T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSKENDERUN KÖRFEZİNDE DENİZ SUYU VE SEDİMENTTEKİ AĞIR METAL İÇERİĞİNİN ICP-OES İLE BELİRLENMESİ VE ANALİTİK METOTLARLA KARAKTERİZASYONU

AYTAÇ RİYAD ÇAM

KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
OCAK-2016

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSKENDERUN KÖRFEZİNDE DENİZ SUYU VE SEDİMENTTEKİ AĞIR METAL İÇERİĞİNİN ICP-OES İLE BELİRLENMESİ VE ANALİTİK METOTLARLA KARAKTERİZASYONU

AYTAÇ RİYAD ÇAM

KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
OCAK-2016

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSKENDERUN KÖRFEZİNDE DENİZ SUYU VE SEDİMENTTEKİ AĞIR METAL İÇERİĞİNİN ICP-OES İLE BELİRLENMESİ VE ANALİTİK METOTLARLA KARAKTERİZASYONU

AYTAÇ RİYAD ÇAM

KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doç. Dr. Yasin YÜCEL danışmanlığında hazırlanan bu tez **11/01/2016** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Yasin YÜCEL
Başkan

Prof. Dr. Şana SUNGUR
Üye

Yrd. Doç. Dr. Abdullah ÖZKAN
Üye

Kod No:888

Prof. Dr. Okan ŞENER
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 325

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

11/01/2016

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Aytaç Riyad ÇAM

ÖZET

İSKENDERUN KÖRFEZİNDE DENİZ SUYU ve SEDİMENTTEKİ AĞIR METAL İÇERİĞİNİN ICP-OES ile BELİRLENMESİ ve ANALİTİK METOTLARLA KARAKTERİZASYONU

Ülkemiz için deniz kaynaklarının hem sosyal hem de ekonomik açıdan kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden deniz kirliliğinin önlenmesi zorunlu hale gelmektedir. Öncelikle kirleticiler izlenmeli ve kaynakları belirlenerek gerekli önlemler alınmalıdır. Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan İskenderun Körfezi, petrol ve doğal gaz hattının geçtiği bir bölge olup, Demir Çelik, Gübre, Çimento Fabrikaları gibi pek çok sanayi kuruluşunu bünyesinde barındırmaktadır. Akdeniz'deki başlıca doğal körfezlerden biri olan İskenderun Körfezi hızlı nüfus artışı ve sanayileşmeden dolayı kirlilik yönünden ciddi bir şekilde takip edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada İskenderun Körfezinde sahil şeridinde belirlenen istasyonlardan (Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz) deniz suyu ve sediment örnekleri alınarak sıcaklık, pH, iletkenlik, çözünmüş oksijen miktarı, TDS parametreleri belirlenmiş ve ağır metal (Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Al) içeriği analiz edilmiştir. Belirlenen parametrelerin deniz suyu ve sediment örneklerindeki mevsimsel değişimi incelenmiş ve kirlilik miktarları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine uygunluğu araştırılmıştır. Sahil şeridinde belirlenen istasyonlardan elde edilen deneysel veriler kemometrik metotlar kullanılarak değerlendirilmiş ve istatistiksel olarak karakterize edilmiştir.

2016, 49 Sayfa

Anahtar Kelimeler: İskenderun Körfezi, deniz suyu, sediment, ağır metal, kemometrik karakterizasyon

ABSTRACT

DETERMINATION of HEAVY METAL CONTENT in SEAWATER and SEDIMENTS of THE ISKENDERUN BAY BY ICP-OES and CHARACTERIZATION with ANALYTICAL METHODS

The availability of sea for social and economical activities is very important for our country. Because of this, the protections of sea pollution are becoming necessary. Firstly, the precautions must be taken by monitoring of pollutants and determining of their sources. İskenderun Gulf where located at the Eastern Mediterranean area, has got many industries as iron and steel works, fertilizer plants, cement plants, and several medium and small size steel factory and the international pipe line terminals. İskenderun Bay is one of the main natural bays of the Mediterranean Sea and necessitates serious monitoring for pollution due to the rapid increase of the population and development of industry.

In this study, seawater and sediment samples were taken from the stations (Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz) along the coast in the Gulf of Iskenderun and parameters of temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen, TDS and heavy metal (Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Al) content was analyzed. The seasonal variation of the parameters in the seawater and sediment samples were analyzed and amount of pollution was identified. The results were investigated for the suitability on the water pollution control regulations issued by The Ministry of Environment and Urban Planning Experimental data obtained from the stations along the coast was evaluated and characterized statistically by using chemometric methods.

2016, 49 Pages

Key Words: Iskenderun Gulf, seawater, sediment, heavy metals, chemometric characterization

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Yasin YÜCEL'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmaları sırasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan MKÜ Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölüm Başkanlığı'na, maddi destek veren MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna (Proje No: 325) ve isimlerini burada zikredemediğim ama yardımlarını esirgememiş herkese içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın numune toplama aşamasında desteklerini esirgemeyen iş arkadaşım Tamer ÇELİK' e, deneysel çalışmalarımda yardımcı olan İSDEMİR A.Ş. ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Son olarak bugüne kadar her zaman yanımda olan kıymetli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ VIII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. MATERYAL ve YÖNTEM 6
3.1. Materyal 6
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Reaktifler 6
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Cihazlar 6
3.2. Yöntem 7
3.2.1. Deniz Suyu ve Sediment Örneklerinin Toplanması 7
3.2.2. Numunelerin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri 8
3.2.2.1. Sıcaklık Tayini 8
3.2.2.2. pH Tayini 8
3.2.2.3. Elektriksel İletkenlik Tayini 8
3.2.2.4. Çözünmüş Oksijen Tayini 8
3.2.2.5. Toplam Çözünmüş Madde Tayini 8
3.2.2.6. Deniz Suyunda Ağır Metal Tayini 9
3.2.2.7. Sedimentte Ağır Metal Tayini 9
3.2.3. Deniz Suyu ve Sediment Örneklerinin Kemometrik Analizleri 9
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 10
4.1. Örneklerin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları 10
4.1.1. Sıcaklık Tayini Sonuçları 10
4.1.2. pH Tayini Sonuçları 10
4.1.3. Elektriksel İletkenlik Tayini Sonuçları 11
4.1.4. Çözünmüş Oksijen Tayini Sonuçları 11
4.1.5. Toplam Çözünmüş Katı Madde Tayini Sonuçları 12
4.1.6. Deniz Suyunda Ağır Metal Tayini Sonuçları 15
4.1.7. Sedimentte Ağır Metal Tayini Sonuçları 21
4.2. Deniz Suyu ve Sediment Örneklerinin Kemometrik Analiz Sonuçları 28
4.2.1. Deniz Suyu Örneklerinin Kemometrik Analiz Sonuçları 28
4.2.1.1. Temel Bileşen Analizi (PCA) 29
4.2.1.2. Öbekleme analizi (CA) 33
4.2.1.3. Korelasyon Analizi 33

4.2.2. Sediment Örneklerinin Kemometrik Analiz Sonuçları 33
4.2.2.1. Temel Bileşen Analizi (PCA) 34
4.2.2.2. Öbekleme analizi (CA) 36
4.2.2.3. Korelasyon Analizi 39
5. SONUÇ ve ÖNERİLER 40
KAYNAKLAR 47
ÖZGEÇMİŞ 49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Toplanan deniz suyu ve sediment örnekleri ile ilgili bilgiler. 8
Çizelge 4.1. Deniz suyu numunelerinin sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, iletkenlik ve TDS analiz sonuçları 13
Çizelge 4.2. Numunelerin ağır metal analizi için hesaplanan % geri kazanım ve % bağıl standart sapma değerleri 16
Çizelge 4.3. Deniz suyu numunelerinin ağır metal analiz sonuçları 17
Çizelge 4.4. Deniz suyu numunelerindeki ağır metal düzeylerinin sezon ortalamaları 21
Çizelge 4.5. Sediment numunelerinin ağır metal analiz sonuçları 24
Çizelge 4.6. Sediment numunelerindeki ağır metal düzeylerinin sezon ortalamaları. 28
Çizelge 4.7. Deniz suyu örneklerinin eigen değerleri ve her bir temel bileşenin yüzde varyans değerleri 29
Çizelge 4.8. Deniz suyu numunelerine ait dört temel bileşen için değişkenlerin loading değerleri 30
Çizelge 4.9. Deniz suyu numunelerinin ağır metal içeriklerine ait korelasyon katsayıları 34
Çizelge 4.10. Sediment örneklerinin eigen değerleri ve her bir temel bileşenin yüzde varyans değerleri 34
Çizelge 4.11. Sediment numunelerine ait dört temel bileşen için değişkenlerin loading değerleri 35
Çizelge 4.12. Sediment numunelerinin ağır metal içeriklerine ait korelasyon katsayıları 39

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. İskenderun Körfezinde numune toplanan noktalar. 7
Şekil 4.1. Deniz suyu numunelerinin temel bileşen analizi sonuçları 31
Şekil 4.2. Deniz suyu numunelerinde öbekleme analizi sonucunda oluşan dendogramlar 32
Şekil 4.3. Deniz suyu numunelerinin temel bileşen analizi sonuçları 37
Şekil 4.4. Sediment numunelerinde öbekleme analizi sonucunda oluşan dendogramlar 38

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

CA	: Öbekleme Analizi
ERL	: Düşük Etki Aralığı (Low effect interval)
ERM	: Orta Etki Aralığı (Mid effect interval)
ICP-MS	: Kütle Spektrometresi
ICP-OES	: Optik Emisyon Spektrometresi
PCA	: Temel Bileşen Analizi
PEL	: Olası Etki Seviyesi (Possible Effect Levels)
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TDS	: Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı
TEL	: Eşik Etki Seviyesi (Threshold Effect Levels)

1. GİRİŞ

Çevresel problemler arasında en önemli konulardan birisi olan su kirliliği, hem insanlar tarafından oluşturulan yapay hem de doğal sucul ortamlarda önemli problemlere yol açar. Üstelik yüzey sularının kalitesi genellikle endüstri merkezleri ve nüfus artışıyla olumsuz yönde etkilenmektedir. Dünya nüfusunun sürekli olarak artışı ve hızlı gelişen sanayileşme çevre kirlenmesini de beraberinde getirmektedir. Genellikle insanların çeşitli faaliyetleri sonucu oluşan kirleticiler, doğanın temel öğeleri olan havaya, toprağa ve suya verilmektedir. Bunun sonucu olarak insanların bu öğelerden faydalanmaları gün geçtikçe sınırlanmakta hatta bazen imkânsız hale gelmektedir. Çevre kirlenmesinden en fazla etkilenen su kaynaklarıdır. Bunun nedeni kirleticilerin sulara direkt bırakılması yanında, hava ve toprağa geçen kirleticilerin de zamanla su kaynaklarına ulaşması ve burada birikmesidir (Türkmen ve ark., 2008; Jiang ve ark., 2014 ; Taşkaya, 2004 ; Güler, 2007).

Yeryüzünün 361 milyon km^2'si denizlerle kaplıdır. Bu büyük su kütlesinin kendini kolayca temizleyeceği düşünülerek, hemen bütün ülkelerde sanayi atıkları, evsel atıklar ve diğer kirletici maddeler denizlere bırakılmaktadır. Bu atıkların zamanla artması denizel ortamı olumsuz yönde etkilemekte ve bazı kirleticilerin biyolojik olarak birikmesi deniz canlılarına zarar vermektedir (Fetter, 1997).

Tüm dünyada çevre kirliliğinin ayrılmaz parçası olan su kirliliği ve buna bağlı olarak da deniz kirliliği pek çok ülkenin üzerinde dikkatle çalıştığı bir konudur. Bunun nedeni atmosfer ve karaların çeşitli kaynaklarından gelen atıkların içerdiği, ağır metaller ve bunların radyonüklitleri, hidrokarbonlar, petrol ürünleri, pestisitler, evsel atıklarla atılan organik ve benzeri kirleticilerin denizlerde sonlanmasıdır. Denizsel ortama giren bu kirletici maddeler doğal dengeyi bozarak buradaki canlı yaşamı etkilemekte ve besin zincirini oluşturan canlılar üzerinden de insan sağlığını etkilemektedir (Boran, 1995 ; Karaalioğlu, 2006 ; Heridia ve ark., 2009 ; Yılmaz, 2005).

Toksik ağır metal içeren atık sular arıtılmadan denize, göle veya akarsuya doğrudan verildiği zaman su ortamındaki canlılarda birikme eğilimindedir. Özellikle akarsulara, göllere ve denizlere verilen atık su içindeki ağır metaller bu kaynakların tabanında birikir. Ağır metal derişimi sınır değerlerinin üzerinde olduğu göl ve deniz tabanında yaşayan balıklarda ağır metal miktarının yüksek olması kuvvetle muhtemeldir. Çeşitli atıklar içersinde değişik yollarla denizlere gelen kirleticilerin en

önemlileri ortamda uzun süre kalan ve toksik olan kimyasal maddeler ve türevleridir. Bu kimyasalların başında da ağır metaller gelir. Ağır metallerin bazıları ortamda belirli bir sınır değerde bulunduklarında organizmaların yaşamsal etkilerini olumlu yönde etkilemektedir ancak bu sınır değerin üzerinde vücuda alındığı zaman bireyin biyolojik aktivitelerini olumsuz yönde etkileyerek besin zinciri organizmaları arasında dengenin bozulmasına neden olmaktadır (Bienfang ve ark., 2009 ; Ruggieri ve ark., 2011).

Bu çalışmada İskenderun Körfezinde sahil şeridinde belirlenen istasyonlardan deniz suyu ve sediment örnekleri alınarak sıcaklık, pH, iletkenlik, çözünmüş oksijen miktarı, TDS (Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı) parametreleri belirlenmiş ve ağır metal (Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Al) içeriği analiz edilmiştir. Belirlenen parametrelerin deniz suyu ve sediment örneklerindeki mevsimsel değişimi incelenerek kirlilik miktarları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine uygunluğu araştırılmıştır. Sahil şeridinde belirlenen istasyonlardan elde edilen deneysel veriler kemometrik metotlar kullanılarak değerlendirilmiş ve istatistiksel olarak karakterize edilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ulusal ve uluslararası alanda yapılan bilimsel çalışmalarda; Yılmaz (2003) tarafından İskenderun körfezinde Mugil cephalus ve Trachurus mediterraneus dokularında Fe, Cu, Ni, Cr, Pb ve Zn düzeyleri incelenmiştir. Yapılan analizlerde ortalama metal konsantrasyonları mg/g cinsinden yaş ağırlık olarak kas, deri ve kanatlardaki ağır metal düzeyleri sırasıyla Fe için 41.84, 49.86, ve 74.20, Cu için 1.29, 3.33 ve 11.37, Ni için 0.94, 2.02 ve 0.99 Cr için 1.28, 10.90 ve 10.60, Pb için 1.03, 4.78 ve 8.41, ve Zn için 19.55, 60.79 ve 38.44 olarak bulunmuştur.

Türkmen ve ark. (2005) tarafından İskenderun körfezinde yapılan başka bir çalışmada bölgede ticari olarak üretilen üç farklı balık türünde ağır metal düzeyleri incelenmiş ve körfezdeki kirliliğin boyutları araştırılmıştır. Çalışma sonunda ağır metal düzeyleri Cd 0.01–4.16; Fe 0.82–27.35; Pb 0.09–6.95; Zn 0.60–11.57; Cu 0.04–5.43; Mn 0.05–4.64; Ni 0.11–12.88; Cr 0.07–6.46; Co 0.03–5.61; Al 0.02–5.41 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir

Fırat ve ark. (2008), İskenderun körfezi deniz canlıları üzerinde Cr, Cd, Cu ve Zn konsantrasyonları incelenmiş ve kirlilik düzeyi ortaya konmuştur. Yalpan çalışmada ortalama ağır metal düzeyleri Cu>Cr>Fe>Zn>Cd olarak verilmiştir.

Rocca ve ark. (2009) tarafından yenebilir yosunlarda ICP-MS metodu ile eser element analizi ile ilgili yapılan çalışmada Fransa, İspanya, Kore ve Japonya' da As, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Sb, Se ve V düzeyleri incelenmiş ve ortalama olarak As > Cd > V > Ni > Cr > Pb > Se > Mo > Co > Sb şeklinde bir sıralama verilmiştir. Bunun yanında analizi yapılan elementlerin derişimlerinin gıda yönetmeliklerindeki seviyeler dikkate alınarak takip edilmesi gerekliliği bildirilmiştir.

Balkis ve ark. (2009), Gökova körfezindeki su ve sediment örneklerinde ağır metal analizi ile ilgili yaptıkları çalışmada Fe, Mn, Pb, Cu, Cd, Hg ve Al düzeylerini incelemiş ve 16 farklı istasyondan alınan numunelerin analizi sonucu Al, Mn, Pb, Cu, Zn ve Hg düzeyleri kabul edilebilir ortalama limitlerin altında olduğu bildirilmiştir.

Yüzeroğlu ve ark. (2010) tarafından yapılan başka bir çalışmada İskenderun Körfezinde kirliliğin yoğun olduğu ve kirliliğin daha az olduğu bölgeler belirlenmiş, bu bölgelerden toplanan deniz canlılarında Cd, Cu, Zn, Fe, Pb, Ni ve Co gibi ağır metal derişimleri ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere 4 periyotta analiz edilmiştir. Elde

edilen sonuçlara göre ortalama ağır metal düzeyleri Fe>Zn>Cu>Ni>Cd>Pb>Co olarak verilmiştir.

Yılmaz ve ark. (2010) tarafından İskenderun körfezindeki kirlilik düzeyinin deniz canlılarındaki eser element, ağır metal ve majör metal derişimlerinin belirlenmesine yönelik çalışmada farklı balık türlerinde Na, Ca, K, Ba, Al, Mg, Li Fe, Cu, Zn, Mn, Sr Cd, Co, Cr, Ni, Pb ve As düzeyleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada balık türlerinin özellikle ciğer bölgelerinde metal derişiminin arttığı fakat insan sağlığını tehdit edecek düzeyde olmadığı bildirilmiştir. Bunun yanında bölgedeki mevcut yapı nedeniyle kirlilik potansiyelinin bulunduğu ve takip edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Cevik ve ark. (2010), İskenderun körfezinde yaptıkları çalışmada körfez çevresinde karayosunu, toprak, midye ve sediment örneklerinde V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As ve Pb düzeyleri incelenmiştir. Çalışma sonunda ortalama ağır metal düzeyleri Fe>Cu>Zn>Cr>V>Mn>Ni>As>Pb olarak bildirilmiştir.

Yang ve ark. (2011) tarafından Çin' de yapılan bir çalışmada su, sediment ve balık örneklerinde ağır metal düzeyleri (Cr, Cd, Hg, Cu, Zn, Pb ve As) incelenmiş ve ekolojik kirlilik düzeyi ile insan sağlığına etkileri alanında araştırmalar yapılmıştır. Ortalama ağır metal düzeyleri 0.228-1.89 Cu, 16-130 Zn, 0.177-0.287 Pb, 0.003-0.021 Cd, ND-0.387 Cr mg/kg olarak rapor edilmiştir.

Akbal ve ark. (2011), orta karadeniz kıyılarında su ve sediment numunelerinde pH, elektriksel iletkenlik, redoks potansiyeli, toplam karbon, toplam fosfor ve çözünmüş oksijen gibi kalite parametreleri ile yaptıkları çalışmada 6 farklı lokasyonda kemometrik analiz gerçekleştirmiştir. Çalışma sonunda kendi aralarında benzerlik gösteren iki grup elde edildiği ve su ile sediment kalite parametrelerine bağlı olarak çok değişkenli istatistiksel metotlar ile bu grupların ayrışabildikleri bildirilmiştir.

Uluturhan ve ark. (2011), Ege denizinin doğusundaki homa dalyanı bölgesinde yapılan sedimentte ağır metal analiz çalışmasında Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Mn, Ni ve Zn element düzeylerini incelemiş ve sırasıyla 0,22-0,48; 0,06-0,19; 2,43-17; 84-129; 10-26; 410-729; 58-108 ve 46-92 mg/kg seviyelerini rapor etmişlerdir. Sekiz farklı istasyondan alınan örnekler incelendiğinde ağır metal kirliliğinin en yoğun olduğu istasyonlar B, C ve E olarak rapor edilmiştir.

Alp ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada Mersin ili sınırları icerisinde halk tarafından yoğun olarak kullanılan dört plajda makroskobik yeşil algler ve sedimentte

ağır metallerin birikiminin belirlenmesi amacıyla Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb ve Cd düzeylerini incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda ağır metallerin birikim duzeylerinin alglerde ve sedimentte sırasıyla, *Ulva* sp.'de Fe > Al > Mn > Ni > Zn > Cr > Cu > Pb > Cd; *Enteromorpha* sp.'de Fe > Al > Ni > Mn > Zn > Cr > Cu > Pb > Cd; sediment örneklerinde ise Fe > Al > Mn > Ni > Cr > Zn > Pb > Cd > Cu şeklinde tespit edildiği rapor edilmiştir.

Varol ve Şen (2012), yaptıkları çalışmada Tigris nehrindeki yüzey suyu ve sedimette ağır metal düzeyini incelemiştir. As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementleri ile gerçekleştirdikleri analizler sınucunda sırasıyla 12,44; 7,90; 515,62; 158,35; 2860,25; 1681,84; 534,58; 660,112 ve 1061,54 ppm değerlerini rapor etmişlerdir. Yaptıkları kemometrik analiz sonucunda 6 farklı istasyonun genel olarak iki farklı grup oluşturduğu bildirilmiştir.

Rizo ve ark. (2015), Küba' daki havana tatil köylerindeki sahillerde Ni, Cu, Zn ve Pb düzeylerini incelemiştir. Yapılan analizler sonunda sahil bölgesi için Ni, Cu, Zn ve Pb düzeyleri sırasıyla 28±12, 35±12, 31±11 ve 6,0±1,8 mg/kg çamur numuneleri için ise sırasıyla 30 ± 15, 38 ± 22, 37 ± 15 ve 6,8 ± 2,9 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bunun yanında Zn ve Pb elementleri için ağır metal düzeyi TEL ve PEL sınırlarının altında kalırken Cu elementi için TEL değeri aşıldığı, Ni elementi için ise hem TEL hem de PEL değerinin aşıldığı rapor edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Reaktifler

İskenderun Körfezinde belirlenen Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz istasyonlarından deniz kıyısından 5 m açıktan ve deniz yüzeyinden 2 m derinden olmak üzereve her istasyondan 3 tekrarlı olarak toplam 30 adet deniz suyu numunesi toplanmıştır. Ayrıca İskenderun Körfezinde deniz suyu numunelerinin toplandığı Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz istasyonlarından toprak yüzeyinden 30 cm derinden olmak üzere her bir istasyondan 3 tekrarlı toplam 30 adet sediment numunesi toplanmıştır. Bunun yanında deneysel çalışmalarda çözünürleştirme işlemlerinde kullanılmak üzere Perklorik Asit (%70'lik $HClO_4$), Hidroklorik Asit (%38'lik HCl), Hidroflorik Asit (%40'lik HF), Sülfirik Asit (%95'lik H_2SO_4) ve Nitrik Asit (%65'lik HNO_3)Merck firmasından temin edilmiştir. Ayrıca,deniz suyu ve sediment numunelerinin ağır metal analizi işlemlerinde kullanılmak üzere Potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$), Hidrojen Peroksit (H_2O_2), Sodyum Hidroksit (NaOH), Fenol Ftalein ($C_{20}H_{14}O_4$), Metil Orange ($C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$), Mineral madde standardı Multi-4, Potasyum Dihidrojen Fosfat (KH_2PO_4) ve Potasyum Hidrojen Fosfat ($KHPO_4$) kimyasalları Merck firmasından temin edilmiştir. Kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Cihazlar

Deniz suyu numunelerinin toplanması sırasındadenizin 2 m derinliğinden numune almak için Nansen Şişesi cihazı kullanılmıştır.Ayrıca Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz istasyonlarından sediment numunelerinin alınmasında ise Bridge Ekman Sediman Örnekleyicisi kullanılmıştır. Çalışmamızda deniz suyu ve sediment numunelerindeki ağır metal analizleri Varian 710 – S marka Optik Emisyon Spektrometresi (ICP – OES) ile yapılmıştır. Ayrıca pH tayini için portatif WTW-pH 330 marka elektronik pH ölçüm cihazı, elektriksel iletkenlik tayini için taşınabilir WTW- LF 330 marka iletkenlik

cihazı, çözünmüş oksijen tayini için WTW Oxi 315İ marka oksijen metre ve toplam çözünmüş katı madde tayini için WTW- LF 330 marka iletkenlik cihazı kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deniz Suyu ve Sediment Örneklerinin Toplanması

Su ve sediment örnekleri İskenderun körfezinde belirlenen 10 istasyondan (Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz) temin edilmiştir. Toplanan deniz suyu ve sediment numunelerinin alındığı yerler Şekil 3.1 ve Çizelge 3.1'de belirtilmiştir. Numunelerin sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen tayini ve toplam çözünmüş katı madde tayini arazide ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır. Laboratuar analizleri için numuneler polietilen kaplara alınarak etiketlenmiş ve analiz edilmek üzere laboratuvara getirilmiştir. Araştırmada toplanan su örnekleri +4°C'de muhafaza edilerek laboratuvara getirildikten hemen sonra analizlere başlanmıştır.



Şekil 3.1. İskenderun Körfezinde numune toplanan noktalar

Çizelge 3.1. Toplanan deniz suyu ve sediment örnekleri ile ilgili bilgiler

Numune no	Numunenin Alındığı Yer	Numunenin Alındığı Tarih			
		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
1	Erzin	Ekim 2011	Şubat 2012	Mayıs 2012	Ağustos 2012
2	Dörtyol-1				
3	Dörtyol-2				
4	Payas-1				
5	Payas-2				
6	Sarıseki				
7	İskenderun-1				
8	İskenderun-2				
9	Pirinçlik				
10	Arsuz				

3.2.2. Numunelerin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri

3.2.2.1. Sıcaklık Tayini

Sıcaklık ölçümleri civalı Celcius termometreleriyle yapılmıştır. Termometre en az 0,1 °C'lik alt bölümlere sahiptir (SM 2550 B).

3.2.2.2. pH Tayini

Numunelerin pH ölçümleri portatif WTW-pH 330 marka elektronik pH ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Kullanmadan önce elektrotlar destile su ile yıkanıp, yumuşak bir mendil ile silinmiştir. Numunenin pH'ı ölçülmeden önce sıcaklık değeri okunarak pH metrede sıcaklık ayarı yapılıp daha sonra pH değeri okunmuştur. Bir sonraki ölçmeden önce elektrotlar tekrar yıkanmıştır (SM 4500-$H^{(+)}$B).

3.2.2.3. Elektriksel İletkenlik Tayini

Numunelerin elektriksel iletkenlik ölçümleri taşinabilir WTW- LF 330 marka iletkenlik cihazı ile yapılmıştır (SM 2510 B).

3.2.2.4. Çözünmüş Oksijen Tayini

Numunelerin çözünmüş oksijen ölçümleri WTW Oxi 315 İ marka oksijen metre ile yapılmıştır (ASTMD 888-09).

3.2.2.5. Toplam Çözünmüş Katı Madde Tayini

Toplam çözünmüş madde WTW- LF 330 marka iletkenlik cihazı ile yapılmış

olup iletkenlik değerinden yararlanılarak tayin edilmiştir (SM 2540 C).

3.2.2.6. Deniz Suyunda Ağır Metal Tayini

ICP-OES cihazı Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co ve Al olmak üzere 10 element için yüksek saflıktaki Multi-4 ICP standardı ile kalibre edilmiş ve numuneler pH = 1 – 2 arasına gelene kadar HNO_3 ile asitlendirilmiş ve üçer tekrar ile ICP-OES'de okunmuştur (EPA 200.7).

3.2.2.7. Sedimentte Ağır Metal Tayini

Belirlenmiş istasyonlardan alınan sediment numuneleri 12 saat süreyle 100 ^{o}C etüvde kurutulmuştur. Kurutulan numuneler 200 mesh kalınlıktaki elekten geçirilerek istenilen boyuta getirilmiştir. 0,5 g elenmiş numune tartılarak behere alınmış ve üzerine 10 mL nitrik asit (%65 w/w) eklenerek yarım saat geri soğutucu altında ısıtılmıştır. Numune soğutulduktan sonra üzerine 5 mL HF (w/w %40) ve 5 mL $HClO_4$ (w/w %60) eklenerek 20 dakika kaynatılmıştır. Behere yeniden 5 mL HF eklenerek 30 dakika boyunca sarı çökelek elde edilinceye kadar kaynatılmıştır. Oluşan çökeleğe 10 mL HCl eklenmiş ve 30 dakika ısıtılmıştır. Daha sonra behere 25 mL saf su eklenerek mavi band süzgeç kâğıdı ile süzülmüştür ve plastik şişelerde +4 °C'de analize kadar saklanmıştır. (Şenel, 1998).

3.2.3. Deniz Suyu ve Sediment Örneklerinin Kemometrik Analizleri

İskenderun körfezinde belirlenen 10 istasyondan (Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz) toplanan deniz suyu ve sediment örneği kemometrik metotlarla karakterize edilmiştir. Örneklerin eser element ve ağır metal içeriklerine göre karakterize edilmesinde temel bileşen analizi, öbekleme analizi ve korelasyon analizi kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Çalışmada İskenderun körfezinde belirlenen 10 istasyondan (Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz) 10 adet su ve 10 adet sediment numunesi toplanarak, 3 tekrarlı olmak üzere, toplamda 60 adet numunenin fiziksel, kimyasal ve eser element analizleri yapılmıştır. Ayrıca yapılan temel bileşen ve öbekleme analizleri ile eser element içeriklerine göre su ve sediment örnekleri karakterize edilmiştir. Bunun yanında çalışma sonucunda elde edilen veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile karşılaştırılmıştır.

4.1. Örneklerin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Deniz suyu örneklerinde sıcaklık, pH, iletkenlik, çözünmüş oksijen miktarı, TDS (Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı) tayini yapılmıştır. Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

4.1.1. Sıcaklık Tayini Sonuçları

Deniz suyu numunelerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış sezonlarında ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 27,8°C; 30,0°C; 25,4°C ve 16,2°C olarak ölçülmüştür. İlkbahar sezonunda en düşük sıcaklık değeri (22,5°C) Arsuz kıyısında, en yüksek sıcaklık değeri (33,2°C) ise Erzin kıyısında ölçülmüştür. Yaz sezonunda en düşük sıcaklık değeri (27,1°C) Dörtyol-1 deniz suyu numunesinde, en yüksek sıcaklık değeri (31,3°C) ise Erzin ve İskenderun-1 numunelerinde ölçülmüştür. Sonbahar sezonunda en düşük sıcaklık değeri (23,0°C) Arsuz kıyısında, en yüksek sıcaklık değeri (26,2°C) ise Erzin ve Payas-2 numunelerinde tespit edilmiştir. Kış sezonunda ise en düşük sıcaklık değeri (15,1°C) Pirinçlik ve Arsuz' da, en yüksek sıcaklık değeri (17,8°C) ise İskenderun-2 numunesinde ölçülmüştür.

4.1.2. pH Tayini Sonuçları

Deniz suyu numunelerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere 4 sezonda ortalama pH değerleri sırasıyla 8,27; 8,33; 8,18 ve 7,99 olarak bulunmuştur. İlkbahar sezonunda en düşük pH değeri (8,27) Erzin ve İskenderun-2 deniz suyu numunelerinde,

en yüksek pH değeri (8,65) ise Payas-1 numunesinde ölçülmüştür. Yaz sezonunda en düşük pH değeri (8,10) Payas-1 deniz suyu numunesinde, en yüksek pH değeri (8,43) ise Erzin, Dörtyol-2 ve Sarıseki numunelerinde ölçülmüştür. Sonbahar sezonunda en düşük pH değeri (8,16) Dörtyol-2 numunesinde, en yüksek pH değeri (8,19) ise Erzin, Payas-1 ve Payas-2 numunelerinde tespit edilmiştir. Son sezon olan kış sezonunda ise en düşük pH değeri (7,60) Arsuz' da, en yüksek pH değeri (8,45) ise Payas-1'de ölçülmüştür. Elde edilen tüm verilerin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine uygun olduğu görülmüştür.

4.1.3. Elektriksel İletkenlik Tayini Sonuçları

İskenderun körfezindeki 10 istasyondan toplanan deniz suyu numunelerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış sezonlarında ortalama elektriksel iletkenlik değerleri sırasıyla 56559 µS/cm; 57157 µS/cm; 53642 µS/cm ve 58160 µS/cm olarak ölçülmüştür. İlkbahar sezonunda en düşük elektriksel iletkenlik değerleri (47287 µS/cm) İskenderun-1 numunesinde, en yüksek elektriksel iletkenlik değerleri (59733 µS/cm) ise İskenderun-2 numunesinde ölçülmüştür. Yaz sezonunda en düşük elektriksel iletkenlik değerleri (47970 µS/cm) İskenderun-1 numunesinde, en yüksek elektriksel iletkenlik değerleri (58700 µS/cm) ise Dörtyol-2 numunesinde ölçülmüştür. Sonbahar sezonunda en düşük elektriksel iletkenlik değerleri (45018 µS/cm) İskenderun-1 numunesinde, en yüksek elektriksel iletkenlik değerleri (55000 µS/cm) ise Pirinçlik ve Arsuz numunelerinde tespit edilmiştir. Kış sezonunda ise en düşük elektriksel iletkenlik değerleri (50101 µS/cm) İskenderun-1 numunesinde, en yüksek elektriksel iletkenlik değerleri (61000 µS/cm) ise Pirinçlik numunesinde ölçülmüştür.

4.1.4. Çözünmüş Oksijen Tayini Sonuçları

Deniz suyu numunelerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere 4 sezonda ortalama çözünmüş oksijen değerleri sırasıyla 8,1 mg/L; 7,6 mg/L; 8,0 mg/L ve 9,7 mg/L olarak bulunmuştur. İlkbahar sezonunda en düşük çözünmüş oksijen değeri (7,5 mg/L) Payas-1 deniz suyu numunesinde, en yüksek çözünmüş oksijen değeri (8,6 mg/L) ise Arsuz kıyısında ölçülmüştür. Yaz sezonunda en düşük çözünmüş oksijen değeri (7,4 mg/L) Sarıseki deniz suyu numunesinde, en yüksek çözünmüş oksijen değeri (7,9 mg/L) ise Pirinçlik ve Arsuz numunelerinde ölçülmüştür. Sonbahar sezonunda en düşük

çözünmüş oksijen değeri (7,7 mg/L) Payas-2, Sarıseki ve İskenderun-2 numunelerinde, en yüksek çözünmüş oksijen değeri (8,4 mg/L) ise Arsuz deniz suyu numunesinde tespit edilmiştir. Kış sezonunda ise en düşük çözünmüş oksijen değeri (9,2 mg/L) İskenderun-2 numunesinde, en yüksek çözünmüş oksijen değeri (10,0 mg/L) ise Arsuz'da ölçülmüştür.

4.1.5. Toplam Çözünmüş Katı Madde Tayini Sonuçları

İskenderun körfezindeki 10 istasyondan toplanan deniz suyu numunelerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış sezonlarında ortalama toplam çözünmüş katı madde (TDS) değerleri sırasıyla 46,7 g/L; 47,7 g/L; 44,8 g/L ve 48,6 g/L olarak belirlenmiştir. İlkbahar sezonunda en düşük TDS değeri (45,7 g/L) Erzin kıyısında, en yüksek TDS değeri (47,5 g/L) ise Payas-1 numunesinde ölçülmüştür. Yaz sezonunda en düşük TDS değeri (46,9 g/L) Arsuz deniz suyu numunesinde, en yüksek TDS değeri (48,1 g/L) ise Dörtyol-2, Pirinçlik ve Sarıseki numunelerinde ölçülmüştür. Sonbahar sezonunda en düşük TDS değeri (44,4 g/L) Erzin ve Dörtyol-1 numunelerinde, en yüksek TDS değeri (45,1 g/L) ise Pirinçlik ve Arsuz deniz suyu numunelerinde tespit edilmiştir. Kış sezonunda ise en düşük TDS değeri (46,9 g/L) Dörtyol-1 numunesinde, en yüksek TDS değeri (50,1 mg/L) ise İskenderun-1 numunesinde ölçülmüştür.

Çizelge 4.1. Deniz suyu numunelerinin sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, iletkenlik ve TDS analiz sonuçları, (n=3)

İstasyon	Sezon	1 Erzin	2 Dörtyol-1	3 Dörtyol-2	4 Payas-1	5 Payas-2	6 Sarıseki
Sıcaklık (ºC)	İlkbahar	33,2±0,68	27,9±3,78	31,0±0,85	29,1±2,94	25,1±0,56	25,7±0,74
	Yaz	31,3±0,76	27,1±1,02	31,1±0,15	30,4±0,70	31,0±0,32	31,0±0,53
	Sonbahar	26,2±0,75	25,4±0,67	26,0±0,06	26,0±0,52	26,2±0,59	26,1±0,26
	Kış	17,0±0,17	16,0±1,53	16,0±0,06	15,3±0,26	16,2±0,10	16,8±0,26
pH	İlkbahar	8,27±0,01	8,30±0,01	8,28±0,00	8,65±0,04	8,29±0,01	8,28±0,02
	Yaz	8,43±0,01	8,42±0,17	8,43±0,10	8,10±0,01	8,28±0,01	8,43±0,01
	Sonbahar	8,19±0,02	8,18±0,01	8,16±0,03	8,19±0,03	8,19±0,02	8,18±0,01
	Kış	8,17±0,01	8,16±0,51	8,20±0,20	8,45±0,10	8,18±0,10	7,87±0,12
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	İlkbahar	7,9±0,14	8,4±0,35	8,1±0,20	7,5±0,18	8,0±0,15	8,2±0,11
	Yaz	7,5±0,09	7,6±0,05	7,5±0,02	7,5±0,03	7,5±0,03	7,4±0,06
	Sonbahar	7,9±0,19	8,0±0,05	7,8±0,06	8,0±0,02	7,7±0,01	7,7±0,11
	Kış	9,7±0,02	9,6±0,45	9,7±0,06	9,9±0,04	9,7±0,03	9,5±0,08
İletkenlik (µS/cm)	İlkbahar	58100±608	54933±971	58900±755	56100±1852	57967±351	56700±1082
	Yaz	57433±58	58400±126	58700±100	57900±300	58267±58	58600±30
	Sonbahar	54100±50	54100±153	54800±200	54800±100	54300±50	54500±50
	Kış	58500±200	57233±265	58500±200	59400±200	59300±150	58400±1808
TDS (g/L)	İlkbahar	45,7±0,34	45,9±0,50	46,5±0,06	47,5±0,05	47,4±0,10	46,5±0,17
	Yaz	47,1±0,05	47,9±0,11	48,1±0,03	47,5±0,20	47,8±0,05	48,1±0,10
	Sonbahar	44,4±0,10	44,4±0,40	44,9±0,30	44,9±1,00	44,5±0,10	44,7±0,30
	Kış	48,0±0,16	46,9±0,17	48,0±0,16	48,7±0,10	48,6±0,10	47,5±0,01

Çizelge 4.1. (Devam) Deniz suyu numunelerinin sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, iletkenlik ve TDS analiz sonuçları, (n=3)

İstasyon	Sezon	7 İskenderun-1	8 İskenderun-2	9 Pirinçlik	10 Arsuz	Ortalama	Min.	Max.
Sıcaklık (ºC)	İlkbahar	31,8±0,15	25,5±0,52	26,1±1,00	22,5±0,15	27,8	22,5	33,2
	Yaz	31,3±0,35	30,0±0,53	28,7±0,26	28,2±0,15	30,0	27,1	31,3
	Sonbahar	26,1±0,56	25,1±0,20	23,6±0,36	23,0±0,00	25,4	23,0	26,2
	Kış	17,1±0,06	17,8±0,78	15,1±0,10	15,1±0,12	16,2	15,1	17,8
pH	İlkbahar	8,28±0,04	8,27±0,05	8,22±0,00	7,86±0,05	8,27	7,86	8,65
	Yaz	8,30±0,01	8,30±0,10	8,31±0,01	8,29±0,01	8,**33**	8,10	8,43
	Sonbahar	8,18±0,01	8,18±0,03	8,17±0,02	8,18±0,03	8,18	8,16	8,19
	Kış	7,97±0,07	7,71±0,26	7,64±0,30	7,60±0,09	7,99	7,60	8,45
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	İlkbahar	8,3±0,07	8,5±0,14	7,9±0,13	8,6±0,06	8,1	7,5	8,6
	Yaz	7,5±0,05	7,5±0,03	7,9±0,03	7,9±0,04	7,6	7,4	7,9
	Sonbahar	7,9±0,06	7,7±0,06	8,3±0,08	8,4±0,01	8,0	7,7	8,4
	Kış	9,6±0,09	9,2±0,18	9,9±0,05	10,0±0,12	9,7	9,2	10,0
İletkenlik (µS/cm)	İlkbahar	47287±1365	59733±473	58067±611	57800±624	56559	47287	59733
	Yaz	47970±125	58500±50	58600±100	57200±50	57157	47970	58700
	Sonbahar	45018±100	54800±300	55000±200	55000±50	53642	45018	55000
	Kış	50101±1155	59467±586	61000±265	59700±1587	58160	50101	61000
TDS (g/L)	İlkbahar	47,3±0,05	47,3±0,05	47,2±0,10	46,1±0,33	46,7	45,7	47,5
	Yaz	48,0±0,10	48,0±0,02	48,1±0,10	47,0±0,10	47,7	46,9	48,1
	Sonbahar	45,0±0,20	44,9±0,50	45,1±0,50	45,1±0,10	44,8	44,4	45,1
	Kış	50,1±0,01	47,9±0,13	50,0±0,10	49,9±0,03	48,6	46,9	50,1

4.1.6. Deniz Suyunda Ağır Metal Tayini Sonuçları

Deniz suyu numunelerinde ağır metal analizinde metodun geçerliliği sertifikalı referans malzeme (CRM) kullanılarak yapılan geri kazanım çalışması ile sağlanmıştır. Standart madde ile beraber deniz suyu numuneleri aynı ölçüm dizini içinde ICP OES ile analiz edilmiştir. Yapılan geri kazanım çalışması ile hesaplanan bağıl standart sapma ve % geri kazanım değerleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Deniz suyu numunelerinin Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co ve Al elementlerinden oluşan ağır metal analiz sonuçları ise Çizelge 4.3.'te verilmiştir. Çizelge 4.3. incelendiğinde deniz suyu numunelerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere 4 sezonda ortalama Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co ve Al değerleri sırasıyla 0,0023-0,1933; 0,0033-0,0133; 0,0004-0,0953; 0,0012-0,0043; 0,0020-0,0083; 0,0008-0,0207; 0,0003-0,0029; 0,0047-0,0173; 0,0013-0,0053 ve 0,0097-0,0960 mg/L olarak bulunmuştur. İskenderun körfezindeki 10 istasyondan toplanan deniz suyu numunelerinde ağır metal içeriği genel olarak incelendiğinde en düşük Fe düzeyi (0,0023 mg/L) yaz sezonunda Dörtyol-2 ve sonbahar sezonunda Payas-1 deniz suyu numunelerinde, en yüksek Fe düzeyi (0,1933 mg/L) ise kış sezonunda Payas-1 numunesinde ölçülmüştür. En düşük Ni düzeyi (0,0033 mg/L) yaz sezonunda Payas-2 numunesinde, en yüksek Ni düzeyi (0,0113 mg/L) ise kış sezonunda Erzin numunesinde ölçülmüştür. Numuneler Mn içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Mn düzeyinin (0,0004 mg/L) yaz sezonunda Erzin'den alınan deniz suyu numunesinde, en yüksek Mn düzeyinin (0,0953 mg/L) ise yaz sezonunda Payas-1'den alınan deniz suyu numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. Cr düzeyinin en düşük değeri (0,0012 mg/L) sonbahar sezonunda Pirinçlik numunesinde, en yüksek düzeyi (0,0043 mg/L) ise ilkbahar sezonunda Sarıseki numunesinde ölçülmüştür. En düşük Cu düzeyi (0,0020 mg/L) yaz sezonunda Pirinçlik numunesinde, en yüksek Cu düzeyi (0,0083 mg/L) ise ilkbahar sezonunda İskenderun-2 numunesinde ölçülmüştür. Numuneler Zn içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Zn düzeyinin (0,0013 mg/L) kış sezonunda Arsuz ve ilkbahar sezonunda Payas-1'den alınan deniz suyu numunelerinde, en yüksek Zn düzeyinin (0,0107 mg/L) ise sonbahar sezonunda Payas-2'den alınan deniz suyu numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. Numuneler Cd içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Cd düzeyinin (0,0003 mg/L) kış sezonunda Arsuz'dan alınan deniz suyu numunesinde, en yüksek Cd düzeyinin (0,0022 mg/L) ise kış sezonunda Payas-1'den alınan deniz suyu numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. En

düşük Pb düzeyi (0,0047 mg/L) kış sezonunda İskenderun-1 numunesinde, en yüksek Pb düzeyi (0,0173 mg/L) ise ilkbahar sezonunda Sarıseki numunesinde ölçülmüştür. Co elementinin ağır metal düzeyi incelendiğinde en düşük Co düzeyinin (0,0013 mg/L) yaz sezonunda Sarıseki numunesinde, en yüksek Co düzeyinin (0,0053 mg/L) ise sonbahar sezonunda Payas-2 numunesinde ölçüldüğü gözlenmiştir. Son olarak deniz suyu numunesinde Al düzeyi incelendiğinde en düşük Al düzeyinin (0,0097 mg/L) yaz sezonunda Sarıseki numunesinde, en yüksek Al düzeyinin (0,0960 mg/L) ise kış sezonunda İskenderun-2 numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. İskenderun körfezindeki 10 istasyondan toplanan deniz suyu numunelerinin ağır metal içeriğinin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine uygunluğu incelenmiş ve tüm deniz suyu numunelerinin ağır metal içeriği yönünden yönetmelikte belirtilen kriterlere uygun olduğu belirlenmiştir. Deniz suyu numunelerindeki ağır metal düzeylerinin sezon ortalamaları ve deniz suyu genel kalite kriterine uygunluğu Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Numunelerin ağır metal analizi için hesaplanan % geri kazanım ve % bağıl standart sapma değerleri (n=3)

Elementler	**Sertifikalı Değer (µg/mL)**	**Deneysel Değer (µg/mL)**	**R.S.D. n=3 (%)**
Fe	100±0,5	101,9±3,2	3,13
Ni	100±0,5	98,6±0,6	0,61
Mn	100±1,0	99,5±0,1	0,13
Cr	100±0,5	99,4±0,3	0,26
Cu	100±0,5	99,2±0,2	0,18
Zn	100±0,5	99,0±0,5	0,50
Cd	100±0,5	98,9±0,8	0,78
Pb	100±0,6	100,1±1,0	0,98
Co	100±0,5	98,8±0,6	0,58
Al	100±0,6	98,7±0,8	0,81

Çizelge 4.3. Deniz suyu numunelerinin ağır metal analiz sonuçları (mg/L), (n=3)

İstasyon	Sezon	Fe	Ni	Mn	Cr	Cu
1 Erzin	İlkbahar	0,0063±0,0021	0,0063±0,0012	0,0010±0,0001	0,0037±0,0012	0,0050±0,0010
	Yaz	0,0073±0,0006	0,0063±0,0015	0,0004±0,0002	0,0040±0,0001	0,0037±0,0012
	Sonbahar	0,0030±0,0001	0,0063±0,0006	0,0008±0,0002	0,0023±0,0006	0,0037±0,0012
	Kış	0,0160±0,0030	0,0113±0,0015	0,0027±0,0006	0,0030±0,0001	0,0040±0,0003
2 Dörtyol-1	İlkbahar	0,0060±0,0010	0,0053±0,0006	0,0020±0,0001	0,0027±0,0006	0,0050±0,0005
	Yaz	0,0073±0,0042	0,0067±0,0006	0,0027±0,0012	0,0023±0,0006	0,0050±0,0010
	Sonbahar	0,0053±0,0023	0,0083±0,0015	0,0013±0,0006	0,0020±0,0001	0,0040±0,0001
	Kış	0,0123±0,0025	0,0080±0,0020	0,0023±0,0006	0,0023±0,0006	0,0033±0,0006
3 Dörtyol-2	İlkbahar	0,0067±0,0006	0,0053±0,0012	0,0020±0,0001	0,0033±0,0006	0,0053±0,0006
	Yaz	0,0023±0,0006	0,0050±0,0001	0,0006±0,0002	0,0027±0,0006	0,0030±0,0005
	Sonbahar	0,0027±0,0006	0,0057±0,0012	0,0007±0,0003	0,0020±0,0001	0,0030±0,0010
	Kış	0,0103±0,0021	0,0083±0,0006	0,0010±0,0001	0,0020±0,0002	0,0030±0,0002
4 Payas-1	İlkbahar	0,1257±0,0268	0,0047±0,0006	0,0710±0,0044	0,0033±0,0006	0,0040±0,0010
	Yaz	0,0033±0,0005	0,0053±0,0006	0,0953±0,0062	0,0020±0,0001	0,0030±0,0001
	Sonbahar	0,0023±0,0006	0,0063±0,0012	0,0006±0,0001	0,0020±0,0003	0,0030±0,0003
	Kış	0,1933±0,0289	0,0060±0,0020	0,0883±0,0064	0,0033±0,0003	0,0040±0,0017
5 Payas-2	İlkbahar	0,0057±0,0021	0,0037±0,0012	0,0017±0,0006	0,0027±0,0006	0,0050±0,0010
	Yaz	0,0100±0,0010	0,0033±0,0006	0,0020±0,0010	0,0027±0,0006	0,0030±0,0001
	Sonbahar	0,0203±0,0047	0,0063±0,0006	0,0027±0,0006	0,0020±0,0003	0,0040±0,0005
	Kış	0,0053±0,0012	0,0053±0,0015	0,0013±0,0006	0,0015±0,0009	0,0030±0,0004
6 Sarıseki	İlkbahar	0,0087±0,0006	0,0060±0,0026	0,0037±0,0012	0,0043±0,0012	0,0073±0,0021
	Yaz	0,0060±0,0001	0,0040±0,0014	0,0010±0,0001	0,0020±0,0002	0,0027±0,0006
	Sonbahar	0,0033±0,0006	0,0057±0,0012	0,0006±0,0001	0,0017±0,0006	0,0037±0,0009
	Kış	0,0083±0,0010	0,0080±0,0010	0,0017±0,0006	0,0020±0,0001	0,0033±0,0008

Çizelge 4.3. (Devam) Deniz suyu numunelerinin ağır metal analiz sonuçları (mg/L), (n=3)

İstasyon	Sezon	Zn	Cd	Pb	Co	Al
1 Erzin	İlkbahar	0,0017±0,0006	0,0009±0,0002	0,0153±0,0032	0,0023±0,0006	0,0387±0,0019
	Yaz	0,0030±0,0001	0,0010±0,0001	0,0077±0,0013	0,0020±0,0001	0,0163±0,0015
	Sonbahar	0,0008±0,0002	0,0007±0,0002	0,0070±0,0012	0,0027±0,0006	0,0353±0,0051
	Kış	0,0030±0,0005	0,0014±0,0005	0,0067±0,0015	0,0023±0,0006	0,0193±0,0025
2 Dörtyol-1	İlkbahar	0,0015±0,0009	0,0008±0,0003	0,0170±0,0035	0,0020±0,0001	0,0270±0,0023
	Yaz	0,0043±0,0012	0,0007±0,0003	0,0083±0,0015	0,0017±0,0006	0,0260±0,0020
	Sonbahar	0,0027±0,0006	0,0006±0,0003	0,0080±0,0010	0,0033±0,0006	0,0163±0,0040
	Kış	0,0023±0,0006	0,0007±0,0003	0,0127±0,0006	0,0020±0,0001	0,0263±0,0060
3 Dörtyol-2	İlkbahar	0,0023±0,0006	0,0010±0,0001	0,0133±0,0014	0,0027±0,0012	0,0233±0,0051
	Yaz	0,0040±0,0001	0,0004±0,0001	0,0103±0,0015	0,0020±0,0001	0,0137±0,0006
	Sonbahar	0,0043±0,0006	0,0012±0,0003	0,0080±0,0016	0,0043±0,0012	0,0310±0,0073
	Kış	0,0020±0,0001	0,0005±0,0001	0,0087±0,0015	0,0020±0,0002	0,0207±0,0063
4 Payas-1	İlkbahar	0,0013±0,0006	0,0005±0,0001	0,0137±0,0015	0,0030±0,0001	0,0357±0,0078
	Yaz	0,0033±0,0006	0,0010±0,0001	0,0077±0,0006	0,0017±0,0006	0,0243±0,0015
	Sonbahar	0,0060±0,0010	0,0009±0,0001	0,0097±0,0025	0,0043±0,0015	0,0303±0,0053
	Kış	0,0033±0,0032	0,0022±0,0005	0,0070±0,0020	0,0030±0,0017	0,0340±0,0040
5 Payas-2	İlkbahar	0,0033±0,0025	0,0006±0,0002	0,0063±0,0015	0,0023±0,0006	0,0220±0,0013
	Yaz	0,0030±0,0001	0,0010±0,0001	0,0077±0,0012	0,0027±0,0006	0,0130±0,0030
	Sonbahar	0,0107±0,0012	0,0009±0,0002	0,0097±0,0017	0,0053±0,0015	0,0410±0,0062
	Kış	0,0019±0,0002	0,0005±0,0001	0,0057±0,0013	0,0017±0,0012	0,0110±0,0030
6 Sarıseki	İlkbahar	0,0087±0,0012	0,0010±0,0002	0,0173±0,0012	0,0040±0,0010	0,0307±0,0096
	Yaz	0,0047±0,0006	0,0010±0,0001	0,0120±0,0010	0,0013±0,0006	0,0097±0,0015
	Sonbahar	0,0020±0,0001	0,0007±0,0002	0,0077±0,0025	0,0040±0,0003	0,0353±0,0097
	Kış	0,0057±0,0012	0,0004±0,0002	0,0057±0,0029	0,0017±0,0002	0,0217±0,0006

Çizelge 4.3. (Devam) Deniz suyu numunelerinin ağır metal analiz sonuçları (mg/L), (n=3)

İstasyon	Sezon	Fe	Ni	Mn	Cr	Cu
7 İskenderun-1	İlkbahar	0,0040±0,0005	0,0040±0,0017	0,0008±0,0002	0,0027±0,0006	0,0037±0,0006
	Yaz	0,0243±0,0040	0,0067±0,0006	0,0023±0,0006	0,0020±0,0003	0,0027±0,0006
	Sonbahar	0,0040±0,0006	0,0077±0,0006	0,0007±0,0001	0,0020±0,0002	0,0033±0,0006
	Kış	0,0087±0,0012	0,0083±0,0015	0,0010±0,0001	0,0027±0,0005	0,0037±0,0004
8 İskenderun-2	İlkbahar	0,0303±0,0021	0,0043±0,0006	0,0020±0,0001	0,0037±0,0006	0,0083±0,0012
	Yaz	0,0103±0,0015	0,0057±0,0006	0,0027±0,0006	0,0013±0,0003	0,0033±0,0006
	Sonbahar	0,0057±0,0006	0,0083±0,0012	0,0013±0,0006	0,0020±0,0001	0,0040±0,0005
	Kış	0,0893±0,0092	0,0097±0,0015	0,0030±0,0001	0,0023±0,0006	0,0027±0,0006
9 Pirinçlik	İlkbahar	0,0313±0,0023	0,0037±0,0006	0,0010±0,0001	0,0023±0,0006	0,0053±0,0006
	Yaz	0,0287±0,0012	0,0077±0,0015	0,0020±0,0001	0,0017±0,0006	0,0020±0,0001
	Sonbahar	0,0063±0,0006	0,0083±0,0006	0,0009±0,0001	0,0012±0,0007	0,0037±0,0012
	Kış	0,0087±0,0029	0,0080±0,0005	0,0013±0,0006	0,0027±0,0002	0,0030±0,0010
10 Arsuz	İlkbahar	0,0317±0,0075	0,0053±0,0006	0,0010±0,0001	0,0027±0,0006	0,0047±0,0006
	Yaz	0,0347±0,0025	0,0103±0,0021	0,0030±0,0001	0,0023±0,0006	0,0020±0,0001
	Sonbahar	0,0050±0,0017	0,0070±0,0017	0,0022±0,0025	0,0030±0,0007	0,0037±0,0007
	Kış	0,0133±0,0027	0,0077±0,0021	0,0010±0,0001	0,0023±0,0006	0,0040±0,0005
Ortalama	İlkbahar	0,0256	0,0049	0,0086	0,0031	0,0054
	Yaz	0,0134	0,0061	0,0112	0,0023	0,0030
	Sonbahar	0,0058	0,0070	0,0012	0,0020	0,0036
	Kış	0,0366	0,0081	0,0104	0,0024	0,0034
Min.	İlkbahar	0,0040	0,0037	0,0008	0,0023	0,0037
	Yaz	0,0023	0,0033	0,0004	0,0013	0,0020
	Sonbahar	0,0023	0,0057	0,0006	0,0012	0,0030
	Kış	0,0053	0,0053	0,0010	0,0015	0,0027
Max.	İlkbahar	0,1257	0,0063	0,0710	0,0043	0,0083
	Yaz	0,0347	0,0103	0,0953	0,0040	0,0050
	Sonbahar	0,0203	0,0083	0,0027	0,0030	0,0040
	Kış	0,1933	0,0113	0,0883	0,0033	0,0040

Çizelge 4.3. (Devam) Deniz suyu numunelerinin ağır metal analiz sonuçları (mg/L), (n=3)

İstasyon	Sezon	Zn	Cd	Pb	Co	Al
7 İskenderun-1	İlkbahar	0,0017±0,0002	0,0010±0,0001	0,0160±0,0036	0,0020±0,0001	0,0203±0,0021
	Yaz	0,0043±0,0006	0,0017±0,0002	0,0130±0,0026	0,0030±0,0001	0,0240±0,0023
	Sonbahar	0,0023±0,0006	0,0007±0,0001	0,0077±0,0008	0,0037±0,0005	0,0263±0,0031
	Kış	0,0023±0,0006	0,0005±0,0001	0,0047±0,0005	0,0017±0,0006	0,0173±0,0027
8 İskenderun-2	İlkbahar	0,0060±0,0017	0,0010±0,0001	0,0167±0,0018	0,0030±0,0001	0,0307±0,0017
	Yaz	0,0080±0,0010	0,0010±0,0001	0,0097±0,0015	0,0023±0,0006	0,0237±0,0025
	Sonbahar	0,0047±0,0006	0,0011±0,0008	0,0067±0,0011	0,0037±0,0006	0,0187±0,0020
	Kış	0,0030±0,0001	0,0008±0,0001	0,0087±0,0013	0,0023±0,0006	0,0960±0,0075
9 Pirinçlik	İlkbahar	0,0027±0,0006	0,0010±0,0001	0,0120±0,0001	0,0030±0,0001	0,0393±0,0012
	Yaz	0,0077±0,0015	0,0010±0,0001	0,0100±0,0017	0,0027±0,0002	0,0360±0,0030
	Sonbahar	0,0017±0,0006	0,0006±0,0002	0,0050±0,0002	0,0033±0,0012	0,0187±0,0022
	Kış	0,0027±0,0003	0,0012±0,0007	0,0120±0,0012	0,0020±0,0001	0,0263±0,0039
10 Arsuz	İlkbahar	0,0040±0,0001	0,0010±0,0001	0,0117±0,0011	0,0017±0,0006	0,0393±0,0070
	Yaz	0,0037±0,0006	0,0010±0,0001	0,0117±0,0027	0,0030±0,0001	0,0440±0,0046
	Sonbahar	0,0023±0,0003	0,0021±0,0006	0,0133±0,0015	0,0050±0,0017	0,0380±0,0016
	Kış	0,0013±0,0006	0,0003±0,0001	0,0083±0,0011	0,0020±0,0001	0,0170±0,0025
Ortalama	İlkbahar	0,0033	0,0009	0,0139	0,0026	0,0307
	Yaz	0,0063	0,0010	0,0098	0,0022	0,0231
	Sonbahar	0,0038	0,0010	0,0083	0,0040	0,0291
	Kış	0,0028	0,0008	0,0080	0,0021	0,0290
Min.	İlkbahar	0,0013	0,0005	0,0063	0,0017	0,0203
	Yaz	0,0030	0,0004	0,0077	0,0013	0,0097
	Sonbahar	0,0008	0,0006	0,0050	0,0027	0,0163
	Kış	0,0013	0,0003	0,0047	0,0017	0,0110
Max.	İlkbahar	0,0087	0,0010	0,0173	0,0040	0,0393
	Yaz	0,0080	0,0017	0,0130	0,0030	0,0440
	Sonbahar	0,0107	0,0021	0,0133	0,0053	0,0410
	Kış	0,0057	0,0022	0,0127	0,0030	0,0960

Çizelge 4.4. Deniz suyu numunelerindeki ağır metal düzeylerinin sezon ortalamaları

	İstasyon					SKKY Sınır Değerleri (mg/L)
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	
Fe	0,0082	0,0077	0,0055	0,0812	0,0103	-
Ni	0,0076	0,0071	0,0061	0,0056	0,0047	0,1
Mn	0,0012	0,0021	0,0011	0,0638	0,0019	-
Cr	0,0033	0,0023	0,0025	0,0027	0,0022	0,1
Cu	0,0041	0,0043	0,0036	0,0035	0,0038	0,01
Zn	0,0021	0,0027	0,0032	0,0035	0,0047	0,1
Cd	0,0010	0,0007	0,0008	0,0012	0,0008	0,01
Pb	0,0092	0,0115	0,0101	0,0095	0,0074	0,1
Co	0,0023	0,0023	0,0028	0,0030	0,0030	-
Al	0,0274	0,0239	0,0222	0,0311	0,0218	-
	İstasyon					**SKKY Sınır Değerleri (mg/L)**
	6	**7**	**8**	**9**	**10**	
Fe	0,0066	0,0103	0,0339	0,0188	0,0212	-
Ni	0,0059	0,0067	0,0070	0,0069	0,0076	0,1
Mn	0,0018	0,0012	0,0023	0,0013	0,0018	-
Cr	0,0025	0,0024	0,0023	0,0020	0,0026	0,1
Cu	0,0043	0,0034	0,0046	0,0035	0,0036	0,01
Zn	0,0053	0,0027	0,0054	0,0037	0,0028	0,1
Cd	0,0008	0,0010	0,0010	0,0010	0,0011	0,01
Pb	0,0107	0,0104	0,0105	0,0098	0,0113	0,1
Co	0,0028	0,0026	0,0028	0,0028	0,0029	-
Al	0,0244	0,0220	0,0423	0,0301	0,0346	-

4.1.7. Sedimentte Ağır Metal Tayini Sonuçları

İskenderun körfezinde belirlenen 10 istasyondan (Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz) toplanan sediment numunelerinin ağır metal analizi (Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co ve Al) ICP-OES cihazı ile yapılmıştır. Sediment numunelerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış sezonlarından oluşan ağır metal analiz sonuçları Çizelge 4.5.' te verilmiştir. Çizelge 4.5. incelendiğinde sediment numunelerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere 4 sezonda ortalama Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co ve Al değerleri sırasıyla % 0,33-31,97; 73-2600; 500-28033; 160-17033; 33-1853; 30-5067; 13-207; 40-1110; 17-83 mg/kg ve % 0,74-3,52 olarak bulunmuştur. İstasyonlardan toplanan sediment numunelerinde ağır metal içeriği genel olarak incelendiğinde en düşük Fe düzeyi (% 0,33) yaz sezonunda Payas-1 sediment numunesinde, en yüksek Fe düzeyi (% 31,97) ise kış sezonunda Payas-1 numunesinde ölçülmüştür. En düşük Ni düzeyi (73 mg/kg) yaz

sezonunda Payas-1 numunesinde, en yüksek Ni düzeyi (2600 mg/kg) ise yaz sezonunda Arsuz numunesinde ölçülmüştür. Numuneler Mn içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Mn düzeyinin (500 mg/kg) yaz sezonunda Payas-1'den alınan sediment numunesinde, en yüksek Mn düzeyinin (28033 mg/kg) ise kış sezonunda Payas-2'den alınan sediment numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. Cr düzeyinin en düşük değeri (160 mg/kg) yaz sezonunda Payas-1 numunesinde, en yüksek düzeyi (17033 mg/kg) ise yaz sezonunda Erzin numunesinde ölçülmüştür. En düşük Cu düzeyi (33 mg/kg) kış sezonunda Pirinçlik numunesinde, en yüksek Cu düzeyi (1853 mg/kg) ise sonbahar sezonunda İskenderun-2 numunesinde ölçülmüştür. Numuneler Zn içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Zn düzeyinin (30 mg/kg) kış sezonunda Dörtyol-2'den alınan sediment numunesinde, en yüksek Zn düzeyinin (5067 mg/kg) ise sonbahar sezonunda İskenderun-2'den alınan sediment numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. Numuneler Cd içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Cd düzeyinin (13 mg/kg) kış sezonunda İskenderun-2'den alınan sediment numunesinde, en yüksek Cd düzeyinin (207 mg/kg) ise ilkbahar sezonunda Erzin'den alınan sediment numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. En düşük Pb düzeyi (40 mg/kg) yaz sezonunda Arsuz numunesinde, en yüksek Pb düzeyi (1110 mg/kg) ise yaz sezonunda İskenderun-2 numunesinde ölçülmüştür. Co elementinin ağır metal düzeyi incelendiğinde en düşük Co düzeyinin (17 mg/kg) ilkbahar sezonunda Payas numunesinde, en yüksek Co düzeyinin (83 mg/kg) ise kış sezonunda Pirinçlik numunesinde ölçüldüğü gözlenmiştir. Son olarak sediment numunesinde Al düzeyi incelendiğinde en düşük Al düzeyinin (%0,74) ilkbahar sezonunda Dörtyol-2 numunesinde, en yüksek Al düzeyinin (%3,52) ise kış sezonunda İskenderun-2 numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. İskenderun körfezindeki 10 istasyondan toplanan sediment numunelerinin ağır metal içeriğinin Kanada ulusal sediman kalite yönergesine uygunluğu incelenmiştir. Çizelge 4.6.'da görüldüğü gibi Cu ve Pb elementleri dışında tüm elementlerin tüm istasyonlar için sediment değerleri PEL ve ERM değerlerinin üzerinde bulunmuştur. Bu nedenle İskenderun körfezinde belirlenen 10 istasyon (Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz) Fe, Ni, Mn, Cr, Zn, Cd, Co ve Al yönünden çok kirli sonucunu çıkarılabilir. Ayrıca bu istasyonlardaki sediment numunelerinin ağır metal düzeylerinin ERM değerlerini aşması istasyonlardaki sedimette ağır metal kirliliğinin oluşmuş olma ihtimalinin % 75'ten fazla olduğunu

gösterir. Cu ve Pb elemetlerinin sediment sonuçları incelendiğinde ise Cu elementinin 2, 4, 5, 6, 9 ve 10 nolu istasyonlarda, Pb elementinin ise 1, 4, 7 ve 10 nolu istasyonlarda ERM değerini geçmediği görülmüştür. Böylece 2, 5, 6 ve 9 nolu istasyonların Cu yönüyle, 1 ve 7 nolu istasyonların Pb yönüyle, 4 ve 10 nolu istasyonların ise hem Cu hemde Pb yönüyle daha az kirli olduğu sonucu çıkarılabilir. Diğer yönüyle 2, 5, 6 ve 9 nolu istasyonlarda Cu kirliliği, 1 ve 7 nolu istasyonlarda Pb kirliliği, 4 ve 10 nolu istasyonlarda ise Cu ve Pb kirliliği görülme ihtimali % 25-75 arasındadır.

Çizelge 4.5. Sediment numunelerinin ağır metal analiz sonuçları (mg/kg), (n=3), ([a] :% değer olarak verilmiştir)

İstasyon	Sezon	Fe[a]	Ni	Mn	Cr	Cu
1 Erzin	İlkbahar	4,27±0,04	1200±50	630±10	2390±176	817±70
	Yaz	9,58±0,52	1267±208	1767±76	17033±682	270±30
	Sonbahar	5,75±0,06	727±85	900±10	5267±850	50± 4
	Kış	5,36±0,47	1267±58	750±56	6300±136	187±21
2 Dörtyol-1	İlkbahar	3,95±0,03	800± 70	873±23	1333±115	223±57
	Yaz	3,78±0,02	900±40	807±12	1300±100	110±35
	Sonbahar	4,13±0,05	640±26	933±32	1367±58	337±11
	Kış	3,48±0,02	1167±58	867±21	1467±58	207±31
3 Dörtyol-2	İlkbahar	1,73±0,12	243±12	737±81	900±115	640±49
	Yaz	1,53±0,20	253±121	703±12	1333±58	353±58
	Sonbahar	3,91±0,15	393±60	1133±58	1027±64	273±50
	Kış	1,70±0,02	270±69	700±60	1267±58	140±16
4 Payas-1	İlkbahar	16,15±0,60	110±10	13167±51	1033±351	280±77
	Yaz	0,33±0,04	73±6	500±10	160±22	77±4
	Sonbahar	4,84±0,23	620± 17	2300±173	1933±58	100±44
	Kış	31,97±1,24	153±23	25900±1054	1633±306	483±34
5 Payas-2	İlkbahar	25,66±0,33	250±10	27067±1528	3000±10	227±55
	Yaz	23,94±1,37	300±10	26000±2500	3400±346	200±10
	Sonbahar	4,79±0,21	173±15	1333±231	1467±58	197±74
	Kış	27,38±1,08	197±15	28033±764	2533±321	257±15
6 Sarıseki	İlkbahar	5,03±0,11	817±60	910±17	4233±208	167±42
	Yaz	5,33±0,07	800±10	950±20	6000±458	370±64
	Sonbahar	9,25±0,06	520±30	2333±58	6933±153	170±20
	Kış	4,74±0,27	830±17	870±40	2533±58	200±10

Çizelge 4.5. (Devam) Sediment numunelerinin ağır metal analiz sonuçları (mg/kg), (n=3), ([a] :% değer olarak verilmiştir)

İstasyon	Sezon	Zn	Cd	Pb	Co	Al[a]
1 Erzin	İlkbahar	1393±32	207±15	67±11	28±4	1,00±0,15
	Yaz	723±58	80±10	90±16	57±9	1,52±0,29
	Sonbahar	527±57	40±2	180±25	23±6	1,92±0,04
	Kış	727±65	30±1	67±11	28±3	1,41±0,08
2 Dörtyol-1	İlkbahar	513±21	43±6	507±42	40±5	2,37±0,51
	Yaz	270±44	33±6	710±20	37±6	1,72±0,01
	Sonbahar	753±28	53±5	307±32	43±5	3,02±0,53
	Kış	667±12	47±6	53±9	38±8	2,12±0,06
3 Dörtyol-2	İlkbahar	1807±41	33±6	373±74	37±2	0,74±0,01
	Yaz	567±58	87±6	267±58	33±6	0,77±0,01
	Sonbahar	760±18	40±1	133±15	40±1	2,40±0,03
	Kış	30±1	43±6	403±67	33±6	1,03±0,03
4 Payas-1	İlkbahar	537±84	40±1	73±12	17±6	1,68±0,09
	Yaz	467±58	43±6	77±15	20±1	0,82±0,05
	Sonbahar	487±16	53±6	113±32	47±6	2,00±0,02
	Kış	607±50	30±1	60±3	43±8	2,55±0,23
5 Payas-2	İlkbahar	653±71	53±2	377±90	28±3	2,87±0,08
	Yaz	600±90	50±7	223±93	30±1	2,95±0,14
	Sonbahar	527±69	27±2	160±95	27±6	1,57±0,02
	Kış	707±42	57±6	530±55	28±9	2,79±0,04
6 Sarıseki	İlkbahar	567±58	37±6	257±25	40±2	2,43±0,03
	Yaz	150±18	30±4	373±57	43±6	2,51±0,02
	Sonbahar	3893±94	60±5	117±15	43±6	2,35±0,05
	Kış	967±53	33±6	140±10	42±8	2,36±0,05

Çizelge 4.5. (Devam) Sediment numunelerinin ağır metal analiz sonuçları (mg/kg), (n=3), ([a] :% değer olarak verilmiştir)

İstasyon	Sezon	Fe[a]	Ni	Mn	Cr	Cu
7 İskenderun-1	İlkbahar	4,10±0,34	770±10	740±10	4210±66	390±33
	Yaz	5,44±0,08	1053±32	757±21	4233±55	220±11
	Sonbahar	3,91±0,17	730±40	723±25	3000±36	280±48
	Kış	4,35±0,30	870±35	800±147	5633±57	223±32
8 İskenderun-2	İlkbahar	3,70±0,47	507±40	623±72	4747±85	540±57
	Yaz	4,16±0,38	737±15	580±35	7500±70	700±10
	Sonbahar	5,09±0,01	620±30	800±50	3400±10	1853±38
	Kış	4,95±0,34	850±35	800±42	16333±107	173±21
9 Pirinçlik	İlkbahar	4,95±0,38	1500±10	833±58	3067±72	193±17
	Yaz	4,50±0,39	1333±23	767±58	1867±208	57±4
	Sonbahar	5,62±0,14	1367±58	1100±40	3567±153	103±31
	Kış	5,41±0,54	1733±58	933±58	4333±41	33±5
10 Arsuz	İlkbahar	6,25±0,26	2367±28	933±77	8700±154	213±31
	Yaz	6,28±0,44	2600±36	933±95	5900±52	243±35
	Sonbahar	6,86±0,07	1400±30	1100±10	7500±53	40±1
	Kış	6,21±0,19	2133±58	987±15	11567±161	183±29
Ortalama	İlkbahar	7,58	856	4651	3361	369
	Yaz	6,49	932	3376	4873	260
	Sonbahar	5,41	719	1266	3546	340
	Kış	9,56	947	6064	5360	209
Min.	İlkbahar	1,73	110	623	900	167
	Yaz	0,33	73	500	160	57
	Sonbahar	3,91	173	723	1027	40
	Kış	1,70	153	700	1267	33
Max.	İlkbahar	25,66	2367	27067	8700	817
	Yaz	23,94	2600	26000	17033	700
	Sonbahar	9,25	1400	2333	7500	1853
	Kış	31,97	2133	28033	16333	483

Çizelge 4.5. (Devam) Sediment numunelerinin ağır metal analiz sonuçları (mg/kg), (n=3), ([a] :% değer olarak verilmiştir)

İstasyon	Sezon	Zn	Cd	Pb	Co	Al[a]
7 İskenderun-1	İlkbahar	1063±12	153±14	120±26	48±3	1,34±0,03
	Yaz	147±81	37±6	87±15	40±1	1,71±0,02
	Sonbahar	723±51	63±6	223±50	43±6	1,61±0,40
	Kış	833±58	50±2	167±15	48±3	1,62±0,03
8 İskenderun-2	İlkbahar	1693±17	160±28	253±32	37±2	2,46±0,21
	Yaz	797±67	77±5	1110±48	33±6	2,72±0,26
	Sonbahar	5067±36	67±6	740±16	37±6	2,68±0,10
	Kış	1133±23	13±6	247±45	40±2	3,52±0,19
9 Pirinçlik	İlkbahar	580±90	30±1	267±58	40±4	1,52±0,05
	Yaz	577±17	40±7	333±58	50±3	1,63±0,10
	Sonbahar	553±96	60±1	63±9	80±6	1,21±0,01
	Kış	587±68	27±6	480±65	83±8	1,42±0,04
10 Arsuz	İlkbahar	493±35	43±6	170±10	80±2	1,12±0,05
	Yaz	353±38	33±6	40±2	77±6	1,05±0,08
	Sonbahar	967±58	40±1	90±10	73±15	1,24±0,01
	Kış	633±91	57±6	67±15	75±5	1,18±0,03
Ortalama	İlkbahar	930	80	246	39	1,75
	Yaz	465	51	331	42	1,74
	Sonbahar	1426	50	213	46	2,00
	Kış	689	39	221	46	2,00
Min.	İlkbahar	493	30	67	17	0,74
	Yaz	147	30	40	20	0,80
	Sonbahar	487	27	63	23	1,21
	Kış	30	13	53	28	1,03
Max.	İlkbahar	1807	207	507	80	2,87
	Yaz	797	87	1110	77	2,95
	Sonbahar	5067	67	740	80	3,02
	Kış	1133	57	530	83	3,52

Çizelge 4.6. Sediment numunelerindeki ağır metal düzeylerinin sezon ortalamaları

	İstasyon					**Kanada ulusal sediman kalite kriteri (mg/kg)**			
mg/kg	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**TEL**	**PEL**	**ERL**	**ERM**
Fe[a]	6,24	3,84	2,22	13,32	20,44	-	-	-	-
Ni	1115	877	290	239	230	15,9	42,8	20,9	51,6
Mn	1012	870	818	10467	20608	-	-	-	-
Cr	7748	1367	1132	1190	2600	52,3	160,4	81	370
Cu	331	**219**	352	**235**	**220**	18,7	108,2	34	270
Zn	843	551	791	525	622	124	271	150	410
Cd	89	44	51	42	47	0,68	4,2	1,2	9,6
Pb	**101**	394	294	**81**	323	30,2	112,2	46,7	218
Co	34	40	36	32	28	-	-	-	-
Al[a]	1,46	2,31	1,24	1,76	2,55	-	-	-	-
	İstasyon					**Kanada ulusal sediman kalite kriteri (mg/kg)**			
mg/kg	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**TEL**	**PEL**	**ERL**	**ERM**
Fe[a]	6,09	4,45	4,48	5,12	6,40	-	-	-	-
Ni	742	856	679	1483	2125	15,9	42,8	20,9	51,6
Mn	1266	755	701	908	988	-	-	-	-
Cr	4925	4269	7995	3209	8417	52,3	160,4	81	370
Cu	**227**	278	817	**97**	**170**	18,7	108,2	34	270
Zn	1394	692	2173	574	612	124	271	150	410
Cd	40	76	79	39	43	0,68	4,2	1,2	9,6
Pb	222	**149**	588	286	**92**	30,2	112,2	46,7	218
Co	42	45	37	63	76	-	-	-	-
Al[a]	2,41	1,57	2,84	1,44	1,15	-	-	-	-

[a] % değer olarak verilmiştir.

4.2. Deniz Suyu ve Sediment Örneklerinin Kemometrik Analiz Sonuçları

4.2.1. Deniz Suyu Örneklerinin Kemometrik Analiz Sonuçları

İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere 4 sezonda İskenderun körfezinde belirlenen Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz istasyonlarından toplanan deniz suyu numunelerinin temel bileşen analizi, öbekleme analizi ve korelasyon analizi numunelerin ağır metal içeriklerine göre yapılmıştır. En iyi dağılım sonbahar sezonu verilerinde elde edilmiştir.

4.2.1.1. Temel Bileşen Analizi (PCA)

Sonbahar sezonunda İskenderun körfezinin farklı bölgelerinden toplanan 10 deniz suyu numunesinin Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co ve Al verilerine Excel programı kullanılarak temel bileşen analizi uygulanmıştır. Böylece deniz suyu numunelerini karakterize eden scores ve deniz suyu numunelerindeki ağır metalleri karakterize eden loadings değerleri elde edilmiştir. Ayrıca deniz suyu numuneleri arasındaki grupları karakterize eden eigen değerler hesaplanarak grafiğe geçirilmiştir. Eigen değerler ve her bir temel bileşenin yüzde varyans değerleri Çizelge 4.7. da verilmiştir.

Çizelge 4.7. Deniz suyu örneklerinin eigen değerleri ve her bir temel bileşenin yüzde varyans değerleri

Temel bileşen Sayısı	Eigen değer	Varyans (%)	Toplam varyans (%)
1	40,70	45,23	45,23
2	22,24	24,71	69,93
3	15,07	16,75	86,68
4	6,84	7,61	94,29
5	2,25	2,49	96,78
6	1,40	1,55	98,33
7	1,13	1,25	99,59
8	0,26	0,29	99,88
9	0,11	0,12	100,00

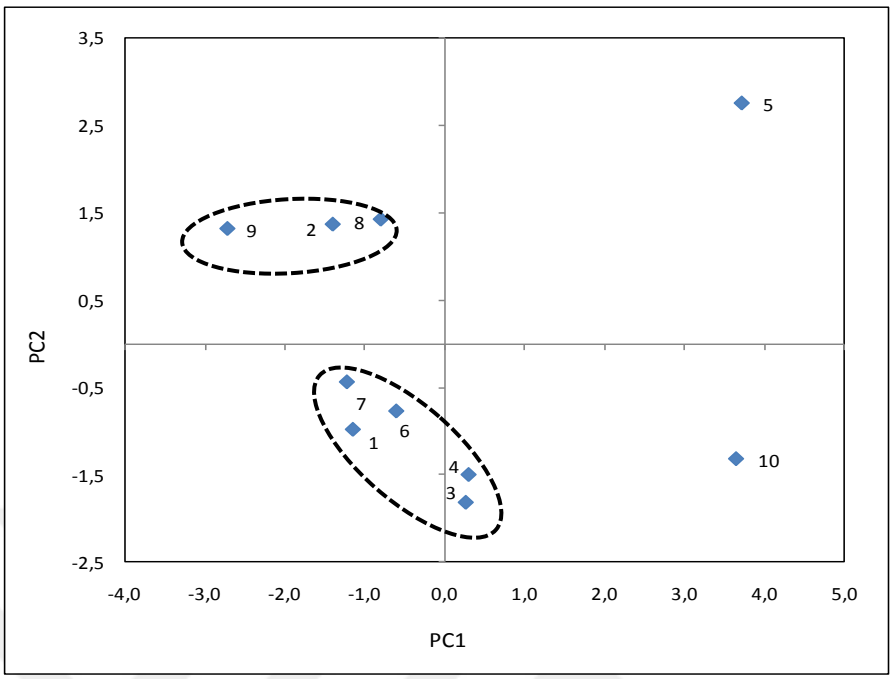
Çizelge 4.7. incelendiğinde ilk dört temel bileşenin toplam varyansın % 94,29' unu açıkladığı görülmektedir. İlk temel bileşenin değeri % 45,23 ve diğer temel bileşenler sırasıyla % 24,71, % 16,75 ve % 7,61 şeklindedir. Çizelge 4.8. de toplam verinin % 94,29 'unu açıklayan ilk dört temel bileşenin loading değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.8. Deniz suyu numunelerine ait dört temel bileşen için değişkenlerin loading değerleri

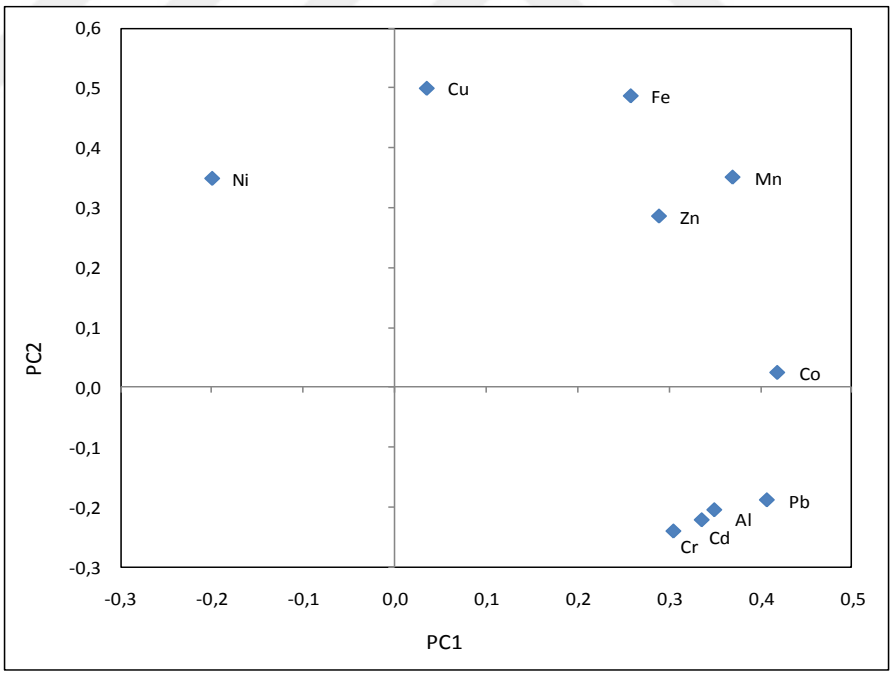
Değişken	PC1	PC2	PC3	PC4
Fe	0,2586	0,4873	0,2116	0,0951
Ni	-0,1999	0,3491	-0,4798	-0,3525
Mn	0,3702	0,3513	-0,1878	0,0741
Cr	0,3054	-0,2408	-0,4300	0,2089
Cu	0,0352	0,4998	-0,2994	0,4792
Zn	0,2896	0,2861	0,3743	-0,3475
Cd	0,3364	-0,2220	-0,3644	-0,2559
Pb	0,4077	-0,1886	-0,2111	-0,0883
Co	0,4191	0,0245	0,1591	-0,3742
Al	0,3502	-0,2052	0,2693	0,5038

PC1 ile PC2 verileri arasında çizilen scores ve loading noktaları Şekil 4.1.' te verilmiştir. Şekil 4.1. (a) incelendiğinde deniz suyu örneklerinin 3'lü (2,8 ve 9) ve 5'li (1,3,4,6 ve 7) olmak üzere iki farklı grup oluşturduğu görülmektedir. Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında 3'lü grup örneklerinin Dörtyol-1, İskenderun-2 ve Pirinçlik bölgesinden toplanan numuneleri içerdiği görülmektedir. Bu grupta bulunan yerleşim bölgelerinin hiç birinde ağır sanayi içeren fabrika bulunmamaktadır. Erzin, Dörtyol-2, Payas-1, Sarıseki ve İskenderun-1 örneklerinden oluşan 5'li grup incelendiğinde Erzin ve İskenderun-1 bölgeleri hariç diğer tüm bölgelerde demir-çelik fabrikası bulunmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar sanayinin yoğun olduğu gölgeler ile sanayinin olmadığı bölgelerin farklı gruplar oluşturduğunu göstermiştir. Şekil 4.1.'den görüldüğü gibi 3'lü grubun tamamı PC1' in negatif PC2' nin pozitif değerleri tarafından karakterize edilmektedir. 5' li gurupta ise grubu oluşturan numunelerin üçü PC1 ve PC2' nin negatif bölgesinde ikisi ise PC1' in pozitif PC2' nin negatif bölgesinde bulunmaktadır. Şekil 4.1.'de Payas-2 (5) ve Arsuz (10) bölgelerinin ise herhangi bir gruba dâhil olmadığı görülmektedir. Şekil 4.1. (b) elde edilen grupları hangi elementlerin karakterize ettiğini göstermektedir. Buna göre 3'lü gruptaki deniz suyu numunelerini Fe, Ni, Mn, Cu, Zn ve Co elementleri; 5'li gruptaki deniz suyu numunelerini ise Cr, Cd, Pb ve Al elementleri karakterize etmektedir.

(a)

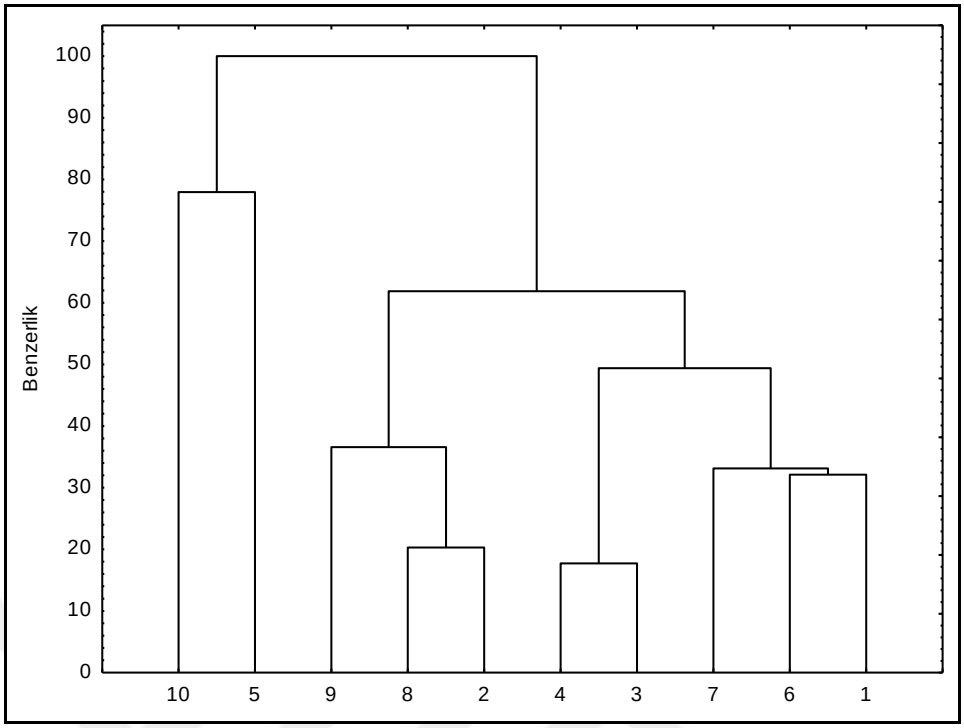


(b)

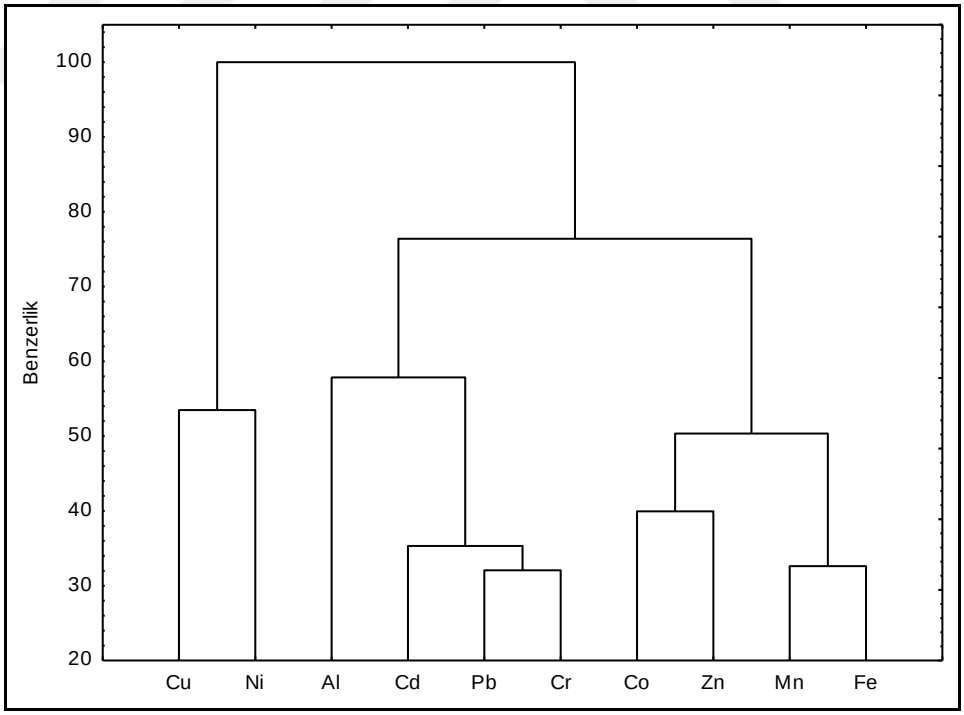


Şekil 4.1.Deniz suyu örneklerinin temel bileşen analizi sonuçları (a) 1. ve 2. Temel bileşenlerin scores değerleri (b) 1. ve 2. Temel bileşenlerin loadings değerleri

a)



(b)



Şekil 4.2. Deniz suyu numunelerinde öbekleme analizi sonucunda oluşan dendogramlar (a) Deniz suyu numuneleri (b) Elementler

4.2.1.2. Öbekleme analizi (CA)

Deniz suyu numunelerinin ICP-OES metodu kullanılarak analiz edilmesiyle elde edilen ağır metal düzeylerine ait verilere öbekleme analiz yöntemi uygulanmıştır. Öbekleme analizi farklı noktalardan alınarak analiz edilen deniz suyu örneklerinin kimyasal bileşimine göre benzerliklerini ortaya koymakta kullanılmıştır. Elde edilen öbekleme analiz sonuçlarının temel bileşen analiz sonuçları ile tamamen örtüştüğü belirlenmiştir. Şekil 4.2. (a) incelendiğinde yaklaşık % 70 benzerlik seviyesinde deniz suyu örneklerinin iki ana gruba ayrıldığı görülmektedir. Soldan sağa doğru sırasıyla ilk grup (2,8 ve 9) Dörtyol-1, İskenderun-2 ve Pirinçlik numunelerinden, ikinci grup (1,3,4,6 ve 7) Erzin, Dörtyol-2, Payas-1, Sarıseki ve İskenderun-1 numunelerinden oluşmuştur. Oluşan gruplar PCA analiz sonuçlarıyla tamamen örtüşmektedir. Şekil 4.2. (b)' de deniz suyu numunelerinin ağır metal içeriğine bağlı dendogram görülmektedir. Dendogram incelendiğinde soldan sağa doğru ilk grubun Cu ve Ni; ikinci grubun Al, Cd, Pb ve Cr; üçüncü grubun ise Co, Zn, Mn ve Fe elementlerinden meydana geldiği görülmektedir. Elde edilen sonuçların korelasyon analizi ile uyumlu olduğu görülmektedir.

4.2.1.3. Korelasyon Analizi

Deniz suyu numunelerinin ICP-OES metodu kullanılarak analiz edilmesiyle elde edilen ağır metal düzeylerine ait verilere korelasyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9.' da verilmiştir. Bu sonuçlara göre korelasyon katsayısı 0,5' ten büyük elementler arasında korelasyon bulunmaktadır. Çizelge 4.9. incelendiğinde Fe, Mn, Cu, Zn ve Co; Cd, Pb, Al ve Cr elementleri arasında iyi korelasyon olduğu görülmektedir. 1. ve 2. temel bileşenlerin loadings değerlerini içeren Şekil 4.1. (b) incelendiğinde şekildeki elementlerin konumları ile aralarında korelasyon gözlenen elementlerin örtüştüğü görülmektedir.

4.2.2. Sediment Örneklerinin Kemometrik Analiz Sonuçları

İskenderun körfezinde belirlenen Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz istasyonlarından toplanan sediment numunelerinin temel bileşen analizi, öbekleme analizi ve korelasyon analizi numunelerin ağır metal (Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co ve Al) içeriklerine göre yapılmıştır. En iyi dağılım sonbahar sezonu verilerinde elde edilmiştir.

Çizelge 4.9. Deniz suyu numunelerinin ağır metal içeriklerine ait korelasyon katsayıları

	Fe	**Ni**	**Mn**	**Cr**	**Cu**	**Zn**	**Cd**	**Pb**	**Co**	**Al**
Fe	1									
Ni	0,013	1								
Mn	**0,806**	0,098	1							
Cr	-0,062	-0,182	0,440	1						
Cu	**0,536**	0,479	**0,602**	0,010	1					
Zn	**0,773**	-0,231	**0,580**	-0,018	0,085	1				
Cd	-0,024	-0,161	0,481	**0,773**	-0,108	0,099	1			
Pb	0,159	-0,324	**0,573**	**0,813**	-0,093	0,287	**0,797**	1		
Co	**0,539**	-0,393	**0,650**	0,330	-0,089	**0,710**	**0,617**	**0,741**	1	
Al	0,311	**-0,820**	0,353	0,478	-0,165	0,326	0,391	**0,605**	**0,586**	1

Çizelge 4.10. Sediment örneklerinin eigen değerleri ve her bir temel bileşenin yüzde varyans değerleri

Temel bileşen Sayısı	**Eigen değer**	**Varyans (%)**	**Toplam varyans (%)**
1	33,31	37,01	37,01
2	24,41	27,13	64,14
3	16,69	18,54	82,68
4	8,13	9,03	91,71
5	3,54	3,93	95,65
6	2,65	2,95	98,59
7	0,95	1,06	99,65
8	0,22	0,24	99,89
9	0,10	0,11	100,00

4.2.2.1. Temel Bileşen Analizi (PCA)

Sonbahar sezonunda İskenderun körfezinin farklı bölgelerinden toplanan 10 sediment numunesinin Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co ve Al verilerine Excel programı kullanılarak temel bileşen analizi uygulanmıştır. Böylece sediment numunelerini karakterize eden scores ve sediment numunelerindeki ağır metalleri karakterize eden loadings değerleri elde edilmiştir. Ayrıca sediment numuneleri

arasındaki grupları karakterize eden eigen değerler hesaplanarak grafiğe geçirilmiştir. Eigen değerler ve her bir temel bileşenin yüzde varyans değerleri Çizelge 4.10. da verilmiştir.

Çizelge 4.10. incelendiğinde ilk dört temel bileşenin toplam varyansın % 91,71' ünü açıkladığı görülmektedir. İlk temel bileşenin değeri % 37,01 ve diğer temel bileşenler sırasıyla % 27,13, % 18,54 ve % 9,03 şeklindedir. Çizelge 4.11. de toplam verinin % 91,71 'ini açıklayan ilk dört temel bileşenin loading değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.11. Sediment numunelerine ait dört temel bileşen için değişkenlerin loading değerleri

Değişken	PC1	PC2	PC3	PC4
Fe	0,1692	0,4493	0,4007	0,1744
Ni	0,2984	0,3124	-0,4402	-0,0111
Mn	0,1243	0,1125	0,5780	-0,4808
Cr	0,2119	0,4639	0,1277	0,4357
Cu	-0,4492	0,2042	-0,1815	0,1051
Zn	-0,3263	0,4350	0,1649	0,0859
Cd	-0,1835	0,3766	-0,1919	-0,5642
Pb	-0,4703	0,1495	-0,1898	0,1666
Co	0,3080	0,2782	-0,3523	-0,3514
Al	-0,4049	-0,0145	0,1951	-0,2459

PC1 ile PC2 verileri arasında çizilen scores ve loading noktaları Şekil 4.3.' te verilmiştir. Şekil 4.3. (a) incelendiğinde sediment örneklerinin 2'li (9 ve 10) ve 6'lı (1,2,3,4,5 ve 7) olmak üzere iki farklı grup oluşturduğu görülmektedir. Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında 2'li grup örneklerinin Pirinçlik ve Arsuz bölgesinden toplanan numuneleri içerdiği görülmektedir. Bu grupta bulunan yerleşim bölgelerinin hiç birinde ağır sanayi içeren fabrika bulunmamakta ve istasyonlar arasındaki en temiz iki istasyon olduğu bilinmektedir. Erzin, Dörtyol-1, Dörtyol-2, Payas-1, Payas-2 ve İskenderun-1 örneklerinden oluşan 6'lı grup incelendiğinde Erzin, Dörtyol-1 ve İskenderun-1 bölgeleri hariç diğer tüm bölgelerde demir-çelik fabrikası bulunmaktadır. 6'lı grup içinde bulunan Erzin, Dörtyol-1 ve İskenderun-1 bölgeleri ağır sanayi içeren fabrika barındırmasa da petrol ve asfalt gibi ticari sevkiyatların yapıldığı limanlar içermektedir. Bu istasyonların hiç bir ağır sanayi fabrikası barındırmayan Pirinçlik ve Arsuz bölgelerine göre daha kirli olacağı düşünüldüğünde elde edilen sonuçlar

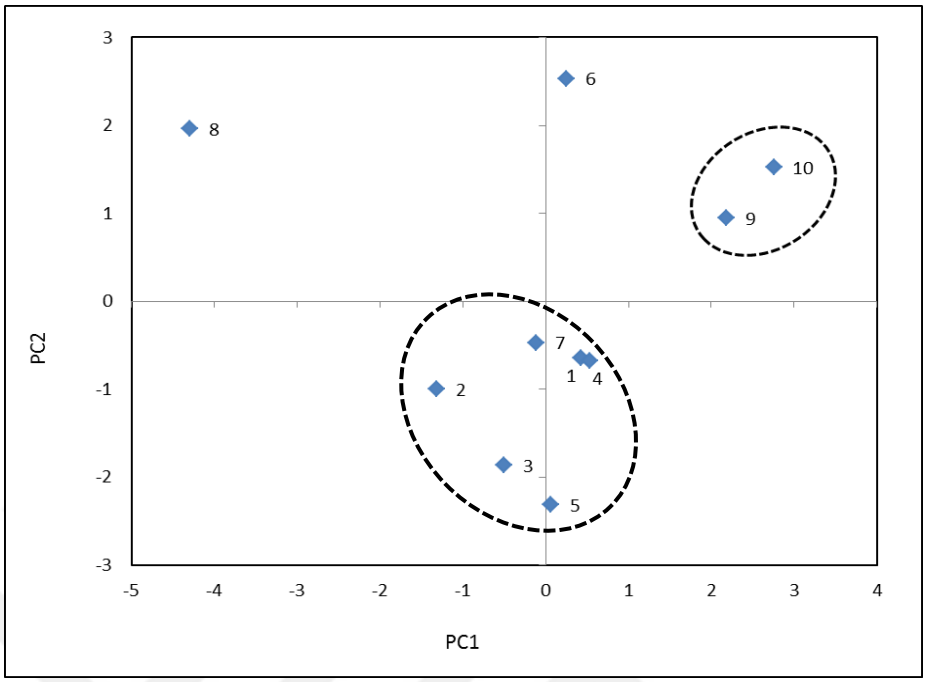
sanayinin yoğun olduğu bölgeler ile sanayinin olmadığı bölgelerin ayrı gruplar oluşturduğunu göstermiştir. Şekil 4.3.'den görüldüğü gibi 2'li grubun tamamı PC1 ve PC2' nin pozitif değerleri tarafından karakterize edilmektedir. 6' lı gurupta ise grubu oluşturan numunelerin üçü PC1 ve PC2' nin negatif bölgesinde üçü ise PC1' in pozitif PC2' nin negatif bölgesinde bulunmaktadır. Şekil 4.3.'de Sarıseki (6) ve İskenderun-2 (8) bölgelerinin ise herhangi bir gruba dâhil olmadığı görülmektedir.

Şekil 4.3. (b) elde edilen grupları hangi elementlerin karakterize ettiğini göstermektedir. Buna göre 2'li gruptaki sediment numunelerini Fe, Cr, Ni, Mn ve Co elementleri; 6'lı gruptaki sediment numunelerini ise Cu, Pb, Zn, Al ve Cd elementleri karakterize etmektedir.

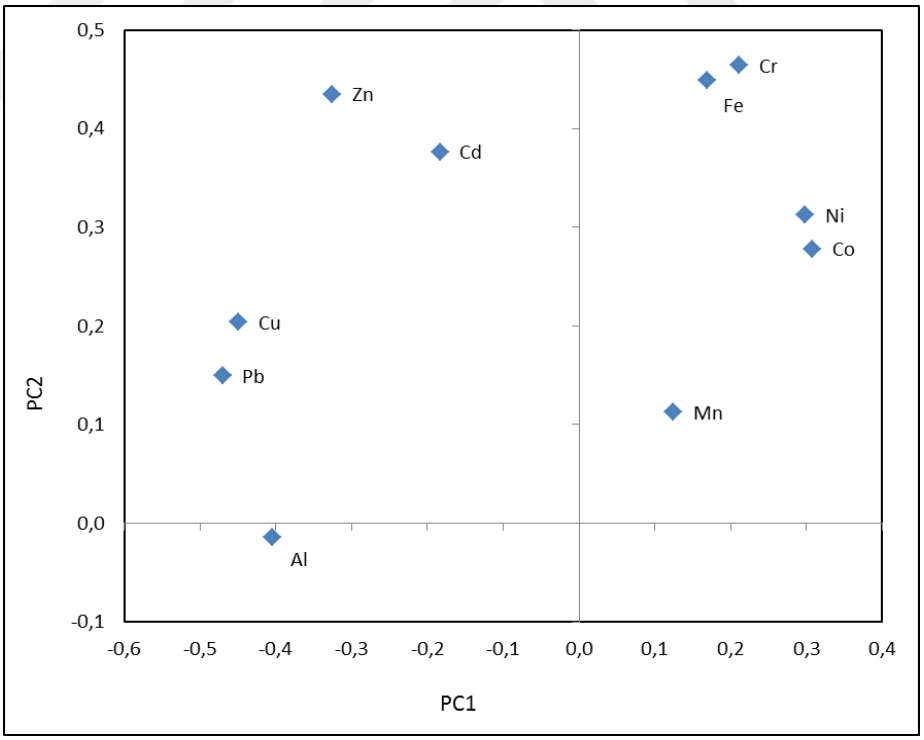
4.2.2.2. Öbekleme analizi (CA)

Sediment numunelerinin ağır metal düzeylerine ait verilere öbekleme analiz yöntemi uygulanmıştır. Öbekleme analizi farklı noktalardan alınarak analiz edilen sediment örneklerinin kimyasal bileşimine göre benzerliklerini ortaya koymakta kullanılmıştır. Elde edilen öbekleme analiz sonuçlarının temel bileşen analiz sonuçları ile tamamen örtüştüğü belirlenmiştir. Şekil 4.4. (a) incelendiğinde yaklaşık % 75 benzerlik seviyesinde sediment örneklerinin iki ana gruba ayrıldığı görülmektedir. Soldan sağa doğru sırasıyla ilk grup (9 ve 10) Pirinçlik ve Arsuz numunelerinden, ikinci grup (1,2,3,4,5 ve 7) Erzin, Dörtyol-1, Dörtyol-2, Payas-1, Payas-2 ve İskenderun-1 numunelerinden oluşmuştur. Oluşan gruplar PCA analiz sonuçlarıyla tamamen örtüşmektedir. Şekil 4.4. (b)' de sediment numunelerinin ağır metal içeriğine bağlı dendogram görülmektedir. Dendogram incelendiğinde soldan sağa doğru ilk grubun Cd, Al, Zn, Pb ve Cu; ikinci grubun ise Mn, Co, Ni, Cr ve Fe elementlerinden meydana geldiği görülmektedir. Elde edilen sonuçların korelasyon analizi ile uyumlu olduğu görülmektedir.

(a)

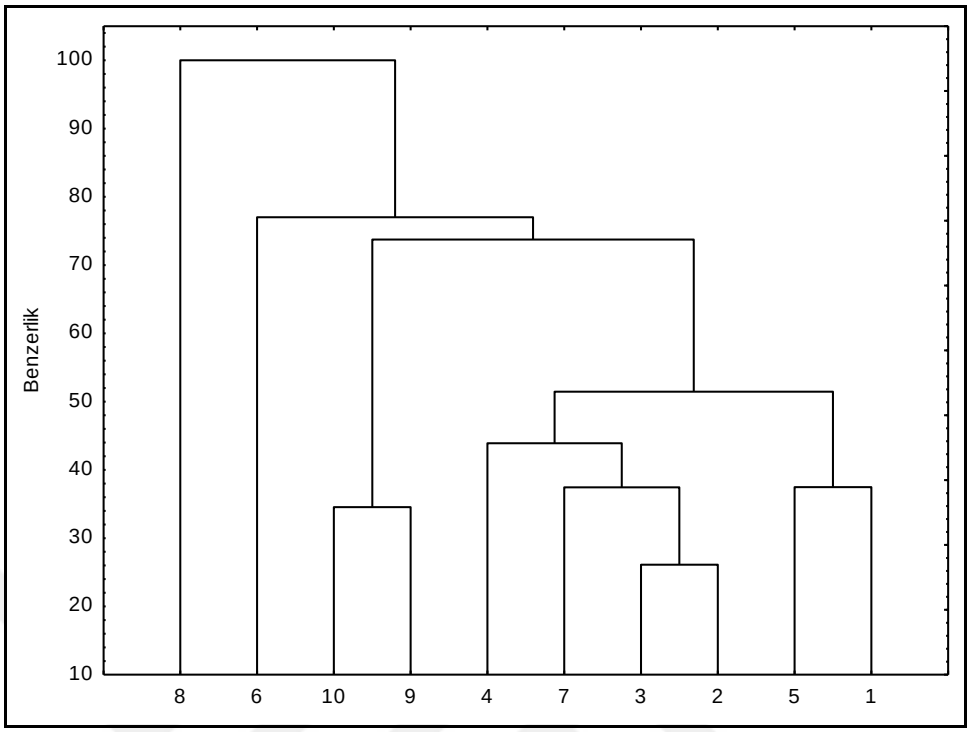


(b)

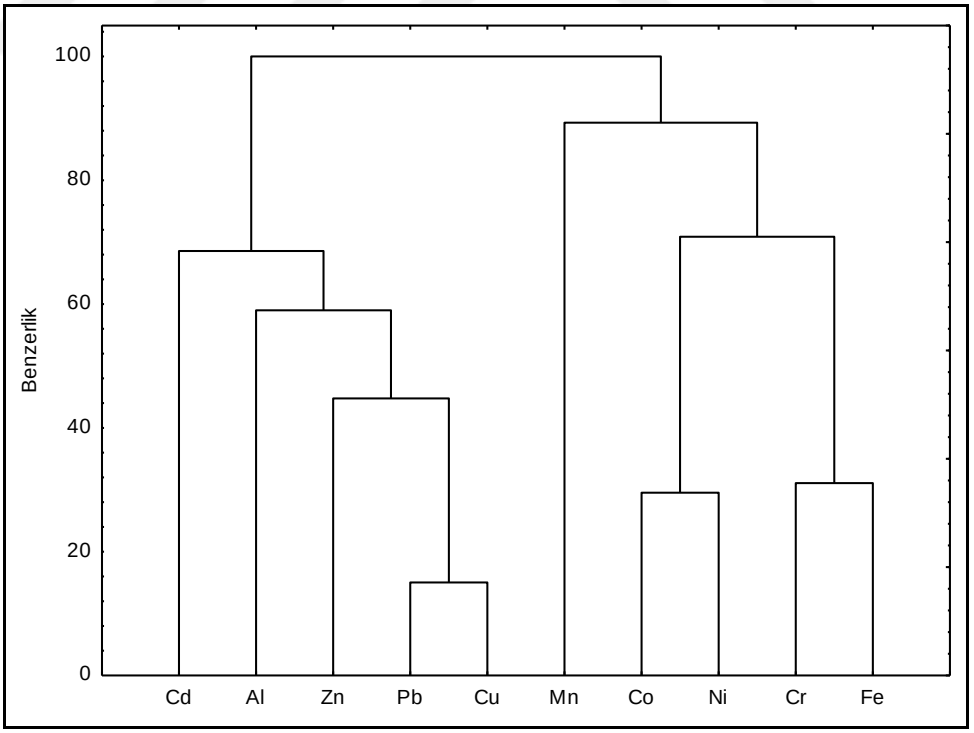


Şekil 4.3. Sediment numunelerinin temel bileşen analizi sonuçları (a) 1. ve 2. Temel bileşenlerin scores değerleri (b) 1. ve 2. Temel bileşenlerin loadings değerleri

(a)



(b)



Şekil 4.4. Sediment numunelerinde öbekleme analizi sonucunda oluşan dendogramlar (a) Sediment numuneleri (b) Elementler

4.2.2.3. Korelasyon Analizi

Sediment numunelerinin ağır metal düzeylerine ait verilere korelasyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12.' de verilmiştir. Bu sonuçlara göre korelasyon katsayısı 0,5' ten büyük elementler arasında korelasyon bulunmaktadır. Çizelge 4.12. incelendiğinde Fe, Mn, Cr, Ni, Co elementleri arasında ve Cu, Zn, Cd, Pb, Al elementleri arasında iyi korelasyon olduğu görülmektedir. 1. ve 2. temel bileşenlerin loadings değerlerini içeren Şekil 4.3. (b) incelendiğinde şekildeki elementlerin konumları ile aralarında korelasyon gözlenen elementlerin örtüştüğü görülmektedir.

Çizelge 4.12. Sediment numunelerinin ağır metal içeriklerine ait korelasyon katsayıları

	Fe	**Ni**	**Mn**	**Cr**	**Cu**	**Zn**	**Cd**	**Pb**	**Co**	**Al**
Fe	1									
Ni	0,239	1								
Mn	**0,545**	-0,229	1							
Cr	**0,851**	**0,536**	0,160	1						
Cu	-0,163	-0,187	-0,320	-0,141	1					
Zn	0,464	-0,156	0,134	0,332	**0,769**	1				
Cd	0,108	0,253	0,021	0,106	0,465	**0,537**	1			
Pb	-0,235	-0,226	-0,409	-0,166	**0,965**	**0,691**	0,433	1		
Co	0,226	**0,866**	0,023	0,328	-0,229	-0,142	0,275	-0,348	1	
Al	-0,136	**-0,541**	0,043	-0,330	0,493	0,463	0,275	**0,572**	-0,496	1

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada İskenderun Körfezinde sahil şeridinde belirlenen istasyonlardan deniz suyu ve sediment örnekleri alınarak sıcaklık, pH, iletkenlik, çözünmüş oksijen miktarı, TDS (Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı) parametreleri ve ağır metal (Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Al) içeriği bakımından incelenmesi amaçlanmıştır. Belirlenen parametrelerin deniz suyu ve sediment örneklerindeki mevsimsel değişimi incelenerek kirlilik olup olmadığının tespit edilmesi bölgenin çevre kirliliği tespiti açısından son derece önemlidir. Bu amaçla çalışma sonunda elde edilen verilerin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine ve Kanada ulusal sediman kalite yönergesine uygunluğunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Sahil şeridinde belirlenen istasyonlardan elde edilen deneysel verilerin kemometrik metotlar kullanılarak değerlendirilmesi ve istatistiksel olarak karakterize edilmesi çalışmanın ana hedefini oluşturmuştur.

Deniz suyu ve sediment örnekleri İskenderun körfezinde belirlenen 10 istasyondan (Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz) temin edilmiştir. Toplanan deniz suyu ve sediment numunelerinin sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen tayini ve toplam çözünmüş katı madde tayini arazide ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır. Deniz suyu ve sediment numunelerinin Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co ve Al düzeyleri üçer tekrar ile ICP-OES cihazı ile tayin edilmiştir.

İskenderun körfezindeki Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz istasyonlarından toplanan deniz suyu ve sediment numunelerinin kemometrik karakterizasyonu numunelerin eser element ve ağır metal içeriklerine göre temel bileşen analizi, öbekleme analizi ve korelasyon analizi metotlarıyla yapılmıştır.

Deniz suyu numunelerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış sezonlarında ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 27,8°C; 30,0°C; 25,4°C ve 16,2°C olarak ölçülmüştür. İlkbahar sezonunda en düşük sıcaklık değeri (22,5°C) Arsuz kıyısında, en yüksek sıcaklık değeri (33,2°C) ise Erzin kıyısında ölçülmüştür. Yaz sezonunda en düşük sıcaklık değeri (27,1°C) Dörtyol-1 deniz suyu numunesinde, en yüksek sıcaklık değeri (31,3°C) ise Erzin ve İskenderun-1 numunelerinde ölçülmüştür. Sonbahar sezonunda en

düşük sıcaklık değeri (23,0°C) Arsuz kıyısında, en yüksek sıcaklık değeri (26,2°C) ise Erzin ve Payas-2 numunelerinde tespit edilmiştir. Kış sezonunda ise en düşük sıcaklık değeri (15,1°C) Pirinçlik ve Arsuz' da, en yüksek sıcaklık değeri (17,8°C) ise İskenderun-2 numunesinde ölçülmüştür.

Deniz suyu numunelerinin pH değerleri incelendiğinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış sezonları için sırasıyla 8,27; 8,33; 8,18 ve 7,99 sonuçları elde edilmiştir. İlkbahar sezonunda en düşük pH değeri (8,27) Erzin ve İskenderun-2 deniz suyu numunelerinde, en yüksek pH değeri (8,65) ise Payas-1 numunesinde ölçülmüştür. Yaz sezonunda en düşük pH değeri (8,10) Payas-1 deniz suyu numunesinde, en yüksek pH değeri (8,43) ise Erzin, Dörtyol-2 ve Sarıseki numunelerinde ölçülmüştür. Sonbahar sezonunda en düşük pH değeri (8,16) Dörtyol-2 numunesinde, en yüksek pH değeri (8,19) ise Erzin, Payas-1 ve Payas-2 numunelerinde tespit edilmiştir. Son sezon olan kış sezonunda ise en düşük pH değeri (7,60) Arsuz' da, en yüksek pH değeri (8,45) ise Payas-1'de ölçülmüştür. Elde edilen tüm verilerin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine uygun olduğu görülmüştür.

İskenderun körfezindeki istasyonlardan toplanan deniz suyu numunelerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış sezonlarında ortalama elektriksel iletkenlik değerleri sırasıyla 56559 µS/cm; 57157 µS/cm; 53642 µS/cm ve 58160 µS/cm olarak ölçülmüştür. İlkbahar sezonunda en düşük elektriksel iletkenlik değerleri (47287 µS/cm) İskenderun-1 numunesinde, en yüksek elektriksel iletkenlik değerleri (59733 µS/cm) ise İskenderun-2 numunesinde ölçülmüştür. Yaz sezonunda en düşük elektriksel iletkenlik değerleri (47970 µS/cm) İskenderun-1 numunesinde, en yüksek elektriksel iletkenlik değerleri (58700 µS/cm) ise Dörtyol-2 numunesinde ölçülmüştür. Sonbahar sezonunda en düşük elektriksel iletkenlik değerleri (45018 µS/cm) İskenderun-1 numunesinde, en yüksek elektriksel iletkenlik değerleri (55000 µS/cm) ise Pirinçlik ve Arsuz numunelerinde tespit edilmiştir. Kış sezonunda ise en düşük elektriksel iletkenlik değerleri (50101 µS/cm) İskenderun-1 numunesinde, en yüksek elektriksel iletkenlik değerleri (61000 µS/cm) ise Pirinçlik numunesinde ölçülmüştür.

Deniz suyu numunelerinin 4 sezonda ortalama çözünmüş oksijen değerleri sırasıyla 8,1 mg/L; 7,6 mg/L; 8,0 mg/L ve 9,7 mg/L olarak bulunmuştur. İlkbahar sezonunda en düşük çözünmüş oksijen değeri (7,5 mg/L) Payas-1 deniz suyu numunesinde, en yüksek çözünmüş oksijen değeri (8,6 mg/L) ise Arsuz kıyısında

ölçülmüştür. Yaz sezonunda en düşük çözünmüş oksijen değeri (7,4 mg/L) Sarıseki deniz suyu numunesinde, en yüksek çözünmüş oksijen değeri (7,9 mg/L) ise Pirinçlik ve Arsuz numunelerinde ölçülmüştür. Sonbahar sezonunda en düşük çözünmüş oksijen değeri (7,7 mg/L) Payas-2, Sarıseki ve İskenderun-2 numunelerinde, en yüksek çözünmüş oksijen değeri (8,4 mg/L) ise Arsuz deniz suyu numunesinde tespit edilmiştir. Kış sezonunda ise en düşük çözünmüş oksijen değeri (9,2 mg/L) İskenderun-2 numunesinde, en yüksek çözünmüş oksijen değeri (10,0 mg/L) ise Arsuz'da ölçülmüştür.

Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz olmak üzere 10 istasyondan toplanan deniz suyu numunelerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış sezonlarında ortalama toplam çözünmüş katı madde (TDS) değerleri sırasıyla 46,7 g/L; 47,7 g/L; 44,8 g/L ve 48,6 g/L olarak belirlenmiştir. İlkbahar sezonunda en düşük TDS değeri (45,7 g/L) Erzin kıyısında, en yüksek TDS değeri (47,5 g/L) ise Payas-1 numunesinde ölçülmüştür. Yaz sezonunda en düşük TDS değeri (46,9 g/L) Arsuz deniz suyu numunesinde, en yüksek TDS değeri (48,1 g/L) ise Dörtyol-2, Pirinçlik ve Sarıseki numunelerinde ölçülmüştür. Sonbahar sezonunda en düşük TDS değeri (44,4 g/L) Erzin ve Dörtyol-1 numunelerinde, en yüksek TDS değeri (45,1 g/L) ise Pirinçlik ve Arsuz deniz suyu numunelerinde tespit edilmiştir. Kış sezonunda ise en düşük TDS değeri (46,9 g/L) Dörtyol-1 numunesinde, en yüksek TDS değeri (50,1 mg/L) ise İskenderun-1 numunesinde ölçülmüştür.

Deniz suyu numunelerinin ağır metal analiz sonuçları incelendiğinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere 4 sezonda ortalama Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co ve Al değerleri sırasıyla 0,0023-0,1933; 0,0033-0,0133; 0,0004-0,0953; 0,0012-0,0043; 0,0020-0,0083; 0,0008-0,0207; 0,0003-0,0029; 0,0047-0,0173; 0,0013-0,0053 ve 0,0097-0,0960 mg/L olarak bulunmuştur. İskenderun körfezindeki 10 istasyondan toplanan deniz suyu numunelerinde ağır metal içeriği genel olarak incelendiğinde en düşük Fe düzeyi (0,0023 mg/L) yaz sezonunda Dörtyol-2 ve sonbahar sezonunda Payas-1 deniz suyu numunelerinde, en yüksek Fe düzeyi (0,1933 mg/L) ise kış sezonunda Payas-1 numunesinde ölçülmüştür. En düşük Ni düzeyi (0,0033 mg/L) yaz sezonunda Payas-2 numunesinde, en yüksek Ni düzeyi (0,0113 mg/L) ise kış sezonunda Erzin numunesinde ölçülmüştür. Numuneler Mn içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Mn düzeyinin (0,0004 mg/L) yaz sezonunda Erzin'den alınan deniz suyu numunesinde,

en yüksek Mn düzeyinin (0,0953 mg/L) ise yaz sezonunda Payas-1'den alınan deniz suyu numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. Cr düzeyinin en düşük değeri (0,0012 mg/L) sonbahar sezonunda Pirinçlik numunesinde, en yüksek düzeyi (0,0043 mg/L) ise ilkbahar sezonunda Sarıseki numunesinde ölçülmüştür. En düşük Cu düzeyi (0,0020 mg/L) yaz sezonunda Pirinçlik numunesinde, en yüksek Cu düzeyi (0,0083 mg/L) ise ilkbahar sezonunda İskenderun-2 numunesinde ölçülmüştür. Numuneler Zn içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Zn düzeyinin (0,0013 mg/L) kış sezonunda Arsuz ve ilkbahar sezonunda Payas-1'den alınan deniz suyu numunelerinde, en yüksek Zn düzeyinin (0,0107 mg/L) ise sonbahar sezonunda Payas-2'den alınan deniz suyu numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. Numuneler Cd içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Cd düzeyinin (0,0003 mg/L) kış sezonunda Arsuz'dan alınan deniz suyu numunesinde, en yüksek Cd düzeyinin (0,0022 mg/L) ise kış sezonunda Payas-1'den alınan deniz suyu numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. En düşük Pb düzeyi (0,0047 mg/L) kış sezonunda İskenderun-1 numunesinde, en yüksek Pb düzeyi (0,0173 mg/L) ise ilkbahar sezonunda Sarıseki numunesinde ölçülmüştür. Co elementinin ağır metal düzeyi incelendiğinde en düşük Co düzeyinin (0,0013 mg/L) yaz sezonunda Sarıseki numunesinde, en yüksek Co düzeyinin (0,0053 mg/L) ise sonbahar sezonunda Payas-2 numunesinde ölçüldüğü gözlenmiştir. Son olarak deniz suyu numunesinde Al düzeyi incelendiğinde en düşük Al düzeyinin (0,0097 mg/L) yaz sezonunda Sarıseki numunesinde, en yüksek Al düzeyinin (0,0960 mg/L) ise kış sezonunda İskenderun-2 numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. İskenderun körfezindeki 10 istasyondan toplanan deniz suyu numunelerinin ağır metal içeriğinin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine uygunluğu incelenmiş ve tüm deniz suyu numunelerinin ağır metal içeriği yönünden yönetmelikte belirtilen kriterlere uygun olduğu belirlenmiştir.

İstasyonlarından toplanan deniz suyu numunelerinin temel bileşen analizi, öbekleme analizi ve korelasyon analizi sonucunda en iyi dağılım sonbahar sezonu verilerinde elde edilmiştir. Temel bileşen analizinde ilk dört temel bileşenin toplam varyansın % 94,29' unu açıkladığı görülmüştür. İlk temel bileşenin değeri % 45,23 ve diğer temel bileşenler sırasıyla % 24,71, % 16,75 ve % 7,61 şeklinde hesaplanmıştır. Deniz suyu örneklerinin 3'lü (2,8 ve 9) ve 5'li (1,3,4,6 ve 7) olmak üzere iki farklı grup oluşturduğu görülmüştür. Elde edilen 3'lü grup örneklerinin Dörtyol-1, İskenderun-2 ve

Pirinçlik bölgesinden toplanan numuneleri içerdiği belirlenmiştir. Bu grupta bulunan yerleşim bölgelerinin hiç birinde ağır sanayi içeren fabrika bulunmadığı göz önüne alındığında temel bileşen analizinin başarılı bir gruplama oluşturduğu görülmüştür. Erzin, Dörtyol-2, Payas-1, Sarıseki ve İskenderun-1 örneklerinden oluşan 5'li grup incelendiğinde Erzin ve İskenderun-1 bölgeleri hariç diğer tüm bölgelerde demir-çelik fabrikası bulunmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar sanayinin yoğun olduğu bölgeler ile sanayinin olmadığı bölgelerin farklı gruplar oluşturduğunu göstermiştir. Çalışmada elde edilen öbekleme analiz sonuçlarının temel bileşen analiz sonuçları ile tamamen örtüştüğü belirlenmiştir. Deniz suyu numunelerine uygulanan korelasyon analizi incelendiğinde Fe, Mn, Cu, Zn, Co elementleri arasında ve Cd, Pb, Al ve Cr elementleri arasında iyi korelasyon olduğu ve temel bileşen analiz sonuçları ile örtüştüğü görülmüştür.

Sediment numunelerinin ağır metal analizi ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere 4 sezonda incelendiğinde ortalama Fe, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Co ve Al değerleri sırasıyla % 0,33-31,97; 73-2600; 500-28033; 160-17033; 33-1853; 30-5067; 13-207; 40-1110; 17-83 mg/kg ve % 0,74-3,52 olarak bulunmuştur. İstasyonlardan toplanan sediment numunelerinde ağır metal içeriği genel olarak incelendiğinde en düşük Fe düzeyi (% 0,33) yaz sezonunda Payas-1 sediment numunesinde, en yüksek Fe düzeyi (% 31,97) ise kış sezonunda Payas-1 numunesinde ölçülmüştür. En düşük Ni düzeyi (73 mg/kg) yaz sezonunda Payas-1 numunesinde, en yüksek Ni düzeyi (2600 mg/kg) ise yaz sezonunda Arsuz numunesinde ölçülmüştür. Numuneler Mn içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Mn düzeyinin (500 mg/kg) yaz sezonunda Payas-1'den alınan sediment numunesinde, en yüksek Mn düzeyinin (28033 mg/kg) ise kış sezonunda Payas-2'den alınan sediment numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. Cr düzeyinin en düşük değeri (160 mg/kg) yaz sezonunda Payas-1 numunesinde, en yüksek düzeyi (17033 mg/kg) ise yaz sezonunda Erzin numunesinde ölçülmüştür. En düşük Cu düzeyi (33 mg/kg) kış sezonunda Pirinçlik numunesinde, en yüksek Cu düzeyi (1853 mg/kg) ise sonbahar sezonunda İskenderun-2 numunesinde ölçülmüştür. Numuneler Zn içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Zn düzeyinin (30 mg/kg) kış sezonunda Dörtyol-2'den alınan sediment numunesinde, en yüksek Zn düzeyinin (5067 mg/kg) ise sonbahar sezonunda İskenderun-2'den alınan sediment numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. Numuneler Cd içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Cd düzeyinin

(13 mg/kg) kış sezonunda İskenderun-2'den alınan sediment numunesinde, en yüksek Cd düzeyinin (207 mg/kg) ise ilkbahar sezonunda Erzin'den alınan sediment numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. En düşük Pb düzeyi (40 mg/kg) yaz sezonunda Arsuz numunesinde, en yüksek Pb düzeyi (1110 mg/kg) ise yaz sezonunda İskenderun-2 numunesinde ölçülmüştür. Co elementinin ağır metal düzeyi incelendiğinde en düşük Co düzeyinin (17 mg/kg) ilkbahar sezonunda Payas numunesinde, en yüksek Co düzeyinin (83 mg/kg) ise kış sezonunda Pirinçlik numunesinde ölçüldüğü gözlenmiştir. Son olarak sediment numunesinde Al düzeyi incelendiğinde en düşük Al düzeyinin (%0,74) ilkbahar sezonunda Dörtyol-2 numunesinde, en yüksek Al düzeyinin (%3,52) ise kış sezonunda İskenderun-2 numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. İskenderun körfezindeki 10 istasyondan toplanan sediment numunelerinin ağır metal içeriğinin Kanada ulusal sediman kalite yönergesine uygunluğu incelenmiştir. İnceleme sonunda Cu ve Pb elementleri dışında tüm elementlerin tüm istasyonlar için sediment değerleri PEL ve ERM değerlerinin üzerinde bulunmuştur. Bu nedenle İskenderun körfezinde belirlenen 10 istasyon (Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz) Fe, Ni, Mn, Cr, Zn, Cd, Co ve Al yönünden çok kirli sonucunu çıkarılabilir. Ayrıca bu istasyonlardaki sediment numunelerinin ağır metal düzeylerinin ERM değerlerini aşması istasyonlardaki sedimette ağır metal kirliliğinin oluşmuş olma ihtimalinin % 75'ten fazla olduğunu gösterir. Cu ve Pb elemetlerinin sediment sonuçları incelendiğinde ise Cu elementinin 2,4,5,6,9 ve 10 nolu istasyonlarda, Pb elementinin ise 1,4,7 ve 10 nolu istasyonlarda ERM değerini geçmediği görülmüştür. Böylece 2,5,6 ve 9 nolu istasyonların Cu yönüyle, 1 ve 7 nolu istasyonların Pb yönüyle, 4 ve 10 nolu istasyonların ise hem Cu hemde Pb yönüyle daha az kirli olduğu sonucu çıkarılabilir. Diğer yönüyle 2,5,6 ve 9 nolu istasyonlarda Cu kirliliği, 1 ve 7 nolu istasyonlarda Pb kirliliği, 4 ve 10 nolu istasyonlarda ise Cu ve Pb kirliliği görülme ihtimali % 25-75 arasındadır.

İskenderun körfezinin farklı bölgelerinden toplanan sediment numunelerinin temel bileşen analizi, öbekleme analizi ve korelasyon analizi sonucunda en iyi dağılım sonbahar sezonu verilerinde elde edildiği gözlenmiştir. Temel bileşen analizi sonuçları incelendiğinde ilk dört temel bileşenin toplam varyansın % 91,71' ünü açıkladığı görülmüştür. İlk temel bileşenin değeri % 37,01 ve diğer temel bileşenler sırasıyla % 27,13, % 18,54 ve % 9,03 şeklinde hesaplanmıştır. PC1 ile PC2 verileri arasında çizilen

scores ve loading noktaları incelendiğinde sediment örneklerinin 2'li (9 ve 10) ve 6'lı (1,2,3,4,5 ve 7) olmak üzere iki farklı grup oluşturduğu görülmüştür. 2'li grup örneklerinin Pirinçlik ve Arsuz bölgesinden toplanan numuneleri içerdiği görülmüştür. Bu grupta bulunan yerleşim bölgelerinin hiç birinde ağır sanayi içeren fabrika bulunmaması ve istasyonlar arasındaki en temiz iki istasyon olması analizin başarılı bir ayırma gerçekleştirdiğini göstermiştir. Erzin, Dörtyol-1, Dörtyol-2, Payas-1, Payas-2 ve İskenderun-1 örneklerinden oluşan 6'lı grupta Erzin, Dörtyol-1 ve İskenderun-1 bölgeleri hariç diğer tüm bölgelerde demir-çelik fabrikası bulunmaktadır. 6'lı grup içinde bulunan Erzin, Dörtyol-1 ve İskenderun-1 bölgeleri ağır sanayi içeren fabrika barındırmasa da petrol ve asfalt gibi ticari sevkiyatların yapıldığı limanlar içermektedir. Bu istasyonların hiç bir ağır sanayi fabrikası barındırmayan Pirinçlik ve Arsuz bölgelerine göre daha kirli olacağı düşünüldüğünde elde edilen sonuçlar sanayinin yoğun olduğu bölgeler ile sanayinin olmadığı bölgelerin ayrı gruplar oluşturduğunu göstermiştir. Sediment numunelerinin ağır metal düzeylerine ait verilere öbekleme analizi uygulandığında öbekleme analiz sonuçlarının temel bileşen analiz sonuçları ile tamamen örtüştüğü belirlenmiştir. Sediment numunelerinin ağır metal düzeylerine ait verilere korelasyon analizi uygulanmış ve elde edilen sonuçlara göre Fe, Mn, Cr, Ni, Co elementleri arasında ve Cu; Zn, Cd, Pb, Al elementleri arasında iyi korelasyon olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak İskenderun körfezinin farklı bölgelerinden (Payas-1, Payas-2, Dörtyol-1, Dörtyol-2, İskenderun-1, İskenderun-2, Sarıseki, Erzin, Pirinçlik ve Arsuz) toplanan deniz suyu ve sediment numunelerine fiziksel, kimyasal, eser element ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Elde edilen verilerin Çevre ve Şehircilk Bakanlığı tarafından yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine ve Kanada ulusal sediman kalite yönergesine uygunluğu incelenmiştir. Farklı orijinlere sahip deniz suyu ve sediment numunelerinin kalite parametrelerine göre ayrılmasında kemometrik tekniklerin yararlı metotlar olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

Akbal, F., Gürel, L., Bahadır, T., Güler, İ., Bakan, G.ve Büyükgüngör, H. 2011. Water and sediment quality assessment in the mid-Black Sea coast of Turkey using multivariate statistical techniques. **Environ Earth Sci.** 64:1387-1395.

Alp, M. T.,Ozbay, Ö. ve Sungur, M. A., 2012. Determination of Heavy Metal Levels in Sediment and Macroalgae (Ulva Sp. and Enteromorpha Sp.) on the Mersin Coast. **Ekoloji,** 21, 82, 47-55.

Anonim, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Deniz Suyunun genel kalite kriterleri, Resmi Gazete, 31.12.2014, Resmi Gazete No: 25687.

Balkis, N., Aksu, A., Okuş, E. ve Apak, R. 2009. Heavy metal concentrations in water, suspended matter, and sediment from Gökova Bay, Turkey. **Environ Monit Assess.** DOI 10.1007/s10661-009-1055-x.

Bear, J., Cheng, A.H.D., 1999. 'Introductions'. Seawater Intrusion in Coastal Aquifers-Concepts, Methods and Practices (Eds. Bear, Cheng, Sorek, Quazar and Herrera) **Kluver Academic Publishers**, 14, The Netherlands.

Bienfang P., De Carlo, E.H and S. Christopher, 2009. Trace Element Concentrations in Coastal Hawaiian waters, **Marine Chemistry,** 113, 164-171.

Boran, M., 1995. Trabzon Sahillerinde Çeşitli Kirleticilerin Zamansal ve Alansal Dağılımı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi

Cevik, U., Koz, B. ve Makarovska, Y., 2010. Heavy metal analysis around Iskenderun Bay in Turkey. **X-Ray Spectrom,** *39*, 202-207.

Fetter, C.W., 1994. "Applied Hydrogeology", 3th. ed., Prentice-Hall,Inc., New Jersey.

Firat, Ö., G. Gök, H. Y. Çoğun, T. A. Yüzereroğlu ve F. Kargin, 2008. Concentrations of Cr, Cd, Cu, Zn and Fe in crab Charybdis longicollis and shrimp Penaeus semisulcatus from the Iskenderun Bay, Turkey **Environ Monit Assess,** 147,117-123.

Güler, C., 2007. Characterization of Turkish bottled waters using pattern recognition methods. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems,** 86, 86–94.

Heredia, O. S. and Cirelli, A. F., 2009. Trace elements distribution in soil, pore water and groundwater in Buenos Aires, Argentina Geoderma 149, 409–414.

Jiang, X., Teng, A., Xu, W. and Liu, X., 2014.Distribution and pollution assessment of heavy metals in surface sediments in the Yellow Sea. **Marine Pollution Bulletin** 83, 366-375.

Karaalioğlu, O., 2006. Sinop İli Kıyı Şeridinde Deniz Ortamı Kalitesinin Belirlenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L., Calder, F.D., 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. **Environmental Management,** 19, 81-97.

Rizo, O.D., González, F. B., Juana O. and López A. 2015. Assessment of Ni, Cu, Zn and Pb levels in beach and dune sands from Havana resorts, Cuba, **Marine Pollution Bulletin,** http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.08.018.

Rocha, R.S., Sa´nchez-Muniz, F.J., Gomez-Juaristi, M. and Larrea Marın, M.T., 2009. Trace elements determination in edible seaweeds by an optimized and validated ICP-MS method. **Journal of Food Composition and Analysis,** 22, 330–336.

Ruggieri, N., Castellano, M.and Capello, M., 2011. Seasonal and spatial variability of water quality parameters in the port of Genoa, Italy, from 2000 to 2007, **Marine Pollution Bulletin** 62, 340-349.

Şenel, B., 1998. Samsun-Mert Irmağı Su ve Sediman Kalite Belirleme Çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensitüsü, Samsun.

Taşkaya, B., 2004. "Tarım ve Çevre", **Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü,** Sayı 5, Nüsha 1, Ankara.

Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Akyurt, I., 2005. Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. **Food Chemistry,** 91, 167-172.

Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Ateş, A., Gökkuş, K., 2008. Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: Twelve fish species, **Food Chemistry,** 108, 794-800.

Uluturhan, E., Kontas, A. ve Can, E. 2011. Sediment concentrations of heavy metals in the Homa Lagoon (Eastern Aegean Sea): Assessment of contamination and ecological risks. **Marine Pollution Bulletin,** 62, 1989-1997.

Varol, M. ve Şen, B. 2012. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. **Catena** 92 1-10.

Yılmaz, A.B., Sangun, M.K., Yaglıoglu, D., Turan, C., 2010. Metals (major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersal fish species from Iskenderun Bay, **Turkey Food Chemistry,** 123, 410-415.

Yılmaz, S., 2005. Konutlarda Su Şebeke Basıncının Su Tüketimine Etkileri. **Teknoloji, Cilt 8,** Sayı 2, 157-166.

Yi, Y., Yang, Z., Zhang, S., 2011. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. **Environmental Pollution,** 159, 2575-2585.

Yilmaz, A.B., 2003. Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb, and Zn) in tissue of Mugil cephalus and Trachurus mediterraneus from Iskenderun Bay, Turkey **Environmental Research** 92, 277-281.

Yüzereroglu, T.A., G. Gök, H. Y. Çogun, Ö. Firat, S., Aslanyavrusu, O., Maruldalı ve F. Kargin, 2010. Heavy metals in *Patella caerulea* (Mollusca, Gastropoda) in polluted and non-polluted areas from the Iskenderun Gulf (Mediterranean Turkey) **Environ Monit Assess (2010)** 167:257-264.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1979 yılında İskenderun'da doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Lise öğrenimini İskenderun'da tamamladı. Ege Üniversitesi Kimya Bölümü'nü 1997 yılında kazandı. Üniversiteden 2002 yılında mezun oldu. Bir yıl sonra Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesinde Tezsiz Yüksek Lisans yaptı. Halen Hatay Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünde Kimyager olarak çalışmaktadır.