



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KONYA BEYŞEHİR GÖLÜ SULARINDA AĞIR
METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

İnci MEŞE

YÜKSEK LİSANS

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs, 2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

İnci MEŞE tarafından hazırlanan “Konya Beyşehir Gölü Sularında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması” adlı tez çalışması 23/05/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN
Konya Teknik Üniversitesi

Danışman

Doç. Dr. Süheyla TONGUR
Konya Teknik Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Fatma Nur ARSLAN
Karaman Üniversitesi

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

İnci MEŞE

Tarih:23.05.2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZİ

KONYA BEYŞEHİR GÖLÜ SULARINDA AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

İnci MEŞE

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Süheyla TONGUR

2024, 95 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Süheyla TONGUR
Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN
Doç. Dr. Fatma Nur ARSLAN

Beyşehir gölü, Konya ve Isparta illeri topraklarında bulunan, Türkiye'nin üçüncü büyük gölü ve en büyük tatlı su kaynağıdır. Bölgenin ana geçim kaynağı tarım, hayvancılık ve balıkçılıktır. Göl suyu; tarımda sulama, endüstride, içme suyu temininde, rekreasyon ve turizm de önemli bir yere sahiptir. Bunların yanı sıra havzada çeşitli ölçeklerde sanayi tesisleri de bulunmaktadır. Havza ekonomisi, ülke ekonomisiyle benzer bir dönüşüm geçirerek tarımsal odaklı bir yapıdan sanayiye doğru evrilme eğilimindedir. Havza çevresinde sanayi tesislerinin artmasıyla göl suyunda ağır metal kirliliği varlığını göstermiştir. Göl suyunun kullanımı, su kalitesinin düşmesi ve kirliliğin artması, kıyı şeridi belirleme zorlukları ve üst ölçekli planların olumsuz etkileri, yönetim ve planlama eksiklikleri havzadaki önde gelen sorunlardır. Beyşehir Gölü çevresinde silah fabrikalarının artışıyla artırılmamış endüstriyel atıksuların artması ve tarımsal sulama sularının tesiri altındadır. Gölün trofik seviyesi, noktasal ve noktasal olmayan kirletici kaynakların etkisiyle negatif yönde değişmektedir. Çalışmada; Beyşehir Gölü'ndeki ağır metallerin oluşturduğu kirletici kaynakların su sistemlerine karıştığı 2 farklı nokta belirlenmiştir. İlk nokta olarak, Huğlu ve Üzümlü bölgelerindeki silah fabrikalarının deşarj yaptığı Büyükköprü Çayının göl suyuna karıştığı nokta seçilmiştir. İkinci nokta ise göl içerisinde seyrelmenin fazla olduğu nokta olarak belirlenmiştir. Bu belirlenen noktalardan mevsimsel (sonbahar, kış, ilkbahar) olarak numuneler alınmış ve göl suyunun analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Örneklemiş işlemleri sırasında bu istasyonlar Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak harita üzerinde belirlenmiştir. Analizlerde alkalinite, sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, iletkenlik ile ağır metaller (Fe, Al, Cd, Cr, Cu, Ni, Mn, As, Ag ile Zn) incelenmiştir. Amaç, göldeki metal kirliliği seviyelerini ve mevsimsel değişimlerini incelemektir. Sonuçlar, Fe > Al > As > Cu > Mn > Cr > Ni > Zn > Cd şeklinde azalan bir metal konsantrasyon profili göstermiştir. Bu durumun, bölgede silah sanayinde kullanılan alüminyum ve kromun varlığından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Beyşehir Gölü Havzası, CBS, Kirlilik, Sanayi Tesisleri

ABSTRACT

MS/PhD THESIS

INVESTIGATION OF HEAVY METAL POLLUTION IN KONYA BEYŞEHİR LAKE WATERS

İnci MEŞE

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Environmental Engineering**

Advisor: Doç. Dr. Süheyla TONGUR

2024, 95 Pages

Jury

**Assoc .Prof. Dr. Süheyla TONGUR
Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN
Assoc .Prof. Dr. Fatma Nur ARSLAN**

Beyşehir Lake is Türkiye's third largest lake and has the largest fresh water resource, located in the provinces of Konya and Isparta.. The main livelihood of the area is agriculture, animal husbandry, and fishing. The lake water is crucial for irrigation in agriculture, industrial use, drinking water supply, as well as recreation and tourism. Additionally, there are various scales of industrial facilities in the basin. The basin's economy is undergoing a similar transformation to the national economy, evolving from an agriculture-focused structure towards industry. The increase in industrial facilities around the basin has led to the presence of heavy metal pollution in the lake water. The use of lake water, declining water quality, increasing pollution, challenges in determining the coastline, and the adverse effects of large-scale plans, along with management and planning deficiencies, are the primary issues in the basin. Beyşehir Lake is affected by the increase in untreated industrial wastewater due to the rise of arms factories in the vicinity and the influence of agricultural irrigation waters. The trophic level of the lake changes negatively due to the impact of point and non-point pollution sources. The study identified two different points where heavy metals from Beyşehir Lake contribute to water systems. The first point selected is where the Büyükköprü Stream, discharging from arms factories in Huğlu and Üzümlü, mixes with the lake water. The second point is determined as a location within the lake where dilution is high. Samples will be collected seasonally (autumn, winter, spring) from these identified points, and the lake water analyses will be evaluated according to the Water Pollution and Control Regulation (SKKY) criteria. During the sampling processes, these stations were determined on the map using Geographic Information Systems (GIS). The analyses examined alkalinity, temperature, dissolved oxygen, pH, conductivity, and heavy metals (Fe, Al, Cd, Cr, Cu, Ni, Mn, As, Ag, and Zn). The objective was to investigate the levels of metal pollution in the lake and their seasonal variations. The results showed a decreasing metal concentration profile in the order of Fe > Al > As > Cu > Mn > Cr > Ni > Zn > Cd. This situation is presumed to be due to the presence of aluminum and chromium used in the region's arms industry.

Keywords: Heavy metals, Beyşehir Lake Basin, GIS, Pollution, Industrial Facilities

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Süheyla TONGUR’a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamda, yapılan ölçüm ve analizlerde yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen Yük. Çevre Mühendisi Halil İbrahim SAMAK’a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim sürecinde desteğiyle hep yanımda olan sevgili eşim İsmet MEŞE, canım kızım Erva Nisa MEŞE’ ye ve yaşının çok küçük olmasına rağmen hep yanımda olan canım oğlum Ali Asaf MEŞE’ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

İnci MEŞE
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
Şekil Listesi.....	x
Çizelge Listesi	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	4
1.2. Çalışmanın Önemi	5
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
2.1. Havza Tanımı.....	8
2.2. Beyşehir Gölü Havzası Yönetimi ile Sürdürülebilir Kalkınma	9
2.3. Ağır Metaller.....	10
2.4. Ağır Metallerinin İnsan Sağlığına Etkileri.....	11
2.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	16
2.5.1. Genel.....	16
2.5.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	17
2.6. Havzalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Kullanımı.....	19
2.6.1. Beyşehir Gölü Havzası: Coğrafi, Ekolojik ve Ekonomik Özellikleri.....	22
2.6.2. Coğrafi konumu	22
2.6.3. Doğal Yapısı	26
2.6.4. Nüfus.....	28
2.6.5. Beyşehir Gölü Havzasının Ekonomik Yapısı	29
2.7. Göl Havzası'nın Su Kaynakları	32
2.7.1. Beyşehir Havzası'ndaki yüzey su kaynakları	33
2.7.2. Beyşehir Gölü yeraltı su kaynakları.....	36
2.8. Beyşehir Gölü'nün Yağış Verileri	37

2.9. Beyşehir Gölü'nün Sorunları	39
2.10. Beyşehir Gölü'ndeki Kirlilik Kaynakları	46
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	47
3.1. Beyşehir Gölü Su Kalitesi ve Ağır Metal Analizleri	47
3.1.1. Çalışma Alanı	47
3.1.2. Numune Alma İstasyonları	48
3.1.3. Gölden Su Numunesi Alınması	51
3.1.4. Analiz Metotlar	52
3.1.5. ICP OES Cihazı ile Metal Tayini	54
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	56
4.1. Yerinde Yapılan Analizler	56
4.2. Sediment Sonuçlarının Değerlendirilmesi	57
4.3. Ağır Metal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	59
4.3.1. Alüminyum	62
4.3.2. Krom	63
4.3.3. Mangan	64
4.3.4. Demir	65
4.3.5. Nikel.....	66
4.3.6. Bakır.....	67
4.3.7. Çinko.....	68
4.3.8. Arsenik.....	69
4.3.9. Gümüş.....	70
4.3.10. Kadmiyum	71
4.4. Yerüstü Su Kütlelerinde Bazı Parametreler İçin Çevresel Kalite Standartları ve Kullanım Maksatları (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 2016)	72
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	74
5.1. Sonuçlar	74
5.2 Öneriler	76
KAYNAKLAR	78

SİMGELER VE KISALTMALAR

Ag:	Gümüş
Al:	Alüminyum
As :	Arsenik
Ba :	Baryum
Cd :	Kadmiyum
Cr :	Krom
Cu :	Bakır
Fe :	Demir
CBS :	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ICP-OES :	İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi
MGM :	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Mn :	Mangan
Ni:	Nikel
TÜİK:	Türkiye İstatistik Kurumu
TÜSTAŞ:	Türkiye Sanayi Tesisleri A.Ş
SKKY:	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
Zn :	Çinko
S1:	Sonbahar döneminde alınan 1. Nokta su numunesi
S2:	Sonbahar döneminde alınan 2. Nokta su numunesi
K1:	Kış döneminde alınan 1. Nokta su numunesi
K2:	Kış döneminde alınan 2. Nokta su numunesi
İ1:	İlkbahar döneminde alınan 1. Nokta su numunesi
İ2:	İlkbahar döneminde alınan 2. Nokta su numunesi

Şekil Listesi

Şekil 2.1. Beyşehir Gölünün coğrafik konumu (Google Haritalar 2013).....	24
Şekil 2.2. Beyşehir Gölünün coğrafi konumu (Tüstaş, 1999).	25
Şekil 2.3. Beyşehir Gölü alt havzaları (Tüstaş, 1999).	27
Şekil 2.4. Beyşehir Gölü Havzası'ndaki ilçelerin nüfus gelişimi grafiği	29
Şekil 2.5. Havzada yer alan sanayi tesislerinin konumları (Tüstaş 1999)	32
Şekil 2.6. Beyşehir Gölü Su Toplama Alanı'nın komşu havzalarla ilişkisi (Tüstaş 1999)	34
Şekil 2.7. Beyşehir Gölü Havzası yıllara göre yağış değerleri	38
Şekil 2.8. Beyşehir Gölü Havzası 2023 yılı aylık ortalama yağış değerleri	38
Şekil 3.2. Göl çalışma alanı	48
Şekil 3.3. Numune alınan noktalar.....	49
Şekil 3.4. Göl suyu numunesinin yerinde ölçülmesi	50
Şekil 3.5. Göl suyu numunesinin yerinde ölçülmesi	50
Şekil 3.6. Göl suyu numunesinin yerinde ölçülmesi	50
Şekil 3.7. Göl suyunun konulduğu numune kapları.....	50
Şekil 3.8. Göl suyunun konulduğu numune kapları.....	51
Şekil 3.9. WTW Multiparametre 340i	53
Şekil 3.10. ICP OES OPTİMA 2100 DV	54
Şekil 4.1. Sediment sonuçlarının Kanada Yönergesi ve Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2005) kapsamında kıyaslanması.....	58
Şekil 4.2. Beyşehir Gölü Mevsimsel (Sonbahar, Kış ve İlkbahar) ağır metal analiz sonuçları.....	60
Şekil 4.3. Göldeki Alüminyum (Al) değerlerinin değişimi	62
Şekil 4.4. Göldeki Krom (Cr) değerlerinin değişimi	63
Şekil 4.5. Göldeki Mangan (Mn) değerlerinin değişimi	64
Şekil 4.6. Göldeki Demir (Fe) değerlerinin değişimi	65
Şekil 4.7. Göldeki Nikel (Ni) değerlerinin değişimi.....	66
Şekil 4.8. Göldeki Bakır (Cu) değerlerinin değişimi	67
Şekil 4.9. Göldeki Çinko (Zn) değerlerinin değişimi	68
Şekil 4.10. Göldeki Arsenik (As) değerlerinin değişimi	69
Şekil 4.11. Göldeki Gümüş (Ag) değerlerinin değişimi	70
Şekil 4.12. Göldeki Kadmiyum (Cd) değerlerinin değişimi	71

Şekil 4.13. Beyşehir Gölü ağır metal analiz sonuçlarının su kalite standartlarına göre kıyaslama	72
--	----

Tablo Listesi

Tablo 2.1. Bazı Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkisi (Erduran, 2021; Kara ve Kara, 2018)	15
Tablo 2.2. Beyşehir gölü havzasında yer alan sanayi tesisleri (TOBB Mayıs 2017 Verileri).....	31
Tablo 3.1. Göldeki ölçüm istasyonlarına ait UTM D 6° WGS 84 koordinatları	49
Tablo 5.1. Beyşehir Gölü ağır metal kirliliğinin kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kıyaslama	75

Çizelge Listesi

Çizelge 2.1. Beyşehir Gölü Havzası'ndaki nüfus verileri (Şubat, TÜİK)	28
Çizelge 2.2. Beyşehir Gölü'ne su taşıyan dereler ve çayların havza alanları (Tüstaş, 1999)	35
Çizelge 2.3. Beyşehir Gölü Havzası istasyonundan alınan veriler. (Konya Meteoroloji İl Müd.2024).....	38
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan parametreler ve ölçüm yöntemleri	53
Çizelge 4.1. Alınan su numune sonuçlarının kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kıyaslama	57
Çizelge 4.2. Sediment sonuçları	57
Çizelge 4.3. Beyşehir Gölü Mevsimsel (Sonbahar, Kış ve İlkbahar) ağır metal analiz sonuçları.....	60
Çizelge 4.4. Beyşehir Gölü ağır metal konsantrasyonlarının literatür değerlerle karşılaştırılması	73

1. GİRİŞ

Sucul ortamlar, ekolojik açıdan birçok özelliğe sahip eşsiz bir yaşam alanıdır. Göl, bataklık ve sazlık alanlar gibi sulak alanlar, barındırdıkları flora ve faunayla, hidrolojik ve kimyasal döngülerde oynadıkları rol ve sundukları faydalar açısından son derece değerlidir.

Ancak bu değerli ekosistemler, insan faaliyetlerinin yol açtığı kirlilik ve tahribat gibi birçok tehdide karşı oldukça savunmasızdır. Sucul ortamların korunması ve gelecek nesillere aktarılması, hepimizin sorumluluğudur. Kirlilik ve tahribatın önüne geçmek için gerekli adımları atmalı, bu eşsiz hazineleri korumak için elimizden geleni yapmalıyız.

Tatlı su kaynaklarının büyük bir kısmını barındıran göllerimiz, durgun su ekosistemleri olmalarından dolayı insan faaliyetlerinin olumsuz etkilerine karşı oldukça hassastır. Evsel ve endüstriyel atık sular, tarımsal faaliyetler, iklim değişikliği ve kentsel gelişme gibi faktörler, göllerin ekolojisini hızla bozmaktadır. Bu durum, göllerde yaşayan canlılara zarar vermekte, biyolojik çeşitliliği tehdit etmekte ve su kaynaklarımızı yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bırakmaktadır.

Büyük Göller, aşırı besinlenme, asitleşme, tuzlanma, ağır metal ve diğer zehirli kirlilik, aşırı su kullanımı, tarım faaliyetleri ve küresel ısınma gibi faktörlerin yol açtığı doğal bir sistemin tahribatı ile karşı karşıyadır. Bu karmaşık problemler, göl ekosistemlerinin sağlığını ve işlevini tehdit ederek, bölgenin biyolojik çeşitliliğini, su kaynaklarını ve insan refahını olumsuz etkilemektedir. Kentleşme, endüstrileşme, tarımsal faaliyetler ve insan etkisi gibi faktörler, iç sular, denizler ve okyanuslar üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Bu durum, su kaynaklarımızı tehdit eden en önemli unsurlardan biridir. Atık su kirliliği, aşırı avlanma, habitat tahribatı ve su kıtlığı gibi sorunlar, su ekosistemlerini ve insan yaşamının sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir (Herawati vd., 2000; Masindi ve Muedi, 2018).

Kirleticilerin su sistemlerine doğrudan salınması, mevcut ekosistemin zarar görmesine neden olur. Ağır metaller gibi kirleticiler, su ekosistemine girdiklerinde besin zinciri boyunca yayılarak canlı yaşamını olumsuz etkileyebilirler. Bu metaller genellikle doğal suların izole edilmiş bölgelerinde bulunur ancak çok düşük konsantrasyonlarda bile toksik olabilirler (Herawati vd., 2000; Masindi ve Muedi, 2018).

Antropojenik etkilerin yanı sıra doğal kaynakların da etkisiyle, ekosistemlerde metal birikimi ve dolayısıyla kirlilik ciddi boyutlara ulaşabilmektedir. Metallerin doğal

toksisiteleri, çeşitli kaynaklardan gelmeleri, biyo-ayrışmaya uğramamaları ve uzun süre varlıklarını sürdürebilmeleri, metal birikiminin ekolojik ve çevresel çalışmalar açısından önemini artırmaktadır. Bu durum, ekosistemlerdeki sağlık ve dengeyi ciddi şekilde etkileyebilir (Gaoetal, 2016).

Endüstriyel atıksular ve tarım ilaçları, su kaynaklarımızı tehdit eden en önemli kirlilik kaynaklarından ikisidir. Endüstriyel atıksular, ağır metaller, yağ, kimyasallar ve diğer zararlı maddeler içerir ve sızma veya yağmur suyu yoluyla su kaynaklarına karışarak kirliliğe yol açar. Tarım ilaçları ise, yabancı otları ve böcekleri öldürmek için kullanılan kimyasallar olup, suda yaşayan canlılara zarar vererek biyolojik çeşitliliği azaltır ve insan sağlığını tehdit eder.

Sanayileşmenin gelişmesi, ağır metaller gibi çevre kirliliğinin başlıca kaynaklarından olan unsurları da beraberinde getirmiştir. Bu durum hem doğal hem de yapay su ortamlarındaki canlı gruplarını büyük bir tehlikeye sokmaktadır. Fabrikalar, madenler ve elektrik santralleri gibi sanayi tesislerinden kaynaklanan atık sular ve hava emisyonları, su kaynaklarına ve toprağa ağır metal kirliliği yaymaktadır (Karadavut vd., 2012a).

Endüstriyel atıklar ve asit yağmurları, toprağa karışan ağır metalleri çözerek harekete geçirir. Çözünen ağır metaller, ırmak, göl ve yeraltı sularına taşınarak nihai durağı olan denizlere ulaşır. Suyu karışan ağır metaller aşırı seyrelmeye maruz kalır ve kısmen karbonat, sülfat ve sülfür bileşikleri oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede yoğunlaşırlar. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı suların ağır metal konsantrasyonu zamanla artar.

Ülkemizde de yeterince önlem alınmadığı ve su havzalarında kontrolsüz sanayileşmeye izin verildiği için, başta tuz ihtiyacımızı karşıladığımız tuz gölü olmak üzere kapalı göllerimizde ağır metal konsantrasyonu sürekli artmaktadır. Bu durum hem insan sağlığı hem de ekosistemler için ciddi tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle, çevresel önlemlerin artırılması ve sanayileşmenin kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi hayati önem taşımaktadır.

Ağır metallerin su kaynaklarına ulaşması ve buralarda birikmesi, geri dönüşü olmayan zararlara yol açabilir. Bu nedenle, bu sorunun önüne geçilmesi için acil önlemler alınması gerekmektedir.

Beyşehir Gölü çevresinde sanayi kuruluşlarının artmasıyla gölde ağır metal kirliliğinin artmasından dolayı endişelenilmektedir.

Beyşehir Gölü, içme suyu ve tarımsal sulamada önemli rol oynadığı gibi, zengin su ürünleri çeşitliliği ile de balıkçılık faaliyetleri için önemli bir alandır. Göl ve çevresi Selçuklu döneminden kalma birçok tarihi yapıya ev sahipliği yapmaktadır. Bu yapılar bölgenin geçmişine ışık tutmakta ve turizm açısından önemli bir çekicilik oluşturmaktadır. Beyşehir Gölü Milli Parkı ve Eğirdir Gölü Milli Parkı olmak üzere iki milli parka da ev sahipliği yapan Beyşehir Gölü, Türkiye'nin en önemli milli parklarından ikisine ev sahipliği yapmaktadır.

Türkiye'nin en büyük tatlı su gölü olan Beyşehir Gölü, sadece alan ve su kapasitesi bakımından değil, doğal güzelliği, biyoçeşitliliği ve tarihi önemi ile de öne çıkan bir mucizedir. 1991 yılında Birinci Derece Doğal Sit Alanı ve İçme ve Kullanma Suyu Koruma Sahası statüsüne sahip göl, birinci derece içme suyu kalitesine sahiptir.

Beyşehir Gölü Havzası, biyoçeşitlilik bakımından zengindir ve 1993 yılında Kızıldağ ve Beyşehir Milli Parkları olarak iki bölgeye ayrılmıştır. Milli parklar, onlarca kuş türüne ev sahipliği yapmaktadır ve kuş gözlemciliği için Türkiye'nin en önemli merkezlerinden biridir. Gölün ulusal değere sahip sulak alan olarak kabul edilmesi ve Ramsar Sözleşmesi kapsamında korunması, bölgenin küresel önemini vurgular.

Türkiye'nin en büyük tatlı su gölü olan Beyşehir Gölü, doğal güzelliği ve biyoçeşitliliği ile öne çıkan bir hazinedir. Ne yazık ki, göl aşırı su çekimi ve kirlilik gibi ciddi tehditlerle karşı karşıyadır.

Yerleşim yerleri ve sanayiden kaynaklanan atık sular, tarımsal faaliyetlerden gelen kimyasallar ve gübreler gölün dengesini bozmaktadır. Bu tehditlere karşı, milli parklar için gelişim programları, Çevre Düzeni Planı gibi çalışmalar ve farklı kurumların araştırmaları ile mücadele edilmektedir. Atık su arıtma tesisleri, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve halkın bilinçlendirilmesi de gölün korunmasına katkıda bulunmaktadır.

Havzanın tüm fiziksel boyutları (akış, nitelik, meteorolojik, hidrolojik, kesimsel su kullanımı, toprak kullanımı, çamur, erozyon, verileri bir araya getirme ve işleme) arasındaki ilgilerin tanımlanması oldukça önemlidir. Bu karakterizasyonun ortaya çıkarılmasında son zamanlarda coğrafi bilgi sistemleri ve yaygın olarak kullanılan uzaktan algılama teknikleri aktif bir şekilde kullanılmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), yeryüzüne ait bilgileri depolayan, analiz eden, görselleştiren ve kullanıcılara sunan bir sistemler bütünüdür. Haritalar, fotoğraflar,

grafikler ve metinsel veriler gibi farklı türde coğrafi bilgileri bir araya getirerek, dünyayı daha iyi anlamamızı ve yönetmemizi sağlar (Yomralıoğlu 2000).

Uzaktan tanıma sistemi, nesnelerin mekanik veya elektronik cihazları kullanılarak uzaktan gözlemlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Verilerden bir görüntü oluşturulabilir veya daha sonra kullanılmak üzere kaydedilebilir. Bu tekniğin ana bilgi kaynakları hava fotoğrafları, hava tarayıcıları ve uydu görüntüleridir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Beyşehir Gölü; Beyşehir İlçesi'nin kuzey kesimindeki göller alanında, Sultan Dağları ile Anamas Dağları arasındaki tektonik çöküntüde, Şarkikaraağaç'ın güneyinde yer alan ülkemizin en büyük tatlı su gölü, alanının ise üçüncü büyük gölüdür. Beyşehir Gölü'nün yüzey suyu toplama alanı yaklaşık 414.000 hektardır. Konya ve Isparta sınırlarında kalmakla birlikte, gölün yaklaşık alanı 65.300 ha, 120 kilometrelik bir çevreye ve 8,5 metreye yakın bir derinliğe sahip oldukça büyük bir göldür. Gölün su kapasitesi ise 5 milyar metreküp gibi muazzam bir rakama ulaşmaktadır. Bu sayede, Türkiye'nin en büyük tatlı su gölü olma unvanını da taşımaktadır.

Gölün beslenmesi; Sultan Dağları ve Anamas Dağları'ndan uzanan dereler, güney ve batıdaki Mezozoik kireçtaşı çatlaklarından çıkan pınarlar, gölün dibindeki pınarlar ve gölün yüzeyine doğrudan düşen yağmurlardan oluşur.

Göl havzasının arazi kullanımına bağlı olarak farklı kirleticiler yüzey sularına farklı şekillerde karışmaktadır. Kirlilik kaynaklarını noktasal ve noktasal olmayan iki farklı şekilde değerlendirebiliriz. Noktasal kirletici kaynaklarını doğrudan yüzey sularına ya da karaya salınırken, noktasal olmayan kirlilik kaynakları ise havza bulunan kaynaklardan yayılarak yüzey sularına karışmaktadır.

Yaptığımız çalışmada; Beyşehir Gölü Havzasında, gölü besleyici çayların su kalitesi, havza genelinde etkinlik gösteren sanayilerden çıkan atık sular ile havzadaki yerleşim yerlerinden gelen atık suların derelere deşarjı ile atık suların karakterizasyonu belirlendi. Ayrıca Huğlu ve Üzümlü'de ki silah sanayilerinin sayılarının artmasıyla göle deşarj edilen atıksu deşarjının artması nedeniyle göldeki ağır metal kirliliğinin araştırılması için 2023 ve 2024 yıllarının Sonbahar, Kış ve İlkbahar aylarında gölde belirlenen iki noktadan alınan su numuneleri ile ağır metal kirliliği araştırılmıştır.

Bu çalışmada; uzaktan algılama teknolojisinden faydalanılarak Beyşehir havzasının arazi kullanım haritası üretilerek Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı (ArcGIS 9.1) yardımıyla örnek alınan noktalar harita üzerinde gösterilmiştir.

1.2. Çalışmanın Önemi

Günümüzde teknolojinin hızla ilerlemesi, günlük hayatımızda giderek artan bir etkiye sahip olmakla birlikte zamanın değeri, karar alma süreçlerinde daha belirgin bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, su havzalarının yönetim planlarını oluştururken, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojileri gibi araçlara başvurulmaktadır, bu da bilgiye hızlı ve doğru bir şekilde ulaşmayı sağlamaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekânsal verileri depolayan, yöneten, analiz eden, modelleyen ve kullanıcıya sunan bir sistemler bütünüdür. Bu sistem, karar verme sürecini geliştirmek, sorunları çözmek, araştırma ve keşifleri desteklemek ve eğitimi kolaylaştırmak gibi birçok fayda sağlar. Şehir planlama, çevre yönetimi, acil durum yönetimi, ulaşım planlama, kamu güvenliği, tarım ve ormancılık gibi birçok alanda kullanılır (Fazal, 2008).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), yazılım, donanım, veri, yöntem ve kullanıcılardan oluşan bir bütündür. Bu bütünlük sayesinde, yeryüzündeki anlamlı coğrafi verileri elektronik ortama aktarabilir, haritalara dökülebilir ve analiz edebiliriz. Bu sayede, dünyayı daha iyi anlamamızı ve yönetmemizi kolaylaştırır (Yomralıoğlu, 2005).

Coğrafi Bilgi Sistemleri, çeşitli kaynaklardan elde edilen coğrafi verileri entegre etme yeteneği ile öne çıkar. Bu veriler arasında haritalar, uydu görüntüleri, nüfus istatistikleri, iklim bilgileri ve daha pek çok konu bulunabilir. CBS, bu verileri karmaşık bir şekilde analiz etme ve kullanıcıya anlamlı bilgiler sunma kapasitesine sahiptir.

Havza yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanımı, su kaynaklarının sürdürülebilir ve etkili bir şekilde yönetilmesine yönelik önemli bir araçtır. CBS, havza yönetiminde çeşitli aşamalarda kullanılarak su kaynaklarıyla ilgili verilerin toplanması, analizi, planlama ve izlenmesinde önemli avantajlar sağlar. Bu nedenle Havza yönetiminde CBS kullanımı, su kaynaklarının sürdürülebilirliğini artırmak, su kaynakları üzerindeki baskıları azaltmak ve çevresel faktörleri göz önünde bulundurarak etkili bir planlama yapmak için önemli bir araçtır.

Beyşehir Gölü Havzası; sadece içme suyu rezervi sağlamakla kalmayıp aynı zamanda zengin su ürünleriyle ekonomiye katkıda bulunması doğal peyzaj güzellikleriyle çevresini süslemesi, göçmen kuşlar için korunaklı bir barınak sunması, su sporları için uygun bir ortam yaratması ve tarih boyunca zenginleşmiş Selçuklu dönemine ait kültürel kaynakları bünyesinde barındırmasıyla dikkat çeken bir sulak alan olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, içerisinde yer alan milli parklar sayesinde doğal yaşamın korunması ve ziyaretçilere unutulmaz bir deneyim sunulmasıyla ülkemizin önemli doğal miraslarından biridir.

Beyşehir Gölü, sadece büyüklüğü ve güzelliği ile değil, aynı zamanda barındırdığı canlı çeşitliliği ve su kaynak değeri ile de öne çıkan bir hazinedir. Göl, özellikle kuş gözlemciliği için eşsiz bir yerdir. Farklı türden yüzlerce kuş türüne ev sahipliği yaparak, kuşların üreme, barınma, beslenme ve konaklama merkezi olarak işlev görmektedir. Bu nedenle göl, kuş bilimi açısından büyük bir öneme sahiptir.

1988 yılında yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre Beyşehir Gölü suyu içme suyu kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bu durum, gölün sadece doğal bir güzellik değil, aynı zamanda insan yaşamı için de hayati bir önem taşıdığını göstermektedir. Yönetmelik, göl suyunun temizliğinin ve kalitesinin korunmasına yönelik önemli bir düzenlemeyi ifade etmektedir.

Havza genelinde en büyük sorunlar, gölden fazla su çekimi ve kirlilik olarak belirlenmiştir. Havza içerisindeki yerleşim yerleri ve sanayi tesislerinin sebep olduğu noktasal kirlilikler ve tarımdan kaynaklanan kirlilik ise noktasal olmayan kirliliğin kaynağıdır. Bu kirlilik kaynakların etkisi altında kalan havza, çeşitli sorunlarla karşı karşıyadır.

Beyşehir Gölü Milli Parkı, doğal güzelliği ve biyoçeşitliliği ile öne çıkan bir su havzasıdır. Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı'nın Çevre Düzeni Planı gibi belgeleri, milli parkın geleceğine dair sağlam bir vizyon sunmaktadır. Bu planlar, havzanın sürdürülebilir yönetimi ve çevresel sorunların çözümüne odaklanmaktadır. Bu çalışmalar, havzanın ekosistemini koruma, su kaynaklarını sürdürülebilir şekilde kullanma ve çevresel kaliteyi artırma amacını taşımaktadır. Ancak, bu sorunların çözümü için daha fazla çaba ve koordinasyon gerekmektedir.

Bu çalışmada, Beyşehir Gölünde yapılan bir araştırmada, gölü besleyen çayların su kalitesi, sanayi atıkları ve yerleşim yerlerinden gelen atık suların derelere deşarjı ile atık suların karakterizasyonu incelenmiştir. Özellikle, Huğlu ve Üzümlü' deki silah

sanayilerinin artan sayısı ile birlikte göle deşarj edilen atıksu miktarının artması, ağır metal kirliliğinin göldeki durumunu etkilemiştir. Bu nedenle, 2023 ve 2024 yıllarında Sonbahar, Kış ve İlkbahar aylarında gölde belirlenen iki noktadan alınan su numuneleri üzerinden ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Bu çalışma, su kaynaklarının korunması ve göl ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından önemli veriler sunarak çevresel etkileri değerlendirmeyi amaçlamaktadır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Havza Tanımı

Havza, jeografik sınırlarla belirlenen ve yağmur, kar erimesi ve diğer suları toplayan bir su toplama alanıdır, bu su daha sonra nehir, göl veya denize doğru akar. Havza, genellikle belirli bir akarsu veya göl etrafındaki toprak alanını içerir. Yağışın, karın erimesinin veya diğer su kaynaklarının biriktirildiği bu alan, hidrolojik sistemi kontrol eden doğal sınırlarla çevrilidir. Havzalar, su döngüsünün önemli bir parçası olan su toplama ve dağıtma işlevlerini yerine getirir. Yağmur veya kar erimesiyle birlikte toplanan sular, akarsular veya yeraltı su kaynakları aracılığıyla bu havza içinde taşınır. Havza kavramı, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve su kaynaklarının kullanımını anlamak için önemlidir. Havzalar, çevresel etkileşimleri ve su kaynaklarının durumunu değerlendirmek için kullanılan önemli bir coğrafi birimdir.

Havza, kendi içinde benzerlik ve bütünlük gösteren biyolojik fizik ve sosyoekonomik özelliklere sahip bir arazi parçasıdır. Bu nedenle, diğer arazi parçalarından daha fazla içsel benzerlik taşıırken dışsal farklılıkları da bünyesinde barındırır. Ayrıca, genellikle su ayırma çizgileriyle belirlenen ve belirli bir su akışını (nehir, dere, çay gibi) besleyen özelliklere de sahiptir. Ancak, havzanın sınırları ve yönetim biçimi, özellikle su kaynakları üzerindeki vurgu değiştiğinde ve çeşitli çıkış noktaları üzerinde durulduğunda, bu kapsamın kesin olmadığını belirtmek gerekir (Geray ve Küçükkaya, 2002).

Havzalar, bozulmamış sınırlar içerisinde karmaşık bir ekosistemi birleştiren coğrafi birimlerdir. Bu coğrafi bölgeler, iklim, jeoloji, topografya, toprak, flora, fauna ve sosyo-ekonomik yapı gibi birçok etkenin etkileşimiyle şekillenir. Havzalardaki iklim koşulları, yağış miktarı, sıcaklık değişimleri ve diğer hava durumu faktörleri, su döngüsü üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Jeolojik yapı, yeraltı su kaynaklarını ve toprak özelliklerini belirlerken, topografik özellikler akarsu ağlarını ve suyun akış yönünü etkiler. Arazi özellikleri, bitki florası ve toprak potansiyeli üzerinde ciddi bir rol oynar. Aynı zamanda, havzalar içindeki çeşitli bitki ve hayvan türleri, ekosistem dengesini oluşturan kilit bileşenlerdir. Tüm bu doğal faktörlerin yanı sıra, havzalar aynı zamanda insan faaliyetlerine de ev sahipliği yapar. Yerleşim yerleri, tarım arazileri ve endüstriyel alanlar gibi sosyo-ekonomik yapılar, su kaynaklarının kullanımını, kirlilik

seviyelerini ve doğal kaynak yönetimini etkiler. Bu nedenle, havza yönetimi, ekosistem sağlığını koruma ve sürdürülebilir kaynak kullanımını sağlama konularında kritik bir öneme sahiptir.

2.2. Beyşehir Gölü Havzası Yönetimi ile Sürdürülebilir Kalkınma

Havzalar, su kaynaklarıyla bağlantılı birçok canlı için çevresel sınır özellikleri gösterir. Bu nedenle, havza sınırları içinde geliştirilen su kaynak yönetimi, doğal kaynakların ve canlıların bütünsel olarak incelendiği bir yapı ortaya koyar. Bu sayede su kaynaklarının yönetimi sadece insan ihtiyaçlarını karşılamakla sınırlı kalmaz, aynı zamanda havza ekosisteminin korunması ve sürdürülebilirliği de göz önünde bulundurulur. Katılımcılık, bilimsellik, önlem alma ilkesi ve sürdürülebilirlik gibi prensiplerle yürütülen bu yönetim şekli, çeşitli araçlar ve yöntemler kullanarak su havza planlaması, su kalitesi yönetimi, su tahsisatı ve su koruma gibi konularda faaliyet gösterir (Meriç 2004).

Havza yönetimi, bir su havzasındaki tüm doğal kaynakları (su, toprak, bitki örtüsü vb.) bütünsel bir bakış açısıyla ele alarak, toplumun sosyal, kültürel ve ekonomik kalkınmasını sağlayacak şekilde sürdürülebilir bir şekilde kullanmayı amaçlar. Bu kapsamlı planlama, havza ekosisteminin korunması, su kirliliğinin önlenmesi, doğal afet risklerinin azaltılması gibi konuları da kapsar (Geray ve Küçükkaya 2002).

Havza yönetimi, su toplama havzalarında ekolojik prensiplere dayanarak, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını planlamayı, geliştirmeyi ve yönetmeyi amaçlar. Bu süreç, toplumun sosyokültürel ve ekonomik gelişimini teşvik ederken doğal kaynakların korunması ve yönetilmesini sağlar. Havza yönetimi, su kaynaklarının dengeli bir şekilde kullanılmasıyla ekosistemlerin korunmasını ve insanların refahını sağlamayı hedefler. Bu yaklaşım, su kaynaklarının etkili ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için önemli bir çerçeve oluşturur (Geray ve Küçükkaya 2002).

2.3. Ağır Metaller

Ağır metaller, belirli fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olan metal elementleridir. Bu metaller genellikle yüksek yoğunluklu, ağır atomlu ve belirli bir toksisite potansiyeline sahiptir. Ağır metaller, doğada bulunan doğal elementler arasında yer alabilir ve ayrıca endüstriyel faaliyetler, madencilik, tarım ilaçları, enerji üretimi ve atık yönetimi gibi insan etkinlikleri sonucunda çevreye salınabilir.

Ağır metaller, atomik kütlesi ve yoğunluğu yüksek, doğada doğal olarak bulunan bir element grubudur. 60'tan fazla elementi kapsayan bu grupta en sık rastlanan ve en çok tanınanlar cıva, mangan, demir, kobalt, nikel, bakır, çinko, kadmiyum, arsenik, krom, kurşun, gümüş ve selenyumdur.

Metallerin ekolojik sistemler üzerindeki etkilerini anlamak için onları ait oldukları gruplara göre incelemek ve bu grupların ortak özelliklerini göz önünde bulundurmak gerekir.

Toksik metaller (cıva, kurşun, kadmiyum, arsenik vb.) sinir sistemi, böbrekler, üreme sistemi ve kanser gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açarken, değerli metaller (altın, gümüş, platin vb.) madencilik ve işleme faaliyetleri sırasında toprak ve su kirliliğine, ormansızlaşmaya ve habitat tahribine neden olabilir. Radyonüklit metaller (uranyum, plütonyum vb.) ise radyoaktif kirliliğin başlıca kaynağıdır ve kanser, doğum kusurları ve diğer sağlık sorunlarına yol açabilir.

Ağır metaller, fabrika atıkları, rüzgarla taşınan tozlar, orman yangınları, volkanik faaliyetler, erozyonla taşınan kaya parçaları, evsel atıklar ve kanalizasyon gibi kaynaklar aracılığıyla nehirler, göller ve denizler gibi sucul ortamlara karışarak canlı organizmaları farklı şekillerde kirletici etkilerine maruz bırakır. Balıklarda biyo-birikime neden olan ağır metaller arasında demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu), çinko (Zn), kobalt (Co), molibden (Mo) gibi elementler bulunmaktadır. Bazı ağır metaller, düşük konsantrasyonlarda canlı organizmaların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için gerekli olan mikro besin maddeleri olabilir. Ancak, bu elementler yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilir ve uzun süreli maruz kalma biyo-birikimine neden olabilir. Sucul ortamlardaki ağır metal kirliliği, su yaşamını olumsuz etkileyebilir ve sucul ekosistemlerin dengesini bozabilir (Kır ve ark. 2007). Bu canlılarla beslenen organizmaların sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir (Kıracı, 2014).

Göl ekosistemleri, insan faaliyetlerinin yol açtığı çeşitli etkenlerden olumsuz etkilenmektedir. Bu etkenler arasında ötrofikasyona neden olan besinlerin aşırı artışı, endüstriyel, tarımsal ve evsel kökenli kirlilik yer alırken, bu kirliliğin en önemli ve kalıcı unsuru olan ağır metal kirliliği, göl biyolojik çeşitliliğini tehdit etmektedir. Endüstriyel atık sular, tarımsal faaliyetler, evsel atık sular ve atmosferik kirlilik gibi yollarla göllere taşınan ağır metaller, suda yaşayan bitki ve hayvan türleri için toksik etkiye sahiptir. Besin zinciri boyunca taşınarak birikim gösteren bu metaller, göl ekosistemlerinde uzun vadeli hasara yol açarak tür çeşitliliğini azaltmakta ve insan sağlığı için de risk oluşturmaktadır. Ağır metal kirliliğini kontrol altına almak için endüstriyel atık suların arıtılması, sürdürülebilir tarım uygulamaları, atık su arıtma tesislerinin kurulması ve işletilmesi ve halkın bilgilendirilmesi gibi önlemler hayata geçirilmelidir. Göl ekosistemlerini korumak ve gelecek nesillere sağlıklı bir su kaynağı bırakmak için tüm paydaşların iş birliği yapması ve ortak çözümler geliştirmesi hayati önem taşımaktadır (Atıcı vd. 2010, Sin vd., 2001, Kishe vd., 2003, Ahmed vd., 2005).

2000 ve 2018 yılları arasında yapılan çalışmalardan elde edilen veriler ışığında Taihu Gölü tortusunda ağır metal konsantrasyonları net, objektif ve kapsamlı bir şekilde analiz edildi. Sonuçlar, Taihu Gölü'nün arsenik, kadmiyum, krom, bakır, cıva, nikel, kurşun ve çinko gibi ağır metaller tarafından kirlendiğini göstermiştir. Coğrafi birikim endeksleri ve toksisite birimi değerlendirmeleri, kadmiyum ve kurşunun göl tortusunda en önemli kirleticiler ve toksisiteye katkıda bulunan faktörler olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, pozitif matris faktörizasyon modeli sonuçları, ağır metallerin %64,9'una katkıda bulunan Taihu Gölü tortusunun ana ağır metal tedarikçilerinin endüstriyel kaynaklar olduğunu göstermiştir. Bu kapsamlı analizler ve bulgular, yerel yönetimin Taihu Gölü'ndeki ağır metal kirliliği konusundaki farkındalığını artıracak ve gölün korunması için uygun önlemlerin geliştirilmesine yardımcı olacaktır (Yong Niu vd. 2019).

2.4. Ağır Metallerinin İnsan Sağlığına Etkileri

Ağır metaller, çeşitli endüstriyel faaliyetler, madencilik, tarım ve diğer insan etkinlikleri sonucunda çevreye salınarak, insan sağlığı üzerinde ciddi etkiler doğurabilen toksik elementlerdir. Özellikle kurşun, cıva, kadmiyum ve arsenik gibi ağır metallerin uzun vadeli maruziyeti, çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir. Kurşun,

özellikle çocuklarda nörolojik bozukluklara yol açabilirken, cıva nörolojik ve deri sorunlarına neden olabilir. Kadmiyumun böbrek hasarı ve kemik sorunlarına etkisi, arseniğin ise kanserojen özellikleri bilinmektedir. Bu ağır metaller genellikle su, toprak ve hava yoluyla insan vücuduna girebilmekte ve zaman içinde birikerek ciddi sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir. Bu nedenle, ağır metal kirliliği ile mücadelede çevresel düzenlemeler, güvenli atık yönetimi ve endüstriyel süreçlerin kontrolü gibi önlemler hayati önem taşımaktadır.

Ağır metal terimi, kontaminasyon ve potansiyel toksisite ile ilişkilendirilen metalleri ve yarı metalleri (metalloidler) tanımlamak için kullanılır. Yoğunluk, atomik ağırlık, kimyasal özellikler ve toksisite gibi kriterlere dayalı farklı tanımlar mevcuttur. Fiziksel olarak 5 g/cm³'den fazla yoğunluğa sahip metaller ve tıpta ise atomik ağırlıklarına bakılmaksızın toksik özelliği taşıyan metaller bu gruba dahildir. Cıva, mangan, demir, kobalt, nikel, bakır, çinko, kadmiyum, arsenik, krom, kurşun, gümüş ve selenyum gibi 60'tan fazla element ağır metal olarak sınıflandırılır (Özbolat ve Tuli, 2016).

Ağır metaller; düşük derişimlerde bile toksik etki gösterebilen elementlerdir. Genellikle kontaminasyon ve potansiyel toksisite ya da eko- toksisite ile ilişkilendirilen metaller ya da yarı metaller (metalloidler) olarak isimlendirilirler. Ağır metaller organizmaya ağız, solunum ve deri yolu ile alınır ve çoğu özel bir destek olmadan vücudun boşaltım yolları ile (böbrek, karaciğer, barsak, akciğer, deri) atılamazlar. Bu nedenle ağır metallerin büyük bir bölümü, biyolojik organizmalarda birikirler. Birikim sonucu, canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu metaller, etkili dozlara ulaştıklarında, ciddi hastalıklara (tiroit, nörolojik, otizm ve kısırlık gibi) hatta ölümlere neden olabilirler (Özbolat ve Tuli, 2016).

Metaller ve bazı ağır metaller, canlılar için karbon, azot ve fosfor kadar önemli besin öğeleri arasındadır. Kalsiyum, sodyum, potasyum, demir, çinko, kobalt, bakır, nikel ve mangan gibi elementler, hücrelerin işleyişi, enzimlerin çalışması ve dokuların gelişmesi için gereklidir. Yeterli ve dengeli miktarda alınmaları sağlıklı bir yaşam için kritik önem taşır.

Ancak, ağır metallerin yüksek konsantrasyonları toksik etkilere yol açabilir. Biyolojik olarak bozulmadıkları için canlı organizmalarda birikirler. Bu birikim zehirlenmelere ve çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilir.

Endüstriyel atık sular, tarımsal faaliyetler, evsel atık sular ve atık sular gibi kirleticiler, su kalitesini bozarak habitat kaybına ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına yol açmaktadır. Bu durum, suda yaşayan bitki ve hayvan türlerinin ölümüne ve yok olmasına neden olabilir. Kirlenmiş suların kullanımı da insan sağlığı için risk oluşturmaktadır.

Ağır metaller, özellikle çevresel kirliliğin önde gelen konularından biridir. Bu metaller doğal veya insan kaynaklı yollarla sucul ekosistemlere girmekte ve besin zinciri boyunca tüm tüketici seviyelerine, nihayetinde insanlara kadar aktarılmaktadır. Bu süreç, ekosistem içinde sürekli ve dengeli bir enerji akışını sürdürmeyi sağlar.

Doğal ekosistemlerde besin zincirinin herhangi bir kirletici maddeyle zarar görmesi, madde ve enerji döngüsünü olumsuz etkileyebilir. Ekosisteme giren ağır metallerin bir kısmı suda taşınırken bazıları sedimentte birikir. Doygun sediment tabakası zamanla ağır metalleri tekrar suya salarak kirletici hale gelir ve besin zincirindeki canlıları tehlikeye atar (Şavran vd. 2022).

Ağır metallerin besin zinciri boyunca birikimi, fitoplanktonik organizmalar gibi en alt halkadaki canlılardan başlar ve balıklar ile diğer omurgalı tüketicilere kadar devam eder. Bu metallerin doku ve organlarda birikimi, besin zincirindeki tüketici seviyelerinde yoğunlaşarak artar. Aynı ortamda yaşayan farklı türler arasında bile ağır metal derişimleri farklılık gösterebilir.

Sucul ortamda bulunan bazı canlılar, ağır metalleri vücutlarından atabilirken (örneğin bazı sucul bitkiler, midyeler, istiridye gibi organizmalar), diğerleri bu metalleri biriktirebilir. Özellikle beslenme ve diğer yollarla vücuda alınan ağır metaller, canlılarda sinir sistemi bozuklukları, böbrek yetmezliği, kanser, doğum kusurları, gelişimsel gecikmeler, büyüme ve gelişme geriliği, bağışıklık sisteminin zayıflaması gibi çeşitli olumsuz sonuçlara yol açabilir.

Kirleticiler, canlılara ilk bakışta fark edilemeyecek şekilde zarar verir. Görünür bir değişiklik olmadan önce bile, dokularda ve hücrelerde sessizce hasara yol açarak DNA bozulması, hücresel stres, enzim işlevlerinin bozulması ve hücre ölümü gibi problemlere neden olabilirler. Kirleticilerin bu etkiler, histolojik analizlerle tespit edilir. Dolayısıyla, hedef organlardaki hücresel değişimleri belirlemek için bu tür analizlerin yapılması önemlidir (Dutta, 1996).

Farklı yollardan vücuda giren ağır metaller, her organ ve dokuda farklı oranlarda birikir. Genellikle en yüksek birikim metabolik olarak daha aktif olan karaciğerde

gözlemlenirken, en düşük birikim ise kas dokusunda meydana gelir. Bu durum, öldürücü dozda olmasalar bile ağır metallerin, detoksifikasyondan sorumlu karaciğer gibi organlarda depolanmasından kaynaklanır (Kargın ve Erdem, 1992). Yüksek metabolik aktivitesi, ağır metallerin karaciğer hücreleri tarafından daha kolay emilmesine ve depolanmasına zemin hazırlar. Ağır metal birikimi ise karaciğer yetmezliği gibi ciddi sağlık problemlerine yol açabilir (Timoçin, 2008).

Ağır Metallerin insan sağlığına birçok etkisi vardır. Bu etkiler Tablo 2.1’de açıklanmıştır.



Tablo 2.1. Bazı Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkisi (Erduran, 2021; Kara ve Kara, 2018)

Ağır Metal	Etkileri
Arsenik	Böbrek ve karaciğer hasarı, deri pigmentinde artma, görme bozukluğu, kas felçleri de meydana gelmektedir
Kadmiyum	Kansere ve mutasyona sebep olur, akciğer ve kalsiyum regülasyonunu etkiler, kan hücrelerinde hasara neden olur, böbreklerde tahribata neden olur.
Krom	Üst solunum yolu rahatsızlıkları, astım ve burun içinde tahribata bağlı olarak kanamalar görülmektedir
Bakır	Hamilelikte yüksek oranda düşüğe sebep olur.
Cıva	Böbrek hasarlarına, sinir sisteminde tahribatlara, hamilelikte düşüğe ve bebekte anormalliklere neden olduğu bilinmektedir. Kronik cıva zehirlenmesi, diş eti iltihaplarına, titremeye ve psikolojik bozukluklara neden olmaktadır
Nikel	Taşikardi, ödem, gırtlak kanseri, akciğer kanseri, solunum yollarında negatif etkiler ve dermatitise neden olur.
Kurşun	Çocuklarda gelişimin baskılanmasına, zekâ geriliğine kısa süreli hafıza kaybına, öğrenme ve koordinasyonda yetersizliğe ve kalp damar rahatsızlıklarına sebep olur.
Çinko	Ülser, mukoz zarlarda tahriş, akciğer ödemi ve solunum yollarında tahribata neden olur.
Alüminyum	Alüminyumun beyin hücrelerinde birikimi Alzheimer, Parkinson, ALS gibi nöronal hastalıklara; uzun süreli alüminyum içeren antiasit kullanımı ise kemiklerde birikerek kemik yumuşamasına, adinamik kemik hastalığına; hemoglobin sentezini inhibe ederek anemiye neden olmaktadır.
Demir	Mide ağrısı, mide bulantısı ve kusma şeklindedir. Yüksek demir, iç organlarda birikir beyin ve karaciğerde ölümcül hasarlara neden olabilir

2.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

2.5.1. Genel

1960'lı yıllarda, data verilerinin elde edilmesi ve idare bakımından gelişmiş teknolojik altyapı oluşturulamamıştı. Bu durum, mevcut sistemlerin genel karakteristiğinin tam anlamıyla yansıtılamayacağı ve elde edilen sonuçların sadece yaklaşım seviyesinde kalacağı bir gerçeği ortaya koyuyordu. Devletlerin ekonomisi ve sosyal gelişmeleri, nüfus oranındaki artış, kentleşmenin büyümesi gibi faktörler, planlamaya dahilinde veri miktarını hızla artırmış ve bu da verilerin düzenli bir şekilde kontrol edilmesini zorlaştırmıştır. Ancak, teknolojiye hızlı gelişmelerin ve veri yönetimindeki zorlukların artmasıyla birlikte, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) 1960'lardan itibaren ortaya çıkmasının nedenlerindendir.

Teknolojinin hızlı ilerlemesi, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve arazi bilgisi kavramlarının önemini daha da artırmıştır. Bilgisayar teknolojisi ve harita bilimindeki gelişmeler, arazilerle ilgili detaylı bilgi toplamayı mümkün hale getirmiştir. Bu sayede, arazi ölçümü ve harita üretimi yapan kurumlar ile diğer coğrafi bilgi sağlayıcı kurumların bilgileri bir araya getirilerek, kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayacak jeo-verilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve sunulması sağlanmaktadır. Bu gelişmeler ışığında, işlemlerin ayrıntılı ve sistematik bir şekilde gerçekleştirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu ihtiyaç doğrultusunda, Bilgisayar Destekli Kartografya, Bilgisayar Destekli Tasarım, Bilgisayar Grafikleri, Konuma Bağlı Analiz, Matematik, Ölçme, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama gibi coğrafi bilim dalları bir araya getirilmiştir. 1960'lı yılların sonlarından itibaren başlayan çalışmalar, günümüzde kullandığımız CBS teknolojisinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır (Toker ve Demir 1995).

Coğrafya bilimi, gelişen teknolojik olanaklarla birlikte yepyeni bir boyut kazanmaktadır. Uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri, konum servisleri, büyük veri, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik, sosyal medya gibi yenilikçi yöntem ve teknikler, coğrafyacıların karmaşık coğrafi problemleri çözmesine, daha önce imkânsız olan sorulara cevaplar bulmasına ve dünyayı daha iyi anlamamıza katkıda bulunmasına olanak sağlamaktadır. Günümüzdeki teknolojik olanakların coğrafya bilimine en büyük katkılarından biri ise Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) olarak görülmektedir. CBS, coğrafyacılar için çalışma alanı olan yerkürenin daha iyi anlaşılması ve daha iyi ifade

edilmesi konusunda yardımcı olmaktadır. Ayrıca, yeryüzünün kavisli doğasına rağmen, teknolojik imkanlar sayesinde nasıl düz bir yüzeye aktarılabilceği, topografik yapıların nasıl iki veya üç boyutlu olarak modellenilebileceği konularında da büyük kolaylık sağlamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mevcut bilgileri çoklu veri katmanları halinde inceleyerek yeni mekânsal verileri oluşturma nedeniyle analizler yapma imkânı sağlar. Gelişen 21. yüzyıl teknolojileri, CBS'nin fonksiyonlarını artırmıştır. Bu sayede Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), geleneksel harita çizmenin ötesine geçerek veri yönetimi, analiz ve görselleştirme gibi birçok alanda önemli avantajlar sunar. Bu sayede, karmaşık coğrafi problemleri çözmek ve coğrafi süreçler hakkında daha iyi bilgi edinmek mümkün hale gelir. CBS ortamında oluşturulan haritalar bilgisayar ortamında rahatlıkla saklanabilir ve zaman içinde güncellenebilir, böylece verilerin eskimesi ve güncelliğini kaybetmesi önlenmiş olur (Değerliyurt ve Çubuk, 2015).

2.5.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); coğrafi verileri yönetmek ve analiz etmek için tasarlanmış kapsamlı bir sistemdir. Bu sistem, coğrafya ile ilgili hem görsel hem de görsel olmayan verileri toplayarak, depolayarak, işleyerek ve analiz ederek kullanıcılar için sunar. CBS sayesinde coğrafi verileri daha iyi anlamak ve yönetmek mümkün hale gelir. CBS'nin temel amacı, coğrafi bilgiyi daha etkin bir şekilde kullanarak karar verme sürecini desteklemektir. Bu nedenle, CBS birçok alanda önemli bir araç olarak kabul edilir ve planlama, çevre bilimleri, ulaşım ve acil durum yönetimi gibi alanlarda geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir (Burrough, 1986).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), günümüzde birçok sektörde kullanılan ve geniş bir uygulama yelpazesine sahip güçlü bir konumsal analiz aracıdır. Özel sektörden akademik araştırmalara ve kamu kurumlarına kadar CBS'ye olan yoğun ilgi, bu alandaki hızlı gelişmeye ve kısa sürede birçok CBS destekli projenin hayata geçirilmesine zemin hazırlamıştır. CBS'nin temel yeteneği, konum bilgisiyle ilişkili her türlü veriyi işleyebilmesidir. Bu sayede kentsel ve bölgesel planlama, kadastro, tarım, orman, jeoloji, savunma, emniyet, turizm, arkeoloji, yerel yönetim, nüfus, eğitim, çevre ve sağlık gibi birçok alanda kritik öneme sahip bilgiler elde etmek ve analizler yapmak mümkün hale gelmektedir. Özellikle harita bilgisine dayalı işlemlerde ve konum bağlantılı yoğun hacimli verilerle uğraşırken CBS, bu verileri analiz ederek doğru

kararlar verilmesine yardımcı olur. Bu sayede birçok problem daha hızlı ve etkin bir şekilde çözülebilmektedir. Dünyada ve ülkemizde CBS ile gerçekleştirilmiş pek çok proje ve uygulama örneği mevcuttur. Bu örnekler, CBS'nin sunduğu geniş uygulama yelpazesini ve sunduğu faydaları açıkça göstermektedir. Bu sayede CBS, birçok sektörde vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir (Nişancı, vd. 2010).

Yomralıoğlu (2000), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), yeryüzüne ait bilgileri coğrafi olarak ilişkilendirilmiş tematik harita katmanları gibi saklar. Bu yaklaşım, konumsal bilgilerin değerlendirilmesi açısından son derece güçlüdür. CBS, verileri belirli coğrafi konumlarla ilişkilendirerek analiz etmeyi ve görselleştirmeyi sağlar. Bu sayede, farklı veri türlerini coğrafi bağlamda bir araya getirerek karmaşık ilişkileri anlamak ve bilgiye dayalı kararlar almak daha kolay hale gelir. CBS'nin temel amacı, coğrafi verileri organize etmek, analiz etmek ve paylaşmak için güçlü bir araç sağlamaktır.

CBS veri bileşenlerin entegrasyonu tamamlandıktan sonra, veri toplama, depolama, işleme, analiz ve çıktı alma aşamaları gerçekleştirilir. CBS'nin veri analizleri arasında halihazırdaki haritalar, uydu resimleri, hava görüntüleri, yerel boyutlandırmalar, koordinat verileri ve öznitelik değerleri bulunmaktadır. Bu çeşitli veri, coğrafi analizlerin derinleştirilmesini ve daha kapsamlı coğrafi bilgi elde edilmesini sağlar.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde, veri girişi genellikle katmanlar şeklinde organize edilir. Belirli alanlara ilişkin grafik ve grafik olmayan dataların, ayrı tabakalar halinde sisteme sokulur. Bu yöntem, birçok alana ait çeşitli veri türlerinin entegre olarak işlenmesini mümkün kılar. Her katman, belirli bir veri tipini temsil eder ve bu katmanlar arasındaki ilişkiler, coğrafi analiz ve sorgulama işlemleri için büyük bir kolaylık sağlar. Bu sayede, kullanıcılar farklı veri katmanlarını etkileşimli bir şekilde kullanabilir ve çeşitli analizleri gerçekleştirebilir, bu da daha kapsamlı ve bilgi dolu sonuçlar elde etmelerine yardımcı olur.

Bir dizi farklı alan ve sektörde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), yaşamın her noktasına entegre edilebilen çok yönlü araçlar sunar. Bu sistemler, çeşitli sektörlerde ve uygulama alanlarında önemli rol oynar. Örnekler şunlardır:

Şehir Planlama ve Yönetim: CBS, şehir planlamasında kullanılarak arazi kullanımı, trafik yönetimi, altyapı planlaması ve kentsel gelişim stratejileri gibi konularda karar alınmasına yardımcı olur.

Doğal Kaynak Yönetimi: CBS, orman yönetimi, su kaynakları izleme, tarım alanlarının planlanması gibi doğal kaynakların etkili bir şekilde yönetilmesine katkı sağlar.

Afet Yönetimi: CBS, afet risk analizi, acil durum planlaması ve afet sonrası iyileştirme çalışmalarında kullanılarak hızlı ve koordineli müdahalelere olanak tanır.

Sağlık Hizmetleri: CBS, hastane yerleşim planlaması, hastalık haritaları oluşturma ve sağlık hizmetlerinin etkili bir şekilde dağıtılması gibi sağlık sektöründe kullanılır.

Çevresel İzleme ve Koruma: CBS, çevresel değişiklikleri izleme, ekosistemleri koruma, su ve hava kalitesini değerlendirme gibi çevresel uygulamalarda kullanılır.

Pazarlama ve Perakende: CBS, mağaza konumlandırma, müşteri segmentasyonu ve coğrafi pazar analizi gibi konularda perakende sektörüne katkı sağlar.

Tarım: CBS, toprak analizi, hasat tahminleri, sulama yönetimi gibi tarım alanlarında verimliliği artırmak için kullanılır.

Ulaşım ve Lojistik: CBS, taşıma güzergahları, depo yönetimi, filo izleme gibi lojistik süreçlerin planlanması ve optimize edilmesinde önemli bir rol oynar.

Bu örnekler, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin çeşitli sektörlerde ve yaşamın farklı alanlarında nasıl kullanılabileceğini göstermektedir. CBS, coğrafi verilerin analizi ve görselleştirilmesi konusunda güçlü bir araç olup, bu alanlarda etkili kararlar alınmasına ve kaynakların daha verimli kullanılmasına yardımcı olur.

2.6. Havzalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Kullanımı

Havzalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama, su kaynaklarının etkin yönetimi, havza ekosistemlerinin izlenmesi ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı gibi konularda kritik bir rol oynar. CBS ve uzaktan algılama teknolojileri, su kaynaklarının miktarı, kalitesi ve dağılımı gibi önemli bilgilerin görselleştirilmesi amacıyla haritalar ve veri tabloları üzerinde entegre bir şekilde kullanılır. Hidrolojik modellendirme, erozyon kontrolü, toprak yönetimi, su kalitesi

izleme ve havza ekosistemlerinin korunması gibi alanlarda CBS ve uzaktan algılama verileri, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimine katkı sağlar. Ayrıca, afet yönetimi süreçlerinde de kullanılan bu teknolojiler, sel, taşkın gibi afet olaylarının izlenmesi ve etkilerinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesi için önemli bir rol oynar. Bu sayede, havzalarda CBS ve uzaktan algılama, çevresel sürdürülebilirlik, afet hazırlığı ve su kaynaklarının etkin kullanımı gibi konularda karar alıcıları destekleyen kapsamlı bir araç seti sunar.

Havzaların ana sınırları, dağların yüksek kesimlerinden geçen su bölümü çizgisiyle belirlenir. Bu sınır, havzaları diğerlerinden ayıran doğal bir ayırım unsuru olarak hizmet eder. Havzaların boyutları sadece hidrografik değil, aynı zamanda hidrolojik olarak da yer altına kadar uzanır. Yer altı su seviyeleri, havza sınırlarının belirlenmesinde önemli bir rol oynar ve topografik sınırlarla örtüşmeyebilir, bu da litolojik farklılıklarla ilişkilendirilebilir. Bu veriler, havzaların su potansiyeli ve miktar özelliklerini etkileyerek su bütçesini şekillendirir. Havzalar, benzer koşulların geliştiği ve gözlemlendiği alanlardır. Bu benzerlikler, havzaların jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik özelliklerinin benzer şekilde şekillenmesine neden olur. Bu özellikler, morfometrik formüllerle analiz edilerek farklı havzalar ve alt havzalar arasında sayısal değerlerle karşılaştırılabilir hale getirilir (Özdemir, 2011).

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) önemli bir yeteneği, havza karakteristiklerini belirlemesidir. CBS, farklı türdeki alan veri tabakalarını üst üste bindirerek bu verilerin örtüşmesini sağlayabilir. Böylece, birçok havzanın özelliklerini değerlendirme olanağı sunar ve havza modelleriyle entegrasyon sağlar. Bu yöntem, CBS'nin havza analizinde ve planlamasında kullanılmasını kolaylaştırır. Havza modellerinin oluşturulması ve havzalar arasındaki benzerliklerin veya farklılıkların belirlenmesi için CBS'nin sunduğu bu yetenek oldukça önemlidir (Singh 1995).

Su toplama bölgeleri, karmaşık toplumsal ve ekonomik yapılarıyla dikkat çeken entegre sistemlerdir. Havzaların izlenmesi, veri bolluğu, toplama zorlukları, depolama gereksinimleri ve işleme karmaşıklığı gibi nedenlerle oldukça meşakkatli bir süreç olabilir. Ancak, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak bu karmaşıklık önemli ölçüde azaltılabilir. CBS, sistematik bir şekilde toplanan verilerin depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve benzeri süreçlerde kullanıcılarına zaman tasarrufu sağlar. Aynı zamanda, coğrafi bilgi sistemleri sayesinde kullanıcılar, istedikleri bilgilere hızlı ve doğru bir şekilde ulaşabilirler. Bu, havzalardaki sosyo-ekonomik dinamiklerin

anlaşılmasını, etkili planlama ve yönetim süreçlerini desteklerken, veri karmaşıklığını minimize etme konusunda önemli bir avantaj sunar.

Göl idaresi stratejisinin geliştirilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri uzaktan algılama teknolojisi ile birlikte etkin bir şekilde kullanımını Beyşehir Gölü üzerinden değerlendirmişlerdir (Nas ve diğ. 2006).

Türkiye'nin üçüncü büyük gölü olan Beyşehir Gölü, geniş tatlı su hacmi ve büyük yüzey yüzölçümüyle, göllerdeki natürel ve insandan kaynaklı değişimlerin etkilerini incelemek için önemli bir alandır. Bu amaçla, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yapılan araştırmada, Beyşehir Gölü'nün beslenme alanıyla ilgili son 40 yıllık meteorolojik ve iklimsel veriler analiz edilmiş ve göl seviyesindeki değişimler uzaktan algılama yöntemleriyle belirlenen göl kıyısı değişimleriyle karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçları, Beyşehir Gölü drenaj havzasının iklimsel özellikleri ile gölün alansal özellikleri arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığını göstermiştir. Bu bulgular, bölgenin yoğun karstlaşma özelliğine sahip olması ve artan insan etkisinin, Beyşehir Gölü'nün alansal özellikleri üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, Beyşehir Gölü'nün iklim değişikliğine karşı nasıl tepki verebileceğini ve göl seviyesindeki değişimlerin göl kıyılarını nasıl etkileyebileceğini daha iyi anlamamızı sağlayabilir. Bu nedenle, göl seviyesindeki değişimleri izlemek ve gölün gelecekteki durumu hakkında daha iyi tahminlerde bulunabilmek için CBS ve uzaktan algılama gibi teknolojilerden yararlanmaya devam etmek önemlidir (Gürbüz vd. 2018).

Stokosa, 1999'larda yapılan bir araştırmada, Güney Kaliforniya'daki Temescal Havzası'nda 8 farklı arazi kullanım türündeki azot kaynaklarını Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımıyla incelemiştir. Analizlerin yapılabilmesi için arazinin eğimi, kullanımı, yağış, toprak özellikleri ve azot yüklemesi gibi veriler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, bölgedeki meyve bahçeleri ve bağ arazilerinin, havzada en yüksek nitrat yüklemesine neden olduğunu ortaya koymuştur.

Bhuyan, 2001 senesinde gerçekleştirilen bir çalışmada, havzaların su kirliliğiyle mücadelesinde ve su kalite standartlarını belirlemede önemli bir araç olarak CBS ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak modelleme süreci geliştirilmiştir. Bu modelleme, Landsat Tematik Harita görüntüleri aracılığıyla arazi sınıflandırması yaparak, havzaların su kalitesini etkileyen faktörleri detaylı bir şekilde analiz etmeyi ve değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır.

2.6.1. Beyşehir Gölü Havzası: Coğrafi, Ekolojik ve Ekonomik Özellikleri

Beyşehir Gölü Havzası, Konya ve Isparta illeri sınırları içerisinde yer almaktadır. Toplamda beş ilçe merkezi bulunan bu havza, Beyşehir, Derbent, Hüyük, Şarkikaraağaç ve Yenişarbademli'yi kapsar. Yasal düzenlemelere göre belirlenmiş iki milli parkın yanı sıra, arkeolojik ve doğal sit alanları da havza içerisinde yer almaktadır. Milli park alanları, su sporları, dağ sporları ve av sporları gibi çeşitli aktiviteleri bir arada sunmaktadır.

Beyşehir Gölü, ekonomik değeri yüksek su ürünleri açısından önemli bir göldür. Gölde iki plaj ve 33 farklı adadan oluşmaktadır. Beyşehir Gölü, kuş bilimi bakımından önemli olmakla birlikte; kuş üreme, barınma, beslenme ve konaklama merkezi olarak öne çıkar. Bu özellikleri, turizm açısından da büyük bir önem taşır. Beyşehir Gölü Havzası, zengin doğal kaynakları, kültürel değerleri ve turistik cazibesıyla dikkat çekmektedir.

Beyşehir Gölü, kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzunluğu ise 45 km, doğu-batı yönünde uzanan gölün en geniş yeri 24 km'yi bulmaktadır. Göl havzası, 9 alt havzadan oluşarak birçok çay ve derelerle su almaktadır. Bu özellikleriyle Beyşehir Gölü Havzası, doğal güzellikleri, su sporları imkanları, ekosistem çeşitliliği ve turistik değeriyle önemli bir bölge olarak öne çıkar.

2.6.2. Coğrafi konumu

Beyşehir Gölü Havzası, Konya ve Isparta illeri sınırları içinde yer almakta olup, yaklaşık 414.000 hektar büyüklüğündedir. Konya Kapalı Havzası'nın güneybatısında yer alır. Beyşehir Gölü, coğrafi konumunu Sultan Dağları ile Anamas Dağları arasındaki kuzeybatı-güneydoğu doğrultusundaki iki fay hattının oluşturduğu tektonik yapıdan almaktadır. Bu tektonik faylar, gölün oluşumunda belirleyici bir rol oynamış ve gölün hidrolojik karakteristiğini etkilemiştir. Göl, bu bölgedeki tektonik aktivitenin bir sonucu olarak meydana gelmiş ve çevresindeki dağlardan gelen akarsular ve yer altı kaynaklarıyla beslenmektedir. Bu tektonik özellik, Beyşehir Gölü'nü diğer sulak alanlardan farklı kılan önemli bir coğrafi özelliğidir. Coğrafi koordinatları 37° 45'

Kuzey – 31° 36' Doğu'dur. Beyşehir Gölü, bölgenin doğal zenginliklerine ve ekosistemine katkı sağlayan önemli bir su kaynağıdır.

Beyşehir Gölü; Konya ve Isparta il sınırları içerisinde 37°34'- 37°59' kuzey enlemi ile 31°18'-31°44' doğu boylamı arasında yer alan, yüz ölçümü yağışların çok fazla olduğu yıllarda 750km², genelde ortalama 650km², son yıllarda ise 550km²'ye kadar düşebilen, Van Gölü ve Tuz Gölü'nden sonra Türkiye'nin 3. büyük, tatlı su gölü olarak da en büyük gölüdür (Nas vd., 2008). Beyşehir Gölünün coğrafi konumu Şekil 2.1'de verilmiştir. Toros Sıradağları'nın iki fay kırıklığı arasında oluşumu gerçekleşen bu su kaynağı üçüncü jeolojik zamandaki yerkabuğunun çöküntü alanında yer almaktadır. Ortalama denizden yüksekliği 1124 m olan bu göldeki yükseklik periyodik zaman dilimi içinde maksimum 1126 m'ye çıkmakta, minimum 1121 m'ye düşerek, gölde 5 m'ye yaklaşan seviye farkı meydana gelebilmektedir. Türkiye'nin en büyük içilebilir su niteliği taşıyan bu gölü, gölden çeşitli amaçlarla gelişigüzel su çekilmesi nedeniyle yavaş yavaş yok olma, kirlenme ve bozulma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Beyşehir Gölü, bir kısmı yazın kuruyan 27 adet derelerden su gelmektedir. Göl üzerinde 33 tane irili ufaklı adalar yer almaktadır. Ortalama 10-25 km eninde ve 45 km uzunluğundaki göl, en geniş noktasında 26 km'ye, en dar noktasında ise 10 km'ye kadar ulaşabilmektedir. Gölün en dar noktası kuzeybatı kısmında, en geniş noktası ise güneydoğu kısmındadır.

"Göller Bölgesi"nin incisi Beyşehir Gölü, sadece ekonomik değeriyle değil, doğal güzellikleriyle de öne çıkan bir hazinedir. İç Anadolu ve güneyindeki Toros Dağları arasında bir geçiş noktası olan göl, eşsiz bir coğrafi konuma sahiptir. Konya Ovası'nın kuzeyinde, Konya ve Niğde arasında uzanan Beyşehir Gölü Havzası, dik dağ yamaçlarının hemen dibinde yer alır. Tipik bir İç Anadolu düzlüğü gibi görünse de, bu havza dağlarla ovalar arasında bir ara basamak görevi görmektedir. Bu özelliği sayesinde havza, kendine özgü bir doğal karakter kazanmış ve güneyindeki yüksek dağların doğal kaynaklarından yararlanırken, kuzeyindeki geniş ova düzlüklerinin doğal özelliklerini de barındırmaktadır. Beyşehir Gölü'nün bu eşsiz konumu ve doğal güzellikleri, onu Türkiye'nin en önemli su kaynaklarından biri ve turistik açıdan da cazip bir destinasyon haline getirmektedir. Göl ve çevresi, birçok kuş türü ve sulak alan bitkisi için önemli bir yaşam alanıdır. Ayrıca, tarihi ve kültürel açıdan da zengin bir geçmişe sahip olan bölge, çeşitli turistik aktiviteler ve konaklama seçenekleri sunmaktadır. Beyşehir Gölü, sadece doğal güzellikleriyle değil, ekonomik önemiyle de

dikkat çekmektedir. Göl ve çevresinde tarım, hayvancılık, balıkçılık ve turizm gibi sektörler önemli bir yer tutmaktadır. Göl ayrıca, Konya ve Isparta gibi çevre iller için önemli bir içme suyu kaynağıdır (Ezer, A. 2003).



Şekil 2.1. Beyşehir Gölünün coğrafik konumu (Google Haritalar 2013)

Beyşehir Gölü, toplam 523 km²'lik bir alanıyla Konya ili sınırları içinde, 130 km²'lik bir alanı Isparta il sınırları içerisinde yer alır. Gölün batı ve güney kısmı Konya, kuzey ve doğu kısmı ise Isparta il sınırları içerisinde yer almaktadır. Göl, her iki il için de önemli bir su kaynağıdır. Beyşehir Gölünün coğrafi konumu Şekil 2.2'de sunulmuştur.



Şekil 2.2. Beyşehir Gölünün coğrafi konumu (Tüstaş, 1999).

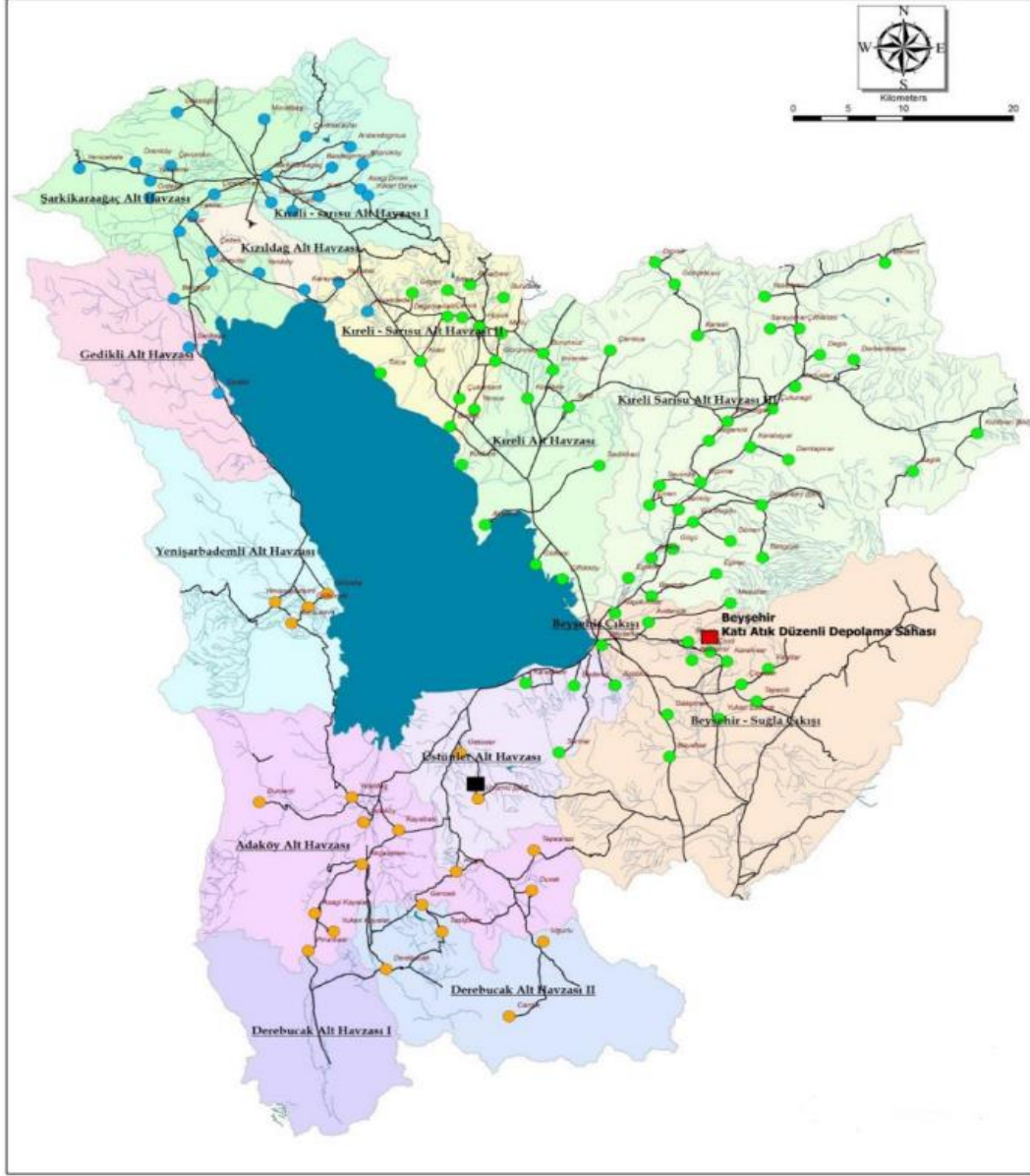
Beyşehir Gölü, Konya ve Niğde illeri arasında Toros Dağları'nın eteklerinde yer alan ve tipik bir İç Anadolu düzlüğü gibi görünse de dağlarla ovalar arasında bir ara basamak görevi gören bir geçiş alanıdır. Bu özelliği sayesinde havza, kendine özgü bir doğal karakter kazanmış ve güneydeki yüksek dağların doğal kaynaklarından beslenirken, kuzeyindeki geniş ova düzlüklerinin doğal özelliklerini de korumaktadır. Bu sayede bölge, eşsiz bir flora ve faunaya sahip olmuştur. Beyşehir Gölü'nün konumunun en önemli avantajlarından biri, bu bölgede yaşayan canlıların Toros Dağları'nın su kaynaklarını kullanabilme imkanına sahip olmasıdır. Bu sayede bölgenin iklimi, bitki örtüsü ve su kaynakları Konya Ovası'na ve daha kuzeye doğru genişleyebilmektedir (Tüstaş, 1999).

2.6.3. Doğal Yapısı

Konya ili Beyşehir ilçesinin İl merkezine uzaklığı 90 km'dir. İlçenin deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1.125 metredir. İlçenin, Doğusunda Konya, kuzeyinde Doğanhisar, Hüyük ve Ilgın, kuzeydoğusunda Derbent, kuzeybatısında Isparta ilinin Şarkikaraağaç ve Eğirdir ilçeleri, batısında Isparta ili Yenişarbademli ilçesi, güneybatısında Isparta ili Sütçüler ilçesi, güneyinde Derebucak ve güneydoğusunda Seydişehir bulunmaktadır. İlçenin yüzölçümü 2.121,7 km²'dir.

Beyşehir Gölü, doğu kısımları dışında çevresinde dağlarla çevrili bir yapıya sahiptir. Göl'ün batı ve güney tarafı, Orta Toros Dağları'nın uzantısı niteliğindeki Dedegöl (Anamas) ve Gidengelmaz Dağları ile çevrilidir. Kuzey tarafında Kızıldağ yükseltisi yer almaktadır. Doğu tarafı ise tarımsal faaliyetlerin daha çok olduğu yerlerden oluşmaktadır. Bu coğrafi özellikler, gölün çevresini çeşitli ekosistemlerle zenginleştirirken, gölün çevresinin doğal güzellikleri ve topografik özellikleriyle öne çıkmasına katkı sağlar.

Beyşehir Gölü Havzası, kapalı bir havza gibi görünse de, suyun drene edilmesi bakımından oldukça farklı bir işleyişe sahiptir. Göldeki su, doğudaki Çarşamba Suyu aracılığıyla önce Suğla Ovası'na, ardından sırayla Konya Ovası ve Tuz Gölü'ne taşınarak geniş bir alana yayılır. Bu sayede Beyşehir Gölü'nün suları, havzanın sınırlarının çok ötesine ulaşmaktadır. Havza, Türkiye'nin önemli dolomit bölgelerinden biri olan Batı Toroslar'a ev sahipliği yapmaktadır. Bölgede deniz seviyesinden 2500-3000 metre yükseklikte başlayan ve deniz seviyesinin 150-200 metre altına kadar inen geniş bir karstlaşma alanı bulunmaktadır. Beyşehir Gölü Sulakalanı Yüzey Suyu Toplama Havzası'nın bu karstik yapısı, bölgenin hidrolojisi ve su döngüsü üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Karstlaşma, suyun yeraltına kolayca sızmasını ve yeraltı sularının oluşmasını sağlar. Bu sayede Beyşehir Gölü, kurak dönemlerde bile beslenebilmekte ve göl seviyesinin aşırı düşmesi engellenmektedir. Gölün diğer havzalarla olan ilişkisini araştırmak üzere çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Şekil 2.3'de Beyşehir Gölü alt havzaları görülmektedir (Tüstaş, 1999).



Şekil 2.3. Beyşehir Gölü alt havzaları (Tüstaş, 1999).

Manavgat Nehri'nin su toplama bölgesi ve yakın havzaları, karst hidrojeolojisi açısından benzersiz bir araştırmaya konu olmuştur. Bu araştırma, havzalar arasındaki hidrojeolojik ilişkileri inceleyerek Manavgat Nehri'nin gizemli yeraltı sularını aydınlatmayı amaçlamıştır. Yeraltı suyu inceleme tekniklerinin uygulanması sonucunda, Manavgat Nehri ile Gembos, Eynif, Sobuca polyeleri ve Değirmenlik alanı arasında bağlantılar olduğu tespit edilmiştir. Manavgat Nehri ile Beyşehir Gölü arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için pahalı ve detaylı bir çalışmanın gerekliliği nedeniyle bu konuda araştırma yapılamamıştır (Günay, 1985).

Beyşehir Gölü'nün doğusunda, bölgenin su kaynaklarının beslenme, köken, fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırmak amacıyla yaklaşık 173 km²'lik bir alanda jeolojik ve hidrojeolojik incelemeler yapmıştır. Doğancık, Sevindik ve Sadıkhacı (Beyşehir) köyleri çevresinde, 1970-1987 yılları arasındaki ortalama yıllık yağış ve sıcaklık verileri de incelenmiştir. Araştırma kapsamında, bölgenin jeolojik yapısı, yeraltı suları, akarsular ve göller detaylı bir şekilde araştırılmış, su numuneleri alınıp fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır (Novinpour, 1987).

Beyşehir Gölü'nü besleyen 16 su toplama havzasından ikisi olan Soğuksu-Yeşildağ ve Üstünler Çayı Havzaları, hidrolojik özellikleri açısından detaylı bir araştırmaya konu olmuştur. Bu araştırma, bu iki havzanın su kaynaklarının yönetimi ve korunması için önemli bilgiler sağlamayı amaçlamıştır (Ceyhan, 1998).

Araştırma kapsamında Soğuksu-Yeşildağ ve Üstünler Çayı Havzaları'nın toprak türleri, fiziksel özellikleri, yağış miktarları, şiddetli yağmur sıklıkları ve su verimleri gibi önemli hidrolojik parametreler detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca, bu havzalarda bulunan yağış ve akış istasyonlarının uzun yıllara ait verileri kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır (Doğan vd. 2013).

2.6.4. Nüfus

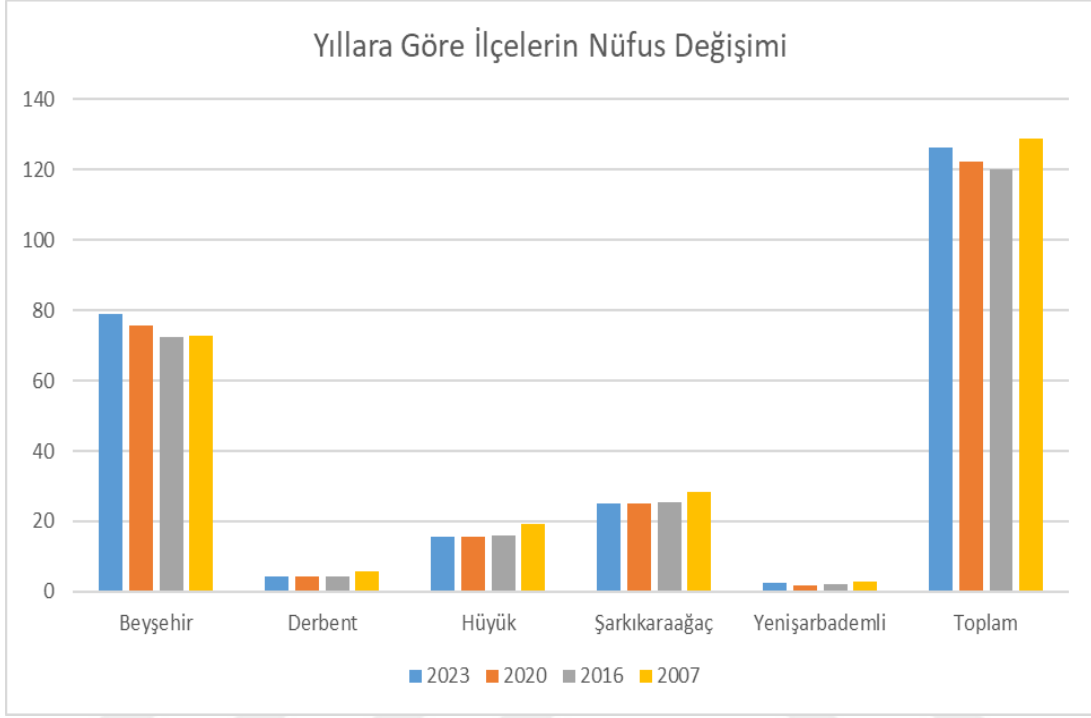
Çizelge 2.1'de Beyşehir Gölü Havzası'ndaki yerleşimlerin nüfusları verilmiştir.

Çizelge 2.1. Beyşehir Gölü Havzası'ndaki nüfus verileri

Yerleşim	2023	2020	2016	2007
Beyşehir	79.03	75.532	72.347	72.712
Derbent	4.16	4.221	4.345	5.819
Hüyük	15.431	15.595	15.803	19.148
Şarkıkaraağaç	24.99	24.889	25.358	28.397
Yenişarbademli	2.495	1.936	2.274	2.699
Toplam	126.106	122.173	120.127	128.775

İlçelerdeki nüfus dağılımı oldukça çeşitlidir. Bazı ilçelerde nüfus, ilçe merkezlerinde yoğunlaşırken, diğer ilçelerde ise kırsal kesimlere yayılmış durumdadır. Beyşehir Gölü Havzası'nda yoğun nüfusa sahip olan Beyşehir, Şarkıkaraağaç ve Hüyük ilçeleri, gölün su kaynakları ve doğal ortamı üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır. Bu ilçelerde tarımsal üretim, hayvancılık, sanayi ve turizm yaygındır. Yoğun nüfus, su

kirliliği, toprak erozyonu ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi sorunlara yol açmaktadır. Beyşehir Gölü Havzası'ndaki ilçelerin nüfusunu gösteren Şekil 2.4'de, bu bölgelerdeki nüfus gelişimini grafiksel olarak göstermektedir.



Şekil 2.4. Beyşehir Gölü Havzası'ndaki ilçelerin nüfus gelişimi grafiği

2.6.5. Beyşehir Gölü Havzasının Ekonomik Yapısı

Beyşehir, ekonomik yapısını çeşitli sektörlerdeki faaliyetlere dayandırmaktadır. Bu çerçevede, tarım ilçenin ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Verimli tarım arazileri sayesinde yetiştirilen buğday, arpa, şeker pancarı gibi ürünler, tarımsal üretimde öne çıkar. Ayrıca, hayvancılık faaliyetleri de ilçede yaygın bir şekilde sürdürülmektedir. Beyşehir Gölü'nün sunduğu avantajlarla balıkçılık da ilçenin ekonomisine katkıda bulunmaktadır.

Sanayi, Beyşehir'in ekonomik çeşitliliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Tarım ve hayvancılık ürünlerinin işlenmesi, depolanması ve pazarlanması amacıyla faaliyet gösteren sanayi tesisleri, ilçenin ekonomik yapısını güçlendirmektedir. Ayrıca, turizmin gelişmesiyle birlikte ilçe, tarihi ve doğal güzellikleriyle turistik bir cazibe merkezi haline gelmiştir. Beyşehir Gölü çevresindeki alanlar, tarihi mekanlar ve doğal güzellikler, turizm sektörüne katkı sağlamaktadır.

Beyşehir'in ekonomik yapısı, geleneksel sektörlerle modern sektörlerin dengeli bir kombinasyonunu yansıtmaktadır. Tarım, hayvancılık, balıkçılık ve sanayi gibi sektörlerin yanı sıra turizm, ilçenin ekonomik çeşitliliğine katkı sağlayarak sürdürülebilir bir kalkınma hedefine yönelik bir temel oluşturmaktadır.

Havzanın genel ekonomik dinamikleri, tarım, hayvancılık ve balıkçılık gibi sektörlerle dayanmaktadır. Bu temel geçim kaynaklarına ek olarak, havzada çeşitli ölçeklerde sanayi tesisleri de faaliyet göstermektedir. Havzanın ekonomik yapısı, genel olarak ülkenin ekonomik gelişimine paralel bir şekilde evrim geçirmekte olup, tarıma dayalı bir yapıdan sanayi odaklı bir yapıya doğru bir dönüşüm sürecindedir.

Havza da en önemli sanayi kolu Huğlu ve Üzümlü kasabalarında faaliyet gösteren silah sanayi fabrikalarıdır. Havza da yer alan sanayi tesisleri Tablo 2.2' de gösterilmektedir.

Tablo 2.2. Beyşehir gölü havzasında yer alan sanayi tesisleri (TOBB Mayıs 2017 Verileri)

SANAYİ KOLLARI	FAALİYET SAYISI
A. MADENCİLİK VE TAŞ OÇAKÇILIK	
A.1. Taş kömürü madenciliği	1
A.2. Boksit ve krom	2
A.3. Süsleme ve yapı taşları ile kireç taşı, alçı taşı, tebeşir ve kayataşı ocaklığı	5
A.4. Çakıl ve kum ocaklarının faaliyetleri; kil ve kaolin çıkarımı	5
B. TARIM SANAYİ	
B.1. Et ve kümes hayvanları etlerinden üretilen ürünlerin imalatı	2
B.2. Balık, kabuklu deniz hayvanları ve yumuşakcaların işlenmesi ve saklanması	2
B.3. Patatesin işlenmesi ve saklanması	1
B.4. Başka yerde sınıflandırılmamış meyve sebzelerin işlenmesi ve saklanması (soğan)	1
B.5. Dondurma imalatı	1
B.6. Öğütülmüş hububat ve sebze ürünleri imalatı	2
B.7. Nişasta nişastalı ürünlerin imalatı	1
B.8. Ekmek, taze pastane ürünleri ve taze kek imalatı	1
B.9. Hazır yemeklerin imalatı	1
C. TEKSTİL ÜRÜNLERİ İMALATI	1
HUĞLU VE ÜZÜMLÜDEKİ SANAYİ KOLLARI	
D. GİYİM EŞYALARININ İMALATI	3
E. KİMYASALLARIN VE KİMYASAL ÜRÜNLERİNİN İMALATI	1
F. KAÜÇUK VE PLASTİK ÜRÜNLERİNİN İMALATI	
F.1. Plastik tabaka, levha, tüp ve profil imalatı	1
F.2. Plastik torba, çanta, poşet, çuval, kutu, damacana, şişe, makarna, vb. paketlenme malzemelerinin imalatı	2
F.3. Plastik inşaat malzemesi imalatı	1
G. DİĞER METALİK OLMAYAN MİNERAL ÜRÜNLERİN İMALATI	
G.1. Düz camın şekillendirilmesi ve işlenmesi	1
G.2. Ateşe dayanıklı (refrakter) ürünlerin imalatı	1
G.3. Fırınlanmış kildentuğla, karo ve inşaat malzemeleri imalatı	3
G.4. İnşaat amaçlı beton ürünleri imalatı	2
G.5. Beton, alçı ve çimentodan yapılmış diğer ürünlerinin imalatı	1
G.6. Taş ve mermerin kesilmesi, şekil verilmesi ve bitirilmesi	5
Ğ. ANA METAL SANAYİ (Alüminyum üretimi)	1
H.FABRİKASYON METAL ÜRÜNLERİ İMALATI	
H.1. Metalden kapı ve pencere imalatı	1
H.2. Silah ve mühimmat (cephane) imalatı	58
H.3. Metallerin işlenmesi ve kaplanması	1
H.4. Kilit ve menteşe imalatı	1
İ.ELEKTRİK TEÇHİZAT İMALATI	2
İ. MAKİNE VE EKİPMAN İMALATI	1
J. MOTORLU KARA TAŞITI , RÖMORK VE YARI RÖMORK İMALATI	1
K.MOBİLYA İMALATI	4
L. DİĞER İMALATLAR	
L.1. Oyun ve oyuncak imalatı	2
L.2. Tıbbi ve dişçilik ile ilgili araç ve gereçlerin imalatı	2
M. ELEKTRİK, GAZ,BUHAR VE HAVALANDIRMA SİSTEMİ ÜRETİM VE DAĞITIM	1

Havzada yer alan sanayi tesislerinin konumları yer almaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Havzada yer alan sanayi tesislerinin konumları (Tüstaş 1999)

2.7. Göl Havzası'nın Su Kaynakları

Beyşehir Gölü, Sultan Dağları ve Anamas Dağları'ndan gelen çaylar, yeraltı suları ve yağışlar ile beslenmektedir. Göl havzası, Batı Toros Dağları'nın içinde yer alır ve karstik bir topografyaya sahiptir. Bu karstik alanda, yeraltı suları yüzey suyu akımlarını kontrol eder. Yüksek dağlar, derin vadiler, dolinler, mağaralar ve yeraltı dereleri gibi karstik oluşumlar göl havzasında yaygındır. Gölün beslenmesinde yeraltı suları önemli bir rol oynar ve göl tabanı kireçtaşlarından oluşur. Bu karstik özellikler, Beyşehir Gölü'nün ekolojik dengesinin korunması ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için çok önemlidir.

Beyşehir Gölü'nün kuzeyindeki Şarkıkaraağaç Ovası ile güneyindeki Beyşehir Ovasında sığ kıyılar bulunmaktadır. Gölün en dip noktası yaklaşık 10 metre derinliğinde olup, göl dibinde çok kalın sayılabilecek geçirimsiz killer ve ince taneli kil mineralleri yer almaktadır. Gölün batı tarafı ile doğu tarafında yer alan dağlar dik yapıdadır.

Beyşehir Gölü, Sultandağları ve Anamas Dağları'ndan gelen çaylar, güneydeki karstik kaynaklar ve yağışlar ile beslenir. Güneydoğusundaki Beyşehir Kanalı ile Suğla Ovası sulanır ve Apa Barajı'na taşınan sular Çumra Ovası'nın sulama ihtiyacını karşılar.

Bu su kaynakları, bölgenin tarımsal üretimi ve su ihtiyacı için çok önemlidir ve sürdürülebilir kullanımı bölgenin kalkınması ve refahı için hayati önem taşımaktadır.

Beyşehir Gölü, Türkiye'nin en büyük göllerinden biridir ve suyunun beslenmesi çeşitli kaynaklardan gelmektedir. Başlıca besleyici kaynaklar arasında yağış, akarsular ve yeraltı suları bulunmaktadır. Gökpınar, Çavuşçu, Kavşak, Çarşamba ve Taşağıl gibi akarsular, göle önemli miktarda su taşıırken, bazı çaylar ve dereler mevsimsel olarak su taşıyarak göle katkıda bulunur. Ayrıca, yeraltı suları da göle doğrudan veya akarsular aracılığıyla su sağlar. Doğrudan yağışlar da gölü besleyen önemli bir kaynaktır ve yağmur miktarı göl seviyesini etkileyerek göl hacmini artırır. Bu farklı su kaynaklarının birleşimi, Beyşehir Gölü'nün ekosistemi ve su dengesi üzerinde kritik bir rol oynar. Ancak, göldeki su seviyesi ve kalitesi hem çevresel faktörlerin hem de insan etkisinin bir sonucudur ve bu nedenle dengeli bir şekilde korunması ve yönetilmesi gerekmektedir.

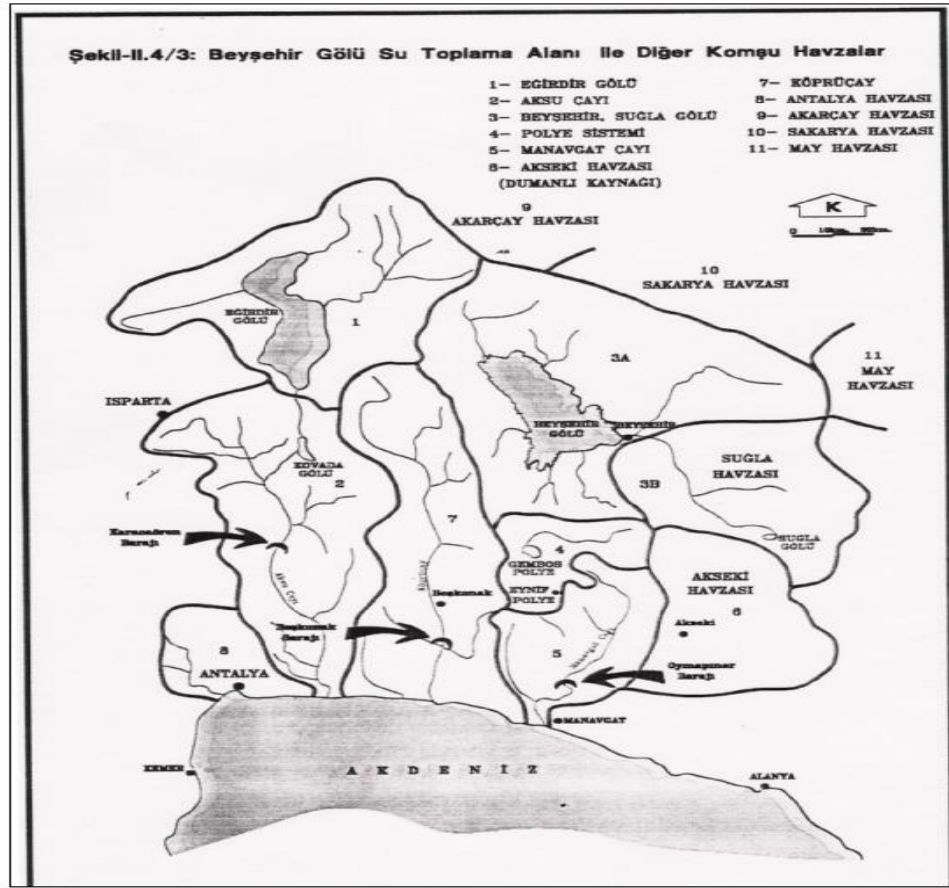
Beyşehir Gölü, Sultandağları ve Anamas Dağları'ndan gelen dereler, yeraltı suları ve yağışlar ile beslenirken, sulama, tahliye, buharlaşma ve karstik kaçaklar ile su kaybeder. Gölün doğal deşarj noktası Beyşehir Çayı'dır. 1914 yılında göl çıkışına inşa edilen regülatör ile göl seviyesi kontrol altında tutulmakta ve tatlı su rezervi olarak kullanılmaktadır. Su dengesinin korunması için beslenme ve boşalım unsurları arasındaki dengeyi korumak önemlidir. Bu amaçla sulamada verimli sulama tekniklerinin kullanılması, göl yüzeyindeki buharlaşmayı azaltmaya yönelik çalışmalar yapılması ve karstik kaçakların önlenmesi için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir (Soyaslan ve diğ. 2018).

2.7.1. Beyşehir Havzası'ndaki yüzey su kaynakları

Beyşehir Gölü, Sultan Dağları ve Anamas Dağları'ndan gelen dereler, yeraltı suları ve yağışlar ile beslenirken, sulama, tahliye, buharlaşma ve karstik kaçaklar ile su kaybeder. Gölün doğal deşarj noktası Beyşehir Çayı'dır. 1914 yılında göl çıkışına inşa edilen regülatör ile göl seviyesi kontrol altında tutulmakta ve tatlı su rezervi olarak kullanılmaktadır. Su dengesinin korunması için beslenme ve boşaltım unsurları arasındaki dengeyi korumak önemlidir. Bu amaçla sulamada verimli sulama tekniklerinin kullanılması, göl yüzeyindeki buharlaşmayı azaltmaya yönelik çalışmalar

yapılması ve karstik kaçakların önlenmesi için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Beyşehir Gölü'nü besleyen havzalar Şekil 2.6' de gösterilmiştir (Tüstaş 1999).



Şekil 2.6. Beyşehir Gölü Su Toplama Alanı'nın komşu havzalarla ilişkisi (Tüstaş, 1999)

Beyşehir Gölü, 27 adet çay ve dere ile beslenmektedir. Bu çay ve derelerin birçoğu mevsimsel akış gösterirken, bir kısmı da yıl boyunca su taşır. Farklı büyüklükteki bu çay ve dereler, 9 ayrı alt havzada toplanarak göle ulaşır. Bu sayede göl, sürekli ve dengeli bir şekilde beslenebilmektedir. Gölün beslenmesine katkıda bulunan bu çay ve derelerin korunması ve sürdürülebilir kullanımı, gölün geleceği için kritik önem taşımaktadır. Beyşehir Gölü'ne su taşıyan dereler ve çayların havza alanları Çizelge 2.2'de ve Çizelge 2.3'de sunulmuştur (Tüstaş, 1999).

Beyşehir Gölü, 9 farklı alt havzadan beslenmektedir. Her alt havza kendine özgü coğrafi ve hidrolojik özelliklere sahiptir ve gölün su dengesinin korunması için kritik önem taşımaktadır. Bu alt havzalar şunlardır:

- **Beyşehir-Suğla Ara Havzası:** Gölün kuzeydoğusunda yer alan ve en fazla su sağlayan havzadır. Soğuksu Çayı ve diğer dereler bu havzada yer alır.
- **Karadiken Havzası:** Gölün kuzeybatısında yer alan en küçük havzadır. Karadiken Çayı ve diğer küçük dereler bu havzada yer alır.
- **Üstünler Havzası:** Gölün kuzeydoğusunda yer alan bu havza, Üstünler Çayı ve diğer dereler tarafından beslenir.
- **Soğuksu-Yeşildağ Havzası:** Gölün kuzeyinde yer alan bu havza, Soğuksu Çayı ve diğer dereler tarafından beslenir.
- **Yenişarbademli Havzası:** Gölün kuzeybatısında yer alan bu havza, Yenişarbademli Çayı ve diğer dereler tarafından beslenir.
- **Gedikli Havzası:** Gölün batısında yer alan bu havza, Gedikli Çayı ve diğer dereler tarafından beslenir.
- **Şarkikaraağaç Havzası:** Gölün güneybatısında yer alan bu havza, Şarkikaraağaç Çayı ve diğer dereler tarafından beslenir.
- **Kireli Havzası:** Gölün güneydoğusunda yer alan bu havza, Kireli Çayı ve diğer dereler tarafından beslenir.
- **Sarısu Havzası:** Gölün güneyinde yer alan bu havza, Sarısu Çayı ve diğer dereler tarafından beslenir.

Çizelge 2.2. Beyşehir Gölü'ne su taşıyan dereler ve çayların havza alanları (Tüstaş, 1999)

Dere Adı	Drenaj Alanı (km ²)
Gedikli	252.8
Şarkikaraağaç	570
Yenişarbademli	265
Soğuksu-Yeşildağ	459.3
Üstünler	168.8
Karadiken	77.7
Sarısu	1056.4
Kireli	505.5
Toplam	3356.1

2.7.2. Beyşehir Gölü yeraltı su kaynakları

Yeraltı su kaynaklarının yüzey su kaynaklarına göre daha ağır hareket etmesi, yeraltı suyu rezervlerinin oluşmasına katkıda bulunur. Beyşehir Gölü'nün yüzey suyu toplama alanındaki yeraltı suları, jeolojik, hidrojeolojik ve tektonik farklılıklar nedeniyle Batı Toroslarda bulunan diğer karstik bölgelerdeki yeraltı sularından farklı bir drenaj yapısına sahiptir. Bu drenaj alanı, yüzey sularından oldukça farklıdır. Beyşehir Gölü'nün yeraltı suyu drenaj alanı, güneyden Gembos ve Eynif polyelerini içerir ve Manavgat ile Köprüçay havzalarına kadar ilerler. Uzanan bu alan, Suğla Ovası ile Akseki Havzası gibi diğer bölgeleri de içine alabilir. Bu sebepten, drenaj yapısı ve jeolojik özellikler, Beyşehir Gölü'nün yeraltı suyunun su toplama alanının, yüzeysel su toplama alanından en az 2-3 kat daha fazla olmasına neden olmaktadır. Bu durum, gölün su dengesinin korunmasında ve kurak dönemlerde gölün beslenmesinde yeraltı sularının kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Havzada çeşitli debi ve özelliklere sahip kaynaklar yer alır. Jura dönemi kireçtaşı formasyonunda 10 m³/sn debiye sahip kaynaklar bulunmaktadır. Bu karstik kaynakların debileri zamanla, yağış miktarına ve yeraltı suyu seviyelerine bağlı olarak dalgalanmalar olur. Bu durum, Beyşehir Gölü havzasındaki yeraltı suyu kaynaklarının çeşitliliğini ve dinamiklerini gösterir.

Havzadaki akarsuların kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı ve doğudan gelmesine rağmen göle bol miktarda taşıdığı tortuların nedeni, bu bölgedeki akarsular için belirleyici olan faktör, yeraltı su kaynaklarının katkılarının yoğunluğudur. Batı ve güneydeki akarsuların drenaj yapısı, karstik arazi, yeraltı suyu akışı, bitki örtüsü ve fay hatları gibi faktörlerin etkisiyle şekillenmektedir. Bu faktörlerin bir araya gelmesi, bu akarsuların yüksek debili olmalarına rağmen göle tortu getirmemelerini sağlar.

Batı-doğu hattının güneyinde yer alan, göl içinde veya göl sularının çekilmesi sonucunda gözlenemeyen birçok düden ve estavelle bulunmaktadır. Bu düdenler ve estavelleler, bölgedeki fay ve kırık hatları boyunca göl suları, karstik kireç taşları aracılığıyla güneydeki komşu havzalara drenaj sağlamaktadır.

Beyşehir Gölü, güney tarafı ile güneydoğu tarafında delik olan büyük bir havuza benzetilebilir. Gölün su tutabilmesi birkaç faktöre dayanır. Öncelikle, yüzey suları ile birlikte yeraltı sularının da büyük oranda göle su sağlaması bakımından önemlidir. Bunun yanı sıra, göl tabanı özellikleri de suyun tutulmasını etkiler. Özellikle gölün

kuzeyinde ve kuzeydoğusundaki Sultan Dağları'nın geçirimsiz kayaçlarından gelen ince yapılı killeri, göl tabanını kaplayarak suyun tutulmasına yardımcı olur. Ayrıca, havzanın yeraltı suyu drenaj alanının, karstik kanalların boşalım sahalarına göre daha az gelişmiş olması da önemlidir. Bu durumda, yeraltı suyunun göle yönlendirilmesi ve suyun gölde tutulması sağlanır. Bu faktörlerin bir araya gelmesiyle, Beyşehir Gölü'nün su tutma kapasitesi artar ve bataklık olma riski azalır. Aksi takdirde, gölün bulunduğu alan, çevresindeki bataklıklarla benzer özelliklere sahip olabilir veya su tutma açısından farklılık gösterebilirdi.

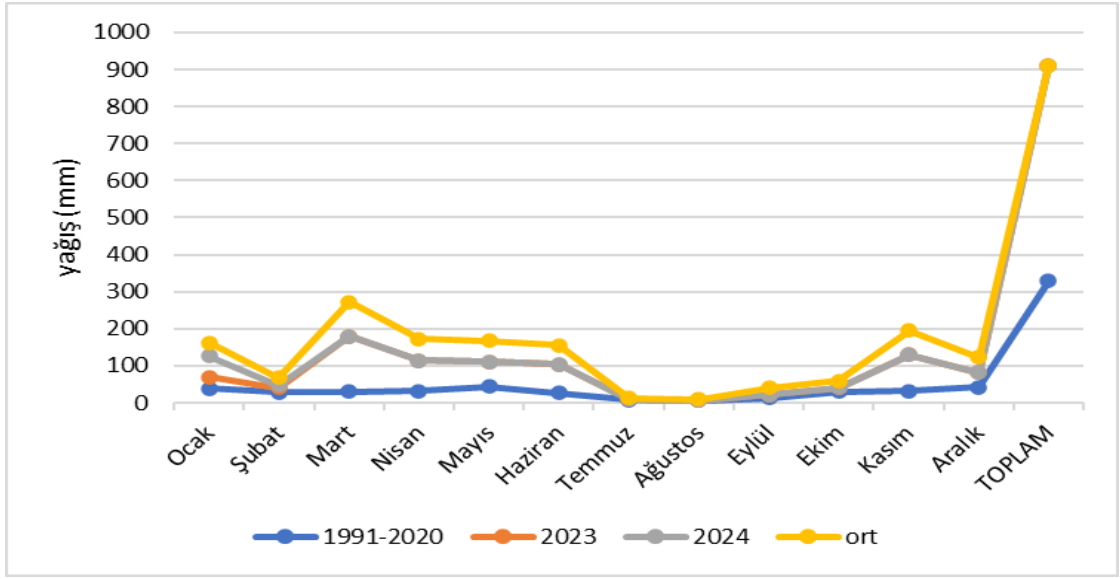
2.8. Beyşehir Gölü'nün Yağış Verileri

Gölün çevresindeki yağışlar, gölün su rejimini önemli ölçüde etkileyen faktörlerden biri olduğundan Göl havzası genellikle Akdeniz iklim kuşağında yer alır ve bundan dolayı genellikle yağışlar mevsimseldir. Kış aylarında genellikle yoğun yağışlar görülürken, yaz aylarında yağış miktarları azalma eğilimindedir. Kış aylarında yağışlar genellikle kar şeklinde olup, bu kar eriyerek gölü besleyen akarsuların debisini artırır. Yaz aylarında ise yağış miktarı azalır ve göl seviyesi genellikle düşer. Ancak, bazı yıllar kuraklık yaşandığı için göl seviyesinde belirgin bir düşüşe neden olabilir. Beyşehir Gölü havzasındaki yağışlar, göl ekosistemi, su seviyesi ve su kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, yağışların düzenli olarak izlenmesi ve yönetilmesi, göl ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından önemlidir.

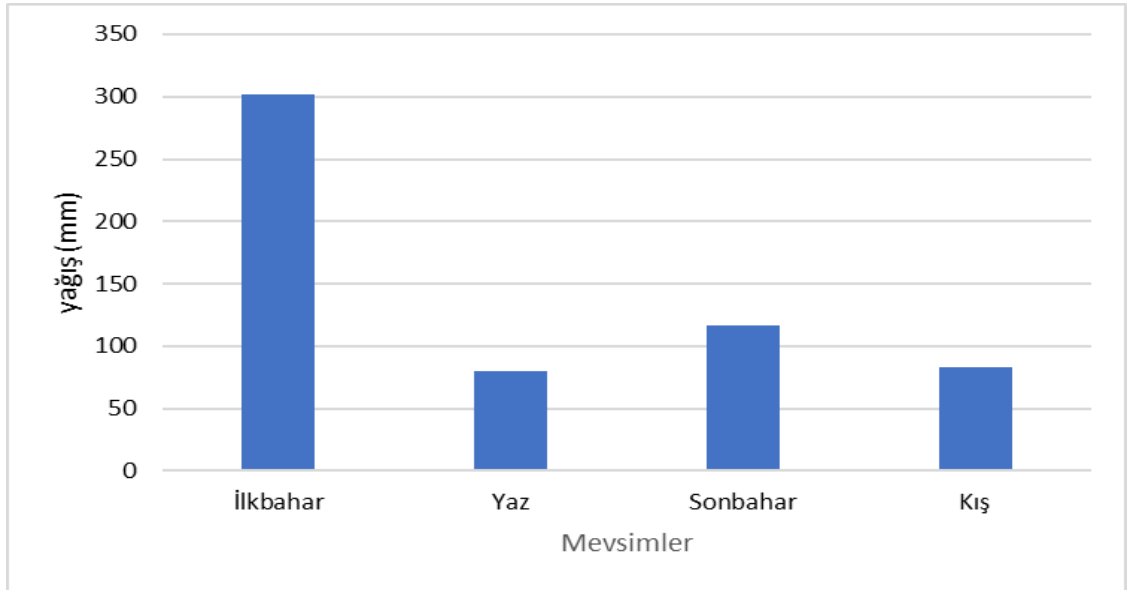
Beyşehir Gölü Havzası istasyonundan alınan veriler Çizelge 2.3'de verilmiştir. Beyşehir Göl istasyonundaki ölçülen veriler 1991-2020 yılına kadar olan ortalama veriler ve 2023 yılı güncel veriler temin edilmiştir. Şekil 2.7'de Beyşehir Gölü Havzası'nın yıllara göre yağış değerlerinin grafik gösterimi verilmektedir. Grafikte yağışın büyük ölçüde Kış ve İlkbahar aylarında gerçekleştiği görülmektedir. Ancak Kış aylarında düşen yağışın İlkbahar aylarında düşen yağışa göre daha fazladır. Şekil 2.8'de Kış aylarında düşen toplam yağış miktarı 83,6 mm iken İlkbahar aylarında düşen toplam yağış miktarı 301,6 mm'dir. Sonbahar aylarında ise; Eylül ve Ekim yağış verileri azalma eğilimi gösterirken Kasım ayında ki yağış oranının artışıyla Sonbaharda ki toplam yağış verisi 116,6 mm olarak göstermektedir. Yaz aylarında yağış verileri azalma eğilimi göstererek toplam yağış verisi 79,8 mm olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.3. Beyşehir istasyonu aylık yağış verileri. (Konya Meteoroloji İl Müd.2024)

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1991-2020	38.1	28.8	29.7	31.8	43.4	26.2	7.6	6.3	13.4	29.6	32.2	42.6
2023	32.2	12.4	150.6	82.8	68.2	77.8	1.6	0.4	8.6	10.4	97.6	39
2024	56.6	6.4										



Şekil 2.7. Beyşehir Gölü Havzası yıllara göre yağış değerleri



Şekil 2.8. Beyşehir Gölü Havzası 2023 yılı aylık ortalama yağış değerleri

2.9. Beyşehir Gölü'nün Sorunları

Beyşehir Gölü Havzası, çeşitli çevresel sorunlarla karşı karşıyadır. Bunlar arasında su kirliliği önemli bir yer tutmaktadır. Yerleşimlerden ve sanayi tesislerinden gelen atık suların arıtılmadan göle deşarj edilmesi, su kalitesini olumsuz etkileyerek hem insan sağlığını hem de ekosistemi tehdit etmektedir. Ayrıca, tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bu bölgede tarım ilaçları ve gübrelerin kullanımı da su kaynaklarının kirlenmesine yol açmaktadır. İklim değişikliği ve insan faaliyetleri sonucu su seviyesinin düşmesi, göl ekosistemine zarar verebilir ve yaşam alanlarını azaltabilir. Bu sorunlar, göl ekosisteminin dengesini bozabilir ve turizm potansiyelini de olumsuz etkileyebilir. Sorunların çözümü için atık su arıtma tesislerinin kurulması, sürdürülebilir tarım yöntemlerinin teşvik edilmesi ve çevre koruma projelerinin hayata geçirilmesi gibi adımlar atılmalıdır. Ayrıca, toplumun çevre bilincinin artırılması ve katılımcı bir yaklaşımla çözüm süreçlerine dahil edilmesi de önemlidir.

Dünya'nın yüzeyinin 2/3'ü su ile kaplı olmasına rağmen, canlıların ihtiyaçlarını karşılayacak kullanılabilir su miktarı oldukça sınırlıdır. Dünya nüfusunun %70'i deniz kıyılarında yaşamakta iken bazı nüfuslar nehir vadileri ile göl kıyılarına yerleşmektedir. Bu bölgelere yerleşen toplumlar, sulak alanları, düz arazilerin yüksek üretim potansiyelinin sağladığı avantajları fark etmişler ve sulak alanlar, sahip oldukları değerler sebebiyle tarih boyunca gelişme ve kalkınma planlarında önemli bir rol oynamıştır. Ancak endüstriyel faaliyetler, kentsel genişleme ve tarım alanlarının artması gibi nedenlerle bu alanlar kurutulmuş, kirlenilmiş ve kaynaklar aşırı kullanılmıştır.

Tüstaş Gölün sorunlarını aşağıda değerlendirmiştir (Tüstaş, 1999).

➤ Gölle atıksu deşarj

Beyşehir Gölü çevresindeki yerleşim yerleri ve sanayi tesislerinden kaynaklanan atıksuların arıtılmadan göle deşarj edilmesi, gölün ekolojik dengesini ve su kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu durum, Gavursazlığı, Sarıkabalı, Şarkikaraağaç, Tolca-Kıyakede ve Kuşluca gibi kıyı bölgelerinde atık suların deşarj edilmesi nedeniyle su kirliliğine yol açarak sazlık ve kamışlık alanların yok olmasına, biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve kıyı şeridinin estetik değerinin bozulmasına neden olmaktadır.

Atık sularla taşınan inorganik maddeler ve besin tuzları, gölde aşırı alg patlamalarına, suyun oksijen seviyesinin düşmesine ve balık ölümlerine yol açarak ekolojik dengeyi bozmaktadır. Kirli su, göldeki canlılar için yaşam ortamını olumsuz etkilemekte ve insan kullanımı için de uygun hale gelmemektedir. Ağır metaller ve diğer toksik maddeler göldeki balık ve diğer canlılarda birikerek gıda zinciri boyunca ilerlemekte ve insan sağlığını da riske atmaktadır. Besin dengesinin bozulması balık popülasyonlarını ve diğer canlıları olumsuz etkileyerek balıkçılık ve rekreasyonel kullanımı sınırlamaktadır.

➤ Gölden su çekilmesi

Beyşehir Gölü, tatlı su olması nedeniyle uzun yıllardır içme suyu ve sulama suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu kullanımın tarihi örneklerinden biri, Osmanlı İmparatorluğu tarafından 1914 yılında Konya Ovası'nın sulanması amacıyla inşa edilen Çarşamba Kanalı'dır. Bunun yanı sıra, yüzyıllardır süregelen geleneksel sulama yöntemleriyle kısa mesafelerde su çekimi de yaygın olarak gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, havza genelinde sıkça rastlanan ve uzun yıllar yararlanılan bu kuyular aracılığıyla da tarımda sulama suyu olarak faydalanılmaktadır. Ancak, 1987'den beri Devlet Su İşleri (DSİ) ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından devam ettirilen sulama projeleri ile göl suyundan düzenli su çekimi artmıştır.

Beyşehir Gölü'nün su seviyesinin aşırı düşmesi, tarımsal sulama, içme suyu ihtiyacı, kireçtaşı kayalıklarda oluşan çatlaklar, kuraklık ve yoğun balıkçılık faaliyetleri gibi birbiriyle bağlantılı birçok faktörün bir araya gelmesiyle oluşan karmaşık bir sorundur. Bu durum, balıkçılığı, biyolojik çeşitliliği, kıyısız alanları ve gölün estetik değerini olumsuz etkilemektedir.

Sorunun çözümü için sulamada kullanılan suyun daha etkin kullanımı, yeraltı su kaynaklarının korunması, atık su arıtma tesislerinin kurulması ve işletilmesi, göl kıyılarındaki yerleşim yerlerinin ve sanayi tesislerinin sıkı denetime tabi tutulması ve gölün ekolojik dengesinin korunmasına yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bu konuda tüm paydaşların iş birliği ve ortak çabası büyük önem taşımaktadır (Tüstaş, 1999).

➤ **Dip florasındaki artış**

Beyşehir Gölü'nde son yıllarda tarım ilaçları, evsel atıklar, erozyon ve balık türlerindeki değişimler gibi çeşitli faktörlerden dolayı aşırı otlama problemi yaşanmaktadır. Ortalama derinliği 5 metre olan gölde bu bitkiler su yüzeyine kadar yükselerek küçük balıklar için korunak sağlarken, gölün sedimantasyon hızını da artırmaktadır. Bu durum, gölün yaşlanma sürecini hızlandırarak gölün ekolojik dengesini ve içinde barındırdığı canlıları olumsuz etkileyebilir.

Çözüm olarak kaynak kirliliğinin önlenmesi, erozyon kontrolü, balıkçılık faaliyetlerinin düzenlenmesi ve ot temizliği gibi çok yönlü çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bu konuda tüm paydaşların iş birliği ve ortak çabası büyük önem taşımaktadır.

➤ **Farklı balık türünün aşılması**

1978 yılında Beyşehir Gölü'ne yapılan sudak balığı aşılması, gölün ekolojik dengesini alt üst ederek biyolojik çeşitliliği yok olma noktasına getirmiştir. 1973 yılında ilk kez göle bırakılan sudak balığı, 1977-1978 yıllarında yoğun bir şekilde aşılmıştır. Bu aşılama sırasında gölde 9 adet tabii balık türü bulunmaktaydı. Fakat 1980 yılından sonra göldeki dominant balık türü sudak balığı olmuş ve sudak balığı, göldeki diğer balık türlerini avlayarak yok olma noktasına getirmiştir. Bu durum, sazan, kerevit, alabalık, yeşilbaş, kızılkanat, akkanat, çipura, barbun ve sırçalan gibi gölün özgü balık türlerinin yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmasına neden olmuştur. Sudak balığı aşılması, Beyşehir Gölü'nün ekolojik dengesini bozmuş ve göldeki biyolojik çeşitliliği tehlikeye atmıştır. Bu durumun önüne geçmek için sudak balığı popülasyonunun kontrol altına alınması ve göldeki habitatların iyileştirilmesi için acil önlemler alınması gerekmektedir (Tüstaş 1999).

Beyşehir Gölü, sudak balığı aşılardan önce, kendi iç dinamiğiyle doğal bir ekosistem olan omnivor balık türlerine ev sahipliği yapmaktaydı. Ancak sudak balığının, carnivor bir tür olarak, bilinçsizce göle eklenmesi sonucunda doğal biyolojik yapısı bozularak sudak balığının yapısal özellikleri nedeniyle yeni çevresel sorunlar ortaya çıkmıştır.

➤ Denetimsiz saz kesimi

Beyşehir Gölü'nde denetimsiz saz kesimi, göl ekosistemi üzerinde ciddi olumsuz etkilere neden olabilen bir sorundur. Sazlıklar, sucul ekosistemin önemli bir parçasıdır ve su kuşları için doğal yaşam alanları sunar. Denetimsiz saz kesimi, sazlıkların kontrolsüz bir şekilde kesilmesi veya yok edilmesi anlamına gelir.

Denetimsiz saz kesimi şu olumsuz etkilere neden olabilir:

Ekosistem Bozulması: Sazlıklar, göl ekosistemindeki biyoçeşitliliği destekler. Sazlar, balık ve diğer su hayvanlarının üreme ve beslenme alanlarıdır. Denetimsiz saz kesimi, sucul yaşam için önemli olan bu habitatların azalmasına neden olabilir.

Su Kalitesi Sorunları: Sazlar, suyun temizlenmesine yardımcı olur ve göl suyunun kalitesini korur. Sazların kesilmesiyle birlikte, suyun kirlenme riski artabilir ve su kalitesi düşebilir.

Erozyon Riski: Sazlıklar, göl kıyılarını erozyondan korur. Sazların yok edilmesiyle birlikte, kıyı erozyonu artabilir ve göl çevresindeki toprak kaybı yaşanabilir.

Su Kuşları ve Diğer Canlılar için Tehlike: Sazlıklar, özellikle su kuşları için önemli üreme ve beslenme alanlarıdır. Denetimsiz saz kesimi, su kuşlarının popülasyonlarını olumsuz etkileyebilir ve türlerin yok olma riskini artırabilir.

➤ Bitkilerin sökülmesi

Havza bölgesi içinde, ekonomi yönünden ve sağlık bilimi açısından değerli bulunan geofitler (soğanlı bitkiler) yer alan bu bitkiler yurt dışına ihraç edilmektedir. Ancak, bu türlerin doğal olarak sökülmesi yapıldığında, popülasyonlarının fazla olmamasına rağmen aşırı sökülme gerçekleştirilmektedir. Bitki çeşitliliğinin yoğunluğuna göre sökülme miktarının çok olduğu gözlemlenmiştir. Bitki sökülmelerinin hızının artması sonucunda, 5 yıla kadar bu bitki türlerinin varlığı tehlikeye girebilir.

➤ Ağaçların kesilmesi

Havzada ağaç kesimi, doğal yaşam alanlarının ve ekosistemin dengesini ciddi şekilde etkileyebilecek bir faaliyettir. Ağaçların kontrolsüz bir şekilde kesilmesi veya yok edilmesi, birçok olumsuz sonuca yol açabilir. Öncelikle, ağaçlar havzanın biyolojik

çeşitliliği için son derece önemlidir. Ağaçlar, birçok canlı türü için yaşam alanı sağlar ve ekosistemin sağlıklı işleyişini destekler. Kontrolsüz ağaç kesimiyle birlikte, bu canlıların habitatları azalır ve türlerin yok olma riski artar.

Sonuç olarak, havzada kontrolsüz ağaç kesimi doğal yaşamı ve ekosistemi olumsuz etkileyebilir. Ağaçların sürdürülebilir yönetimi ve korunması, havzanın biyolojik çeşitliliğinin ve ekosisteminin sağlıklı kalması için önemlidir. Havza sakinlerinin ve yetkililerin bilinçlenmesi ve iş birliğiyle, ağaçların korunması ve sürdürülebilir kullanımı sağlanabilir.

➤ **Aşınma**

Aşınma, bitkilerin sökülme durumuna, arazinin eğimine ve toprak yapısına bağlı olarak arttığı bilinmektedir. Bu sebeple, özellikle yüksek eğime sahip bölgelerde orman alanlarının azaltılması, erozyonun ortaya çıkmasına veya artmasına neden olan faktörlerin başında gelmektedir. Havzanın batısında ve güneybatısında bulunan yüksek eğimli bölgelerde gerçekleştirilen ağaç kesimleri sonucunda yüzey toprağının kaybolduğu gözlemlenmektedir.

➤ **Tarım faaliyetleri**

Havzada gerçekleştirilen tarım faaliyetleri, bölgenin su kaynakları ve topraklarının sürdürülebilirliği üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu tarım faaliyetleri, su kaynaklarının kullanımı ve toprak yönetimi üzerinde doğrudan etki yapar. Öncelikle, sulama için kullanılan su miktarı havzadaki su dengesini etkileyebilir. Yoğun sulama uygulamaları su kaynaklarının azalmasına neden olabilir, bu da çevresel dengeyi bozabilir. Tarımsal sulama, su kaynaklarının etkin yönetilmesini gerektirir ve su tasarrufu önlemleri alınmalıdır. Ayrıca, tarım faaliyetleri toprak erozyonunu artırabilir. Tarım arazilerinin işlenmesi ve tarım ilaçlarının kullanımı, toprağın verimliliğini azaltabilir ve erozyona neden olabilir. Erozyon sonucunda, topraklarımızın verimliliği azalabilir ve su kaynaklarımız kirlenebilir.

Sonuç olarak, havzada yapılan tarım faaliyetleri, su kaynaklarının ve çevrenin sürdürülebilirliği açısından dikkatle yönetilmelidir. Sürdürülebilir tarım uygulamaları

benimsenmeli ve su kaynakları etkin bir şekilde korunmalıdır. Bu şekilde, tarım faaliyetlerinin çevresel etkileri minimize edilebilir ve ekosistemlerin sağılığı korunabilir.

➤ **Sulama kanalları**

Tarımsal sulama için inşa edilen sulama kanalları, Beyşehir Gölü'nün çevresindeki en önemli çevresel sorunlardan birini oluşturmaktadır. Bu kanallar aracılığıyla tarımsal faaliyetlerden gelen suların doğrudan göle ulaşması, gölün kirlenmesine yol açmaktadır. Ayrıca, kanal ağızlarının göle doğrudan açılması ve bu atıksuların herhangi bir arıtma işleminden geçirilmemesi, gölün katılım noktalarında belirgin bir kirliliğe sebep vermektedir.

➤ **Anızların yakılması**

Beyşehir Gölü havzasının kuzey ve kuzeydoğusunda yoğun tarım yapılmaktadır. Hasat sonrası, tarım arazilerinde anız yakma yaygın bir uygulamadır. Fakat bu uygulama, toprak kirliliğı, hava kirliliğı, biyolojik çeşitliliğın azalması ve erozyon gibi birçok soruna yol açmaktadır. Anız yakma uygulamasının yasaklanması ve alternatif anız yönetimi yöntemlerinin teşvik edilmesi gerekmektedir. Çiftçilere anız yakmanın zararları ve alternatif yöntemler hakkında eğitim verilmelidir.

Anız yakma uygulamasının önüne geçmek için tüm paydaşların iş birliğı ve ortak çabası büyük önem taşımaktadır. Bu konuda gerekli adımlar atılarak Beyşehir Gölü havzasının doğal dengesinin korunması ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesi sağlanmalıdır.

➤ **Halihazırdaki balıkçılık teknikleri**

Beyşehir Gölü'nde balık avcılığı, ağlar ya da paraketa ağları gibi yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Bunun yanı sıra, zıpkın ve elektroşok gibi yasak av yöntemlerinin kullanımı da mevcuttur. Balık avcılığı genellikle balıkların üreme döneminde, sazlık ve sığ alanlarda yapılmaktadır. Bu dönemde balıklar savunmasız olduklarından, avlanmaları daha kolay olmaktadır. Ancak bu yöntemlerin balık popülasyonları üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Özellikle elektroşok gibi

yöntemler, balıkların yanı sıra diğer su canlılarına da zarar verebilir. Bu nedenle, doğa ve su ekosistemlerinin korunması için sürdürülebilir avcılık yöntemlerinin tercih edilmesi önemlidir.

138.150 hektarlık genişliği ve doğal güzelliğiyle öne çıkan Beyşehir Gölü Havzası'nın önemli bir kısmı (%35,64) milli park statüsünde korunmaktadır. Ayrıca, 160.000 hektarlık alan ormanlarla kaplıdır. Ne yazık ki, bu koruma önlemlerine rağmen kaçak kara avcılığı hala yoğun bir şekilde devam etmektedir. Bu durum, milli parkın doğal dengesini bozmakta, yaban hayatına zarar vermekte ve nesli tükenmekte olan türleri yok olma riskine atmaktadır. Kaçak avcılığın önüne geçmek için milli parkın korunması ve gözetimi için gerekli adımlar atılmalı, avcılar ve avlanma faaliyetleri sıkı bir şekilde denetlenmelidir. Yerel halk bilinçlendirilmeli ve yasalara uymaları sağlanmalıdır. Beyşehir Gölü Havzası'nın doğal güzelliğini ve biyolojik çeşitliliğini korumak için tüm paydaşların iş birliği yapması büyük önem taşımaktadır. Kaçak avcılığın önüne geçmek için gerekli önlemler alınarak bu milli parkın gelecek nesiller için korunması sağlanmalıdır.

➤ **Kaçak yapılaşma**

Beyşehir Gölü kıyısı ile birlikte yakın çevresinde, izinsiz yapılaşma olduğu saptanmıştır. Göl, içme suyu rezervuarı olarak önem taşımakta ve kıyı kenar çizgisinin belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, bu alan milli park statüsüne sahip olduğundan kıyı kesiminde yapılaşmaya izin verilmemektedir. Bununla birlikte, göl kıyısında ruhsatsız olduğu belirtilen bazı yapılar bulunmaktadır. Benzer şekilde, göl kıyısında ve iç kesimlerinde resmî kurumlara ait inşaatlarda da benzer durumlar gözlemlenmiştir. Kıyıya çok yakın veya kıyı çizgisinden başlayarak devam eden yapılaşma alanları oluşturulması, çevre problemlerini artırabilir. Bu sorunlar arasında doğal kıyıların ve çevrenin tahrip edilmesi ile altyapı kaynaklı kirlilik öne çıkmaktadır.

➤ **Aktif rekreasyonel faaliyetler**

Bu bölgenin sosyal özelliklerinin yanında yerel halkın kültürlerine ilişkin, çeşitli rekreasyon ve sosyal etkinlikler için uygun bir zemin oluşturmaktadır. Bilhassa tatil günlerinde, rekreasyonel faaliyetlerin arttığı gözlemlenmektedir. Ancak, havza alanı

içerisinde düzenlenmiş günübirlik alanlarının sayısı oldukça sınırlıdır. Kızıldağ Milli Parkı'nda bulunan dinlenme alanları, yaz mevsimine rastlayan günlerde çadır kampı etkinliklerinin yapıldığı belirlenmiştir. Bu alanlarda hizmet altyapısı bulunmasına rağmen, yoğun talep nedeniyle kapasite aşımı yaşanmakta ve bu durum çevre tahribatına yol açabilmektedir.

2.10. Beyşehir Gölü'ndeki Kirlilik Kaynakları

Beyşehir havzasında çevresel kirlilik kaynakları, yerleşim yerlerinin atıksuları ve büyüklükleri farklı olan sanayi tesislerinin atıksularıdır. Havza alanındaki belediyelerin tamamının kanalizasyon sistemleri bulunmaktadır ve bazılarının kanalizasyon sistemleri inşa aşamasındadır. Ancak, atıksu arıtma tesisi bulunan tek belediye Beyşehir Belediyesi'dir; diğer belediyeler ise çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Bazı belediyeler kendi içlerinde bu sorunları çözmeye çalışırken, diğerleri ise ortak atıksu arıtma metotlarının yanında farklı alternatifler üretmek üzere iş birliği yapmaktadır.

Sanayi tesisleri, havzadaki noktasal kirlilik kaynaklarının önemli bir bölümünü oluşturur. Bu tesisler arasında silah sanayisinde kullanılan krom kaplama tesisleri, süt işleme tesisleri, tekstil imalat fabrikaları, balık işleme fabrikaları ve mezbahalar bulunmaktadır. Bazı krom kaplama atölyeleri, balık işleme tesisleri ve tekstil fabrikaları gibi işletmelerde atıksu arıtma tesisleri bulunmaktadır. Ancak, diğer tesislerin atıksu arıtımı için çeşitli yöntemler bulunmamaktadır. Mevcut işletmelerdeki atıksu arıtım tesislerinin ise işletme problemleri yaşadığı bilinmektedir. Sorunlu şekilde işletilen atıksu arıtma tesislerinde işlenen atıksular, dolaylı veya doğrudan Beyşehir Gölü'ne varmaktadır. Göle yönlendirilen yetersiz arıtılmış ya da hiç arıtılmamış atık sular, gölde kirliliğe neden olabilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

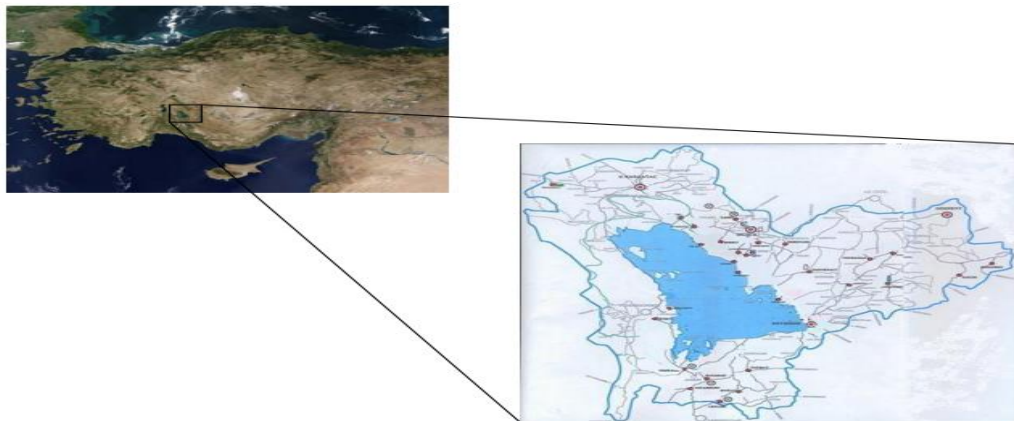
Arazi çalışmaları kapsamında, Beyşehir Havzası'nda bulunan Beyşehir Gölü sularından numuneler alınmış ve bu numunelerin ağır metal analizleri Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.1. Beyşehir Gölü Su Kalitesi ve Ağır Metal Analizleri

3.1.1. Çalışma Alanı

İç Anadolu Bölgesi'nin batısına yakın bir konumda bulunan bölge, Isparta ile Beyşehir arasındadır. Sultan Dağları, bölgeyi İç Anadolu Bölgesi'nden ayırır ve yaklaşık olarak 100 km uzunluğundadır. Bu dağlar aynı zamanda Eğirdir ve Akşehir Gölü ile Beyşehir Gölü havzalarının su bölümü çizgisini oluşturur.

Suğla ve Beyşehir gölleri arasında bulunan Seydişehir-Beyşehir çöküntü oluşunun doğusundaki dağlar, Sultan Dağları, Göl Dağları, Geyik Dağları ve Batı Torosların iç koludur. Gölün batı kıyıları yüksek ve dik bir yapıya sahiptir; bu bölgede eğimin azaldığı bölgelerde ise Yenişar Ovası yer almaktadır. Doğu ve güney kıyıları ise daha alçak bir yapıya sahiptir. Hafif eğimli olan bu kıyıların arkasında, batı yönünde Yeşildağ ve doğu yönünde Kireli ovası uzanmaktadır. Gölün konumu ve çalışması yapılan göl sırasıyla Şekil 3.1.'de ve Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Beyşehir Gölü Havzası'nın coğrafi konumu



Şekil 3.2. Göl çalışma alanı

3.1.2. Numune Alma İstasyonları

➤ Su Numunesi Alma

Numune alınan noktalar, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre belirlenmiş ve numuneler, tebliğ de belirtilen şekilde alınmıştır.

Su örnekleri; sonbahar, kış ve ilkbahar olarak mevsimsel izleme amacıyla göle deşarj yapılan nokta ve gölü temsil edecek şekilde gölün ortasından seçilen ikinci bir noktadan numune alınan noktaların koordinatları GPS cihazından yararlanılarak belirlenmiştir.

Gölün kıyısından ve göl içinden alınan numune noktalarının yerleri ve noktaların koordinatları Şekil 3.3 ve Tablo 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Numune alınan noktalar

Tablo 3.1. Göldeki ölçüm istasyonlarına ait UTM D 6° WGS 84 koordinatları

İstasyonlar	Koordinatlar
1.İstasyon (Büyük Köprü Çay Girişi)	K 37° 37' 3765"- D 31° 32' 2647"
2.İstasyon (Gölün Orta Noktası)	K 37° 42' 4284"- D 31° 31' 822"

Akarsuların denizlere döküldüğü noktalardan alınan numuneler, +4°C'de muhafaza edilen 2 litrelik polipropilen şişelerde laboratuvara götürülmüştür. Seçilen bu noktalardan alınan su örneklerinde yerinde yapılması gereken ölçüm parametreleri belirlenmiştir. Numuneleri yerinde ölçülürken çekilen bir fotoğraflar Şekil 3.4 ve Şekil 3.5' de sunulmuştur.



Şekil 3.4. Göl suyu numunesinin yerinde ölçülmesi



Şekil 3.5. Göl suyu numunesinin yerinde ölçülmesi

Gölden alınan numunelerin yerinde ölçüm gerektiren parametreleri, Şekil 3.6'da gösterildiği şekilde ölçülmüş ve ardından Şekil 3.7'de görülen numune kaplarına konularak laboratuvara ulaştırılmıştır.



Şekil 3.6. Göl suyu numunesinin yerinde ölçülmesi



Şekil 3.7. Göl suyunun konulduğu numune kapları

➤ **Çamur (Sediment) Numunesi Alma**

Beyşehir Gölü'nün sediment kalitesine bakılmak amacıyla, sonbahar döneminde iki noktadan alınan çamur numunesi, numune kaplarına alınarak Standart Metotlarda belirtilen saklama şekillerine uygun bir şekilde (soğutucu taşıma kapları, asitlendirme vb.) laboratuvara götürülmüştür (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Göl suyunun konulduğu numune kapları

3.1.3. Gölde Su Numunesi Alınması

Göl suyu numunelerinin temin şekli, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine ek olarak yayımlanan kapsamında çıkarılan Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliğine göre gerçekleştirilmiştir.

Tebliğe göre su numunesi alınması;

Numune Alma Noktasının Belirlenmesi: Numune alınacak gölde, temsilci ve belirli bir nokta seçilir. Bu nokta, gölün genel özelliklerini ve su kalitesini en iyi yansıtan bir alan olmalıdır.

Numune Alma Ekipmanlarının Hazırlanması: Numune alımı için uygun ekipmanlar temin edilmelidir. Bunlar arasında steril su numune kapları, ölçüm cihazları (pH metre, termometre vb.) ve numune alma aparatları bulunabilir.

Numune Alma İşlemi:

- Numune alma noktasına gidilir ve numune alımı için uygun koşullar değerlendirilir.
- Numune alma aparatı (genellikle numune şişesi veya pompa) ile su derinliğine bağlı olarak yeterli miktarda su numunesi alınır. Numunenin yüzeyde kalan materyallerden (örneğin, yosunlar veya diğer tortular) etkilenmemesi için dikkatli edildi.
- Numune alınırken temsilci bir su örneği elde etmek için daldırma tekniği veya yüzeydeki suyu almak için özel yöntemler kullanıldı.

Numunenin Saklanması ve Taşınması: Numune alındıktan sonra, kapakları sıkıca kapatılmalı ve numunenin analiz laboratuvarına taşınması için uygun koşullarda saklanmalıdır. Genellikle, numuneler buz dolabında veya soğuk taşıma konteynerinde muhafaza edilir.

Analiz için Laboratuvara Gönderme: Numune, belirlenen analizler için uygun bir laboratuvara gönderilir. Su kalitesini belirlemek için genellikle pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen ve iletkenlik gibi parametreler 2 set halinde analiz edildi.

Numune alımı ve analizi, su kalitesinin izlenmesi ve göl ekosisteminin sağlığı hakkında bilgi edinilmesi için önemli bir adımdır. Bu işlemler sırasında hijyen kurallarına dikkat edilmeli ve numunenin doğru şekilde temsil edici olduğundan emin olunmalıdır.

3.1.4. Analiz Metotlar

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine uygun alınan numuneler laboratuvara ulaştırıldıktan sonra, Çizelge 3.1’de belirtilen yöntemler doğrultusunda ölçümleri ve analizleri yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan parametreler ve ölçüm yöntemleri

Parametre	Kullanılan Metotlar
Sıcaklık (T)	WTW Multiparameter 340i
Çözülmüş oksijen (ÇO)	WTW Multiparameter 340i
pH	WTW Multiparameter 340i
İletkenlik (EC)	WTW Multiparameter 340i
Demir (Fe), Alüminyum (Al), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Mangan (Mn), Arsenik (As), Gümüş (Ag) ve Çinko (Zn)	ICP OES OPTİMA 2100 DV

WTW Multiparametre 340i, su kalitesinin çeşitli parametrelerini ölçmek için kullanılan bir cihazdır. Bu cihaz, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini belirlemek için bir dizi sensörü bir araya getirir. Ölçülen parametreler arasında sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve çözülmüş oksijen seviyesini belirlemek için bu cihaz kullanılmıştır. Bu parametreler, suyun kullanım amaçlarına ve kalitesine ilişkin önemli bilgileri verir. Özellikle çevresel çalışmalar, su arıtma tesisleri, akarsu izleme ve su arıtma gibi çeşitli uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. WTW Multiparametre 340i

ICP-OES cihazı ile metal tayini, Endüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES), eser elementlerin analizinde yaygın olarak kullanılan hassas ve çok yönlü bir tekniktir. Numune yaklaşık 6000-10000°C sıcaklıktaki plazmaya

püskürtülür, atomlar uyarılır ve emisyonları ölçülür. ICP-OES, yüksek hassasiyeti, çok yönlülüğü, hızlılığı ve az numune ihtiyacı gibi birçok avantaja sahiptir. Çevre, gıda, endüstri, metalurji, jeoloji ve tıp gibi birçok alanda eser elementlerin analizinde kullanılır.

Sıvı ve gaz numuneler direk ölçülürken, katı numuneler ise ekstraksiyon ya da parçalama işlemi gerekmektedir. Tarım ürünleri, gıda ürünleri, canlı doku numuneleri, jeolojik ve çevresel numuneler ile su numuneleri gibi çeşitli örneklerde iz elementlerin analizini yapmak mümkündür. Cihazın tespit sınırları, uygulamaya ve numune matrisine bağlı olarak değişmektedir; ancak genellikle ppb-ppm seviyelerindedir. İçme suyu, atıksu, deniz suyu, arıtma çamuru, atık yağ, atık, organik atık ve toprak gibi numunelerde metal analizleri yapılır. Bu analizler, alüminyum, antimon, arsenik, baryum, berilyum, bizmut, bor, kadmiyum, kalsiyum, krom, kobalt, bakır, demir, kurşun, magnezyum, mangan, cıva, lityum, potasyum, fosfor, molibden, nikel, selenyum, gümüş, sodyum, stronsiyum, silisyum, talyum, titanyum, kalay, çinko, vanadyum, altın, kükürt, uranyum, platin ve paladyum gibi 75'ten fazla metalin analizinde kullanılan hassas ve çok yönlü bir yöntemdir. Bu analiz yöntemi, ICP-OES (Endüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi) ölçüm aleti kullanılarak gerçekleştirilir ve validasyon hesapları ile belirsizlik değerlerini içerir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. ICP OES OPTİMA 2100 DV

3.1.5. ICP OES Cihazı ile Metal Tayini

Göl suyundan alınan numuneler, Al, As, Cu, Cr, Zn, Fe, Cd, Ag, Mn ve Ni gibi ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemek için laboratuvarında analiz edildi. Analizler, uluslararası standartlara uygun yöntemler kullanılarak gerçekleştirildi.

Numunelerin hazırlanmasında Merck tarafından üretilen analitik saflıkta kimyasallar kullanıldı. Ağır metal analiz sonuçları Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (İLTEK) laboratuvarında Standart Metot 3120 B yöntemine göre ICP-OES cihazı ile gerçekleştirildi.



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Yerinde Yapılan Analizler

Beyşehir Gölü'nde, 2023 ve 2024 yıllarının Sonbahar, Kış ve İlkbahar mevsimlerinde üç ayrı dönemde incelenen göl suyu, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin öngördüğü Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği'ne göre uygulanan yöntemler doğrultusunda incelenmiştir. Su numuneleri, uygun saklama koşullarında göle yapılan deşarj noktasından ve gölün genelini temsil eden noktadan alınmıştır. Yerinde analiz gerektiren parametreler bu numuneler üzerinde ölçülmüştür.

Yerinde ölçüm gerektiren parametreler;

- sıcaklık,
- pH,
- çözünmüş oksijen
- iletkenlik

Numune alma noktalarında, alınan su kalitesi parametreleri WTW marka Multiparametre 340i cihazı kullanılarak tespit edilmiştir.

Analizleri yapılan numunelerin incelenmesi, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan "Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" çizelgesi esas alınarak incelenmiştir (EK-1).

Yerinde ölçülen numunelerin SKKY'e göre değerlendirilmesi Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Alınan su numune sonuçlarının kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kıyaslama

1.Nokta (Büyükköprü Çayı Girişi)							
Parametreler	Analiz Sonuçları			Su Kalitesi Sınıfları			
	Sonbahar	Kış	İlkbahar	I	II	III	IV
1) Sıcaklık (°C)	22.8	7.8	19.4	25	25	30	> 30
2) pH	8.72	8.09	8.04	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözülmüş oksijen (mg O ₂ /L)	8.33	5.05	9.35	8	6	3	< 3
4) İletkenlik (µS/cm)	314	46.5	164.1	<400	1000	3000	< 3000
2.Nokta (Göl Ortası)							
1) Sıcaklık (°C)	21.3	7.6	17.1	25	25	30	> 30
2) pH	8.51	8.11	8.01	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözülmüş oksijen (mg O ₂ /L)	8.18	6.8	10.23	8	6	3	< 3
4) İletkenlik (µS/cm)	431	63.82	153.8	<400	1000	3000	< 3000

Not: Analizler iki tekrar yapılmıştır.

Beyşehir Göl suyu, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan "Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" çizelgesi esas alınarak incelendiğinde 1. Sınıf su kalitesindedir.

4.2. Sediment Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sonbahar döneminde yapılan sediment numune analizi sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

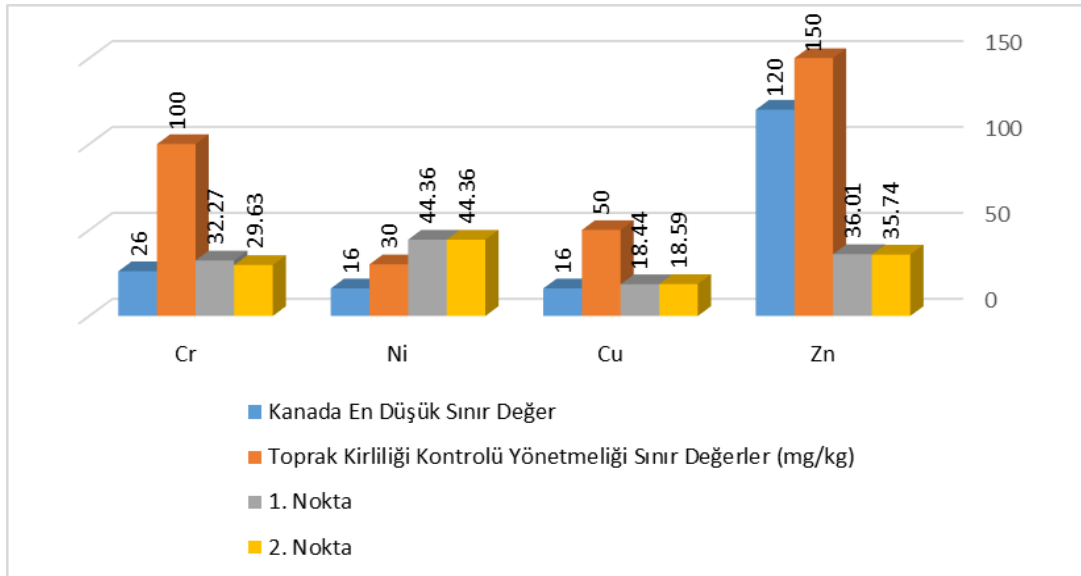
Çizelge 4.2. Sediment sonuçları

Mevsimler	Numune Noktaları	Sediment (mg/kg)									
		Al	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Cd
Sonbahar	S1. Nokta	31164.25	32.27			44.36	18.44	36.01			
		±	±			±	±	±			
	S2. Nokta	0.039	0.22	-	-	0.02	0.1	0.25	0<0.5	-	0<0.15
		±	±			±	±	±			
Sonbahar	S1. Nokta	28734.28	29.63			44.36	18.59	35.74			
		±	±			±	±	±			
	S2. Nokta	0.08	0.032	-	-	0.025	0.1	0.03	0<0.5	-	0<0.15
		±	±			±	±	±			

Not: Analizler iki tekrar yapılmıştır.

Sediment Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Ek-2) ve Kanada Sediment Kalite Yönergesi (Ek-3) değerlendirme kriterleri sunulmuştur. Yapılan analizler Cd, Cr, Cu, Ni ve Zn parametreleri için Şekil 4.1’de kıyaslama yapılmıştır. Sediment sonuçlarına göre krom, bakır ve nikel orta seviyede kirlilik saptanmıştır. Çinko, kurşun ve kadmium sınır değerlerinin altında kalmıştır. Alüminyum değeri 1. Noktada en yüksek değer olarak sonuçlanmıştır.

2016’da E. Üçüncü Tunca’nın Beyşehir Gölü’nde yaptığı çalışmada; göl suyundan alınan numunelerde yapılan analizler, Alüminyum, Arsenik, Bakır, Krom, Çinko, Demir, Kadmiyum, Gümüş, Mangan ve Nikel gibi ağır metallerin önemli ölçüde varlığını ortaya koymuştur. Bu kirleticilerin göl sedimenti örneklerinde de yoğun olduğu tespit edilmiştir. İncelenen bölgelerin sedimentleri istasyona göre farklılık göstermekle birlikte, genel olarak Krom, Çinko, Bakır, Mangan, Nikel ve Arsenik açısından yüksek kirlilik seviyesinde olduğu görülmüştür. Sedimentlerde en yüksek değerlere ise Demir ve Alüminyumda ulaşılmıştır. Bu bulgular, göldeki ağır metal kirliliğinin sadece suyla sınırlı kalmadığını, sedimentlerde de birikerek uzun vadeli çevresel ve sağlık sorunlarına yol açabilecek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ağır metallerin sedimentlerde birikmesi, göl ekosistemindeki canlıları ve besin zincirini de olumsuz etkileyebilir.



Şekil 4.1. Sediment sonuçlarının Kanada Yönergesi ve Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2005) kapsamında kıyaslanması

4.3. Ağır Metal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Göldeki ağır metal konsantrasyonunun zamanla değişmesinin nedenleri arasında iklim koşullarının önemi vurgulanmaktadır. Örneğin, yaz aylarında artan buharlaşma hızı ve yüksek sıcak hava koşulları, göl suyunun derinliklerinden yüzeye doğru hareket etmesine neden olabilir. Bu süreçte, göl suyunun alt tabakalarından yüzeye doğru hareket etmesiyle birlikte, suyun içinde çözünmüş olan ağır metallerin konsantrasyonunda artışlar gözlemlenebilir.

Ayrıca, kış aylarında yağış ve kar artışı da göl suyunun özelliklerini etkileyebilir. Bu dönemde, yağış ve kar erimesiyle birlikte gölde su seviyesi yükselir ve su akış hızı artar. Bu durum, gölün su döngüsünü etkileyerek göl suyunun taşınmasına ve dolaşımına katkıda bulunur. Bu dolaşım süreci, gölün farklı bölgelerinde ağır metal konsantrasyonlarında değişikliklere yol açabilir.

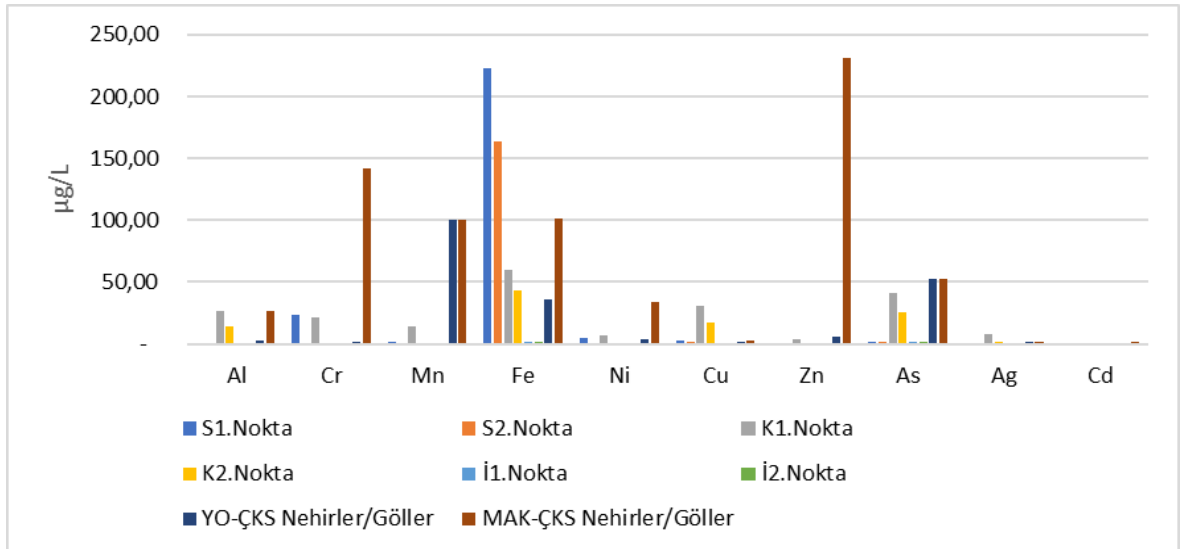
Sonuç olarak, mevsimsel iklim koşulları göl suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişikliklere neden olabilir ve dolayısıyla göldeki ağır metal konsantrasyonlarında da zaman içinde farklılıklar gözlemlenebilir. Bu nedenle, ağır metal kirliliğinin izlenmesi ve yönetimi için mevsimsel değişkenlerin dikkate alınması önemlidir.

Beyşehir Gölü'ndeki mevsimsel değişkenliklerin ve artan silah sanayisinin etkisiyle ağır metal kirliliğinin izlenmesi giderek daha önemli hale gelmiştir. Bu nedenle, Beyşehir Gölü'nde mevsimsel olarak gerçekleştirilen ağır metal analiz sonuçları sonbahar, kış ve ilkbahar dönemlerinde iki noktadan su numunesinde ölçülen ağır metal sonuçları Çizelge 4.3'de ile Şekil 4.2'de sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Beyşehir Gölü Mevsimsel (Sonbahar, Kış ve İlkbahar) ağır metal analiz sonuçları

Mevsimler	Numune Noktaları	Parametreler									
		Al (mg/L)	Cr (µg/L)	Mn (µg/L)	Fe (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	As (µg/L)	Ag (µg/L)	Cd (µg/L)
Sonbahar	S1. Nokta	0.9 ± %3.33	23.79 ± %0.3	1.87 ± %0,35	222.51 ± %0.01	4.5 ± %8.78	2.2 ± %2.45	Limit altı	1.97 ± %1.2	Limit altı	Limit altı
	S2. Nokta	0.46 ± %0.06	0.44 ± %0.23	Limit altı	163.32 ± %1.56	Limit altı	1.21 ± %0.01	Limit altı	1.2 ± %0.32	Limit altı	Limit altı
Kış	K1. Nokta	27 ± %3.91	21.30 ± %6.65	13.90 ± %3.23	59.4 ± %2.39	7.6 ± %8.84	31.2 ± %2.45	4 ± %11.91	41.3 ± %1.19	7.5 ± %3.14	Limit altı
	K2. Nokta	14 ± %0.08	0.4 ± %0.23	Limit altı	43.6 ± %0.01	Limit altı	17.1 ± %0.01	Limit altı	25.3 ± %0.33	1.9 ± %0.47	Limit altı
İlkbahar	İ1. Nokta	0.98 ± %3.55	Limit altı	Limit altı	1.33 ± %1.56	Limit altı	1.07 ± %0.87	Limit altı	1.61 ± %3.33	Limit altı	0.1 ± 3.96
	İ2. Nokta	0.7 ± %0.19	Limit altı	Limit altı	1.2 ± %0.3	Limit altı	0.9 ± %0.17	Limit altı	1.46 ± %0.61	Limit altı	0.07 ± %0.96

Not: a)Analizler 2 tekrar yapılmıştır.



Şekil 4.2. Beyşehir Gölü Mevsimsel (Sonbahar, Kış ve İlkbahar) ağır metal analiz sonuçları

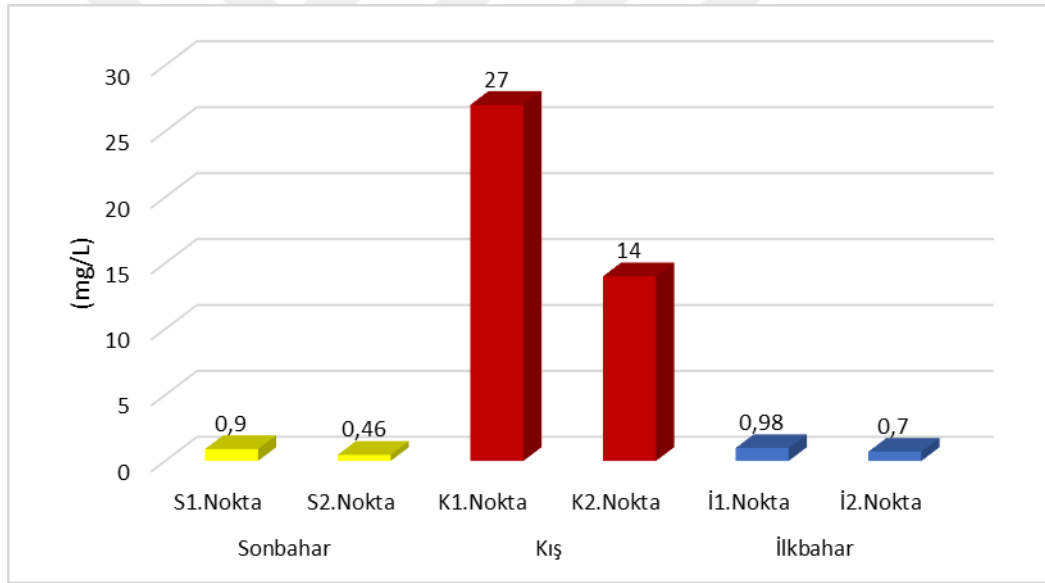
Beyşehir Gölü'nde sonbahar, kış ve ilkbahar döneminde alınan su örneklerinde yapılan ağır metal analizi sonucu;

- ✓ En yüksek çıkan demir ve krom ilkbahar döneminde 1. Nuktada ölçülmüştür. Bunun sebebi sonbaharda havalar soğuduğunda, buharlaşma artar ve göldeki su seviyesi düşerek su hacminin küçülmesine neden olduğundan demir (Fe) gibi çözülmüş maddelerin konsantrasyonunun artmasına yol açar.
- ✓ Bakır, arsenik, gümüş, çinko ve mangan parametreler için en yüksek değerler kış döneminde 1. Nuktada ölçülmüştür.
- ✓ Kış mevsiminde Al, Cu ve As' de konsantrasyonun yükseldiği gözlemlenmiştir. Bunun sebepleri;
 - 1- Yanmadan kaynaklı olabilir. Kış aylarında ısınma ihtiyacı nedeniyle odun, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımı artar. Bu yakıtların yanması sırasında alüminyum, bakır ve arsenik gibi metaller atmosfere salınır.
 - 2- Kar, alüminyum, bakır ve arsenik gibi metalleri toplayabilir ve bunların birikmesine yol açabilir. Kar eridiğinde ise bu metaller su kaynaklarına ve toprağa karışabilir.
 - 3- Göl etrafındaki endüstrilerin ve silah fabrikalarının atıksu kapasitelerinin fazlalaşmasından kaynaklı olabilir.

4.3.1. Alüminyum

Mevsimsel yağışlar nedeniyle, göldeki alüminyum seviyeleri artabilir. Bu durum özellikle kış döneminde, 27 (mg/L) değeri ile Büyükköprü Çay girişinden alınan noktada gözlenir. İlkbahar ve sonbahar dönemlerinde ise alüminyum değerleri düşüşe geçtiği izlenmiştir.

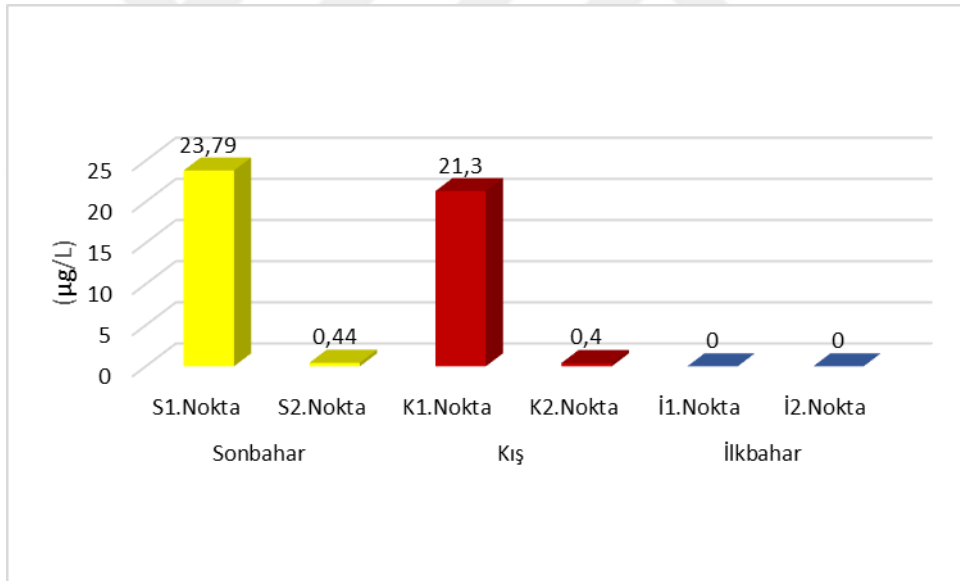
Beyşehir Gölü'ndeki yüksek alüminyum konsantrasyonunun muhtemel sebeplerinden biri, tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve pestisit gibi alüminyum içeren kimyasalların su kaynaklarına karışmasıdır. Bu kimyasalların suya karışması alüminyum seviyesini önemli ölçüde yükseltebilmektedir. Bir diğer sebebi de, evsel ve sanayi faaliyetlerinin artmasıyla atıksu deşarjlarındaki alüminyum konsantrasyonlarının artması da göl suyundaki alüminyumun artmasına sebep olur.



Şekil 4.3. Göldeki Alüminyum (Al) değerlerinin değişimi

4.3.2. Krom

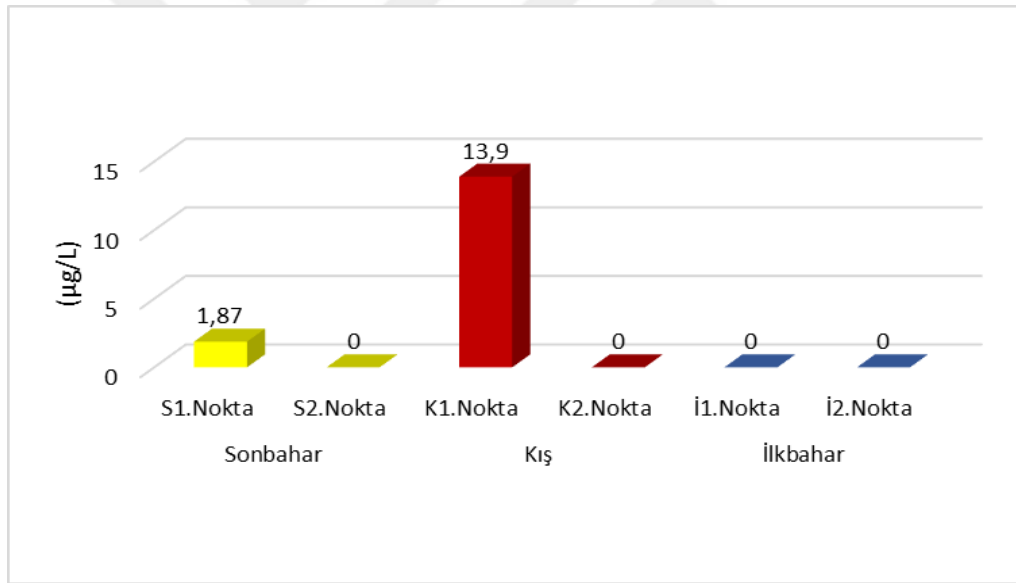
Dünya krom cevheri tüketiminin büyük bir kısmı farklı endüstrilerde kullanılmaktadır. %79'u metalürji sanayinde, %13'ü kimya sanayinde ve %9'u refrakter sanayinde kullanılmaktadır. (Darrie, 2001). Metalürji endüstrisinde, krom cevherinin en temel kullanım alanı, paslanmaz çelik üretiminde kullanılan ferrokrom üretimidir. Ferrokrom, özellikle paslanmaz çelik ve silah endüstrisinde kritik bir hammaddedir. Kromun çeliğe sağladığı sertlik, kırılma ve darbelere karşı dayanıklılık, aşınma ve oksidasyona karşı koruma gibi özellikler hayati önem taşır. Göldeki kromun varlığı ise genellikle endüstriyel kullanım ve son yıllarda artan silah endüstrisi ile tarımda kullanılan ilaçlar gibi faktörlere bağlıdır. En yüksek krom konsantrasyonu, Sonbahar mevsiminde 23,79 ($\mu\text{g/L}$) seviyesinde gözlenmiştir, diğer zamanlarda ise sınır değerin oldukça altında bulunmuştur.



Şekil 4.4. Göldeki Krom (Cr) değerlerinin değişimi

4.3.3. Mangan

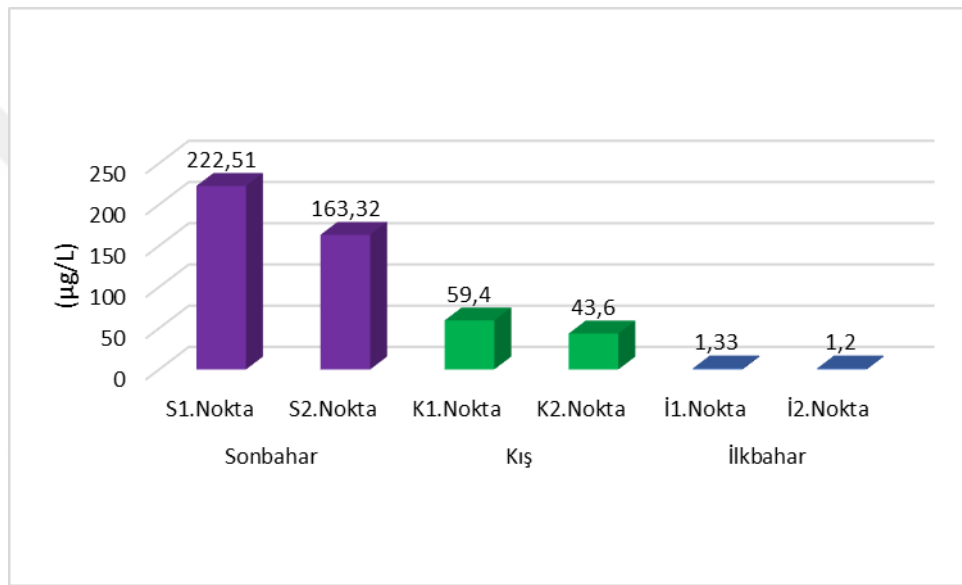
Mangan, ağır metaller arasında en az zehirli olanlardan biridir. Bu özelliği sayesinde mangan bileşiklerinin demir ve çelik alaşımları üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mangan dioksit ve diğer mangan bileşikleri ise pil, cam ve havai fişek yapımında tercih edilir. Bunların dışında, potasyum permanganat gibi bir mangan bileşiği, temizlik ve dezenfeksiyon amacıyla da kullanılmaktadır. Bu kullanım sonucunda potasyum permanganatın yüzey sularına bulaşması kaçınılmaz hale gelmekte ve bu durum çevresel açıdan önemli bir sorun teşkil etmektedir (ATSDR 2000). Kış mevsiminde göldeki en yüksek mangan değeri, 13,90 ($\mu\text{g/L}$) seviyesinde ve 1. noktada gözlemlenmiştir. Genel olarak, göldeki mangan değerlerinin düşük olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.5. Göldeki Mangan (Mn) değerlerinin değişimi

4.3.4. Demir

Demir, insan faaliyetleri, toprak erozyonu, madencilik atıkları, drenaj suları ve çeşitli endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan demir-çelik malzemelerin korozyonuyla yer altı ve yüzey sularına geçer. Demir konsantrasyonu, 222.51 ($\mu\text{g/L}$) seviyesiyle Sonbahar mevsiminde 1. noktada gözlemlenmiştir. Göldeki demir değerlerinin, Sonbahar mevsiminden itibaren düşüşe geçerek Kış ve İlkbahar dönemlerinde sınır değerinin altına düştüğü gözlenmiştir.

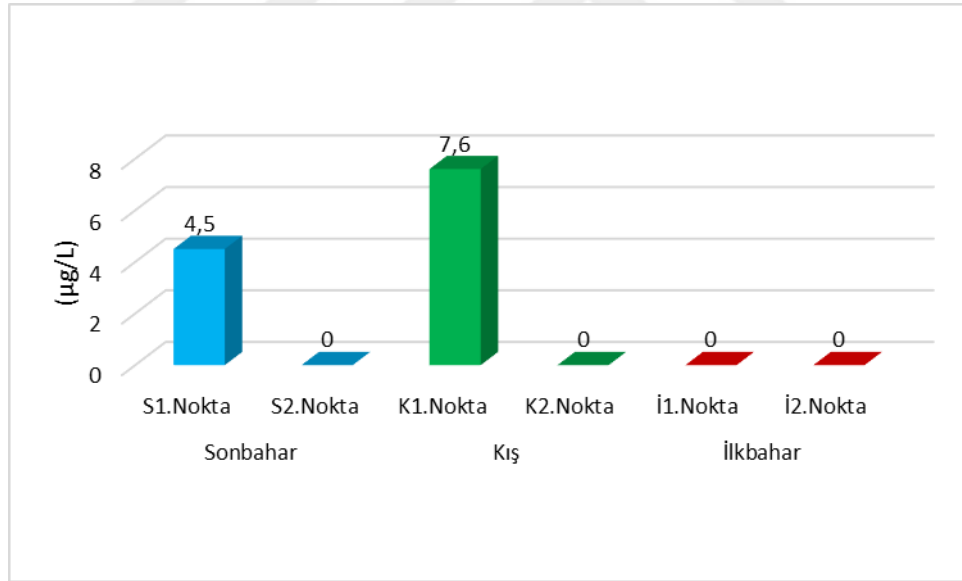


Şekil 4.6. Göldeki Demir (Fe) değerlerinin değişimi

4.3.5. Nikel

Nikel, özellikle paslanmaz çelik üretiminde sıkça kullanılan bir alaşım elementidir. Kullanıldığı çeliğe bir dizi önemli özellik kazandırır. Bunlardan bazıları, kaynaklanabilirlik ve paslanmazlık özellikleridir. Bugünlerde neredeyse %75 oranında, paslanmaz çeliklerin üretiminde kullanılmak üzere nikel üretilmektedir.

Silah sanayisinde nikel, özellikle silahların yüzey kaplamalarında ve parçalarının üretiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Nikel kaplamalar, silahların korozyona karşı dayanıklılığını artırır ve estetik bir görünüm sağlar. Ayrıca, nikel bazlı alaşımlar, silah parçalarının dayanıklılığını artırmak için kullanılabilir. Özellikle birçok ateşli silahın parçalarında ve mekanizmalarında nikel kaplamalar veya nikel alaşımları bulunabilir. Bu, silahların uzun süreli kullanımı ve çeşitli hava koşullarına dayanıklılığı için önemlidir. En yüksek nikel konsantrasyonu, 7.6 ($\mu\text{g/L}$) seviyesiyle kış mevsiminde 1. noktada gözlenmiştir.



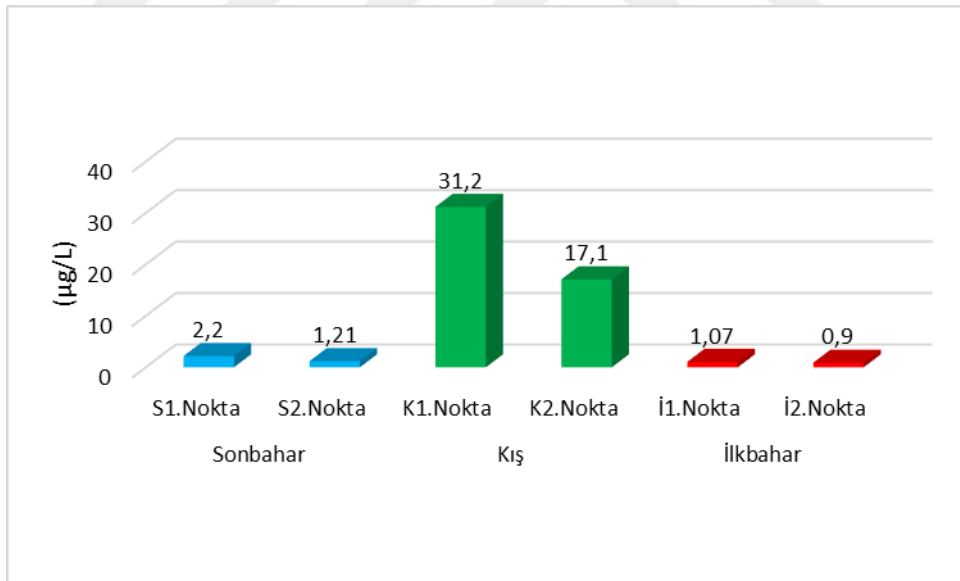
Şekil 4.7. Göldeki Nikel (Ni) değerlerinin değişimi

4.3.6. Bakır

Bakır, insanlık tarafından uzun zamandır kullanılan ve yer kabuğunda doğal olarak bulunan önemli bir metaldir. Doğada bakır, genellikle bakır içeren sülfür veya karbonat mineralleri şeklinde bulunur.

Bakır, endüstride geniş bir kullanım alanına sahiptir. Elektrik ve elektronik endüstrisi, inşaat, otomotiv, enerji iletimi, sağlık sektörü ve daha birçok alanda yaygın olarak kullanılır. Özellikle elektrik iletkenliği yüksek olduğu için elektrik kabloları, transformatörler ve motorlar gibi elektrik ekipmanlarında sıkça tercih edilir.

En yüksek bakır konsantrasyonu, 31,2 $\mu\text{g/L}$ ile kış mevsiminde 1. noktada gözlemlenmiştir. Sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde bakır elentinde düşüşler gözlenmektedir. Bakır kirliliğinin temel kaynağı olarak tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisit ilaçları ve endüstriyel atıkların olduğu tahmin edilmiştir. Mevsimsel yağışlar da bu kirleticilerin göle taşınmasında önemli bir rol oynuyor. Yoğun yağışlar, toprağı aşındırarak daha fazla kirleticinin göle ulaşmasına sebep oluyor.

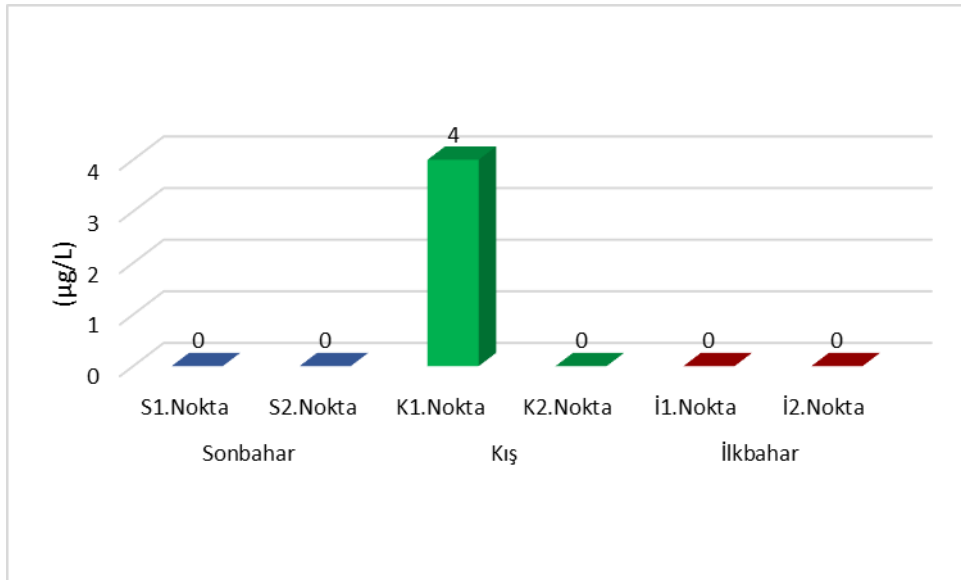


Şekil 4.8. Göldeki Bakır (Cu) değerlerinin değişimi

4.3.7. Çinko

Göllerde çinko varlığının, çeşitli kaynakları bilinmektedir. Çoğunlukla endüstriyel faaliyetler, maden atıkları, tarım ilaçları gibi insan kaynaklı kirleticiler çevresindeki su kaynaklarında çinko birikimine neden olabilir. Göllerdeki çinko seviyeleri, özellikle yerel ekosistemler için endişe verici bir durum olabilir çünkü fazla miktarda çinko, su altı yaşamını olumsuz etkileyebilir. Örneğin, yüksek çinko konsantrasyonları balıklar ve diğer sucul organizmalar üzerinde toksik etkilere neden olabilir ve su kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu yüzden, çevresel koruma çalışmaları genellikle göllerdeki çinko seviyelerini düzenli olarak izleme ve kontrol etmeyi içerir (Durmaz, 2019).

Çinko, suda yaşayan canlılar için genellikle düşük ya da orta risk taşır. Çevresel riski azdır. Çinko elementi, doğada genellikle çıkarılması zor formlarda bulunur. Kanalizasyon atıklarında çinko konsantrasyonu bazen 50000 ppm'e kadar çıkabilir (Durmaz, 2019). Kış mevsiminde, göldeki 1. noktada en yüksek çinko konsantrasyonu 4 $\mu\text{g/L}$ olarak gözlenmiştir. Diğer mevsimlerde ise çinko metalinin varlığına rastlanmamıştır.

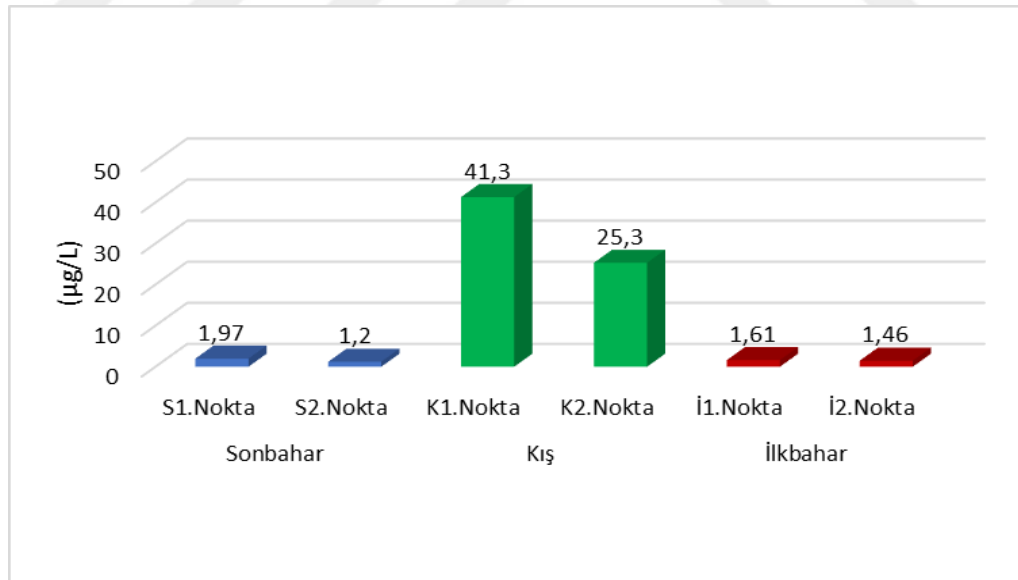


Şekil 4.9. Göldeki Çinko (Zn) değerlerinin değişimi

4.3.8. Arsenik

Arsenik, tarımda kullanılan insektisit, herbisit ve pestisitlerin yanı sıra madencilik atıkları ve endüstriyel atıksulardan kaynaklanmaktadır. Bu kirleticilerden gelen arsenik yeraltı suyuna veya yüzey sularına karışabilir. En yüksek arsenik değeri 41,3 $\mu\text{g/L}$ değeri ile kış mevsiminde 1. noktada gözlenmiştir. Sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde arsenik değerlerinde genel bir düşüş gözlemlenmiştir. Madencilik, metal işleme ve elektronik gibi endüstrilerden çıkan atık sular, arsenik de dahil olmak üzere çeşitli zararlı maddeler içerebilir. Bu atıkların göle veya su kaynaklarına deşarj edilmesi arsenik kirliliğine neden olduğu düşünülebilir.

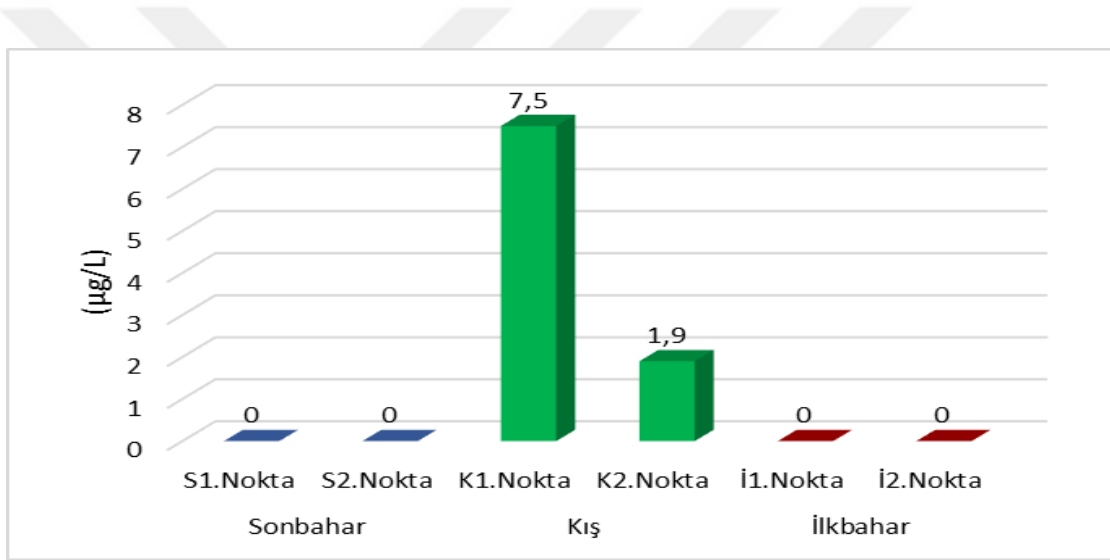
Arsenik, tarım ilaçlarında yüksek miktarlarda bulunmaz; ancak tarım ilaçlarının kullanımı, arsenik içeren minerallerin suya taşınmasına neden olabilir. Endüstriyel atıklar da arsenik gibi zararlı maddeler içerebilir ve bu atıkların göle deşarj edilmesi arsenik kirliliğine yol açabilir. Arseniğin göle mevsimsel yağışlarla taşınması, çeşitli kaynaklardan gelen arsenik içeren suların yağmurlarla birlikte göle akmasıyla ilişkilendirilebilir.



Şekil 4.10. Göldeki Arsenik (As) değerlerinin değişimi

4.3.9. Gümüş

Gümüş, çeşitli endüstrilerde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle tıp, kimyasal üretim, güneş enerjisi panelleri, su arıtma sistemleri, otomotiv sektörü, fotoğrafçılık, ayna üretimi, elektronik parça imalatı ve boya endüstrisi gibi alanlarda yaygın olarak kullanılır. En yüksek gümüş değeri 7,5 µg/L değeri ile kış mevsiminde 1. noktada gözlenmiştir. Sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde gümüş metali gözlenmemiştir. Gümüş içeren endüstriyel atıksuların Büyükköprü deresine deşarj edilmesi sonucunda, bu atıkların mevsimsel yağışlarla göle taşınma olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır.

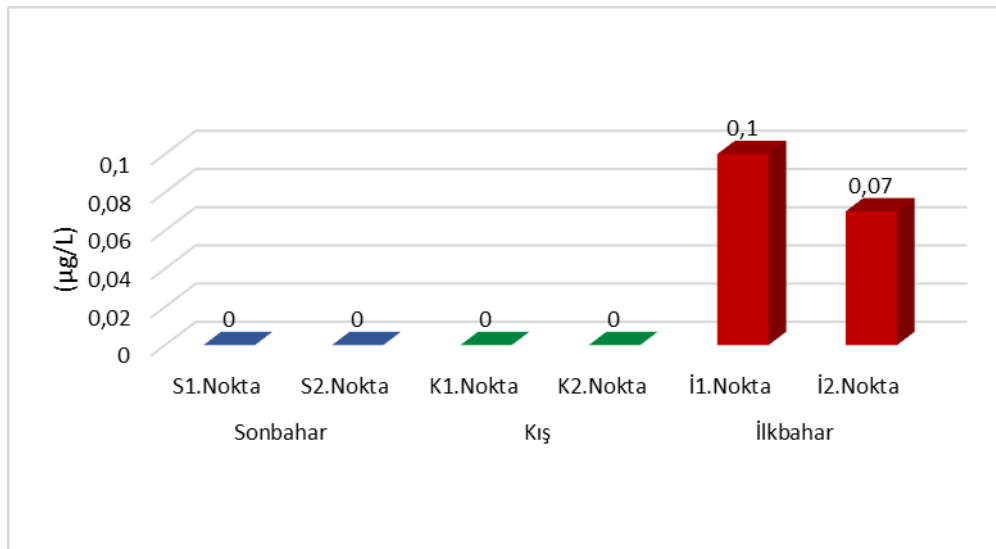


Şekil 4.11. Göldeki Gümüş (Ag) değerlerinin değişimi

4.3.10. Kadmiyum

Kadmiyum, tarımsal faaliyetler ve endüstriyel atıklar başta olmak üzere çeşitli kaynaklardan kaynaklanmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisit ilaçları ve gübreler, hayvansal atıklar ve endüstriyel atık sular göl suyunu kirleterek bakır, çinko ve kadmiyum gibi ağır metallerin birikmesine neden olmaktadır. Bu metallerin üretimi ve işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar veya yan ürünler, toprak ve su kaynaklarına karışabilir. Özellikle fosfatlı gübrelerde bulunan bu metaller, tarımsal uygulamalar yoluyla toprağa yayılır ve bitkiler tarafından alınabilir. Bu da toprak ve su kirliliği açısından çevresel riskler oluşturabilir ve bu metallerin insanlar ve diğer organizmalar üzerinde potansiyel zararlarına neden olabilir. Bu nedenle, bu tür kirliliğin izlenmesi ve kontrol edilmesi önemlidir. Kadmiyum kirliliğinin önde gelen kaynakları tarım, metal endüstrisi ve plastik atıklardır. Bu kaynaklardan her biri, farklı mekanizmalarla çevreye kadmiyum salınımına katkıda bulunur.

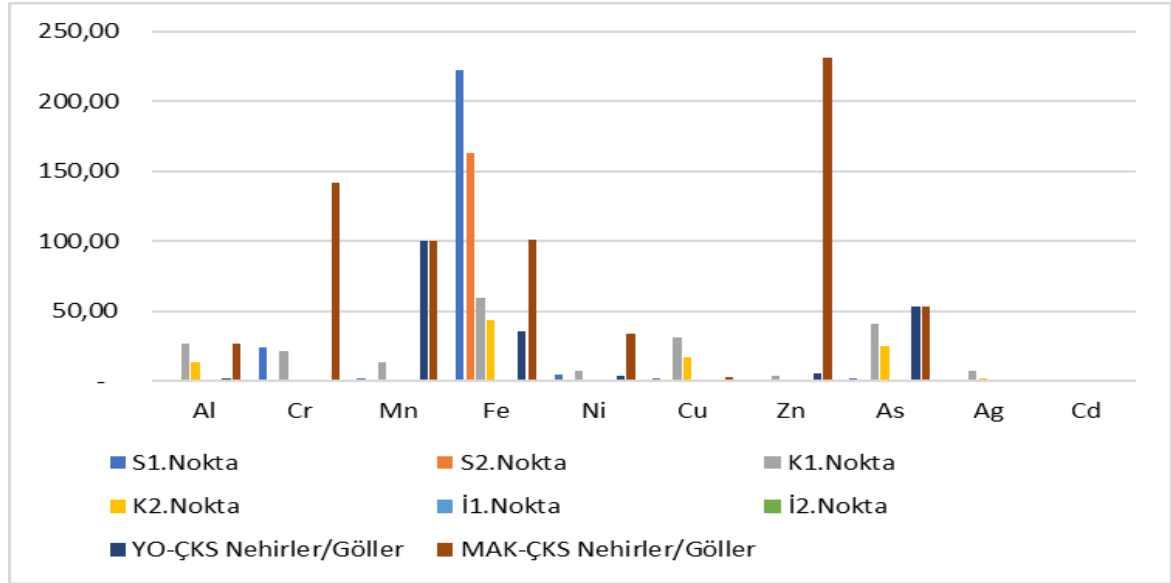
Göldeki kadmiyum kirliliği mevsimsel olarak değişmektedir. En yüksek kadmiyum değeri 0,1 $\mu\text{g/L}$ ile ilkbahar mevsiminde 1. noktada gözlenmiştir. Sonbahar ve kış mevsiminde ise kadmiyum elementine rastlanmamıştır.



Şekil 4.12. Göldeki Kadmiyum (Cd) değerlerinin değişimi

4.4. Yerüstü Su Kütlelerinde Bazı Parametreler İçin Çevresel Kalite Standartları ve Kullanım Maksatları (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 2016)

Beyşehir Gölü Analiz sonuçları, Ek-4’de verilen yerüstü su kaynakları için belirli kirleticiler ve çevresel kalite standartlarına göre kıyaslama Şekil 4.13’de sunulmuştur.



Şekil 4.13. Beyşehir Gölü ağır metal analiz sonuçlarının su kalite standartlarına göre kıyaslama

En yüksek ölçülen ağır metallere göre, göl suyu WHO içme suyu standartlarının çok üzerindedir. Bu durum, Büyükköprü Deresi'ndeki suyun içme suyu olarak kullanılmaması gerektiğini göstermektedir.

Beyşehir Gölü ve Türkiye’de yapılmış literatür çalışmaları, Çizelge 4.4’te listelenmiştir.

Çizelge 4.4. Beyşehir Gölü ağır metal konsantrasyonlarının literatürdeki değerlerle karşılaştırılması

Literatür	Al (mg/L)	Cr (µg/L)	Mn (µg/L)	Fe (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	As (µg/L)	Cd (µg/L)
Beyşehir Gölü (TUNCA, E. Ü. 2016)	44	2.33	8.30	377	2.40	1.05	Limit altı	2.04	-
Seyfe Gölü (Başaran, B. V., ve Bölükbaşı, V. 2011)	-	13	-	-	10	34	67	144	11
Van Gölü Demir (Yetiş, A., ve Özgüven, A. 2020)	11.73	2.04	0.205	29.55	-	9.98	-	-	5.03
Bafa Gölü (BEYHAN, M., ve ALGÜL, F. 2018)	0.249	Limit altı	37.12	292	Limit altı	49.9	38.8	-	8.08
Beyşehir Gölü (2024)	27	13.79	13.9	222.51	7.06	31.2	4	41.3	0.1

Beyşehir Gölü'nde 2016 yılında ağır metallerin izlenmesi ile ilgili yapılan çalışma incelendiğinde; $Fe > Al > Mn > Ni > Cr > As > Cu > Cd$ olarak ölçülürken, yaptığımız çalışma da ise, $Fe > Al > As > Cu > Mn > Cr > Ni > Zn > Cd$ olarak ölçülmüştür.

Beyşehir Gölü'nde yapılan bir diğer çalışmada; Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn gibi metal konsantrasyonları 2005 ve 2006 yıllarında 40 farklı noktada ölçülmüştür. Amaç, göldeki metal kirliliği seviyelerini ve mevsimsel/bölgesel değişimlerini incelemektir. Sonuçlar, $Fe > Al > Zn > Cr > Ni > Pb > Cu > Cd$ şeklinde azalan bir metal konsantrasyon profili göstermiştir. Ortalama metal seviyeleri Dünya Sağlık Örgütü (WHO), ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Türk Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği (TWQCR) tarafından belirlenen içme suyu standartlarının altında kalmasına rağmen, bazı istasyonlarda Al, Cr, Fe ve Pb için bu standartlar aşılmıştır. Bu durum, göldeki metal kirliliğinin belirli bölgelerde ve mevsimlerde daha yüksek olabileceğini göstermektedir (Nas vd., 2009).

Beyşehir Gölü ağır metal verilerindeki artış gelişen endüstrinin ve artan silah sanayinin etkisi olduğu tahmin edilebilir. Silah sanayi fabrikalarının deşarj yaptığı Büyükdere Çayının göle karıştığı noktalarda ağır metal konsantrasyonunda artışlar tespit edilmiştir. Yağışlı dönemlerde tortularla birlikte derelerden sürüklenen ağır metaller göle ulaşmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Beyşehir Gölü, Türkiye'nin üçüncü büyük gölü olarak önemli bir ekosistem ve su kaynağıdır. Ancak, gölde yapılan araştırmalar, özellikle balıklarda ve sedimentlerde, çeşitli ağır metallerin birikimini ortaya koymaktadır. Ağır metal kirliliği ciddi bir sorun olabilir çünkü bu tür kirleticiler göl ekosistemine ve insan sağlığına zarar verirler. Bu kirliliğin kaynağı çoğunlukla sanayi atıkları, tarım ilaçları ve şehirs el atıklar gibi kirl etici atıklardır. Ağır metallerin gölde birikmesi su yaşamını tehlikeye atarak ve göl suyunun insanlar için güvenli olmasını engeller.

Beyşehir Gölü'nde ki ağır metal kirliliğinin ve kaynaklarının değerlendirilmesi SKKY 2004'e göre kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri doğrultusunda yapılan karşılaştırma, Tablo 5.1'de sunulmuştur.

Tablo 5.1. Beyşehir Gölü ağır metal kirliliğinin kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kıyaslama

1.Nokta (Büyükköprü Çayı Girişi)							
Ağır Metaller	Sonuçlar			Su Kalitesi Sınıflar			
	Sonbahar	Kış	İlkbahar	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (zayıf)
1) Al (mg/L)	0.9	27	0.98	0.3	0.3	1	> 1
2) Cr (µg/L)	23.79	21.30	Limit altı	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
3) Mn (µg/L)	1.87	13.9	Limit altı	100	500	3000	> 3000
4) Fe (µg/L)	222.51	59.4	1.33	300	1000	5000	> 5000
5) Ni (µg/L)	4.5	7.6	Limit altı	20	50	200	> 200
6) Cu (µg/L)	2,2	31,2	1.07	20	50	200	> 200
7) Zn (µg/L)	Limit altı	4	Limit altı	200	500	2000	> 2000
8) As (µg/L)	1.97	41.3	1.61	20	50	100	> 100
9) Cd (µg/L)	Limit altı	Limit altı	0.1	3	5	10	> 10
2.Nokta (Göl Ortası)							
1) Al (mg/L)	0.46	14	0.7	0.3	0.3	1	> 1
2) Cr (µg/L)	0.44	0.4	Limit altı	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
3) Mn (µg/L)	Limit altı	Limit altı	Limit altı	100	500	3000	> 3000
4) Fe (µg/L)	163.32	43.6	1.2	300	1000	5000	> 5000
5) Ni (µg/L)	Limit altı	Limit altı	Limit altı	20	50	200	> 200
6) Cu (µg/L)	1.21	17.1	0.9	20	50	200	> 200
7) Zn (µg/L)	Limit altı	Limit altı	Limit altı	200	500	2000	> 2000
8) As (µg/L)	1.2	25.3	1.46	20	50	100	> 100
9) Cd (µg/L)	Limit altı	Limit altı	0.07	3	5	10	> 10

Not: Analizler 2 set yapılmıştır.

- ✓ Alüminyum için ölçülen değerler sonucunda, göl 4. Sınıf olarak görülmektedir.
- ✓ Krom için ölçülen değerler sonucunda, göl 2. Sınıf su olarak değerlendirilmektedir.
- ✓ Mangan için ise, 1. Sınıf olarak görülmektedir.
- ✓ Demir için yapılan ölçüme göre, 1.Sınıf olarak görülmektedir.
- ✓ Nikel için yapılan kıyaslamaya göre, 1.Sınıf olarak görülmektedir.
- ✓ Bakır için yapılan kıyaslamaya göre, 1.Sınıf olarak görülmektedir.
- ✓ Çinko için ölçülen değer yok denecek kadar azdır bu sonuca göre, 1.Sınıf olarak görülmektedir.
- ✓ Arsenik için yapılan kıyaslamaya göre, 1.Sınıf olarak görülmektedir.
- ✓ Kadmiyum için ölçülen değer yok denecek kadar azdır bu sonuca göre, 1.Sınıf olarak görülmektedir.

2016 yılında yapılan çalışmada, alüminyum 4. Sınıf, krom, mangan, demir, nikel, bakır, çinko ve arsenik ağır metalleri için 1. Sınıf su kalitesindedir (Tunca, E. Ü. 2016).

Beyşehir Gölü'nde 2007 de yapılan çalışmada, noktasal kirleticiler ve noktasal olmayan kirleticilerin etkisi altında kalmaktadır. Noktasal kirlilik kaynakları genellikle evsel ve endüstriyel atıklar olarak değerlendirilir. Bu atıklar, belirli bir noktadan çevreye doğrudan deşarj edilir ve su, toprak ve hava gibi doğal ortamlarda kirliliğe yol açar. Noktasal kirlilik kaynaklarından gelen atıklar genellikle arıtma işlemine tabi tutulmadan derelere ya da boş arazilere deşarj edilmektedir. Belediyeler arasında sadece Beyşehir Belediyesi'nin atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır (Hoşafçioğlu, 2007).

5.2 Öneriler

Beyşehir Göl suyu, içme suyu ve tarımsal sulama suyu olarak kullanıldığı için önemli bir su kaynağıdır. Bu nedenle, alüminyum ve krom gibi zararlı maddelerden arındırılması büyük önem taşımaktadır. Öncelikle, çevredeki endüstriyel tesislerin atık suyunun düzenli olarak kontrol edilmesi, göl çevresinde kurulan silah sanayi tesislerinin daha çok denetlenerek atık suyunun arıtılması sağlanmalıdır. Alüminyum ve krom gibi kimyasalların bu sulara bulunmasını önlemek için gerekli arıtma sistemleri kurulmalıdır. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirliliği azaltmak için tarım ilaçları ve gübrelerin bilinçli kullanımı teşvik edilmelidir. Tarım alanlarının göle olan etkileri

düzenli olarak izlenmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Beyşehir Gölü çevresindeki kentlerin atık suyunun etkili bir şekilde arıtılması sağlanmalıdır. Kanalizasyon sistemlerinin düzenli bakımı ve modern arıtma tesislerinin kurulması bu yönde önemli adımlardır. Halkın çevresel duyarlılığını artırmak için eğitim kampanyaları düzenlenmelidir. Gölün korunması ve temiz tutulması konusunda toplumun bilinçlendirilmesi önemlidir. Ayrıca, su kalitesini düzenli olarak izlemek ve analiz etmek, potansiyel kirlilik kaynaklarını belirlemek ve önlem almak açısından hayati öneme sahiptir. Bu nedenle, Beyşehir Gölü'nün su kalitesini izlemek önem arz etmektedir.

Beyşehir Gölü'ndeki ağır metal kirliliğini azaltmak ve ekosistemi korumak için çeşitli stratejiler uygulanmalıdır. İlk olarak, tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisit ve gübrelerin miktarı ve türü düzenlenmeli, sanayi atıklarının yönetimi sıkı denetlenmeli ve uygun arıtma sistemleri kurulmalıdır. Biyoremediasyon teknikleri kullanılarak sucul bitkiler ve mikroorganizmalarla kirlilik azaltılabilir. Gölde düzenli su ve sediment analizleri yapılarak kirlilik seviyeleri izlenmelidir. Bölge halkı, çiftçiler ve sanayiciler kirlilik konusunda bilinçlendirilerek sürdürülebilir uygulamalar teşvik edilmelidir. Ayrıca, göl çevresinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalı ve doğal arıtma sistemleri (yapay sulak alanlar) oluşturulmalıdır. Bu öneriler, Beyşehir Gölü'nün ekosisteminin korunmasına ve su kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2020. Konya İl Çevre Durum Raporu, Konya Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Konya.
- Anonim, 2003. Konya Atıksu Envanteri, Konya Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Konya.
- Anonim, 2003. Konya İli'nin Sulak Alanları, Konya Valiliği İl Çevre ve Orman
- Başaran, B. V., & Bölükbaşı, V. (2011). Seyfe Gölü Su Kalitesi ve Dip Çamuru Ağır Metal Özelliklerinin Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Yüksek Lisans Tezi.
- BEYHAN, M., & ALGÜL, F. (2018). Bafa Gölü sediment ve su kalitesinin ağır metaller bakımından değerlendirilmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 2(2), 128-138.
- Bhuyan, S., 2001, "An Integrated Modeling Process to Assess Water Quality for Watershed", Doktor of Philosophy, Kansas State University, Manhattan, Kansas.
- Burrough, P., 1986, Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Oxford.
- Beyşehir İlçe Raporu, 2019
- Coyle, E.E., 2002, "A GIS Non-Point Source Pollution Model of the Onondaga Lake Watershed", Master of Science, State University of New York, New York, USA.
- Değerliyurt, M., & Çabuk, S. (2015). Coğrafyayı Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Tanımlamak. Doğu Coğrafya Dergisi, 20(33), 37-48.
- Demir Yetiş, A., & Özgüven, A. (2020). Van Gölü Edremit kıyısı yüzey sularında ağır metal kirliliğinin araştırılması. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 25(2), 831-848.
- Durmaz, A. (2019). Sığ göllerde ağır metal kirliliği ve kaynaklarının değerlendirilmesi (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- Dutta, H. M., 1996. A composite approach for evaluation of the effects of pesticides on fish. In: Fish Morphology, (eds) J.S.D. Munshi & H.M. Dutta. Science Publishers Inc, USA. p:249
- Erduran, E. M. (2021). Ağır Metaller ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkiler.

- Esra G., Nizamettin K., Klaus A., Suzanne A. G. L., Zeynep E., Koray K., Özgür Y., Tahsin Onur Y. Alper G. 2018, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu ile İklimsel Değişimlerin Beyşehir Gölü'ne Etkilerinin İncelenmesi, Orta-Batı Anadolu
- TUNCA, E. Ü. (2016). Beyşehir Gölü'nde su ve sedimentte ağır metal birikimi ve sedimentte antropojenik kontaminasyon değerlendirmesi. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(2), 205-219.
- Ezer, A. 2003. Beyşehir Gölü Yüzey Su Toplama Havzası Yönetim Planı Örneğinde Ekolojik Planlama Yaklaşımı, Planlama Dergisi, Sayı: 2003/1, TMMOB Şehir Plancıları Odası Yayını, s.65-74, Ankara.
- Fazal, S., 2008, GIS Basics, New Age International (P) Ltd., Publishers, New Delhi
- Gazete, R. (2004). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Karar, 8289.
- Geray, U., ve Küçükaya, İ. (2002). Havza Yönetim Modeli Üzerine Düşünceler. Elektronik adres: <http://kelkit.gop.edu.tr>, [Erişim tarihi: Eylül 11, 2005].
- Herawati, N., Suzuki, S., Hayashi, K., Rivai, I.F. & Koyoma, H. (2000). Cadmium, copper and zinc levels in rice and soil of Japan, Indonesia and China by soil type. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 64, 33-39
- Hasegawa, S., 2003, "Risk Assessment of Point and Nonpoint Source Pollution on Water Resources Along the Santa Ana River", Master of Science, California State University, Fullerton.
- Hoşafcioğlu, S. (2007). Beyşehir Gölü havzasında noktasal ve noktasal olmayan kirlenici kaynakların değerlendirilmesi.
- İskender S., Kerem H., Beyşehir Gölü Havzasının Yeraltısu Akım Modellemesi Esaslı Hidrojeolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi, 2018
- Karadavut, I. S., Saydam, A. C., Kalipci, E., Karadavut, S., Ozdemir, C. & Durduran, S. (2012a). Pollution in Melendiz water basin groundwater. Pol. J. Environ. Stud., 21(3), 659.
- Kara, E. E., ve Kara, E. (2018). Toprakta ağır metal kirliliğinin insan sağlığına etkileri ve çözüm önerileri. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 11(1), 56-62.

- Kargın, E., Erdem, C., 1992. Bakır-çinko etkileşiminde *Tilapia nilotica* (L.)'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi. *Doğa Turkish Journal of Zoology*. 16: 343-348
- Kaptan, H., 2014. Eğirdir Gölü (Isparta)'nın suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ın bazı doku ve organlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta
- Kıracı, A. 2014. Azap Gölü'nün sedimentlerindeki ve sularındaki ağır metal miktarlarının belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Kır, İ., Özcan, S. T., ve Tuncay, Y. (2007). Kovada Gölü'nün Su ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi. *Su Ürünleri Dergisi*, 24(1), 155-158.
- Konya İli Beyşehir İlçe Raporu, 2019
- Korfmacher, K.F., 1996, "Changes in Land Use Change and Water Quality in the Yadkin River Basin NC 1951-1990 A Time Series GIS Analysis", Doktor of Philosophy, Duke University, USA.
- Mercan, D.E. Kabdaslı, S., 2006. Beyşehir Gölü'nün su dengesi, 1st Uluslararası Beyşehir ve Yöresi Sempozyumu, Selçuk Üniversitesi, Beyşehir, Konya, 11- 13 Mayıs, 2006, 56-60 Ceyhan, N., 1998. Beyşehir Gölü Soğuksu- Yeşil dağ ve İlmenler su toplama havzalarının hidrolojisi, Selçuk Üniversitesi Yüksek lisans tezi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 98 s, Konya.
- Meriç, B.T., 2004, "Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye", Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Ankara
- Nas, B., Berktaş, A., Aygün, A., Karabork, H., & Ekercin, S. (2009). Seasonal and spatial variability of metals concentrations in Lake Beyşehir, Turkey. *Environmental technology*, 30(4), 345-353.
- Nas, B., Karabork, H., Berktaş A., Ekercin, S., 2006. "Application of GIS and geostatistics in assessing water quality in the Beyşehir Lake, Turkey", IWA DipCon 2006
- Nas, B., Karabork, H., Berktaş A., Ekercin, S., 2006. "Mapping chlorophyll-a through in-situ measurements and Terra Aster satellite data", IWA DipCon 2006.
- Nişancı, R., Yıldırım, V., & Çolak, H. E. (2010). Coğrafi bilgi sistem uygulamaları. *Bilim ve Teknik*, 514, 58-63.

- Novinpour, E.A., 1987. Beyşehir (Konya) doğusundaki kaynaklar ile çevresinin jeolojisi ve hidroloji incelemesi, Selçuk Üniversitesi Yüksek lisans tezi Fen Bilimleri Enstitüsü, 107 s, Konya
- Ouyang, D., 2001, “Modeling Sediment and Phosphorus Loading in A Small Agricultural Watershed”, Doktor of Philosophy, Michigan State University, USA.
- Özdemir, H. (2011). Havza Morfometrisi ve Taşkınlar, Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve Bölgesel. Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, No:5: 457-474, İstanbul.
- Özbolat, G., & Tuli, A. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 25(4), 502-521.
- Timoçin, Ç. 2008. İki farklı balık çiftliğinden örneklenen *Clarias gariepinus* ve *Cyprinus carpio*'nun solungaç, kas ve karaciğer dokularında bakır, çinko, demir, krom, kurşun ve kadmiyum düzeyleri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Toker, M. ve Demir, U., 1995. Coğrafi bilgi sistemleri, Hacettepe Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü.
- TÜİK, 2007, 2016, 2020 ve 2023 Yılı Genel Nüfus Sayımı Sonuçları, Ankara.
- Tüstaş Sınai Tesisler A.Ş. Proje Daire Başkanlığı, 1999. “Beyşehir Gölü Sulak Alanı Yüzey Suyu Toplama Havzası Yönetim Planı Analitik Etüd Raporu”, Konya Valiliği ve Beyşehir Kaymakamlığı, Ankara.
- Tüstaş Sınai Tesisler A.Ş. Proje Daire Başkanlığı, 1999. “Beyşehir Gölü Sulak Alanı Yüzey Suyu Toplama Havzası Yönetim Planı Analitik Etüd Raporu”, Konya Valiliği ve Beyşehir Kaymakamlığı, Ankara.
- Romeis, J.J., 1999, “Evaluating Non-Point Nutrient Pollution in Steamboat Creek”, Master of Science, University of Nevada, Reno.
- Star, J.L. ve J.E. Estes, 1990, Geographic Information Systems: An Introduction, Prentice Hall, New Jersey.
- Sesören, A., 1999. Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar, Mart Matbaacılık, İstanbul.
- Singh, V. P., 1995. Watershed Modeling. V. P. Singh, (Ed.). Computer models of watershed hydrology, Water Resources Publications, Littleton.
- Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association (APHA), 2005. Washington, DC, U.S.A.

- Stokosa, T.J., 1999, “Using GIS Modeling to Determine Nitrate Loading Runoff in the Temescal Wash Watershed, Southern California”, Master of Science California State University, Long Beach.
- Şavran, G., & Küçük, F. (2022). Sucul Canlılarda Ağır Metal Birikimi ve Etkileri. *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 8(1), 65-78.
- Yüzey Suyu Toplama Havzası Yönetim Planı Analitik Etüd Raporu”, Konya Valiliği ve Beyşehir Kaymakamlığı, Ankara.
- Yong Niu, Xia Jiang, Kun Wang, Jiandong Xia, Wei Jiao, Yuan Niu, Hui Yu, 2019. Meta analysis of heavy metal pollution and sources in surface sediments of Lake Taihu, China
- Yomralıoğlu, T., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Birinci Baskı, Seçil Ofset, İstanbul.
- Yomralıoğlu, T., 2005, Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar (3. Baskı), Akademi Kitabevi, Trabzon
- Yönetmeliği, Y. S. K. (2016). Resmi Gazete Tarihi. Sayı, 10, 29797.

EKLER

EK-1 Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (SKKY 2004)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal				
Parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözülmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl/L)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁻ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri ^d				
1) Cıva (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr ⁺⁶ /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F ⁻ /L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl ₂ /L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg S ⁻ /L)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/L)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/L)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃-N/L değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/L'ye kadar düşürmek gerekebilir.

EK-2 Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2005)

Kirlilik Parametreleri	Sınır Değerler (mg/kg)
Cr	100
Ni	75
Cu	140
Zn	300
As	20
Cd	3

EK-3 Kanada Sediment Kalite Yönergesi (1992)

Metaller	En Düşük Etki Seviyesi (mg/kg)	Kuvvetli Etki Seviyesi (mg/kg)
Kadmiyum	0,6	33
Krom	26	110
Bakır	16	110
Kurşun	31	250
Nikel	16	75
Çinko	120	820

EK-4 Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları

No	Kimyasal Adı	YO-ÇKS Nehirler/ Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/ Göller (µg/L)
1	Alüminyum	2,2	27
2	Arsenik	53	53
3	Bakır	1,6	3,1
4	Nikel	4	34
5	Çinko	5,9	231
6	Demir	36	101
7	Gümüş	1,5	1,5
8	Krom	1,6	142
9	Kadmiyum	0,2	1,5
10	Mangan	100	100