ile zayıf korelasyon göstermesi SiO_2 'nin bazı örneklerde detritik değil otijenik yani biyojenik kaynaklı olabileceğini göstermektedir.





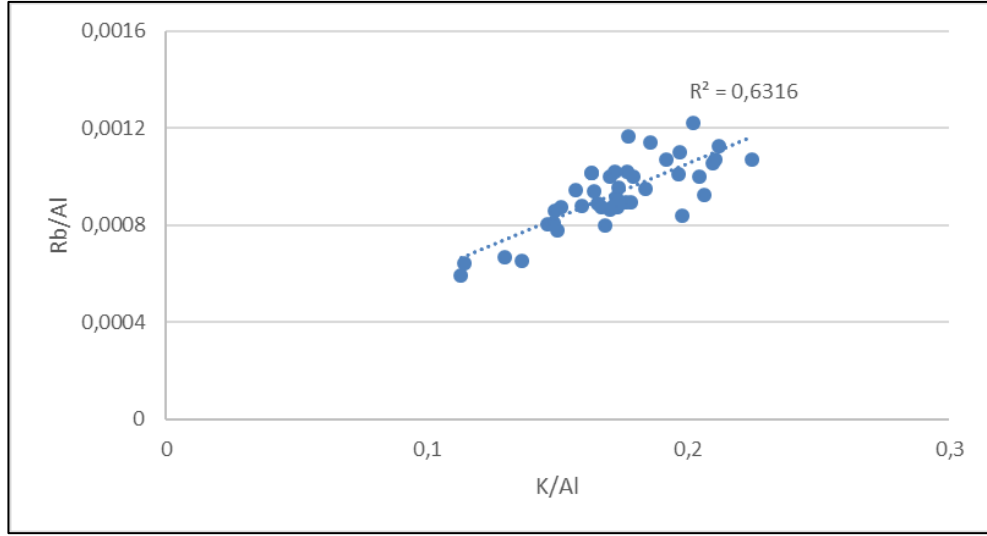
Şekil 4.10 AP ÖSK organik maddeli örneklerin SiO_2 , K_2O , Fe_2O_3 ve TiO_2 miktarlarının Al_2O_3 ile ilişkisi

AP ÖSK organik maddeli örnekler için K ve Rb değerleri incelenmiştir (Şekil 4.11). K ve Rb elementleri birbirleri ile güçlü, pozitif korelasyon göstermektedir. Ancak AP ÖSK örneklerinin K ve Rb oranının ortalama değeri, referans değerler sunan PAAS, NASC, UCC ve Şeyl Ortalamalarının altına düşmektedir. Bu da örneklerdeki K-feldispat fakirliğini gösteren K ve Rb tüketilmesini ifade etmektedir. Rb'un aynı zamanda killere üzerine tercihli değişimi ve adsorbsiyonuna bağlı K biriktiren minerallerde yer alması da, K ile çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermesini desteklemektedir.



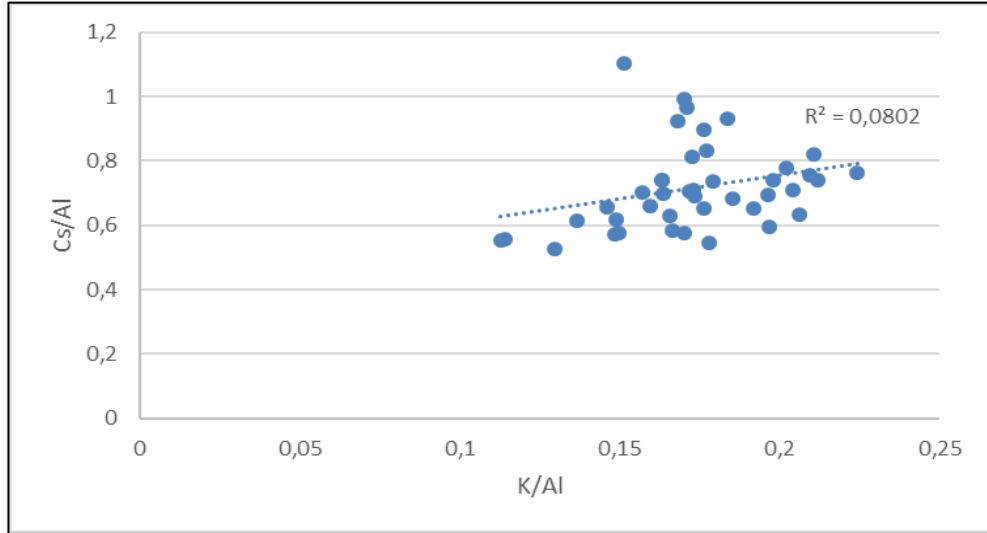
Şekil 4.11 AP ÖSK organik maddeli örneklerin K (%) – Rb (ppm) ilişkisi

Rb/Al – K/Al arasında kuvvetli pozitif bir ilişkinin olması detritik kökeni işaret etmektedir (Bauluz vd. 2000). Bu kapsamda AP ÖSK organik maddeli örneklerin Rb/Al - K/Al değerleri şekil 4.12'de yorumlanmıştır. Rb ve K arasında görülen pozitif korelasyon bu elementlerin detritik kökenli olduğunu gösterir.



Şekil 4.12 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Rb/Al – K/Al ilişkisi

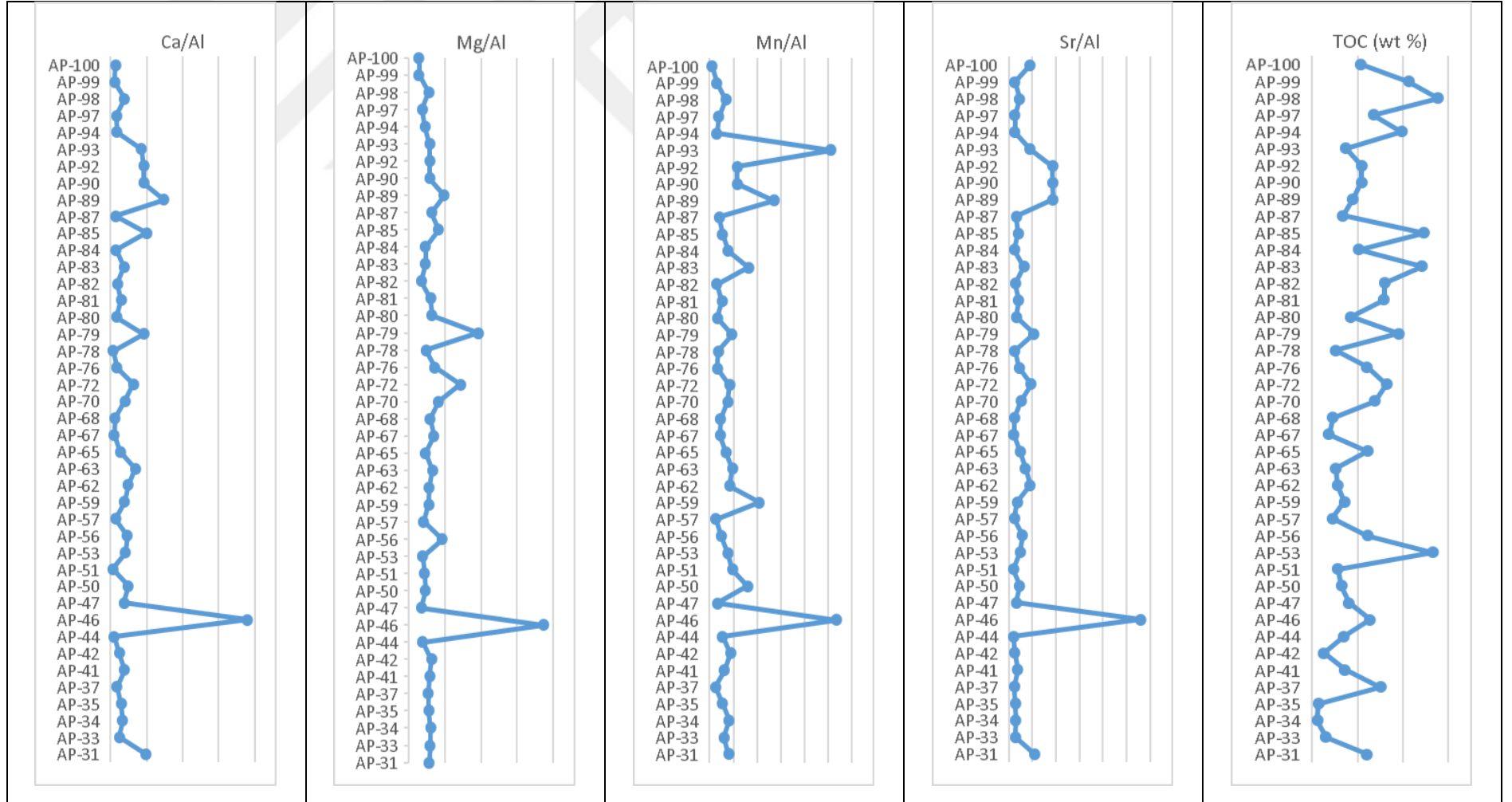
Rb ve Cs denizel sedimanlarda detritik faza bağlanır ve tipik olarak hem detritik ve biyogenik hem de dilüsyon değişiminin fonksiyonu olarak değişir (Plank ve Langmuir 1998). Cs/Al – K/Al oranlarının ilişkisi incelendiğinde, Cs'nin K ile zayıf korelasyon sergilemesi bu elementlerin farklı bir kaynağa sahip olabileceklerini ve Cs'nin detritik kaynaklı olamayacağını yani Cs'nin otijenik olduğunu göstermektedir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Cs/Al – K/Al ilişkisi

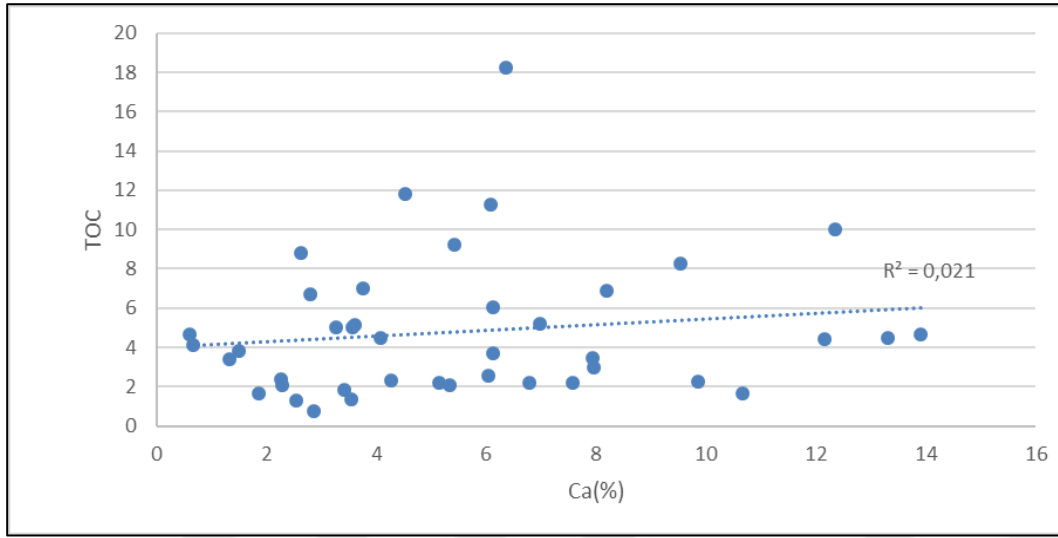
AP ÖSK organik maddeli örnekler için karbonat yapıcı elementler olan Ca, Mg, Mn ve Sr elementlerinin birbirleriyle ve TOC ile ilişkisi ve bu elementlerin kesitin taban

seviyesinden tavan seviyesine kadar olan değişimleri incelenmiştir (Şekil 4.14). Karbonat yapıcı elementlerin genelde birbirleri ile benzer trendler sergilediği görölmüştür. Bu da Ca, Mg, Mn ve Sr elementlerinin otijenik kaynaklı olduğunu göstermiştir. Karbonatlar, killeri gibi OM'yi bünyelerinde biriktiremezler. Bunun iki nedeni bulunmaktadır. Birincisi karbonatların çökeldiği ortamların genelde oksik olmasıdır. İkincisi ise mineralojik yapılarından dolayı OM'nin bu element yüzeylerine tutunamamasıdır. Bu durum TOC'nin tabandan tavana değişiminin genel olarak karbonat yapıcı elementler ile benzer trendler göstermemesini açıklamaktadır. Ancak AP-46, AP-59, AP-79, AP-85, AP-89, AP-93 ve AP-98 numaralı örneklerin karbonat yapıcı element değişimlerinin TOC ile benzer trendler sergilediği görölmüştür. Bunun nedeninin anılan örneklerin depolandığı seviyelerde çökelme ortamının tam olarak oksijenli olmamasının ve örneklerin karbonat yerine marn olmasının neden olduğu düşünölmektedir.



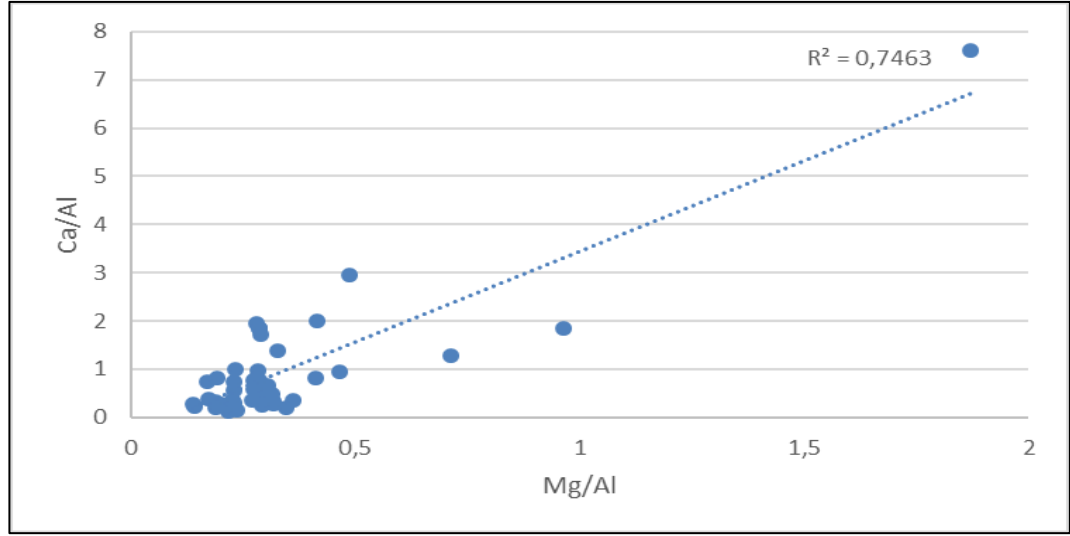
Şekil 4.14 AP ÖSK organik maddeli örneklerin karbonat yapıcı elementler ile TOC ilişkisi

AP ÖSK organik maddeli örneklerin Ca miktarı ile TOC miktarı karşılaştırıldığında, Ca ile TOC arasında zayıf bir korelasyonun bulunduğu görülmüştür (Şekil 4.15). Bu durum Ca ve TOC'nin tabandan tavana değişimlerinde de görülmüştür. OM karbonatlarda zenginleşemediğinden Ca ile TOC arasında görülen zayıf korelasyon zaten beklenen bir durumdur. Ayrıca zayıfta olsa Ca ile TOC arasında bir ilişki olması ortamın tam olarak oksijenli olmadığı yorumumuzu desteklemektedir.



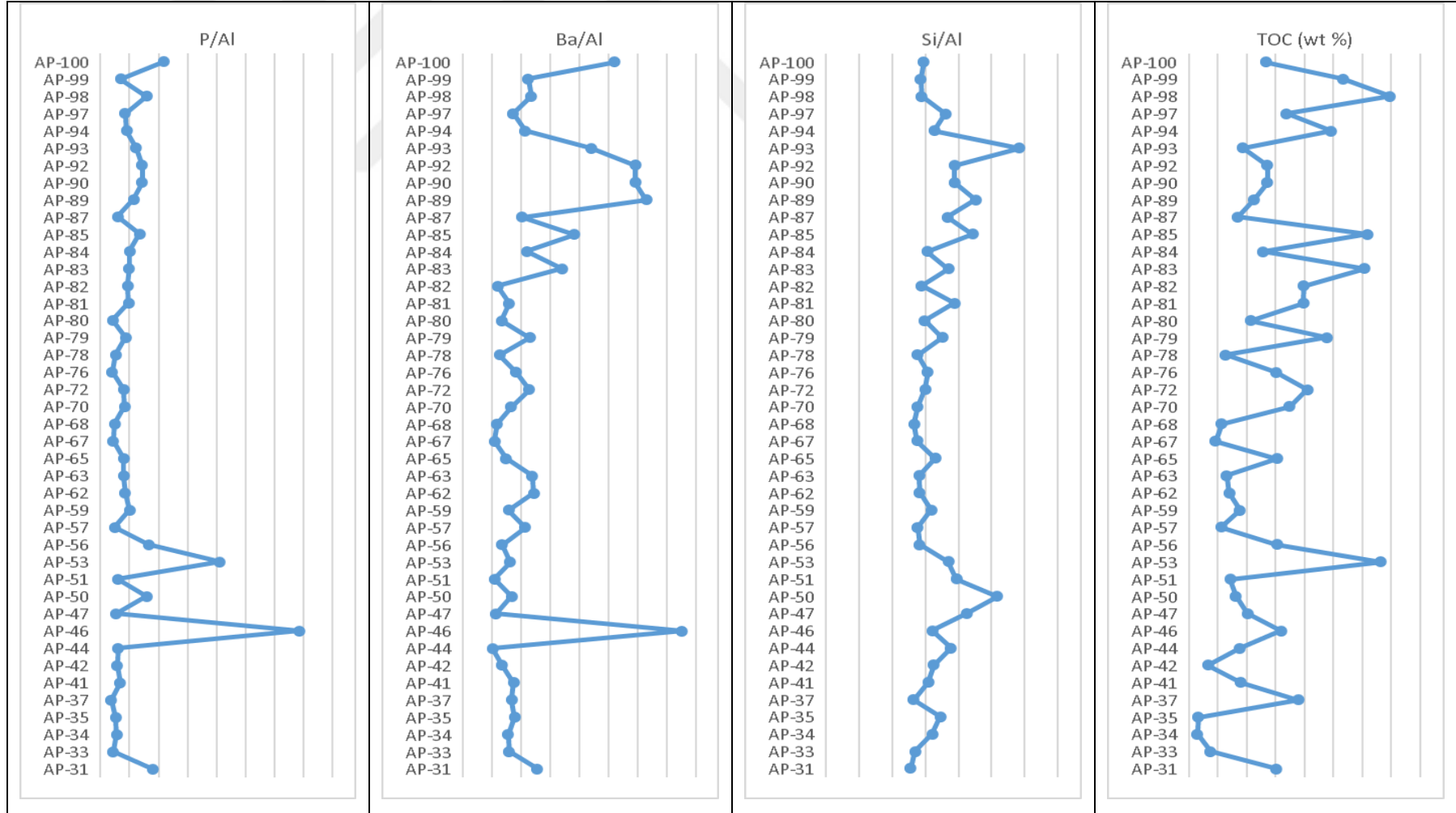
Şekil 4.15 AP ÖSK organik maddeli örneklerin TOC – Ca (%) ilişkisi

Mg konsantrasyonu zenginliği dolomit veya kil mineralojisine bağlanabilir (Krauskopf 1955). Bu kapsamda yapılan incelemede AP ÖSK organik maddeli örneklerde Ca/Al ile Mg/Al değerlerinin karşılaştırılmasından Ca ile Mg arasında pozitif, güçlü bir korelasyonun varlığı belirlenmiştir (Şekil 4.16). Bu durum örneklerin büyük bir çoğunluğundaki Mg zenginleşmesinin dolomit kökenli olduğunu Mg'nin dolomit olarak zenginleştiğini ve detritik değil otijenik olarak çökeldiğini göstermiştir. Şekil 4.16' da sağ üstte görülen örnek Ca ile Mg arasında görülen çok güçlü pozitif korelasyonun nedeni gibi görülmektedir. Ancak bu örnek ihmal edilse dahi bu iki element arasında yine güçlü bir korelasyonun var olacağı düşünülmekte olup şekil 4.14'te ki durum bu yorumu güçlendirmektedir. Sonuç olarak Mg'nin AP ÖSK organik maddeli örneklerinde kil mineralojisinde olmadığı bu nedenle detritik değil otijenik olduğu yorumu yapılmıştır.



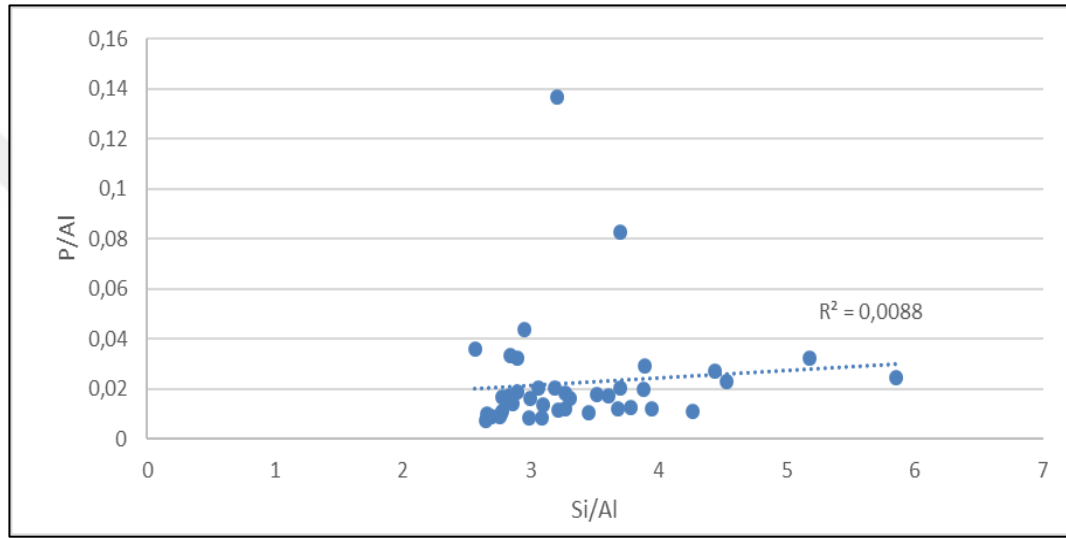
Şekil 4.16 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Ca/Al - Mg/Al ilişkisi

P ve Ba çoğunlukla paleoüretkenlik için jeokimyasal birer belirleyici olarak referans edilirler (Dymond vd. 1992, Van Capellen ve Ingall 1994, Filipelli vd. 1994). Yüksek P ve Ba içeriği kuvvetli ilksel üretkenliği sunmaktadır. Bu kapsamda AP ÖSK organik maddeli örneklerin P ve Ba miktarlarının değişimleri ÖSK'nın taban seviyesinden tavan seviyesine kadar incelenmiştir. Ayrıca bu elementlerin TOC ve Si ile ilişkisi Şekil 4.17'de incelenmiştir. P ve Ba elementlerinin benzer trendler sergilediği görülmüştür. Besin girdisi göstergesi olan P ve Ba miktarlarının zaman zaman oldukça yüksek zenginleşmeler gösterdiği görülmüştür. Besin artışı organik madde göstergesi olan mikroskobik canlı miktarında da artışa neden olduğundan TOC miktarının P ve Ba ile benzer trendler göstermesi anlamlıdır. Çok anlaşılır olduğundan AP-46 örneğine bakıldığında, bu örneğin çökeldiği seviyede besin miktarında artış olduğu buna paralel olarak TOC miktarının arttığı görülmektedir. Si/Al oranı Si miktarı fazla olan alüminosilikatlar içindeki bağlı olan Si'yi yansıtır. Bu nedenle, Si/Al oranı, eoliyen girişinden dolayı kuvarsın (Pye ve Krinsley 1986; Werne vd. 2002) veya biyojenik silika girdisinin artışı yansıtabilir ve böylece üretkenlik/verimlilik sinyali olarak davranır (Davis vd. 1999). Buna göre silisin iki kaynağı bulunmaktadır. Killerin yapısına giren temel elementlerle benzer trendler gösteren seviyelerde Si detritik iken, farklılık gösterdiği seviyelerde biyojeniktir. AP-67 – AP-93 numaralı örnekler ve bu örnekler arasındaki örneklerde olduğu gibi TOC, P ve Ba ile benzer trendler sergilediği seviyelerde Si'nin biyojenik kaynaklı olduğu söylenebilir (Şekil 4.17).



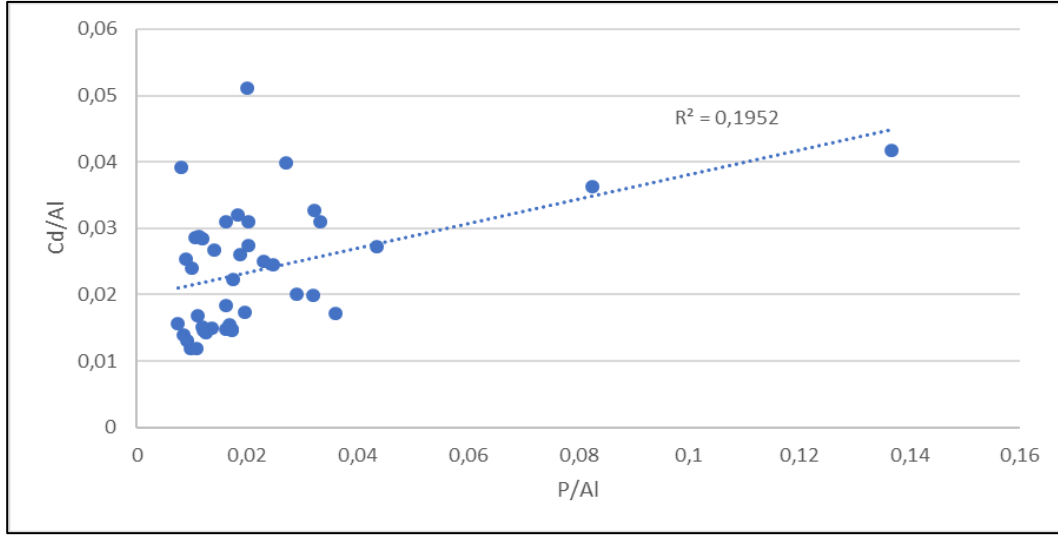
Şekil 4.17 AP ÖSK organik maddeli örneklerin besin girdisi ve üretkenlik incelemesi

AP ÖSK organik maddeli örneklerin Al ile normalize edilmiş Si miktarı ile P miktarı arasındaki ilişki Si'nin kökeni hakkında yorum yapılabilmesi için şekil 4.18'de karşılaştırılmıştır. Ayrıca SiO_2 'nin Al_2O_3 ile korelasyon göstermediğinin belirlenmesi SiO_2 'nin bazı örneklerde detritik değil biyojenik kaynaklı olabileceğini göstermiştir. Ancak P ve Si ilişkisi incelendiğinde bu iki elementin korelasyon göstermediği belirlenmiştir. Bu sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde Si'nin hem detritik hemde biyojenik kaynağının olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 4.18 AP ÖSK organik maddeli örneklerin P/Al - Si/Al ilişkisi

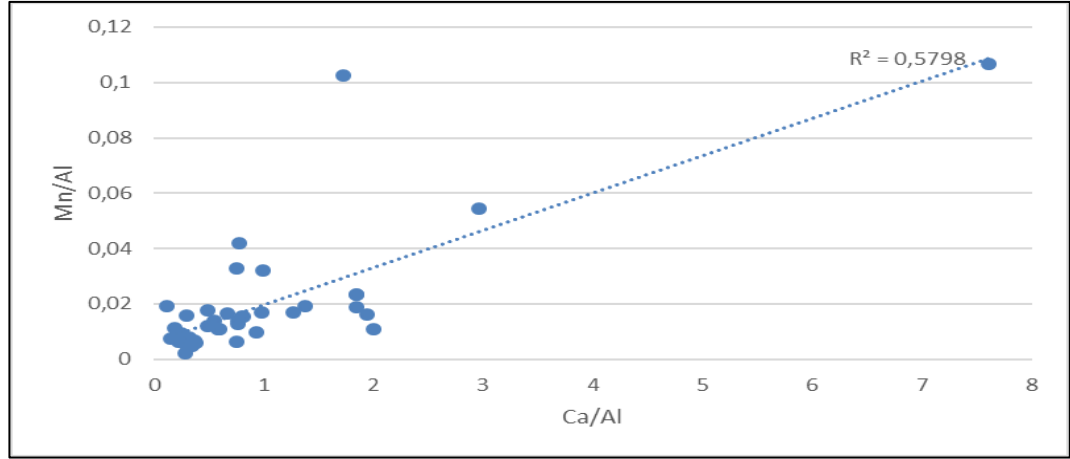
Cd'yi konsantre edebilen P birikimli apatit varlığı ve nadir görülen yüksek Cd içeriği tabandaki hakim olan indirgen koşullara bağlanabilir. Çeşitli araştırmalarda Cd, fosforit depolarında sık sık tekrarlanan Cd zenginleşmesi ile tutarlı, hidroksiapatit yüzeyinin yüksek benzerliklerinin altı çizilmiştir (Middleburg ve Comans 1991). Cd hidroksiapatit üzerine adsorblanır çünkü çeşitli bileşiklerde Ca yerine geçtiği bilindiği için ve Cd-apatitler Ca-apatitler ile eşyapısaldır. Bu kapsamda Cd ile P'nin güçlü bir ilişkisinin bulunması ortamın indirgen olduğunu göstermektedir. AP ÖSK organik maddeli örneklerin Al ile normalize edilmiş Cd ve P ilişkisi şekil 4.19'da incelenmiştir. Cd ve P arasında görülen zayıf korelasyon ortamın indirgen olmadığını göstermiştir.



Şekil 4.19 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Cd/Al - P/Al ilişkisi

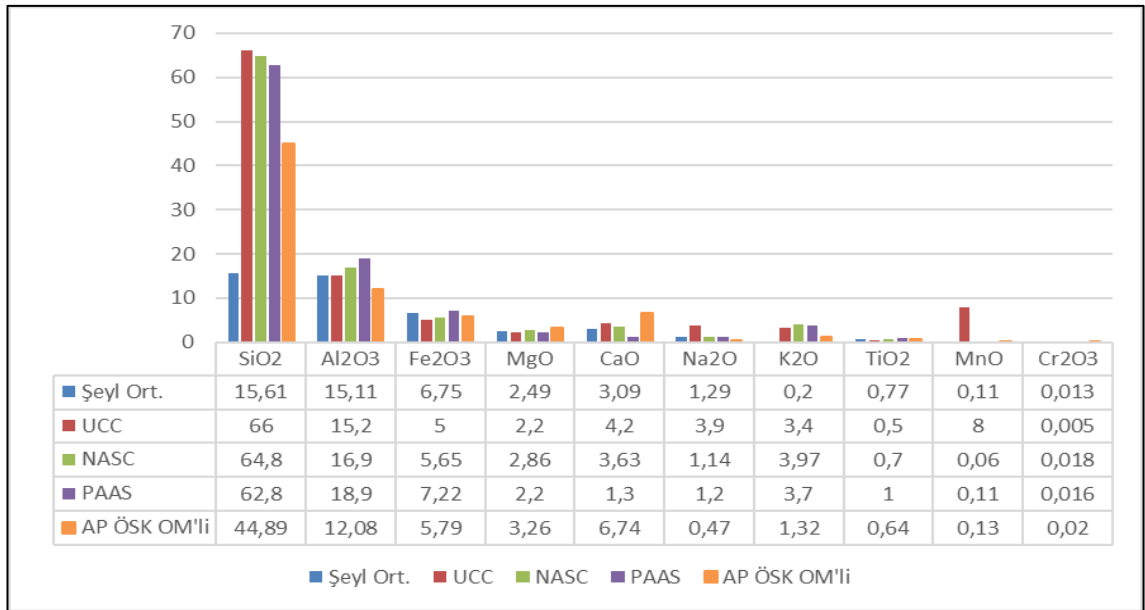
Mn/Al oranının yüksek olması ve Mn'nin Ca ile pozitif bir korelasyon göstermesi, Mn'nin tipik olarak oksijenlenmiş taban suları altında depolanan karbonatlarda zenginleştiğini gösterir (Calvert ve Pedersen 1996). Ancak anoksik sularda Mn'nin indirgenmiş formları çözülebilir fazlar oluşturur ve taban sedimanlarında düşük konsantrasyonlarda görülür (Caplan ve Bustin 1998).

Karbonat ile ilişkili Mn disoksikliği ifade etmektedir ve özellikle bu durum anoksik sedimanları örten oksitlerce zengin ortamları gösterir (Calvert ve Pedersen 1996). Mn zenginleşmesi oksik su koşullarına işaret eder, Mn/Al ve Ca/Al ilişkisi Mn'nin karbonat fazında bulunur (Turgeon ve Brumsack, 2006). Bu bilgiler doğrultusunda AP ÖSK organik maddeli örneklerinin, Al ile normalize edilmiş Ca ve Mn oranları incelendiğinde bu elementlerin benzer trendlere sahip olduğu ve aralarında pozitif bir korelasyonun bulunduğu görülmektedir. Bu da ortamın oksik veya kısmen disoksik olduğunu göstermektedir (Şekil 4.20). Cd ve P arasında görülen zayıf korelasyon ile ortamın indirgen olduğu hususunda yapılan yorum Ca ve Mn ilişkisi sonucu ortamın oksik – disoksik olarak değerlendirilmesi ile desteklenmiştir.



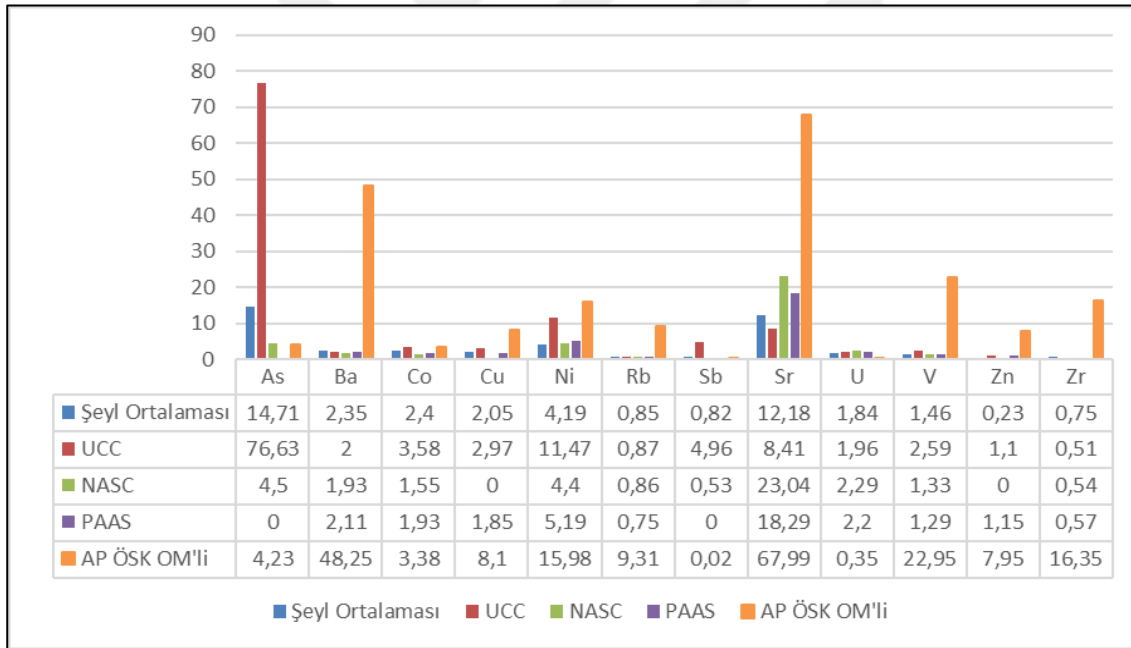
Şekil 4.20 AP ÖSK organik maddeli örneklerin Mn/Al - Ca/Al ilişkisi

AP ÖSK organik maddeli örneklerin ana oksitleri referans değerler sunan PAAS, NASC, UCC ve Şeyl Ortalaması ile karşılaştırıldığında genelde birbirlerine yakın değerler sergiledikleri görülmüştür. SiO₂ miktarı UCC, NASC ve PAAS'a göre az olsada Şeyl Ortalamasından fazladır. MgO ve CaO değerlerinin PAAS, NASC ve UCC'e kıyasla fazla olması Dodurga havzası bitümlü şeyl depolanma ortamının genelde karbonatça zengin olması ile örtüşmektedir. MnO değerinin sadece UCC'den az olması da bunu doğrulamaktadır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 AP ÖSK organik maddeli örneklerin ana oksit değerlerinin referans değerler ile kıyaslaması

AP ÖSK organik maddeli örneklerin iz element miktarları referans değerler sunan PAAS, NASC, UCC ve Şeyl Ortalaması ile karşılaştırıldığında Ba, Cu, Ni, Rb, Sr, V, Zn ve Zr iz elementlerinin miktarlarının referans değerlerden fazla olduğu belirlenmiştir. Bu elementler için zenginleşmeler söz konusu olup özellikle Ba, Sr, V ve Zr'nin yüksek oranlarda zenginleştiği görülmüştür. Co elementinin miktarı referans değerlerle hemen hemen aynıdır. As elementi NASC'ye yakın değerler sunmuştur. Sb'nin Şeyl ortalaması, UCC ve NASC'ye göre tüketildiği belirlenmiştir. U'nun miktarının ise tüm referans değerlerin altında kaldığı görülmüştür. Besin göstergesi olan Ba miktarının fazla olması nedeni ile TOC miktarının fazla olduğu buna bağlı olarak OM'de zenginleşen Cu, Ni, V ve Zn element miktarlarının fazla olması anlamlıdır. Ayrıca karbonat yapıcı Sr miktarının fazla olması CaO ve MgO'de ki zenginleşmelerle paralellik göstererek karbonatlı çökellerin yoğun olmasını doğrulamaktadır. (Şekil 4.22).

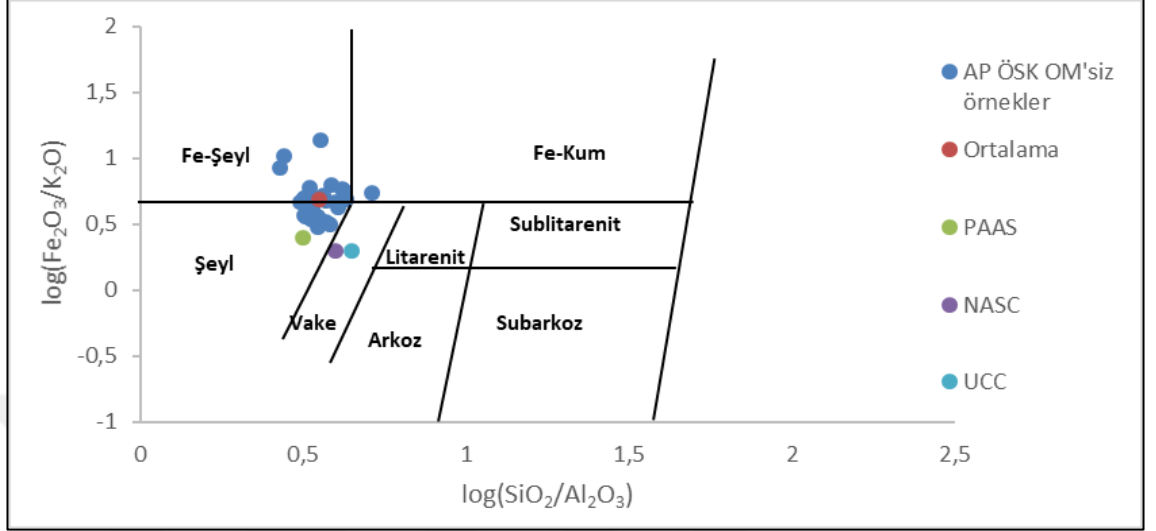


Şekil 4.22 AP ÖSK organik maddeli örneklerin iz element değerlerinin referans değerler ile kıyaslaması

4.2.2 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin jeokimyasal incelemeleri

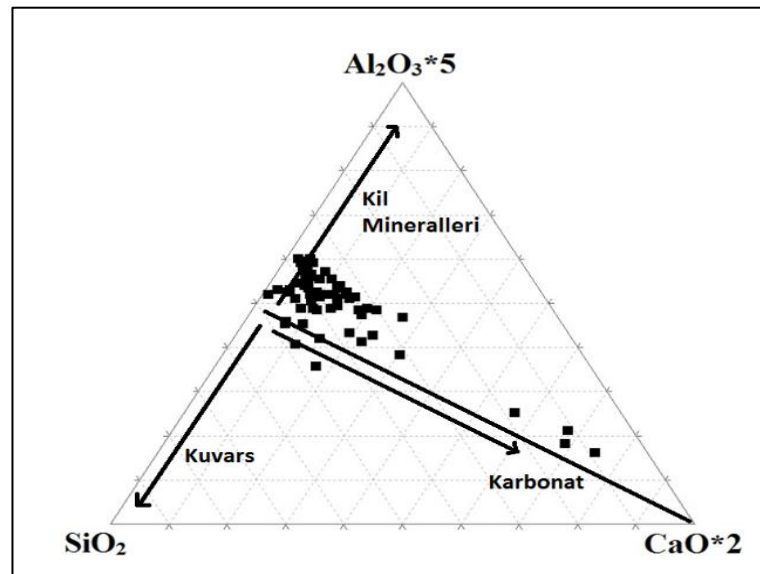
AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin kimyasal sınıflamasının yapılması için öncelikle Pettijohn vd. (1972) diyagramı kullanılmıştır. Buna göre AP ÖSK organik

madde içermeyen örneklerin çoğunlukla Fe - Şeyl ve Şeyl litolojisinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.23). Ortalama değerin Fe – Şeyl bölgesine denk geldiği görülmektedir.



Şekil 4.23 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Pettijohn vd. (1972) diyaqramı

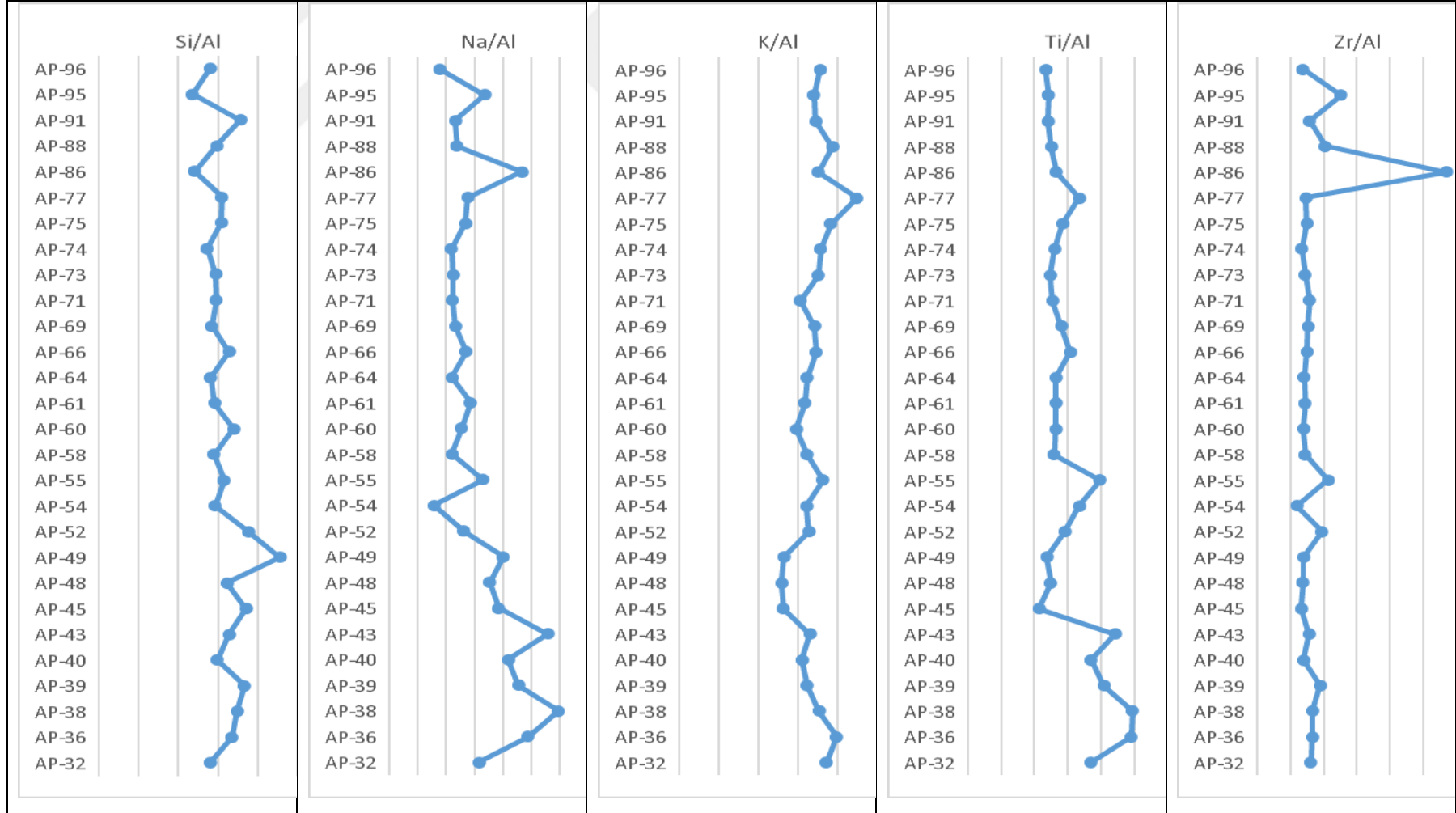
Brumsack (1989) diyaqramına göre AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin genel olarak kil (Al_2O_3) fraksiyonuna doğru bir yöneliminin olduğu ve çoğunlukla şeyl ya da kilaşı litolojisinde oldukları belirlenmiştir. Bazı örneklerin ise karbonat fraksiyonuna yakın olduğu görülmüştür (Brumsack 1989, Şekil 4.24).



Şekil 4.24 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Brumsack (1989) diyaqramı

Detritik girdi incelemesi için killerin yapısında bulunan başlıca elementlerden Si, Na, K ve Ti ile Zr elementi kullanılmıştır. Bu elementlerin tabandan tavana değişimleri, birbirleri ile olan ilişkileri ve bu elementlerin kaynaklarının belirlenmesi için değerlendirilmiştir (Şekil 4.25).

Genel olarak bu elementlerin benzer trendler sergilediği belirlenmiştir. Kesitin taban ve orta seviyelerinde genel olarak fazla bulunmaları bu seviyelerin killerce baskın olduğunu göstermektedir. Bazı seviyelerde miktarlarının azalması çökelme ortamının enerjisinin dönem dönem değiştiğini göstermektedir. Si'nin AP-39, AP-45, AP-49, AP-91, AP-95 ve AP-96 numaralı örneklerde detritik girdi göstergesi olan diğer elementler ile farklı trendler göstermesi bu örneklerin içeriğindeki Si'nin biyogenik kökenli olabileceğini göstermektedir. Bu kapsamda Si'nin, anılan örneklerde detritik değil otijenik kaynaklı olabilmesi mümkündür. Si'nin diğer örneklerde karşılaştırılan elementler ile benzer trendler göstermesi kökeninin detritik olduğunu göstermektedir.

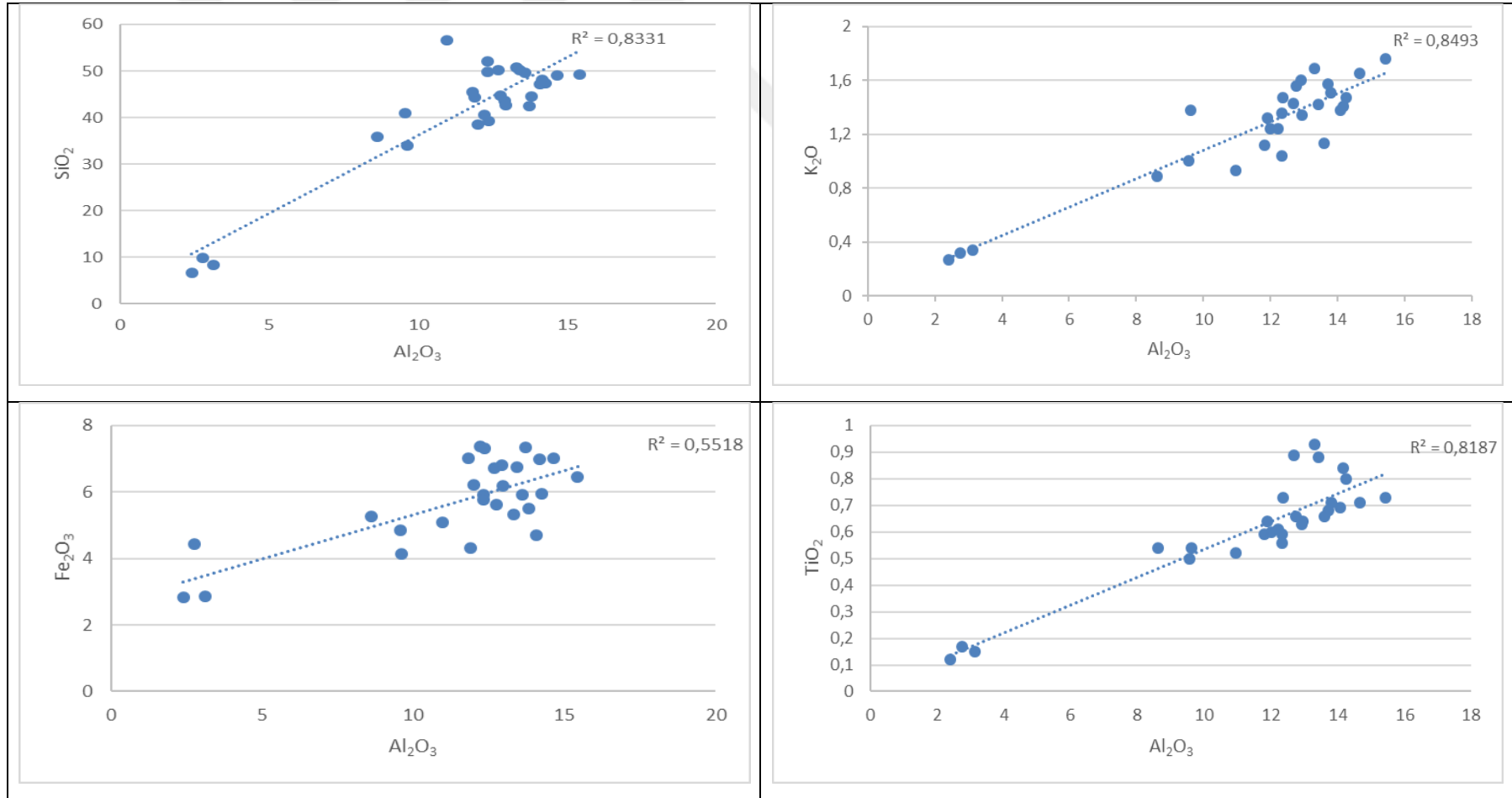


Şekil 4.25 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin detritik girdi incelemesi

AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin TiO_2 , Fe_2O_3 , K_2O ve SiO_2 ana oksitlerinin Al_2O_3 'e karşı değişimleri değerlendirilmiştir. TiO_2 , K_2O ve SiO_2 'nin Al_2O_3 ile güçlü pozitif korelasyon, Fe_2O_3 'ün ise Al_2O_3 ile pozitif korelasyonu belirlenmiştir. Görülen pozitif korelasyonlar bu ana oksitlerin detritik kökenli olduğunu göstermektedir (Şekil 4.26).

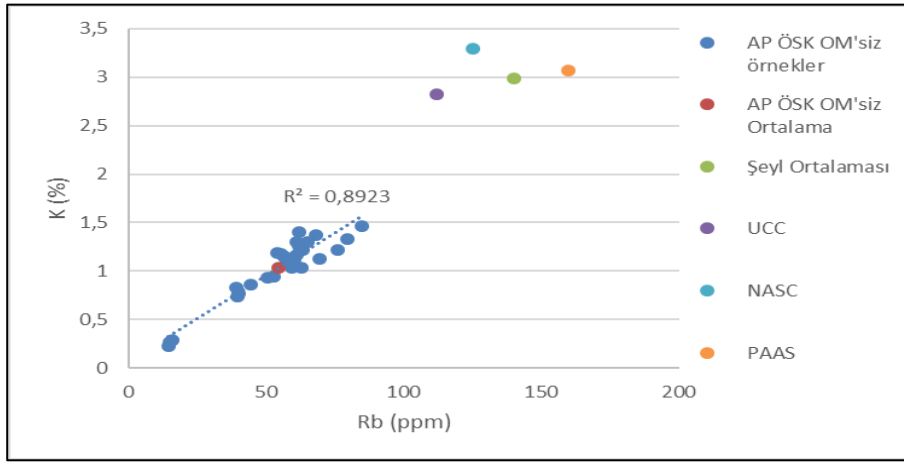
SiO_2 'nin şekil 4.25'e göre bazı örneklerde biyojenik kaynaklı olabileceği belirtilmiştir. Ancak SiO_2 ile Al_2O_3 arasında görülen güçlü pozitif korelasyon anılan örneklerdeki Si'nin kaynağının en azından örneklerin tamamı için biyojenik olamayacağını göstermiştir.





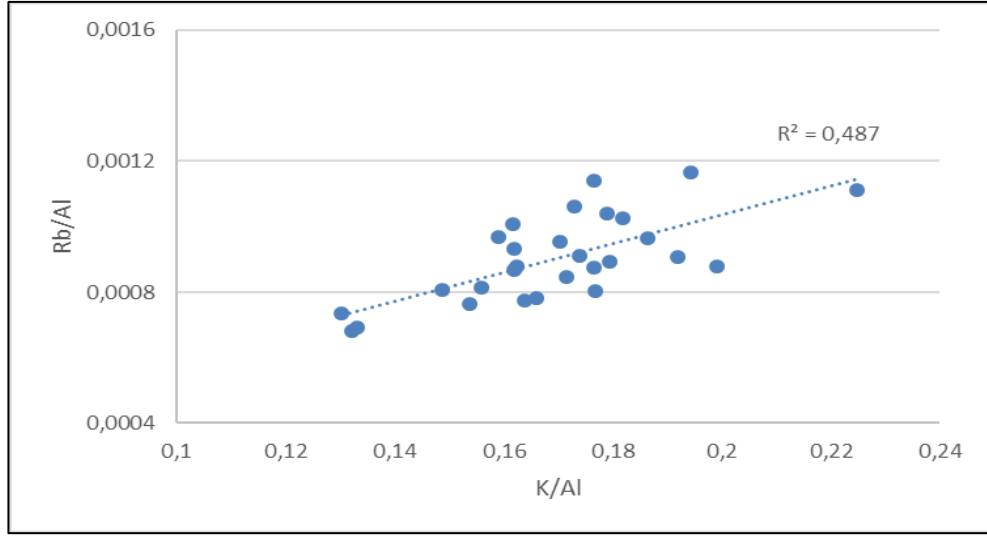
Şekil 4.26 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin SiO_2 , K_2O , Fe_2O_3 ve TiO_2 miktarlarının Al_2O_3 ile ilişkisi

AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin K ve Rb değerleri grafik üzerinde karşılaştırılmıştır. K ve Rb elementlerinin birbirleri ile güçlü pozitif korelasyon gösterdiği belirlenmiş olup örneklerin ortalama değerinin referans değerler sunan PAAS, NASC, UCC ve Şeyl Ortalamalarının altında olduğu tespit edilmiştir. Bu da örneklerdeki K ve Rb tüketilmesini ifade etmektedir. Rb'un aynı zamanda killere üzerine tercihlili değişimi ve adsorbsiyonuna bağlı K biriktiren minerallerde yer alması da, K ile çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermesini desteklemektedir (Şekil 4.27). AP ÖSK örneklerinin tamamının K - Rb değerleri pozitif korelasyon göstermektedir.



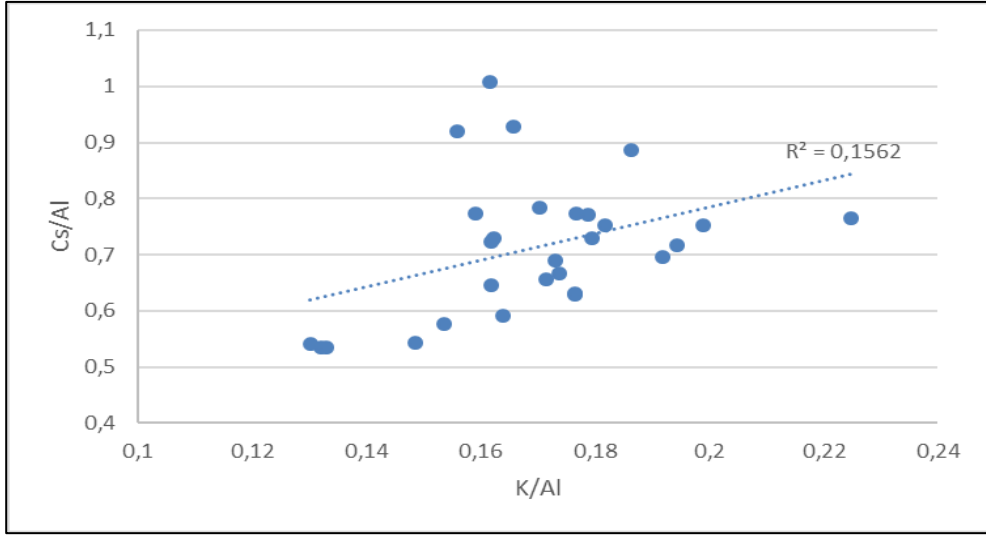
Şekil 4.27 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin K (%) – Rb (ppm) ilişkisi

Rb/Al – K/Al arasında kuvvetli pozitif bir ilişkinin olması detritik kökeni işaret etmektedir (Bauluz vd. 2000). Bu bulgu AP ÖSK organik madde içermeyen örnekler için değerlendirildiğinde Rb/Al - K/Al değerleri arasında zayıf pozitif bir korelasyonun olduğu bu elementlerin detritik kökenli olduğunu göstermektedir (Şekil 4.28).



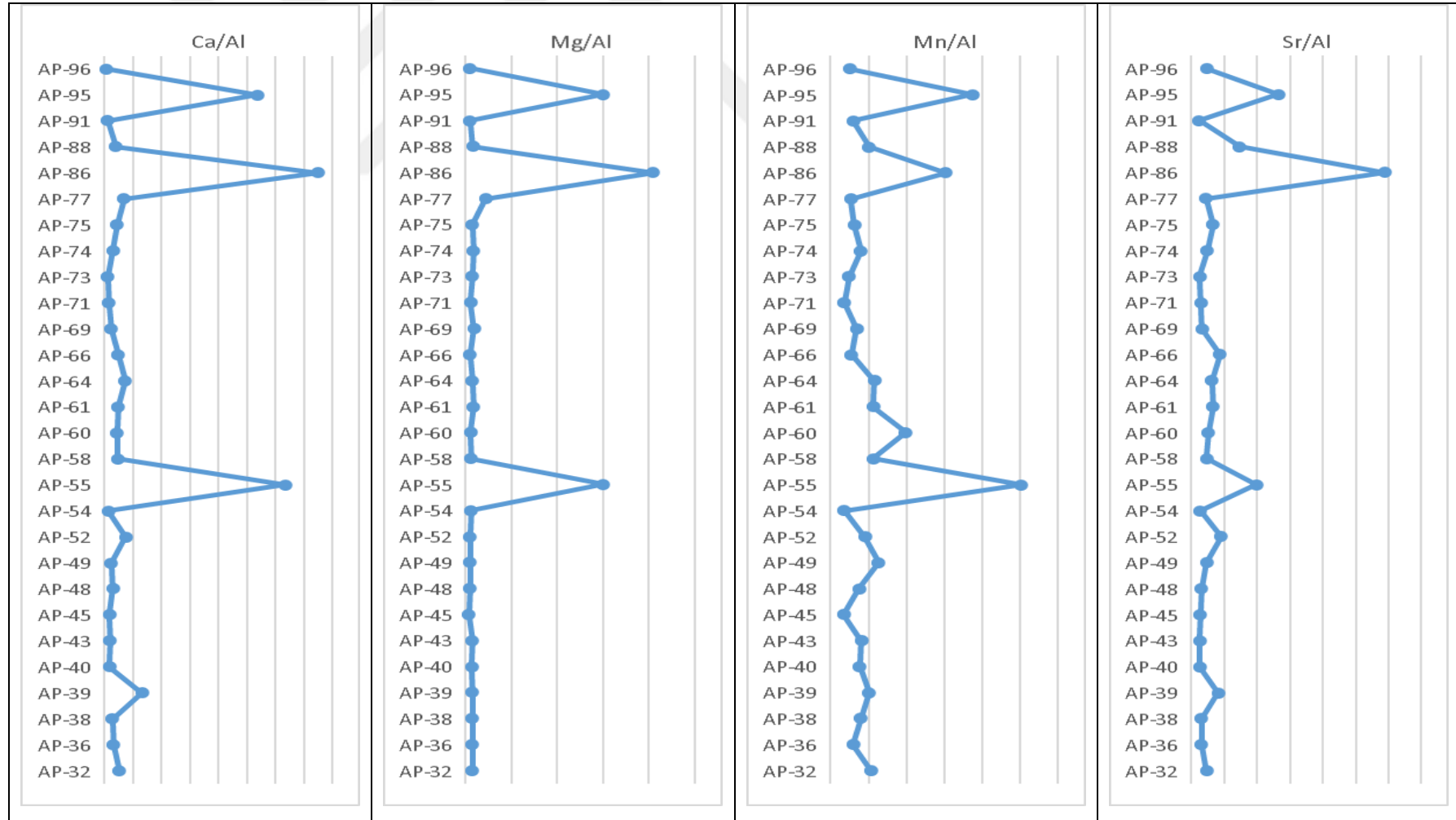
Şekil 4.28 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Rb/Al – K/Al ilişkisi

Plank ve Langmuir (1998) Rb ve Cs elementlerinin denizel sedimanlarda birikimini detritik faza bağlamaktadır. Şekil 4.29'daki Cs/Al ve K/Al arasındaki korelasyon grafiği incelendiğinde üst grupta yer alan üç adet örneğin ayrı bir grup, diğer örneklerinde farklı bir grup oluşturdukları görülmektedir. Alttaki gruptaki örneklerin aslında Cs/Al ve K/Al oranları arasında kuvvetli bir pozitif korelasyon ilişkisi olduğu görülmektedir. Bu kapsamda bu elementler arasında pozitif bir korelasyonun bulunması bu elementlerin detritik olduğunu göstermektedir. AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin içeriğindeki Cs'nin K ile zayıf korelasyon sergilemesi bu elementlerin farklı bir kökene sahip olabileceklerini ve Cs'nin detritik kökenli olamayacağını göstermiştir (Şekil 4.29).



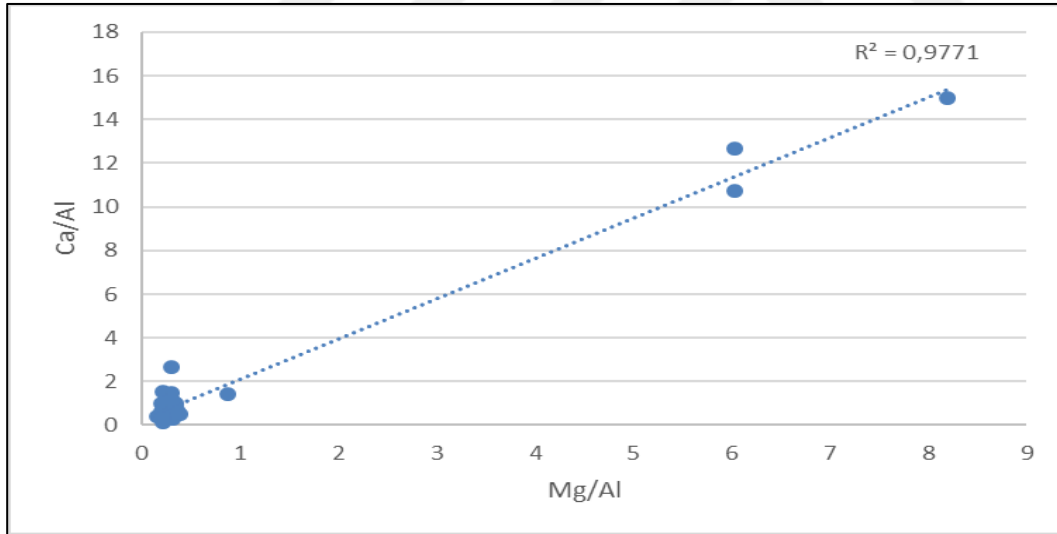
Şekil 4.29 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Cs/Al – K/Al ilişkisi

AP ÖSK organik madde içermeyen örnekler için karbonat yapıcı elementler olan Ca, Mg, Mn ve Sr elementlerinin birbirleriyle ilişkisi ve kesitin taban seviyesinden tavan seviyesine kadar değişimleri incelenmiştir (Şekil 4.30). Karbonat yapıcı elementlerin genelde birbirleri ile benzer trendler sergilediği görülmüştür. Bu da Ca, Mg, Mn ve Sr elementlerinin otijenik kaynaklı olduğunu göstermiştir. AP-86 ve AP-95 numaralı örneklerin depolandığı tavan seviyesinde bu elementlerin yoğunlaşması karbonat minerallerinin bu seviyelerde baskın olduğunu göstermektedir.



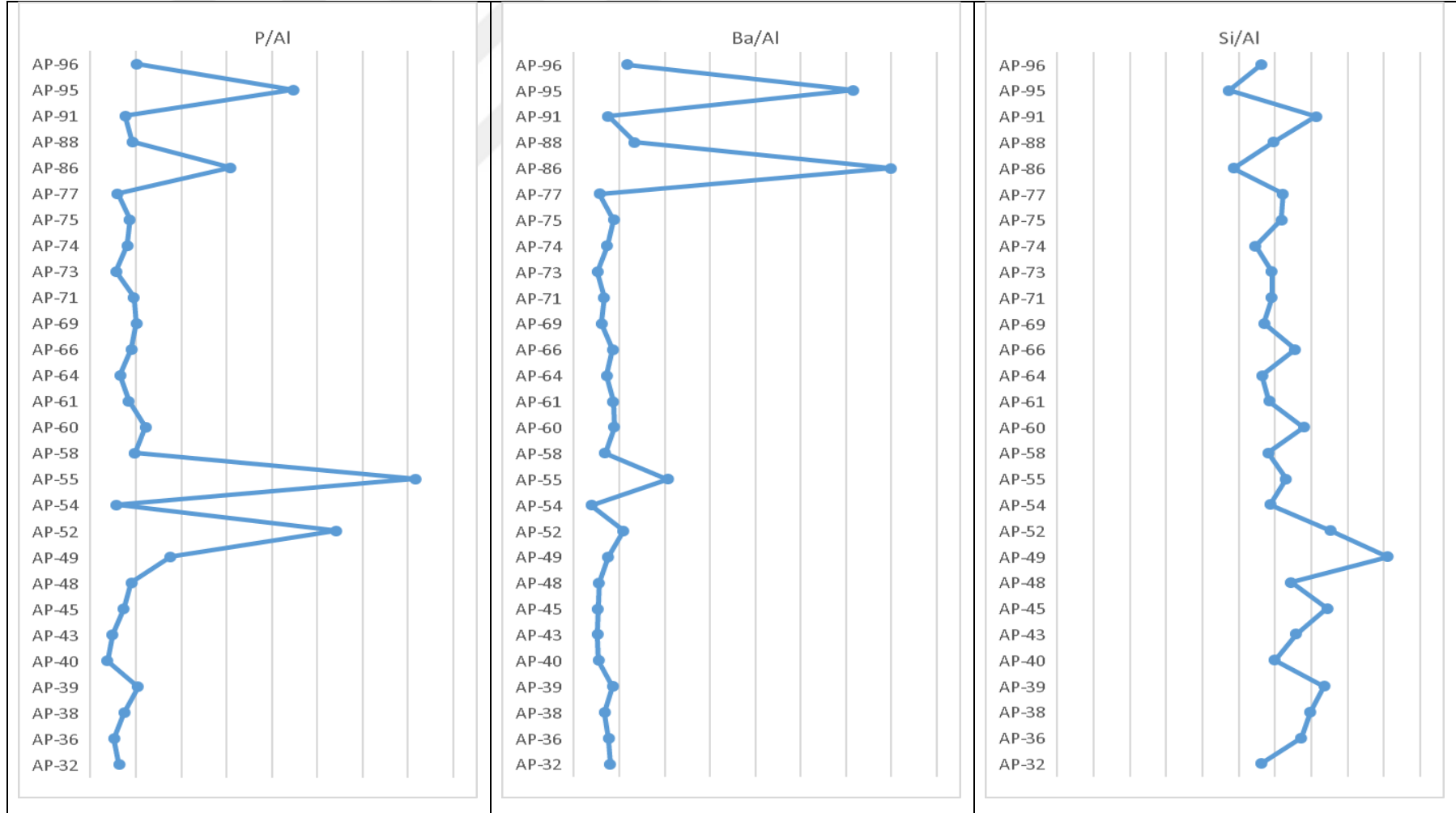
Şekil 4.30 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin karbonat yapıcı element incelemesi

Mg konsantrasyonu zenginliği dolomit veya kil mineralojisine bağlanabilir (Krauskopf 1955). Bu kapsamda yapılan incelemede AP ÖSK'nın hem organik maddeli hem de organik madde içermeyen örneklerinde Ca/Al ile Mg/Al değerlerinin karşılaştırılmasından Ca ile Mg arasında pozitif güçlü bir korelasyonun varlığı belirlenmiştir (Şekil 4.31). Bu durum örneklerin büyük bir çoğunluğundaki Mg zenginleşmesinin dolomit kökenli olduğunu Mg'nin dolomit olarak zenginleştiğini ve detritik değil otijenik olarak çökeldiğini göstermiştir. Şekil 4.31' de sağ üstte görülen üç örnek Ca ile Mg arasında görülen çok güçlü pozitif korelasyonun kaynağı gibi görülmektedir. Ancak bu örnekler ihmal edilse dahi bu iki element arasında yine güçlü bir korelasyonun var olacağı düşünülmekte olup Şekil 4.30'daki durum bu yorumu güçlendirmektedir. Ancak AP-39, AP-52 ve AP-64 numaralı örneklerin Mg trendleri diğer karbonat yapıcı elementlerden farklı hareket ettiğinden bu örneklerdeki Mg'un kil kökenli olduğu ve detritik olduğu söylenebilir. Diğer örneklerin ise otijenik olduğu yorumu yapılabilir.



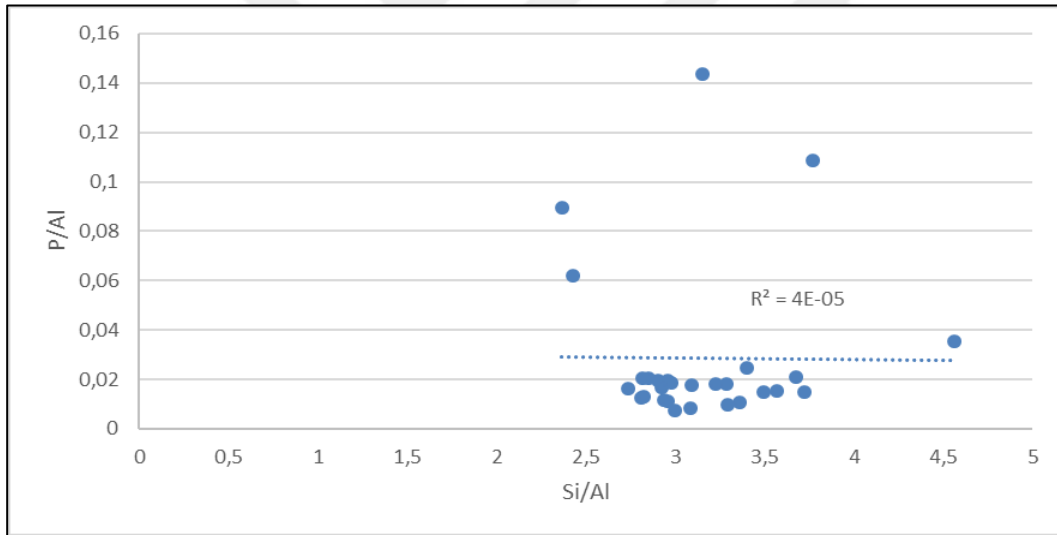
Şekil 4.31 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Ca/Al - Mg/Al ilişkisi

AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin P ve Ba miktarlarının değişimleri ÖSK'nın taban seviyesinden tavan seviyesine kadar incelenmiştir. Ayrıca bu elementlerin Si ile ilişkisi şekil 4.32'de incelenmiştir. P ve Ba elementlerinin benzer trendler sergilediği görülmüştür. Besin girdisi göstergesi olan P ve Ba miktarlarının zaman zaman oldukça yüksek zenginleşmeler gösterdiği görülmüştür.



Şekil 4.32 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin besin girdisi ve üretkenlik incelemesi

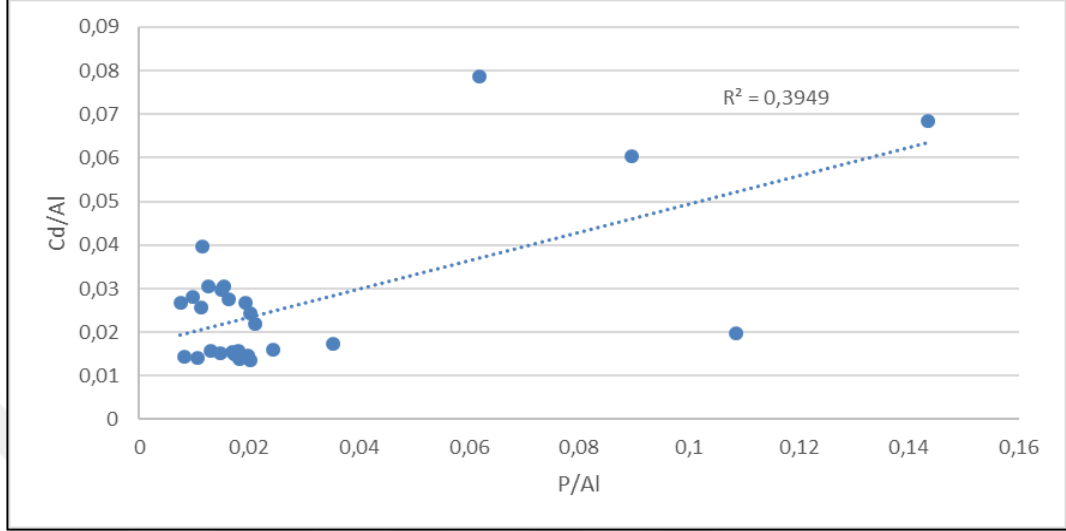
Si/Al oranı Si miktarı fazla olan alüminosilikatlar içindeki bağlı olan Si yansıtır. Bu nedenle, Si/Al oranı, eoliyen girişinden dolayı kuvarsın artışı gösterebilir (Pye ve Krinsley 1986; Werne vd. 2002) veya biyojenik silika girdisinin artışı da yansıtabilir ve böylece üretkenlik/verimlilik sinyali olarak davranır (Davis vd. 1999). Buna göre silisin iki kaynağı bulunmaktadır. Killerin yapısına giren temel elementlerle benzer trendler gösteren seviyelerde Si detritik iken, farklılık gösterdiği seviyelerde biyojeniktir. AP-39, AP-40, AP-43, AP-45, AP-49, AP-66, AP-71 ve AP-75 numaralı örnekler şekil 4.32’de benzer trendler sergilemiş olduğundan bu örneklerdeki Si’nin biyojenik olduğu düşünülebilir. Ancak şekil 4.33’de P ve Si arasında korelasyonun bulunmadığı görüldüğünden yukarıda sayılan örneklerin tamamının bünyesinde bulunan Si’nin biyojenik kaynaklı olamayacağı söylenebilir. Ayrıca şekil 4.25 ve şekil 4.26’ya göre yapılan yorumlar bu durumu destekler niteliktedir.



Şekil 4.33 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin P/Al - Si/Al ilişkisi

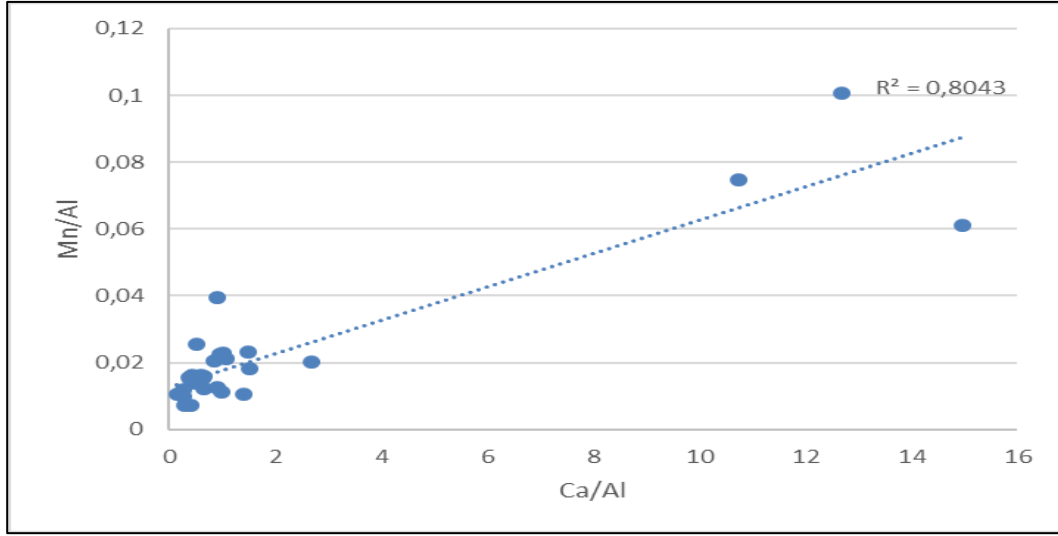
Cd’yi konsantre edebilen P birikimli apatit varlığı ve nadir görülen yüksek Cd içeriği tabandaki hakim olan indirgen koşullara bağlanabilir. Çeşitli araştırmalarda Cd, fosforit depolarında sık sık tekrarlanan Cd zenginleşmesi ile tutarlı, hidroksiapatit yüzeyinin yüksek benzerliklerinin altı çizilmiştir (Middleburg ve Comans 1991). Cd hidroksiapatit üzerine adsorblanır çünkü çeşitli bileşiklerde Ca yerine geçtiği bilindiği için ve Cd-apatitler Ca-apatitler ile eşyapısaldır. Bu kapsamda. AP ÖSK organik madde içermeyen

örneklerin Al ile normalize edilmiş Cd ve P ilişkisi şekil 4.34’de incelenmiştir. Cd ve P arasında görülen zayıf korelasyon ortamın indirgen olmadığını göstermiştir.



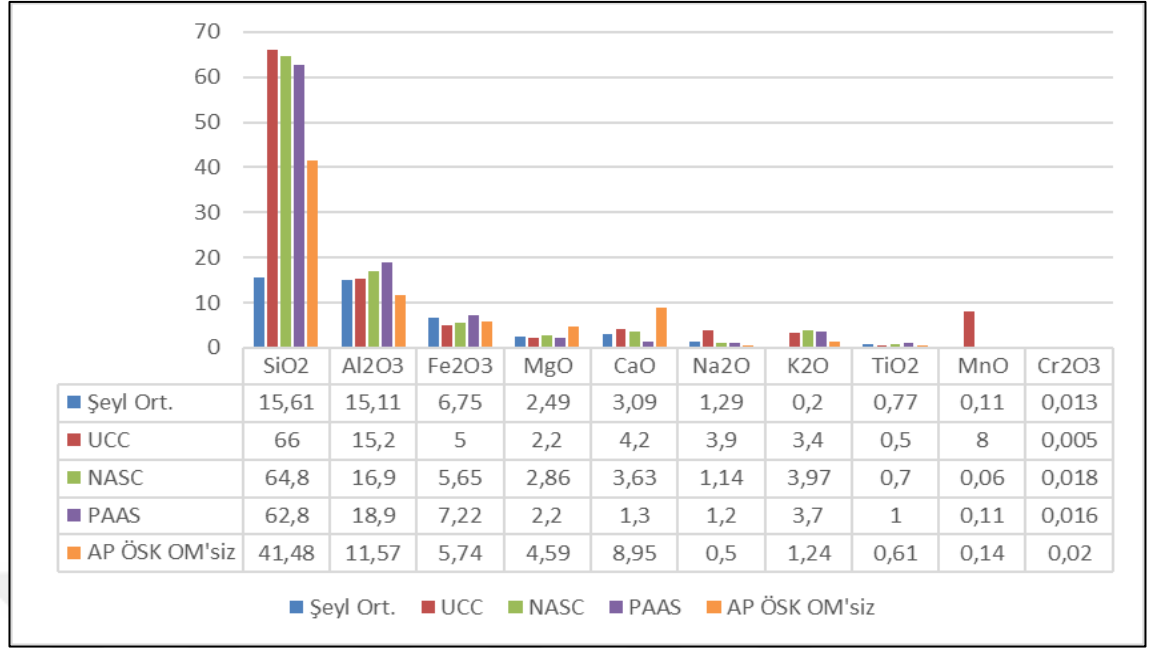
Şekil 4.34 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Cd/Al - P/Al ilişkisi

Calvert ve Pedersen (1996), Mn/Al oranının yüksek olmasının ve Mn’nin Ca ile pozitif bir korelasyon göstermesinin, Mn’nin tipik olarak oksijenlenmiş taban suları altında depolanan karbonatlarda zenginleştiğinin sonucu olduğunu ifade etmiştir. Bu kapsamda yapılan incelemede AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin, Al ile normalize edilmiş Ca ve Mn oranlarının kuvvetli pozitif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Bu da ortamın oksik olduğunun belirticidir (Şekil 4.35). Ancak, şekil 4.35’in sağ üst bölümündeki üç örneğin ihmal edilmesi durumunda kuvvetli korelasyonun görülemeyeceği düşünülmektedir. Sonuç olarak şekil 4.34 ve şekil 4.35 dikkate alındığında ortamın disoksik olduğu söylenebilir.



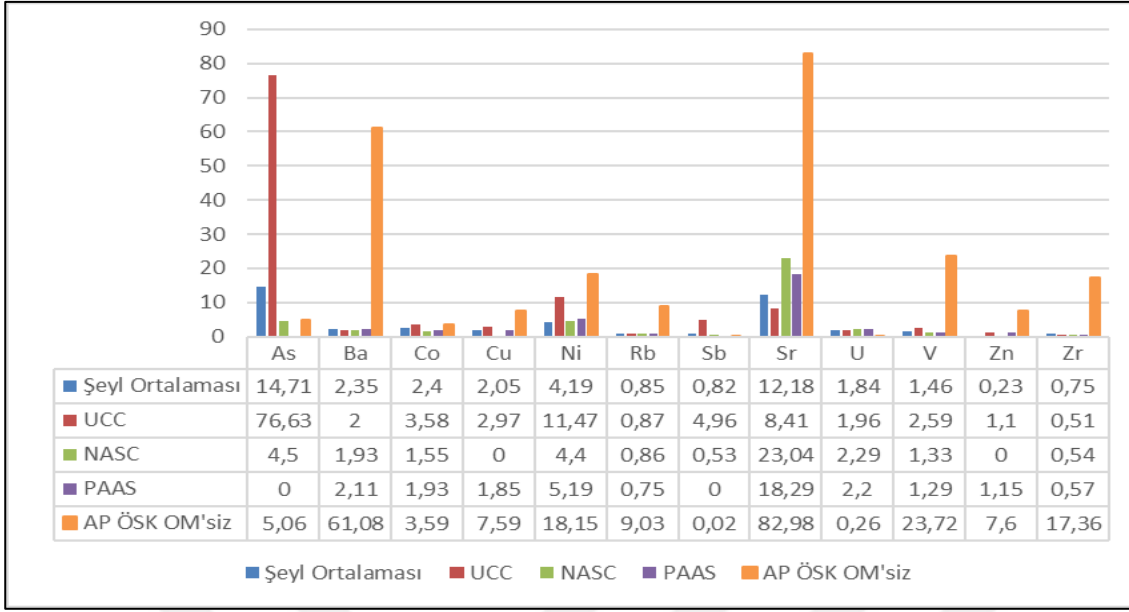
Şekil 4.35 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Mn/Al - Ca/Al incelemesi

AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin ana oksitleri referans değerler sunan PAAS, NASC, UCC ve Şeyl Ortalaması ile karşılaştırılmıştır. MgO, CaO ve Cr₂O₃ ana oksit miktarlarının referans değerlerden fazla olduğu ve bu ana oksitlerin zenginleştiği söylenebilmektedir. SiO₂ ve K₂O değerlerinin Şeyl ortalamasından fazla olduğu ancak UCC, NASC ve PAAS değerlerinden az olduğu görülmüştür. Al₂O₃ ve Na₂O değerlerinin tüm referans değerlerin altında kaldığı belirlenmiş olup bu ana oksitler için tüketilme söz konusudur. TiO₂'nin referans değerlere yakın değerler sunduğu görülmüştür. MnO'nun UCC'nin altında, Şeyl ortalaması, NASC ve PAAS'ın üzerinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin ana oksit değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması

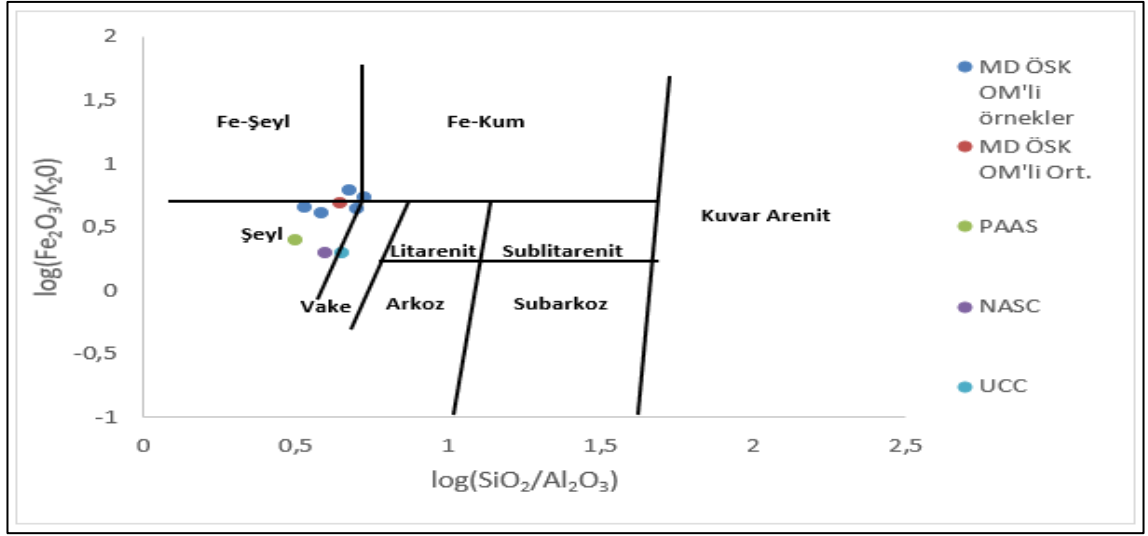
AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin iz element değerlerinin referans değerler sunan PAAS, NASC, UCC ve Şeyl Ortalaması ile karşılaştırılması sonucunda Ba, Co, Cu, Ni, Rb, Sr, V, Zn ve Zr iz element değerlerinin referans değerlerden fazla olduğu görülmüştür. Bu durum söz konusu iz elementlerin zenginleştiğini göstermektedir. Özellikle Ba, Sr, V ve Zr'nin zenginleşme miktarları referans değerlere oranla oldukça fazladır. Karbonat minerallerinin fazla olması Sr'nin fazla olması ile paralellik göstermektedir. OM'de zenginleşen Cu, Ni, Zn ve V miktarlarının fazla olmasında OM miktarının fazla olması etkilidir. As'nin Şeyl ortalaması ve UCC'ye oranla düşük, NASC ve PAAS'a oranla yüksek bir değer sunduğu belirlenmiştir. Sb iz elementi sadece PAAS'a oranla fazla olup diğer referans değerlerden düşük bir değere sahiptir. Uranyum miktarı ise tüm referans değerlerden az olup bu elementte tüketilme söz konusudur (Şekil 4.37).



Şekil 4.37 AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin iz element değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması

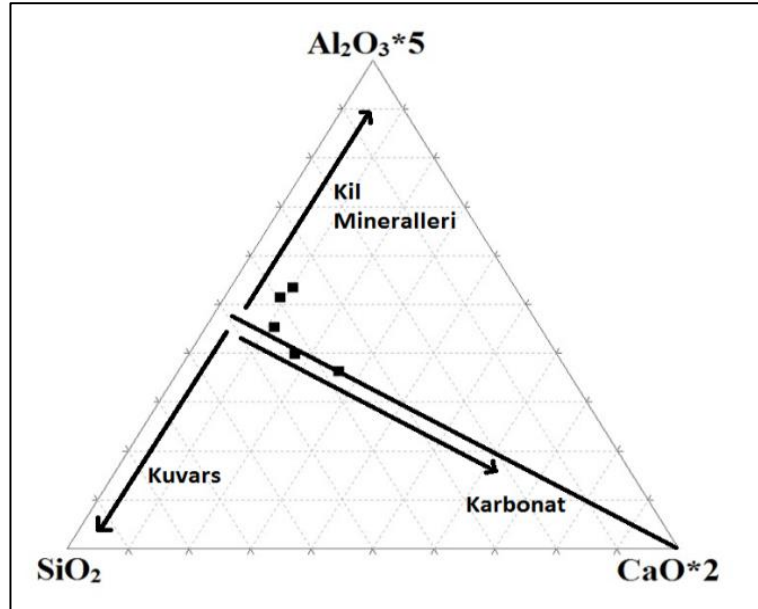
4.2.3 MD ÖSK organik maddeli örneklerin jeokimyasal incelemeleri

MD ÖSK organik madde içeren örneklerin ana oksit değerleri Pettijohn vd. (1972) diyagramına göre incelendiğinde örneklerin Fe - Şeyl, Şeyl bölgelerine denk geldiği ortalamalarının ise Fe-Şeyl ve Şeyl bölgelerinin arasına denk geldiği görülmüştür (Şekil 4.38).



Şekil 4.38 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Pettijohn vd. (1972) diyagramı

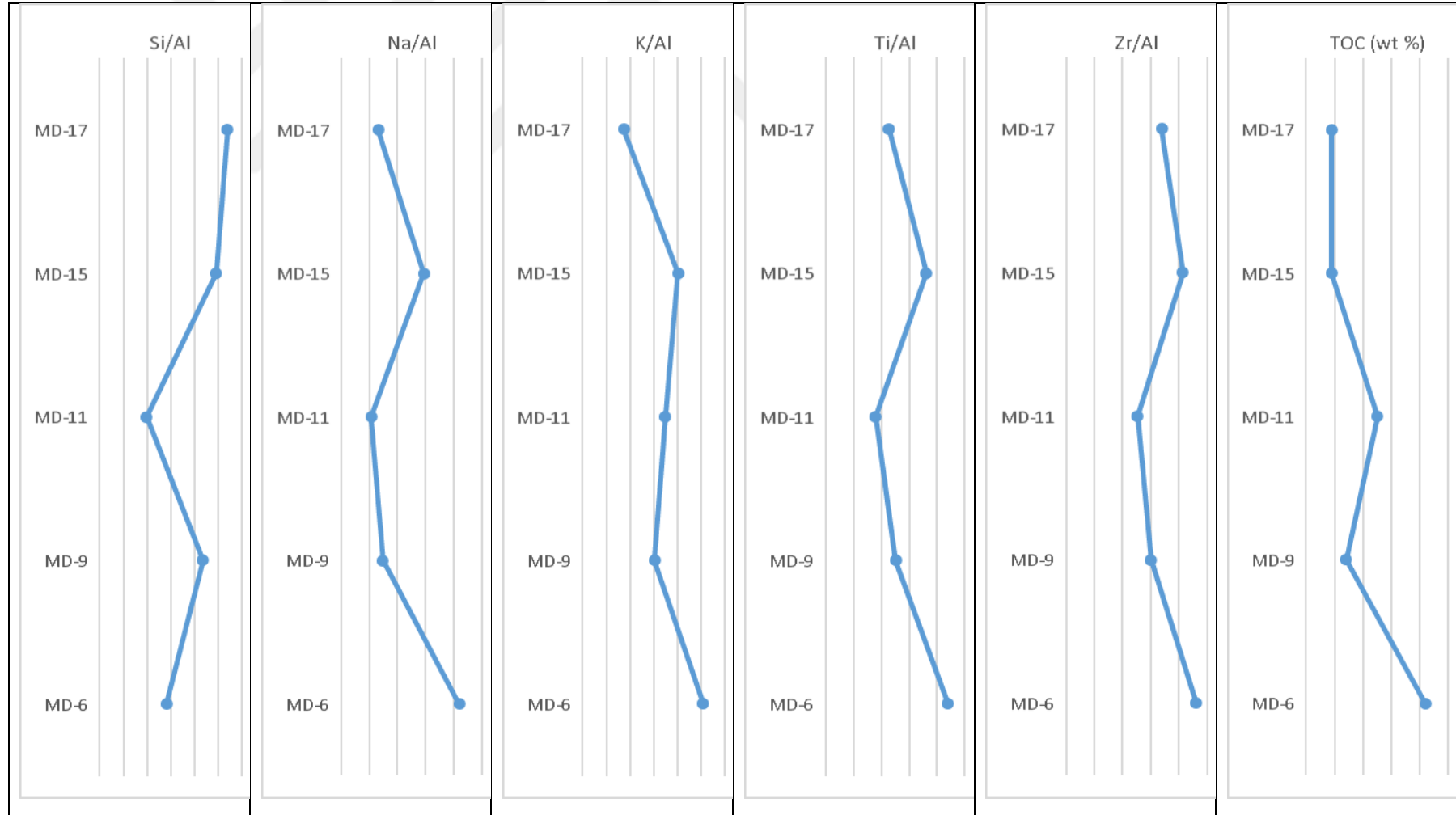
MD ÖSK organik maddeli örneklerin litolojilerinin tespitine yönelik olarak AP ÖSK örneklerinde olduğu gibi SiO_2 - Al_2O_3 - CaO üçgen diyagramından yararlanılmıştır. İlgili ana oksit değerlerinin diyagrama işlenmesi ile örneklerin, kil (Al_2O_3) fraksiyonuna doğru bir yöneliminin olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.39).



Şekil 4.39 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Brumsack (1989) diyagramı

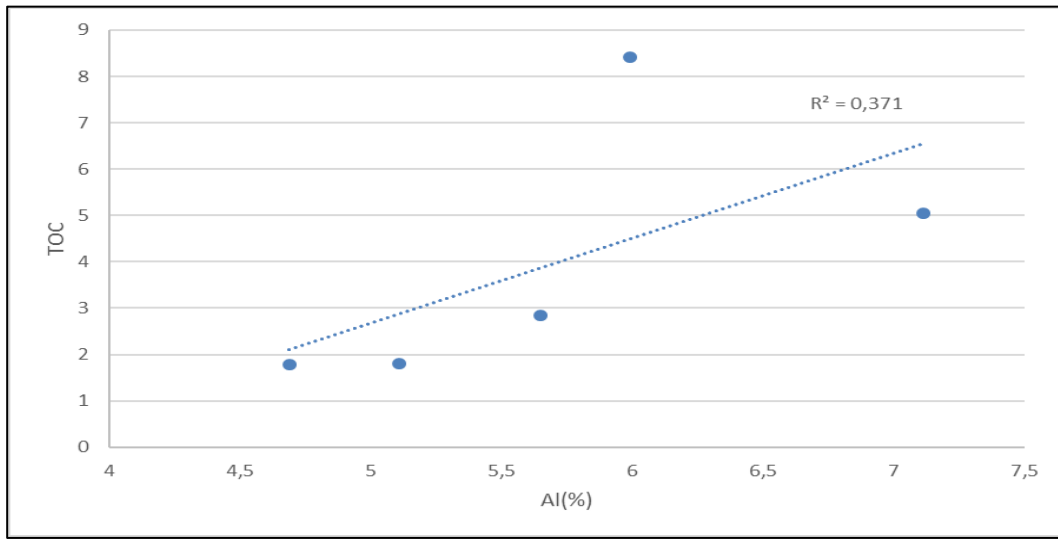
MD ÖSK organik maddeli örneklerin detritik girdi incelemeleri için belirleyici olarak Si, Na, K, Ti ve Zr kullanılmıştır. Bu elementlerin birbirleri ve TOC ile olan ilişkileri ve bu elementlerin miktarının tabandan tavana değişimi ile de bir kıyaslamaya gidilmiş ve detritik girdi ile organik madde arasındaki ilişki incelenmiştir (Şekil 4.40). Genel olarak detritik girdi belirleyicisi olan elementlerin benzer trendler gösterdiği görülmüştür. Detritik elementlerin TOC ile ilişkisi incelendiğinde aralarında anlamlı bir ilişkinin varlığı görülememiştir.





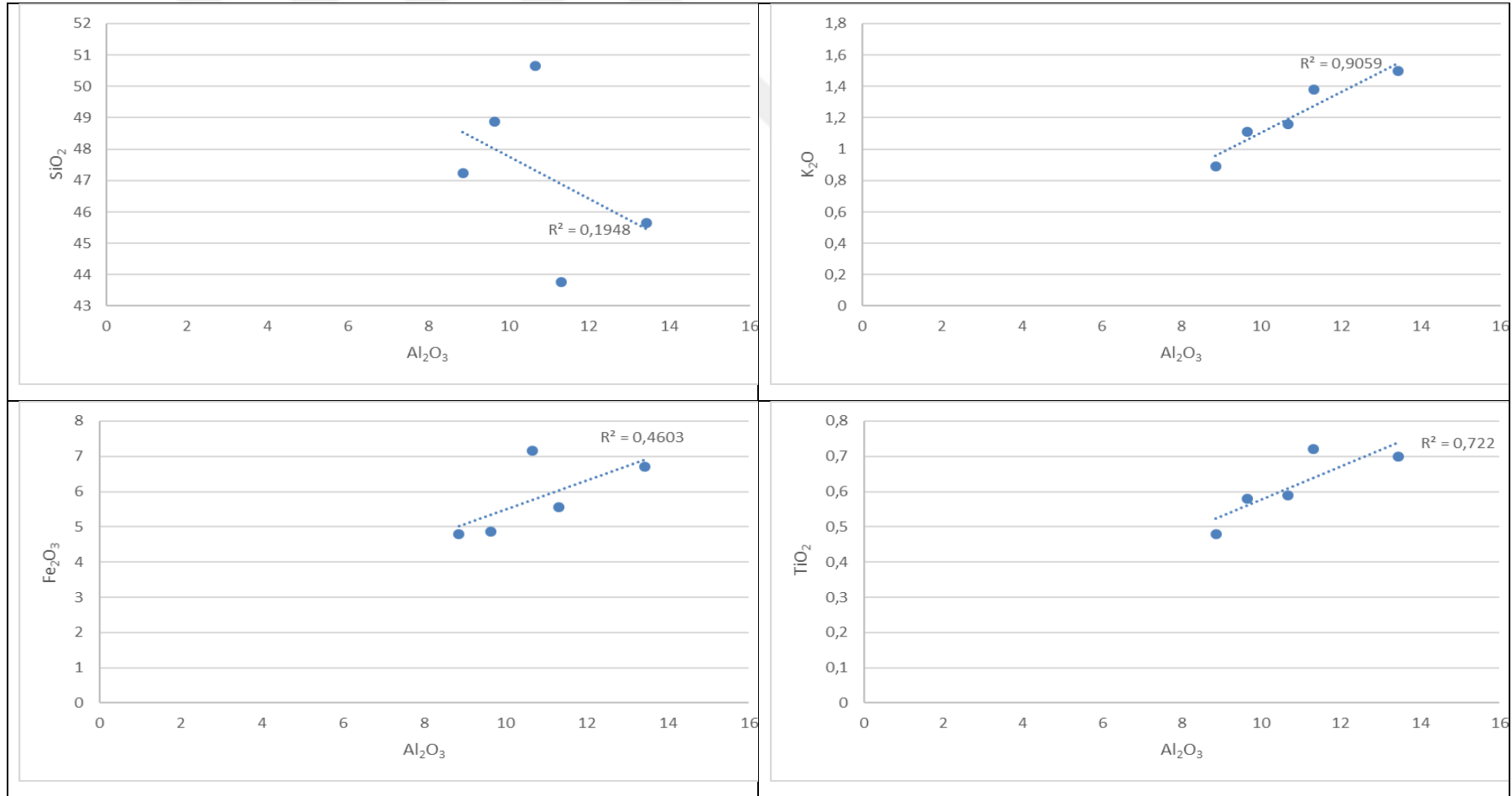
Şekil 4.40 MD ÖSK organik maddeli örneklerin detritik girdi TOC ilişkisi

MD ÖSK organik maddeli örneklerin TOC ile Al ilişkisi incelendiğinde zayıf, pozitif bir korelasyon görülmüştür. Şekil 4.40'da detritik girdi belirleyicisi olan elementlerle TOC arasında anlamlı bir ilişkinin görülmemesi bu korelasyon sonucunu doğrular niteliktedir. Killer OM'yi tutan araçlar olduklarından kil göstergesi olan Al ile TOC arasında güçlü, pozitif korelasyon görülmesi beklenmektedir. Ancak, şekil 4.41 bu beklentiyi karşılayamamıştır. Organik madde içeriği yüksek örnek sayısının yetersiz olması detaylı bir değerlendirme yapılmasını mümkün kılmamıştır. Bu durumun, Al ile TOC arasındaki zayıf korelasyonun nedeni olabileceği düşünülmektedir.



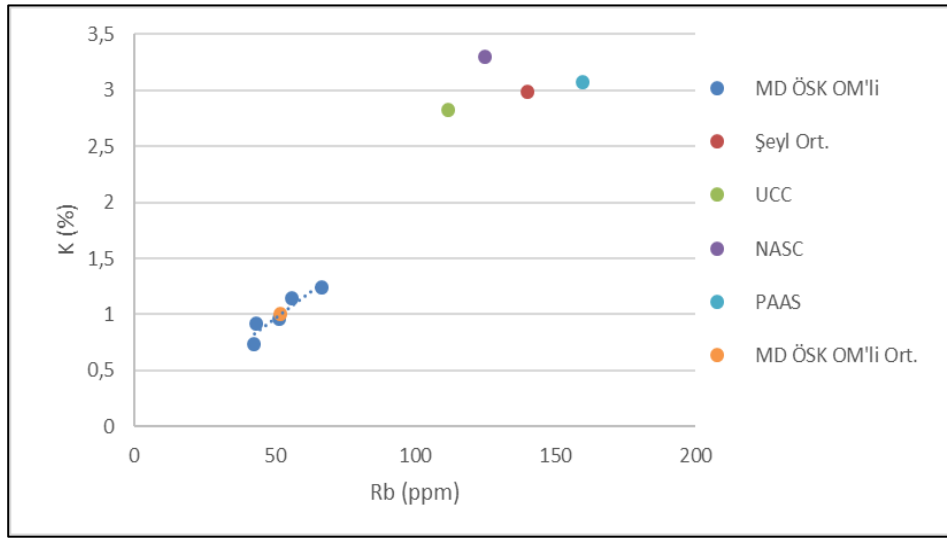
Şekil 4.41 MD ÖSK organik maddeli örneklerin TOC – Al (%) ilişkisi

MD ÖSK organik maddeli örneklerin Fe_2O_3 , K_2O , TiO_2 , ve SiO_2 miktarlarının Al_2O_3 miktarı ile ilişkisi şekil 4.42'de incelenmiştir. Fe_2O_3 , K_2O ve TiO_2 'nin Al_2O_3 ile pozitif korelasyon gösterdiği belirlenmiş olup kökenlerinin aynı ve detritik olduğu belirlenmiştir. SiO_2 'nin ise Al_2O_3 ile negatif korelasyon yapması bu Si'nin kaynağının farklı olduğunun göstergesidir. Si elementinin kaynağı detritik olursa killerin yapısına girer ancak biyojenik silika ise ortamda çökelen fosillerin kavkılarında kaynaklanmış olabilir. Şekil 4.49'daki SiO_2 ile Al_2O_3 arasındaki negatif korelasyon böyle bir duruma işaret etmekte olup Si'nin kökeninin biyojenik olduğunu gösterir.



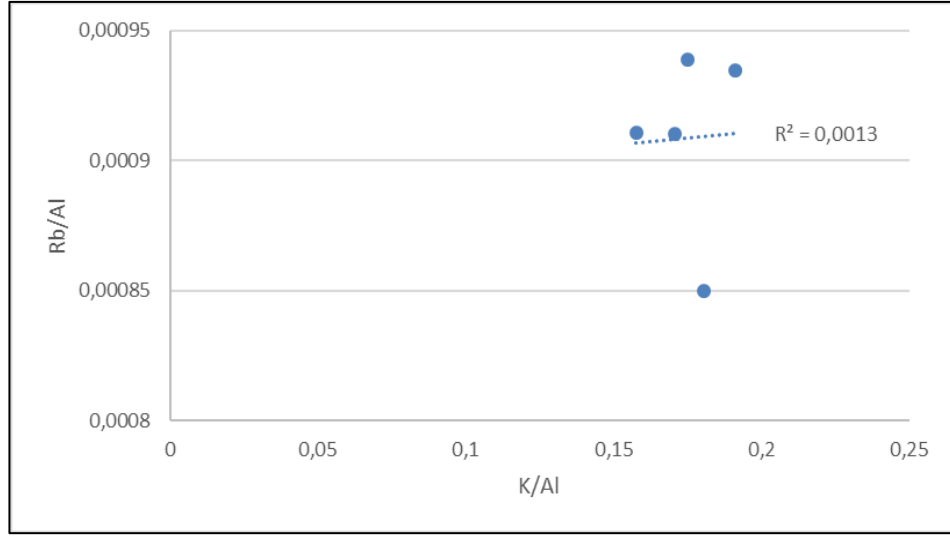
Şekil 4.42 MD ÖSK organik maddeli örneklerin SiO_2 , K_2O , Fe_2O_3 ve TiO_2 miktarlarının Al_2O_3 ile ilişkisi

MD ÖSK organik maddeli örneklerin K ve Rb değerleri korelasyon grafiği üzerinde karşılaştırılmıştır (Şekil 4.43). K ve Rb elementleri birbirleri ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir. Ancak K ve Rb değerlerinin gösterdiği bölge referans değerler olan PAAS, NASC, UCC ve Şeyl ortalamalarının altına düşmektedir. Bu da örneklerdeki K ve Rb tüketilmesini göstermektedir. Rb'nin aynı zamanda killer üzerine tercihi değişimi ve adsorbsiyonuna bağlı K biriktiren minerallerde yer alması da, K ile çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermesini desteklemektedir.



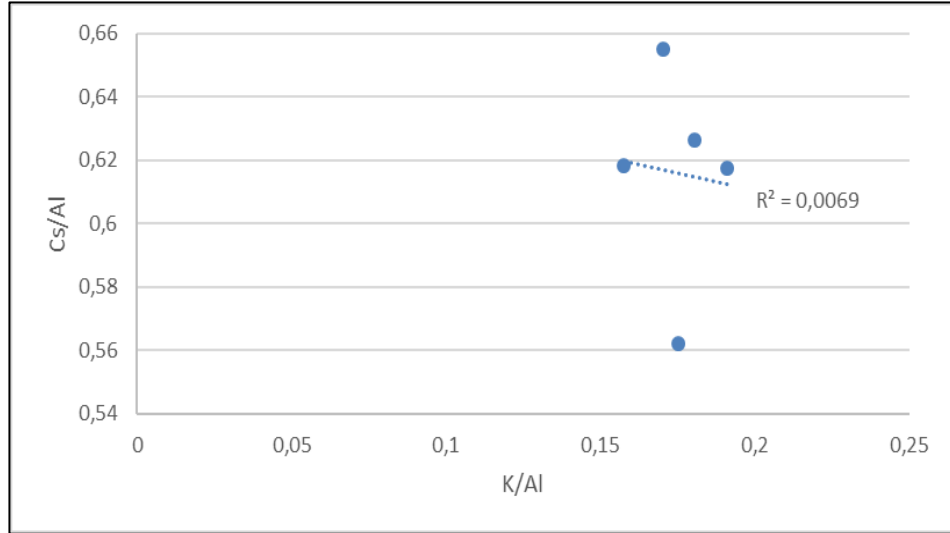
Şekil 4.43 MD ÖSK organik maddeli örneklerin K (%) – Rb (ppm) ilişkisi

Rb/Al – K/Al arasında kuvvetli pozitif bir ilişkinin olması detritik kökeni işaret etmektedir (Bauluz vd. 2000). Bu kapsamda MD ÖSK organik maddeli örneklerin Rb/Al - K/Al değerleri incelendiğinde Rb ve K arasında zayıf bir korelasyonun bulunduğu ve detritik kökenli olmadıkları belirlenmiştir (Şekil 4.44).



Şekil 4.44 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Rb/Al – K/Al ilişkisi

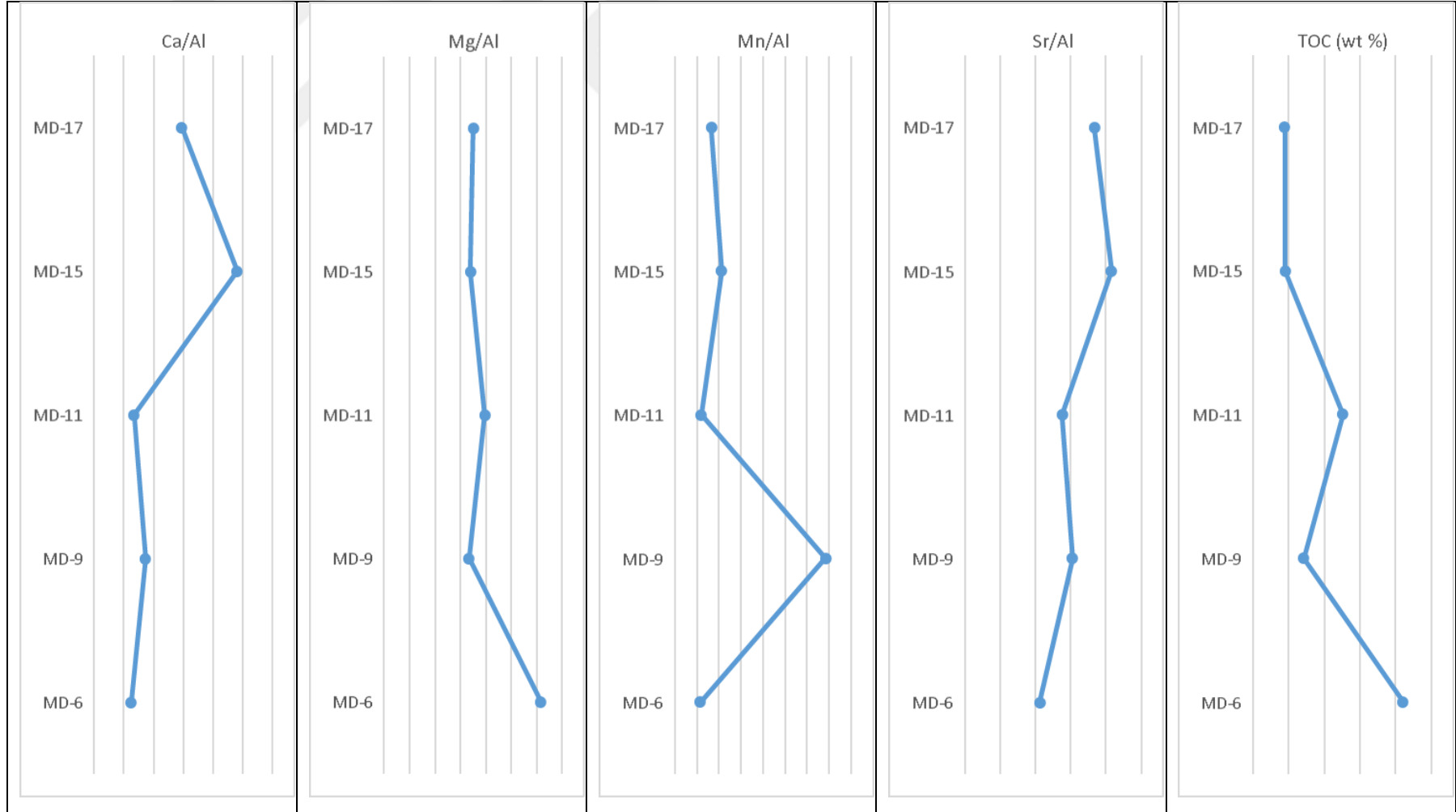
Plank ve Langmuir (1998), Cs'nin denizel sedimanlarda detritik faza bağlandığını ifade etmiştir. Bu kapsamda Cs/Al – K/Al değerleri grafik haline getirilerek yapılan incelemede Cs'nin K ile zayıf korelasyon gösterdiği dolayısı ile bu elementlerin farklı bir kökene sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca Cs'nin detritik kökenli olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.45).



Şekil 4.45 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Cs/Al – K/Al ilişkisi

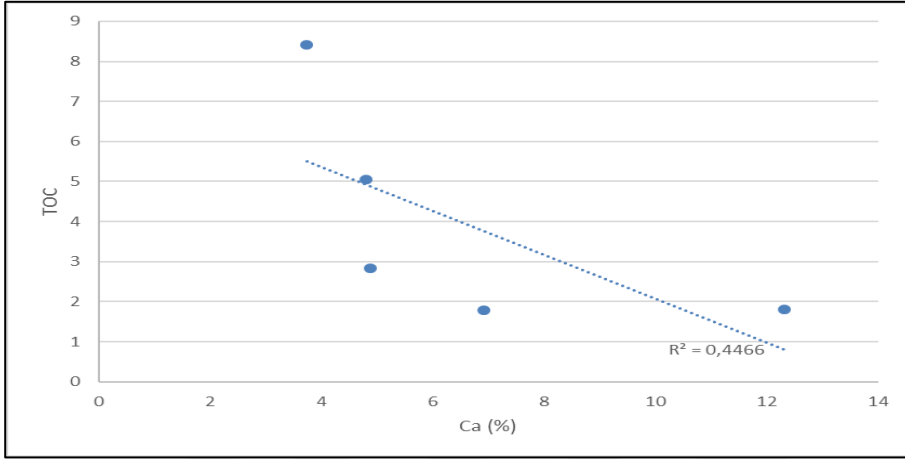
MD ÖSK organik maddeli örnekler için karbonat yapıcı elementler olan Ca, Mg, Mn ve Sr elementlerinin birbirleriyle ve TOC ile ilişkisi ve bu elementlerin kesitin taban seviyesinden tavan seviyesine kadar olan değişimleri incelenmiştir (Şekil 4.46). Karbonat yapıcı elementlerden Ca, Mn ve Sr'nin birbirleri ile benzer trendler sergilediği görülmüştür. Bu da anılan elementlerin otijenik kaynaklı olduğunu göstermiştir. Bu elementler genelde oksijenli ortamlarda zenginleştiğinden organik madde bu ortamlarda birikemez. TOC ile Ca, Mn ve Sr arasındaki ilişki bu yorumu doğrulamaktadır. Mg'nin Ca, Mn ve Sr ile farklı TOC ile benzer bir trend sergilediği görülmüştür. Bu durum Mg'nin dolomit olarak çökelmediğini ve detritik olarak killerin bünyesine katıldığını göstermektedir.





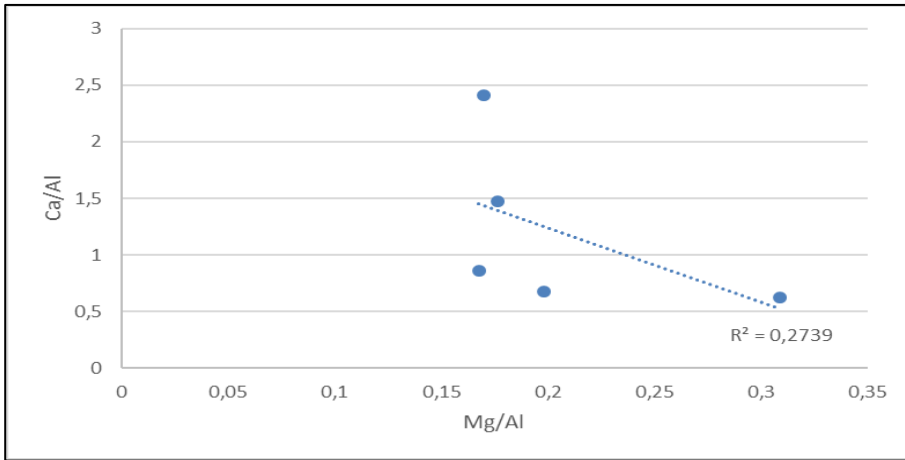
Şekil 4.46 MD ÖSK organik maddeli örneklerin karbonat yapıcı elementler ile TOC ilişkisi

MD ÖSK organik maddeli örneklerin Ca miktarı ile TOC miktarı karşılaştırıldığında, Ca ile TOC arasında negatif bir korelasyonun bulunduğu görülmüştür (Şekil 4.47). Bu durum Ca ve TOC'nin tabandan tavana değişimlerinde de görülmüştür. OM karbonatlarda zenginleşemediğinden Ca ile TOC arasında negatif bir korelasyonun olması anlamlıdır.

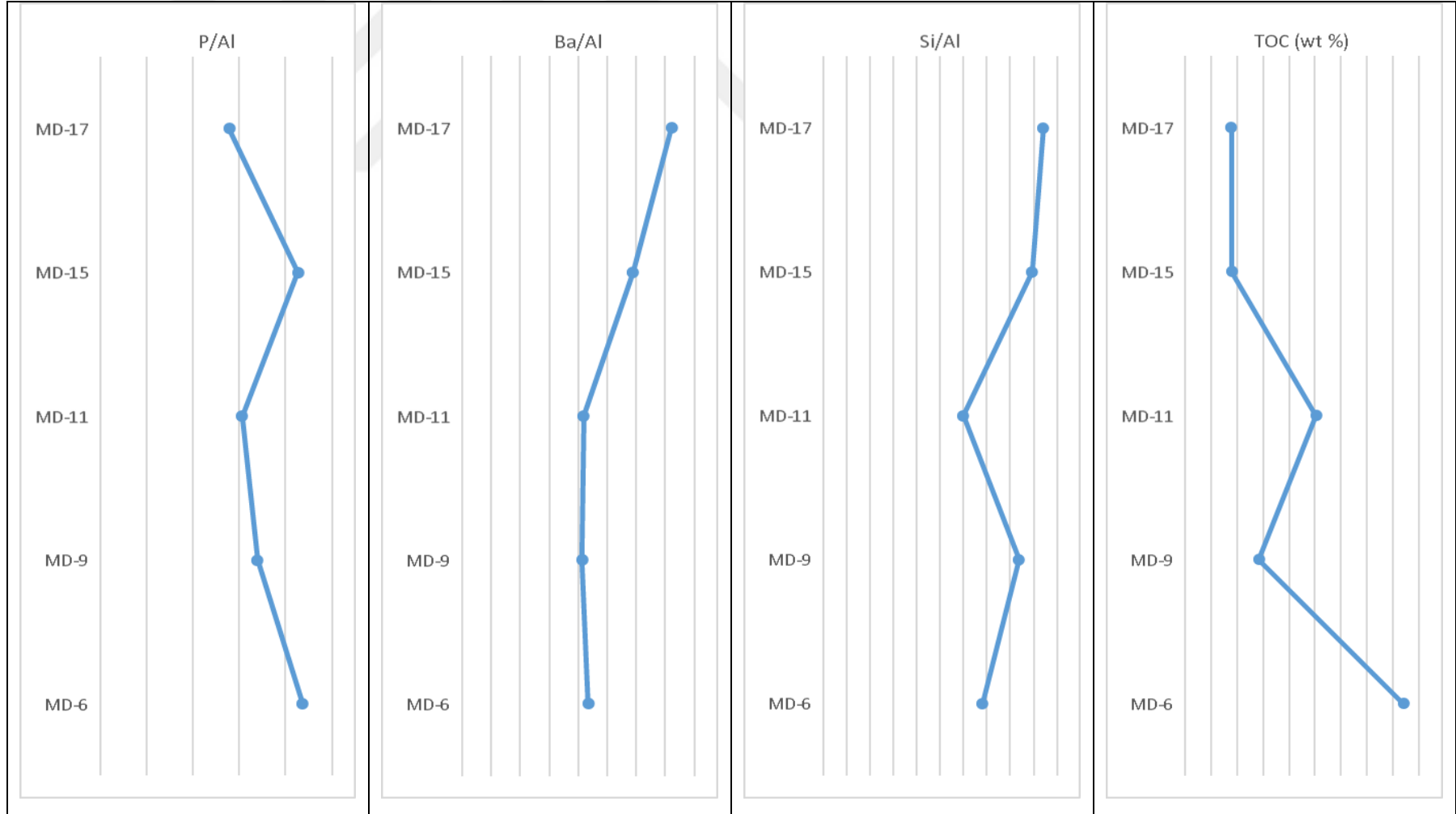


Şekil 4.47 MD ÖSK organik maddeli örneklerin TOC – Ca (%) ilişkisi

MD ÖSK organik maddeli örneklerin Al ile normalize edilmiş Ca ve Mg değerleri incelendiğinde bu iki element arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir (Şekil 4.48). Şekil 4.46'da da bu iki elementin farklı trendler göstermesi bu durumu doğrulamaktadır. Buna göre Mg MD ÖSK organik maddeli örneklerinde detritik kökenli olup killerin içeriğinde bulunmaktadır.



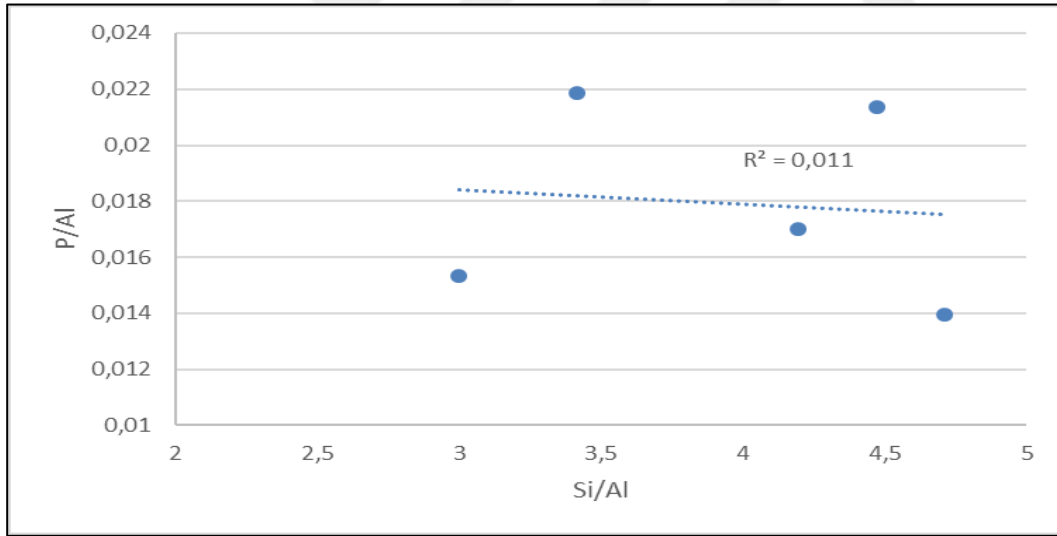
Şekil 4.48 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Ca/Al ile Mg/Al ilişkisi



Şekil 4.49 MD ÖSK organik maddeli örneklerin besin girdisi ve üretkenlik incelemesi

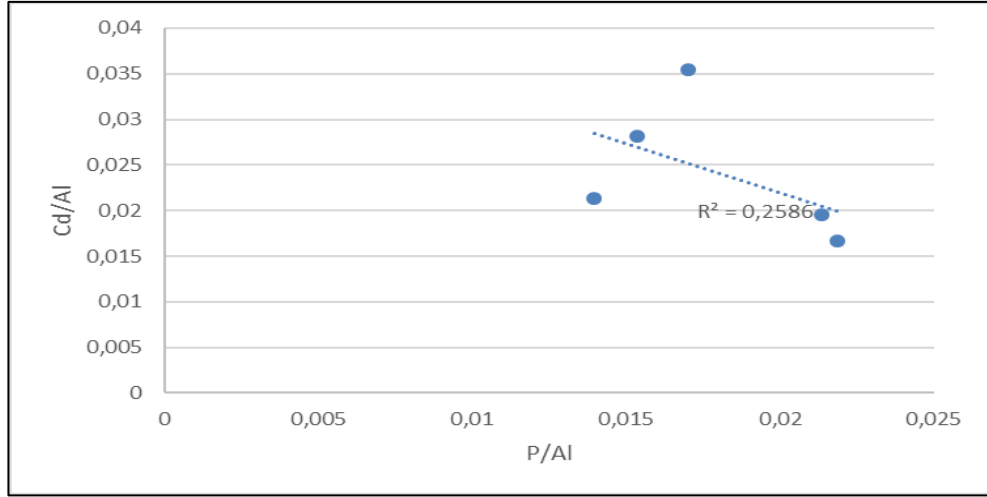
MD ÖSK organik maddeli örneklerin besin girdisi ve üretkenlik ilişkisi şekil 4.49’da incelenmiştir. Besin girdisi ve birincil üretkenlik göstergesi olan P ve Ba miktarları genel olarak bezer trendler sergilemektedir. Kesitin tavan seviyelerinde besin miktarının artış gösterdiği görülmüştür. Bu seviyelerde organik madde miktarında artış olması beklenirken TOC miktarının pek değişmediği görülmüştür.

MD ÖSK organik maddeli örneklerin P/Al – Si/Al ilişkisi incelendiğinde aralarında bir korelasyonun olmadığı görülmüştür (Şekil 4.50). Bu durum Si’nin biyogenik kaynaklı olamayacağını göstergesi olabilir. Ancak şekil 4.42’de Si ile Al arasında da negatif bir korelasyonun görülmesi Si’nin kaynağı hakkında net bir yorum yapılmasını mümkün kılmamıştır. Ancak her iki şekil göz önüne alındığında P/Al – Si/Al ilişkisinde görülen eğilim çizgisi değerinin $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ ilişkisinde görülen eğilim çizgisi değerinden büyük olduğundan Si’nin daha çok biyogenik kaynaklı olduğu düşünülmektedir.



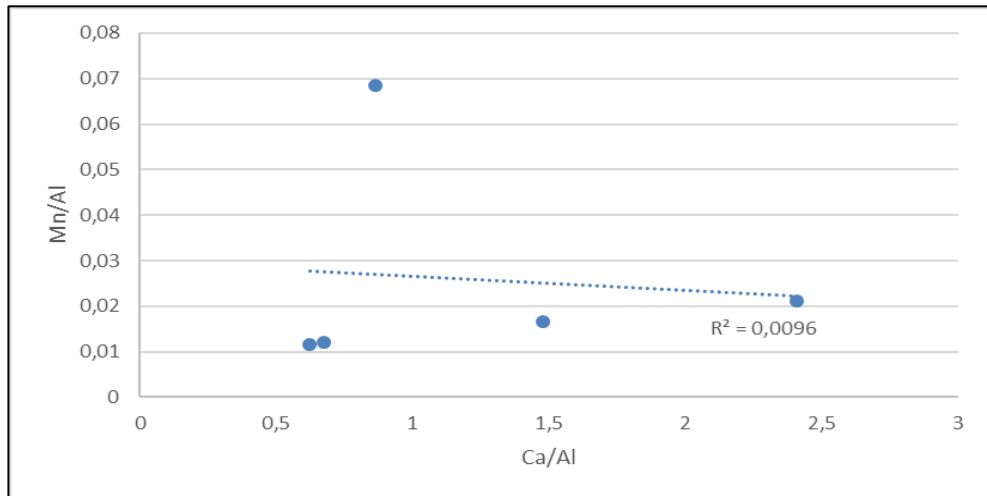
Şekil 4.50 MD ÖSK organik maddeli örneklerin P/Al – Si/Al ilişkisi

MD ÖSK organik maddeli örneklerin Cd/Al – P/Al ilişkisi incelendiğinde, incelenen elementlerin negatif bir korelasyon gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.51). Bu durum MD ÖSK organik maddeli örneklerin çökeldiği ortamın indirgen olmadığını göstermektedir.



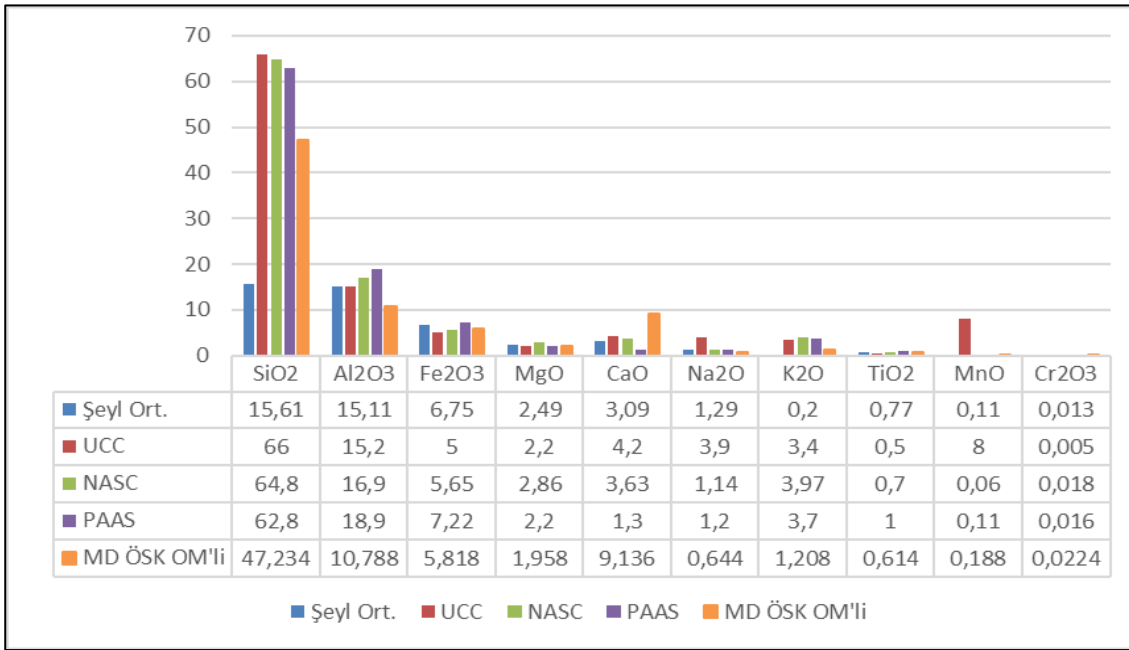
Şekil 4.51 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Cd/Al – P/Al ilişkisi

Calvert ve Pedersen (1996), karbonat ile ilişkili Mn'nin disoksikliği ifade ettiğini öne sürmüşlerdir. Benzer şekilde Turgeon ve Brumsack (2006), Mn zenginleşmesinin oksik su koşullarına işaret ettiğini belirtmiştir. Bu durum genelde çökeltme ortamında oksik koşullarda karbonatlar şeklinde zenginleşen Mn elementinin varlığına işaret eder. Böyle bir durumda da olması gereken Mn elementi ile Ca elementinin çok yüksek pozitif korelasyon göstermesidir. Ancak şekil 4.52'de görüldüğü üzere Mn/Al ile Ca/Al arasındaki negatif korelasyon, MD ÖSK'nın çökeldiği ortamın oksijenli olmadığına işaret eder. Şekil 4.51 ve şekil 4.52 sonuçları birlikte değerlendirildiğinde MD ÖSK organik maddeli örneklerin çökeltme ortamının ne oksik nede anoksik olduğu belirlenmiştir.



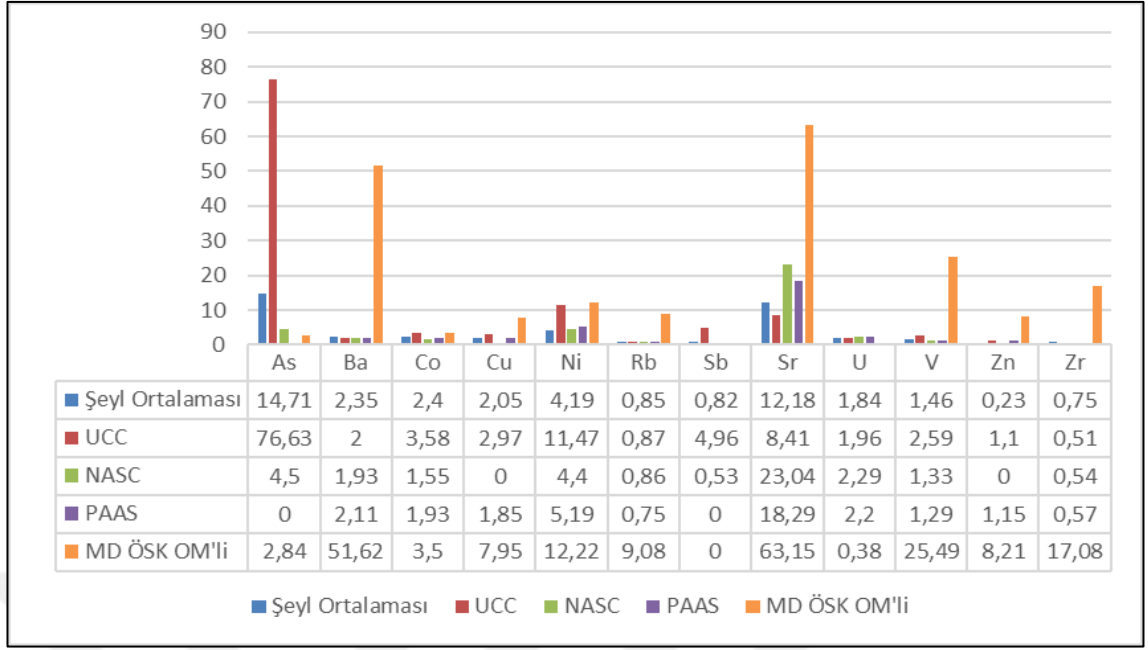
Şekil 4.52 MD ÖSK organik maddeli örneklerin Mn/Al - Ca/Al ilişkisi

MD ÖSK organik maddeli örneklerin ana oksitleri referans değerler sunan PAAS, NASC, UCC ve Şeyl Ortalaması ile karşılaştırıldığında sadece CaO ve Cr₂O₃ miktarının referans değerlerden daha fazla olduğu görülmüştür. CaO miktarındaki zenginleşme kalsit mineralinin fazla olmasına bağlanabilir. Fe₂O₃, MgO ve TiO₂'nin referans değerlere yaklaşık değerler sunduğu görülmüştür. SiO₂ ve K₂O'nun şeyl ortalamasından yüksek olduğu, MnO'nun ise sadece UCC değerinden düşük olduğu belirlenmiştir. Al₂O₃ ve Na₂O değerlerinin ise referans değerlere oranla tüketildiği görülmüştür (Şekil 4.53).



Şekil 4.53 MD ÖSK organik maddeli örneklerin ana oksit değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması

MD ÖSK organik maddeli örneklerin iz element miktarları referans değerler sunan PAAS, NASC, UCC ve Şeyl Ortalaması ile karşılaştırıldığında Ba, Cu, Ni, Rb, Sr, V, Zn ve Zr iz elementlerinin miktarlarının referans değerlerden fazla olduğu belirlenmiştir. Bu elementler için zenginleşmeler söz konusu olup özellikle Ba, Sr, V ve Zr'nin yüksek oranlarda zenginleştiği görülmüştür. Co elementinin miktarı referans değerlerle hemen hemen aynıdır. As, Sb ve U elementlerinin miktarları ise referans değerlerin altında kalmıştır. Örneklerin karbonat içeriğinin fazla olması Sr elementinin zenginleşmesini desteklemektedir. Ayrıca organik maddede biriken Cu, Ni, V ve Zn elementlerinin zenginleşmesi organik madde miktarının fazla olması ile açıklanmaktadır (Şekil 4.54).

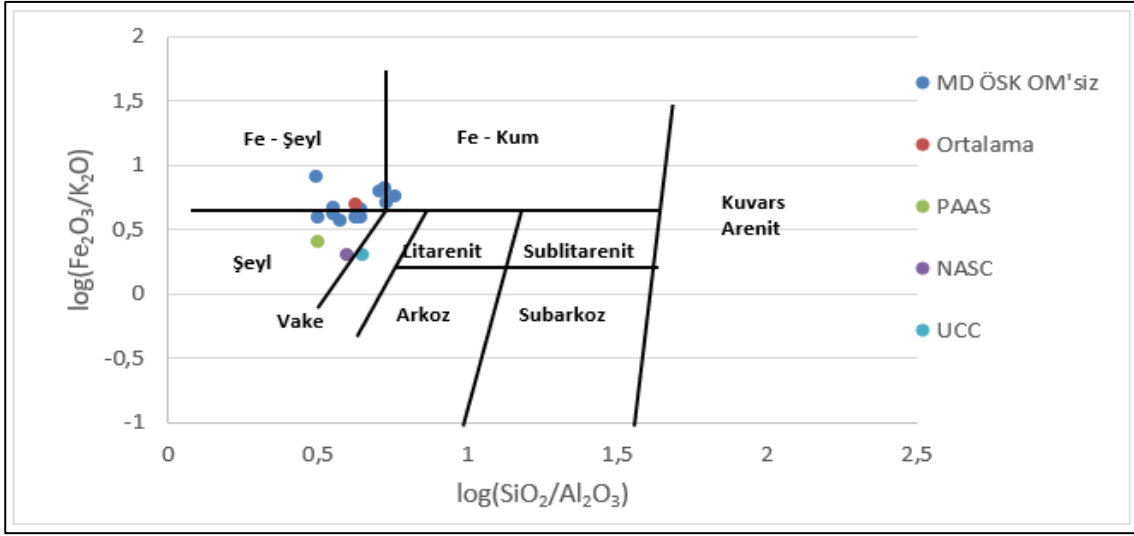


Şekil 4.54 MD ÖSK organik maddeli örneklerin iz element değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması

4.2.4 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin jeokimyasal incelemeleri

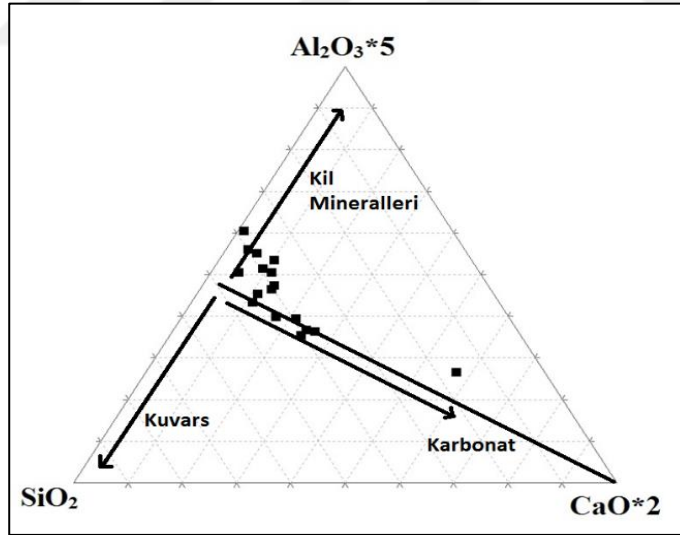
İncelenen tüm örnek gruplarında olduğu gibi MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerinin de öncelikle kimyasal sınıflamasının belirlenmesi için sırası ile Pettijohn vd. (1972) diyagramı ile SiO_2 - Al_2O_3 - CaO üçgen diyagramlarından yararlanılmıştır.

Pettijohn vd. (1972) diyagramına göre MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin litolojisinin Fe-Şeyl olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.55).



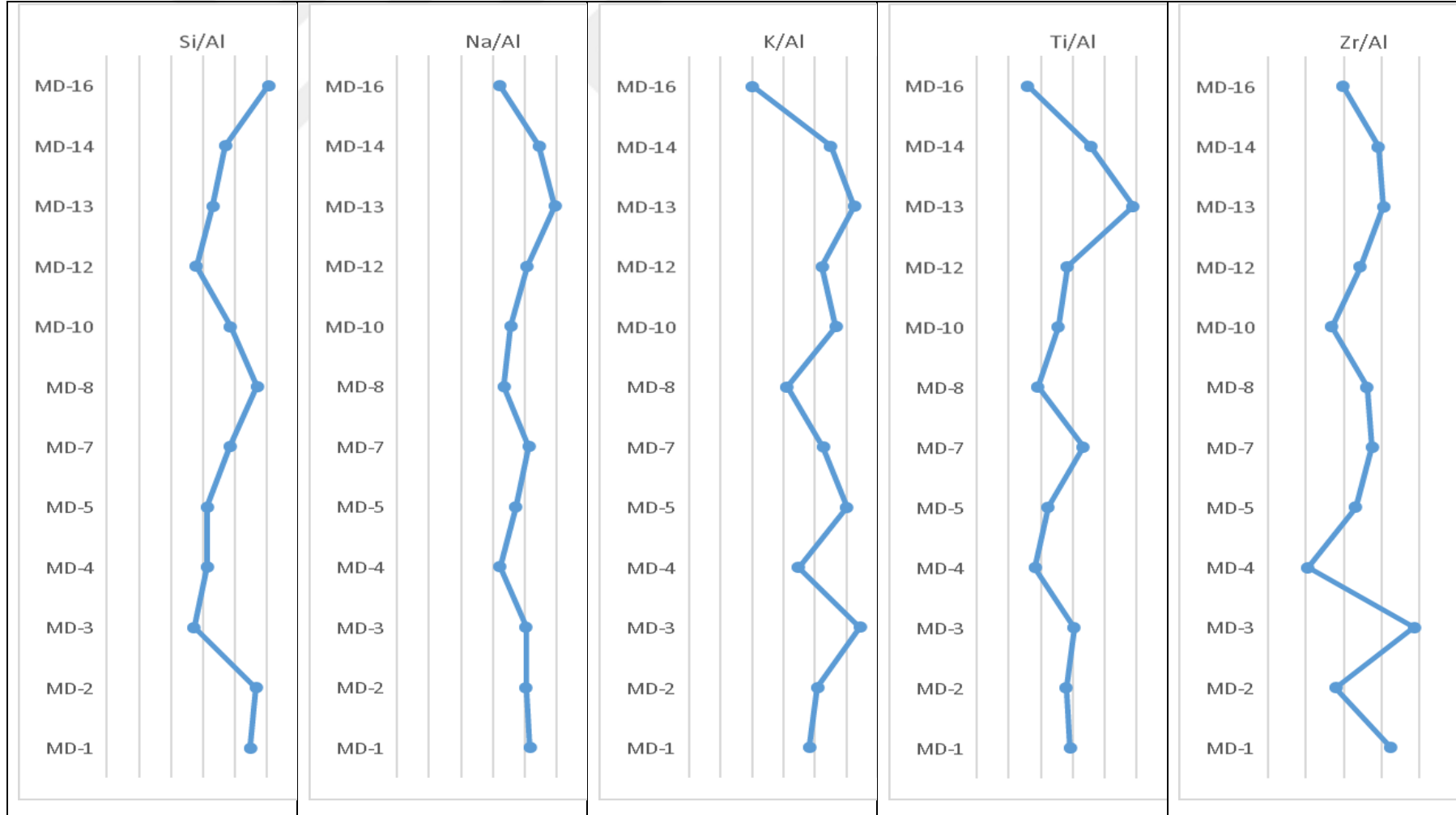
Şekil 4.55 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Pettijohn vd. (1972) diyagramı

SiO₂ - Al₂O₃ - CaO üçgen diyagramına göre örneklerin genel olarak kil (Al₂O₃) fraksiyonuna doğru bir yöneliminin olduğu ve çoğunlukla şeyl ya da kiltaşlı litolojisinde oldukları belirlenmiştir (Brumsack 1989, Şekil 4.56).



Şekil 4.56 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Brumsack (1989) diyagramı

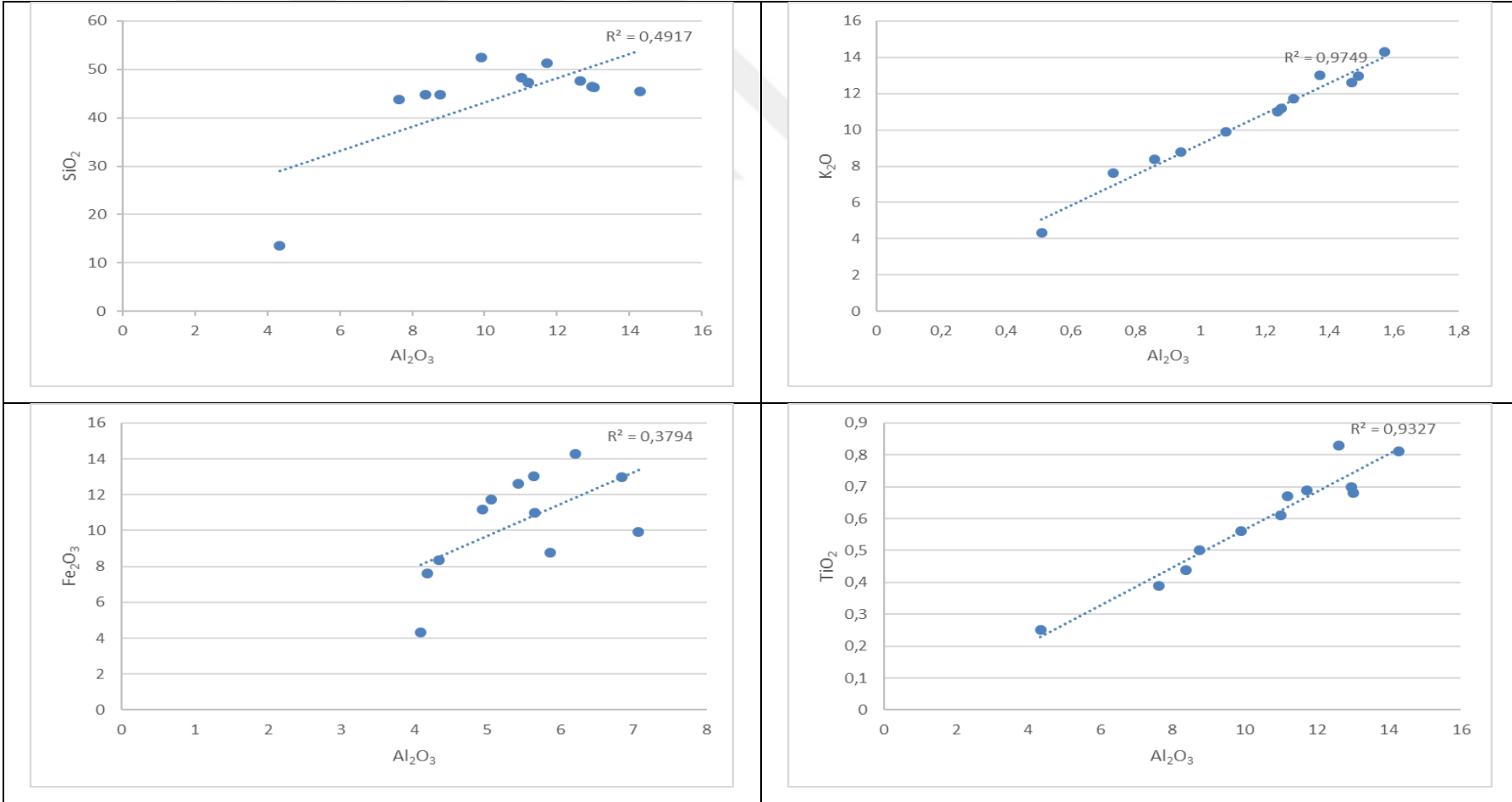
MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin detritik girdi incelemesi için killerin yapısında bulunan başlıca elementlerden Si, Na, K ve Ti ile Zr elementi kullanılmıştır. Bu elementlerin tabandan tavana değişimleri, birbirleri ile olan ilişkilerin ve bu elementlerin kaynaklarının belirlenmesi için değerlendirilmiştir (Şekil 4.57).



Şekil 4.57 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin detritik girdi incelemesi

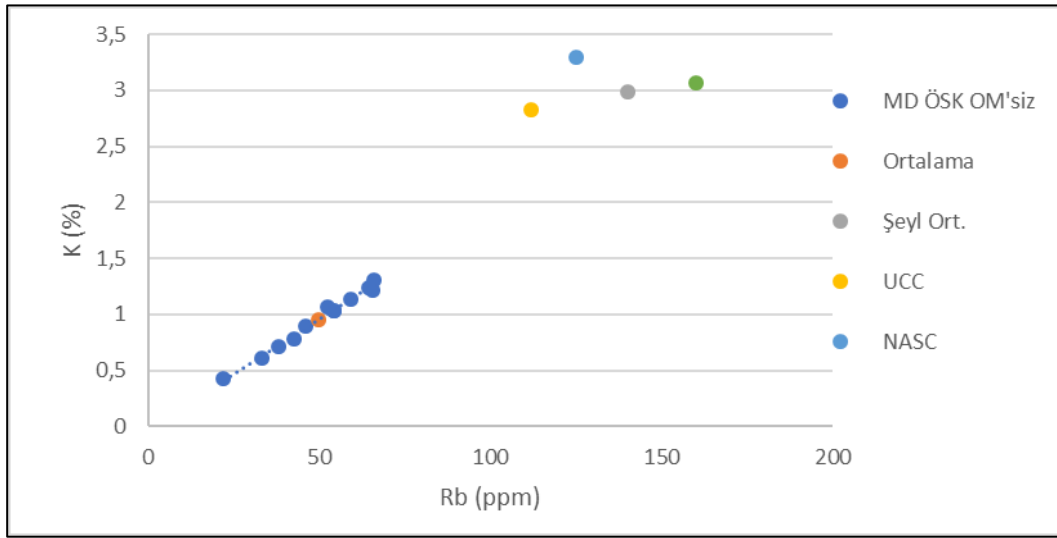
Genel olarak detritik girdi göstergesi olan elementlerin benzer trendler sergilediği belirlenmiştir. Kesitin bazı seviyelerinde incelenen element miktarlarının azalması çökelme ortamının enerjisinin dönem dönem değiştiğini göstermektedir. Kesitin taban ve orta seviyelerinin killi ve bitümlü şeyllerce zengin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Si'nin MD-3, MD-4, MD-8, MD-12, MD-14 ve MD-15 numaralı örneklerde detritik girdi göstergesi olan diğer elementler ile farklı trendler göstermesi bu örneklerin içeriğindeki Si'nin biyojenik kökenli olabileceğini göstermektedir. Bu kapsamda Si'nin, anılan örneklerde detritik değil otijenik kaynaklı olabilmesi mümkündür. Si'nin diğer örneklerde karşılaştırılan elementler ile benzer trendler göstermesi kökeninin detritik olduğunu göstermektedir.

MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin TiO_2 , Fe_2O_3 , K_2O ve SiO_2 ana oksitlerinin Al_2O_3 'e karşı değişimleri değerlendirilmiştir. TiO_2 , ve K_2O , Al_2O_3 ile güçlü pozitif korelasyon, Fe_2O_3 ve SiO_2 ise Al_2O_3 ile pozitif korelasyon göstermiştir Bu da incelenen ana oksitlerin detritik kökenli olduğunu göstermektedir (Şekil 4.58). Fe_2O_3 ve SiO_2 ile Al_2O_3 arasındaki zayıf negatif korelasyonlar aslında Fe_2O_3 ile SiO_2 'nin kökenlerinin hem detritik hem de Fe için otijenik, Si için de biyojenik kaynaklı olduğunu göstermektedir. Şekil 4.57'de Si'nin biyojenik kaynaklı olabileceğine dair yapılan yorum şekil 4.58'e göre yapılan yorumu desteklemektedir.



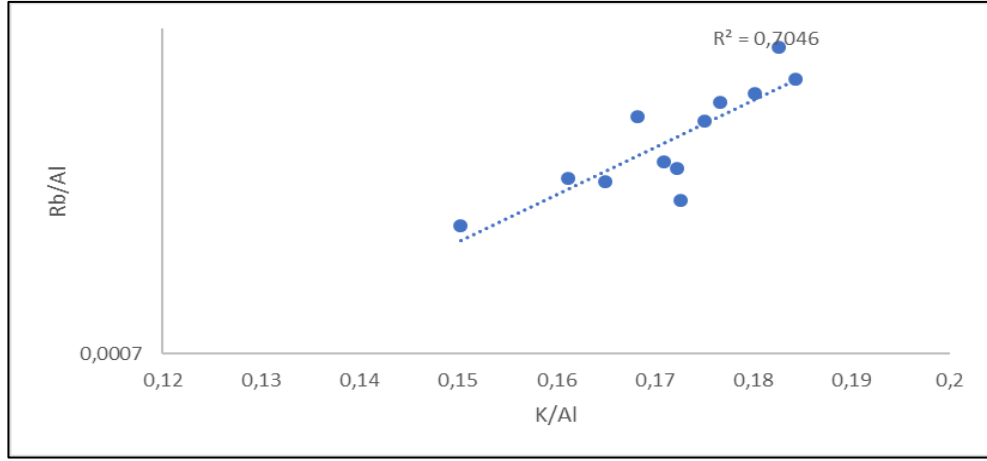
Şekil 4.58 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin SiO_2 , K_2O , Fe_2O_3 ve TiO_2 miktarlarının Al_2O_3 ile ilişkisi

MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin K ve Rb değerleri grafik üzerinde karşılaştırılmıştır. K ve Rb elementlerinin birbirleri ile güçlü pozitif korelasyon gösterdiği belirlenmiş olup örneklerin ortalama değerinin referans değerler sunan PAAS, NASC, UCC ve Şeyl Ortalamalarının altında olduğu tespit edilmiştir. Bu da örneklerdeki K ve Rb tüketilmesini ifade etmektedir. Rb'un aynı zamanda killer üzerine tercihli değişimi ve adsorbsiyonuna bağlı K biriktiren minerallerde yer alması da, K ile çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermesini desteklemektedir (Şekil 4.59).



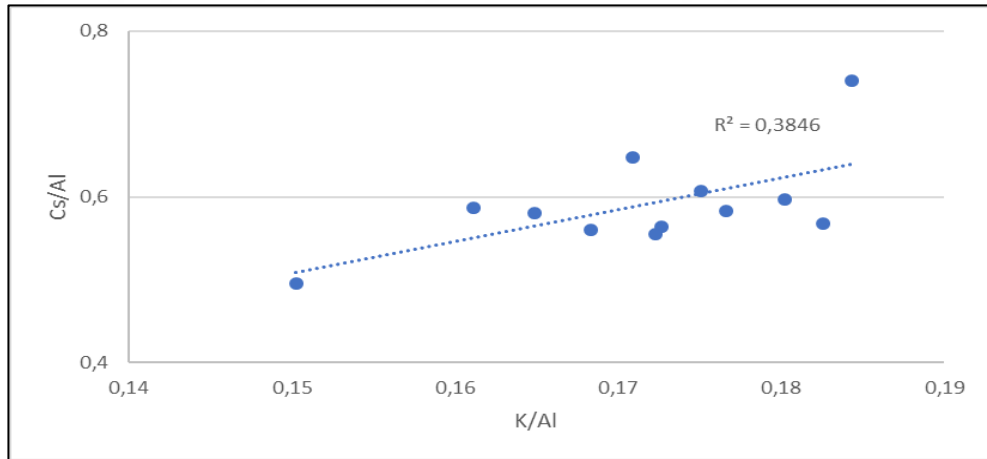
Şekil 4.59 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin K (%) – Rb (ppm) ilişkisi

Rb/Al – K/Al arasında kuvvetli pozitif bir ilişkinin olması detritik kökeni işaret etmektedir (Bauluz vd. 2000). Bu bulgu MD ÖSK organik madde içermeyen örnekler için değerlendirildiğinde Rb/Al - K/Al değerleri arasında güçlü bir korelasyonun bulunduğu ve detritik kökenli oldukları belirlenmiştir (Şekil 4.60).



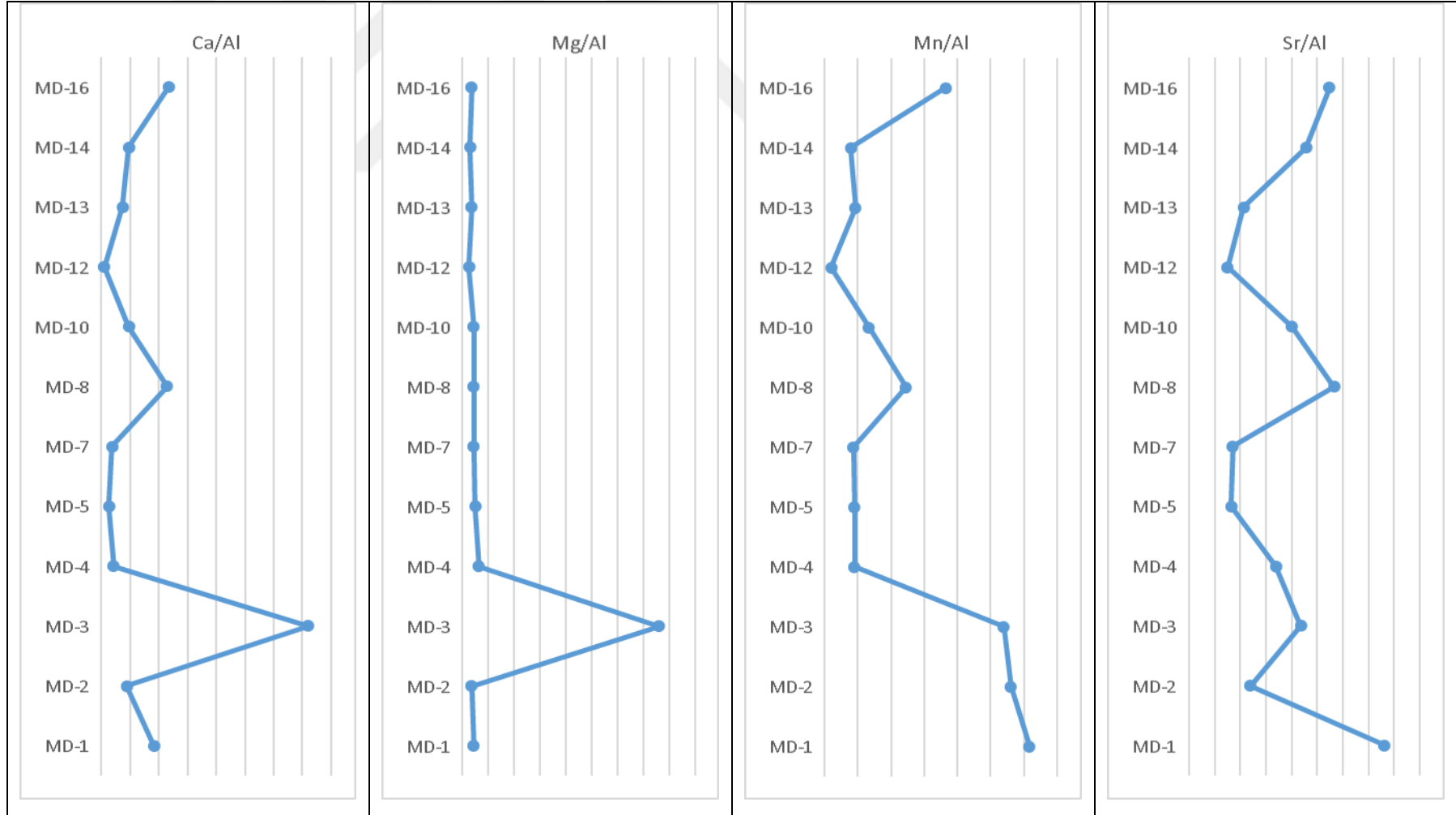
Şekil 4.60 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Rb/Al – K/Al ilişkisi

MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Al ile normalize edilmiş Cs miktarı ile Al ile normalize edilmiş K miktarı köken analizi yapılabilmesi için kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama neticesinde Cs ile K arasında zayıf bir korelasyonun varlığı belirlenmiştir. Bu durum ilgili elementlerin farklı bir kökene sahip olabileceklerini ve Cs'nin detritik kökenli olamayacağını göstermiştir (Şekil 4.61).



Şekil 4.61 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Cs/Al – K/Al incelemesi

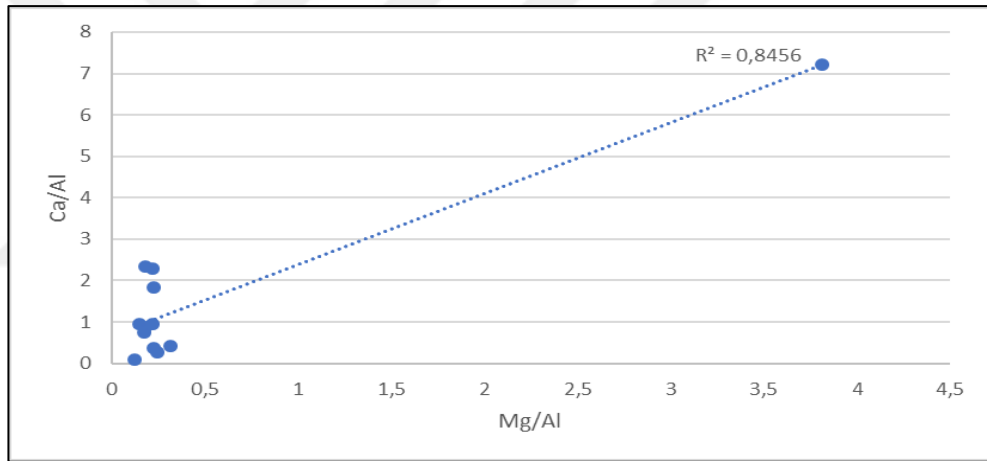
MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin karbonat yapıcı elementler olan Ca, Mg, Mn ve Sr elementlerinin birbirleriyle ilişkisi ve kesitin taban seviyesinden tavan seviyesine kadar olan değişimleri incelenmiştir (Şekil 4.62).

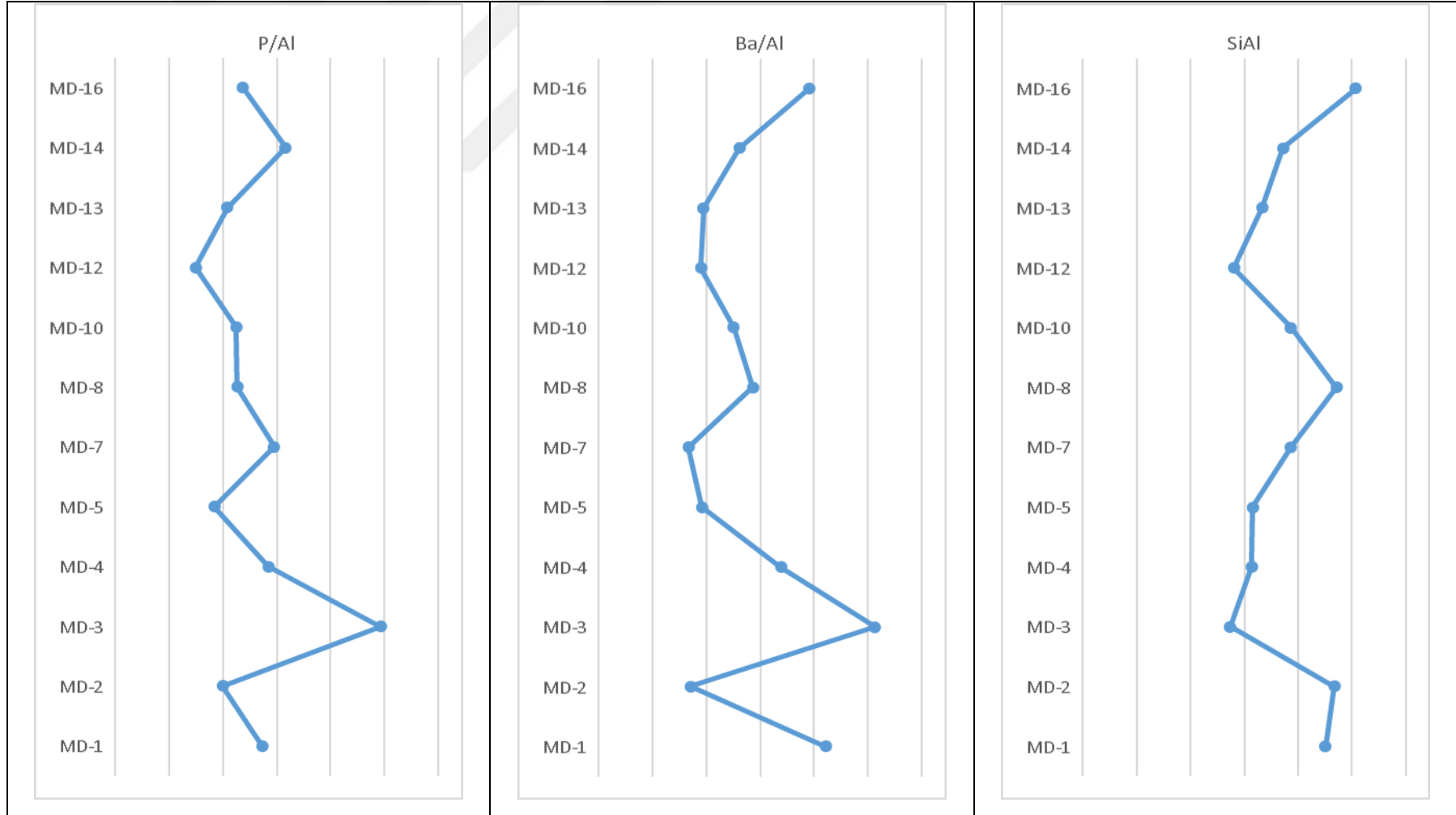


Şekil 4.62 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin karbonat yapıcı element incelemesi

MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin karbonat yapıcı elementleri incelendiğinde bu elementlerin benzer trendler sergilediği görülmektedir. MD-3, MD-8, MD-10, MD-14 ve MD-16 seviyelerinde karbonat baskınlığı görülmektedir. Mg sadece MD-3 seviyesinde dolomit olarak depolanmıştır. Diğer örneklerde karbonat yapıcı elementlerden farklı trendler sergileyen Mg'nin kil yapısına katıldığı görülmüştür. Bu örnekler için Mg'nin otijenik değil detritik olduğu görülmüştür.

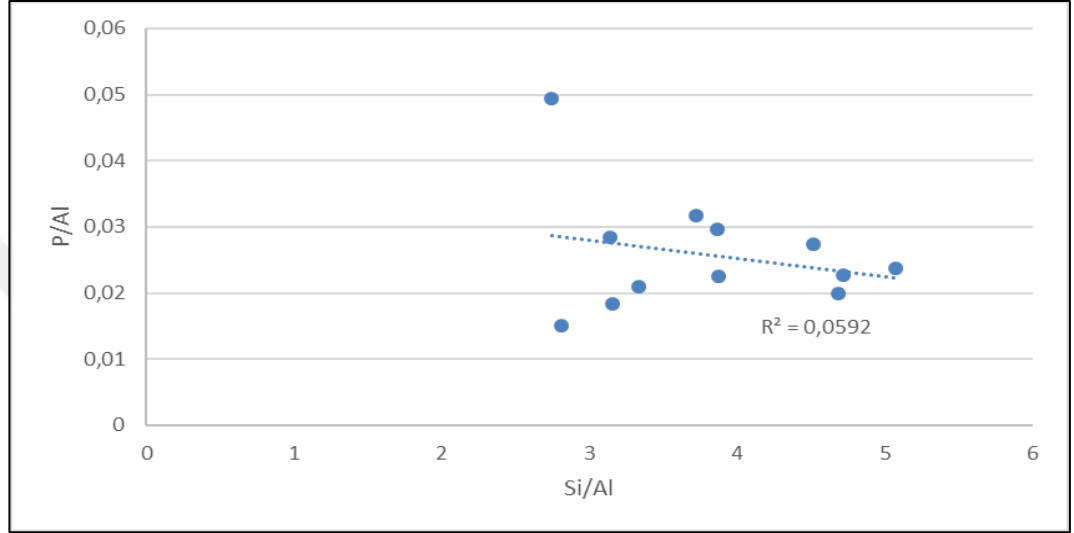
Ca/Al'a karşılık Mg/Al grafiğinden de görüleceği gibi Ca ile Mg arasında da pozitif güçlü bir korelasyonun bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4.63). Şeklin en sağındaki örnek ihmal edildiğinde aslında Mg ve Ca arasında çok zayıf bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Bu da şekil 4.62'ye göre yapılan yorumu desteklemektedir.





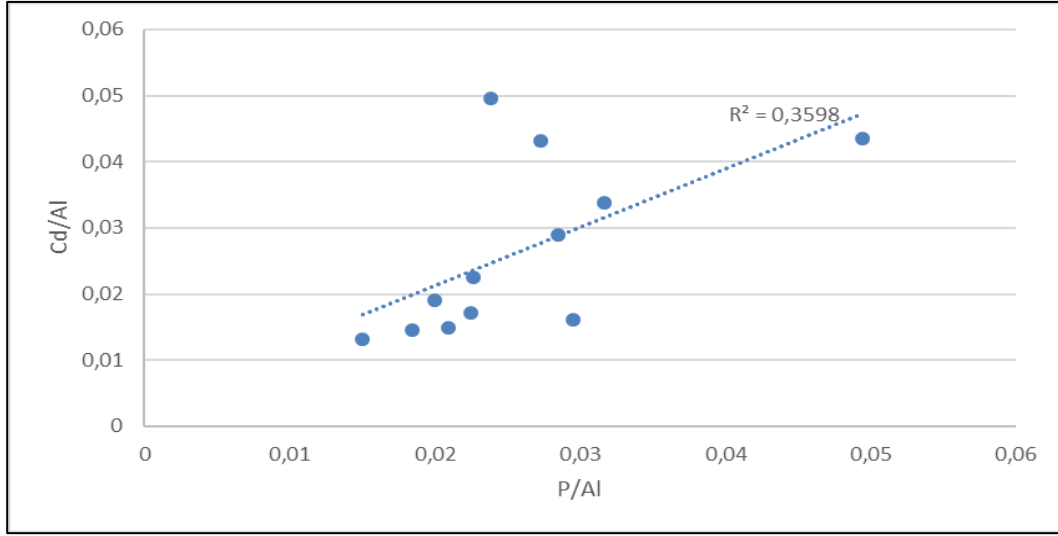
Şekil 4.64 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin besin girdisi ve üretkenlik incelemesi

Şekil 4.64'deki Si, besin göstergesi olan elementler ile karşılaştırıldığında MD-7, MD-8, MD-12, MD-13 ve MD 14 seviyelerinde benzer trendler göstermiştir. Bu seviyelerde Si'nin kaynağının biyogenik olması mümkündür. Ancak şekil 4.65'deki P ile Si'nin ilişkisine bakıldığında anlamlı bir korelasyonun bulunmadığı görülmüştür. Bu da belirtilen seviyelerdeki Si'nin biyogenik kaynaklı olamayacağını göstermiştir.



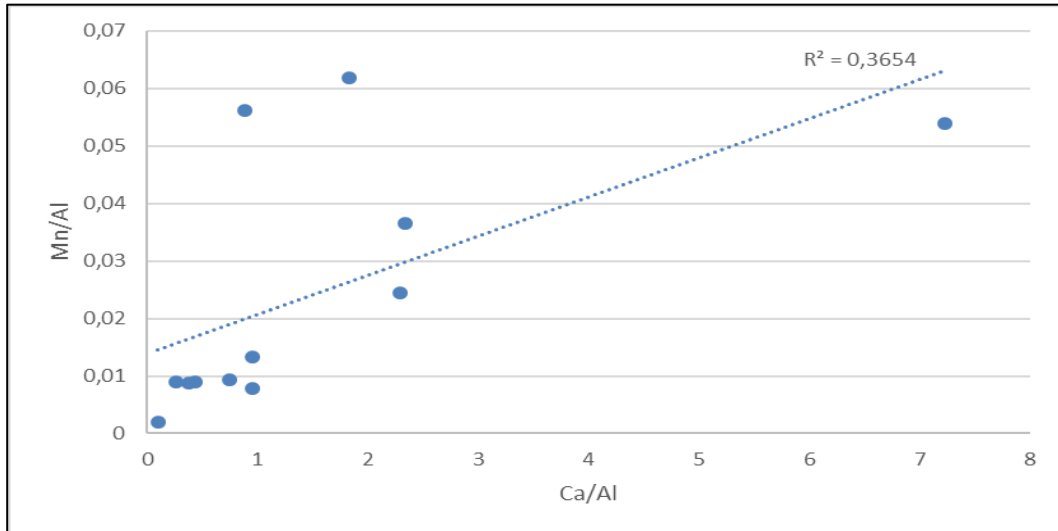
Şekil 4.65 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin P/Al – Si/Al ilişkisi

MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Cd/Al – P/Al ilişkisi ortam şartları hakkında yorum yapılabilmesi için incelenmiştir (Şekil 4.66). Buna göre Cd ile P'nin zayıf korelasyon göstermesi ortamın indirgen yani anoksik olamayacağını ancak tam olarak oksijenli olamayacağını göstermiştir.



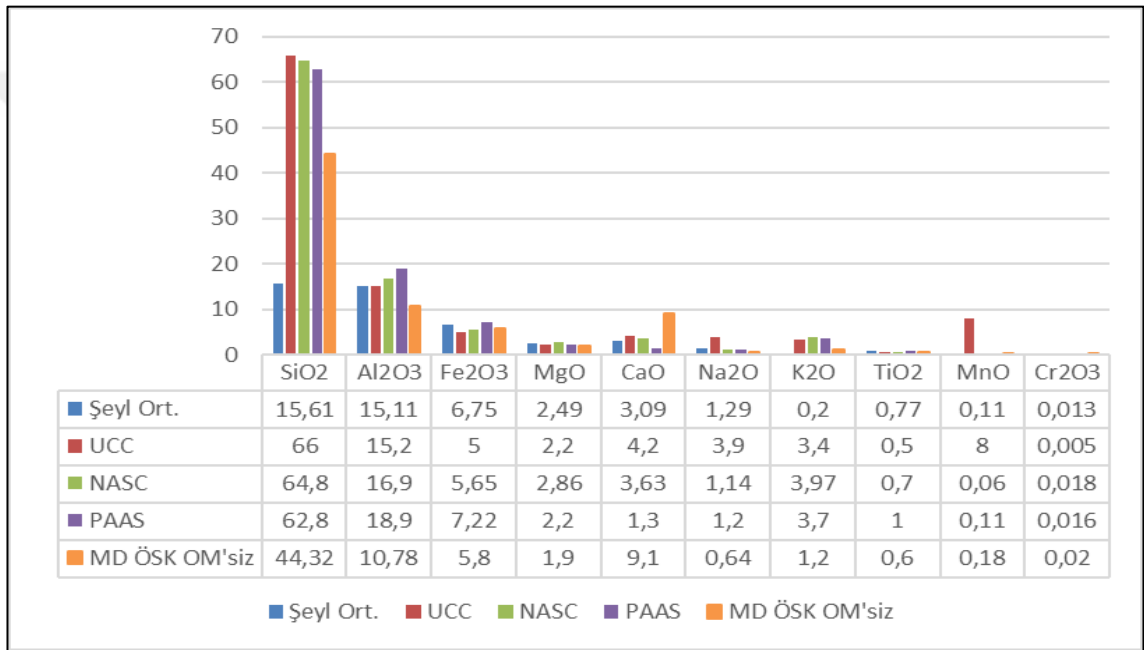
Şekil 4.66 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Cd/Al – P/Al ilişkisi

MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Mn/Al ile Ca/Al değerleri ortam koşulları hakkında bilgi edinebilmek için incelenmiştir (Şekil 4.67). Yapılan incelemede MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerinin, Al ile normalize edilmiş Ca ve Mn oranlarının pozitif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Buna göre ortam koşullarının tam olarak oksijenli olduğu söylenememektedir. Ayrıca Cd/Al – P/Al ilişkisi ve Mn/Al – Ca/Al ilişkisi dikkate alındığında ortamın disoksik olacağının mümkün olduğu görülmüştür.



Şekil 4.67 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin Mn/Al - Ca/Al ilişkisi

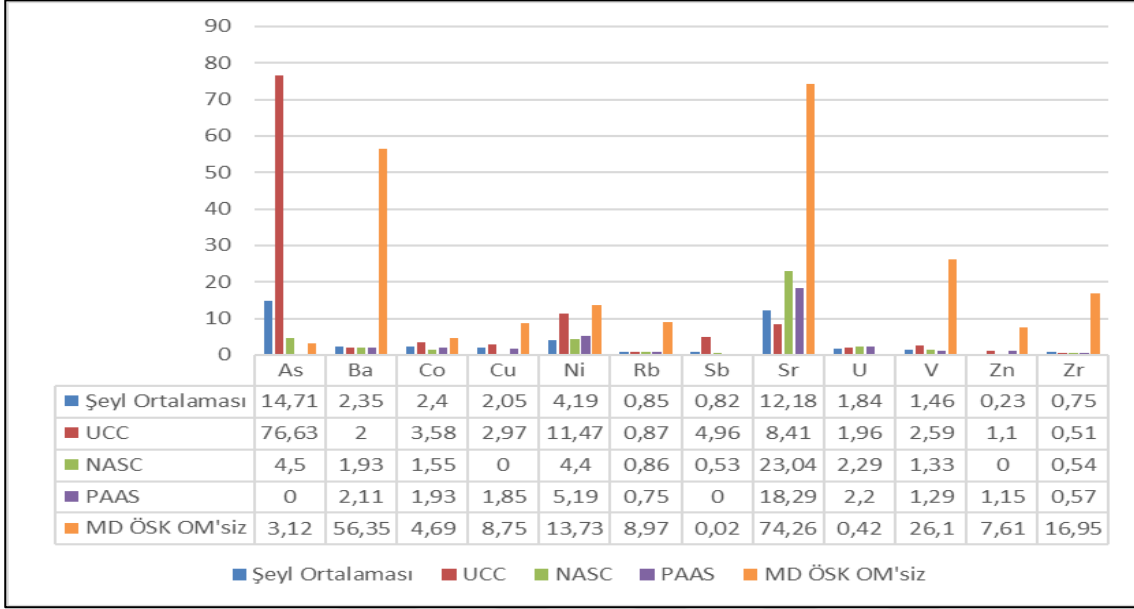
MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin ana oksitleri referans değerler sunan PAAS, NASC, UCC ve Şeyl Ortalaması ile karşılaştırılmıştır. İncelenen ana oksitlerden sadece CaO ve Cr₂O₃ miktarlarının referans değerlerden fazla olduğu ve sadece bu ana oksitlerin zenginleştiği söylenebilmektedir. SiO₂ miktarının Şeyl Ortalamasından fazla olduğu ancak UCC, NASC ve PAAS değerlerinden az olduğu görülmüştür. Al₂O₃, MgO ve Na₂O değerlerinin tüm referans değerlerin altında kaldığı belirlenmiş olup bu ana oksitler için tüketilme söz konusudur. TiO₂'nin referans değerlere yakın değerler sunduğu görülmüştür (Şekil 4.68).



Şekil 4.68 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin ana oksit değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması

MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin iz element değerlerinin referans değerler sunan PAAS, NASC ve UCC ile karşılaştırılması sonucunda Ba, Co, Cu, Ni, Rb, Sr, V, Zn, Zr iz element değerlerinin referans değerlerden fazla olduğu görülmüştür. Bu durum söz konusu iz elementlerin zenginleştiğini göstermektedir. Özellikle Ba, Sr, V ve Zr'nin zenginleşme miktarları referans değerlere oranla oldukça fazladır. As miktarının Şeyl ortalaması, UCC ve NASC'ye oranla düşük bir değer sunduğu belirlenmiştir. Sb iz elementi sadece PAAS'a oranla fazla olup diğer referans değerlerden düşük bir değere

sahiptir. Uranyum miktarı ise tüm referans değerlerden az olup bu elementte tüketilme söz konusudur (Şekil 4.69).



Şekil 4.69 MD ÖSK organik madde içermeyen örneklerin iz element değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Tez çalışması kapsamında Dodurga bitümlü şeyl havzasında AP ve MD ÖSK'lar oluşturulmuş ve bu ÖSK'lardan sırası ile sistematik olarak 70 ve 17'şer adet örnek alınmıştır. Bu ÖSK'lar element içeriklerinin daha iyi belirlenebilmesi için organik madde içeriğine göre iki gruba ayrılarak element ve piroliz analizleri sonucu elde edilen veriler yorumlanmaya çalışılmıştır.

Arazi çalışmalarında oluşturulan AP ÖSK Hançili formasyonun taban ve tavan seviyeleri esas alınarak alınmıştır. Ancak MD ÖSK'nin taban ve tavan seviyelerinin formasyonun hangi seviyesine denk geldi belirlenememiştir. Bu nedenle MD ÖSK sonuçlarına yer verilmemiştir.

AP ÖSK organik maddeli örneklerin incelenmesi sonucunda elde edilen sonuçların aşağıdaki şekilde özetlenmesi mümkündür.

- Detritik girdi göstergesi olan elementlerin benzer trendler sergiledikleri görülmüştür. Killerin yapısında zenginleşen bu elementlerin yoğun olduğu seviyelerde kil ve bitümlü şeyllerin baskın olduğu görülmüştür.
- Killer organik maddeyi tutan bir aracı olduğundan TOC miktarı genel olarak bu elementlerle benzer trendler sergilemiştir. Organik maddeler kil boyutundaki tanelerde korunabildiklerinden ve zenginleşebildiklerinden bu elementler ile TOC arasındaki bu ilişkinin varlığı beklenen bir durumdur. ÖSK'nin kil göstergesi olan elementlerin yoğunlaştığı seviyelerde miktarının arttığı belirlenmiştir.
- TOC ile Al arasında zayıf ve negatif yönlü bir korelasyonun bulunduğu görülmüştür. Killerin OM'yi bünyelerine bağlama özelliğinden Al ile OM arasında güçlü pozitif bir korelasyonun olması beklenmektedir. Ancak AP ÖSK organik maddeli örnekler için aksi bir durumun olduğu görülmüştür. Bunun nedeni, sahadan alınan örneklerin kilaşı yerine daha çok marn olmasıdır. Marnların mineralojik yapısı ve içeriğindeki Al miktarının az olması nedeni ile böyle bir tablonun olduğu düşünülmektedir.

- K_2O ve TiO_2 'nin Al_2O_3 ile pozitif korelasyon göstermesi bu elementlerin kaynağının detritik olduğunu gösterir. Fe_2O_3 'in Al_2O_3 ile korelasyon göstermemesi Fe_2O_3 'in detritik kaynaklı olmadığını ve Fe_2O_3 'in otijenik kaynaklı olduğunu işaret etmektedir.
- Rb ve K arasında görülen pozitif korelasyon bu elementlerin detritik kökenli olduğunu gösterir.
- Cs'nin K ile zayıf korelasyon sergilemesi bu elementlerin farklı bir kökene sahip olabileceklerini ve Cs'nin detritik kökenli olamayacağını göstermektedir.
- Karbonat yapıcı elementler olan Ca, Mg, Mn ve Sr'nin benzer trendler göstermesi bu elementlerin otijenik olduğunu göstermektedir. Bu elementlerin TOC ile olan ilişkisi dikkate alındığında genel olarak farklı trendler gösterdikleri görülmüştür. Ancak AP-46, AP-59, AP-79, AP-85, AP-89, AP-93 ve AP-98 numaralı örneklerin karbonat yapıcı element değişimlerinin TOC ile benzer trendler sergilediği görülmüştür. Bunun nedeninin anılan örneklerin depolandığı seviyelerde çökme ortamının tam olarak oksijenli olmamasının ve örneklerin karbonat yerine marn olmasının neden olduğu düşünülmektedir.
- AP ÖSK organik maddeli örneklerin Ca ile TOC ilişkisi incelendiğinde, Ca ile TOC arasında zayıf bir korelasyonun bulunduğu görülmüştür. Bu durum Ca ve TOC'nin tabandan tavana değişimlerinde de görülmüştür. OM karbonatlarda zenginleşemediğinden Ca ile TOC arasında görülen zayıf korelasyon zaten beklenen bir durumdur. Ayrıca zayıfta olsa Ca ile TOC arasında bir ilişki olması ortamın tam olarak oksijenli olmadığı yorumumuzu desteklemektedir.
- Ca ile Mg arasında pozitif güçlü bir korelasyonun varlığı belirlenmiştir. Bu durum örneklerin büyük bir çoğunluğundaki Mg zenginleşmesinin dolomit kökenli olduğunu Mg'nin dolomit olarak zenginleştiğini ve detritik değil otijenik olarak çökeldiğini göstermiştir.
- Yüksek P ve Ba içeriği kuvvetli ilksel üretkenliği sunmaktadır. P ve Ba elementlerinin benzer trendler sergilediği görülmüştür. Besin girdisi göstergesi olan P ve Ba miktarlarının zaman zaman oldukça yüksek zenginleşmeler gösterdiği görülmüştür. Besin artışı organik madde göstergesi olan mikroskobik canlı miktarında da artışa neden olduğundan TOC miktarının P ve Ba ile benzer trendler göstermesi anlamlıdır.

- Killerin yapısına giren temel elementlerle benzer trendler gösteren seviyelerde Si detritik iken, farklılık gösterdiği seviyelerde biyojeniktir. AP-67 – AP-93 numaralı örnekler ve bu örnekler arasındaki örneklerde olduğu gibi TOC, P ve Ba ile benzer trendler sergilediği seviyelerde Si'nin biyojenik kaynaklı olduğu söylenebilir. Ayrıca SiO_2 'nin Al_2O_3 ile korelasyon göstermediğinin belirlenmesi SiO_2 'nin bazı örneklerde detritik değil biyojenik kaynaklı olabileceğini göstermektedir. Ancak P ve Si ilişkisi incelendiğinde bu iki elementin korelasyon göstermediği belirlenmiştir. Bu sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde Si'nin hem detritik hemde biyojenik kaynağının olduğu söylenebilmektedir.
- Cd ve P arasında görülen zayıf korelasyon ile ortamın indirgen olmadığı hususunda yapılan yorum Ca ve Mn ilişkisi sonucu ortamın oksik – disoksik olarak değerlendirilmesi ile desteklenmiştir. Organik madde oksijensiz ortamlarda zenginleştiklerinden TOC'nin detritikler ile benzer trendler sergilediği seviyelerin disoksik olabileceğine dair yorum yapılabilmesi mümkündür.
- Ana oksit değerlerinin referans değerler ile kıyaslanması sonucunda SiO_2 ve Al_2O_3 miktarının Şeyl Ortalamasından fazla olduğu görülmüştür. MgO ve CaO değerlerinin PAAS, NASC ve UCC'ye kıyasla fazla olması Dodurga havzası bitümlü şeyl depolanma ortamının genelde karbonatça zengin olması ile örtüşmektedir. MnO değerinin sadece UCC'den az olması da bunu doğrulamaktadır.
- Ba, Cu, Ni, Rb, Sr, V, Zn ve Zr elementlerinin miktarlarının referans değerlerden fazla olduğu belirlenmiştir. Bu elementler için zenginleşmeler söz konusu olup özellikle Ba, Sr, V, Zr'nin yüksek oranlarda zenginleştiği görülmüştür. Besin göstergesi olan Ba miktarının fazla olması nedeni ile TOC miktarının fazla olduğu buna bağlı olarak da OM'de zenginleşen Cu, Ni, V ve Zn miktarlarının fazla olması anlamlıdır. Ayrıca karbonat yapıcı Sr miktarının fazla olması CaO ve MgO'deki zenginleşmelerle paralellik göstererek karbonatlı çökellerin yoğun olmasını doğrulamaktadır.

AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin incelenmesi ise şu sonuçları sunmuştur;

- Detritik girdi incelemesi için kullanılan Si, Na, K ve Ti ile Zr elementlerinin tabandan tavana değişimleri ve birbirleri ile olan ilişkilerinin incelenmesinde genel olarak bu elementlerin benzer trendler sergilediği belirlenmiştir. Kesitin taban ve orta seviyelerinde genel olarak fazla bulunmaları bu seviyelerin kil ve bitümlü şeyllerle baskın olduğunu göstermektedir. Bazı seviyelerde miktarlarının azalması çökelme ortamının enerjisinin dönem dönem değiştiğini göstermektedir.
- TiO_2 , Fe_2O_3 , K_2O ve SiO_2 ana oksitlerinin Al_2O_3 'e karşı değişimleri incelendiğinde TiO_2 , K_2O ve SiO_2 'nin Al_2O_3 ile güçlü pozitif korelasyon, Fe_2O_3 'ün ise Al_2O_3 ile pozitif korelasyonu belirlenmiştir. İncelenen ana oksitlerdeki ilişki bu ana oksitlerin detritik kökenli olduğunu göstermektedir.
- Rb/Al - K/Al değerleri arasında zayıf pozitif bir korelasyonun olduğu tespit edilmiştir. Buna durum elementlerin detritik kökenli olduğunu göstermektedir.
- Cs'nin K ile zayıf korelasyon sergilemesi bu elementlerin farklı bir kökene sahip olabileceğini ve Cs'nin detritik kökenli olamayacağını göstermiştir.
- Karbonat yapıcı elementler olan Ca, Mg, Mn ve Sr elementlerinin birbirleriyle ilişkisi ve kesitin taban seviyesinden tavan seviyesine kadar olan değişimleri incelendiğinde karbonat yapıcı elementlerin genelde birbirleri ile benzer trendler sergilediği görülmüştür. Bu da Ca, Mg, Mn ve Sr elementlerinin otijenik kaynaklı olduğunu göstermiştir. Kesitin tavan seviyesinde bu elementlerin yoğunlaşması karbonat minerallerinin bu seviyelerde baskın olduğunu göstermektedir.
- Ca ile Mg elementleri arasındaki ilişki irdelendiğinde örneklerin büyük bir çoğunluğundaki Mg zenginleşmesinin dolomit kökenli olduğu, Mg'nin dolomit olarak zenginleştiği ve detritik değil otijenik olduğu belirlenmiştir. Ancak AP-39, AP-52 ve AP-64 numaralı örneklerin Mg trendleri diğer karbonat yapıcı elementlerden farklı hareket etmesi bu örneklerdeki Mg'un kil kökenli olduğunu ve detritik kaynaklı olduğunu gösterir.
- P ve Ba elementlerinin benzer trendler sergilediği görülmüştür. Besin girdisi göstergesi olan P ve Ba miktarlarının zaman zaman oldukça yüksek zenginleşmeler gösterdiği görülmüştür. TOC ile anlamlı bir ilişkileri tespit edilememiştir.
- Detritik girdi göstergesi olan elementler ile besin göstergesi olan elementlerin karşılaştırılması sonucunda, AP-39, AP-40, AP-43, AP-45, AP-49, AP-66, AP-

71, AP-75, AP-91, AP-95 ve AP-96 numaralı örneklerdeki Si'nin biyogenik kaynaklı olabileceği belirlenmiştir. Ancak P ve Si arasında korelasyonun bulunmadığı görüldüğünden ve SiO₂ ile Al₂O₃ arasında güçlü ve pozitif bir korelasyonun bulunduğu tespit edildiğinden yukarıda sayılan örneklerin tamamının bünyesinde bulunan Si'nin biyogenik kaynaklı olamayacağı söylenebilir.

- Cd ve P arasında görülen zayıf korelasyon ortamın indirgen olmadığını göstermiştir. AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerinin, Al ile normalize edilmiş Ca ve Mn oranlarının ise kuvvetli pozitif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Bu da ortamın oksik olduğunun belirteçidir. Her iki sonuç birlikte değerlendirilirse ortamın disoksik olduğu söylenebilir.
- AP ÖSK organik madde içermeyen örneklerin ana oksitleri referans değerler ile karşılaştırıldığında, MgO, CaO ve Cr₂O₃ ana oksit miktarlarının referans değerlerden fazla olduğu ve bu ana oksitlerin zenginleştiği söylenebilmektedir. SiO₂ ve K₂O değerlerinin Şeyl ortalamasından fazla olduğu ancak UCC, NASC ve PAAS değerlerinden az olduğu görülmüştür.
- Ba, Co, Cu, Ni, Rb, Sr, V, Zn, Zr iz element değerlerinin referans değerlerden fazla olduğu görülmüştür. Bu durum söz konusu iz elementlerin zenginleştiğini göstermektedir. Özellikle Ba, Sr, V ve Zr'nin zenginleşme miktarları referans değerlere oranla oldukça fazladır. Karbonat minerallerinin fazla olması Sr'nin fazla olması ile paralellik göstermektedir. OM'de zenginleşen Cu, Ni, Zn ve V miktarlarının fazla olmasında OM miktarının fazla olması etkilidir.

Sonuç olarak saha çalışmaları ve kimyasal analizler (ICP-OES ve ICP-MS) sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesi neticesinde, AP ÖSK'nın ilk 50 metresinin kömür, 69-71, 87-89, 102-105, 171-172, 270-272, 278-296 metreleri arasındaki seviyelerin karbonat mineralleri diğer seviyelerin ise bitümlü şeyllerce baskın olduğu görülmüştür. Bitümlü şeyllerce zengin olan seviyelerin disoksik koşullarda çökeldiği, karbonatlı seviyelerin ise daha oksijenli koşullarda depolandığı belirlenmiştir. TOC ile ilksel üretkenlik ve besin arasındaki ilişkinin daha açık bir şekilde ortaya konulabilmesi için organik maddeli ve organik maddesiz olarak iki ayrılan örneklerden beklendiği gibi organik madde içerenlerin, besin göstergesi olan P ve Ba elementleri ile daha anlamlı ilişkiler gösterdiği,

TOC'un arttığı seviyelerde besin miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Element ilişkileri ve incelemeleri dikkate alındığında Hançili formasyonu bitümlü şeyl havzasının göl ortamında çökeldiği anlaşılmıştır. Havza tabanından tavanına doğru sistematik bir şekilde alınan numunelerin bitümlü şeyl ve karbonat litolojilerindeki geçişleri çökelme ortamının enerjisinin dönem dönem değiştiğine işaret etmektedir. Karbonat minerallerinin yoğun olarak gözlemlendiği seviyelerin çökelme sürecinin sıcak bir iklim dönemine denk geldiği söylenebilir. Ba, Co, Cu, Ni, Rb, Sr, V, Zn ve Zr gibi iz element miktarlarının referans değerlere göre zenginleştiği tespit edilmiştir. Havzadaki bitümlü şeyllerden petrol eldesinin mümkün ve ekonomik olması durumunda yan ürün olan küllerde yukarıda belirtilen elementlerin zenginleştirilmesinin mümkün olduğu düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Akarsu, İ. 1958. Çorum bölgesinin jeolojisi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 7(1).
- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağ, Z., Soysal, Y. ve Sunu, O. 1980. Eldivan-Şabanözü (Çankırı) ve Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi. MTA Report, No: 6741.
- Antoine, P.O., Karadenizli, L., Saraç, G. and Şen, Ş. 2008. A giant rhinocerotoid (Mammalia, Perissodactyla) from the Late Oligocene of north-central Anatolia (Turkey). Zoological Journal of the Linnean Society 152, 581–592.
- Aslan, Y., Büyüksaraç, A., Erik, Y.N., Aydemir, A. and Ateş, A. 2013. Geophysical Investigation and Hydrocarbon Potential of Çankırı-Çorum Basin. Journal of Petroleum Science and Engineering, 110, 94-108.
- Bauluz, B., Mayayo, M.J., Fernandez-Nieto, C. and Lopez, J.M.G. 2000. Geochemistry of Precambrian and Paleozoic siliciclastic rocks from the Iberian Range (NE Spain): implications for source-area weathering, sorting, provenance, and tectonic setting. Chemical Geology, 168(1), 135-150.
- Bertrand, P., Shimmield, G.B., Martinez, P., Grousset, F.E., Jorissen, F., Paterne, M., Pujol, C., Bouloubassi, I., Buat-Menard, P., Peyrouquet, J.-P., Beaufort, L., Sicre, M.-A., Lallier-Verges, E., Foster, J.M. and Ternois, Y. 1996. The glacial ocean productivity hypothesis: the importance of regional temporal and spatial studies. Marine Geology 130, 1-9.
- Birgili, Ş., Yoldaş, R. ve Ünal, G. 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Report No: 5621.
- Brumsack, H.J. 1989. Geochemistry of recent TOC-rich sediments from the Gulf of California and the Black Sea. Geologische Rundschau, 78, 851-882.
- Calvert, S. E. 1976. The mineralogy and geochemistry of nearshore environments. In: Chemical Oceanography, eds J.P. Riley and R. Chester, Academic Press, 6, 187-280.
- Calvert, S.E. and Pedersen, T.F. 1996. Sedimentary Geochemistry of Manganese: Implications for the Environment of Formation of Manganiferous Black Shales. Economic Geology 91, 36-47.
- Caplan, M.L. and Bustin, R.M. 1998. Paleooceanographic controls on geochemical characteristics of organic-rich Exshaw mudrocks: role of enhanced primary productivity. Organic Geochemistry, 30, 161–188.
- Davis, C., Pratt, L.M., Sliter, W.V., Mompert, L. and Murat, B., 1999. Factors influencing organic carbon and trace metal accumulation in the Upper Cretaceous La Luna Formation of the western Maracaibo basin, Venezuela. In: Barerra, E. and Johnson, C. (eds.), Evolution of the cretaceous ocean-climate system. Geol. Soc. Am. Spec. Pap. 332, Boulder, 203-230.
- Dymond, J., Suess, E. and Lyle, M. 1992. Barium in deep-sea sediment: a geochemical proxy for paleoproductivity. Paleoceanography, 163 - 181.
- Filippelli, G.M. and Delaney, M.L. 1994. The oceanic phosphorus cycle and continental weathering during the Neogene. Paleoceanography, 9(5), 643-652.
- Göçmen, D. 1989. Alpagut ve Dodurga sahasının jeoloji raporu M.T.A. Rap. 42285/1.
- Horton, B.K. and Schmitt, J.M. 1996. Sedimentology of a lacustrine fan-delta system, Miocene Horse Camp Formation, Nevada, USA. Sedimentology 43, 133–155.

- Hoşgör İ. ve Okan Y. 2006. Çankırı Havzası'nda (Orta Anadolu, Türkiye) Erken Orta Eosen (Orta-Geç Küviziye) Annelid polychaete *Rotularia spirulacea* Lamarck, 1818.
- Hunt, J.M. 1995. *Petroleum Geochemistry and Geology*. W.H. Freeman and Company, New York, 743.
- Huvaz, O. 2009. Comparative petroleum systems analysis of the interior basins of Turkey: implications for petroleum potential. *Marine and Petroleum Geology*, 26(8), 1656-1676.
- Kara, H., Erten, H., Gürsoy, B., Karaosmanoğlu, A., Güçlüer, N. ve Polat, N. 1990. Çorum-osmançık-dodurga-alpagut linyit sahası'nın jeoloji raporu, M.T.A. Rap. 42280/1.
- Karadenizli, L. 2011. Oligocene to Pliocene Palaeogeographic Evolution of The Çankırı-Çorum Basin. *Sedimentary Geology*, 237(1), 1-29.
- Karadenizli, L., Saraç, G., Sen, S., Seyitoğlu, G., Antoine, P.O., Kazancı, N., Varol, B., Alçiçek, M.C., Gül, A., Erten, H., Esat, K., Ozcan, F., Savasci, D., Antoine, A., Filoreau, X., Hervet, S., Bouvrain, G., de Bonis, L. and Hakyemez, H.Y. 2004. Oligo-Miocene Mammalian Biostratigraphy and Depositional Evolution of the Western and Southern parts of Çankırı-Çorum Basin, Central Anatolia. TUBITAK Project no: 101Y108: MTA report, No:10706.
- Kaymakçı, N. 2000. Tectono-stratigraphical evolution of the Çankırı Basin (Central Anatolia Turkey). *Geologia Ultraiectiona*, 190, 1–247.
- Kazancı, N., Şen, Ş., Seyitoğlu, G., Bonis, L. D., Bouvrain, G., Araz, H., Varol, B. and Karadenizli, L. 1999. Geology of a New Late Miocene Mammal Locality in Central Anatolia, Turkey. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series IIA-Earth and Planetary Science*, 329(7), 503-510.
- Kazancı, N. and Varol, B. 1990. Development of a mass flow-dominated fan-delta complex and associated carbonate reefs within a transgressive Paleocene succession, Central Anatolia, Turkey. *Sedimentary Geology* 68, 261-278.
- Krauskopf, K.B. 1955. Sedimentary deposits of rare metals. *Economic. Geology*, 50(1), 411.
- Middleburg, J.J. and Comans, R.N.J., 1991. Sorption of cadmium on hydroxyapatite. *Chemical Geology* 90, 45-53.
- Moradi, A.V., Sarı, A. and Akkaya, P. 2016a. Geochemistry of the Miocene oil shale (Hançili Formation) in the Çankırı-Çorum Basin, Central Turkey: Implications for Paleoclimate conditions, source-area weathering, provenance and tectonic setting. *Sedimentary Geology* 341, 289–303.
- Moradi A.V., Sarı, A. and Akkaya, P. 2016b. Paleoredox reconstruction of bituminous shales from the Miocene Hançili Formation, Çankırı-Çorum Basin, Turkey: Evaluating the role of anoxia in accumulation of organic-rich shales. *Marine and Petroleum Geology*. 78. 136-150.
- Murphy, A.E., Sageman, B.B., Hollander, D.J., Lyons, T.L. and Brett, C.E. 2000b. Black shale deposition and faunal overturn in the Devonian Appalachian Basin: clastic starvation, seasonal watercolumn mixing, and efficient biolimiting nutrient recycling. *Paleoceanography* 15, 280–291.
- Özçelik, Y. ve Savun, C. 1993. İskilip–Osmançık–Çorum–Sungurlu arasındaki alanın jeolojik ve petrol olanakları. TPAO raporu no:3290.
- Pettijohn, F.J., Potter P.E and Siever R. 1972. *Sand and Sandstone*. New York, Springer. 618.

- Plank, T. and Langmuir, C. H. 1998. The chemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle. *Chemical Geology* 145(3), 325-394.
- Platt, N.H. and Wright, V.P. (1991) Lacustrine Carbonates: Facies Models, Facies Distributions and Hydrocarbon Aspects, in *Lacustrine Facies Analysis*. Anadón, P., Cabrera, L., Kelts, K. (eds), Blackwell Publishing Ltd., 57–74, Oxford.
- Pye K. and Krinsley D.H. 1986. Diagenetic Carbonate and Evaporite Minerals in Rotliegend Aeolian Sandstones of the Southern North Sea: Their Nature and Relationship to Secondary Porosity Development. *Clay Minerals* 21, 443 – 457.
- Sarı, A., Akkaya, P. ve Attar, A. F. 2015b. Dodurga (Çorum) sahası kömürlerinde organik jeokimyasal incelemeler, 68. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 06-10 Nisan, Bildiri Özetleri Kitabı, 132-133, Ankara.
- Sarı, A., Akkaya, P., Yalçın, E., Karaca, G. ve Tantoğlu, G. 2014b. Dodurga (Çorum) civarı bitümlü şeyllerinin depolanma ortamı redoks koşulları, 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı 14-18 Nisan, Bildiri Özetleri Kitabı, 232-233, Ankara.
- Sarı, A., Attar, A. F. ve Akkaya, P. 2015a. Dodurga (Çorum) sahası kömürlerinde nadir toprak element zenginleşmelerinin incelenmesi, 68. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 06-10 Nisan, Bildiri Özetleri Kitabı, 356-357, Ankara.
- Sarı, A., Moradi, A.V., Yurtoğlu, A.K. ve Kulaksız, Y. 2014a. Dodurga (Çorum) formasyonu bitümlü kayaçlarındaki Uranyum zenginleşmeleri. 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı 14-18 Nisan, Bildiri Özetleri Kitabı, 116-117, Ankara.
- Schmitz, B. 1987. The TiO_2/Al_2O_3 ratio in the Cenozoic Bengal Abyssal Fan sediments and its use as a paleostream energy indicator. *Marine Geology Volume* 76, 195-206.
- Seyitoğlu, G., Aktuğ, B., Karadenizli, L., Kaypak, B., Şen, Ş., Kazancı, N., Işık, V., Esat, K., Parlak, O., Varol, B., Saraç, G. and İleri, İ. 2009. A Late Pliocene-Quaternary pinched crustal wedge in NW Central Anatolia, Turkey: a neotectonic structure accommodating the internal deformation of the Anatolia plate. *Geological Bulletin of Turkey* 52 (1), 125-158.
- Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karadenizli, L., Şen, Ş., Varol, B. and Karabıyıkoglu, T. 2000. Rockfall avalanche deposits associated with normal faulting in the NW of Çankırı Basin: implication for the post-collisional tectonic evolution of the Neo-Tethyan suture zone. *Terra Nova* 12 (6), 245-251.
- Shimmield, G.B. 1992. Can sediment geochemistry record changes in coastal upwelling palaeoproductivity? Evidence from northwest Africa and the Arabian Sea. *Geological Society, London, Special Publications* 64, 29-46.
- Sönmez, İ. 2014. Bozkır formasyonunda globerit – halit birlikteliği. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 149, 155-177.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics* 75, 181-241.
- Taşçı, E., Göçmen, D., Metli, F., Yağcı, A. ve Özten, A. 1983. Ayvaköy (Çorum-Dodurga) linyit sahasının jeolojik etüdü. *M.T.A. Rap.* 39525/8.
- Taşçı, E., Metli, F., Göçmen, D., Yağcı, A. ve Özten, A. 1983, Kargı-İncesu civarının jeolojik etüdü. *MTA raporu*, No.42, 15.
- Tissot, B.P. and Welte, D.H. 1984. *Petroleum formation and occurrence*. Springer - Verlag, 699.

- Toprak, S. 1996. Alpagut-Dodurga (Osmancık-Çorum) bölgesi çevresindeki kömürlerin oluşum ortamları ve özelliklerini belirlenmesi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, 168, Ankara.
- Tribovillard, N.P., Desprairies, A., Lallier-Verges, E., Bertrand, P., Moureau, N., Ramdani, A. and Ramanampisoa, L. 1994. Geochemical study of organic-matter rich cycles from the Kimmeridge Clay Formation of Yorkshire (UK): productivity versus anoxia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 108, 165-181.
- Turgeon, S. and Brumsack, H. J. 2006. Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian–Turonian Boundary Event (Cretaceous) in the Umbria–Marche Basin of central Italy. *Chemical Geology*, 234(3), 321-339.
- Turgut, H. ve Taşçı. E. 1985. Çorum Özel İdaresi'ne Ait Prt-751 Numaralı Kömür Sahası'nın Jeoloji Ve Sondajlı Arama Raporu. M.T.A., Rap. 40497.
- Tüysüz, O. ve Dellaloğlu, A.A., 1992. Çankırı havzasının tektonik birlikleri ve havzanın jeolojik evrimi. *Türkiye 9. Petrol Kongresi Bildirileri*. 333-349.
- Ünay, E., de Bruijn, H. and Saraç, G., 2003. The Oligocene rodent record of Anatolia: a review. In: Reumer, J.W.F., Wessels, W. (Eds.), *Distribution and Migration of Tertiary Mammals in Eurasia: A volume in honour of Hans de Bruijn- Deinsea*, 10, 531–537.
- Van Cappellen, P. and Ingall, E.D. 1994. Benthic phosphorus regeneration, net primary production and ocean anoxia: a model of the coupled marine biogeochemical cycles of carbon and phosphorus. *Paleoceanography*, 9, 677-692.
- Varol, B., Araz, H., Karadenizli, L., Kazancı, N., Seyitoğlu, G. and Şen, Ş. 2002. Sedimentology and paleogeography of Miocene evaporitic succession in the North of Çankırı-Çorum Basin, Central Anatolia, Turkey. *Carbonates and Evaporites* 17 (2), 197-209.
- Wedding, H. 1966. Dodurga (Alpagut-Çorum) sahasındaki kömür zuhurlarının yeni etütleri hakkında. M.T.A. Rap. 17402.
- Werne, J.P., Sageman, B.B., Lyons T.W. and Hollander, D.J. 2002. An Integrated Assessment of a “Type Euxinic” Deposit: Evidence for Multiple Controls on Black Shale deposition in the Middle Devonian Oatka Creek Formation. *American Journal of Science* 302, 110 – 143.
- Yalçın, H. ve Karşı, Ş. 1998. Dodurga (Çorum) kömür havzasında karbonat ve smektit minerallerinin kökeni ve diyagenetik evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 2, 95-108.
- Yoldaş, R. 1982. Tosya (Kastamonu) ile Bayat (Çorum) arasındaki bölgenin jeolojisi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, 311, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gurur TANTOĞLU

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 22.05.1987

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Mustafa Kemal Süper Lisesi (2005)

Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2011)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği
Anabilim Dalı (Aralık 2017)

Çalıştığı Kurum

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (2012)