

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**AKÇAKOCA (DÜZCE)-GİRESUN ARASI  
DENİZ ÇÖKELLERİNİN JEOKİMYASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeoloji Müh. İlknur BATAR**

**ŞUBAT 2008  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**AKÇAKOCA (DÜZCE)-GİRESUN ARASI  
DENİZ ÇÖKELLERİNİN JEOKİMYASI**

**Jeoloji Mühendisi İlknur BATAR**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Jeoloji Yüksek Mühendisi”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11.01.2008  
Tezin Savunma Tarihi : 04.02.2008**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Cüneyt ŞEN**

**Jüri Üyesi : Prof. Dr. Cemil YILMAZ**

**Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Coşkun ERÜZ**

**Enstitü Müdürü V. : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2008**

## ÖNSÖZ

Akçakoca (Düzce)-Giresun arası Karadeniz deniz tabanı çökellerinin jeokimyasının incelenmesini amaçlayan bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmayı yöneten ve denetleyen, tüm imkan ve desteğiyle yardımını esirgemeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Cüneyt ŞEN'e içtenlikle teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında bilgilerinden yararlandığım sayın hocalarım başta Prof. Dr. Cemil YILMAZ olmak üzere, Yrd. Doç. Dr. Coşkun ERÜZ, Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR, Öğr. Gör. Dr. Gülten YAYLALI ABANUZ, Yrd. Doç. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi'ne ait RV/ Denar-1 araştırma gemisi ile örneklerin alınmasında emeği geçen Arş. Gör. Koray ÖZŞEKER'e ve tüm gemi personeline teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca her zaman yanımda olan sevgili arkadaşlarım Jeoloji Mühendisi Gülin AKSOY, İnşaat Mühendisi Gül GENÇTÜRK, İnşaat Mühendisi Emine BAYRAM, Arş. Gör. Hatice KADAYIFÇI ve Arş. Gör. Esra HATIPOĞLU'na teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın değişik aşamalarında bana destek olan değerli arkadaşım Jeoloji Yük. Mühendisi Ahmet Dünder ŞEN'e teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca desteklerini esirgemeyen değerli annem İsmet BATAR'a, değerli babam Müslim BATAR'a ve sevgili abilerime teşekkürü bir borç bilirim.

İlknur BATAR

Trabzon 2008

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	2
1.3. Önceki Çalışmalar.....	2
1.4. Karadeniz'in Jeolojik ve Oşinografik Özellikleri.....	3
1.4.1. Morfolojik ve Batimetrik Özellikleri.....	3
1.4.2. Su Dengesi.....	6
1.4.3. Akıntılar.....	7
1.4.4. Oksijen.....	8
1.4.5. pH ve Tuzluluk.....	9
1.5. Bölgesel Jeoloji.....	10
1.5.1. Karadeniz ve çevresinin jeolojisi ve tektonik birlikleri.....	10
1.5.2. Çalışma Alanının Kıyı Jeolojisi.....	12
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	15
2.1. Materyal-Yöntem.....	15
2.1.1. Örnek Alım Yerleri.....	15
2.1.2. Örnek Alım Yöntemleri ve Örneklerin Analize Hazırlanması.....	15
3. BULGULAR.....	20
3.1. Ana Elementler.....	20
3.1.1. Silisyum.....	21
3.1.2. Alüminyum.....	21
3.1.3. Demir.....	22
3.1.4. Kalsiyum.....	23
3.1.5. Magnezyum.....	24
3.1.6. Sodyum.....	25
3.1.7. Potasyum.....	26

3.2.	İz Elementler.....	26
3.2.1.	Titanyum.....	28
3.2.2.	Fosfor.....	29
3.2.3	Manganez.....	29
3.2.4	Baryum.....	30
3.2.5.	Stronsiyum.....	31
3.2.6.	Vanadyum.....	32
3.2.7.	Nikel.....	33
3.2.8.	Çinko.....	34
3.2.9.	Bakır.....	35
3.2.10.	Kobalt.....	36
3.2.11.	Kurşun.....	37
3.2.12.	Arsenik.....	38
3.2.13.	Kadmiyum.....	39
3.3.	Karadeniz Çökellerinin Metal Zenginleşmesi Yönünden İncelenmesi.....	40
3.3.1.	Çökel zenginleşme Faktör sınıflaması.....	40
4.	SONUÇLAR.....	49
5.	KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ		

## ÖZET

Karadeniz Türkiye'nin kuzeyinde bulunan bir iç denizdir. İstanbul Boğazı ile Marmara, Çanakkale Boğazı ile de Ege ve Akdeniz'e bağlanır. Ayrıca kuzeyde Kerç Boğazı ile Azak Denizi'ne bağlanan Karadeniz, kendine özgü özelliklerinden dolayı birçok çalışmaya konu olmuştur.

Bu çalışmanın amacı, Karadeniz çökellerindeki ana ve iz element konsantrasyonlarını araştırmak ve Al normalizasyonu sayesinde metal kirlenmesini belirlemektir. Bu çalışma kapsamında R/V Denar-1 araştırma gemisi ile Akçakoca (Düzce)-Giresun arası deniz tabanından 14 adet çökel örneği alınmıştır. Çökellerin ana ve iz element konsantrasyonları yapılan kimyasal analizler sonucunda belirlenmiştir.

Genel olarak Karadeniz çökellerinin Fe ve K element konsantrasyonları sığ su çökeli ortalama değerinin altındadır (Wedepohl, 1969). Doğu Karadeniz'e yakın istasyonlardan alınan çökel örneklerinin üst katmanlarında yüksek Ni, Co, Pb, Mn, Cu, Sr, Ba, As ve Cd konsantrasyonları bulunmuştur. Bu yüksek değerler, doğal ve insan kaynaklı girdilerin bileşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Karadeniz çökellerindeki Pb, Mn, Cu, Ni ve Co konsantrasyonları çökel zenginleşme faktörü sınıflamasına göre çökel tabakalarında zenginleştiği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve önceki çalışmaların gösterdiği gibi Doğu Karadeniz'den alınan dip çökel örneklerinde Pb, Zn, Cu, Ni, Co ve Mn değerlerinde artış göstermektedir. Bu artış kıyı alanlarının metal açısından zengin yapısı ve buna bağlı olarak nehirlerin havza alanından taşıdığı mineral tortulardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Karadeniz, çökel, metal kirliliği

## SUMMARY

### **Geochemistry of the Sea Sediments Between Akçakoca (Düzce) and Giresun**

The Black Sea is an inland sea which is located in the North of Turkey. The Bosphorus Strait connects it to the Sea of Marmara, then the long island-bound strait of the Dardenelles to the Aegean Sea region of the Mediterranean. The Black sea is also connected to the Sea of Azov by the Strait of Kerch and has been the subject of many studies, due to its unique properties.

The aim of this work was to investigate the concentrations of major and trace elements in the sediments of the Black Sea and evaluate the metal contamination with Al normalizations. For the study, the Black Sea sediments were collected from 14 stations by R/V Denar-I exploration boat. Major and trace element concentrations of sediments were determined after chemical analysis.

Generally, Fe and K concentrations are below the average shallow sea sediment (Wedepohl, 1969) Fe and K concentrations. The high Ni, Co, Pb, Mn, Cu, Sr, Ba, As and Cd contents at the top of the cores from stations which are close to the Eastern part of the Black Sea may most probably suggest a combination of diagenetic and anthropogenic effects. Pb, Mn, Cu, Ni and Co concentrations have been enriched within the bottom sediments of Black Sea according to the classification of sediment enrichment factor (SEF).

Previous data and results obtained from this study show an increase in Pb, Zn, Cu, Ni, Co and Mn contents in the eastern bottom sediments. This is because of the metal rich rocks in coast areas and associated economic mineral deposits in the catchment areas of rivers.

**Key Words:** Black Sea, sediments, metal contamination.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Karadeniz'in coğrafik konumu.....	4
Şekil 2.	Karadeniz'in beslenme havzaları .....	7
Şekil 3.	Karadeniz'in yüzey tabakasındaki genel dolaşım ve döngü sistemleri.....	8
Şekil 4.	Karadeniz'in güney yarısına ait yüzey tabakası tuzluluk dağılımı.....	10
Şekil 5.	Karadeniz'i çevreleyen alanları oluşturan tektonik birlikler.....	11
Şekil 6.	Çalışma alanının kıyı jeolojisi haritası .....	14
Şekil 7	Dip çökellerinin portakal kabuğu kepçesi ile örnekleme.....	16
Şekil 8.	İnceleme alanına ait maden yatakları haritası ve örnek alım yerleri .....	18
Şekil 9.	Tüm çökel örneklerinin SiO <sub>2</sub> (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	21
Şekil 10.	Tüm çökel örneklerinin Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değerleriyle karşılaştırılması.....	22
Şekil 11.	Tüm çökel örneklerinin Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması .....	23
Şekil 12.	Tüm çökel örneklerinin CaO (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	24
Şekil 13.	Tüm çökel örneklerinin MgO (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması .....	25
Şekil 14.	Tüm çökel örneklerinin Na <sub>2</sub> O (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	25
Şekil 15.	Tüm çökel örneklerinin K <sub>2</sub> O (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	26
Şekil 16.	Tüm çökel örneklerinin TiO <sub>2</sub> (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	28
Şekil 17.	Tüm çökel örneklerinin P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	29
Şekil 18.	Tüm çökel örneklerinin Mn (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması	30
Şekil 19.	Tüm çökel örneklerinin Ba (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	31



Şekil 20.	Tüm çökel örneklerinin Sr (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	32
Şekil 21.	Tüm çökel örneklerinin V (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	33
Şekil 22.	Tüm çökel örneklerinin Ni (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	34
Şekil 23.	Tüm çökel örneklerinin Zn (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	35
Şekil 24.	Tüm çökel örneklerinin Cu (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	36
Şekil 25.	Tüm çökel örneklerinin Co (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	37
Şekil 26.	Tüm çökel örneklerinin Pb (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	38
Şekil 27.	Tüm çökel örneklerinin As (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	38
Şekil 28.	Tüm çökel örneklerinin Cd (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması.....	39
Şekil 29.	Akçakoca açıklarından alınan çökel örneklerindeki ortalama Si, Al, Fe, Ti, Na, K, Mg, Ca ve P konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri.....	44
Şekil 30.	Zonguldak, Cide, İnebolu açıklarından alınan çökel örneklerindeki Si, Al, Fe, Ti, Na, K, Mg, Ca ve P konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri .....	44
Şekil 31.	Gerze, Bafra, Yeşilırmak açıklarından alınan çökel örneklerindeki Si, Al, Fe, Ti, Na, K, Mg, Ca ve P konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri .....	45
Şekil 32.	Ordu ve Giresun açıklarından alınan çökel örneklerindeki Si, Al, Fe, Ti, Na, K, Mg, Ca ve P konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri .....	45
Şekil 33.	Akçakoca açıklarından alınan çökel örneklerindeki ortalama Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri.....	47
Şekil 34.	Zonguldak, Cide, İnebolu açıklarından alınan çökel örneklerindeki Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri.....	47

- Şekil 35. Gerze, Bafra, Yeşilirmak açıklarından alınan çökel örneklerindeki ortalama Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri..... 48
- Şekil 36. Ordu ve Giresun açıklarından alınan çökel örneklerindeki ortalama Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As P konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri..... 48

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Örnek alım yerleri ve özellikleri.....	17
Tablo 2. Çalışma alanındaki çökel örneklerinin ana element analiz sonuçları (%).....	19
Tablo 3. Çalışma alanındaki çökel örneklerinin iz element analiz sonuçları (ppm).....	19
Tablo 4. Yerkabuğu ve değişik türdeki çökellerin ana element bileşimi (%).....	20
Tablo 5. Çalışma alanındaki çökel örneklerinin ana element değer aralıkları.....	21
Tablo 6. Çalışma alanındaki çökel örneklerinin iz element değer aralıkları.....	27
Tablo 7. Yerkabuğu ve değişik türdeki çökellerin iz element bileşimi.....	28
Tablo 8. Yerkabuğu ve çökellerin element bileşimi .....	41
Tablo 9. Çökel örneklerinin ana elementlere ait çökel zenginleşme faktörleri.....	42
Tablo 10. Çökel örneklerinin iz elementlere ait çökel zenginleşme faktörleri .....	42

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Denizler jeolojik anlamda bir çökeltme havzasıdır ve gerek litolojik, gerekse antropojenik (insan kaynaklı) malzemelerle sürekli olarak doldurulmakta bir başka deyişle kirlenmektedir. Bir çok organik kirleneticiler, metal bileşikleri ve besinler, su kolonuna girmekte ve çökeltme sonrasında çökelt tabakasında birikmektedir. Çökeltlerde biriken değişik kökene sahip bu kirleneticiler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerle, çökeltme sonrası tekrar su kolonuna geçiş yapabilir. Böylece çökeltler sulu ortamlardaki çevre kirleneticileri için bir kaynak özelliğindedirler (Johnson ve Nicholls, 1988 ve Förstner vd., 1993). Dolayısıyla su ortamlarında var olan kirliliğin belirlenmesinde çökelt analizlerinin rolü büyüktür.

Çökeltlerdeki organik, inorganik bileşimler, besin elementleri, ağır metaller ve metal bileşikleri ya dış kaynaklardan gelmekte ya da göl veya nehir ortamı içerisinde oluşmaktadır. Çökeltler içerisindeki bu maddeler aşırı miktarlarda buldukları zaman potansiyel kirleneticiler olarak göz önünde tutulmalıdırlar.

Kıyı boyunca yerleşimin yoğunluğu, deniz kullanımının çeşitliliği ve endüstrileşmenin hızlı ve kontrolsüz olarak gelişmesi sonucunda diğer denizlerde olduğu gibi Karadeniz’de de kirlenmeye sebep olmuşlardır. Karadeniz’in fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri Ege ve Akdeniz’e göre oldukça farklıdır (Oğuz ve Tuğrul, 1990; Bingel ve Ünsal, 1990). Bir yandan İstanbul Boğaz’ından giren alt akıntı, gerek Akdeniz’den, gerekse Marmara Denizi’nden bazı kirleneticileri bu denize taşımaktadır. Diğer yandan ülkemizden Sakarya Nehri ve bazı çaylar (Filyos Çayı) ile özellikle batı ve kuzey batıdan Tuna, Dinyeper ve Dinyester nehirleri vasıtasıyla önemli miktarda kirleneticiler de Batı Karadeniz’e ulaşmaktadır. Orta ve Doğu Karadeniz’e başlıca 3 büyük nehir (Kızılırmak, Yeşilirmak ve Çoruh) ile pek çok ırmak ve dere dökülmektedir. Bu bölge ayrıca maden yatakları yönünden de oldukça zengindir. Bu madenler arasında özellikle bakır ve kurşun önemli bir yer tutmakta ve bu madenlerin atıkları ya doğrudan denize verilmekte ya da gerek yağmur ve sel sularıyla gerekse nehirler yoluyla dolaylı olarak Karadeniz’e karışmaktadır. Diğer yandan özellikle Orta ve Doğu Karadeniz’de yerleşim alanları çok ve geniş bir alana yayılmış olup kıyı boyunca devam etmektedir. Buna bağlı olarak tarımsal faaliyetler ve endüstrileşme de yoğunlaşmıştır.

## 1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Akçakoca (Düzce)-Giresun arasında kalan sahanın kuzeyinde, Karadeniz sahil kesiminde, deniz tabanı çökellerinin ana ve iz elementlerinin konsantrasyonlarını araştırmak ve Al normalizasyonu sayesinde metal kirlenmesini belirlemektir.

Çalışma yapılan alan Karadeniz Bölgesi'nde, Akçakoca (Düzce)-Giresun arasında kalan sahanın kuzeyinde Karadeniz sahilidir (Şekil 1).

## 1.3. Önceki Çalışmalar

Yücesoy ve Ergin (1992), tarafından yapılan araştırmanın sonuçlarına göre, çökel kayaların ortalama bileşimi ile Karadeniz çökeli karşılaştırıldığında, genel olarak Fe, Co ve Mn konsantrasyonlarının benzer olduğu görülür. Bununla birlikte Cr, Ni, Cu, Zn ve Pb değerleri Güney Karadeniz çökellerinde, çökel kayalardakinden ortalama olarak daha fazla bulunmuştur. Çalışma alanının doğu bölümünde Cr, Ni, Cu ve daha düşük oranlarda Fe ve Mn diğer bölümlere oranla daha bol gözükmektedir.

Topçuoğlu vd. (1998), tarafından yapılan araştırma sonuçlarına göre, 1995 yılında Sinop ve Kilyos çökellerinde yapılan analizlerde Ce, La, Se, Cs, Co ve Sb konsantrasyonlarında belirgin bir farklılık bulunamamıştır. Diğer taraftan As, Kilyos çökellerinde yüksek, Cr ve Zn ise daha düşük konsantrasyonlarda bulunmuştur.

Akyüz vd. (1995), tarafından Karadeniz dip çökellerinde 40 farklı istasyondan toplam 100 adet çökel kor örnekleme gerçekleştirilmiştir. Çökel kesitinin farklı derinliklerine göre analizlerin yapıldığı bu çalışmada (Br+I) ile  $U_3O_8$ , (Br+I) ile Mo ve organik karbon arasında doğrusal korelasyonlar bulunmuştur.

Güven vd. (1997), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Sinop ve Güney Batı Karadeniz sahilinde yer alan toplam 4 istasyondan alınan yüzey çökel örnekleri incelenmiştir. Sb' un Şile'de, As' in Riva' da, Cr, Fe ve Zn'un Sinop'ta yüksek olduğu rapor edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, Karadeniz'in Türkiye kıyılarında metal kirliliğinin arttığı bildirilmiştir.

Algan vd. (1999), tarafından yapılan çalışmada, Marmara ve Karadeniz kıyı sularından toplam 28 adet yüzey çökel örneği alınmış, örnekleme 10 ay aralıkla iki kez yapılmıştır. Analizler sonucunda Cu, Pb ve Zn miktarlarında zamana bağlı bir azalma görülmezken, Fe ve Mn'in arttığı, Hg ve Ni'in azaldığı belirlenmiştir. İstanbul Boğazı'nın Marmara Denizi girişinde metal değerleri daha yüksek bulunmuştur. Bu durum kara kaynaklı kirletici girdisi ile ilişkilendirilmiştir.

Topcuoğlu vd. (2002), tarafından Güney Karadeniz sahilindeki 6 istasyonda yapılan çalışmada makro alg, balık ve yüzey çökeli analiz sonuçlarına göre Karadeniz'in Türkiye kıyılarının ağır metal kirliliği ile yüz yüze olduğu belirtilmektedir.

Topcuoğlu vd. (2004), tarafından Ünye'de gerçekleştirilen bir çalışmada yüzey çökeline Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Fe ve Mn konsantrasyonları, Pazar (Rize) yöresi yüzey çökeline elde edilen sonuçlardan yüksek bulunmuştur.

#### **1.4. Karadeniz'in Jeolojik ve Oşinografik Özellikleri**

##### **1.4.1. Morfolojik ve Batimetrik Özellikler**

Karadeniz;  $40^{\circ} 55'$  ve  $46^{\circ} 32'$  kuzey enlemleriyle,  $27^{\circ} 27'$  ve  $41^{\circ} 42'$  doğu boylamları arasında yer alan  $537.000 \text{ m}^3$  hacmi ile ve  $432.000 \text{ km}^2$ 'lik alanı ile dünyanın en büyük anoksik basenlerinden biridir (Şekil 1). Karadeniz güney ve güneybatıdan İstanbul Boğazı ile Marmara Denizi'ne bağlanırken; Marmara Denizi de kendi içinde Çanakkale Boğazı ile Ege ve Akdeniz'e bağlanır. Kuzeyde ise Kerç Boğazı Karadeniz'i  $39.000 \text{ km}^2$ 'lik alana ve ortalama 8 m derinliğe sahip Azak Denizi'ne bağlar (Ross ve Degends, 1974).



Şekil 1. Karadeniz'in coğrafik konumu ([http:// www.ocean.udel.edu/blacksea/geography/index.html](http://www.ocean.udel.edu/blacksea/geography/index.html)).

Karadeniz'in beslenme alanı Avrupa ve Asya kıtalarında olmak üzere 22 ülkeden ve 2 milyon km<sup>2</sup>'lik bir alana sahiptir. Doğu-batı yönünde uzunluğu 1149 km, kuzey- güney yönünde maksimum genişliği 611 km'dir. Karadeniz'in kıyı şeridinin uzunluğu yaklaşık 4.340 km olup Türkiye'nin Karadeniz'deki kıyı şeridi uzunluğu ise yaklaşık 1.400 km'dir (Ross, 1977). Karadeniz'in kıyı şeridi çok engebeli değildir, birkaç tane yarım ada ve körfez bulunmasına karşın, büyük adalar bulunmamaktadır. En derin noktası 2.212 m'dir, derinliği 200 m'yi geçmeyen bölgeler toplam alanın %27'sini oluşturur ve daha çok kuzeybatı Karadeniz'de bulunur. Karadeniz Havzası'nın %70'e varan iç kesimi derinliği 2000 m'yi aşan, nispeten düz bir taban topoğrafyasından oluşmakta ve çok dik bir topoğrafik eğim ile havzanın etrafını çevreleyen kıta sahanlığına bağlanmaktadır.

Karadeniz; kuzey ve kuzeydoğudan Kafkaslar ve Kırım Dağları ile, güneyden ise Kuzey Anadolu Dağları arasında yer alır. Karadeniz fizyografik bakımdan dört bölüme ayrılabilir. Bunlar kıta sahanlığı, kıta yamacı, havza önlüğü ve derin düzlükler bölümleridir. Kıta sahanlığının sınırı Karadeniz'de genellikle 100 m derinliğe inmektedir. Bu derinlik Azak Denizi'nin güneyinde ve Kırım yarımadası çevresinde 130 metreye kadar varmaktadır. Güney ve doğuda birkaç kilometre daralırken, Kırım yarımadasının batısında 200 km'ye kadar genişlemektedir. Rize kuzeyinde 2-3 km, Orta Karadeniz Bölgesi'nde 35

km'lik bir Őelf ve dar bir yamaçta kıtasal yokuŐ ve abisal düzlüğe geçilmektedir. Basen yamacında büyük kayma kütleleri vardır. Kuzey Anadolu'da Karadeniz'e dökülen Çoruh, Kızılırmak, Yeşilirmak ve Sakarya nehirleri yöresinde, Őelfin dar oluşu ve çökelleri kapanlayacak önemli deltaların yokluğu nedeniyle gelen çökeller mevcut kanyonlar yoluyla havzanın derin kısımlarına kadar ulaşmaktadır (Aksaray, 1978).

Kıta yamacı özellikle Türkiye kıyılarında, Kafkas dağları çevresinde ve Kırım yarımadası önlerinde çok parçalanmıştır. Eğim 1:40 dolayındadır. Kıta yamacı genellikle 1800-2000 m derinliklerine kadar ulaşmaktadır. Eğimi 1:1000 den daha düşük olan derin düzlükler bazı yerlerde 2000 m, bazı yerlerde ise 2160 m derinlikten başlamaktadır. Bu düzlükler ile yamaçların alt sınırı arasında yer alan önlük kuşağı Karadeniz'de çok geniş alanlar kaplamaktadır. Karadeniz'de topografik olarak iki değişik türde kıta yamacı seçilebilir. Bunlardan biri, denizaltı kanyonları tarafından derin olarak yarılmıŐ oldukça dik eğimli yamaçlar durumunda iken, diğeri çok tatlı eğimli düzlemsel yamaçlar şeklindedir. Ereğli açıklarındaki Ereğli kanyonunun genişliği 4 km, yüksekliği 350 m, Sakarya kanyonunun genişliği ise 11 km olup, yüksekliği 550 m kadardır. Kanyonlar kıyıya dik veya eğik olarak Őelften kıta yokuŐuna doğru uzanırlar. Kıyıya paralel olanları da vardır. Ancak, bunlar kayma kökenlidirler (Aksaray, 1978). Tuna nehrinin deltası derin düzlüklere kadar uzanmaktadır. Ancak bu delta günümüz koşullarında gelişmesini sürdürmemektedir. Karadeniz havzasının orta kuşağı, su dolaŐımı engellenmiŐ derin deniz düzlüğü olup, eğimi 1:1000 den azdır.

Karadeniz'de iki ayrı tipte kıyının varlığı dikkat çeker. Doğu ve güneyde Őelf gelişmemiŐtir ve kıyıları çok kısa bir yatay mesafede aniden derinleşir. Karadeniz'in kuzey ve batı kısmında ise geniş bir Őelf mevcuttur ve bunun önünde bir kıta Őevini takiben abisal düzlüğe geçilir (Erinç,1984) (Şekil 1).

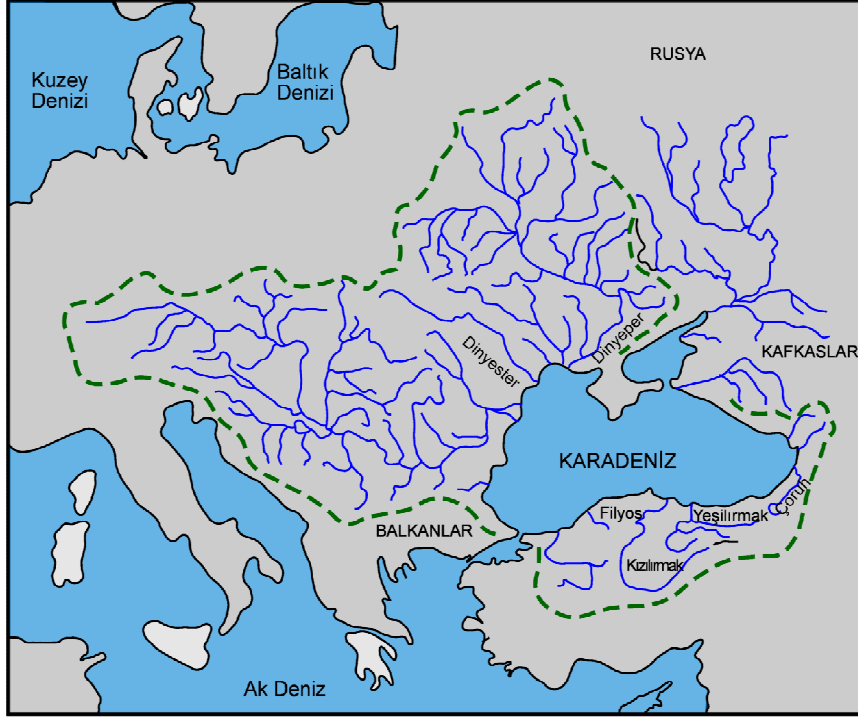


### 1.4.2. Su Dengesi

Karadeniz'deki su dengesi çok geniş drenaj alanı, çok sayıdaki akarsu kaynakları ve dünya okyanuslarından yüksek derecede izole olmasıyla sağlanmaktadır (Şekil 2). İnsan kaynaklı etkilerden dolayı tuz içeriği ve su dengesi rejimi değişmektedir. Özellikle biyolojik olarak yüksek üretime sahip olan kuzeybatı bölgesindeki İstanbul Boğazı'ndan gelen su girişi ve çıkışı Karadeniz'in hidrografisine ve ekosistemine büyük katkılar yapmaktadır. Akarsu yoluyla beslenmenin yanı sıra; buharlaşmanın, yağışın, Marmara ve Azak Denizleri'nin Karadeniz'in su dengesinde önemli etkileri bulunmaktadır.

Karadeniz'in beslenme havzası  $1.875.000\text{km}^2$ 'dir. Ortalama beslenme miktarı ise; 1921-1988 arası  $353\text{ km}^3/\text{yıl}$ 'dır (Zaitsev ve Mamaev,1997). Bunun en önemli kısmını Tuna Nehri oluşturmaktadır. Tuna'dan boşalan suyun hacmi  $203\text{ km}^3$ 'tür. Ayrıca Dinyester ve Bug nehirlerinden  $54.7\text{ km}^3$ 'lük bir su boşalımı olur. Türkiye kıyılarından Karadeniz'e en fazla su boşalımı; Sakarya, Kızılırmak ve Yeşilirmak'tan olup, her biri yaklaşık olarak yıllık  $6\text{ km}^3$ 'lük hacme sahiptir.

Karadeniz tabanının asimetrik şekli toplam nehir beslenme alanı dağılımının düzensiz olduğunu göstermektedir. Karadeniz'in en büyük beslenme hacmine sahip bölümleri kuzeybatı kısmındaki Kafkaslar, Türkiye, Bulgaristan ve Romanya sahilleridir. Karadeniz'e nehirler ve yağışlar ile olan tatlı su girdisi buharlaşma nedeniyle olan su kaybından daha fazladır. Su bütçesindeki  $300\text{ km}^3/\text{yıl}$  civarındaki fazlalık İstanbul Boğazı yoluyla Karadeniz'den Marmara yönünde gerçekleşen net su çıktısı ile dengelenmektedir. Boğaz yolu ile yaklaşık  $600\text{ km}^3/\text{yıl}$  debisinde bir su kütlesi Karadeniz'den Ege Denizi'ne doğru yüzey suları ile taşınmaktadır. Bu su kütesinin altında, daha yoğun Akdeniz kaynaklı  $300\text{ km}^3/\text{yıl}$  debisindeki bir su kütlesi ise Karadeniz'e girmektedir. Bu tür bir artı su bütçesi son 5000-10000 yılda Karadeniz'in boğazlar yoluyla Akdeniz'e bağlanması ve Akdeniz kaynaklı suları almaya başlamasıyla ortaya çıkmıştır (Ünlüata vd., 1990).



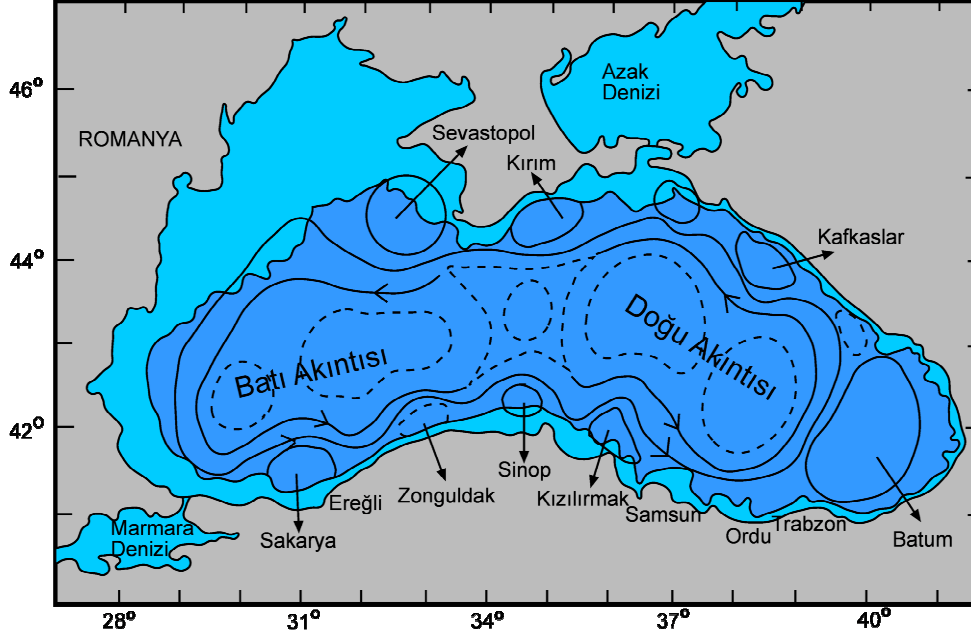
Şekil 2. Karadeniz'in beslenme havzaları [Aktürk'den (2005) değiştirilerek alınmıştır].

### 1.4.3. Akıntılar

Deniz çökellerinin çökmesi ile ilgili araştırmalarda dikkate alınması gereken en önemli öğelerden biri de denizdeki akıntı sistemleridir. Çünkü bu sistemler çökel çökmesi sırasında gercin yayılımını ileri derecede etkilediği gibi, çökellerin granülometrik ve mineralojik özellikleri ile yapısal karakteristiklerini de önemli ölçüde kararlaştırır.

Karadeniz'de birbirinden keskin bir yoğunluk ara yüzeyi ile ayrılan iki tabakalı su kütlesi yapısına uygun olarak iki tabakalı bir dolaşım sistemi bulunmaktadır (Oğuz vd. 1998; Özsoy ve Ünlüata, 1997; Sur vd. 1994, 1996). Yaklaşık derinliği 100-150 m olan yüzey tabakası içinde belirlenen Karadeniz Kıyusal Akıntı Sistemi (KAS), kıyusal bölgeyi kıvrımlar ve menderesler oluşturarak, siklonik dolaşmakta olup daha az tuzlu ve genellikle küçük antisiklonik döngülerden oluşan dar kıyı kuşağını, iç bölgeyi kaplayan büyük siklonik hücrelerden ayırmaktadır (Şekil 3). KAS içindeki akıntıların şiddeti mevsimsel olarak değişmektedir. 100-150 m'lik yüzey tabakası içinde ilkbaharda 50 cm/sn'den fazla ve zaman zaman 100 cm/sn'ye ulaşan akıntılar ölçülmüştür. Sonbahar aylarında ise yaklaşık 30 cm/sn şiddetindeki akıntıların varlığı bilinmektedir. 200 m'nin altındaki

derinliklerde akıntı hızı 10 cm/sn'ye, 500-1000m derinliklerde ise  $\pm 2,5$  cm/sn'ye düşmektedir. Aşağı katmanda dolaşım sisteminin yapısı hakkında detaylı bilgi mevcut değildir.



Şekil 3. Karadeniz'in yüzey tabakasındaki genel dolaşım ve döngü sistemleri (Oğuz vd., 1993).

#### 1.4.4. Oksijen

Karadeniz dünyanın en büyük stabil anoksik baseni olmasından ötürü anoksik oşinografik koşulların çalışılması için önemli bir basendir. Karadeniz, su kütleinin % 87'si oksijensiz olan ve havzanın 150-200 m'den daha derin tüm hacmini kaplayan hidrojen sülfat nedeni ile anoksik bir yapıya sahiptir (Sorokin, 1986).

Günümüzde birçok bilim adamı kalıcı haloklinin 100 ila 200 metre arasında yer aldığını ve oksijenin yüzeyden dibe hareketinin en önemli faktör olarak belirgin bir düşey akıntı olmamasını gösterirler. Yıllardır organik madde batmaya devam etmekte ve Karadeniz'in dip suları içinde yer almaktadır. Haloklin seviyesinin altındaki anoksik şartlarda, nitratlardaki oksijen sınırlarını ve özellikle sülfatları kullanarak meydana gelen organik maddenin bozulma olayı gerçekleşir.

Karadeniz'de 100 m'den tabana ve hatta 2000 m'den daha derine kadar olan bir kesiti göz önüne alındığında; bu kısmın oksijensiz ve düşük hidrojen sülfid ve metan

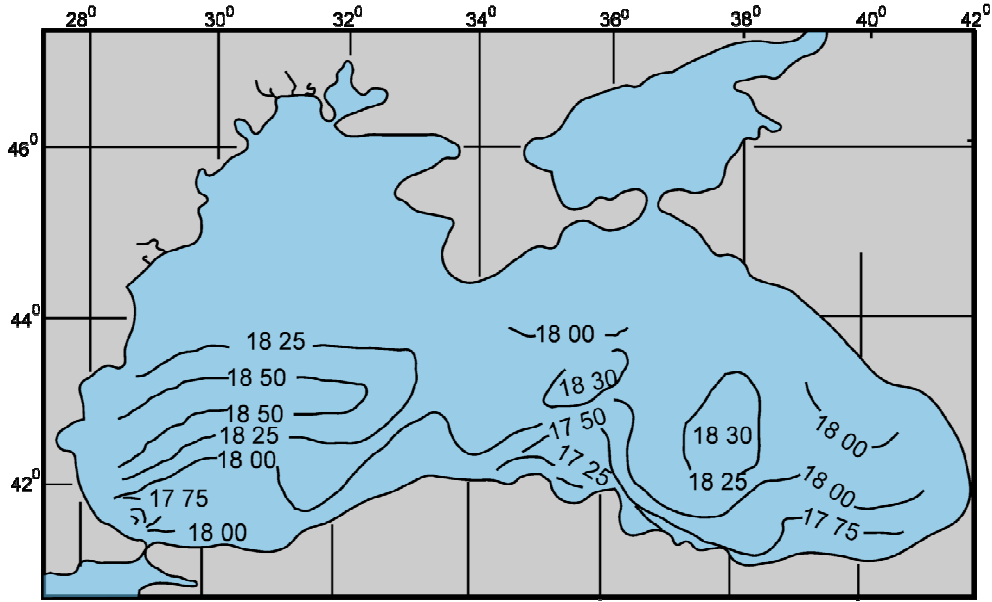
konsantrasyonuna sahip olduğu görülür. Oksik ve anoksik çevreler arasındaki sınırlar O, N, C, S, Mn ve Fe gibi birçok element türünün değişimine neden olan oksidasyon azaltma reaksiyonları çalışmaları için cazip bir alandır.

Lein vd. (1991)'ne göre, Karadeniz'deki H<sub>2</sub>S'nin kaynağı, su kolonu ve holosen çökelleri (<7300 yıl) içindeki sülfatın bakteriler tarafından tüketilmesidir. H<sub>2</sub>S'nin nicel kaynakları ve dibe doğru hareketi uzun zamanlar bilimsel tartışma konusu olmuştur. Bu konu son yıllarda Karadeniz'in ekolojik durumu büyük ölçüde değiştiğinden beri daha ciddi bir hal almıştır. Lein vd. (1991)'nin Karadeniz'in derin çökellerindeki H<sub>2</sub>S üretimi ile ilgili yaptıkları araştırmalar göstermiştir ki; Batı basenindeki çökel kütleleri, doğu basenindeki daha geniş ve daha büyük olan çökel kütlelerinden 5 kat daha fazla H<sub>2</sub>S üretmektedir.

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki; her yıl Karadeniz'de 33,62 x 10<sup>6</sup> ton H<sub>2</sub>S üretilmektedir. Çökellerden su kolonuna katılan H<sub>2</sub>S miktarı 13 x 10<sup>6</sup> ton/yıl'dır ve bunun 5,25 x 10<sup>6</sup> ton/yıl'lık miktarı derin su çökellerinden sağlanmaktadır. Bu akım katı maddece fakir, sülfür formunun aşağı hareketi ile dengelenir. Karadeniz'deki yıllık toplam H<sub>2</sub>S üretiminin yarısından fazlası su kolonunda gerçekleşmektedir.

#### **1.4.5. pH ve Tuzluluk**

Karadeniz'in pH oranı 7.5-8.3 arasında değişir ve derinlikle azalır. Yüzey sularının pH değeri 8.2 ve 8.3 arasındadır (Grasshoff, 1975). Yüzey altı sularında oksijen tüketimi karbondioksit konsantrasyonunda artışa neden olur. Bu artış haloklin derinliğinde pH değerinin 8.0'a düşmesine neden olur. Bu derinliğin altında yaklaşık bin metre civarında pH değeri 7,6'ya düşer. Üretilen organik maddelerin çoğunun haloklin seviyesinin hemen üstünde ve altında okside olduğunu vurgulamıştır. Bu durum dip sularında az miktarda CO<sub>2</sub> üretimi ile takip edilir. Üretilen CO<sub>2</sub>'in bir kısmı kemosentetik bakteri tarafından tüketilir (Grasshoff, 1975). Karadeniz'in alkalinite değerlerinin olağandışı yüksek olduğunu vurgulamıştır. Anoksik kısımlarının alkalinitesi yaklaşık olarak 4.5 meq/L'e kadar yükselirken yüzey sularının alkanitesi yaklaşık olarak 3.4 meq/L olduğunu ayrıca vurgulamıştır. Anoksik dip sularında HS<sup>-1</sup> ve S<sup>-2</sup> iyonlarının toplam alkaliniteye katkısı tartışılmalıdır. Grasshoff ayrıca yüzey sularındaki yüksek alkalinite değerlerinin kireç içeriğince zengin beslenme alanlardan gelen çok miktarda taze su gelişi ile ilişkilendirmiştir.



Şekil 4. Karadeniz'in güney yarısına ait yüzey tabakası tuzluluk dağılımı (Erüz C., 1992'den alınmıştır).

## 1.5. Bölgesel Jeoloji

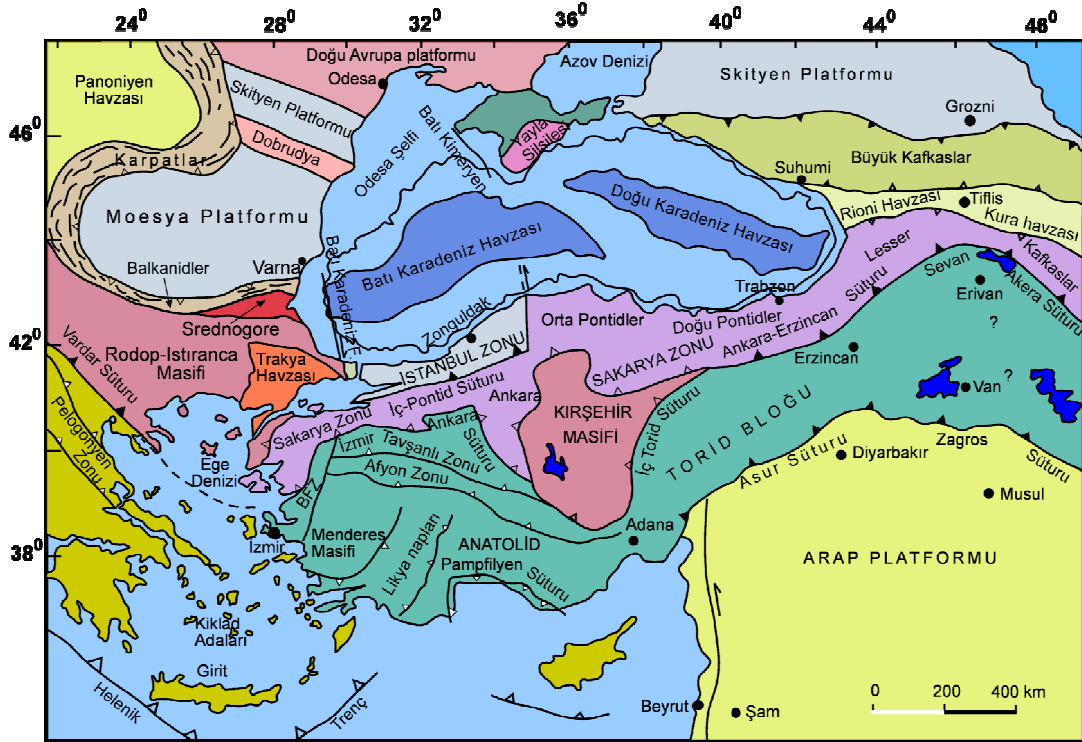
### 1.5.1. Karadeniz Çevresinin Jeolojisi ve Tektonik Birlikleri

Karadeniz'in oluşum zamanı ve mekanizmasına dair çok çeşitli modeller önerilmiştir. Başlangıçta Karadeniz'in oluşumu için Prekambriyen'den (Milanovskiy, 1967) Kuvaterner'e (Nalivkin, 1960) kadar farklı zamanlar öngörülmekte iken 1970'li yılların sonundan itibaren bu öneriler terk edilmeye başlanmıştır. Levha tektoniğine yönelik çalışmalar arttıkça ve Alp-Himalaya sistemini oluşturan Tetis sistemi öğrenildikçe Karadeniz'in de bu sistemin bütünü içerisinde bir parça olduğu anlaşılmış ve Karadeniz'in Kretase'de açılmış bir yay ardı havza olduğu büyük ölçüde kabul edilmeye başlamıştır. Bu modern görüşe önderlik eden başlıca çalışmalar arasında ise Adamia vd. (1974), Hsu vd. (1977), Letouzey vd. (1977), Manetti vd. (1988), Görür (1988) ve Okay vd. (1994) sayılabilir.

Karadeniz, bugünkü genel kabule göre güneyde bulunan Tetis Okyanusu'nun kuzeye doğru dalması sonucunda bir yayardı havza olarak oluşmuştur. Her ne kadar oluşum zamanı ve mekanizması açısından önemli görüş ayrılıkları varsa da Karadeniz'i çevreleyen

alanları oluşturan tektonik birlikler hakkında az çok bir görüş birliği vardır. Şekil 5. bu tektonik birlikleri göstermektedir. Bu tektonik birlikler sırası ile şunlardır:

- 1 -Istranca Masifi
- 2- Balkan Bindirme Kuşağı ve Önbalkan Zonu
- 3- Moesya Platformu
- 4- Kuzey Dobruca Orojeni
- 5- Skitya Platformu
- 6- Doğu Avrupa Platformu
- 7- Kırım
- 8- Büyük Kafkaslar
- 9- Ahcara-Trialet Kıvrım Kuşağı (Küçük Kafkaslar) ve Rioni Havzası
- 10-Istranca Zonu
- 11- İstanbul Zonu
- 12-Orta Pontidler
- 13- Doğu Pontidler



Şekil 5. Karadeniz'i çevreleyen alanları oluşturan tektonik birlikler (Okan, T., 1998).

### 1.5.2. Çalışma Alanının Kıyı Jeolojisi

Akçakoca (Düzce)-Giresun arasında kalan sahanın kuzeyinde, Karadeniz sahil bölgesinin jeolojisi İstanbul Zonu, Orta Pontidler ve Doğu Pontid birlikleri içerisinde bulunmaktadır.

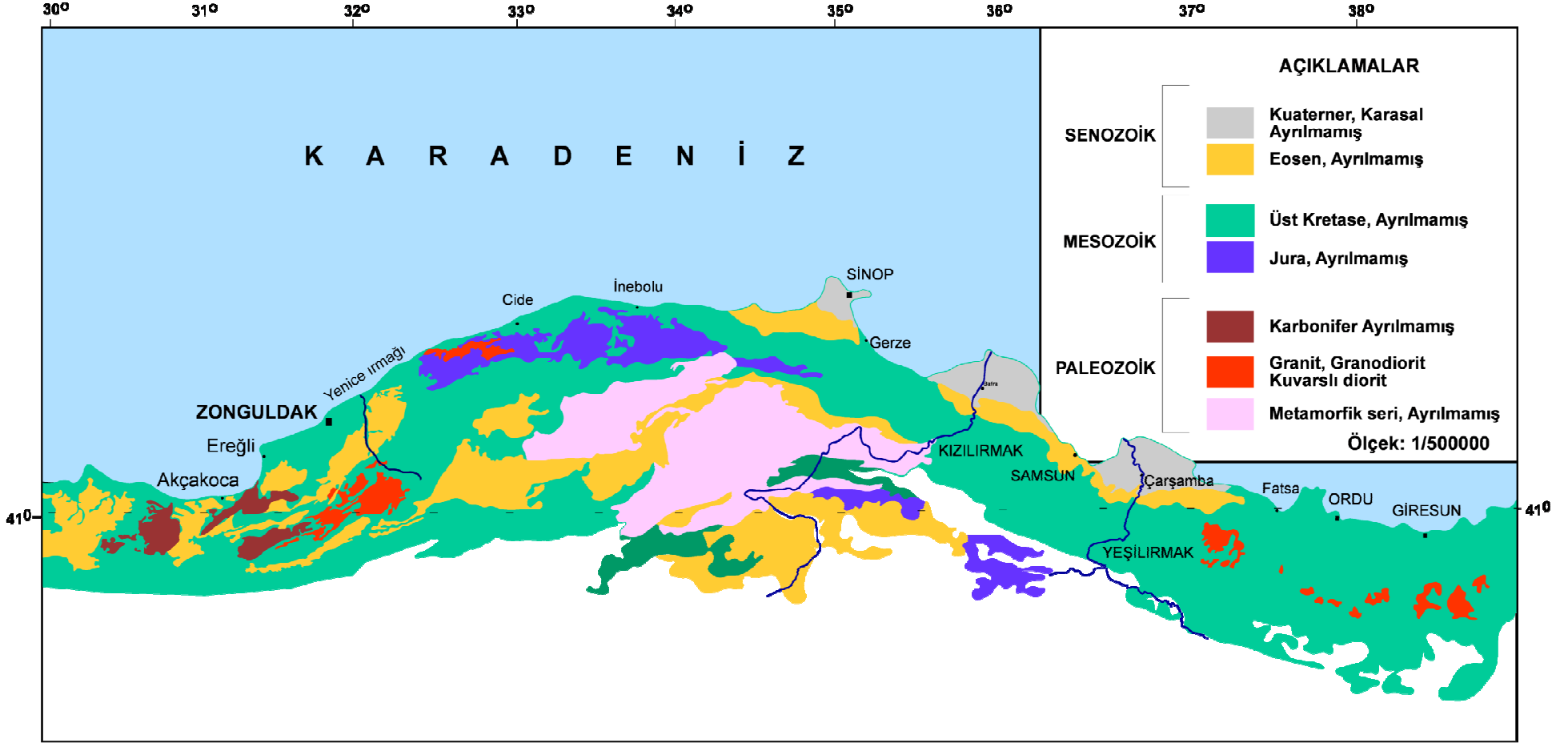
İstanbul'un batısında bulunan Çatalca civarından başlayarak doğuda Araç-Daday-İnebolu hattına kadar uzanan kuşak Okay (1989) tarafından İstanbul Zonu olarak adlandırılmıştır. İstanbul Zonu'nun stratigrafisi Paleozoyik ve Triyas evrelerinden oluşur. Çalışma alanı içerisinde yer alan ve bu zonda bulunan Akçakoca (Düzce), Zonguldak kıyı kesimleri Paleozoyik yaşlı birimlerden oluşur. İstanbul Zonu'nun Paleozoyik istif, metamorfik bir temel üzerinde Kambriyen sonu-Ordovisiyen'de akarsu çökelleri ile başlamakta, Siluriyen'de kenar deniz fasiyeslerine, Devoniyende ise platform karbonatlarına geçmektedir. İstanbul civarında bu transgresif istif giderek derinleşen bir ortamda Orta ve Üst Devoniyen derin denizel çörtlü kireçtaşları ve Karbonifer türbiditik kırıntılarının çökelişi ile gelişimini sürdürmüş, Karbonifer başında önemli bir tektonik etkiye maruz kalmış ve giderek sığlaşmıştır. İstanbul Zonu'nun doğu kesimlerinde Zonguldak havzası ve doğusundaki alanlarda ise Genç Siluriyen'deki karasal ortam Alt-Orta Devoniyen'den itibaren yerini karbonat platformuna bırakmıştır. Bu bölgede ortam İstanbul istifindeki kadar derin deniz koşullarına ulaşmadan yerini regresif bir istife bırakmıştır. Zonguldak dolaylarında Karbonifer'de çökelen kırıntılı istifler bölgede sığ denizelden başlayarak delta ve giderek karasal ortam koşullarının mevcut olduğunu belirtmektedir.

Orta Pontidlerde; Kretase'den Eosen sonuna kadar etkili olmuş volkanizmanın Üst Kretase devrine ait olanlarının en yaygın olduğu bölgelerden biri Sinop ve çevresidir. Triyas öncesi yaşta olduğu kabul edilen (Yılmaz, 1980; Gedik ve Korkmaz, 1984) ve Boyabat metamorfikleri olarak adlanan yeşilist fasiyesindeki metamorfik kayalar temeli oluşturur. Bu metamorfikler, çalışma alanı dışında Ekinviran ve Boyabat dolaylarında yüzlekler vermektedir. Temel üzerinde uyumsuzlukla yer alan Liyas yaşlı türbiditik birimler açısal uyumsuzlukla Dogger-Malm yaşlı, yer yer resifal özellik gösteren platform tipi kireçtaşları ile örtülür (Gedik ve Korkmaz, 1984). Kretase (Baremiyen-Albiyen) açısal uyumsuzlukla, genellikle ince taneli özellik gösteren denizel detritiklerle başlar ve yine açısal uyumsuzlukla bol Globotruncana'lı Santoniyen-Kampaniyen yaşlı kireçtaşları tarafından örtülür (Gedik ve Korkmaz, 1984). Sinop ve yakın çevresindeki magmatik

etkinlik Üst Kretasede kendini gösterir ve kesintisiz olarak Paleosen sonuna kadar devam eder. Eosen boyunca volkanik malzemenin de yer yer ortaya çıktığı türbiditik fasiyeste kumtaşı, marn, şeyl ve kireçtaşı aralanmaları kendini gösterir. Gedik ve Korkmaz (1984) Alt ve Orta Eosen sınırında bir uyumsuzluğun varlığını ileri sürerler. Bu birim sarımsı gri renkli kiltası, kumtaşı ve kireçtaşından oluşur. Üst Eosen üzerine açılı uyumsuzlukla gelen Miyosen birimleri bol fosilli kireçtaşı ve yer yer de kumtaşlarından oluşur. Pliyosen ve Pleyistosen tutturulmamış kum, kumtaşı, kiltası ve kireçtaşlarından oluşur ve Miyosen birimleri üzerinde açılmal uyumsuzlukla yer alır. Holosende plaj kumları ve alüvyonlar çökelmiştir.

Doğu Pontidler inceleme alanının da içinde yer aldığı Karadeniz kıyı kesiminde yaygın yüzlek veren kayaçların tabanında Liyas-Dogger yaşlı Şenköy Formasyonu'na ait volkanitler yer alır (Kandemir ve Yılmaz, 2005). Bu süreçte iç kesimlerde izlenen bol fosilli kireçtaşı (calcare ammonitico rosso) ve türbiditik fasiyesteki kayaçlar kıyı ve kıyıya yakın kesimlerde gözlenmez. Tüm Doğu Pontidlerde Üst Jura-Alt Kretase süreci platform karbonatlarının birikim sürecine karşılık gelir. Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977) olarak bilinen bu birim iç kesimlerde yaygın yüzleklere sahiptir. Buna karşın kıyıya yakın kesimlerde çoklukla Kretase-Tersiyer yaşlı volkanitlerin içinde blok veya mega bloklar şeklinde izlenir. Birkaç metreden birkaç kilometreye varan boyutlarda izlenen bu blokların volkanik etkinlik sırasında ilksel konumlarının bozulduğu ve volkanitler tarafından asimile edildiği varsayılmaktadır. Üst Kretase süreci duraksayarak devam eden yoğun bir volkanik etkinlik dönemine karşılık gelir. Başlıca bazalt, andezit ve dasitik karakterli volkanik ürünlerin oluştuğu bu süreçte volkanizmanın durduğu dönemlerde derin denizel çökeller birikmiştir. Kretase yaşlı bu derin denizel çökeller Tersiyer'de yerini sığ birikim ortamlarında depolanmış volkaiklastiklere bırakır. Bununla birlikte volkanik ve granitik kayaçlar her zaman baskın kaya türünü oluşturur. Oligo-Miyosen küçük çökel havzaların dışında aşınma dönemine karşılık gelir. Pliyo-Kuvaterner dönemi kıyı kesimindeki volkanitler, kırıntılı çökeller, taraça ve alüvyonlarla belirgindir (Şekil 6 ).





Şekil 6. Çalışma alanının kıyı jeolojisi haritası ([http://www.mta.gov.tr/mta\\_web/harita500.asp](http://www.mta.gov.tr/mta_web/harita500.asp)).

## **2.YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Materyal-Yöntem**

#### **2.1.1. Örnek Alım Yerleri**

Araştırmaya konu olan Akçakoca (Düzce), Zonguldak, Cide (Kastamonu), İnebolu (Kastamonu), Gerze (Sinop), Bafra (Samsun), Yeşilirmak, Ordu ve Giresun açıklarından çökel örnekleri alınmıştır. Ana ve iz element konsantrasyonlarını araştırmak ve Al normalizasyonu sayesinde metal kirlenmesini belirlemek amacıyla; Akçakoca (Düzce) açıklarından 6 adet çökel örneği; diğer lokasyonlardan birer adet olmak üzere toplam 14 adet çökel örnekleme yapılmıştır (Şekil 7). Örnekleme yapıldığı istasyonlar ve coğrafik koordinatları Tablo 1’de verilmiştir.

#### **2.1.2. Örnek Alım Yöntemleri ve Örneklerin Analize Hazırlanması**

Örnekleme KTÜ Deniz Bilimleri’ne ait R/V Denar I araştırma gemisi ile yapılmıştır. Çökel örnekleri deniz tabanından ‘orange peel bucket’ (portakal kabuğu kepçesi) örnekleme aleti ile Tablo 1’de belirtilen bölgelerden ve istasyonlardan alınmıştır (Şekil 7). Portakal kabuğu kepçesinin ağırlığı 45 libredir. Dolu olduğu zaman 200-300 inç küp çökel alır. Fakat alınan örneğin ince parçaları su ile beraber akar. Bu nedenle elde edilen örnek deniz tabanını tamamıyla temsil etmeyebilir.

Deniz tabanının yaklaşık ilk 25 cm’sinden örnekleme yapılmıştır. Gemiye çekilen deniz tabanı çökeli ölçülerek belli derinliklerden (örneğin ilk 5 cm veya 5-10 cm arasından) örnekleme yapılmıştır.

ICP-MS aletinde analiz edilecek iz element analizleri Dulski 2001’e göre hazırlanmış ve ACME’ de analiz edilmiştir. Bu yöntemde toz haline getirilmiş kaba çökel ve standart örneklerden 100 mg tartılarak teflon kaplara konulur. Örnekler birkaç damla saf su ile nemlendirilir. Sırasıyla 3 ml HF ( $23 \text{ Mol l}^{-1}$ ) ve 3 ml HClO<sub>4</sub> ( $12 \text{ mol l}^{-1}$ ) ilave edilerek teflon kapların kapağı kapatılır. 180 °C’de 16 saat fırında bekletilir. Bu işlemin sonucunda örnekler fırından alınır ve üzerindeki çelik bloklar çıkarılarak teflon kapların kapağı açılır ve kapakta kalan örnekler saf su ile yerine ilave edilir. Daha sonra bunların üzerine delikli

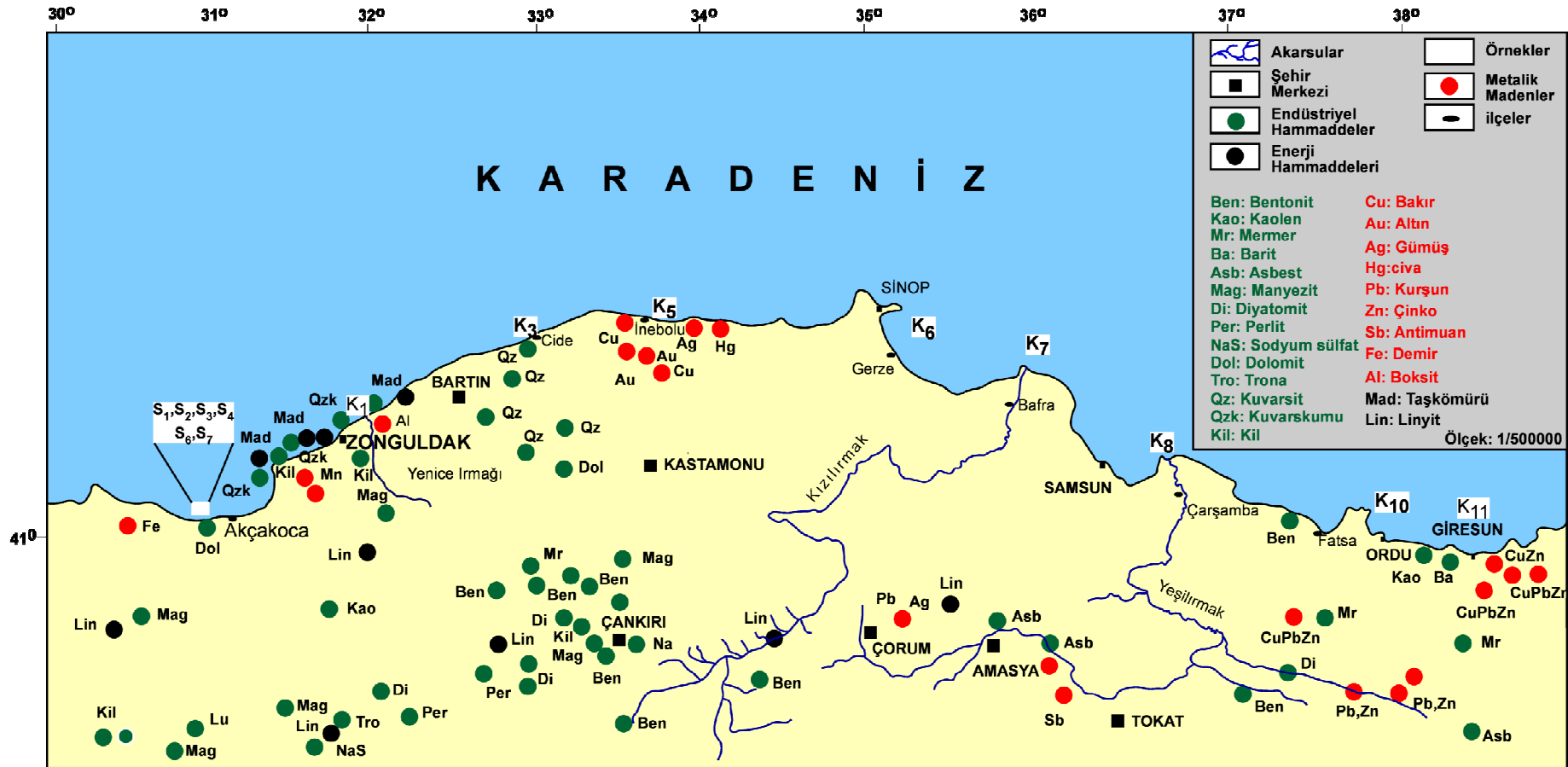
beyaz bloklar ve bunun da üzerine çelik blok konularak vidayla sıkıştırılır çeker bacada 180 °C'de yaklaşık 4 saat bekletilir. Bu sürenin sonunda örnekler hemen hemen kurumuştur. Üzerlerine 5 ml HCL ( $10 \text{ mol l}^{-1}$ ) ilave edilerek tekrar 180 °C'de başlangıçtaki kuruluğa kadar (yaklaşık 2 saatte) buharlaştırılır. Bu işlemin sonrasında, kalan nemli örnekler üzerine tekrar 5 ml HCL ( $10 \text{ mol l}^{-1}$ ) dökülerek teflon kapların kapağı kapatılır ve 130 °C' de 12 saat bekletilir. Daha sonra çözelti 180 °C'de yaklaşık 2 saatte buharlaştırılarak örnekler başlangıçtaki kuruluğa getirilir. Sıcak örneklere 2 ml HCL ( $10 \text{ mol l}^{-1}$ ) ve 10 ml saf su ilave edilerek 50 ml'lik cam balonlara aktarılır ve üzeri saf su ile tamamlanır. Sonuçta berrak ve açık renkli, analize hazır çözeltiler elde edilmiş olur. Analiz sonuçları Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.



Şekil 7. Dip çökellerinin portakal kabuğu keçesi ile örnekleme

Tablo 1. Örnek alım yerleri ve özellikleri

No	Yer	Koordinat	Derinlik	Açıklama
S <sub>1</sub>	Akçakoca (0.5 mil açıkları)	41°12' 04" N 31°14' 40" E	74 m	Kil boyutunda
S <sub>2</sub>	Akçakoca	41°09' 27" N 31°10' 19" E	62 m	Kil boyutunda
S <sub>3</sub>	Akçakoca	41°07' 23" N 31°12' 16" E	25.8 m	İnce kum,siltten biraz daha kaba
S <sub>4</sub> S <sub>5</sub>	Akçakoca	41°06' 27" N 31°12' 52" E	10.6 m	Kum boyutunda, az kavkılı
S <sub>6</sub>	Akçakoca	41°10' 67" N 31°11' 50" E	43.6 m	İnce kum boyutunda
S <sub>7</sub>	Akçakoca	41°10' 53" N 31°12' 36" E	68 m	Kil boyutunda
K <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	Zonguldak (1 mil açıkları)	41°29' 10" N 31°47' 08" E	65 m	İnce kum, kil boyutunda; bol kavkılı
K <sub>3</sub> K <sub>4</sub>	Cide(Kastamonu) açıkları	41°55' 14" N 32°59' 17" E	16 m	Kil boyutunda, kavkılı
K <sub>5</sub>	İnebolu(Kastamonu) açıkları	42°03' 03" N 33°51' 16" E	75 m	Kil boyutunda
K <sub>6</sub>	Gerze (Sinop) açıkları	41°53' 35" N 35°19' 04" E	70 m	Kil boyutunda, kavkılı
K <sub>7</sub>	Bafra (Samsun) açıkları	41° 44' 22" N 35° 58' 36" E	10 m	Kil boyutunda, kavkılı
K <sub>8</sub> K <sub>9</sub>	Yeşilırmak açıkları	41°22' 15" N 36° 49' 44" E	15 m	İnce kum, az bitki kırıntıları,kavkılı
K <sub>10</sub>	Ordu açıkları	41°05' 05" N 37° 53' 41" E	87 m	Kavkılı, çamur kıvamında
K <sub>11</sub>	Giresun açıkları	40°57' 05" N 38° 19' 40" E	100 m	Az kavkılı, kil boyutunda



Şekil 8. İnceleme alanına ait maden yatakları haritası ve örnek alım yerleri ([http://www.mta.gov.tr/v1.0/haritalar/maden\\_haritalari/myatak/myatak1.html](http://www.mta.gov.tr/v1.0/haritalar/maden_haritalari/myatak/myatak1.html)).

Tablo 2. Çalışma alanındaki çökel örneklerinin ana element analiz sonuçları (%)

Örnek No	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
SiO <sub>2</sub>	45.41	45.48	60.93	69.51	53.63	56.39	45.85	47.98	50.43	60.22	54.23	53.02	46.47	46.01	50.98	44.28	45.69	51.21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.03	13.82	10.82	9.91	10.52	11.57	13.52	12.00	13.24	5.61	8.14	14,28	12.83	11.70	12.03	11.21	15.67	16.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.68	5.91	4.44	5.00	12.33	4.67	5.55	5.24	5.99	2.66	3.49	4.97	5.66	6.40	6.10	11.97	6.51	6.26
MgO	3.22	3.38	2.04	2.68	2.82	2.39	2.99	2.44	2.76	0.82	1.30	2.15	2.65	4.99	4.70	4.87	3.30	2.69
CaO	8.58	8.55	8.28	5.55	7.20	9.00	8.69	9.87	8.41	14.20	11.55	6.94	9.24	10.31	10.53	11.26	5.50	3.86
Na <sub>2</sub> O	2.49	2.44	2.50	2.04	1.90	2.41	2.61	1.63	1.55	1.28	2.11	1.86	2.37	2.08	2.49	2.00	2.84	2.69
K <sub>2</sub> O	2.32	2.37	1.55	1.32	1.38	1.73	2.15	1.93	2.19	0.87	1.42	2.45	2.23	1.77	1.70	1.36	2.79	3.10
TiO <sub>2</sub>	0.75	0.75	0.72	0.66	2.09	0.66	0.73	0.63	0.74	0.29	0.46	0.68	0.64	0.76	0.69	1.58	0.64	0.63
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.14	0.15	0.09	0.18	0.08	0.07	0.05	0.06	0.09	0.18	0.13	0.15	0.16	0.11	0.16	0.06	0.06
MnO	0.06	0.07	0.08	0.09	0.18	0.08	0.07	0.05	0.06	0.09	0.08	0.05	0.07	0.11	0.11	0.16	0.06	0.06
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.02	0.03	0.02	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.05	0.21	0.01	0.01
Uçucu Kaybı	17.20	17.00	8.40	3.10	7.50	10.90	17.60	17.90	14.40	13.80	16.90	13.40	17.60	15.60	10.40	10.70	16.70	13.00
Toplam	99.93	99.95	99.94	99.98	99.83	99.96	99.95	99.80	99.92	99.94	99.88	99.95	99.94	99.95	99.95	99.89	99.92	99.92

Tablo 3. Çalışma alanındaki çökel örneklerinin iz element analiz sonuçları (ppm)

Örnek No	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Ba	292.3	299.2	310.1	250.3	368.3	291.8	301.7	328.2	320.3	396.4	383.5	321	291.9	289.8	337.7	351.7	358.9	419.7
Sr	269	259	306.2	234	237.8	302	292.3	359.4	289.9	361.6	350.3	256.8	350.2	324.8	403.1	397.9	329.2	292.3
V	139	139	104	124	360	103	130	117	138	41	73	127	141	133	134	353	164	166
Ni	71.6	80.8	32.8	11.7	31.4	46.2	69.3	46.6	54.4	12.7	22.6	42.2	74.6	159.5	122	106.8	47.6	21
Zn	75	71	43	38	88	50	76	59	68	30	53	117	77	73	55	85	83	91
Cu	35.3	33.8	11	22.9	192.8	16.6	32.4	101.4	99.2	30.3	267.8	36.7	34.6	34.1	39	71.8	54.3	57
Co	16.9	19.6	15.8	15.6	27.2	15.9	16.3	17.8	18.6	7.5	10.2	14.7	18	26.4	24.1	33.3	18.6	17.8
Pb	27.2	21.6	8.6	6.3	15.9	12	25.1	21	19.1	8.5	14.2	22.5	27.3	11.2	12.4	15.2	36.2	40.4
As	6.6	7.3	6.2	5.9	8.4	7	8	19.4	21.6	8.6	9.7	5.7	9.7	12.3	10	10.2	6.9	10.4
Cd	0.1	0.2	0.1	<0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Ana elementler

Ana elementler yerkabuğunun neredeyse % 95'lik kısmını oluşturan ve yüzde (%) mertebelerinde bulunan Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na ve K gibi elementlerdir. Deniz çökelleri içerisinde de benzer şekilde aynı elementler yüzde ağırlık olarak en fazla paya sahip elementlerdir. Ana elementlerin çeşitli ortamlar içindeki oranları önceki araştırmacılar tarafından derlenmiş ve literatüre geçmiştir. Bu çalışmada da bu veriler baz alınarak yorumlamalar yapılmıştır. Tablo 4, yerkabuğu ve değişik ortamlardaki çökelere ait ana elementlerin ortalama değerlerini göstermektedir.

Tablo 4. Yerkabuğu ve değişik türdeki çökellerin ana element bileşimi (%)

Element	Ortalama Kabuk (a)	Ortalama Çökel (b)	Ortalama Şeyl (c)	Derin Deniz Kili (c)	Sığ Su Çökeli (d)	Akarsu AKM (e)	Kumtaşı (f)	Kireçtaşı (g)	Toprak (h)
Si	27.7	24.5	27.3	25	25	28.5	32.7	3.2	33
Al	8.2	7.2	8	8.4	8.4	9.4	4.3	0.7	6.7
Fe	4.1	4.1	4.7	6.5	6.5	4.8	2.9	1.7	3.2
Ca	4.1	6.6	2.2	2.9	2.9	2.2	3.1	3.4	2
Mg	2.3	1.4	1.5	2.1	2.1	1.2	1.2	0,6	0.8
Na	2.3	0.6	1	4	4	0.7	1	0.1	1.1
K	2.1	2	2.7	2.5	2.5	2	1.5	0.3	1.8

(a), (b) ve ( f); Bowen (1979)

(d); Wedepohl (1969)

(g); Marowski ve Wedepohl (1971)

(c); Turekian ve Wedepohl (1961)

(e); Martin ve Meybeck (1979)

(h); Ure ve Berrow (1982)

Çalışma alanındaki çökel örneklerinin ana element değerleri, değer aralıkları açısından Tablo 4'deki 'Sığ Su Çökeli' verileriyle karşılaştırıldığında; Fe, K ve Al değerlerinin literatürdeki verilerle uyumlu olduğu, Si ve Mg'un biraz Na'un düşük olduğu belirlenmiştir. Bunlardan farklı olarak Ca'un oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir (Tablo 5).

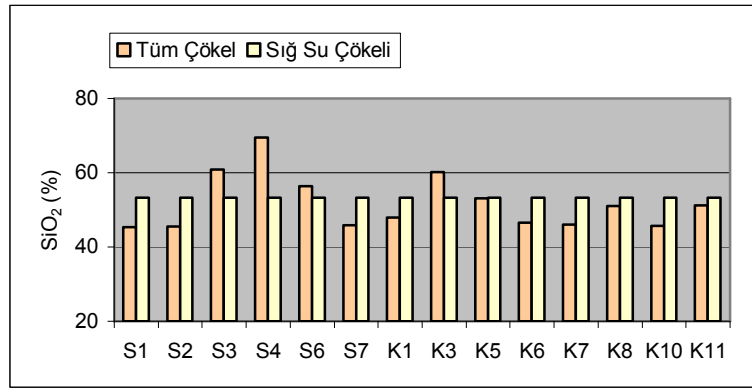
Tablo 5. Çalışma alanındaki çökel örneklerinin ana element değer aralıkları (%) Değerler ana oksit değerlerinden hesaplanarak verilmiştir (La Maitre, 1976).

Si (%)	Al (%)	Fe (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)
44.28 - 69.51	5.61 - 16.21	2.66 - 6.51	3.86 - 14.2	0.82 - 4.99	1.28 - 2.84	1.32 - 3.10

### 3.1.1. Silisyum

Yer kabuğunu meydana getiren elementlerden Si oksijenden sonra ikinci sırada olup, % 27.69 (% 59.29 SiO<sub>2</sub>)'luk bir paya sahiptir. Sığ su çökeltileri için ortalama Si değeri % 25 (% 53.3 SiO<sub>2</sub>) civarındadır. Bu yüzden deniz çökeltilerini oluşturan malzeme içerisinde de Si'un önemli bir yeri vardır.

Çalışma alanındaki çökel örneklerinin SiO<sub>2</sub> değerleri % 44.28 ile % 69.51 arasındadır. En yüksek ve en düşük SiO<sub>2</sub> içeriği Akçakoca açıklarından alınan çökel örneklerinde belirlenmiştir. Akçakoca ve Cide (Kastamonu)'den alınan çökel örneklerinin SiO<sub>2</sub> değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeri ile biraz uyumlu olduğu gözlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Tüm çökel örneklerinin SiO<sub>2</sub> (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.1.2. Alüminyum

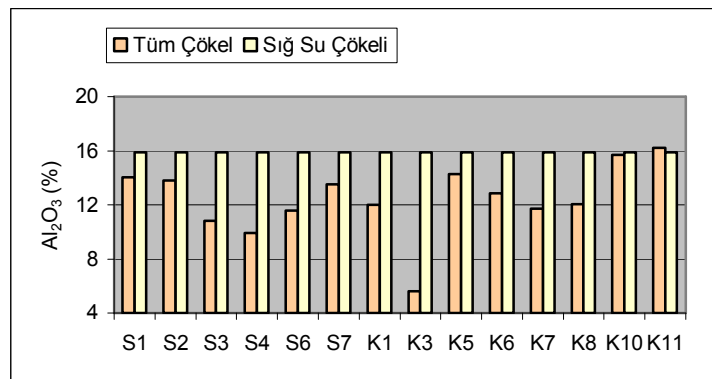
Yerkabuğunu oluşturan elementlerden üçüncüsü olan Al'un yerkabuğu ortalama Al değeri % 8.2 (% 15.5 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) iken sığ su çökeltileri için ortalama Al değeri % 8.4 (% 15.88 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) düzeyindedir. Birincil minerallerin bozunumu sonucu Si; silisik asit şekline dönüşürken, Al ise hidroksitler meydana getirir. Al'a kaynak oluşturan başlıca mineraller,



kaolinit, montmorillonit, illit, vermikülit, klorit, alkali feldspat ve plajiyoklas gruplarına ait minerallerdir.

Çalışma alanındaki çökel örneklerinin  $Al_2O_3$  değerleri % 5.61 ile % 16.21 arasında değişmektedir. En yüksek  $Al_2O_3$  değeri Giresun açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir, en düşük  $Al_2O_3$  değeri ise; Cide (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki çökel örneklerinin  $Al_2O_3$  değerleri sığ su çökeli ortalama değerlerinden düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Tüm çökel örneklerinin  $Al_2O_3$  (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değerleriyle karşılaştırılması

### 3.1.3. Demir

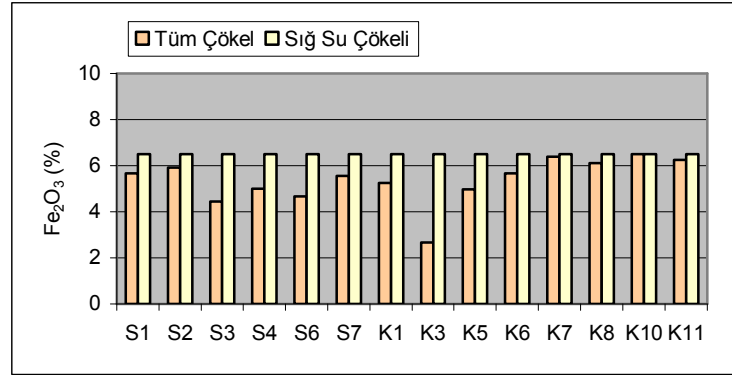
Demir, yerkabuğunu oluşturan öğelerden dördüncüsüdür. Demirin jeokimyasal özelliklerinin kükürt, oksijen ve karbon ile sıkı bir ilişkisi vardır. Örneğin, atmosferdeki oksijen, iki değerlikli demir minerallerini oksitleyerek üç değerlikli hale dönüştürürler. Çökelme ortamlarında, bakteriler, organik karbonun yardımı ile üç değerlikli demiri iki değerlikli demire ve süfatları da süfitlere indirgerler. Eğer ortamda süfit az ise, çözülmüş halde bulunan oksidle demir birleşerek sideritleri oluştururlar.

Demir elementinin sığ su çökelleri için belirlenen ortalama değeri % 6.5 ( $Fe_t$ ) iken yerkabuğu ortalaması ise % 4.1 ( $Fe_t$ ) dir.

Çalışma alanındaki çökel örneklerinin demir konsantrasyonu toplam demir olarak ölçülmüştür. Tüm çökel örnekleri için  $Fe_2O_3$  içeriği % 2.66 ile % 6.51 arasında değişmektedir. En yüksek  $Fe_2O_3$  içeriği Ordu açıklarından alınan çökel örneğinde

gözlenmiştir. En düşük  $Fe_2O_3$  içeriği ise; Cide (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğinde gözlenmiştir.

Tüm çökel örneklerinin  $Fe_2O_3$  içeriğinin sığ su çökeli ortalamasından düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Tüm çökel örneklerinin  $Fe_2O_3$  (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

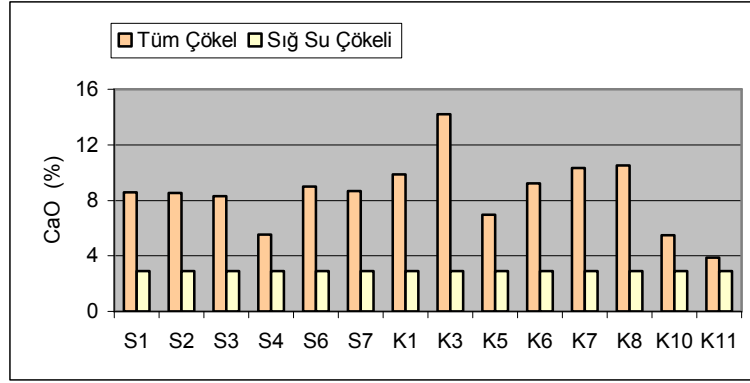
### 3.1.4. Kalsiyum

Yerkabuğunda bulunan majör elementlerin beşincisidir ve ağırlıkça kabuğun ortalama % 4.1'ini oluşturur. Literatürdeki sığ su çökeli ortalaması da % 2.9 olarak belirlenmiştir.

Kalsiyumun başlıca kaynağı kalsit, dolomit ve aragonit başta olmak üzere kalsiyumlu plajiyoklaslar, amfibol ve piroksenler gibi mineraller ile kalsiyum karbonat bileşimli kavkılar şeklinde sıralanabilir. Çökel örneklerinde bol miktarda makroskobik boyutta kalsiyum karbonat bileşimli kavkılar gözlenmiştir.

Çalışma alanındaki çökel örneklerinde Ca içeriği % 3.86 ile % 14.2 arasında değişmektedir. Bu değerler hem yer kabuğu ortalamasından, hem de sığ su çökel ortalamasından yüksek değerlerdir.

En yüksek CaO içeriği Cide (Kastamonu) açıklarından çökel örneğinde gözlenmiştir. En düşük CaO içeriği ise; Giresun açıklarından alınan çökel örneğinde gözlenmiştir (Şekil 12).



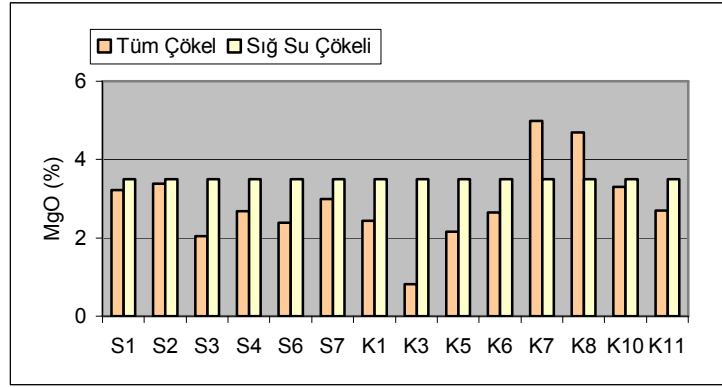
Şekil 12. Tüm çökel örneklerinin CaO (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.1.5. Magnezyum

Magnezyum elementi oran olarak yerkabuğunu oluşturan elementlerden altıncısıdır. Bowen (1979) ile Turekian ve Wedepohl (1961) yerkabuğu ortalama bileşiminde Mg oranı % 2.3 ( % 3.83 MgO), sığ su çökeller için ise ortalama Mg oranı % 2.1 (% 3.5 MgO) düzeyinde olduğunu ifade etmektedirler. Magnezyum en fazla silikat minerallerinde (% 55), daha sonra sırası ile fosfat ve arsenatlarda (% 11), sülfatlarda (% 10), boratlarda (% 9), karbonatlarda (% 7), oksit ve bileşiklerde (% 6), halojenlerde (% 3), niobat ve titanatlarda (% 1) bulunur (Bürküt, 1986).

Şekil 12, çalışma alanındaki çökel örneklerinin MgO dağılımını göstermektedir. Bu değerlere göre tüm çökel örneklerinin MgO içeriği % 0.82 ile % 4.99 arasında değişmektedir. En düşük MgO içeriği Cide (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğinde gözlenmiştir. En yüksek MgO içeriği ise; Bafra (Samsun) açıklarından alınan çökel örneğinde gözlenmiştir.

Bafra (Samsun) ve Yeşilırmak açıklarından alınan çökel örneklerinin MgO değerleri sığ su çökeli ortalama değerlerinden yüksektir. Diğer çökel örneklerin MgO değerleri sığ su çökeli ortalama değerinden düşüktür (Şekil 13).

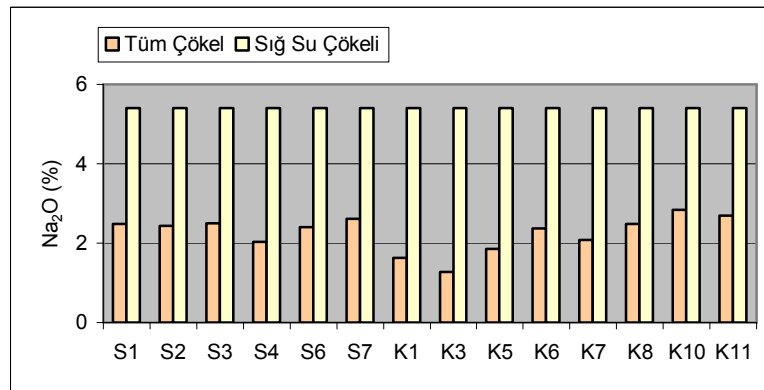


Şekil 13. Tüm çökel örneklerinin MgO (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.1.6. Sodyum

Yerkabuğunu meydana getiren ana elementlerden sodyum, miktar bakımından yedinci sıradadır. Potasyuma oranla sodyum mağmatik kayalarda daha fazla olmasına karşın, çökel kayalarda potasyumdan azdır. Sodyuma kaynak teşkil eden mineraller halit, asit plajiyoklas (albit) gibi sodyumlu minerallerdir.

Yerkabuğu ortalama sodyum değeri % 2.3 (% 3.1 Na<sub>2</sub>O) iken, sığ su çökel ortalamalarında bu değer % 4 Na (% 5.4 Na<sub>2</sub>O) düzeyindedir. Çalışma alanındaki çökel örneklerinin Na<sub>2</sub>O değerleri % 1.28 ile % 2.84 arasında değişmektedir. Bu değerler sığ su çökeli ortalama değerinden oldukça düşüktür (Şekil 14).

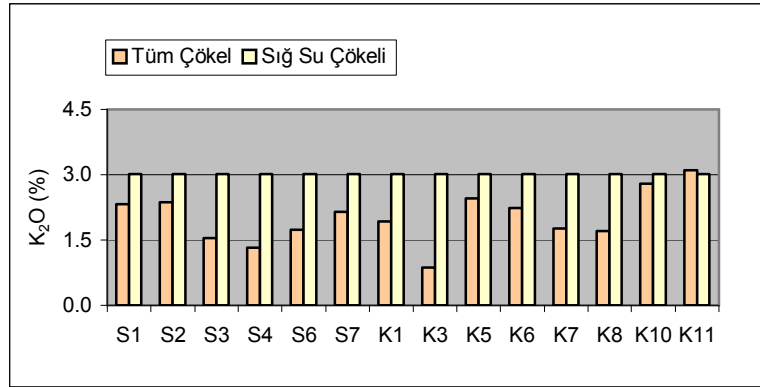


Şekil 14. Tüm çökel örneklerinin Na<sub>2</sub>O (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.1.7. Potasyum

Yerkabuğunda bulunan ana elementlerden bolluk bakımından sekizinci sıradadır. Potasyum yerkabuğunda yaklaşık % 2.1 (% 2.53 K<sub>2</sub>O) gibi bir paya sahiptir. Sığ su çökelleri için verilen ortalama değerlerde ise bu oran % 2.5 (% 3.01 K<sub>2</sub>O)'dır.

Yapılan kimyasal analizlerde çalışma alanındaki çökel örneklerindeki K<sub>2</sub>O oranları % 1.32 ile % 3.10 arasında değişmektedir. Bu verilere bakarak potasyum oranının, yerkabuğu ortalama değerleriyle sığ su çökelleri ortalama değerleri arasında olduğu söylenebilir (Şekil 15).



Şekil 15. Tüm çökel örneklerinin K<sub>2</sub>O (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.2. İz Elementler

Bu bölümde yerkabuğunu meydana getiren iz elementler olarak ele alınacak olan Ti, Mn, P, Sr, Ba, Zr, V, Cr, Cu, Co, Pb, Zn, Ni, As, Cd, B gibi elementlerin çalışma alanındaki çökel örnekleri içerisindeki konsantrasyonları, bunların yanal değişimleri ile bu konsantrasyon değerlerinin yerkabuğu ve sığ su çökeli ortalamalarıyla karşılaştırılmaları yer alacaktır.

Ti, Mn, P, Sr, Ba, Zr, V ve Cr gibi elementler; litosferi oluşturan kayalar içerisinde % 0.01-2 arasında değerler alırlar. Bu elementler ikincil veya tali element olarak da adlandırılırlar ve miktar olarak ana elementlerden daha azdırlar (Bürküt, 1986). Cu, Co, Pb, Zn, Ni, As, Cd, B gibi elementler ise; litosferi meydana getiren kayalar içerisinde genellikle miktarca % 0.01'den az bulunan elementlerdir. Bu elementler iz element olarak

adlandırılırlar. Ancak bu bölümde yukarıda sayılan elementlerin hepsi iz element olarak adlandırılıacaktır.

İz elementler kendilerine özgü mineraller oluşturabildikleri gibi çeşitli minerallerin ya da maddelerin içerisindeki bazı elementlerle yer değiştirebilirler. Bazen bu elementler maden yatağı şeklinde normalin dışında konsantrasyonlarda meydana getirebilirler. Burada unutulmaması gereken nokta şudur; bazı hallerde kayaçlar içinde genellikle iz olarak bulunan bir element, bazen ikincil (tali) veya ana element olarak bulunabilmektedir. Örneğin krom; asit, nötr ve bazik kayaçlar içinde % 0.1'in altında yani iz element halinde, fakat peridotitler içerisinde çoğu zaman % 0.1-1 arasında, yani ikincil element, kromit içeren peridotitler içerisinde ise %1'den fazla, yani ana element olarak görülürler. Tablo 7, yerkabuğu ve çeşitli çökellerdeki iz elementlerin miktarlarını vermektedir.

Çalışma alanındaki çökel örneklerinin iz element değerleri, değer aralıkları açısından Tablo 7'deki 'Sığ Su Çökeli' verileriyle karşılaştırıldığında; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%) ve Ti (ppm) değerlerinin uyumlu olduğu, Mn (ppm), Sr (ppm) ve Zn (ppm) değerlerinin biraz uyumlu olduğu; Ba (ppm), Sr (ppm), Ni (ppm), Cu (ppm), Co (ppm), Pb (ppm), As (ppm) ve Cd (ppm) değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Çalışma alanındaki çökel örneklerinin iz element değer aralıkları

Ti (%)	P (ppm)	Mn (ppm)	Ba (ppm)	Sr (ppm)	V (ppm)	Ni (ppm)
0.29 - 0.76	500 - 1600	500 - 1100	250 - 420	234 - 403	41 - 166	12 - 160

Zn (ppm)	Cu (ppm)	Co (ppm)	Pb (ppm)	As (ppm)	Cd (ppm)
30 - 117	11 - 101	8 - 26	6 - 40	6 - 19	0 - 0,2

Tablo 7. Yerkabuğu ve değişik türdeki çökellerin iz element bileşimi

Element	Yerkabuğu Ort. (a)	Çökel Ort. (b)	Şeyl Ort. (c)	Derin Deniz Kili (c)	Sığ Su Çökeli (d)	Akarsu AKM (e)	Kumtaşı (f)	Kireçtaşı (g)	Toprak (h)
Ti (%)	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.4	0.03	0.5
P (ppm)	1000	670	700	1500	550	1150	440	700	800
Mn	950	770	850	6700	850	1050	460	620	760
Ba	500	460	580	2300	0.0001	600	320	90	568
Sr	370	320	140	110	160	150	320	610	278
V	160	105	130	120	145	170	20	45	108
Ni	80	52	68	250	35	90	9	7	34
Zn	75	95	95	165	92	350	30	20	60
Cu	50	33	45	250	56	100	30	5.1	26
Co	20	14	19	74	13	20	0.3	0.1	12
Pb	14	19	20	80	22	150	10	5.7	29
As	1.5	7.7	13	13	5	5	1	1	11.3
Cd	0.11	0.17	0.22	0.42	0.0001	1	0.05	0.03	0.6

(a), (b) ve ( f); Bowen (1979)

(c); Turekian ve Wedepohl (1961)

(d); Wedepohl (1969)

(e); Martin ve Meybeck (1979)

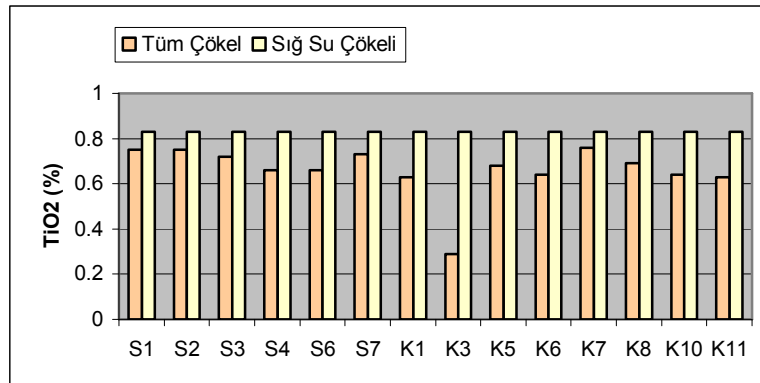
(g); Marowski ve Wedepohl (1971)

(h); Ure ve Berrow (1982)

### 3.2.1. Titanyum

Titanyum elementi yerkabuğunu oluşturan iz elementlerin birincisidir. Başlıca mineralleri Rutil ( $TiO_2$ ), İlmenit ( $FeTiO_3$ ) ve Titanomanyetitdir. Yerkabuğu ortalama Ti değeri % 0,6 (% 1  $TiO_2$ ) iken, sığ su çökeli ortalama Ti değeri % 0,5 (% 0,83  $TiO_2$ ) olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanı çökel örneklerinin  $TiO_2$  değeri % 0.29 ve % 0.76 arasında değişmektedir. En yüksek  $TiO_2$  içeriği Bafra (Samsun) açıklarından alınan çökel örneğinde, en düşük  $TiO_2$  içeriği ise; Cide (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir. Bu değerler sığ su çökeli ortalama değerinden düşüktür (Şekil 16 ).

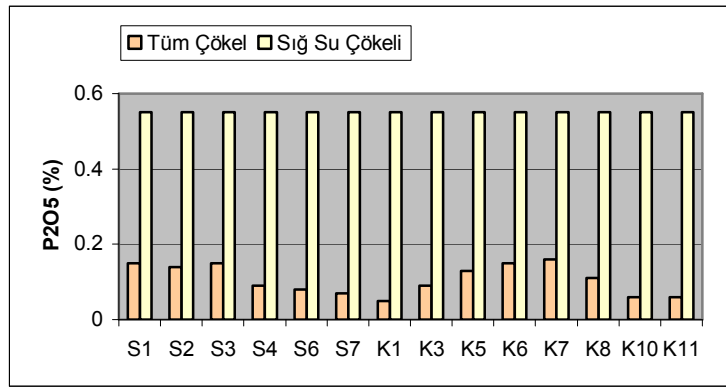


Şekil 16. Tüm çökel örneklerinin  $TiO_2$  (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.2.2. Fosfor

Fosfor, yerkabuğunu oluşturan iz elementler içerisinde titanyumdan sonra ikinci sıradadır. Literatürde, yerkabuğu bileşiminde ortalama 1000 ppm civarındadır. Çökel kayalarda en çok bulunan fosfor minerali apatit, daha az oranda da vivianittir. Bunun yanı sıra Fe, Ca, Mn ve Al elementlerinin fosfatlı bileşikler de fosfor içeren diğer oluşumları olabilir.

Kayaç ve çökellerde fosfor, yapılan kimyasal analizlerde fosfat ( $P_2O_5$ ) olarak tayin edilir. Çalışma alanı çökel örneklerindeki  $P_2O_5$  değerleri % 0.05 ile % 0.16 arasında değişmektedir. Bu değerlere bakarak  $P_2O_5$  oranının sığ su çökeli ortalama fosfat değerlerinden oldukça düşüktür (Şekil 17).



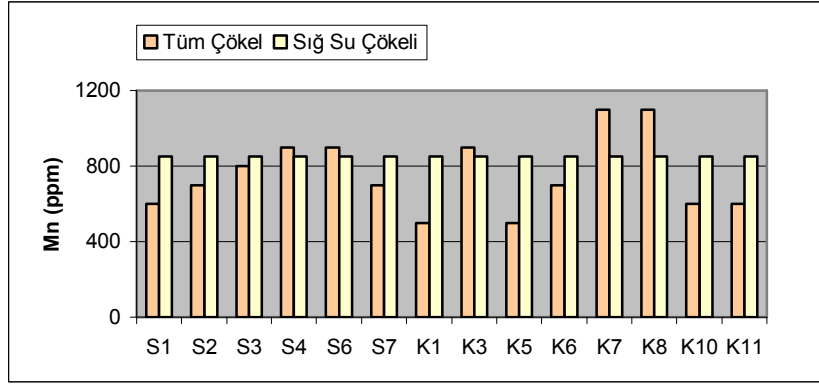
Şekil 17. Tüm çökel örneklerinin  $P_2O_5$  (%) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.2.3. Manganez

Yerkabuğunu oluşturan iz elementlerden üçüncüsü olan manganezin yerkabuğundaki ortalama konsantrasyonu 950 ppm, sığ su çökellerindeki ortalama konsantrasyonu 850 ppm olarak hesaplanmıştır.

Çalışma alanındaki çökel örneklerindeki MnO değerleri 500 ppm ve 1100 ppm arasında değişmektedir. En düşük MnO değerleri Zonguldak ve İnebolu (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneklerinde belirlenmiştir. En yüksek MnO değerleri ise; Bafra (Samsun) ve Yeşilirmak açıklarından alınan çökel örneklerinde belirlenmiştir (Şekil 18).





Şekil 18. Tüm çökel örneklerinin Mn (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

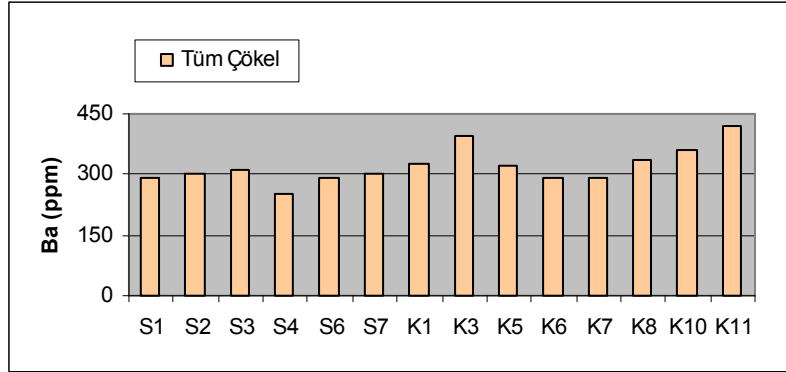
### 3.2.4. Baryum

Baryum iki değerlikli elementler içerisinde en büyük iyon yarıçapına sahiptir ( $1.34 \text{ \AA}$ ). İyonik bağ kurar ve  $\text{Pb}^{+2}$ ,  $\text{Sr}^{+2}$ , daha az oranda  $\text{K}^+$  (K-feldspatlar),  $\text{Ca}^+$  (amfibol, piroksen ve plajiyoklaslar) ve  $\text{Ba}^{+2}$  elementinin yerini alabilirler. Mağmatik kayalarda genellikle baryum minerallerine rastlanmaz, fakat Ba birçok silikat minerallerinin yapılarında dağınık şekilde, özellikle feldspat ve mikalarda izomorfizma ile  $\text{K}^+$  ve  $\text{Ca}^{+2}$ 'un yerini alır. Apatit ve kalsit bol miktarda, K-feldspatlarda önemli miktarda Ba bulunabilir. Bazı minerallerde Ba konsantrasyon sırası biyotit > amfibol > piroksen şeklindedir. Yer kabuğu içerisinde ortalama Ba miktarı 550 ppm olarak tespit edilmiştir. Mağmatik kayalarda Ba miktarı  $\text{SiO}_2$  içeriğine göre artar. Dünitlerde ortalama 8.8 ppm, peridotitlerde 25 ppm, piroksenitlerde 23 ppm, gabrolarda ve karasal toleyitik bazaltlarda 246 ppm, alkali bazaltlarda 613 ppm Ba bulunur. Granodiyorit ve kuvars diyorit gibi yüksek kalsiyumlu kayalarda 811 ppm civarında Ba bulunmaktadır. Kuvarşça zengin kumtaşlarında çok az Ba varken, kumtaşı ve grovaklarda ortalama 316 ppm, şeylerde ortalama 546 ppm, karbonatlı kayalarda ortalama 90 ppm kadar Ba vardır.

Baryumun çökmesi genellikle barit ( $\text{BaSO}_4$ ) şeklinde olur, killerde ve feldspatlarda izlenir. Baryum toprak alkali elementlerin arasında en fazla tutulma enerjisine sahiptir. Bu sıra  $\text{Ba} > \text{Sr} > \text{Ca} > \text{Mg}$  şeklindedir. Özellikle baryumun mangan hidroksit tarafından soğurulması büyük oranlardadır.

Çalışma alanındaki tüm çökellerin Ba değerleri 250 ppm ve 420 ppm değerleri arasında değişmektedir. Baryum değerlerinin dağılımı incelendiğinde en yüksek Ba içeriği Giresun

açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir. En düşük Ba içeriği ise; Akçakoca (Düzce) açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir. Bu değerler sığ su çökeli ortalama Ba değerinden yüksektir (Şekil 19).

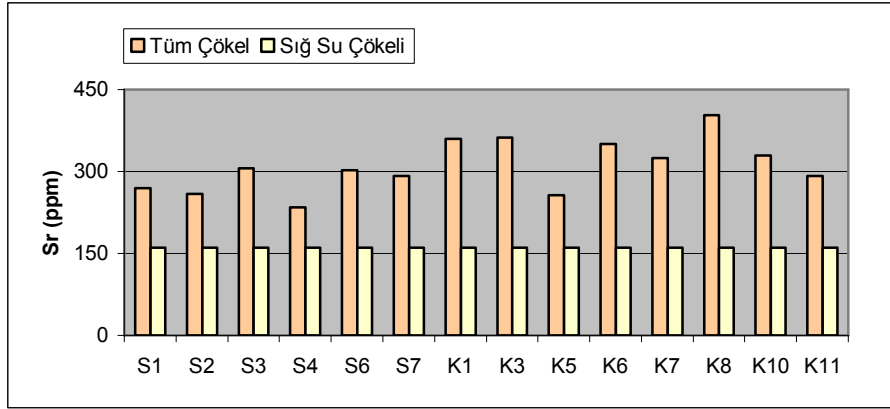


Şekil19. Tüm çökel örneklerinin Ba (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.2.5. Stronsiyum

Stronsiyumun jeokimyasal özellikleri kalsiyuma çok benzer. Stronsiyumun iyon yarıçapı ( $r = 1.20 \text{ \AA}$ ) kalsiyumun yarıçapından ( $r = 1.04 \text{ \AA}$ ) büyüktür. Kalsiyumun bulunduğu jeokimyasal sistemlerde, genellikle stronsiyumda bulunur. Mağmatik kayalar genellikle stronsiyumun dağılmasına neden olur. Stronsiyum elementi, potasyum, kalsiyum ve baryumla izomorf bileşikler yapabilir.

Yerkabuğu ortalama Sr içeriği 370 ppm, sığ su çökelleri için verilen ortalama Sr değeri ise 160 ppm'dir. Çalışma alanındaki tüm çökellerin Sr değerleri yapılan kimyasal analizler sonucu 234 ppm ve 403 ppm arasında değişmektedir. Görüldüğü gibi Karadeniz çökellerinin Sr içeriği sığ su çökelleri ortalamasına göre oldukça yüksek olmasına rağmen, yerkabuğu ortalama değerine oldukça yakındır. Bu değerlere göre en yüksek Sr içeriği Yeşilirmak açıklarından alınan çökel örneğinde; En düşük Sr içeriği ise Akçakoca açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir (Şekil 20).

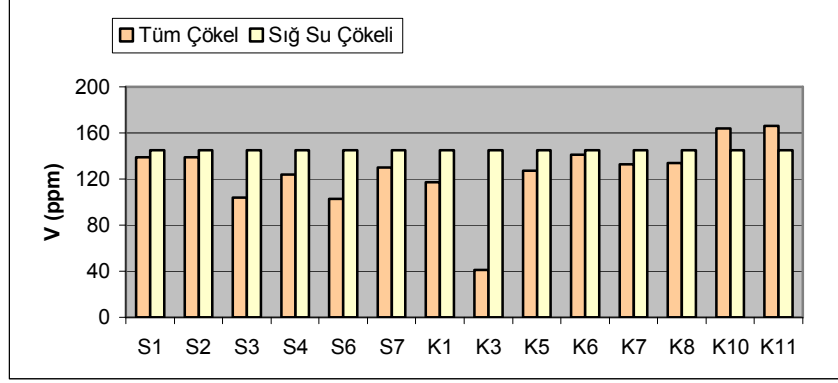


Şekil 20. Tüm çökel örneklerinin Sr (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.2.6. Vanadyum

Bowen (1979) tarafından derlenen tabloya göre yerkabuğundaki ortalama 160 ppm olan vanadyum oranı, Wedepohl (1969) tarafından ortaya konan sığ su çökeli ortalamalarında ise 145 ppm düzeyinde ifade edilmiştir. Vanadyumun +2, +3 ve +5 değerliğe sahip üç iyonu vardır, ancak daha çok +3 değerlikli olanı yaygındır. Mağmada  $V^{+3}$  şeklinde bulunan vanadyum siderofil element olup, manyetit, mafik mineraller ve mikadaki üç değerlikli demirin yerini alır.  $V^{+3}$  şeklindeki bileşikler suda az çözünürler ve genellikle organik yapılarda izlenir. Bitümlü maddelerde, oksitleyici ortamlarda oluşan laterit ve boksitler vanadyumca zengindir. Kumtaşları ve karbonatlı kayalarda 20 ppm, şeyl tipi kayalarda 130 ppm, şeyllerde 130 ppm olan vanadyum, şisti killerde 2000 ppm'e çıkabilmektedir (Bürküt, 1986).

Yapılan kimyasal analizlerde çalışma alanındaki çökel örneklerinin vanadyum değerleri 41 ppm ve 166 ppm arasında değişmektedir. En yüksek V içeriği Giresun açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir. En düşük V içeriği ise; Cide (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir. Ordu ve Giresun açıklarından alınan çökel örneklerinin V içerikleri sığ su çökeli ortalamasından yüksektir, diğer çökel örneklerinin V içerikleri ise sığ su çökeli ortalamasından düşüktür (Şekil 21).

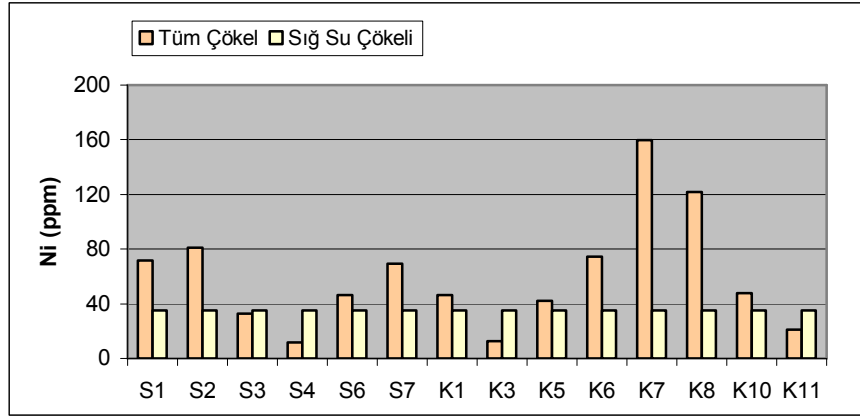


Şekil 21. Tüm çökel örneklerinin V (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.2.7. Nikel

Bowen (1979) ve Wedepohl (1969) tarafından derlenen tabloda yer kabuğu ortalaması 80 ppm, sığ su çökelleri Ni ortalaması ise 35 ppm olarak belirtilmektedir. Ultrabazik kayalarda 2000 ppm, baziklerde 134 ppm, siyenitlerde 4 ppm, granitlerde 8 ppm Ni vardır. Tortul kayalardan şeylerde 68 ppm, kumtaşlarında 2 ppm, karbonatlı kayalarda 20 ppm, şeylerde 70 ppm, siyah şeylerde 50-200 ppm arasında Ni vardır. Nikel, +2 ve +3 değerliklerde bulunur. Zeminde limonit, laterit ve Fe- Mn oksitler ile organik maddeler tarafından soğurulur, hatta sulu nikel silikatlar oluşturabilir. Nikelin jeokimyasal olarak çökmesini kontrol eden faktörler, sülfid, soğurma ve pH'dır. Asidik ortamlarda göçü hızlı olan nikel, alkali ortamlarda ve H<sub>2</sub>S varlığında çöker. Nikelin genel kimyasal özellikleri kobalta benzer, fakat kobalta göre suda daha fazla çözünür.

Çalışma alanı çökel örneklerinin Ni değerleri 12 ppm ve 160 ppm arasında değişmektedir. En yüksek Ni değeri Bafra (Samsun) açıklarından çökel örneğinde belirlenmiştir. En düşük Ni değeri ise Akçakoca açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir. Tüm çökel örneklerinin Ni değerleri, sığ su çökeli ortalama Ni değerinden genel olarak yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 22).



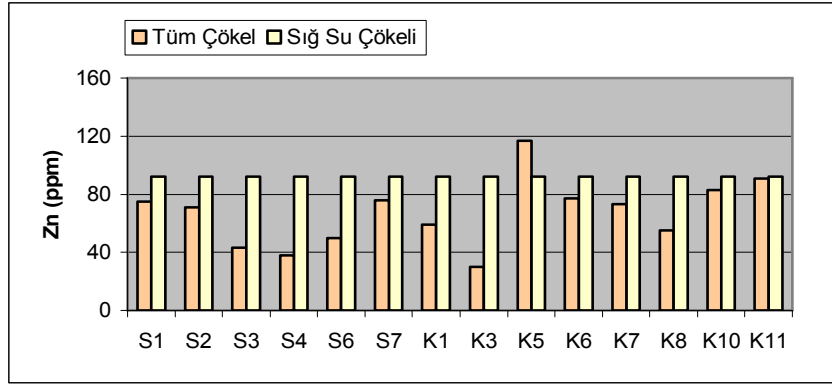
Şekil 22. Tüm çökel örneklerinin Ni (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.2.8. Çinko

Bowen (1979) ve Wedepohl (1969) tarafından oluşturulan tabloda yer kabuğu Zn ortalaması 75 ppm, sığ su çökelleri Zn ortalaması ise 92 ppm olarak belirtilmektedir. Mağmatik kayalarda, ortalama 80 ppm olan çinko, ultramafik kayalarda 50 ppm, mafik kayalarda 130 ppm, feslik kayalarda ise 60 ppm düzeyinde bulunmaktadır. Çökel kayalardan kalkerlerde, 4-20 ppm, kumtaşlarında 5-20 ppm, şisti killerde 50-300 ppm düzeyinde olan Zn, siyah renkli şisti killerde 100-1000 ppm civarındadır (Bürküt, 1986). Granitik kayalarda çinko genelde biyotitlerde birikir. Peridotitik kayalarda olivinlerde, diyopsitlerde ve orto piroksenlerde genellikle 40-80 ppm Zn vardır.

Çinko sülfat ( $ZnSO_4$ ) suda en çok çözünene bileşiktir ve montmorillonit ve kaolinit tipi kil mineralleri, Fe-oksitler, organik maddeler tarafından güçlü bir şekilde tutulmasından kaynaklanmaktadır.

Çalışma alanındaki çökel örneklerinin Zn değerleri 30 ppm ve 117 ppm arasında değişmektedir. En yüksek Zn değeri İnebolu (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir. En düşük Zn değeri ise Cide (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir. İnebolu (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğinin Zn içeriği sığ su çökeli ortalamasından yüksektir, diğer çökel örnekleri ise sığ su çökeli ortalama değerinden düşüktür (Şekil 23).



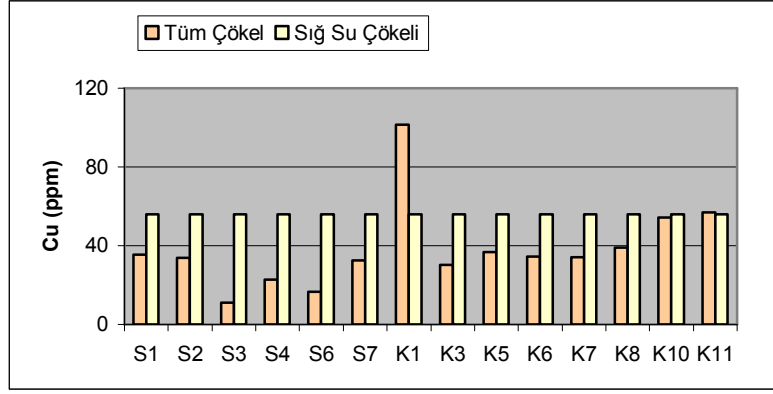
Şekil 23. Tüm çökel örneklerinin Zn (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.2.9. Bakır

Mağmatik kayalarda ortalama 70 ppm olan bakır, ultramafik kayalarda 80 ppm, mafik kayalarda 140 ppm, felsik kayalarda 30 ppm civarındadır. Çökel kayalardan kalkerlerde 5-20 ppm, kumtaşlarında 10-40 ppm, şisti killerde 30-150 ppm civarında bakır bulunabilmektedir.

Bakır; çamur, Fe-Mn oksitler ve organik maddelerce güçlü bir şekilde tutulabilirler. Kaolinit ve illit tipi killer artan pH değerlerinde önemli miktarda Cu soğurabilirler. Montmorillonit tipi killer de kaolinit ve illit kadar olmasa da Cu soğurabilmektedirler.

Çalışma alanındaki çökel örneklerinin Cu değerleri 11 ppm ve 101 ppm arasında değişmektedir. Zonguldak açıklarından alınan çökel örneğinin Cu içeriği en yüksek değer olurken; Akçakoca açıklarından alınan çökel örneğinin Cu içeriği en düşük değer olarak belirlenmiştir. Zonguldak, Ordu ve Giresun açıklarından alınan çökel örneklerinin Cu içeriği sığ su çökeli ortalama değerinden yüksektir, diğer çökel örneklerinin Cu içeriği ise; sığ su çökeli ortalamasıyla uyumludur (Şekil 24).



Şekil 24. Tüm çökel örneklerinin Cu (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

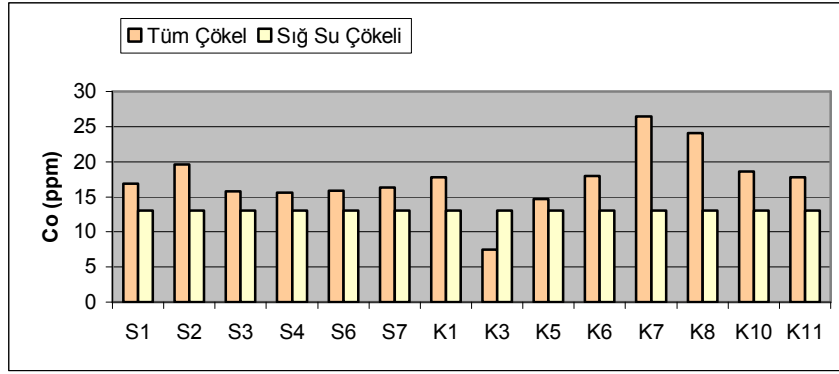
### 3.2.10. Kobalt

Bowen (1979) ve Wedepohl (1969) verilerine göre yer kabuğu ortalama Co içeriği 20 ppm, sığ su çökeli içeriği ise 13 ppm olarak belirlenmiştir.

Kobalt fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından nikel çok benzer.  $Co^{+2}$  iyonu yarıçapı  $0.72A^{\circ}$ ,  $Mg^{+2}$  iyonu ( $0.66 A^{\circ}$ ) ve  $Fe^{+2}$  ( $0.74 A^{\circ}$ ) iyon yarı çaplarına yakın olduğundan, birçok silikatlarda bu elementlerin yerini alır. Mafik kayalarda ortalama 45 ppm civarında izlenen kobalt, ultramafik kayalarda 200 ppm, nötr kayalarda 10 ppm, felsik kayalarda ise 5 ppm düzeyindedir. Mağmatik kayalarda ortalama Co miktarı 18 ppm'dir. Çökel kayalardan şeyllerde 20 ppm, siyah şeyllerde 10-20 ppm, kumtaşlarında 0.3 ppm, kireçtaşlarında 0.2-2 ppm, toprak zeminde 8 ppm kadardır (Bürküt, 1986).

Yapılan kimyasal analizler sonucunda çalışma alanındaki Co değerleri 8 ppm ve 26 ppm arasında değişmektedir. Bu değerlere göre en yüksek Co içeriği Bafra (Samsun) açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir. En düşük Co içeriği ise Cide (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğinde belirlenmiştir.

Cide (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğinin Co içeriği sığ su çökeli ortalama Co içeriğinden düşüktür. Diğer çökel örneklerinin Co içeriği literatürdeki sığ su çökeli ortalama Co içeriğinden yüksektir (Şekil 25).



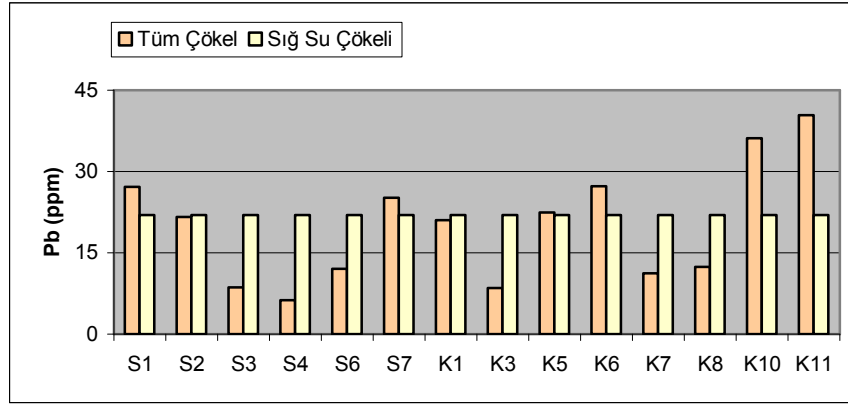
Şekil 25. Tüm çökel örneklerinin Co (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.2.11. Kurşun

Bowen (1979) ve Wedepohl (1969) verilerine göre yerkabuğu ortalama Pb içeriği 14 ppm, sığ su çökeltileri ortalama Pb içeriği ise 22 ppm olarak belirtilmektedir. Kurşun magmatik kayalarda ortalama 16 ppm olup, ultramafik kayalarda 0.2-7 ppm, mafik kayalarda 12 ppm ve felsik kayalarda 48 ppm civarında bulunur. Çökel kayalardan kalkerlerde 5-10 ppm, kumtaşlarında 10-40 ppm, şisti killerde 20 ppm, siyah renkli şisti killerde ise 20-400 ppm düzeyinde Pb bulunmaktadır. Mineral bazında değerlendirildiğinde, K-feldspatlarda mikalara nazaran daha fazla Pb bulunur. Plajiyoklaslar 19.5 ppm, amfiboller 15 ppm, kuvars ve saf olivinler ise 1 ppm'den az kurşun içerir.

Yapılan kimyasal analizler sonucunda çalışma alanındaki çökel örneklerinin Pb değerleri 6 ppm ve 40 ppm arasında değişmektedir. En yüksek Pb değerleri Giresun ve Ordu açıklarından alınan çökel örneklerinde belirlenmiştir. En düşük Pb değeri ise; Akçakoca ve Cide (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneklerinde belirlenmiştir (Şekil 26).





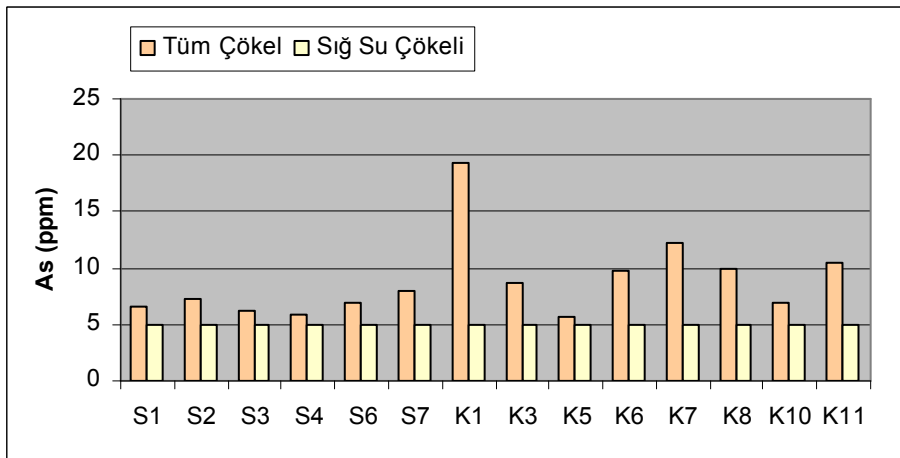
Şekil 26. Tüm çökel örneklerinin Pb (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.2.12. Arsenik

Bowen (1979) ve Wedepohl (1969) verilerinde yer kabuğu As ortalaması 1.5 ppm, sığ su çökelleri As ortalaması ise 5 ppm olarak belirtilmiştir.

Yapılan kimyasal analizler sonucunda çalışma alanındaki çökel örneklerinin As değerleri 6 ppm ve 19 ppm değerleri arasında değişmektedir. Zonguldak açıklarından alınan çökel örneğindeki As içeriği en yüksek değer olarak belirlenmiştir. Akçakoca açıklarından alınan çökel örneğinin As içeriği ise; en düşük değer olarak belirlenmiştir.

Tüm çökel örneklerinin As değerleri literatürdeki sığ su çökeli ortalama değerinden yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 27).

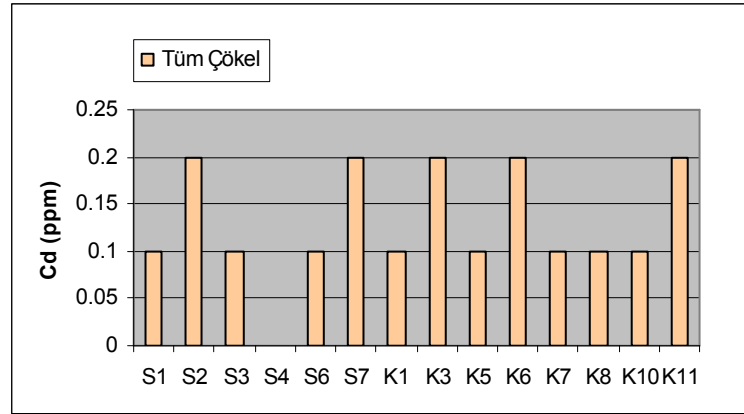


Şekil 27. Tüm çökel örneklerinin As (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.2.13. Kadmiyum

Bowen (1979) verilerine göre yer kabuğu ortalama Cd içeriği 0.11 ppm olarak belirtilmekte, Wedepohl (1969) verilerinde ise sığ su çökellerinde Cd içeriği 0 olarak verilmektedir.

Çalışma alanındaki çökel örneklerinin yapılan kimyasal analizler sonucunda Cd değerleri 0.1 ppm ve 0.2 ppm olarak belirlenmiştir (Şekil 28). Bu değerler literatürdeki sığ su çökeli ortalama değerinden yüksektir.



Şekil 28. Tüm çökel örneklerinin Cd (ppm) değerlerinin sığ su çökeli ortalama değeriyle karşılaştırılması

### 3.3. Karadeniz Çökellerinin Metal Zenginleşmesi Yönünden İncelenmesi

#### 3.3.1. Çökel Zenginleşme Faktör Sınıflaması

Çökellerde metal zenginleşme düzeyinin belirlenmesi konusunda bir çok sınıflamalar yapılmıştır. Kemp vd. (1976) tarafından ortaya konan ‘Sediment Enrichment Factor-SEF’ yani Çökel Zenginleşme Faktörü sınıflaması da bu sınıflamalardan biridir. Bu sınıflamada aşağıdaki basit bağıntı kullanılır:

$$SEF = \frac{(Element / Al)_{\text{örnek}}}{(Element / Al)_{\text{standart}}}$$

Bu formülde Al metalinin kullanılmasının nedeni sulu ortamlarda çok az çözünen (konservatif) bir metal olması sebebiyledir. Bu sınıflamada standart olarak dünyadaki ortalama şeyl verileri kullanılmaktadır. Değerlendirme ise şu şekildedir:

SEF = 1 ise bu metalin yerkabuğu ortalamalarına yakın değerde olduğu

SEF < 1 ise bu metalin yerkabuğu kaynağına geçiş yaptığı

SEF > 1 ise bu metalin çökel tabakasında zenginleştiğini gösterir.

Bu sınıflamada şeyl kayacının göz önüne alınması; şeyli oluşturan bileşenlerin çok değişik kaynaklardan gelmeleri sebebiyledir. Zaten deniz çökellerinin bileşenleri de aynı şekilde çok değişik kaynaklardan sağlanmaktadır. Tablo 8, değişik ortamlardaki ana ve iz elementlerin konsantrasyon değerleri verilmiştir. Çökel zenginleşme sınıflamasında Turekian ve Wedepohl (1961) tarafından sunulan ortalama şeyl verileri kullanılacaktır. Bu sınıflamaya göre çalışma alanındaki çökel örneklerinin SEF değerleri hesaplanmıştır (Tablo 9 ve 10). Karadeniz çökellerinin metal zenginleşmesi değerlendirilmeleri yapılırken ana oksit olarak verilen değerler burada element bazında verilmiştir.

Tablo 8. Yerkabuğu ve çökellerin element bileşimi

Element	Yerkabuğu ort. (a)	Çökel ort. (b)	Şeyl ort. (c)	Derin deniz Kili (c)	Sığ Su Çökeli (d)	Nehir AKM (e)	Kumtaşı (f)	Kireçtaşı (g)	Toprak (h)
Si	27.7	24.5	27.3	25	25	28.5	32.7	3.2	33
Al	8.2	7.2	8	8.4	8.4	9.4	4.3	0.7	6.7
Fe	4.1	4.1	4.7	6.5	6.5	4.8	2.9	1.7	3.2
Ca	4.1	6.6	2.2	2.9	2.9	2.2	3.1	34	2
Mg	2.3	1.4	1.5	2.1	2.1	1.2	1.2	0.6	0.8
Na	2.3	0.6	1	4	4	0.7	1	0.1	1.1
K	2.1	2	2.7	2.5	2.5	2	1.5	0.3	1.8
Ti	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.4	0.03	0.5
P	1000	670	700	1500	550	1150	440	700	800
Mn	950	770	850	6700	850	1050	460	620	760
Ba	500	460	580	2300	0	600	320	90	568
Sr	370	320	140	110	160	150	320	610	278
Zr	190	150	160	150	240	0	220	20	345
V	160	105	130	120	145	170	20	45	108
Cr	100	72	90	90	60	100	35	11	84
Ni	80	52	68	250	35	90	9	7	34
Zn	75	95	95	165	92	350	30	20	60
Cu	50	33	45	250	56	100	30	5.1	26
Co	20	14	19	74	13	20	0.3	0.1	12
Li	20	56	66	57	77	25	38	7.5	31
Sc	16	10	13	19	12	18	1	1	10
Pb	14	19	20	80	22	150	10	5.7	29
Cs	3	4.2	5	6	0	6	0.5	0.5	3
Be	2.6	2	3	2.6	3	0	<1	1	1.5
U	2.4	3.1	3.7	1.3	0	3	0.5	2.2	2.2
Sn	2.2	4.6	6	1.5	2	0	0.5	0.5	5.8
Mo	1.5	2	2.6	27	1	3	0.2	0.2	1.9
As	1.5	7.7	13	13	5	5	1	1	11.3
W	1	1.7	1.8	1.1	0	0	1.6	0.6	1.1
Sb	0.2	1.2	1.5	1	0	2.5	0.05	0.3	1.7
Cd	0.11	0.17	0.22	0.42	0	1	0.05	0.03	0.6
Ag	0.07	0.06	0.07	0.11	0	0	0.25	0.12	0.4
Hg	0.05	0.19	0.18	0.08	0	0	0.29	0.16	0.1
Se	0.05	0.42	0.06	0.17	0	0	<0.01	<0.03	0.4

<sup>a</sup> Bowen (1979)<sup>e</sup> Martin ve Meybeck (1979)<sup>b</sup> Bowen (1979)<sup>f</sup> Bowen (1979)<sup>c</sup> Turekian ve Wedepohl (1961)<sup>g</sup> Marowski ve Wedepohl (1971)<sup>d</sup> Wedepohl (1969)<sup>h</sup> Ure ve Berrow (1982)

Tablo 9. Çökel örneklerinin ana elementlere ait çökel zenginleşme faktörleri

	SEF-Si	SEF-Al	SEF-Fe	SEF-Ti	SEF-Na	SEF-K	SEF-Mg	SEF-Ca	SEF-P
S1	1.9	2.33	1.02	1.27	5.44	1.24	3.61	4.71	2.04
S2	1.9	2.29	1.06	1.27	5.32	1.26	3.78	4.68	1.90
S3	2.3	1.65	0.74	1.12	5.02	0.76	2.10	4.18	1.88
S4	2.5	1.44	0.79	0.98	3.91	0.62	2.63	2.67	1.08
S6	2.2	1.81	0.79	1.05	4.96	0.87	2.52	4.65	1.03
S7	1.9	2.26	1.01	1.24	5.74	1.15	3.37	4.80	0.96
K1	2.0	2.04	0.97	1.10	3.66	1.05	2.81	5.56	0.70
K3	2.5	0.94	0.48	0.49	2.82	0.00	0.92	7.85	1.24
K5	2.2	1.40	0.67	0.81	4.88	0.80	1.51	6.53	2.63
K6	2.1	2.30	0.87	1.12	3.94	1.26	2.33	3.69	1.72
K7	1.9	2.15	1.03	1.10	5.23	1.20	3.00	5.12	2.07
K8	1.9	1.91	1.14	1.27	4.47	0.93	5.50	5.57	2.15
K10	1.7	1.78	2.06	2.56	4.17	0.69	5.21	5.90	2.08
K11	1.9	2.58	1.16	1.08	6.15	1.47	3.66	2.99	0.81

Tablo 10. Çökel örneklerinin iz elementlere ait çökel zenginleşme faktörleri

	SEF-Cu	SEF-Pb	SEF-Zn	SEF-Ni	SEF-Mn	SEF-Co	SEF-As
S1	0.78	1.36	0.79	1.05	0.71	0.89	0.51
S2	0.75	1.08	0.75	1.19	0.82	1.03	0.56
S3	0.24	0.43	0.45	0.48	0.82	0.83	0.48
S4	0.51	0.32	0.40	0.17	0.94	0.82	0.45
S6	0.37	0.60	0.53	0.68	0.82	0.84	0.54
S7	0.72	1.26	0.80	1.02	0.82	0.86	0.62
K1	2.25	1.05	0.62	0.69	0.59	0.94	1.49
K3	0.67	0.43	0.32	0.19	1.06	0.39	0.66
K5	0.82	1.13	1.23	0.62	0.94	0.77	0.44
K6	0.77	1.37	0.81	1.10	0.59	0.95	0.75
K7	0.76	0.56	0.77	2.35	0.82	1.39	0.95
K8	0.87	0.62	0.58	1.79	1.18	1.27	0.77
K10	1.21	1.81	0.87	0.70	1.76	0.98	0.53
K11	1.27	2.02	0.96	0.31	0.71	0.94	0.80

Akçakoca açıklarından alınan çökel örneklerindeki ortalama Si, Al, Fe, Ti, Na, K, Mg, Ca ve P konsantrasyonları kullanılarak Al'a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktör değerleri incelendiğinde (Tablo 9), Fe ve K dışında kalan elementlere ait faktör büyüklüklerinin 1' den büyük değerler aldığı görülür (Şekil 29). Dolayısıyla bu metal iyonları açısından bir zenginleşmenin olduğu söylenebilir. Burada zenginleşme faktör büyüklüklerinin  $Na > Ca > Mg > Si > Al > P > Ti$  şeklinde olduğu görülmektedir.

Zonguldak açıklarından alınan çökel örneğine ait ana elementlerin zenginleşme faktörleri incelendiğinde (Tablo 9), Fe ve P dışında kalan elementlerin Çökel Zenginleşme

Faktör büyüklüklerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir (Şekil 30). Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Ca > Na > Mg > Al > Si > Ti > K$  şeklindedir

Cide (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğine ait ana elementlerin zenginleşme faktörleri incelendiğinde (Tablo 9), sadece Mn elementinin 1'den büyük olduğu görülmektedir. Mn dışında kalan elementlerde zenginleşme olmadığı görülmektedir (Şekil 30).

İnebolu (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğine ait ana elementlerin zenginleşme faktörleri incelendiğinde (Tablo 9), Fe, Ti ve K dışında kalan elementlerin Çökel Zenginleşme Faktör büyüklüklerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir (Şekil 30). Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Ca > Na > P > Si > Mg > Al$  şeklindedir.

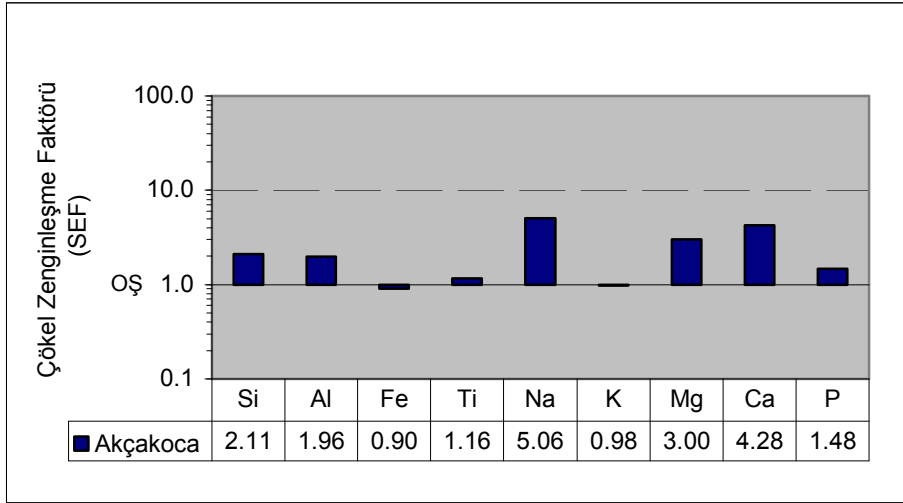
Gerze (Sinop) açıklarından alınan çökel örneğine ait ana elementlerin zenginleşme faktörleri incelendiğinde (Tablo 9), Fe dışında kalan elementlerin Çökel Zenginleşme Faktör büyüklüklerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir (Şekil 31). Yani bu elementlerde zenginleşmenin olduğu söylenebilir. Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Ca > Na > P > Si > Mg > Al$  şeklindedir.

Bafra (Samsun) açıklarından alınan çökel örneğine ait ana elementlerin çökel tabakasında zenginleştiği ve bu zenginleşmenin  $Na > Ca > Mg > Al > P > Si > K > Ti > Fe$  şeklinde olduğu görülmektedir (Şekil 31).

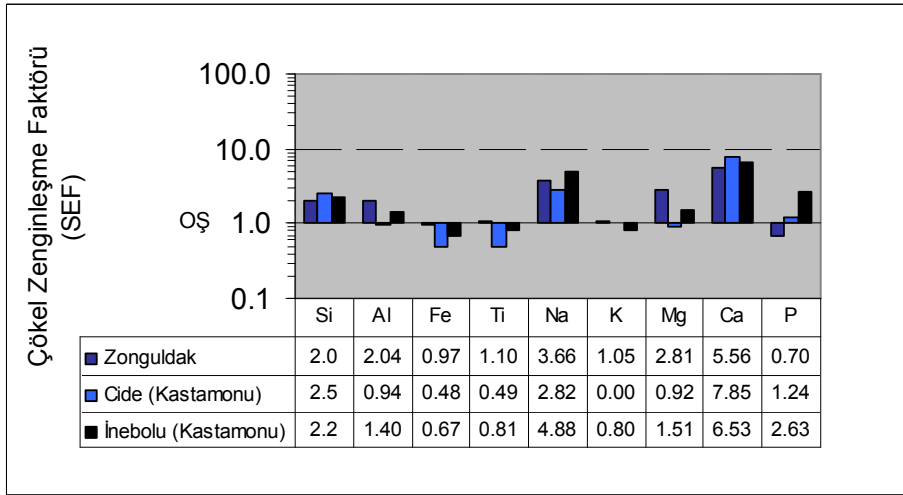
Yeşilirmak açıklarından alınan çökel örneğine ait ana elementlerin zenginleşme faktörleri incelendiğinde (Tablo 9), K dışında kalan elementlerin Çökel Zenginleşme Faktör büyüklüklerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir (Şekil 31). Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Ca > Mg > Na > P > Al > Si > Ti > Fe$  şeklindedir.

Ordu açıklarından alınan çökel örneğine ait iz elementlerin zenginleşme faktörleri incelendiğinde (Tablo 9), K dışında kalan elementlerin Çökel Zenginleşme Faktör büyüklüklerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir. Yani bu elementlerde zenginleşmenin olduğu söylenebilir (Şekil 32). Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Ca > Mg > Na > Ti > P > Fe > Al > Si$  şeklindedir.

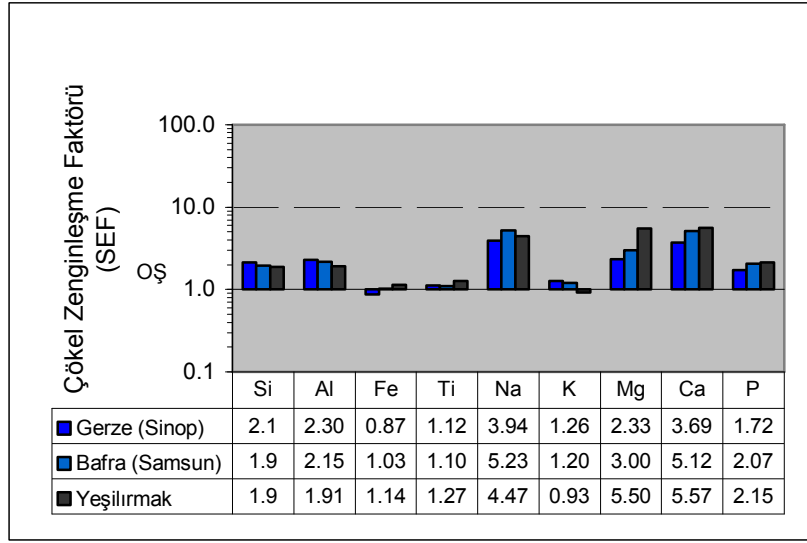
Giresun açıklarından alınan çökel örneğine ait iz elementlerin zenginleşme faktörleri incelendiğinde (Tablo 9), K dışında kalan elementlerin Çökel Zenginleşme Faktör büyüklüklerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir (Şekil 32). Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Ca > Mg > Na > Ti > P > Fe > Al > Si$  şeklindedir.



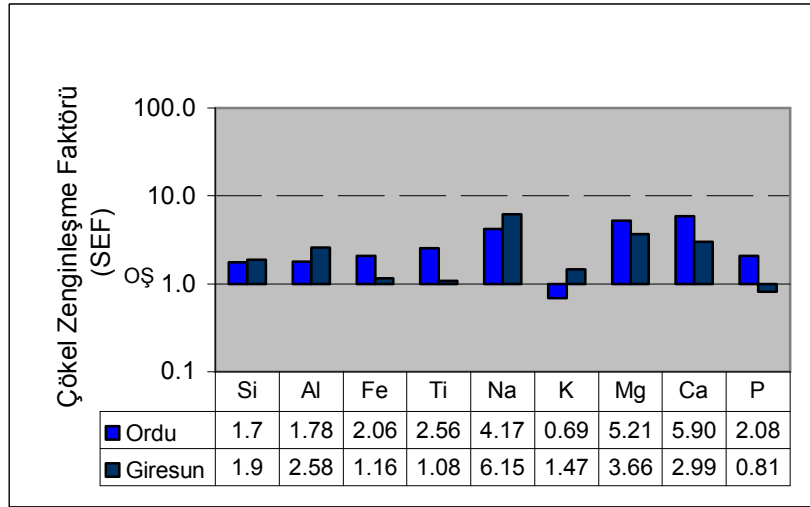
Şekil 29. Akçakoca açıklarından alınan çökel örneğine ait Si, Al, Fe, Ti, Na, K, Mg, Ca ve P konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri (OŞ: Turekian ve Wedepohl'a (1961) göre ortalama şeyl değerleri).



Şekil 30. Zonguldak, Cide, İnebolu açıklarından alınan çökel örneğine ait Si, Al, Fe, Ti, Na, K, Mg, Ca ve P konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri (OŞ: Turekian ve Wedepohl'a (1961) göre ortalama şeyl değerleri).



Şekil 31. Gerze, Bafra, Yeşilirmak açıklarından alınan çökel örneğine ait Si, Al, Fe, Ti, Na, K, Mg, Ca ve P konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri (OŞ: Turekian ve Wedepohl'a (1961) göre ortalama şeyl değerleri).



Şekil 32. Ordu ve Giresun açıklarından alınan çökel örneğine ait Si, Al, Fe, Ti, Na, K, Mg, Ca ve P konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktör değerleri (OŞ: Turekian ve Wedepohl'a (1961) göre ortalama şeyl değerleri).

Akçakoca açıklarından alınan çökel örneklerindeki ortalama Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al'a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktör değerleri incelendiğinde (Tablo 10), tüm elementlerin Çökel Zenginleşme Faktör büyüklüklerinin 1'den küçük olduğu görülmektedir yani zenginleşme olmamıştır (Şekil 33).



Zonguldak açıklarından alınan çökel örneğine ait Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al'a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktör değerleri incelendiğinde (Tablo 10), Cu, As ve Pb elementlerinin Çökel Zenginleşme faktör büyüklüklerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir (Şekil 34). Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Cu > As > Pb$  şeklindedir.

Cide (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğine ait Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktör değerleri incelendiğinde (Tablo 10), sadece Mn elementinde zenginleşme görülmektedir (Şekil 34).

İnebolu (Kastamonu) açıklarından alınan çökel örneğine ait Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktör değerleri incelendiğinde (Tablo 10), Zn ve Pb elementlerine ait bir zenginleşme olmuştur (Şekil 34 ). Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Zn > Pb$  şeklindedir.

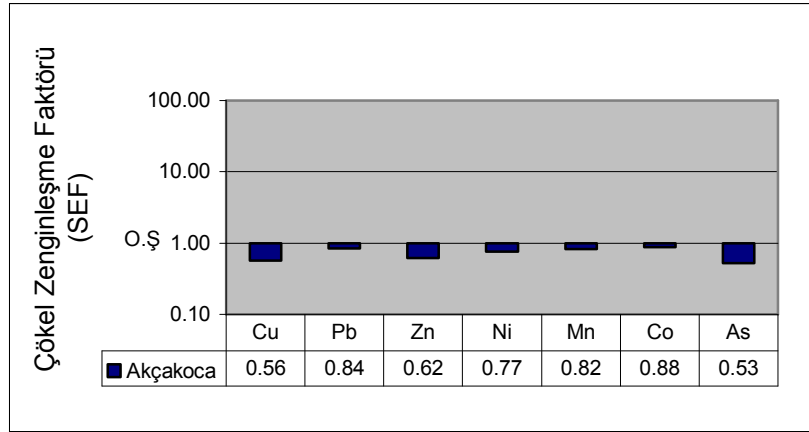
Gerze (Sinop) açıklarından alınan çökel örneğine ait Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktör değerleri incelendiğinde (Tablo 10), Pb ve Ni elementlerinin Çökel Zenginleşme faktör büyüklüklerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir (Şekil 35). Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Pb > Ni$  şeklindedir.

Bafra (Samsun) açıklarından alınan çökel örneğine ait Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktör değerleri incelendiğinde (Tablo 10), Co ve Ni elementlerinin Çökel Zenginleşme faktör büyüklüklerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir (Şekil 35). Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Ni > Co$  şeklindedir.

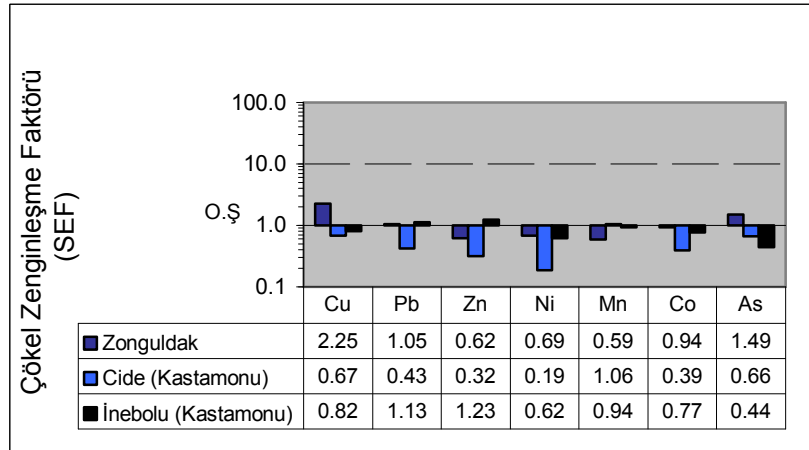
Yeşilirmak açıklarından alınan çökel örneğine ait Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktör değerleri incelendiğinde (Tablo 10), Mn, Co ve Ni elementlerinin Çökel Zenginleşme faktör büyüklüklerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir (Şekil 35). Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Ni > Co > Mn$  şeklindedir.

Ordu açıklarından alınan çökel örneğine ait Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktör değerleri incelendiğinde (Tablo 10), Mn, Pb ve Cu elementlerinin Çökel Zenginleşme faktör büyüklüklerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir (Şekil 36 ). Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Mn > Pb > Cu$  şeklindedir.

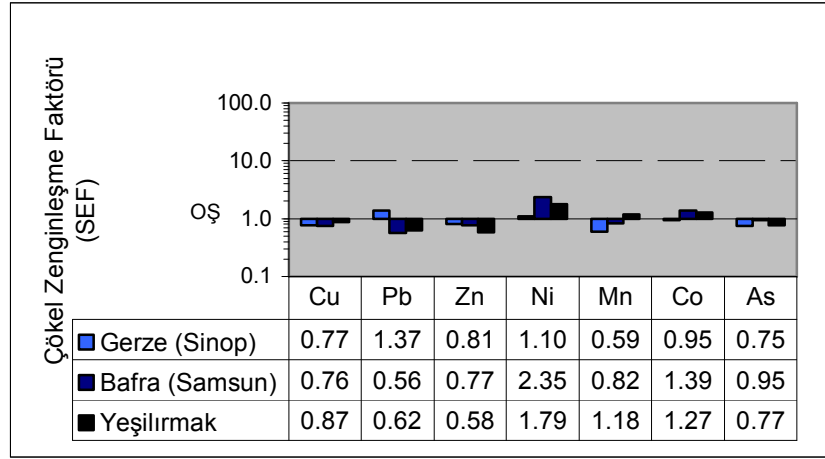
Giresun açıklarından alınan çökel örneğine ait Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al'a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktör değerleri incelendiğinde (Tablo 10), Pb ve Cu elementlerinin Çökel Zenginleşme faktör büyüklüklerinin 1'den büyük olduğu görülmektedir (Şekil 36). Burada Çökel Zenginleşme Faktör büyüklükleri  $Pb > Cu$  şeklindedir.



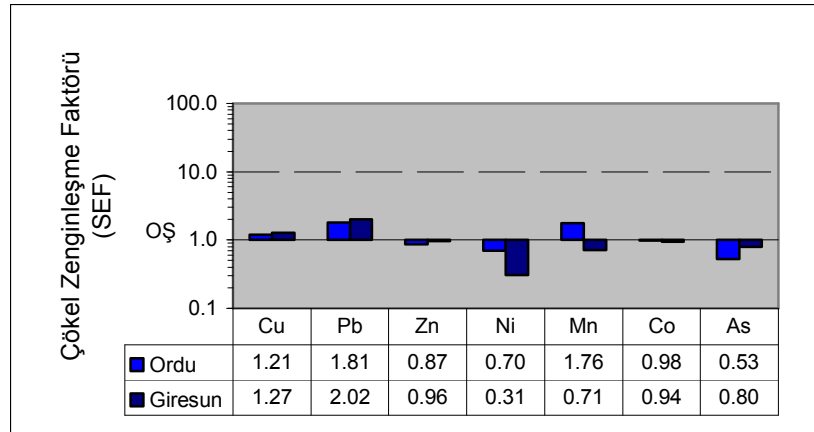
Şekil 33. Akçakoca açıklarından alınan çökel örneklerine ait ortalama Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al'a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri (OŞ: Turekian ve Wedepohl'a (1961) göre ortalama şeyl değerleri).



Şekil 34. Zonguldak, Cide, İnebolu açıklarından alınan çökel örneğine ait ortalama Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al'a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri (OŞ: Turekian ve Wedepohl'a (1961) göre ortalama şeyl değerleri).



Şekil 35. Gerze, Bafra, Yeşilirmak açıklarından alınan çökel örneğine ait Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri (OŞ: Turekian ve Wedepohl'a (1961) göre ortalama şeyl değerleri).



Şekil 36. Ordu ve Giresun açıklarından alınan çökel örneğine ait Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Co ve As konsantrasyonları kullanılarak Al' a göre hesaplanmış Çökel Zenginleşme Faktörü değerleri (OŞ: Turekian ve Wedepohl'a (1961) göre ortalama şeyl değerleri).

#### 4. SONUÇLAR

Akçakoca (Düzce)-Giresun arası deniz çökelleri jeokimyası ve çökel zenginleşme faktör değerlerinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1. Çalışma alanındaki çökel örneklerinin ana ve iz element değerleri yapılan kimyasal analizler sonucu belirlenmiştir. Buna göre;

a) Ana element değer aralıkları; SiO<sub>2</sub> (%) 47.66-68.70, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%) 7.50-20.63, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%) 2.27-9.81, CaO (%) 5.88-17.27, MgO (%) 1.39-8.25, Na<sub>2</sub>O (%) 2.82-6.15, K<sub>2</sub>O (%) 1.66-3.98 şeklindedir. Çökel örneklerinin ana element değerleri, değer aralıkları açısından 'Sığ Su Çökeli' (Wedepohl, 1969) değerleriyle karşılaştırıldığında; Fe(%), K(%), Al(%), değerlerinin literatürdeki verilerle uyumlu olduğu, Si (%) ve Mg' un (%) biraz uyumlu, Na'un (%) ise düşük olduğu belirlenmiştir.

b) İz element değer aralıkları ise; Ti (%) 0.29-0.76, P (ppm) 500-1600, Mn (ppm) 500-1100, Ba (ppm) 250-420, Sr (ppm) 234-403, V (ppm) 41-166, Ni (ppm) 12-160, Zn (ppm) 30-117, Cu (ppm) 11-101, Co (ppm) 8-26, Pb (ppm) 6-40, As (ppm) 6-19, Cd (ppm) 0-0,2 şeklindedir. Değer aralıkları açısından iz element değerleri 'Sığ Su Çökeli' (Wedepohl, 1969) değerleriyle karşılaştırıldığında; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%) ve Ti (ppm) değerlerinin uyumlu olduğu, Mn (ppm), Sr (ppm) ve Zn (ppm) değerlerinin biraz; Ba (ppm), Sr (ppm), Ni (ppm), Cu (ppm), Co (ppm), Pb (ppm), As (ppm), Cd (ppm) değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu yüksek değerler, doğal ve insan kaynaklı girdilerin bileşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir.

2. Alınan çökel örneklerindeki metal kirlenmesini öğrenmek amacıyla 'Çökel Zenginleşme Faktörü' (Kemp vd., 1976) değerleri hesaplanmıştır. Ana ve iz element değerlerinin Çökel Zenginleşme Faktörleri (SEF) ayrı ayrı hesaplanmıştır.

a) Ana elementlerde genel olarak Fe ve K hariç diğer elementlerde zenginleşme görülmüştür.

b) İz elementlerde ise Akçakoca açıklarından alınan çökellerin ortalama değerine göre hesaplanan SEF değeri 1'den küçük çıkmıştır yani zenginleşmenin olmadığı belirlenmiştir. Doğu Karadeniz'den alınan deniz tabanı çökel örneklerinde ise; Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Mn elementlerinin SEF değerleri 1'den büyük çıkmıştır. Çökel tabakalarında zenginleşme gösteren bu elementler kirlilikle ilişkilendirilmiştir ve bu kirliliğin nedeni olarak kıyı alanlarındaki nehirlerin havza alanından Karadeniz'e taşıdığı mineral tortularından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

- Adamia, Sh. A., Gamkrelidze, I. P., Zakariadze, G. S. ve Lordkipanidze, M. B., 1974. Adjaro-Trialetsky progib i problema formirovaniya glubokovodnoi vpadiny Chernoga morya, Geotektonika 1, 78-94.
- Aksaray, F., 1978. Karadeniz Őelfinin yapısı, Türkiye Dördüncü Petrol Kongresi, 199-204.
- Akyüz, M., 2005. Karadeniz Sedimanlarındaki Ağır Metaller, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 107 s.
- Akyüz, T., Başarı, A., Saltoğlu, T. ve Kurtcebe, T., 1995. Determination of the Concentration of Some Elements in the Black Sea Sediment Samples Using Energy Dispersive X-Ray Flourance Analyzer, Toxicological and Environmental Chemistry, 48, 125-133.
- Algan, A. O., Çağatay, M. N., Sarıkaya, H. Z., Balkıs, N. ve Sarı, E., 1999. Pollution Monitoring Using Marine Sediments, A Case Study on the Istanbul Metropolitan Area, Tr. J. Of Engineering and Environmental Science, 23, 39-48.
- Bingel, F. ve Ünsal, M., 1990. Stock Assessment Studies for the Turkish Black Sea Coast. Fisheries Sections, NATO-TU, Fisheries First Technical Report, M.E.T.U, Institute of Marine Sciences, Erdemli-İçel, 79-122.
- Bowen, H. J. M., 1979. Enviromental Chemistry of the Elements, Academic Press, London, N.Y., Toronto, 333 s.
- Bürküt, Y., 1986. Uygulamalı Jeokimya, İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul, 204 s.
- Dulski, P., 2001. Reference Materials for Geochemical Studies, New Analytical Data by ICP-MS and Critical Discussion of Reference Values, Geostandards Newsletter, The Journal of Geostandards and Geoanalysis, 25, 87-125.
- Erinç, S., 1984. Karadeniz Çanağının Jeomorfolojik ve Yapısal Özelliklerinin Morfometrisi, Ist. Üniv. Deniz Bil. Coğr. Enst. Bülteni, No:1,15-22.
- Erüz, C., 1992. Upwelling Sirkilasyonunun Tamamlanması ve Güneydoğu Karadeniz Kıyılarında Varlığının Tespiti Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bil. Ens., Trabzon, 87 s.
- Förstner, U., Ahlf, W. ve Calmano, W., 1993. Sediment Quality Objectives and Criteria Development in Germany, Water Science and Technology, 28, 8-9, 307-316.
- Gedik, A. ve Korkmaz, S., 1984. Sinop Havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. TMMOB Jeoloji Müh.Yayın Organı, Ankara, 19, 53-79.
- Görür, N., 1988. Timing of Opening of the Black Sea Basin, Tectonophysics, 147, 47-262.

- Grasshoff, K., 1975. The Hydrochemistry of Landlocked Basins and Fjords, Chemical Oceanography, 2, 560-578.
- Güven, K. C., Yurdoğlu, S., Güngör, N., Topcuoğlu, S., Cevher, E. ve Öztürk, B., 1997. Radioactivity Levels in Marine Algae, from the Black Sea and Marmara Sea, Rapp. Comm. Int. Mer. Medit., 32, 319.
- Hsu, K. ve Nachev, I. K., 1977. Geologic Evolution of Bulgaria in Light of Plate Tectonics, Tectonophysics, 245-256.
- Johnson, M.G. ve Nicholls, K.H., 1988. Temporal and special trends in metal loads to sediments of Lake Simcoe, Ontario, Water, Air and Soil Pollution, 39, 337.
- Kemp, A.L.W. ve Thomas. R.L., 1976. Impact of Man's Activities on the Chemical Composition in the Sediments of Lakes Ontario, Erie, and Huron, Water, Air, and Soil Pollution, 5, 469-490.
- Lein, Y. A. ve Ivanov, M.V., 1991. On the Sulfur and Carbon Balances in the Black Sea, The Black Sea Oceanography, Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, 307-318.
- Le Maitre R.W., 1976. The Chemical Variability of Some Common Igneous Rocks, J. Petrol., 17, 589-637.
- Letouzey, J., Biju-Duval, B., Dorkel, A., Connard, R., Kristchev, K., Montadert, L. ve Sungurlu, O., 1977. The Black Sea, A Marginal Basin, Geophysical and Geological Data, Biju-Duval, B. ve Montadert, L., Structural History of the Mediterranean Basins Editions Technip., Paris, 363- 376.
- Manetti, P., Boccaletti, M. ve Peccerillo, A., 1988. The Black Sea, Remnant of a Marginal Basin Behind the Srednorgie-Pontides Island Arc System During the Upper Cretaceous-Eocene Times, Bulletino di Geofisica Teorica ed Applicata, 30, 39-51.
- Marowski, G. ve Wedepohl, K.H., 1971. General Trends in the Behaviour of Cd, Hg, Tl and Bi in Some Major Rock Forming Processes, Geochim. Cosmochim. Acta., 35, 1255-1267.
- Martin, D.F. ve Meybeck, M., 1979. Elemental Mass Balance of Material Carried by Major World Rivers, Marine Chemistry, 7, 173-206.
- Milanovskiy, Y., 1967. Problem of Origin of Black Sea Depression and its Position Instructure of the Alpine Belt., Int. Geol. Rev., 8,1, 36-43.
- Nalivkin, D. V., 1960. The Geology of the USSR, Pergamon, New York, 170 s.
- Oğuz, T. ve Tuğrul, S., 1990. Stock Assessment Studies for the Turkish Black Sea Coast, Oceanographic Sections, NATO-TU Fisheries First Technical Reports, M.E.T.U., Institute of Marine Sciences, Erdemli-İçel, 1-78.

- Oğuz, T., Latun, V. S., Latif, M. A., Viladimirov, V., Sur, H. I., Markov, A., Özsoy, E., Kotovshchikov, B., Eremeev, V. ve Ünlüata, Ü., 1993. Circulation in the Surface and Intermediate Layers of the Black Sea, *Deep Sea Res.*, 40, 1597-1612.
- Oğuz, T., Ivanov, L. I. ve Besiktepe, S., 1998. Circulation and Hydrographic Characteristics of the Black Sea During 1992. In L. I. Ivanov ve T. Oguz (Eds.), *Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea*, NATO Science Series, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2-47, 69-92.
- Okan, T., 1998. Karadeniz Pontus Euxinus, Türkiye Denizlerinin ve Çevre Alanların Jeolojisi, İstanbul, 23-129.
- Okay, A.L, 1989. Tectonic Units and Sutures in the Pontides, Northern Turkey, ed., A.M.C. Şengör, *Tectonic Evolution of the Tethyan Region*, Kluwer Academic Publ., 109-116.
- Okay, A. I., Şengör, A. M. C. ve Görür, N., 1994. Kinematic History of the Opening of the Black Sea and its Effect on the Surrounding Regions, *Geology*, 22, 267-270.
- Özsoy, E. ve Ünlüata, Ü. 1997. Oceanography of the Black Sea, A Review of Some Recent Results, *Earth Sci. Rev.*, No. 42, 231-272.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) güneydoğu yöresinin jeolojisi ve petrol olanakları bakımından incelemesi, KTÜ Yayını No:87, 103 s.
- Ross, D.A. ve Degends E.T., 1974. Recent sedimentation of Black Sea. In Degends, E.T. ve Ross, D.A., (Eds.), *The Black Sea, Geology, Chemistry, Biology*, The American Association of Petroleum Geologists, No. 20, 183-199.
- Ross, D.A., 1977. The Black Sea and the Sea of Azov. In: Nairn, A.E.M., Kaner, W.H. ve Stehli, F.G., *The Ocean Basins and Margins*, Plenum Publications, New York, 445-481.
- Sorokin, Y.U., 1986. The Black Sea, In *Ecosystem of the World, 26 Estuaries and Enclosed Seas*, Edited by B.H. Ketchum, Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 253-292.
- Sur, H. I., Özsoy, E. ve Ünlüata, Ü., 1994. Boundary Current Instabilities, Upwelling, Shelf Mixing and Eutrophication Processes in the Black Sea, *Prog. Oceanogr.*, 33, 249-302.
- Sur, H. I., Özsoy, E., Ilyin, Y.P. ve Ünlüata Ü., 1996. Coastal Deep Interactions in the Black Sea and Their Ecological Environmental Impacts, *J. Mar. Systems*, 7, 293-320.

- Topçuoğlu, S., Güven, K.C., Okuş, E., Esen, N., Güngör, N., Eğilli, E., Kut, D., Doğan, E. ve Ünlü, S., 1998. Metal Contents of Algae and Sediments of Turkish Coasts in the Black Sea, In: The Proceedings of the First International Symposium on Fisheries and Ecology, Trabzon, Türkiye, 437-439.
- Topçuoğlu, S., Kırbasoğlu, Ç. ve Güngör, N., 2002. Heavy Metals in Organism Sediments From Turkish Coast of the Black Sea, 1997-1998, *Environment International*, 27, 521-526.
- Topçuoğlu, S., Ölmez, E., Kırbasoğlu, Ç., Yılmaz, Y. Z. ve Saygın, N., 2004. Heavy Metal and Radioactivity in Biota and Sediment Samples Collected from Ünye in the Eastern Black Sea, *Rapp.Comm.Int.Mer Medit.*, 37, 250.
- Turekian, K. K. ve Wedepohl, K. H., 1961. Distribution of Elements in Some Major Units of the Earth's Crust, *Geological Society of American Bulletin*, 72, 175-192.
- Ure, A.M. ve Berrow, M.L., 1982. The Chemical Constituents of Soils, In: Bowen HJM (Ed) *Environmental Chemistry*, F. Soc. Chem., Burlington House, London, 2, 94-202.
- Ünlüata, Ü., Oguz, T., Latif, M. A. ve Özsoy, E., 1990. On the Physical Oceanography of the Turkish Straits, In: L. J. Pratt, ed., *The Physical Oceanography of Sea Straits*, NATO ASI Series, *Kluwer*, 25-60.
- Wedepohl, K.H., 1969. *Handbook of Geochemistry*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 442 s.
- Kandemir, R. ve Yılmaz, C., 2005. Şenköy Formasyonu içindeki kumtaşlarının petrofasiyes özellikleri ve birikim koşulları, *KTÜ 40. Yıl Jeoloji Sempozyumu Bildiri Özleri*, Trabzon, 20-21.
- Yılmaz, O., 1980. Datay-Devrekani masifi kuzeydoğu kesimi litostratigrafik birimleri ve tektoniği, *H.Ü.Yer Bilimleri Dergisi*, Ankara, 5, 6, 101-135.
- Yücesoy, F. ve Ergin, M., 1992. Heavy Metal Geochemistry of Surface Sediments from the Southern Black Sea Shelf and Upper Slope, *Chemical Geology*, 99, 265-287.
- Zaitsev, Y. ve Mamaev, V., 1997. Biological Diversity in the Black Sea, *Black Sea Environmental Series*, Vol. 3, New York, 14-17, 105-127.
- URL-1, <http://www.ocean.udel.edu/blacksea/geography/index.html>. 12 Kasım 2007.
- URL-2, [http://www.mta.gov.tr/mta\\_web/harita500.asp](http://www.mta.gov.tr/mta_web/harita500.asp). 15 Kasım 2007.
- URL-3, [http://www.mta.gov.tr/v1.0/haritalar/maden\\_haritalari/myatak/myatak1.html](http://www.mta.gov.tr/v1.0/haritalar/maden_haritalari/myatak/myatak1.html). 15 Kasım 2007.



## **ÖZGEÇMİŞ**

İlknur Batar, 1982 yılında İstanbul'da doğdu. 1988-1996 yılları arasında ilk ve orta öğrenimini (Avcılar İlköğretim Okulu) ve 1996-2000 yılları arasında lise öğrenimini (Florya Tefik Ercan Lisesi) tamamladıktan sonra, 2001 yılında K.T.Ü Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Lisans programına başladı. Bu bölümden 2005 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği, Mineraloji-Petrografi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitime başladı. 2008 yılında Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. İngilizce bilmektedir.