



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

**TRAKYA BÖLGESİ'NDEKİ SEÇİLMİŞ GÖLLERDE
ANTROPOJENİK KAYNAKLI SEDİMENT KİRLİLİĞİNİN
EKOLOJİK RİSKLER AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI (KÜÇÜK
ÇEKMECE GÖLÜ, DURUSU/TERKOS GÖLÜ, GALA GÖLÜ,
MERT GÖLÜ)**

DOKTORA TEZİ

Erdal ÖZTURA

Tez Danışmanı

PROF.DR. Ahmet Evren ERGİNAL

ÇANAKKALE – 2021



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

**TRAKYA BÖLGESİ'NDEKİ SEÇİLMİŞ GÖLLERDE ANTROPOJENİK
KAYNAKLI SEDİMENT KİRLİLİĞİNİN EKOLOJİK RİSKLER AÇISINDAN
ARAŞTIRILMASI (KÜÇÜK ÇEKMECE GÖLÜ, DURUSU/TERKOS GÖLÜ,
GALA GÖLÜ, MERT GÖLÜ)**

DOKTORA TEZİ

ERDAL ÖZTURA

Tez Danışmanı

PROF. DR. AHMET EVREN ERGİNAL

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri kurumu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: SDK-2017-1173

ÇANAKKALE – 2021



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Erdal ÖZTURA tarafından Prof. Dr. Ahmet Evren ERGİNAL yönetiminde hazırlanan ve **30/06/2021** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Trakya Bölgesi'ndeki Seçilmiş Göllerde Antropojenik Kaynaklı Sediment Kirliliğinin Ekolojik Riskler Açısından Araştırılması (Küçük Çekmece Gölü, Durusu/Terkos Gölü, Gala Gölü, Mert Gölü)**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Coğrafya Anabilim Dalı**’nda **/DOKTORA TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Ahmet Evren ERGİNAL
(Danışman)

.....

Prof. Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ

.....

Prof. Dr. İsa CÜREBAL

.....

Doç. Dr. Musa ULUDAĞ

.....

Dr. Öğr. Üyesi Faize SARIŞ

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi : 30/06/2021

.....

PELİN KANTEN
Enstitü Müdürü

.././20..

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Erdal ÖZTURA

29/07/2021

TEŞEKKÜR

Geçtiğimiz yüzyılda, dünya üzerinde en büyük kaygı kontrolsüz nüfus artışı, sınırsız sanayi büyümesi ve artan nüfusun, küresel ısınma ve salgın hastalıklar da düşünüldüğünde, gıda ve su ihtiyacının karşılanabilmesi olmuştur. Ancak artan nüfusun dünya üzerindeki olumsuz etkileri temiz su ihtiyacının karşılanması açısından da zorluklar ortaya çıkarmıştır. Tarım, sanayi, kentleşme ve yüksek taşıt kirliliği temiz su kaynakları ve sulak alan ekosistemleri üzerinde büyük bir insan baskısı yaratmıştır. Artan nüfusla beraber ekosistem üzerinde insanın olumsuz etkileri de artmıştır. Bu bağlamda sorunların tespiti ve çözümüne yönelik akademik çalışmaların gerekliliği kaçınılmazdır. Suyun öneminin daha iyi anlaşılmasının doğal bir sonucu olarak sulak alanlar ve göller üzerindeki insan baskısı ve ekolojik risklerin değerlendirilmesine dair çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu çalışma sonucunda, yoğun nüfus ve antropojenik baskı altında olan Trakya bölgesinde seçilmiş dört farklı göldeki ekolojik risklerin tespiti ve bunların çözümüne ilişkin öneriler sunulmuştur. Coğrafi perspektiften kopmayacak şekilde, ekolojik risklerin kantitatif olarak belirlenmesini amaçlayan, dolayısıyla bir yandan da karar vericiler ve yerel yönetimlere bir bilimsel veri seti sunan bu çalışmanın göllerde araştırma yapacaklara da katkı vermesi beklenmektedir. 21 Ocak 2021 tarihinde aramızdan ayrılan değerli Hocam Prof. Dr. Telat Koç araştırma sürecinin her aşamasında yol gösterici olmuş, katkı ve desteklerini esirgememiştir. Hatırasını saygı ve minnetle anıyorum. Hocamızın vefatı sonrasında danışmanlık isteğimi geri çevirmeyen Prof. Dr. Ahmet Evren ERGİNAL'a, tez izleme komitelerindeki emekleri için Prof. Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ ve Dr. Öğretim Üyesi Faize SARIŞ'a ve özellikle bana ekolojik indisleri konusunda öğretici ve yol gösterici olan Doç. Dr. Serkan KÜKRER'e teşekkür ederim. Bu süreçte gösterdikleri özverili çabalarından dolayı arkadaşım Dr. Dr. Savaş SARIALTUN'a ve Arş. Gör. Taylan AKARSU'ya teşekkür ederim. Çalışmaya 1173 kodlu proje desteği veren Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine şükranlarımı sunar, teşekkür ederim. Her zaman yanımda olup desteklerini esirgemeyen aileme de teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Erdal ÖZTURA

Çanakkale, Temmuz 2021

ÖZET

TRAKYA BÖLGESİ'NDEKİ SEÇİLMİŞ GÖLLERDE ANTROPOJENİK KAYNAKLI SEDİMENT KİRLİLİĞİNİN EKOLOJİK RİSKLER AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI (KÜÇÜK ÇEKMECE GÖLÜ, DURUSU/TERKOS GÖLÜ, GALA GÖLÜ, MERT GÖLÜ)

Erdal ÖZTURA

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Coğrafya Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ahmet EVREN ERGİNAL

30/06/2021, 188

Çalışmanın amacı, Trakya Bölgesi'nde seçilmiş olan dört gölde, antropojenik etkilerin tespit edilmesi ve bu etkiler sonucunda ekolojik risk analizinin yapılmasıdır. Seçilen göllerdeki örneklemelerden Grab ve Karot yöntemiyle toplanan örneklerin ICP-MS ile gerçekleştirilen çoklu element analizlerinden yola çıkılarak, sediment kirliliği çalışmalarında ekolojik risk hesaplamada sıkça kullanılan; Zenginleşme Faktörü (EF), Kontaminasyon Faktörü (CF), Jeokümülyasyon İndeksi (Igeo), Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PER), Kirlilik Yük İndeksi (PLI), Faktör Analizi, Spearman's Korelasyon Analizi ve Kümelenme Analizi gibi istatistik analizler ile göllerin ekolojik risk analizi yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre Gala Gölü için; Hg'de gözlenen çok yüksek kontaminasyon ve Mn'de gözlenen yüksek kontaminasyon değerleri ekosistem açısından dikkat çekici bir tehdit oluşturmaktadır. Küçükçekmece Gölü için; metallerin ortalama konsantrasyonları sırasıyla $Fe > Al > Mn > Zn > Cu > Cr > Ni > Pb > As > Cd > Hg$ şeklindedir. Küçükçekmece Gölü sediment örnekleri incelendiğinde son 4 istasyondaki toplam organik karbon (TOC) seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonlarının da yüksek olduğu görülmektedir ve göldeki kirlilik endişe verici seviyededir. Mert Gölü'nde özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir. Terkos (Durusu) Gölü'nde metallerin ortalama konsantrasyonları sırasıyla $Fe > Al > Mn > Zn > Cr > Ni > Cu > Pb > As > Cd > Hg$ şeklindedir ve hesaplanan PLI değerlerine göre sedimentte kirlilik belirlenmemiştir.

Çalışılan göller için ekolojik riskler söz konusu olmasına rağmen, kendi içlerinde kıyaslandığı takdirde Mert Gölü ve Terkos (Durusu) Gölü'nün; Gala Gölü ve Küçükçekmece Gölü'ne kıyasla daha az kirletildiği anlaşılmaktadır. Gala Gölü ve Küçükçekmece Gölü'nün ise; tarımsal atıklar, endüstriyel kirleticiler, evsel atıklar ve ulaşım araçlarından kaynaklanan kirleticiler vb. gibi yoğun antropojenik baskıya maruz kaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ekolojik Risk, Kirlilik, Antropojen, Göl, Trakya

ABSTRACT

RESEARCH OF ANTHROPOGENIC SOURCED SEDIMENT POLLUTION IN TERMS OF ECOLOGICAL RISKS IN SELECTED LAKES IN THRACE REGION (LAKE KÜÇÜK ÇEKMECE, LAKE DURUSU/TERKOS, LAKE GALA, LAKE MERT)

Erdal ÖZTURA

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Doctoral Dissertation in Geography Science)

Co-supervisor: Prof. Dr. Ahmet Evren ERGİNAL

30/07/2021, 188

The aim of the study is to determine the anthropogenic effects in four selected lakes in the Thrace Region and to make an ecological risk analysis as a result of these effects. Based on the multi-element analysis of the samples collected by Grab and Core method from selected lakes samples, it is frequently used in ecological risk calculation in sediment pollution studies; Ecological risk analysis of lakes using statistical analyzes such as Enrichment Factor (EF), Contamination Factor (CF), Geoaccumulation Index (Igeo), Potential Ecological Risk Index (PER), Pollution Load Index (PLI), Factor Analysis, Spearman's Correlation Analysis and Cluster Analysis has been made.

According to the analysis results, for Gala lake; The very high contamination observed for Hg and high contamination values for Mn pose a remarkable threat to the ecosystem. For Küçük Çekmece lake; average concentrations of metals ($\mu\text{g} / \text{g}$) respectively; Fe> Al> Mn> Zn> Cu> Cr> Ni> Pb> As> Cd> Hg. When the Küçükçekmece Lake sediment samples are examined, it is seen that the metal concentrations are also high in parallel with the TOC levels in the last 4 stations. Pollution in Küçükçekmece Lake is at a worrying level. For Mert Lake; Especially high Al and Fe concentrations are noteworthy. Especially high Al and Fe concentrations are noteworthy. For Terkos (Durusu) Lake; Average concentrations of metals ($\mu\text{g} / \text{g}$) in Terkos Lake, respectively; Fe> Al> Mn> Zn> Cr> Ni> Cu> Pb> As> Cd> Hg. According to the Pollution load index values calculated for Terkos Lake, no pollution was observed in the sediment.

Although there are ecological risks for the lakes studied, when compared among themselves, Mert Lake and Terkos (Durusu) Lakes; It has been observed that it is less polluted compared to Gala and Küçükçekmece Lake. Gala Lake and Küçük Çekmece Lake are; agricultural wastes, industrial pollutants, household wastes and pollutants from transportation vehicles, etc. It was observed that it was subjected to intense anthropogenic pressure.

Keywords: Ecological Risk, Pollution, Atropegen, Lake, Thrace.

ÖNSÖZ

Geçtiğimiz yüzyılda, dünya üzerinde en büyük kaygı kontrolsüz nüfus artışı, sınırsız sanayi büyümesi ve artan nüfusun, küresel ısınma ve salgın hastalıklar da düşünüldüğünde, gıda ve su ihtiyacının karşılanabilmesi olmuştur. Ancak artan nüfusun dünya üzerindeki olumsuz etkileri temiz su ihtiyacının karşılanması açısından da zorluklar ortaya çıkarmıştır. Tarım, sanayi, kentleşme ve yüksek taşıt kirliliği temiz su kaynakları ve sulak alan ekosistemleri üzerinde büyük bir insan baskısı yaratmıştır. Artan nüfusla beraber ekosistem üzerinde insanın olumsuz etkileri de artmıştır. Bu bağlamda sorunların tespiti ve çözümüne yönelik akademik çalışmaların gerekliliği kaçınılmazdır. Suyun öneminin daha iyi anlaşılmasının doğal bir sonucu olarak sulak alanlar ve göller üzerindeki insan baskısı ve ekolojik risklerin değerlendirilmesine dair çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu çalışma sonucunda, yoğun nüfus ve antropojenik baskı altında olan Trakya bölgesinde seçilmiş dört farklı göldeki ekolojik risklerin tespiti ve bunların çözümüne ilişkin öneriler sunulmuştur. Coğrafi perspektiften kopmayacak şekilde, ekolojik risklerin kantitatif olarak belirlenmesini amaçlayan, dolayısıyla bir yandan da karar vericiler ve yerel yönetimlere bir bilimsel veri seti sunan bu çalışmanın göllerde araştırma yapacaklara da katkı vermesi beklenmektedir. 21 Ocak 2021 tarihinde aramızdan ayrılan değerli Hocam Prof. Dr. Telat Koç araştırma sürecinin her aşamasında yol gösterici olmuş, katkı ve desteklerini esirgememiştir. Hatırasını saygı ve minnetle anıyorum. Hocamızın vefatı sonrasında danışmanlık isteğimi geri çevirmeyen Prof. Dr. Ahmet Evren ERGİNAL'a, tez izleme komitelerindeki emekleri için Prof. Dr. Erdi YİĞİTBAŞ ve Dr. Öğretim Üyesi Faize SARIŞ'a ve özellikle bana ekolojik indisleri konusunda öğretici ve yol gösterici olan Doç. Dr. Serkan KÜKRER'e teşekkür ederim. Bu süreçte gösterdikleri özverili çabalarından dolayı arkadaşım Dr. Dr. Savaş SARIALTUN'a ve Arş. Gör. Taylan AKARSU'ya teşekkür ederim. Çalışmaya 1173 kodlu proje desteği veren Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine şükranlarımı sunar, teşekkür ederim. Her zaman yanımda olup desteklerini esirgemeyen aileme de teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Erdal ÖZTURA

Çanakkale, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
TABLolar LİSTESİ	xx
KISALTMALAR	xxi

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Araştırma Problemi	3
1.2. Çalışmanın Amacı ve Önemi	3
1.3. Varsayımlar	4

İKİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Tanımlar	5
2.1.1. Atropojen ve Antroposen Kavramı	5
2.1.2. Göllerin Maruz Kaldığı Çevresel Tehditler	9
2.1.3. Göl Çökellerindeki Toksik Etkili Bazı Metaller	10
2.2. Önceki Çalışmalar	18
2.2.1. Göl Ekolojisi, metaller üzerine dünya ve Türkiye göllerinde örnek çalışmalar	18
2.2.2. Göl Ekolojisi, Metaller Üzerine Araştırma Sahasındaki Göllerle İlgili Çalışmalar	29

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal	31
3.1.1. Arazi Çalışmaları ve Örnekleme	31
3.2. Metod	35
3.2.1. Örneklerin Toplanması.....	35
3.2.2. Örneklerin Hazırlanması	36
3.2.3. Anaziller	37
Organik Karbon Tayini	38
Karbonat Tayini	40
Klorofil Tayini	41
Çoklu Element Analizi.....	43
3.3.1. Kirlilik İndislerinin Hesaplanması	43
Zenginleşme Faktörü (EF)	43
3.3.1.1. Kontaminasyon Faktörü (CF)	43
Jeoakümülyasyon İndeksi (Igeo)	44
Potansiyel Ekolojik Risk (PER).....	44
Kirlilik Yük İndeksi (PLI).....	45
3.4.1. İstatistiksel Analizler.....	46
Faktör Analizleri	46
Kümelenme Analizi	46
Spearman's Korelasyon Analizi.....	46
Haritalandırma ve Lokasyon Analizleri.....	47

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

GENEL COĞRAFI ÖZELLİKLER

4.1. Araştırma Sahasının Genel Coğrafi Özellikleri	48
4.1.1. Trakya Bölgesinin Jeolojik ve Tektonik Özellikleri	48
4.1.2. Trakya Bölgesinin Jeomorfolojik Özellikleri.....	50
4.1.3. Trakya Bölgesinin İklimi ve Bitki Örtüsü.....	53
4.1.4. İnceleme Kapsamına Alınan Göllerin Fiziki ve Beşerî Özellikleri.....	55
4.1.5. Gala Gölü	55
Fiziki Özellikleri	55

Beşerî Özellikleri	58
4.1.6. Küçükçekmece Gölü	59
Fiziki Özellikleri	60
Beşerî Özellikleri	64
4.1.7. Mert Gölü	65
Fiziki Özellikleri	66
Beşerî Özellikleri	68
4.1.8. Terkos (Durusu) Gölü	70
Fiziki Özellikleri	70
Beşerî Özellikleri	73

BEŞİNCİ BÖLÜM

BULGULAR

5.1. Gala Gölü	76
5.1.1. Sediment Karakterizasyonu, Metallerin ve Total Organik Karbonun Dağılımı, Karbonat Dağılımı	76
5.1.2. Ekolojik İndisler	78
5.1.3. Zenginleşme Faktörü	78
5.1.4. Kontaminasyon Faktörü	81
5.1.5. Jeokümülyasyon İndeksi	83
5.1.6. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PER)	84
5.1.7. Kirlilik Yük İndeksi (PLI)	86
5.1.8. İstatistiksel Yaklaşımlar	86
5.1.9. Faktör Analizi	86
5.1.10. Kümelenme Analizi	87
5.1.11. Korelasyon Analizi	88
5.2. Küçükçekmece Gölü	89
5.2.1. Sediment Karakterizasyonu, Metallerin ve Total Organik Karbonun Dağılımı, Karbonat Dağılımı	89
5.2.2. Ekolojik İndisler	92
5.2.3. Zenginleşme Faktörü	92
5.2.4. Kontaminasyon Faktörü	94
5.2.5. Jeokümülyasyon İndeksi	96

5.2.6. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi	97
5.2.7. Kirlilik Yük İndeksi	99
5.2.8. İstatistiksel Yaklaşımlar	99
5.2.9. Faktör Analizi.....	99
4.2.10. Kümelenme Analizi.....	101
5.2.11. Korelasyon Analizi.....	101
5.3. Mert Gölü.....	102
5.3.1. Sediment Karakterizasyonu, Metallerin ve Total Organik Karbonun Dağılımı, Karbonat Dağılımı.....	103
5.3.2. Ekolojik İndisler	105
5.3.3. Zenginleşme Faktörü.....	105
5.3.4. Kontaminasyon Faktörü	108
5.3.5. Jeokümülyasyon İndeksi	110
5.3.6. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi	111
5.3.7. Kirlilik Yük İndeksi (PLI).....	112
5.3.8. İstatistiksel Yaklaşımlar	113
5.3.9. Faktör Analizi.....	113
5.3.10. Kümelenme Analizi.....	114
5.3.11. Korelasyon Analizi.....	115
5.4. Terkos (Durusu) Gölü.....	115
5.4.1. Sediment Karakterizasyonu, Metallerin ve Total Organik Karbonun Dağılımı, Karbonat Dağılımı.....	116
5.4.2. Ekolojik İndisler	118
5.4.3. Zenginleşme Faktörü.....	118
5.4.4. Kontaminasyon Faktörü	121
5.4.5. Jeokümülyasyon İndeksi	123
5.4.6. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi	124
4.4.7. Kirlilik Yük İndeksi (PLI).....	125
5.4.8. İstatistiksel Yaklaşımlar	126
5.4.9. Faktör Analizi.....	126
5.4.10. Kümelenme Analizi.....	127
5.4.11. Korelasyon Analizi.....	128
SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	129



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 0.1. Tez çalışması için seçilen göllerin lokasyonu.	2
Şekil 2.1. Dünyadaki jeolojik olaylarda gözlemlenebilen antropojenik anomalilerin türleri (Waters vd. 2014'ten düzenlenmiştir), b) olası antropojenik etkilerin biyolojik, kimyasal ve mekanik özelliklerine göre ayrılması ve güncel sedimanlarda gözlenen olası kayıt türleri (Galuszka vd. 2014 ve Alak ve Sümer, 2017).	6
Şekil 3.1. Tez konusu kapsamında belirlenen 4 gölden Van Veen Grab yöntemi kullanılarak örneklerin toplanması	31
Şekil 3.2. Gala Gölü tabanından toplanan örneklerin konumları.	32
Şekil 3.3. Küçükçekmece Gölü tabanından toplanan örneklerin konumları.	33
Şekil 3.4. Mert Gölü tabanından toplanan örneklerin konumları.	34
Şekil 3.5. Terkos Gölü tabanından toplanan örneklerin konumları.	34
Şekil 3.6. Çalışılan göllerde sık sediment karotlarının alınması (a- Karot mekanizmasının kurulması, b- dipten alınan karot örneğinin saklanması, c- Örneğin tüpten çıkarılarak 2 cm'lik parçalara ayrılması).	35
Şekil 3.7. Alınan örneklerin kurutulması ve sonrasında analizlere hazır hale getirilmesi: (a) Alınan örneklerin kurutma işlemi öncesinde petri kaplarına konması, b) Örneklerin etüvde kurutma işlemi, c-d) Porselen havanda kurutulmuş örneklerin dövülmesi.)	37
Şekil 3.8. Sediment örneklerin organik karbon tayini laboratuvar çalışmaları (a) elekten geçirilmiş kuru örneklerin hassas teraziile tartılması, b) tartılan örneklerin erlene yerleştirilmesi c) Sülfirik asit eklenmesi, d) çözeltinin saf su ile seyreltilmesi)	39
Şekil 3.9. Yüzey sedimentlerinde organik karbon tayini.	40
Şekil 3.10. Karbonat tayini sırasında kullanılan Hassas terazi, Scheibler kalsimetresi, Kalsimetre şişesi (tepkime şişesi).	41

Şekil 3.11. Sedimentte klorofil tayini aşamaları ve spektrometre değerleri. (a)ıslak halde ayrılan örneklerin aseton ilekarıştırılması, b)sediment ile çözeltinin ayrılması, c-d) Çözeltinin spektrofotometrede 667 ve 750 nm’de okunması)	42
Şekil 4.1. Trakya bölgesi genel jeoloji haritası.	48
Şekil 4.2. Trakya Bölgesi genel jeomorfoloji haritası (Sayısal Yükselti Modeli SYM).	50
Şekil 4.3. Trakya Bölgesi hidrografi haritası.	52
Şekil 4.4. Marmara Bölgesi, aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama yağış grafiği (climate-data.org)	54
Şekil 4.5. Gala Gölü çevresinin uydu görüntüsü.	55
Şekil 4.6. Gala Gölü çevresinin sayısal yükselti modeli (SYM).	56
Şekil 4.7. Gala Gölü çevresinin jeoloji haritası.	57
Şekil 4.8. Gala Gölü çevresinin hidrografi haritası.	58
Şekil 4.9. Gala Gölü çevresi yerleşim haritası.	59
Şekil 4.10. Küçükçekmece Gölü çevresinin uydu görüntüsü.	60
Şekil 4.11. Küçükçekmece Gölü çevresinin sayısal yükselti modeli (SYM).	61
Şekil 4.12. Küçükçekmece Gölü çevresinin jeoloji haritası.	62
Şekil 4.13. Küçükçekmece Gölü çevresinin hidrografi haritası.	63
Şekil 4.14. Küçükçekmece Gölü çevresinin yerleşim haritası.	64
Şekil 4.15. Mert Gölü çevresinin uydu görüntüsü.	65
Şekil 4.16. Mert Gölü çevresinin sayısal yükselti modeli (SYM).	66
Şekil 4.17. Mert Gölü çevresinin jeoloji haritası.	67
Şekil 4.18. Mert Gölü çevresinin hidrografi haritası.	68
Şekil 4.19. Mert Gölü çevresinin yerleşim haritası.	69
Şekil 4.20. Terkos Gölü çevresinin uydu görüntüsü.	70
Şekil 4.21. Terkos (Durusu) Gölü çevresinin sayısal yükselti modeli (SYM).	71
Şekil 4.22. Terkos Gölü çevresinin jeoloji haritası	72
Şekil 4.23. Terkos (Durusu) Gölü çevresinin hidrografi haritası.	73
Şekil 4.24 Terkos Gölü çevresinin yerleşim haritası.	74
Şekil 5.1. Gala Gölü’nden alınan örneklerin, ICPMS sonucunda ölçülen element konsantrasyonları.	76
Şekil 5.2. Gala Gölü Yüzey Örnekleri Organik Karbon Seviyeleri Grafiği.	77
Şekil 5.3. Gala Gölü Karbonat dağılımı grafiği.	77

Şekil 5.4. Gala Gölü Yüzey Örnekleri Klorofil Bozunma Ürünleri Seviyeleri Grafiği	78
Şekil 5.5. Gala Gölü'ndeki istasyonların element bazlı Zenginleşme Faktörü grafikleri.	79
Şekil 5.6. Gala Gölü'nün element bazlı Zenginleşme Faktörü Box and Whisker grafiği.	80
Şekil 5.7. Gala Gölü'ndeki istasyonların element bazlı Kontaminasyon Faktörü grafikleri.	82
Şekil 4.8. Gala Gölü'nün element bazlı Kontaminasyon Faktörü Box and Whisker grafiği.	82
Şekil 5.9. Gala Gölü'nün element bazlı Jeokümülyasyon indeksi Box and Whisker grafiği	84
Şekil 5.10. Gala Gölü'nün istasyon bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi grafiği.	85
Şekil 5.11. Gala Gölü'nün element bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi Box and Whisker grafiği.	85
Şekil 5.12. Gala Gölü'nün istasyon bazlı Kirlilik yük indeksi grafiği.	86
Şekil 5.13. Gala Gölü'ne ait Faktör (Component) Analizi Grafiği.	87
. Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
Şekil 5.15. Küçükçekmece Gölü Yüzey Örnekleri Organik Karbon Seviyeleri Grafiği.	90
Şekil 5.16. Küçükçekmece Karbonat dağılımı grafiği.	91
Şekil 5.17. Küçükçekmece Gölü Yüzey Örnekleri Klorofil Bozunma Ürünleri Seviyeleri Grafiği.	91
Şekil 5.18. Küçükçekmece Gölü'ndeki istasyonların element bazlı Zenginleşme Faktörü grafikleri.	93
Şekil 5.19. Küçükçekmece Gölü'nün element bazlı Zenginleşme Faktörü Box and Whisker grafiği.	93
Şekil 5.20. Küçükçekmece Gölü'ndeki istasyonların element bazlı Kontaminasyon Faktörü grafikleri.	95
Şekil 5.21. Küçükçekmece Gölü'nün element bazlı Kontaminasyon Faktörü Box and Whisker grafiği.	96
Şekil 5.22. Küçükçekmece Gölü'nün element bazlı Jeokümülyasyon indeksi Box and Whisker grafiği.	97

Şekil 5.23. Küçükçekmece Gölünün istasyon bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi grafiği.	98
Şekil 5.24. Küçükçekmece Gölü'nün element bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi Box and Whisker grafiği.	99
Şekil 5.25. Küçükçekmece Gölü'nün istasyon bazlı Kirlilik yük indeksi grafiği.	99
Şekil 5.26. Küçükçekmece Gölü'ne ait Faktör (Component) Analizi Grafiği.	100
Şekil 5.27. Küçükçekmece Gölü'nde tespit edilen elementlerin kaynaklarına göre kümelenme grafiği.	101
Şekil 5.28. Mert Gölü Yüzey Örnekleri Organik Karbon Seviyeleri Grafiği.	104
Şekil 5.29. Mert Gölü Karbonat dağılımı grafiği.	104
Şekil 5.30. Mert Gölü Yüzey Örnekleri Klorofil Bozunma Ürünleri Seviyeleri Grafiği	105
Şekil 5.31. Mert Gölü'ndeki istasyonların element bazlı Zenginleşme Faktörü grafikleri.	107
Şekil 5.32. Mert Gölü'nün element bazlı Zenginleşme Faktörü Box and Whisker grafiği.	107
Şekil 5.33. Mert Gölü'ndeki istasyonların element bazlı Kontaminasyon Faktörü grafikleri.	109
Şekil 5.34. Mert Gölü'nün element bazlı Kontaminasyon Faktörü Box and Whisker grafiği.	109
Şekil 5.35. Mert Gölü'nün Jeokümülyasyon indeksi değerleri (Referans element olarak Al kullanılmıştır.	110
Şekil 5.36. Mert Gölü'nün element bazlı Jeokümülyasyon indeksi Box and Whisker grafiği.	110
Şekil 5.37. Mert Gölü'nün istasyon bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi grafiği.	111
Şekil 5.38. Mert Gölü'nün element bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi Box and Whisker grafiği.	112
Şekil 5.39. Mert Gölü'nün istasyon bazlı Kirlilik yük indeksi grafiği.	112
Tablo 5.9. Mert Gölü faktör analizi sayısal verileri	113
Şekil 5.40. Mert Gölü'ne ait Faktör (Component) Analizi Grafiği.	113
Şekil 5.41. Mert Gölü'nde tespit edilen elementlerin kaynaklarına göre kümelenme grafiği.	114

Şekil 5.42. Mert Gölü’nde tespit edilen elementlerin Spearman’s Korelasyon tablosu.	115
Şekil 5.43. Terkos Gölü’nden alınan örneklerin, ICPMS sonucunda ölçülen element konsantrasyonları.	116
Şekil 5.44. Terkos Gölü Yüzey Örnekleri Organik Karbon Seviyeleri Grafiği.	117
Şekil 5.45. Terkos Gölü Karbonat dağılımı grafiği.	117
Şekil 5.46. Terkos Gölü Yüzey Örnekleri Klorofil Bozunma Ürünleri Seviyeleri Grafiği	118
Şekil 5.47. Terkos Gölü’ndeki istasyonların element bazlı Zenginleşme Faktörü grafikleri.	120
Şekil 5.48. Terkos Gölü’nün element bazlı Zenginleşme Faktörü Box and Whisker grafiği.	120
Şekil 5.49. Terkos Gölü’ndeki istasyonların element bazlı Kontaminasyon Faktörü grafikleri.	122
Şekil 5.50. Terkos Gölü’nün element bazlı Kontaminasyon Faktörü Box and Whisker grafiği.	122
Şekil 5.51. Terkos Gölü’nün Jeokümülyasyon indeksi değerleri (Referans element olarak Al kullanılmıştır.)	123
Şekil 5.52. Terkos Gölü’nün element bazlı Jeokümülyasyon indeksi Box and Whisker grafiği.	123
Şekil 5.53. Terkos Gölü’nün istasyon bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi grafiği.	124
Şekil 5.54. Terkos Gölü’nün element bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi Box and Whisker grafiği.	125
Şekil 5.55. Terkos Gölü’nün istasyon bazlı Kirlilik yük indeksi grafiği.	125
Şekil 5.56. Terkos Gölü’ne ait Faktör (Component) Analizi Grafiği.	126
Şekil 5.57. Terkos Gölü’nde tespit edilen elementlerin kaynaklarına göre kümelenme grafiği.	127
Şekil 5.58. Terkos Gölü’nde tespit edilen elementlerin Spearman’s Korelasyon tablosu.	128

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Toprakların kireç içeriklerine göre sınıflandırılması (Tarım Reformu Genel Müdürlüğü FAO /IUSS /ISRIC, 2013)	40
Tablo 5.1. Gala Gölü'nün Jeokümülyasyon indeksi değeri (Referans element olarak Al kullanılmıştır.	83
Tablo 5.3. Gala Gölü'nde tespit edilen elementlerin Spearman's Korelyasyon tablosu.	89
Tablo 5.4. Küçükçekmece Gölü'nden alınan örneklerin, ICPMS sonucunda ölçülen element konsantrasyonları.	90
Tablo 5.6. Küçükçekmece Gölü faktör analizi sayısal verileri.	100
Tablo 5.7. Küçükçekmece Gölü'nde tespit edilen elementlerin Spearman's Korelyasyon tablosu.	102
Tablo 5.8. Mert Gölü'nden alınan örneklerin, ICPMS sonucunda ölçülen element konsantrasyonları.	103

KISALTMALAR

Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
As ₂ O ₃	: Arsenik Trioksit
CaCO ₃	: Kalsiyum Karbonat
Cd	: Kadmiyum
C _d	: Kontaminasyon derecesi
CF	: Contamination Factor (Kontaminasyon Faktörü)
C _f ⁱ	: Kirlenme faktörü
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
EF	: Enrichment Factor (Zenginleşme Faktörü)
Er ⁱ	: Verilen madde için potansiyel ekolojik risk faktörü (i)
Fe	: Demir
g	: sediment ağırlığı
l	: ışık yolu
I _{geo}	: Geo-accumulation index (Jeo-Birikim indeksi)
H ₃ PO ₄	: Fosforik asit
Hg	: Cıva
km ²	: kilometre kare
K ₂ Cr ₂ O ₇	: Potassium dichromate
mg	: mili gram
ml	: mililitre
Mn	: Mangan
mPEC-Q	: Ortalama muhtemel etki konsantrasyonu oranı
NaF	: Sodyum Florür
Ni	: Nikel
ppm	: part per million
Pb	: Kurşun
PER	: Potansiyel ekolojik risk indeksi
PLI	: Pollution Load Index (Kirlilik Yüğü İndeksi)
RI	: Havza / göl için talep edilen potansiyel ekolojik risk endeksi
Tr ⁱ	: Verilen madde için "toksik tepki" faktörü
UV	: Ultraviyole
V	: Aseton hacmi
Zn	: Çinko

BİRİNCİ BÖLÜM

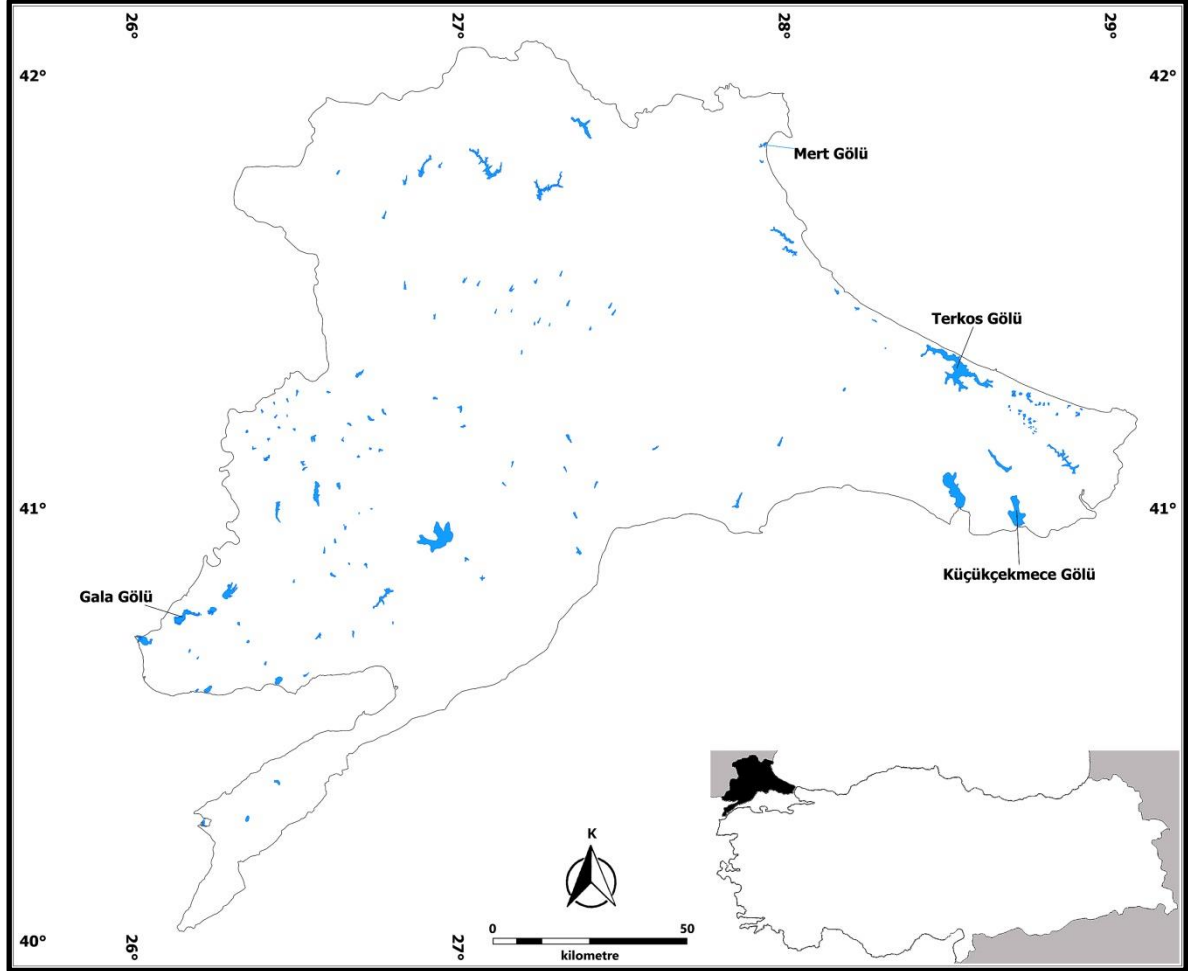
GİRİŞ

Yerleşim tarihi boyunca birçok medeniyet tatlı su kaynaklarına ve /veya göllere yakın noktalarda kurulmuştur ve gelişmiştir. İçme suyunun temini, tarımsal etkinlikler için sulama ihtiyacı ve balıkçılık gibi yaşamsal gereklilikler nedeniyle bu alanlar insanların birincil tercihleri arasında olmuştur. Ancak içinde bulunduğumuz son iki yüzyılda, aşırı nüfus artışı ve artan sanayileşmeyle birlikte doğal ortamın bozulmaya başlaması sonucunda ağır çevre sorunları ortaya çıkmaya başlamıştır. Doğal ortamın bozulması son elli yıl içerisinde hız kazanmıştır. Bunun sonucunda da canlılar için gerekli olan tatlı su kaynakları gün geçtikçe daralmakta veya yok olmaktadır. Bir yandan küresel ısınmanın yol açtığı kuraklık nedeniyle tatlı su göllerinin kururken, bir yandan da yaşanan salgın hastalıklar, artan hijyen ihtiyacı nedeniyle suyun daha fazla tüketilmesi suyun önemi daha da artırmaktadır.

İlerleyen bilim ve teknolojinin yaşama kattığı rahatlıkla beraber, çevreye verdiği zararlar her geçen gün dönülmez noktalara gelmektedir. Farklı kirleticilerden doğaya yayılan katı, sıvı, gaz ve hatta radyoaktif kirleticilerin hava, toprak ve suda fazla miktarda birikmesi çevre kirliliğine neden olmaktadır. Doğal ortamdaki tahribatın bu kadar artması; ekolojik dengenin bozulmasına neden olmuş ve bunun sonucunda da insan sağlığı üzerinde doğrudan olumsuz sonuçlara yol açan bu kirlenmede engellenme zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Gezegelimizdeki hızlı nüfus artışına rağmen tatlı su kaynaklarının sayısı artmadığından bunların en doğru şekilde kullanılması gerekmektedir. Ülkemizde de durum pek farklı değildir ve gün geçtikçe su kaynaklarımız tarımsal, evsel ve sanayi sonrası atıklarla daha fazla kirlenmektedir. Bilinçsizce yapılan zirai ilaçlamalar, endüstriyel ve evsel atıkların arıtılmadan derelere ve göllere dökülmesi sonucu yüzey sularımız belirgin bir şekilde kirlenmektedir. Ayrıca; göllerin kirlenmesindeki nedenlerden bir diğeri de asit yağmurları ve akarsularla taşınan çözünmüş ya da çözünmemiş kirleticilerdir. Taşınan kirleticiler kısmen sucul ekosistem içerisinde tolere edilebilse de ekosistem için zararlı maddelerin miktarı doğal süreçlerle yok edilemeyecek düzeye ulaşırsa bu durum sistemdeki tüm canlılar için olumsuz bir ortama dönüşecektir. (Tanyolaç, 2006). Sucul

ortamlarda kirlenmeyi fiziko-kimyasal ve biyolojik faktörler belirler. İçinde yaşayan organizmalara doğal bir ortam oluşturan göl suları birçok fiziko-kimyasal faktörün etkisi altında kalmaktadır. Su kalitesinin fiziko-kimyasal parametrelere göre değerlendirilmesi suyun o andaki kirlilik durumu hakkında bilgi vermektedir (Kazancı vd., 1997).



Şekil 0.1. Tez çalışması için seçilen göllerin lokasyonu.

Bu doktora tezinde, Trakya'dan seçilmiş olan; Gala, Mert, Terkos (Durusu) ve Küçükçekmece göllerinin tabanında biriken ağır metal düzeylerinin belirlenmesi ve ekolojik risk analizlerinin yapılması amaçlanmıştır (Şekil 0-1). Göllerimizde su kalitesine yönelik çalışmaların son yıllarda artmış olmasına rağmen, sediment kalitesine yönelik çalışmaların yeterli sayıda olmaması nedeniyle bu çalışma mevcut olumsuz durumun ortaya konulması açısından önemli bir katkı sunacaktır. Bu amaçla daha önce sediment kalitesine yönelik çalışma yapılmayan ve bu çalışma kapsamında örnek olarak seçilmiş göllerin sedimentlerinin metal konsantrasyonları tespit edilmeye çalışılmıştır. Ağır

metaller; dokularda birikerek toksik etki göstermesi ve ağır metal kirliliğinin artması nedeniyle ortamda bulunan organik kirleticilerin tek başına gösterdikleri etkilerden daha fazla etkiye sebep olmaktadır.

1.1. Araştırma Problemi

Bu çalışma, Türkiye nüfusunun yoğun olarak yaşadığı, tarım ve sanayi ile birlikte kentsel kirlilik tehdidi altında bulunan Marmara Bölgesi'nin Çatalca-Kocaeli Bölümü'nde bulunan Terkos Gölü ve Küçükçekmece Gölü, Yıldız Bölümü'nde bulunan Mert Gölü ve Ergene Bölümü'nde bulunan Gala Gölü'nün bu olumsuz süreçten ne ölçüde etkilendiğini sorgulamaktadır. Dolayısıyla çalışma kapsamında; ülkemizde tatlı su kaynağı olmasının yanı sıra balıkçılık ve turizm açısından da ekonomik getiri sağlayan göllerimizin dördü ele alınmıştır. Trakya göllerindeki ekosistemsel bozulmanın durdurulması ve doğal yaşamın ve göllerdeki habitatının yeniden sağlanmasının anlaşılması açısından antropojenik etkilerden kaynaklanan ekolojik risklerin sayısal olarak belirlenmesi hedeflenmiştir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Çalışmanın konusu Türkiye'nin Kuzeybatı kesiminde Trakya'da bulunan seçilmiş dört gölün ağır metal kirliliği açısından analizi ve bu kirliliğin ekolojik risklerinin ortaya konulmasıdır. Bu bağlamda bu çalışmanın asıl amacı Trakya göllerinden grab ile alınacak yüzey sedimentleri ve sıg gravite karot örnekleyici ile alınacak karot örneklerinden jeokimyasal, sedimantolojik analizler, organik karbon verileri ve toplam azot verilerine göre Trakya göllerinin ağır metal kirliliğinin belirlenmesidir.

Tezin dayandığı ana hipotez, çalışılacak göl çökellerinin sedimantolojik, fiziko-kimyasal proksi analizlerinden yola çıkılarak ekolojik risk seviyelerinin belirlenebileceğidir. Göl ekosistemlerine çeşitli kaynaklardan ulaşan nutrientler suda zenginleşmeye yol açmakta, alg patlamalarını uyarmaktadır. Bunun sonucu olarak aşırı üreyen algler, yaşamlarını tamamlayarak göl tabanında birikmekte ve bozulma sürecine girmektedir. Trakya'da çalıştığımız 4 gölün havzasında hayvancılık ve zirai ilaçlama yaygın olarak yapılmaktadır. Yağışlarla birlikte zirai ilaç artıkları ve tarımsal verimi arttırmak için kullanılan gübrelerdeki metaller göle taşınmakta ve göl suyunda zenginleşmektedir. Bunun yanı sıra çeşitli yerleşim yerlerinden geçerek metal yükü artan ve göle dökülen su kaynakları ve foseptik deşarjları da göller üzerinde kirlilik yükü

oluşturmaktadır. Bu bakımdan çalışma biyojeokimyasal süreçlerin belirlenmesine sunacağı katkı bakımından da özgün bir değer ifade etmektedir. Tamamen kantitatif ekolojik risk analizleri ile yürütülen çalışmanın metodolojik yaklaşımı sonraki çalışmalar için de önemli bir kaynak olacaktır.

1.3. Varsayımlar

Çalışmanın varsayımlarının tespiti noktasında; ekolojik risk analizinde kullanılan yöntemlerin çalışmanın amacına hizmet ettiği,

Göllerden elde edilen yüzey ve karot sediment örneklerinin göllerin ekolojik riskini tespitinde yeterli olacağı,

Ekolojik risk analizinde kullanılan indislerin göllerdeki ekolojik riski ortaya koymada yeterli olacağı,

Ekolojik risk analizinde kullanılan istatistiksel yaklaşımların göllerdeki kirleticilerin kaynağının tespiti ve kirleticilerin birbirleriyle olan ilişkilerinin tespitinde yeterli olacağı varsayılmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Akarsu havzaları, doğal ve yapay göller ile göl havzaları, denizel alanlar, delta ovaları, lagün gölleri, tarımsal alanlar vb. alanlarda insan etkinlikleri sonucunda ortaya çıkan metal birikiminin belirlenmesine yönelik çalışmalar çevresel risklerin ortaya konulması açısından son derece önemlidir.

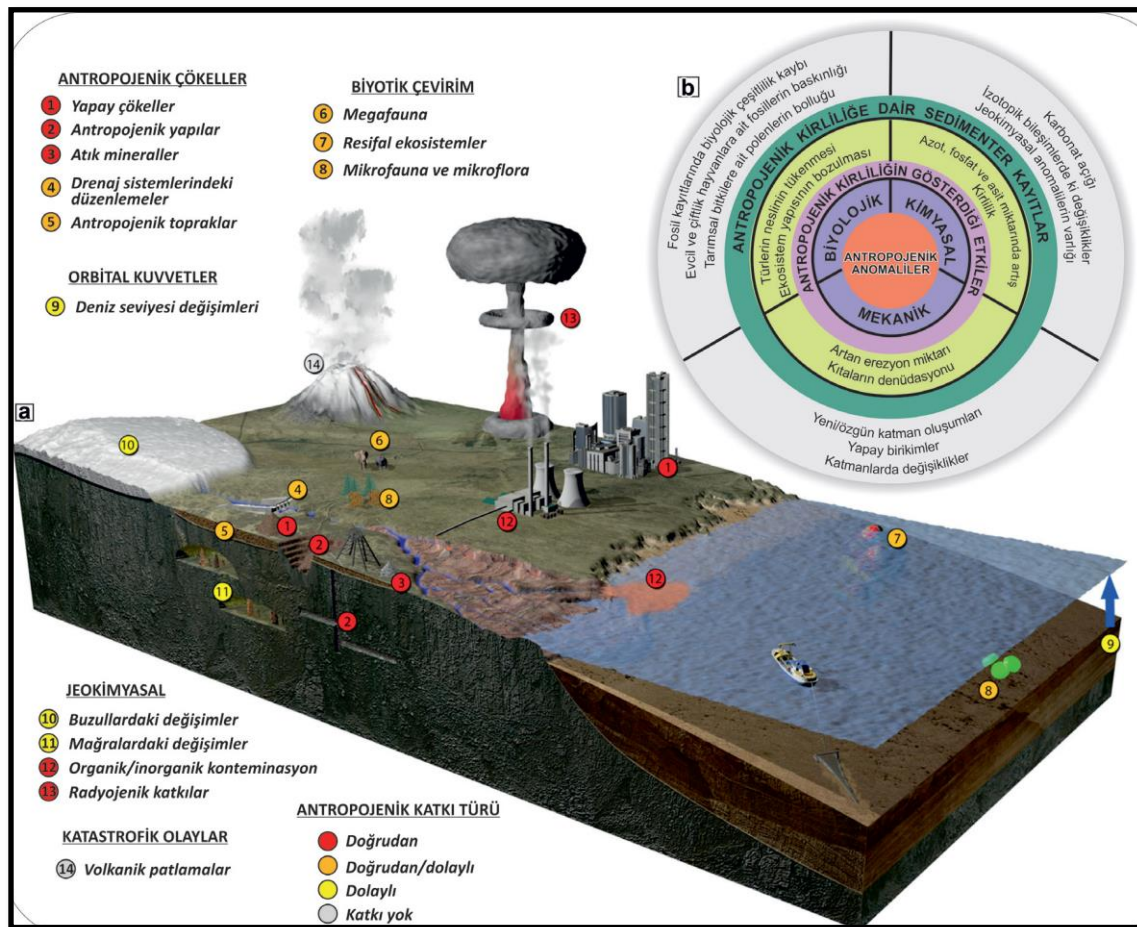
2.1. Tanımlar

2.1.1. Atropojen ve Antroposen Kavramı

İnsan tarafından yapılan, yaratılan ya da müdahalesi sonucu ortaya çıkan anlamındaki “**Antropojen**” kavramı ilk olarak Hippocrates’in yaklaşık olarak MÖ 400’de yazdığı “Hava, Su ve Toprak üzerine (Adams, 1849 çevirisi) adlı eserinde ortaya konmuştur. Söz konusu bu eserde; suyun kalitesi ve çevresel faktörlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerinden söz edilmiştir. Platon’un geç dönem diyaloglarından (MÖ 360 – MÖ 348/347) “*Critias*”da (Jowet, 1892 çevirisi) eski Atina’nın (Solon) insan etkisiyle doğayı ve coğrafyayı değiştirerek nasıl yaşam alanı oluşturduğunu tarif edilmektedir. Başka bir eser olan “*Republic*” ise (Jowet, 1892 çevirisi) sosyal ve politik yaşamın gelişiminde toprak kullanımıyla ilgili endişeleri ve saptamalarını vurgular. Ayrıca; Strabon’un “*Geographica*” adlı eserinde (Jones, 1923 çevirisi), İber Yarımadası’ndaki Beatica (Corduba) şehrinin gümüş ve altın işletmelerinden dolayı havaya karışan gazlarının ölümcül etkilere neden olduğu ve bunun yanı sıra fiziki çevreye oldukça fazla zarar verdiği anlatılmaktadır.

Sir Charles Lyell 1830’da yayımladığı “*Principles of Geology*” adlı eserinde jeolojiyi araştırma konularını doğanın canlı ve cansız olan tüm bileşenlerinin sadece geçmişteki değişimlerinin değil şu anki etkileşimlerinin de incelendiği bir bilim dalı olarak tanımlanmaktadır. Bernhard Von Cotta ise 1866 tarihli “*Geologie der Gegenwart (Günümüz Jeolojisi)*” adlı kitabında; jeolojinin geçmiş ve gelecek arasında bir arayüz olduğu vurgulanmaktadır. Bununla birlikte jeolojinin; astronomi, kimya, biyoloji ve sosyoloji arasındaki ilişkiyi güçlendirdiği de belirtilmektedir. Tüm bunlara ek olarak; 19. yüzyılın başından itibaren birçok bilim insanı, mevcut jeolojik döngüdeki insanların

rolünün farkına varmıştır. Bu farkındalık sonucunda da insanın jeolojik birimlere ve oluşumlara etkisi fikrinin temelleri atılmıştır.



Şekil 2.1. Dünyadaki jeolojik olaylarda gözlemlenebilen antropojenik anomalilerin türleri (Waters vd. 2014’ten düzenlenmiştir), b) olası antropojenik etkilerin biyolojik, kimyasal ve mekanik özelliklerine göre ayrılması ve güncel sedimanlarda gözlenen olası kayıt türleri (Galuszka vd. 2014 ve Alak ve Sümer, 2017).

1970'lerin sonundan itibaren antropojenik anomalilerin tespiti ve ölçülmesi üzerine yoğunlaştığı görülmektedir (Sümer vd.,2020:8). Çünkü Antroposen'in başlangıcının ölçülebilmesine yönelik çalışmalar doğal olarak antropojenik anomalilerinin varlığının tespitine dayanmaktadır. (Şekil 2-1) Waters vd. (2014), jeolojik kayıtlar içindeki antropojenik anomalileri, jeokimyasal katkılar, antropojenik çökeller ve biyotik çevrim şeklinde ayırarak, antropojenik katkı türünü doğrudan, doğrudan/dolaylı ve dolaylı şeklinde üç sınıf altında değerlendirmektedir.

Galuszka vd. (2014) ise antropojenik anomalileri temel olarak biyolojik, kimyasal ve mekanik anomaliler şeklinde üç ana çalışma konusu altında ele almaktadır. Sedimanter çökeller içindeki antropojenik kirliliğe dair kayıtlar ise en çok jeokimyasal anomalilerin (özellikle ağır metaller gibi) varlığı ile ölçülmektedir (Galuszka vd. 2014). Bu üç ana çalışma konusu içinde, en çok biyolojik ve kimyasal anomalilerin değerlendirilmesiyle ortaya konan araştırmalar öne çıkmaktadır. Bununla birlikte antropojenik etkinin ölçülebilmesinin altında yatan ana felsefe asıl olarak 20. yüzyılın başlarında ortaya çıkmıştır. Antropojenik etkinin hesaplanması; jeolojik birimlerden elde edilmiş jeokimyasal analiz sonuçlarının ortalama değerleri ile çalışılan alandaki birimlerden elde edilen değerlerin karşılaştırılmasına dayanan bir hesaplama yöntemidir. Günümüzde kullanıldığı şekliyle ortalama kabuk değeri ya da ardaalan (background) değerinin temelleri ise en kapsamlı şekilde ilk kez Clarke (1889, 1911) tarafından atılmıştır. Bu tarihten itibaren günümüze kadar jeolojik birimlerin içerdikleri element bazındaki jeokimyasal verileri irdeleyen birçok çalışma da ortaya konmuştur (örn. Goldschmidt, 1937; Turekian ve Wedepohl, 1961; Condie, 1993; Taylor ve McLennan, 1995; Rudnick ve Gao, 2003).

Antropojenik etkinin sayısal olarak ölçülmesine yönelik ilk kapsamlı çalışmalar ise 1960 ve 1970'li yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu anlamda yapılan öncü çalışmalardan bazıları şu şekildedir: Erlenkeuser vd. (1974), Batı Baltık Denizi'nin yüzeye yakın sedimentlerinde yaptığı çalışmada ağır metaller ile inaktif organik karbonun karakteristik artışının sedimanter kayıtlarda sanayileşme yaşının belgelemesi olarak değerlendirmiştir. Bunun haricinde nehir ve göl yataklarında (örn. Banat vd. 1972; Förstner ve Müller, 1975 ve Müller, 1979), Grönland'ın yıllık kayıtlarında ve Antarktika'daki buz katmanlarında (örn. Murozumi vd. 1969) ve diğer çeşitli karasal alanlarda (örn. Tyler, 1972), belirli metal konsantrasyonundaki çarpıcı artışlar antropojenik kaynaklar ile ilişkilendirilmiş ilk çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda ağır metaller

aracılığı ile oluşan toksik etkiler çevre için önemli ölçüde bir antropojenik kirlilik oluşturmaktadır (Omgbu ve Kokogbo, 1993). Bununla birlikte son yıllarda antropojenik kirlilik çalışmaları, genelde güncel sedimentler (denizel, gölsel ve/veya akarsu) içindeki anomalilerin jeokimyasal olarak değerlendirilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Literatürde antropojenik katkının sayısal olarak belirlenmesine yönelik en çok kullanılan temel parametreler: Kirlilik Yükü İndeksi¹, Zenginleşme Faktörü² ve Jeo-Birikim indeksi³ (Şekil 2.2).

Kirlilik Yükü İndeksi (PLI: Pollution Load Index) Kirlilik Faktörü (CF: Contamination Factor)	Zenginleşme Faktörü (EF: Enrichment Factor)	Jeo – Birikim indeksi (I _{geo} : Geo-Accumulation Index)
$CF: \frac{C_i}{C_n}$ $PLI: \sqrt[n]{CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times \dots \times CF_n}$	$EF: \frac{(C_{Metal} \times C_{Ref})_{Örnek}}{(C_{Metal} \times C_{Ref})_{Kabuk}}$	$I_{geo}: \log_2 \left[\frac{C_n}{B_n \times 1.5} \right]$
<i>C_i: Analiz edilen örneğin elde edilen sonucu</i> <i>C_n: İncelenen elemente ait ortalama kabuk /ardalan (background) değeri</i>	<i>C_{Metal}(Örnek):İlgili elementin konsantrasyonu</i> <i>C_{Ref}(Örnek): Referans olarak alınan elementin ölçülen konsantrasyonu</i> <i>C_{Metal}(Kabuk):İlgili elementin kabuktaki ardalan (background) değerini</i> <i>C_{Ref}(Kabuk): referans alınan elementin kabuktaki ardalan değeri</i>	<i>C_n: Analiz edilen metalin konsantrasyonu</i> <i>B_n: İlgili ağır metalin ortalama referans değeri</i>
<i>CF sonuç değer aralıkları;</i> <i>CF < 1: düşük</i> <i>1 ≤ CF < 3: orta</i> <i>3 ≤ CF < 6: önemli</i> <i>CF ≥ 6: çok yüksek kirlilik faktörü</i> <i>PLI sonuç değer aralıkları;</i> <i>PLI > 1: Kirlilik fazla</i> <i>PLI < 1: Kirlilik az</i>	<i>EF sonuç değer aralıkları;</i> <i>EF < 2: en az zenginleşme/kirlilik</i> <i>2 ≤ EF ≤ 5: orta zenginleşme/kirlilik</i> <i>5 ≤ EF ≤ 20: belirgin zenginleşme/kirlilik</i> <i>20 ≤ EF ≤ 40: çok yüksek zenginleşme/kirlilik</i> <i>EF > 40: son derece yüksek zenginleşme/kirlilik</i>	<i>I_{geo} sonuç değer aralıkları;</i> <i>I_{geo} < 0: pratik olarak kirlenmemiş</i> <i>0-1: arası kirlenmemiş-orta derece kirlili</i> <i>1-2: arası orta derece kirlili</i> <i>2-3: orta-kuvvetli kirlili</i> <i>3-4: aşırı kirlili</i> <i>4-5: aşırı-çok aşırı kirlili</i> <i>I_{geo} > 5: çok aşırı kirlili</i>

Şekil 2.2. Antropojenik etkinin hesaplanmasında kullanılan Kirlilik Yükü İndeksi (Hakanson,1980).

Antropojenik etkinin hesaplanmasında sıklıkla kullanılan Kirlilik Yükü İndeksi (PLI: Pollution Load Index), Zenginleşme Faktörü (EF; Enrichment Factor), Jeo-Birikim indeksi (I_{geo}; geo-accumulation index) değerlerine ait formüller ve açıklamaları (CF değeri ve sonuçlarının sınıflandırılması Hakanson (1980) tarafından ortaya konulmuştur. Ardından ortaya çıkan değer yardımıyla Tomlinson vd. (1980) tarafından tanımlanan PLI

¹ PLI: Pollution Load Index

² EF; Enrichment Factor

³ I_{geo}; geo-accumulation index

değeri elde edilmektedir. Sonrasında Ray vd. (2006) tarafından hazırlanan sınıflandırma ile PLI değerleri belirlenmektedir. İlk kez Buat-Menard ve Chesselet (1979) tarafından ortaya atılan EF değeri ise literatürde yaygın kullanılan Sutherland (2000)'ın önerdiği aralıklarla yapılmaktadır. Igeo değeri ise ilk kez Müller (1979) tarafından önerilmiş olup, Müller (1986) tarafından öngörülen sınıflama ile değerlendirilmektedir.

2.1.2. Göllerin Maruz Kaldığı Çevresel Tehditler

Göller ve göletler, evsel, endüstriyel ve tarımsal kullanım için su sağladıkları ve aynı zamanda besin kaynakları sağladıkları için büyük öneme sahip habitatlardır. Suları tarımsal sulamada kullanılabilen tatlısu gölleri bu açıdan ayrıca önem arz eder. İnsanlar için temel öneme sahip olmalarına rağmen, tatlısu sistemleri bu ekosistemlerin yapısı ve işlevi üzerinde ciddi olumsuz etkilere neden olan birden çok antropojenik etmenden etkilenmektedir. Bununla birlikte nüfus ve artışları ve küresel ısınma, göl ekosistemleri üzerinde olumsuz bir baskı yaratmaktadır.

Göl ve gölet ekosistemlerinin biyoçeşitliliği, artan nütrient yükü, kirlilik, asit yağmurları ve egzotik türlerin istilasını içeren bir dizi insan etkisi ile tehdit altındadır. Zaman içinde meydana gelen değişimlerin analizi, ötrofikasyon, asitlenme ve metaller tarafından kirlenme gibi biyoçeşitliliğe karşı daha eski ve iyi bilinen tehditlerin gelecekte gelişmiş ülkelerde daha az problem yaratacağı öngörülmektedir. Küresel ısınma, ultraviyole (UV) radyasyon, endokrin bozucular ve özellikle de egzotik türlerin istilası gibi yeni tehditlerin önemi daha da artacaktır. Bunun yanı sıra, çevre koruma dışındaki önceliklerin bulunduğu gelişmekte olan ülkelerde, ötrofikasyon, asitlenme ve toksik maddelerle kirlenme tehdidinin artmaya devam etmesi düşünülmektedir. Göllerde ve göletlerdeki biyoçeşitliliğin geleceği ciddi biçimde tehdit altında olsa da çevre sorunlarına, yeni çevresel stratejilerin ve idarelerin ve uluslararası anlaşmaların uygulanmasına yönelik artan endişe insanların doğaya ve göl ekosistemlerine olan duyarlılığını tetiklemektedir.

Yüzeysel su kaynakları arasında kirlenmeye karşı en korumasız alanlardan birisi de göllerdir. Bunların içinde öncelikle dışa akışı olmayan (kapalı havza) göllerde birikerek akarsular ve yüzey akışıyla toplanan her türlü çözünmüş, çözünmemiş ve askıda taşınan maddeler gölsel ortamda birikmektedir. Ayrıca, göl havzalarında toplanan suların insan etkisiyle kirlenmiş olması, su kalitesinin zaman geçtikçe bozulmasına da neden olur. Gölde biriken kirleticiler, metaller, zor parçalanabilen pestisitler gibi, bozulmayan tipte ise,

bunlar ortamda giderek artan yoğunlaşmalar oluşturur. Su içerisinde bulunan askıdaki maddeler, tabana çökerek birikirler ve gölün dolmasına (siltasyon) neden olurlar. Normal şartlarda daha kolay ayrışabilen organik malzeme ise göl ekosistemi tarafından zararsız hale getirilir. Kendi kendine temizleme kapasitesi organik kirliliği ortadan kaldırabilmesine rağmen, gölün mevcut arıtma kapasitesini aşan organik yükler, göldeki oksijenin aşırı miktarda tüketilmesine ve gölün, oksijensiz duruma dönüşmesine, yani anoksiya neden olur. Ülkemizde bir diğer tehdit ise gölleri besleyen akarsular ile yer altı sularının bilinçsizce ve kontrolsüzce kullanılmasıdır.

2.1.3. Göl Çökellerindeki Toksik Etkili Bazı Metaller

Ağır metaller, periyodik cetvelde 2A grubundan 6A grubuna kadar büyük bir alanda yer alan elementler olarak ifade edilir. Ağır metaller, yoğunluğu 5 g/cm³ den yüksek olan metallerdir. Bu grupta Pb, Cd, Cr, Fe, Cu, Ni, Hg, As, Al ve Zn başta olmak üzere 60'tan fazla metal bulunmaktadır. Bu elementler yeryüzünde çoğunlukla karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde sabit bileşik veya silikatlar ile kompleks oluşturmuş şekilde bulunurlar (Haktanır ve Arcak 1998).

Ağır metaller doğada jeolojik ve biyolojik olarak transformasyona uğrayabilmektedirler. Ağır metaller parçalanma ve taşınmaları sonucunda mevcut konumlardan daha uzaklarda birikerek konsantrasyonları artabilmektedir. Grönland buzullarında kurşun konsantrasyonunun önceki yıllara kıyasla çok fazla yükselmesi, bu metalin tekrardan dağılım ve taşınma uğradığının bir işaretidir (Karakaş 2000).

Sanayi faaliyetleri sonucunda endüstriyel atık sularla toprak ekosistemine ulaşan ağır metaller toprakta birikmektedir. Toprakta biriken bu metallerin çözünürlüğü toprağın pH değerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Ağır metallerin topraktaki etkinliği çoğunlukla toprağın pH değeri ile ters orantılı olarak değişmektedir (Ağca 1998).

Yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösteren bazı elementler bitkiler için zaruridir. Bu elementler Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Co ve bazı koşullarda da Ni'dir. Bununla beraber Cd, Cr, Hg ve Pb gibi diğer bazı ağır metaller ise endüstriyel aktivite sonucu olarak atık ürünlerde ve atık sularla artarak tarımsal ekosistemlere katılmakta ve çevre kirlenmesi açısından önem kazanmaktadır (Dağdeviren 2007).

Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum tabiatta oldukça az bulunan bir elementtir. Toprakta Cd'un toplam tolere edilebilir miktarı 3 mgkg-1 (Topbaş ve ark. 1998); ekstrakte edilebilir Cd'un tolere edilebilir miktarı ise 0.2 mgkg-1' dir (Alloway 1995).

Topraklarda Cd birikimi; endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübreler, kanalizasyon atıkları, yoğun trafik olan otoban kenarlarındaki tarım arazilerinde motor yağları ile taşıt lastikleri yoluyla meydana gelmektedir. Ayrıca bitki ve topraklarda Cd'un birikmesinde Cd içeren toz parçacıklarının havadan çökmesinin de etkileri vardır. Yoğun trafik akışı gösteren yolların yakınındaki topraklarda toz çökelmeleriyle senede metrekaareye 0,2– 1,0 mg Cd ilave olduğu tespit edilmiştir. Kirlenmeyen alanlarda ise toprağın toplam Cd içeriği çoğunlukla 1 mgkg-1'in altındadır (Kacar ve İnal 2008).

Fabrikasyonla üretilen fosforlu gübrelerden de toprağa önemli ölçüde Cd bulaşması olmaktadır. Trikalsiyum fosfattaki ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)$) Cd oranı 1- 2 mgkg-1 iken, süperfosfat ve diğer fosfor barındıran kompoze gübrelerde Cd oranı 50- 170 mgkg-1 değerlerine varabilmektedir. Topraktaki total Cd oranı 1 mgkg-1'dan fazla olduğunda Cd kirliliğinin ortaya çıktığı kabul edilmektedir. Toprakta biriken Cd kültür bitkileri tarafından kolaylıkla bitki bünyesine alınabilmektedir. Bitkilerdeki Cd konsantrasyonu genellikle 0,1- 1,0 mgkg-1 arasındadır. Toprakta artan Cd oranı bitkilere negatif etki yapmaya başlamakta ve toksisite 3 mgkg-1 Cd değerinden sonra daha da yükselmektedir (Kabata- Pendias ve Pendias 1992; Tok 1997).

Topraktaki çok fazla Cd, bitkide klorofil biyosentezini bozmaktadır. Kadmiyum stresi koşullarında azot metabolizmasında görev alan nitrat ve nitrit redüktaz enzimlerinin aktiviteleri azalmaktadır. Bu durumda bitkinin azot yönünden beslenmesini negatif etkilemektedir (Asri ve Sönmez 2006). Bununla birlikte, bitkilerin aşırı Cd'dan sadece N beslenmesi değil K alımı itibarıyla da zorluklar yaşamakta ve bitkinin su absorpsiyonunda önemli azalmalar ortaya çıkmaktadır (Veselov ve ark. 2003).

Ekonomik değeri yüksek olan buğday, mısır, çeltik, yulaf gibi bitkiler topraktan kökleri aracılığıyla Cd'u kolaylıkla bitki bünyesine alabilmektedirler. Bundan başka marul, şeker pancarı ve bezelye gibi bitkiler de önemli ölçüde Cd absorbe edebilmektedirler (Dağdeviren 2007).

Kurşun (Pb)

Kurşun, insan etkinlikleri ile ekolojik sisteme dahil olan ve en çok zarar veren bir diğer ağır metal olma özelliği taşıyan elementtir. Kurşun, atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevre kirliliğine sebep olan en önemli ağır metallerden biridir.

Kurşunun otomobil endüstrisi, batarya ve benzin katkısı olarak Pb- tetraetil ve tetrametil olarak kullanılmasıyla beraber Pb içeren pestisitlerin tarımda kimyasal mücadelede kullanılmasıyla da topraklara ulaşabilmektedir. Tarım yapılan arazilerde toplam Pb çoğunlukla 15- 25 mgkg-1 civarlarında bulunmaktadır (Kacar ve İnal 2008).

Kurşun, ortalama 16 mgkg-1 konsantrasyonla yer kabuğunun doğal bir bileşenidir. Ancak, kurşun bileşikleri (Kurşun tetraetil) 1920'lerde benzine eklenmeye başlanmıştır. Pb'un ekolojik sisteme yayılmasında bu kullanım alanı önemli role sahiptir. Kurşunsuz benzin kullanılmasıyla günümüzde atmosfere Pb yayılımı azalmakla beraber, bileşiminde bulunan Pb pek çok birincil metal üretim evresinden atmosfere Pb ve bileşiklerinin yayılımı devam etmektedir (Deniz 2003).

Tarım alanlarında meydana gelen kurşun kirliliği, benzinin yanması neticesinde oluşan atmosferik Pb'dan ileri gelmektedir. Topraklara yağış ve toz ile ilave olan Pb oranı 0,184.80 mg/m²/gün seviyesine kadar varabilmektedir (Deniz 2003).

Tarım alanlarındaki toplam Pb konsantrasyonu 100 mgkg-1'ı, ekstrakte edilebilir Pb miktarı ise 4 mgkg-1'ı geçmediği sürece insan ve bitki sağlığı açısından herhangi bir olumsuzluk oluşturmamaktadır. Fakat bu rakamlar aşıldığı takdirde insan sağlığı potansiyel olarak tehlike altındadır (Chapman 1971; Dürüst ve ark. 2004).

Kurşun barındıran bazı pestisitlerin, gübrelerin ve kompostların kullanımı tarım alanlarına ciddi oranda Pb bulaştırabilmektedir. Nitekim kurşun arsenatlı (PbAsO₄) pestisitlerin uygulanması sonucunda toprağa 20 mgkg-1 gibi yüksek oranlarda Pb ilave olabilmektedir (Kabata- Pendias ve Pendias 1992).

Kurşunun bitkilerde bulunma oranı genellikle 0,5-3 mgkg-1 civarlarındadır. Kurşunun toksisite seviyesi bitkiler arasında ayrıcalık gösterir. Genellikle sebzeler Pb toksisitesine tarla bitkilerine göre daha duyarlıdır. Pb konsantrasyonları sebzelerde daha

fazla olabilmektedir. Bünyesinde en fazla Pb biriktiren sebzeler turp ve maruludur. Turbun yumrusunda 498, yapraklarında ise 136 mgkg-1 oranında Pb bulunduğu yapılan bir çalışmada tespit edilmiştir (Bolt ve Bruggenwert 1976).

Kurşun toksisitesi açısından özellikle otoyollara yakın yerlerde bulunan çayır mera alanları ve yine bu alanlara yakın yerlerde yetiştirilen kültür bitkileri ciddi risk altındadırlar. Kurşun elementi toksik seviyelere vardığında hücre turgoru ve hücre duvarı stabilitesi bitkide olumsuz olarak etkilemekte, stoma hareketleri ve yaprak alanını azaltarak bitki bünyesine su alımının azalmasına sebep olmaktadır. Bitki kök gelişiminin olumsuz etkilenmesi katyonik ve anyonik besin elementlerinin bitki bünyesine alınamaması yine aşırı Pb ile ilgilidir (Asri ve Sönmez 2006).

Kurşunun hem topraktan hem de yapraktan bitkiler tarafından alındığını bildiren Tandler ve Solari (1969), bu elementin kök hücre duvarında ve nükleusta birikebildiğine işaret etmektedirler. Bu konuda çalışan Zimdahl ve Koepp (1977) yaprak kutikulasından giren Pb'un vakuol, kloroplast, mitokondri ve plazmodezmada da biriktiğini ifade etmektedirler.

İnsan sağlığını da olumsuz etkileyen Pb'un, besin maddeleri, içme suyu ve hava ile günlük alımının 0,3-0,6 mg olduğu tahmin edilmektedir. Günlük olarak vücuda katı besin maddeleri yoluyla alınan Pb miktarının 600 mg değerini geçmemesi gerekir. Özellikle solunum yoluyla eser miktarlarda bile akciğere giren Pb'nin kısa bir süre içerisinde toksik etki yarattığı aktarılmıştır. Duyu organlarındaki sakatlıklar, kurşun felci ve sindirim sistemi bozuklukları kurşunun insanlar üzerinde yol açtığı olumsuz etkilerden önemli olanlarıdır. Gençlerde beyinsel bozukluklar ve aşırı hırçınlığa yine aşırı Pb birikimi yol açmaktadır (Topbaş ve ark. 1998; Kadioğlu 2008).

Nikel (Ni)

Doğada bulunan Nikelin göz ardı edilebilecek toplam miktarı 50 mgkg-1 (Kabata-Pendias ve Pendias 1992); özütlenabilir miktarı ise 10 mgkg-1 (Gerendas ve ark. 1999) kadardır. Karalarda ve sedimentte Ni'in çıkış noktası bazik kayalar içerisinde genellikle mevcut olan Pentlandit (Fe, Ni)8S8 mineralidir. Ni tüm tarımsal alanlarda görülmektedir. Fakat killi topraklarda daha fazla bulunmaktadır (Kacar ve İnal 2008).

Motorlu araçların bol bulunduğu geçiş noktalarından ayrıldıkça topraktaki Ni oranı azalmakta ve bu durum da Ni ihtiva eden yakıtların kullanılması ile açıklanmaktadır (Tok 1997). Ayrıca, Ni miktarının çokluğunda insanlarda deri rahatsızlıkları, akciğer kanseri, astım, merkezi sinir sistemi bozulmaları şeklinde olumsuz belirtiler gözlenmektedir (Kacar ve İnal 2008).

Doğadaki Nikelin zehirleme katsayısını azaltan en önemli olay ortama fosfat ilavesidir. Bu durumda çözünürlüğü düşük olan Ni- fosfatlar oluşmakta ve toksisite değeri düşmektedir (Tok 1997).

Krom (Cr)

Tarımsal arazilerde tolere edilebilir toplam Cr düzeyi 100 mgkg-1 ve ekstrakte edilebilir Cr düzeyi ise 1 mgkg-1 civarındadır. Serpantin ana kayasından meydana gelen materyal Cr yönünden zengindir. Dünyada daha çok Cr-demir taşı şeklinde bulunmaktadır. Topraklardaki Cr oranı ana materyale göre farklılık göstermekle birlikte 7- 750 mgkg-1 civarındadır. Krom içerikleri bakımından topraklar tekstürlerine göre değerlendirildiğinde ortalama olarak killi topraklarda 40 mgkg-1, kumlu topraklarda 30 mgkg-1 ve kireçtaşından oluşmuş topraklarda ise 83 mgkg-1 bulunmaktadır. Özellikle ultrabazik kayalardan oluşan topraklarda Cr toksisitesi görülmektedir (Bowen 1966; Tok 1997; Kacar ve İnal 2008).

Tabakhanelerin bulunduğu deri sanayiinde ve tabakhane artıkları %5- 10 N ve yaklaşık %1- 2 Cr barındırmaktadır. Tarım alanlarındaki kirlilik bunların organik gübreye dönüştürülüp toprağa uygulanmasından dolayı oluşmaktadır (Özbek ve ark. 1995).

Çinko (Zn)

Doğada toplam çinko oranı çoğunlukla 10-300 mgkg-1, ortalama olarak ise 30-50 mgkg-1 dolaylarındadır. Bazı asit topraklar yağmurlarla yıkanmanın yüksek olmasından dolayı 10-30 mgkg-1 gibi düşük oranlarda Zn içermektedir. Çinko sadece yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu toksiktir. Kanalizasyon artıkları 50.000 mgkg-1'a kadar Zn içerebilir. Toprakta Zn birikimi bu tip bir materyal toprağa ilave edildiği zaman meydana gelmektedir. Bakır (Cu) ve Ni'de olduğu gibi, Zn toksisitesi de büyük ölçüde pH

ile ilgili bulunmaktadır. Düşük pH düzeylerinde aynı seviyedeki Zn'nin toksisitesi daha fazla olmaktadır (Tok 1997).

Çinko, bitkiler, hayvanlar ve insanlar açısından mutlak gerekli bir elementtir. Özellikle enzimlerin yapısında yer almakta ve enzim faaliyetlerinde rol oynamaktadır. Protein sentezi, Vitamin-A'nın hücrelere taşınması ve kullanımı, RNA, DNA, insülinin aktivasyonu, yaraların iyileşmesi, hücrelerin bölünerek çoğalabilmesi başlıca görevleridir. Tad alma, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, sperm yapımı, anne karnındaki ve doğmuş bebek ve çocukların büyüme ve gelişimi, davranış ve öğrenme performansının artışı, kanda yağların taşınması gibi birçok olay da ayrıca görevleri arasındadır (Deniz 2003).

Türkiye ve dünyada en sık gözlenen mineral element eksikliklerinden biri de Zn eksikliği olarak bilinmektedir. Faydalı Zn miktarı ülkemizde tarım yapılan topraklarda yüksek değildir ve eksikliği söz konusudur (Toprakların %49,83'ünde alt sınır olarak belirlenen 0,5 mgkg-1'dan düşük ve %32,76'sında 0,5-1,0 mgkg-1 arasındadır). Zn eksikliği dünyada ise yaklaşık %30 civarındadır (Eyüpoğlu 2002).

Bakır (Cu)

Topraklarda Cu yoğunluğu 5-100 mgkg-1 arasında mevcuttur. Toptakta doğal olarak bulunan toplam Cu'nın miktarı, toprak ana maddesinin Cu içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Cu yoğunluğu gelişen bitkilerin etkisi ve mineral ayrışmanın şiddeti nedeniyle toprak profilinin yüzeye yakın katmanlarında daha fazladır. Aşırı derecede parçalanıp ayrışmış ve yıkanmış toprakların toplam Cu içerikleri genellikle daha azdır. Bakır, toprak parçacıklarına kuvvetli bir şekilde bağlanır ve oldukça stabildir. Bu nedenle toprakların büyük bölümünde Cu içeriği alt profile inildikçe azalma göstermektedir (Topbaş ve ark. 1998).

Tarımda fungusit olarak kullanılan Cu, bakır sülfat formundadır. Bunun dışında sığır ve tavuk için hazırlanan rasyonlarda Cu, 250 mgkg-1'a kadar katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle domuz gübresindeki Cu miktarı 750 mgkg-1'a kadar yükselebilmektedir (Tok 1997).

Bakır bitki bünyesinde enzim aktivasyonu, karbonhidrat ve lipid metabolizmasında yer alması nedeniyle önemli bir elementtir. Genellikle insan aktivitesi sonucu oluşan çeşitli

emisyonlar ve atmosferik depozitler, kanalizasyon atıklarının gübre olarak kullanılması, kömür ve maden yatakları ve pestisit kullanımından kaynaklı topraklarda Cu kirliliği görülmektedir (Asri ve Sönmez 2006).

Toprakta genellikle toplam Cu 100 mgkg-1 veya ekstrakte edilebilir Cu 0.2 mgkg-1; bitki kuru maddesinde ise genellikle 15-30 mgkg-1'dan fazla bulunması toksik etkiye neden olabilmektedir. Bakır toksisitesi çoğunlukla bitki kök sistemlerinde meydana gelir.

Bakır toksisitesi bitki bünyesinde protein sentezi, fotosentez, solunum, iyon alımı ve hücre membran stabilitesi gibi bazı fizyolojik olayların bozulmasına sebep olmaktadır (Asri ve Sönmez 2006).

Ruminant beslenen hayvanlarda kuru madde üzerinden 15-20 mgkg-1 Cu içeren ot ya da karma yemler kronik zehirlenmeye yol açabilmektedir. Ancak organizmada, Cu ve Mo arasında bir antagonizm vardır. Bu nedenle, Mo yetersizliği olan yemler (Mo düzeyi, kuru madde üzerinden 1-2 mgkg-1'in altında olanlar), 8-12 mgkg-1 Cu içermeleri halinde bile kronik zehirlenmeye neden olabilmektedir (Deniz 2003).

Mangan (Mn)

Topraklarda toplam Mn seviyesi diğer elementlere kıyasla önemli derecede farklılık göstermektedir. Toprakların genellikle 200-300 mgkg-1 düzeyinde Mn barındırdığı belirlenmiştir. Ancak bitkiye yararlı Mn ile toplam Mn arasında çoğunlukla bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkiler için topraktaki yararlı Mn miktarının 1 mgkg-1 olması yeterli kabul edilmektedir.

Mn²⁺ iyonu ve Mn-oksitler topraklarda bulunan en önemli Mn türleridir. Bu oksitler içerisindeki Mn, üç ya da dört değerlikli formdadır. İki değerlikli Mn, kil minerallerince ve organik maddece absorbe edilmekte ve aynı zamanda toprak çözeltisindeki en önemli Mn formunu oluşturmaktadır (Topbaş ve ark. 1998; Kacar 1995).

Besin zinciri yoluyla insanlara ulaşan Mn'in toksite belirtileri başlıca solunum sisteminde ve beyinde gözlenir. Mangan zehirlenmesinin belirtileri halüsinasyonlar, bitkinlik, uykusuzluk, güçsüzlük, unutkanlık ve sinir hasarlarıdır. Mangan ayrıca parkinson, akciğer ambolisi ve bronşite neden olabilir. Eğer bir erkek Mn toksisitesine

uzun süre maruz kalırsa iktidarsızlık oluşabilir
(<https://www.lenntech.com/periodic/elements/mn.htm>, 05.11.2018,14:05).

Demir (Fe)

Demir, toprakta diğer mineral elementlere kıyasla daha fazla bulunur. Demir içeriği yer kabuğunda yaklaşık olarak %5,1 'dir. Topraklarda toplam Fe miktarı çoğunlukla fazla olmasına rağmen bitkilere yararlı Fe miktarı azdır. Bitkilerde Fe eksikliğinin fazla görülmesinin sebebi de budur. Ana materyalin özelliğine göre toplam Fe miktarı %0,02 ile %10 arasında değişir ve ortalama %3,8 civarındadır (Kacar ve Katkat 2007).

Lindsay ve Norwell (1978)'e göre topraklarda ekstrakte edilebilir Fe miktarı 0,2 mgkg⁻¹'in altında ise az; 0,2- 4,5 mgkg⁻¹ arasında orta ve 4.5 mgkg⁻¹'dan fazla ise yüksek ve toksik olarak değerlendirilmektedir.

Türkiye'nin farklı bölgelerinden aldığı 1511 toprak örneği üzerinde yaptıkları bir araştırmaya göre Eyüpoğlu ve ark. (1996), toprakların yaklaşık %27'sinde yararlı Fe miktarı orta ve %73'ünde ise yüksek düzeylerde bulunmuştur.

Kacar ve İnal (2008), bitkilerde bulunan Fe'nin 10-1000 mgkg⁻¹ arasında değişim gösterdiğini, yeterli Fe miktarının 50-250 mgkg⁻¹ olduğunu ve 50 mgkg⁻¹ dan az Fe içeren bitkilerde eksiklik belirtilerinin görüldüğünü açıklamışlardır.

Bitkilerde Fe toksisitesi, kök ve gövdede bodurlaşma, bazı bitkilerde mor ile koyu kahverengi arasında değişen yaprak rengi ve koyu yeşil yapraklar şeklinde ortaya çıkmaktadır (Kacar ve İnal 2008).

Genç yapraklarda ve özellikle son çıkan yapraklarda demir eksikliği belirtileri öncelikle görülür. Demir elementi mobil olmadığı için yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınması oldukça güçtür. Bundan dolayı yaşlı yaprakların etkilenmesi ileki aşamalarda görülür. Yapraklarda damarlar arasında sararma demir eksikliğinin tipik belirti şeklidir (Kacar ve Katkat 2007).

2.2. Önceki Çalışmalar

2.2.1. Göl Ekolojisi, metaller üzerine dünya ve Türkiye göllerinde örnek çalışmalar

Chen vd. (1989). “**A study on heavy metal partitioning in sediments from Poyang Lake in China**” adlı çalışmada, Çin'deki en büyük tatlısu gölü olan Poyang Gölü'nden alınan sediment örneklerinde ağır metallerin dağılımı incelenmiştir. Ağır metallerin, bakır, kurşun ve çinkonun çoğunun organik maddeye ve demir oksit evrelerine bağlı olduğu bulunmuştur. Sedimentlerdeki metallerin farklı jeokimyasal evreleri arasındaki dağılımı jeokimyasal evrelerin bolluğu ile kontrol edilmiştir. Oakley ve ark. (1981) tarafından geliştirilen bir denge yüzeydeki moleküllere bağlanma modeli ve Davies-Colley ve diğ. (1984), Poyang Gölü'nün sedimentlerindeki bakırın farklı jeokimyasal evreleri arasında bölünmesini öngörmek için uygulanmıştır. Koşullu denge sabitleri (adsorpsiyon izotermelerinin doğrusal kısımlarının eğimleri) çeşitli pH'larda yapay bir su-sediment sistemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu model Poyang Gölü'ndeki sediment örneklerinde ağır metal bölümlenmesini tanımlamak için kullanılmış ve tahmin edilen sonuçlar laboratuvarla ölçülenlerle tutarlı olarak ortaya konmuştur.

Foster vd. (1991) “**A comparative study of heavy metal contamination and pollution in four reservoirs in the English Midlands, UK**” adlı çalışmada gölsel ve flüvyal sediment kirlilik ve paleoekolojik analizlerden hareketle insan etkisine dayalı değerlendirmeler yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre son yüz elli yılda meydana gelen kirlilik; Pb, Cu; Ni, Zn ve Cd bakımından yüksek bir kirlilik konsantrasyonu söz konusudur. Ayrıca tüm çalışma lokalitelerinin de fosfor birikiminden kaynaklanan ötrofikasyon belirlenmiştir.

Makundi (2001) “**A study of heavy metal pollution in lake victoria sediments by energy dispersive x-ray fluorescence**” adlı çalışmada, Victoria Gölü kıyısındaki çökeller ve göle girmesi nedeniyle bazı akarsulardan elde edilen sedimanlar, Energy Dispersive X Ray Floresan analizi kullanılarak ağır metal içerikleri için analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, en az antropojenik aktiviteler olan Mwanza Kuzeyindeki çökeltilerin, karasal kökenli metallere (K, Ca, Ti, Mn, Fe, Rb, Sr, Y ve Zr) ek olarak Cr ve Co içerdiğini göstermektedir. Şehir merkezi olan Mwanza Central, yüksek konsantrasyonlarda V, Cu, Zn ve Pb içerir ve sanayi bölgesi olan Mwanza Güney'den toplanan örnekler en yüksek V, Cu,

Zn, As ve Pb konsantrasyonlarını içerir. Gölün içine deşarj edilen sanayi ve kanalizasyon atıklarının, Victoria Gölü'nün ağır metal kirlenmesinin ana kaynakları olduğu sonucuna varılmıştır. Sorumlu fabrikalar için politika uygulanmadan önce bu kirleticilerin insan ve su yaşamına olan zararlarını değerlendirmek için daha fazla çalışma yapılması gerekecektir.

Göller üzerindeki ağır metal kirliliği 1800'lerden günümüze artan sanayi etkinlikleriyle paralel bir şekilde artış göstermektedir. Tüm dünyada ağır metal kirliliği günümüzde ve gelecekte önemli bir çevresel tehdit oluşturmaktadır. İz elementler atmosferik ve karasal ortamlardan sucul ortamlara taşınmakta ve birikmektedir. Birçok endüstriyel ve zirai aktiviteler genellikle büyük oranda ağır metal içeren sıvı atıklar ve katı ve gaz emisyonları doğaya bıraktıklarında toprak, nehir ve göller kirletilir (Gatti, Mozeto ve Artaxo, 1999).

Jeolojik ayrışma ve biyolojik dekompozisyon gibi doğal kaynaklar ve antropojenik kaynaklar olarak tanımlanan metal ve madenlerin endüstriyel prosesleri, metal ve metal bileşenlerinin kullanımı, katı ve evsel atıklardan metallerin koparak ayrılması da kıyasal ortama iz metallerin ulaşmalarına sebep olurlar (Forstner ve Withmann, 1983; Park ve Presley, 1997).

Sutherland (1999) **“Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii”** adlı çalışmasında, ülke çapında örneklenen 117 dereden ve göl sistemlerinden Hawaii, Oahu'daki Manoa Deresi'nden balıklar sürekli olarak en yüksek Pb konsantrasyonlarını göstermiştir. Orantılı olarak Pb incelenen elementlerin en yüksek artık olmayan bileşenine sahiptir; baskın olarak Mn ve amorf Fe oksihidroksitler ile ilişkilendirilebilir seviyededir. Kirlenme sinyali tipik olarak, havzanın “etki edilmeyen” derenin üst kısmında (5,1 km'nin üzerinde), orta havzanın “konut” ve “ticari-kurumsal” atıklarla kirlenmiş bölgelerine göre daha düşüktü. Dip sedimentlerinin kirlenmesinin uzamsal paterni ve fırtına kanalizasyon-çıkış sedimentlerinden elde edilen kanıtlar, Pb'nin ve daha düşük bir seviyede diğer bazı metallerin hala akıma taşındığını ve birincil kirleticinin toprak erozyonu ve sedimentlere karışmış metallerin taşınması olduğunu güçlü bir şekilde göstermektedir. Tortu ile ilişkili metallerin birincil kaynağı motorlu taşıtların egzoz atıkları olarak kabul edilir, ancak diğer küçük kaynaklar göz ardı edilemez.

Hakanson (1980) “**An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control – A Sedimentological Approach**” adlı çalışmasında sulak alanlar, akarsular ve göllerde yapılan birçok ekolojik risk değerlendirmesini ortaya koymuştur. Hakanson’un çalışması; su kirliliği kontrol amaçları için bir teşhis aracı olarak kullanılmak üzere potansiyel bir ekolojik risk indeksi ortaya koymak, yani hangi göllere / havzalara ve maddelere özel dikkat gösterilmesi gerektiğini sıralamaktır. Sonuçlar büyüklük, kirlilik durumu, nütrient (besleyici) durumu vb. bakımından geniş bir yelpazeyi temsil eden 15 İsveç gölünde test edilmiştir.

Birçok ağır metal örneğin Zn, Mn, Cu, Cr, Ni, Co ve Mo yaşam için gerekli elementler olarak kabul edilirken; Hg, Pb, Cd, Ag ve Sn gibi metaller ise organizmaların büyük bir çoğunluğu için toksik özellik göstermektedir. Yaşam için gerekli olan metaller de eğer yüksek derişimlere sahip iseler onlarda biyolojik ortam üzerinde toksik etkilere sahip olabilirler. Birçok çalışma göl ekosistemlerinin antropojenik kaynaklardan gelen iz metaller tarafında kirlendiğine işaret etmektedir (Hu, Wang ve Zou, 2011; Yang ve Rose, 2005; Charlesworth ve Foster, 1999; Roach, 2005; Belzile, Chen, Gunn ve Dixit, 2004).

Göl sedimentleri göl ekosistemleri ve bölge içindeki çevresel değişimler açısından bir arşiv özelliğindedir. Bu nedenle dünya genelinde doğal çevresel değişimler veya insan etkilerini araştırmak için de kullanılmaktadır. Karotlar; göl ve havzasında endüstri öncesi zamanda meydana gelen olaylardan bilgiler içerir. Karotlarda kirleticiler gruplara ait düşey profiller genellikle “kirlilik kaydı” olarak kullanılır. Bu nedenle karotlar akuatik ekosistemlerin kirlilik tarihi hakkındaki çalışmalarda kullanılırlar (Yang ve Rose, 2005).

Çevik vd., (2009) “**Seyhan Barajı Yüzey Sedimanlarında Metal Kirliliğinin Zenginleşme Faktörü, Jeokümülyasyon İndeksi ve İstatistiksel Analizler Kullanılarak Değerlendirilmesi**” adlı çalışmada Seyhan barajındaki beş istasyondan yüzey sediment örnekleri 2004-2005 yılları arasında üç ayda bir toplanmış ve metal içeriği (Cr, Zn Cu, Mn, Cd, Fe, Ca, K ve Na), organik madde ve tane büyüklüğü açısından incelenmişti. Yapılan korelyasyon analizleri Seyhan Barajı sedimentinin metal içeriğinin organik madde ve tane büyüklüğünden etkilendiğini göstermiştir. Sonuçlar literatürde verilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Barajın metal kirliliği durumunun değerlendirilmesi, zenginleştirme faktörü ve jeokümülyasyon indeksi kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca tortu kalitesi kılavuz değerleri ile bir karşılaştırma da yapılmıştır. Zenginleştirme faktörüne dayanarak, baraj

sedimentleri Cd ile orta derecede şiddetli bir zenginleşme ve Cr ve Mn ile küçük zenginleştirme olarak tespit edilmiştir. Jeoakümülayon indeksinin sonuçları, Seyhan Barajı sedimentlerinin 1, 2, 4 ve 5. istasyonlarda kuvvetle kirlendiğini ve 3. İstasyonda Cd değerlerinin orta dereceli kirlenme gösterdiği tespit edilmiştir. Sonrasında sedimentteki Cd ve Cr konsantrasyonları, Cd için ERL hariç eşik etkisi konsantrasyon değerlerin üzerindedir.

Kazancı vd. (2010) **“Wind control on the accumulation of heavy metals in sediment of Lake Ulubat”** adlı çalışmanın temelinde, tatlısu gölü olan Ulubat Gölü’nün Geç Holosen boyunca ince-orta-taneli siltler ile dolduğu belirlenmiştir. Ulubat Gölü’nde birikim son 50 yıldır 1,6 cm yıl-1 olmuştur, ancak son bundan önceki 1.600 yıl boyunca sedimentasyon hızı daha düşüktür (yılda 0,37 mm.). Silt egemen litoloji ve dikey olarak homojen ağır metal dağılımları muhtemelen gölde sedimentasyonun rüzgâr kontrollü olduğunu göstermektedir. Büyük, dağlık bir drenaj havzasından taşınan heterojen çamur, çoğunlukla haziran-ekim aylarında, koşulların sıcak ve sakın olduğu gölde birikir. Kış ayları daha fırtınalı ve sığ su derinliği ve dalgaların göl tabanındaki etkisi nedeniyle çöktüler yeniden askıya alınmıştır. Yeniden askıya alınmış tortuların, özellikle ince taneli parçacıkların, ağır metallerle birlikte, özellikle yüksek göl seviyesinin olduğu dönemlerde, göl dışına taşınması muhtemeldir. Bu yeniden süspansiyon haline getirme ve çıkarma işlemi, muhtemelen göl sedimentlerinin silt baskınlığına ve ağır metallerde tükenmesine neden olmuştur. Tortu ve ağır metalleri ayırmada geniş sığ göllerin rolü, rüzgâr verileri göz önüne alındığında daha doğru bir şekilde açıklanabilmektedir.

Kentsel göllere kuru ve ıslak atmosferik depozitlerden, cadde tozları ve yüzey toprağından bir kısım katı artıklar içeren büyük oranda kentsel artıklarla meydana gelmektedir. Bu katı artıklar otomobil egzozu, kentsel uçucu tozlar ve kentsel atıklardan gibi çeşitli kaynaklardan ağır metal içerebilir (Hu ve diğer.,2011).

Vrhovnik vd. (2012) **“An evaluation of trace metal distribution and environmental risk in sediments from the Lake Kalimanci (FYR Macedonia)”** adlı çalışmalarında, Makedonya’nın doğu kesimindeki Kalimanci Gölü’nün kirlilik durumunu değerlendirmiştir. Madenciliğin göller üzerindeki etkilerini değerlendirmek için, resmi göl tortularındaki ana kaya ve iz element kirliliği incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre Cd, Pb, Zn ve As son derece yüksek zenginleşmeye sahiptir. Veriler, iz elementlerin

antropojenik kirleticilerin eklenmesi nedeniyle Kalimanci Gölü'ndeki yüzey sedimentlerinde yüksek konsantrasyonlara sahip olduğunu göstermiştir.

Swarnalatha vd. (2013) **“An investigation into the heavy metal burden of Akkulam-Veli Lake in south India”** adlı çalışmada Hindistan'ın güneyindeki sığ bir göl olan Akkulam-Veli Gölü'nün ağır metal yükü, yüzey sedimentlerinin analizi ile incelenmiştir. Seçilen istasyonlarda kurşun, krom, nikel, bakır, çinko, kobalt, demir ve manganez gibi ağır metallerin ortalama konsantrasyonları belirlenmiştir. Seçilen istasyonların kirlilik derecesi, zenginleştirme faktörü, kirlenme faktörü ve kirlilik yük endeksi gibi indeksler kullanılarak değerlendirilmiş ve sediment kalite kılavuzlarıyla karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analiz, nispeten homojen dağılım gruplarını tanımlamak için korelasyon analizi ve hiyerarşik kümeleme analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları seçilen istasyonların çoğunda ciddi kirlenme olduğunu göstermektedir. Gölün kirlenme derecesi, ‘orta’ ile ‘yüksek’ olarak değerlendirilebilir. Ortalama kirlilik yük endeksi, gölün su ortamında ve ekosistemlerinde “risk” olduğunu belirten tortu kalitesinde kademeli olarak bozulma olduğunu göstermektedir.

Kükrer vd. (2014) **“Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of northern littoral zone of Lake Çıldır, Ardahan, Turkey”** adlı çalışmada; çalışılan alanda yılın büyük bölümünde enerji kaynağı olarak fosil yakıtlar kullanılmakta ve yerleşim yerlerinden gelen evsel atıklar doğrudan göle deşarj edilmektedir. Bu atıkların Çıldır Gölü'ndeki ekolojik etkilerini kanıtlamak için ağır metal seviyeleri (Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe, As, Cd, Cr, Hg), organik karbon ve klorofil bozunma ürünleri incelenmiştir. Kasım 2012'de Çıldır Gölü'nün kuzey kıyısındaki altı sahadan sediman örnekleri alınmıştır. Zenginleştirme (EF) ve kontaminasyon faktörü (CF) değerleri belirlenmiş, Kirlilik Yükü (PLI) ve Potansiyel Ekolojik Risk (PER) indeksleri hesaplanmıştır. Sedimanlardaki ortalama ağır metal konsantrasyonları azalan sırada sırasıyla Fe> Mn> Zn> Ni> Cr> Cu> Pb> As> Cd> Hg idi. Ortalama değerlere göre tortu örneklerinde Cu, Pb, Zn, Ni ve Cr zenginleşme eksikliğinden dolayı bu elementlerin kaynağı doğal kabul edilebilir. As, Cd, Mn ve Hg'nin zenginleştirilmesiyle ilgili olarak, en yüksek EF, Hg'ye aittir. PLI ve PER değerleri, gölde orta düzeyde ekolojik risk olduğunu göstermektedir.

Kükrer vd. (2015) **“Distribution and environmental risk evaluation of heavy metal in core sediments from Lake Çıldır (NE Turkey)”** adlı çalışmada, Türkiye,

Çıldır Gölü'nden alınan karot örneklerinde ağır metallerin dikey dağılımını ve potansiyel ekolojik risklerini, organik karbon içeriği ve klorofil bozunma ürünleri ile incelemiştir. Kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde hizalanmış iki ana kesişim boyunca belirlenen altı numune alma istasyonundan numuneler toplanmıştır. Elde edilen sonuçlardan zenginleştirme (EF) ve kontaminasyon faktörü (CF), potansiyel ekolojik risk (PER) indeksi ve kirlilik yük indeksi (PLI) hesaplanmıştır. Pb, As ve Cd elementleri için orta seviyede kirlenme tespit edilirken, Mn için orta-yüksek konsantrasyon seviyesi elde edildi. En yüksek kontaminasyon seviyesi Hg için bulundu. Özellikle yüzey çökeltilerinde bir kirlenici birikimi mevcuttur. Sadece Cd ve Hg, gölde potansiyel bir risk faktörü olarak kabul edilen metallerdir.

Kükrer, (2016) **“Tortum Gölü Yüzey Sedimentlerindeki Metal Birikiminin Ekolojik İndeksler Yolu ile Kapsamlı Risk Değerlendirmesi”** adlı makalesinde, Tortum Gölü yüzey sedimentindeki bazı ağır metallerin birikiminden kaynaklanan ekolojik riskler zenginleşme faktörü (EF), kontaminasyon faktörü (CF), kirlilik yük indeksi (PLI), potansiyel ekolojik risk indeksi (PER) ve ortalama muhtemel etki konsantrasyonu oranı (mPEC-Q) indeksi kullanılarak değerlendirilmiştir. Van Veen Grap kullanılarak altı istasyondan sediment örnekleri toplanmış ve sedimentin ağır metal ve organik karbon içeriği belirlenmiştir. Sonuçlara göre sedimentte düşük-orta düzeyli kontaminasyon tespit edilmiştir. Bölgede kullanılan fosil yakıt kullanımından dolayı olduğu tahmin edilen en yüksek EF değeri Cd 'ye aittir. PLI ve PER değerleri gölde ağır metallere bağlı düşük ekolojik risk işaret ederken, mPEC-Q değerleri Gölü %15-29 risk ile düşük-orta öncelikli alan olarak değerlendirmektedir.

Kükrer, (2017) **“Pollution, source, and ecological risk assessment of trace elements in surface sediments of Lake Aktaş, NE Turkey”** adlı çalışmasında, Aktaş Gölü çökellerinde her bir metalin oluşturduğu antropojenik temelli metal zenginleştirmesini ve potansiyel ekolojik ve ekotoksikolojik riskleri belirlemek için ekolojik endeksler uygulamaktadır. Aktaş Gölü Türkiye sınırındaki dokuz istasyondan (St1-St9) sediman örnekleri toplandı ve ağır metal, toplam organik karbon%, CaCO₃%, klorofil bozunma ürünleri (klorofil- α), toplam kükürt% ve toplam fosfat içeriği% sediman örneklerinde tespit edilmiştir. Ağır metallerin ekolojik etkilerine ışık tutmak için zenginleştirme faktörü (EF), kirlilik yükü ve potansiyel ekolojik risk (PER) endeksleri hesaplandı. Metal içeriği azalan sırada Al> Fe> Mn> Zn> Ni> Cr> Cu> Pb> As> Cd> Hg

olarak sıralanmıştır. EF değerleri Cu için 0,87–1,0, Pb için 1,04–1,14, Zn için 1–1,08, Ni için 0,99–1,24, Fe için 0,89–0,93, As için 0,82–1,0, için 0,96–1,19 aralığındaydı Cd, Cr için 0,94–1,0 ve Hg için 1,42–1,90. Hg için minimum kontaminasyon bulundu. Kirlilik yükü, PER ve toksik risk endeksleri şu anda hiçbir ekolojik risk göstermedi. Bununla birlikte, ayrı ayrı metaller için PER indeksi dikkate alındığında, Hg için orta derecede bir potansiyel risk tespit edilmiştir. Çok değişkenli istatistiksel analizlerden elde edilen veriler, Hg ve Mn'nin atmosferden kaynaklandığını, diğer elementlerin ise litojenik kaynaklara sahip olduğunu göstermektedir.

Alak vd. (2017) **“New Findings of Existence Anthropocene in Recent Sediments at Marmara and Black Sea Coast”** adlı çalışmada; Sanayileşme, fosil yakıtların kullanımı, kontrolsüz tarım ve buna benzer insan etkinlikleri her geçen gün artmakta, bu etkinlikler sonucunda doğada birtakım değişiklikler ve antropojenik kirlilikler meydana gelmektedir. Bu çalışma kapsamında, Marmara’da İzmit Körfezi (IZC-01), Karadeniz’de Sürmene (SC-01) ve Hopa (HC-01) kıyılarından alınan karot örnekleri, antropojenik kirliliğin varlığının araştırılması adına, litolojik, sedimantolojik, paleontolojik ve jeokimyasal açıdan incelenmiş, her bir karottan 15 numune olmak üzere toplamda 45 örneğin As, Ba, Pb, Cd, Cr, Ni, Ti ve Zn gibi ağır metal konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Karot örneklerindeki As, Ba, Pb, Cr, Ni ve Zn elementlerinin analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan PLI (Kirlilik Yükü İndeksi; Pollution Load Index) kirlilik değerleri, İzmit Körfezi için 3.255, Sürmene ve Hopa’da sırasıyla 2.195 ve 1.706 olarak ölçülmüştür. Hesaplanan PLI değerleri sonuçları, İzmit Körfezi’nin kabul edilir kirlilik seviyesinin üzerinde, Sürmene ve Hopa’nın ise kirli olmalarına rağmen nispeten daha az kirli olduğunu göstermektedir. Bunun yanında EF (Zenginleşme Faktörü; Enrichment Factor) değerleri, İzmit Körfezi’nde As, Ni ve Cr elementlerinin belirgin bir zenginleşme, Pb ve Zn elementlerinin ise orta derecede zenginleştiğine işaret eder. Sürmene ve Hopa lokasyonlarında ise As, Ba ve Cr gibi elementler yetersiz zenginleşme gösterirken, Ni, Pb ve Zn elementlerde belirgin bir zenginleşme olduğu gözlenmiştir. Marmara karotu özelinde kirliliğe bağlı gelişmiş jips kristalizasyonu da dikkat çekicidir. Karotlardaki paleontolojik bulguların bolluğu ve çeşitliliği de kirlilik oranlarıyla uyumlu şekilde azalıp artar. Her 3 karotta da derine gidildikçe Pb, Zn, Cr ve As gibi elementlerin konsantrasyonlarında bir azalma olduğu görülmüş ve bu azalmaların anomali verdiği seviyelerden alınan kavrıkların radyokarbon yaşları sırasıyla Sürmene’de 420 ± 55 (GÖ),

Hopa’da 500 ± 50 (GÖ) olarak elde edilmiştir. Ayrıca bölgede yapılan diğer sedimantasyon hızına dayanan çalışmaların sonuçları ile bu yaşlar uyumluluk gösterir. Belirlenen bu yaş aralıkları Antroposen’in başlangıcı ile ilgili literatürdeki görüşler ile karşılaştırılmış ve değişimlerin bariz bir şekilde gözlemlendiği seviyeler, olası Antroposen sınırı olarak yorumlanmıştır.

Uludağ vd. (2018) “**Anthropogenically-induced ecological risks in Lake Erikli, NW Turkey**” adlı çalışmada, Erikli Gölü’nden alınan karot örneklerindeki ağır metallerin dikey dağılımı ve potansiyel ekolojik riskleri incelenmiştir. 48 ve 34 cm uzunluğunda iki karot numunesi bir Kajak gravite çekirdek numune alıcısı ile alınmıştır. Örnekler laboratuvarında 2 cm’lik alt örneklerle bölünmüş ve ICP-MS kullanılarak analiz edilmiştir. Sedimentin çevresel kalitesini değerlendirmek için zenginleştirme faktörü (EF), potansiyel ekolojik risk faktörü (PERI) ve kirlilik yük indeksi (PLI) hesaplanmıştır. Sonuçlara göre Cu, Pb, Zn, Ni ve Cr her iki çekirdekte de doğal kaynaklardan gelmektedir ve bu elementlerin dağılımına antropojenik bir katkı yoktur, As, Cd ve Hg için bazı antropojenik etkiler tespit edilmiştir. Her metal için hesaplanan risk indeksine (CRI) göre Cu, Pb, Zn, Ni, As ve Cr potansiyel riski düşüktür. Ekosistem için tehdit oluşturan iki metal belirlendi; Cd ve Hg. EF ve PERI değerlerine göre PLI değerleri dilimin altından yüzeye doğru önemli ölçüde artmıştır. Evsel atıkların Erikli Gölü’ne pompalanmasına devam edilmesi, bozulma sürecini hızlandıracak belirtilmiştir.

Kükrer (2018) “**Vertical and horizontal distribution, source identification, ecological and toxic risk assessment of heavy metals in sediments of Lake Aygır, Kars, Turkey**” adlı çalışmada, Göldeki ağır metal dağılımını, olası kaynakları ve olası ekolojik ve toksik riskleri belirlemek için Türkiye Aygır Gölü’nden yüzey sedimanları ve karot örnekleri alınmıştır. Ağır metaller, toplam kükürt, toplam fosfat, toplam organik karbon, klorofil bozunma ürünleri ve CaCO_3 içeriği belirlenmiştir. Zenginleştirme faktörü, PLI, potansiyel ekolojik risk indeksi ve toksik risk indeksi hesaplandı. Zn’nin yüzey çökeltisinde en yüksek birikime sahip olduğu belirlendi ve bunu sırasıyla Cr, Pb ve Cd izledi. Cd, kritik değeri olan 40’ı aşan ve orta düzeyde potansiyel ekolojik risk oluşturan tek unsurdur. TRI’ye göre ekotoksik risk bulunmadı. Göl çevresinde kentleşme, sanayileşme ve tarımsal faaliyetlerin olmaması nedeniyle ağır metallerin birikiminden yerel fosil yakıt tüketiminin sorumlu olduğu düşünülmektedir.

Kükrer vd. (2019) **“Assessment of surface water quality using water quality index and multivariate statistical analyses in Saraydüzü Dam Lake, Turkey.”** Adlı çalışmasında Sinop il sınırları içerisinde bulunan Saraydüzü Baraj Gölü yüzey sularında su kalitesinin tespiti için 1 yıl süreyle gözlem yapılmıştır. Su kalitesini belirlemek için kullanılan temel 28 değişken, altı istasyonda aylık olarak ölçüldü. Ayrıca sulama suyu kalitesi incelenmiştir. Bunun için sodyum absorpsiyon oranları (SAR), sodyum yüzdesi ve artık sodyum karbonat (RSC) değerleri hesaplandı. Göldeki WQI değerleri 17,62 ile 29,88 arasında bulunmuştur. Su kalitesi parametreleri her ay ve tüm istasyonlarda önerilen sınır değerleri aşmamıştır. Bu değerlere göre Saraydüzü Baraj Gölü suyu içme suyu kalitesi açısından 'çok iyi' sınıfa girmektedir. Elde edilen sonuçlar göldeki ekosisteme zarar verebilecek nitrojen veya fosfat girdilerinin olmadığını ve organik maddenin bozunma sürecinde aşırı oksijen tüketiminden kaynaklanan düşük / yetersiz ortam oksijen koşullarının olmadığını göstermiştir. SWQR'ye göre bazı ağır metaller dışında tüm su kalitesi parametreleri izin verilen sınırların oldukça altındadır. Cu, Zn ve Fe'nin limit değerleri aştığı görüldü. Sulama suyunun su kalitesi, SAR ve sodyum yüzdesi açısından iyi bulunurken, RSC'nin yıl içinde değişen niteliklere sahip olduğu ve bazı aylarda sulamaya uygun olmadığı görülmüştür. Faktör analizi (FA), pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, askıda katı madde (SSM), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD), toplam sertlik (TH), toplam alkalinite (TA), kalsiyum, nitrat, amonyum, cıva sonuçlarına göre SWQR'ye göre bazı ağır metaller dışında ekosistem kalite parametrelerindeki süreçlerden sorumlu ana değişkenler çözünmüş oksijen olup, izin verilen sınırların oldukça altındadır. Cu, Zn ve Fe'nin limit değerleri aştığı görüldü. Sulama suyunun su kalitesi, SAR ve sodyum yüzdesi açısından iyi bulunurken, RSC'nin yıl içinde değişen niteliklere sahip olduğu ve bazı aylarda sulamaya uygun olmadığı görülmüştür. Faktör analizi (FA), pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, askıda katı madde (SSM), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD), toplam sertlik (TH), toplam alkalinite (TA), kalsiyum, nitrat, amonyum, cıva sonuçlarına göre ve çözünmüş oksijen, ekosistemdeki süreçlerden sorumlu ana değişkenler olarak belirlenmiştir.

Fural vd. (2019) **“Temporal and Spatial Disturbition of the Organic Carbon Content in Sediments of İkizcetepeler Dam Lake (Balıkesir)”** adlı çalışmasında İkizcetepeler Barajı tabanından alınan yüzey çökeli ve karot örneklerinde organik karbon konsantrasyonlarının zamansal ve mekansal değişimlerini saptamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Organik karbon sulak alanlarda belirli bir miktarın üzerinde

bulunduğunda kirliliğe yol açmakta ve ortamdaki çözünmüş oksijeni azaltarak diğer canlıların yaşamını risk altına sokmaktadır. Bu nedenle sulak alanlardaki organik karbon miktarının zamansal ve mekansal dağılışının tespit edilmesi son derece önemlidir. Çalışma kapsamında toplanan yüzey ve karot örneklerinde titrasyon yöntemiyle elde edilen veriler Arc – Map 10.5 yazılımı kullanılarak mekansal dağılış haritası ve zamansal dağılış grafiklerine dönüştürülmüştür. Elde edilen tüm bulgular değerlendirildiğinde organik karbon miktarının Kille Çayı, Koca Çay ve Çınarlı Dere ağzı ile eski yerleşim yerlerinin bulunduğu örneklem noktalarında en yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. Zamansal dağılışa göre en yüksek değerler 5 – 10 cm dilimleri arasında tespit edilmiştir. Bu durum organik karbonun Bağrsak Dere dışındaki akarsular tarafından havza içerisinden taşınarak baraja deşarj edildiğini ve deşarjın son yıllarda maksimum düzeye çıkarak günümüzde azalma eğilimine geçtiğini göstermektedir. İkizcetepeler Baraj Gölü çevresinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları, mevcut literatür verileri ve analitik prosedürlerden elde edilen verilere göre barajda organik karbon kökenli kirliliğe rastlanmamıştır.

Kükrer ve diğerlerinin (2020) **“Ecological risk assessment of surface sediments of Çardak Lagoon along a human disturbance gradient”** adlı çalışmalarında, Türkiye'nin Marmara bölgesindeki Çardak Lagünü'nün yüzey tortu metal dağılımlarını ölçmek, doğal ve antropojenik kaynaklarını ve taşıma mekanizmalarını karakterize etmek ve potansiyel ekolojik risklerini değerlendirmek amaçlanmaktadır. Yüzey tortu örnekleri Van Veen kepçe kullanılarak 11 istasyondan toplanırken, arka plan değerlerinin belirlenmesi için iki istasyondan karot örnekleme kullanılmıştır. Sedimanları karakterize etmek için çoklu elementlerin, toplam organik karbon, karbonat ve klorofil bozunma yan ürünlerinin analizleri gerçekleştirilmiştir. Yüzey sedimanlarının ekolojik durumunu değerlendirmek için zenginleştirme faktörü ve potansiyel ekolojik ve toksik risk endeksleri uygulanmıştır. Lagün sedimanlarındaki Au ve Hg'nin zenginleşmesinden yakın civardaki altın madeninin işletilmesinin sorumlu olduğu tespit edilmiştir. Cd, Tl, Sb ve Sr zenginleştirmeden sorumlu diğer unsurlardır. Lagünün potansiyel risk seviyeleri, düşük ve önemli seviyeler arasında değişmektedir. En riskli unsurların Hg ve Cd olduğu tespit edilmiş ve bu da en baskın insan rahatsızlığı olarak madencilik ve tarım faaliyetlerine işaret etmektedir. Çardak Lagünü'nün toksik risk endeksinin 5,21 ile 11,00 arasında değiştiği ve düşük ortalama değerin 7,98 olduğu tahmin edilmektedir. C: N oranı aralığı

8.52 ila 134.93 (ortalama 29.07), organik C kaynağının çoğunlukla karasal kökenli olduğunu, özellikle de çevredeki tarım arazilerinden geldiğini göstermiştir.

Fural vd. (2020) **“Geographical information systems based ecological risk analysis of metal accumulation in sediments of İkizcetepeler Dam Lake (Turkey)”** adlı çalışmalarında, İkizcetepeler Baraj Gölü'ndeki yüzey tortu örneklerinden mekansal dağılım, potansiyel ekolojik riskler ve olası metal konsantrasyon kaynakları, organik karbon, klorofil bozunma ürünleri ve CaCO₃ içeriğini ekolojik-toksikolojik indeksler, çok değişkenli istatistiksel analiz ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanarak analiz edilir. Baraj Gölü'nden bir çekirdek örneği ve 32 yüzey çökeltisi, havzadaki çeşitli noktalardan ise yedi litolojik örnek alınmıştır. Barajın inşa edilmesinden günümüze kadar olan dönemden Baraj Gölü'ndeki antropojenik etkileri belirlemek için zenginleştirme faktörü (EF), kirlilik faktörü (CF), jeoakümülyasyon indeksi (Igeo), toksik risk indeksi (TRI) ve kirlilik yük indeksi (PLI) indeksleri litolojik arka plan değerlerine göre hesaplandı. Değiştirilmiş ekolojik risk (mER) ve değiştirilmiş potansiyel ekolojik risk (mPER) çekirdek örnek ve litolojik arka plan değerlerine göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu nedenle, Antroposen sırasında ekolojik risk, çekirdek örnek değerleri kullanılarak belirlendi. Sonuçlar Ni (6.93), As (3.88), Cr (2.86), Mn (2.54), Hg (2.34) ve Cd'nin (2.04) orta düzeyde zenginleşmesine ve Pb (1.20), Cu'nun düşük düzeyde zenginleşmesine işaret etti. (1.15), Zn (1.08) ve Fe (0.80). Ekolojik risk litolojik arkaplan değerlerine göre Hg (94)> Cd (61)> As (38)> Ni (35)> Cu (5.98)> Cr (5.72)> Pb (5.68)> Zn (1.07) olarak listelenmiş ve çekirdek arka plan değerlerine göre Hg (59)> Cd (29)> As (9)> Ni (8)> Cu (7)> Pb (5)> Cr (2.97)> Zn (1.42) olarak. Hg (94) için önemli düzeyde ekolojik risk, Cd (61) için orta düzey ekolojik risk ve As (38) ve Ni (35) için orta ila orta düzey ekolojik risk belirlenmiştir. Diğer tüm metaller için risk düşüktür. Çekirdek örnek arka plan değerlerine göre, ekolojik risk Hg (81) için en önemli seviyenin en alt sınırındaydı, Cd için orta (50) ve diğer metaller için düşüktür. Genel olarak, bu, sırasıyla çekirdek ve litolojik arka plan değerlerine göre İkizcetepeler Baraj Gölü'nde düşük (123) ve orta (201) potansiyel ekolojik riske işaret etmekte olduğu sonucuna varılmıştır.

2.2.2. Göl Ekolojisi, Metaller Üzerine Araştırma Sahasındaki Göllerle İlgili Çalışmalar

Dinçer vd. (2006) **“Gala Gölü sularında-Sedimentinde bulunan bazı ağır metal konsantrasyonları ve kirlilik kaynakları”** isimli çalışmada, önemli bir rekreasyon alanı, içme suyu ve sulama kaynağı olan Gala Gölü’nden toplanan su ve sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları (Cd, Pb, Zn, Mn, Co, Cu ve Fe) atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçlarında Gala Gölü çevresinden elde edilen toprak örneklerinde, özellikle su kaynaklarının yakınındaki bölgelerden toplanan örneklerde kobalt ve nikel düzeyleri yüksek bulunmuştur. Gala Gölü’nden alınan tortu örneklerinde; Cd, Mn, Pb ve Cu, su örneklerinde ise; Cd, Mn, Co ve Cu, Türkiye ve Dünya standartlarında kabul edilebilir sınırların üzerinde bulunmuştur.

Elipek vd. (2010) **“Analysis of Benthic Macroinvertebrates in Relation to Environmental Variables of Lake Gala, a National Park of Turkey”** adlı çalışmada; Gala Gölü’nde (Enez/Edirne), Mart 2004 ve Ocak 2005 tarihleri arasında bir yıl boyunca aylık periyotlarla 4 farklı istasyondan örneklemeler yapıldır. Örnekleme istasyonlarında, m²’de ortalama 1.628 bireyden oluşan; “Oligochaeta”, “Chironomidae” ve “Diğerleri” olarak gruplanan, toplamda 49 zoobentik taxaya ait örnek saptanmıştır. Çalışma, bentik makroomurgasızların büyük bir kısmını, %57 bollukla temsil edilen chironomid larvalarının oluşturduğunu göstermiştir. Bunu, %34 bollukla oligoketler ve %9 bollukla “diğerleri” grubunun izlediği belirlenmiştir. Türlerin aşırı avlanması, tarım alanlarından kaynaklanan kirlilik, artan çökeltiler, göl çevresindeki su bitkilerinin imhası, habitat kaybı ve baraj ve su saptırma yoluyla değişim sulak alanlardaki sudaki biyolojik çeşitliliğin azalmasına katkıda bulunmaktadır. Sonuç olarak, değerli su kaynakları hem doğal hem de çevresel değişikliklere giderek daha duyarlı hale gelmektedir. Bu nedenle, gölün su yaşamını korumak, doğa dengesini korumak ve gelecek nesiller için kaynakların kullanılabilirliğini desteklemek için gereklidir sonucuna varılmıştır.

Tokatlı (2017) **“Dünya çapında önemli bir sulak alandaki sedimentte toksik metallerin biyoeekolojik ve istatistiksel risk değerlendirmesi: Gala Gölü Milli Parkı (Türkiye)”** adlı çalışmada Gala Gölü’nün, göl çevresinde gerçekleştirilen tarımsal etkinliklerden ve Ergene Nehri vasıtasıyla endüstriyel deşarjlardan kaynaklanan önemli bir antropojenik baskı altında olduğunu söylemiştir. Yaptığı çalışma sonucunda PCI

sonuçlarına göre, araştırılan toksik elementler arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde anlamlı pozitif korelasyonlar kaydedilmiştir. FA sonuçlarına göre, “Tarımsal Faktör” ve “Endüstriyel Faktör” olarak adlandırılan iki faktör toplam varyansın %86,6'sını açıklamıştır. Potansiyel Ekolojik Risk Endeksi sonuçlarına göre kadmiyum en yüksek risk faktörü, Biyolojik Risk Endeksi sonuçlarına göre Gala Gölü ve Sulama Kanalı için nikel ve krom en yüksek risk faktörü olarak bulunmuştur. Bu çalışmanın sonucunda Gala Gölü Milli Parkı sedimnentlerindeki ağır metal içeriğinin kritik seviyelere ulaştığı ve sistemin tarımsal ve endüstriyel kaynaklı kirlenmenin etkisi altında olduğu tespit edilmiştir

Kükrer vd. (2019) **“Historical record of metals in Lake Küçükçekmece and Lake Terkos (Istanbul, Turkey) based on anthropogenic impacts and ecological risk assessment”** adlı çalışmada, İstanbul'un farklı bölgelerinde bulunan ve farklı çevresel faktörlerden etkilenen Küçükçekmece ve Terkos göllerindeki metal ve organik karbonun dikey dağılımını belirlenmesi hedeflemişlerdir. Amaç aynı zamanda metal girdisini, kaynaklarını ve son 700 yıldaki ekolojik riski belirtmektir. Analiz için, her bir gölün dibinden sediment karot örnekleri alınmış, 2 cm'lik bölümlere dilimlenmiş ve çoklu elementler, organik karbon, karbonat ve klorofil bozunma ürünleri için analiz edilmiştir. Küçükçekmece Gölü'nün evsel ve endüstriyel kirlilik tehdidi altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, İstanbul'da son yirmi yıldır doğal gaz tercih edilen yakıt olmuştur ve bu kirlenici profilini değiştirmiştir. Öte yandan, Terkos Gölü yakındaki tarım alanlarında gübre kullanımı nedeniyle olası Mn, P ve As girdileri riskleriyle karşı karşıyadır

Çalışma sonucunda; İstanbul'un kuzeyinde ve güneyinde bulunan Terkos ve Küçükçekmece göllerinden alınan karot örneklerinden, antropojenik kirlilik indeksleri kullanılarak metal konsantrasyonları tarihsel değişim açısından incelenmiştir. Bu sonuçlardan Küçükçekmece Gölü'nün evsel ve endüstriyel kirlilik nedeniyle tehdit altında olduğu; bununla birlikte, yeni atık su arıtma tesisinin kömür kullanımındaki azalmayla birlikte faydalı etkisi, karot boyunca metallerde yüzeysel tortuya kadar bir düşüş gösteren karot çizelgesi izlenebilir. Ancak, organik kirlilik hala bir sorundur. Bu sorunu çözdükten sonra, göldeki kirlilik baskısı tamamen azaltılacaktır. Buna karşılık, Terkos Gölü, çevre tarım alanlarında gübre kullanımından kaynaklanan Mn, P ve As kontaminasyonu nedeniyle olası risk altındadır. Mevcut potansiyel ekolojik risk yüksek olmasa da gelecekte göl rezervuarının tehlikeye girmesini önlemek için önlemler alınmalıdır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

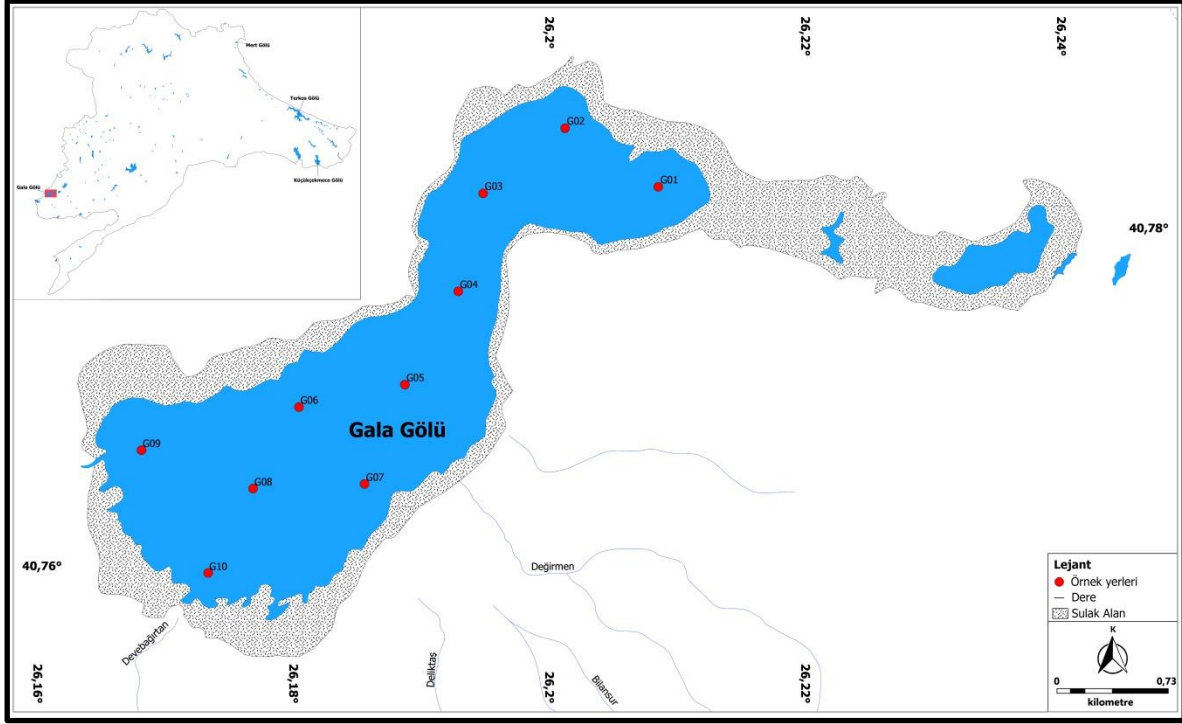
3.1.1. Arazi Çalışmaları ve Örnekleme

Analizler için çalışılan dört gölün yüzey sediment örnekleri (toplam 41 adet), 2016 yılı Ekim – Kasım aylarında, her gölden belirlenen 10 istasyondan Van Veen Grab kullanılarak toplanmıştır (Şekil 3.1).

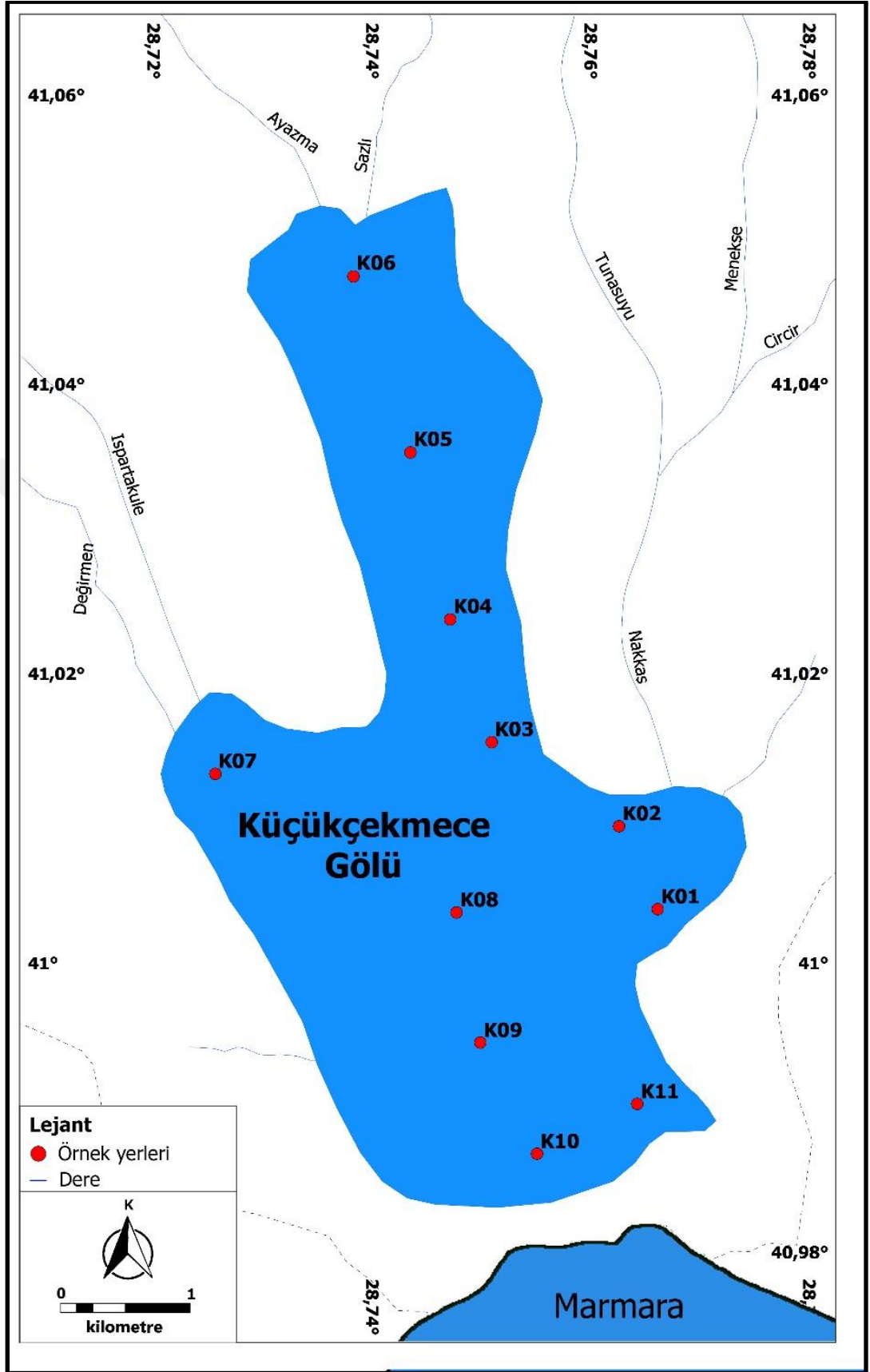


Şekil 3.1. Tez konusu kapsamında belirlenen 4 gölden Van Veen Grab yöntemi kullanılarak örneklerin toplanması

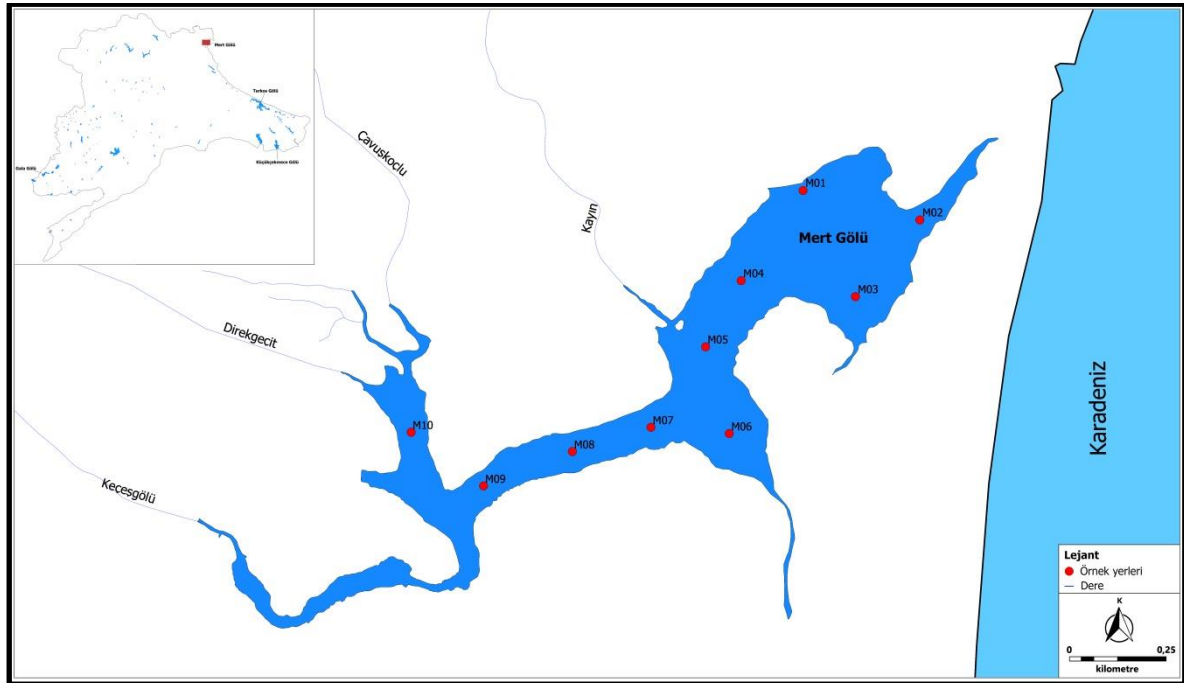
2016 yılı 15 Ekim tarihinde Gala Gölü (Şekil 3.2), 16 Ekim tarihinde Küçükçekmece Gölü (Şekil 3.3), 12 Kasım tarihinde Mert Gölü (Şekil 3.4) ve son olarak 13 Kasım tarihinde Terkos Gölü (Şekil 3.5) tabanından alınan yüzey sedimentine ait örneklem noktaları homojen bir şekilde seçilmeye çalışılmıştır.



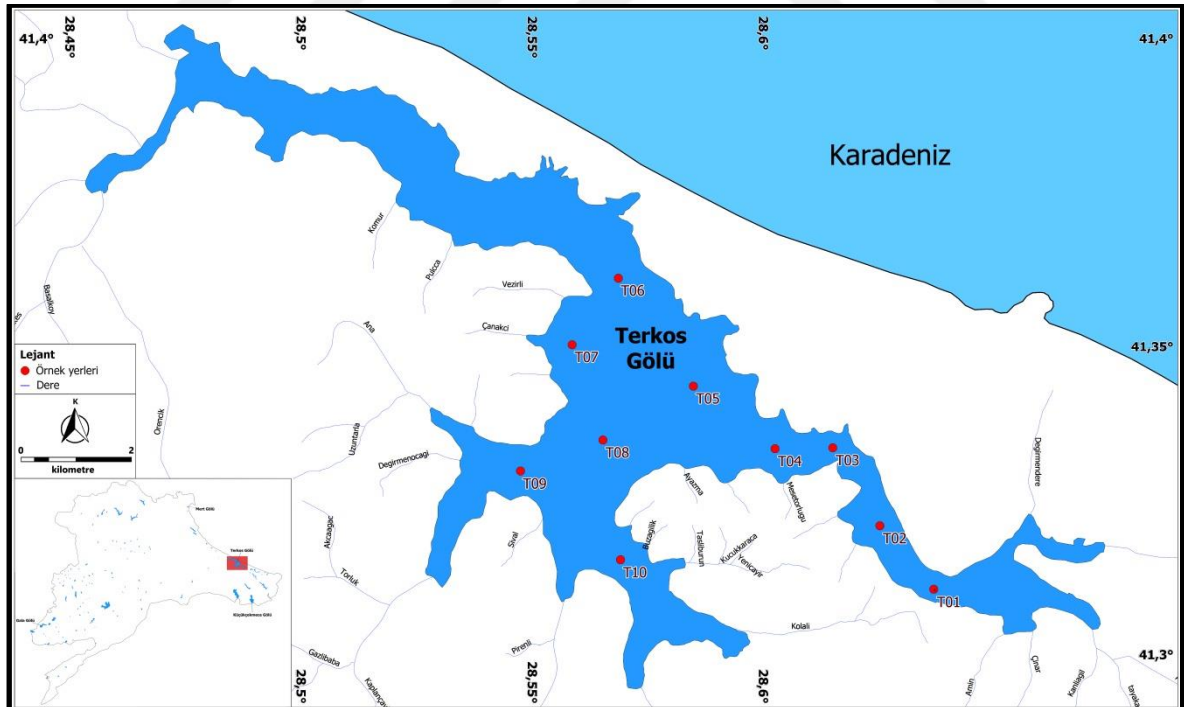
Şekil 3.2. Gala Gölü tabanından toplanan örneklerin konumları.



Şekil 3.3. Küçükçekmece Gölü tabanından toplanan örneklerin konumları.

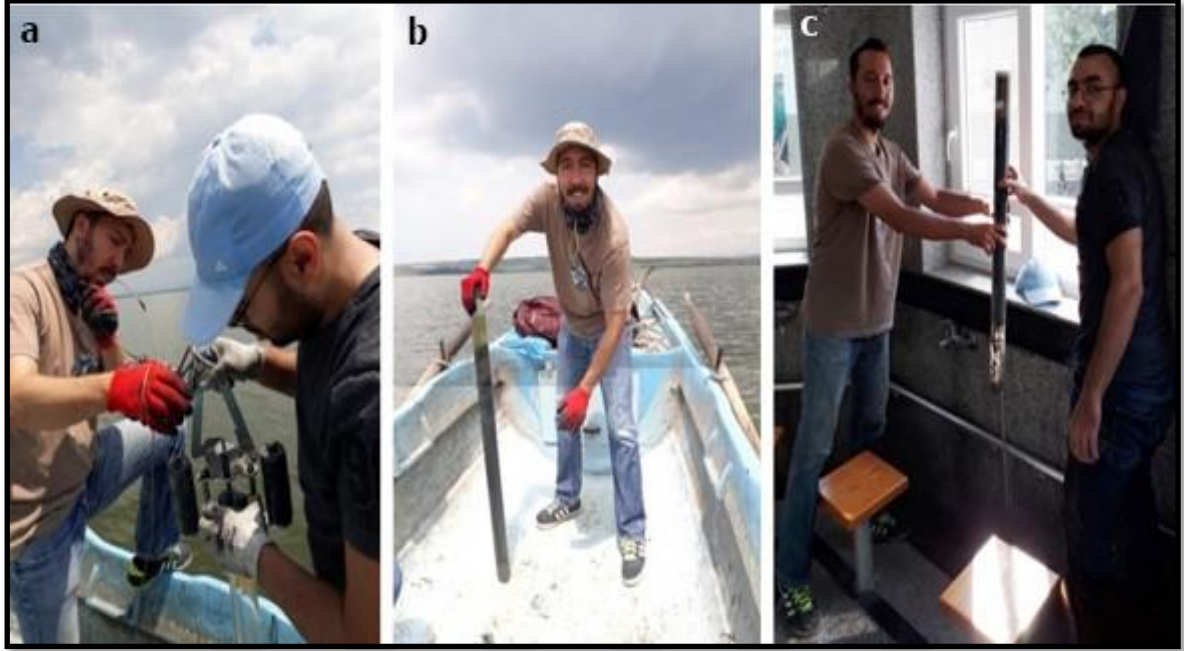


Şekil 3.4. Mert Gölü tabanından toplanan örneklerin konumları.



Şekil 3.5. Terkos Gölü tabanından toplanan örneklerin konumları.

Bunun yanı sıra 29 Temmuz 2017 ve 5 Ağustos 2017 tarihlerinde Gala Gölü ve Mert Gölü'nden yaklaşık 45 cm uzunluğunda yüzey sedimenti karot örnekleri alınmıştır (Şekil 3.6). Alınan karot örnekleri 5 ve 2 cm'lik aralıklarla kesilerek ayrılmıştır.



Şekil 3.6. Çalışılan göllerde sıg sediment karotlarının alınması (a- Karot mekanizmasının kurulması, b- dipten alınan karot örneğinin saklanması, c- Örneğin tüpten çıkarılarak 2 cm'lik parçalara ayrılması).

3.2. Metod

3.2.1. Örneklerin Toplanması

Tez kapsamında Gala, Küçükçekmece, Mert ve Terkos göllerinde seçilmiş olan istasyonlardan grap yardımıyla sediment örnekleri alınmıştır. Numune alımları 2016 ve 2017 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Alınan numunelerin bir kısmı organik karbon analizi için kurutulup saklanırken, klorofil bozunma ürünleri için kullanılacak olan kısmı 2 gramdan az tartılarak yaş halde asetonla ekstrakte edilerek bir gece bekletilmiştir. 24 saat sonunda sediment ve aseton süzme yöntemiyle birbirinden ayrılmış ve elde edilen sıvı spektrofotometrede 667 ve 750 nanometre dalga boylarında okunarak klorofil bozulma ürünleri aşağıdaki formülle tespit edilmiştir (Lorenzen 1971).

$$\text{Klorofil bozunma ürünleri} = 18,7 \cdot (\text{ABS}_{667} - \text{ABS}_{750}) \cdot V / g \cdot l \quad (3.1.)$$

V: aseton hacmi, g: sediment ağırlığı, l: ışık yolu

Organik karbon için kurutulup saklanan sediment örnekleri analizden önce havanda dövülerek inceltilmiş ve analizler Wakley-Black titrasyon metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Bu metod yardımıyla değerlendirilen sedimentlerin içindeki organik karbon miktarı yüzdelik (%) ölçekte hesaplanmıştır (Gaudette vd. 1974). Bunun için 0,2-0,5 gram örnek alınarak 500 ml'lik erlene yerleştirildi, 10 ml 1 N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ilave edilip karıştırıldı. 20 ml derişik sülfürik asit ilave edilerek yaklaşık 1 dakika çalkalandı, Blank ve örnekler 30 dakika bekletildi. Sürenin sonunda örnek hacmi saf su ile 200 ml ye seyreltildi, 10 ml %85'lik H_3PO_4 , 0,2 gram NaF ve 15 damla difenilamin indikatörü ilave edildi. Çözelti 0,5 N amonyum demir sülfat çözeltisi ile geri titre edilerek renk brilliant yeşiline çevrilmiştir. Tüm bu analiz sonucunda sarfiyat denklemde yerine konarak organik karbon miktarı hesaplanmıştır.

$$\% \text{ organik karbon} = 10(1 - T/S) (1.0 \text{ N}(0003)(100/W) \quad (3.2.)$$

T: sarfiyat, S: Blank için sarfiyat T/S faktörü demir çözeltisinin normalitesinin etkisini yok etmiştir.

3.2.2. Örneklerin Hazırlanması

Bu çalışma kapsamında arazi çalışmalarından toplanan 41 adet yüzey sedimenti ve 2 adet karot kesitinden elde edilen numuneler, Ardahan Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarlarında bulunan ve Coğrafya Bölümüne ait olan Hidrobiyoloji ve Sedimentoloji Analiz Laboratuvarında incelenmiştir. Yukarda adı geçen dört gölden toplanan örneklerin organik karbon tayini, klorofil tayini ve karbonat ölçümleri de yapılmıştır. Çalışma kapsamında seçilen dört gölden alınan örneklerin bir kısmı petri kutularına aktararak, etüv cihazı içerisinde 60°C sıcaklıkta 48 saat süre ile kurutulmuştur.

Sonrasında örnekler havan ile dövülerek, 0,250 mikron inceliğinde elekten geçirilmiş ve isimlendirilerek küçük kilitli örnek poşetlerine ayrılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Alınan örneklerin kurutulması ve sonrasında analizlere hazır hale getirilmesi: (a) Alınan örneklerin kurutma işlemi öncesinde petri kaplarına konması, b) Örneklerin etüvde kurutma işlemi, c-d) Porselen havanda kurutulmuş örneklerin dövülmesi.)

3.2.3. Anaziller

Toplanan örneklerden gerçekleştirilen analizler aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

Organik Karbon Tayini

Sediment örnekleri içerisindeki organik materyaller, metallerin taşınma süreçlerinde önemli bir etkiye sahipti. Dolayısıyla, metallerin kaynak tespitlerinin doğru yapılması için organik karbon analizlerinin yapılması son derece önem teşkil eder (Zhang, vd., 2016). Çalışılan örneklerdeki organik karbon miktarının belirlenmesi ve göl tabanındaki mekânsal dağılışının tespit edilmesi için Walkley Black Titrasyon yöntemi kullanılarak organik karbon analizi gerçekleştirilmiştir (Walkley ve Black, 1934). İlk olarak hazırlanan 41 adet yüzey örneği, ortalama 0,2 gr miktarlarda tartılıp ayrılarak, cam erlenler içerisine konulmuştur (Şekil 3.8). Sonrasında numunelerin organik karbon tayini aşağıda belirtilen sıralama ile yapılmıştır.

Tepkime süreçleri;

Lanoratuvar analizleri öncesinde, 1N $K_2Cr_2O_7$: 49.4 g $K_2Cr_2O_7$ distile suda çözülüp 1 L'ye tamamlanmıştır. 0.5 N Demir amonyum sülfat çözeltisi: 196.1 g Fe $(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 20 ml derişik H_2SO_4 içeren 800 ml suda çözülüp ve 1L'ye tamamlanmıştır. Difenilamin indikatörü: 0.5 g difenilamin 20 ml suda ve 100 H_2SO_4 'te çözülmüştür. %85 H_3PO_4 . NaF, Derişik H_2SO_4 hazırlanmıştır.

Not: Klorürden dolayı dikromatta azalma için düzeltme Cl/C oranı 5:1'e kadar geçerlidir. Sedimentteki $CaCO_3$ 'ın titrimetrik metotta etkisi yoktur. Karbonat sedimentlerinde $CaCO_3$ dikkate alınmalıdır. (Kükrer, 2015, Su ve sediment analizleri, s:12)

Analiz basamakları;

Kurutulan örnekler 10 mesh elekten geçirilmiştir. 0.2-0.5 g örnek alınıp, 500 ml'lik erlene yerleştirildi. 10 ml 1N $K_2Cr_2O_7$ (Potasyum dikromat) çözeltisi ilave edilip erlen çalkalayarak karıştırılmıştır. Sonrasında 20 ml derişik H_2SO_4 (Sülfirik asit) eklenip ve 1 dakika yavaşça karıştırıldı. Blank ve örnekler 30 dakika bekletilip çözelti saf su ile 200 ml'ye seyreltildi. 10 ml %85 H_3PO_4 (Fosforik asit), 0.2 g NaF(sodyum florür) ve 15 damla difenilamin ilave edildi. Ardından çözeltiye demir amonyum sülfat ile geri titre edilmiştir. Renk opak yeşil kahveden yeşile yaklaşık 10 ml demir çözeltisinin ilavesiyle döndürülmüştür. Renk titrasyonla siyah griye döndürülmüş, 10-20 damla Fe çözeltisi rengi

birillan yeşiline çevirilmiştir (Şekil 3.9). Analiz sonucu aşağıdaki denklemle hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Org C} = 10(1-T/S) (1.0N(0.003) (100/W)) \quad (3.3.)$$

T: Demir çözeltisinin sarfıyatı, S: Blank için sarfıyat, T/S faktörü demir çözeltisinin normalitesinin etkisini yok edecektir. 0.003: 12/400 meg (karbonun), 1.0N dikromatın normalitesi, 10 dikromatın hacmi, W: sediment ağırlığıdır (Kükrer, 2015, Su ve sediment analizleri, s:11).



Şekil 3.8. Sediment örneklerin organik karbon tayini laboratuvar çalışmaları (a)elekten geçirilmiş kuru örneklerin hassas teraziile tartılması, b)tartılan örneklerin erlene yerleştirilmesi c)Sülfirik asit eklenmesi, d)çözeltinin saf su ile seyreltilmesi)



Şekil 3.9. Yüzey sedimentlerinde organik karbon tayini.

Karbonat Tayini

Sedimentte karbonat tayininde genellikle kalsimetre düzeneği kullanılır ve % kireç miktarı CaCO_3 cinsinden ifade edilir. Sediment içindeki metaller, başta CaCO_3 , bozunma ürünleri, klorofil ve organik karbon olmak üzere, diğer parçacıklara bağlanıp akarsular yardımıyla taşınarak göl çökellerinde depolanmaktadır (Liu, Sjen, vd., 2010). Bu sebeple, ekolojik risk çalışmalarında metal kaynaklarının ve taşınma süreçlerinin doğru tespit edilebilmesi için CaCO_3 analizlerinin yapılması gerekmektedir. Elde edilen veriler doğrultusunda toprakların kireç içeriğine göre sınıflandırılması Tablo 3.1'e göre yapılır.

Tablo 3.1. Toprakların kireç içeriklerine göre sınıflandırılması (Tarım Reformu Genel Müdürlüğü FAO /IUSS /ISRIC, 2013)

% Kireç (CaCO_3) Miktarı	Sınıfı
0	Kireçli değil
$\approx 0-02$	Az kireçli
$\approx 02-10$	Kısmen kireçli
$\approx 10-25$	Oldukça Kireçli
$\approx > 25$	Aşırı kireçli

Sedimentin Scheibler kalsimetresinde seyreltik hidroklorik asitle reaksiyona tabi tutulması ile karbonatlardan çıkan CO₂ gazının kapalı bir boruda tutularak hacminin ölçülmesi ve bu hacimden yararlanılarak toprağın kireç içeriğinin hesaplanması prensibine dayanır (Şekil 2-10). Analiz edilecek örneğin iyi öğütölüp karıştırılması gerekir. Çünkü kirecin sedimentteki dağılımı heterojen olduğundan iyi öğütölüp karıştırılmazsa yanlış sonuçlar elde edilir.



Şekil 3.10. Karbonat tayini sırasında kullanılan Hassas terazi, Scheibler kalsimetresi, Kalsimetre şişesi (tepkime şişesi).

Klorofil Tayini

1940'lı yıllarda başlayan, Klorofil bozunma çıktılarının spektrofotometrik yöntemler ile belirlenmesi çalışmaları, petrol türevi bir çözücü içerisinde çözülmüş pigmentlerin maksimum dalga boylarındaki absorpsiyon katsayılarından yararlanılmıştır (Laval ve Martin 1985). Islak haldeki sedimentten alınan 41 adet yüzey örneği, ortalama 2 gr'dan az miktarlarda ayrılarak, plastik bardaklar içerisine konulmuştur. Sonrasında sedimentteki klorofil tayini aşağıda belirtilen sıralama ile yapılmıştır; 2 gr'dan az yaş sediment %90'lık asetonun 50 ml'sinde dağıtılarak bir gece karanlıkta bekletilmiştir.

Sediment ve çözelti ayrıldı ve çözelti analiz için ayrıldı. Sediment ise kurutularak kuru ağırlığı alındı. Çözelti spektrofotometrede 667 ve 750 nm’de okundu. Klorofil bozunma ürünleri aşağıdaki şekilde hesaplandı (Şekil 3.11).

*CDP; chlorophyll degradation products (Klorofil bozunma ürünleri)

$$CDP = K. OD_{667}.V/g.l \quad (3.4.)$$

- K: feopigmentlerin spesifik absorpsiyon katsayısı, OD_{667} : 667 nm’de düzeltilmiş absorban
- V: aseton hacmi, g: sediment ağırlığı, l: ışık yolu cm cinsinden



Şekil 3.11. Sedimentte klorofil tayini aşamaları ve spektrometre değerleri. (a)ıslak halde ayrılan örneklerin aseton ilekarıştırılması, b)sediment ile çözeltinin ayrılması, c-d) Çözeltinin spektrofotometrede 667 ve 750 nm’de okunması)

Çoklu Element Analizi

İndüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer- ICP-MS) kullanılarak göl çökellerinin element analizler yapılmıştır.

3.3.1. Kirlilik İndislerinin Hesaplanması

Zenginleşme Faktörü (EF)

EF; sedimentteki metal birikiminin antropojenik ya da doğal kaynaklardan gelip gelmediğini belirlemek amacıyla kullanılır. EF güncel metal/referans element oranının ardaan Metal/referans element oranına bölünmesiyle elde edilir. Referans elementleri için genellikle kayalarda bol bulunan konservatif elementler olan Fe, Al, Ca, Ti ve Mn vb kullanılarak tane boyu normalizasyonu gerçekleştirilmektedir. Bunun sonucunda metallerin tane boyundan kaynaklanan hatalar giderilmektedir (Zhang, vd, 2007). Bu çalışmada referans element olarak Al kullanılmıştır.

- Sutherland (2000)'e göre;
- $EF < 2$ zenginleşme yok / minimal zenginleşmeyi,
- $EF = 2-5$ orta düzeyli zenginleşmeyi,
- $EF = 5-20$ önemli zenginleşmeyi,
- $EF = 20-40$ çok yüksek zenginleşmeyi,
- $EF > 40$ aşırı derecede yüksek zenginleşmeyi ifade etmektedir.

3.3.1.1. Kontaminasyon Faktörü (CF)

Kontaminasyon faktörü sediment konsantrasyonundaki olası insan etkisini belirlemede kullanılan bir diğer araçtır Hakanson (1980). CF mevcut metal konsantrasyonunun ardaan metal konsantrasyonuna bölünmesiyle elde edilir. Hakanson (1980)'e göre:

- $CF < 1$ düşük kontaminasyon,
- $1 \leq CF < 3$ orta düzeyli kontaminasyon,

- $3 \leq CF < 6$ yüksek kontaminasyon,
- $CF > 6$ çok yüksek kontaminasyon olduğunu işaret etmektedir.

Jeoakümülayon İndeksi (Igeo)

Sedimentlerdeki insan etkisini ortaya koymada kullanılan bir diğer yöntem de Jeoakümülayon indeksidir (Müller, 1969).

Bu indeks şu şekilde hesaplanır;

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_m}{1,5 * B_m} \quad (3.5.)$$

Formüle kullanılan “ C_m ” güncel metal konsantrasyonunu ifade ederken, “ B_m ” ardalın metal değerini ifade eder. Igeo değerleri şu şekilde yorumlanır;

- $I_{geo} = 0$ kirletilmemiş
- $0 < I_{geo} \leq 1$ kirletilmemiş/ orta derecede kirletilmiş,
- $1 < I_{geo} \leq 2$ orta derecede kirletilmiş,
- $2 < I_{geo} \leq 3$ orta / çok kirletilmiş,
- $3 < I_{geo} \leq 4$ çok kirletilmiş,
- $4 < I_{geo} \leq 5$ çok / aşırı derecede kirletilmiş,
- $I_{geo} > 5$ aşırı derecede kirletilmiş.

Potansiyel Ekolojik Risk (PER)

Sedimentte birikmiş metallerin ekosisteme yapabilecekleri potansiyel toksik etkiler hakkında öngörüler çıkarabilmek için Hakanson (1980) tarafından geliştirilen potansiyel

ekolojik risk (PER) indeksi kullanılmıştır. Her bir metal için ayrı ayrı hesaplanan risk faktörü (Eri) ve tüm metalleri içerecek şekilde entegre olarak hesaplanan risk faktörü (PER) şu şekilde değerlendirilmektedir:

- $Eri < 40$ düşük potansiyel ekolojik risk,
- $40 \leq Eri < 80$ orta düzeyli potansiyel ekolojik risk,
- $80 \leq Eri < 160$ önemli potansiyel ekolojik risk,
- $160 \leq Eri < 320$ yüksek potansiyel ekolojik risk,
- $Eri \geq 320$ çok yüksek potansiyel ekolojik risk,
- $PER < 150$ düşük ekolojik risk,
- $150 \leq PER < 300$ orta düzeyli ekolojik risk,
- $300 \leq PER < 600$ önemli ekolojik risk,
- $PER \geq 600$ çok yüksek ekolojik risk.

Kirlilik Yük İndeksi (PLI)

Sedimentin metal birikimleri açısından kalitesini belirlemek amacıyla kirlilik yük indeksi (PLI) hesaplanmıştır.

$$PLI = (CF_1 \times CF_2 \times \dots \times CF_n)^{1/n}$$

(3.6.)

- CF kontaminasyon faktörünü,
- n ise kullanılan element sayısını ifade etmektedir (Suresh ve ark., 2011) :

3.4.1. İstatistiksel Analizler

Faktör Analizleri

Faktör analizi (FA), birbiriyle ilişkili çok sayıda değişkeni bir araya getirerek anlamlı yeni değişkenler (faktörler, boyutlar) bulmayı amaçlayan çok değişkenli bir istatistik yöntem olarak tanımlanabilir. Daniel'e (1988) göre faktör analizi, bir grup değişkenin kovaryans yapısını incelemek ve bu değişkenler arasındaki ilişkileri, faktör olarak isimlendirilen çok daha az sayıdaki gözlenemeyen gizli değişkenler bakımından açıklamayı sağlamak üzere düzenlenmiş bir tekniktir (Akt.Stapleton, 1997). Rennie (1997) ise, FA'ni, maksimum varyansı açıklayan az sayıda açıklayıcı faktöre (kavrama) ulaşmayı amaçlayan ve gözlenen değişkenler arasındaki ilişkileri temel alan analitik bir teknik olarak tanımlamaktadır (Büyüköztürk,2002).

Kümelenme Analizi

Çok değişkenli istatistiksel tekniklerden birisi olan kümeleme analizi, grup sayısı bilinmeyen ve gruplandırılmamış verilerin benzerliklerine göre sınıflandırılması amacıyla kullanılmaktadır. Kümeleme analizi verilerin birimlere veya değişkenlere göre birbirlerine benzerlikleri bakımından ayrık kümelerde toplanmasını sağlayan bir tekniktir. Kümeleme analizi birbirine benzer olan bireylerin aynı gruplarda toplanmasını amaçlaması bakımından diskriminant analizi ile birbirine benzer değişkenlerin aynı gruplarda toplanmasını amaçlaması nedeniyle de faktör analizi ile benzerlik göstermekte olup veri indirgeme özelliği vardır (Çakmak, 1999: 188).

Spearman's Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü, derecesini ve önemini ortaya koyan istatistiksel yöntemdir. İlişkinin yönünü ve derecesini belirten katsayıya korelasyon katsayısı denir.

Korelasyon analizi, aralarında ilişki olduğu bir teori tarafından kabul edilen ya da en azından akla ve mantığa uygun olarak aralarında ilişki olduğu düşünülen iki değişkenin birlikte değişme derecesidir. Korelasyon analizi iki değişkenin gözlem değerlerinin birlikte nasıl bir değişim içinde olduğunu araştırır. Dolayısıyla, değişkenlerin aldıkları değerlerin

seyrine bakar. Bu sebeple, eğer serilerin gözlem değerlerinin seyri benzerlik gösteriyorsa, gerçekte ilişkisiz iki seri arasında da güçlü korelasyon çıkabilir (Ulutürk Akman, 2019).

Değişkenler oransal ya da aralıklı ölçek ile elde edilmiş ve normal dağılıma uygunluk gösteriyorsa bu durumda Pearson korelasyon analizi yapılır. Değişkenler oransal ya da aralıklı ölçek ile elde edilmiş ancak normal dağılıma uygunluk göstermiyorsa Spearman korelasyon analizi yapılır. Korelasyon Analizi Değişkenler sıralı ölçekle elde edilmiş ise bu durumda da Spearman korelasyon analizi uygulanabilir.

Haritalandırma ve Lokasyon Analizleri

Tez çalışması kapsamında incelenen göller ve çevresinin ait oluşturulan haritalarda, 14 band spektral ve stereo görüntü özelliğindeki 30 metre konumsal çözünürlüklü ASTER uydu görüntüsü kullanılarak sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur. Bu çalışmada özellikle metodolojik anlamda birçok veri karşılıklı ele alınarak değerlendirilmiştir. İncelenen göllerin kirlilik ve ekolojik risk faktörlerini yorumlamak için oluşturulan jeoloji ve jeomorfoloji haritaları, beşerî ve hidrografik haritalarla da desteklenmiş ya da sınanmıştır.

Elde edilen veriler *MapInfo 15.0-17.0* ile *Datamine Discover & 3D Bundle 2017* programları kullanılarak haritalara işlenmiştir. Bu programlar kullanılarak jeoloji, jeomorfoloji, topoğrafya, hidroğrafya haritaları ihtiyaç oranında modellenmiş ve kullanılmıştır.

Raster özelliğindeki veriler ise Google Earth programından elde edilen hava fotoğrafları, jeomorfoloji haritası gibi sayısal olmayan basılı haritalar sayısallaştırılarak DEM modellerinde yardımcı veri olarak kullanılmıştır. Hem vektör hem de raster formatındaki veriler kullanılarak oluşturulan haritalar yardımıyla çalışmaya konu olan göller ve çevresinin etki-risk yorumları yapılmış, ayrıca farklı ölçeklerde incelenen kirlilik ve ekolojik risk analiz sonuçlarıyla karşılaştırmada bir altlık olarak kullanılmıştır.

Tez çalışmasında sunulan tüm haritalarda; Turkish Coordinate System, UTM Zone 35 Central Meridian 27 (ED50 -6°) projeksiyonu kullanılmıştır.

Şekil 4.1. Trakya bölgesi genel jeoloji haritası.

Bölgede Tersiyer öncesi temel birimleri kuzeyde Istranca Masifi, güneyde Pontid-Sakarya Zonu ve batıda Rodop-Pontid parçalarından oluşan Rodop Masifi oluşturmaktadır (ör; Ricou vd., 1998; Okay vd., 2001). Istranca Masifi Paleozoyik temel ve Triyas metasedimanter örtüden oluşur ve güneyde Trakya Fay Zonu ile sınırlıdır (ör; Natalin vd., 2012). Sakarya Zonu, Paleozoyik yaşlı granitoidler ile Jura ve daha genç sedimentleri uyumsuz olarak üzerleyen Triyas yaşlı yığılma kompleksinden oluşur (Okay vd., 1996). Rodop Masifi, Vardar okyanusunun kapanması ve yitimle bir araya gelen kıtasal ve okyanusal karakterli Alpin ve Alpin öncesi naplardan oluşmaktadır (ör; Bonev ve Stampfli, 2011).

Havza genelinde, Erken-Orta Eosen döneminde, karasal ve denizel çökellerde yanal ve düşey yönde geçişler bulunmaktadır (Siyako, 2005; 2006). Orta-Geç Eosen'de türbiditlerden oluşan Keşan formasyonu (Elmas, 2012), Geç Eosen sonu-Erken Oligosen başlarında ise, ortamın sığlaşmasıyla Yenimuhacir Grubu olarak adlandırılan istif çökelmeye başlamıştır (Kasar, vd., 1983; Saner, 1985; Sümengen ve Terlemez, 1991; Atalık, 1992; Siyako, 2005; 2006). Erken Miyosen dönemine kadar benzer ortamda Mezardere, Osmancık ve Danişmen formasyonları çökelmiştir (Ünal, 1967; Kasar vd., 1983; Siyako, 2005; 2006).

Bu evrenin sonunda havzanın, dolması ve yükselmesinin takip eden aşınma sonrası Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı birimler çökelmiştir. Güneybatı Trakya'da mostraları gözlenen Hisarlıdağ volkanizması Orta-Üst Miyosen çökelleri tarafından örtülmektedir (Şekil 1). Bölgede Enez formasyonu olarak adlandırılan (Elmas, 2012), Üst Miyosen birimleri Çanakkale ve Çekmece grupları ile Ergene Formasyonu olarak isimlendirilmektedir (Siyako, 2006).

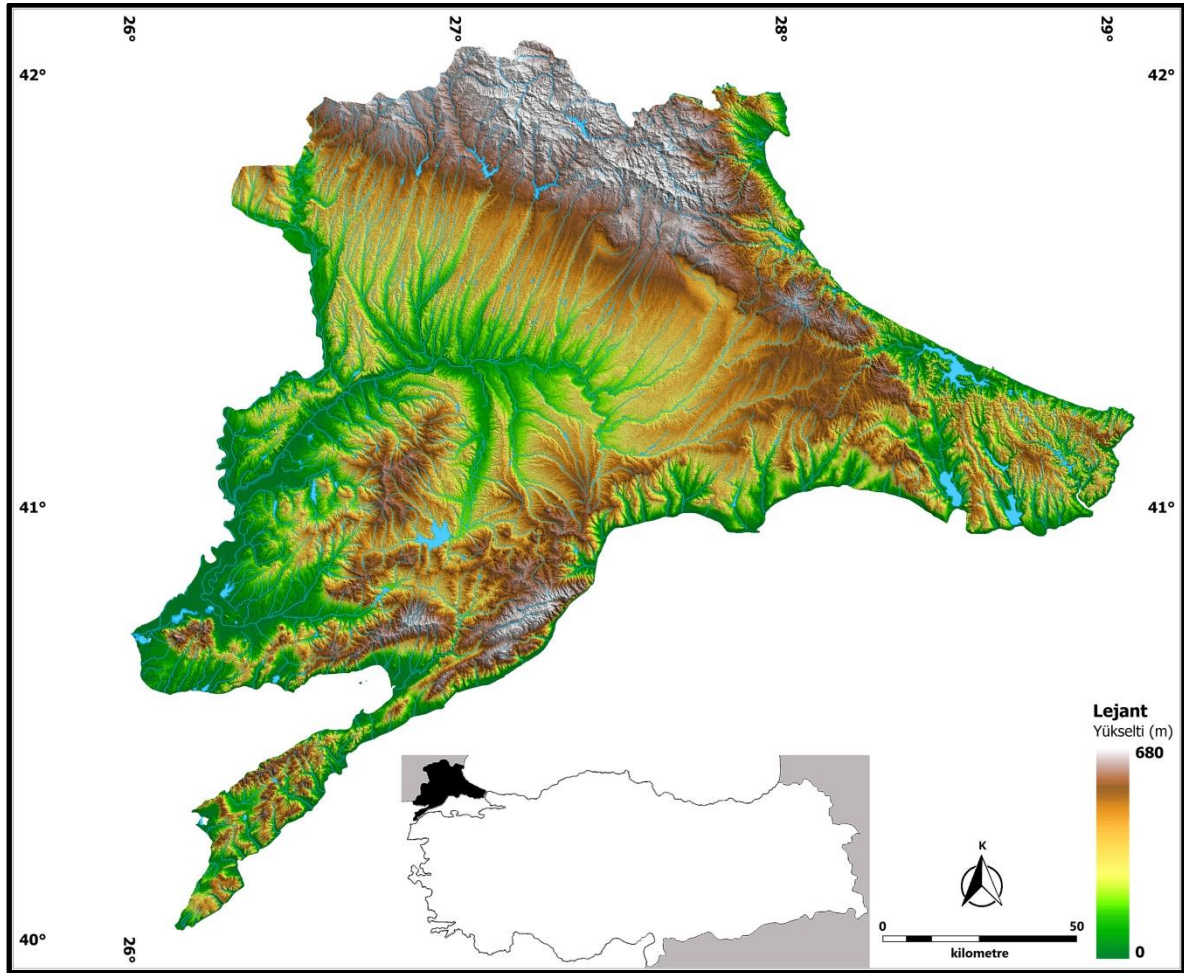
Bölgede volkanizma ilk kez Orta Eosen sonlarına doğru Gelibolu çevresinde çökel kayaçlarla ara katkılı andezitik, dasitik tüfler ve yer yer küçük alanlarda lavlar şeklinde (Kopp, 1964) gözlenmiştir. Keşan yöresinde volkanizma andezitik, dasitik ve trakitik kayaçlardan oluşmaktadır (Ternek, 1949; Kopp, vd., 1969).

Enez civarında ise Saner (1985) tarafından Hisarlıdağ volkaniti olarak adlandırılan volkanizma, andezitik ve dasitik kayaçlar ile tuf ardalanmalarından oluşmaktadır. Yaklaşık olarak 800 m kalınlığa sahip volkanizma; riyodasitik tüfler, andezit, altere andezitik tüfler ve kırmızımsı yeşil renkli lahar akması ile oluşmuş tüflerle başlar, üste doğru beyaz renkli

riyolitik t f, riyodasit, andezit, bazalt ve bazaltik aglomeralar, ignimbiritler ve orta  aglomeralar ile devam eder (Ercan, 1992). Bölgede geniş bir zaman aralığında gelişen volkanizmanın üst seviyelerini temsil eden andezitik kayalardan K/Ar yöntemi ile yapılan ya  tayini sonucu $35,0 \pm 0,9$ milyon yıllık bir ya  saptanmıştır (Sümengen vd., 1987).

4.1.2. Trakya Bölgesinin Jeomorfolojik  zellikleri

Trakya'nın morfolojik anlamda, da  özelliği gösteren sahası, bölgenin güneyinde yer alan ve Ganosların batısındaki Kuru Dağları'dır. Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda uzanan bu dağların yükseltisi Kızılıpınar Tepesi'nde 725 m'yi bulur.



Şekil 4.2. Trakya Bölgesi genel jeomorfoloji haritası (Sayısal Yükselti Modeli SYM).

 lk bakışta dikkati çeken morfolojik özelliği kuzey ve güney yamaçları arasındaki farklardır. Güney yamaçlar Evre e Ovası'na oldukça dik bir şekilde indiği halde, kuzeyde Ganos kitlesinin kuzeyinden itibaren devam eden platolar sahasına geçiş görülür.

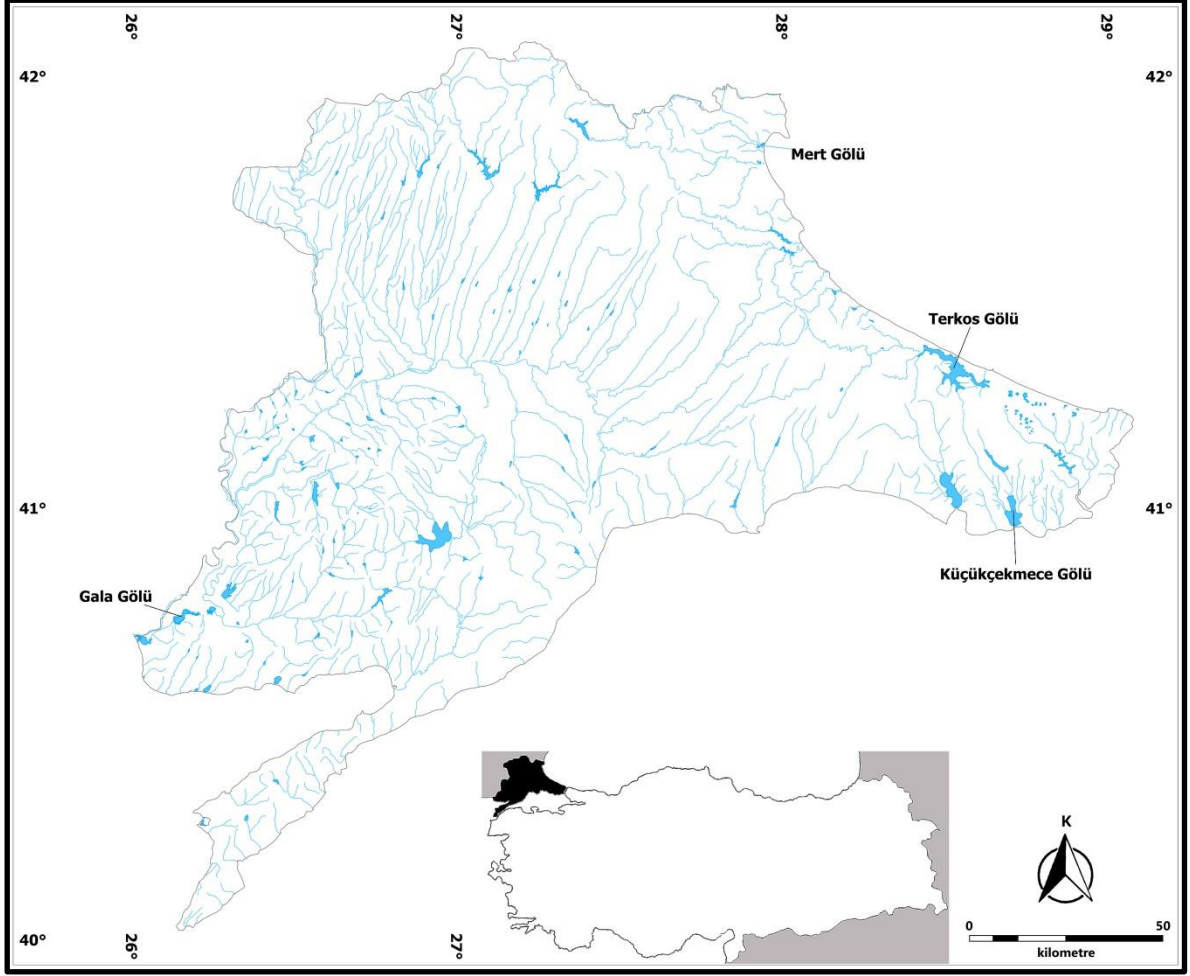
Koru Dağı'nın kuzey eteklerinden itibaren başlayan platolar, yapı ve morfolojik karakterleri bakımından Koru Dağları'nın doğusundaki Ganos kitlesinin kuzey eteklerine kadar uzanan platoların devamı halindedir. Bu platolar batıya doğru devamlılıklarını kaybettikleri gibi, yükselti bakımından da doğudakilere göre, daha alçak seviyelerde yer alırlar. Koru Dağları'nda morfolojik bakımdan görülen disimetrik durum, bitki örtüsünün coğrafi dağılışında da kendini gösterir. Güney yamaçlarda oldukça seyrek olan bitki örtüsü kuzey yamaca geçilince daha gür ve çeşitli bir karakter kazanmaktadır.

Trakya'nın Saros Körfezi kuzeyindeki kıyıları, kıyı ovaları bakımından oldukça zengindir. Trakya'nın bu sahil kısmında Evreşe Ovası ile Meriç deltası yer almaktadır. Kıyı bölgesinin çok genişlediği bu iki saha arasında ufak koylar dışında, kıyı çizgisini alçak platoların kenarı teşkil eder.

Ergene Havzası, Trakya'nın tam ortasında yer almakta olup Kuzey Marmara Havzası, Meriç Havzası ve Bulgaristan sınırı ile çevrilidir. Ergene Havzası, Türkiye'de mevcut 13 çökeltme havzasından birisidir. Havza coğrafi bakımdan denize kapalı bir havza şeklindedir.

Ergene Havzası, 26035'33" –28011'20" boylamları ile 40035'33"-42006' enlemleri arasında yer almaktadır. Ergene Havzasının doğu-batı uzunluğu 160 km, kuzey-güney uzunluğu 140 km olup, havza yüzölçümü 10.730 km²'dir. Ergene Havzası, Tunca Nehri'ne katılan Pravadi Deresi ve Meriç Nehri'ne katılan İskender Deresi'nin toplam havza alanı 1.494.585 ha'dır. Bu alan Doğu Trakya'nın %63'ü kaplar.

Havzanın en önemli yerüstü su kaynağı Ergene Nehri ve yan kollarıdır. Havzanın ortasından geçmekte olan Ergene Nehri, Tekirdağ'ın Saray ilçesinin kuzeyindeki Yıldız Dağları'nın 312 rakımlı Taşpınar Tepesi civarındaki kaynaklardan doğup Ergene Deresi olarak güneye doğru akarken Çerkezköy'den gelen Çorlu Suyu ile birleştikten sonra Ergene Nehri adıyla batıya doğru akışını sürdürmektedir. Uzunköprü ilçesinin 40 km güneybatısında Meriç-Adasarhanlı Köyü yakınında 7 m kotunda Meriç Nehri ile birleşmektedir.



Şekil 4.3. Trakya Bölgesi hidrografya haritası.

Ergene Deresi Yıldız Dağları'ndaki membadan Çorlu Suyu ile birleşim yerine kadar 91 km, Ergene Nehri adını aldıktan sonra Meriç Nehri ile birleştiği yere kadar ise 194 km olmak üzere toplam nehir uzunluğu 285 km dir. Ergene Nehri'nin drenaj alanı 10.730 km² olup, yıllık ortalama debisi 27.270 m³/sn dir.

Ergene Nehri'nin en önemli kolları ise; Çorlu Suyu, Sulucak Deresi, Lüleburgaz Deresi, Şeytan Dere, Teke Dere, Ana Dere ve Hayrabolu Deresi'dir. Ergene Havzasının yer altı suyu potansiyeli yıllık ortalama 343,2 hm³ olup, bu sayının 211,7 hm³'ü içme sanayi suyuna tahsis edilmiştir. Ayrıca 46 adet sulama kooperatifine ait 347 adet kuyudan 15.585 ha alanın sulanması gerçekleştirilmektedir.

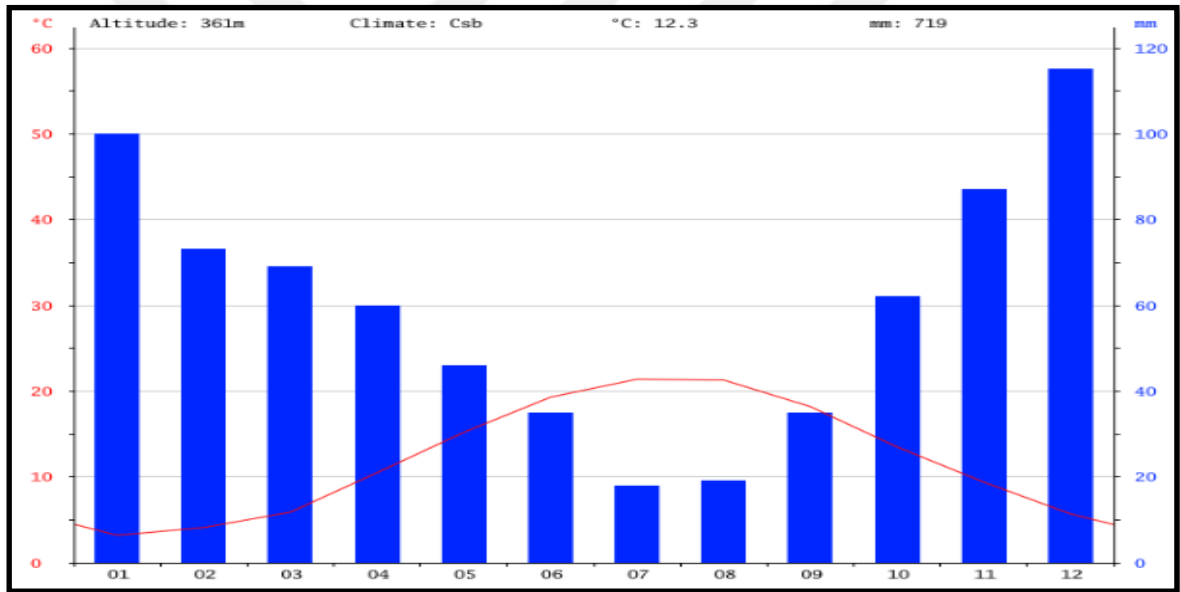
4.1.3. Trakya Bölgesinin İklimi ve Bitki Örtüsü

Trakya bölgesinin iklim tipi geçiş iklimi özelliği gösterir. Akdeniz iklimi ile Karadeniz ikliminin kesişme noktasında yer alan Marmara bölgesinin iç kesimleri bozkır iklim tipindedir. Bu yüzden çeşitli iklimlerin etkisi altındadır. Sık değişim gösteren bir iklim yapısına sahiptir. Kesintisiz dağ engelleri olmadığından bölgedeki birçok alan Balkan yarımadasından gelen rüzgârlara açıktır. Bu özellikleri yüzünden Marmara İklimi kendine has bir geçiş iklimi özelliği geliştirmiştir. Bu farklılık birçok alanda Marmara bölgesinin yapısını etkilemiş, birçok farklı ürün birlikte yetiştirilebildiği için Türkiye'nin meyve ve sebze üretiminde 1. sıraya yükselmiştir. Bu üretim yanında sanayileşmenin de gelişmesinin önünü açmış ve iklimin çeşitliliği sayesinde sanayi'de de en ileri bölge olmuştur. Diğer tüm bölgelerimizden daha küçük olan Marmara bölgesi birçok farklı iklimin etkisi altında kaldığından toprak verimliliği en yüksek bölge olabilmeyi başarmıştır. Turizm açısından daha canlı bir coğrafya olmasında Marmara bölgesinin farklı iklim yapısının etkisi vardır (<https://www.iklim.gen.tr/marmara-bolgesinin-iklimi.html>).

Özellikle Güney Marmara kıyıları bozulmuş Akdeniz iklimi etkilidir ve bitki örtüsü makiye benzer. Sahil kısmında zeytinlikler bulunur. Don olayları Akdeniz iklim kuşağında yer alan bölgelere nazaran daha sık yaşanır. Yaz kuraklığı ise nispeten daha hafiftir. Bu yönüyle her mevsimi yağışlı olan Karadeniz ikliminden daha çok etkilenmiştir. Gökyüzü sık sık kapalı olduğundan sis olaylarına daha sık rastlanmaktadır. İç kesimlere gidildikçe ise karasallığın etkisi artar. Ergene havzası bozkırın etkisi altındadır (<https://www.iklim.gen.tr/marmara-bolgesinin-iklimi.html>).

En çok yağış aldığı aylar Aralık, Ocak ve Şubat'tır. En soğuk olduğu ayların sıcaklık ortalaması 5 santigrat derece kadardır (Şekil 4.4). Marmara bölgesinde yıllık yağış miktarı en az olan il; Bilecik (446 mm); en çok yağış alan il ise Adapazarı'dır (824 mm). Yıllık ortalama yağış miktarı 500-1000 mm arasında değişir (Şekil 3.4). Bölgede kar yağışlı gün sayısı ortalama 10 gün kadardır. Kış aylarında sert ve soğuk havanın yanında hızı çok yüksek olan Lodos tipleri de görülür. Bölgenin hâkim rüzgarları Kuzey ve Kuzeydoğu'dan estiği halde sıcaklığın sıfırın altına düştüğü zamanlar çok az görülür. Bölgede ölçülen en düşük sıcaklık değerleri Bursa'da ölçülmüştür (<https://www.iklim.gen.tr/marmara-bolgesinin-iklimi.html>).

En sıcak olduğu aylar ise, mayıs sonu, haziran, temmuz ve ağustos başlarıdır. Sıcaklık ortalamaları yaz ayı içinde 25-28 derece arasında değişir. Farklı iklim kuşaklarında yer alması iklim kuşaklarına bağlı değişen bitki örtüsünü de etkilemiştir. Marmara bölgesi iklimin sayesinde birçok farklı bitki türüne ev sahipliği yapar. Bölgenin güney kesimleri ve alçak bölgelerinde Akdeniz ikliminin bitki örtüsü yer alırken, yüksek bölgeler ve kuzeye bakan yamaçlarda geniş yapraklı ormanlar ve Karadeniz bitki örtüsü hâkimdir. İç kesimlere gidildikçe bitki örtüsü bozkır özellikleri göstermektedir. Son yıllarda sanayileşmenin etkisiyle Ormanlık alanlar tahrip edildiğinden karasal özellikler Karadeniz ikliminin olduğu alanları da etkilemeye başlamıştır. Bölgede ölçülen en yüksek sıcaklık değerleri ise Balıkesir'e aittir (<https://www.iklim.gen.tr/marmara-bolgesinin-iklimi.html>).



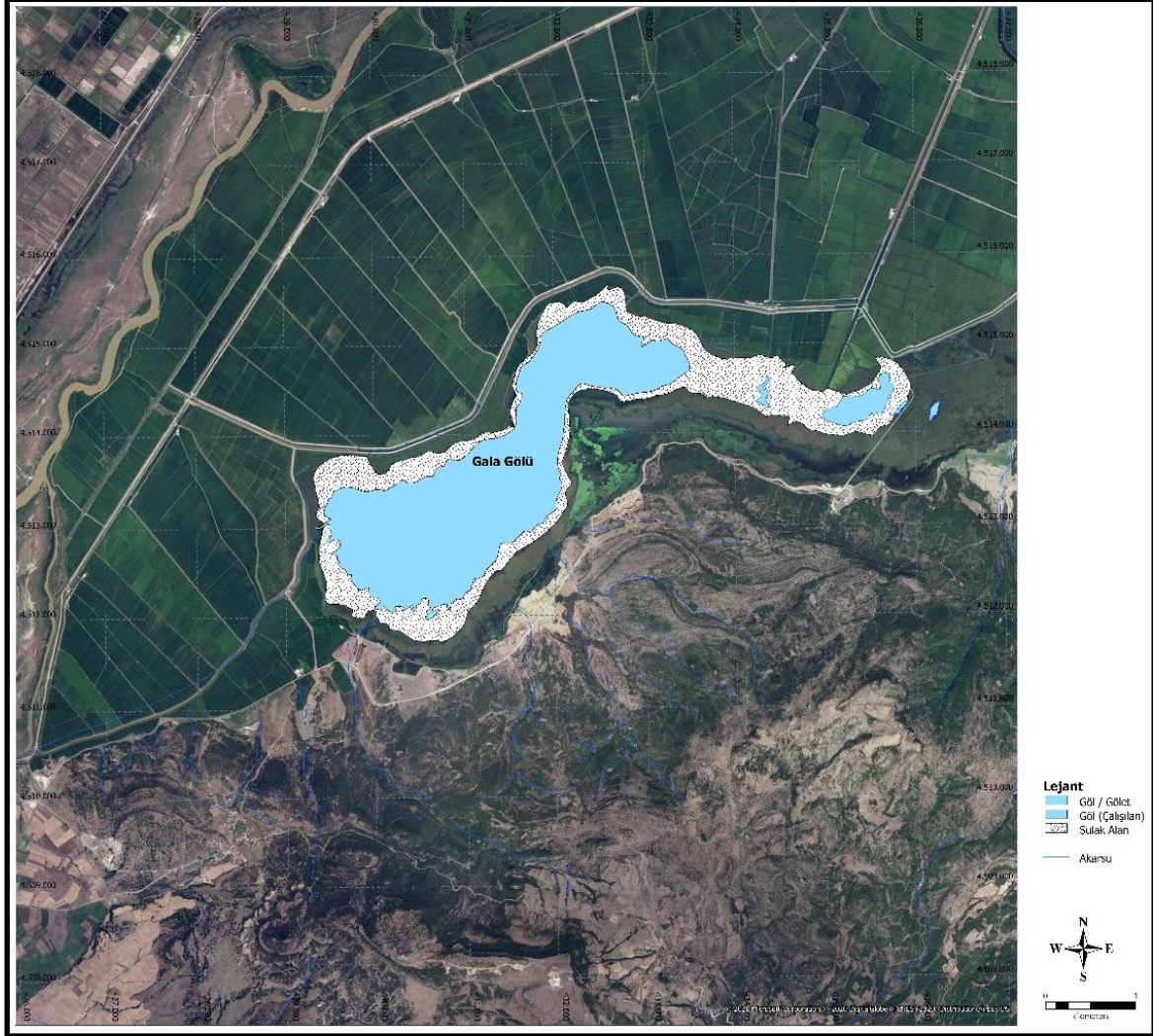
Şekil 4.4. Marmara Bölgesi, aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama yağış grafiği (climate-data.org)

Uzun yıllar (1970-2011) meteorolojik verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 14,0 °C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay 4,9 °C ile Ocak, en sıcak ay ise 23,8 °C ile Temmuz'dur. Yıllık ortalama toplam yağış miktarı 576,8 mm'dir. Yağışın büyük bir kısmı Ekim ile Nisan ayları arasındaki dönemde gerçekleşmektedir (Şekil 4.4). Yıllık ortalama bağıl nem %77,9, yıllık ortalama rüzgâr hızı ise 2,8 m s⁻¹'dir (Deveci vd. 2019).

4.1.4. İnceleme Kapsamına Alınan Göllerin Fiziki ve Beşerî Özellikleri

4.1.5. Gala Gölü

Gala Gölü ve çevresi hem fiziki etmenler hem de beşerî etmenler açısından incelenmiş, dış etmenlerden kaynaklı özellikleri tanımlanmaya çalışılmış ve yorumlanmıştır.

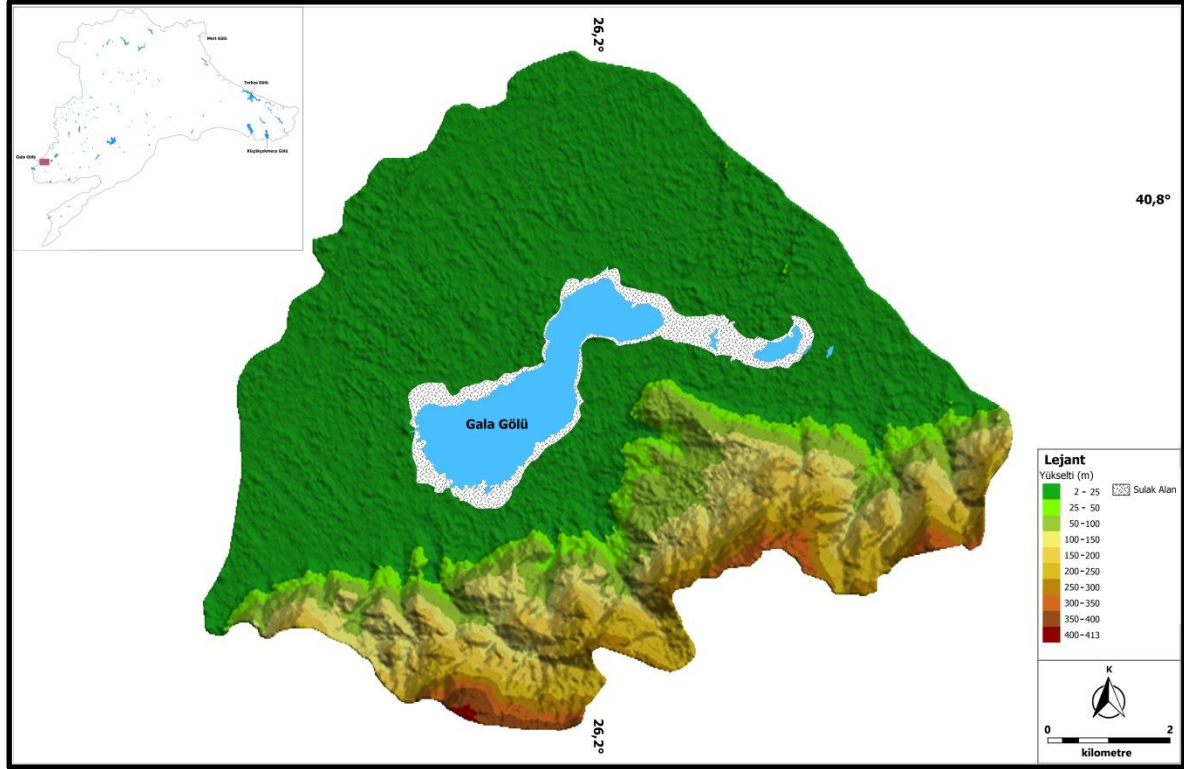


Şekil 4.5. Gala Gölü çevresinin uydu görüntüsü.

Fiziki Özellikleri

Edirne ilinin Enez ve İpsala ilçeleri arasında yer alan Gala Gölü, Meriç Irmağı'nın alüvyon tabanında kurulmuş bir tatlı su gölüdür. Gala Gölü'nü batısında Meriç ırmağı, güneyinde Hisarlıdağ volkanik kütlesi bulunmaktadır. Genel konum itibariyle 40° 77' 24''

kuzey enlemleri ile 26° 19' 02'' doğu boylamları arasında yer alır. Gala Gölü, Meriç Irmağı'nın Paşaköy-Karpuzlu-Bıyıklı Çiftliği hattında aktığı dönemin bir ürünü olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 4.6).

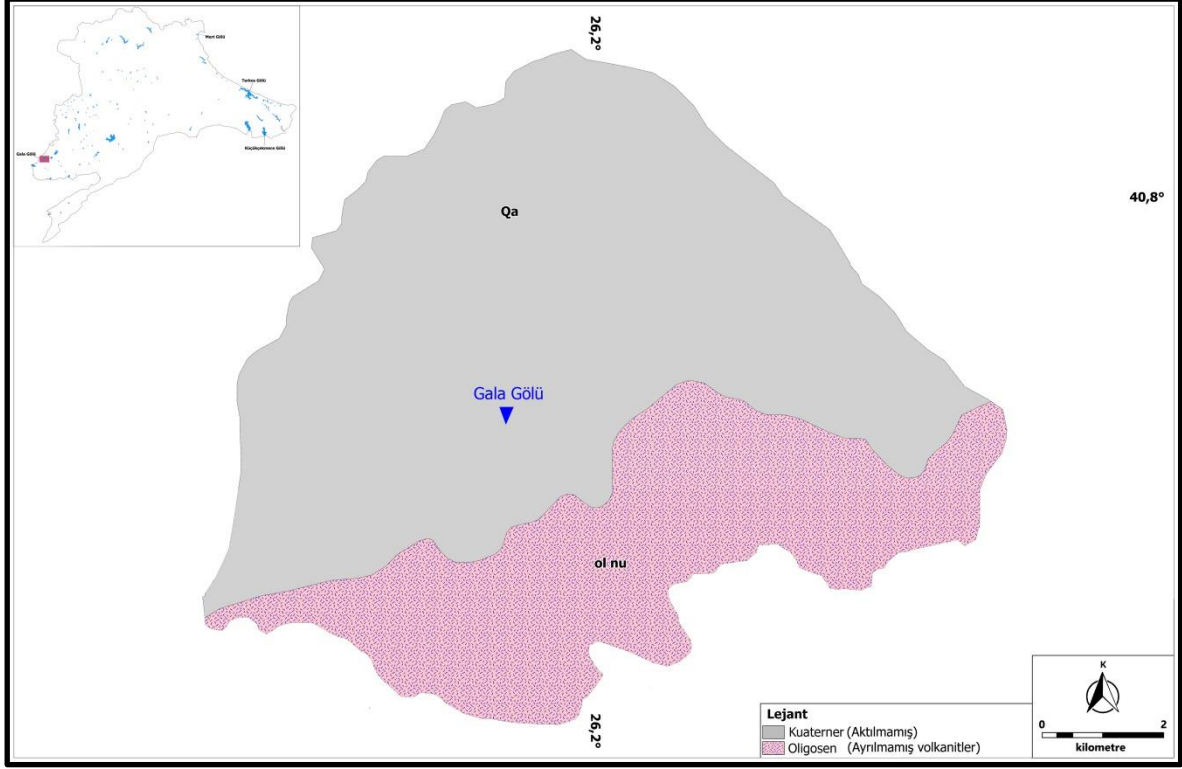


Şekil 4.6. Gala Gölü çevresinin sayısal yükselti modeli (SYM).

Meriç Irmağı şimdiki yatağına yerleşmeden önce taşkın ovasının doğu ucunda yer alan İpsala-Karpuzlu arasında akmıştır. Bu akma sırasında Meriç Irmağı'nın taşkınları krevaslar oluşturmuştur. Bu krevasların oluşturduğu setlerin gerisinde mikro havzalar gelişmiştir. Gala Gölü bu krevaslar üzerinde oluşturmuştur. Meriç Irmağı'nın doğu kolunun deltaya girmeden önce oluşturduğu krevas depoları göl havzasının batı sınırını çizmektedir. Gala Gölü, Meriç deltasının denize doğru ilerlemesiyle geride kalan setlerin arkasında kalmış ve oluşumunu Meriç Irmağı'nın getirdiği alüvyonlar tamamlamıştır (Şekil 4.7).

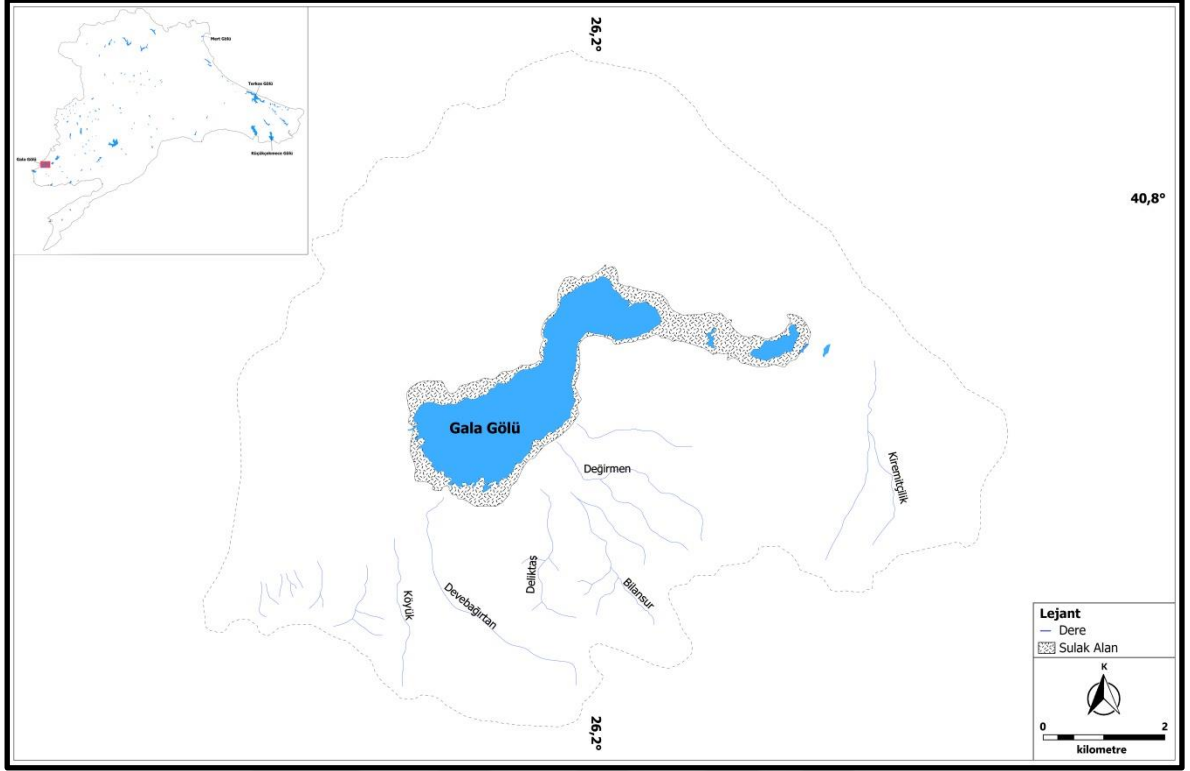
Göl Büyük Gala ve Küçük Gala olmak üzere 2 kısımdan oluşmaktadır. Gala Gölü'nün yüzey alanı 556 ha olup deniz seviyesinden 2 m yükseklikte bulunmaktadır. Gölün su seviyesi mevsimlere göre değişiklik göstermektedir (Yeşil Istranca Derneği, 2018; Balık, 2018; Zal, 2006).

Gala Gölü'nü Domuz Gölü, Hisarlıdağ ve yağışlar sayesinde yüzeye düşen sular gölü beslemektedir. Bunu yanı sıra göle giriş yapan suların %90,3'ü ev, tarım ve sanayi tesislerinden çıkan atık sulardır. Bu durum, göl sularının kirlenmesine ve gölün ekolojisinin bozulmasına neden olmaktadır (Zal, 2006).



Şekil 4.7. Gala Gölü çevresinin jeoloji haritası.

Gala Gölü konumu itibariyle Saros Körfezi'ne ve Ege Denizi'ne yakın olmasından dolayı denizel etkilerin görüldüğü bir alandır. Göl çevresinde ılıman bir iklim tipi görülmektedir. Kış sıcaklıkları ortalaması 0°C altına düşmemektedir. Bu durumdan dolayı yağışlar yağmur şeklinde düşmektedir. En fazla yağış kış ve sonbahar mevsimlerinde görüldüğü belirtilmiştir (Topgül, 2012). Gölün güneydoğu kesiminde bulunan Hisarlıdağ çevresinde kireçsiz kahverengi orman toprağı bulunmaktadır. Göl çevresinde azonal toprak tipi olan alüvyal topraklar yer almaktadır. Bu topraklarda genellikle çeltik tarımı yapılmaktadır.



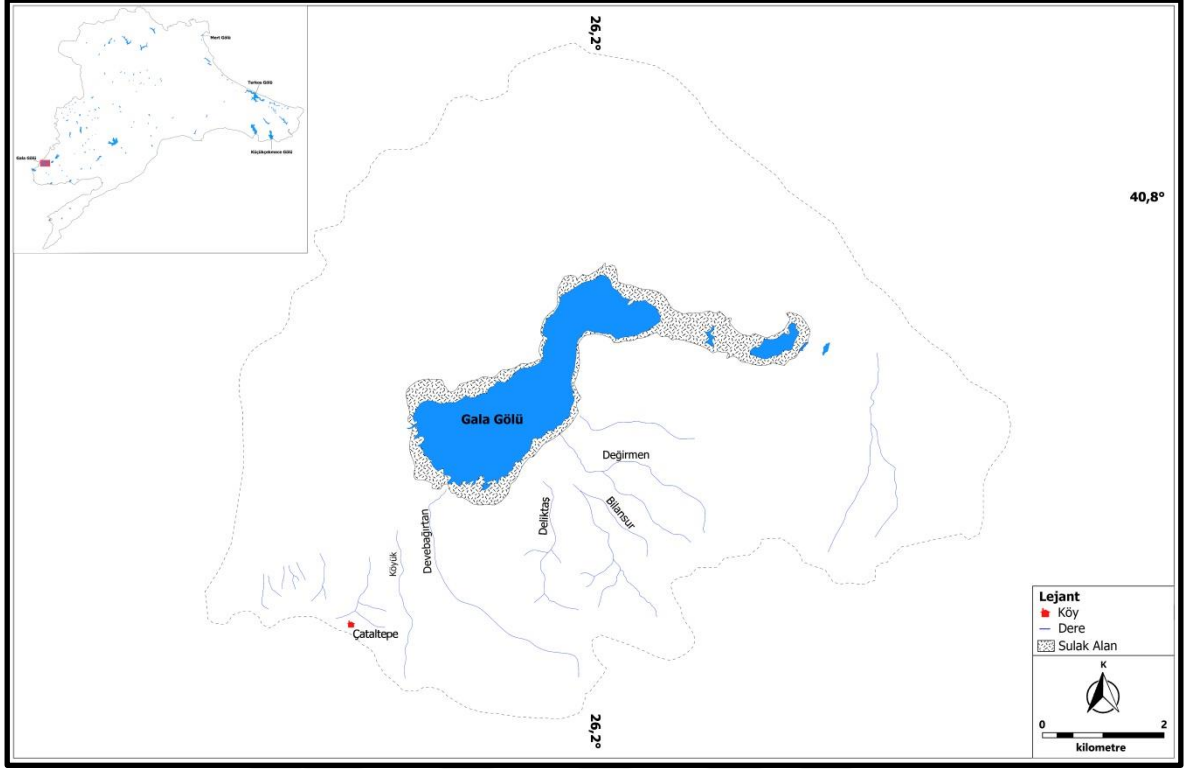
Şekil 4.8. Gala Gölü çevresinin hidrografi haritası.

Gala Gölü'nde 55 tür bitki planktonu, 31 tür hayvan planktonu (zooplankton), 42 tür su bitkisi ve gölün çevresinde meşe, söğüt ve karaağaç gibi 15 farklı ağaç türü bulunmaktadır. Gölün etrafını sazlık ve bataklıklar çevrelemektedir (Topgül, 2012).

Beşerî Özellikleri

Gala Gölü, Edirne ilinin Yenikarpuzlu beldesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. Gölün batısında Enez ilçesi, doğusunda ise Koyuntepe köyü bulunmaktadır. Yenikarpuzlu beldesinde 2015 verilerine göre 1572 kadın, 1649 erkek olmak üzere toplamda 3221 kişi yaşamaktadır. Beldede 75 kişi okuma-yazma bilmediği ve 2810 kişinin ise okuma-yazma bildiği bildirilmiştir. Beldede göç neredeyse hiç yaşanmamaktadır (Topgül, 2012).

Yenikarpuzlu beldesi 67.900 dekar tarımsal alana sahiptir. Tarımsal arazilerde genellikle sulu tarım bir başka deyişle çeltik tarımı yapılmaktadır. 2011 yılında yapılan çeltik tarımında 52.660.880 ton çeltik elde edilmiştir. Belde'de çeltik haricinde buğday, mısır ve ayçiçeği tarımı da yapılmaktadır (Topgül, 2012).

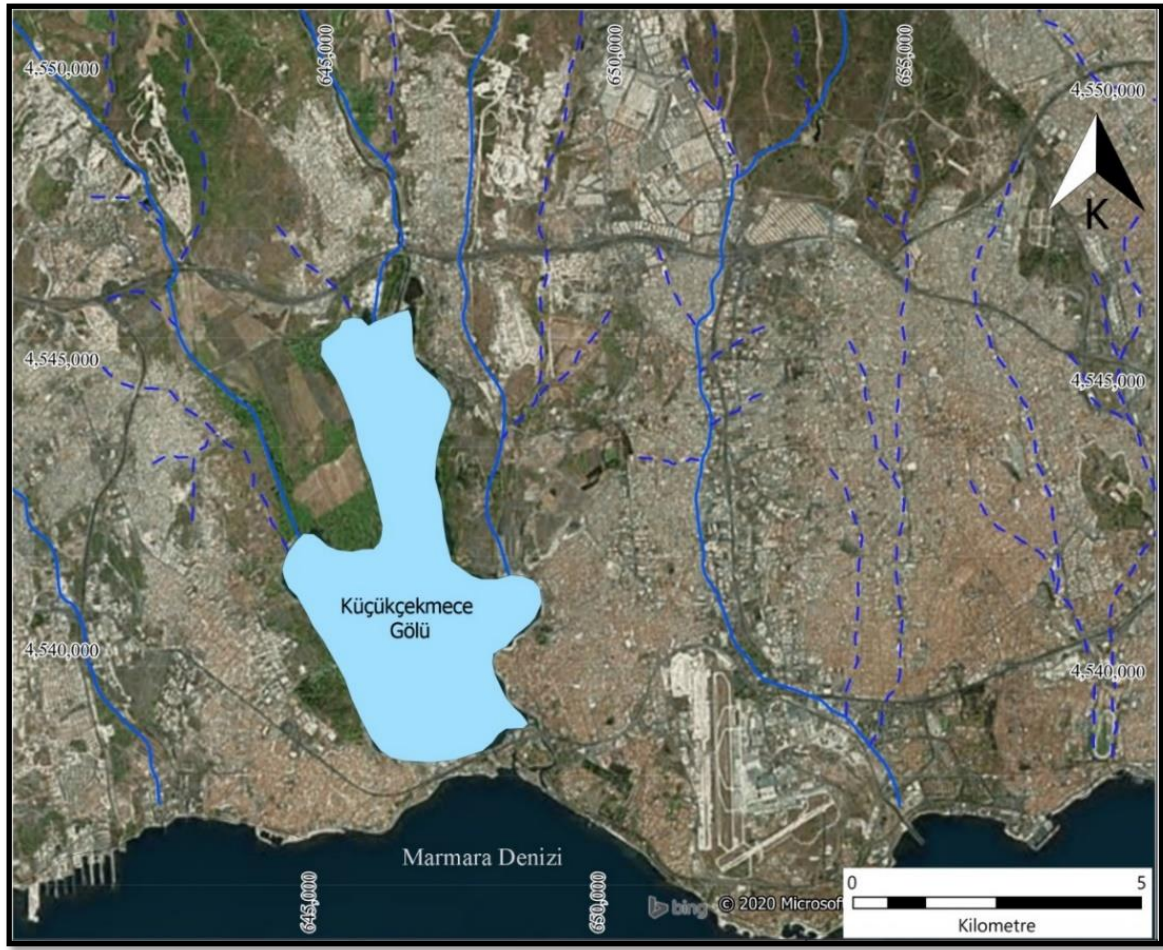


Şekil 4.9. Gala Gölü çevresi yerleşim haritası.

Gala Gölü, Yenikarpuzlu göleti ve sulama kanallarında yayın, sazan, tatlısu levreği, yılan balığı, turna balığı, kızkıkanat ve kefal yetiştirilen ve avlanan balıklar arasındadır. 1991 yılında Gala Gölü koruma altına alınmıştır ve 1997 yılında Ramsar Sözleşmesi kapsamında uluslararası bir öneme sahip sulak alan ilan edilmiştir. 2005 yılında göl ve çevresi milli park olarak ilan edilmiştir. Bu durum gölde balık avlanması yasaklanmış ve balıkçılık etkinliklerini olumsuz yönde etkilemiştir. Fakat 2011 yılında gölde balık avlama yasağı kaldırılmıştır (Balık, 2018). Bölgede kültürel değerler açısından Aşağı Meriç taşkın ovasında Ainos Ören Yeri ve Roma yolu bulunmaktadır.

4.1.6. Küçükçekmece Gölü

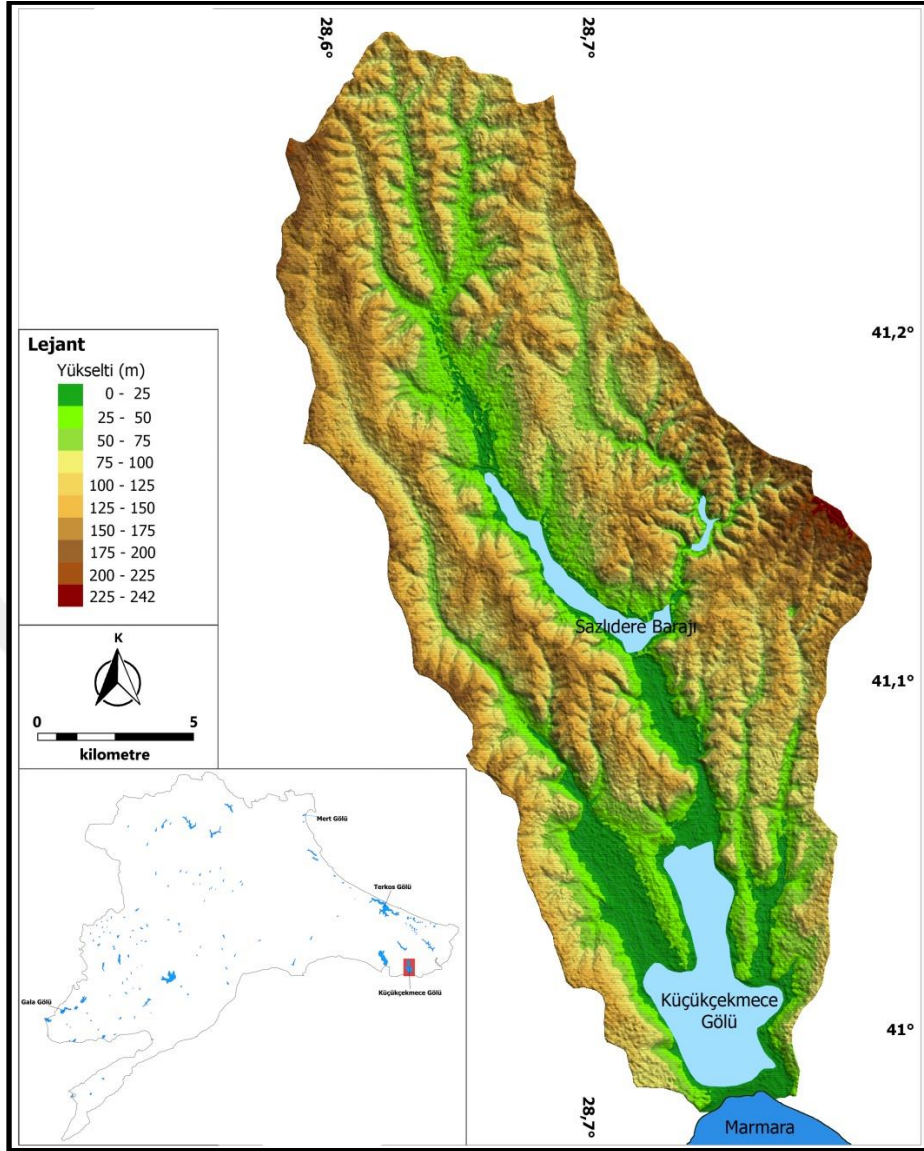
Küçükçekmece Gölü ve çevresi hem fiziki etmenler hem de beşerî etmenler açısından incelenmiş, dış etmenlerden kaynaklı özellikleri tanımlanmaya çalışılmış ve yorumlanmıştır.



Şekil 4.10. Küçükçekmece Gölü çevresinin uydu görüntüsü.

Fiziki Özellikleri

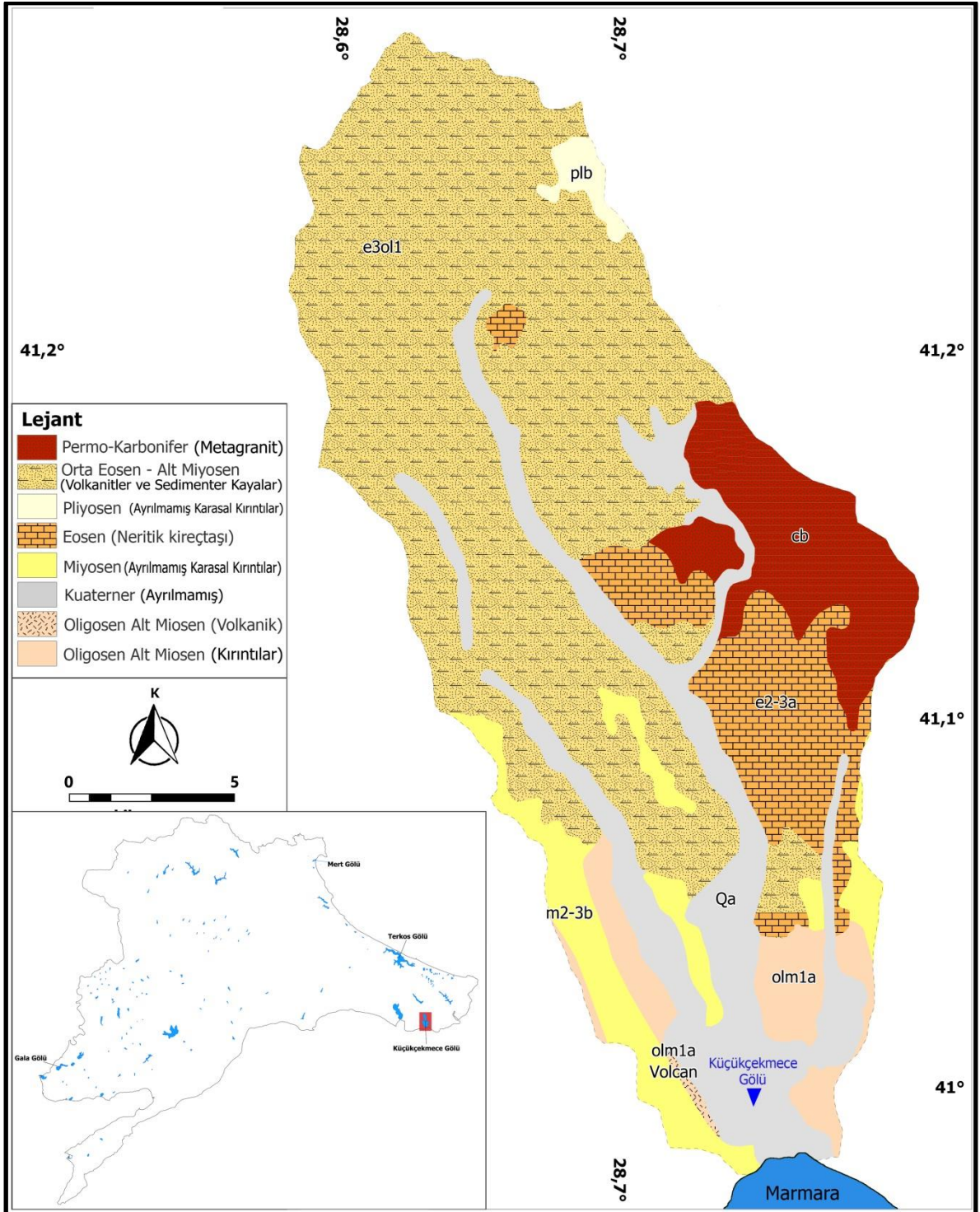
Küçükçekmece lagünü İstanbul'un 15 km batısında yer alıp Küçükçekmece, Avcılar, Bakırköy ve Başakşehir ilçeleri sınırları içerisinde bulunmaktadır. Konum itibariyle $41^{\circ} 00'$ kuzey enlemi $28^{\circ} 43'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Buzulların eridiği son jeolojik dönemde suların yükselmesi sonucunda, Çanakkale Boğazı'nın yarılıp Marmara Denizi'nin sularla dolmasıyla eski vadi ağzı olan Küçükçekmece lagünü önce koy haline dönüşmüştür. Daha sonra dalgalar tarafından kıyı boyunca taşınan kırıntılı malzemenin koyun önünde bir kordon oluşturması ile denizden bağlantısını koparmış ve bir lagün haline dönüştürmüştür (Şekil 4.10). Gölün deniz ile ilişkisini 1,5 m derinliğindeki Menekşe Deresi sağlamakta olup gölün suları yarı tuzludur. Lagünün en derin yeri 20 metre ve kuzey-güney yönünden uzunluğu ise 10 km'dir (Ön, 2011; Okumuş, 2007).



Şekil 4.11. Küçükçekmece Gölü çevresinin sayısal yükselti modeli (SYM).

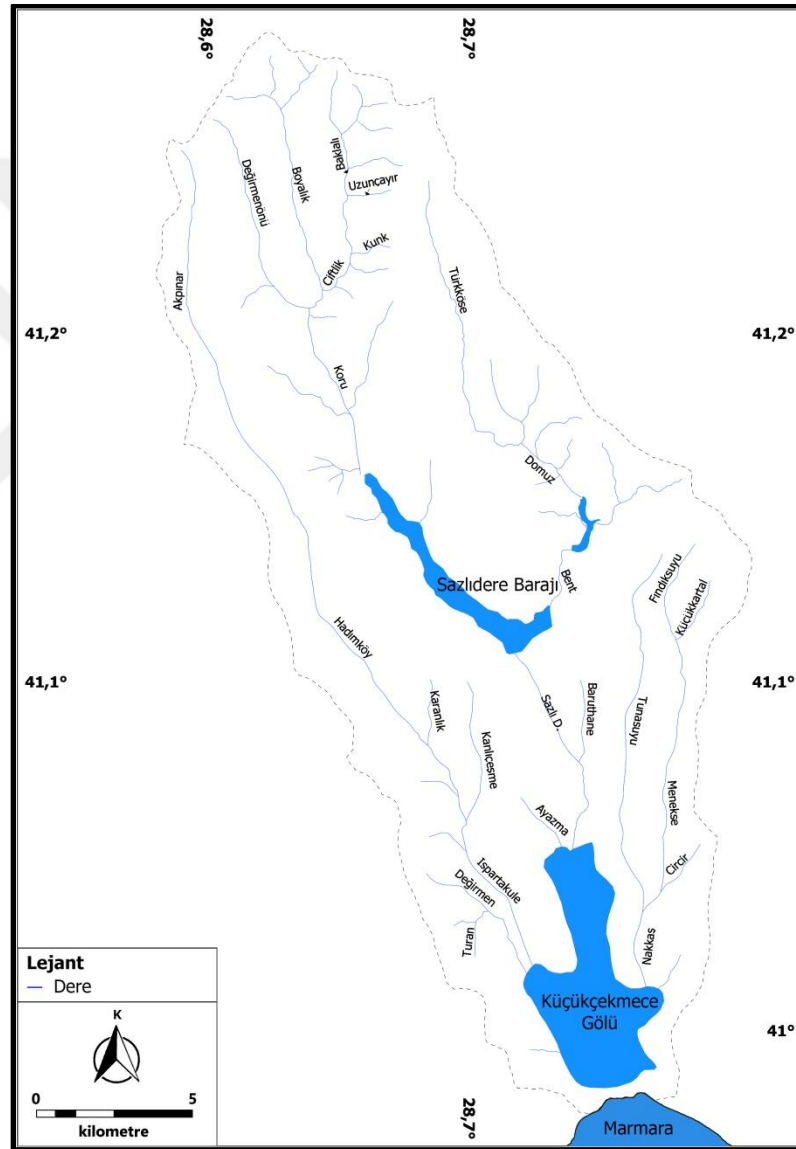
Küçükçekmece lagününü besleyen en önemli akarsu kuzeyden Sazlıdere olup, doğu ve batısından Nakkasdere ve Eskinoz Deresi tarafından beslenilmektedir. Gölün kuzey kısmında Sazlıdere, güney kısmında Avcılar- Florya sahil hattı, doğusunda ikitelli-Halkalı-Sefaköy ve batısında ise Hosdere-Esikinoz-Firuzköy yer almaktadır (Okumuş, 2007; Şenduran, 2007). Küçükçekmece lagünü çevresinde görülen kayalar Trakya Formasyonunu oluşturan ve Karbonifer yaşlı kumtaşı-çamurtaşı, şeyl aralanmasından oluşan çökel topluluğudur. Gölün kuzeyinde şeyllerin üzerinde Oligosen-Eosen yaşlı volkanitlerle karışık çökel kaya ardaşımı bulunur. Bunların üzerinde karstik kireçtaşları yer almakta olup bolca mercan ve diğer fosiller içermektedir. Lagünü çakıltası-kumtaşı-

çamurtaşı aralanmalarından oluşan çökel dizisi çevrelemektedir (Şekil 4.12) (Ön, 2011; Çevik, 2006).



Şekil 4.12. Küçükçekmece Gölü çevresinin jeoloji haritası.

Küçükçekmece lagününün bulunduğu bölgede Marmara ve Karadeniz ikliminin etkileri görülmektedir. Bölgede yazlar sıcak ve az yağışlı kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Bölgede yıllık yağış miktarı 500mm ile 1000mm arasındadır. Ortalama yağış miktarı 78 mm olup en fazla yağış Mayıs ve Eylül ayları arasında düşmektedir (Okumuş, 2007). Lagün çevresinde yıllık ortalama sıcaklık 13.9° C olup hâkim rüzgar yönü ise Kuzeydoğu (Poyraz) yönünden esmektedir. En düşük sıcaklık ocak (5.4°C) ayında en yüksek sıcaklık ağustos (23.4°C) ayında görülmektedir (Okumuş, 2007).



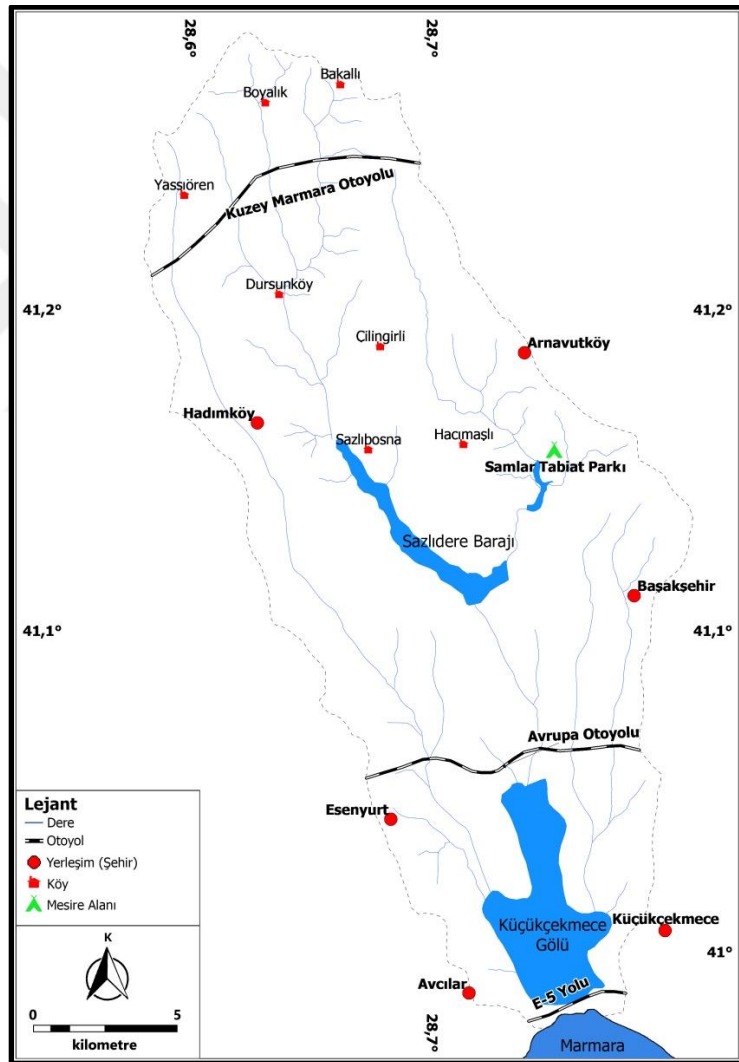
Şekil 4.13. Küçükçekmece Gölü çevresinin hidrografi haritası.

Lagünde bulunan balık çeşitleri; yılan balığı, dil balığı, gri tekir, turnabalığı ve tatlı su levreğidir. Küçükçekmece lagünü Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 17.05.2005 tarihli ve

25818 sayılı Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği'ne göre uluslararası öneme sahip 135 sulak alanlarından birisidir.

Beşerî Özellikleri

Küçükçekmece lagünü İstanbul sınırları içerisinde bulunmaktadır. Lagün çevresinde İstanbul ilinin Küçükçekmece ilçesi yer almaktadır. Küçükçekmece ilçesinin yüzölçümü 11845km² olup, İstanbul topraklarının %2,1'ini kapsamaktadır. İlçe nüfusunun %50'si kadın ve %50'si erkeklerden meydana gelmektedir ve toplam nüfusu 770.317 kişidir.



Şekil 4.14. Küçükçekmece Gölü çevresinin yerleşim haritası.

Bölge 1970'lerden sonra büyük bir hızla sanayileşmiş ve Hadımköy, Firuzköy Kayabası ve Hosdere bölgelerinde sanayi tesislerinin sayısı artmıştır. İlçede 200'ün

üzerinde fabrika ve belediyeye kayıtlı 10.000 adet sanayi tesisi ve atölye bulunmaktadır. Bölgede bulunan sanayi tesisleri kimya, tekstil, plastik, ağaç ve mobilya sektörleri üzerine yoğunluk göstermiştir.

İlçe sınırları içerisinde Atatürk Olimpiyat Stadı ve İkitelli Organize Sanayi Bölgesi yer almaktadır. Bölgeden TEM Otoyolu geçmektedir. Bu durum ilçeyi kolay ulaşılabilir ve cazip hale getirmiştir. Bu süreçler sonucunda bölgeye göç artmakta ve bu durum çarpık kentleşmeye neden olmaktadır. İlçe sınırları içerisinde bulunan sanayi tesislerinin ve evsel atıkların tamamı Eşkinöz Deresi vasıtasıyla Küçükçekmece lagününe boşaltılmaktadır. Bu durumda Küçükçekmece lagünü kirlenmekte ve ekolojik risk ile karşı karşıya kalmaktadır. Küçükçekmece lagününün kuzeyinde bulunan Yarımburgaz mağarası mağara turizmi açısından önem teşkil etmektedir. Aynı zamandan ilçe sınırları içerisinde bulunan Mimar Sinan Köprüsü ve Küçükçekmece meydan çeşmesi önemli tarihi yapılar arasındadır.

4.1.7. Mert Gölü

Mert Gölü ve çevresi hem fiziki etmenler hem de beşerî etmenler açısından incelenmiş, dış etmenlerden kaynaklı özellikleri tanımlanmaya çalışılmış ve yorumlanmıştır.



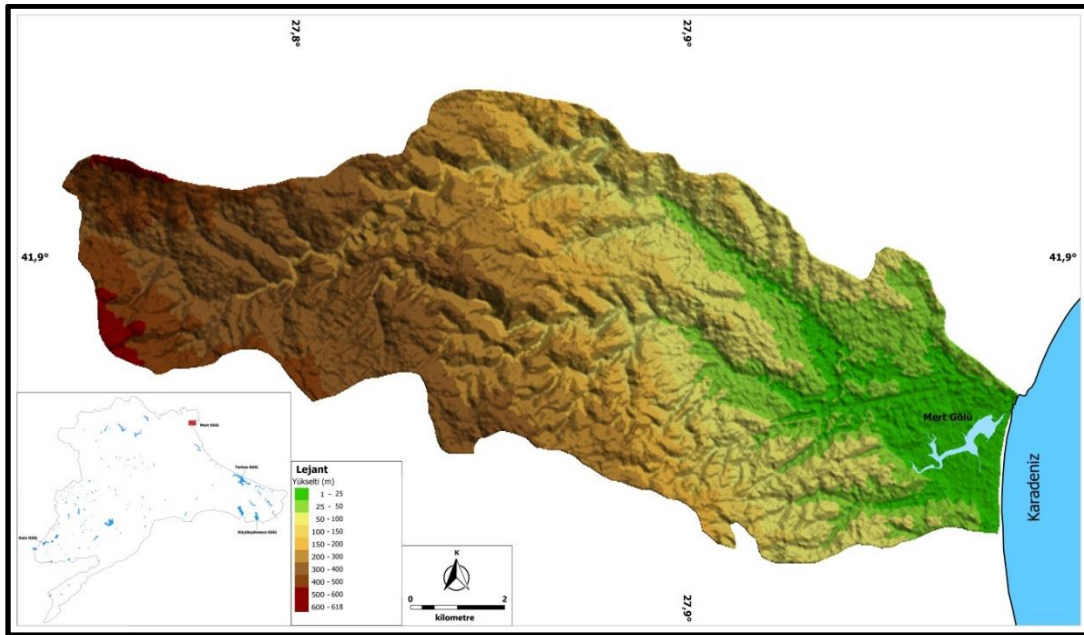
Şekil 4.15. Mert Gölü çevresinin uydu görüntüsü.

Fiziki Özellikleri

Mert gölü Kırklareli ilinin Demirköy ilçesinin İğneada beldesinde yer almaktadır. Konum itibarıyla $41^{\circ} 52' 09''$ kuzey enlemi ile $27^{\circ} 57' 57''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Göl Deringeçit Deresi'nin denize taşıdığı alüvyonların denizi doldurması sonucu oluşmuş bir lagün gölüdür. Göl Deringeçit Deresi tarafından beslenmektedir (Şekil 4.16).

Bölgede bulunan kıyı kumullarını İğneada fiziki olarak ikiye ayırır. Kuzeyde yer alan kıyı kumulları Erikli Gölü'nün doğu kısmından başlayarak İğneada'ya kadar uzanır. Güneyde yer alan kıyı kumulları ise Mert Gölü'nü denize bağlayan kanal bölgesinden başlayarak Saka Gölü güneyine kadar uzanır ve yer yer genişliği 50-60 metreye kadar ulaşır. Yaklaşık 10 km. uzunluğundaki kumullar Karadeniz'in güneybatısına özgü bitki türleri ile büyük önem taşımaktadır. Göl ve bataklık alanlarıyla deniz arasında bir bant oluşturan kıyı kumullarında ise alanın uluslararası sözleşmelerle koruma altına alınan bitkileri yer almaktadır.

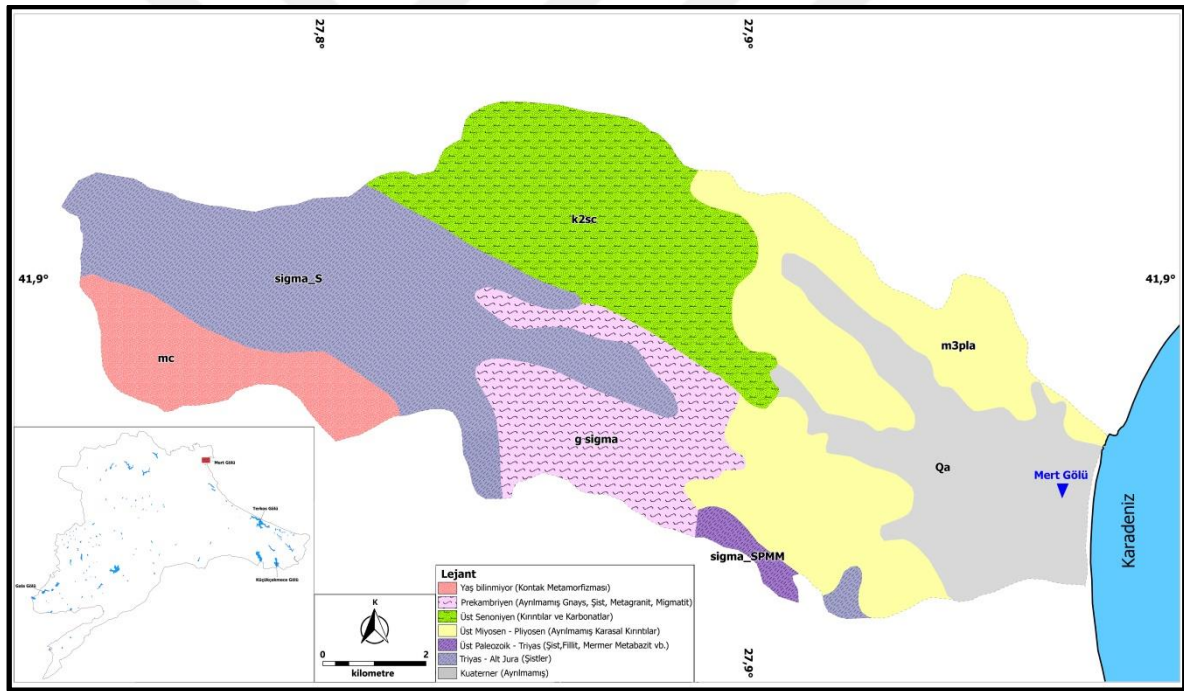
İğneada sadece denizi ve sahili için değil de ormanı, yeşilliği ve temiz havası içinde ziyaret edilmesi gereken bir yerdir. Sahip olduğu nadir ve hassas ekosistemler zinciri ve zengin biyolojik çeşitliliği sayesinde yalnızca Türkiye'nin değil Avrupa'nın da önemli doğal alanlarından birisi olma özelliğini taşımaktadır.



Şekil 4.16. Mert Gölü çevresinin sayısal yükselti modeli (SYM).

Yağışların yoğun olduğu ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde gölün suları taşmakta ve deniz suları ile birleşmektedir. Gölün yüzey alanı 222 hektar olup en derin yeri 1,5 m'dir. Gölün kuzey kesiminde İğneada yerleşim merkezi, güney ve batı kesiminde ise Istranca Dağları bulunmaktadır.

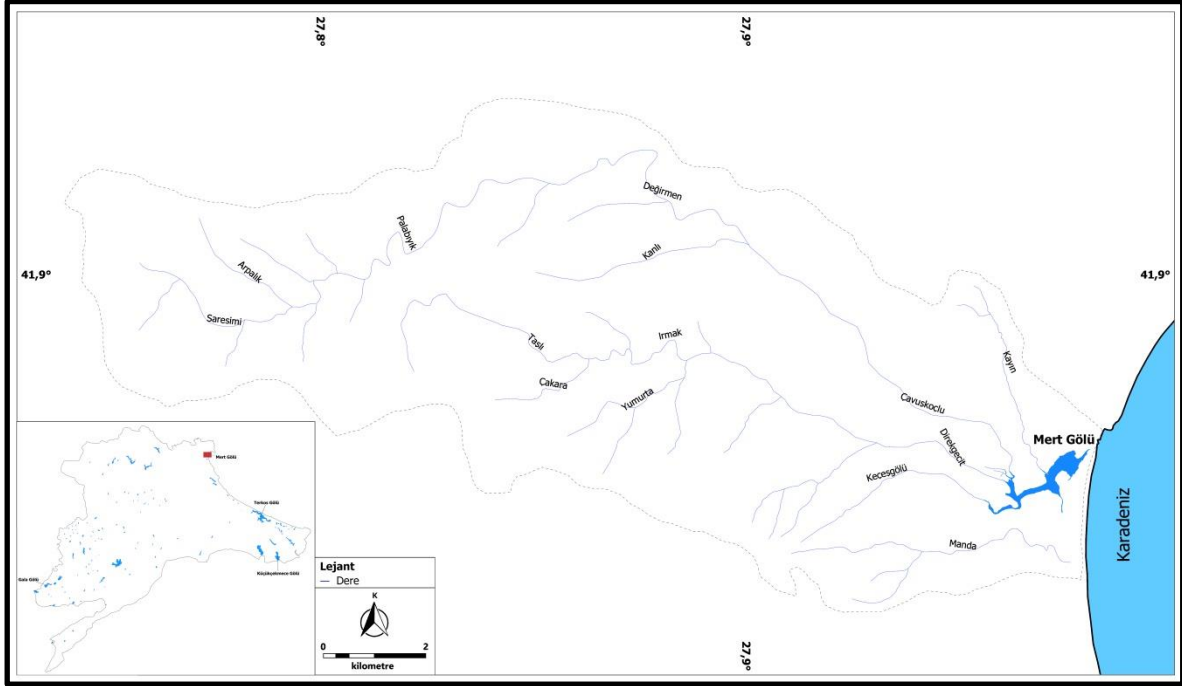
Göl etrafındaki en genç jeolojik unsurlar alüvyal tortullar ve sahil kumlarıdır. Göl havzası genellikle Trakya formasyonu (konsolide olmayan kum, çakıl ve çamurtaşı) ve Mert formasyonu (kalın tabakalı kumtaşı) içeren Tersiyer birimlerden oluşmaktadır (Çağlayan ve Yurtsever, 1998; Gazioğlu vd. 1997; Turoğlu, 1997). Mesozoik birimler göl havzasının kuzey doğusu ve kuzeyda Istranca dağlarına kadar devam eder. Bölgedeki en eski kaya grupları Paleozoik gnays, kuvarsit ve şistlerdir (Çağlayan ve Yurtsever, 1998; Turoğlu, 1997; Burak vd.,2004; Simav vd.,2015; Erginal,2017; Kuru ve Terzi,2018).



Şekil 4.17. Mert Gölü çevresinin jeoloji haritası.

Göl çevresinde Longoz ormanları bulunmaktadır. Bu ormanda 671 tür bitki ve 637 tür memeli hayvan bulunmaktadır (Çevre ve Şehircilik bakanlığı, 2017). Türkiye kuş varlığını oluşturan 454 kuş türünden yarıya yakını (194 tür) yıl içerisinde İğneada'da görülebilmektedir. Alan çok sayıda su kuşu ve yırtıcı kuşun, özellikle de leyleklerin (ak ve kara leylek) sonbahar göçünde geçiş yoludur. Bazı su kuşları (balıkçıllar, kazlar, ördekler, su tavukları, yağ-murcunlar vb.) ve yırtıcılar (kartallar, şahinler, doğanlar, deliceler vb.) ise

alandan üremektedir. Alanda görülen dokuz kuş, İğneada ekosisteminin sağlıklı işleyip işlemediğini gösteren gösterge tür olarak kabul edilmiştir. Bu türlerden Küçük Yeşil Ağaçekan ülkemizde sadece Kuzey Trakya'da yayılım göstermektedir; Cüce Karabatak, Ak Kuyruklu Kartal ve Küçük Kerkenez ise Avrupa Kırmızı Listesi'nde nesli tehlike altında olan ve/veya tehlike altına girebilecek türlerdir. (<https://greencorridors.burgas.bg/tr/objects/view/68>)

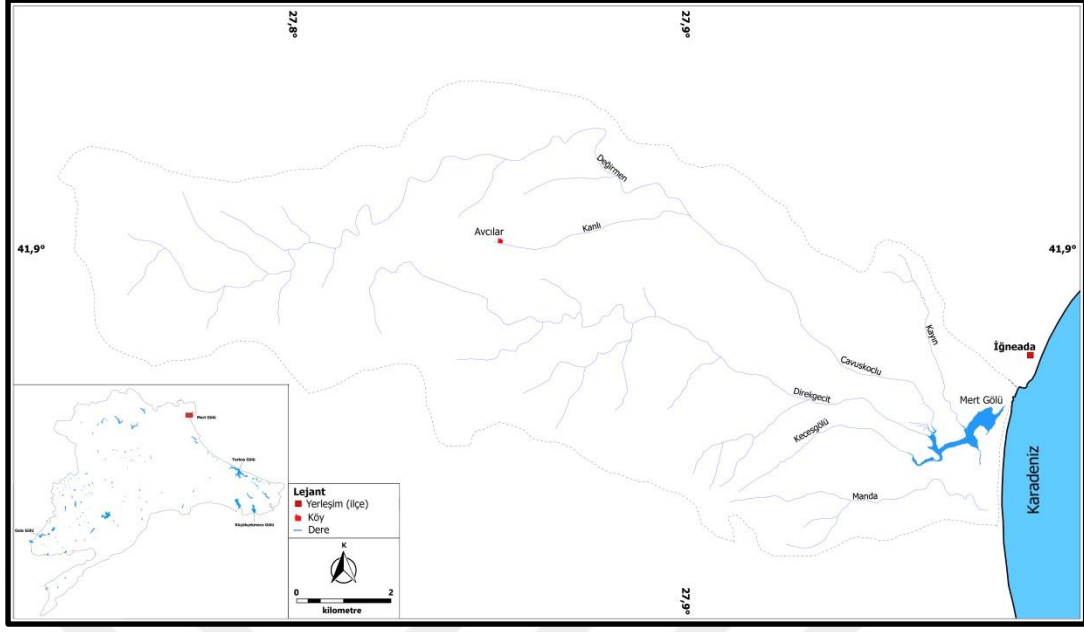


Şekil 4.18. Mert Gölü çevresinin hidrografi haritası.

Kırklareli ilinin kuzeye bakan kesimlerinde Karadeniz iklimi görülmektedir. Bu bağlamda yazları serin kışları ise soğuk olup ortalama yağış miktarı 800-900 mm civarındadır. İlin iç kesimlerinde ise karasal iklim görülmekte olup her mevsim yağış almaktadır. 2015 Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre ilin ortalama sıcaklığı 13,2° C'dir (Çevre ve Şehircilik bakanlığı, 2017). Bölgede genellikle yumuşak kireçtaşları üzerinde oluşmuş rendzinalar ve kahverengi asitli orman toprakları bulunmaktadır.

Beşerî Özellikleri

Mert gölü Kırklareli sınırları içerisinde bulunmaktadır. Kırklareli ilinin 2018 yılında nüfus miktarı 351,684'tür. Nüfusun %70,5 ilçe merkezlerde, %10,5 beldelerde ve %19'u köylerde yaşamaktadır.



Şekil 4.19. Mert Gölü çevresinin yerleşim haritası.

İl nüfusunun %97,78'i okuma-yazma bilmektedir. İlde bulunan on beş yaş üstü nüfusun %29'u ilköğretim okulu, %13'ü ilköğretim okulu, %11'i ortaokul, %26'sı lise, %15'i de üniversite mezunudur. Yüzde 6'sı da herhangi bir okul bitirmemiştir (Anonim, 2017). İlın yüz ölçümü 6.550 km²'dir. Bu alanın %40'ı tarım arazisi olarak kullanılmaktadır. Bu alanlarda en fazla buğday (475.796 ton) üretilmekte olup buğdayı ayçiçeği, çeltik, şekerpancarı, dane mısır ve kanola takip etmektedir. Bölgede bitkisel üretimle uğraşan çiftçiler aynı zamanda hayvancılık ile uğraşmaktadır. Erikli Gölü'nde tatlı su balıkçılığı yapılmaktadır. Fakat hayvancılık ve balıkçılık bölgede önemli bir ekonomik etkinlik değildir.

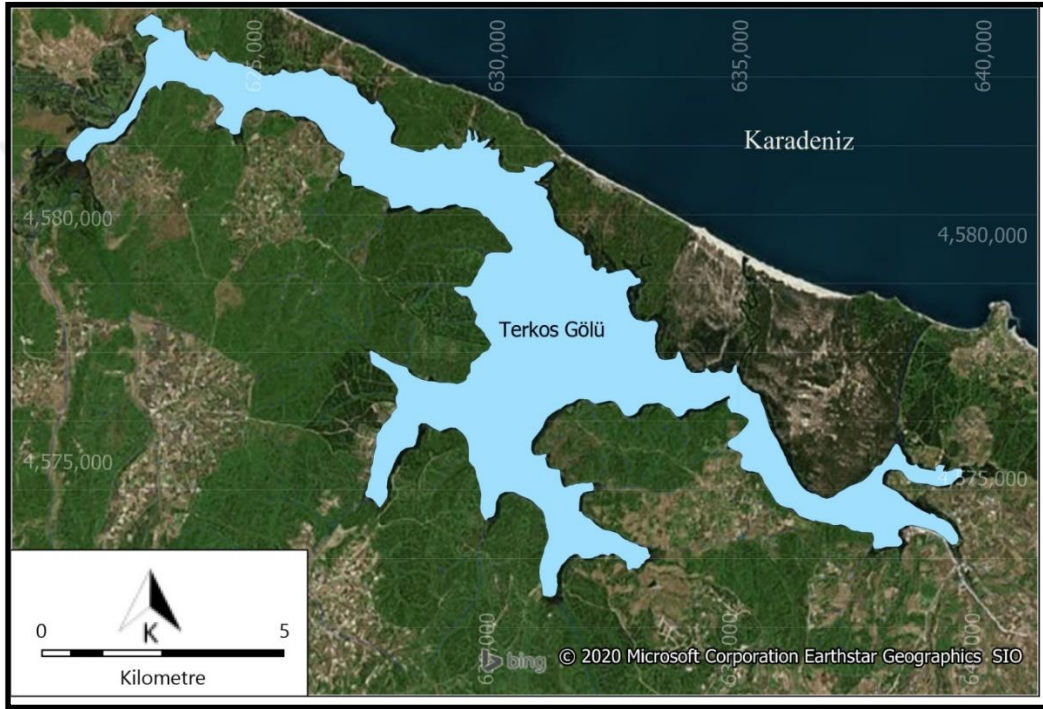
İl'de 1'i özel 4 organize sanayi bölgesi ve 6 küçük sanayi sitesi bulunmakla birlikte toplamda 790 adet sanayi tesisi bulunmaktadır. Sanayi genellikle D100 karayolu boyunca ve Lüleburgaz'da yoğunlaşmıştır. Sektörler bakımından cam, gıda, tekstil, ilaç, metal ve taş toprak sanayi üretimi alanında önemli tesisler bulunmaktadır. Madencilik sektörü gelişim göstermiş olup Pınarhisar bölgesinde linyit kömürü ve mermer ocakları bulunmaktadır.

Kırklareli tarihsel geçmişte Bizans ve Osmanlı Devleti'ne ev sahipliği yapmış olmasından dolayı il merkezinde birden çok dini ve kültürel yapılara sahiptir. Aynı

zamanda İğneada ve Kırıkköy deniz turizmi, Dupnisa Mağarası mağara turizmi ve Longoz Ormanları ise doğa turizmi açısından önemli katkı sağlamaktadır.

4.1.8.Terkos (Durusu) Gölü

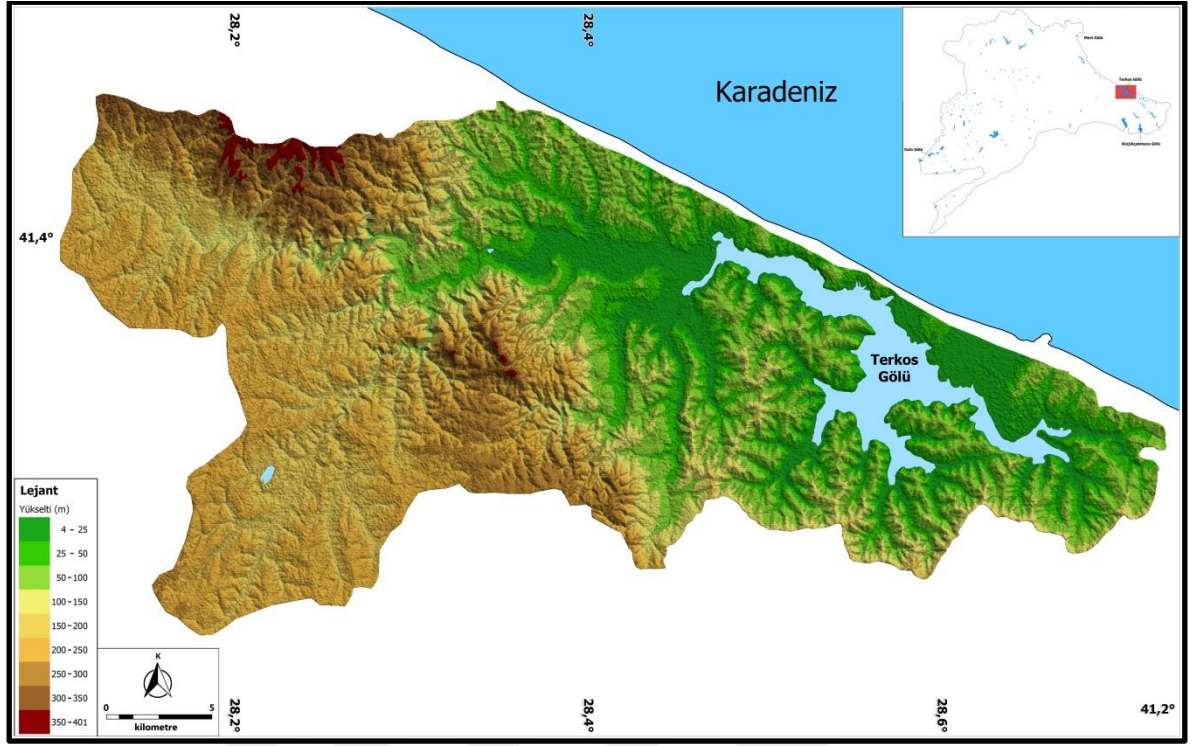
Terkos (Durusu) Gölü ve çevresi hem fiziki etmenler hem de beşerî etmenler açısından incelenmiş, dış etmenlerden kaynaklı özellikleri tanımlanmaya çalışılmış ve yorumlanmıştır.



Şekil 4.20. Terkos Gölü çevresinin uydu görüntüsü.

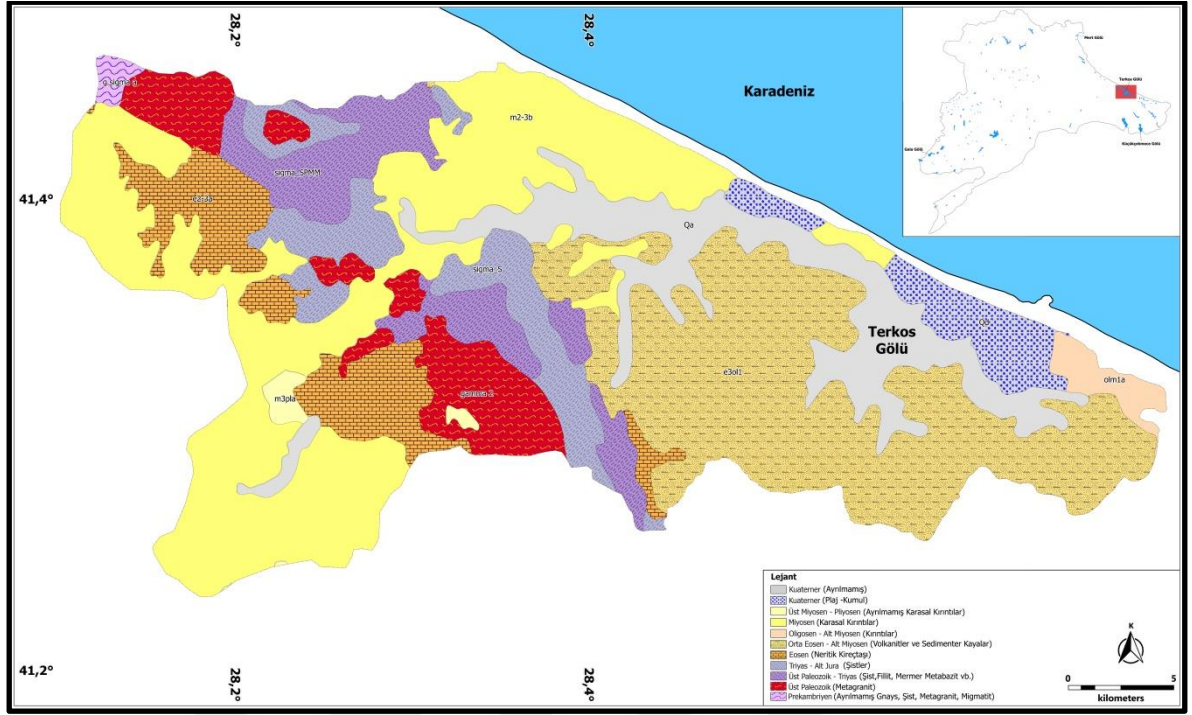
Fiziki Özellikleri

Terkos Gölü Marmara bölgesinin Çatalca kesiminde ve Karadeniz kıyısında yer almakta olup, İstanbul sınırları içerisinde bulunmaktadır. Genel konum itibarı ile 41° 20' 39'' kuzey enlemi 28° 34' 32'' doğu boylamı arasında yer almaktadır.



Şekil 4.21. Terkos (Durusu) Gölü çevresinin sayısal yükselti modeli (SYM).

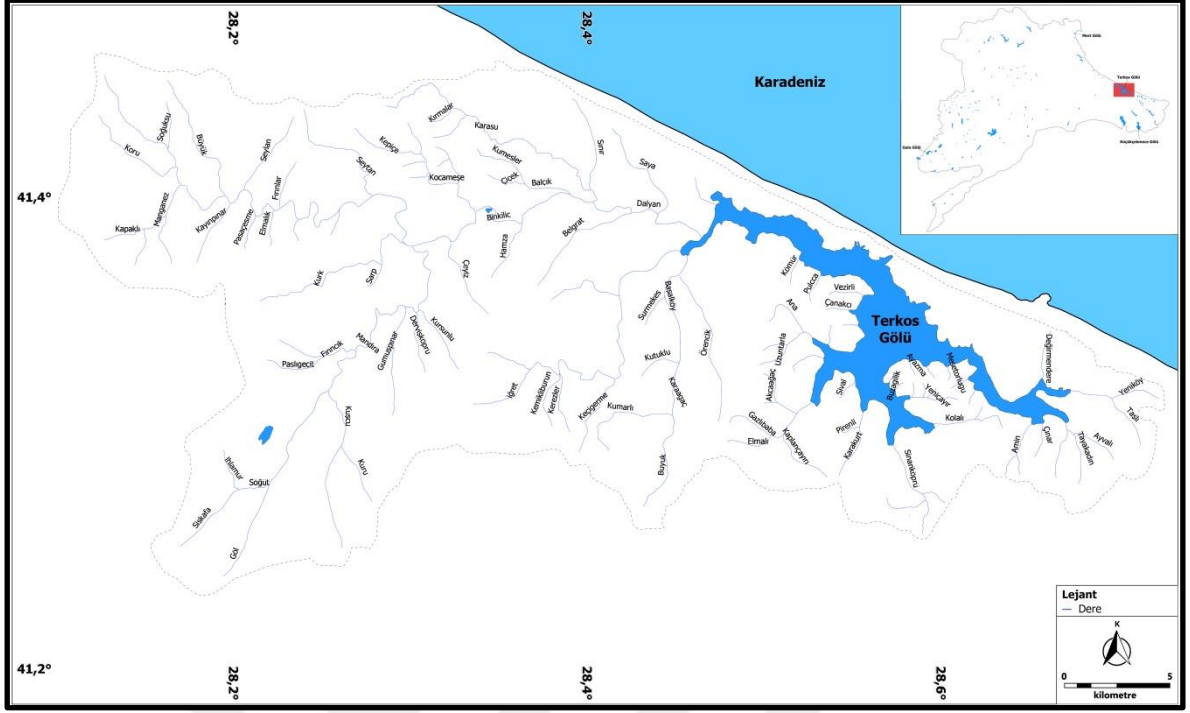
Gölün en derin yeri 9,5 metre iken ortalama derinliği 3,4 metre olup yüzey alanı 32 km² 'dir (Baylan ve Karadeniz, 2006). Terkos Gölü'nü besleyen en önemli akarsu batıdan gelen ve birden çok yan kolları bulunan Istranca deresidir. Göle doğu ve güneyden giriş yapan boyları kısa birden çok dere bulunmaktadır. Karadeniz'e paralel şekilde yer alan Terkos Gölü'nün doğusunda Balaban ve Karaburun yerleşmeleri ve batısında Çelepköy yerleşmeleri bulunmaktadır.



Şekil 4.22. Terkos Gölü çevresinin jeoloji haritası

Holosen döneminin başlangıcında buzulların erimesiyle Karadeniz'in suları yükselmeye başlamış ve karaya doğru ilerlemiştir. İlk zamanlarda koy haline dönüşen Terkos, zaman içerisinde dalgalar tarafından kıyı boyunca kıvrıntılı malzeme taşınması sonucu ön kesiminde bir kıyı kordonu oluşmuştur. Böylece deniz ile bağlantısı kesilen Terkos bir lagün gölüne dönüşmüştür. Göl çevresini Paleozoyik ve Mesozoyik dönemine ait metamorfik kayalar oluşturmaktadır. Bu kayalar üzerinde örtü kayaları ve en üstte genç çökeller yer almaktadır. Gölün batı kesiminde Istranca deresi civarında alüvyon topraklar, doğusunda ve kuzeybatısında kireçsiz kahverengi orman toprakları ve kahverengi orman toprakları ve batı ve kuzeybatısında ise kırmızımsı sarı podzolik topraklar yer almaktadır (Baylan ve Karadeniz, 2006).

Su kaynakları iklim şartlarını doğrudan etkilediği için Terkos Gölü'nün çevresinde Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasından bir geçiş iklimi görülmektedir. Yıllık yağış ortalaması 797.19 mm olup en yüksek yağış 310.48 mm ile Eylül ayında düşmektedir. Bölgede en yüksek sıcaklık 38.5°C ile ağustos ayında, en düşük sıcaklık ise -10° C ile Şubat ayında görülmüştür (Türkoğlu, 2013).



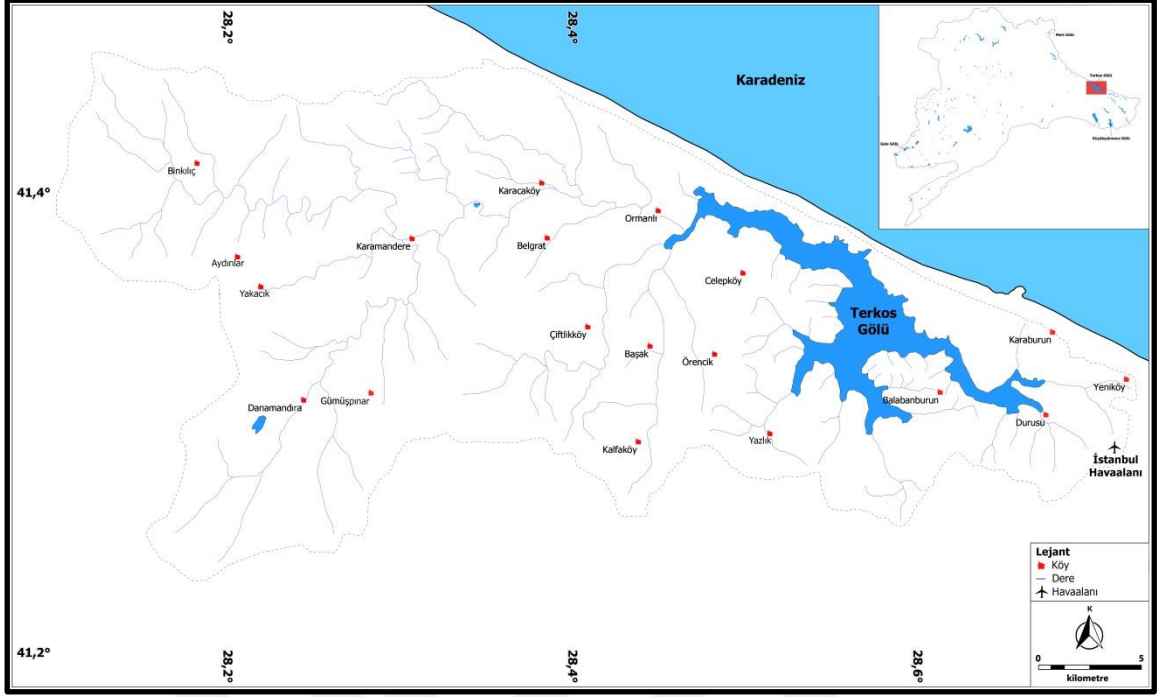
Şekil 4.23. Terkos (Durusu) Gölü çevresinin hidrografi haritası.

Göl fauna ve flora bakımında çok zengindir. Göl çevresinde 17 adet endemik bitki türü bulunmaktadır. Bunun haricinde göl çevresinde sucul bitkiler ve karalara doğru Akçakesme, Kocayemiş ve Ağaçfundası gibi bitki türleri bulunmaktadır. Terkos Gölü leyleklerin ve yırtıcı kuşların göç yolu üzerinde bulunmaktadır. Bu nedenle hayvanlar için önem teşkil etmektedir. Göl ve çevresi 140 kuş türüne ev sahipliği yapmaktadır (Baylan ve Karadeniz, 2006; Balçık ve Göksel, 2011).

Terkos Gölü ekolojik bakımdan çok önemlidir. Bölgenin en önemli içme suyudur ve İstanbul içme suyunun %30'unu karşılamaktadır.

Beşerî Özellikleri

Terkos Gölü İstanbul ili Arnavutköy ilçesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. Arnavutköy ilçesinin yüzölçümü 506,46 km² olup, İstanbul topraklarının %6,5'ini kapsamaktadır. Arnavutköy nüfusu 2018 verilerine göre 270.549 kişidir. Nüfusun %51,99 erkek ve %48,01'i kadındır. İlçe nüfusunun %80,9'u ilköğretim, ortaöğretim veya bunların altında bir eğitime sahiptir. Ortaöğretim mezun sayısı %7,1 iken üniversite mezun oranı %1,3 düzeyindedir (Baylan ve Karadeniz, 2006).



Şekil 4.24 Terkos Gölü çevresinin yerleşim haritası.

Terkos çevresindeki köylerde 15-50 yaş arasındaki nüfus ağırlıktır. Terkos Havzası'nda nüfus, İSKİ Su Koruma Havzası Yönetmeliği (SKHY) yapılaşma yasağı önlemlerinin uygulanması ve kent yönlü göçün başlaması nedeniyle, Kentteki diğer su havzalarına göre daha düşüktür (Çetiner ve ark. 1995). Buna rağmen Terkos Gölü ve yakın çevresinin hem deniz kenarında olması hem de yakın çevredeki orman alanların rekreasyon olanakları sunması nedeniyle, Yeniköy ve Tayakadın yerleşmelerinde mevsimsel nüfusta artış görülmektedir. Göç eden nüfusun çoğunluğunu gençler oluşturmaktadır (Baylan ve Karadeniz, 2006).

Ekonomik etkinlikler, büyük ölçüde bitkisel üretim ve hayvancılıktır. Köy çevrelerindeki orman alanlarının belirli bölümlerinin kullanıma açıldığı dönemlerde ise, yerel halk bu alanlardan odun ihtiyacını karşılamaktadır. Hisarbeyli ve Balaban köylerinde ise az sayıda hane, odun kömürü üretimi ile uğraşmaktadır. Tarımsal etkinliklerde yaşanan sorunlar nedeniyle, halkın önemli geçim kaynaklarından biri de işçiliktir. Yaşlı nüfusun hemen hepsi yörede çalışmakta iken, genç nüfus Çatalca ilçe merkezinde veya İstanbul kentinde, çeşitli iş kollarında çalışmaktadır. Yapılaşma, eğitim, sosyal donatı ve alt yapı: Köylerde çoğunlukla 1-2 katlı, bahçeli köy evleri mevcuttur. İSKİ SKHY gereği, yerleşimlerin çoğunda yapılaşma artışı görülmemektedir. Buna rağmen, Yeniköy ve

Tayakadın köylerinin mevsimsel nüfus çekmesi ve tarım arazilerinin yerleşim amaçlı kullanılmaya başlanması, bu köylerdeki yapılaşma oranını arttırmaktadır (Baylan ve Karadeniz, 2006).

Köylerin çoğunda, ilköğretim okulu bulunmasına rağmen, Balaban, Celep, Hisarbeyli, Örencik ve Yazlık köylerinde taşınalı öğrenime devam edilmektedir. Deneklerle yapılan anket sonuçlarına göre, yerel halkın %87'si ilkokul, %12'si lise ve %1'i ise üniversite mezunudur. Yerleşimlerdeki sağlık ocaklarının çoğunda doktor ve hemşire bulunmamaktadır ve köylerin hiçbirinde eczane yoktur. Sayısı itibariyle en başta gelen sosyal donatı kahvehanelerdir. Yerleşimlerde kanalizasyon yoktur ve evsel, tarımsal etkinliklerden kaynaklanan atıklar fosseptiklerde biriktirilmektedir. Terkos Gölü'nden İstanbul kentine aktarılan içme suyu Havza dışında arıtıldığından, köylerde nüfusun %72'si içme suyunu kaynak sularından, %20'si kuyu ve şehir şebekesinden ve %8'i şehir şebekesinden karşılamaktadır. (Baylan ve Karadeniz, 2006).

BEŞİNCİ BÖLÜM

BULGULAR

5.1. Gala Gölü

Çalışma kapsamında Gala Gölü tabanından alınan yüzey sedimentine ait örnekler ile yapılan laboratuvar çalışmaları neticesinde elde edilen veriler ekolojik indisler yardımıyla değerlendirilmiştir.

5.1.1. Sediment Karakterizasyonu, Metallerin ve Total Organik Karbonun Dağılımı, Karbonat Dağılımı

Gala Gölü'ndeki metallerin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$) sırasıyla;

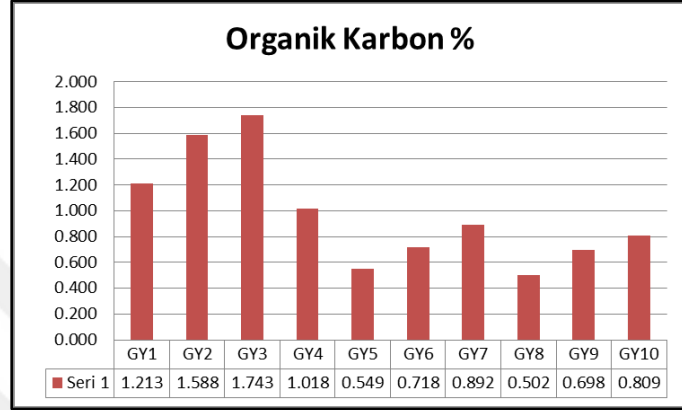
$\text{Fe} > \text{Al} > \text{Mn} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{As} > \text{Cd} > \text{Hg}$ şeklindedir (Şekil 5.1.).

- Cd, Cr ve Hg hariç tüm metaller için en küçük değerler ist. 5'te tespit edilmiştir. Cd için minimum değer ist. 8'de, Cr için ist. 4'te ve Hg için de ist. 6'da bulunmuştur.
- Cr ve Hg hariç en büyük değerler ise 3. İst.'da tespit edilmiştir. Cr için en büyük değer 6. İst.da Hg için ise en büyük değer 2. İst.'da görülmüştür

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg
1	12.88	16.15	36.0	31.6	1399	13900.00	8.8	0.12	31.6	11700.00	0.029
2	14.18	18.04	37.9	35.3	1569	15600.00	9.8	0.16	32.9	13100.00	0.036
3	16.52	20.83	44.9	40.2	2229	18100.00	11.3	0.17	43.4	14700.00	0.033
4	8.56	12.22	27.4	24.3	1211	10600.00	5.8	0.11	21.7	8800.00	0.023
5	3.63	7.61	17.3	10.0	387	6200.00	2.5	0.03	25.9	4400.00	0.016
6	6.03	8.56	23.0	15.2	706	8900.00	3.0	0.05	47.2	6500.00	0.010
7	9.19	13.53	30.9	26.0	1553	12300.00	5.3	0.12	26.5	9700.00	0.019
8	4.86	7.65	18.9	14.3	666	8400.00	2.9	0.02	33.6	5700.00	0.013
9	5.52	8.30	21.5	16.2	614	9800.00	3.2	0.06	39.2	6700.00	0.015
10	9.23	11.45	28.3	24.2	1054	11600.00	5.3	0.09	35.5	9100.00	0.019
ort	9.06	12.43	28.61	23.73	1138.8	11540.00	5.79	0.09	33.75	9040.00	0.02
min	3.63	7.61	17.30	10.00	387.00	6200.00	2.50	0.02	21.70	4400.00	0.01
max	16.52	20.83	44.90	40.20	2229.0	18100.00	11.3	0.17	47.20	14700.00	0.04

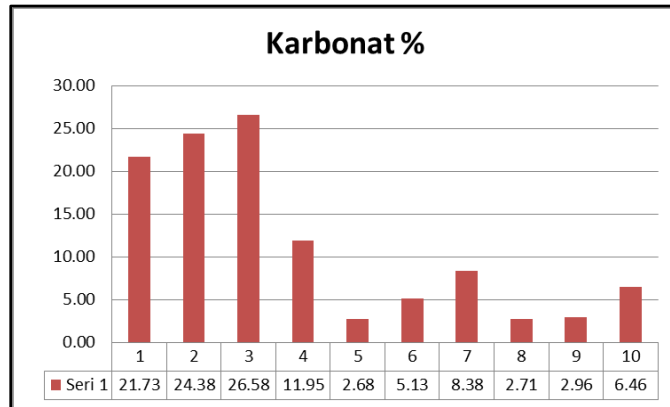
Şekil 5.1. Gala Gölü'nden alınan örneklerin, ICPMS sonucunda ölçülen element konsantrasyonları.

TOC içeriği %0,502-%1,743 arasında değişmektedir ve ortalama değer %0,973'tür. En küçük TOC değeri %0,502 ist3de tespit edilirken maksimum değer %1,743 ist3de bulunmuştur (Şekil 5.2.). Sediment içeriğindeki TOC varlığı metallerin ortama taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Gala Gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 4 istasyondaki TOC seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonlarının da yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir.



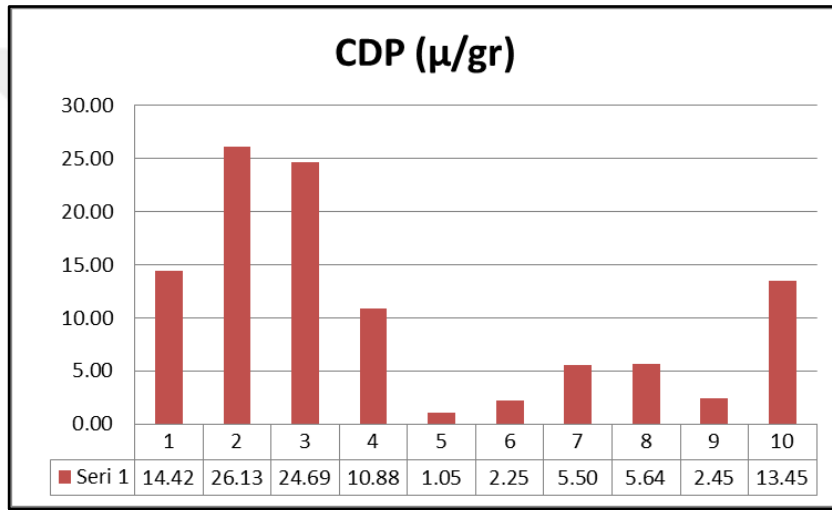
Şekil 5.2. Gala Gölü Yüzey Örnekleri Organik Karbon Seviyeleri Grafiği.

Metallerin taşınması önemli bir görev üstlenen CaCO_3 %2,68-26,58 aralığında ölçülmüştür. En küçük değer ist5'te en büyük değer ist2 ve 3'te tespit edilmiştir (Şekil 5.3.). Sediment içeriğindeki CaCO_3 'ın varlığı ortama metal taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Gala Gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 4 istasyondaki CaCO_3 seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları ve TOC seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir.



Şekil 5.3. Gala Gölü Karbonat dağılımı grafiği.

CDP değerleri göllerin birincil üretimini temsil ettiği gibi sudaki metallerin sedimente taşınmasında bitkilerin rolünü de ifade etmektedir. CDP konsantrasyonu yüzey sedimentinde 1,05-26,13µg/g arasında bulunmuştur (Şekil 5.4.). Ortalama değer ise 10,65µg/g'dır. Göl sedimentlerindeki CDP varlığı, bitkiler tarafından hücre içine alınan metallerin ölü bitki artıkları yoluyla sedimente taşındığını gösterir. Gala Gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 4 istasyondaki CDP seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları, TOC ve CaCO₃ seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Bu 4 istasyondaki yüksek metal konsantrasyonları ortamdaki yüksek TOC, CaCO₃ ve CDP düzeyleri ile ilişkilidir.



Şekil 5.4. Gala Gölü Yüzey Örnekleri Klorofil Bozunma Ürünleri Seviyeleri Grafiği

5.1.2. Ekolojik İndisler

5.1.3. Zenginleşme Faktörü

Gala Gölü'nde çalışılan metallerin ortalama zenginleşme faktörü azalan sırayla; Hg>Mn>Cd>Cr>Zn>Pb>As>Ni>Cu>Fe şeklindedir. Genele bakıldığında en yüksek zenginleşme değerleri ist. 5'te görülmüştür (Şekil 5.5.).

- Cu değerleri için ortalama zenginleşme 0,84 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir (Cu<2).
- Pb değerleri için ortalama zenginleşme 1,08 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir (Pb<2).

- Zn değerleri için ortalama zenginleşme 1,26 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Zn < 2$).
- Ni değerleri için ortalama zenginleşme 0,87 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Zn < 2$).

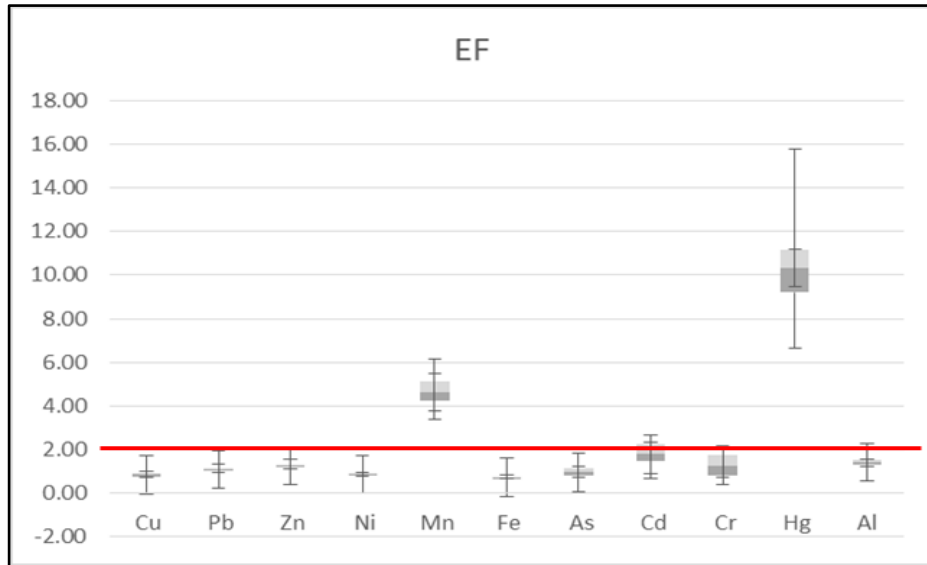


Şekil 5.5. Gala Gölü'ndeki istasyonların element bazlı Zenginleşme Faktörü grafikleri.

- Mn değerlerine bakıldığında ortalama değer 4,64 ile orta düzeyde zenginleşme gerçekleşirken zenginleşme değerinin en yüksek olduğu istasyonlar ise 7., 3. ve 4. istasyonlar olup buralarda önemli düzeyde zenginleşme gerçekleşmiştir ($5 < Mn < 20$).
- Fe değerleri için ortalama zenginleşme 0,72 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Fe < 2$).

- As değerleri için ortalama zenginleşme 0,95 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($As < 2$).
- Cd değerleri için ortalama zenginleşme 1,78 olup en yüksek zenginleşme 4,7,2 ve 3. istasyonlarda orta düzeyli zenginleşme gerçekleşmiştir ($2 < Cd < 5$).
- Cr değerleri için ortalama zenginleşme 1,26 olup sadece ist. 6'da 2,17 değeri ile orta düzeyli zenginleşme gerçekleşmiştir.
- Hg değerleri için ortalama zenginleşme 10,32 ile önemli zenginleşme gösterirken; en yüksek zenginleşmeler 5, 2 ve 4. istasyonlarda gerçekleşmiştir ($5 < Hg < 20$).
- Al değerleri için ortalama 1,40 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Al < 2$).

Sonuç olarak Gala Gölü'nde Hg konsantrasyonları için tüm istasyonlarda önemli zenginleşme; Mn ve Cd (2,3,4 ve no'lu istasyonlarda) konsantrasyonları için ise orta düzeyli zenginleşme söz konusudur (Şekil 5.5.). Tüm elementler için 5,4,2, ve 3. istasyonlarda yoğun bir girdi söz konusudur. Element konsantrasyonlarında ve zenginleşme değerlerinde gözlenen artış başta tarım olmak üzere bölgedeki insan etkisini işaret etmekte, ekosistem açısından tehdit edici bir durum sergilemektedir.



Şekil 5.6. Gala Gölü'nün element bazlı Zenginleşme Faktörü Box and Whisker grafiği.

5.1.4. Kontaminasyon Faktörü

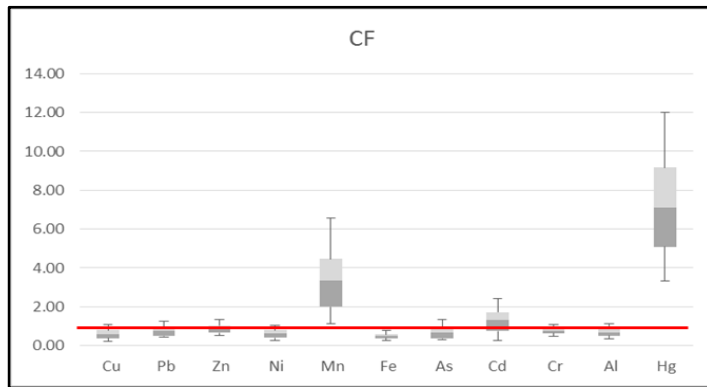
Gala Gölü'ndeki örnekler üzerinde yapılan değerlendirmeler sonucunda CF değerleri azalan sırayla şu şekildedir; Hg>Mn>Cd>Zn>Cr>Pb>As >Al>Ni >Cu >Fe (Şekil 5.7.).

- Cu için 3. İstasyonda orta düzeyli kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda düşük birikim gözlenmiştir.
- Pb 2.ve 3. İstasyonlarda orta düzeyli, diğer istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon tespit edilmiştir. Aynı durum ile Zn için 1,2,3. İstasyonlarda Ni için ise sadece 3. İstasyonda orta düzeyli, kalan istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Mn'ye baktığımızda 3. İstasyonda çok yüksek kontaminasyon (6,58) görülürken, 1,2,4,7 ve 10. İstasyonda yüksek kontaminasyon geriye kalan 5,6,8 ve 9. istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon görülmüştür.
- Fe için tüm istasyonlarda düşük kontaminasyon gözlenmiştir.
- As 1,2 ve 3. İstasyonda orta düzeyli, diğerlerinde düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Cd için 5,6,8 ve 9. İstasyonda düşük düzeyli, geriye kalan 6 istasyonda ise orta düzeyli kontaminasyon tespit edilmiştir.
- Cr; istasyon 3 ve 6 orta düzeyli kalan istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Al'ye baktığımızda 2. ve 3. istasyonlarda orta; diğer tüm istasyonlarda düşük kontaminasyon görülmüştür.
- Hg ise 5,6,8 ve 9. İstasyonda yüksek kontaminasyon, diğer istasyonlarda ise çok yüksek kontaminasyon düzeyi gözlemlenmiştir.



Şekil 5.7. Gala Gölü’ndeki istasyonların element bazlı Kontaminasyon Faktörü grafikleri.

Sonuç olarak bakıldığında Hg için gözlenen çok yüksek kontaminasyon ve Mn için gözlenen yüksek kontaminasyon değerleri ekosistem açısından dikkat çekici bir tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca Cd için orta düzeyde kontaminasyon söz konusudur (Şekil 5.7.).



Şekil 5.8. Gala Gölü’nün element bazlı Kontaminasyon Faktörü Box and Whisker grafiği.

5.1.5. Jeoakümülayon İndeksi

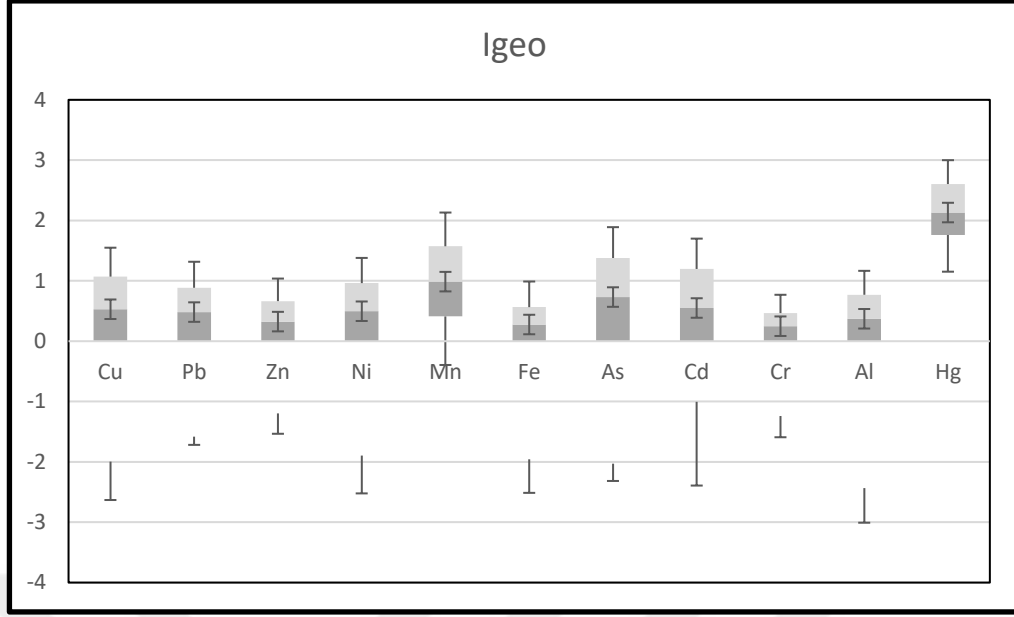
Gala Gölü'nde çalışılan elementler göz önüne alındığında ortalama Jeoakümülayon değeri Hg için 2,13, Mn için 0,98 dir (Tablo 5.1.). Bu durumda Hg için orta / çok kirletilmiş olduğu, Mn için ise kirletilmemiş / orta derecede kirletilmiş olduğu görülmüştür.

- Hg için en yüksek değeri 3 olup (2. İstasyon) orta/çok kirletilmiş düzeyindedir.
- Mn için en yüksek değeri 2,13 olup (3. İstasyon) orta/çok kirletilmiş düzeyindedir.

Ayrıca Cd için 1,2,3,4 ve 7. istasyonlarda kirletilmemiş/orta dereceli kirletilmiş olma durumu söz konusudur.

Tablo 5.1. Gala Gölü'nün Jeoakümülayon indeksi değeri (Referans element olarak Al kullanılmıştır).

Igeo	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg
1	-0,80479	-0,63241	-0,47681	-0,86238	1,460076	-1,34866	-0,50057	0,192645	-1,04937	-1,59724	2,688056
2	-0,66607	-0,47275	-0,40261	-0,70264	1,625526	-1,1822	-0,34529	0,607683	-0,9912	-1,43418	3
3	-0,44571	-0,26528	-0,1581	-0,51511	2,132077	-0,96776	-0,13982	0,695145	-0,5916	-1,26793	2,874469
4	-1,39424	-1,0347	-0,87063	-1,24135	1,251879	-1,73969	-1,10202	0,067114	-1,5916	-2,00817	2,353637
5	-2,63188	-1,71798	-1,53404	-2,52231	-0,39391	-2,51341	-2,31615	-1,80735	-1,33634	-3,00817	1,830075
6	-1,8997	-1,54826	-1,12318	-1,91824	0,47342	-1,99187	-2,05311	-1,07039	-0,4705	-2,44524	1,152003
7	-1,29179	-0,88778	-0,6972	-1,1438	1,610738	-1,52509	-1,23208	0,192645	-1,3033	-1,86769	2,078003
8	-2,2109	-1,71041	-1,40642	-2,00629	0,389274	-2,07529	-2,10202	-2,39232	-0,96083	-2,63472	1,530515
9	-2,02718	-1,59276	-1,22047	-1,82631	0,271991	-1,8529	-1,96	-0,80735	-0,73844	-2,40152	1,736966
10	-1,28552	-1,1286	-0,82401	-1,2473	1,051555	-1,60962	-1,23208	-0,22239	-0,88147	-1,95981	2,078003
Ort.	-1,46578	-1,09909	-0,87135	-1,39857	0,987262	-1,68065	-1,29831	-0,45446	-0,99146	-2,06247	2,132173
Min.	-2,63188	-1,71798	-1,53404	-2,52231	-0,39391	-2,51341	-2,31615	-2,39232	-1,5916	-3,00817	1,152003
Max.	-0,44571	-0,26528	-0,1581	-0,51511	2,132077	-0,96776	-0,13982	0,695145	-0,4705	-1,26793	3



Şekil 5.9. Gala Gölü'nün element bazlı Geoakümülyasyon indeksi Box and Whisker grafiği

5.1.6. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PER)

Şekil 5.11.'deki ilk grafikte Hg değeri çok yüksek olduğu için, diğer elementleri baskılamıştır. İkinci grafikte Hg değeri çıkarılarak diğer elementlerin sonuç grafiği daha net gözlenmiştir.

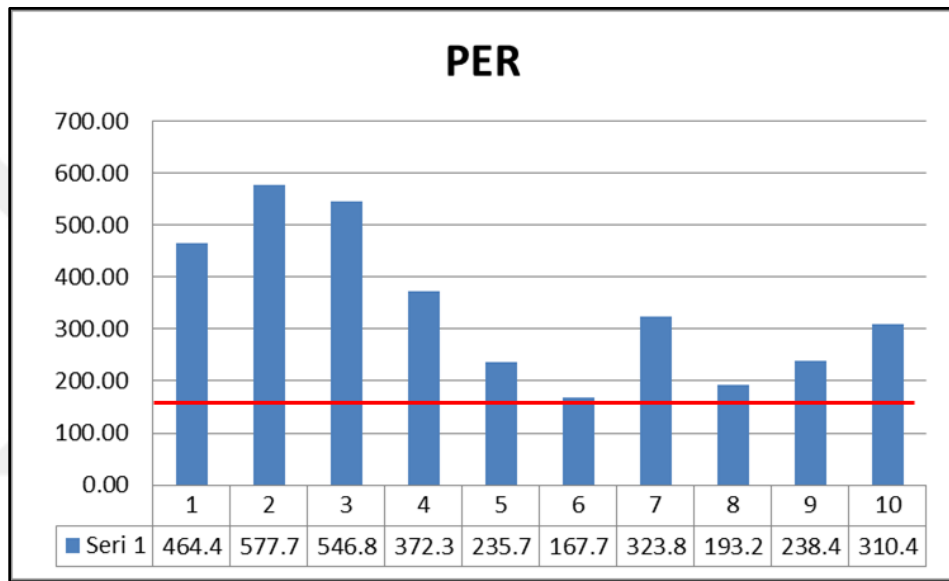
Eri değerleri için sınır değer 40 olup, bu değeri aştığında söz konusu element için Potansiyel Ekolojik Risk söz konusudur (Şekil 5.11.).

Metallerin hesaplanan Eri değerlerine göre azalan sıralaması şöyledir; Hg > Cd > As > Pb > Ni > Cu > CR > Zn.

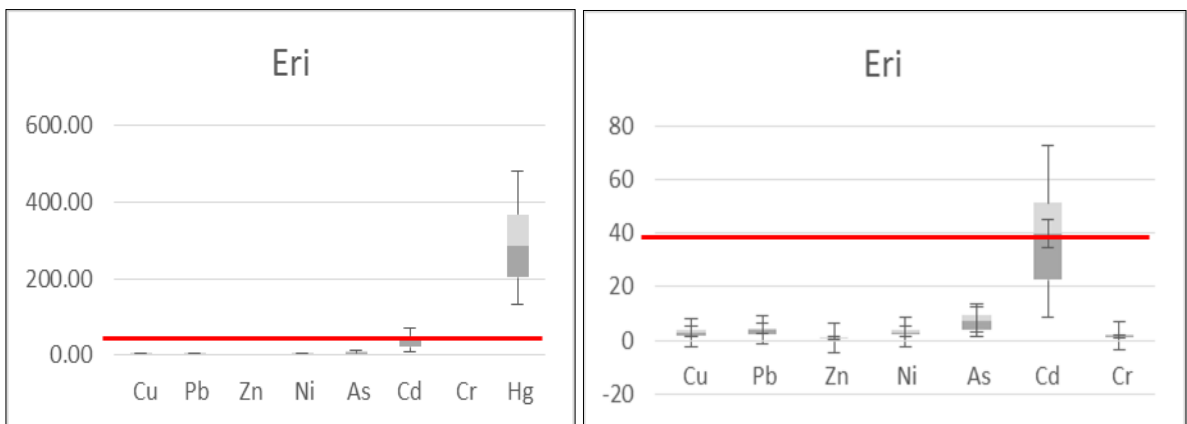
Eri değerlerine bakıldığında;

- Hg ortalaması 343,08 ile potansiyel ekolojik risk teşkil ederken ilk 3 istasyonda Hg açısından çok yüksek ekolojik risk, 6. İstasyonda önemli potansiyel ekolojik risk söz konusudur.
- Cd ortalaması 39,86 ile düşük potansiyel ekolojik risk söz konusuyken istasyon bazlı baktığımızda Cd için 3,2,1,7 ve 4 no'lu istasyonlarda orta derecede potansiyel ekolojik risk söz konusudur.

Potansiyel Ekolojik Risk açısından tüm ağır metaller entegre olarak değerlendirildiğinde sınır değer 150 olup istasyon bazlı bakıldığında tüm istasyonlar için bu eşik değeri aşılmıştır. İstasyonların PER değeri ortalaması 343.08 olup önemli potansiyel ekolojik risk söz konusudur (Şekil 5.10.). Minimum değer 167.79 ve maksimum değeri ise 577.76'dır. PER değerleri açısından 1,2,3,4,7 ve 10. istasyonlarda önemli potansiyel ekolojik risk söz konusuyken; 5,6,8 ve 9. istasyonlar için orta dereceli potansiyel ekolojik risk söz konusudur. En yüksek değerler sırasıyla 2,3 ve 1. istasyonda ölçülmüştür.



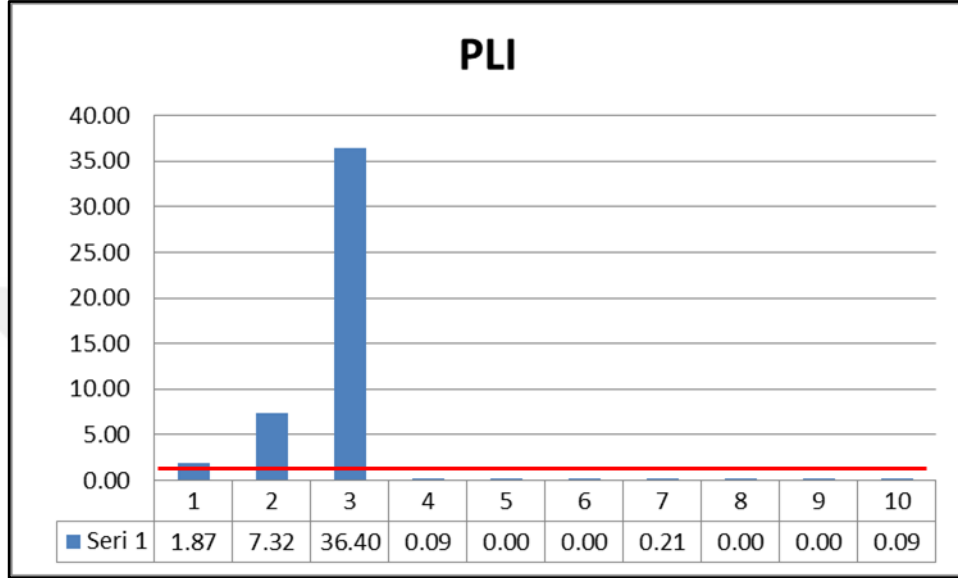
Şekil 5.10. Gala Gölü'nün istasyon bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi grafiği.



Şekil 5.11. Gala Gölü'nün element bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi Box and Whisker grafiği.

5.1.7. Kirlilik Yük İndeksi (PLI)

Gala Gölü için hesaplan PLI değerleri 0,00 ile 36,04 arasındadır. Ortalama değer ise 4,60'tır (Şekil 5.12.). Sınır değer "1" olduğu düşünülürse, Gala Gölü'ndeki kirlilik oldukça endişe verici düzeydedir.



Şekil 5.12. Gala Gölü'nün istasyon bazlı Kirlilik yük indeksi grafiği.

5.1.8. İstatistiksel Yaklaşımlar

5.1.9. Faktör Analizi

Yüzey sediment örneklerinden elde edilen metal konsantrasyonlarının muhtemel kaynaklarının tespit edilmesi amacıyla faktör analizi yapılmıştır. Çalışılan elementleri iki faktör altında toplamak mümkündür (Şekil 5.13.). Birinci faktörü Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe, As, Cd, Al ve Hg kaynak ve taşınım süreçleri ortaktır. İkinci faktörü ise Cr elementi oluşturmaktadır (Tablo 5.2.).

Tablo 5.2. Gala Gölü faktör analizi sayısal verileri

	Component	
	1	2
Cu	,995	,052
Pb	,995	-,030
Zn	,994	,068

Ni	,997	-,011
Mn	,960	-,013
Fe	,985	,129
As	,988	-,019
Cd	,971	-,109
Cr	,104	,992
Al	,997	,039
Hg	,927	-,225

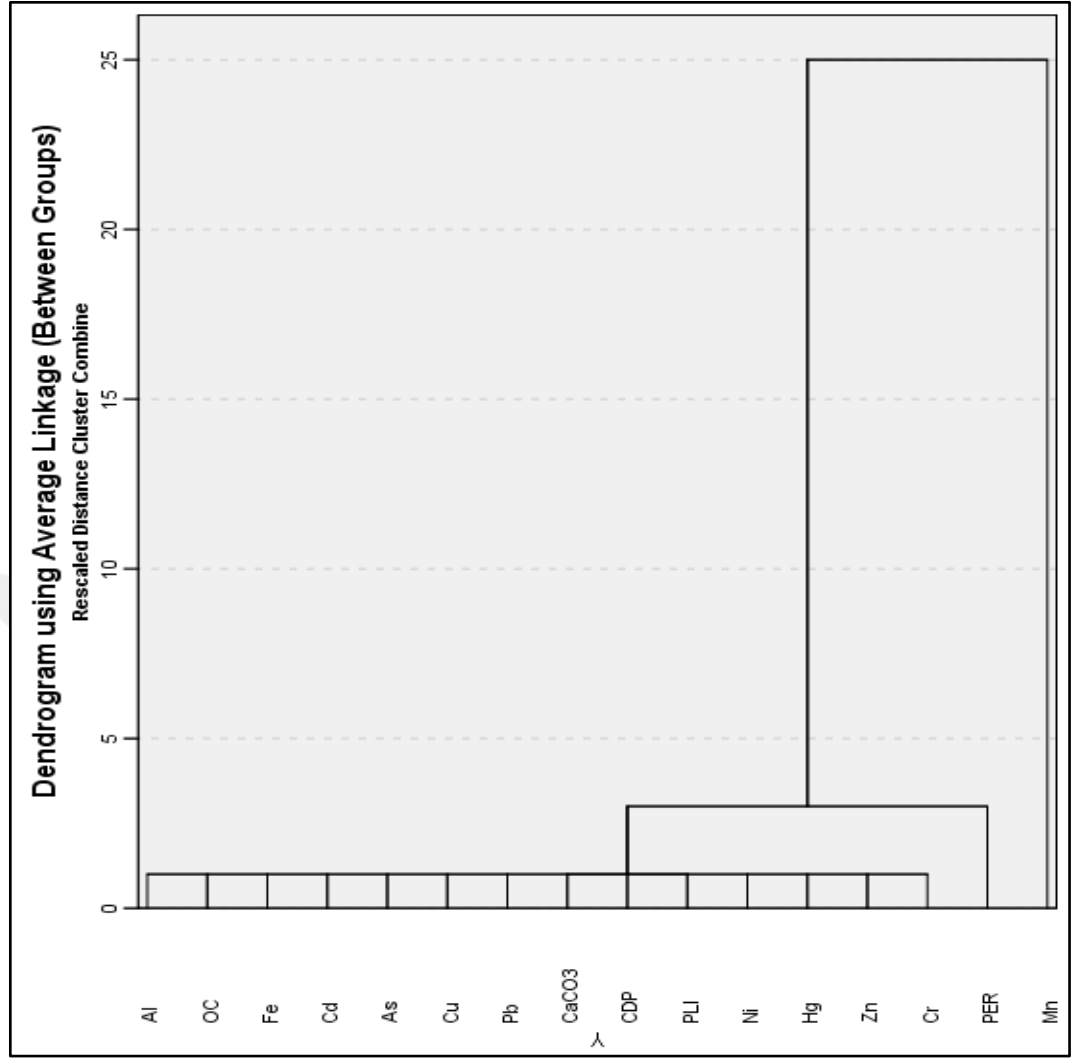


Şekil 5.13. Gala Gölü’ne ait Faktör (Component) Analizi Grafiği.

5.1.10. Kümelenme Analizi

Gala Gölü’nde tespit edilen elementleri kaynaklarına göre gruplama için kümelenme analizi yapılmıştır.

Buna göre elementleri iki ana gruba bölmek mümkündür. Sediment örneklerindeki Mn konsantrasyonları litojenik kaynaklanırken; diğer elementler antropojenik kaynaklıdır. Buna göre Cr, Zn, Hg ve Ni elementlerinin aralarındaki ilişkileri yüksek olup birlikte taşınma durumu söz konusudur. Al, Fe, Cd, As, Cu ve Pb elementlerinin aralarındaki ilişki yüksek olup birlikte taşınmışlardır (Şekil 5.14.).



Şekil 5.14. Gala Gölü’nde tespit edilen elementlerin kaynaklarına göre kümelenme grafiği

5.1.11. Korelasyon Analizi

Gala Gölü’ndeki analizde P(sig) değeri 0,05’ten küçük olduğu durumda söz konusu iki değişken arasında anlamlı ilişki vardır. Bu analiz iki değişken arasındaki neden sonuç ilişkisini değil birlikte taşınma durumunu verir. Aralarında doğru orantı vardır, ortam bir değişken artınca diğeri de artmaktadır. Örneğin; Ni element konsantrasyonları incelendiğinde Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, As, Cd, Al ve Hg elementleri ile arasında pozitif korelasyon ilişkisi vardır. Ayrıca Cr elementinin değerleri incelendiğinde diğer elementlerle arasında ilişki yoktur. Bu durumda Cr elementinin farklı bir kaynaktan ortama girdiği anlaşılmaktadır (Tablo 5.3.).

Tablo 5.3. Gala Gölü’nde tespit edilen elementlerin Spearman’s Korelasyon tablosu.

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg	CaCO ₃	CDP	OC	PER	PLI
Cu	1															
Pb	,000	1														
Zn	,000	,000	1													
Ni	,000	,000	,000	1												
Mn	,000	,000	,000	,000	1											
Fe	,000	,000	,000	,000	,000	1										
As	,000	,000	,000	,000	,000	,000	1									
Cd	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	1								
Cr	,627	,881	,726	,934	,960	,777	,934	,947	1							
Al	,000	,000	,000	,000	,000	1	,000	,000	,777	1						
Hg	,002	,002	,002	,001	,004	,001	,000	,000	,424	,001	1					
CaCO ₃	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,934	,000	,001	1				
CDP	,001	,003	,002	,005	,002	,001	,001	,009	,907	,002	,002	,002	1			
OC	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,005	1		
PER	,002	,001	,001	,000	,002	,000	,000	,000	,511	,000	,000	,000	,002	,000	1	
PLI	,000	,000	,000	,000	,000	1	,000	,000	,777	1	,001	,000	,002	,000	,000	1

5.2. Küçükçekmece Gölü

Çalışma kapsamında Küçükçekmece Gölü tabanından alınan yüzey sedimentine ait örnekler ile yapılan laboratuvar çalışmaları neticesinde elde edilen veriler ekolojik indisler yardımıyla değerlendirilmiştir.

5.2.1. Sediment Karakterizasyonu, Metallerin ve Total Organik Karbonun Dağılımı, Karbonat Dağılımı

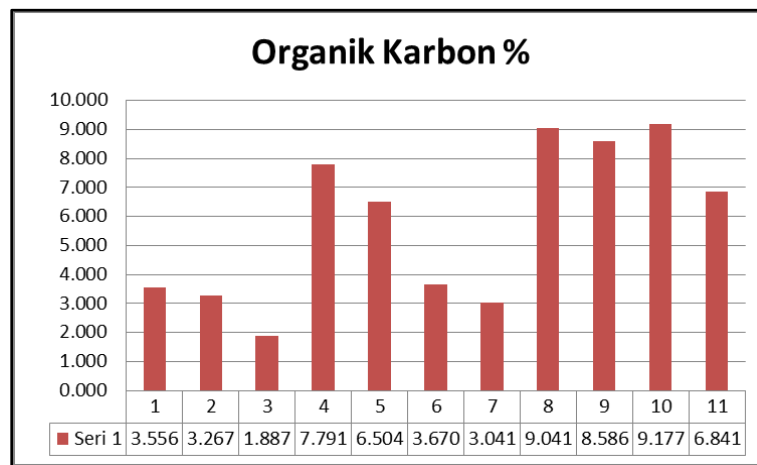
Küçükçekmece Gölü için, diğer göllerden farklı olarak 11 adet istasyondan yüzey sedimenti alınmıştır. Küçükçekmece Gölü’ndeki metallerin ortalama konsantrasyonları (µg/g) sırasıyla; Fe>Al>Mn>Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As>Cd>Hg şeklindedir.

- Mn hariç tüm metaller için en küçük değerler 3. İstasyonda, Mn için ise minimum değer 10. İstasyonda tespit edilmiştir.
- Ni, Fe, As ve Al için en büyük değerler ise 9. İstasyonda ölçülmüştür. Diğer elementler için en büyük değerler ise; Cu, Cr, Hg için 10. İstasyonda, Pb için 6. İstasyonda, Zn ve Cd için 7. İstasyonda, Mn için ise 3. İstasyonda ölçülmüştür (Tablo 5.4.).

Tablo 5.4. Küçükçekmece Gölü'nden alınan örneklerin, ICPMS sonucunda ölçülen element konsantrasyonları.

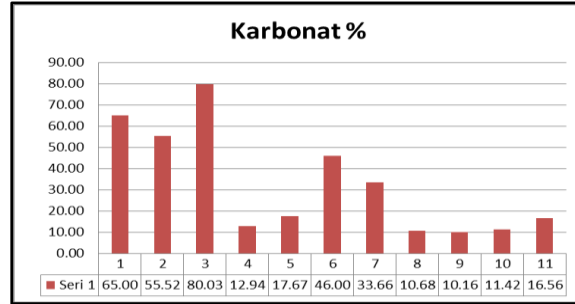
	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg
1	23,71	7,26	96,5	24,0	1314	3900	2,9	0,11	17,7	4200	0,025
2	55,31	16,93	180,4	37,2	705	7600	3,7	0,27	41,7	7900	0,101
3	6,90	2,17	42,5	9,1	2156	900	1,4	0,05	7,6	1200	0,006
4	92,99	35,36	305,0	74,2	387	17900	8,1	0,58	71,1	15300	0,109
5	107,23	39,33	299,2	80,1	476	19900	7,0	0,58	81,8	18600	0,108
6	34,02	42,73	107,9	41,2	607	12000	4,1	0,26	39,2	9400	0,032
7	52,49	20,30	533,1	73,4	858	17600	6,6	0,72	85,9	17300	0,041
8	84,01	32,07	271,8	79,0	303	17200	7,2	0,47	80,3	16000	0,099
9	85,48	34,79	256,5	84,2	352	21300	9,8	0,57	92,5	19000	0,090
10	138,07	41,13	231,7	75,3	280	17000	6,2	0,45	95,8	15800	0,140
11	82,6	27,58	287,8	76,8	393	15700	7	0,5	86,7	13800	0,097
Ort.	69,35	27,24	237,49	59,50	711,91	13727,27	5,82	0,41	63,66	12590,91	0,08
Min.	6,90	2,17	42,50	9,10	280,00	900,00	1,40	0,05	7,60	1200,00	0,01
Max.	138,07	42,73	533,10	84,20	2156,00	21300,00	9,80	0,72	95,80	19000,00	0,14

TOC içeriği %1,887- %9,177 arasında değişmektedir ve ortalama değer %5,760'tır. En küçük TOC değeri %1,887 ist 3'te tespit edilirken maksimum değer %9,177 ist 10'da bulunmuştur (Şekil 5.15.). Sediment içeriğindeki TOC varlığı metallerin ortama taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Küçükçekmece Gölü sediment örnekleri incelendiğinde son 4 istasyondaki TOC seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonlarının da yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Ni, As ve Cr konsantrasyonları dikkat çekmektedir.



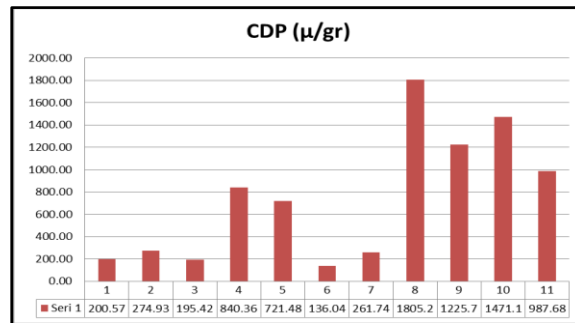
Şekil 5.15. Küçükçekmece Gölü Yüzey Örnekleri Organik Karbon Seviyeleri Grafiği.

Metallerin taşınması önemli bir görev üstlenen CaCO_3 %80,03-10,16 aralığında ölçülmüştür. En küçük değer ist 9'da en büyük değer ist 3'te tespit edilmiştir (Şekil 5.16.). Sediment içeriğindeki CaCO_3 'ın varlığı ortama metal taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Küçük Çekmece gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 3 istasyondaki CaCO_3 seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 5.16. Küçükçekmece Karbonat dağılımı grafiği.

CDP değerleri göllerin birincil üretimini temsil ettiği gibi sudaki metallerin sedimente taşınmasında bitkilerin rolünü de ifade etmektedir. CDP konsantrasyonu yüzey sedimentinde 136,04 – 1805,2 $\mu\text{g/g}$ arasında bulunmuştur. Ortalama değer ise 738 $\mu\text{g/g}$ 'dır. Göl sedimentlerindeki CDP varlığı, bitkiler tarafından hücre içine alınan metallerin ölü bitki artıkları yoluyla sedimente taşındığını gösterir. Küçükçekmece Gölü sediment örnekleri incelendiğinde son 4 istasyondaki CDP seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları, TOC seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Bu 4 istasyondaki yüksek metal konsantrasyonları ortamdaki yüksek TOC ve CDP düzeyleri ile ilişkilidir (Şekil 5.17.).



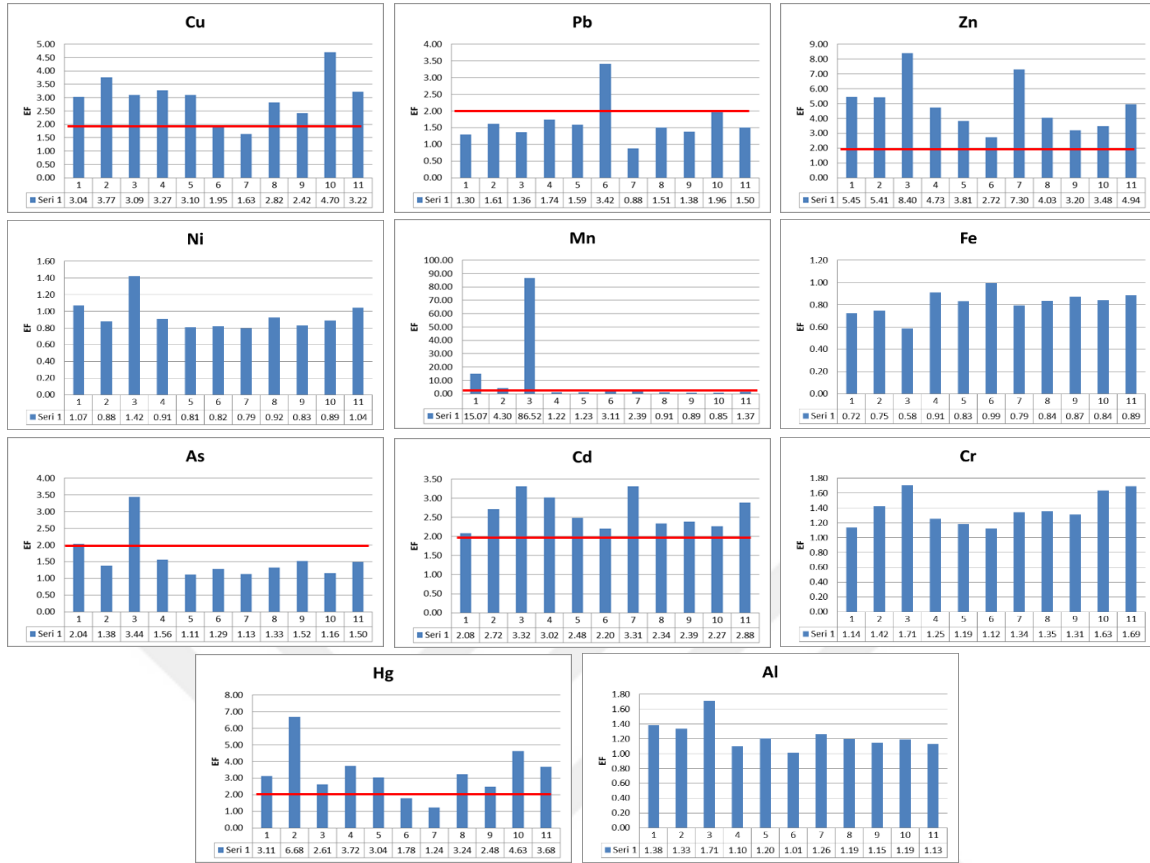
Şekil 5.17. Küçükçekmece Gölü Yüzey Örnekleri Klorofil Bozunma Ürünleri Seviyeleri Grafiği.

5.2.2. Ekolojik İndisler

5.2.3. Zenginleşme Faktörü

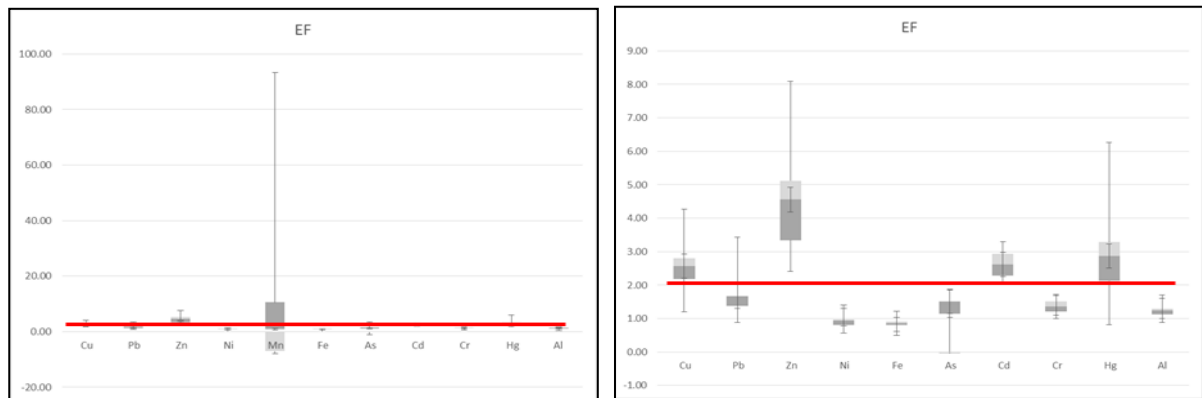
Küçükçekmece Gölü'nde çalışılan metallerin ortalama zenginleşme faktörü azalan sırayla; $Mn > Zn > Hg > Cu > Cd > Pb > As > Cr > Ni > Fe$ şeklindedir. Genele bakıldığında en yüksek zenginleşme değerleri 3. İstasyonda görülmüştür (Şekil 5.18.).

- Cu değerleri 6. Ve 7. İstasyonlarda minimal zenginleşme, kalan tüm istasyonlarda orta düzeyli zenginleşme göstermiştir.
- Pb değerleri 6. İstasyonda orta düzeyli zenginleşme gösterirken 7. İstasyonda zenginleşme görülmemiştir. Kalan tüm istasyonlarda ise minimal düzeyde zenginleşme göstermiştir.
- Zn için 1, 2, 3, ve 7. İstasyonlarda önemli seviyede zenginleşme görülürken, diğer tüm istasyonlarda orta düzeyde zenginleşme gözlenmiştir.
- Ni için ortalama zenginleşme 0,94 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme söz konusudur.
- Mn için ortalama 10,72 ile önemli zenginleşme görülürken, istasyon 3'te 86,52 ile aşırı zenginleşme gerçekleşmiştir.
- Fe için ortalama zenginleşme 0,82 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme vardır.
- As için 1 ve 3. İstasyonlarda orta düzeyde zenginleşme görülürken, bunların dışındaki istasyonlarda zenginleşme görülmemektedir.
- Cd değerleri tüm istasyonlarda orta düzeyde zenginleşme göstermektedir.
- Cr ise tüm istasyonlarda minimal düzeyde zenginleşme göstermektedir.
- Hg değerlerine baktığımızda 2. İstasyonda önemli düzeyde zenginleşme görülürken, istasyon 6 ve 7'de minimal düzeyde zenginleşme, geriye kalan tüm istasyonlarda ise orta düzeyde zenginleşme gözlenmiştir.



Şekil 5.18. Küçükçekmece Gölü'ndeki istasyonların element bazlı Zenginleşme Faktörü grafikleri.

Gözlenen yüksek değerler İstanbul gibi bir metropolün sanayi, evsel atıklar, tarımsal etkinlikler gibi insan etkisinin göl üzerinde yarattığı büyük baskıyı gözler önüne sermektedir. Gözlenen bu yüksek değerler, ekosistem için bir tehdit oluşturmaktadır.



Şekil 5.19. Küçükçekmece Gölü'nün element bazlı Zenginleşme Faktörü Box and Whisker grafiği.

İlk grafikte Mn değeri çok yüksek çıktığı için, diğer elementleri baskılamıştır. İkinci grafikte Mn değeri çıkarılarak diğer elementlerin sonuç grafiği daha net gözlenmiştir (Şekil 5.19.).

5.2.4. Kontaminasyon Faktörü

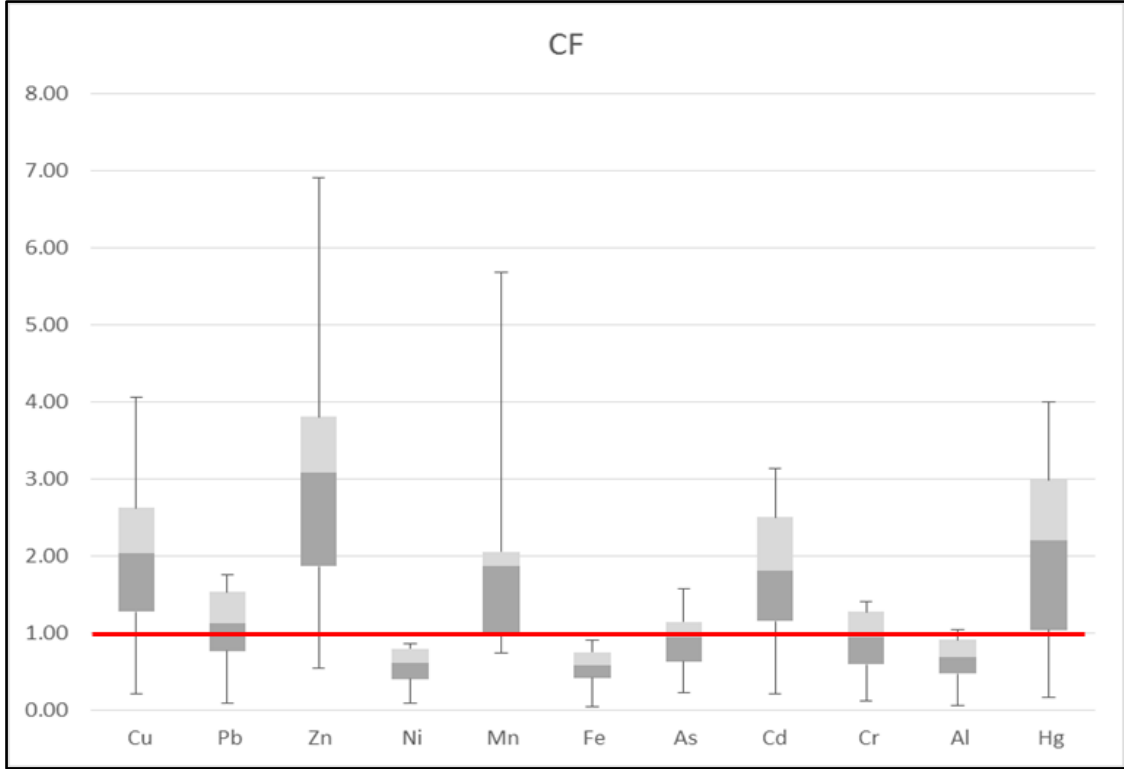
Küçükçekmece Gölü'nde Yapılan değerlendirmeler sonucunda kontaminasyon değerleri azalan sırayla şu şekildedir; $Zn > Hg > Cu > Mn > Cd > Pb > As \geq Cr > Al > Ni > Fe$ (Şekil 5.20.).

- Cu için 5 ve 10. İstasyonlarda yüksek düzeyli kontaminasyon, 2, 4, 6, 7, 8, 9, ve 11. İstasyonlarda orta düzeyli kontaminasyon, 1, ve 3. İstasyonlarda düşük düzeyli birikim gözlenmiştir.
- Pb değerleri 1, 2, 3 ve 7. İstasyonlarda düşük düzeyli, diğer istasyonlarda ise orta düzeyde kontaminasyon şeklindedir.
- Zn için istasyon 3'te düşük kontaminasyon; istasyon 1, 2 ve 6 için orta kontaminasyon, istasyon 4, 5, 8, 9, 10 ve 11 de yüksek kontaminasyon, istasyon 7 çok yüksek kontaminasyon gerçekleşmiştir.
- Ni için tüm istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon görülmüştür.
- Mn'ye baktığımızda 1 ve 3. İstasyonda yüksek düzeyli kontaminasyon; 2, 4, 5, 4, 6 ve 11'de orta düzeyli kontaminasyon diğerlerindeyse düşük kontaminasyon gözlemlenmiştir.
- Fe için tüm istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- As 1, 2, 3 ve 6. İstasyonlarda düşük düzeyli, geriye kalan tüm istasyonlarda ise orta düzeyli birikim gözlenmiştir.
- Cd için 1, ve 3. İstasyonda düşük düzeyli kontaminasyon, 7. İstasyonda yüksek düzeyli kontaminasyon, geriye kalan tüm istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon tespit edilmiştir.

- Cr; istasyon 1, 2, 3, ve 6. İstasyonda düşük değerde kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda ise orta düzeyde kontaminasyon göstermiştir.
- Al'ye baktığımızda 5. ve 9. İstasyonlarda orta düzeyli, diğer tüm istasyonlarda düşük kontaminasyon tespit edilmiştir.
- Hg için 1, 3, ve 6. İstasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon, 4, 5, ve 10. İstasyonlarda yüksek düzeyli kontaminasyon, diğer istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon gözlemlenmiştir.



Şekil 5.20. Küçükçekmece Gölü'ndeki istasyonların element bazlı Kontaminasyon Faktörü grafikleri.



Şekil 5.21. Küçükçekmece Gölü'nün element bazlı Kontaminasyon Faktörü Box and Whisker grafiği.

5.2.5. Jeoakümülayon İndeksi

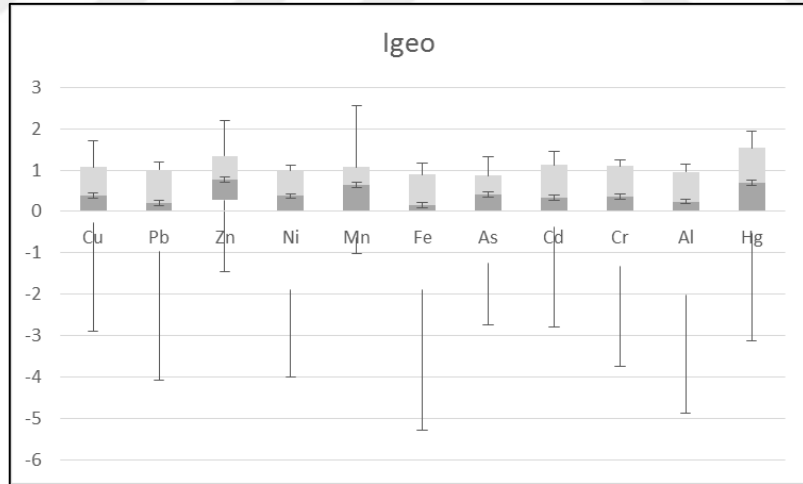
Küçükçekmece Gölü'nde çalışılan elementler göz önüne alındığında ortalama Jeoakümülayon değeri:

- Zn için 0,77 olup maksimum Igeo değeri 2,22 ile istasyon 7'de,
- Hg için ortalama Igeo değeri 0,16 olup maksimum değer 1,41 ile istasyon 10'da,
- Cu için 0,10 olup maksimum Igeo değeri 1,43 ile istasyon 10'da,
- Mn için 0,01 olup maksimum değer 1,91 ile istasyon 3'te ölçülmüştür (Tablo 5.5.).

Bu durum göl genelinde kirlenmemiş/orta derecede kirlenmiş olma durumunun hâkim olduğunu göstermekle birlikte belli lokasyonlarda Zn, Hg, Cu ve Mn konsantrasyonları için Igeo değerleri açısından gölün orta derecede kirlenmiş olduğunu gösterir.

Tablo 5.5. Küçükçekmece Gölü'nün Jeoakümülayon indeksi değeri (Referans element olarak Al kullanılmıştır.)

Igeo	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg
1	-1,10585	-2,33025	-0,26303	-2,61029	1,204931	-3,17608	-1,68118	-1,64909	-2,52462	-3,06916	-1,07039
2	0,116195	-1,10871	0,639564	-1,97802	0,306661	-2,21355	-1,32971	-0,35364	-1,28833	-2,1577	0,943966
3	-2,88668	-4,07252	-1,4461	-4,00938	1,919323	-5,29155	-2,7318	-2,7866	-3,7443	-4,87652	-3,12928
4	0,86573	-0,04617	1,397174	-0,9819	-0,55863	-0,97766	-0,19931	0,749457	-0,51852	-1,20409	1,053939
5	1,071291	0,107339	1,369475	-0,87152	-0,26	-0,82485	-0,40988	0,749457	-0,31627	-0,92232	1,040642
6	-0,58496	0,226958	-0,10194	-1,83068	0,090735	-1,55459	-1,18161	-0,40808	-1,37752	-1,90689	-0,71425
7	0,040697	-0,84681	2,202771	-0,99754	0,590016	-1,00205	-0,49476	1,061401	-0,24572	-1,02685	-0,35669
8	0,719215	-0,18707	1,23091	-0,89147	-0,91164	-1,03521	-0,36923	0,446064	-0,34297	-1,13955	0,915111
9	0,744241	-0,06962	1,147324	-0,7995	-0,69539	-0,72677	0,075551	0,724366	-0,13892	-0,89162	0,777608
10	1,435982	0,171899	1,000623	-0,96067	-1,02554	-1,05209	-0,58496	0,383329	-0,08835	-1,1577	1,415037
11	0,694796	-0,40467	1,313431	-0,93221	-0,53643	-1,16686	-0,40988	0,535332	-0,23234	-1,35295	0,885667
Ort.	0,100969	-0,77815	0,771836	-1,53302	0,011276	-1,72921	-0,84698	-0,04982	-0,98344	-1,7914	0,160124
Min.	-2,88668	-4,07252	-1,4461	-4,00938	-1,02554	-5,29155	-2,7318	-2,7866	-3,7443	-4,87652	-3,12928
Max.	1,435982	0,226958	2,202771	-0,7995	1,919323	-0,72677	0,075551	1,061401	-0,08835	-0,89162	1,415037



Şekil 5.22. Küçükçekmece Gölü'nün element bazlı Jeoakümülayon indeksi Box and Whisker grafiği.

5.2.6. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi

Eri değeri için sınır değeri 40 olup bu değeri aştığında söz konusu element için Potansiyel Ekolojik Risk söz konusudur.

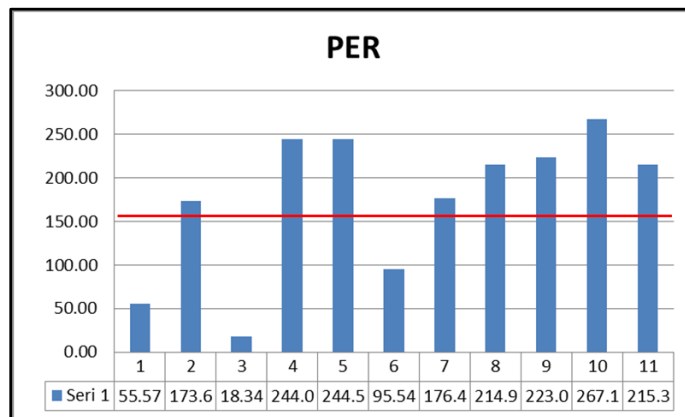
Metallerin hesaplanan risk indekslerine göre sıralama şöyledir; Hg> Cd >Cu >As >Pb >Zn >Ni >Cr

Tek tek değerlendirildiğinde Cd'nin 4, 5, 7, 8, 9, 10 ve 11. istasyonu ve Hg'nin 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 no'lu istasyonu dışında kalan metaller sınır değer olan 40'ı geçmemektedir.

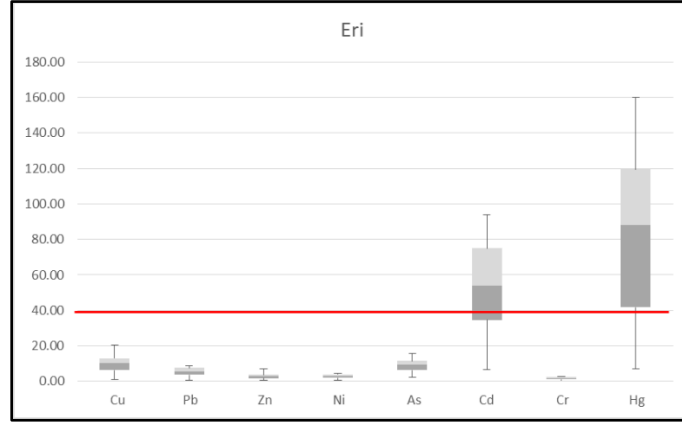
- Cd 4, 5, 8, 9, 10 ve 11. İstasyonlarda orta düzeyli potansiyel ekolojik risk gösterirken, 7. İstasyonda önemli düzeyde ekolojik risk görülmüştür.
- Hg için ise 10. istasyonda yüksek düzeyli PER değeri ölçülürken, 2, 4, 5, 8, 9, ve 11. İstasyonlarda önemli düzeyde PER ve istasyon 7'de orta düzeyde PER değerleri ölçülmüştür.

Potansiyel Ekolojik Risk açısından ağır metaller bütünleşik olarak değerlendirildiğinde sınır değer 150 olup istasyon bazlı bakıldığında 1,3,6. İstasyonlar dışında tüm istasyonlar için bu eşik değeri aşılmıştır (Şekil 5.23.).

Tüm metallerin entegre potansiyel ekolojik risklerine göre (PER) en yüksek değer istasyon 10 da görülmüştür, bunu takiben istasyon 4, 5, 8, 9, 11, 7 ve 2'de orta düzeyli potansiyel ekolojik risk tespit edilmiştir. Entegre değerlendirmede 1, 3, ve 6. İstasyonlar için PER <150 olduğundan istasyonlarda ekolojik risklerin düşük olduğu görülmüştür (Şekil 5.24.).



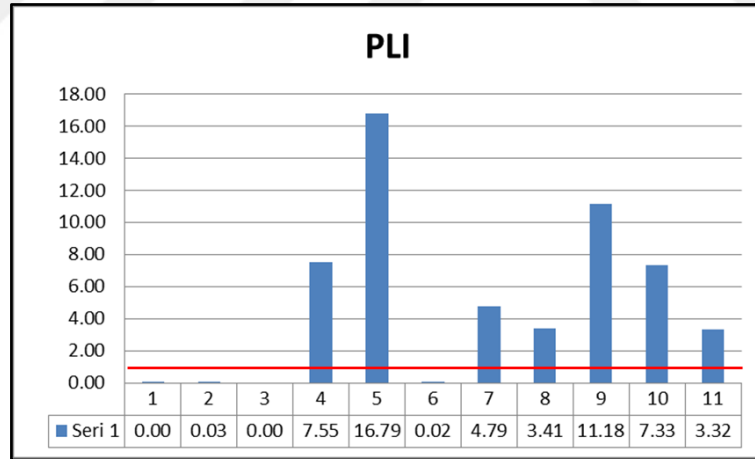
Şekil 5.23. Küçükçekmece Gölünün istasyon bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi grafiği.



Şekil 5.24. Küçükçekmece Gölü’nün element bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi Box and Whisker grafiği.

5.2.7. Kirlilik Yük İndeksi

Küçükçekmece Gölü için hesaplanan PLI değerleri 0,00 ile 16,79 arasındadır. Ortalama değer ise 4,95’tir. Sınır değer “1” olduğu düşünülürse, Küçükçekmece Gölü’ndeki kirlilik endişe verici seviyededir (Şekil 5.25.).



Şekil 5.25. Küçükçekmece Gölü’nün istasyon bazlı Kirlilik yük indeksi grafiği.

5.2.8. İstatistiksel Yaklaşımlar

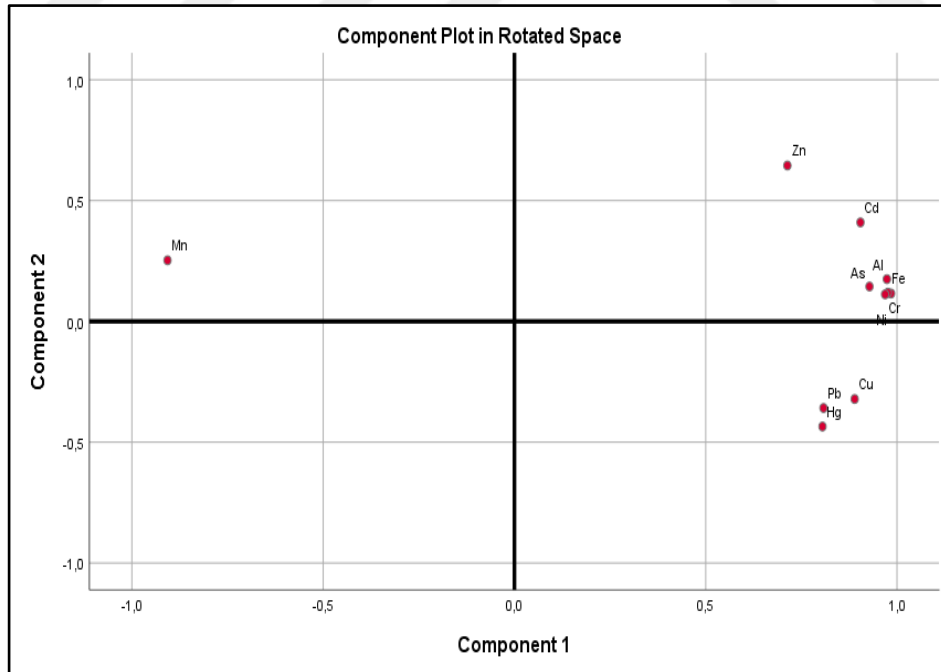
5.2.9. Faktör Analizi

Yüzey sediment örneklerinden elde edilen metal konsantrasyonlarının muhtemel kaynaklarının tespit edilmesi amacıyla faktör analizi yapılmıştır. Çalışılan elementleri bir

faktör altında toplamak mümkündür. Tüm elementler ortak kaynağa sahipken Mn elementi ile taşınım süreçleri farklıdır (Şekil 5.26.).

Tablo 5.6. Küçükçekmece Gölü faktör analizi sayısal verileri.

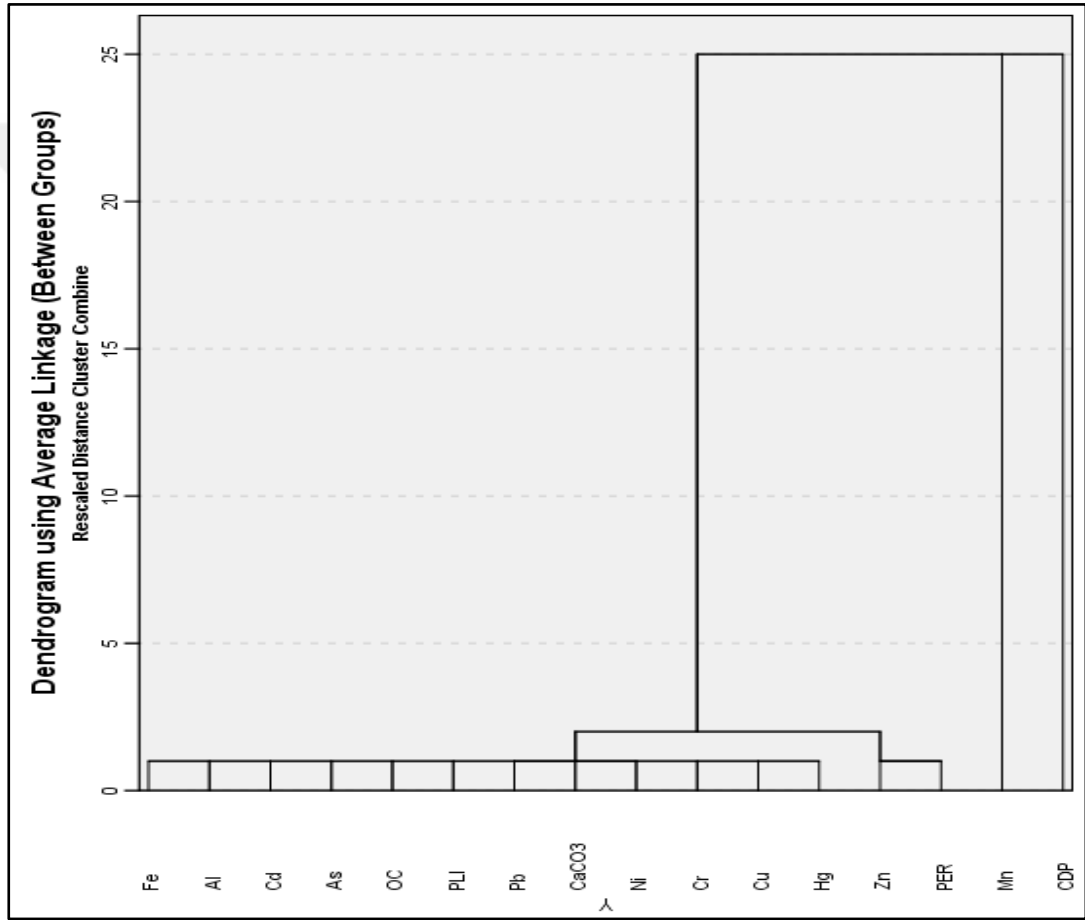
	Component	
	1	2
Cu	,875	-,358
Pb	,793	-,391
Zn	,739	,615
Ni	,988	,075
Mn	-,896	,290
Fe	,980	,078
As	,933	,106
Cd	,920	,373
Cr	,973	,072
Al	,980	,135
Hg	,787	-,468



Şekil 5.26. Küçükçekmece Gölü'ne ait Faktör (Component) Analizi Grafiği.

4.2.10. Kümelenme Analizi

Küçükçekmece Gölü'nde, elementleri kaynaklarına göre gruplama için kümelenme analizi yapılmıştır. Buna göre elementleri iki ana gruba bölmek mümkündür. Sediment örneklerindeki Mn konsantrasyonları litojenik kaynaklanırken; diğer elementler antropojenik kaynaklıdır. Buna göre Zn, Hg, Cu, Cr ve Ni elementlerinin aralarındaki ilişkileri yüksek olup birlikte taşınma durumu söz konusudur. Diğer bir taraftan Fe, Al, Cd, As ve Pb elementlerinin aralarındaki ilişki yüksek olup birlikte taşınmışlardır (Şekil 5.27.).



Şekil 5.27. Küçükçekmece Gölü'nde tespit edilen elementlerin kaynaklarına göre kümelenme grafiği.

5.2.11. Korelasyon Analizi

Küçükçekmece Gölü örneklerine ilişkin yapılan analizde P(sig) değeri 0,05'ten küçük olduğu durumda söz konusu iki değişken arasında anlamlı ilişki vardır. Bu analiz iki değişken arasındaki neden sonuç ilişkisini değil birlikte taşınma durumunu verir.

Aralarında doğru orantı vardır, ortam bir değişken artınca diğeri de artmaktadır. Sonuç olarak bakıldığında Hg elementinin değerleri incelendiğinde diğer elementlerle arasında ilişki yoktur. Ayrıca Pb elementinin Mn hariç diğer elementlerle arasında ilişki yoktur. Bu durumda Hg ve Pb elementinin farklı bir kaynaktan ortama girdiği anlaşılmaktadır (Tablo 5.7.).

Tablo 5.7. Küçükçekmece Gölü’nde tespit edilen elementlerin Spearman’s Korelasyon tablosu.

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg	CaCO3	CDP	OC	PER	PLI
Cu	1															
Pb	,026	1														
Zn	,071	,370	1													
Ni	,004	,077	,051	1												
Mn	,001	,023	,247	,004	1											
Fe	,008	,083	,004	,001	,047	1										
As	,018	,141	,010	,000	,010	,000	1									
Cd	,053	,318	,000	,026	,245	,000	,005	1								
Cr	,008	,160	,060	,004	,011	,021	,035	,035	1							
Al	,016	,110	,013	,000	,047	,000	,003	,002	,005	1						
Hg	,000	,083	,102	,096	,011	,102	,120	,128	,071	,170	1					
CaCO3	,004	,071	,089	,000	,000	,004	,000	,065	,004	,004	,056	1				
CDP	,004	,370	,180	,005	,000	,071	,014	,194	,008	,051	,021	,000	1			
OC	,003	,032	,401	,008	,000	,083	,019	,400	,029	,089	,029	,000	,001	1		
PER	,000	,026	,035	,004	,003	,005	,015	,024	,003	,011	,001	,004	,008	,006	1	
PLI	,000	,060	,008	,001	,029	,000	,002	,001	,010	,000	,016	,007	,043	,056	,000	1

5.3. Mert Gölü

Çalışma kapsamında Mert Gölü tabanından alınan yüzey sedimentine ait örnekler ile yapılan laboratuvar çalışmaları neticesinde elde edilen veriler ekolojik indisler yardımıyla değerlendirilmiştir.

5.3.1. Sediment Karakterizasyonu, Metallerin ve Total Organik Karbonun Dağılımı, Karbonat Dağılımı

Mert Gölü’ndeki metallerin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$) sırasıyla;

$\text{Fe} > \text{Al} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{As} > \text{Cd} > \text{Hg}$ şeklindedir.

Cr, As, Mn ve Ni hariç tüm metaller için en düşük değerler istasyon 2’de tespit edilmiştir. Cr, As, Mn için minimum değerler 10. istasyonda, Ni için ise 1. İstasyonda bulunmuştur.

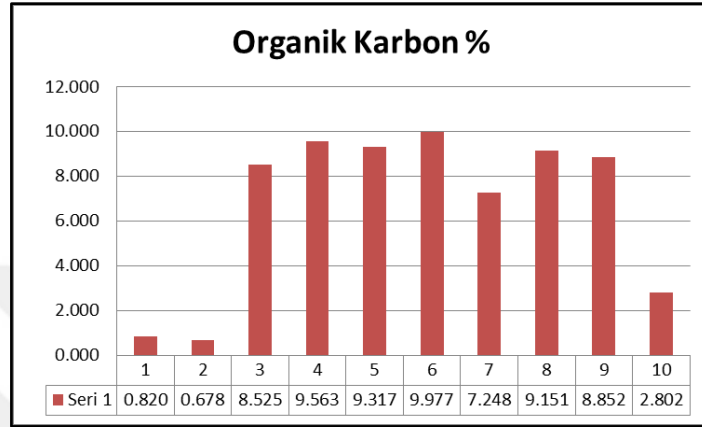
Zn, Mn, Fe, Cd ve Hg için en büyük değerler 9. İstasyonda, Cu için en büyük değer 4.İstasyonda, Pb, Ni ve Al için en büyük değerler 8. İstasyonda, geriye kalan As için 2. İstasyonda ve Cr için ise 1. İstasyonda en büyük değerler gözlenmiştir (Tablo 5.8.).

Tablo 5.8. Mert Gölü’nden alınan örneklerin, ICPMS sonucunda ölçülen element konsantrasyonları.

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg
1	8,65	6,23	22,8	8,8	263	12300,00	3,9	0,04	46,9	7400,00	0,011
2	7,04	5,10	20,8	9,1	274	11900,00	6,2	0,02	25,5	7100,00	0,006
3	24,53	30,16	37,8	13,2	209	15900,00	5,4	0,16	18,8	9700,00	0,062
4	52,67	31,14	75,6	25,3	320	28900,00	5,5	0,32	32,9	20800,00	0,070
5	29,36	22,61	42,0	15,3	192	20400,00	5,5	0,16	23,4	11200,00	0,060
6	51,80	43,04	76,2	24,5	278	27000,00	5,2	0,32	34,3	20000,00	0,071
7	45,11	30,41	66,9	22,4	329	26800,00	5,5	0,25	39,9	18900,00	0,080
8	46,83	44,50	78,2	25,3	298	28500,00	3,9	0,28	31,1	21600,00	0,065
9	44,14	30,05	79,4	24,3	416	31500,00	4,7	0,35	34,2	21600,00	0,102
10	16,23	17,93	30,1	8,9	156	12300,00	3,5	0,10	13,6	7300,00	0,033
Ort.	32,64	26,12	52,98	17,71	273,50	21550,00	4,93	0,20	30,06	14560,00	0,06
Min.	7,04	5,10	20,80	8,80	156,00	11900,00	3,50	0,02	13,60	7100,00	0,01
Max.	52,67	44,50	79,40	25,30	416,00	31500,00	6,20	0,35	46,90	21600,00	0,10

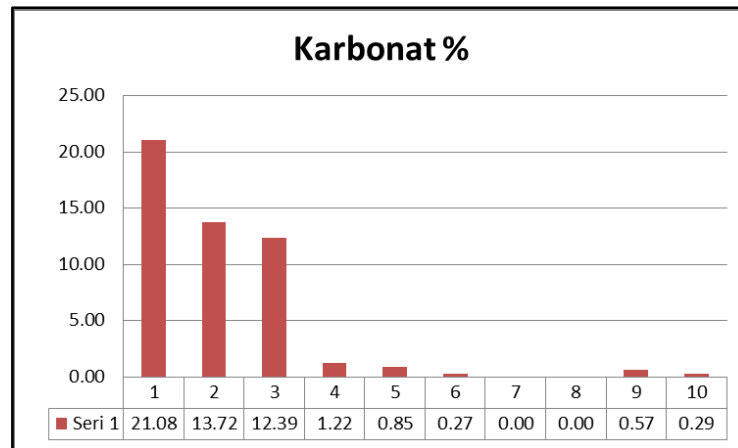
TOC içeriği %0,678-%9,977 arasında değişmektedir ve ortalama değer %6,693’tür. En küçük TOC değeri %0,678 ist 2’de tespit edilirken maksimum değer %9,977 ist 6’da

bulunmuştur (Şekil 5.28.). Sediment içeriğindeki TOC varlığı metallerin ortama taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Mert gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 2 istasyon hariç, diğer istasyonlardaki TOC seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonlarının da yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir.



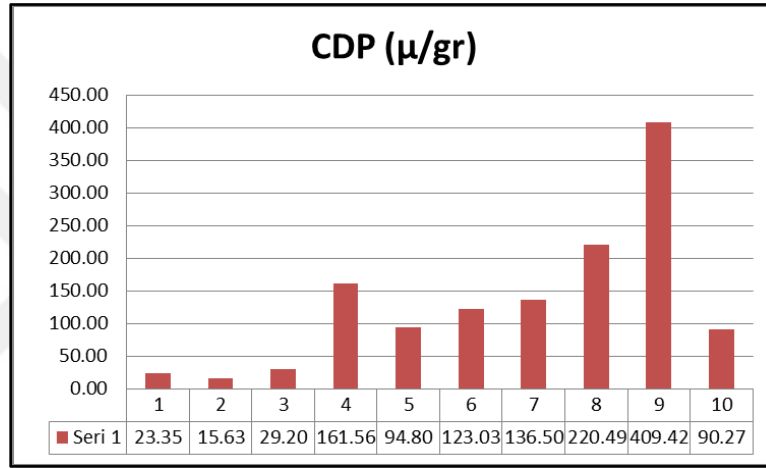
Şekil 5.28. Mert Gölü Yüzey Örnekleri Organik Karbon Seviyeleri Grafiği.

Metallerin taşınması önemli bir görev üstlenen CaCO_3 % 0-21,08 aralığında ölçülmüştür. En küçük değer ist 7 ve 8’de, en büyük değer ist 1’de tespit edilmiştir (Şekil 5.29.). Sediment içeriğindeki CaCO_3 ’ın varlığı ortama metal taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Gala Gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 3 istasyondaki CaCO_3 seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları ve TOC seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir.



Şekil 5.29. Mert Gölü Karbonat dağılımı grafiği.

CDP değerleri göllerin birincil üretimini temsil ettiği gibi sudaki metallerin sedimente taşınmasında bitkilerin rolünü de ifade etmektedir. CDP konsantrasyonu yüzey sedimentinde 15,63-409,42 $\mu\text{g/g}$ arasında bulunmuştur. Ortalama değer ise 130,42 $\mu\text{g/g}$ 'dır (Şekil 5.30.). Göl sedimentlerindeki CDP varlığı, bitkiler tarafından hücre içine alınan metallerin ölü bitki artıkları yoluyla sedimente taşındığını gösterir. Mert Gölü sediment örnekleri incelendiğinde 8 ve 9. istasyondaki CDP seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları, TOC ve CaCO_3 seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Bu 2 istasyondaki yüksek metal konsantrasyonları ortamdaki yüksek TOC, CaCO_3 ve CDP düzeyleri ile ilişkilidir.



Şekil 5.30. Mert Gölü Yüzey Örnekleri Klorofil Bozunma Ürünleri Seviyeleri Grafiği

5.3.2. Ekolojik İndisler

5.3.3. Zenginleşme Faktörü

Mert Gölü'nde çalışılan metallerin ortalama zenginleşme faktörü azalan sırayla; $\text{Mn} > \text{Hg} > \text{As} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Cd} > \text{Pb} > \text{Fe} > \text{Ni} > \text{Cu}$ şeklindedir (Şekil 5.31.).

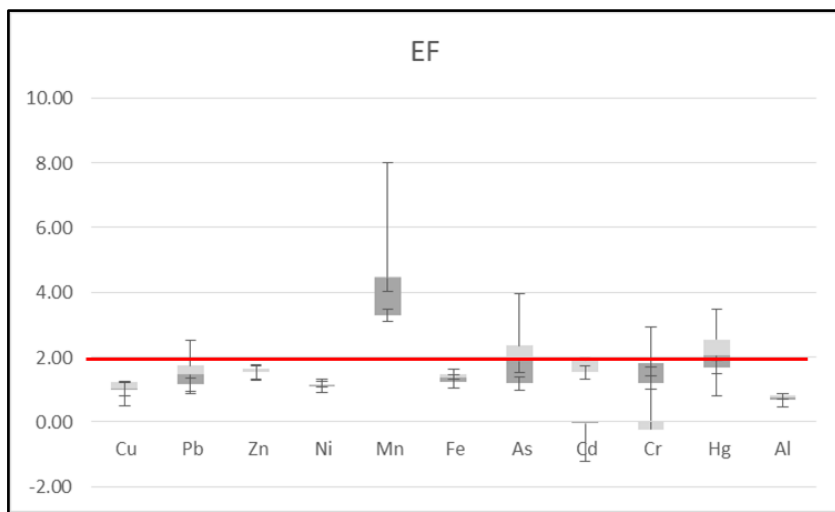
- Cu değerleri için ortalama zenginleşme 1,02 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($\text{Cu} < 2$).
- Pb değerleri için ortalama zenginleşme 1,45 olup istasyon 3 ve 10'da orta düzeyli zenginleşme vardır, bunun dışındaki istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir.

- Zn değerleri için ortalama zenginleşme 1,55 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Zn < 2$).
- Ni değerleri için ortalama zenginleşme 1,14 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gözlenmiştir ($Ni < 2$).
- Mn değerleri için ortalama zenginleşme 4,44 olup orta düzeyli zenginleşme gerçekleşmiştir. En yüksek değer istasyon 2 ve 1'de ölçülmüş olup önemli zenginleşme göstermiştir.
- Fe değerleri için ortalama zenginleşme 1,37 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme göstermiştir. ($Fe < 2$).
- As değerleri için 4,6,7,8 ve 9. İstasyonlarda minimal zenginleşme olup diğerlerinde orta düzeyli zenginleşme vardır. Ortalama zenginleşme 1,88 olup en yüksek değer 3,96 ile istasyon 2'de gerçekleşmiştir.
- Cd değerleri için ortalama zenginleşme 1,48 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Cd < 2$).
- Cr değerleri için ortalama zenginleşme 1,81 olup istasyon 1 ve 2'de orta düzeyli zenginleşme gözlenirken, kalan tüm istasyonlarda minimal düzeyde zenginleşme gözlenmiştir.
- Hg değerleri için ortalama zenginleşme 2,04 olup 3,5,7,9,10. İstasyonlarda orta düzeyli zenginleşme görülürken diğerlerinde minimal zenginleşme gerçekleşmiştir.
- Al değerleri için ortalama zenginleşme 0,74 olup tüm istasyonlar için minimal zenginleşme söz konusudur ($Al < 2$) (Şekil 4-31).

Gözlenen değerler bölgede göl ve çevresinin ekosistem açısından korunduğunu ve Terkos Gölü'ndeki gibi insan etkisinin düşük olduğunu, nispeten sağlıklı bir ekosistemin varlığını göstermektedir.



Şekil 5.31. Mert Gölü’ndeki istasyonların element bazlı Zenginleşme Faktörü grafikleri.



Şekil 5.32. Mert Gölü’nün element bazlı Zenginleşme Faktörü Box and Whisker grafiği.

5.3.4. Kontaminasyon Faktörü

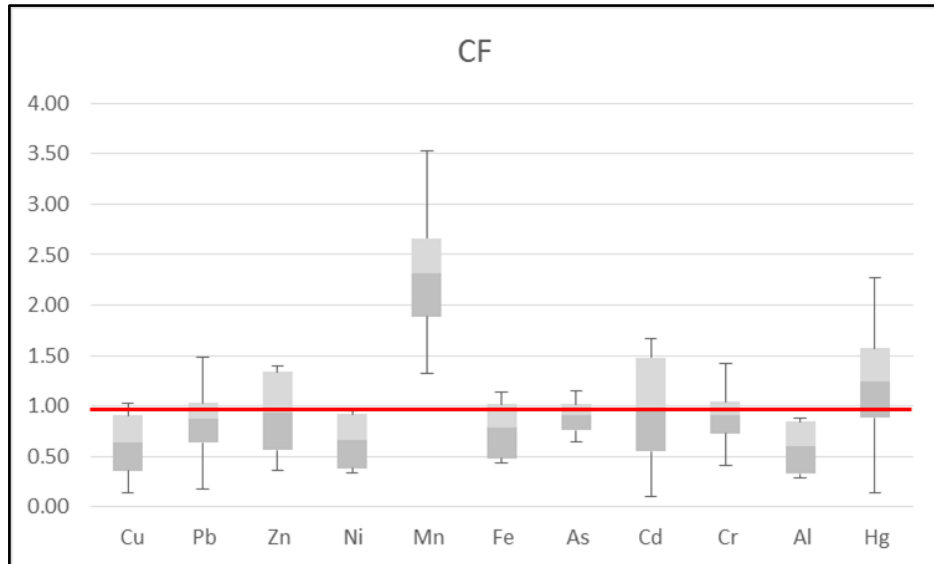
Mert Gölü'nde yapılan değerlendirmeler sonucunda CF değerleri azalan sırayla şu şekildedir; Mn>Hg>Cd>Zn>As ≥Cr>Pb>Fe >Ni >Cu>Al (Şekil 5.33.).

- Cu için 4. Ve 6. İstasyonda orta düzeyli kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Pb için 1, 2, 5 ve 10. İstasyonda düşük düzeyli kontaminasyon, kalan istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Zn için 1, 2, 3, 5 ve 10. İstasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon görülmüştür.
- Ni için tüm istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Mn'ye baktığımızda 9. İstasyonda yüksek düzeyli kontaminasyon, kalan istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon görülmüştür.
- Fe için 4, 8, ve 9. istasyonlarda orta düzeyli kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda ise düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- As 1, 6, 8, 9, 10. İstasyonlarda düşük düzeyli, diğerlerinde ise orta düzeyli kontaminasyon görülmüştür.
- Cd için 4, 6, 7, 8 ve 9. İstasyonlarda orta düzeyli kontaminasyon, geriye kalan istasyonlarda ise düşük düzeyli kontaminasyon tespit edilmiştir.
- Cr 2, 3, 5, 8, ve 10. İstasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon, kalan istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Al'ye baktığımızda ise kalan tüm istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Hg ise 1, 2, ve 10. İstasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon, diğer istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon gözlemlenmiştir.

Genel Mn değerleri dışında diğer istasyon ve ağır metallerin düşük ve düşüğe yakın orta düzeyli seyri ekosistem açısından olumlu bir seyir olarak değerlendirilebilir.



Şekil 5.33. Mert Gölü’ndeki istasyonların element bazlı Kontaminasyon Faktörü grafikleri.



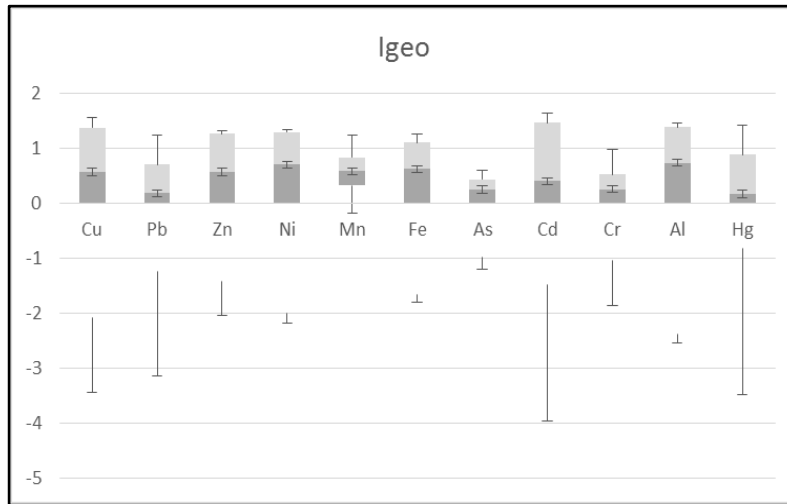
Şekil 5.34. Mert Gölü’nün element bazlı Kontaminasyon Faktörü Box and Whisker grafiği.

5.3.5. Jeoakümülayon İndeksi

Mert Gölü'nde çalışılan elementler göz önüne alındığında ortalama Jeoakümülayon değeri Mn için 0,57, olup maksimum Igeo değeri 1,23 ile 9. istasyonda ölçülmüştür. Bu durumda göl genelinde Mn için kirlenmemiş / orta derecede kirlenmiş olduğu, yalnızca 9. İstasyon için orta dereceli kirlenme olduğu görülmüştür. Ayrıca Cd için istasyon 4,6,9'da Hg için istasyon 4,6,7,9'da kirlenmemiş / orta derecede kirlenmiş olma durumu söz konusudur (Şekil 5.35.).

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg
1	-3,14808	-2,85934	-1,90689	-2,18081	0,571313	-1,75097	-1,05445	-2,97728	-0,07346	-2,48403	-2,61738
2	-3,4452	-3,14807	-2,03934	-2,13245	0,630427	-1,79867	-0,38565	-3,97728	-0,95255	-2,54374	-3,49185
3	-1,6443	-0,58401	-1,17754	-1,59585	0,239754	-1,3806	-0,58496	-0,97728	-1,39232	-2,09357	-0,12262
4	-0,54187	-0,53787	-0,17754	-0,65725	0,854323	-0,51856	-0,55849	0,02272	-0,58496	-0,99305	0,052467
5	-1,385	-0,99968	-1,02554	-1,38286	0,117357	-1,02106	-0,55849	-0,97728	-1,07654	-1,88613	-0,16993
6	-0,5659	-0,07096	-0,16613	-0,70361	0,651336	-0,61667	-0,63941	0,02272	-0,52484	-1,04963	0,072932
7	-0,7654	-0,5721	-0,35392	-0,83289	0,894338	-0,6274	-0,55849	-0,33342	-0,30666	-1,13124	0,245112
8	-0,71142	-0,02284	-0,12876	-0,65725	0,751563	-0,53867	-1,05445	-0,16993	-0,66614	-0,9386	-0,05445
9	-0,79676	-0,58928	-0,10679	-0,71543	1,232834	-0,39428	-0,78526	0,152003	-0,52905	-0,9386	0,59561
10	-2,24019	-1,33427	-1,50616	-2,16451	-0,1822	-1,75097	-1,21057	-1,65535	-1,85944	-2,50366	-1,03242
Ort.	-1,52441	-1,07184	-0,85886	-1,30229	0,576104	-1,03979	-0,73902	-1,08704	-0,7966	-1,65623	-0,65225
Min	-3,4452	-3,14807	-2,03934	-2,18081	-0,1822	-1,79867	-1,21057	-3,97728	-1,85944	-2,54374	-3,49185
Max.	-0,54187	-0,02284	-0,10679	-0,65725	1,232834	-0,39428	-0,38565	0,152003	-0,07346	-0,9386	0,59561

Şekil 5.35. Mert Gölü'nün Jeoakümülayon indeksi değerleri (Referans element olarak Al kullanılmıştır).



Şekil 5.36. Mert Gölü'nün element bazlı Jeoakümülayon indeksi Box and Whisker grafiği.

5.3.6. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi

Mert Gölü'ndeki elementlerin Eri değerleri için sınır değer 40 olup, bu değeri aştığında söz konusu element için Potansiyel Ekolojik Risk söz konusudur.

Metallerin hesaplanan risk indekslerine göre sıralama şöyledir;

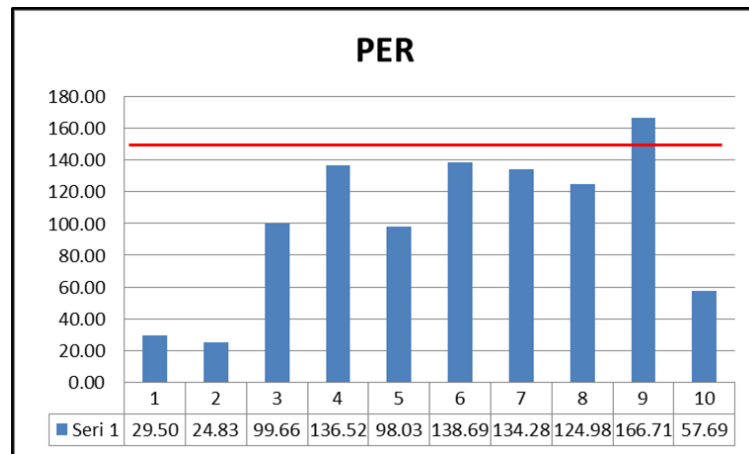
Hg> Cd >As >Pb>Ni >Cu >Cr >Zn

Tek tek değerlendirildiğinde Hg sınır değer olan 40'ı 1, 2, ve 10. İstasyonlar hariç tüm istasyonlarda geçmiş ve orta düzeyli potansiyel ekolojik risk oluşturmuştur.

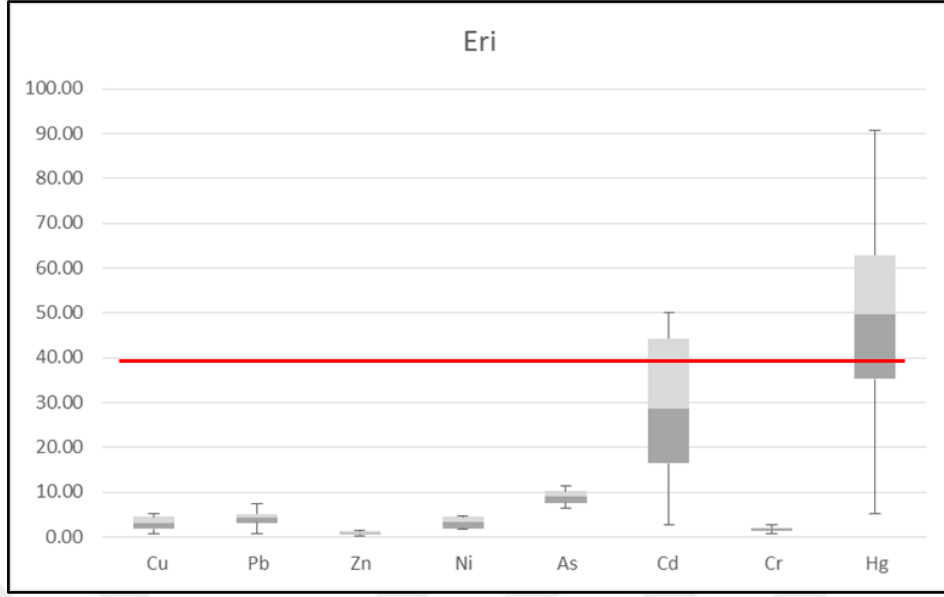
Cd ise 4, 6, 8, ve 9. İstasyonlarda 40 değerini aşmış ve orta düzeyli ekolojik risk sergilemiştir. Diğer istasyonlarında ise düşük düzeyde ekolojik risk değerleri göstermiştir. Geriye kalan tüm metaller ve istasyonlarda düşük ekolojik risk gözlemlenmektedir (Şekil 5.38.).

Potansiyel Ekolojik Risk açısından ağır metaller bütünsel olarak değerlendirildiğinde sınır değer 150 olup istasyon bazlı bakıldığında yalnızca 9. İstasyon için bu eşik değeri aşılmıştır (Şekil 5.37.).

Metallerin entegre potansiyel ekolojik risklerine göre (PER) en yüksek değer istasyon 9' da tespit edilmiştir ve bu değer 166,71 ile orta düzeyde ekolojik risk sergilemektedir. Kalan tüm istasyonlarda düşük düzeyde ekolojik risk gözlemlenmiştir.



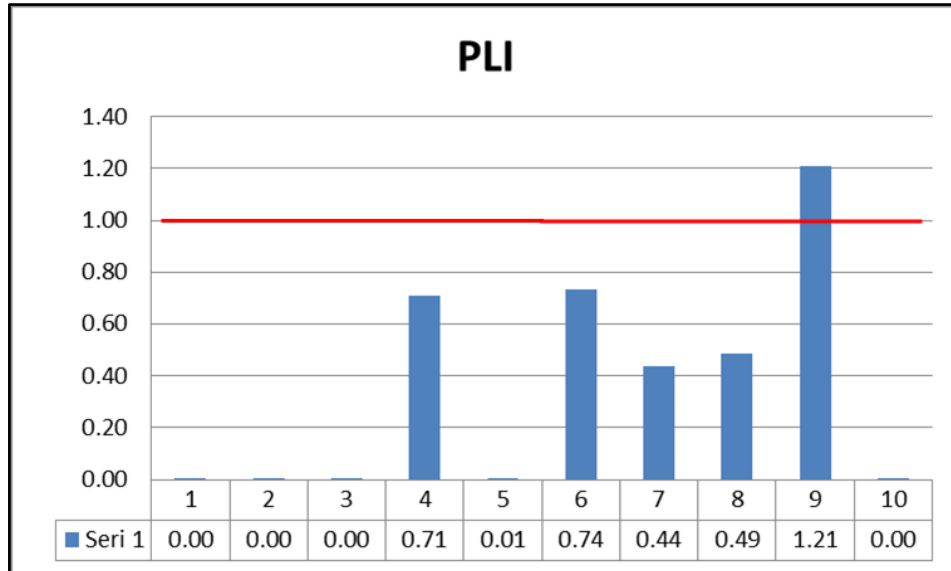
Şekil 5.37. Mert Gölü'nün istasyon bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi grafiği.



Şekil 5.38. Mert Gölü’nün element bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi Box and Whisker grafiği.

5.3.7. Kirlilik Yük İndeksi (PLI)

Mert Gölü için hesaplanan PLI değerleri 0,00 ile 1,21 arasındadır. Ortalama değer ise 0,36’dır. Sınır değer “1” olduğu düşünülürse, Mert Gölü’ndeki değerlerin PLI’ya göre sedimentte kirlilik tehditi oluşturmadığı anlamına gelir (Şekil 5.39.).



Şekil 5.39. Mert Gölü’nün istasyon bazlı Kirlilik yük indeksi grafiği.

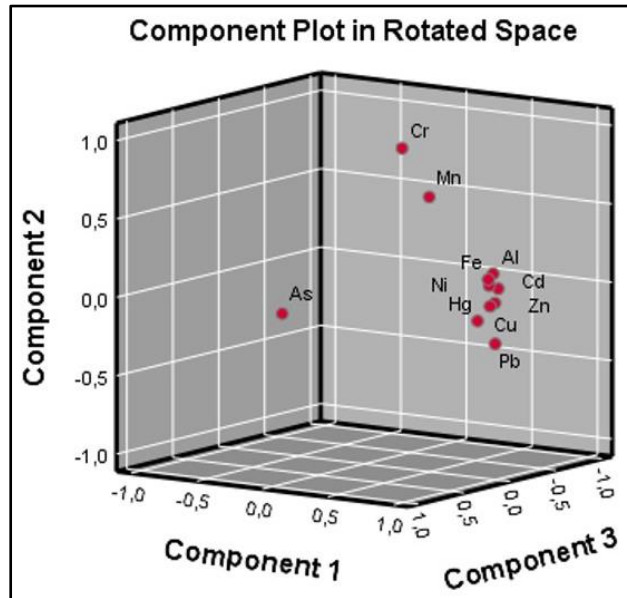
5.3.8. İstatistiksel Yaklaşımlar

5.3.9. Faktör Analizi

Yüzey sediment örneklerinden elde edilen metal konsantrasyonlarının muhtemel kaynaklarının tespit edilmesi amacıyla faktör analizi yapılmıştır. Çalışılan elementleri üç faktör altında toplamak mümkündür. Birinci faktörü Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe, Cd, Al ve Hg kaynak ve taşınım süreçleri ortakdır. İkinci faktörü Cr elementi, üçüncü faktörü ise As elementi oluşturmaktadır (Tablo 5.9.).

	Component		
	1	2	3
Cu	,974	-,131	,035
Pb	,855	-,415	-,082
Zn	,994	-,046	-,060
Ni	,992	,000	,020
Mn	,706	,607	,050
Fe	,991	,038	,014
As	,090	,162	,976
Cd	,982	-,125	-,010
Cr	,354	,846	-,237
Al	,990	,056	-,047
Hg	,894	-,208	,089

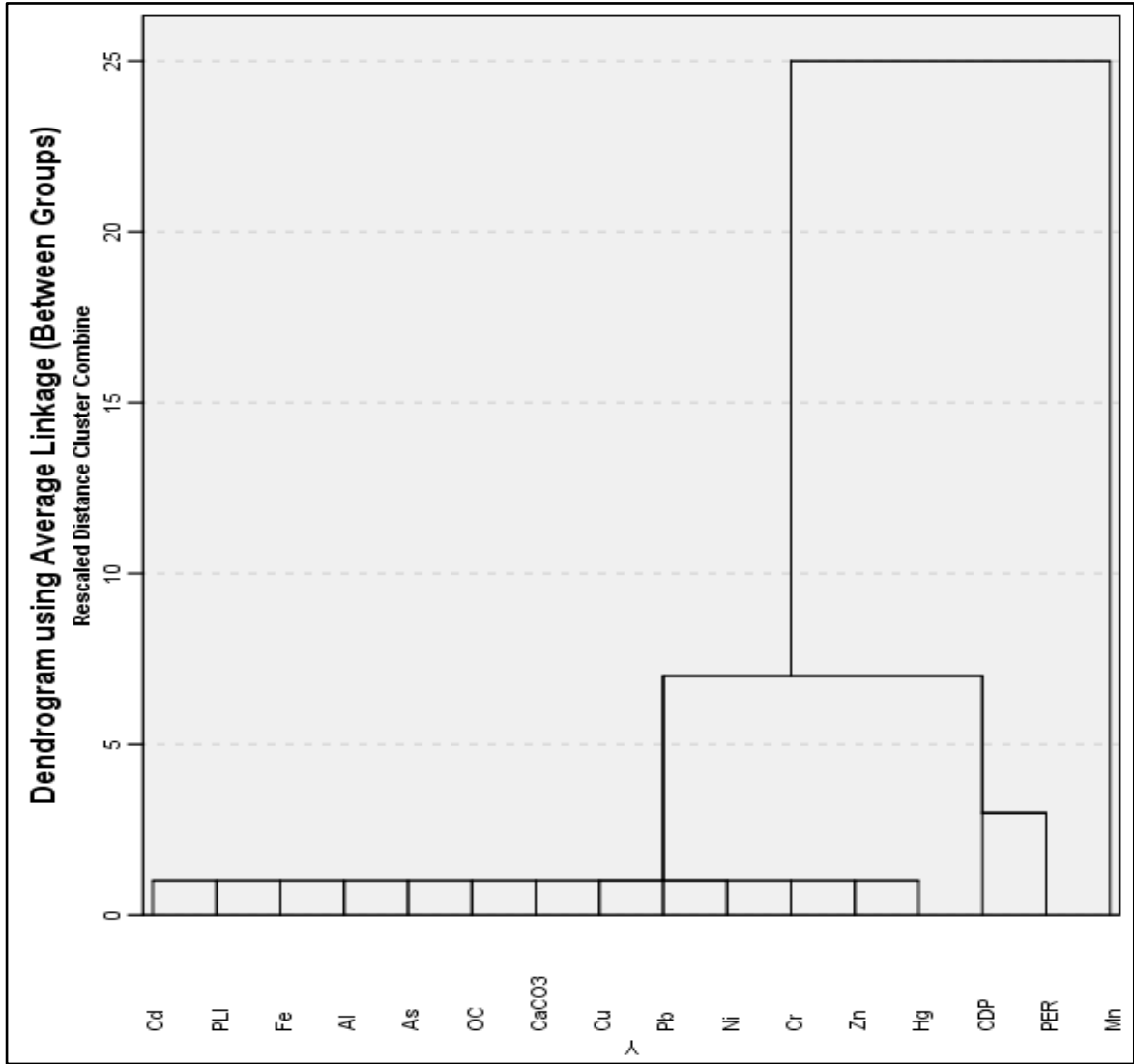
Tablo 5.9. Mert Gölü faktör analizi sayısal verileri



Şekil 5.40. Mert Gölü'ne ait Faktör (Component) Analizi Grafiği.

5.3.10. Kümelenme Analizi

Elementleri kaynaklarına göre grupta için kümelenme analizi yapılmıştır. Buna göre elementleri iki ana gruba bölmek mümkündür. Sediment örneklerindeki Mn konsantrasyonları litojenik kaynaklanırken; diğer elementler antropojenik kaynaklıdır. Buna göre Hg, Zn, Cr, Ni ve Pb elementlerinin aralarındaki ilişkileri yüksek olup birlikte taşınma durumu söz konusudur. Diğer bir taraftan Cd, Fe, Al, As ve Cu elementlerinin aralarındaki ilişki yüksek olup birlikte taşınmışlardır (Şekil 5.41.).



Şekil 5.41. Mert Gölü’nde tespit edilen elementlerin kaynaklarına göre kümelenme grafiği.

5.3.11. Korelasyon Analizi

Bu analizde P(sig) değeri 0,05'ten küçük olduğu durumda söz konusu iki değişken arasında anlamlı ilişki vardır. Bu analiz iki değişken arasındaki neden sonuç ilişkisini değil birlikte taşınma durumunu verir. Aralarında doğru orantı vardır, ortam bir değişken artınca diğeri de artmaktadır. Sonuç olarak bakıldığında As elementinin değerleri incelendiğinde diğer elementlerle arasında ilişki yoktur. Ayrıca Cr elementinin Mn hariç diğer elementlerle arasında ilişki yoktur. Bu durumda As ve Cr elementinin farklı bir kaynaktan ortama girdiği anlaşılmaktadır (Şekil 5.42.).

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg	CaCO ₃	CDP	OC	PER	PLI
Cu	1															
Pb	,000	1														
Zn	,003	,006	1													
Ni	,000	,001	,001	1												
Mn	,074	,150	,029	,035	1											
Fe	,001	,012	,000	,001	,014	1										
As	,879	,826	,634	,689	,586	,872	1									
Cd	,001	,009	,000	,001	,022	,000	,852	1								
Cr	,405	,580	,446	,590	,048	,374	1	,392	1							
Al	,002	,005	,000	,000	,017	,000	,728	,000	,327	1						
Hg	,008	,022	,001	,017	,009	,001	,987	,000	,244	,003	1					
CaCO ₃	,062	,030	,039	,085	,309	,136	,508	,109	,828	,094	,050	1				
CDP	,005	,019	,000	,002	,019	,000	,659	,000	,489	,000	,002	,032	1			
OC	,001	,009	,013	,005	,467	,012	,866	,007	,855	,017	,067	,235	,048	1		
PER	,002	,013	,000	,006	,019	,000	,933	,000	,310	,001	,000	,102	,002	,016	1	
PLI	,001	,011	,000	,002	,029	,000	,839	,000	,365	,000	,000	,084	,000	,005	,000	1

Şekil 5.42. Mert Gölü'nde tespit edilen elementlerin Spearman's Korelasyon tablosu.

5.4. Terkos (Durusu) Gölü

Çalışma kapsamında Terkos (Durusu) Gölü tabanından alınan yüzey sedimentine ait örnekler ile yapılan laboratuvar çalışmaları neticesinde elde edilen veriler ekolojik indisler yardımıyla değerlendirilmiştir.

5.4.1. Sediment Karakterizasyonu, Metallerin ve Total Organik Karbonun Dağılımı, Karbonat Dağılımı

Terkos Gölü'ndeki metallerin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$) sırasıyla;

$\text{Fe} > \text{Al} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cr} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{As} > \text{Cd} > \text{Hg}$ şeklindedir.

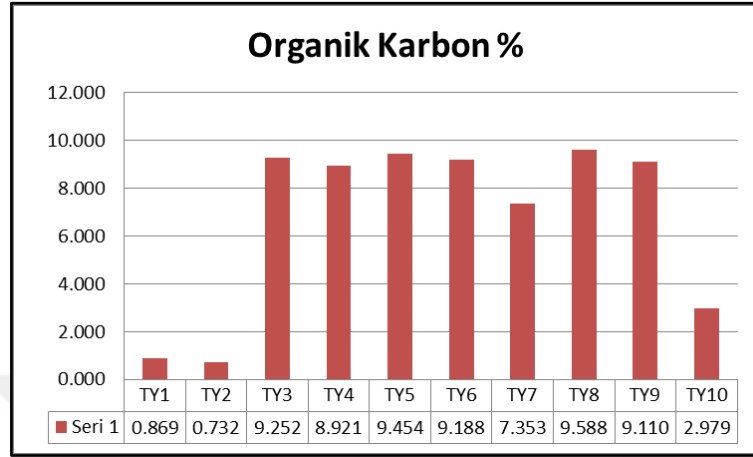
- Mn ve As hariç tüm metaller için en küçük değerler ist. 7'de tespit edilmiştir. Mn için minimum değer ist. 2'de, As için de ist. 2'de bulunmuştur.
- Cu, Ni, Mn, As, Cd, Cr, hariç en büyük değerler ise 8. İst.'de tespit edilmiştir. Cu için en büyük değer 3. İst.da, Ni için en büyük değer 1. İst.'da, Mn için en büyük değer ist. 7'de, As için ist. 3'te, Cd için 1 ve 2. İst.da, Cr için ise en büyük değer 1. İst.da görülmüştür (Şekil 5.43.).

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg
1	41,47	33,61	94,9	72,5	900	27000,00	4,2	0,52	79,7	20000,00	0,068
2	39,69	34,29	100,1	71,8	865	27800,00	3,7	0,52	52,7	22800,00	0,073
3	41,64	35,98	94,0	65,8	1631	27700,00	5,7	0,49	52,5	19800,00	0,062
4	30,97	28,84	91,0	60,9	1465	26100,00	4,5	0,44	42,1	18400,00	0,064
5	31,00	32,51	97,6	67,0	1854	30100,00	4,4	0,48	55,2	22900,00	0,084
6	30,95	32,48	94,9	66,6	1738	30100,00	4,8	0,43	50,4	23100,00	0,078
7	24,39	17,99	63,2	41,6	3180	17700,00	5,6	0,31	30,2	13300,00	0,047
8	30,60	38,87	99,5	70,1	1397	30300,00	4,3	0,48	49,5	24500,00	0,087
9	31,23	31,07	92,1	63,5	1943	28100,00	5,4	0,46	49,8	22000,00	0,082
10	31,45	30,70	92,2	66,6	1681	28200,00	4,2	0,49	49,5	21400,00	0,065
Ort,	33,34	31,63	91,95	64,64	1665,40	27310,00	4,68	0,46	51,16	20820,00	0,07
Min,	24,39	17,99	63,20	41,60	865,00	17700,00	3,70	0,31	30,20	13300,00	0,05
Max,	41,64	38,87	100,10	72,50	3180,00	30300,00	5,70	0,52	79,70	24500,00	0,09

Şekil 5.43. Terkos Gölü'nden alınan örneklerin, ICPMS sonucunda ölçülen element konsantrasyonları.

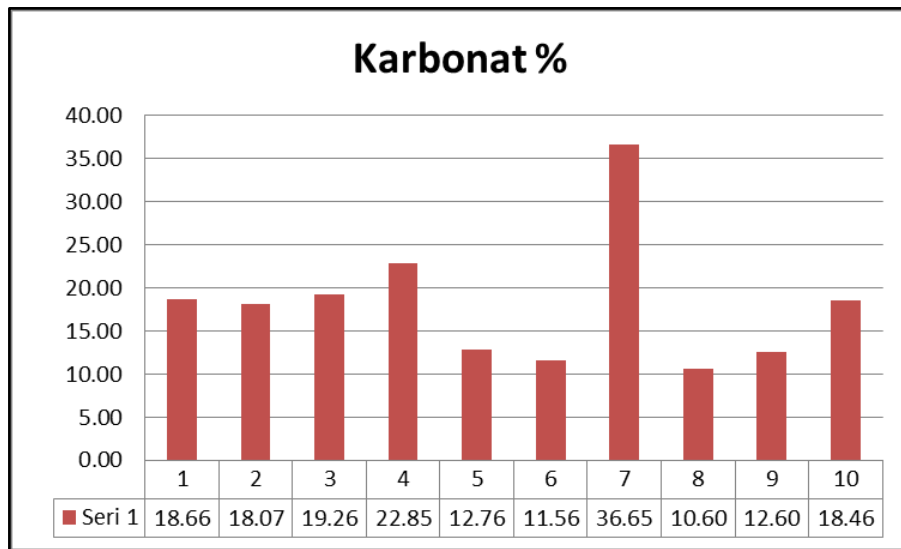
TOC içeriği %0,732-%9,588 arasında değişmektedir ve ortalama değer %6,774'tür. En küçük TOC değeri %0,732 ist 2'de tespit edilirken maksimum değer %9,588 ist 8'de bulunmuştur (Şekil 5.44.). Sediment içeriğindeki TOC varlığı metallerin ortama taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Terkos Gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 2 istasyon

hariç, diğer istasyonlardaki TOC seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonlarının da yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir.



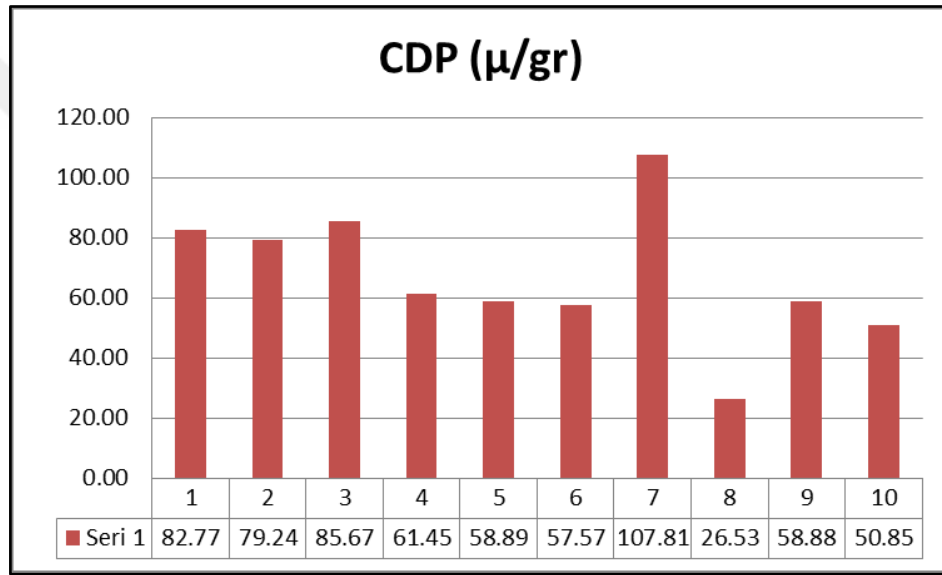
Şekil 5.44. Terkos Gölü Yüzey Örnekleri Organik Karbon Seviyeleri Grafiği.

Metallerin taşınması önemli bir görev üstlenen CaCO_3 %10,60 – 36,65 aralığında ölçülmüştür. En küçük değer ist 6 ve 8’de, en büyük değer ist 7’de tespit edilmiştir (Şekil 5.45.). Sediment içeriğindeki CaCO_3 ’ın varlığı ortama metal taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Terkos Gölü sediment örnekleri incelendiğinde 4 ve 7. istasyondaki CaCO_3 seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları ve TOC seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir.



Şekil 5.45. Terkos Gölü Karbonat dağılımı grafiği.

CDP değerleri göllerin birincil üretimini temsil ettiği gibi sudaki metallerin sedimente taşınmasında bitkilerin rolünü de ifade etmektedir. CDP konsantrasyonu yüzey sedimentinde 26,53 – 107,81 µg/g arasında bulunmuştur (Şekil 5.46.). Ortalama değer ise 66,97 µg/g'dır. Göl sedimentlerindeki CDP varlığı, bitkiler tarafından hücre içine alınan metallerin ölü bitki artıkları yoluyla sedimente taşındığını gösterir. Terkos Gölü sediment örnekleri incelendiğinde 7. istasyondaki CDP seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları, TOC ve CaCO₃ seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Bu istasyondaki yüksek metal konsantrasyonları ortamdaki yüksek TOC, CaCO₃ ve CDP düzeyleri ile ilişkilidir.



Şekil 5.46. Terkos Gölü Yüzey Örnekleri Klorofil Bozunma Ürünleri Seviyeleri Grafiği

5.4.2. Ekolojik İndisler

5.4.3. Zenginleşme Faktörü

Terkos Gölü'nde çalışılan metallerin ortalama zenginleşme faktörü azalan sırayla; Mn>Cu>Pb>Cr>As>Hg>Cd>Ni>Zn>Fe şeklindedir. Genele bakıldığında en yüksek zenginleşme değerleri ist. 7'de görülmüştür (Şekil 5.47.).

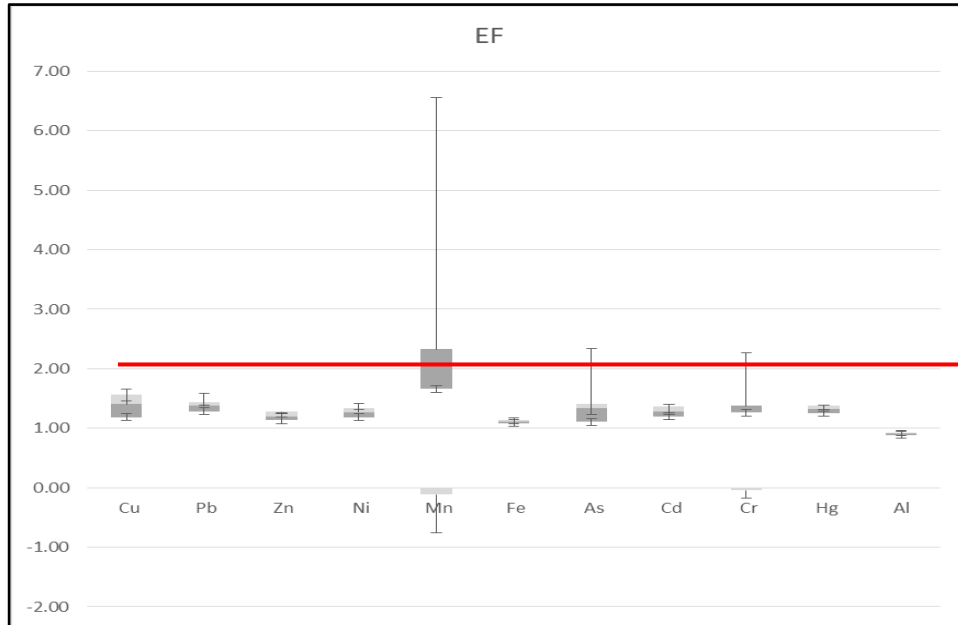
- Cu değerleri için ortalama zenginleşme 1,41 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir (Cu<2).

- Pb değerleri için ortalama zenginleşme 1,38 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Pb < 2$).
- Zn değerleri için ortalama zenginleşme 1,20 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Zn < 2$).
- Ni değerleri için ortalama zenginleşme 1,21 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Ni < 2$).
- Mn değerleri için ortalama zenginleşme 2,33 olup orta düzeyli zenginleşme gösterirken, 7. İstasyonda 6,44 değeri ile önemli zenginleşme görülmüştür.
- Fe değerleri için ortalama zenginleşme 1,11 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Fe < 2$).
- As değerleri için ortalama zenginleşme 1,34 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($As < 2$).
- Cd değerleri için ortalama zenginleşme 1,28 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Cd < 2$).
- Cr değerleri için ortalama zenginleşme 1,38 olup, sadece 1. istasyonda orta düzeyli zenginleşme söz konusudur.
- Hg değerleri için ortalama zenginleşme 1,32 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Hg < 2$).
- Al değerleri için ortalama zenginleşme 0,90 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Al < 2$).

Gözlenen değerler bölgede göl ve çevresinin ekosistem açısından korunduğunu ve Gala Gölü'ne kıyasla insan etkisinin düşük olduğunu, nispeten sağlıklı bir ekosistemi işaret etmektedir.



Şekil 5.47. Terkos Gölü’ndeki istasyonların element bazlı Zenginleşme Faktörü grafikleri.



Şekil 5.48. Terkos Gölü’nün element bazlı Zenginleşme Faktörü Box and Whisker grafiği.

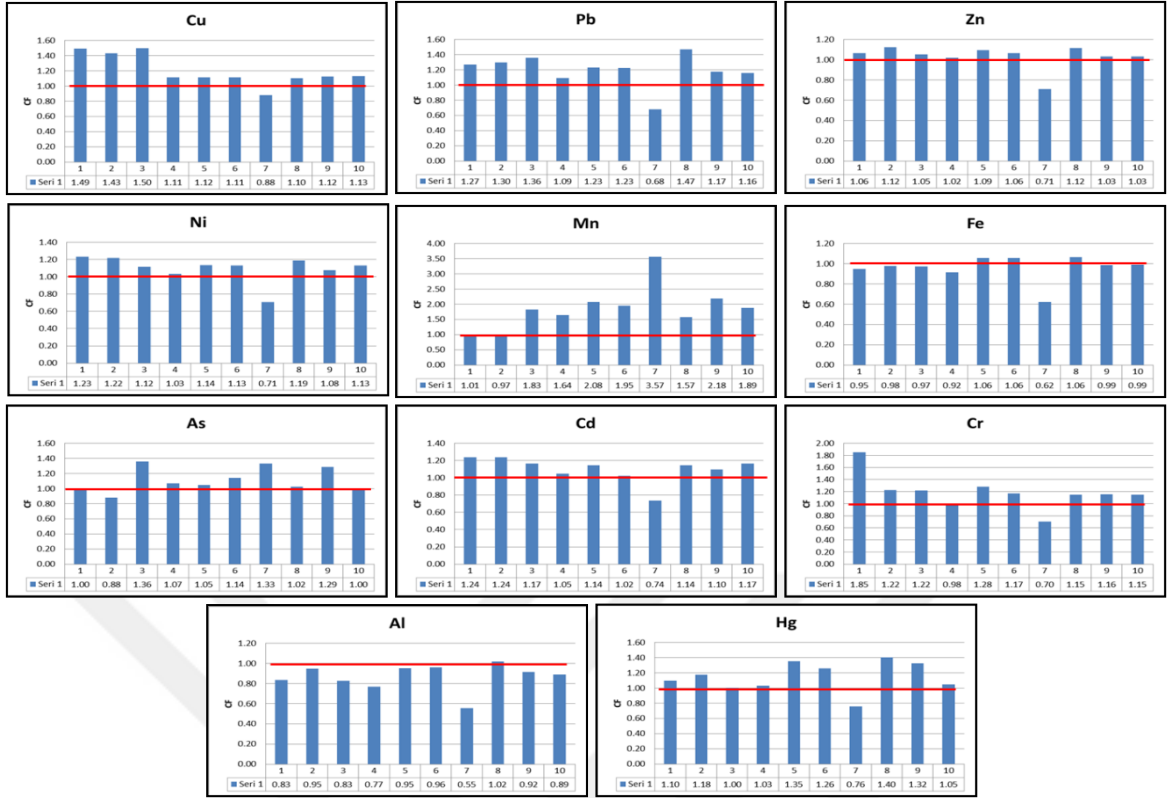
5.4.4. Kontaminasyon Faktörü

Terkos Gölü'nde yapılan değerlendirmeler sonucunda CF değerleri azalan sırayla şu şekildedir;

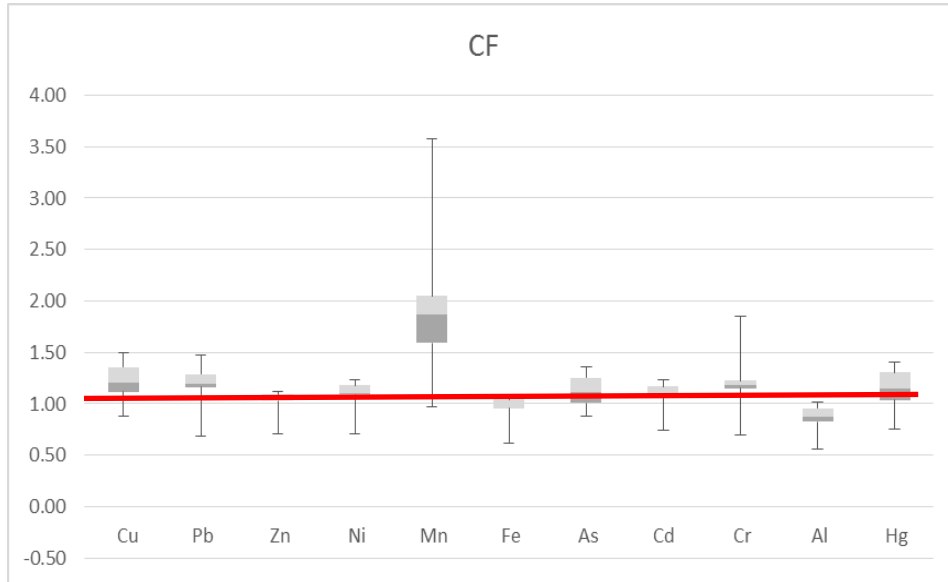
Mn>Cu≥Pb>Cr>Hg>As>Cd ≥Ni>Zn>Fe >Al (Şekil 5.49.).

- Cu için 7. İstasyonda düşük düzeyli kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda orta düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Pb, Zn ve Ni için 7. İstasyonda düşük düzeyli kontaminasyon, kalan istasyonlarda orta düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Mn'ye baktığımızda 2. İstasyonda düşük düzeyli kontaminasyon, 7. İstasyonda yüksek düzeyli kontaminasyon, kalan istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon görülmüştür.
- Fe için 5,6 ve 8. istasyonlarda orta düzeyli kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda ise düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- As 2. İstasyonda düşük düzeyli, diğerlerinde ise orta düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Cd için 7. İstasyonda düşük düzeyli, geriye kalan 9 istasyonda ise orta düzeyli kontaminasyon tespit edilmiştir.
- Cr 4. Ve 7. İstasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon, kalan istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Al'ye baktığımızda 8. İstasyonda orta düzeyli, kalan tüm istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Hg ise 7.İstasyonda düşük düzeyli kontaminasyon, diğer istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon gözlemlenmiştir.

7. İstasyondaki Mn'nin yüksek kontaminasyonu dışında diğer istasyon ve ağır metallerin düşük ve düşüğe yakın orta düzeyli seyri ekosistem açısından dikkat çekici bir tehdit oluşturmamaktadır (Şekil 5.49.).



Şekil 5.49. Terkos Gölü'ndeki istasyonların element bazlı Kontaminasyon Faktörü grafikleri.



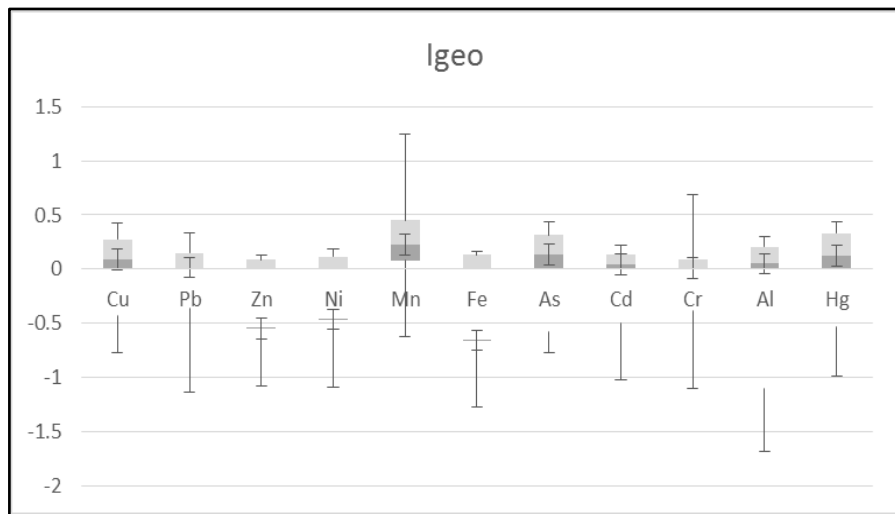
Şekil 5.50. Terkos Gölü'nün element bazlı Kontaminasyon Faktörü Box and Whisker grafiği.

5.4.5. Jeoakümülayon İndeksi

Terkos Gölü'nde çalışılan elementler göz önüne alındığında ortalama Jeoakümülayon değeri Mn için 0,22, olup maksimum Igeo değeri 1,25 ile 7. istasyonda ölçülmüştür. Bu durumda göl genelinde Mn için kirletilmemiş / orta derecede kirletilmiş olduğu, yalnızca 7. İstasyon için orta dereceli kirlenme olduğu görülmüştür. Ayrıca 1. İstasyonda Cr için Kirletilmemiş/ orta dereceli kirletilmiş olma durumu söz konusudur.

Igeo	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg
1	-0,00694	-0,24043	-0,4956	-0,28525	-0,57046	-0,66297	-0,58496	-0,27684	0,301929	-1,09592	-0,4517
2	-0,07023	-0,21153	-0,41864	-0,29925	-0,62769	-0,62084	-0,76783	-0,27684	-0,29485	-0,90689	-0,34933
3	-0,00104	-0,14213	-0,50935	-0,42514	0,287297	-0,62604	-0,14439	-0,36257	-0,30033	-1,11042	-0,58496
4	-0,42814	-0,46125	-0,55614	-0,53679	0,132441	-0,71187	-0,48543	-0,51785	-0,61883	-1,21622	-0,53916
5	-0,42674	-0,28844	-0,45513	-0,39907	0,472181	-0,50616	-0,51785	-0,39232	-0,22798	-0,90058	-0,14684
6	-0,42907	-0,28977	-0,4956	-0,40771	0,378968	-0,50616	-0,39232	-0,55102	-0,35923	-0,88803	-0,25376
7	-0,77272	-1,14213	-1,08208	-1,08665	1,250567	-1,27218	-0,16993	-1,02308	-1,0981	-1,6845	-0,98457
8	-0,44548	-0,03066	-0,42731	-0,33382	0,063872	-0,49661	-0,55102	-0,39232	-0,38522	-0,80314	-0,09622
9	-0,41608	-0,3538	-0,53881	-0,47647	0,539826	-0,60535	-0,22239	-0,45372	-0,3765	-0,95842	-0,18161
10	-0,40595	-0,37108	-0,53724	-0,40771	0,33086	-0,60023	-0,58496	-0,36257	-0,38522	-0,99831	-0,51679
Ort.	-0,34024	-0,35312	-0,55159	-0,46578	0,225786	-0,66084	-0,44211	-0,46091	-0,37443	-1,05624	-0,41049
Min.	-0,77272	-1,14213	-1,08208	-1,08665	-0,62769	-1,27218	-0,76783	-1,02308	-1,0981	-1,6845	-0,98457
Max.	-0,00104	-0,03066	-0,41864	-0,28525	1,250567	-0,49661	-0,14439	-0,27684	0,301929	-0,80314	-0,09622

Şekil 5.51. Terkos Gölü'nün Jeoakümülayon indeksi değerleri (Referans element olarak Al kullanılmıştır.)



Şekil 5.52. Terkos Gölü'nün element bazlı Jeoakümülayon indeksi Box and Whisker grafiği.

5.4.6. Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi

Terkos Gölü'ndeki elementlerin Eri değerleri için sınır değer 40 olup, bu değeri aştığında söz konusu element için Potansiyel Ekolojik Risk söz konusudur.

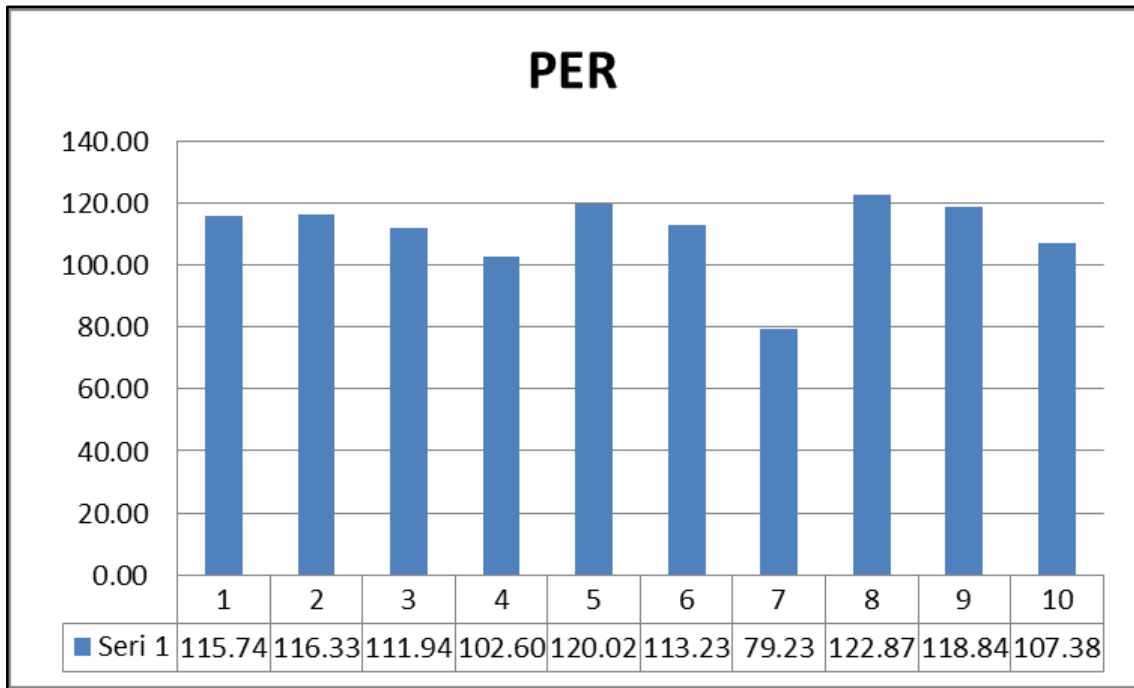
Tek tek değerlendirildiğinde Hg sınır değer olan 40'ı (7. İstasyon hariç) tüm istasyonlarda geçmiş ve orta düzeyli potansiyel ekolojik risk oluşturmıştır. Geriye kalan tüm metaller ve istasyonlarda düşük ekolojik risk gözlemlenmektedir.

Metallerin hesaplanan risk indekslerine göre sıralama şöyledir;

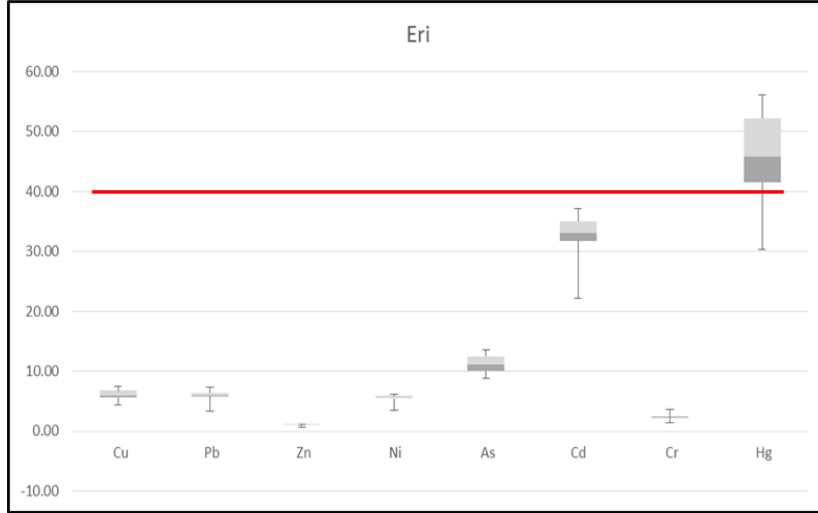
$Hg > Cd > As > Cu > Pb > Ni > Cr > Zn$

Potansiyel Ekolojik Risk açısından ağır metaller bütünsel olarak değerlendirildiğinde sınır değer 150 olup istasyon bazlı bakıldığında tüm istasyonlar için bu eşik değeri aşılmamıştır.

Metallerin entegre potansiyel ekolojik risklerine göre (PER) en yüksek değer istasyon 8 de tespit edilmiştir ve bu değer 122,87'dir (Şekil 5.53.). Entegre değerlendirmede tüm istasyonlar için $PER < 150$ olduğundan ekolojik risklerin düşük olduğu tespit edilmiştir.



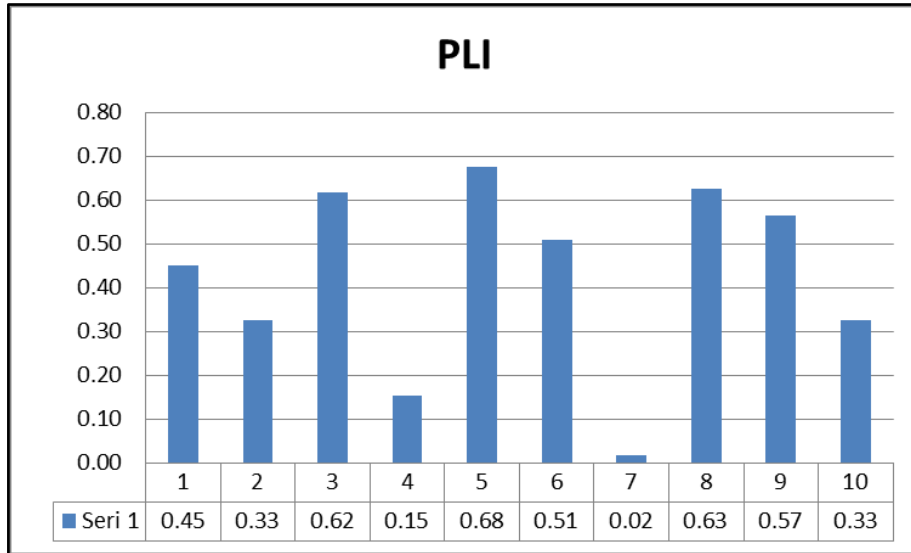
Şekil 5.53. Terkos Gölü'nün istasyon bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi grafiği.



Şekil 5.54. Terkos Gölü'nün element bazlı Potansiyel Ekolojik Risk indeksi Box and Whisker grafiği.

4.4.7. Kirlilik Yük İndeksi (PLI)

Terkos Gölü için hesaplanan PLI değerleri 0,02 ile 0,68 arasındadır. Ortalama değer ise 0,43'tür. Sınır değerın "1" olduğu düşünülürse, Terkos Gölü'ndeki değerlerin 0'a yakın olması PLI'ya göre selimentte kirlilik gözlenmediği anlamına gelir (Şekil 5.55.).



Şekil 5.55. Terkos Gölü'nün istasyon bazlı Kirlilik yük indeksi grafiği.

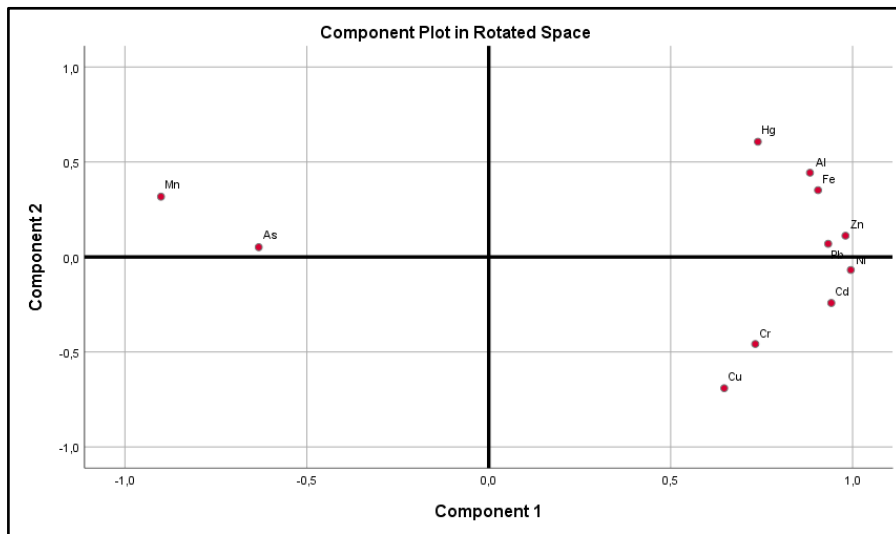
5.4.8. İstatistiksel Yaklaşımlar

5.4.9. Faktör Analizi

Yüzey sediment örneklerinden elde edilen metal konsantrasyonlarının muhtemel kaynaklarının tespit edilmesi amacıyla faktör analizi yapılmıştır. Çalışılan elementleri iki faktör altında toplamak mümkündür. Birinci faktörde Mn ve As dışında kalan; Cr, Pb, Zn, Ni, Fe, Cd, Al ve Hg kaynak ve taşınım süreçleri ortaktır. İkinci faktörü ise Cu elementi oluşturmaktadır (Tablo 5.10.).

	Component	
	1	2
Cu	,654	-,684
Pb	,932	,079
Zn	,979	,122
Ni	,996	-,058
Mn	-,904	,308
Fe	,901	,360
As	-,633	,045
Cd	,944	-,233
Cr	,737	-,451
Al	,878	,452
Hg	,734	,614

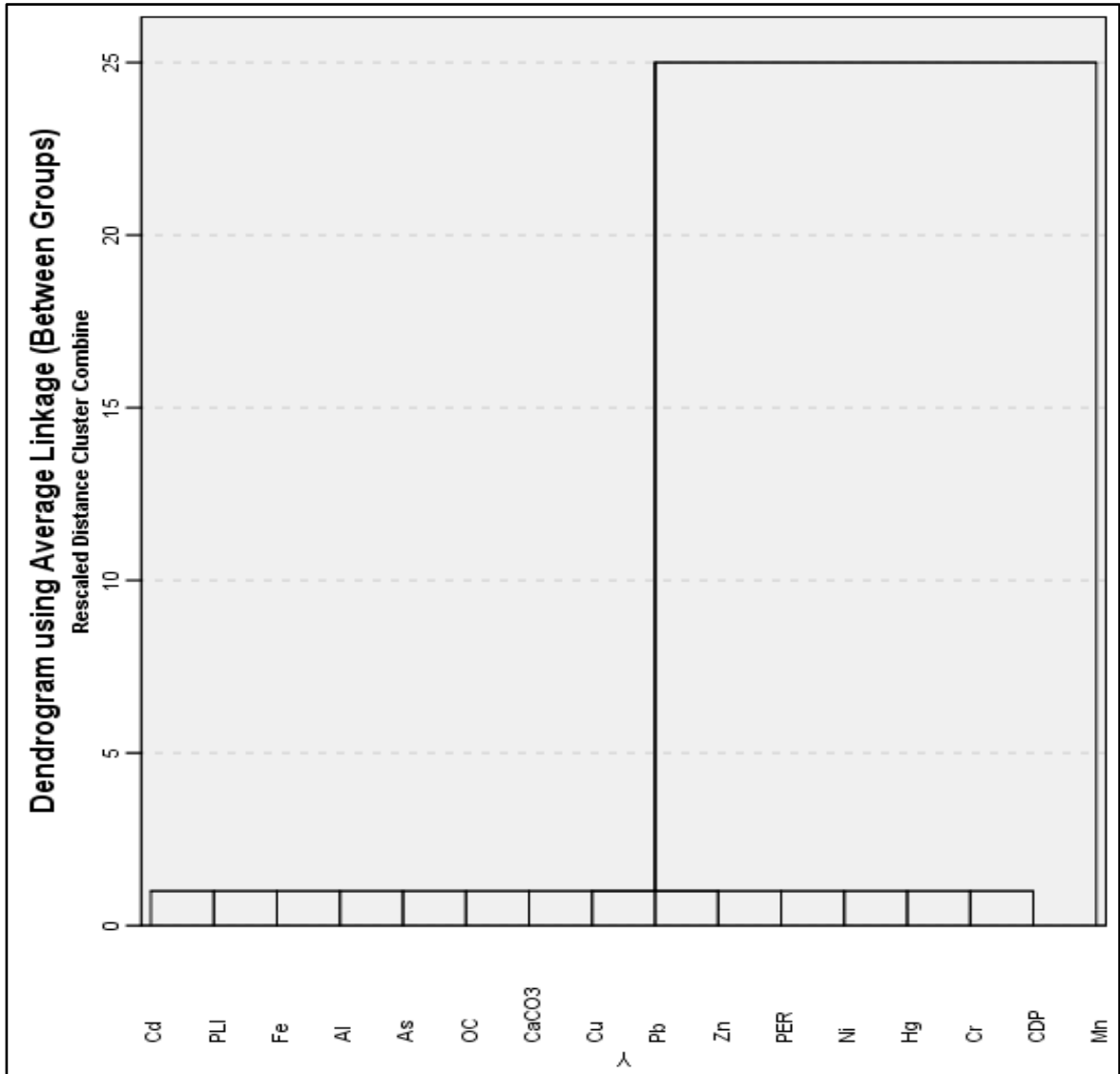
Tablo 5.10. Terkos Gölü faktör analizi sayısal verileri



Şekil 5.56. Terkos Gölü'ne ait Faktör (Component) Analizi Grafiği.

5.4.10. Kümelenme Analizi

Terkos Gölü'nde tespit edilen elementleri kaynaklarına göre gruplama için kümelenme analizi yapılmıştır. Buna göre elementleri iki ana gruba bölmek mümkündür. Sediment örneklerindeki Mn konsantrasyonları litojenik kaynaklanırken; diğer elementler antropojenik kaynaklıdır. Buna göre Pb, Cr, Zn, Hg ve Ni elementlerinin aralarındaki ilişkileri yüksek olup birlikte taşınma durumu söz konusudur. Al, Fe, Cd, As ve Cu elementlerinin aralarındaki ilişki yüksek olup birlikte taşınmışlardır (Şekil 5.57.).



Şekil 5.57. Terkos Gölü'nde tespit edilen elementlerin kaynaklarına göre kümelenme grafiği.

5.4.11. Korelasyon Analizi

Terkos Gölü'ndeki analizde P(sig) değeri 0,05'ten küçük olduğu durumda söz konusu iki değişken arasında anlamlı ilişki vardır. Bu analiz iki değişken arasındaki neden sonuç ilişkisini değil birlikte taşınma durumunu verir. Aralarında doğru orantı vardır, ortam bir değişken artınca diğeri de artmaktadır. Örneğin; Ni element konsantrasyonları incelendiğinde Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, As, Cd, Al ve Hg elementleri ile arasında pozitif korelasyon ilişkisi vardır. Ayrıca Cr elementinin değerleri incelendiğinde diğer elementlerle arasında ilişki yoktur. Bu durumda Cr elementinin farklı bir kaynaktan ortama girdiği anlaşılmaktadır (Şekil 5.58.).

	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Al	Hg	CaCO3	CDP	OC	PER	PLI
Cu	1															
Pb	,244	1														
Zn	,532	,004	1													
Ni	,258	,021	,001	1												
Mn	,187	,060	,069	,026	1											
Fe	,650	,179	,053	,201	1	1										
As	,510	,466	,063	,007	,032	,464	1									
Cd	,003	,054	,079	,011	,018	,846	,042	1								
Cr	,035	,069	,038	,014	,283	,554	,321	,032	1							
Al	,651	,098	,008	,073	,651	,000	,283	,736	,336	1						
Hg	,627	,174	,037	,111	,803	,002	,318	,801	,327	,000	1					
CaCO3	,627	,162	,050	,172	,881	,000	,476	,920	,476	,000	,000	1				
CDP	,425	,726	,393	,521	,960	,002	,345	,853	,688	,013	,022	,006	1			
OC	,310	,347	,688	,700	,385	,080	,166	,297	,841	,200	,174	,174	,276	1		
PER	,855	,029	,012	,047	,533	,018	,336	,351	,121	,004	,000	,004	,162	,214	1	
PLI	,701	,043	,132	,309	,881	,015	,789	,612	,166	,043	,025	,038	,229	,008	,009	1

Şekil 5.58. Terkos Gölü'nde tespit edilen elementlerin Spearman's Korelasyon tablosu.

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Çalışmanın sonucunda elde edilen bulgular her bir göl için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve öneriler sunulmuştur.

Gala Gölü'ne ilişkin sonuçlara baktığımızda;

Gala Gölü'ndeki metallerin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$) sırasıyla;

$\text{Fe} > \text{Al} > \text{Mn} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{As} > \text{Cd} > \text{Hg}$ şeklindedir.

- Cd, Cr ve Hg hariç tüm metaller için en küçük değerler ist. 5'te tespit edilmiştir. Cd için minimum değer ist. 8'de, Cr için ist. 4'te ve Hg için de ist. 6'da bulunmuştur.
- Cr ve Hg hariç en büyük değerler ise 3. İst.'da tespit edilmiştir. Cr için en büyük değer 6. İst.da Hg için ise en büyük değer 2. İst.'da görülmüştür.

TOC içeriği %0,502-%1,743 arasında değişmektedir ve ortalama değer %0,973'tür. En küçük TOC değeri %0,502 ist. 8 de tespit edilirken maksimum değer %1,743 ist. 3'de bulunmuştur. Sediment içeriğindeki TOC varlığı metallerin ortama taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Gala gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 4 istasyondaki TOC seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonlarının da yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir.

Metallerin taşınması önemli bir görev üstlenen CaCO_3 %2,68-26,58 aralığında ölçülmüştür. En küçük değer ist. 5'te en büyük değer ist. 2 ve 3 'de tespit edilmiştir. Sediment içeriğindeki CaCO_3 'ın varlığı ortama metal taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Gala Gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 4 istasyondaki CaCO_3 seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları ve TOC seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir.

CDP değerleri göllerin birincil üretimini temsil ettiği gibi sudaki metallerin sedimente taşınmasında bitkilerin rolünü de ifade etmektedir. CDP konsantrasyonu yüzey sedimentinde $1,05\text{-}26,13\mu\text{g/g}$ arasında bulunmuştur. Ortalama değer ise $10,65\mu\text{g/g}$ 'dır. Göl sedimentlerindeki CDP varlığı, bitkiler tarafından hücre içine alınan metallerin ölü bitki artıkları yoluyla sedimente taşındığını gösterir. Gala Gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 4 istasyondaki CDP seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları,

TOC ve CaCO₃ seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Bu 4. istasyondaki yüksek metal konsantrasyonları ortamdaki yüksek TOC, CaCO₃ ve CDP düzeyleri ile ilişkilidir.

Gala Gölü'nde Hg konsantrasyonları için tüm istasyonlarda önemli zenginleşme; Mn ve Cd (2,3,4 ve no'lu istasyonlarda) konsantrasyonları için ise orta düzeyli zenginleşme söz konusudur. Tüm elementler için 5,4,2, ve 3. istasyonlarda yoğun bir girdi söz konusudur. Element konsantrasyonlarında ve zenginleşme değerlerinde gözlenen artış başta tarım olmak üzere bölgedeki insan etkisini işaret etmekte, ekosistem açısından tehdit edici bir durum sergilemektedir.

Hg için gözlenen çok yüksek kontaminasyon ve Mn için gözlenen yüksek kontaminasyon değerleri ekosistem açısından dikkat çekici bir tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca Cd için orta düzeyde kontaminasyon söz konusudur.

Gala Gölü'nde çalışılan elementler göz önüne alındığında ortalama Jeoakümülyasyon değeri Hg için 2,13, Mn için 0,98 dir. Bu durumda Hg için orta / çok kirletilmiş olduğu, Mn için ise kirletilmemiş / orta derecede kirletilmiş olduğu görülmüştür.

- Hg için en yüksek değer 3 olup (2. İstasyon) orta/çok kirletilmiş düzeyindedir.
- Mn için en yüksek değer 2,13 olup (3. İstasyon) orta/çok kirletilmiş düzeyindedir.

Ayrıca Cd için 1,2,3,4 ve 7. istasyonlarda kirletilmemiş/orta dereceli kirletilmiş olma durumu söz konusudur.

Potansiyel Ekolojik Risk açısından tüm ağır metaller entegre olarak değerlendirildiğinde sınır değer 150 olup istasyon bazlı bakıldığında tüm istasyonlar için bu eşik değeri aşılmıştır. İstasyonların PER değeri ortalaması 343.08 olup önemli potansiyel ekolojik risk söz konusudur. Minimum değer 167.79 ve maksimum değeri ise 577.76'dır. PER değerleri açısından 1,2,3,4,7 ve 10. istasyonlarda önemli potansiyel ekolojik risk söz konusuyken; 5,6,8 ve 9. istasyonlar için orta dereceli potansiyel ekolojik risk söz konusudur. En yüksek değerler sırasıyla 2,3 ve 1. istasyonda ölçülmüştür.

Gala Gölü için hesaplan PLI değerleri 0,00 ile 36,04 arasındadır. Ortalama değer ise 4,60'tır. Sınır değer "1" olduğu düşünülürse, Gala Gölü'ndeki kirlilik endişe verici düzeydedir.

Yüzey sediment örneklerinden elde edilen metal konsantrasyonlarının muhtemel kaynaklarının tespit edilmesi amacıyla faktör analizi yapılmıştır. Çalışılan elementleri iki faktör altında toplamak mümkündür. Birinci faktörü Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe, As, Cd, Al ve Hg kaynak ve taşınım süreçleri ortak. İkinci faktörü ise Cr elementi oluşturmaktadır.

Gala Gölü'nde tespit edilen elementleri kaynaklarına göre gruplama için kümelenme analizi yapılmıştır. Buna göre elementleri iki ana gruba bölmek mümkündür. Sediment örneklerindeki Mn konsantrasyonları litojenik kaynaklanırken; diğer elementler antropojenik kaynaklıdır. Buna göre Cr, Zn, Hg ve Ni elementlerinin aralarındaki ilişkileri yüksek olup birlikte taşınma durumu söz konusudur. Al, Fe, Cd, As, Cu ve Pb elementlerinin aralarındaki ilişki yüksek olup birlikte taşınmışlardır.

Gala Gölü'ndeki analizde P(sig) değeri 0,05'ten küçük olduğu durumda söz konusu iki değişken arasında anlamlı ilişki vardır. Bu analiz iki değişken arasındaki neden sonuç ilişkisini değil birlikte taşınma durumunu verir. Aralarında doğru orantı vardır, ortam bir değişken artınca diğeri de artmaktadır. Örneğin; Ni element konsantrasyonları incelendiğinde Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, As, Cd, Al ve Hg elementleri ile arasında pozitif korelasyon ilişkisi vardır. Ayrıca Cr elementinin değerleri incelendiğinde diğer elementlerle arasında ilişki yoktur. Bu durumda Cr elementinin farklı bir kaynaktan ortama girdiği anlaşılmaktadır.

Küçükçekmece Gölü'ne ilişkin sonuçlara baktığımızda;

Küçükçekmece Gölü için, diğer göllerden farklı olarak 11 adet istasyondan yüzey sedimenti alınmıştır. Küçükçekmece Gölü'ndeki metallerin ortalama konsantrasyonları (µg/g) sırasıyla;

Fe>Al>Mn>Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As>Cd>Hg şeklindedir.

- Mn hariç tüm metaller için en küçük değerler 3. İstasyonda, Mn için ise minimum değer 10. İstasyonda tespit edilmiştir.
- Ni, Fe, As ve Al için en büyük değerler ise 9. İstasyonda ölçülmüştür. Diğer elementler için en büyük değerler ise; Cu, Cr, Hg için 10. İstasyonda, Pb için 6. İstasyonda, Zn ve Cd için 7. İstasyonda, Mn için ise 3. İstasyonda ölçülmüştür.

TOC içeriği %1,887- %9,177 arasında değişmektedir ve ortalama değer %5,760'tır. En küçük TOC değeri %1,887 ist 3'te tespit edilirken maksimum değer %9,177 ist 10'da bulunmuştur. Sediment içeriğindeki TOC varlığı metallerin ortama taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Küçükçekmece Gölü sediment örnekleri incelendiğinde son 4 istasyondaki TOC seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonlarının da yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Ni, As ve Cr konsantrasyonları dikkat çekmektedir.

Metallerin taşınması önemli bir görev üstlenen CaCO_3 %80,03-10,16 aralığında ölçülmüştür. En küçük değer ist 9'da en büyük değer ist 3 'de tespit edilmiştir. Sediment içeriğindeki CaCO_3 'ın varlığı ortama metal taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Küçük Çekmece gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 3 istasyondaki CaCO_3 seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir.

CDP değerleri göllerin birincil üretimini temsil ettiği gibi sudaki metallerin sedimente taşınmasında bitkilerin rolünü de ifade etmektedir. CDP konsantrasyonu yüzey sedimentinde 136,04 – 1805,2 $\mu\text{g/g}$ arasında bulunmuştur. Ortalama değer ise 738 $\mu\text{g/g}$ 'dır. Göl sedimentlerindeki CDP varlığı, bitkiler tarafından hücre içine alınan metallerin ölü bitki artıkları yoluyla sedimente taşındığını gösterir. Küçükçekmece Gölü sediment örnekleri incelendiğinde son 4 istasyondaki CDP seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları, TOC seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Bu 4 istasyondaki yüksek metal konsantrasyonları ortamdaki yüksek TOC ve CDP düzeyleri ile ilişkilidir.

Küçükçekmece Gölü'nde çalışılan metallerin ortalama zenginleşme faktörü azalan sırayla; $\text{Mn} > \text{Zn} > \text{Hg} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Pb} > \text{As} > \text{Cr} > \text{Ni} > \text{Fe}$ şeklindedir. Genele bakıldığında en yüksek zenginleşme değerleri 3. İstasyonda görülmüştür.

- Cu değerleri 6. Ve 7. İstasyonlarda minimal zenginleşme, kalan tüm istasyonlarda orta düzeyli zenginleşme göstermiştir.
- Pb değerleri 6. İstasyonda orta düzeyli zenginleşme gösterirken 7. İstasyonda zenginleşme görülmemiştir. Kalan tüm istasyonlarda ise minimal düzeyde zenginleşme göstermiştir.
- Zn için 1, 2, 3, ve 7. İstasyonlarda önemli seviyede zenginleşme görülürken, diğer tüm istasyonlarda orta düzeyde zenginleşme gözlenmiştir.
- Ni için ortalama zenginleşme 0,94 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme söz konusudur.
- Mn için ortalama 10,72 ile önemli zenginleşme görülürken, istasyon 3'te 86,52 ile aşırı zenginleşme gerçekleşmiştir.
- Fe için ortalama zenginleşme 0,82 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme vardır.
- As için 1 ve 3. İstasyonlarda orta düzeyde zenginleşme görülürken, bunların dışındaki istasyonlarda zenginleşme görülmemektedir.
- Cd değerleri tüm istasyonlarda orta düzeyde zenginleşme göstermektedir.
- Cr ise tüm istasyonlarda minimal düzeyde zenginleşme göstermektedir.
- Hg değerlerine baktığımızda 2. İstasyonda önemli düzeyde zenginleşme görülürken, istasyon 6 ve 7'de minimal düzeyde zenginleşme, geriye kalan tüm istasyonlarda ise orta düzeyde zenginleşme gözlenmiştir.

Gözlenen yüksek değerler İstanbul gibi bir metropolün sanayi, evsel atıklar, tarımsal etkinlikler gibi insan etkisinin göl üzerinde yarattığı büyük baskıyı gözler önüne sermektedir. Gözlenen bu yüksek değerler, ekosistem için bir tehdit oluşturmaktadır.

Küçükçekmece Gölü'nde Yapılan değerlendirmeler sonucunda kontaminasyon değerleri azalan sırayla şu şekildedir; $Zn > Hg > Cu > Mn > Cd > Pb > As \geq Cr > Al > Ni > Fe$

- Cu için 5 ve 10. İstasyonlarda yüksek düzeyli kontaminasyon, 2, 4, 6, 7, 8, 9, ve 11. İstasyonlarda orta düzeyli kontaminasyon, 1, ve 3. İstasyonlarda düşük düzeyli birikim gözlenmiştir.
- Pb değerleri 1, 2, 3 ve 7. İstasyonlarda düşük düzeyli, diğer istasyonlarda ise orta düzeyde kontaminasyon şeklindedir.
- Zn için istasyon 3'te düşük kontaminasyon; istasyon 1, 2 ve 6 için orta kontaminasyon, istasyon 4, 5, 8, 9, 10 ve 11 de yüksek kontaminasyon, istasyon 7 çok yüksek kontaminasyon gerçekleşmiştir.
- Ni için tüm istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon görülmüştür.
- Mn'ye baktığımızda 1 ve 3. İstasyonda yüksek düzeyli kontaminasyon; 2, 4, 5, 4, 6 ve 11'de orta düzeyli kontaminasyon diğerlerindeyse düşük kontaminasyon gözlemlenmiştir.
- Fe için tüm istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- As 1, 2, 3 ve 6. İstasyonlarda düşük düzeyli, geriye kalan tüm istasyonlarda ise orta düzeyli birikim gözlenmiştir.
- Cd için 1, ve 3. İstasyonda düşük düzeyli kontaminasyon, 7. İstasyonda yüksek düzeyli kontaminasyon, geriye kalan tüm istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon tespit edilmiştir.
- Cr; istasyon 1, 2, 3, ve 6. İstasyonda düşük değerde kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda ise orta düzeyde kontaminasyon göstermiştir.
- Al'ye baktığımızda 5. ve 9. İstasyonlarda orta düzeyli, diğer tüm istasyonlarda düşük kontaminasyon tespit edilmiştir.
- Hg için 1, 3, ve 6. İstasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon, 4, 5, ve 10. İstasyonlarda yüksek düzeyli kontaminasyon, diğer istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon gözlemlenmiştir.

Küçükçekmece Gölü'nde çalışılan elementler göz önüne alındığında ortalama Jeoakümülyasyon değeri:

- Zn için 0,77 olup maksimum Igeo değeri 2,22 ile istasyon 7'de,
- Hg için ortalama Igeo değeri 0,16 olup maksimum değeri 1,41 ile istasyon 10'da,
- Cu için 0,10 olup maksimum Igeo değeri 1,43 ile istasyon 10'da,
- Mn için 0,01 olup maksimum değeri 1,91 ile istasyon 3'te ölçülmüştür.

Bu durum göl genelinde kirlenmemiş/ orta derecede kirlenmiş olma durumunun hâkim olduğunu göstermekle birlikte belli lokasyonlarda Zn, Hg, Cu ve Mn konsantrasyonları için Igeo değerleri açısından gölün orta derecede kirlenmiş olduğunu gösterir.

Potansiyel Ekolojik Risk değerleri için sınır değeri 40 olup, bu değeri aştığında söz konusu element için Potansiyel Ekolojik Risk söz konusudur.

Metallerin hesaplanan risk indekslerine göre sıralama şöyledir;

$Hg > Cd > Cu > As > Pb > Zn > Ni > Cr$

Tek tek değerlendirildiğinde Cd'nin 4, 5, 7, 8, 9, 10 ve 11. istasyonu ve Hg'nin 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 no'lu istasyonu dışında kalan metaller sınır değeri olan 40'ı geçmemektedir.

- Cd 4, 5, 8, 9, 10 ve 11. İstasyonlarda orta düzeyli potansiyel ekolojik risk gösterirken, 7. İstasyonda önemli düzeyde ekolojik risk görülmüştür.
- Hg için ise 10. istasyonda yüksek düzeyli PER değeri ölçülürken, 2, 4, 5, 8, 9, ve 11. İstasyonlarda önemli düzeyde PER ve istasyon 7'de orta düzeyde PER değerleri ölçülmüştür.

Potansiyel Ekolojik Risk açısından ağır metaller bütünleşik olarak değerlendirildiğinde sınır değeri 150 olup istasyon bazlı bakıldığında 1,3,6. İstasyonlar dışında tüm istasyonlar için bu eşik değeri aşılmıştır.

Tüm metallerin entegre potansiyel ekolojik risklerine göre (PER) en yüksek değer istasyon 10 da görülmüştür, bunu takiben istasyon 4, 5, 8, 9, 11, 7 ve 2’de orta düzeyli potansiyel ekolojik risk tespit edilmiştir. Entegre değerlendirmede 1, 3, ve 6. İstasyonlar için PER <150 olduğundan istasyonlarda ekolojik risklerin düşük olduğu görülmüştür.

Küçükçekmece Gölü için hesaplan kirlilik yük endeksi değerleri 0,00 ile 16,79 arasındadır. Ortalama değer ise 4,95’tir. Sınır değer “1” olduğu düşünülürse, Küçükçekmece Gölü’ndeki kirlilik endişe verici seviyededir.

Yüzey sediment örneklerinden elde edilen metal konsantrasyonlarının muhtemel kaynaklarının tespit edilmesi amacıyla faktör analizi yapılmıştır. Çalışılan elementleri bir faktör altında toplamak mümkün olmuştur. Tüm elementler ortak kaynağa sahipken Mn elementi ile taşınım süreçleri farklıdır.

Küçükçekmece Gölü’nde, elementleri kaynaklarına göre gruplama için kümelenme analizi yapılmıştır. Buna göre elementleri iki ana gruba bölmek mümkündür. Sediment örneklerindeki Mn konsantrasyonları litojenik kaynaklanırken; diğer elementler antropojenik kaynaklıdır. Buna göre Zn, Hg, Cu, Cr ve Ni elementlerinin aralarındaki ilişkileri yüksek olup birlikte taşınma durumu söz konusudur. Diğer bir taraftan Fe, Al, Cd, As ve Pb elementlerinin aralarındaki ilişki yüksek olup birlikte taşınmışlardır.

Küçükçekmece Gölü örneklerine ilişkin yapılan analizde P(sig) değeri 0,05’ten küçük olduğu durumda söz konusu iki değişken arasında anlamlı ilişki vardır. Bu analiz iki değişken arasındaki neden sonuç ilişkisini değil birlikte taşınma durumunu verir. Aralarında doğru orantı vardır, ortam bir değişken artınca diğeri de artmaktadır. Sonuç olarak bakıldığında Hg elementinin değerleri incelendiğinde diğer elementlerle arasında ilişki yoktur. Ayrıca Pb elementinin Mn hariç diğer elementlerle arasında ilişki yoktur. Bu durumda Hg ve Pb elementinin farklı bir kaynaktan ortama girdiği anlaşılmaktadır.

Mert Gölü’ne ilişkin sonuçlara baktığımızda;

Mert Gölü’ndeki metallerin ortalama konsantrasyonları (µg/g) sırasıyla;

Fe>Al>Mn>Zn> Cu> Cr >Pb>Ni>As>Cd>Hg şeklindedir.

Cr, As, Mn ve Ni hariç tüm metaller için en düşük değerler istasyon 2’de tespit edilmiştir. Cr, As, Mn için minimum değerler 10. istasyonda, Ni için ise 1. İstasyonda bulunmuştur.

Zn, Mn, Fe, Cd ve Hg için en büyük değerler 9. İstasyonda, Cu için en büyük değer 4.İstasyonda, Pb, Ni ve Al için en büyük değerler 8. İstasyonda, geriye kalan As için 2. İstasyonda ve Cr için ise 1. İstasyonda en büyük değerler gözlenmiştir.

TOC içeriği %0,678-%9,977 arasında değişmektedir ve ortalama değer %6,693’tür. En küçük TOC değeri %0,678 ist 2’de tespit edilirken maksimum değer %9,977 ist 6’da bulunmuştur. Sediment içeriğindeki TOC varlığı metallerin ortama taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Mert gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 2 istasyon hariç, diğer istasyonlardaki TOC seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonlarının da yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir.

Metallerin taşınması önemli bir görev üstlenen CaCO_3 % 0-21,08 aralığında ölçülmüştür. En küçük değer ist 7 ve 8’de, en büyük değer ist 1’de tespit edilmiştir. Sediment içeriğindeki CaCO_3 ’ın varlığı ortama metal taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Mert Gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 3 istasyondaki CaCO_3 seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları ve TOC seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir.

CDP değerleri göllerin birincil üretimini temsil ettiği gibi sudaki metallerin sedimente taşınmasında bitkilerin rolünü de ifade etmektedir. CDP konsantrasyonu yüzey sedimentinde 15,63-409,42 $\mu\text{g/g}$ arasında bulunmuştur. Ortalama değer ise 130,42 $\mu\text{g/g}$ ’dır. Göl sedimentlerindeki CDP varlığı, bitkiler tarafından hücre içine alınan metallerin ölü bitki artıkları yoluyla sedimente taşındığını gösterir. Mert Gölü sediment örnekleri incelendiğinde 8 ve 9. istasyondaki CDP seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları, TOC ve CaCO_3 seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Bu 2 istasyondaki yüksek metal konsantrasyonları ortamdaki yüksek TOC, CaCO_3 ve CDP düzeyleri ile ilişkilidir.

Mert Gölü’nde çalışılan metallerin ortalama zenginleşme faktörü azalan sırayla; $\text{Mn} > \text{Hg} > \text{As} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Cd} > \text{Pb} > \text{Fe} > \text{Ni} > \text{Cu}$ şeklindedir.

- Cu değerleri için ortalama zenginleşme 1,02 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Cu < 2$).
- Pb değerleri için ortalama zenginleşme 1,45 olup istasyon 3 ve 10'da orta düzeyli zenginleşme vardır, bunun dışındaki istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir.
- Zn değerleri için ortalama zenginleşme 1,55 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Zn < 2$).
- Ni değerleri için ortalama zenginleşme 1,14 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gözlenmiştir ($Ni < 2$).
- Mn değerleri için ortalama zenginleşme 4,44 olup orta düzeyli zenginleşme gerçekleşmiştir. En yüksek değer istasyon 2 ve 1'de ölçülmüş olup önemli zenginleşme göstermiştir.
- Fe değerleri için ortalama zenginleşme 1,37 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme göstermiştir. ($Fe < 2$).
- As değerleri için 4,6,7,8 ve 9. İstasyonlarda minimal zenginleşme olup diğerlerinde orta düzeyli zenginleşme vardır. Ortalama zenginleşme 1,88 olup en yüksek değer 3,96 ile istasyon 2'de gerçekleşmiştir.
- Cd değerleri için ortalama zenginleşme 1,48 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Cd < 2$).
- Cr değerleri için ortalama zenginleşme 1,81 olup istasyon 1 ve 2'de orta düzeyli zenginleşme gözlenirken, kalan tüm istasyonlarda minimal düzeyde zenginleşme gözlenmiştir.
- Hg değerleri için ortalama zenginleşme 2,04 olup 3,5,7,9,10. İstasyonlarda orta düzeyli zenginleşme görülürken diğerlerinde minimal zenginleşme gerçekleşmiştir.
- Al değerleri için ortalama zenginleşme 0,74 olup tüm istasyonlar için minimal zenginleşme söz konusundur ($Al < 2$).

Gözlenen değerler bölgede göl ve çevresinin ekosistem açısından korunduğunu ve Terkos Gölü'ndeki gibi insan etkisinin düşük olduğunu, nispeten sağlıklı bir ekosistemin varlığını göstermektedir.

Mert Gölü'nde yapılan değerlendirmeler sonucunda CF değerleri azalan sırayla şu şekildedir; $Mn > Hg > Cd > Zn > As \geq Cr > Pb > Fe > Ni > Cu > Al$

- Cu için 4. Ve 6. İstasyonda orta düzeyli kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Pb için 1, 2, 5 ve 10. İstasyonda düşük düzeyli kontaminasyon, kalan istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Zn için 1, 2, 3, 5 ve 10. İstasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon görülmüştür.
- Ni için tüm istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Mn'ye baktığımızda 9. İstasyonda yüksek düzeyli kontaminasyon, kalan istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon görülmüştür.
- Fe için 4, 8, ve 9. istasyonlarda orta düzeyli kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda ise düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- As 1, 6, 8, 9, 10. İstasyonlarda düşük düzeyli, diğerlerinde ise orta düzeyli kontaminasyon görülmüştür.
- Cd için 4, 6, 7, 8 ve 9. İstasyonlarda orta düzeyli kontaminasyon, geriye kalan istasyonlarda ise düşük düzeyli kontaminasyon tespit edilmiştir.
- Cr 2, 3, 5, 8, ve 10. İstasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon, kalan istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Al'ye baktığımızda ise kalan tüm istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Hg ise 1, 2, ve 10. İstasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon, diğer istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon gözlemlenmiştir.

Genel Mn değerleri dışında diğer istasyon ve ağır metallerin dışuk ve dışuğe yakın orta dızeyle seyri ekosistem açısından olumlu bir seyir olarak değerlendirilebilir.

Mert Gölü'nde çalışılan elementler göz önüne alındığında ortalama Jeokümülasyon değeri Mn için 0,57, olup maksimum Igeo değeri 1,23 ile 9. istasyonda ölçölmüştür. Bu durumda göl genelinde Mn için kirletilmemiş / orta derecede kirletilmiş olduğu, yalnızca 9. İstasyon için orta dereceli kirlenme olduğu görölmüştür. Ayrıca Cd için istasyon 4,6,9'da; Hg için istasyon 4,6,7,9'da kirletilmemiş / orta derecede kirletilmiş olma durumu söz konusudur.

Mert Gölü'ndeki elementlerin Potansiyel risk değerleri için sınır değer 40 olup, bu değeri aştığında söz konusu element için Potansiyel Ekolojik Risk söz konusudur.

Metallerin hesaplanan risk indekslerine göre sıralama şöyledir;

Hg> Cd >As >Pb>Ni >Cu >Cr >Zn

Tek tek değerlendirildiğinde Hg sınır değer olan 40'ı 1, 2, ve 10. İstasyonlar hariç tüm istasyonlarda geçmiş ve orta dızeyle potansiyel ekolojik risk oluşturmuştur.

Cd ise 4, 6, 8, ve 9. İstasyonlarda 40 değerini aşmış ve orta dızeyle ekolojik risk sergilemiştir. Diğer istasyonlarında ise dışuk dızeyde ekolojik risk değerleri göstermiştir. Geriye kalan tüm metaller ve istasyonlarda dışuk ekolojik risk gözlemlenmektedir.

Potansiyel Ekolojik Risk açısından ağır metaller bütöleşik olarak değerlendirildiğinde sınır değer 150 olup istasyon bazlı bakıldığında yalnızca 9. İstasyon için bu eşik değer aşılmıştır.

Metallerin entegre potansiyel ekolojik risklerine göre (PER) en yüksek değer istasyon 9' da tespit edilmiştir ve bu değer 166,71 ile orta dızeyde ekolojik risk sergilemektedir. Kalan tüm istasyonlarda dışuk dızeyde ekolojik risk gözlemlenmiştir.

Mert gölü için hesaplanan Kirlilik yük endeksi değerleri 0,00 ile 1,21 arasındadır. Ortalama değer ise 0,36'dır. Sınır değerin "1" olduğu dışünölürse, Mert Gölü'ndeki değerlerin PLI'ya göre sedimentte kirlilik tehdidi oluşturmadığı anlamına gelir.

Yüzey sediment örneklerinden elde edilen metal konsantrasyonlarının muhtemel kaynaklarının tespit edilmesi amacıyla faktör analizi yapılmıştır. Çalışılan elementleri üç faktör altında toplamak mümkündür. Birinci faktörü Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe, Cd, Al ve Hg kaynak ve taşınım süreçleri ortaktır. İkinci faktörü Cr elementi, üçüncü faktörü ise As elementi oluşturmaktadır.

Elementleri kaynaklarına göre gruplama için kümelenme analizi yapılmıştır. Buna göre elementleri iki ana gruba bölmek mümkündür. Sediment örneklerindeki Mn konsantrasyonları litojenik kaynaklanırken; diğer elementler antropojenik kaynaklıdır. Buna göre Hg, Zn, Cr, Ni ve Pb elementlerinin aralarındaki ilişkileri yüksek olup birlikte taşınma durumu söz konusudur. Diğer bir taraftan Cd, Fe, Al, As ve Cu elementlerinin aralarındaki ilişki yüksek olup birlikte taşınmışlardır.

Korelasyon analizi sonucunda bakıldığında As elementinin değerleri incelendiğinde diğer elementlerle arasında ilişki yoktur. Ayrıca Cr elementinin Mn hariç diğer elementlerle arasında ilişki yoktur. Bu durumda As ve Cr elementinin farklı bir kaynaktan ortama girdiği anlaşılmaktadır.

Terkos Gölü'ne ilişkin sonuçlara baktığımızda;

Terkos Gölü'ndeki metallerin ortalama konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$) sırasıyla;

Fe>Al>Mn>Zn> Cr> Ni >Cu>Pb>As>Cd>Hg şeklindedir.

- Mn ve As hariç tüm metaller için en küçük değerler ist 7'de tespit edilmiştir. Mn için minimum değer ist. 2'de As için de ist. 2'de bulunmuştur.
- Cu, Ni, Mn, As, Cd, Cr, hariç en büyük değerler ise 8. İst.'de tespit edilmiştir. Cu için en büyük değer 3. İst.da Ni için en büyük değer 1. İst.'da Mn için en büyük değer ist. 7'de, As için ist. 3'te, Cd için 1 ve 2. İst.da Cr için ise en büyük değer 1. İst.da görülmüştür.

TOC içeriği %0,732-%9,588 arasında değişmektedir ve ortalama değer %6,774'tür. En küçük TOC değeri %0,732 ist 2'de tespit edilirken maksimum değer %9,588 ist 8'de bulunmuştur. Sediment içeriğindeki TOC varlığı metallerin ortama taşınımını olumlu

yönde etkilemektedir. Terkos Gölü sediment örnekleri incelendiğinde ilk 2 istasyon hariç, diğer istasyonlardaki TOC seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonlarının da yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir.

Metallerin taşınması önemli bir görev üstlenen CaCO_3 %10,60 – 36,65 aralığında ölçülmüştür. En küçük değer ist 6 ve 8’de, en büyük değer ist 7’de tespit edilmiştir. Sediment içeriğindeki CaCO_3 ’ın varlığı ortama metal taşınımını olumlu yönde etkilemektedir. Terkos Gölü sediment örnekleri incelendiğinde 4 ve 7. istasyondaki CaCO_3 seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları ve TOC seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek Al ve Fe konsantrasyonları dikkat çekmektedir.

CDP değerleri göllerin birincil üretimini temsil ettiği gibi sudaki metallerin sedimente taşınmasında bitkilerin rolünü de ifade etmektedir. CDP konsantrasyonu yüzey sedimentinde 26,53 – 107,81 $\mu\text{g/g}$ arasında bulunmuştur. Ortalama değer ise 66,97 $\mu\text{g/g}$ ’dır. Göl sedimentlerindeki CDP varlığı, bitkiler tarafından hücre içine alınan metallerin ölü bitki artıkları yoluyla sedimente taşındığını gösterir. Terkos Gölü sediment örnekleri incelendiğinde 7. istasyondaki CDP seviyelerine paralel olarak metal konsantrasyonları, TOC ve CaCO_3 seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Bu istasyondaki yüksek metal konsantrasyonları ortamdaki yüksek TOC, CaCO_3 ve CDP düzeyleri ile ilişkilidir.

Terkos Gölü’nde çalışılan metallerin ortalama zenginleşme faktörü azalan sırayla; $\text{Mn} > \text{Cu} > \text{Pb} \geq \text{Cr} > \text{As} > \text{Hg} > \text{Cd} > \text{Ni} > \text{Zn} > \text{Fe}$ şeklindedir. Genele bakıldığında en yüksek zenginleşme değerleri ist. 7’de görülmüştür.

- Cu değerleri için ortalama zenginleşme 1,41 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($\text{Cu} < 2$).
- Pb değerleri için ortalama zenginleşme 1,38 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($\text{Pb} < 2$).
- Zn değerleri için ortalama zenginleşme 1,20 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($\text{Zn} < 2$).

- Ni değerleri için ortalama zenginleşme 1,21 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Ni < 2$).
- Mn değerleri için ortalama zenginleşme 2,33 olup orta düzeyli zenginleşme gösterirken, 7. İstasyonda 6,44 değeri ile önemli zenginleşme görülmüştür.
- Fe değerleri için ortalama zenginleşme 1,11 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Fe < 2$).
- As değerleri için ortalama zenginleşme 1,34 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($As < 2$).
- Cd değerleri için ortalama zenginleşme 1,28 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Cd < 2$).
- Cr değerleri için ortalama zenginleşme 1,38 olup, sadece 1. istasyonda orta düzeyli zenginleşme söz konusudur.
- Hg değerleri için ortalama zenginleşme 1,32 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Hg < 2$).
- Al değerleri için ortalama zenginleşme 0,90 olup tüm istasyonlarda minimal zenginleşme gerçekleşmiştir ($Al < 2$).

Gözlenen değerler bölgede göl ve çevresinin ekosistem açısından korunduğunu ve Küçükçekmece Gölü'ne kıyasla insan etkisinin düşük olduğunu, nispeten sağlıklı bir ekosistemi işaret etmektedir.

Terkos Gölü'nde yapılan değerlendirmeler sonucunda CF değerleri azalan sırayla şu şekildedir;

$$Mn > Cu \geq Pb > Cr > Hg > As > Cd \geq Ni > Zn > Fe > Al$$

- Cu için 7. İstasyonda düşük düzeyli kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda orta düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Pb, Zn ve Ni için 7. İstasyonda düşük düzeyli kontaminasyon, kalan istasyonlarda orta düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.

- Mn'ye baktığımızda 2. İstasyonda düşük düzeyli kontaminasyon, 7. İstasyonda yüksek düzeyli kontaminasyon, kalan istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon görülmüştür.
- Fe için 5,6 ve 8. istasyonlarda orta düzeyli kontaminasyon, kalan tüm istasyonlarda ise düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- As 2. İstasyonda düşük düzeyli, diğerlerinde ise orta düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Cd için 7. İstasyonda düşük düzeyli, geriye kalan 9 istasyonda ise orta düzeyli kontaminasyon tespit edilmiştir.
- Cr 4. Ve 7. İstasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon, kalan istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Al'ye baktığımızda 8. İstasyonda orta düzeyli, kalan tüm istasyonlarda düşük düzeyli kontaminasyon gözlenmiştir.
- Hg ise 7.İstasyonda düşük düzeyli kontaminasyon, diğer istasyonlarda ise orta düzeyli kontaminasyon gözlemlenmiştir.

7. İstasyondaki Mn'nin yüksek kontaminasyonu dışında diğer istasyon ve ağır metallerin düşük ve düşüğe yakın orta düzeyli seyri ekosistem açısından dikkat çekici bir tehdit oluşturmamaktadır.

Terkos Gölü'nde çalışılan elementler göz önüne alındığında ortalama Jeoakümülyasyon değeri Mn için 0,22, olup maksimum Igeo değeri 1,25 ile 7. istasyonda ölçülmüştür. Bu durumda göl genelinde Mn için kirletilmemiş / orta derecede kirletilmiş olduğu, yalnızca 7. İstasyon için orta dereceli kirlenme olduğu görülmüştür. Ayrıca 1. İstasyonda Cr için Kirletilmemiş/ orta dereceli kirletilmiş olma durumu söz konusudur.

Terkos Gölü'ndeki elementlerin Potansiyel ekolojik risk değerleri için sınır değer 40 olup, bu değeri aştığında söz konusu element için Potansiyel Ekolojik Risk söz konusudur.

Tek tek değerlendirildiğinde Hg sınır değeri olan 40'ı (7. istasyon hariç) tüm istasyonlarda geçmiş ve orta düzeyli potansiyel ekolojik risk oluşturmuştur. Geriye kalan tüm metaller ve istasyonlarda düşük ekolojik risk gözlemlenmektedir.

Metallerin hesaplanan risk indekslerine göre sıralama şöyledir;

$Hg > Cd > As > Cu > Pb > Ni > Cr > Zn$

Potansiyel Ekolojik Risk açısından ağır metaller bütünleşik olarak değerlendirildiğinde sınır değeri 150 olup, istasyon bazlı bakıldığında tüm istasyonlar için bu eşik değeri aşılmamıştır.

Metallerin entegre potansiyel ekolojik risklerine göre (PER) en yüksek değeri istasyon 8 de tespit edilmiştir ve bu değeri 122,87'dir. Entegre değerlendirmede tüm istasyonlar için $PER < 150$ olduğundan ekolojik risklerin düşük olduğu tespit edilmiştir.

Terkos Gölü için hesaplanan Kirlilik yük endeksi değerleri 0,02 ile 0,68 arasındadır. Ortalama değeri ise 0,43'tür. Sınır değeri "1" olduğu düşünülürse, Terkos Gölü'ndeki değerlerin 0'a yakın olması PLI'ya göre sedimentte kirlilik gözlenmediği anlamına gelir.

Yüzey sediment örneklerinden elde edilen metal konsantrasyonlarının muhtemel kaynaklarının tespit edilmesi amacıyla faktör analizi yapılmıştır. Çalışılan elementleri iki faktör altında toplamak mümkündür. Birinci faktörde Mn ve As dışında kalan; Cr, Pb, Zn, Ni, Fe, Cd, Al ve Hg kaynak ve taşıma süreçleri ortaktır. İkinci faktörü ise Cu elementi oluşturmaktadır.

Terkos Gölü'nde tespit edilen elementleri kaynaklarına göre gruplama için kümeleme analizi yapılmıştır. Buna göre elementleri iki ana gruba bölmek mümkündür. Sediment örneklerindeki Mn konsantrasyonları litojenik kaynaklanırken; diğer elementler antropojenik kaynaklıdır. Buna göre Pb, Cr, Zn, Hg ve Ni elementlerinin aralarındaki ilişkileri yüksek olup birlikte taşıma durumu söz konusudur. Al, Fe, Cd, As ve Cu elementlerinin aralarındaki ilişki yüksek olup birlikte taşınmışlardır.

Terkos Gölü'ndeki korelasyon analizi sonuçlarına bakıldığında; Ni element konsantrasyonları incelendiğinde Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, As, Cd, Al ve Hg elementleri ile

arasında pozitif korelasyon ilişkisi vardır. Ayrıca Cr elementinin değerleri incelendiğinde diğer elementlerle arasında ilişki yoktur. Bu durumda Cr elementinin farklı bir kaynaktan ortama girdiği anlaşılmaktadır.

Öneriler;

Gala Gölü’ne ilişkin öneriler;

Gala Gölü Milli Park sınırları dahilinde olmasından dolayı, göl çevresinde herhangi bir yerleşim bulunmamaktadır. Ancak büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık etkinlikleri sürdürülmektedir. Bu çerçevede göl çevresindeki mera alanları için yönetim planı oluşturulmalı, mera alanları ıslah edilmeli, hayvancılık yapan yerel halkın Mera Yönetim Planı’na uyması sağlanmalı, uyulmadığı takdirde cezai yaptırımlar devreye sokulmalıdır.

Gala Gölü çevresinde kaçak avcılık etkinliklerinin önlenmesi adına daha sıkı bir izleme yöntemi geliştirilmeli, Milli Park koruma önlemleri kapsamında gerek korucu gerek ise kameralar yardımıyla izleme sistemi kurulmalıdır.

Göl çevresinde ağaç kesimi tamamen yasaklanmalı, sazlık alanların tarımsal alan olarak açılması ya da herhangi bir maksatla yakılması yasaklanmalıdır. Sazlık kesim planı yapıp yöre halkının bu noktada gelir elde etmesi sağlanmalı, böylece bölge ekolojisinin korunmasına halkın katkısı sağlanmalıdır.

Gala Gölü sedimentlerindeki kirlenmenin en büyük kaynağı olan çeltik tarımı atık su deşarjının tamamen engellenmesi gerekmektedir. Piyasada bulunan ve “Süper Çeltik” adıyla satılmakta olan kimyasal gübreler; bünyesinde azot, fosfor, potasyum ve kükürte ilaveten magnezyum ve çinko bulundurmaktadır. Kullanılan diğer gübrelerde de özellikle cıva ve mangan ihtiva eden karışımlar ön plana çıkmaktadır. Bölge halkının organik tarıma teşvik edilmesi kullanılan gübreleri ortadan kaldıracak, inorganik gübrelerin ve ilaçların yasaklanması Gala Gölü üzerindeki ağır metal baskısını azaltacaktır.

Çeltik tarımında kullanılan suyun miktarı doğru hesaplanmalı ve plan dahilinde tarımsal etkinliklerde kullanılmalıdır. Ayrıca tarımsal kullanım amacıyla gölden su çekilmesi engellenmelidir.

Drenaj kanallarının temizlenmesi, kanallar aracılığıyla gelen sedimentlerin filtrelenmesinin yapılması gerekmektedir. Drenaj kanalları yanı sıra Ergene Nehri'nin kirleticilerinin, Meriç Nehri'ne karışması engellenmelidir. Bu nehirlerin üst kısımlarında Trakya bölgesinin evsel ve sanayi atıklarının filtrasyonu için yeni arıtma tesisleri kurulmalıdır.

Gala Gölü yakınlarında bulunan maden ocaklarının faaliyetlerinin durdurulması gerekmektedir. Geçmişten günümüze kalan eski maden ocaklarının ıslahı ve çevreye verdikleri zararın engellenmesi gerekmektedir.

Küçükçekmece Gölü'ne ilişkin öneriler;

Göl çevresinde üniversite kampüsü, balıkçı barınakları ve konutlar bulunmaktadır. Bu konutların göl üzerindeki baskısı gün geçtikçe artmakta ve yerleşim alanı kuzeyde bulunan mera alanlarını tehdit etmektedir. Göl çevresine yerleşim sınırlandırılmalı, mevcut konut ve yerleşimler daha sıkı bir şekilde denetlenmelidir.

Geçmişten günümüze gelen en önemli tehditlerden bir diğeri ise 1997 yılına kadar sıvı atıklarını göle boşaltan Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi laboratuvarı olmuştur. Bu atıklar göl tabanına yayılmış ve ağır metal kirliliğinde etkili olmuştur. Göl tabanının ıslahı için yeni bilimsel çalışmalar planlanmalıdır.

Göl etrafında bulunan kara ve deniz ulaşım araçlarının atıklarının, endüstriyel işletmelerin atıklarının ve eski Halkalı çöp atık alanından sızan sızaların, yer altı sularına dahil olarak göle akması nedeniyle göl tabanında yoğun miktarda ağır metal kirliliğine neden olmuştur. Bu atıkların minimum a indirilmesi için yasal mevzuat revize edilmeli, denetleme ve ceza mekanizması sıkılaştırılmalıdır.

Gölün güneyinde yer alan D 100 karayolu, Kuzeyinde bulunan E80 ve bağlantı yollarının inşaatı gölün ekosistemine büyük zararlar vermiştir. Halen mevcut E80, TEM ve D 100 karayolu, yoğun araç trafiği nedeniyle gölün kirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu zararların azaltılması konusunda çalışmalar yapılmalıdır.

Tüm denetlemelere rağmen gölün kuzey ve batısında illegal yollardan avcılık devam etmekte, göl çevresinde ekolojik zararlara neden olmaktadır. Bunun engellenmesi

için kamera ve kolluk kuvvetlerinin denetlemeleri arttırılmalı, cezai işlemler uygulanmalıdır.

Küçükçekmece Doğa Koruma ve Hayvancılık Derneği göl çevresinde çeşitli etkinliklerle, kirlilik ve bu kirliliğin önlenmesinde sazlıkların önemine dikkat çekmişlerdir. Sazlıklar, göl suyunun ve taban sedimentinin temiz kalmasında en önemli doğal temizleyici rolü oynamaktadır. Bu nedenle Sazlık alanların korunması ve tahribatının önlenmesi gerekmektedir.

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) ve Küçükçekmece Belediyesi ortaklığında, gölü besleyen dereler üzerine devam eden kollektör kurma çalışmaları revize edilip yeniden değerlendirilmelidir. Böylece göle giren suların maksimum düzeyde temizlenmesi sağlanmalıdır.

Halen devam etmekte olan, Tübitak ve Yıldız Teknik Üniversitesi tarafından sürdürülen “Küçükçekmece Havzası’nda Çevre Yönetim Modelinin Geliştirilmesi” adlı projenin bir an önce tamamlanması ve yerel yönetimler tarafından hızlıca devreye sokulması gerekmektedir.

Mert Gölü’ne ilişkin öneriler;

Mert Gölü Milli Park sınırları dahilinde olmasından dolayı, Kuzey sınırları dışında, göl çevresinde az sayıda baraka ve bungalov tarzı bir yerleşim bulunmaktadır. Bu bölgede büyükbaş hayvancılık etkinlikleri sürdürülmektedir. Göl çevresindeki mera alanları için yönetim planı oluşturulmalı, mera alanları ıslah edilmeli, hayvancılık yapan yerel halkın mera yönetim planına uyması sağlanmalı, uyulmadığı takdirde cezai yaptırımlar devreye sokulmalıdır.

Gölün Kuzey kısmında bulunan İğneada yerleşimi, kışın oldukça az nüfusa sahip olmakla beraber yaz aylarında yoğun yerli ve yabancı turist ağırlamaktadır. Oluşan bu yoğun nüfus baskısı fosseptik ve kanalizasyon düzenlemesi gerektirmektedir. İğneada belediyesinin hazırladığı atık su arıtma tesisi bir an önce revize edilip devreye sokulmalıdır. Böylece evsel atıkların yer altı sularıyla beraber Mert Gölü’ne karışması engellenmelidir.

Mert Gölü çevresinde kaçak avcılık etkinliklerinin önlenmesi adına daha sıkı bir izleme yöntemi geliştirilmeli, milli park koruma önlemleri kapsamında gerek korucu gerek ise kameralar yardımıyla izleme sistemi geliştirilmelidir.

Göl çevresinde yoğun olarak turizm etkinlikleri yapılmakla beraber bu etkinlikleri çoğu plansız ve düzensiz haldedir. Gölün hemen kuzey batısında yer alan mevcut kamp alanı, gayri resmi olarak her yıl binlerce turist ağırlamasına rağmen, alan için herhangi bir düzenleme yapılmamaktadır. Burada ortaya çıkan katı atık ve atık suyun göl habitatına zarar vermemesi için, kamp alanı bir an önce düzenlenmeli, tuvalet, duş, çöplerin toplanması ve insanların bilinçlendirilmesi çalışmaları doğrudan belediye tarafından yapılmalıdır.

İğneada sınırları içinde açılan yeni turizm işletmeleri atık su ve katı atıkları daha sıkı bir şekilde denetlenmeli, atık suların kanalizasyon şebekesi ile atık su arıtma tesisine yönlendirilmesi gerekmektedir.

Terkos Gölü'ne ilişkin öneriler;

Terkos Gölü, ülkemizin en büyük metropolü olan İstanbul'un en önemli içme suyu kaynaklarından biridir. Terkos havzası içerisindeki yerleşimlerin en önemli ekonomik etkinlikleri tarım, hayvancılık ve ormancılıktır. Bölge halkının tarımsal etkinlikler göl üzerinde baskı yaratmakta, kullanılan zirai gübreler ve hayvansal dışkıları gölün kirlenmesinde etkili olmaktadır. Havzada kimyasal gübre kullanımı sınırlandırılmalı, yeni tarım etkinlikleri yönetim planı yapılmalıdır. Halkın bu plana katılımı desteklenmeli, kredi ve hibeler ile halk yönlendirilmelidir.

Gerçekleştirilen ormancılık etkinliklerinin en önemlisi, baltalık meşe ağaçlarının yoğun olduğu alanlarda kontrolsüz odun kömürü üretimi yapılmaktadır. Açığa çıkan atıklar göle karışmakta ve göl ekosistemini tehdit etmektedir. Bu nedenle odun kömürü üretimi yasaklanmalı ve sıkı caydırıcı yaptırımlarla denetlenmelidir.

Terkos Gölü çevresindeki bir diğer tehdit kaçak avcılık etkinlikleridir. Bu durum daha sıkı bir şekilde denetlenmeli ve caydırıcı cezalar verilmelidir.

Terkos havzasındaki en önemli tehditlerden biri 1990'ların ortalarında İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi)'nin İstanbul halkına, Istranca Dağları'ndan su

getirmek amacıyla başlattığı projedir. Proje kapsamında Kazandere, Sultanbahçe, Cilingöz, Kuzuludere, Düzdere ve Terkos barajları yapılmış, Büyüklüçü ve Yoncalı barajlarının master planları değiştirilmiştir. Proje inşaat aşamasında alana erişim amacıyla büyük yollar açılmış, bu yollar bölgede yaşayan canlıların yaşam alanlarını parçalamış, Terkos çevresine ulaşımı kolaylaştırmıştır. Bunun yanı sıra barajlarda toplanan sular Terkos Gölü'ne verilmekte ve gölün su seviyesinde, ekolojik yaşamında ciddi değişikliklere sebep olmaktadır. Tüm bu tehditlerin ışığında İSKİ projesi yeniden gözden geçirilmeli ve Terkos havzasındaki tahribat ve göl üzerindeki baskı azaltılmaya çalışılmalıdır.

İSKİ projesi ile açılan yollar sonrası havzaya ulaşım kolaylaşmış, artan nüfus ve Terkos Gölü çevresindeki ikincil konutlar göl üzerindeki baskıyı arttırmıştır. Bölgede yeni imar talepleri ortaya çıkmış, bu yöndeki mevzuat çalışmaları plansız yapılaşmayı daha da arttırmaktadır. Terkos Gölü çevresindeki yapılaşma sıkı bir şekilde denetlenmeli, yeni kanun ve mevzuatlarla kaçak yapılar yıkılıp, cezalandırılmalıdır.

Bir diğer güncel tehdit ise yapılması planlanan “Kanal İstanbul” projesidir. Proje ÇED raporunda, kullanımı iptal edilecek olan Sazlıdere Barajı ile yıllık 30 milyon metreküp ve Terkos Gölü'nde meydana gelecek kayıp nedeniyle yıllık 2,7 milyon metreküp olmak üzere İstanbul'un yıllık toplam 32,7 milyon metreküp su kaybedeceği vurgulanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Adams, F. (1849). On Airs, Waters, And Places, The Sydenham Society, *The Genuine Works of Hippocrates*, Vol 1, 179-222.
- Ağca, N. (1998). Atıksuların Toprak Ekosistemine Etkileri, *Kayseri 1. Atıksu Eğitim Sempozyumu Bildiri Kitabı*, Kayseri. 5-8.
- Akyol, O. ve Ceyhan, T. (2010). Enez Dalyanı (Edirne, Kuzey Ege) Balıkçılığı, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 27/1, 31-34.
- Alak, A. ve Sümer, Ö. (2017). Marmara ve Karadeniz Kıyılarındaki Güncel Sedimanlar İçinde Antroposen'in Varlığına Ait Yeni Bulgular. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60/2, 145-168.
- Alloway, B. J. (1995). Heavy Metals and Metalloids as Micronutrients for Plants and Animals, *Heavy Metals In Soils*, 195-210.
- Asri, F. Ö. ve Sönmez, S. (2006). Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri, *Derim, Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü Dergisi*, Cilt 23/2, 36-45.
- Atalık, E. (1992). Depositional systems of the Osmancık formation in the Thrace Basin. *Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi*, 343.
- Banat, K., Förstner, U. ve Müller, G., (1972). Schwermetalle in Sedimenten von Donau, Rhein, Ems, Weser und Elbe im Bereich der Bundesrepublik Deutschland. *Naturwissenschaften*, 59, 525-528.
- Belzile, N., Chen, Y.-W., Gunn, J. M. ve Dixit, S. S. (2004). Sediment Trace Metal Profiles in Lake of Killarney Park, Canada: From Regional to Continental Influence. *Environmental Pollution*/130, 239-248.
- Bolt, H. ve Bruggenwert, MGM (1976). Soil Pollution. Soil Chem. *Elsevier Sci. Pub. Comp.* s. 233.
- Bonev, N. ve Stampfli, G. M., (2011). Alpine Tectonic Evolution of a Jurassic Subduction–Accretionary Complex: Deformation, Kinematics and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Age

- Constraints on the Mesozoic Low-grade Schists of the Circum-Rhodope Belt in the Eastern Rhodope-Thrace Region, Bulgaria–Greece. *J. Geodyn.*, 52, 143-167.
- Bostock, J. R. ve Henry, T., (1856). The Natural History of Pliny. *Translated, With Copious Notes and Illustrations*. Vol. IV, cover (Book 18-23), 523.
- Bowen, H. ve John, M. (1966). *Trace Element in Biochemistry*, Academic Press.
- Buat-Menard, P. ve Chesselet, R., (1979). Variable Influence of the Atmospheric Flux on the Trace Metal Chemistry of Oceanic Suspended Matter. *Earth and Planetary Science Letters*, 42(3), 399-411.
- Burak, S., Doğan, E. ve Gazioğlu, C. (2004). Impact of urbanization and tourism on coastal environment. *Ocean Coast. Manag.* 47: 515–527.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). Faktör Analizi: Temel Kavramlar ve Ölçek Geliştirmede Kullanımı, *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 32:470-483.
- Carrigan, R.A. ve Erwin, T.C. (1951). Cobalt Determination in Soils By Spectrographic Analysis Following Chemical Preconcentration. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 15: 145-149.
- Chapman, H.D. (1971). Proc. Intern. Symp. Soil Fert. Evaln. New Delhi 1: 927- 947.
- Charlesworth, S. ve Foster, I.D.L. (1999). Sediment Budgets and Metal Fluxes in two Contrasting Urban Lake Catchments in Coventry, UK. *Applied Geography*, 19, 199210.
- Chen, J., Dong, L. ve Deng, B., (1989). A Study on Heavy Metal Partitioning in Sediments From Poyang Lake in China, *Hydrobiologia* 176/177: 159-170.
- Clarke, F.W., (1889). The Relative Abundance of the Chemical Elements. *Bulletin of the Philisophical Society of Washington*, 11, 131-142.
- Clarke, F. W., (1911). The Data of Geochemistry, Second Edition. *Department of the Interior United States Geological Survey (Bulletin 491)*. Washington, Government Printing Office, 782 s.

- Condie, K. C., (1993). Chemical Composition and Evolution of the Upper Continental Crust: Contrasting Results From Surface Samples and Shales. *Chemical Geology*, 104, 1-37.
- Çağlayan, M.A. ve Yurtsever, A. 1998. 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları: Burgaz A3, Edirne B2 ve B3, Burgaz A4, Kırklareli B4, B5 ve B6, Kırklareli C6 Paftaları. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Çakmak, Z., (1999). “Kümeleme Analizinde Geçerlilik Problemi ve Kümeleme Sonuçlarının Değerlendirilmesi”, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı:3, Kasım, s.187-205.
- Çamur-E. B., Arslan, N., Kırgız, T., Öterler, B., Güher, H. ve Özkan, N., (2010). Gala Gölü (Türkiye’nin bir Milli Parkı) Bentik Makroomurgasızlarının Çevresel Değişkenlerle İlişkisinin Analizi, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10: 235-243.
- Çevik, F., Lugal Göksu, M.Z., Derici, O. B. ve Fındık, Ö., (2009). An Assessment of Metal Pollution in Surface Sediments of Seyhan Dam by Using Enrichment Factor, Geoaccumulation Index and Statistical Analyses. *Environmental Monitoring and Assessment* volume 152: 309–317
- Dağdeviren, Ş. (2007). Çorlu ve Civarındaki Topraklarda Ağır Metal Konsantrasyonunun Belirlenmesi ve Sonuçların Yapay Sinir Ağları İle Değerlendirilmesi. *T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Edirne.
- Dana, J. D., (1863). A Text-book of Geology. Designed For Schools And Academies. Ivison, Blakeman, Taylor & Company, New York and Chicago, 354 s.
- Davaslıgil, Ö. (1998). Terkos Gölü’nün Su Kalitesinin Değerlendirilmesi İçin Ön Yaklaşım, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 229s., İstanbul.
- Davies-Colley, R. J., Nelson, P. O. ve Kenneth, J. W., (1984). Copper and Cadmium Uptake by Estuarine Sedimentary Phases, *Envir. Sci. Technol.* 18: 491-499.

- Deniz, M. (2003). Ağır Metal Kirliliği ve Ekosistem Üzerine Olan Etkileri. Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Deveci, H., Konukçu, F. ve Altürk, B. (2019). İklim Değişikliğinin Trakya Bölgesi'nde Buğday Yetiştirilen Toprağın Nem Profiline Etkisinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (2) , 202-218 . DOI: 10.33462/jotaf.543103
- Dinçer, A. R. ve Dökmeci, A.H., (2006). “Gala Gölü Sularında-Sedimentinde Bulunan Bazı Ağır Metal Konsantrasyonları ve Kirlilik Kaynakları”, *Journal of Environmental Protection and Ecology* 7, No: 4, 759 – 765.
- Dürüst, N., Dürüst, Y., Tuğrul, D. ve Zengin, M. (2004). Heavy Metal Contents Od Pinus Radiata Trees of İzmit (Turkey). *Asian J. of Chemistry*, Vol: 16 (2): 1129- 1134.
- Elipek, B., Kırgız, T., (2011). The Evaluation of Some Limnological Features of the Lagoon Lakes in European Part of Turkey (Chapter 17) *Lagoons: Biology, Management and Environment Impact*, Nova Yayınları, 457-474
- Elmas, M. A. (2003). Late Cenozoic Tectonics and Stratigraphy of Northwestern Anatolia: The Effects of the North Anatolian Fault to the Region. *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)*, 92, 380-396
- Elmas, M. A. (2012). The Thrace Basin: Stratigraphic And Tectonic-Palaeogeographic Evolution Of The Palaeogene Formations Of Northwest Turkey. *International Geology Review*, 54, 1419-1442.
- Elmas, M. A. ve Şengül, A. (2013). Miocene Formations And Ne-Trending Right-Lateral Strike-Slip Tectonism In Thrace, Northwest Turkey: Geodynamic Implications. *International Geology Review*, 55, 705-729.
- Ercan, T. (1992). Trakya'daki Senozoyik Volkanizması ve Bölgesel Yayılımı. *Jeoloji Müh. Derg.*, 41, 37-50.
- Erginal, G. (2017). Impact of Geographical Factors on coastal tourism between İğneada and Kastro Bay, Thracian Black Sea coast, TR, *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEGEO)*, Vol. 4(3): 214-226.

- Erlenkeuser, H., Suess, E. ve Willkomm, H. (1974). Industrialization Affects Heavy Metal and Carbon Isotope Concentrations in Recent Baltic Sea Sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38(6), 823-842.
- Eyüpoğlu, F. (2002). Türkiye Gübre Gereksinimi, Tüketimi ve Geleceği. *Köy Hizm. Gen. Müd. Genel Yay. No: 2*, Ankara.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N. ve Talaz, S. (1996). Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Bazı Mikroelement (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. *Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Gen Müd. Yayın No: 217*, Ankara.
- Forstner, U., ve Withmann, G.T.W. (1983). Metal Pollution in the Aquatic Environment. Berlin Heidelberg New York Tokyo; Springer-Verlag.
- Foster, I. D.L.; Charlesworth Susanne M.; Keen D.H (1991). “A Comparative Study of Heavy Metal Contamination and Pollution in Four Reservoirs in the English Midlands, UK” *Environmental History and Palaeolimnology* 155, *Hydrobiologia* 214: 155-162.
- Förstner, U. ve Müller, G. (1975). Factors Controlling the Distribution of Minor and Trace Metals (Heavy Metals, V, Li, Sr) in Recent Lacustrine Sediments. *IX International Sedimentology Congress, Nice*, 57-63.
- Galuszka, A., Migaszewski, Z. M. ve Zalasiewicz, J., (2014). Assessing the Anthropocene with Geochemical Methods. Geological Society, London, *Special Publications*, 395(1), 221-238.
- G., V. L., Mozeto, A. A. ve Artaxo, P. (1999). Trace Elements in Lake Sediments Measured by the PIXE Technique. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B* 150, 298-305.
- Gazioğlu, C., Yücel, Y. Z., Burak, S., Okuş, E. ve Alpar, B. (1997). Coastline change and inadequate management between Kilyos and Karaburun shoreline. *Turkish Journal of Marine Sciences*, 3(2): 111–122.
- Gerendas, J., Polacco, J., Freyermuth, S. K. ve Sattelmacher, B. (1999). Significance of Nickel For Plant Growth and Metabolism. *J. Plant Nutr. Soil sci.* 162: 241-256.

- Goldschmidt, V. M., (1937). The Principles of Distribution of Chemical Elements in Minerals and Rocks. *The Seventh Hugo Müller Lecture, Delivered Before the Chemical Society on March 17th 1937*, Journal of the Chemical Society (Resumed), 655-673.
- Görür, N. ve Okay, A. İ., 1996. Fore-arc Origin of the Thrace Basin, Northwest Turkey. *Geologische Rundschau*, 85, 662-668.
- Hakanson, L., 1980. An Ecological Risk Index For Aquatic Pollution Control: A Sedimentological Approach. *Water Research*, 14, 975-1001.
- Haktanır, K. ve Arcak, S. (1998). Çevre Kirliliği. *Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları No: 1503*, Ankara.
- Hu, X., Wang, C. ve Zou, L. (2011). Characteristics of Heavy Metals and Pb Isotopic Signatures in Sediment Cores Collected From Typical Urban Shallow Lakes in Nanjing, China. *Journal of Environmental Management*, 92, 742-748.
- Jowett, B.M.A., (1892). *The Dialogues of Plato Translated Into English with Analyses and Introductions*, Third editon, Vol. 3, Clarendon Press, Oxford, 543s.
- Kabata, Pendias, A. ve Pendias, H. (1992). Trace Elements in Soils and Plants, 2nd Edition CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London.
- Kacar, B. (1995). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri. *A.Ü. Ziraat Fak. Eğit., Araşt. ve Gel. Vakfı Yay. No: 3*, Ankara.
- Kacar, B. ve Katkat A. V. (2007). Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Nobel Yayınları No: 1119.
- Kacar, B. ve İnal, A. (2008). Bitki Analizleri, Nobel Yayınları No: 1241.
- Kadioğlu, Mikdat (2008). Havadan Sudan. *Hürriyet*, 26.05.2008.
- Karakaş, D. (2000). Ağır Metallerin Toksik Etkileri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Eğitim Notları.

- Kasar, S., Bürkan, K., Siyako, M. ve Demir, O., 1983. Tekirdağ- Şarköy-Keşan-Enez Bölgesinin Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları. *TPAO Arama Grubu Rapor No: 1771*, 71s. Ankara (yayımlanmamış).
- Kaya, M.,1998, Mert ve Erikli Gölleri'nin (Kırklareli/İğneada) Kuş Faunası Açısından Önemi ve Ekolojik Sorunları, *Çevre Koruma Dergisi*, 7(27), s.15-18.
- Kazancı, N., Leroy, S., Öncel, M. S., ve İleri, Ö. (2010), “Wind Control on the Accumulation of Heavy Metals in Sediment of Lake Ulubat, Anatolia, Turkey”, *J. Paleolimnol* 43:89–110.
- Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M. Ve Oğuzkurt, D. (1997). “Akarsuların Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesinde ve İzlenmesinde Biyotik İndeks Yöntemi”, İmaj Yayıncılık, Ankara, s.100.
- Keskin, C., (1974). Kuzey Trakya Havzası'nın Stratigrafisi. *Türkiye İkinci Petrol Kongresi Tebliğleri Kitabı*, 137-163.
- Kopp, K. O., (1964). Geologie Thrakiens V: Eigblgeologische bedingungen mit bemerkungen zum Studium prachische géologie. *Erdöl und kolfleeidgas-petrochemie*, 17, JAHRG, 9.
- Kopp, K. O., Pavoni, N. ve Schindler, C., (1969). Das Ergene Becken. Beihefte *Geol. Jahrbuch.*, 76, s.136.
- Koşal-Şahin, S.,2006, Büyükçekmece Gölü Bentik Omurgasızların Nitel ve Nicel Dağılımları, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Kuru, A. ve Terzi, F. (2018): Determination of New Develoment Area in Kırklareli by GIS Based Weighted Overlay Analysis *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEEO)* Vol. 5(3): 244-259.
- Kükrer, Serkan, 2015, “Su ve sediment analizleri” ders notları, s:12.
- Kükrer, S., 2016, Tortum Gölü Yüzey Sedimentlerindeki Metal Birikiminin Ekolojik İndeksler Yolu ile Kapsamlı Risk Değerlendirmesi. *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (12), 1185-1191.

- Kükrer, S., Çakır, Ç., Kaya, H. ve Erginal, A. E., 2019, Historical Record of Metals in Lake Küçükçekmece and Lake Terkos (Istanbul, Turkey) Based on Anthropogenic Impacts and Ecological Risk Assessment, *Environmental Forensics*, 20:4, 385-401
- Lyell, C., (1830). *Principles of Geology, First ed., Vol. I. John Murray*, Londra, s. 511.
- Makundi, I. N. (2001).“A Study Of Heavy Metal Pollution In Lake Victoria Sediments By Energy Dispersive X-Ray Fluorescence”. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 36:6, 909–921
- Mengel K ve Kirkby E.A. (1978). *Principles of Plant Nutrition*, International Potash Institute, Switzerland.
- Murozumi, M., Chow, T. J. ve Patterson, C. C., (1969). Chemical Concentrations of Pollutant Lead Aerosols, Terrestrial Dusts and Sea Salts in Greenland and Antarctic Snow Strata. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 33(10), 1247-1294.
- Müller, G., 1979. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins-Veränderungen seit 1971. *Umschau*, 79(24), 778-783.
- Natalin, B. A., Sunal, G., Satır, M. ve Toraman, E., 2012. Tectonics of the Strandja Massif, NW Turkey: History of a Long-lived Arc at the Northern Margin of Palaeo-tethys. *Turkish Journal of Earth Sciences* 21(5), 755-798.
- Nichols, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. Second edition. Wiley – Blackwell.
- Oakley, S. M., Nelson, P. O. ve Williamson, K. J., (1981). Model of trace metal partitioning in marine sediments. *Envir. Sci. Technol.* 15: 474-480.
- Okay, A. I., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. ve Akyüz, S. (1996). Paleoand Neo-Tethyan Events in Northwestern Turkey: Geologic and Geochronologic Constraints. In: Yin, An, Harrison, Mark (Eds.), *Tectonics of Asia*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 420-441
- Okay, A. I., Satır, M., Tüysüz, O., Akyüz, S. ve Chen, F., (2001). The Tectonics of the Strandja Massif: Late-Variscan and Mid-Mesozoic Deformation and

Metamorphism in the Northern Aegean. *International Journal of Earth Sciences* Volume 90, 217-233.

Okumuş, E. (2007), Küçükçekmece Gölü Sedimentinde Ağır Metal (Zn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+}) Adsorpsiyonu, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.

Ongbu, J.A. ve Kokogbo, M.A. 1993. Determination of Zn, Pb, Cu and Hg in soils of Ekpan, Nigeria. *Environment International*, 19, 611–612.

Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H. (1995) *Toprak Bilimi*, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73, Adana.

Park, J. ve Presley, B. J. (1997). Trace Metal Contamination of Sediments and Organisms from the Swan Lake area of Galveston Bay. *Environmental Pollution*, 98, 209-221.

Rauch, S., Brabander, D. ve Hemond, H. F. (2006). High Spatial Resolution Analysis of Lake Sediment Cores by Laser Ablation- Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (LA-ICP-MS), *Limnology and Oceanography: Methods* 4, 268–274

Ray, A. K., Tripathy, S. C., Patra, S. ve Sarma, V. (2006). Assessment of Godavari Estuarine Mangrove Ecosystem Through Trace Metal Studies. *Environment International*, 32(2), 219-223.

Rennie, K. M. (1997). "Exploratory And Confirmatory Rotation Strategies in Exploratory Factor Analysis". *Paper Presented At The Annual Meeting Of The Southwest Educational Research Association* (Austin, January).

Ricou, L. E., Burg, J. P., Godfriaux, I. ve Ivanov, Z. (1998). Rhodope and Vardar: the metamorphic and the olistostromic paired belts related to Cretaceous subduction under Europe. *Geodinamica Acta*, 11:6, 285-309.

Roach, A. C. (2005). Assessment of metals in sediments from Lake Macquarie, New South Wales, Australia, using normalization models and sediment quality guidelines. *Marine Environmental Research*, 59, 453-472.

- Rudnick, R. L. ve Gao, S. (2003). Composition of the Continental Crust, (*Treatise On Geochemistry*, Volume 3, Elsevier Ltd., 1-64.
- Saner, S. 1985. Saros Körfezi Dolayının Çökelme İstifleri ve Tektonik Yerleşimi, Kuzeydoğu Ege Denizi, Türkiye. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28, 1-10.
- Simav, Ö., Şeker, D. Z., Tanık, A. ve Gazioğlu, C. (2015). Determining the endangered fields of Turkish coasts with coastal 283 vulnerability index. *Journal of Map*, 153: 1- 8.
- Siyako, M. (2005). Trakya ve Yakın Çevresinin Tersiyer Stratigrafisi. *TPAO Arama Grubu Rapor No: 4608*, 104 s. Ankara (yayımlanmamış)
- Siyako, M. (2006). Trakya Bölgesi Litostratigrafi Birimleri (Tersiyer Bölümü). *Stratigrafi Komitesi, Litostratigrafi Birimleri Serisi-2*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayını. s. 70.
- Stapleton, C. D. (1997). "Basic Concepts And Procedures Of Confirmatory Factor Analysis." Paper Presented At The Annual Meeting Of The Southwest Educational Research Association (Austin, January).
- Sutherland, R. A. (2000). Bed Sediment-Associated Trace Metals in an Urban Stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*, 39(6), 611-627.
- Sümengen, M., Terlemez, İ., Şentürk, K. ve Karaköse, C. (1987). Gelibolu Yarımadası ve Güneybatı Trakya Havzasının Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Tektoniği. *Maden Tetkik Arama Rap.*, 8128 (yayımlanmamış), Ankara.
- Sümengen, M. ve Terlemez, İ. (1991). Güneybatı Trakya Yöresi Eosen Çökellerinin Stratigrafisi. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 113, 17-30.
- Swarnalatha, K., Letha, J. ve Ayoob, S. (2013). An Investigation Into the Heavy Metal Burden of Akkulam–Veli Lake in South India. *Environmental Earth Sciences* Volume 68:795–806
- Tarım Reformu Genel Müdürlüğü FAO /IUSS /ISRIC, (2013), Toprak Tanımlama Kılavuzu, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, ISBN: 978-605-4672-20-2

- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, *Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı 2017-2023*, Ankara, s. 15 (2017)
- Tandler, C. J. ve Solari A.J. (1969). Nucleolar Orthophosphate Ions-electronmicroscope and Differaction Studies, *Journal of Cell Biology* volume 41, 91-108.
- Tanyolaç, J. (2006). *Limnoloji (Tatlısu Bilimi)*, Hatiboğlu Basım Ve Yayın San. Tic. Ltd. Şti., Baskı, Ankara, S. 237.
- Taşdemir, A., Ustaoglu, M. R. ve Balık, S. (2009). Türkiye’deki Bazı Lagünlerin Chironomidae (Diptera-Chironomidae) Faunası Üzerine Bir Ön Çalışma, *Review of Hydrobiology*, 2: 97-106.
- Taylor, S. R. ve McLennan, S. M. (1995). The Geochemical Evolution of the Continental Crust. *Reviews of Geophysics*, 33(2), 241-265.
- Ternek, Z. (1949). Geological Study of the Region of Keşan-Korudağ. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, D12, 78s.
- Tok, H.H. (1997). *Çevre Kirliliği*. Anadolu Matbaacılık, İstanbul.
- Tokatlı, C., Köse, E., Uğurluoğlu, A., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Ustaoglu, M. R., Balık, S., Sarı, H. M., Özbek, M. (2014). Use of Geographic Information System (GIS) to Evaluate The Water Quality of Gala Lake (Edirne), *Journal of Engineering and Natural Sciences Sigma*, 32: 490-501 .
- Tokatlı, C. (2017). Bioecological and Statistical Risk Assessment of Toxic Metals in Sediments of a Worldwide Important Wetland: Gala Lake National Park (Turkey), *Archives of Environmental Protection* Vol. 43 no. 1 pp. 34-47.
- Tomlinson, D. L. Wilson, J. G., Harris, C.R. ve Jeffrey, D.W., (1980). Problems in the Assessment of Heavy-Metal Levels in Estuaries and the Formation of a Pollution Index. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 33(1-4), 566-575.
- Topbaş, M. T., Brohi, A. R. ve Karaman, M. R. (1998). *Çevre Kirliliği*, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları. Ankara.

- Turekian, K. K. ve Wedepohl, K. H. (1961). Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. *Geological Society of America Bulletin*, 72(2), 175-192.
- Turgut, S. ve Eseller, G. (2000). Sequence Stratigraphy, Tectonics and Depositional History in Eastern Thrace Basin, NW Turkey. *Marine and Petroleum Geology*, 17, 61-100.
- Turgut, S., Siyako, M. ve Dilki, A. (1983). Trakya Havzasının Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları. *Türkiye Jeoloji Kongresi Bülteni*, 4, 35-46.
- Turgut, S., Türkaslan, M., Perinçek, D. (1991). Evolution of the Thrace Sedimentary Basin and its Hydrocarbon Prospectivity. Spencer AM (ed) Generation, Accumulation, and Production of Europes Hydrocarbons. *Special Publication of Eurapean Association of Petroleum Geoscientists*, 1, 415-437.
- Turoğlu, H. (1997). Istanca yöresinin Karadeniz akları: Coğrafi özellikler, sorunlar ve öneriler. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, 5, 283-333.
- Tyler, G. (1972). Heavy Metals Pollute Nature, May Reduce Productivity. *Ambio*, 1(2), 52-59.
- Ulutürk, A. S. (2019). *İstatistik Analiz*, İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, İstanbul, 2019
- Ünal, O. T. (1967). Trakya Jeolojisi ve Petrol İmkânları. *TPAO Arama Grubu Rapor No: 391*, 80 s. Ankara (yayımlanmamış)
- Veselov, D., Kudoyarova, G., Symonyan, M. ve Veselov, S. (2003). Effect of Cadmium on Ion Uptake, Traspiration and Cytokinin Content in Wheat Seedlings. *Bulgarian J. Plant Physiology*, Special Issue, 353- 359.
- Von Cotta, B. (1866). *Die Geologie der Gegenwart* Dargestellt und Beleuchtet. JJ Weber, Leipzing, 424 s.
- Vrhovnik, P., Smuc, R. N., Dolenec, T., Serafimovski, T. ve Dolenec, M. (2012). An Evaluation of Trace Metal Distribution and Environmental Risk in Sediments From

the Lake Kalimanci (FYR Macedonia), *Environmental Earth Sciences* 70(2), 761–775.

Walkley, A., ve Black, I. (1934). An Examination of the Degthareff Method far Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*, (27), 29-38.

Waters, C. N., Zalasiewicz, J. A., Williams, M., Ellis, M. A. ve Snelling, A. M. (2014). A Stratigraphical Basis for the Anthropocene?. *Geological Society, Special Publications*, 395(1), 1-21.

Yang, H. Ve Rose, N. (2005). Trace Element Pollution Records in Some UK Lake Sediments, Their History, Influence Factors and Regional Differences. *Environment International*, 31, 63-75.

Zhang, G., Bai, J., Zhao, Q. L. (2016). Heavy Metals in Wetland Soils Along a Wetland-Forming Chronose Quence in the Yellow River Delta of China: Levels, Sources and Toxic Risks. *Ecol Indicator*, (69):331–340.

Zimdahl, R.L., Koeppe, D.E. (1977). Uptake by Plants in Lead in the Environment, *National Science Foundation*, Washington D.C.

Harita Kaynakları

1- Sırrı ERİNÇ, Ajun KURTER, Okay EROSKAY, Barış MATER, 1984. "Batı Anadolu ve Trakya Uygulamalı Jeomorfoloji Haritası (1/500.000)". TÜBİTAK-TBAG 593 Projesi, Ankara.

2- Ajun KURTER, Sırrı ERİNÇ, Okay EROSKAY, Beyhan ÖZTÜRK, 1989. "29-31° Meridyenleri Arası Batı Anadolu ve Trakya Uygulamalı Jeomorfoloji Haritası (1/500.000)". TÜBİTAK-TBAG 728 Projesi, Ankara.

3- Ahmet ERTEK, Hasan ÖZDEMİR, Belgin SOL, 2015. "Batı Anadolu ve Trakya Uygulamalı Jeomorfoloji Haritasının (1:500.000) Güncellenmesi ve CBS Ortamında Sayısallaştırılması". İstanbul Üniversitesi BAP -YADOP Proje No: 38531, İstanbul.

İnternet Kaynakları

<https://www.iklim.gen.tr/marmara-bolgesinin-iklimi.html> Erişimi Tarihi 07.08.2019

<https://www.bitkiortusu.gen.tr/marmara-bolgesi-bitki-ortusu.html>__Erişimi Tarihi 15.07.2019

<https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/bal%C4%B1kesir/marmara-30706/>_Erişimi Tarihi 14.04.2019

<http://www.Edirne.web.tr/gol.asp>. Erişim tarihi: 14.11.2018

<http://marmara-bolgesinin-iklimi.nedir.org/>_10.02.2019

<http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm>, Erişimi Tarihi 10.02.2019

<https://docplayer.biz.tr/55192771-Toprakta-kirec-tayini.html>10.02.2019