DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNCİRALTI – ÇAKALBURNU (İZMİR) SULAK ALANININ HİDROJEOLOJİK VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ

Emre ŞANLI

Eylül, 2023
İZMİR

İNCİRALTI – ÇAKALBURNU (İZMİR) SULAK ALANININ HİDROJEOLOJİK VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programı

Emre ŞANLI

Eylül, 2023
İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

EMRE ŞANLI tarafından **DOÇ. DR. ADİLE MELİS SOMAY ALTAŞ** yönetiminde hazırlanan **"İNCİRALTI-ÇAKALBURNU (İZMİR) SULAK ALANININ HİDROJEOLOJİK VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

……

Doç. Dr. Adile Melis SOMAY ALTAŞ

Danışman

……..…	…..……
Prof. Dr. Ünsal GEMİCİ	Doç. Dr. Ali BÜLBÜL
Jüri Üyesi	Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın tez olarak sunulmasının ilk aşamalarından itibaren yardım ve desteklerini esirgemeyen, çalışmalarımı yönlendiren, öneri ve eleştirilerinden faydalandığım danışmanım saygıdeğer Doç. Dr. Adile Melis SOMAY ALTAŞ'a teşekkürü borç bilirim.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Araştırma Görevlisi Anıl KÜÇÜKSÜMBÜL'e, arazi çalışmalarında bana yardımcı olan değerli eşim Jeo. Müh. Buşra ULAŞ ŞANLI'ya ve yüksek lisans eğitimi alma kararımda yol gösterici olan sevgili arkadaşlarım Jeo. Müh. Murat DURĞAY ve Jeo. Yük. Müh. Seray IŞIK TEZEL'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca desteklerini hep hissettiğim, varlıklarıyla bana güç veren AİLEME sonsuz teşekkürler.

Emre ŞANLI

İNCİRALTI (İZMİR) SULAK ALANININ HİDROJEOLOJİK VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ

ÖZ

Bu çalışma İnciraltı kentsel sulak alanının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal incelenmesini içermekle birlikte, sulak alanların kalite açısından sürdürülebilir şekilde korunabilmesi gerekliliklerinin üzerinde durmayı amaçlamıştır.

Çalışılan alanın temelinde Paleozoyik yaşlı şist ve mermerlerden oluşan Menderes metamorfikleri ve bu metamorfiklerin üzerine bindirme fayı ile gelen Bornova karmaşığı bulunmaktadır. Bornova Karmaşığı'nın üstü Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyon birimi ile uyumsuz olarak örtülmüştür.

Hidrolojik inceleme yapıldığında İzmir ili genelinde, Thornthwaite yöntemine göre toplam yıllık ortalama yağış miktarının %52 kadarı buharlaşma-terleme yoluyla %36 kadarı ise yüzeysel akış yoluyla kaybolmaktadır. Geriye kalan %12 kadarı da süzülme yoluyla yeraltı suyunun yeniden beslenmesine katkıda bulunur.

Kasım 2022'de 14 farklı noktadan kuyu suyu, 3 farklı noktadan lagünle temaslı dere suyu ve 2 farklı noktadan lagün suyu olmak üzere 19 farklı noktadan örnekleme yapılmıştır. Fransız sertlik sınıflandırmasına göre, suların çoğunluğu 'Sert' ve 'Çok Sert' sınıfına girmektedir. Back (1966)'e göre, yüzey sularının tamamı 'Sodyum-Klor' su tipindeyken, yeraltı suları çoğunlukla 'Karışık' su tipindedir.

Suların hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek için ABD Tuzluluk, Wilcox, Schoeller ve Piper Diyagramları kullanılmıştır. Sular, ABD Tuzluluk Diyagramı'na göre çoğunlukla sulamaya uygun değildir. Wilcox diyagramına göre kuyu sularının genellikle 'İyi- Kullanılabilir' sınıfta oldukları belirlenmiştir.

Laboratuvarda yapılan analiz sonuçları içme suyu standartlarına göre incelendiğinde bor, brom, sodyum, klor, sülfat ve nitrat içerikleri sınır değerler

üzerindedir. Ağır metal analiz sonuçlarına bakıldığında, yeraltı sularında ve dere sularında sınır değerlerin aşılmadığı görülürken, dalyandan alınan sularda alüminyum, arsenik, mangan ve uranyum içeriklerinin limitleri aştığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanından örneklenen suların istatiksel açıdan değerlendirilmesi amacıyla 'Kolerasyon Analizi', 'Temel Bileşen Analizi' ve 'Hiyerarşik Kümeleme Analizi' uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hidrojeokimya, hidrojeoloji, hidroloji, İnciraltı, kentsel sulak alanlar

HYDROGEOLOGICAL AND HYDROGEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF INCIIRTALTI (IZMIR) WETLAND

ABSTRACT

This study includes hydrogeological and hydrogeochemical investigation of Inciralti urban wetland and aims to emphasize the requirements for sustainable conservation of wetlands in terms of quality.

Study area is underlain by Paleozoic Menderes metamorphics consisting of Paleozoic aged schists and marbles and Bornova Complex overlying these metamorphics with thrust fault. Top of Bornova Complex is covered incongruously with quaternary aged slope rubble and alluvial unit.

When hydrological examination is carried out throughout Izmir province, according to Thornthwaite method, up to 52% of the total annual average precipitation is lost through evaporation-transpiration, and up to 36% is lost through surface runoff. The remaining 12% contributes to groundwater recharge through filtration.

In November 2022, sampling was made from 19 different points. According to the French hardness classification, most of the waters are classified as ‘Hard’ and ‘Very Hard’. According to Back (1966), all surface waters are of the ‘Sodium-Chlorine’ water type, while groundwater is mostly of the ‘Mixed’ water type.

US Salinity, Wilcox, Schoeller and Piper Diagrams were used to determine the hydrogeochemical properties of the waters.

The results of the analysis, when examined according to standards for drinking water, boron, bromine, sodium, chloride, sulfate, and nitrate content is above the limits. When the heavy metal analysis results are examined, the aluminum, arsenic, manganese and uranium contents of the waters taken from the lagoon exceed the limit values.

‘Correlation Analysis’, ‘Principal Component Analysis’ and ‘Hierarchical Clustering Analysis’ were applied in order to statistically evaluate the waters sampled from the working field.

Keywords: Hydrogeochemistry, hydrogeology, hydrology, Inciralti, urban wetlands

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZ iv
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER viii
ŞEKİLLER LİSTESİ xii
TABLOLAR LİSTESİ xiii
KISALTMALAR xv
SEMBOLLER LİSTESİ xvii

BÖLÜM BİR GİRİŞ 1

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı 1
1.2 Materyal ve Yöntem 3
1.2.1 Arazi Çalışmaları 4
1.2.2 Laboratuvar Çalışmaları 6
1.2.3 Büro Çalışmaları 7
1.3 Çalışma Alanının Konumu 7

BÖLÜM İKİ SULAK ALANLAR 9

2.1 Sulak Alan Tanımları 9
2.2 Sulak Alan Sınıflandırmaları 10
2.3 Ramsar Sınıflaması 13
2.3.1 Deniz/ Kıyı Sulak Alanlar 13
2.3.2 Karasal/ İç Sulak Alanlar 14
2.3.3 Yapay Sulak Alanlar 14
2.4 Sulak Alanların İşlevleri 16
2.4.1 Su Temini ve Su Rejiminin Düzenlenmesi 16

2.4.2 Su Kalitesi ... 16
2.4.3 Taşkın ve Erozyonun Önlenmesi ... 17
2.4.4 Tuzlu Su Girişiminin Önlenmesi ... 18
2.4.5 İklim ... 18
2.4.6 Biyolojik Üretim ve Çeşitlilik ... 19
2.4.7 Ekonomik Fayda ... 21
2.4.8 Turizm ve Rekreasyon ... 22
2.5 Türkiye Sulak Alanları ... 22
2.6 Türkiye' deki Sulak Alanlara İlişkin Temel Sorunlar ... 26
2.6.1 Kurutma Sorunu ... 27
2.6.2 Kirlilik Sorunu ... 29
2.6.3 Habitat Tahribatı Sorunu ... 30
2.6.4 Yönetime İlişkin Sorunlar ... 31
2.6.5 Kamuoyu İlgisizliği Sorunu ... 31
2.7 Sulak Alanların Korunması ... 32
2.7.1 Ramsar Sözleşmesi ... 34

BÖLÜM ÜÇ JEOLOJİ ... 37

3.1 Stratigrafi ... 37
3.1.1 Menderes Masifi ... 40
3.1.2 Bornova Karmaşığı ... 41
3.1.3 Yamaç Molozu ve Alüvyon ... 42
3.2 Yapısal Jeoloji ... 43

BÖLÜM DÖRT HİDROLOJİ ... 48

4.1 Thornthwaite Yöntemi ile Su Bütçesi Hesaplaması ... 50

BÖLÜM BEŞ HİDROJEOLOJİ ... 58

5.1 Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri ... 58

5.1.1 Bornova Karmaşığı ... 58
5.1.2 Yamaç Molozu ve Alüvyon ... 60
5.2 Su Noktaları ... 61
5.2.1 Dereler ... 63
5.2.2 Kuyular ... 66
5.2.3 Lagün ... 68

BÖLÜM ALTI HİDROJEOKİMYA ... 69

6.1 İnceleme Alanındaki Sularda Çözünmüş İyonlar ... 69
6.1.1 Majör İyonlar ... 73
6.1.1.1 Kalsiyum ... 73
6.1.1.2 Magnezyum ... 74
6.1.1.3 Sodyum ... 75
6.1.1.4 Potasyum ... 76
6.1.1.5 Klor ... 78
6.1.1.6 Flor ... 80
6.1.1.7 Sülfat ... 81
6.1.1.8 Karbonat ve Bikarbonat ... 82
6.1.2.7 Nitrat ... 82
6.1.2 Minör İyonlar ... 83
6.1.2.1 Alüminyum ... 83
6.1.2.2 Arsenik ... 84
6.1.2.3 Silisyum ... 86
6.1.2.4 Bor ... 87
6.1.2.5 Çinko ... 88
6.1.2.6 Brom ... 89
6.2 Suların Genel Özellikleri ... 90
6.2.1 Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH) ... 91
6.2.2 Sıcaklık ... 92
6.2.3 Elektriksel İletkenlik (EC) ... 93
6.2.4 Doygunluk İndeksi (SI) ... 94

6.2.5 Suların Fasiyes Tipi ... 97
6.2.6 Sertlik ... 98
6.3 Suların Sınıflandırılması ... 99
6.3.1 Sulama Suyu Sınıflaması ... 100
6.3.1.1 Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) ... 100
6.3.1.2 Sodyum İyon Yüzdesi (%Na) ... 100
6.3.1.3 Permeabilite (Geçirimlilik) İndeksi (PI) ... 101
6.3.1.4 Wilcox Diyagramı ... 102
6.3.1.5 ABD Tuzluluk Diyagramı ... 104
6.3.2 İçme Suyu Sınıflaması ... 105
6.3.2.1 Piper Üçgen Diyagramı ... 105
6.3.2.2 Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramı ... 109
6.3.2.3 Suların Schoeller (1955)'e Göre Sınıflandırılması ... 111
6.3.2.4 Durov Diyagramı ... 112
6.4 Yeraltı Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Parametreleri Açısından İstatiksel Olarak Değerlendirmesi ... 114
6.4.1 Kolerasyon Analizi ... 114
6.4.2 Temel Bileşen Analizi (TBA) ... 117
6.4.3 Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HKA) ... 119
6.5 Çalışma Alanının Tuzluluk Açısından Değerlendirilmesi ... 124

BÖLÜM YEDİ SONUÇLAR VE ÖNERİLER ... 127

KAYNAKLAR ... 139

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Suların fiziksel ölçümlerinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar 4
Şekil 1.2 Su örnekleme çalışmaları ve yerinde yapılan ölçümler 5
Şekil 1.3 Su örneklerinin katyon analizi için filtrelenmesi 6
Şekil 1.4 Su örneklerinin katyon analizi için asitlenmesi 7
Şekil 1.5 Yer bulduru haritası 8
Şekil 2.1 Türkiye Ramsar alanları haritası 24
Şekil 3.1 Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası 38
Şekil 3.2 Çalışma alanının genelleştirlmiş kolon kesiti 39
Şekil 3.3 İzmir fayının Balçova segmentinde bulunan faylar 46
Şekil 3.4 İzmir ve çevresindeki faylar 47
Şekil 4.1 Çalışma alanının sıcaklık- düzeltilmiş PE grafiği 55
Şekil 4.2 Çalışma alanının hidrolojik model 57
Şekil 5.1 Örnekleme yapılan su noktaları 62
Şekil 5.2 Akaçlama haritası 65
Şekil 5.3 Çakalburnu Lagünü 68
Şekil 6.1 İnciraltı sulak alanına ait dairesel diyagramlar 72
Şekil 6.2 PH haritası 92
Şekil 6.3 Sıcaklık haritası 93
Şekil 6.4 Elektriksel iletkenlik haritası 94
Şekil 6.5 Mineral doygunluk indekslerinin grafiksel gösterimi 96
Şekil 6.6 Örneklenen suların Wilcox diyagramında sınıflandırılması 103
Şekil 6.7 Örneklenen suların ABD Tuzluluk diyagramında sınıflandırılması 105
Şekil 6.8 Piper diyagramı bölümleri 106
Şekil 6.9 Örneklenen suların Piper üçgen diyagramındaki gösterimi 109
Şekil 6.10 Örneklenen suların Schoeller yarı logaritmik diyagram gösterimi 110
Şekil 6.11 Örneklenen suların Durov diyagramında gösterilmesi 113
Şekil 6.12 Hiyerarşik kümeleme analizi dendogramı 122
Şekil 6.13 Kümelere ait sınıflama parametreleri 123
Şekil 6.14 Çalışma sahasının jeolojik kesiti 125

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 1956 Yılında ABD'de yapılmış sulak alan sınıflandırmaları 10
Tablo 2.2 MAR listesine göre sulak alan sınıflaması 11
Tablo 2.3 Batı palearktik sulak alanlar için temel oluşturan sınıflama..... 11
Tablo 2.4 Dünyanın biyocoğrafik bölgelerinin sınıflandırılması..... 12
Tablo 2.5 Deniz/kıyı sulak alanlar 13
Tablo 2.6 Karasal/İç sulak alanlar..... 14
Tablo 2.7 Yapay sulak alanlar..... 14
Tablo 2.8 Yıllara göre sulak alan sınıflandırmalarına örnekler 15
Tablo 2.9 Ulusal öneme sahip sulak alanlarımız 23
Tablo 2.10 Mahalli öneme sahip sulak alanlarımız 25
Tablo 2.11 Ramsar kapsamındaki sulak alanlarımız..... 26
Tablo 2.12 Sulak alanlara yönelik tehditler 27
Tablo 2.13 Türkiye'de kurutulan sulak alanlar..... 28
Tablo 2.14 Sulak alanların kriterleri 36
Tablo 4.1 Su bilançosu..... 49
Tablo 4.2 Thornthwaite yağış etkinlik indeksi ve iklim özelliği 52
Tablo 4.3 Thornthwaite sıcaklık etkinlik indeksi ve iklim özelliği 52
Tablo 4.4 Thornthwaite kuraklık indeksi ve iklim özelliği..... 52
Tablo 4.5 Thornthwaite nemlilik indeksi ve iklim özelliği..... 53
Tablo 4.6 Yaz ayları ETp değerinin yıllık ETp'ye oranı 53
Tablo 5.1 Kayaçların Lugeon değerlerine göre sınıflandırılması 58
Tablo 5.2 Balçova Jeotermal Alanı'nda bulunan sıcak su kuyularının özellikleri 67
Tablo 6.1 Su numunelerinin majör element içerikleri 70
Tablo 6.2 Su numunelerinin minör element içerikleri 71
Tablo 6.3 Suların genel özellikleri..... 91
Tablo 6.4 Mineral doygunluk indeksleri..... 95
Tablo 6.5 Suların fasiyes tipine göre sınıflandırılması 98
Tablo 6.6 Suların Fransız sertlik sınıflaması 99
Tablo 6.7 Su örneklerinin SAR sınıflaması 100

Tablo 6.8 Su örneklerinin %Na sınıflaması 101
Tablo 6.9 Su örneklerinin permeabilite indeksine göre sınıflandırılması 101
Tablo 6.10 Örneklenen suların Piper üçgen diyagramına göre sınıflandırılması..... 108
Tablo 6.11 Schoeller su sınıflaması 111
Tablo 6.12 Örneklenen suların Schoeller'e göre sınıflaması 112
Tablo 6.13 Suların majör iyonlarının kolerasyon katsayıları 116
Tablo 6.14 KMO ve Barlett Testi sonuçları 117
Tablo 6.15 Başlangıç öz değerleri ve toplam varyans değerleri 118
Tablo 6.16 Döndürülmüş temel bileşen matrisi 119
Tablo 6.17 Veri setlerinin istatiksel özeti 121

KISALTMALAR

WWF	: Dünya Doğal Yaşamı Koruma Vakfı
CSB	: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
AŞ	: Anonim Şirket
TS	: Türkiye Standartları
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
ED50	: European Datum 1950
EPA	: Amerika Çevre Koruma Ajansı
DCCEEW	: Avustralya İklim Değişikliği, Enerji, Çevre ve Su Bakanlığı
MEDWET	: Akdeniz Sulak Alanlar Girişimi
bt	: Bilenmeyen tarih
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
IUCN	: Dünya Doğayı ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği
Vd.	: Ve diğerleri
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
DSİ	: Devlet Su İşleri
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
STK	: Sivil Toplum Kuruluşları
COP	: Akit Taraf Konferansı
D	: Doğu
B	: Batı
K	: Kuzey
G	: Güney
GNSS	: Küresel navigasyon uydu sistemi
KD	: Kuzeydoğu
GB	: Güneybatı
KB	: Kuzeybatı
GD	: Güneydoğu
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

ETp	: Düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon
ETg	: Gerçek evapotranspirasyon
LU	: Lugeon
İBB	: İzmir Büyükşehir Belediyesi
İKA	: İzmir Kalkınma Ajansı
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
İJ	: İzmir Jeotermal
San.	: Sanayi
Tic.	: Ticaret
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
ETİ	: Eti Maden İşletmeleri
IAH	: Uluslararası Hidrojeologlar Birliği

SEMBOLLER LİSTESİ

m^2	: Metrekare
gr	: Gram
pH	: Hidrojen İyon Konsantrasyonu
EC	: Elektriksel İletkenlik
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
kg	: Kilogram
mg/l	: Miligram / Litre
€	: Euro
%	: Yüzde
ha	: Hektar
>	: Büyüktür
km	: Kilometre
cm	: Santimetre
°	: Derece
°C	: Santigrat derece
kg/cm^2	: Kilogram/Santimetrekare
km^2	: Kilometrekare
m^3	: Metreküp
lt/sn	: Litre/Saniye
Na	: Sodyum
K	: Potasyum
Ca	: Kalsiyum
Mg	: Magnezyum
Cl	: Klor
HCO_3	: Bikarbonat
CO_3	: Karbonat
SO_4	: Sülfat
Si	: Silisyum
NO_3	: Nitrat

Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
B	: Bor
Ba	: Baryum
Br	: Brom
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Li	: Lityum
Mn	: Mangan
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
Sr	: Stronsiyum
U	: Uranyum
Zn	: Çinko
P	: Fosfat
ppm	: Milyonda Bir
ppb	: Milyarda Bir
gr/cm^3	: Gram/Santimetreküp
SiO_2	: Silisyum dioksit
mg/kg	: Miligram/Kilogram
PI	: Permeabilite İndeksi
SI	: Doygunluk İndeksi
SAR	: Sodyum Adsorbsiyon Oranı
µS/cm	: Mikrosiemens/Santimetre
$CaCO_3$	: Kalsiyum
meq/l	: Miliekivalen/Litre
TDS	: Toplam Çözünmüş Katı Madde
Std.	: Standart

BÖLÜM BİR
GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Dünya nüfusundaki artış ile buna bağlı olarak artan kentleşme ve sanayileşme, canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli olan suyun önemini arttırmıştır. Ülkemiz yeraltı ve yüzey suları bakımından oldukça zengin doğal kaynaklara sahiptir. Ancak küresel ısınma, kontrolsüz ve bilinçsiz su kullanımı en temel ihtiyacımız olan suya ulaşımı zorlaştırmaktadır. Sürdürülebilir su temini, suyun miktar ve kalitesinin korunmasıyla sağlanabilecektir (WWF Türkiye, 2008).

Su temininin ve korunmasının sağlanmasında vazgeçilemeyecek öneme sahip kentsel sulak alanlar, ekolojik denge ve biyolojik çeşitliliğin yanı sıra ekonomik olarak da fayda sağlamaktadır. Sulak alanlar sadece canlılara su temini sağlamakla kalmaz aynı zamanda birçok farklı canlıya da yaşam alanı sunar (Hepsağ, 2003). Sulak alanların; erozyonun ve kuraklığın önlenmesi, suyun depolanması, akifer besleniminin sağlanması, yeraltı ve yüzey suları rejiminin düzenlenmesi ile birlikte balıkçılık, tarım, hayvancılık, tuz üretimi, turizm ve rekreasyon gibi ekonomik katkıları da bulunmaktadır (Amanuel, 2015; Baran, 2018; Dervişoğlu, 2018; Erdem, 2007, 2013; Güney, 2014; United Nations, 2022; Somay, 2000).

Tropikal ormanlarla birlikte dünyada en fazla organik madde üreten sahalar sulak alanlardır. Sulak alanlarda $1m^2$ alanda yaklaşık 20 gr, ılıman iklimin görüldüğü ormanlarda 12,9 gr, ziraat alanlarında ve kırlarda 6 gr, kumullarda ise 0,001 gr organik madde üretimi gerçekleşmektedir. Sazlık bir alan buğday tarlasına göre 8 kat daha fazla organik ürün ortaya çıkarmaktadır (Erdem, 2007).

Sulak alanlar yağmur, kar, sel sularının toprak tarafından emilemeyen kısımlarını tutup yavaşlatarak bırakırlar. Bu şekilde sel oluşumunu ve toprak erozyonunu engellerler (Güney, 2014; Somay-Altaş, 2022). Suya doygun hale gelen alan, hidrolojik dengenin korunmasını sağlar ve deniz suyu girişiminin engellenmesinde rol

oynar. Yüzeyden süzülerek akifere ulaşan sular içme, kullanma ve sulama suyu olarak kullanılabilmektedir. İnciraltı kentsel sulak alanında da gözlemlediğimiz üzere kuyulardan çekilen sular içme suyu olarak değilse de kullanma ve sulama suyu olarak kullanılmaktadır.

Sulak alanların nem ve yağışı arttırarak özellikle tarım olmak üzere birçok faaliyetin üzerinde olumlu etkisi vardır. Bölgede yapılan tarımsal faaliyetlerin sonucu oluşan kimyasal atıklar ve özellikle kentsel sulak alanlarda karşılaşılan hızlı kentleşme, evsel atıklar ile endüstriyel atıklar, sulak alanlar için yok oluşun başlıca sebepleri arasındadır.

Sulak alanlar aynı zamanda bir nevi filtre olarak çalışarak kirliliğin engellenmesine yardımcı olurlar. Tarım faaliyetlerinde kullanılan kimyasallar suya karışarak ötrofikasyona neden olmaktadır. Sulak alanlar, geri döndürülemeyecek zararları olan bu kimyasalların zararlarını önleyerek, balıkların ve sucul bitkilerin ekosistemdeki yerlerinin devamlılığını sağlarlar (Hepsağ, 2003). Ayrıca sulak alanların filtreleme özelliğinden faydalanmak için yapay sulak alanlar oluşturulup, endüstriyel atık suların ekonomik ve ekolojik yollarla arıtılması da sağlanmaktadır (Çiftçi, Kaplan, Köseoğlu, Karakaya ve Kitiş, 2007).

Sulak alanların insan eliyle oluşturulmuş kirliliğin tamamını temizlemesini beklemek doğru değildir. Bu alanların kendini yenileme yetenekleri değişkenlik gösterir ve zaman alır (Erdem, 2013). Geçmişte bütün faydalarına rağmen sulak alanlar kurutulması gereken bataklıklar olarak görülmekteydi. 1971 senesinde İran'a bağlı Ramsar şehrinde Ramsar Sözleşmesi imzalanmıştır. Bu sözleşme ile sulak alanların korunması amaçlanmıştır. 30 Aralık 1993'de Türkiye sözleşmeye dahil olmuştur. 2022 yılında Ramsar statüsünde 184.487 hektar tescil alanı bulunun 14 adet sulak alanı bulunmaktadır (CSB, 2021). Dünya Doğal Yaşamı Koruma Vakfı'na göre Türkiye'deki sulak alanlar 2,5 milyon hektarlık bir alanı kaplamaktaydı. Aradan geçen 55 yıllık süre sonunda Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Türkiye'de yaklaşık 1,1 milyon hektarlık sulak alan tescil etmiştir. Bu verilere göre kaybedilen

sulak alanlar yaklaşık 1,4 milyon hektardır. Kaybın en önemli sebebi bu alanların yanlış uygulamalara maruz kalmasıdır (CBS, 2021; WWF-Türkiye, 2008).

İnciraltı sulak alanındaki suların kalitesini değerlendirebilmek amacıyla, çalışma sahasında 14 farklı noktadan kuyu suyu, 3 farklı noktadan dalyanla temaslı dere suyu ve 2 farklı noktadan dalyan suyu olmak üzere 19 farklı noktadan örnekleme yapılmıştır. Suların fiziksel özelliklerini saptamak amacıyla sıcaklık, pH ve EC değerleri sahada ölçülmüştür. Alınan su örneklerinin kimyasal analizleri İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü ve Çınar Çevre Laboratuvarları AŞ (Ankara)'de yapılmıştır. Laboratuvarlardan gelen analiz sonuçlarına göre çeşitli kriterlere göre su sınıflaması yapılmış, içme ve kullanma suyu olarak kullanılabilirliği grafikler yardımıyla belirlenmiştir. Suların içme suyu olarak kullanılabilirliği Dünya Sağlık Teşkilatı, TS-266 ve Sağlık Bakanlığı'nın herbirinin ayrı ayrı belirlediği sınır değerlere göre incelenmiştir. Çalışma alanının hidrolojik incelemesinin yapılması için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün İzmir ili özelinde 1938 yılından 2021 yılına kadar kayıt altına aldığı sıcaklık-yağış değerleri dikkate alınmıştır.

Tüm bu bilgiler ışığında, sulak alanların korunması ve sürdürülebilir kullanımının bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiği aşikardır. Bu çalışma İnciraltı kentsel sulak alanının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal incelenmesini içermekle birlikte, sulak alanların kalite açısından sürdürülebilir şekilde korunabilmesi gerekliliklerinin üzerinde durmayı amaçlamıştır.

1.2 Materyal ve Yöntem

Bu tez kapsamında edinilen sonuçlara; saha, laboratuvar ve ofis çalışmaları yapılarak üç aşamada ulaşılmıştır. Tüm bu aşamaların öncesinde literatür araştırması yapılarak inceleme yapılacak sahada daha önce yapılan jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmalar ile sulak alanlar konusunda yapılan çalışmalar incelenmiştir.

1.2.1 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları tüm sahayı temsil edebilecek şekilde daha önceden belirlenmiş noktalardan su örnekleri alınarak yapılmıştır. İnciraltı kentsel sulak alanındaki su kalitesini değerlendirebilmek amacıyla inceleme alanından 14 farklı noktadan kuyu suyu, 3 farklı noktadan dalyanla temaslı dere suyu ve 2 farklı noktadan dalyan suyu olmak üzere 19 farklı noktadan örnekleme yapılmıştır. Sular daha sonra laboratuvarda uygun ölçülerde kaplara bölünmek üzere 1000 ml polietilen kaplarda muhafaza edilmiştir (Şekil 1.2).

Sular 2022 yılı Kasım ayında örneklenmiştir ve suların alındığı konumlar GPS verileri kullanılarak kayıt altına alınmıştır. Kullanılan koordinat sistemi European Datum 1950 (ED50)'dir. Suların fiziksel özelliklerini saptamak amacıyla sıcaklık, pH ve EC değerleri sahada ölçülmüştür. Bu ölçümler için WTW Multi 340i ölçüm cihazı kullanılmıştır. Bu cihazla birlikte WTW TetraCon 325 iletkenlik elektrodu ve WTW SenTix 41 entegre sıcaklık sensörlü pH elektrodu kullanılmıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Suların fiziksel ölçümlerinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar



Şekil 1.2 Su örnekleme çalışmaları ve yerinde yapılan ölçümler

1.2.2 Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma sahasından alınan su örnekleri anyon analizleri için 500 ml'lik polietilen kaplara alınmış ve İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'ne teslim edilmiştir. Katyon analizleri için 0.45 µm filtre kağıdından geçirilerek (Şekil 1.3) 250 ml'lik polietilen kaplara alınmış ve nitrik asit çözeltisi ilave edilerek pH değerinin 2'nin altına indirilmesi sağlanmıştır (Şekil 1.4). Katyon analizleri için örnekler Çınar Çevre Laboratuvarları AŞ (Ankara)'ye teslim edilmiştir.



Şekil 1.3 Su örneklerinin katyon analizi için filtrelenmesi



Şekil 1.4 Su örneklerinin katyon analizi için asitlenmesi

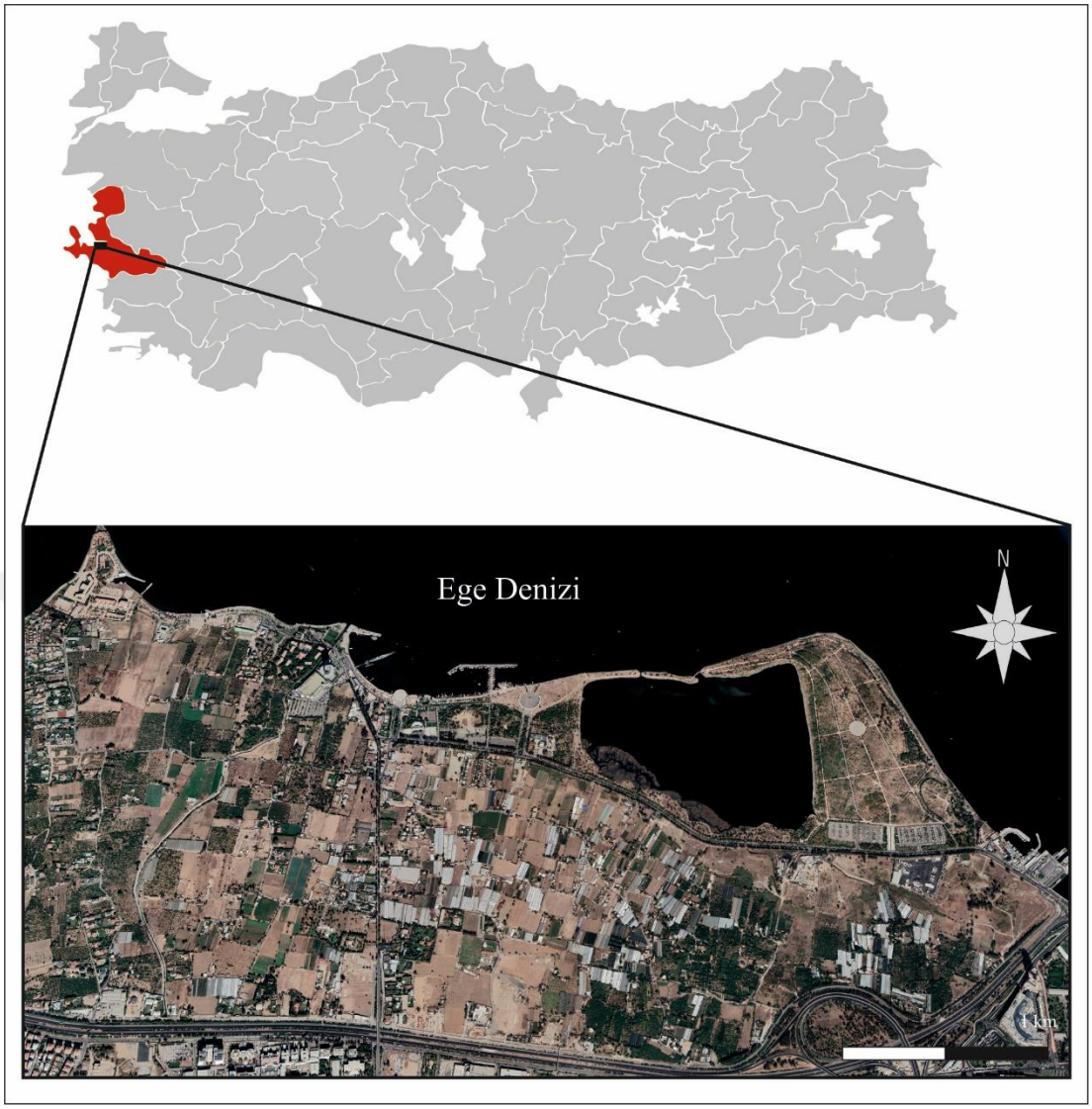
1.2.3 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları ilk olarak tüm sahayı temsil edebilecek şekilde su örneklerinin alınabileceği noktaların tespit edilmesiyle başlamıştır. Daha sonra laboratuvarlardan gelen analiz sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

Elde edilen sonuçların diyagrama aktarılmasında AquaChem programından yararlanılmıştır. Microsoft Office programları kullanılarak yazım ve tablo oluşturma, Corel Draw programı kullanılarak çizim ve düzenleme, SPSS programı ile istatiksel analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

1.3 Çalışma Alanının Konumu

Çalışmanın yapıldığı İnciraltı kentsel sulak alanı Batı Anadolu'da İzmir ilinde bulunmaktadır. Körfezin ve İzmir Kuş Cenneti'nin güneyinde, Balçova ilçesinde yer alan inceleme alanı doğuda Hacıahmet deresi, Batıda Ilıca deresi, güneyde İzmir-Çeşme otoyolu ile sınırlanıp, kuzeyde Çakalburnu Dalyanını içermektedir. (Şekil 1.5).



Şekil 1.5 Yer bulduru haritası

Çakalburnu dalyanı, İnciraltı Kent Ormanı ile çevrelenmiştir. Bölgede seracılık, hayvancılık, narenciyecilik ve çiçekçilik yaygın olarak yapılmaktadır.

İnceleme alanına en yakın yeraltı zenginliği termal su kaynaklarıdır. Körfezin güney sınırında bulunan İzmir Fayı, Balçova Jeotermal Sistemini de içermektedir. Bu termal sular, Kaplıca turizminde kullanıldığı gibi evsel-kamusal alanların ısıtılmasında ve az da olsa seracılıkta da kullanılmaktadır.

BÖLÜM İKİ
SULAK ALANLAR

2.1 Sulak Alan Tanımları

Sulak alanların tanımı ülkelerin, kurumların ve konu üzerine çalışan kişilerin uzmanlık alanı ve amaçlarına göre farklılık göstermiştir.

Amerika Çevre Koruma Kurumu'nun tanımında; "Sulak alanlar, toprağın su ile kaplandığı ya da toprağın yüzeyinde veya yakınında bitkilerin gelişim dönemi ile birlikte yıl boyunca değişen dönemlerde mevcut olan alanlardır" (EPA, bt).

Dünya Doğal Yaşamı Koruma Vakfı'na göre; "Sulak alan, arazinin mevsimsel veya kalıcı olarak suyla (tuzlu, tatlı veya arada bir yerde) kaplandığı bir yerdir. Ayrı bir ekosistem olarak işlev görür. Sulak alanları, diğer toprak türlerinden veya su kütlelerinden, öncelikle nemli toprağa uyum sağlamış bitki örtüsünden ayırarak tanıyabilirsiniz" (WWF, bt).

Avustralya İklim Değişikliği, Enerji, Çevre ve Su Bakanlığı'nın Sulak Alanlar için yaptığı tanıma göre; "Sulak alanlar, toprağın sene boyunca ya da yalnızca dönemsel zaman aralıklarında suyla kaplandığı kara alanlarıdır" (DCCEEW, bt).

Akdeniz Sulak Alanlar Girişimi'nin tanımında; "Sulak alanlar, toprağın suyla kaplandığı ya da yılın farklı dönemlerinde suyun, toprağın üzerinde veya çevresinde bulunduğu sahalardır. Sulak alan ortamları, su döngüsünde önemli bir rol oynar ve benzersiz bir çevresel koşul, flora ve fauna karışımına sahiptir. Binlerce yıldır insanlığa hayati hizmetler sağlayan sulak alanlar, lagünler, bataklıklar, nehirler ve bunların deltaları, göller, akarsular, turba bataklıkları, su çayırları, vahalar, mangrov ormanları, mercan resifleri ve insan yapımı göller, barajlar ve tuzlalar, karides ve balık havuzları gibi çeşitli ekosistemleri içerir" (MEDWET, bt).

Yapılan tanımlardan da anlaşılacağı üzere, sulak alanlar için birçok tanım bulunmaktadır. Yapılan tanımlar konu üzerinde çalışan kişi ve kurumların uzmanlık alanı ve çalışmalarının amaçlarına göre farklılık göstermektedir. Sulak alanların çok farklı uzmanlıkları bir araya getiren çok geniş bir konu olması bu tanımların farklılaşmasına sebep olmuştur. Bu tanımlardan en yaygın kullanılan ve kabul göreni Ramsar Sözleşmesi'nde de yer alan tanımdır. Bu tanıma göre sulak alan; "Doğal ya da yapay, sürekli ya da dönemsel, suları durağan ya da akıcı, tatlı, acı veya tuzlu, okyanusların medcezir dönemlerinin çekilme evresinde altı yüz santimetreyi aşmayan derinlikleri içeren, öncelikle sucul kuşlar olmakla birlikte birçok canlıya yaşam alanı sağlayan tüm sular, turbiyeler, sazlıklar, bataklıklar ve bunların kıyı hattından başlayarak kara içinde ekolojik bakımdan sulak kalabilen yerler" şeklinde tanımlanır (Özen ve Beklioğlu, 2007; SAKY, 2014).

2.2 Sulak Alan Sınıflandırmaları

Sulak alanların sınıflandırılmasında değişik ölçütlerin farklı kombinasyonları kullanılmıştır. Temel öğelerinin su, toprak ve canlılar olduğu sulak alanlar sınıflandırılırken; oluşum biçimi, hidroloji, jeomorfoloji, su kimyası, iklim gibi konular kriter olarak benimsenmiştir.

ABD'de 1956 yılında yayınlanan genelgeyle 20 farklı sulak alan tanımlanmıştır (Matthews, 1993) (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 1956 Yılında ABD'de yapılmış sulak alan sınıflandırmaları

1. Mevsimsel sel veya taşkın yatakları	11. Karasal tuzlu su gölleri
2. Karasal tatlı su çayırlıkları	12. Kıyısal sığ tatlı su sazlıkları
3. Karasal sığ sazlıklar	13. Kıyısal derin tatlı su sazlıkları
4. Karasal derin sazlıklar	14. Kıyısal tatlı sular
5. Karasal tatlı sular	15. Kıyısal tuzlu alanlar
6. Subasar çalılık alanlar	16. Sulak çayırlar
7. Subasar ağaçlık alanlar	17. Düzenli tuzlu taşkın alanlarındaki sazlıklar
8. Bataklıklar	18. Düzensiz tuzlu taşkın alanlarındaki sazlıklar
9. Karasal tuzlu göller	19. Koy ve körfezler
10. Tuzlu göl sazlıkları	20. Mangrove alanları

Fransa'da 1965 yılında oluşturulan MAR Listesine (Tablo 2.2) göre sulak alanlar 8 kategoriye ayrılmıştır (Matthews, 1993).

Tablo 2.2 MAR listesine göre sulak alan sınıflaması (Matthews, 1993)

1. Kıyısal sulak alanlar
2. Sığ lagünler
3. Kıyısal sazlıklar
4. Karasal, sığ, tuzlu, sodalı ve alkali göller
5. Sığ, durgun karasal tatlı sular
6. Sığ, tatlı akarsular
7. Karasal tatlı su sazlıkları
8. Turbalık alanlar

Polonya'da 1966 yılında Mar listesinin yetersizliğinin tartışmaya açılmasıyla G. Eber tarafından 1969'da güncellenmiş hali yayınlanan sınıflandırma (Tablo 2.3), 1973'te başlayan ve 1980'de yayınlanan "Batı Palearktik Sulak Alanlar" için bir temel oluşturmuştur (Matthews, 1993).

Tablo 2.3 Batı palearktik sulak alanlar için temel oluşturan sınıflama (Matthews, 1993)

Kıyısal Sulak Alanlar	Açık deniz	1. Gel git zonu 2. Sürekli sığ sular
	Koylar ve Boğazlar	3. Sığ denizler 4. Derin körfezler 5. Sığ koylar 6. Tatlı sulu veya sodalı koylar 7. Doğal veya yapay, tatlı veya tuzlu lagünler
	Nehir Ağızları	8. Gel-git haliçleri 9. Deltalar
	Deniz Kıyıları	10. Adacıklar 11. Kıta veya büyük ada kıyıları
Nehir Vadileri	Nehirler ve Taşkın Yatakları	12. Alçak rakımlı nehirler 13. Dağ nehirleri 14. Dereler
	Depolama Rezervuarları	15. Su seviyesi sabit 16. Su seviyesi değişken
Diğer Sulak Alanlar	Göller	17. Tuzlu göller 18. Tatlı sulu, besince zengin göller 19. Tatlı sulu, besince fakir göller 20. Turbalık alanlar
	Bataklıklar	21. Bataklık çayırları 22. Turba Bataklıkları
	Dönemsel Sulak Alanlar	23. Yağmur ve kar suları
	Yapay Göller	24. Havuzlar ve küçük rezervuarlar 25. Sulama, drenaj sistemleri

IUCN (Dünya Doğayı ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği) 1975 yılında 19 başlıktan oluşan "Dünyanın Biyocoğrafik Bölgelerinin Sınıflandırılması" adıyla tablo 2.4'te gösterilen sınıflandırmayı yapmıştır (Matthews, 1993).

Tablo 2.4 Dünyanın biyocoğrafik bölgelerinin sınıflandırılması (Matthews, 1993)

1. Sığ deniz koyları ve boğazlar
2. Haliçler ve Deltalar
3. Adacıklar
4. Kayalık Kıyılar
5. Deniz Kumsalları
6. Gel-git Alanları ve Kum Düzlükleri
7. Sodalı ve Tuzlu Kıyı Lagünleri, Sazlıklar, Tuzlalar
8. Mangrov bataklıkları ve ormanlar
9. Yavaş akan nehirler ve akarsular,
10. Hızlı akan nehirler ve akarsular
11. Nehir kenarındaki göller ve bataklıklar
12. Tatlı su gölleri ve bataklıklar
13. Tatlı su göletleri, sazlıkları ve bataklıkları
14. Tuz gölleri
15. Rezervuarlar ve barajlar
16. Mevsimsel taşkınlara maruz kalmış otlaklar ve savanlar
17. Pirinç tarlaları, ekilebilir taşkın yatakları
18. Subasar ormanlar ve mevsimsel taşkınlara maruz kalmış ormanlar
19. Turba bataklıkları, sulak meralar, karsuyu göletleri.

EPA iki genel sulak alan sınıflaması yapmıştır (EPA, bt). Bunlar;

- Kıyı/gel-git sulak alanlar,
- İç kısım/gel-git olmayan sulak alanlar şeklinde sıralanır.

Kıyı/gel-git sulak alanları, tatlı su-deniz suyu girişiminin yaşandığı, farklılaşan tuzluluk oranları içeren haliçlerle ilişkilidirler. Gel-git hareketi sonucu oluşan düzlüklerde tuzlu suyun etkisiyle birçok bitki için uygun yaşam alanı oluşmazken, tuzlu ortama uyum sağlayabilen bazı çimen ve çimen benzeri bitkiler, gel-git bataklıklarını oluştururlar. Tuzlu ortamda yaşayabilen çalılar veya ağaçlar barındıran mangrovlar, güney Florida ve Porto Riko gibi tropikal iklimlerde yaygın olarak görülürler (EPA, bt).

İç kısımlar/gel-git olmayan sulak alanlar, dere ve nehir boyunca uzanan taşkın yataklarını, kuru araziyle çevrili bağımsız havzaları, göllerin ve göletlerin kenarları boyunca ve yeraltı suyunun toprak yüzeyini kestiği veya yağışın toprağı yeterince doyurduğu bataklıkları kapsamaktadır (EPA, bt).

2.3 Ramsar Sınıflaması

Ramsar sözleşmesi 1971 yılında imzalanmasına rağmen, sınıflandırma 1990 yılında yapılmıştır (Tablo 2.8). Montrö'de yapılan 4. Toplantıda alınan kararla sulak alanlar üç ana başlık altında toplanmıştır (Çağırankaya ve Köylüoğlu, 2013; FAO, bt; Matthews, 1993; Özden, 1995). Bunlar;

- Deniz/Kıyı Sulak Alanlar (Tablo 2.5),
- Karasal/İç Sulak Alanlar (Tablo 2.6),
- Yapay Sulak Alanlar (Tablo 2.7) şeklinde sıralanır.

2.3.1 Deniz/Kıyı Sulak Alanlar

Deniz/Kıyı sulak alanları tablo 2.5'de gösterildiği gibi sınıflandırılır.

Tablo 2.5 Deniz/kıyı sulak alanlar (Çağırankaya ve Köylüoğlu, 2013; FAO, bt; Matthews, 1993; Özden, 1995)

A. Medcezir durumlarında genelde 6 m'den daha düşük alçak okyanus sularını, küçük körfezleri barındırır
B. Okyanus medcezir düzlüğü
C. Mercan resifleri
D. Kıyı ortamlarındaki kayalar
E. Kumlu ve çakıllı kıyılar
F. Akarsular
G. Medcezir bağlantılı kum, kil, silt ve tuzlu alanlar
H. Medcezir bağlantılı bataklıklar
I. Medcezir bağlantılı ormanlık sulak alanları
J. Acı / tuzlu kıyı gölleri
K. Tatlı kıyı gölleri
Zk (a). Karst vd. yeraltı hidrolojik oluşumlar

2.3.2 Karasal/ İç Sulak Alanlar

Karasal/İç sulak alanları tablo 2.6'da gösterildiği gibi sınıflandırılır.

Tablo 2.6 Karasal/İç sulak alanlar (Çağırankaya ve Köylüoğlu, 2013; FAO, bt; Matthews, 1993; Özden, 1995)

L. Devamlılığı olan iç çatal ağızlar
M. Devamlılığı olan akarsular
N. Geçici akarsular
O. Devamlılığı olan tatlı su birikimleri (>8 hektar)
P. Geçici tatlı su birikimleri (>8 hektar)
Q. Devamlılığı olan acı göller
R. Dönemsel tuzlu/ acı göller
Sp. Devamlılığı olan tuzlu/ acı/ alkalin bataklıklar
Ss. Dönemsel tuzlu/ acı/ alkalin bataklıklar
Tp. Devamlılığı olan tatlı su bataklıkları/havuzları; suni göller (<8 hektar)
Ts. Organik olmayan topraklardaki dönemsel tatlı su bataklıkları, kırlar
U. Orman bulundurmayan turbalık alanlar
Va. Alpin sulak alanları
Vt. Tundra sulak alanları
W. Çalı kaynaklı sulak alanlar;
Xf. Tatlı su, yoğun ağaçlı sulak alanlar;
Xp. Ormanlık turba alanları
Y. Tatlı su membaları
Zg. Sıcak yeraltı suyu kaynaklı sulak alanlar.
Zk (b). Karst vd. yeraltı hidrolojik oluşumlar

2.3.3 Yapay Sulak Alanlar

İnsan eliyle inşa edilmiş sulak alanlar tablo 2.6'da belirtildiği şekilde sınıflandırılmıştır.

Tablo 2.7 Yapay sulak alanlar (Çağırankaya ve Köylüoğlu, 2013; Matthews, 1993; Özden, 1995)

1. Su ürünleri yetiştiriciliği yapılan havuzlar
2. 8 hektardan küçük su ürünleri yetiştiriciliği yapılan havuzlar
3. Sulama kanalları ve pirinç tarlaları
4. Dönemsel su yükselmesi etkisi altında kalan zirai alanlar
5. Tuz üretim alanları
6. Suyun depolanabildiği 8 hektardan büyük alanlar
7. Kazılmış çukur alanlar
8. Evsel ve endüstriyel kirli suların arıtıldığı alanlar
9. Kanallar, hendekler.

Tablo 2.8 Yıllara göre sulak alan sınıflandırmalarına örnekler (Çağırankaya ve Köylüoğlu, 2013; Matthews, 1993; Özden, 1995)

Sınıflandırma Kaynağı	Sınıflandırma Yılı	Sınıflandırma Şekli	Sınıflandırma
Cowardin ve ark.	1979	Ekosistem	Göl Denizel Akarsu Boyu Haliç İç Kesim Bataklıkları Kıyısal ve Halofitik İlişkiler Deniz dışı sular
Corine Habitat Tiplerine Göre	1985	Bulunuş	Çalılık ve çayırlıklar Ormanlar Sazlıklar ve Turbalıklar Karasal Kayalıklar Tarımsal Alanlar ve Yapay Alanlar
Ramsar Sözleşmesi	1990	Oluşum ve Sosyoekonomik	Denizel Karasal Kayalıklar Yapay
Dugan	1990		Tuzlu Su Ortamı Tatlı Su Ortamı İnsan Yapısı
Marsh	1991	Hidrolojik ve Fizyografik	Yüzeysel Yeraltı Suyu Akarsu ve Göl Kenarı Ve bu alanları kapsayan Nemli Sahalar
Europian Community	1993	Karakter	Körfez ve Çatalağızlar Tatlı Su Aynazları Göller Akarsu ve Taşkın Düzlükleri Turbalıklar Kıyısal İnsan Yapıları
Brinson	1993	Hidromorfolojik	Çöküntü veya Havza Saçak Nehirsel Bayır Düzlük Alanlar Körfezler Okyanusal Kıyılar Taşkın Düzlükleri Tatlı Su aynazları Göller Turba Alanları Aynaz Ormanları

2.4 Sulak Alanların İşlevleri

Birbiriyle bağlantılı faydalarının çeşitliliği, sulak alanların doğal müzeler olarak görülmesini sağlamıştır. Sulak alanlar, tabii fonksiyonları ve sağladıkları maddi katkılarıyla dünyamızın vazgeçilmez parçalarıdır (Ateş ve Uzer, 2007).

Kentsel sulak alanlar kentlere ekonomik, sosyal ve kültürel fayda sağlarlar. Aşırı yağışları bünyesinde tutarak taşkın, sel riskini azaltır, kirli suları arıtma fonksiyonuyla suları filtrelemeye yardımcı olur ve suyun kalitesini arttırır. Farklı hayat formlarına yaşam ortamı sağlarken, rekreasyon yoluyla da insanlara hizmet eder (WWF, 2022).

2.4.1 Su Temini ve Su Rejiminin Düzenlenmesi

Su tüm canlılar için temel ihtiyaçtır. Canlıların yaşamlarını sürdürülebilmesi suyun temiz ve yeterli olması ile mümkündür. Sulak alanlar suyu depolama özelliklerinin yanında içme, sulama ve kullanma suyu kaynaklarıdır. Ayrıca yeraltı suyunu da beslemektedir (Erdem, 2013).

Şehirleşmenin getirdiği baskı ile yeraltı suyunun beslenim alanı azalmıştır. Kentsel sulak alanlar hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin etkisinden arındırılarak, sürdürülebilir ve akılcı yaklaşımlarla korunmalıdırlar. Kullanılabilecek tatlı suyun tüm suların %3,5'u olduğu, yeraltı sularının da bu oranın yaklaşık %48'ine karşılık geldiği düşünülürse, yeraltı sularının ne derece önemli olduğu ortaya çıkmaktadır (Sampat, 2001).

Yüzeyden süzülerek akifere inen, nispeten daha temiz olan su, içme suyu olarak ve/veya başka bir sulak alanın beslendiği kaynak olarak kullanılabilmektedir (Somay, 2000).

2.4.2 Su Kalitesi

Sulak alanlar genellikle akarsuların taşkın düzlüklerinde oluştuklarından, tortulların çökeldiği havuz görevi görerek, kirleticilerin sudan arıtılmasında sünger gibi çalışırlar.

Evsel atıkların oluşturduğu kirliliğin etkisinin azaltılması ile hayvansal ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan yüksek miktardaki azot ve fosfor elementlerinin sudaki miktarının azaltılmasında etkilidirler. İçme suyu kaynağı olarak kullanılan yeraltı sularındaki azot ve fosfor elementlerinin filtrelenmesinde etkin rol oynayarak, kabul edilebilir değerlerin altında kalmasını sağlarlar. Bu sayede çok az miktarda bulunan temiz suların sürdürülebilirliğine katkı sağlarlar (Dervişoğlu, 2018).

A.B.D'deki bir bataklık, sisteme giren bir günlük sudan 7.700 kg biyolojik oksijeni, 4.900 kg fosforu, 4.300 kg amonyağı ve 62 kg nitratı temizlemekte ve suya günde 20.000 kg oksijen katkısı sağlamaktadır (Korkanç, 2004).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki limit değerlere göre (SKKY, 2008) suda çözünmüş oksijenin litrede 3 mg'dan düşük kalması, yetersiz oksijenden kaynaklı balık ölümleriyle sonuçlanmaktadır. Suda çözünmüş azot ve fosfor, sıcaklıkla artan kimyasal tepkimeler gerçekleştirerek, su yosunlarının artan popülasyonuyla ötrofikasyona sebep olur (Hepsağ, 2003). Sulak alanlar, su yosunlarının aşırı çoğalmasını sınırlayarak oksijene ihtiyaç duyan tüm yaşam formlarının devamlılığını sağlarlar (Baran, 2018; Güney, 2014).

2.4.3 Taşkın ve Erozyonun Önlenmesi

Nehirlerin taşkın depolama alanları olan sulak alanlar, eriyen kar ve yağmur sularının neden olduğu sel felaketlerinin derinlik ve hızını azaltarak canlı yaşamına zarar vermesini önler (Güney, 2014; Somay-Altaş, 2022).

Sulak alanlardaki flora; çığ, yamaç erozyonu ve heyelan gibi doğal afetlerin oluşumunun önlenmesinde büyük rol oynar. Mercan resifleri, deltalar gibi kıyı sulak alanları fırtınaların, dalgaların, kuvvetli gel-gitlerin ve tsunaminin yıkıcı etkisini azaltır (Güney, 2014; WWF, 2008). Sedimentlerin çökelmesini sağladıklarından kıyı erozyonunu da önlerler.

Sulak alanların yokluğunda oluşan taşkınların neden olduğu zararın ekonomik ve insani boyutları da değerlendirilmelidir. Amik gölü kurutulmadan önce Asi Nehri'nin taşkınlarını depolamaktaydı. Göl yatağı tarıma ve imara açıldıktan sonra bu özelliğini kaybetmiştir. Bahar aylarında yaşanan taşkınlar sebebiyle tarım alanlarını ve şehir merkezini su basmaktadır. Buna bağlı olarak mal ve can kaybı meydana gelebilmektedir (Erdem, 2013).

İngiltere' deki 695 hektar Insh Marshes Ramsar alanının ekonomik katkıları göz önünde bulundurulduğunda, aynı amaca yönelik bir taşkın alanı milyonlarca pound maliyet oluşturmaktadır. Tuna Nehri taşkın düzlüklerinin, su baskını riskini düşürme etkisi dikkate alınarak, senelik iktisadi katkısı 1995 yılında 650 milyon € olarak hesaplanmıştır (Güney, 2014). Minnesota Nehri'nin boşaltılan 500 hektarlık taşkın azaltma alanının ekonomik katkısı 1,5 milyon dolar olarak hesaplanmıştır (Baran, 2018). 2005 yılında Katrina Kasırgası, ABD' de 1836 can kaybına ve 125 milyar dolar maddi kayba yol açmıştır. İnsani faaliyetler sebebiyle yok olan Missisipi Irmağının çevresindeki sulak alanlar, kasırganın verdiği zararın çok yüksek olmasına sebep olmuştur (Güney, 2014; Hurricane Katrina, bt).

2.4.4 Tuzlu Su Girişiminin Önlenmesi

Kıyı sulak alanlarındaki tatlı suyun oluşturduğu basınç, tuzlu suyun sulak alana geçişini önlemektedir.

Kentleşmenin artması, küresel ısınmanın bir sonucu olan buharlaşma, yeraltı sularından aşırı su çekimi, sulak alanı besleyen derelerin ıslahı sonucu yeraltı su seviyesinin düşmesiyle deniz suyu girişimi artmakta ve sulak alan tuzlanarak işlevlerini kaybetmektedir.

2.4.5 İklim

Sulak alanlar iklim değişikliğiyle mücadelede önemli savunma sahalarıdır. Yeryüzünün %3'lük kısmını kaplasalar da topraktaki karbonun dörtte birini bünyelerinde barındırırlar (Erdem, 2007).

Yerküremiz, ağırlıklı olarak turbalık ve ormanlık sulak alanlarda, mevcut karbonun %40'ını hapsetmektedir. Kıyı sulak alanlarının karbonu tutma hızı tropikal yağmur ormanlarına kıyasla 55 kat daha yüksektir (United Nations, 2022).

Tarım alanlarına dönüştürülmüş sulak alanlar, yüksek seviyede karbondioksidin havaya karışmasına yol açacaktır. İklim değişikliğinin yarıdan fazlasının sebebinin karbondioksit gazı olduğu düşünüldüğünde, özellikle kentsel sulak alanlarının neden korunmasının gerektiği daha da belirginleşecektir (WWF Türkiye, 2008).

İklim değişikliğinin bir sonucu olan kuraklıkla, kentsel sulak alanlar sayesinde çok daha güçlü mücadele edebiliriz. Sulak alanlar bulundukları bölgenin sıcaklık ve nem oranını arttırarak bölgedeki tarımsal üretim ve diğer faaliyetlere pozitif bir katkı sağlarlar. Oluşturdukları mikroiklim daha önce bölgede yetişmeyen birçok tarım ürününün üretilmesine olanak sağlamıştır. Van'da, kendisiyle yaklaşık aynı yükseltide bulunan Erzurum ve Kars'ta olmayan sebze ve meyvelerin yetişmesi, Van Gölü'nün çevresinde oluşan sulak alan ile gerçekleşmektedir (Erdem, 2007). Çalışma sahasında yer alan Çakalburnu (İnciraltı) Lagünü'nün kuzey kısmında yapılan ağaçlandırma çalışması ile 200 ha'lık "İzmir-İnciraltı Rekreasyon Alanı" oluşturulmuştur (Somay-Altaş, 2022). C. Hepcan ve Ş. Hepcan (2017)'a göre, sulak alanın bir parçası olarak çalışan bu alanda oluşturulan ormanın yaklaşık 623 bin ton karbon emiliminde etkili olduğu ve atmosferin temizlenmesine yılda yaklaşık 189 kg katkı sağladığı hesaplanmıştır.

2.4.6 Biyolojik Üretim ve Çeşitlilik

Tropik iklime sahip bölgelerin ormanlarıyla birlikte dünyada en çok organik madde üreten sahalar sulak alanlardır. Sulak alanlarda 1 metrekare alanda yaklaşık 20 gr, okyanusal iklimin etkili olduğu ormanlarda 12,9 gr, zirai faaliyet alanları ile otlaklarda 6 gr, kumullarda ise 0,001 gr organik madde üretimi gerçekleşmektedir. Sazlık bir alan, buğday tarlasına göre 8 kat daha fazla organik ürün ortaya çıkarmaktadır (Erdem, 2007; Görmez, 1997; Williams, 1990).

Hayvan ve bitki türlerinin beşte ikisinin yaşadığı ve ürediği sulak alanlar, kara yüzeylerinin sadece %6'sından oluşur (United Nations, 2022). Az rastlanır ve tehlike altındaki türlerin yaşam alanı olarak seçtiği sulak alanlar, biyoçeşitliliğin korunması ve geleceğe aktarılabilmesi için gereklidir.

Balıklar ve kuşlar bu alanların en yaygın üyeleridir. Kuzeydoğu Avusturalya'daki Büyük Set Resifleri dünyanın en büyük resif sistemidir ve birçok canlıya (1500 balık türü, >8000 yumuşakça türü) ev sahipliği yapmaktadır. Güney Amerika kıtasının yaklaşık üçte birini oluşturan Amazon drenaj havzası barındırdığı balık türü sayısıyla (>3000) dünyanın en büyüğüdür (Güney, 2014). Türkiye'de yer alan sulak alanlarımızda en çok karşılaşılan çeşitler; alabalık, sazan, turna, kızılkanat, karabalık, kefal, sudak, tatlısu levreğidir (CSB, 2021).

Kuşların göç rotasının Türkiye üzerinden geçmesi nedeniyle, birçok kuş türü Türkiye'yi üreme, barınma, dinlenme ve beslenme ihtiyacını karşıladığı alan olarak kullanır. Türkiye'de bilinen 482 kuş türü vardır. Sulak alanlarda en yaygın görülen kuş türleri leylek, flamingo, kaşıkçı, uzunbacak, kılıçgaga, turna ile balıkçıllar ve ördeklerdir (CSB, 2021). Çalışma sahasının bulunduğu İzmir ilinin, önemli sulak alanlarından Çamaltı Tuzlası içerisinde bulunan İzmir Kuş Cenneti ve Homa Dalyanı, 205 kuş türüne ev sahipliği yapmaktadır (Hassanzadehdıznabi, 2019).

Meriç, Gediz, Büyük Menderes ve Küçük Menderes çatalağızları ile Göksu, Seyhan ve Ceyhan çatalağızları kışın Anadolu'daki göllerin donmasıyla, bu bölgelerde barınamayan birçok su kuşu türüne ev sahipliği yapmaktadır (CSB, 2021). Flamingo, suna, bataklık kırlangıcı, martı gibi kuşların tuzlaları konaklama, beslenme ve kuluçka alanı olarak kullanmasının en önemli nedeni buralarda bulunan tuz karidesi (artemia salina)'dir. Kültür balıkçılığının en önemli yemi olan artemia salina, tuzlalarda konaklayan, kuluçkaya yatan su kuşlarının önemli bir besin kaynağıdır (Başbuğ, 1999). Tuzlalardaki biyolojik dengenin kilit organizması olan bu kabuklu canlı, sudaki alglerle beslenerek suyun filtrelenmesine ve berraklaşmasına katkı sağlarlar (Binbirgıda, bt).

Sulak alanlar bazı endemik türlere ev sahipliği yapmaktadır. Akdeniz'de hayat süren 50 iki yaşamlı (karada ve suda) türün 27'si yerli türdür. Yumuşak kabuklu Nil Kaplumbağası sadece Göksu, Seyhan ve Ceyhan ırmaklarının çatalağızlarında üreyip, çoğalmaktadır (CSB, 2021).

Sulak alanlar birçok bitkiye de ev sahipliği yaparlar. Türkiye sulak alanlarında saz, kamış, hasırotu, kofa benzeri otlar büyük birliktelikler göstermektedir. Tüm bu bitkilerin yanısıra suyun üstünü örten nilüfer gibi bitkilerle birlikte sığ göllerde gelişen ördek otu, ördek mercimeği, su mercimeği gibi su altı bitkileri ile de karşılaşılmaktadır (CSB, 2021; Erdem, 2007). Gediz deltasında tespit edilen 700 bitki türünün 11 tanesi endemik alttürdür (Doğa Derneği, 2008).

2.4.7 Ekonomik Fayda

Sulak alanların ekonomik faydaları balıkçılık, tarım, hayvancılık, saz üretimi, tuz üretimi şeklinde sıralanabilir (Amanuel, 2015).

Kıyı sulak alanları balıklar için korunaklı yumurtlama alanlarıdır. Nehir ağızları, deltalar ve dalyanlar besince zengin yaşam ortamlarıdır. Tüketilen balıkların yarısından fazlası kıyı sulak alanlarına bağlı yaşayan, buralarda yumutlayan, kışlayan ve beslenen balıklardan oluşmaktadır (Güney, 2014).

Sulak alanlar taşkınların sebep olduğu su seviyesi değişimleriyle toprağa zengin besin maddeleri yaymaktadır (Erdem, 2007; Güney, 2014). Bu sayede toprak verimli hale gelir ve üretim miktarı artar. 3,5 milyar insanın tükettiği ve dünya kalori tüketiminin 50'de 1'ini oluşturan pirinç, doğal ve yapay sulak alanlarda yetiştirilmektedir (Baran, 2018; Güney, 2014; United Nations, 2022).

Verimli hale gelen toprak birçok hayvanın otlayabileceği alanlar içerir. Sadece büyükbaş hayvanların değil keçi, koyun, kaz, ördek gibi hayvanlar içinde beslenme ve barınma ihtiyacını karşılamaktadır (Erdem, 2007).

Sulak alanların tipik bitkisi olan sazlar sadece karbon emici ve su temizleyici olarak kalmayıp ayrıca ticari bir ürün olarak da fayda sağlamaktadır. Hasır sepet ve bahçe mobilyaları, yalıtım malzemesi yapımında kullanıldığı gibi kâğıt fabrikalarında selüloz kaynağı olarak da kullanılmaktadır. Doğrudan yurt dışına ihraç edilerek ülkelere döviz girdisi sağlamaktadır (Erdem, 2007). Sazlar doğal sulak alanların olduğu gibi yapay sulak alanların da yaygın bitki tipidir (EPA, 1993,1995,1999).

Tuz üretimi için kullanılan tuzlalar, sulak alanların önemli ekonomik faaliyet alanlarıdır. Önceleri sadece besin maddesi olarak kullanılan tuz, endüstriyel faaliyetlerin artmasıyla temel girdi olarak da kullanılmaya başlamıştır. İnciraltı kentsel sulak alanının kuzeyinde bulunan Çamaltı Tuzlası, Gediz Deltası üzerinde kurulu Türkiye'nin en büyük deniz tuzlasıdır. Türkiye'de üretilen tuzun dörte biri bu sahadan elde edilmektedir (Tıraş, 2011).

2.4.8 Turizm ve Rekreasyon

Sulak alanlar sahip olduğu yaşam formlarının çeşitliliği sayesinde doğal müzeler olarak adlandırılmaktadır. Kuş gözlemciliği, botanik turizmi, fotoğrafçılık, amatör balıkçılık, doğa yürüyüşü, bisiklet turu, sandalla gezinti, manzara seyretme, festival turizmi, kamp-karavan turizmi gibi çeşitli aktiviteler sulak alanın doğal işlevlerine zarar vermeyecek şekilde planlanarak gerçekleştirilebilir (Çanga-Çelik ve Polat-Üzümcü, 2020).

2.5 Türkiye Sulak Alanları

Türkiye'de korunan alanlardan olan sulak alanların yüz ölçümü 958.883 ha'dır. Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği'nin şartlarını taşıyan 59 alan 'Ulusal Öneme Sahip Sulak Alan' olarak (Tablo 2.9), 27 alan 'Mahalli Öneme Sahip Sulak Alan' (Tablo 2.10) olarak kaydedilmiştir. Bu alanlara ek olarak ülkemiz sınırlarında Ramsar sözleşmesine uygunluk şartlarını taşıyan 14 alan (Tablo 2.11) tescillenmiştir (CSB, 2021) (Şekil 2.1).

Tablo 2.9 Ulusal öneme sahip sulak alanlarımız

Sulak Alan	İl	Havza	Tescil Alanı (ha)	Sulak Alan	İl	Havza	Tescil Alanı (ha)
Gökgöl-Işıklı Gölleri	Denizli	Büyük Menderes	33.693	Marmara Gölü	Manisa	Gediz	24.893
Yarışlı Gölü	Burdur	Burdur	13.219	Efteni Gölü	Düzce	Batı Karadeniz	8.314
Hürmetçi Sazlığı	Kayseri	Kızılırmak	15.713	Kocaçay Deltası	Bursa	Susurluk	17.025
Karakuyu Sazlıkları	Afyonkarahisar	Büyük Menderes	12.625	İznik Gölü	Bursa	Marmara	61.606
Acıgöl	Denizli, Afyonkarahisar	Burdur	55.095	İron Sazlıkları	Bitlis, Muş	Fırat - Dicle	13.746
Çıldır Gölü	Ardahan	Aras	27.058	Aras-Karasu Taşkınları	Iğdır	Aras	9.090
Aktaş Gölü	Ardahan	Aras	5.847	Acarlar Longoz Ormanı	Sakarya	Sakarya	17.528
Putka Gölü	Ardahan	Aras	4.181	Karasu Deltası	Van	Van Gölü	339
Tol Gölü	Ankara	Kızılırmak	1.414	Güney Keban Baraj Gölü	Elazığ	Fırat - Dicle	41.424
Çorak Gölü	Burdur	Burdur	7.892	Aygır Gölü	Kars	Aras	1.034
Yazır Gölü	Burdur	Batı Akdeniz	2.705	Sarısu Ovası Sulak Alanları	Ağrı	Fırat - Dicle	10.092
Gölhisar Gölü	Burdur	Batı Akdeniz	5.877	Azap Gölü	Aydın	Büyük Menderes	2.183
Akgöl	Van	Van Gölü	1.203	Avlan Gölü	Antalya	Batı Akdeniz	10.062
Tortum Gölü	Erzurum	Çoruh	2.709	Çalı Gölü	Kars	Aras	391
Karkamış Taşkın Ovası	Gaziantep, Şanlıurfa	Fırat - Dicle	27.396	Doğubayazıt Sazlıkları	Ağrı	Aras	22.179
Bulanık Ovası	Muş	Fırat - Dicle	3.496	Dipsiz Lagünü	Mersin	Doğu Akdeniz	1.035
Bendimahi Deltası	Van	Van Gölü	27.177	Hazar Gölü	Elazığ	Fırat - Dicle	28.846
Ekşisu Sazlıkları	Erzincan	Fırat - Dicle	8.736	Akşehir Eber Gölleri	Afyonkarahisar, Konya	Akarçay	117.779
Gönen Çayı Deltası	Balıkesir	Marmara	9.770	Gökçeada Lagünü	Çanakkale	Marmara	3.491
Yeniçağa Gölü	Bolu	Batı Karadeniz	8.224	Gölbaşı Gölü	Hatay	Asi	792
Çelebibağ Sazlıkları	Van	Van Gölü	1.337	Yüksekova (Nehil) Sazlıkları	Hakkari	Fırat - Dicle	21.533
Dönemeç Deltası	Van	Van Gölü	5.945	Karamık Sazlıkları	Afyonkarahisar	Akarçay	15.785
Ladik Gölü	Samsun	Kızılırmak	1.836	Kozanlı Gökgöl	Konya	Konya Kapalı	5.723
Tödürge Gölü	Sivas	Kızılırmak	4.340	Tuzla Palas Gölü	Kayseri	Kızılırmak	17.320
Ahlat Sazlığı	Bitlis	Fırat - Dicle	243	Meriç Deltası	Edirne	Meriç-Ergene, Marmara	29.046
Arin(Sodalı) Gölü	Bitlis	Van Gölü	4.322	Metruk Tuzlası	Muğla	Batı Akdeniz	3.376
Turna (Keşiş) Gölü	Van	Van Gölü	3.045	Erçek Gölü	Van	Van Gölü	22.269
Ulaş Gölleri	Sivas	Kızılırmak	7.994	Balıkdamı Sulak Alanı	Eskişehir	Sakarya	14.147
Heybeli (Norşin) Gölü	Bitlis	Fırat - Dicle	53	Yeşilırmak Deltası	Samsun	Yeşilırmak	34.340
Nazik Gölü	Bitlis	Van Gölü	11.164			**TOPLAM (ha)**	**314.309**



Şekil 2.1 Türkiye Ramsar alanları haritası

Tablo 2.10 Mahalli öneme sahip sulak alanlarımız

Sulak Alan	**Statü**	**İl**	**Tescil Alanı (ha)**
Akçay Sazlıkları	Mahalli	Balıkesir	48
Akdoğan Gölü (Hamurpet Gölleri)	Mahalli	Muş	3.698
Aksaz Sazlıkları	Mahalli	Sinop	133
Bakkal Gölü	Mahalli	Çankırı	25
Batmış Gölü	Mahalli	Bitlis	4.273
Büyük Akgöl	Mahalli	Sakarya	2.957
Çavuşçu Gölü	Mahalli	Konya	12.017
Çiçekli (Hıdırmenteş) Gölü	Mahalli	Van	523
Çiğ Gölü	Mahalli	Ordu	129
Dipsiz Göl	Mahalli	Konya	17
Eğri Göl	Mahalli	Antalya	589
Erzurum Bataklıkları	Mahalli	Erzurum	8.632
Haçlı Gölü	Mahalli	Muş	4.285
Haydarlar Gölü	Mahalli	Hatay	794
Hersek Lagünü	Mahalli	Yalova	167
İzmit Körfezi Sulak Alanı	Mahalli	Kocaeli	446
Karakoç Deresi Sulak Alanı	Mahalli	Balıkesir	38
Kastabala Sulak Alanı Kuş Cenneti	Mahalli	Osmaniye	796
Kaz Gölü	Mahalli	Sivas	315
Keremali Gölü	Mahalli	Sakarya	188
Küçük Akgöl	Mahalli	Sakarya	187
Mileyha Sulak Alanı	Mahalli	Hatay	126
Samsam Gölü	Mahalli	Konya	931
Şeytansofrası Sulak Alanı	Mahalli	Balıkesir	17
Buyer Baba Gölü	Mahalli	Tunceli	20
Cizre Dicle Nehri	Mahalli	Şırnak	232
Balıklı Göl	Mahalli	Aksaray	137
		TOPLAM (ha)	**41.720**

Arazi kontrolü için 2012-2018 yılları arasında yapılan veri kıyaslamasına göre sulak alanlar 1.118,24 ha artmıştır. 2021 yılı itibariyle Türkiye'de bulunan 250'den fazla sulak alan, 1 milyon hektardan fazla bir alan kaplamaktadır (CSB, 2021).

Türkiye'de 8 ha'dan büyük 921 doğal sulak alan bulunmaktadır. Yıllık yaklaşık 200 mm yağış sulak alanlara ulaşarak beslenmesini sağlamaktadır (CSB, 2021).

Türkiye, batı palearktik bölgedeki dört önemli kuş göç rotasının ikisi üzerindedir. Bu durum ülkemizin Sulak alanlar bakımından önemli bir konumda olmasını sağlamıştır. Ayrıca Türkiye'deki farklı ekolojik çeşitliliklerdeki sulak alanlar bu önemli konumun değerini arttırmaktadır (Ünal, 2013; CSB, 2021).

Tablo 2.11 Ramsar kapsamındaki sulak alanlarımız

Sulak Alan	Statü	İl	Havza	Tescil Alanı (ha)
Akyatan ve Tuzla Lagünü	Ramsar	Adana	Seyhan Havzası	14.700
Burdur Gölü	Ramsar	Burdur, Isparta	Burdur Havzası	24.800
Gediz Deltası	Ramsar	İzmir	Gediz Havzası	14.900
Göksu Deltası	Ramsar	Mersin	Doğu Akdeniz Havzası	15.000
Kızılırmak Deltası	Ramsar	Samsun	Kızılırmak Havzası	21.700
Kızören Obruğu	Ramsar	Konya	Konya Kapalı Havzası	127
Kuyucuk Gölü	Ramsar	Kars	Aras Havzası	416
Manyas (Kuş) Gölü	Ramsar	Balıkesir	Susurluk Havzası	20.400
Meke Maarı	Ramsar	Konya	Konya Kapalı Havzası	202
Nemrut Kalderası	Ramsar	Bitlis	Van Gölü Havzası	4.589
Seyfe Gölü	Ramsar	Kırşehir	Kızılırmak Havzası	10.700
Sultan Sazlığı	Ramsar	Kayseri	Kızılırmak Havzası	17.200
Uluabat Gölü	Ramsar	Bursa	Susurluk Havzası	19.900
Yumurtalık Lagünü	Ramsar	Adana	Ceyhan Havzası	19.853
			TOPLAM (ha)	**184.487**

2.6 Türkiye'deki Sulak Alanlara İlişkin Temel Sorunlar

Sulak alanlar sağladığı sayılamayacak kadar çok faydaya karşın varlık ve kaliteleri bakımından tehdit altındadır. Karşılaşılan en büyük sorunlar kurutma, kirlenme, su rejiminin ve su kalitesinin bozulması, habitat tahribatı, yönetimsel sorunlar ve kamuoyu oluşturmadaki yetersizlikler olarak sınıflanabilir (Erdem, 2007; WWF, 2008; Zor, 2001).

Kentsel sulak alanlar hızlı nüfus artışının getirdiği birçok sorunla karşı karşıyadır. Artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için konut, tarım ve sanayi alanları olarak kullanılması amacıyla kurutulur, kirletilir ve bozulurlar (Somay-Altaş,2022).

Sulak alanların karşılaştığı sorunlara yenilmesi demek, bu alanların kaybı demektir. Bu kayıpla beraber temiz ve kaliteli suya ulaşım, taşkın ve erozyonun önlenmesi, biyolojik çeşitlilik ve doğal güzelliklere erişim gibi bedelsiz olarak ulaşabildiğimiz tüm bu faydalardan mahrum kalınacaktır.

Dugan'a göre; sulak alanlara yönelik tehditler iki ana başlıkta toplanmıştır (Dugan, 1990) (Tablo 2.12).

Tablo 2.12 Sulak alanlara yönelik tehditler

İnsan Faaliyetleri	**Doğrudan**	Ziraat faaliyetleri ve sivrisinek popülasyonu azaltma amacıyla kurutma
		Su üstü ulaşımı ve taşkın engelleme amacıyla tarama ve nehir kanalizasyonu
		Deponi alanı, yol inşaası, oturum, ticari ve endüstriyel alanlar sağlama amacıyla doldurma
		Madencilik faaliyetleri
		Sel, fırtına engelleme, sulama ve su temini amaçlı inşaat çalışması
		Zirai faaliyet ve evsel kanalizasyon sebepli kirlilik
		Deniz, su tanımları için tadilat
	Dolaylı	Akarsu önlerine bent çekilmesi sonucu tortu yığılması
		Su yolu, ulaşım yolu gibi sebepli hidrolojik etmenlerde değişiklik
		Doğal kaynaklarının çıkarılmasıyla oluşan yeraltı boşlukları
Doğal Sebepler		Tortullaşma
		Deniz su seviyesinin artması
		Çoraklık
		Şiddetli rüzgâr, kasırgalar
		Aşınma, taşınma
		Biyolojik etmenler

2.6.1 Kurutma Sorunu

Sulak alanların varlığındaki en temel girdi sudur. Sulak alanlara su girdisi hidrolojik döngüye ve yapay etkenlere bağlıdır. Ülkemizde yağışın bol olduğu mevsimlerde sulak alanlarda su seviyesi artmakta, yağışın az olduğu ve buharlaşmanın fazla olduğu mevsimlerde su seviyesi azalmaktadır. Bunun yanında akarsu yataklarındaki suyun enerji üretimi, taşkın kontrolü ve sulama gibi amaçlarla sulak alana ulaşımının engellendiği ve yeraltı suyunun aşırı drene edildiği ortamlarda sulak alan beslenemez, su seviyesi düşerek kurumaya başlar (Ağırgöl-Kayacan, 2008; Çalışkan, 2003; Koch, Schmid, Reyes ve Gumuzzio, 2012; Özden, 1995 Zor, 2001).

1950'li yıllarda sıtma hastalığıyla mücadele için sulak alanların kurutulmaya başlaması, sulak alanların telafi edilemeyecek derecede zarar görmesiyle sonuçlanmıştır. Amik, Emen, Gavur, Suğla, Kestel, Simav, Efteni, Ladik gölleri, Aynaz, Karasaz bataklıkları ve daha ufak ölçekte birçok küçük bölge kurutularak yok edilmiştir (WWF Türkiye, 2008) (Tablo 2.13). Kurutma çalışmalarıyla Türkiye sulak alanlarının yarısını kaybetmiştir (Erdem, 2007).

Tablo 2.13 Türkiye'de kurutulan sulak alanlar (Selçuk, 2019'dan değiştirilerek alınmıştır)

SULAK ALAN ADI	KURUTULAN ALAN	KURUTULMA İLE İLGİLİ NOTLAR
Amik Gölü (Hatay)	27.000 ha	1950'lerden 1986 yılına kadar kurutma çalışmaları devam etmiştir. Kurutma çalışmaları amacına tam olarak ulaşamasa da büyük bir kayıp oluşmuştur.
Akşehir Gölü (Konya)	35.000 ha	1969'da 35.300 ha su alanı varken 1993'te bu alan 17.700 hektara düşmüş ve günümüzde ise tamamen kurumuştur. 1960 – 1990 yılları arasındaki yağış verilerine bakıldığında göldeki kurumanın sadece yağışların azalmasından kaynaklı olmadığı görülmektedir.
Aynaz Bataklığı (Mersin)	1.000 ha	Uluslararası öneme sahip sulak alan (Ramsar) kriterlerine uymaktaydı.1973 yılında tamamen kurutulmuştur.
Ereğli Sazlıkları (Konya)	37.000 ha	1992 ve 1995 yıllarında sırasıyla SİT ve Tabiatı Koruma Alanı olarak korumaya alınanan alan, gölü besleyen akarsuların yönlerinin değiştirilerek barajları beslemesi sağlandığından tamamı kurumuştur.
Eşmekaya Sazlıkları (Aksaray)	11.250 ha	1992 ve 1994 yıllarında sırasıyla SİT ve 1994 Yaban Hayatı Koruma Sahası olarak korumaya alınmıştır. Bunlara rağmen DSİ Eşmekaya Sazlıkları'nı baraj gölüne çevirmek istemiş ve daha sonra açılan davalar sonucu baraj inşaatı yarım kalmıştır.
Gökçeören Gölü (Adapazarı)	2.500 ha	1967'de kurutulmuştur.
Hotamış Sazlıkları (Konya)	16.500 ha	1990 yılında 8.000 hektara düşen Hotamış Sazlıklarını korumak amacıyla 1992 yılında SİT alanı ilan edilmiştir. Ancak günümüzde tamamen kurumuş durumdadır.
Karagöl (Antalya)	3.280 ha	Ocak 1970'te 21.391 su kuşu sayılmıştır ve Ramsar kriterlerini sağlayan önemli alanlarımızdandır. 1980 yılında tamamen kurutulmuştur.
Kestel Gölü (Antalya)	2.300 ha	1965'te kurutulmuştu
Ovagelemiş Gölü (Antalya)	1.350 ha	1963'te kurutulmuştur.
Regma Bataklığı (Mersin)	1.000 ha	Uluslararası öneme sahip sulak alan (Ramsar) kriterlerine uymaktaydı. Günümüzde tamamen kurutulmuştur.
Sakarya Nehri Taşkın ovaları	9.145 ha	Adapazarı'nın kuzey doğusundaki Solman Gölü 1969 yılında ve Konya Yunak'ın kuzeyindeki Akgöl 1987 yılında kurutulmuştur.
Seyfe Gölü (Kırşehir)	14.000 ha	1994 yılında Türkiye'nin ilk beş Ramsar Alanı'ndan birisiydi. Günümüzde tamamen kurumuştur.
Simav Gölü (Kütahya)	2.065 ha	1982'de kurutulmuştur.
Yarma Bataklığı (Konya)	10.000 ha	Sakyatan Gölü olarakta bilinirdi. Yaz ördeğinin üreme alanı olan sulak alan, 1980'lerde tamamen kurutulmuştur

Hastalıkla mücadele için başlayan kurutma çalışmaları, sonradan tarım alanı kazanma ve yoğun drenaj çalışmalarıyla devam etmiştir. Tarım amaçlı toprak alanı yaratma faaliyetlerinin sadece üçte biri başarılı olmuştur. Geri kalan alan köylere mera olarak tahsis edilmesine rağmen, topraktaki tuzun artması ve rüzgârın sebep olduğu erozyon, bu meraların verimsizleşmesine neden olmuştur (Ağırgöl- Kayacan, 2008; Çalışkan, 2003; Özden, 1995; Zor, 2001).

2.6.2 Kirlilik Sorunu

Sulak alanların varlığı yeterli ve temiz suya erişiminin sürdürülebilir olmasıyla mümkündür. Sulak alanların beslendiği kaynaklar insan faaliyetleri sonucu evsel, endüstriyel ve tarım atıkları ile kirletilmekte ve doldurulmaktadır (WWF Türkiye, 2008). Türkiye'de, aktif çalışan OSB'lerden 236 adedinin 104'ünde atık su arıtma tesisi faaliyettedir. Arıtma tesisi olmayan OSB'lerin 58 tanesi kanalizasyonla irtibatlıyken 74 adedinde ne arıtma tesisi ne de kanalizasyon bağlantısı bulunmaktadır. 22 tanesinde arıtma tesislerinin proje ve imalat süreci sürdürülmektedir (CSB, 2021). Türkiye'nin 1391 belediyesi bulunmaktadır (İçişleri Bakanlığı, bt). Bu belediyelerin 644 tanesinde 991 atık su arıtma tesisi faaliyettedir (CSB, 2021). 747 belediyede atık su arıtma tesisi bulunmamaktadır. Bir litre atık suyun kirlettiği tatlı su miktarının sekiz litre olduğu düşünülünce sorunun büyüklüğü daha net anlaşılacaktır (WWF Türkiye, 2008).

Sulak alanların kirlilikten fazlaca etkilenmesi, genellikle bulundukları havzanın en alt kotunda olmalarından kaynaklıdır. Bu sebeple insan faaliyetleri sonucu oluşan tarım alanlarının drenaj suları, evsel ve endüstriyel atık suların neredeyse tamamı sulak alanlarla buluşmaktadır. Sayıca eksik olan arıtma tesisleri sebebiyle, endüstriyel ve evsel atıkların birçoğunun arıtılmadan doğaya bırakıldığı düşünüldüğünde, sulak alanlarımızın ne derece büyük bir kirlilikle karşı karşıya kaldığı görülecektir (Ağırgöl-Kayacan, 2008; Baran, 2018; Erdem, 2007).

Tarım alanlarındaki yanlış ve kontrolsüz gübreleme ve ilaçlama ile sulak alanlarımız kirlenmektedir. Kirliliğe sebep olan başka faktörler de vardır. Özellikle

kentsel sulak alanların döküm sahası ve deponi alanı olarak kullanılması, plansız kentleşme, hızlı nüfus yükselişi, küresel ısınma ve benzeri durumlar kirlenmenin diğer sebeplerindendir (Alvarez-Cobelas, Sánchez-Carrillo, Cirujano ve Angeler, 2008; Erdem, 2007).

2.6.3 Habitat Tahribatı Sorunu

Habitat tahripleri ve kayıpları; bataklıklar ve bataklıkların kaynağı olan derelerin tabanlarından kum ve çakıl taranması, denetimsiz olarak sazların toplanması ve yakılması, izinsiz avlanma, sürekli otlak olarak kullanma, bölgede yapılan faaliyetler sonucu oluşan görüntü ve gürültü kirliliği benzeri sebeplerle meydana gelmektedir.

Göl ekolojisinin uygun olmadığı balık türlerinin kontrolsüzce suya bırakılmasıyla birçok balık türü yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır. Maddi getirisi anlamlı su ürünleri yetiştirme maksadıyla Eğirdir gölüne yapılan sudak balığı aşılaması, üretilen balık miktarının 800 tondan 50 tona düşmesine sebep olmuştur (Baran, 2018; WWF-Türkiye, 2008).

Kuş göç yollarının üzerinde bulunan Türkiye'nin kaybettiği sulak alanlar sebebiyle göçmen kuşların tür ve popülasyonlarında azalmalar gözlenmiştir. Amik Gölü'nde yaşayan Yılanboyun kuşunun Türkiye'deki nesli, gölün kurutulmasıyla tükenmiştir (Zor, 2001). Yetersiz bilgi sahibi avcılar, yanlış ve aşırı avlanmayla nesli tükenme tehlikesi altındaki türlerin yok olmasına sebep olabilmektedir (Baran, 2018; WWF-Türkiye, 2008). Kaçak avlanma ile ilgili yeterince tedbir alınmamaktadır. Ülkemizde görülen son Yılanboyun kuşu 1974 yılında köylülerce vurularak öldürülmüştür (OGM, bt).

Bilinçsizce yapılan her faaliyet kendisini düzeltmeye çalışan ekosisteme engel olmaktadır.

2.6.4 Yönetime İlişkin Sorunlar

Sulak alanların sorunlarının çözümü için öncelikle idari yönetimin ve bölge insanının dikkatini çekmek ve yardım etmesini sağlayabilmek gerekmektedir. Sulak alanların ekonomik katkılarına dikkat çekerek anlatılması ve bu katkının alanın iyileştirilmesi, korunması ve geliştirilmesiyle mümkün olduğunun iyi benimsetilmesi gerekir (DPT, 1998; Kuleli, 1995). Bu sayede ilgililerin sadece vicdanlarıyla değil kendi gelecek planlarıyla ve iktisadi hesaplarıyla da bağ kurması sağlanabilecektir (Kapoor, 2001).

Yönetime ilişkin sorunlar; sulak alan farkındalığının yönetici kademedekiler, planlamacılar ve toplumda oturmamış olması, sulak alan koruma ve akılcı yönetimi prensiplerine önem verilmemesi, konuyla temaslı kurumların etkili bağlar kuramaması ve birlikte hareket edememesi, sahada yerel yönetimin eksikliği kaynaklı olarak sahanın ekolojik özelliklerinin farklılaşımının sürekli ve düzenli izlenememesi, sahanın değişen ve gelişen farklılıklarına bağlı olarak gereken önlemlerin gecikmeden alınabilmesini sağlayabilecek mekanizmalarda eksiklikler bulunması şeklinde sıralanabilir (Ağırgöl- Kayacan, 2008; Baran, 2018; Erdem, 2007; WWF- Türkiye, 2008).

2.6.5 Kamuoyu İlgisizliği Sorunu

Sulak alanlar ekonomik olarak çok fazla katkı sağlamasına rağmen, yönetim sistemleri oluşturulurken, katkı gören insanların katılımı minimum düzeydedir. Sürdürülebilir bir sulak alan yönetim planı için kamu kurumları, sivil toplum kuruluşları ve doğrudan kullanıcıların yer alması gereklidir. Geniş katılımlı planlamalar sürecin ihtiyaca yönelik, düzenli ve zamanında işlemesi için önemlidir (Baran, 2018).

Sulak alanlar konusunda halkın yeterli bilgiye ulaşması sağlanarak, duyarlılıkları arttırılmalıdır. Bu alanların faydalarını ve hayatımızdaki yerini iyi kavramış, sulak

alanların tehdit altında olmaması için ne gibi önlemler alabileceğini bilen bir kamuoyu, sürdürülebilir bir sulak alan yönetimi için büyük önem taşır (Baran, 2018).

2.7 Sulak Alanların Korunması

Sulak alanların korunması ve geliştirilmesinin gerekliliğinin anlaşılmasından sonra çok sayıda uluslararası kurum ve kuruluşlar bir araya gelerek bu alanlar hakkında çalışmaya başlamıştır. Bu çalışmaların sonucunda İran'a bağlı Ramsar şehrinde imzalanan, sulak alanlar anlaşması olarak bilinen, "Ramsar Sözleşmesi" imzalanmıştır. Ramsar Sözleşmesi'yle birlikte sulak alanları içeren birçok başka sözleşmeye Türkiye de dahil olmuştur. Türkiye dahil olduğu bu sözleşmelere uygun olarak kendi ulusal mevzuatını düzenlemiştir. Türkiye'nin dahil olduğu ulusalarası sözleşmeler;

- Ramsar Akdi,
- Biyolojik Çeşitlilik Akdi,
- Kuşların Korunmasına Dair Uluslararası Akit,
- Nesli Tehlikede Olan Yabani Bitki ve Hayvan Türlerinin Ticaretinin Düzenlenmesine Dair Akit (Cites),
- Avrupa Peyzaj Akdi,
- Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşama Ortamının Korunması (Bern) Akdi,
- Akdeniz'in Kirlenmeye Karşı Korunmasına Dair Anlaşma (Barcelona Sözleşmesi),
- Yaban Kuşlarının Korunması Talimatı (Kuş Direktifi, 1979),
- Doğal ve Yarı Doğal Habitatların ve Yabani Flora-Faunanın Korunmasına Dair Talimat (Habitat Direktifi, 1992),
- Kumullaşma ile Mücadele Akdi

şeklinde sıralanabilir.

Bu akitlerin hepsi birçok konuyu içerdiği gibi sulak alanlarda yaşayan canlı türleri ve bu türlerin yaşam alanlarının korunması konusunu da içerir ancak Ramsar

Sözleşmesi sadece sulak alanlar konusu üzerine bir sözleşmedir (Hızlı, Ceran ve Çağırankaya, 2013).

Türkiye gerekli yasal düzenlemeleri yaparak kendi ulusal mevzuatını bu uluslararası sözleşmelere bağlı olarak düzenlemiştir. Bu kapsamda oluşturulan yasal düzenlemeler;

- 2872 sayılı Çevre Kanunu (11.08.1983 tarih ve 18132 sayılı Resmî Gazete),
- 1993/1 Başbakanlık Genelgesi (11.01.1993 tarih ve 02209 sayılı Resmî Gazete),
- 15 Mart 1994 tarihli ve 94/5434 sayılı Ramsar Sözleşmesi'ne Taraf Olunmasına Dair Bakanlar Kurulu Kararı (17.05.1994 Tarih ve 21937 sayılı Resmî Gazete),
- 1.Sulak Alanlar Tebliği (28.05.1994 tarih ve 21943 sayılı Resmî Gazete),
- 2.Sulak Alanlar Tebliği (05.04.1995 tarih ve 22249 sayılı Resmî Gazete),
- 3. Sulak Alanlar Tebliği (15.04.1998 tarih ve 23314 sayılı Resmî Gazete),
- 4. Sulak Alanlar Tebliği (09.02.2005 tarih ve 25722 sayılı Resmî Gazete),
- 5. Sulak Alanlar Tebliği (20.06.2009 tarih ve 27264 sayılı Resmî Gazete),
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın kurulması (08.07.2011 tarih ve 27988 sayılı Resmî Gazete),
- Korunan Alanların Tespit, Tescil ve Onayına İlişkin Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik (19.07.2012 tarih ve 28358 sayılı Resmî Gazete),
- 6. Sulak Alanlar Tebliği (31. 01. 2013 tarih ve 28545 sayılı Resmî Gazete),
- Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği (04.04.2014 tarih ve 28962 sayılı Resmî Gazete),
- 4915 Sayılı Kara Avcılığı Kanunu (26.05.2016 tarih ve 29723 sayılı Resmî Gazete),
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın kurulması (29.09.2021 tarih ve 31643 sayılı Resmî Gazete) (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yerine kurulmuştur)

şeklinde sıralanabilir.

2.7.1 Ramsar Sözleşmesi

Sulak alanların korunması ve sürdürülebilir kullanımı arasındaki denge "akılcı kullanım" olarak ifade edilmektedir (Erdoğan, 2007; Somay-Altaş, 2022).

Sulak alanların sağladığı katkıların büyüklüğü göz önünde bulundurularak, ülkelerin sulak alan iyileştirme, koruma ve sürdürülebilir yönetimi için uluslararası akılcı politikaları ulusal politikalarıyla birleştirmesi gerekmektedir.

Dr. Luc Hoffman tarafından 1962 yılında Fransa'da düzenlenen MAR konferansının katılımcıları Wetlands International (Sulak Alanlar Araştırma Bürosu, IUCN (Uluslararası Doğayı Koruma Birliği) ve Birdlife International (Yaban Kuşlarını Koruma Bürosu)'dır. İlk kez STK'lar ve sulak alan uzmanları, sulak alanlarla ilgili uluslararası bir anlaşma ve uluslararası öneme sahip sulak alanların bir listesini oluşturmak için çağrıda bulunmuşlardır (Ramsar, bt).

İlk olarak "Sucul Kuşlar Hayat Alanı Olarak Milletlerarası Değere Haiz Sulak Alanlar" başlığıyla hazırlanan anlaşma 3 Şubat 1971 senesinde İran'a bağlı Ramsar şehrinde imzaya açılmıştır (Erdoğan, 2007; Ramsar, bt). 18 ülkenin katılımıyla kabul edilen sözleşmenin ilk Ramsar alanı Avustralya, Cobourg Yarımadası'dır (Ramsar, bt).

Akit Taraf Konferansları'nın ilki (COP1) 1980 yılında İtalya'da gerçekleşmiştir. COP2 Hollanda'da, COP3 Kanada'da, COP4 İsviçre'de, COP5 Japonya'da, COP6 Avustralya'da, COP7 Kosta Rika'da COP8 İspanya'da, COP9 Uganda'da, COP10 Kore Cumhuriyeti'nde, COP11 Romanya'da, COP12 Uruguay'da, COP13 Birleşik Arap Emirlikleri'nde ve son olarak COP14 Çin'in ev sahipliğinde İsviçre'de gerçekleştirilmiştir (Ramsar, bt).

Toplam üye sayısı 172'ye ulaşmıştır. Uluslararası öneme sahip sulak alanların sayısı 2471'dir ve 256.192.356 ha alanı kapsamaktadır. En fazla alan sahip ülke 175 ile İngiltere ve 142 ile Meksika'dır. Bolivya koruması altındaki 14.800.000 ha'la en geniş alana sahiptir (Ramsar, bta).

Sözleşmenin misyonu; "Tüm dünyada kalkınmanın sürdürülebilir şekilde devamlılığına destek olmak amaçlı, bölgesel, ülke genelinde ve milletlerarası birlikteliklerle bütün sulak alanların korunup akılcı kullanılmasıdır" (Ramsar, btb).

Ramsar Sözleşmesi'ni imzalayan ülkelerin yükümlü oldukları maddeler;

- "Milletlerarası Değere Haiz Sulak Alanlar Dizelgesi'nde bulunan en az bir sulak alan belirleyip bu alanın ekolojik tabiatını savunmak" (Madde 2),
- "Milli saha kullanım tasarılarıyla, sulak alanların korunmasıyla ilgili çalışmaları bütünleştirmek" (Madde 3),
- "Sulak alanlarda tabiat kaynakları meydana getirerek, sulak alanların korunmasında gelişim göstermek, sulak alanların korunması, yönetimi ve araştırılması hakkında eğitim planları üretmek" (Madde 4),
- "Sulak alanın farklı yönetim sınırlarında kalması veya sahanın farklı yönetimlerce kullanımı durumunda, akdin gerekliliklerinin hayata geçirilmesinde diğer taraf yönetimlerle istişare etmek, bu alanlarla birlikte üzerinde yaşayan canlı popülasyonlarının korunması ile ilgili şu anki ve ileriki tarihlerde oluşturacakları programları ve faaliyetleri desteklemek ve organizasyonu sağlamaya çaba sarf etmek" (Madde 5)

şeklinde sıralanır (Erdoğan, 2007; Güney, 2014; Ramsar, 1994).

Birinci madde sulak alan tanımının yapıldığı maddedir. İlk maddeden sonra gelen dört madde akit tarafların yükümlülüklerinin açıklandığı maddelerdir (Erdoğan, 2007; Güney, 2014).

Ramsar sözleşmesine göre sulak alan kriterleri tablo 2.14'deki gibidir.

Türkiye, Ramsar Sözleşmesi'ne sözleşmenin imzalanmasının üzerinden 23 yıl geçtikten sonra dahil olmuştur. İmzalanan akit, bakanlar kurulu kararının Resmî Gazete'de yayınlanmasıyla uygulanmaya başlanmıştır. (Hızlı, Ceran ve Çağırankaya, 2013).

Tablo 2.14 Sulak alanların kriterleri (Ramsar, btc)

<table>
<tr><td colspan="2">Temsil Edici, Az Bulunur veya Benzersiz Sulak alanlar</td><td>1. Bir sulak alan benzersiz ya da olağan dışı biyo-coğrafik bölgedeki sulak alanlara ait özgünlüğü temsil ediyorsa</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Biyolojik Çeşitliliğin Korunması için Uluslararası Öneme Sahip Alanlar</td><td rowspan="2">Türlere ve Ekoloji Topluluklarıyla İlgili Kriterler</td><td>2. Sulak alanlar önemli sayıda ender, nesli tükenmekte olan veya nesli risk altındaki flora ve faunaya ev sahipliği yapıyorsa ve bu türlerden en az bir tane ya da önemli sayıda üyeyi içinde barındırıyorsa</td></tr>
<tr><td>3. Sulak alanlar, sınırları çizilmiş, biyolojik türleri o coğrafyaya ait çeşitliliği devam ettirebilmek amacıyla önemli fauna ve flora türlerinin popülasyonlarına ev sahipliği yapıyorsa

4. Sulak alanlar, flora ve fauna türlerinin hayat döngülerinin kilit devrelerinde bu türleri barındırıp, riskli dönemlerde korunma alanı sağlıyorsa</td></tr>
<tr><td>Su Kuşlarıyla İlgili Kriterler</td><td>5. Sulak alanlar 20 binden daha büyük sayıda sucul kuşa ev sahipliği yapıyorsa

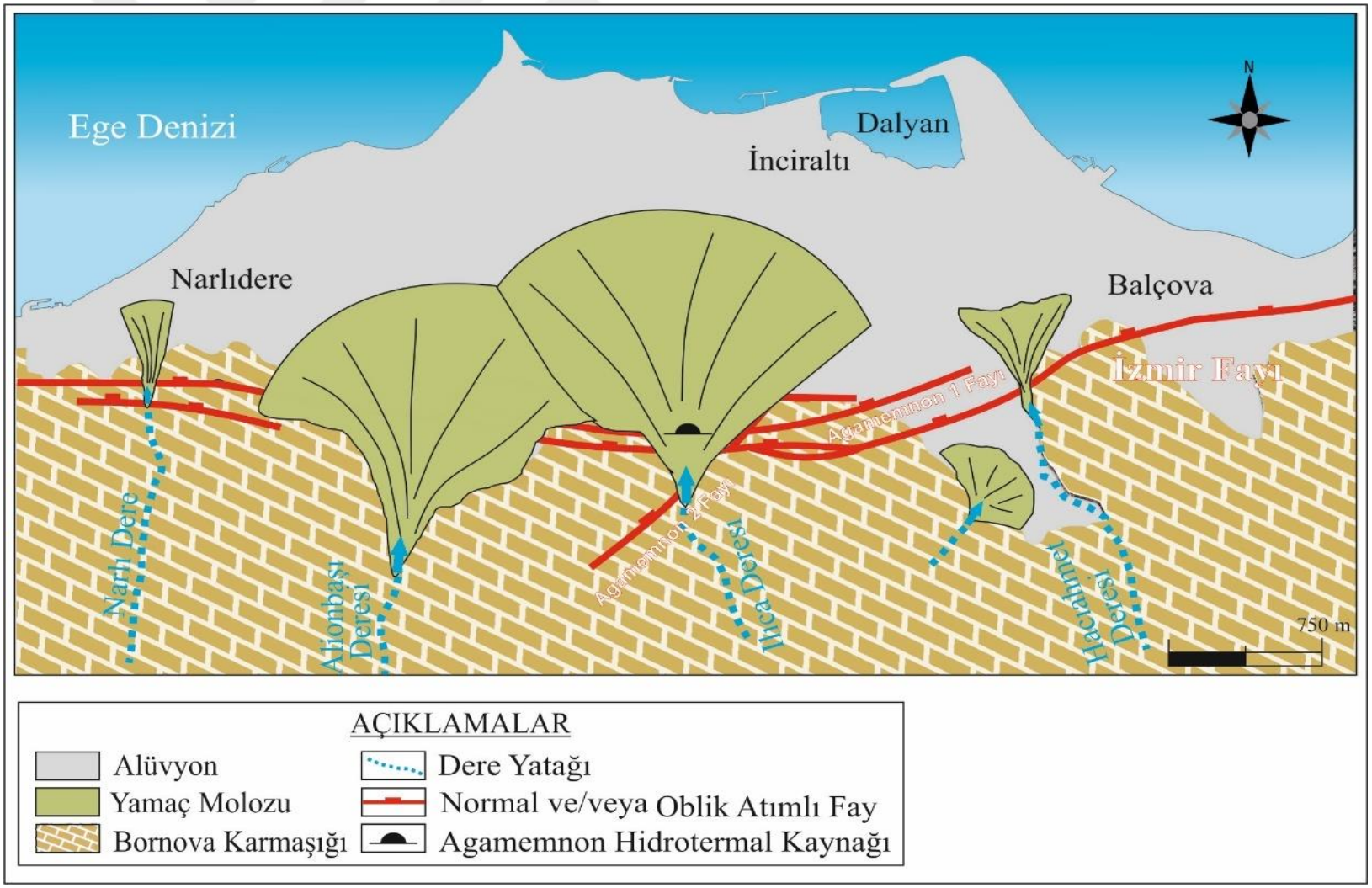
6. Bir su kuşu türünün veya alt türünün bir yaşam ortamındaki üyelerinin yüzde 1’ini sürekli barındırıyorsa</td></tr>
<tr><td>Balıklarla İlgili Kriterler</td><td>7. Sulak alan mevcudiyetinin, değerinin ve küresel biyoçeşitliliğin göstergesi olan önemli oranda yerel balık alt türlerini ve ailelerini yaşam döngüleri boyunca barındırıyorsa

8. Balıklar için önemli beslenme kaynakları barındırıyorsa, üreme ve yavru balıklar için uygun gelişim, beslenme ve korunma ortamına sahipse, deniz canlılarının göç yolları üzerindeyse</td></tr>
<tr><td>Diğer Canlı Türleriyle ilgili Kriterler</td><td>9. Sucul kuşların haricinde, sulak alanda yaşayan tür ve alttürlerin tüm üyelerinin yüzde 1’ini sürekli bir şekilde barındırıyorsa</td></tr>
</table>

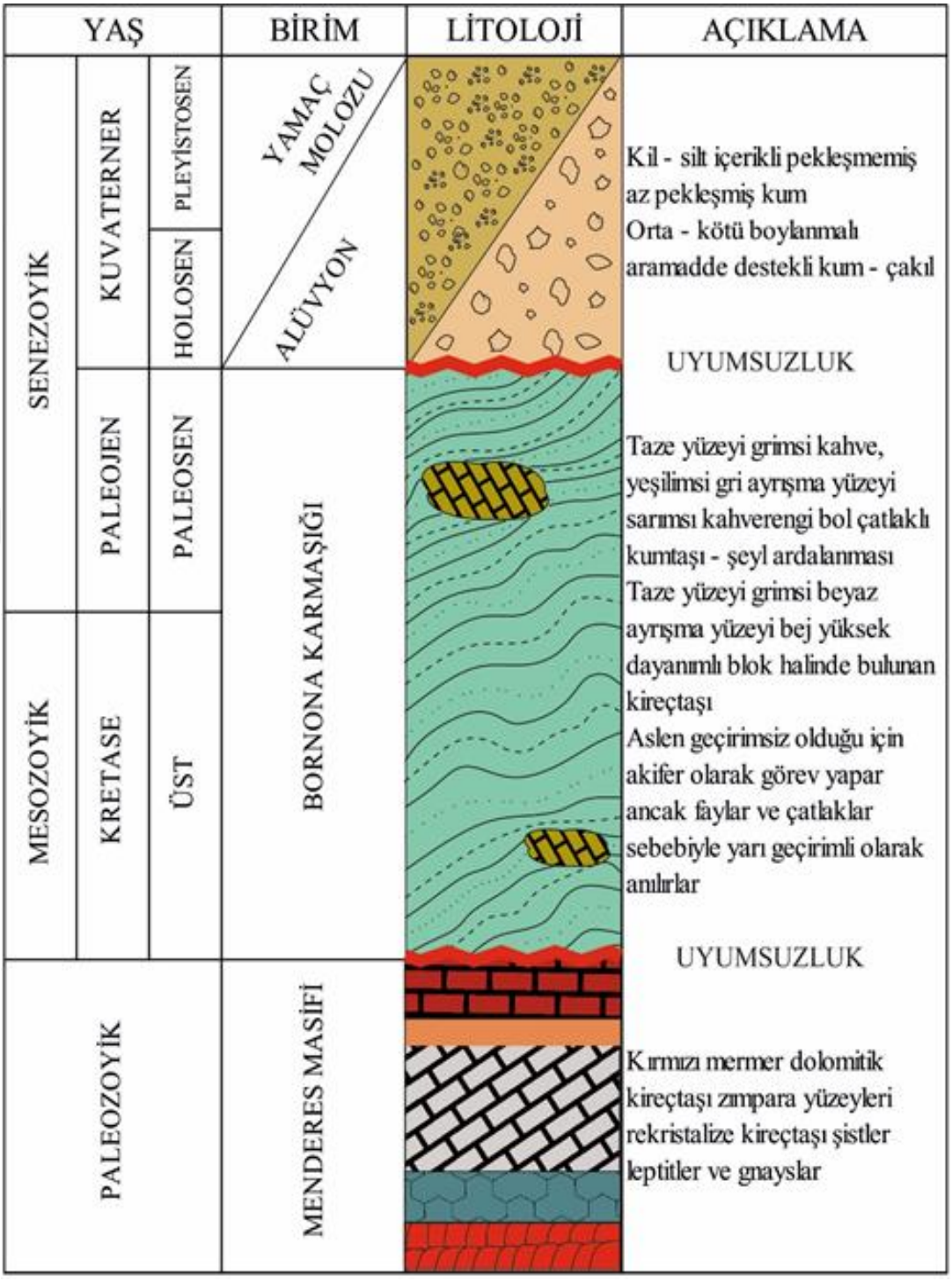
BÖLÜM ÜÇ
JEOLOJİ

3.1 Stratigrafi

Çalışma sahasının temelinde Paleozoyik yaşlı şist ve mermerlerden oluşan Menderes metamorfikleri ve bu metamorfiklerin üzerine bindirme fayı ile gelen Bornova Karmaşığı bulunmaktadır (Badur, 2011; Başarır ve Konuk, 1981; Erdoğan, 1990a). Çalışılan sahadaki Bornova Karmaşığı'nın üstü, kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyon birimi ile uyumsuz olarak örtülmüştür (Köse, 2007). Çalışma sahasında daha önceden yapılmış çalışmalardan derlenen jeoloji haritası şekil 3.1'de, genelleştirilmiş kolon kesiti de şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Alacalı, 2012; Köse, 2007; Sözbilir vd., 2008; Tepe, 2022; Uzel, Sözbilir ve Özkaymak, 2012)



Şekil 3.2 Çalışma alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (Alan vd., 2019; Sözbilir vd., 2008; Yılmazer, 1989)

3.1.1 Menderes Masifi

Batı Anadolu'nun tektonik kuşaklarından Menderes masifi, Alpin Orojenik Kuşağı içerisinde oldukça geniş bir alanda yüzeyler (Koralay vd., 2011). Masif kuzeybatı yönünde İzmir–Ankara zonuyla, kuzeydoğu yönünde Afyon zonuyla güney yönünde Toros kuşağıyla, doğu yönünde neojen yaşlı birimin altına sokularak kaybolmaktadır (Dora, Kun ve Candan, 1992). Menderes masifini, Ege Denizi'nde Kiklad adalarındaki kikladik kompleksin doğu uzantısı olarak kabul eden görüşle birlikte (Candan, Dora, Oberhänsli, Oelsner ve Dürr, 1997; Candan ve Dora, 1998; Dürr, Alther, Keller, Okrusch ve Seidel, 1978; Jacobshagen, 1986; Pourteau vd., 2013), kikladik kompleksin, Menderes masifinin örtü kayaları olarak kabul edildiği başka görüşler de vardır (Candan vd., 2011; Çağlayan, Öztürk, Öztürk, Sav ve Akat, 1980; Jolivet vd., 2013; Konak 2007).

Masif, Stratigrafik dizilimde altta Prekambriyen yaşlı Pan-Afrikan temel ve üstüne uyumsuzlukla gelen Paleozoyik-Erken Tersiyer örtü kayalardan oluşur (Candan vd., 2011; Konak, Akdeniz ve Öztürk, 1987; Şengör, Satır ve Akkök, 1984). Prekambriyen çekirdekte gözlü gnays, granitik gnays, bantlı gnays ve migmatitten oluşan gnays birimi bulunmaktadır. Görünür kalınlığı 2-3 km'yi bulan gnaysların üzerine leptitler gelmektedir. Gri açık renkli Leptitlerin üzerine, metamorfizma sebepli uyumsuz olarak gelmesi beklenen ancak sahada uyumsuzluğun görülemediği bir dokanakla şistler gelir. Şistler kendi içerisinde disten-staurolit-granat şistten granat-mikaşiste geçiş sunarlar (Dora, Kun ve Candan, 1992). Şistler erken orta triyas yaşlı metagranitler ile kesilir (Koralay, Satır ve Dora, 2001). Paleozoyik yaşlı şistlerin üzerine uyumlu olarak gelen platform tipi kireçtaşının ürünlerinden olan kalkşist ve mermerler gelir. Mermer alt seviyelerde şistler ile ardalanmalı olarak bulunurken üst seviyelerde iri daneli, yekpare ve beyaz renkli olarak gözlenirler. Mermerlerin alt yüzeyleri dolomitik üst düzeyleri zımpara cevherlidir (Dora, Kun ve Candan, 1992). Karbonatlı seri ürünlerinin yaşı Üst Triyas-Üst Kretase olarak belirlenmiştir (Çağlayan, Öztürk, Öztürk, Sav ve Akat, 1980). Zımpara cevherli kireçtaşlarının üzerine uyumlu olarak Paleosen yaşlı plaketli kırmızı mermerler gelir. Masifi post metamorfik sokulmuş granodiyorik ve gabrotik Plütonlar keser. Granodiyorit plutonlar masife bazı yerlerde

leptitlere kadar sokulurken, bazı yerlerde mermer düzeyine kadar çıkabilmiştir. Gabrotik stoklar ise gnays ve leptit birimlerine ulaşamamışlardır (Dora, Kun ve Candan, 1992; Okay, 1989).

3.1.2 Bornova Karmaşığı

İzmir- Ankara zonunun bir üyesi olan Bornova Karmaşığı Manisa'dan Seferihisar'a kadar geniş bir alanda izlenebilmektedir (Erdoğan, 1990a). Yaşı Paleozoik olan menderes metamorfitlerinin üstüne bindirme fayı ile yerleşmiştir (Badur, 2011; Başarır ve Konuk, 1981; Erdoğan, 1990a). Birim, yaşı Üst Kretase (Maastrihtiyen)-Paleosen olan kaya topluluklarıyla yaşlandırılmıştır (Erdoğan, 1990a; Sarı, 2013). Bu kaya toplulukları, çökelim sonrası İzmir-Ankara zonunu etkileyen tektonizmanın etkisiyle ileri derecede deformasyona uğramıştır (Ramazanoğlu, 2008). Deformasyon karmaşığın kıvrımlı ve kırıklı bir yapıya bürünmesiyle sonuçlanmıştır (Bükülen, 2013; Erdoğan, 1990a; Okay ve Siyako, 1991; Okay, İşintek, Altıner, Özkan-Altıner ve Okay, 2012). Karmaşık, çalışma sahasının bulunduğu Balçova'da bir jeotermal sistem barındırır (Yılmazer, 1989).

Bornova Karmaşığı metakumtaşı, metasilttaşı, metakiltaşı, çamurtaşı çamurşeyl ardalanmalı fillit, mikritik kireçtaşı mercekleri ile serpantinit, diyabaz ve spilitik denizaltı volkanizması ürünlerinden oluşur (Erdoğan, 1990a; Yıldırım, 2009; Yılmazer, 1989). Karmaşığın içerisinde sığ denizel fasiyeste, boyları 20 km'ye kalınlıkları 2 km'ye ulaşan, olistolit konumlu kireçtaşı blokları bulunur. Bu kireçtaşları ve Karaburun yarımadasındaki karbonat istifleri stratigrafik, litolojik ve paleontolojik özellikleriyle kıyaslandığında aynı oldukları belirlenmiştir (Erdoğan,1990b). Genelleştirme yapıldığında %70 matris ve %30 bloklardan oluşan Bornova Karmaşığı yer yer metamorfizmaya uğramıştır (Erdoğan, 1990b). Çalışma alanı çevresinde Bornova Karmaşığı daha çok kumtaşı-çamurtaşı ardalanmalı matris ile karakterize edilir (Tepe, 2022). Çalışma alanı çevresinde karmaşığın alt dokanağı gözlenmemiştir (Erdoğan, 1990b; Yılmazer, 1989).

Bornova Karmaşığı fiziksel olarak altere olmuş, ayrışma yüzeyi sarımsı kahverengi, taze yüzeyi ise grimsi kahve, yeşilimsi gri renkli, kıvrımlanmış ve kırıklanmış olarak görünür (Arık, 2005; Bükülen, 2013; Yıldırım, 2009). Birim içerisindeki matriksi oluşturan kumtaşları grimsi sarı-kahverengi yer yer koyu yeşile kadar değişen, ince daneli ve tabaka kalınlığı 70 cm'e kadar çıkan merceksi yapılı olarak tanımlanmıştır (Bükülen, 2013). Kumtaşları az ayrışmış, iyi pekleşmiş bir yapı sunar. Kumtaşı içerisinde öz şekilli pirit de tespit edilmiştir (Alacalı, 2012; Tepe, 2022). Çamurtaşları grimsi siyah ve kahve renkte, orta-iyi pekleşmiş fakat ayrışmanın görüldüğü kısımlarda çok düşük dayanımlı bir yapı sunarlar. Kiltaşları sarımsı kahve renkli, düşük dayanım ve yüksek ayrışmalı olarak gözlemlenmiştir (Bükülen, 2013). Kireçtaşları ise ayrışma yüzeyi bejimsi-gri, taze yüzeyde grimsi-beyaz renkli, yüksek dayanımlı, kırıklı ve blok halinde bulunurlar (Bükülen, 2013; Yılmazer, 1989). Kireçtaşlarının içerisinde küçük bentonik foraminifer, rudist ve mercan fosilleri bulunmaktadır (Özer ve İrtem, 1982). Deformasyon sonucu oluşan süreksizlikler kil, kuvars ve kalsit dolguludur ve dolgunun kalınlığı 0,1-7 cm aralığındadır (Bükülen, 2013).

Bornova Karmaşığı geçirimsiz olmasından dolayı jeotermal akifer olarak görev yapmaktadır. Bazı çalışmalarda (Eşder ve Şimşek, 1975; Aksoy, Şimşek ve Gündüz, 2008) birimin yarı geçirimli olarak anılması, birimi kesen fay sistemlerinden dolayıdır (Akar, 2012).

3.1.3 Yamaç Molozu ve Alüvyon

Çalışma alanının tamamı alüvyondan oluşmasına rağmen bölgenin geneline bakıldığında kuvaterner yaşlı birimlerin yamaç molozu, alüvyon yelpazesi ve alüvyon düzlüğünden oluştuğu bilinmektedir (Tepe, 2022; Yılmazer, 1989).

Balçova ilçesinden D-B uzantılı olarak geçen İzmir fayı, Bornova Karmaşığı ile kuvaterner alüvyon arasında uyumsuz bir dokanak oluşturur (Köse; 2007; Özer, 2005; Sözbilir, Uzel, Sümer, İnci, Ersoy, Koçer vd., 2008). Bu fayın kollarının güneyinde bulunan yamaçlarında taban bloğunun yükselmesiyle yamaç molozu oluşumları

meydana gelmiştir (Aksoy, 2001; Alacalı, 2006; Şâmilgil, 1985; Yıldırım 2009). Yamaç molozları Bornova Karmaşığı'nın akmasıyla oluşmuştur. Pekleşmemiş ve az pekleşmiş, boylanması orta-kötü çakıllardan oluşur (Alacalı, 2006, 2012; Arık, 2005; Tepe, 2022; Yıldırım, 2009).

Balçova jeotermal sahasının bulunduğu alandan çalışma sahasının bulunduğu kuzey yönüne gidildikçe topografya düzleşir ve alüvyon yelpazelerinden alüvyon düzlüklerine geçiş gözlenir. Bu yönde alüvyon yelpazelerinin kalınlığı azalırken, alüvyon düzlüğünün kalınlığı artmaktadır. 180 metre kalınlık ölçülen kuyuların bulunduğu bu tortullar, geçirgen sığ akiferleri oluşturmaktadır (Akar, 2012; Yılmazer, 1989). Alüvyon yelpazeleri kötü-orta boylanmalı çakıltaşlarından ve kil-silt aramaddeli kumdan, alüvyon düzlükleri kötü-orta boylanmalı çakıl, kum, silt ve kilden oluşan çimentosuz tortullardan oluşur (Tepe, 2022; Yıldırım, 2009; Yılmazer, 1989).

3.2 Yapısal Jeoloji

Orta-Geç Miyosen'de güneydeki Arap ve Afrika levhası ile kuzeydeki Avrasya levhasının çarpışması sonucu Neotetis okyanusu kapanmıştır (Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu süreçte Avrasya levhası kalınlaşmış ve ısısı yükselmiştir. Kıta-kıta çarpışmasıyla Geç Miyosen sonuna kadar sıkışan Avrasya levhası deformasyona uğrayarak faylanmalar geliştirmiştir. Erken Pliyosen'de Kuzey ve Doğu Anadolu Fayları birlikte hareket ederek Anadolu levhasını sınırlamıştır. Arap levhası, Afrika levhasına göre daha hızlı hareket etmektedir. Bu hareket ile Anadolu levhası, yeni oluşan ve transform fay olan Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fayları etkisiyle batı yönde hareket etmeye başlamıştır (Dewey ve Şengör, 1979; McKenzie, 1972; Şaroğlu ve Güler, 2020; Şaroğlu ve Yılmaz, 1984; Şengör, Görür ve Şaroğlu, 1985). Anadolu levhası, güneyde Afrika levhasının Anadolu levhasının altına dalması ve kuzeyde Avrasya levhasının sıkıştırmasıyla, sağ doğrultu atımlı fay olan Kuzey Anadolu fayı ve sol doğrultu atımlı fay olan Doğu Anadolu fayı etkisi altında doğudan batıya yılda yaklaşık 20 mm ilerler (Aksoy, 2001; Alkan, 2018; Ketin, 1948). Anadolu levhası, batıda saat yönünde ve buna zıt yönde rotasyonel dönüş yaparak güney batıdaki Helen yayını üzerleyip Afrika levhası üzerine binmektedir (Aksoy, 2001; Ketin, 1948;

Şaroğlu ve Güler, 2020; Şengör, 1980; Tepe, 2022). Zamanla bu hareketler doğu Anadolu'da sıkışma bölgesi, orta Anadolu'da ova bölgesi ve batı Anadolu'da açılma-genişleme bölgesi oluşmasını sağlamıştır (Şengör, 1980; Şengör, Görür ve Şaroğlu, 1985). Bu hareket Anadolu'nun mevcut tektonik rejiminin başlangıcıdır (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Çalışma sahasını içine alan ve Anadolu levhasının batı ucunda yer alan batı Anadolu'nun, güncel GPS ve GNSS verileriyle batıya doğru hareketi teyit edilmiştir (Şaroğlu ve Güler, 2020; Tepe, 2022). Batı Anadolu'nun ilerleyişi karada batı-güneybatıyken, Adalar denizinde güneybatı olarak değişmektedir (Şaroğlu ve Güler, 2020). Doğudan batıya itme ve Afrika plakasının yükseltme etkisi altında kalan batı Anadolu, kuzey-güney yönlü açılma ile tepki verir (Dewey ve Şengör, 1979; Ketin, 1948; Mc Kenzie, 1972; Şengör, 1980). Anlık deformasyon veren GPS verilerine göre K-G yönlü açılma 10±5 mm/yıl (Barka ve Reilinger, 1997), KD-GB açılma ise en büyük 30±1 mm/yıl olarak tespit edilmiştir (McClusky vd., 2000). Bu tepkiler doğu-batı uzanımlı horst ve grabenlerin oluşması şeklindedir (Şengör, 1980). Horst ve grabenlerin oluşum başlangıçları için farklı yaş kabulleri bulunmaktadır. Yaşlandırmanın başlangıcını bazı yazarlar Erken Miyosen (Jackson ve McKenzie, 1988; Okay ve Satır, 2000), bazı yazarlar Geç Oligesen- Erken Miyosen (Seyitoğlu ve Scott, 1991,1992; Seyitoğlu, Scott ve Rundle, 1992), bazı yazarlar ise Miyosen sonu (Görür vd., 1995) olarak kabul etmektedir.

Kuzey-güney açılmasının sonucu oluşan grabenler DB, KB-GD ve KD-GB doğrultulu olup Küçük Menderes, Büyük Menderes, Gediz, Edremit, Bakırçay, Kerme, Kocaçay ve İzmir Körfezi şeklinde sıralanabilir (Bozkurt, 2001; Şengör, 1987). Küçük Menderes, Büyük Menderes ve Gediz grabeni D-B, Cumaovası, Urla ve Kocaçay grabeni KD-GB ve KB-GD uzanımlıdır. Körfez, bölgedeki en genç graben yapılarındandır (Ramazanoğlu, 2008). Kuzeybatı, Kuzeydoğu, Kuzey-Güney ile Doğu-Batı doğrultulu aktif faylarla şekillenen körfez, büyümekte olan bir havzadır (Uzel, Sözbilir ve Özkaymak, 2012). İzmir Körfezini, güneyde yaklaşık D-B uzantılı İzmir fayı sınırlar. Batı Anadolu'nun en büyük tektonik yapıları Büyük Menderes ve Gediz grabenleri batıda yaklaşık olarak birbirine paralel ilerlerken, doğu uçlarında

Buldan Eşiği ile ayrılırlar. Oluşum zamanları Geç Miyosen-Erken Pliyosen olduğu tahmin edilmektedir. Gediz grabeni Adalar denizine ulaşamazken Büyük Menderes grabeni ulaşır. Küçük Menderes grabeni, Menderes masifini ikiye ayırmaktadır (Bozbay, Kozan, Bircan ve Öğüdüm, 1986; Şaroğlu, Emre ve Boray, 1987). Edremit grabeninin oluşumuna Miyosen'de başladığı kabul edilirken Kerme grabeninin oluşuma başlama yaşı Pliyosen olarak kabul edilir (Şengör, 1982).

Türkiye, sahip olduğu diri faylar ile tektonik yönden oldukça aktiftir. Özellikle Batı Anadolu, Dünya'nın en aktif teknonik hareketlilik gösteren bölgesi olarak gösterilmektedir (Bozkurt, 2001; Dewey ve Şengör, 1979; Jackson ve Mckenzie, 1984; Seyitoğlu ve Scott, 1991; Şengör, Görür ve Şaroğlu, 1985; Şengör ve Yılmaz, 1981). Bölgenin tektonizması batıya doğru itilme ve kuzey güney yönlü açılmayla açıklanmaktadır. Batı Anadolu genişleme bölgesinde oluşan horst ve grabenleri sınırlayan faylar bölgenin tektonik yapısını oluşturmaktadır (Emre, 1996; Kaya, 1979). Çalışma alanının içinde bulunduğu İzmir kenti, Batı Anadolu'nun batısında bulunmaktadır. Kent, Gediz grabeninin batı ucunda, güncel grabenlerden olan İzmir Körfezinin çevresinde konumlanmıştır. İzmir çevresinde horst ve grabenleri sınırlayan faylar D-B, KD-GB ve KB-GD uzantılıdır. Basınç yönlerine göre önce KD-GB uzantılı faylar (Agememnon-2), sonra KB-GD uzantılı faylar gelişmiştir. Agamemnon-2 fayı Balçova'dan Karşıyaka'ya doğru uzanır. Pliyosen sonuna kadar devam eden kuzey-güney yönlü açılmayla D-B uzantılı genç faylar (Agamemnon-1) oluşmuştur. Agamemnon-1 fayının kuzeyinde faya paralel basamak faylar oluşmuştur (Tezcan, 1962; Yılmazer, 1989). Bu basamaklarda 4 metreye varan yer değiştirme gözlenebilir (Tepe, 2022). D-B uzantılı Agamemnon-1 fayı sulak alanın güneyinde Dededağı ile alüvyon düzlük arasında sınır oluşturmaktadır. Dededağı'nın batısında KD-GB uzantılı olarak bulunan Agamemnon-2 fayı Agamenon-1 fayı ile kesişir. İzmir fayının Balçova segmentinde bulunan bu faylar Balçova jeotermal sistemini oluşturmaktadır (Şekil 3.3).

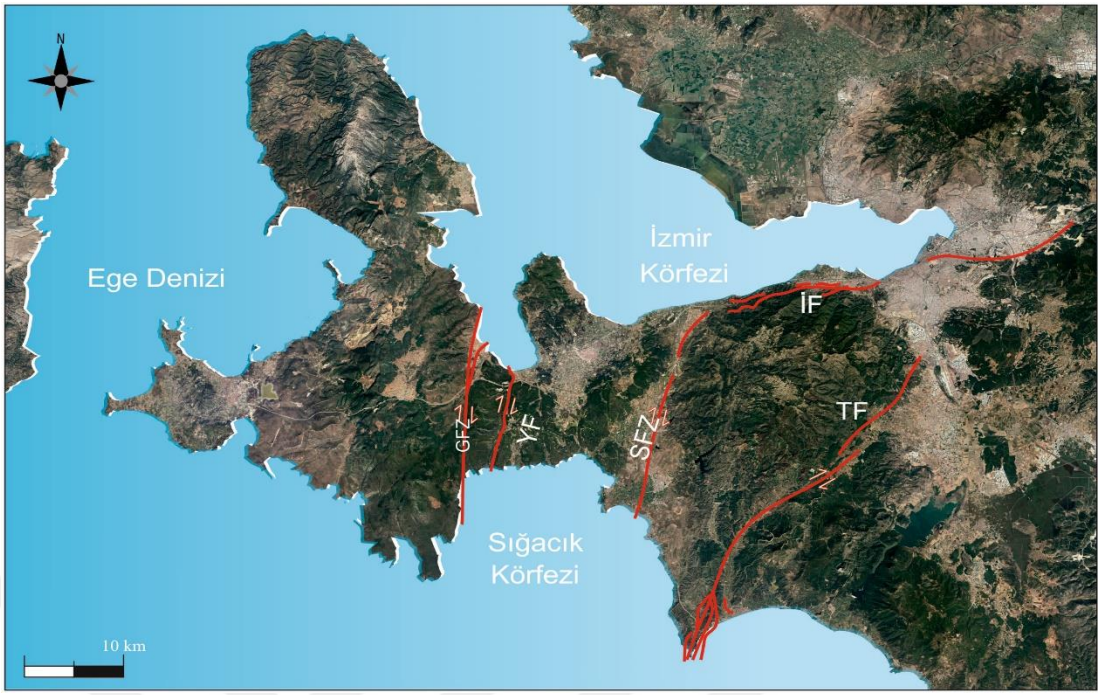
İzmir ve çevresinde sıkışma etkisiyle oluşmuş doğrultu atımlı faylar, ters faylar ve Doğu-Batı uzanımlı normal faylar bulunmaktadır (Ocakoğlu, Demirbağ ve Kuşçu, 2005). Bölgede gözlenen en önemli faylar; D-B doğrultulu İzmir fayı, KD-GB

doğrultulu Tuzla fayı ve Seferihisar fayı, K-G uzantılı Gülbahçe fayı ve Yağcılar fayıdır (Barka, Relienger ve Emre, 2000; Tepe, 2022) (Şekil 3.4).



Şekil 3.3 İzmir fayının Balçova segmentinde bulunan faylar (Tepe, 2022)

İzmir fayının çalışma alanına yakın gözlem yapılabilen kısımlarında, doğrultu K60° B–K85°D arasında değişirken, eğim 50°-82° arasında değişmektedir (Tepe, 2022). İzmir fayına ait genel hareketin, genişleme yönü Kuzey-Güney ve daralma yönü Doğu-Batı'dır. Bu hareketin etkisiyle gelişen düşük oblik atımla birlikte kuzeye eğimli normal fay olduğu söylenebilir (Tepe, 2022).



Şekil 3.4 İzmir ve çevresindeki faylar (Uzel, Sözbilir ve Özkaymak, 2012; Tepe, 2022)

Tuzla fayı, Cumaovası havzası ile Seferihisar yükselimi arasında yer alan, İzmir'den Doğanbey burnu açıklarına kadar uzanan doğrultu atımlı bir faydır (Emre ve Barka, 2000). Uzel ve Sözbilir (2008)'in çalışmasına göre, Tuzla (Orhanlı Fayı) fayı Miyosen'de sol yönlü, Kuvaterner'de sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Fay Seferihisar yükselimini kontrol etmektedir ve KKD-GGB uzanımlıdır (Emre ve Barka, 2000). Fayın denizdeki uzantısıyla birlikte 50 km'den uzun olduğu düşünülmektedir (Ocakoğlu, Demirbağ ve Kuşçu, 2004, 2005).

Urla Havzası'nın doğusunda bulunan Seferihisar fayı, Seferihisar yükselimi ile sınır oluşturur (Kaya, 1979). Sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay zonudur. Deniz tabanındaki uzantısıyla birlikte 33 km'lik bir uzunlukta olduğu tahmin edilmektedir (Ocakoğlu, Demirbağ ve Kuşçu, 2004, 2005; Sümer, 2007).

Urla Havzası ile Karaburun yarımadasını ayıran Gülbahçe fayı ve Yağcılar fayı bölgedeki diğer önemli faylardır. Gülbahçe fayının karada 24 km iken, denizdeki uzunluğuyla birlikte yaklaşık 70 km, Yağcılar fayının uzunluğunun 11 km olduğu tahmin edilmektedir (Ocakoğlu, Demirbağ ve Kuşçu, 2004, 2005).

BÖLÜM DÖRT
HİDROLOJİ

Çalışma alanının hidrolojik incelemesinin yapılması için, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne bağlı İzmir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü (MGM) verileri kullanılmıştır. Bu veriler 1938 yılından 2021 yılına kadar kayıt altına alınan sıcaklık-yağış değerlerini içermektedir (Tablo 4.1).

Bu veriler ışığında İzmir'in en çok yağış aldığı aylar; aralık ve ocak, en düşük yağış aldığı aylar; temmuz ve ağustostur. Yıllık ortalama yağış miktarı 713,80 milimetredir. 2006 yılının eylül ayında 145,3 milimetre ile rekor düzeyde yağış gerçekleşmiştir. Bölgenin en yüksek sıcaklığına ulaşılan dönemi temmuz ve ağustos ayları, en düşük sıcaklığın görüldüğü dönem ocak ve şubat aylarıdır. Yıllık ortalama sıcaklık 17,9°C'dir. En yüksek sıcaklık 12.08.2002 tarihinde 43°C ölçülürken, en düşük sıcaklık 04.01.1942 tarihinde -8,2°C ölçülmüştür (MGM, 2022).

Tablo 4.1 Su bilançosu

İZMİR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	8,8	9,6	11,7	15,8	20,8	25,4	27,9	27,7	23,7	18,9	14,3	10,5	17,9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	12,4	13,6	16,3	20,9	26,1	30,7	33,2	33,0	29,2	24,0	18,6	14,1	22,7
Ortalama En Düşük sıcaklık (°C)	5,8	6,2	7,7	11,1	15,5	19,8	22,5	22,4	18,7	14,6	10,8	7,6	13,6
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	4,30	5,20	6,40	7,90	9,80	11,60	12,30	11,90	10,10	7,60	5,60	4,20	8,10
Ortalama yağışlı gün sayısı	12,82	11,47	10,47	7,47	6,82	4,06	0,29	0,71	2,76	5,59	8,82	12,88	84,20
Aylık toplam yağış miktarı ort. (mm)	136,90	102,90	75,80	46,00	31,50	12,30	4,10	5,60	15,30	44,60	92,00	146,80	713,80
En yüksek sıcaklık (°C)	22,5	27,0	30,5	32,5	37,6	41,3	42,6	43,0	40,1	36,0	30,3	25,2	43,0
En düşük sıcaklık (°C)	-8,2	-5,2	-3,8	0,6	4,3	9,5	15,4	11,5	10,0	3,6	-2,9	-4,7	-8,2
Sıcaklık İndisi	2,35	2,68	3,62	5,71	8,66	11,71	13,50	13,36	10,55	7,49	4,91	3,07	87,61
Düzeltilmemiş P.E. (mm)	16,14	19,08	27,91	49,75	84,43	124,01	148,55	146,51	108,53	70,22	41,06	22,67	858,86
Düzeltilmiş P.E. (mm)	13,72	16,02	28,75	54,72	103,85	153,77	185,69	171,42	112,88	67,41	34,49	18,81	961,54
Birikmiş Suyun Aylık Değişimi (mm)	0,00	0,00	0,00	-8,72	-72,35	-18,92	0,00	0,00	0,00	0,00	57,51	42,49	
Biriken Su (mm)	100,00	100,00	100,00	91,28	18,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	57,51	100,00	
Gerçek Buharlaşma-Terleme (mm)	13,72	16,02	28,75	54,72	103,85	31,22	4,10	5,60	15,30	44,60	34,49	18,81	371,19
Su Eksiği (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-122,55	-181,59	-165,82	-97,58	-22,81	0,00	0,00	-590,34
Su Fazlası (mm)	123,18	86,88	47,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	85,50	342,61
Yüzeysel Akış (mm)	82,97	84,92	65,99	32,99	16,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,75	326,11

4.1 Thornthwaite Yöntemi ile Su Bütçesi Hesaplaması

Thornthwait iklim sınıflandırma yöntemiyle su bilançosu hazırlamak için bölgenin aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama yağış ve enlem düzeltme katsayısıyla aylık düzeltilmiş potansiyel buharlaşma-terleme (ETp) ve gerçek buharlaşma-terleme (ETg) değerleri kullanılır. Bu değerlerle su açığını ve su fazlasını tespit edebiliriz.

Suyun sıvı halden gaz hale dönüşmesine buharlaşma (evaporasyon), bitkiler tarafından tutulan suyun atmosfere salınmasına terleme (transpirasyon), bu olayların birlikte gerçekleşmesine buharlaşma-terleme (evapotranspirasyon) adı veriler. Zemin ve bitki örtüsünün, yağış ve yeraltı sularıyla yeter miktarda sürekli olarak beslendiği durumda atmosfere salınan su miktarına potansiyel buharlaşma-terleme (ETp) denir (Bölük, 2016).

Potansiyel buharlaşma-terleme (evapotranspirasyon);

$$\mathrm{ETp} = 16 * \left(\frac{10 \times \mathrm{T}}{\mathrm{I}}\right)^{\mathrm{a}} * \mathrm{G} \tag{4.1}$$

$$\mathrm{a} = 6{,}751 * 10^{-7} * \mathrm{I}^3 - 7{,}711 * 10^{-5} * \mathrm{I}^2 + 1{,}79121 * 10^{-2} * \mathrm{I} + 0{,}49239 \tag{4.2}$$

$$\mathrm{I} = \sum_{1}^{12} \mathrm{i} \tag{4.3}$$

$$\mathrm{i} = \left(\frac{\mathrm{t}}{5}\right)^{1{,}514} \tag{4.4}$$

formülü ile bulunur. Bu formülde;

ETp: Aylık potansiyel buharlaşma- terleme miktarı
t: aylık sıcaklık ortalaması,
I: senelik sıcaklık indeksi,

G: Paralel düzeltme katsayısının kısaltması olarak kullanılmıştır. Paralel Düzeltme Katsayısı (G), Thornthwaite'ın hazırlayıp yayınladığı, ortalama güneş görme süresine göre hazırlanmış bir tablodur (Thornthwaite, 1948).

Gerçek evapotranspirasyon (ETg) aylık yağış fazla ise düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyona (ETp) eşittir. Yağış az ise aylık yağışın birikmiş suyun aylık değişiminin mutlak değeriyle toplanmasıyla bulunur (İrcan ve Duman, 2021).

Yüzeysel akış hesaplamak için su fazlasının başladığı ilk ay tespit edilir. O ayın artan su miktarının yarısı yüzeysel akışa yazılır, geri kalanı da sıradaki ayın artan su miktarının değeriyle toplanıp tekrar ikiye bölünür. Çıkan değer yine ilgili ayın akış kısmına yazılır ve diğer yarısıyla bu işlem her ay için tekrar edilir. Değerin 1'in altına düştüğü aylara sıfır yazılır (İrcan ve Duman, 2021).

Bu verilerle oluşturulan su bilançosu tablosu Thornthwaite iklim sınıflandırması için gerekli dört adımda kullanılır.

Birinci adım yağış etkinlik indeksi ile iklim özelliğinin bulunmasıdır (Tablo 4.2).

$$\mathrm{Im} = \frac{(100 * \mathrm{s} - 60 * \mathrm{d})}{\mathrm{ETp}} \tag{4.5}$$

Bu formülde;

s: Senelik su fazlası
d: Senelik su eksiği
ETp: Senelik potansiyel buharlaşma- terleme miktarını göstermektedir.

Tablo 4.2 Thornthwaite yağış etkinlik indeksi ve iklim özelliği (Çolak ve Memişoğlu, 2021; İrcan ve Duman, 2021)

Im	Sınıf	İklim Özelliği
>100	A	Yüksek Rutubetli
100 - 80	B4	Rutubetli
80 - 60	B3	Rutubetli
60 - 40	B2	Rutubetli
40 - 20	B1	Rutubetli
20 - 0	C2	Yarı Rutubetli
0 - (-20)	C1	Yarı Kurak-Az Rutubetli
-20 - (-40)	D	Yarı Kurak
-40 - (60)	E	Tam Kurak-Kumul

İkinci adım yıllık ETp değerinin tablodan yerinin bulunmasıyla belirlenir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Thornthwaite sıcaklık etkinlik indeksi ve iklim özelliği (Çolak ve Memişoğlu, 2021; İrcan ve Duman, 2021)

Yıllık ETP (mm)	Sınıf	İklim Özelliği
> 1141	A'	Megatermal
998 - 1140	B'4	4. Derece Mezotermal
856 - 997	B'3	3. Derece Mezotermal
713 - 855	B'2	2. Derece Mezotermal
571 - 712	B'1	1. Derece Mezotermal
428 - 570	C'2	2. Derece Mikrotermal
286 - 427	C'1	1. Derece Mikrotermal
143 - 285	D'	Tundra
< 142	E'	Don

Üçüncü adım, yağışlı iklimler için kuraklık indeksi (Ia) (Tablo 4.4) ve kurak iklimler için nemlilik indeksi (Ih) (Tablo 4.5) olmak üzere yağış rejimine göre 2'ye ayrılır (Thornthwaite 1948).

Tablo 4.4 Thornthwaite kuraklık indeksi ve iklim özelliği (Çolak ve Memişoğlu, 2021; İrcan ve Duman, 2021)

Kuraklık İndeksi (Ia)	Sınıf	İklim Özelliği
0 -16,7	d	Su eksiği yok ya da çok az
16,8 - 33,3	s	Yaz aylarında ortalama değerde su eksiği
16,8 - 33,4	w	Kış aylarında ortalama değerde su eksiği
> 33,4	s2	Yaz aylarında kuvvetli su eksiği
> 33,4	w2	Kış aylarında kuvvetli su eksiği

Tablo 4.5 Thornthwaite nemlilik indeksi ve iklim özelliği (Çolak ve Memişoğlu, 2021; İrcan ve Duman, 2021)

Nemlilik İndeksi (Ih)	Sınıf	İklim Özelliği
0 - 10	r	Su eksiği yok ya da çok düşük
11 - 20	s	Kışın ortalama değerde su fazlası
11 - 20	w	Yazın ortalama değerde su fazlası
> 21	s2	Kışın kuvvetli su fazlası
> 21	w2	Yazın kuvvetli su fazlası

Yağışlı iklimler için kuraklık indeksi hesabı;

$$\mathrm{la} = \frac{(100 * \mathrm{d})}{\mathrm{ETp}} \tag{4.6}$$

Kurak iklimler için nemlilik indeksi hesabı;

$$\mathrm{la} = \frac{(100 * \mathrm{s})}{\mathrm{ETp}} \tag{4.7}$$

formülleri kullanılarak hesaplanır (Thornthwaite).

Dördüncü adım yaz aylarının (haziran, temmuz ve ağustos) ETp'si ile yıllık ETp'nin oranlanmasıyla bulunur (Tablo 4.6).

Tablo 4.6 Yaz ayları ETp değerinin yıllık ETp'ye oranı (Çolak ve Memişoğlu, 2021; İrcan ve Duman, 2021)

Etp'nin Yaz Aylarına Oranı	Sınıf
< 48	a'
48,1 - 51,9	b'4
52,0 - 56,3	b'3
56,4 - 61,6	b'2
61,7 - 68,0	b'1
68,1 - 76,3	c'2
76,4 - 88,0	c'1
> 88,1	d'

Bu sınıflandırma kullanılarak iklim sınıfı C1, B'3, s2, b'3 bulunmuştur.

C1: Yarı kurak-Az rutubetli

B’3: 3. derece mezotermal

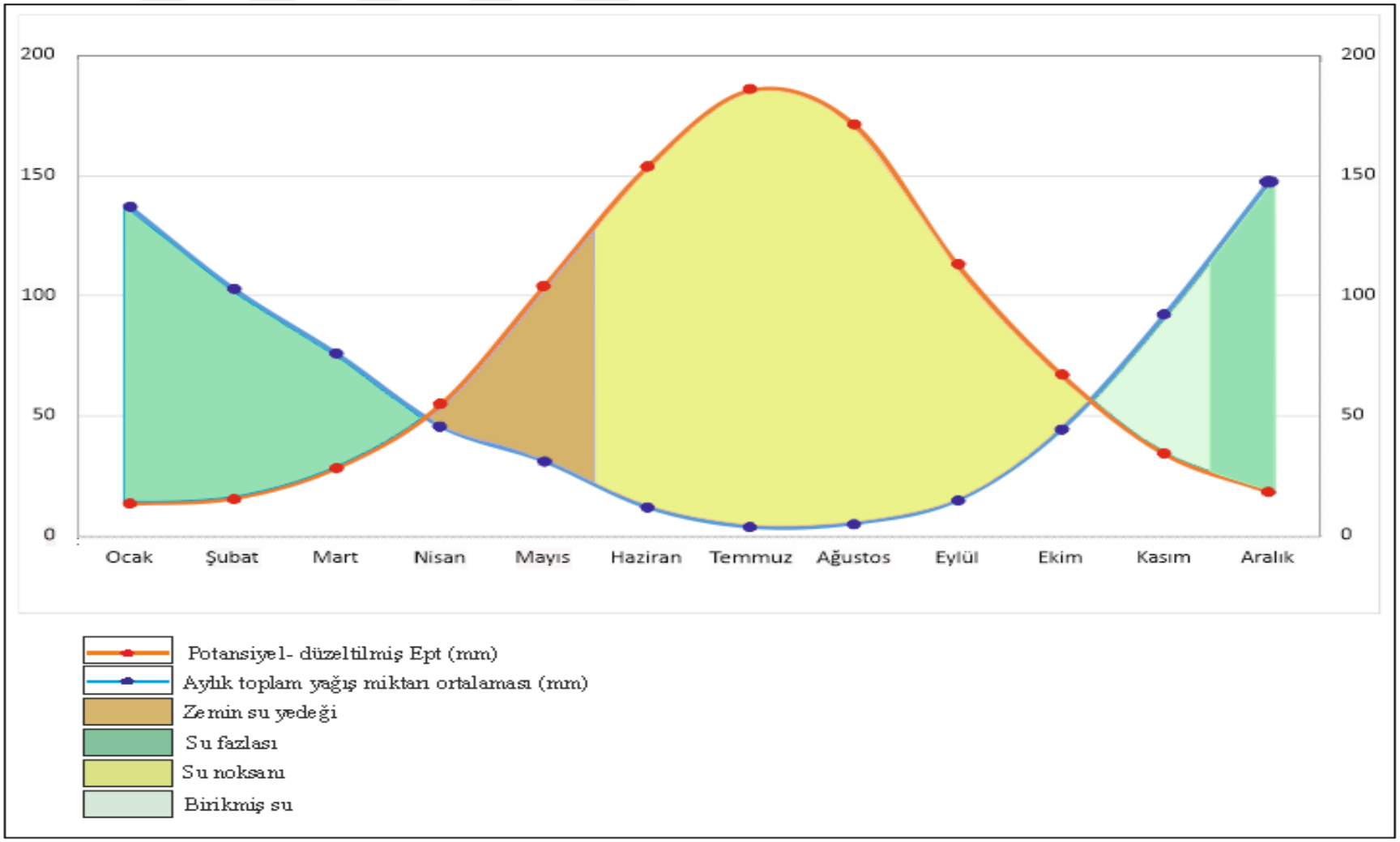
s2: Su fazlası kışın çok güçlü

b’3: Yaz buharlaşma oranı: % 53,4

Thornthwaite’a göre hazırlanmış su bilançosu tablosu (Tablo 4.1) ve su fazlası-su açığı grafiği (Şekil 4.1) ile çalışma alanın hidrolojik durumu incelenmiştir.

Verilere göre kasım, aralık, ocak, şubat, mart aylarında yağış miktarları, düzeltilmiş buharlaşma-terlemeden fazladır. Bu nedenle birikmiş su miktarı kasım ayı itibari ile artmaya başlar. Kasım ayında yeterli doygunluğu ulaşamayan toprak, aralık ayındaki yağışlarla birlikte suya doygun hale gelir. Toprağın suya doygun olduğu aylar Aralık, ocak, şubat ve mart aylarıdır. Bu aylarda yağışın evapotranspirasyon fazla olması ve toprağın suya doygun halde olmasından dolayı su fazlası meydana gelmektedir. Nisan ayında artan sıcaklıkla birlikte evapotranspirasyon yağıştan fazla olmaya başlar ve topraktan su kullanılmaya başlanır. Kasım ayından su noksanlığının başladığı haziran ayına kadar su noksanı olmamaktadır. Nisan ve mayıs aylarında haznedeki su kullanılmasıyla birikmiş su tamamen tüketilir ve haziran ayı itibariyle su noksanı meydana gelir. Biriken suyun tüketilmesiyle buharlaşma-terleme yağış miktarından fazla olamayacaktır. Eylül ve ekim aylarında yağışın artmaya, buharlaşma-terlemenin azalmaya başlamasıyla kasım ayında yağış miktarı, buharlaşma-terlemeyi geçerek su noksanı tamamlanmaya başlar.

Su bütçesi, belirli bir alandaki sistemin beslenim ve boşalım kaynaklarının hesaplanması şeklinde ortaya çıkarılır. Sistemin girdileri ve çıktıları yağış, buharlaşma, yüzeysel akış, yeraltı suyuna sızma vb. şekilde sıralanabilir. Sisteme giriş ve çıkışların birbirini karşılaması gerekmektedir. Sistemin denklemi aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.1 Çalışma alanının sıcaklık- düzeltilmiş PE grafiği

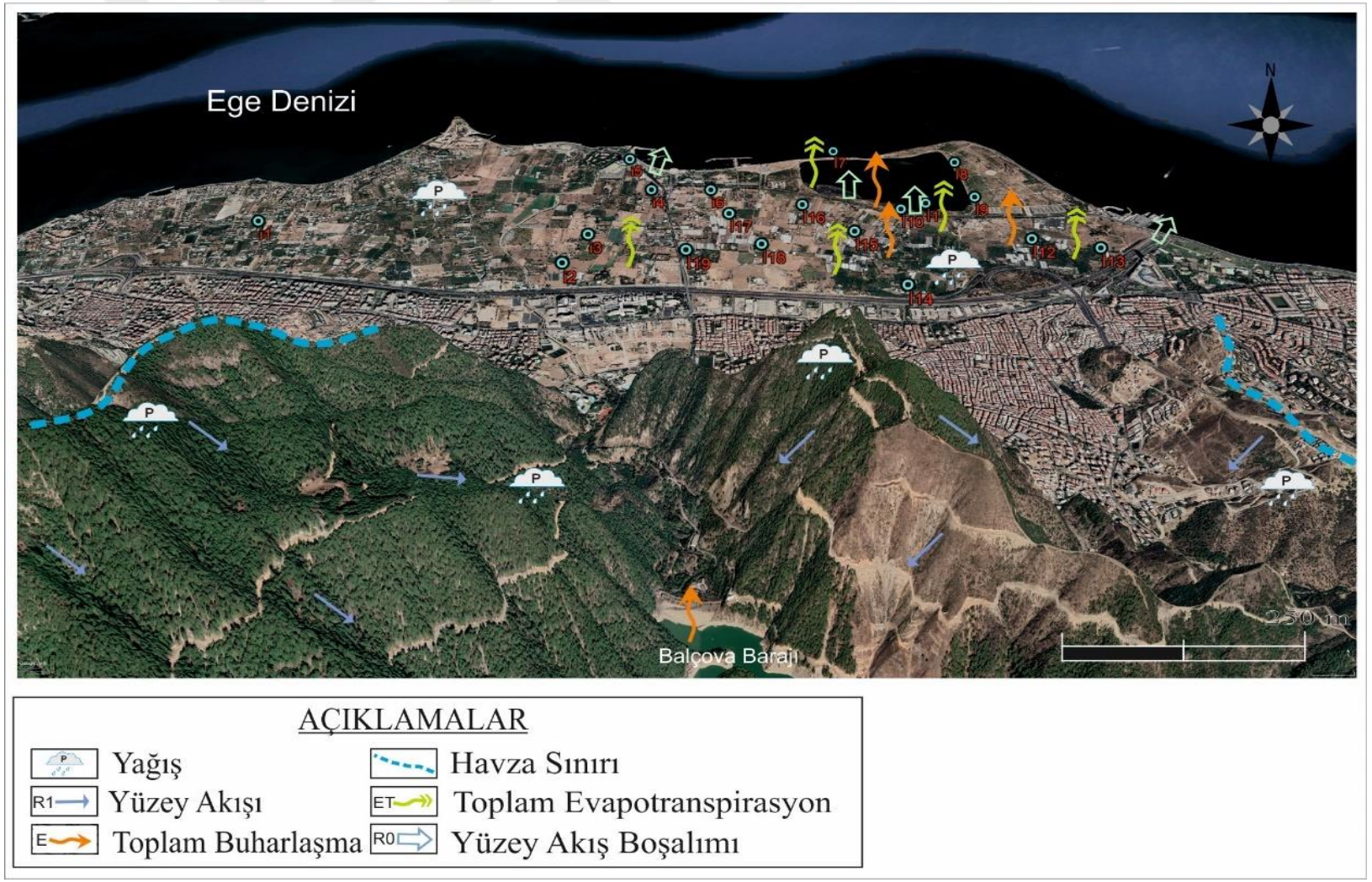
Su bütçesi, belirli bir alandaki sistemin beslenim ve boşalım kaynaklarının hesaplanması şeklinde ortaya çıkarılır. Sistemin girdileri ve çıktıları yağış, buharlaşma, yüzeysel akış, yeraltı suyuna sızma vb. şekilde sıralanabilir. Sisteme giriş ve çıkışların birbirini karşılaması gerekmektedir. Sistemin denklemi;

$$\pm\Delta S = P + (R_1) - (E + ET + R_0) \pm Q_G \pm Q_1 \quad (4.8)$$

şeklinde ifade edilir.

±ΔS birim zamanda sistemde meydana gelen değişimi ifade eder. Sistemin girdilerini yağış (P) ve yüzeysel akış (R_1) oluştururken sistemin çıktılarını, serbest su yüzeyinden buharlaşma (E), evapotranspirasyon (ET), yüzeysel akış (R_0) oluşturur. Bunlara ek olarak sulak alanın hidrolojik özelliklerinden dolayı yeraltı suyunun sisteme, sistemin yeraltı suyuna veya iki durumunda birlikte yaşandığı durumlar (Q_G) ile sulak alandaki suyun drenaj kanalları ile tahliyesi veya sulak alana dışardan su verilmesi (Q_1) gibi durumlar söz konusu olabilmektedir.

Çalışma sahasındaki toplam yıllık ortalama yağış miktarının %52'si buharlaşma-terleme yoluyla %36'sı ise yüzeysel akış yoluyla kaybolmaktadır. Geriye kalan %12'si de süzülme yoluyla yeraltı suyunun yeniden beslenmesine katkıda bulunur. Çalışma sahası için oluşturulan hidrolojik model şekil 4.2'de açıklanmıştır.



Şekil 4.2 Çalışma alanının hidrolojik modeli

BÖLÜM BEŞ
HİDROJEOLOJİ

5.1 Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri

Bu bölümde çalışma sahası ve civarında görülen kayaçların hidrojeolojik durumları incelenmiştir.

Kayaçların akışkanları iletebilmeleri eklemler, faylar ve birbiriyle bağlantılı kırık sistemleriyle mümkün olmaktadır. Bu amaca yönelik sahada uygulanan testlerden birisi olan Lugeon deneyi, kayaçların geçirimliliğinin sınıflandırılması amacıyla yapılır. Açılan sondaj kuyularına basınçlı su verilerek suyun debisinin hesaplanmasıyla bulunur. Lugeon'un (LU) tanımı; santimetrekareye 10 kilogram reel basınçta 1 metrelik deney alandan 1 dakikalık sürede kaçak yapan suyun litre cinsinden ölçülmesidir (Atıcı, 2010; Günay, 1996). Lugeon değerlerine göre kaya sınıflandırması tablo 5.1'de verilmiştir. Çalışma alanının yakınında bulunan Balçova Barajı'nın inşaatı sırasında yapılan sondajlarda Lugeon Testi uygulanmıştır. Bu sonuçlara göre yapılan kaya sınıflamasına, kayacın incelendiği başlıklar altında değinilecektir.

Tablo 5.1 Kayaçların Lugeon değerlerine göre sınıflandırılması (Ford ve Williams, 2007)

Özgül Geçirgenlik (Lugeon)	Kaya Sınıfı
<0,1	Geçirgenliği Olmayan
0,1-1	Düşük Geçirgen
1-10	Geçirgen
10-100	Orta Geçirgen
100-1000	Yüksek Geçirgen
1000-10000	Çok Yüksek Geçirgen
10000-100000	Aşırı Derecede Yüksek Geçirgen

5.1.1 Bornova Karmaşığı

İnciraltı sulak alanının güneyinde yer alan birim genel olarak metakumtaşı, metasilttaşı, metakiltaşı, çamurtaşı-çamurşeyl ardalanmalı fillit ile mafik volkanit,

radyolarit, serpantinit, diyabaz türü kayalar ve tüm bu birimlerin matriksi içerisinde yüzen, boyları 20 km'ye kalınlıkları 2 km'ye ulaşan blok halinde kiraçtaşlarından oluşur (Erdoğan, 1990a, 1990b; Yıldırım, 2009; Yılmazer, 1989). Ancak çalışma alanı yakınlarında daha çok kumtaşı-çamurtaşı ardalanmalı matriks ile karakterize edilir. Bu kayalardan kumtaşları, kireçtaşları ve diyabazların boşluklu ve geçirgen olmalarından dolayı yeraltı suyu potansiyelleri yüksektir. Bu kayalar bünyelerindeki suları, kırık ve çatlaklar vasıtasıyla yüzeye çıkarıp su kaynağı oluştururlar (Yılmazer, 1989). Çalışma alanı çevresinde karmaşığın alt dokanağı gözlenmemiştir (Erdoğan, 1990b; Tepe, 2022; Yılmazer, 1989).

Karmaşığın çok farklı kaya birimlerinden oluşması, hidrojeolojik olarak karmaşık bir yapı sunar. Birim genel olarak yüksek derecede sıkışma etkisinde kaldığından gözeneklilik çok azdır ve hidrojeolojik olarak geçirimsiz özelliktedir. Ancak ikincil gözeneklilikleri geliştiğinden, su depolama ve kaynak oluşturmada etkili bir akifer özelliği göstermektedir (Akar, 2012; Alacalı, 2006).

Birimin en yaygın üyesi metakumtaşında, meydana gelen tektonizmanın etkisiyle bol kırıklı ve çatlaklı bir yapı gözlenir. Yağışların bir kısmı eğimli yüzeylerden yüzeysel akışa geçerken, bir kısmı da bu kırık-çatlak sistemlerinden süzülerek yeraltı suyunu oluşturur. Yeraltı suyu, kırık-çatlak sistemleri ve fayların oluşturduğu boşluklardan tekrar yüzeye çıkarak kaynakları oluşturur (Yılmazer, 1989).

Tortullaşma sırasında birim içerisine blok halinde yerleşen kireçtaşları kırıklı-çatlaklı bir yapı sunar (Erdoğan, 1990a). Bu kırık ve çatlaklar suyun yeraltına süzülmesine yardımcı olarak diğer kayaların da su ile beslenmesine katkı sağlarlar. Kireçtaşlarının, kil içeriği yüksek kayalarla dokanağının olduğu kesimlerde, yeraltı suları yağmur ve kar sularının yüzeye çıkmasıyla kaynakları oluştururlar (Yılmazer, 1989). Sahanın güneyinde bulunan Kabaoğlu Çeşmesi'nden akan soğuk su, bu kireçtaşı bloklarından çıkan bir kaynaktır (Yıldırım, 2009).

Bornova Karmaşığı'nın içinde yer yer bulunan serpantinitler, fazla bozunmaya uğradıklarından yeraltı suyu bakımından fakirdirler. Diyabazlar daha az bozunmuşlar

ve çatlak suyu içerme potansiyelleri daha yüksektir. Fillitler ise kırık ve çatlak oluşmadığından ayrıca gözenek ve geçirgenliği çok düşük olduğundan yeraltı suyu içermezler (Yılmazer, 1989).

Lugeon kaya sınıfına göre; Çamurşeyller yüksek kil içeriği sebebiyle hidrojeolojik açıdan 'Geçirimsiz Birim'i, yüksek silis içerikli ve bol çatlaklı olmaları sebebiyle kumtaşları ve kırıklı çatlaklı yapıları nedeniyle kireçtaşları 'Az Geçirimli Birim'i oluşturmaktadır (Yıldırım, 2009).

5.1.2 Yamaç Molozu ve Alüvyon

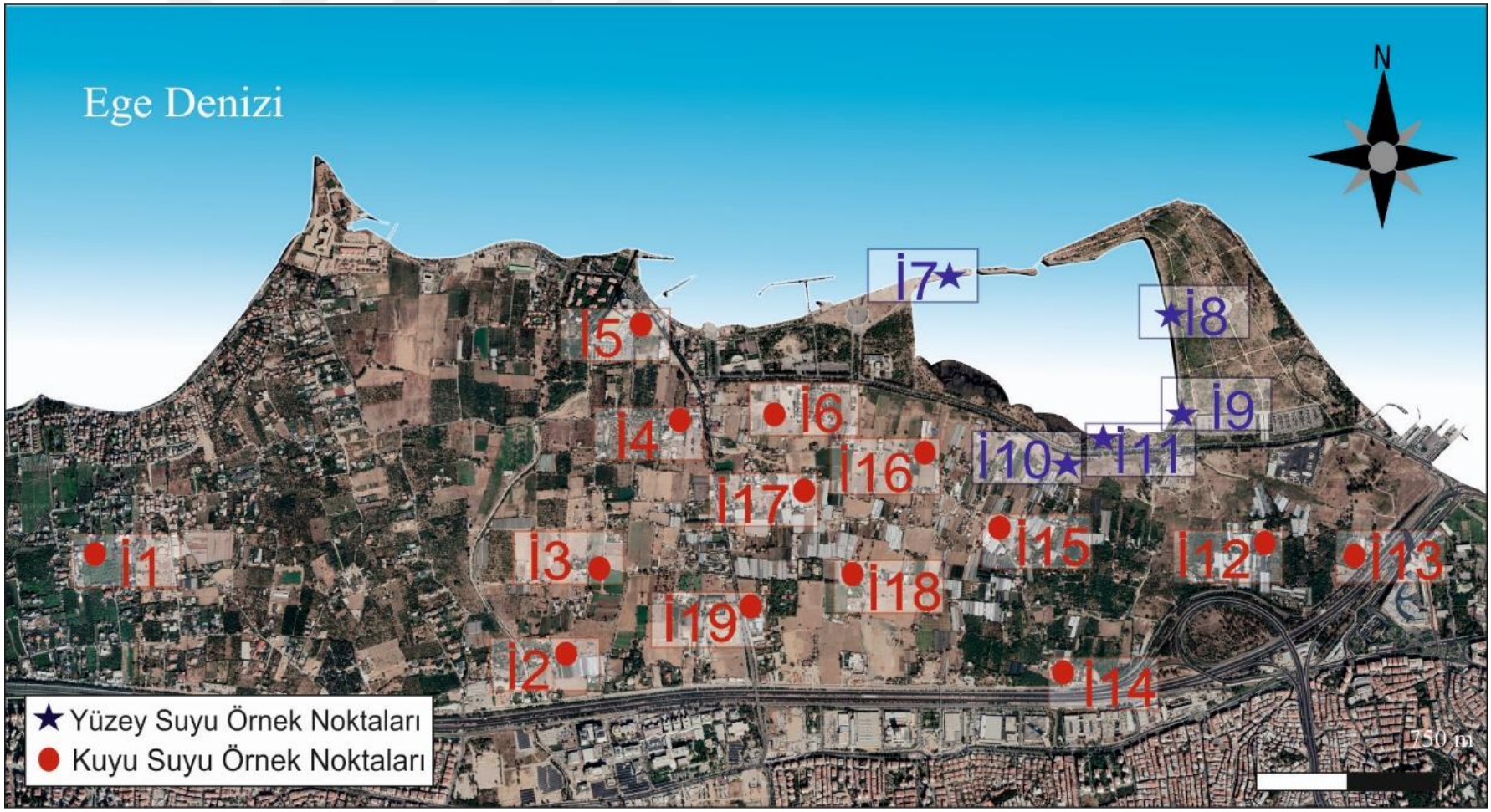
Balçova ilçesinden D-B uzantılı olarak geçen İzmir fayı, Bornova Karmaşığı ile kuvaterner alüvyon arasında uyumsuz bir dokanak oluşturur (Köse; 2007; Özer, 2005; Sözbilir, Uzel, Sümer, İnci, Ersoy, Koçer vd., 2008). Bu fayın kollarının güneyinde bulunan yamaçlarında taban bloğunun yükselmesiyle yamaç molozu oluşumları meydana gelmiştir (Aksoy, 2001; Alacalı, 2006; Şâmilgil, 1985; Yıldırım 2009). Balçova jeotermal sahasının bulunduğu alandan çalışma sahasının bulunduğu kuzey yönüne gidildikçe topografya düzleşir ve alüvyon yelpazelerinden alüvyon düzlüklerine geçiş gözlenir. Bu yönde alüvyon yelpazelerinin kalınlığı azalırken, alüvyon düzlüğünün kalınlığı artmaktadır (Akar, 2012; Yılmazer, 1989).

Yamaç molozu ve alüvyon son derece geçirgen sığ bir akifer özelliği göstermektedir. Birimin yeraltı suyu beslenimi yamaç molozu ve alüvyona düşen yağışların yeraltına süzülmesi, çevredeki topografik yükseltilere düşen yağışın yeraltına süzülmesi ve süzülmeden geriye kalan yağışın oluşturduğu yüzey akışlarının alüvyona ulaşıp, alüvyondan tekrar süzülmesi ve bölgede kullanılan sulama suyunun süzülerek yeraltı suyuna karışması ile meydana gelmektedir (Koç ve İnan, 1983). İzmir fayıyla ortaya çıkan jeotermal sular, alüyonda bulunan soğuk yeraltı sularıyla karışır ve akış yönü olan kuzeye doğru soğuyarak ilerler (Arık, 2005).

Bölgeye yapılan Balçova barajı, kuvaterner birimin ana beslenme kaynaklarından olan Ilıca deresinin üzerine inşa edilerek derenin kurumasına sebep olmuştur. Derede kurak mevsimlerde su akışı gözlenememiştir (Aksoy, 2001).

5.2 Su Noktaları

Çalışma alanı ve çevresinde bulunan su noktaları dereler, kuyular ve lagünden oluşmaktadır. Örnekleme yapılan suların konumları şekil 5.1'deki harita ile görselleştirilmiştir.



Şekil 5.1 Örnekleme yapılan su noktaları

5.2.1 Dereler

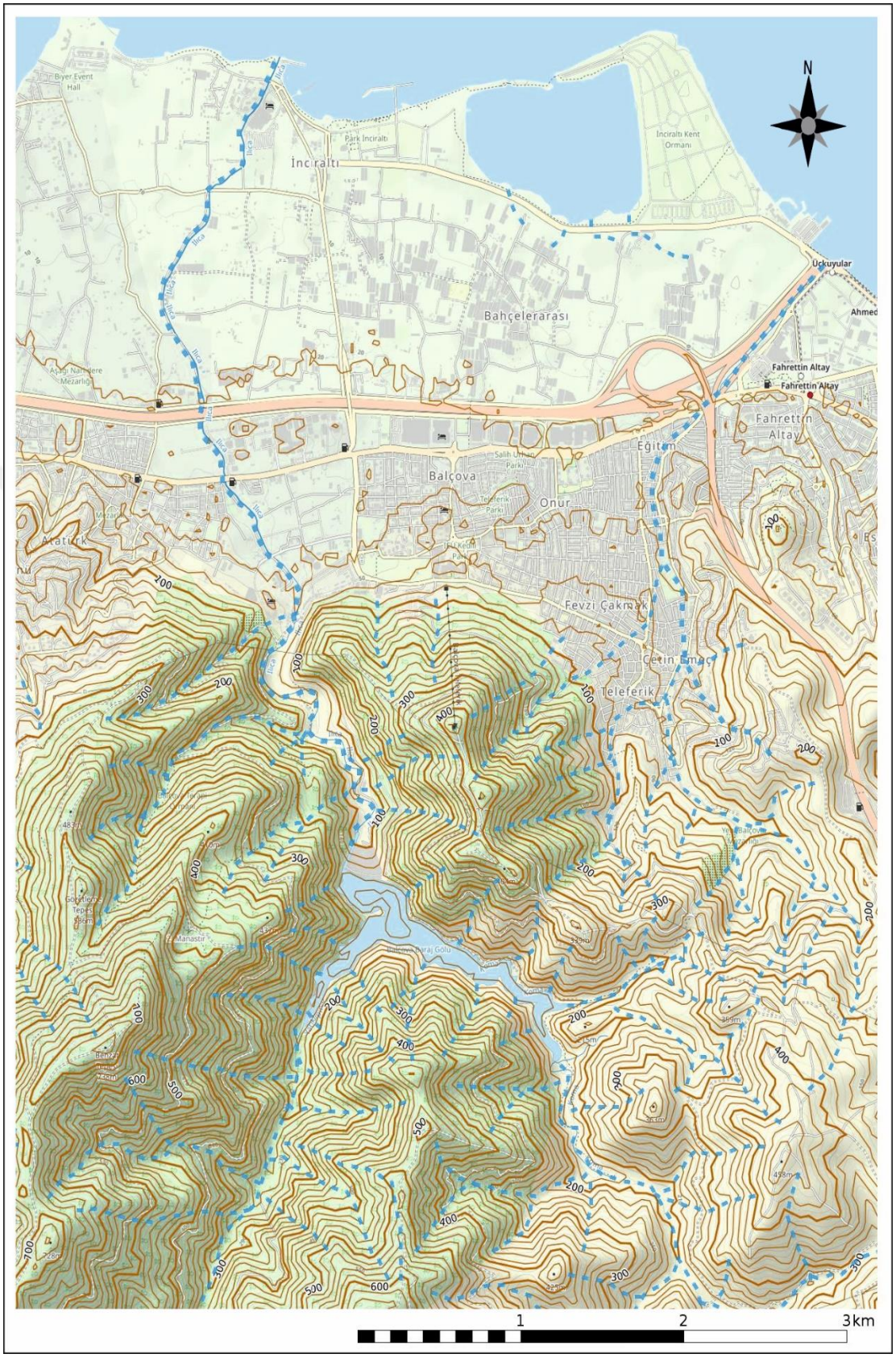
Sulak alan çevresinde üç önemli dere bulunmaktadır. Bu dereler, Alionbaşı deresi, Ilıca deresi ve Hacıahmet deresidir. Bu dereler yağışlı mevsimlerde akış gösterirken, diğer mevsimlerde kuraktır (Aksoy, 2001; Alacalı, 2006). Ilıca deresi ve Hacıahmet deresi şekil 5.2'deki akaçlama haritasında gösterilmiştir.

Bölgenin en önemli deresi Ilıca deresidir. Dere, Yarıklıpınar deresi ve Kızılcapınar deresinin birleşmesi sonucu oluşmaktadır. Dere üzerinde bir adet baraj bulunmaktadır. Balçova termal tesislerinin 3km güneyine, Ilıca deresi üzerine yapılan Balçova (Cengiz Saran) barajı, 1980 yılında tamamlanmış ve 1984 yılından itibaren İzmir kentine içme suyu vermeye başlamıştır. Böylelikle İzmir kentinin su ihtiyacının karşılanmasında ilk kez yüzeysel su kaynağı kullanılmıştır.

Balçova (Cengiz Saran) barajının drenaj alanı 33 km^2'dir ve yıllık 12,4 milyon m^3 potansiyel su girişi bulunmaktadır (İZSU, bt). Barajdan saniyede 35-50 litre su salma uygulaması 1981 yılından 1983 yılına kadar sürdürülmüş ancak daha sonra bu uygulama terk edilmiştir (Arık, 2005). Bu sebeple Ilıca deresinde sadece yağışlı mevsimlerde su gözlenebilmektedir. Alionbaşı deresinin drenaj alanı 14 km^2 ve yıllık 5 milyon m^3 potansiyel su girişi bulunmaktadır (Aksoy, 2001). Bu dere üzerine de içme suyu amaçlı bir baraj planlanmış, ancak hayata geçirilememiştir. Hacıahmet deresi drenaj alanı 6 km^2'dir (Koç ve İnan, 1983). Akış verisi bulunamayan derenin çevredeki diğer derelerden elde edilen verilerle oranlanarak hesaplanan yıllık potansiyel su girişinin 2,2 milyon m^3 olduğu söylenebilir. Kuvaterner birimi beslemesi beklenen bu üç derenin toplam drenaj alanı 53 km^2 ve toplam yıllık potansiyel su girişi 19,6 milyon m^3'tür. Ancak Ilıca deresinin Balçova (Cengiz Saran) barajı ile akışı engellenmektedir. Alionbaşı ve Hacıahmet derelerinde de sadece mevsimlik yağışın etkisiyle su bulunduğundan yüzeysel akış 7,2 milyon m^3'le sınırlı kalmaktadır. Bu miktarın da sadece yağışlı mevsimlerde olması, sulak alanın mayıs ayından kasım ayına büyük miktarda tatlı su kaynağından mahrum kalması anlamına gelmektedir. Ayrıca bu derelerin beton kaplamayla ıslah edilmesi yeraltı suyu beslenimini engellemektedir. Sulak alanların ihtiyacı olan tatlı suya ulaşabilmesi için Balçova

(Cengiz Saran) barajından Ilıca deresine bırakılan fazla suyun, yerleşim yerlerini bir kanalla geçtikten sonra lagüne bırakılması uygun olacaktır (Somay, 2022).

Çalışma sahasının sınırlarını oluşturan Ilıca deresi ve Hacıahmet deresinde su akışı gözlenmediği için su örneği alınamamıştır.



Şekil 5.2 Akaçlama haritası

5.2.2 Kuyular

Sulak alan ve çevresinde bulunan yamaç molozu ve alüvyon birimleri yeraltı suyu barındıracak özelliktedir. Bu birimi kesen hem jeotermal akışkan içeren kuyular hem de soğuk su kuyuları bulunmaktadır.

Balçova jeotermal sahası, Türkiye'deki ilk jeotermal sondaj kuyusunun açıldığı sahadır (İBB, 2012; İKA, 2022). İzmir ve Agamemnon fayları geçirimsiz olan flişe, ikincil geçirimlilik özellikleri kazandırarak jeotermal kaynak olarak kullanılmasını sağlamıştır (İKA, 2022). Bu kaynağın araştırılıp geliştirilmesi amacıyla ilk kuyu Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından 1963 yılında açılmıştır. Bölgenin jeotermal potansiyelinin belirlenmesi amacıyla açılan ilk kuyular S1, S2 ve S3 (sığ kuyular) kuyularıdır. S1 kuyusun 40 metre derinlikte 124 °C'de sıcak su bulunmuştur. Bu kuyunun debisi 27 l/sn'dir. Sahada açılan diğer sıcak su kuyularının özellikleri Tablo 5.2'de verilmiştir. 1983 yılından itibaren üretim amaçlı derin kuyular açılmaya başlamıştır. 1996 yılında Türkiye'nin ilk bölgesel ısıtma sistemi hayata geçirilerek 2767 konut eşdeğeri ısıtma sağlanmıştır. Sadece konutlarda değil seracılıkta, okullarda, turizm tesislerinde ve yurtlarda kullanılmaktadır. Geçen zamanda kapasite artışı ve kullanım alanının büyümesiyle 38460 konut eşdeğeri ısıtma sağlamaya devam etmektedir (İJ, bt; İKA, 2022).

İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin %50 ortaklığı bulunan İzmir Jeotermal Enerji San. ve Tic. AŞ sahasında toplam 26 adet kuyu bulunmaktadır. Bu kuyuların 16 tanesi üretim ve 5 tanesi ise re-enjeksiyon amaçlı kuyulardır. Üretim amaçlı kuyuların 5 adedi sığ kuyu, diğerleri derin kuyudur. Bu kuyuların dışında yine aynı işletmeye ait araştırma amaçlı açılmış 4 adet gradyan kuyusu bulunmaktadır. Balçova jeotermal sahasında başka kuyular da bulunmaktadır. İzmir Valiliği Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlığı'na ait 6 adet üretim kuyusu ve özel şahıslara ait jeotermal amaçlı açılmış 5 adet kuyu bulunmaktadır. Balçova jeotermal sahasında toplam 37 adet kuyu bulunmaktadır. Bu kuyulardan 22 adedi aktiftir (İJ, bt; İKA, 2022).

Tablo 5.2 Balçova Jeotermal Alanı'nda bulunan sıcak su kuyularının özellikleri (Alacalı, 2012; İKA, 2022)

Kuyu Adı	Kaynak Tipi	Derinlik (m)	Sıcaklık °C	Debi (lt/sn)	Kuyu Adı	Kaynak Tipi	Derinlik (m)	Sıcaklık °C	Debi (lt/sn)
S1	Tetkik	40	124	27	B-4	İstihsal	125	100	15
S2	Tetkik	73,5	102	11	B-5	İstihsal	125	102	38
S3A	Tetkik	140	101	1025	B-6		150	93	-
BD-1	İstihsal	430	110	16	B-7	İstihsal	125	96	38
BD-2	İstihsal	550	132	50	B-8		250	105	25
BD-3	Re-enjeksiyon	750	133	25	B-9	İstihsal	48	125	6,5
BD-4A	İstihsal	600	131,5	60	B-10A	İstihsal	125	99,5	30
BD-5	İstihsal	1100	120	35	B-11		125	104	10
BD-6A	İstihsal	606	135	80	B-12		250	110	17
BD-7A	İstihsal	600	110	30	N-1		150	95	2,5
BD-8	Re-enjeksiyon	630	135	40	ND-1		800	102	4,5
BD-9	İstihsal	772	138,5	100	BTF-1	İstihsal	121	102	2
BD-10	Re-enjeksiyon	750	104	45	BTF-2	İstihsal	116	80	2,5
BD-11	İstihsal	716	140	100	BTF-3	İstihsal	100	115	11
BD-12	İstihsal	830	137	60	BTF-4	İstihsal	112	116	2
BD-13	İstihsal	720	137	80	BT-5		390	62	11,9
BD-14	İstihsal	371	127	38	BT-6	İstihsal		135	33
BD-15	İstihsal	472	105,6	22	G-1	İstihsal	413	66,96	-
B-1	İstihsal	100	102	27	G-2		456	71,7	-
B-2	İstihsal	200	117	15	G-3		435	70	-
B-3		180	112	-	G-4		352	77,3	-

Çalışma alanında alüyon içine açılmış çok sayıda soğuk su kuyusu tespit edilmiştir. Kuyular bahçe, sera ve konutlarda sulama ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanması amacıyla açılmıştır. Bölgede sondajla ve keson olarak açılmış birçok kuyu bulunmaktadır. Alınan su örneklerinden İ1, İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ12, İ13, İ14, İ15, İ16, İ17, İ18 ve İ19 bu kuyulardan alınmıştır. Kuyulardan alınan su örneklerinin en düşük sıcaklığı 17,9°C, en yüksek sıcaklığı 26,3°C olarak ölçülmüştür. Su sıcaklıkları Balçova jeotermal sahasına en yakın yerde en yüksek olmak üzere uzaklaştıkça düşmektedir. Bu veriyle sıcak su ve soğuk suyun karıştığı düşünülebilir.

5.2.3 Lagün

Denizden bir kum set ile ayrılan ve aynı zamanda denizle bağlantısı olan sulak alanlar lagün olarak adlandırılırlar (Joyeux ve Ward, 1998). Lagündeki su miktarını ve kalitesini etkileyen faktörler buharlaşma-terleme, yağış, yeraltı suyu katkısı ve deniz suyu girişi olarak sıralanabilir (Somay-Altaş, 2021). Lagünler, deniz ve kara ekosistemleri arasındaki konumlarından dolayı çok iyi su filtreleridir (Erarslanoğlu, 2016). Çalışma sahasında bulunan Çakalburnu Lagünü, İnciraltı kentsel sulak alanının en önemli üyesidir (Şekil 5.3). Bu çalışmada alınan su örneklerinden İ7, İ8, İ9, İ10 ve İ11 Çakalburnu lagününün çeşitli noktalarından alınmıştır.



Şekil 5.3 Çakalburnu Lagünü (Fidan, 2022)

BÖLÜM ALTI
HİDROJEOKİMYA

6.1 İnceleme Alanındaki Sularda Çözünmüş İyonlar

Suların içme ve sulama suyu kriterlerine göre değerlendirilmesi için majör anyon ve katyon analizleriyle birlikte iz element analizleri de yapılmıştır. Tez kapsamında incelenen sularda bulunan başlıca iyonlar sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, klor, karbonat-bikarbonat, sülfat, silisyum ve nitrattır (Tablo 6.1). Bu iyonların alınan su numuneleri içerisindeki oranları dairesel diyagramlar şeklinde şekil 6.1'de gösterilmiştir. Bu iyonlara eşlik eden minör elementlerde bulunmaktadır. Bu elementler alüminyum, arsenik, bor, baryum, brom, krom, bakır, lityum, mangan, nikel, fosfat, kurşun, stronsiyum, uranyum ve çinkodur (Tablo 6.2).

Tablo 6.1 Su numunelerinin majör element içerikleri

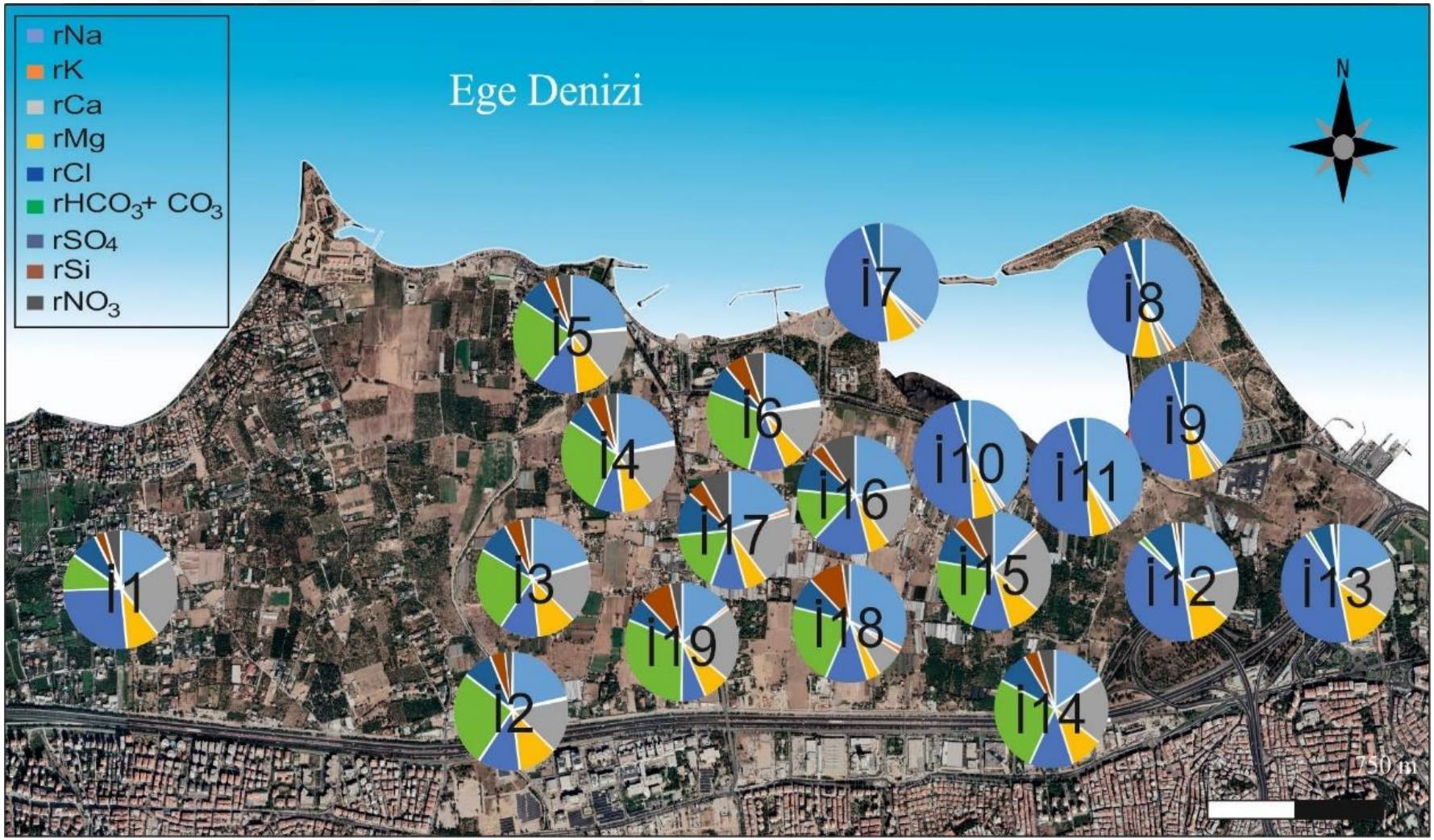
Örnek	EC (µS/cm)	pH	T (°C)	MAJÖR ELEMENTLER (mg/l)									Hata	Su tipi (AIH)
				Sodyum	Potasyum	Kalsiyum	Magnezyum	Klor	Karbonat+Bikarbonat	Sülfat	Silis	Nitrat		
İ1	2.350	6,9	20,3	168,0	10,1	206,0	52,3	***423,0***	281,0	170,8	9,9	***130,5***	5,2	Ca-Na-Cl
İ2	1.352	7,2	25,5	145,0	5,0	89,6	39,7	122,5	458,0	119,2	9,1	38,4	2,9	Na-Ca-Mg-HCO3-Cl
İ3	1.292	7,2	24,6	128,0	5,2	91,7	36,4	112,8	399,0	118,1	9,4	***50,6***	4,7	Na-Ca-Mg-HCO3-Cl
İ4	1.407	7,0	23,2	176,0	14,3	123,0	37,0	110,3	593,0	120,3	13,4	***74,9***	6,2	Na-Ca-HCO3
İ5	1.565	7,2	21,0	179,0	7,1	99,4	37,8	146,6	469,0	127,4	8,5	***87,7***	5,5	Na-Ca-HCO3-Cl
İ6	1.282	7,5	17,9	142,0	14,7	82,8	21,6	105,1	456,0	108,1	11,7	***96,3***	-0,8	Na-Ca-HCO3
İ7	60.400	9,0	18,7	***11.912,0***	621,0	593,0	1.484,0	***23.759,8***	198,0	***3.545,4***	0,5	-	-4,8	Na-Cl
İ8	59.900	8,7	18,7	***12.864,7***	868,3	843,5	1.295,7	***20.474,6***	285,0	***3.116,6***	5,7	0,5	6,9	Na-Cl
İ9	60.000	8,8	18,1	***12.617,0***	482,0	493,0	1.167,0	***23.289,6***	146,0	***3.087,2***	0,4	-	-3,3	Na-Cl
İ10	61.700	8,7	16,1	***13.476,0***	493,0	472,0	1.145,0	***24.067,8***	132,0	***3.148,8***	0,4	7,9	-2,3	Na-Cl
İ11	61.700	8,8	17,8	***12.604,0***	467,0	471,0	1.036,0	***22.875,0***	156,0	***3.203,0***	0,2	-	-3,6	Na-Cl
İ12	5.410	7,1	19,4	***502,0***	5,0	293,0	138,0	***1.407,5***	113,0	***427,5***	7,9	***116,7***	-2,7	Na-Ca-Mg-Cl
İ13	8.160	6,7	19,9	***669,0***	11,5	501,0	237,0	***2.444,6***	129,0	***468,6***	5,8	***152,3***	-4,8	Na-Ca-Mg-Cl
İ14	911	7,0	22,1	69,0	4,1	73,4	22,6	83,6	298,0	80,5	5,5	***56,8***	-1,7	Ca-Na-Mg-HCO3-Cl
İ15	1.118	7,4	20,4	65,6	7,8	102,0	24,2	88,6	287,0	108,6	7,8	***102,1***	3,7	Ca-Na-HCO3-Cl
İ16	1.810	7,3	19,0	166,0	7,3	115,0	23,1	191,1	282,0	165,4	8,3	***192,7***	5,9	Na-Ca-Cl-HCO3
İ17	1.319	7,2	19,4	121,0	11,2	101,0	19,5	96,1	296,0	166,4	9,4	***140,5***	5,4	Na-Ca-HCO3-SO4
İ18	1.230	7,0	19,2	191,0	14,6	40,2	11,1	104,9	346,0	108,9	18,4	35,2	3,4	Na-HCO3-Cl
İ19	992	7,0	26,3	78,2	8,2	97,0	21,9	58,6	446,0	73,2	14,8	***51,1***	-1,0	Ca-Na-HCO3
İÇME SUYU LİMİT DEĞERLERİ														
TS 266				200	-	-	-	250	-	250	-	50		
WHO (2022)				200	-	-	-	250	-	250	-	50		
Sağlık Bakanlığı				200	-	-	-	250	-	250	-	50		

*Limitleri aşan değerler koyu ve italik yazılmıştır.

Tablo 6.2 Su numunelerinin minör element içerikleri

Örnek Numarası	MİNÖR ELEMENTLER (mg/l)															
	Al	**As**	**B**	**Ba**	**Br**	**Cr**	**Cu**	**Li**	**Mn**	**Ni**	**Pb**	**Sb**	**Sr**	**U**	**Zn**	**P**
İ1	-	-	***1,13***	0,094	***1,305***	-	-	0,214	-	-	-	-	0,753	0,001	0,003	-
İ2	-	-	***2,46***	0,068	***0,198***	0,002	-	0,157	-	-	-	-	0,474	-	0,003	0,011
İ3	-	-	***2,21***	0,054	***0,190***	0,002	-	0,182	-	-	-	-	0,474	-	0,002	0,009
İ4	-	-	***3,67***	0,055	***0,219***	0,003	0,003	0,229	-	-	-	-	0,52	-	0,014	0,009
İ5	-	-	***3,8***	0,05	***0,348***	0,004	0,003	0,169	-	-	-	-	0,518	-	0,024	-
İ6	-	0,001	***2,68***	0,026	***0,408***	0,004	-	0,210	0,001	-	-	-	0,353	-	0,007	0,008
İ7	***0,026***	0,003	***2,93***	0,018	***80,760***	-	-	0,085	0,004	-	0,001	0,001	9,96	0,002	0,016	-
İ8	-	***0,043***	***39,6***	0,295	***73,200***	0,004	0,02	0,642	***0,091***	0,018	0,001	-	243	***0,052***	0,038	0,446
İ9	-	0,003	***2,21***	0,047	***72,400***	-	0,001	0,042	0,004	-	-	0,001	10,8	0,003	0,005	0,04
İ10	-	0,002	***2,27***	0,021	***74,560***	-	0,002	0,041	0,009	-	-	-	11,6	0,003	0,002	0,022
İ11	-	0,003	***2,21***	0,022	***75,400***	-	-	0,045	0,016	-	-	0,001	11,4	0,003	-	0,023
İ12	-	-	0,062	0,04	***4,912***	-	0,005	0,006	0,002	-	-	-	1,85	-	0,021	0,007
İ13	-	-	0,098	0,104	***7,951***	-	0,039	0,006	0,002	-	-	-	2,82	0,001	0,092	-
İ14	-	-	0,271	0,047	***0,162***	-	-	0,002	0,001	-	-	-	0,289	-	0,002	0,035
İ15	-	-	0,68	0,028	***0,203***	0,003	-	0,031	-	-	-	-	0,333	-	0,011	-
İ16	-	-	***1,61***	0,03	***0,872***	0,003	0,011	0,039	0,001	-	-	-	0,419	-	0,047	-
İ17	-	-	***1,65***	0,017	***0,290***	0,002	0,002	0,066	-	-	-	-	0,404	-	0,025	-
İ18	-	-	***2,61***	-	***0,373***	-	-	0,326	0,004	-	-	-	0,335	-	0,042	-
İ19	-	-	0,78	-	***0,103***	-	0,002	0,137	-	-	-	-	0,455	-	0,006	-
İÇME SUYU LİMİT DEĞERLERİ																
TS 266	0,02	0,01	1	-	0,01	0,05	2	-	0,05	0,02	0,01	-	-	-	-	-
WHO (2022)	0,02	0,01	2,4	1,3	0,01	0,05	2	-	0,5	0,07	0,01	-	-	0,03	3	-
Sağlık Bakanlığı	0,02	0,01	1	-	0,01	0,05	2	-	0,05	0,02	0,01	-	-	-	-	-

*Limitleri aşan değerler koyu ve italik yazılmıştır.



Şekil 6.1 İnciraltı sulak alanına ait dairesel diyagramlar

İçme suyu için değerlendirme yapılırken suların içerdiği tüm elementlerin detaylıca incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında içme suyu değerlendirmeleri Dünya Sağlık Teşkilatı, TS 266 ve T.C. Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği ve yayınladığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'le açıkladığı sınır değerleri dikkate alınmıştır.

6.1.1 Majör İyonlar

6.1.1.1 Kalsiyum

Kalsiyum, dünyada en çok bulunan elementlerden bir tanesidir. Yerkabuğunda ağırlıkça oksijen, silisyum, alüminyum ve demirden sonra %5,1 oranla en bol bulunan beşinci element, alüminyum ve demirden sonra en bol bulunan üçüncü metaldir (Erdoğan-Topçuoğlu, 2022; Greenwood ve Earnshaw, 1997; Karapınar, 2022; Şahinci, 1991). Deniz suyunda yaklaşık 400 ppm ile katı ağırlığın %1,2'sinden daha az miktardadır (Stanford, bt). Magmatik kayaç temaslı yeraltı sularında 30 ppm, sedimenter kayaç temaslılarda 100 ppm, karbonatlı kayaç temaslılarda 300 ppm, evaporitlerde ise 600 ppm civarında bulunur (Bor, 2021). Ayrıca insan vücudunda en çok bulunan beşinci element ve en çok bulunan metaldir (OregonState, bt).

Yeraltı sularında bulunan elementler, temaslı oldukları kayalarla doğrudan bağlantılıdır. Kalsit, aragonit, jibs, dolomit, anhidrit ve florit benzeri silikat içermeyen mineraller ile albit, anortit, amfibol, vollastonit ve piroksen benzeri silikatlı mineraller yeraltı sularındaki kalsiyumun ana kaynağını oluşturur (Erguvanlı ve Yüzer, 1973; Hounslow, 1995; Şahinci, 1991).

Yeraltı suları genellikle kalsiyum bikarbonat içerikliyken, jibs yataklarıyla temas eden sular kalsiyum sülfat içeriklidir (Şahinci, 1991). Sulardaki kalsiyum miktarının artması, çözünmüş karbondioksidin artmasıyla ve pH ile ilişkilidir. Karbondioksit miktarı arttıkça çözünen kalsiyum miktarı da artar (Erguvanlı ve Yüzer, 1973; Maman Hassan, 2021). Ph arttıkça kalsit çökelimi meydana gelir (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). Sulardaki çözünmüş kalsiyumun artması sertliği arttırır ve tat değişimine neden olur (Kaplan, 2021; Şahinci, 1991).

Kalsiyum sodyum iyonunun yerini alabilmektedir. Sulama sularıyla gerçekleşen bu yer değişimi toprağın tuzluluğunu düşürdüğünden toprağın yapısı ve geçirgenliği açısından faydalıdır (Aydınoğlu, 2019; Erguvanlı ve Yüzer 1973; Güler ve Çobanoğlu, 1997; Şahinci, 1991).

Dünya Sağlık Örgütü'nün, TS 266'nın ve Sağlık Bakanlığının kalsiyum için belirlediği bir sınır değer yoktur.

İncelenen suların kalsiyum değerleri 40,2–843,5 mg/l arasında değişmektedir.

6.1.1.2 Magnezyum

Magnezyum yerkabuğunda %2,8 oranla ağırlıkça en çok bulunan altıncı elementtir (Karapınar, 2022). Deniz suyunda yaklaşık 1.300 ppm ile en çok bulunan üçüncü element ve sodyumdan sonra en çok bulunan katyondur (Buğdaycı, 2017; Stanford, bt; USGS, bt). Yeraltı sularında ise kalsiyumdan sonra en çok bulunan katyondur (Arık, 2005; Batur, 2020; Erdoğan-Topçuoğlu, 2022; Uçar, 2022; Yıldırım, 2009).

Doğada saf olarak bulunmayan magnezyum, sularda ve kayaçlarda bileşik olarak bulunmaktadır (Buğdaycı, 2017). Magnezyumun yeraltı sularına karışması magnezyum karbonatın çözünmesi sonucu gerçekleşmektedir (Erguvanlı ve Yüzer 1973). Yeraltı sularının en önemli magnezyum kaynağı sedimenter kayaçlardan dolomittir (Buğdaycı, 2017; Uçar, 2022). Volkanik kaya minerallerinden olivin, biyotit, hornblent, ojit, başkalaşım kaya minerallerinden serpantinit, talk, diyopsit ve tremolit suların magnezyum kaynağı olan diğer minerallerdir (Arık, 2005; Şahinci,1991; Yıldırım, 2009).

Yeraltı sularında bulunan magnezyum miktarı, kalsiyum oranından daha azken, deniz sularında magnezyum miktarı kalsiyum miktarından daha fazladır. Jeotermal sistemlerde ise magnezyum oldukça düşük değerlere inebilmektedir. Sıcak sularda görülen yüksek magnezyum değerleri, magnezyum kaynaklı kayaç ile temas ve soğuk su etkileşimi ile olabilmektedir (Arık, 2005; Nicholson, 1993; Şahinci, 1991).

Suda bulunan karbondioksit, karbonatlı ve silikatlı minerallerin barındırdığı magnezyum iyonunun suya geçmesinde etkindir (Şahinci, 1991). Yeraltı sularında çözünen magnezyum miktarı genelde litrede 40 miligrama kadar olması beklenirken, magnezyumca zenginleşmiş sularda bu değer litrede 100 miligrama kadar çıkabilmektedir (Şahinci, 1991). Su sertliğinde kalsiyumla birlikte yüksek etkisi bulunan magnezyum değerinin 125 mg/l'yi aşması halinde sular sertleşip, acılaşır ve içilemez duruma gelir (Erguvanlı ve Yüzer 1973).

Dünya Sağlık Örgütü'nün, TS 266' nın ve Sağlık Bakanlığının magnezyum için belirlediği bir sınır değer yoktur.

İncelenen suların magnezyum değerleri 11,1–1.484 mg/l arasında değişmektedir.

6.1.1.3 Sodyum

Sodyum kıtasal kabukta yaklaşık %2,3 oranla ağırlıkça en çok bulunan yedinci elementtir (Karapınar, 2022). Alkali metaller içinde yer kabuğunda en çok sodyum bulunur (Erdoğan-Topçuoğlu, 2022). Deniz suyunda yaklaşık 10.500 ppm ile klorürden sonra en çok bulunan ikinci elementtir. Soğuk sularda kalsiyum ve magnezyumdan daha az bulunur (Prasanth vd., 2012).

Sulardaki sodyumun kaynağı, evaporitler ve plajioklasların ayrışması ve kil minerallerindeki iyon değişimi olarak gösterilebilir (Arık, 2005; Batur, 2020; Maman Hassan, 2021; Özer, 2005). Sodyum içeren albit, nefelin, sodalit, stilbnit, natrolit, glakofan benzeri mineraller yağışlarla kimyasal bozunmaya uğrayarak sodyumun suya karışmasını sağlarlar (Yıldırım, 2009). Özellikle evaporitlerle temaslı sularda 100.000 ppm değerlerine ulaşabilmektedir (Şen, 2014). Albit ve nefelin sodyum silikatlarının en yaygın olanıdır. Çoğunlukla iyon değişimi ile açığa çıkan sodyum, Na-montmorillonit kilinin kalsiyum ve magnezyum ile tepkimesiyle oluşur (Hounslow, 1995).

İnciraltı kentsel sulak alanında olduğu gibi denize kıyısı olan akiferlerde deniz suyu girişimi ile yeraltı sularının sodyum oranı artabilmektedir. Ayrıca killi toprakların

sodyumca zengin su ile sulanması sonucu topraktaki sodyum miktarı artar ve düşük geçirgenliğe sahip topraklar meydana gelir. Bu durum tarım faaliyetleri için istenmeyen verim düşüklüğüne yol açar. Sulama suyu için yapılan sınıflandırmada sodyumun ana ölçüt olması bu nedenledir (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). Bunların dışında sodyumun kaynağı olarak kirlilik gösterilebilir. Evsel ve zirai atıklar ile sanayi atıkları sodyum kirliliğine neden olur. Tat değişimi ile sular içilemeyecek hale gelebilir (Aydınoğlu, 2019; Şahinci, 1991).

Sodyumun yaklaşık 10.500 ppm ile en yüksek oranda bulunduğu yer deniz suyudur. Volkanik ve başkalaşım kayaçlarıyla temaslı sularda litrede en fazla 20 miligramdır. Yerüstündeki sularda litrede 1 miligramdan düşük olabilirken 300 miligramın üzerine de çıkabilmektedir (WHO, 2013). Sıcak ve kurak iklimli bölgelerdeki kapalı havzalarda çözünmüş sodyum miktarı 100.000 mg/l'ye ulaşabilmektedir (Yıldırım, 2009).

Dünya Sağlık Teşkilatı içme suyu için sodyum sınırını litrede 50 miligram olarak belirlemiştir. Türkiye'de geçerli olan değer, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'nın yönetmelikle belirlediği litrede 200 miligram olarak kabul edilmiştir.

İncelenen suların sodyum değerleri 65,6–13.476 mg/l arasında değişmektedir. Dalyandan alınan su örneklerinde 11.912 ve 12.864 mg/l, dalyan bağlantılı derelerde 12.617, 13.476 ve 12.604 mg/l, dalyana yakın iki kuyuda (İ12 ve İ13) 502 ve 669 mg/l değerleri ölçülmüştür. Geriye kalan kuyularda ise 65,6–191 mg/l değerlerine ulaşılmıştır. Elde edilen veriler içme suyu için değerlendirildiğinde; DSÖ, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'na ait yönetmeliklere göre dalyan (İ7, İ8), dalyan bağlantılı dere (İ9, İ10, İ11) ve dalyana yakın iki kuyu (İ12, İ13) limit değerler üzerinde sonuçlar vermektedir. Geriye kalan kuyu suları (İ1, İ2, İ3 İ4, İ5, İ6, İ14, İ15, İ16, İ17, İ18, İ19) limit değerler altındadır.

6.1.1.4 Potasyum

Potasyum kıtasal kabukta yaklaşık %1,7 oranla ağırlıkça en çok bulunan sekizinci elementtir (Karapınar, 2022). Deniz suyunda yaklaşık 400 ppm ile kalsiyuma benzer

miktarda bulunmaktadır. Sodyum ve potasyum alkali metalleri yer kabuğunda birbirine ağırlıkça yakın değerlerde bulunmasına karşın, deniz suyundaki potasyum, sodyumun 28'de 1'i kadardır. (Arık, 2005; Karapınar, 2022; Özer, 2005; Stanford, bt; Şahinci, 1991; Yıldırım, 2009). Yüzey sularında 0,2-0,3 ppm bulunan potasyumun çok düşük miktarı yağışlarla ilişkilidir (Yıldırım, 2009). Doğal sularda 20 mg/l' yi aşmayan değerlerde bulunurken, jeotermal su kaynaklarında yaklaşık 100 mg/l civarında değerler alabilmektedir (Erdoğan-Topçuoğlu, 2022).

Potasyum, doğal olarak bulunan bir elementtir ve sularda kalsiyum, magnezyum ve sodyuma oranla çok daha düşük oranlarda bulunur (Prasanth vd., 2012). Potasyum, magmatik ve metamorfik kayalarda daha yaygın bulunan sodyumun aksine, tortul kayalarda daha yoğun gözlenmektedir (Erdoğan-Topçuoğlu, 2022; Maman Hassan, 2021; Şahinci, 1991). Sudaki potasyumun kaynakları olarak feldispatlar, mikalar, feldispatoidler ve kil mineralleri gösterilebilir (Batur, 2020; Erdoğan-Topçuoğlu; Şahinci, 1991). Magmatik ve metamorfik kayalarda da bol miktarda potasyum içeren mineraller vardır. Mika, lösit, feldispat ve nefelin mineralleri bunlara örnek gösterilebilir (Şahinci, 1991). Yeraltı sularında potasyum miktarı, potasyum içeren minerallerin bozunup iyon değişimi ile yeni duraylı potasyum mineralleri oluşturması kaynaklıdır (Şahinci, 1991). Örneğin; killerin bünyesine potasyum girdiğinde oluşan reaksiyon, illit mineralinin oluşumu ile sonuçlanır (Hounslow, 1995).

Yüzey ve yeraltı suları yağışlı mevsimlerde yağışla artan su miktarından dolayı daha düşük oranlarda potasyum içermektedir. Ancak tarımsal faaliyetler ile artan potasyum kullanımı, yeraltı suyunda potasyum derişimini arttırır. Jeotermal sularda ise ısı artışına bağlı olarak çözünmüş potasyum miktarı artacaktır (Şahinci, 1991).

Potasyumun, kil mineralleri ve bitkiler tarafından soğurulması ile yeraltı sularında daha az miktarda bulunur. Bu sebepten dolayı karada tutulan potasyum miktarı, okyanuslara taşınandan daha yüksek miktardadır (Şahinci, 1991).

İncelenen suların potasyum değerleri 4,13–868,30 mg/l arasında değişmektedir. Dalyandan alınan su örneklerinde 621 ve 868,30 mg/l, dalyan bağlantılı derelerde 482,

493 ve 467 mg/l ölçülmüştür. Geriye kalan kuyularda ise 4,13–14,7 mg/l değerlerine ulaşılmıştır.

6.1.1.5 Klor

Sularda klor en çok denizlerde bulunur (Şahinci, 1986). Bu sulardaki klor miktarı yaklaşık 20.000 mg/l civarındadır (Erdoğan-Topçuoğlu, 2022; Gemici, 1999; Stanford, bt). Yeraltı sularının en büyük klor kaynağı da denizlerdir (Gemici, 1999). Deniz suyu girişimi ile yeraltı sularının klor içeriği artmaktadır. Bu sebepten deniz suyu bağlantılı yeraltı sularında kıyıdan uzaklaştıkça klor miktarı azalmaktadır (Erdoğan-Topçuoğlu, 2022). Deniz suyu bağlantısı olmayan, yüksek yağış alan bölgelerdeki sığ yeraltı sularında 30 mg/l'den az klor bulunurken, düşük yağışın egemen olduğu kurak bölgelerde bu değer 1.000 mg/l'yi geçebilmektedir (Şahinci, 1986; Yıldırım, 2009). Bu verilerle yağışın yüksek olduğu bölgelerde düşük klor, yağışın düşük olduğu bölgelerde yüksek klor içeriğinden bahsedilebilir (Hounslow, 1995). Klor iyonu doğal sularda genellikle 100 mg/l değerinin altında bulunmakla birlikte 200 mg/l'yi geçmemektedir (Bor, 2021; Fetter, 2008). Yağmur sularında klor içeriği 1-25 mg/l aralığında değişirken, içme sularında en fazla 600 mg/l değerini almaktadır (Erdoğan-Topçuoğlu, 2022; Gemici, 1999).

Klor halojen grubu elementidir ve doğada diğer halojen grubu elementlerden daha fazla rastlanılır (Batur, 2020; Maman Hassan, 2021). Sularda eksi yüklü klor iyonu olarak bulunmaktadır (Yalçın, 2021). Klor iyonunun çözünürlüğü fazla olduğundan doğal sularda en çok bulunan anyonlardandır (Aydınoğlu, 2019).

Yeraltı sularındaki klor iyonları daha çok evaporit kaynaklıdır (Arık, 2005; Batur, 2020). Evaporitler dışında, magmatik kayaçların minerallerindeki klor iyonları da önemsenmeyecek kadar düşük miktarlarda klorun yeraltı suyuna geçmesine kaynaklık etmektedir (Aydınoğlu, 2019; Şahinci, 1991). Magmatik kayaç minerallerinden feldispatoidler, mikalar, hornblendler, sodalitler ve klorapatit gibi mineraller klor kaynağı olarak gösterilebilir (Erguvanlı ve Yüzer, 1973; Şahinci, 1991). Özellikle kıyı kesimlerindeki yeraltı sularının en büyük klor kaynağı, deniz sularıdır (Arık, 2005). Denize kıyısı olan yerlerde su kuyularından aşırı çekim yapılması ile yeraltı suyunun

seviyesi düşer ve bu durum deniz suyunun iç kesimlerdeki yeraltı suyuna karışması ile sonuçlanır (Barlow, 2003). Akiferin denize yakın kısımlarında klor içeriği yüksekken, kıyıdan uzaklaştıkça klor içeriği azalmaktadır (Arık, 2005; Şahinci, 1991; Yıldırım, 2009). Yağmur suları düşük klor içeriği nedeniyle kaynak olmaktan çok, yağışın olduğu bölgelerdeki yeraltı sularının klor oranının azalmasını sağlamaktadır. Ancak yağışın süzüldüğü kayaçlardaki klor oranının yüksekliği ile yeraltı suyuna yüksek miktarda klorun dahil olması söz konusu olabilir. Tüm bunların dışında insan kaynaklı etkinlikler de suların klor içeriğinin artmasına yol açmaktadır. Tarımsal ve hayvansal faaliyet sonucu kirlenme ile endüstriyel ve evsel atıklar ile kirlenme bu artışın kaynaklarındandır (Fetter, 2008).

Suda bulunan klor suyun tadını da değiştirmektedir (Şahinci, 1991). Su içeriğinde 150 ppm'den daha az klor var ise tüm kullanım tiplerine uygun iken, 500 ppm değerinden yüksek klor içerikliyse suyun tadında bozulma meydana gelmektedir (Aydınoğlu, 2019).

Dünya Sağlık Teşkilatı'nın klorür için belirlediği sınır değer litrede 250 miligramdır. Türkiye'de geçerli olan değer, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'nın yönetmelikle belirlediği litrede 250 miligram olarak kabul edilmiştir.

İncelenen suların klor değerleri 58,60–24.067,80 mg/l arasında değişmektedir. Dalyandan alınan su örneklerinde 23.759,90 ve 20.474,60 mg/l, dalyan bağlantılı derelerde 23.289, 24.067,80 ve 22.875 mg/l, dalyana yakın iki kuyuda 1.407,5 ve 2.444,6 mg/l değerleri ölçülmüştür. Geriye kalan kuyularda ise 58,60–423 mg/l değerlerine ulaşılmıştır. Elde edilen veriler içme suyu için değerlendirildiğinde; DSÖ, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'na ait yönetmeliklere göre dalyan (İ7, İ8), dalyan bağlantılı dere (İ9, İ10, İ11), dalyana yakın iki yeraltı suyu (İ12, İ13) ve İ1 örnek numaralı yeraltı suyu örneklerinde limit değerlerin üzerinde sonuçlar vermektedir. Geriye kalan yeraltı suları (İ2, İ3 İ4, İ5, İ6, İ14, İ15, İ16, İ17, İ18, İ19) limit değerlerin altındadır.

6.1.1.6 Flor

Flor, klor gibi halojen grubu bir elementtir. Yüksek elektronegatifliğe sahip olan flora, doğada element durumunda rastlanılmaz. Sulu çözeltilerdeki katı tuzlarda ve florür iyonlarında bulunur (Batur, 2020; Sreedevi vd., 2006). Toprakta 100-300 milyonda bir aralığında bulunurken, florca çok zengin bitkiler hariç 10-20 milyonda bir aralığında bulunmaktadır. Yüzey sularında genellikle litrede 1 miligram'dan daha düşük değerler alır. Yeraltı sularında suyun süzülürken temas ettiği jeolojik birimle ilişkisi, flor içeriğinin miktarını etkilemektedir (Hapçıoğlu vd., 1992; Sungur, Karapars ve Paya, 1981; WHO, 1984). Jeotermal sıcak su kaynaklarında ise flor içeriği genellikle litrede 10 miligramdan daha düşük değerler almaktadır (Alacalı, 2012; Bor, 2021).

Su-kayaç etkileşimi yüzey ve yeraltı sularının flor içeriğini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Davraz, Şener, E. ve Şener, Ş., 2008). Magmatik kayaçlar ile tortul kayalardan kiltaşları, kumtaşları ve kireçtaşlarında bulunabilir. Yeraltı ve yüzey sularına florür sağlayan mineraller florit, florapatit, amfibol, flogopit, biyotit, kriyolit, topaz, villiaumit, topaz, turmalin ve bazı mikalarda bulunur (Atabey, 2010; Batur, 2020; Handa, 1975; Hem, 1985; Oruç, 2008). Kalsiyum florür, sularda bulunan florürün ana kaynaklarındandır (Batur, 2020).

Sulardaki flor içeriği mevsimlere göre farklılıklar göstermektedir. Bu farklılık yağışın su içerisindeki flor içeriğini seyreltmesine bağlı olarak, yağışlı mevsimlerde azalma, kurak mevsimlerde ise artma olarak sonuçlanmaktadır (Davraz, Şener, E. ve Şener, Ş., 2008).

Florun antropojenik kirlilik kaynakları, floru ham madde olarak kullanarak gübre üreten fabrikalar ve bu gübrelerin aşırı kullanımının yapıldığı tarım arazileri, alüminyum ve demir-çelik endüstrisi, tuğla, kiremit ve seramik fabrikaları olarak gösterilebilir (Atabey, 2010; Kundu vd., 2001).

Dünya Sağlık Teşkilatı içme suyu için flor sınırını litrede 1,5 miligram olarak kabul etmiştir. Türkiye'de geçerli olan değer, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği ve yayınladığı yönetmelikle açıkladığı litrede 1,5 miligram olarak belirlenmiştir.

6.1.1.7 Sülfat

İnorganik bir kükürt bileşiği olan sülfat, yeraltı sularında büyük oranda jibs ve anhidrit daha az miktarda pirit mineralinin yükseltgenmesiyle ortaya çıkan demir sülfat, magnezyum sülfat ve sodyum sülfat kaynaklıdır. Bu kaynaklara ek olarak, sülfat iyonlarının, deniz suyunun buharlaşması ve rüzgâr etkisiyle atmosfere taşınması, atmosferdeki hidrojen sülfür gazı ile fotokimyasal yolla oksitlenmesi ve asit yağmuru olarak yüzey ve yeraltı suyuna karışması ile volkanlar gösterilebilir (Alacalı, 2012; Erguvanlı ve Yüzer 1973; Şahinci, 1991).

Sülfatın antropojenik kirlilik kaynakları ise, fabrikalar ve evlerde kullanılan fosil yakıtların yakılması sonucu oluşan gazlar ile tarım faaliyetlerinde kullanılan kimyasallar ve yapay gübreler olarak gösterilebilir (Erguvanlı ve Yüzer, 1973; Şahinci, 1991).

Dünya Sağlık Teşkilatı içme suyu için sülfat sınırını litrede 500 miligram olarak kabul etmiştir. Türkiye'de geçerli olan değer, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği ve yayınladığı yönetmelikle açıkladığı litrede 250 miligram olarak belirlenmiştir.

İncelenen suların sülfat değerleri litrede 73,20–3.545,4 miligram arasında değişmektedir. Dalyandan alınan su örneklerinde litrede 3.545,4 ve 3.116,6 miligram, dalyan bağlantılı derelerde litrede 3.087,2, 3.148,8 ve 3.203 miligram, dalyana yakın iki kuyuda litrede 427,5 ve 468,6 miligram değerleri ölçülmüştür. Geriye kalan kuyularda ise litrede 73,20–170,80 miligram değerlerine ulaşılmıştır. Elde edilen veriler içme suyu için değerlendirildiğinde DSÖ, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'na ait yönetmeliklere göre dalyan (İ7, İ8), dalyan bağlantılı dere (İ9, İ10, İ11) ve dalyana yakın iki kuyudan (İ12, İ13) alınan su örnekleri limit değerler üzerinde sonuçlar

vermektedir. Geriye kalan kuyu suları (İ1, İ2, İ3 İ4, İ5, İ6, İ14, İ15, İ16, İ17, İ18, İ19) limit değerleri altındadır.

6.1.1.8 Karbonat ve Bikarbonat

Sulardaki karbonat ve bikarbonat iyonlarının kaynağı karbonat içerikli kayaçlardır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). Su içerisindeki miktarı ise ortamdaki karbondioksit ve ortamın pH değeri ile ilişkilidir. Ortamda bulunan karbondioksit oranı yüksek ise, suyun pH'ı düşer ve karbonat içerikli kayaçtan çözünen karbonat ve bikarbonat oranı artar (Özer, 2005). Ph değerinin 8,2'nin üstünde bir değer alması durumunda bikarbonat iyonları karbonat ve hidrojen iyonları olarak ayrışmaktadır. Yani 8,2'den yüksek pH değerlerinde karbonat baskın iyonken, daha düşük pH değerlerinde bikarbonat baskın hale gelir. Bikarbonatın baskın olduğu durumlarda tuzlanma tehlikesi düşmektedir (Şahinci, 1991). Toprakta artan pH değerinde ise tuzluluk artmakta ve toprağın geçirgenliğini düşürmektedir. Ayrıca birçok bitki, kritik pH değerinin aşılması ile yetişmemektedir (Sağlam, 1977).

Yeraltı sularındaki bikarbonat 400 mg/l miligramdan fazla olmamakla birlikte genelde 10-800 mg/l aralığında bulunmaktadır. Karbonat ve bikarbonat içeriği 300-500 mg/l aralığındaki sular tüketime uygundur (Şahinci, 1991, Yıldırım, 2009).

Dünya Sağlık Örgütü'nün, TS 266'nın ve Sağlık Bakanlığının karbonat ve bikarbonat için belirlediği bir sınır değer yoktur.

İncelenen suların karbonat ve bikarbonat değerleri 113–593 mg/l arasında değişmektedir.

6.1.1.9 Nitrat

Nitrat bir nitrik asit iyon tuzudur. Amonyum okside olarak önce nitrite ve daha fazla okside olarak da nitrata dönüşür. Bunlar tarım için faydalı olsa da içme ve kullanma sularında bulunması sakıncalıdır (Burkut, 2018). Tarım alanları dışında nitrat konsantrasyonu litrede 10 miligramlara çıkabilmektedir (Akkurt, Alıcılar ve Şendil, 2002).

Sularda nitrat kirliliğinin başlıca kaynakları topraktaki organik maddelerin biyolojik olarak çözünmesi ve gübre kullanımı olmakla birlikte evsel ve endüstriyel atıklar ile atmosferdeki gazların asit yağmuru olarak yeryüzüne inmesi de nitrat kirliliğinin sebepleri arasında gösterilebilir. Toprakta oluşan nitratın yüzde 50 ile 70'i arası bitki türleri tarafından kullanılır, yüzde 2 ile 20'si arası buğulaşarak kaybedilir, yüzde 15 ile 20'si topraktaki organiklerle birleşir ve arda kalan yüzde 2 ile 10'luk bölümü ise yağmur suları ile çözünerek yüzey ve yeraltı sularına karışır (Akkurt, Alıcılar ve Şendil, 2002).

Nitrat iyonları doğrudan toksik etki göstermezler. Nitratlar sindirim sistemindeki mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri sonucu zararlı nitrat iyonlarına dönüşürler. Nitratlar hemoglobinle etkileşime girerek kanın oksijen taşıma kapasitesini düşürürler. Bu durum özellikle bebekler için ölümcül sonuçlar doğurabilmektedir (Özdestan ve Üren, 2010).

Dünya Sağlık Teşkilatı içme suyu için nitrat sınır değerini litrede 50 miligram olarak kabul etmiştir. Türkiye'de geçerli olan değer, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği ve yayınladığı yönetmelikle açıkladığı litrede 50 miligram olarak belirlenmiştir.

İncelenen suların nitrat değerleri litrede 0,50–192,7 miligram aralığında tespit edilmiştir. Elde edilen veriler içme suyu için değerlendirildiğinde DSÖ, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'na ait yönetmeliklere göre İ1, İ3, İ4, İ5, İ6, İ12, İ13, İ14, İ15, İ16, İ17 ve İ19 limit değerler üzerinde sonuçlar vermektedir.

6.1.2 Minör İyonlar

6.1.2.1 Alüminyum

Alüminyum, dünyada en çok bulunan elementlerden bir tanesidir. Yerkabuğunda ağırlıkça oksijen ve silisyumdan sonra yüzde 8,2 oran ile en bol bulunan üçüncü elementken, metaller arasında en bol bulunan elementlerdendir (Arık, 2005; Erdoğan-Topçuoğlu, 2022; Kaplan, 2021; Yalçın, 2021; Yıldırım, 2009). Deniz suyundaki

alüminyum oranı 0,013-5 milyonda bir arasında değişirken, akarsularda genellikle 400 milyonda bir civarında bulunur (Lenntech, bt). Yeraltı sularındaki çözünmüş alüminyum daha çok kaoloin, mika, feldspat gibi mineraller ile artmaktadır (Eriksson, 1981).

Yerkabuğunda bu kadar yüksek oranlarda bulunan alüminyum, sularda neredeyse hiç çözünememesinden dolayı çok düşük miktarlarda karşımıza çıkmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). Yeraltı ve yüzey sularında çözünmüş alüminyum oranı genellikle nötre yakın pH değerlerinde 0,001-0,05 mg/l aralığında bulunur. Daha düşük pH değerlerinde bu oran 0,5-0,1 mg/l değerlerine ulaşabilmektedir. Ayrıca asit maden drenajı olan bölgelerden alınan su örneklerinde 90 mg/l oranında çözünmüş alüminyum görülebilmektedir (WHO, 1997).

Dünya Sağlık Teşkilatı içme suyu için alüminyum sınırını litrede 0,2 miligram olarak kabul etmiştir. Türkiye'de geçerli olan değer, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği ve yayınladığı yönetmelikle açıkladığı litrede 0,2 mg olarak belirlenmiştir.

İncelenen suların alüminyum değerleri İ7 numaralı örnek hariç litrede 0,02 miligram değerinden küçük çıkmıştır. İ7 numaralı örnek değeri ise litrede 0,026 miligram olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler içme suyu için değerlendirildiğinde DSÖ, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'na ait yönetmeliklere göre İ7 dışında tüm su örnekleri için limit değerler altındadır.

6.1.2.2 Arsenik

Yer kabuğunda yaygın olarak bulunan arsenik, yaklaşık 200 mineral içerisinde yer almaktadır (Erdoğan-Topçuoğlu, 2022; Öngür, bt). Yer kabuğunda yaklaşık litrede 2 miligram bulunmakla birlikte yoğunluğu 5,78 gr/cm^3 olan bir metaloiddir (Bilici-Başkan ve Pala, 2009; Kır ve Ulusoy, 2017). Denizlerde arsenik oranı yaklaşık 0,0024 mg/l'dir (Stanford, bt). Yüzey ve yeraltı sularında arsenik içeriği litrede 0,001-0,002 miligram aralığındadır. Sülfürlü cevher yatakları ve volkanik kayaların çevresinde bu değer litrede 3 miligram değerlerine ulaşabilmektedir (Erdoğan-Topçuoğlu, 2022; Öngür, bt).

Kükürtle yakın ilişkili arsenik, kükürtlü metalik cevher yataklarında yüksek oranda bulunur (Öngür, bt). Genellikle hidrotermal damarlarda altın, gümüş, bakır, kobalt, nikel ve demir gibi cevherlerle birlikte bulunur (Arık, 2005; Özer, 2005). Bakırlı şeyl ve kumtaşlarında, dolomitik kireçtaşlarında, tuz domlarının anhidritli kısımlarında da gözlenir (Batur, 2020; Maman Hassan, 2021; MTA, bt; Yıldırım, 2009).

Arseniğin türü ve iyon yükü suyun potansiyel hidrojen değeri, indirgenme-yükseltgenme potansiyeli, sülfür, demir ve kalsiyum benzeri iyonlar ve mikrobiyolojik etkinlik ile değişmektedir (Batur, 2020; EPA, 2002; O'Day, 2006). Suda bulunan arsenik türlerinden en çok karşılaşılanı inorganik formları arsenit ve arsenattır (Batur, 2020; Bilici-Başkan ve Pala, 2009). Elektron kaybedilen hallerde arsenat baskın durumdayken, elektron kazanılan durumlarda arsenit baskın duruma gelir. Buna bağlı olarak arsenit daha çok yeraltı sularında bulunurken, arsenat yüzey sularında bulunur (Brookins, 1988; Smedley ve Kinniburg, 2002).

Arsenik genel ortalamada bazalt ve diyabazlarda 2 milyonda bir, gabrolarda 1,4 milyonda bir, nötr kayaçlarda 2,1 milyonda bir, granitlerde 1,5 milyonda bir, kil ve şeylde 13 milyonda bir, kumtaşı ve karbonatlarda 1 milyonda bir, toprak zeminlerde 5-10 milyonda bir, göl tortullarında 15 milyonda bir olarak bulunmaktadır (Şahinci, 1991; Yıldırım, 2009).

Arsenik doğal olarak bulunabildiği gibi antropojenik kaynaklı da bulunabilmektedir. Bunların en önemlileri tarım ilaçları ve madencilik faaliyetleri olmakla birlikte, fosil yakıt kullanımı, deponi alanı sızıntıları, kozmetik, boya, ilaç, deri, cam ve kâğıt üretim tesislerinin atıkları da antropojenik kirlilik olarak gösterilebilir (EPA, 2002; Mandal ve Suzuki, 2002; Moore, 2005).

Dünya Sağlık Teşkilatı içme suyu için arsenik sınırını litrede 0,01 miligram olarak kabul etmiştir. Türkiye'de geçerli olan değer, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği ve yayınladığı yönetmelikle açıkladığı litrede 0,01 miligram olarak belirlenmiştir.

İncelenen suların arsenik değerleri çoğunlukla litrede 0,0005 miligram değerinden küçük olmakla birlikte, en fazla litrede 0,043 miligram değerine ulaşılmıştır. Elde edilen veriler içme suyu için değerlendirildiğinde DSÖ, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'na ait yönetmeliklere göre İ8 örnek numaralı su örneği limit değerler üzerinde sonuçlar vermektedir. Geriye kalan sular limit değerler altında kalmaktadır.

6.1.2.3 Silisyum

Silisyum yer kabuğunda en yaygın bulunan elementlerden bir tanesidir. Yerkabuğunda oksijenden sonra %27,2 oranla en bol bulunan ikinci elementtir (Karapınar, 2022). Metal ve ametal arası metaloid bir elementtir (Eskier, 2017). Deniz suyunda ortalama 6 ppm bulunurken, tatlı sularda ortalama 13 ppm silis içeriği bulunmaktadır (Uygun, 1976).

Silisyumun sudaki çözünürlüğü teorik olarak çok yüksektir. Bu çözünürlüğü etkileyen en önemli etkenler hidrojen potansiyeli ve sıcaklıktır. Çözünürlüğü hidrojen potansiyeli 9 altında çok değişim göstermezken, hidrojen potansiyeli 9 üzerine çıktığında H_4SiO_4'ün iyonlaşması sebebiyle birden artmakta ve pH 11'de 30-50 katına ulaşmaktadır (Uygun, 1976). Silikatların ayrışması ile silisin ortaya çıktığı kabul edildiğinde en önemli mineraller feldspatlar ve volkanik camlardır. Potasyum feldspatın kaolinite dönüşmesi, kaolinitin alüminyum hidroksit minerali olan gibsite (hidrarjilit) dönüşmesi, manyezitin oluşumu, bazaltik cam olan sideromelanın palogonit tüflere dönüşmesi ve bunlardan daha az etkili olarak da zeolit grubu mineralleri olan analsit ve fillipsit oluşumu SiO_2 (silisyum dioksit) açığa çıkarabilir (Uygun, 1976).

Dünya Sağlık Örgütü'nün, TS 266'nın ve Sağlık Bakanlığının silisyum için belirlediği bir sınır değer yoktur.

Örneklenen suların silis içeriği litrede 0,2-18,40 miligram aralığında değerler almaktadır.

6.1.2.4 Bor

Yerkabuğunda en az bulunan elementlerden olan bor, bir yarı metaldir. Yerkabuğundaki bor içeriği ortalama 10 mg/kg olup, yerkürenin elementsel bileşiminin sadece %0.001'ini temsil etmektedir. Sularda genellikle borik asit ve az oranda borat tuzları formlarında bulunmaktadır (Bilici-Başkan ve Atalay, 2014; Hilal, Kim ve Somerfield, 2011; Princi vd., 2016). Yeraltı sularında doğal olarak bulunabilirken, yüzey sularında evsel, endüstriyel ve tarımsal atıkların bir ürünü olarak bulunabilir (Bilici-Başkan ve Atalay, 2014). Okyanus sularında 0.5-9.6 ppm, tatlı sularda 0.01-1.5 ppm bulunurken, sıcaklığın yükselmesi ile boratların çözünürlüğü arttığından jeotermal bağlantılı sularda 3-30 ppm aralığındadır (BAÜN, bt; Batur, 2020; Dündar vd., 1986; Princi vd., 2016; Ünlü, Bilen ve Gürü, 2011). Bütün dünyadaki yeraltı sularının bor içeriği 0.3-100 ppm arasında değişmektedir. Ayrıca kanalizasyon sularının bor içeriğinin 5-100 ppm arasında olduğu tespit edilmiştir (Hilal, Kim ve Somerfield, 2011; Ünlü, Bilen ve Gürü, 2011).

Doğada element halinde bulunmayan bor kalsiyum, sodyum ve magnezyumla oluşturduğu karmaşık bileşiklerin çeşitli formları olarak bulunur (Bilici-Başkan ve Atalay, 2014; Hilal, Kim ve Somerfield, 2011; Maman Hassan, 2021; Princi vd., 2016; Ünlü, Bilen ve Gürü, 2011). Yerkabuğundaki bor içeriği 1-500 mg/kg aralığında değişmektedir (Hilal, Kim ve Somerfield, 2011). Granitik ve magmatik kayaçlar 1-50 ppm bor içerirken, turmalin içerikli granitlerde bu değerin 310 ppm'e kadar çıktığı belirlenmiştir (Dündar vd., 1986). Kumtaşı ve kumlarda 5-70 ppm, çamur ve şeyllerde 25-800 ppm, kireçtaşlarında 2-95 ppm aralığında bor bulunmaktadır (Şahinci, 1991).

Bor elementinin birçok minerali bulunmaktadır. Doğada bilinen 230'dan fazla bor minerali bulunmaktadır. Oksijenle yüksek ilgili ve oksit formlarda oluşan borun en yaygın türü boraks (Tinkal) olmakla birlikte, diğer yaygın türleri kernit, üleksit, propertit, kolomanit, pandernit, boraksit ve hidroboraksittir (BAÜN, bt; Bilici-Başkan ve Atalay, 2014; ETİ, 2019; Ünlü, Bilen ve Gürü, 2011). Bor minerallerinin adlandırılmaları, yapılarında bulunan kalsiyum, magnezyum ve sodyum elementlerine göre belirlenmektedir. Yapısında sodyum bulunanlar boraks, kalsiyum bulunanlar kolemanit ve sodyum-kalsiyum bulunanlar üleksit olarak adlandırılırlar (Bilici-Başkan

ve Atalay). Türkiye, dünyadaki bor yataklarının %73'üne sahiptir (ETİ, 2019; Princi vd., 2016).

Bor canlılar için önemli bir yere sahiptir. Hayvanlar ve insanlar üzerindeki etkileri çok iyi bilinmemekle birlikte toksik etkisi, miktar ve maruz kalınma süresiyle artmaktadır. Bitkilerde ise dar bir aralıkta faydalı olduğu bilinmektedir. Yüksek miktarda bor bitkiler için toksik etki yaratırken düşük miktarlarda ise büyüme gelişmeyi engelleyici etki göstermektedir (Bilici-Başkan ve Atalay; Hilal, Kim ve Somerfield, 2011; Princi vd., 2016; Reid, 2007).

Dünya Sağlık Teşkilatı içme suyu için bor sınırını litrede 2,4 miligram olarak kabul etmiştir. Türkiye'de geçerli olan değer, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği ve yayınladığı yönetmelikle açıkladığı litrede 1 miligram olarak belirlenmiştir.

İncelenen suların bor değerleri litrede 0,062–39,6 miligram arasında değişmektedir. Elde edilen verilere göre İ2, İ4, İ5, İ6, İ7, İ8 ve İ18'in içme suyu için DSÖ'nün belirlediği sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği yönetmeliğe göre de İ1, İ2, İ3 İ4, İ5, İ6, İ7, İ8, İ9, İ10, İ11, İ16, İ17, İ18 limit değerlerin üzerinde sonuçlar vermektedir. Geriye kalan sular (İ12, İ13, İ14, İ15 ve İ19) limit değerler altındadır.

6.1.2.5 Çinko

Çinko, doğada bulunan elementler arasında 23. sıradadır (Maman Hassan, 2021). Doğal sularda çinko içeriği 0,01 mg/l, yeraltı sularında 0,01-0,04 mg/l aralığındadır. Musluk sularında 0,05 mg/l değerlerine ulaşabilmektedir (DSÖ, 2022). Denizlerde birbirinden farklı değerler vermekle birlikte derin denizlerde çinko konsantrasyonu artmaktadır (Neff, 2002).

Çinko daha çok bazik ve ultrabazik kayaçlarda bulunur. Şeyllerde 120 milyonda bir, magmatik kayaçlarda 70 milyonda bir, kireçtaşlarında 20 milyonda bir çinko bulunmaktadır. Özellikle bazalt ve gabrolardaki magnetitler ile granitik kayalardaki biyotitlerde bulunur (Şahinci, 1991). Çinkonun suda çözünürlüğü sıcaklık ve

potansiyel hidrojen ile bağlantılıdır. Suyun potansiyel hidrojeni nötr olduğunda çözünmezken, potansiyel hidrojen değeri 11'in üzerine çıktığında çözünürlük artar (Lenntech, bt). Bu yüzden doğal sularda az miktarda çinko ile karşılaşılmaktadır (Şahinci, 1991).

Çinkonun en önemli mineralleri sfalerit, smitsonit, hemimorfit ve franklinittir. Bu mineraller sulardaki çinko içeriğinin kaynaklarıdır (Lenntech, bt; Turunç, 2021). Ayrıca çinko içeren endüstriyel atık sular, tarım ilaçları ve hayvancılıkta kullanılan büyüme ilaçları, kömür ve kül tozlarının suya karışması sulardaki çinkonun kaynağı olarak gösterilebilir. Yeteri kadar sızıntı önlemi alınmayan deponi alanları da kirlilik kaynağıdır (Batur, 2020; Lenntech, bt; Şahinci, 1991).

Çinko bitki, hayvan ve insanlar için gerekli bir elementtir. Dünyada en yaygın mineral eksikliği çinkodur ve bu eksikliğin bitki ve hayvan yetiştiricileri açısından önemi büyüktür (Durmuş ve Eryavuz, 2012). Çinko eksikliği hem verimi hem de kaliteyi düşürmektedir (Yağmur ve Aydın, 2013). İnsan vücudunda demirden sonra en çok bulunan ikinci iz element olan çinkonun eksikliğinde; fiziksel büyümede gerilik, cinsel gelişimde gerilik, direnç düşüklüğü, yaraların iyileşmesinde gecikme ve duyusal algılarda bozukluk gibi belirtiler gözlenir (Akdeniz, Kınık, Yerlikaya ve Akan, 2016).

İncelenen suların çinko değerleri litrede 0,002–0,092 miligram arasında değişmektedir. Elde edilen verilere göre tüm sular DSÖ'nün önerdiği litrede 3 miligram değeri altındadır. TS 266'da ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği yönetmelikte çinko için bir sınır değer belirlenmemiştir.

6.1.2.6 Brom

Brom doğada yaygın olarak dağılır ancak nispeten düşük oranlardadır. Oda sıcaklığında sıvı halde bulunan tek ametaldir (Ge, Li, Ye ve Liu, 2015). Deniz suyu yaklaşık 65 milyonda bir brom içerirken, iç denizler ve tuzlu su kuyuları yaklaşık 2.500-10.000 milyonda bir arasında brom içerir (Lenntech, bt, Stanford, bt). Jeotermal bağlantılı sularda çok az bulunurken, yüzey sularında endüstriyel atık sebebiyle

bulunabilir (Arık, 2005). Denize kıyısı bulunan sulak alanlardaki su örneklerinde tespit edilen brom içeriği deniz suyu girişiminin bir göstergesidir.

Doğada serbest halde bulunmayan brom; sodyum, potasyum, berilyum ve magnezyum bileşikleri halinde bulunur. Yerkabuğundaki kayalarda 1,6 milyonda bir brom bulunurken, bromürlerin oranı 100 milyonda bir civarındadır. Okyanuslardaki klor miktarı bromun üç katı kadardır (Eskier, bta).

Dünya Sağlık Teşkilatı içme suyu için brom sınırını litrede 0,01 miligram olarak kabul etmiştir. Türkiye'de geçerli olan değer, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği ve yayınladığı yönetmelikle açıkladığı litrede 0,01 miligram olarak belirlenmiştir.

İncelenen suların brom değerleri litrede 0,103–80,76 miligram aralığında tespit edilmiştir. Elde edilen veriler içme suyu için değerlendirildiğinde DSÖ, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'na ait yönetmeliklere göre tüm sular limit değerler üzerindedir.

6.2 Suların Genel Özellikleri

İnciraltı kentsel sulak alanındaki örnekleme çalışmaları 2022 Kasım ayında yapılmıştır. Su kalitesini değerlendirebilmek amacıyla inceleme alanından 14 farklı noktadan kuyu suyu, 3 farklı noktadan dalyanla temaslı dere suyu ve 2 farklı noktadan dalyan suyu olmak üzere 19 farklı noktadan örnekleme yapılmıştır. Suların genel özellikleri yerinde yapılan pH, sıcaklık elektriksel iletkenlik ile kimyasal analiz sonuçlarının hesaplanmasıyla belirlenen doygunluk indeksi, fasiyes, hata yüzdesi ve sertlik değerleriyle açıklanmaya çalışılmıştır (Tablo 6.3).

Tablo 6.3 Suların genel özellikleri

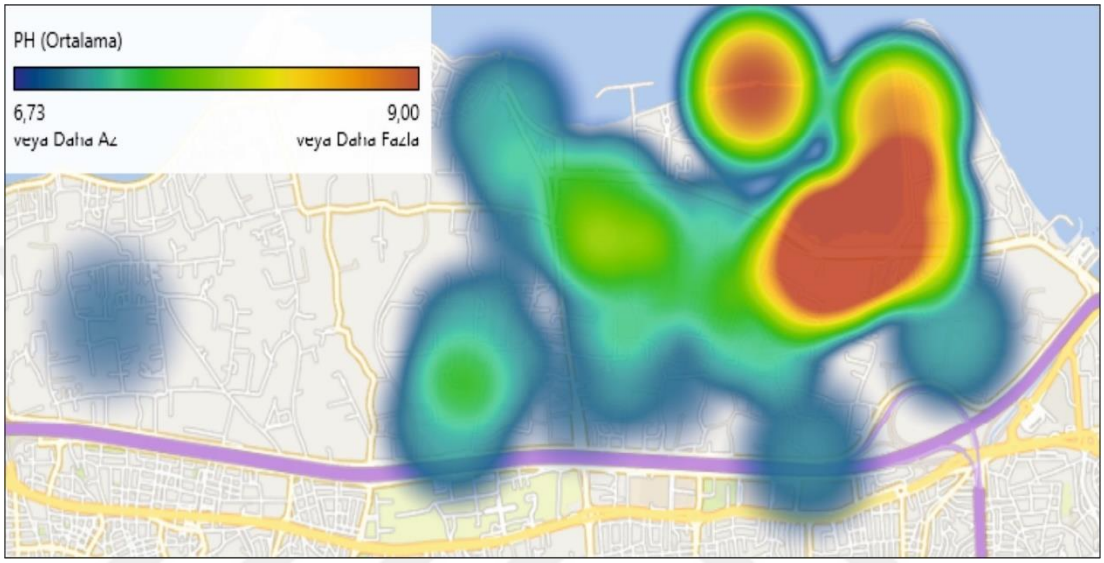
Örnek Numarası	Numune Tipi	EC (µS/cm)	pH	Sıcaklık (°C)	SAR	%Na	PI	Hata Yüzdesi
İ1	Kuyu	2.350	6,92	20,3	2,71	34,16	43,18	5,23
İ2	Kuyu	1.352	7,17	25,5	3,21	45,40	64,41	2,91
İ3	Kuyu	1.292	7,19	24,6	2,86	42,95	61,84	4,68
İ4	Kuyu	1.407	7,01	23,2	3,57	46,62	63,98	6,20
İ5	Kuyu	1.565	7,17	21	3,88	49,68	66,59	5,51
İ6	Kuyu	1.282	7,54	17,9	3,59	52,58	73,72	-0,81
İ7	Dalyan	60.400	9	18,7	59,49	77,88	77,62	-4,75
İ8	Dalyan	59.900	8,72	18,7	64,89	79,64	79,31	6,94
İ9	Dere	60.000	8,79	18,1	70,67	82,31	82,21	-3,28
İ10	Dere	61.700	8,72	16,1	76,39	83,56	83,48	-2,27
İ11	Dere	61.700	8,83	17,8	74,35	83,74	83,69	-3,62
İ12	Kuyu	5.410	7,13	19,4	6,06	45,81	48,52	-2,74
İ13	Kuyu	8.160	6,73	19,9	6,17	39,78	41,51	-4,76
İ14	Kuyu	911	7,03	22,1	1,81	36,00	61,14	-1,70
İ15	Kuyu	1.118	7,37	20,4	1,52	30,13	50,55	3,68
İ16	Kuyu	1.810	7,3	19	3,69	49,23	63,06	5,92
İ17	Kuyu	1.319	7,21	19,4	2,89	45,51	62,70	5,42
İ18	Kuyu	1.230	6,98	19,2	6,88	74,83	95,21	3,44
İ19	Kuyu	992	6,95	26,3	1,87	35,22	60,78	-1,04

6.2.1 Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)

Su kalitesi için en önemli parametrelerden biri olan pH, suyun asitlik-bazlık karakterini tespit etmek için kullanılır. Sudaki hidrojen iyon derişimi hidroksit iyon derişiminden fazla ise sular asidik, az ise baziktir. Suların potansiyel hidrojen değeri 0-14 aralığında bulunur (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). Suların pH değeri 7'den büyükse 'Bazik', 7'den küçükse 'Asidik' ve 7'ye eşit ise 'Nötr' olarak adlandırılır (EW, 2022; Ölmez ve Saraç, 2009).

Dünya sağlık örgütü pH için bir klavuz değer önermemiştir (WHO, 2022). Türkiye'de içme suyu için geçerli olan değerin, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği ve yayınladığı yönetmeliğe göre potansiyel hidrojen değerinin 6,5 ile 9,5 arasında bulunması gerekmektedir.

Çalışma sahasında örneklerde ölçülen pH değerleri 6,73-9,0 aralığında ölçülmüş ve ortalaması 6,92 olarak bulunmuştur. Dalyan ve dalyan bağlantılı dere sularında pH değerleri 8,72-9,0 aralığında ölçülmüş ve ortalaması 8,81 olarak bulunmuştur. Kuyu sularındaki pH değerleri 6,73-7,54 aralığında ölçülmüş ve ortalaması 7,12 olarak bulunmuştur (Şekil 6.2).

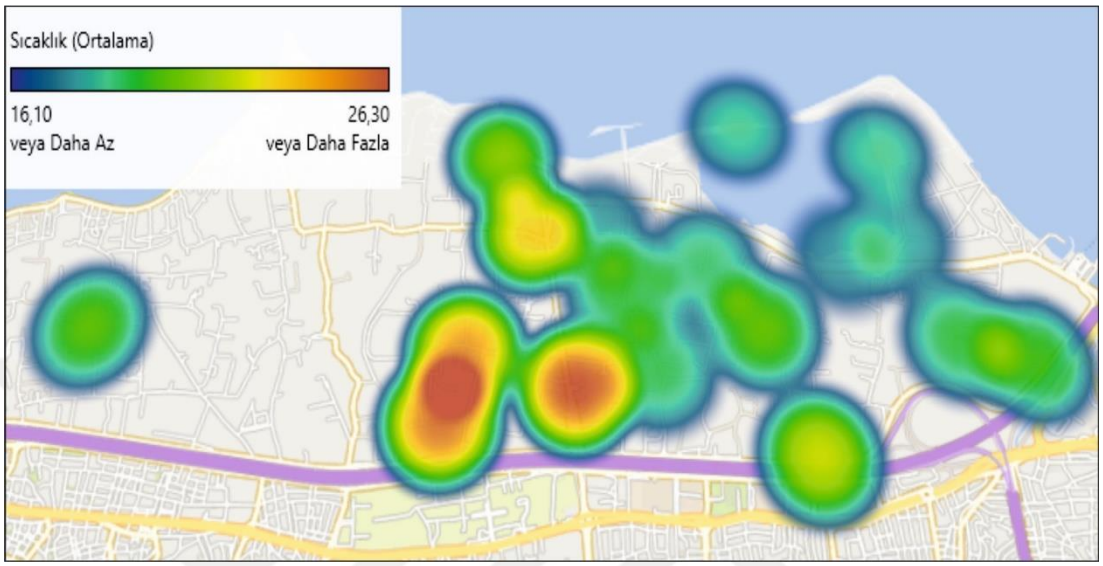


Şekil 6.2 PH haritası

6.2.2 Sıcaklık

Enlem, yükseklik, yeraltı su seviyesi ve aktif volkanizma suların sıcaklığında etkindir (Şahinci, 1991). Sıcaklık; suların yoğunluğu, basıncı, tuzluluğu gibi fiziksel özelliklerini etkilerken, gazların ve tuzların çözünüp suya karışmasıyla da su kimyasında etkin rol oynar. Gazların sulardaki çözünürlüğü sıcaklıkla ters orantılıdır. Örneğin deniz seviyesinde 0°C'de suda çözünmüş oksijen miktarı 14,6 mg/l olurken, 22°C'de 8,9 mg/l olmaktadır. Sıcak havalarda karbondioksit azalırken, buna ters orantılı olarak pH yükselmektedir. Soğuk havalarda ise tam tersi durum söz konusudur. Dolayısıyla sıcaklığın suların kimyasal özellikleri üzerinde etkisi olduğu söylenebilir (Kadak ve Aras, 2017).

Çalışma sahasında örneklerde ölçülen sıcaklık değerleri 16,1-26,3°C aralığında değişmektedir. Çalışma sahasındaki suların ölçülen sıcaklıkları şekil 6.3'deki yoğunluk haritasında gösterilmiştir.



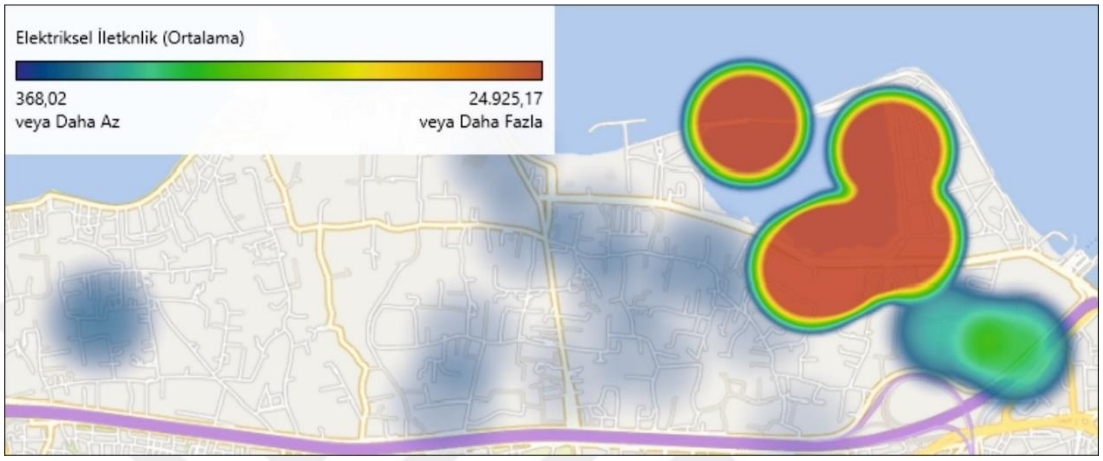
Şekil 6.3 Sıcaklık haritası

6.2.3 Elektriksel İletkenlik (EC)

İletkenlik, elektrik akımının sudan geçme yeteneğinin bir ölçüsüdür. (EPA, bta). 25°C sıcaklıkta 1 cm^3 suyun iletkenliği olarak sayısallaştırılmıştır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). Sudaki hidrojen ve hidroksit iyonlarından dolayı çok az bir iletkenlik vardır ve bu iletkenlik ölçeğin başlangıcı olarak kabul edilir. Arı su iletkenliği yaklaşık santimetrede 0.055 µS'dir (Toros, bt). İyon miktarı, derişim, değerlik ve sıcaklık elektriksel iletkenlik değeri üzerinde etkilidir. İyon miktarı ve sıcaklık arttıkça iletkenlik de artar. İçme sularında elde edilen yüksek elektriksel iletkenlik değerleri, sudaki kirliliğin ya da tuzlu su girişiminin bir göstergesidir (Gözlü, 2022).

Çalışma sahasında örneklerde ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri 911-61.700 µS/cm aralıda değişmektedir. Dalyan ve dalyan bağlantılı dere sularında elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 59.900-61.700 µS/cm aralığında ölçülmüş ve ortalaması 60.740 µS/cm olarak bulunmuştur. Dalyana yakın İ12 ve İ13 kuyu sularındaki elektriksel iletkenlik değerleri 5.410 ve 8.160 µS/cm ölçülmüştür. Geriye kalan kuyu

sularında 911-2.350 µS/cm ölçülmüş ve ortalaması 1.385 µS/cm olarak bulunmuştur. Bu verilere dayanarak İ12 ve İ13 kuyu sularına deniz suyu girişimi olduğu söylenebilir. Çalışma sahasındaki suların ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri şekil 6.4'deki yoğunluk haritasında gösterilmiştir.



Şekil 6.4 Elektriksel iletkenlik haritası

6.2.4 Doygunluk İndeksi (SI)

Doygunluk indeksi, suların temas halinde oldukları kayaçlardan çözdükleri minerallerin, çözünme ve çökelme süreçlerinin değerlendirilmesinde kullanılır. Doygunluk indeksi yorumlanırken, suların farklı minerallere doygunluğu incelenir (Şahinci, 1991).

Doygunluk indeksi hesaplanarak sularda hangi mineralin çözünme, hangi mineralin çökme ve hangi mineralin denge durumunda olduğu belirlenebilir. Bu çalışmada, log (Q/K) ile ifade edilen doygunluk indeksi (SI) değeri hesaplamak için Phreeqci programı kullanılmıştır. Elde edilen SI değerleri tablo 6.4'de verilmiştir. SI değerleri;

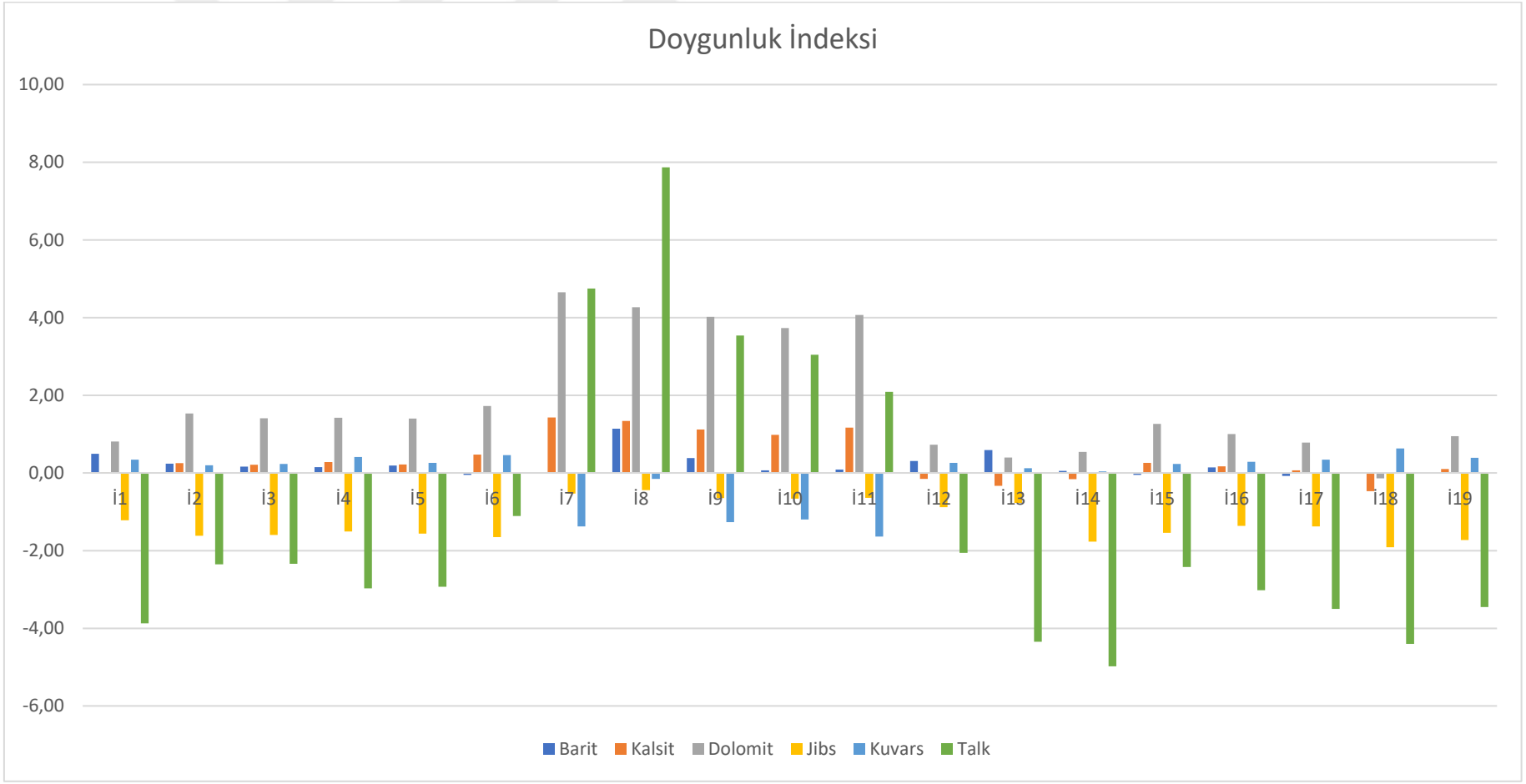
SI > 0 ; su minerale aşırı doygundur yani çöktürücü özelliktedir,
SI < 0 ; suda mineral açığı vardır yani eritici özelliktedir,
SI = 0 ; su ile mineral dengededir yani doygundur

şeklinde yorumlanır (Balaban vd., 2016).

Tablo 6.4 Mineral doygunluk indeksleri

Örnek Numarası	Barit	Kalsit	Dolomit	Jibs	Kuvars	Talk
İ1	0,49	0,01	0,81	-1,22	0,34	-3,87
İ2	0,24	0,25	1,53	-1,62	0,20	-2,35
İ3	0,16	0,21	1,41	-1,60	0,23	-2,34
İ4	0,15	0,28	1,42	-1,51	0,41	-2,97
İ5	0,19	0,22	1,40	-1,56	0,26	-2,93
İ6	-0,05	0,47	1,72	-1,65	0,46	-1,11
İ7	-0,01	1,43	4,65	-0,53	-1,38	4,75
İ8	1,14	1,34	4,27	-0,44	-0,15	7,87
İ9	0,38	1,12	4,02	-0,65	-1,27	3,54
İ10	0,07	0,98	3,73	-0,66	-1,20	3,04
İ11	0,09	1,17	4,07	-0,64	-1,64	2,09
İ12	0,31	-0,15	0,73	-0,88	0,26	-2,06
İ13	0,59	-0,33	0,40	-0,77	0,12	-4,35
İ14	0,05	-0,16	0,54	-1,77	0,04	-4,98
İ15	-0,05	0,26	1,26	-1,54	0,23	-2,42
İ16	0,14	0,17	1,00	-1,36	0,29	-3,02
İ17	-0,08	0,07	0,78	-1,38	0,34	-3,50
İ18	TE	-0,47	-0,14	-1,91	0,63	-4,40
İ19	TE	0,10	0,95	-1,73	0,39	-3,45

Şekil 6.5'de sahada ölçülen pH ve sıcaklık verilerine göre hesaplanan mineral doygunluk indeksleri grafik yardımıyla gösterilmiştir.



Şekil 6.5 Mineral doygunluk indekslerinin grafiksel gösterimi

Suların barit, kalsit, dolomit, jibs, kuvars ve talk doygunluk indeksi değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlere göre İ6, İ7, İ15 ve İ17 örnek numaralı sular barit mineralini çözücü özellikte, diğer sular doygun haldedir. İ12, İ13, İ14 ve İ18 kalsit mineralini çözücü özellikte, diğer sular doygun haldedir. İ18 hariç diğer sular dolomit mineraline doygun haldedir. Örneklenen tüm sular jibs mineralini çözücü özelliktedir. Kuvars minerali için dalyan (İ7 ve İ8) ve dalyan bağlantılı sular (İ9, İ10 ve İ11) hariç tüm sular doygundur. Talk minerali için ise dalyan (İ7 ve İ8) ve dalyan bağlantılı sular (İ9, İ10 ve İ11) doygun haldeyken, geriye kalan sular çözücü özelliktedir.

6.2.5 Suların Fasiyes Tipi

Suların fasiyes tipini belirlerken sulardaki iyonların yüzdelik değerleri kullanılır. Bu çalışmada suların fasiyes tipleri Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) su sınıflaması, Jäckli su sınıflaması ve Back su sınıflaması yöntemlerine göre belirlenmiş ve tablo 6.5'de gösterilmiştir.

Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (AIH)'ne göre su sınıflaması yapılırken katyonların ve anyonların ayrı ayrı meq/l değerleri hesaplanır. Çıkan sonuçlardan %20'den büyük olanlar, önce katyonlar sonra anyonlar olmak üzere yan yana yazılarak su tipi belirlenir (Başkan ve Canik, 1983).

Jäckli'ye göre su sınıflaması yapılırken katyonların ve anyonların ayrı ayrı meq/l değerleri hesaplanır. Çıkan sonuçlardan %50'den büyük olanlar altı çizili olarak, %50-%20 arasında çıkan sonuçlarda değişiklik yapılmadan, %20-%10 arasında çıkan sonuçlarda parantez içinde yazılır. Eğer değer %10'dan küçükse sınıflandırmada kullanılmaz (Jäckli, 1970).

Back'e göre su sınıflaması yapılırken katyonların ve anyonların ayrı ayrı meq/l değerleri hesaplanır. Çıkan sonuçlardan %50'den büyük olanlar yan yana yazılarak su tipi belirlenir. Eğer %50'den büyük değer yoksa su tipi 'karışık su tipi' olarak yazılır (Back, 1966).

Tablo 6.5 Suların fasiyes tipine göre sınıflandırılması

Örnek Numarası	Su tipi (AIH)	Su tipi (Jäckli, 1970)	Su tipi (Back,1966)
i1	Ca-Na-Cl	Ca-Na-(Mg)-Cl-HCO3-(SO4)	Cl
İ2	Na-Ca-Mg-HCO3-Cl	Ca-Na-Mg-Cl-HCO3-(SO4)	Karışık Su Tipi
i3	Na-Ca-Mg-HCO3-Cl	Ca-Na-Mg-Cl-HCO3-(SO4)	Karışık Su Tipi
i4	Na-Ca-HCO3	Ca-Na-(Mg)-(Cl)-HCO3-(SO4)-(Si)	HCO3
i5	Na-Ca-HCO3-Cl	Ca-Na-(Mg)-Cl-HCO3-(SO4)	Karışık Su Tipi
i6	Na-Ca-HCO3	Ca-Na-(Mg)-(Cl)-HCO3-(SO4)-(Si)	Karışık Su Tipi
i7	Na-Cl	Na-(Mg)-Cl	Na-Cl
i8	Na-Cl	Na-(Mg)-Cl-(SO4)	Na-Cl
i9	Na-Cl	Na-(Mg)-Cl	Na-Cl
i10	Na-Cl	Na-(Mg)-Cl	Na-Cl
i11	Na-Cl	Na-(Mg)-Cl-(SO4)	Na-Cl
i12	Na-Ca-Mg-Cl	Ca-Na-Mg-Cl-(SO4)	Cl
i13	Na-Ca-Mg-Cl	Ca-Na-Mg-Cl-(SO4)	Cl
i14	Ca-Na-Mg-HCO3-Cl	Ca-Na-Mg-Cl-HCO3-(SO4)	Karışık Su Tipi
i15	Ca-Na-HCO3-Cl	Ca-Na-(Mg)-Cl-HCO3-(SO4)-(NO3)	Ca
i16	Na-Ca-Cl-HCO3	Ca-Na-(Mg)-Cl-HCO3-(SO4)-(NO3)	Karışık Su Tipi
i17	Na-Ca-HCO3-SO4	Ca-Na-(Mg)-(Cl)-HCO3-SO4-(NO3)	Karışık Su Tipi
i18	Na-HCO3-Cl	(Ca)-Na-Cl-HCO3-(SO4)-(Si)	Na
i19	Ca-Na-HCO3	Ca-Na-(Mg)-(Cl)-HCO3-(SO4)-(Si)	HCO3

6.2.6 Sertlik

Sularda sertlik, toprak alkali metaller ve demir ile ilgilidir (Oruç, 1972). Demir, manganez, bakır, baryum, kurşun, çinko, stronsiyum ve diğer nadir elementler doğal sularda daha az miktarda bulunduklarından, sertlik daha çok kalsiyum ve magnezyum iyonlarından meydana gelir (Gökçelik, 1963).

Sularda sertlik, toprak ve kayadaki toprak alkalisi minerallerin suda çözünmesi ve endüstriyel atıkların sudaki karbondioksidi arttırarak, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının suya geçmesine dolaylı yoldan etki etmesiyle ortaya çıkabilir (Oruç, 1972; Yalçın, 2021). Kalsiyum ve magnezyum karbonat (kireçtaşı ve dolomit)'ın sudaki erime kapasitesi çok düşüktür. Karbondioksit ve asit içeren sular, karbonat minerallerini kolaylıkla çözebildiğinden dolayı, bunların mevcudiyeti durumunda karbonatlar bikarbonatlara dönüşürler (Oruç, 1972).

Su sertliği, üç farklı gruba ayrılır. Bunlar ‘Geçici Sertlik’, ‘Kalıcı Sertlik’ ve ‘Toplam Sertlik’dir. Kalsiyum ve magnezyum bikarbonat bileşiklerinin suda çözünmesiyle oluşan sertliğe geçici sertlik veya bikarbonat sertliği denir. Bunun dışında kalan ve daha çok sülfat olmak üzere, sülfat ve klor anyonlarına bağlı kalsiyum ve magnezyum katyonları ile ilgili olan sertliğe kalıcı sertlik veya sülfat sertliği denir. Kalıcı sertlik suların özellikle jibs içeren tuz yataklarından geçmesi sonucu oluşur. Geçici sertlik suyun kaynatılması ile giderilebilirken kalıcı sertlik giderilemez. Geçici sertlik ve kalıcı sertlik toplanarak toplam sertlik bulunur (Gökçelik, 1963; Hounslow, 1995; Oruç, 1972).

Suların sertliğini sınıflandırmada birbirine oranlı farklı derecelendirmeler kullanılmaktadır. 1 miligram kalsiyum karbonata eşdeğer kalsiyum ve magnezyum iyonunu 100 mililitrede bulunduran suların sertliği 1 Fransız sertlik derecesi olarak tanımlanır. Toplam Fransız sertliği sudaki kalsiyum ve magnezyum iyonlarının meq/l cinsinden toplamının 5 katı alınarak bulunur. Alman sertliği, Fransız sertliğinin 0,56 katı iken, İngiliz sertliğinin 1,43 katıdır (Kaplan, 2021; Oruç, 1972; Şahinci, 1991).

Türkiye’de sulardaki sertlik derecelendirmesinde yaygın olarak Fransız sertliği kullanılmaktadır. Fransız sertliğine göre sınıflamanın yapıldığı Tablo 6.6’da görüleceği üzere; İ18 ‘Az Sert’ İ6 ve İ14 ‘Oldukça Sert’ İ2, İ3, İ4, İ5, İ15, İ16, İ17 ve İ19 ‘Sert’ İ1, İ7, İ8, İ9, İ10, İ11, İ12 ve İ13 ‘Çok Sert’ su sınıfına girmektedir.

Tablo 6.6 Suların Fransız sertlik sınıflaması (Şahinci, 1991)

Değer Aralıkları	Suyun Sınıfı	Örnek Numaraları
0 - 7,2	*Çok Yumuşak*	
7,2 - 14,5	*Yumuşak*	
14,5 - 21,5	*Az Sert*	İ18
21,5 - 32,5	*Oldukça Sert*	İ6, İ14
32,5 - 54	*Sert*	İ2, İ3, İ4, İ5, İ15, İ16, İ17, İ19
> 54	*Çok Sert*	İ1, İ7, İ8, İ9, İ10, İ11, İ12, İ13

6.3 Suların Sınıflandırılması

Suların sınıflandırılması sulama suyu ve içme suyu sınıflaması olarak iki başlık altında toplanmıştır.

6.3.1 Sulama Suyu Sınıflaması

6.3.1.1 Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

Sodyum, tarımsal faaliyetlerde verim düşüklüğüne yol açtığı için istenmemektedir. Sulamada sodyumca zengin sular kullanıldığında, sodyum topraktaki kalsiyumla yer değiştirerek geçirimliliği azaltır ve böylelikle toprağın hava almasını engeller. Sulama suyu için yapılan sınıflandırmalarda sodyumun ana ölçüt olması bu nedenledir. Sulama suyu sınıflandırılmalarında kullanılan SAR değeri hesaplanırken;

$$\mathrm{SAR} = \frac{\mathrm{rNa}}{\sqrt{(\mathrm{rCa} + \mathrm{rMg})/2}} \tag{6.1}$$

formülü kullanılır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973; Richards, 1954; Şahinci, 1991).

Bu formülden elde edilen SAR değerlerine göre inceleme alanından örneklenen suların sınıflandırılması tablo 6.7'de verilmiştir. SAR değerlerine göre sulama suyu sınıflaması yapıldığında, örneklenen yeraltı sularının tamamı 'Çok İyi' niteliktedir.

Tablo 6.7 Su örneklerinin SAR sınıflaması (Richards, 1954)

Sodyum Adsorbsiyon Oranı	**Sulama Suyu Niteliği**	**Kuyu Numaraları**
< 10	Çok İyi	İ1, İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ12, İ13, İ14, İ15, İ16, İ17, İ18, İ19
10 - 18	İyi	
18 - 26	Orta	
> 26	Kötü	İ7, İ8, İ9, İ10, İ11

6.3.1.2 Sodyum İyon Yüzdesi (%Na)

Bitki gelişimi için olumsuz özellik gösteren sodyum içeriği yüksek sular, topraktaki kalsiyum ve magnezyumla yer değiştirerek toprağın geçirgenliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Sulama suyu sınıflandırılmalarında kullanılan %Na değeri hesaplanırken;

$$\%\mathrm{Na} = \frac{\mathrm{rNa} + \mathrm{rK}}{\mathrm{rCa} + \mathrm{rMg} + \mathrm{rNa} + \mathrm{rK}} \times 100 \tag{6.2}$$

formülü kullanılır.

Bu formülden elde edilen %Na değerlerine göre inceleme alanından örneklenen suların sınıflandırılması tablo 6.8'de verilmiştir. %Na değerlerine göre, örneklenen sulardan İ1, İ13, İ14, İ15, İ19 'İyi'; İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ12, İ16, İ17 'İzin Verilebilir'; İ7, İ8, İ9, İ10, İ11, İ18 'Şüpheli' nitelikte sulama suyu sınıfına girmektedirler.

Tablo 6.8 Su örneklerinin %Na sınıflaması (Wilcox, 1955)

Sodyum İyon Yüzdesi	Sulama Suyu Niteliği	Kuyu Numaraları
0 - 20	Çok İyi	
20 - 40	İyi	İ1, İ13, İ14, İ15, İ19
40 - 60	İzin Verilebilir	İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ12, İ16, İ17
60 - 80	Şüpheli	İ7, İ8, İ18
80 -100	Kullanılamaz	İ9, İ10, İ11

6.3.1.3 Permeabilite (Geçirimlilik) İndeksi (PI)

Permeabilete İndeksi, sulama sularının sınıflandırılmasında bir kriterdir. Sulama sularının kimyasal özelliklerinin toprağa etkisinin belirlenmesinde kullanılır. Sulama suyu sınıflandırılmalarında kullanılan %PI değeri hesaplanırken;

$$\%\mathrm{PI} = \left[\frac{\left(\mathrm{rNa} + \sqrt{r\mathrm{HCO_3}}\right)}{(\mathrm{rCa} + \mathrm{rMg} + \mathrm{rNa})}\right] \times 100 \qquad (6.3)$$

formülü kullanılır (Doneen, 1964).

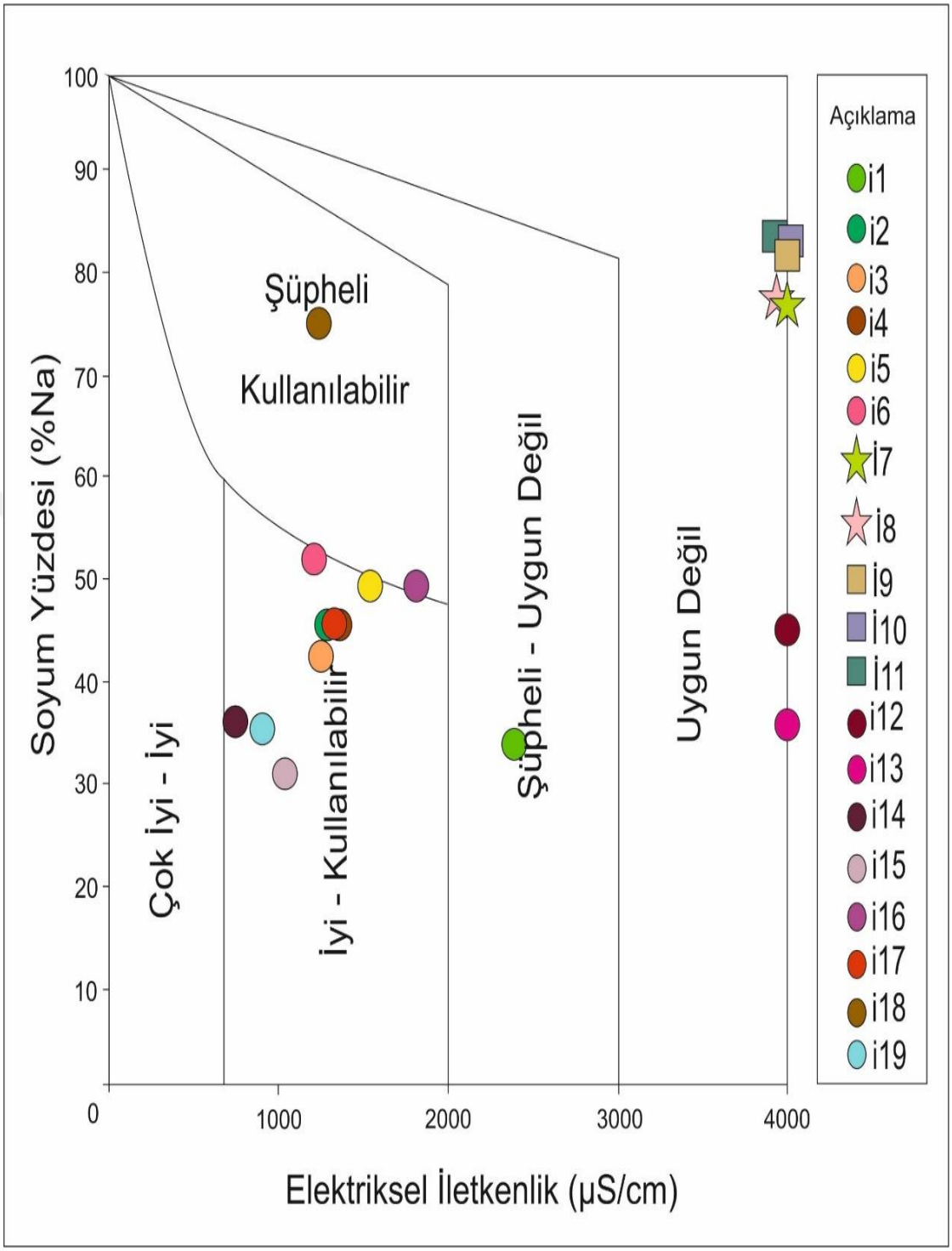
Bu formülden elde edilen %PI değerlerine göre inceleme alanından örneklenen suların sınıflandırılması tablo 6.9'da verilmiştir. %PI değerlerine göre, örneklenen sulardan İ1, İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ12, İ13, İ14, İ15, İ16, İ17, İ19 'II. Sınıf' sulama suyu sınıfına girerken İ7, İ8, İ9, İ10, İ11, İ18 'III. Sınıf' sulama suyu sınıfına girmektedirler.

Tablo 6.9 Su örneklerinin permeabilite indeksine göre sınıflandırılması (Doneen, 1964)

Permeabilite İndeksi	Sulama Suyu Niteliği	Kuyu Numaraları
>%75	III. Sınıf	İ7, İ8, İ9, İ10, İ11, İ18
%25 - %75	II. Sınıf	İ1, İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ12, İ13, İ14, İ15, İ16, İ17, İ19
<%25	I. Sınıf	

6.3.1.4 Wilcox Diyagramı

Suların sulama sınıflaması yapılırken en yaygın kullanılan sınıflamalardan bir tanesi Wilcox diyagramıdır. Diyagram kullanılırken elde edilen kimyasal analiz sonuçları ile hesaplanan %Na oranı ve sahada yapılan ölçümlerden elde edilen elektriksel iletkenlik (EC) değerleri kullanılmıştır (Şekil 6.6). Diyagramın düşey ekseninde %Na değerleri, yatay eksenine EC değerleri yer almaktadır.



Şekil 6.6 Örneklenen suların Wilcox diyagramında sınıflandırılması

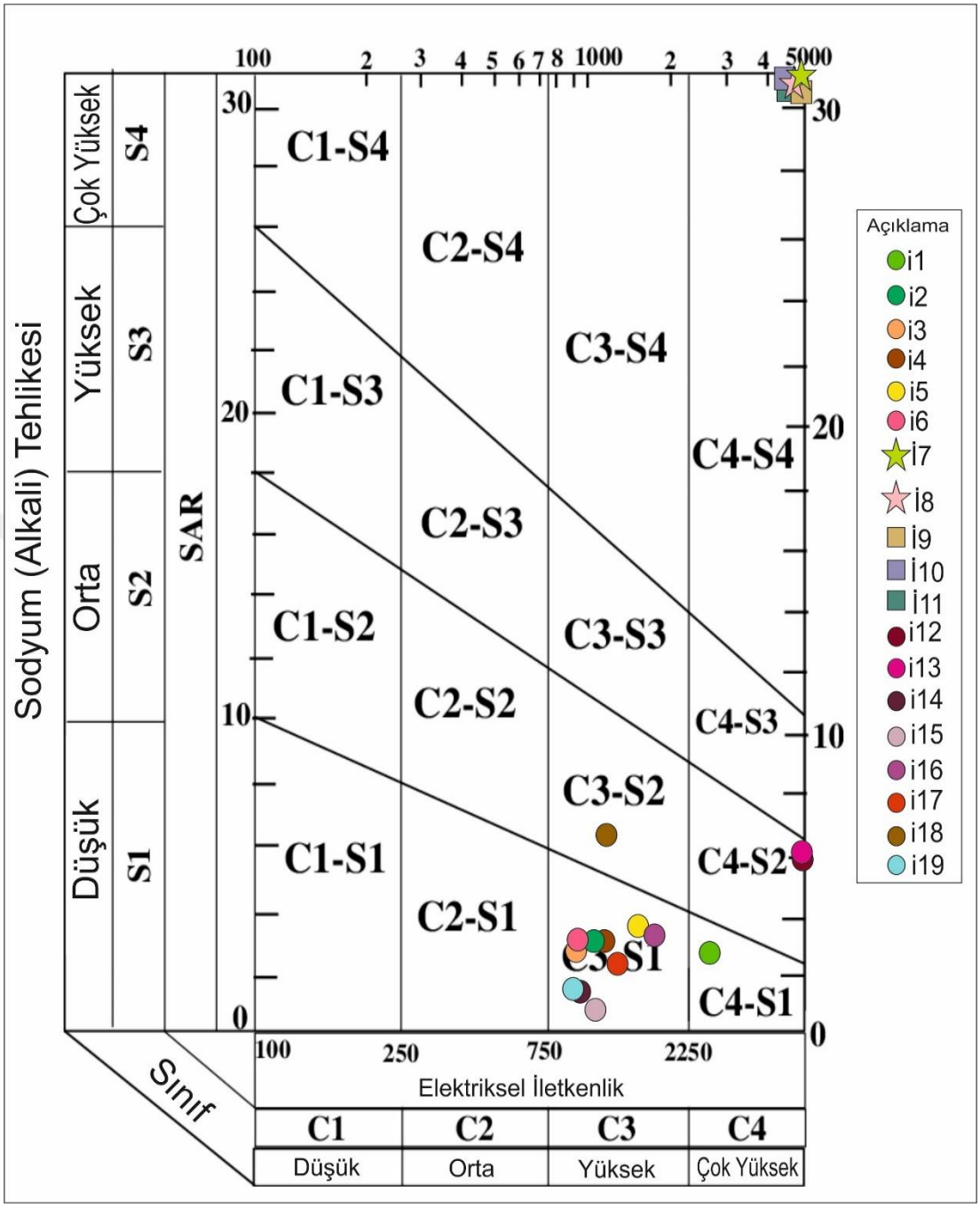
Diyagram suları 5 başlıkta kategorize etmiştir. Bunlar; 'İyi-Çok İyi', 'Kullanılabilir-İyi', 'Uygun Değil-Şüpheli', 'Uygun Değil' ve 'Şüpheli-Kullanılabilir' şeklindedir.

Wilcox diyagramına göre sulama suyu sınıflaması yapıldığında, dalyan (İ7 ve İ8), dalyan bağlantılı dere suları (İ9, İ10 ve İ11) ve lagün ile Hacıahmet deresi arasında kalan yeraltı suyu örnekleri (İ12 ve İ13) 'Uygun Değil', İ1 örnek numaralı kuyu suyu 'Şüpheli-Uygun Değil', İ16 ve İ18 örnek numaralı kuyu suları 'Şüpheli-Kullanılabilir' İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ14, İ15, İ17 ve İ19 örnek numaralı kuyu suları 'İyi-Kullanılabilir' sınıftadır.

6.3.1.5 ABD Tuzluluk Diyagramı

Suların sulama sınıflaması yapılırken en yaygın kullanılan sınıflamalardan olan ABD Tuzluluk diyagramı, elde edilen kimyasal analiz sonuçları ile hesaplanan sodyum adsorbsiyon değeri (SAR) ve sahada yapılan ölçümlerden elde edilen elektriksel iletkenlik (EC) değerleri kullanılarak çizilmiştir (Şekil 6.7). Diyagramın düşey ekseninde SAR değerleri, yatay eksenine EC değerleri yer almaktadır. Diyagram, suları tuzluluk ve sodyum tehlikesine göre 16 sınıfa ayırmıştır (Richards, 1954).

Sulama suyu sınıflaması ABD Tuzluluk Diyagramı'na göre yapıldığında dalyan (İ7 ve İ8) ve dalyan bağlantılı dere suları (İ9, İ10 ve İ11) C4-S4 (Aşırı tuzlu ve aşırı sodyumlu); Hacıahmet deresi ile dalyan arasında kalan iki kuyu suyu (İ12 ve İ13) C4-S2 (Çok yüksek tuzlu ve orta derece sodyumlu), İ1 örnek numaralı kuyu suyu C4-S1 (Çok yüksek tuzlu ve az sodyumlu), İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ14, İ15,İ16, İ17 ve İ19 örnek numaralı kuyu suları C3-S1 (yüksek tuzlu ve az sodyumlu) ve İ18 örnek numaralı kuyu suyu C3-S2 (Yüksek tuzlu ve orta derece sodyumlu) su sınıfına girmektedir.



Şekil 6.7 Örneklenen suların ABD Tuzluluk diyagramında sınıflandırılması (Richards, 1954)

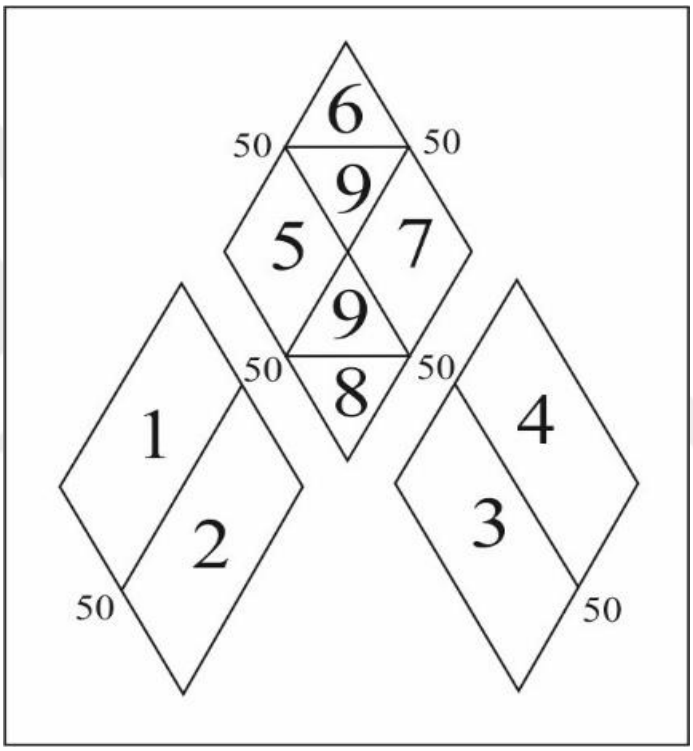
6.3.2 İçme Suyu Sınıflaması

6.3.2.1 Piper Üçgen Diyagramı

Piper Üçgen Diyagramı, sulardaki baskın iyonların birlikte gösterilebildiği ve suların kökenlerinin benzerlik ve farklılıklarının karşılaştırılabildiği bir diyagramdır.

Bu özelliklerinden ötürü fasiyes belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır (Filiz, Tarcan ve Gemici, 1999).

Diyagram anyon ve katyonların ayrı ayrı gösterildiği ve suların fasiyesinin belirlenmesinde kullanılan iki farklı üçgenden ve tüm iyonların izdüşümü ile oluşan ve suların karşılaştırılıp sınıflandırılmasında kullanılan bir eşkenar dörtgenden oluşmaktadır. Diyagramda kullanılan değerler % meq/l'dir (Filiz, Tarcan ve Gemici, 1999). Diyagram 9 farklı bölüme ayrılmıştır (şekil 6.8).



Şekil 6.8 Piper diyagramı bölümleri (Piper, 1944)

Diyagram bölümlerinin açıklaması ve İnceleme alanında örneklenen suların piper üçgen diyagramına göre sınıflandırılması aşağıdaki gibidir (Piper, 1944) (Şekil 6.9) (Tablo 6.10).

1. Bölüm: Toprak alkali elementler (Ca+Mg), alkali elementlerden (Na+K) fazladır. Bunlar karbonatlı ve sülfatlı sulardır. İncelenen sulardan bu alana denk gelenler; İ1, İ2, İ3, İ4, İ5, İ12, İ13, İ14, İ15, İ16, İ17 ve İ19'dur.

2. Bölüm: Alkali elementler (Na+K), toprak alkali elementlerden (Ca+Mg) fazladır. Bunlar tuzlu ve sodalı sulardır. İncelenen sulardan bu alana denk gelenler; İ6, İ7, İ8, İ9, İ10, İ11 ve İ18'dir.

3. Bölüm: Zayıf asit kökleri (CO3+ HCO3), güçlü asit köklerinden (Cl+SO4) fazladır. İncelenen sulardan bu alana denk gelenler; İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ14, İ18 ve İ19'dur.

4. Bölüm: Güçlü asit kökleri (Cl+SO4), zayıf asit köklerinden (CO3+HCO3) fazladır. İncelenen sulardan bu alana denk gelenler; İ1, İ7, İ8, İ9, İ10, İ11, İ12, İ13, İ15, İ16 ve İ17'dir.

5. Bölüm: Karbonat sertliği %50'den fazladır. Bunlar kalsiyum karbonatlı ve magnezyum karbonatlı sulardır. İncelenen sulardan bu alana denk gelenler; İ2, İ3, İ4, İ5, İ14 ve İ19'dur.

6. Bölüm: Karbonat olmayan sertlik %50'den fazladır. Bunlar kalsiyum sülfatlı ve magnezyum sülfatlı sulardır. İncelenen sulardan bu alana denk gelenler; İ12 ve İ13'dür.

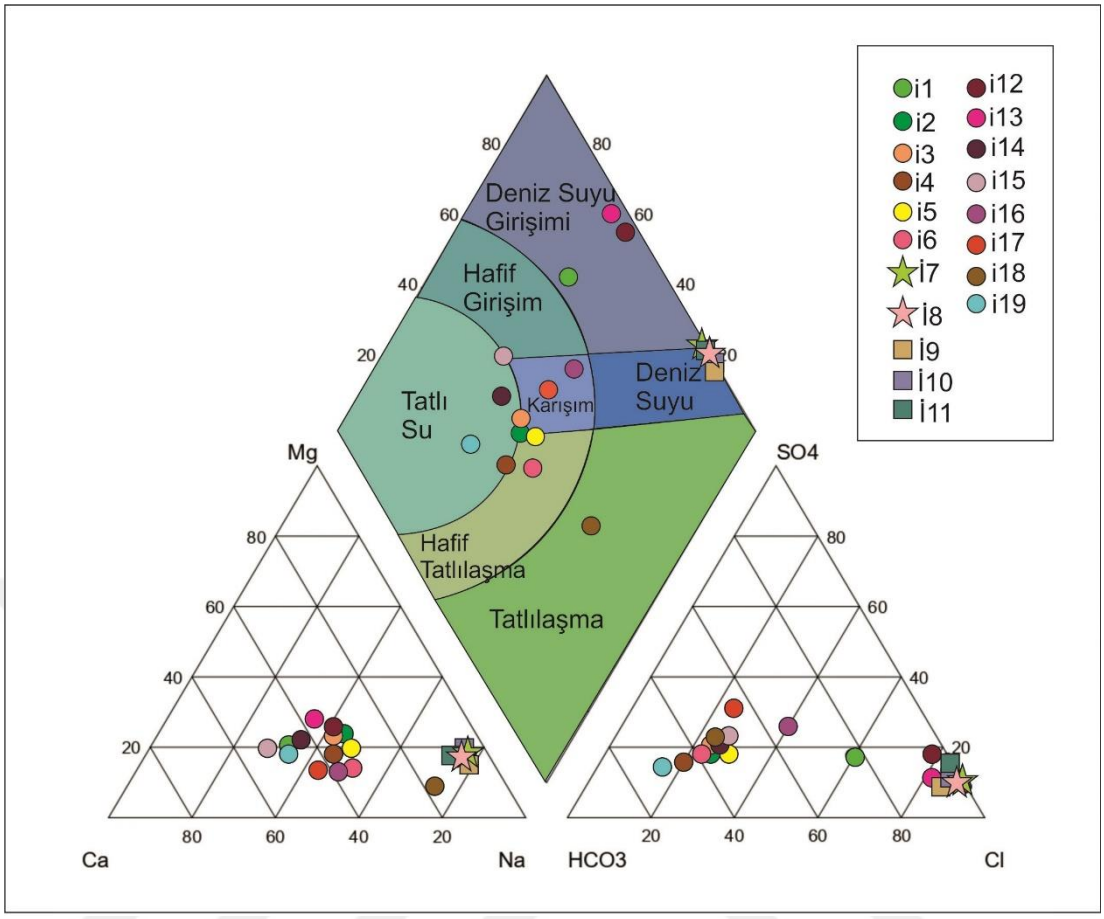
7. Bölüm: Karbonatlı olmayan alkaliler %50'den fazladır. Bunlar sodyum klorür, sodyum sülfat ve potasyum klorürlü sulardır. Deniz suları ve acı sular bu alanda yer alır. İncelenen sulardan bu alana denk gelenler; İ7, İ8, İ9, İ10 ve İ11'dir.

8. Bölüm: Karbonatlı alkaliler %50'den fazladır. Bunlar sodyum karbonat ve potasyum karbonatlı sulardır. Nadir bulunan yumuşak sular bu bölümde bulunur. İncelenen sulardan bu alana denk gelen olmamıştır.

9. Bölüm: İyonların hiçbirinin %50'yi geçemediği bölümdür. Bunlar karışık sulardır. İncelenen sulardan bu alana denk gelenler; İ1, İ6, İ15, İ16, İ17 ve İ18'dir.

Tablo 6.10 Örneklenen suların Piper üçgen diyagramına göre sınıflandırılması

Örnek Numarası	Piper Sınıflaması
İ1	Ca+Mg'un Na+K'dan fazla olduğu ve Cl+SO4'ün CO3+HCO3'dan fazla olduğu karışık su
İ2	Ca+Mg'un Na+K'dan fazla olduğu ve CO3+ HCO3'ün Cl+SO4'den fazla olduğu CaCO3 ve MgCO3'lı su
İ3	Ca+Mg'un Na+K'dan fazla olduğu ve CO3+ HCO3'ün Cl+SO4'den fazla olduğu CaCO3 ve MgCO3'lı su
İ4	Ca+Mg'un Na+K'dan fazla olduğu ve CO3+ HCO3'ün Cl+SO4'den fazla olduğu CaCO3 ve MgCO3'lı su
İ5	Ca+Mg'un Na+K'dan fazla olduğu ve CO3+ HCO3'ün Cl+SO4'den fazla olduğu CaCO3 ve MgCO3'lı su
İ6	Na+K'nın Ca+Mg'den fazla olduğu ve CO3+ HCO3'ün Cl+SO4'den fazla olduğu karışık su
İ7	Na+K'nın Ca+Mg'den fazla olduğu ve Cl+SO4'ün CO3+HCO3'dan fazla olduğu NaCl, NaSO4 ve KCI'lü su
İ8	Na+K'nın Ca+Mg'den fazla olduğu ve Cl+SO4'ün CO3+HCO3'dan fazla olduğu NaCl, NaSO4 ve KCI'lü su
İ9	Na+K'nın Ca+Mg'den fazla olduğu ve Cl+SO4'ün CO3+HCO3'dan fazla olduğu NaCl, NaSO4 ve KCI'lü su
İ10	Na+K'nın Ca+Mg'den fazla olduğu ve Cl+SO4'ün CO3+HCO3'dan fazla olduğu NaCl, NaSO4 ve KCI'lü su
İ11	Na+K'nın Ca+Mg'den fazla olduğu ve Cl+SO4'ün CO3+HCO3'dan fazla olduğu NaCl, NaSO4 ve KCI'lü su
İ12	Ca+Mg'un Na+K'dan fazla olduğu ve Cl+SO4'ün CO3+HCO3'dan fazla olduğu CaSO4 ve MgSO4'lı su
İ13	Ca+Mg'un Na+K'dan fazla olduğu ve Cl+SO4'ün CO3+HCO3'dan fazla olduğu CaSO4 ve MgSO4'lı su
İ14	Ca+Mg'un Na+K'dan fazla olduğu ve CO3+ HCO3'ün Cl+SO4'den fazla olduğu CaCO3 ve MgCO3'lı su
İ15	Ca+Mg'un Na+K'dan fazla olduğu ve Cl+SO4'ün CO3+HCO3'dan fazla olduğu karışık su
İ16	Ca+Mg'un Na+K'dan fazla olduğu ve Cl+SO4'ün CO3+HCO3'dan fazla olduğu karışık su
İ17	Ca+Mg'un Na+K'dan fazla olduğu ve Cl+SO4'ün CO3+HCO3'dan fazla olduğu karışık su
İ18	Na+K'nın Ca+Mg'den fazla olduğu ve CO3+ HCO3'ün Cl+SO4'den fazla olduğu karışık su
İ19	Ca+Mg'un Na+K'dan fazla olduğu ve CO3+ HCO3'ün Cl+SO4'den fazla olduğu CaCO3 ve MgCO3'lı su



Şekil 6.9 Örneklenen suların Piper üçgen diyagramındaki gösterimi

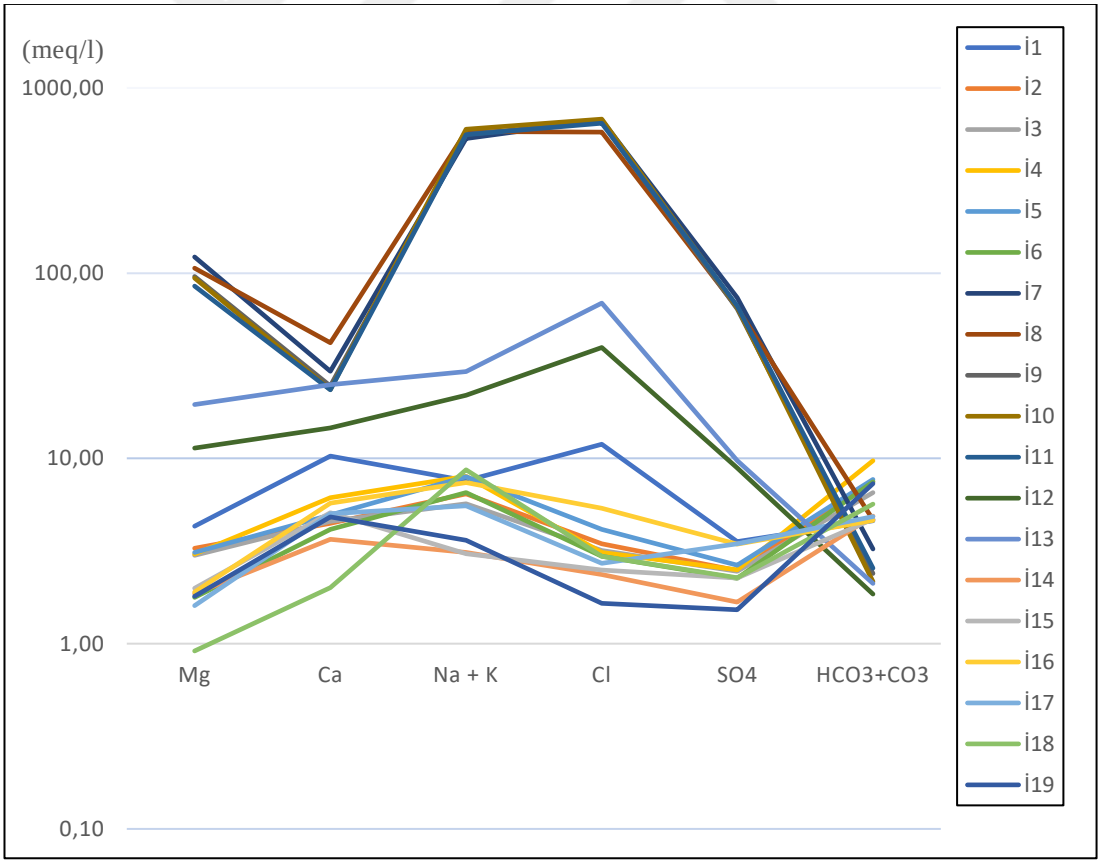
6.3.2.2 Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramı

Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramı da tıpkı Piper Üçgen Diyagramı gibi sulardaki baskın iyonların birlikte gösterilebildiği ve suların kökenlerinin benzerlik ve farklılıklarının karşılaştırılabildiği bir diyagramdır. Diyagram benzer kökenli ve beslenim alanı aynı veya farklı olan suları ayırt etmede kullanışlıdır. Bu özelliklerinden ötürü fasiyes belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır (Filiz, Tarcan ve Gemici, 1999).

Diyagramın düşey ekseninde logaritmik, yatay ekseninde aritmetik değerler kullanılır. Suların majör anyon ve katyon değerleri meq/l cinsinden düşey eksende işaretlenir. Kullanılan anyon ve katyonlar sırasıyla kalsiyum, magnezyum, sodyum+potasyum, klor, sülfat, karbonat+bikarbonat şeklinde sıralanır (Gözlü, 2022; Uçar, 2022). Logaritmik diyagramın yüzde (%) değerlerin kullanıldığı diyagramlardan

farkı, kökenleri ve jeokimyasal özellikleri farklı olan suların bir arada bulunamamasıdır (Şahinci, 1986). Yarı logaritmik diyagramda birbiri ile benzer kökenli veya beslenme alanı aynı olan sular, birbirine paralel ya da benzer pikler çizerler. Bu da görsel olarak suların benzerliklerinin anlaşılmasını kolaylaştırır (Erdoğan-Topçuoğlu, 2022; Filiz, Tarcan ve Gemici, 1999; Uçar, 2022).

Çalışma alanında örneklenen suların Scholler yarı logaritmik diyagramına göre değerlendirilmesi sonucu dalyan (İ7 ve İ8) ve dalyan bağlantılı dere suları (İ9, İ10 ve İ11) kendi aralarında, lagünle ve Hacıahmet deresi arasında bulunan iki yeraltı suyu (İ12 ve İ13) kendi aralarında ve geriye kalan yeraltı sularının (İ1, İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ14, İ15, İ16, İ17, İ18 ve İ19) iyonlarını birleştiren çizgiler kendi aralarında benzerlik gösterdiğinden, bu suların kaynaklarının benzer litolojiye sahip olduğu açıklaması yapılabilir (Şekil 6.10).



Şekil 6.10 Örneklenen suların Schoeller yarı logaritmik diyagramındaki gösterimi

6.3.2.3 Suların Schoeller (1955)'e Göre Sınıflandırılması

Schoeller sınıflama yaparken, suların Cl, SO_4 ve CO_3-HCO_3 içeriklerini dikkate almıştır (Batur, 2020; Erdoğan-Topçuoğlu, 2022). Bu sınıflandırmada kullanılan değerler tablo 6.11'de ve inceleme alanında örneklenen suların sınıflaması tablo 6.12'da gösterilmiştir.

Tablo 6.11 Schoeller su sınıflaması (Schoeller, 1955)

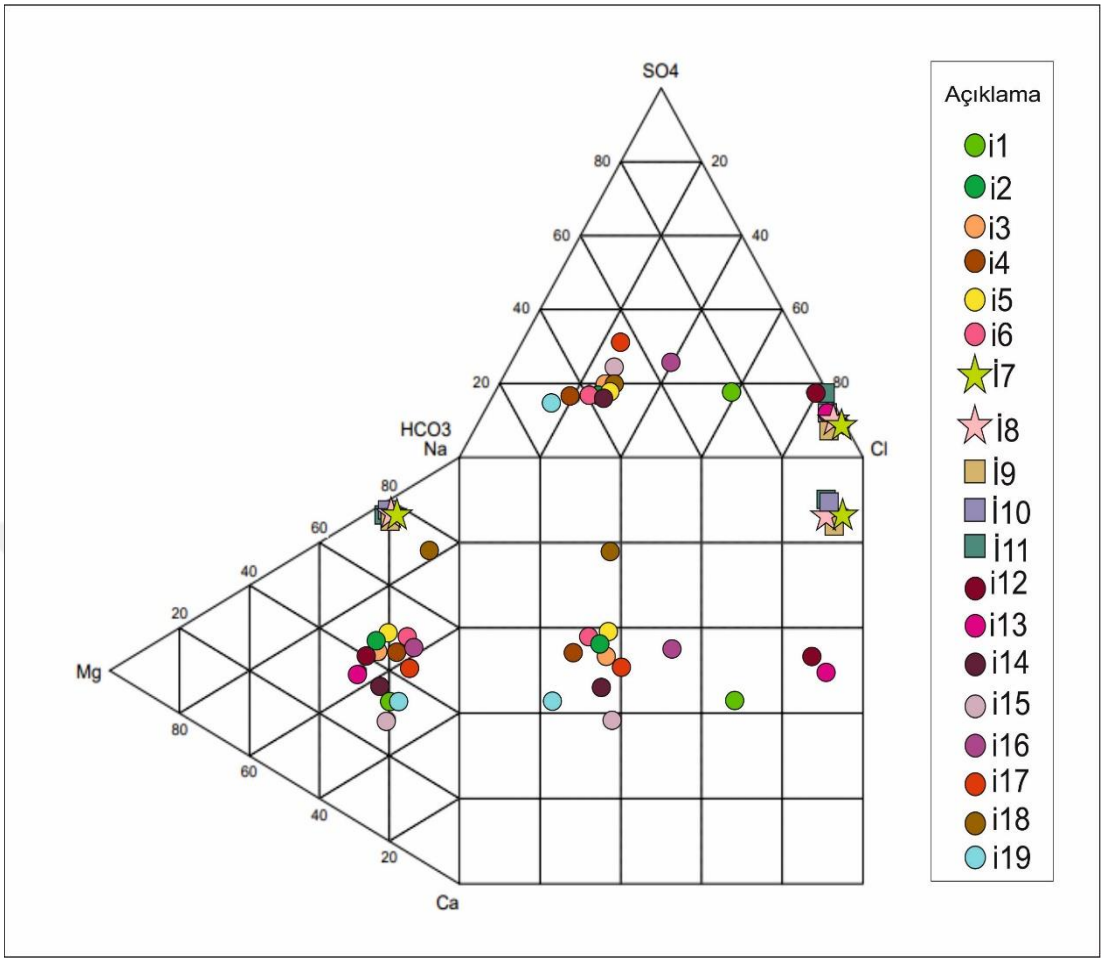
	Sınıflandırma	**Klorür (meq/l)**
KLORÜR SINIFLAMASI	Hiperklorürlü Sular	> 700
	Klorotalasik Sular	420 - 700
	Klorürce Zengin Sular	140 - 420
	Orta Klorürlü Sular	40 - 140
	Oligoklorürlü Sular	15 - 40
	Olağan Klorürlü Sular	< 15
SÜLFAT SINIFLAMASI	**Sınıflandırma**	**Sülfat (meq/l)**
	Hiposülfatlı Sular	> 58
	Sülfatlı Sular	24 - 58
	Oligosülfatlı Sular	6 - 24
	Olağan Sülfatlı Sular	< 6
KARBONAT-BİKARBONAT SINIFLAMASI	**Sınıflandırma**	**Karbonat-Bikarbonat (meq/l)**
	Hiperkarbonatlı Sular	> 7
	Olağan Karbonatlı Sular	2 - 7
	Hipokarbonatlı Sular	< 2

Tablo 6.12 Örneklenen suların Schoeller'e göre sınıflaması

Örnek Numarası	Klorür Sınıflaması	Sülfat Sınıflaması	Karbonat-Bikarbonat Sınıflaması
İ1	Olağan Klorürlü Sular	Olağan Sülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ2	Olağan Klorürlü Sular	Olağan Sülfatlı Sular	Hiperkarbonatlı Sular
İ3	Olağan Klorürlü Sular	Olağan Sülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ4	Olağan Klorürlü Sular	Olağan Sülfatlı Sular	Hiperkarbonatlı Sular
İ5	Olağan Klorürlü Sular	Olağan Sülfatlı Sular	Hiperkarbonatlı Sular
İ6	Olağan Klorürlü Sular	Olağan Sülfatlı Sular	Hiperkarbonatlı Sular
İ7	Klorotalasik Sular	Hiposülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ8	Klorotalasik Sular	Hiposülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ9	Klorotalasik Sular	Hiposülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ10	Klorotalasik Sular	Hiposülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ11	Klorotalasik Sular	Hiposülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ12	Oligoklorürlü Sular	Oligosülfatlı Sular	Hipokarbonatlı Sular
İ13	Orta Klorürlü Sular	Oligosülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ14	Olağan Klorürlü Sular	Olağan Sülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ15	Olağan Klorürlü Sular	Olağan Sülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ16	Olağan Klorürlü Sular	Olağan Sülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ17	Olağan Klorürlü Sular	Olağan Sülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ18	Olağan Klorürlü Sular	Olağan Sülfatlı Sular	Olağan Karbonatlı Sular
İ19	Olağan Klorürlü Sular	Olağan Sülfatlı Sular	Hiperkarbonatlı Sular

6.3.2.4 Durov Diyagramı

Durov diyagramı, suların fasiyesinin belirlenmesinde kullanılırken aynı zamanda suların kalitesinin anlaşılmasını sağlayabilecek veriler de içerir. Diyagram majör anyon ve katyonların meq/l değerlerinin kullanıldığı iki üçgenden ve bu verilerinin tümünün kesiştiği bir dörtgenden faydalanır. Diyagram pH ve toplam çözünmüş madde (TDS) verileriyle genişletilebilir (Ananthimalinia, Senthamilselvib ve Manikandanc, 2019). Çalışma sahasından alınan su örneklerinin kimyasal verilerine göre oluşturulan Durov diyagramı şekil 6.11'de gösterilmiştir. Benzer hidrojeokimyasal özellik gösteren sular birbirine yakın alanlarda toplanmışlardır.



Şekil 6.11 Örneklenen suların Durov diyagramında gösterilmesi

Durov Diyagramı'na göre sular incelendiğinde; dalyan (İ7 ve İ8) ve dalyan bağlantılı dere sularının (İ9, İ10 ve İ11) klor ve sodyum içerikleri diğer sulara göre en yüksek seviyededir. Lagün ve Hacıahmet deresi arasında kalan iki yeraltı suyunun (İ12 ile İ13) sodyum içerikleri geriye kalan yeraltı suları ile aynı seviyedeyken klor içeriği dalyan ve bağlantılı sularla yaklaşık aynı seviyededir. İ1 örnek numaralı kuyu suyunun sodyum değeri diğer kuyu suları ile aynı seviyedeyken klor içeriği İ12 ve İ13'den az olmakla birlikte diğer kuyulardan belirgin seviyede yüksektir. İ18 örnek numaralı kuyu suyu düşük klor içeriğine sahip olmasına rağmen dalyan ve dalyan bağlantılı dere sularından sonra en yüksek sodyum değerine sahiptir. Geriye kalan İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ14, İ15, İ17 ve İ19 örnek numaralı kuyu suları diyagramda bir arada bulunduğundan benzer özelliktedirler.

6.4 Yeraltı Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Parametreleri Açısından İstatiksel Olarak Değerlendirmesi

İnceleme alanından örneklenen suların istatiksel olarak değerlendirilmesi amacıyla Kolerasyon Analizi, Temel Bileşen Analizi ve Hiyerarşik Kümeleme Analizi uygulanmıştır.

6.4.1 Kolerasyon Analizi

Suyun bileşenleri arasındaki ilişkinin tespit edilmesi birçok hidrojeokimyasal problemlerin çözümünde yardımcı olabilmektedir. Bunun tespiti için kullanılabilecek yöntem, bileşenler arasındaki doğrusallık ilişkisinin kolerasyon matrisi ile belirlenmesidir. Kolerasyon değeri -1 ile +1 değerleri arasında değişmektedir. Değer negatif ise ters orantı, pozitif ise doğru orantı olduğunun göstergesidir. Değer sıfırdan uzaklaştıkça ilişkinin güçlendiği söylenebilir (Tarcan, 2002). Değerin 0,7'den yüksek olması kuvvetli kolerasyon, değerin 0,5 ve 0,7 aralığında olması ise orta derece kolerasyon şeklinde açıklanır (Maman Hassan, 2021).

İnceleme alanındaki suların hesaplanan kolersayon matrisi değerleri tablo 6.13'de gösterilmiştir. Değerler incelendiğinde pH'ın EC, Na, K, Ca, Mg, Cl, SO_4 ve Br ile kuvvetli pozitif kolerasyon; B, Li ve P ile pozitif zayıf kolerasyon; Si ile kuvvetli negatif kolerasyon; HCO_3, NO_3 ve Zn ile negatif zayıf kolerasyon gösterdiği görülmektedir. EC'nin Na, K, Ca, Mg, Cl, SO_4 ve Br ile kuvvetli pozitif kolerasyon; B, Li ve P ile pozitif zayıf kolerasyon; NO_3 ve Si ile kuvvetli negatif kolerasyon; HCO_3 ve Zn ile negatif zayıf kolerasyon gösterdiği görülmektedir. Na-K (0,95), Na-Ca (0,85), Na-Mg (0,98), Na-Cl (1,00), Na-SO_4 (0,99), Na-Br (1,00), K-Ca (0,90), K-Mg (0,97), K-Cl (0,94), K-SO_4 (0,95), K-Br (0,95), Ca-Mg (0,89), Ca-Cl (0,84), Ca-SO_4 (0,86), Ca-Br (0,86), Mg-Cl (0,99), Mg-SO_4 (0,99), Mg-Br (0,99), Cl-SO_4 (1,00), Cl-Br (1,00), HCO_3-Si (0,70), SO_4-Br (1,00), B-Li (0,84), B-P (0,98) ve Li-P (0,76) aralarında kuvvetli pozitif kolerasyon; K-B (0,65), K-P (0,67), Ca-B (0,60) ve Ca-P (0,64) aralarında orta derece pozitif kolerasyon; Na-B (0,43), Na-P (0,46), K-Li (0,36), Ca-Li (0,25), Ca-Zn (0,23), Mg-B (0,44), Mg-Li (0,14), Mg-P (0,47), Cl-B (0,36), Cl-Li (0,07), Cl-P (0,39), HCO_3-B (0,03), HCO_3-Li (0,40), HCO_3-NO_3 (0,07), SO_4-B

(0,40), SO_4-Li (0,10), SO_4-P (0,43), B-Br (0,40), B-Zn (0,17), Br-Li (0,10), Br-P (0,43), Li-Si (0,36), Li-Zn (0,09), NO_3-Si (0,36), NO_3-Zn (0,47), P-Zn (0,15), Si-Zn (0,13) aralarında pozitif zayıf kolerasyon göstermektedir. Na-NO_3 (-0,71), Na-Si (-0,77), Mg-Si (-0,77), Cl-NO_3 (-0,70), Cl-Si (-0,79), SO_4-Si (-0,79), Br-NO_3 (-0,70) ve Br-Si (-0,79) aralarında kuvvetli negatif kolerasyon; Na-HCO_3 (-0,55), K-NO_3 (-0,69), K-Si (-0,67), Ca-HCO_3 (-0,62), Ca-Si (-0,69), Mg-HCO_3 (-0,56), Mg-NO_3 (-0,69), Cl-HCO_3 (-0,58), HCO_3-SO_4 (-0,58), HCO_3-Br (-0,57) ve SO_4-NO_3 (-0,69) aralarında orta derece nagatif kolerasyon; Na-Zn (-0,17), K-HCO_3 (-0,45), K-Zn (-0,08), Ca-NO_3 (-0,45), Mg-Zn (-0,09), Cl-Zn (-0,16), HCO_3-P (-0,07), HCO_3-Zn (-0,22), SO_4-Zn (-0,13), B-NO_3 (-0,34), B-Si (-0,09), Br-Zn (-0,14), Li-NO_3 (-0,30), NO_3-P (-0,35) ve P-Si (-0,17) aralarında negatif zayıf kolerasyon göstermektedir.

İnceleme alanındaki sularda Tablo 6.13'de görüleceği üzere sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, klor, sülfat ve brom iyonları birbirine paralel şekilde artarken birbirleri arasında güçlü doğrusal bir bağ bulunmaktadır. Tüm bu bileşenlerle karbonat-bikarbonat, nitrat ve silis iyonları arasında kuvvetli negatif kolerasyon ilişkisi bulunmaktadır. Na-Cl iyonları arasındaki yüksek kolerasyon değeri yeraltı suyuna tuzlu su girişimi olduğunu göstermektedir.

Tablo 6.13 Suların majör iyonlarının kolerasyon katsayıları

	pH	*EC (µS/cm)*	*Na (mg/l)*	*K (mg/l)*	*Ca (mg/l)*	*Mg (mg/l)*	*Cl (mg/l)*	*HCO_3 + CO_3 (mg/l)*	*SO_4 (mg/l)*	*B (mg/l)*	*Br (mg/l)*	*Li (mg/l)*	*NO_3 (mg/l)*	*P (mg/l)*	*Si (mg/l)*	*Zn (mg/l)*
pH	1,00															
EC (µS/cm)	0,96	1,00														
Na (mg/l)	0,97	1,00	1,00													
K (mg/l)	0,93	0,95	0,95	1,00												
Ca (mg/l)	0,76	0,86	0,85	0,90	1,00											
Mg (mg/l)	0,95	0,99	0,98	0,97	0,89	1,00										
Cl (mg/l)	0,96	1,00	1,00	0,94	0,84	0,99	1,00									
HCO3 + CO3 (mg/l)	-0,48	-0,57	-0,55	-0,45	-0,62	-0,56	-0,58	1,00								
SO4 (mg/l)	0,97	1,00	0,99	0,95	0,86	0,99	1,00	-0,58	1,00							
B (mg/l)	0,39	0,41	0,43	0,65	0,60	0,44	0,36	0,03	0,40	1,00						
Br (mg/l)	0,97	1,00	1,00	0,95	0,86	0,99	1,00	-0,57	1,00	0,40	1,00					
Li (mg/l)	0,10	0,11	0,13	0,36	0,25	0,14	0,07	0,40	0,10	0,84	0,10	1,00				
NO3 (mg/l)	-0,69	-0,70	-0,71	-0,69	-0,45	-0,69	-0,70	0,07	-0,69	-0,34	-0,70	-0,30	1,00			
P (mg/l)	0,41	0,44	0,46	0,67	0,64	0,47	0,39	-0,07	0,43	0,98	0,43	0,76	-0,35	1,00		
Si (mg/l)	-0,77	-0,79	-0,77	-0,67	-0,69	-0,77	-0,79	0,70	-0,79	-0,09	-0,79	0,36	0,36	-0,17	1,00	
Zn (mg/l)	-0,26	-0,14	-0,17	-0,08	0,23	-0,09	-0,16	-0,22	-0,13	0,17	-0,14	0,09	0,47	0,15	0,13	1,00

6.4.2 Temel Bileşen Analizi (TBA)

Temel bileşen analizi, birbiriyle ilişkili çok sayıda değişkenin anlamlı olacak şekilde en az sayıda birbirinden bağımsız gruplara ayıran istatiksel bir yöntemdir (Çakır, 1994; Kleinbaum vd, 1998). Bu yöntemle değişkenler arasındaki en yüksek varyansları açıklayan bileşen grupları oluşturulmaktadır (Kurt, 2012). Analizin amacı ilk veri setinden ayrı yeni ve düşük sayıda veri içeren veri setleri oluşturmaktır. Bu sayede ilk veri setindeki farklılıklar en az veri ile açıklanabilir (Kar ve Leblebici, 2020).

Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) katsayısı ve Barlett Testi (Küresellik Testi) veri setinin temel bileşen analizine (TBA) uygun olup olmadığının belirlenmesinde kullanılır. KMO testinden 0,5 ve üzeri değer alınması testin uygunluğunun göstergesidir. KMO değerin 0,5'den küçükse 'uygun değil', 0,5 ile 0,7 arası ise 'uygun', 0,7 ile 0,9 arası ise 'oldukça uygun', 0,9'dan büyükse 'mükemmel' olarak değerlendirilir (Kellekci ve Berköz, 2006). Barlett testinde 'kolerasyon matrisi, birim matristir' hipotezinin reddedilmesi gerekmektedir. Eğer sıfır hipotezi reddedilirse veri setindeki değişkenler arasında yüksek kolerasyon olduğu yani TBA için uygun olduğu söylenebilir (Maman Hassan, 2021).

Çalışma sahasından örneklenen suların fiziksel ve kimyasal ölçüm sonuçlarına uygulanan KMO ve Küresellik testi çıktıları tablo 6.14'de gösterilmiştir.

Tablo 6.14 KMO ve Barlett Testi sonuçları

Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) katsayısı		0,563
Barlett Testi	Ki Kare	819,572
	Sd	120
	P	0,000

Tablo incelendiğinde KMO testinin sonucu 0,563, Barlett testinin önemlilik değeri 0 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değerlere göre değişkenlerin Temel Bileşen Analizi'ne uygun olduğu görülmüştür.

Örneklenen sulara TBA uygulandığında elde edilen başlangıç öz değerleri ve toplam varyans değerleri tablo 6.15'de gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde özdeğerleri 1'den büyük olan 3 faktör bulunmuştur. Bu faktörler varyansların tamamının %93,574'ünü temsil etmektedir. 1. faktör toplam varyansın %65,928'ini, 2. Faktör %17,465'ini, 3. Faktör %10,181'ini temsil etmektedir.

Tablo 6.15 Başlangıç öz değerleri ve toplam varyans değerleri

Faktörler	Başlangıç Öz Değerleri		
	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)
1	10,549	65,928	65,928
2	2,794	17,465	83,393
3	1,629	10,181	93,574
4	,432	2,698	96,272
5	,251	1,572	97,844
6	,178	1,111	98,955
7	,082	,511	99,466
8	,042	,260	99,726
9	,028	,173	99,898
10	,011	,070	99,969
11	,003	,019	99,987
12	,002	,010	99,997
13	,000	,003	100,000
14	2,890E-05	,000	100,000
15	8,630E-06	5,394E-05	100,000
16	1,599E-06	9,992E-06	100,000

Çalışma sahasının döndürülmüş bileşen matrisi tablo 6.16'da verilmiştir. Tablo incelendiğinde 1. Faktör pH, EC, Na, K, Ca, Mg, Cl, SO_4 ve Br pozitif yönde güçlü, B ve P pozitif yönde orta derecede temsil edilmektedir. 1. Faktördeki Na, K, Cl, SO_4, Mg ve K bileşenleri yeraltı suyuna tuzlu su girişiminin bir göstergesidir. Bu sebepten ötürü bu faktör tuzluluk faktörü şeklinde adlandırılırken bu faktöre dahil olan suların tuzlu sular olduğu varsayılmıştır. Bu faktörü en fazla etkileyen sular İ7, İ8, İ9, İ10 ve İ11 örnek numaralı sulardır.

2. faktörde HCO_3, B, Li, P, Si pozitif yönde güçlü, K, Ca ve Zn pozitif yönde zayıf temsil edilmektedir. HCO_3'ün pozitif yönde temsil edildiği tek faktör olan bu faktörün tatlı suları temsil eden faktör olduğu düşünülmektedir. Bu faktörde pH, EC, Na, Mg,

Cl, SO_4, Br ve NO_3 negatif yönde zayıf temsil edilmektedir. Bu faktörü en fazla etkileyen sular İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ18 ve İ19 örnek numaralı sulardır.

3. faktörde NO_3 ve Zn pozitif yönde güçlü, Ca, Mg, B ve P pozitif yönde zayıf temsil edilmektedir. Bu değişkenlerin ağırlıklı olarak kirliliği temsil etmesi sebebiyle bu faktörün kirli suları temsil ettiği düşünülmektedir. Bu faktörü en fazla etkileyen sular İ16 ve İ17 örnek numaralı sulardır.

Tablo 6.16 Döndürülmüş temel bileşen matrisi

Değişkenler	Bileşenler		
	1	2	3
pH	0,954	-0,109	-0,157
EC (µS/cm)	0,989	-0,105	-0,033
Na (mg/l)	0,988	-0,082	-0,063
K (mg/l)	0,981	0,174	-0,005
Ca (mg/l)	0,899	0,120	0,354
Mg (mg/l)	0,989	-0,065	0,006
Cl (mg/l)	0,981	-0,151	-0,053
$HCO_3 + CO_3$ (mg/l)	-0,556	0,491	-0,530
SO_4 (mg/l)	0,988	-0,116	-0,026
B (mg/l)	0,517	0,822	0,133
Br (mg/l)	0,989	-0,109	-0,039
Li (mg/l)	0,196	0,946	-0,113
NO_3 (mg/l)	-0,699	-0,107	0,571
P (mg/l)	0,550	0,762	0,160
Si (mg/l)	-0,773	0,470	-0,141
Zn (mg/l)	-0,111	0,204	0,887

6.4.3 Hiyerarşik Kümeleme Analizi (HKA)

Kümeleme analizi, bir veri setinin benzerlik ve farklılıklarına göre ayrıştırılıp gruplandırmasını sağlayan istatiksel bir yöntemdir (Neil, 2002). Kümeleme analizinin temel amacı, farklılıklara göre yeni gruplar oluşturmaktır. Analizin başarılı olması durumunda veriler küme içerisinde birbirine yakınken, oluşan kümeler birbirinden uzak konumlanacaktır (Yalçın, 2013).

Kümeleme analizi için birçok algoritma bulunmaktadır. Bu algoritmaları ‘Hiyerarşik’ ve ‘Hiyerarşik Olmayan’ kümeleme yöntemleri şeklinde iki temel

algoritmada özetleyebiliriz (Blashfield ve Aldenderfer, 1978; Yalçın, 2013). Hangi tekniğin kullanılacağın belirlenmesi küme sayısı ile ilişkili olmakla birlikte, hiyerarşik kümeleme yöntemi düşük veri setleri için daha uygun bir kullanım olacaktır (Koltan-Yılmaz ve Patır, 2011; Yalçın, 2013).

Hiyerarşik kümeleme yönteminde ilk olarak bütün gözlemler bir arada toplanır. Bu veri setine en aykırı olanlar kümeden ayrılarak yeni kümeler oluşturur. Kaç küme oluşacağına yöntem kendisi karar verebilse de bir takım yardımcı testler bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi dendogramlardır. Dendogramlar görsel olarak kümeleri ayırt etmede işlevseldirler (Yılmaz ve Büyükyılmaz, 2009). Dendogramlar dışında küçük örneklemler için kullanılan diğer bir yöntem; değerlendirilmeye alınan birim sayısının yarısının karekökü̈dür (Tatlıdil, 1992).

Hiyerarşik kümeleme analizinde kümeleri birleştirmek için farklı bağlantı yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerden Ward bağlantı yöntemi, kümeler arasındaki mesafelerin hesaplanması yerine, kümenin içindeki hata kareler toplamının en düşük değerde kalmasını sağlayarak en yüksek homojenlik gösteren kümeler oluşturur. En küçük hata kareler toplamına sahip olanlar birleştirilerek kümedeki homojenlik arttırılır ve diğer kümelerle aralarında uyumsuzluğun en yüksek olması sağlanır (Kalaycı, 2009; Tatlıdil, 1992).

Birbirinden farklı birim ve büyüklüklere sahip verilerin bir arada değerlendirilmesi için standartlaştırılması gerekmektedir. Bu çalışmadaki verilerin hiyerarşik kümeleme analizini yapabilmek için Z-Puanları olarak bilinen standartlaştırılma yapılmıştır. Standartlaştırılma yapılırken gözlem değeri ile her örnek noktasından elde edilen gözlem değerlerinin ortalamasının farkı alınır ve örnek değerine ait standart sapma değerine bölünür (Atilla ve Arıkan, 2001).

Standartlaştırılan verilerin normallik testi için basıklık ve çarpıklık sonuçları kullanılmıştır. Değerler -2 ile +2 aralığında kaldığından normal dağılım gösterdiğini söyleyebiliriz (Tablo 6.17) (George ve Mallery, 2019). Verilerin normal dağılım göstermesinden dolayı herhangi bir dönüşüme gerek kalmadan tüm veri seti

standartlaştırılmış haliyle kullanılmıştır. Ancak veri setinde tespit edilemeyen değerler içeren parametreler bu analizin dışında tutulmuştur (Parisi, Alfio, Balacco, Güler ve Fidelibus, 2023).

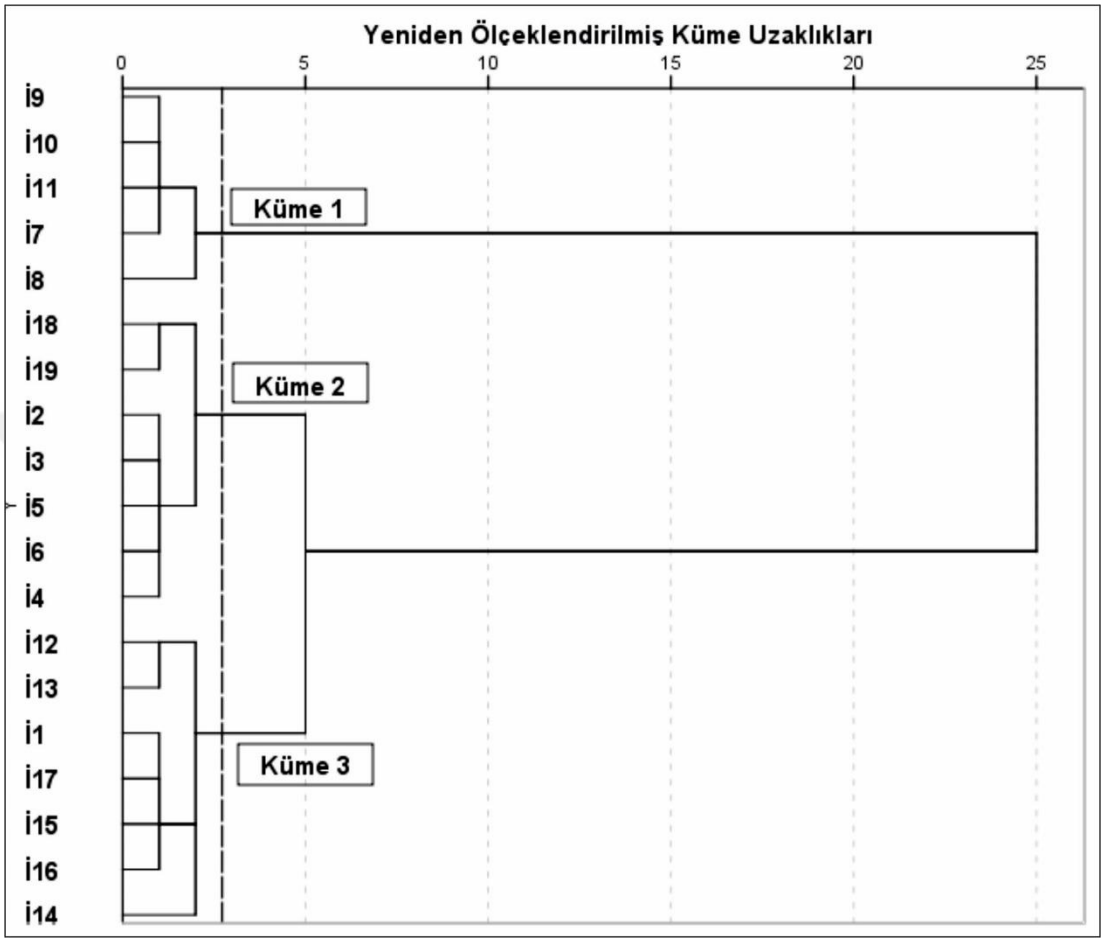
Tablo 6.17 Veri setlerinin istatiksel özeti

	En Düşük	**En Yüksek**	**Ortalama**	**Std. Hata**	**Std. Sapma**	**Çarpıklık**	**Std. Hata**	**Basıklık**	**Std. Hata**
pH	6,73	9,00	7,57	0,18	0,79	1,011	0,524	-0,775	1,014
EC (µS/cm)	911,00	61700,00	17573,58	6094,46	26565,12	1,156	0,524	-0,729	1,014
Na (mg/l)	65,60	13476,00	3488,08	1298,70	5660,90	1,176	0,524	-0,684	1,014
K (mg/l)	4,13	868,30	160,92	62,65	273,08	1,526	0,524	1,091	1,014
Ca (mg/l)	40,20	843,50	257,24	53,29	232,30	1,162	0,524	0,443	1,014
Mg (mg/l)	11,10	1484,00	360,52	123,83	539,78	1,224	0,524	-0,358	1,014
Cl (mg/l)	58,60	24067,80	6313,79	2344,29	10218,54	1,174	0,524	-0,664	1,014
HCO_3 + CO_3 (mg/l)	113,00	593,00	303,68	31,76	138,46	0,330	0,524	-0,681	1,014
SO_4 (mg/l)	73,20	3545,40	971,79	318,24	1387,19	1,166	0,524	-0,665	1,014
Br (mg/l)	0,10	80,76	20,73	7,70	33,58	1,166	0,524	-0,693	1,014
NO_3 (mg/l)	0,00	192,70	70,22	13,38	58,31	0,439	0,524	-0,695	1,014
Si (mg/l)	0,20	18,40	7,74	1,15	5,02	0,100	0,524	-0,097	1,014

Hiyerarşik kümeleme analizi İnciraltı kentsel sulak alanından alınan su örneklerinin birbirleriyle olan ilişkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada hiyerarşik kümeleme analizi yapılırken veriler Z-Puanlarına dönüştürülerek standartlaştırılmış, Öklid uzaklığı ve Ward kümeleme algoritması kullanılmıştır. Ortaya çıkan hiyerarşik dendogramda, dendogram dallarını kesen kesikli düşey çizgi, küme sayısının tanımlanmasını güçlendirmek için kullanılmıştır (Şekil 6.6).

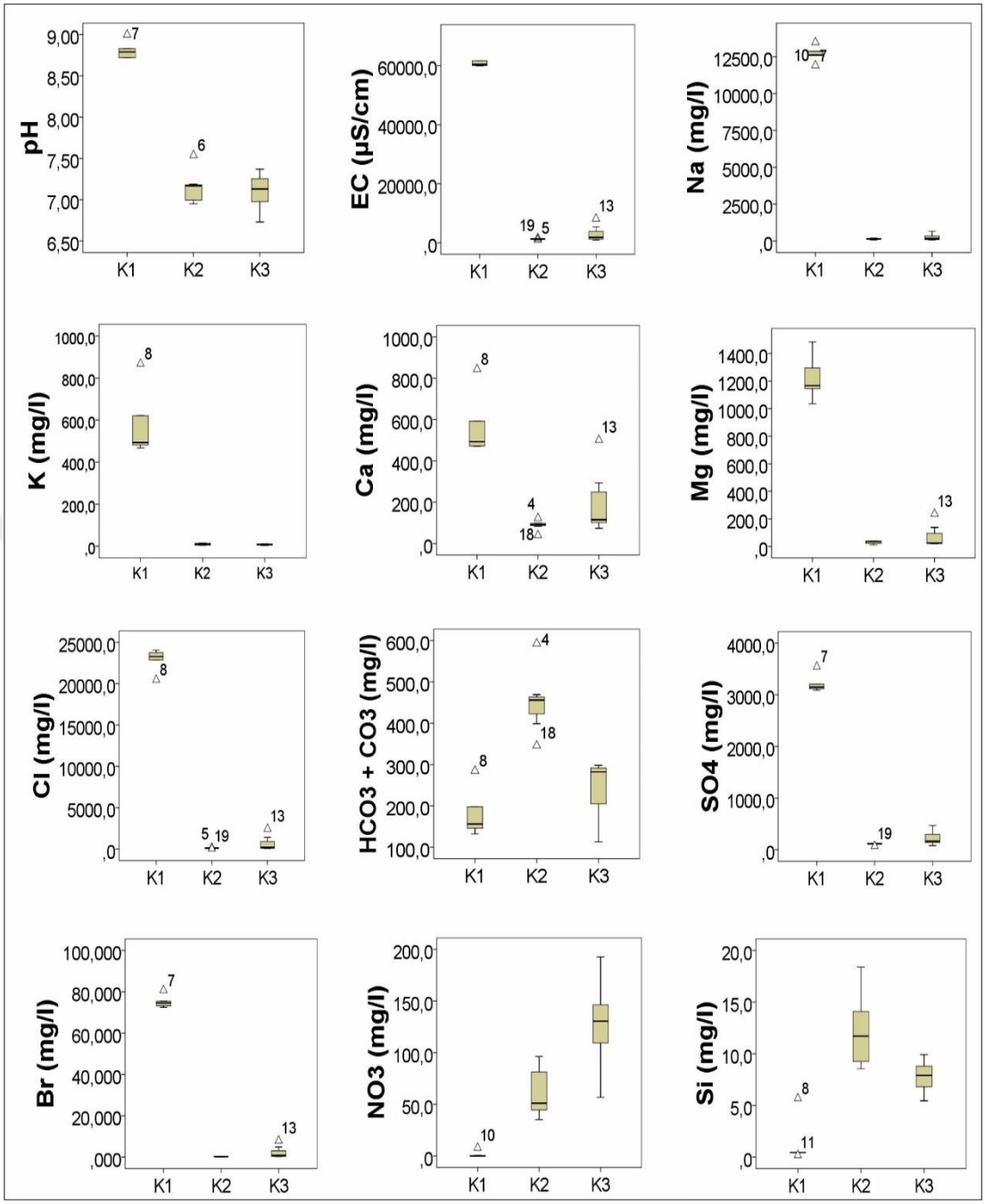
İnciraltı kentsel sulak alanından alınan 19 adet su örneğinin, 12 farklı parametreye göre oluşturulmuş hiyerarşik kümeleme analizine göre 3 farklı küme oluşturulmuştur (Şekil 6.12). Kümeler arasındaki farkın daha net açıklanabilmesi için şekil 6.13'de

kümelere ait parametlerin en büyük, en küçük ve ortalama değerlerin gösterildiği grafik ortaya konulmuştur.



Şekil 6.12 Hiyerarşik kümeleme analizi dendogramı

Küme 1, dalyan ve dalyan bağlantılı dere sularından alınan örnekler olup tuzlu suyu temsil etmektedir. Bu kümede yüksek pH, elektriksel iletkenlik, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, klor, sülfat ve brom değerleri tuzlu suyun varlığının bir göstergesidir (Şekil 6.13). Bu kümeyi oluşturan sular İ7, İ8, İ9, İ10 ve İ11'dir.



Şekil 6.13 Kümelere ait sınıflama parametreleri

Küme 2, yüksek HCO_3+CO_3 ve Si içeriği ile temsil edilmektedir. Yüksek HCO_3+CO_3 içeriği bu kümenin tatlı suları temsil ettiğinin önemli bir göstergesidir. Bu kümeyi oluşturan sular İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ18 ve İ19'dur.

Küme 3, yüksek NO_3 içeriği ile temsil edilmektedir. Yüksek NO_3 içeriği kirliliğin bir göstergesidir. Bu kümeyi oluşturan sular İ1, İ12, İ13, İ14, İ15, İ16 ve İ17'dir.

Ayrıca bu kümenin üyelerinden İ12 ve İ13'ün yüksek Cl, Na, Ca, Mg ve SO_4 içeriğine sahip olması deniz suyu girişiminin bir göstergesidir (Parisi, Alfio, Balacco, Güler ve Fidelibus, 2023).

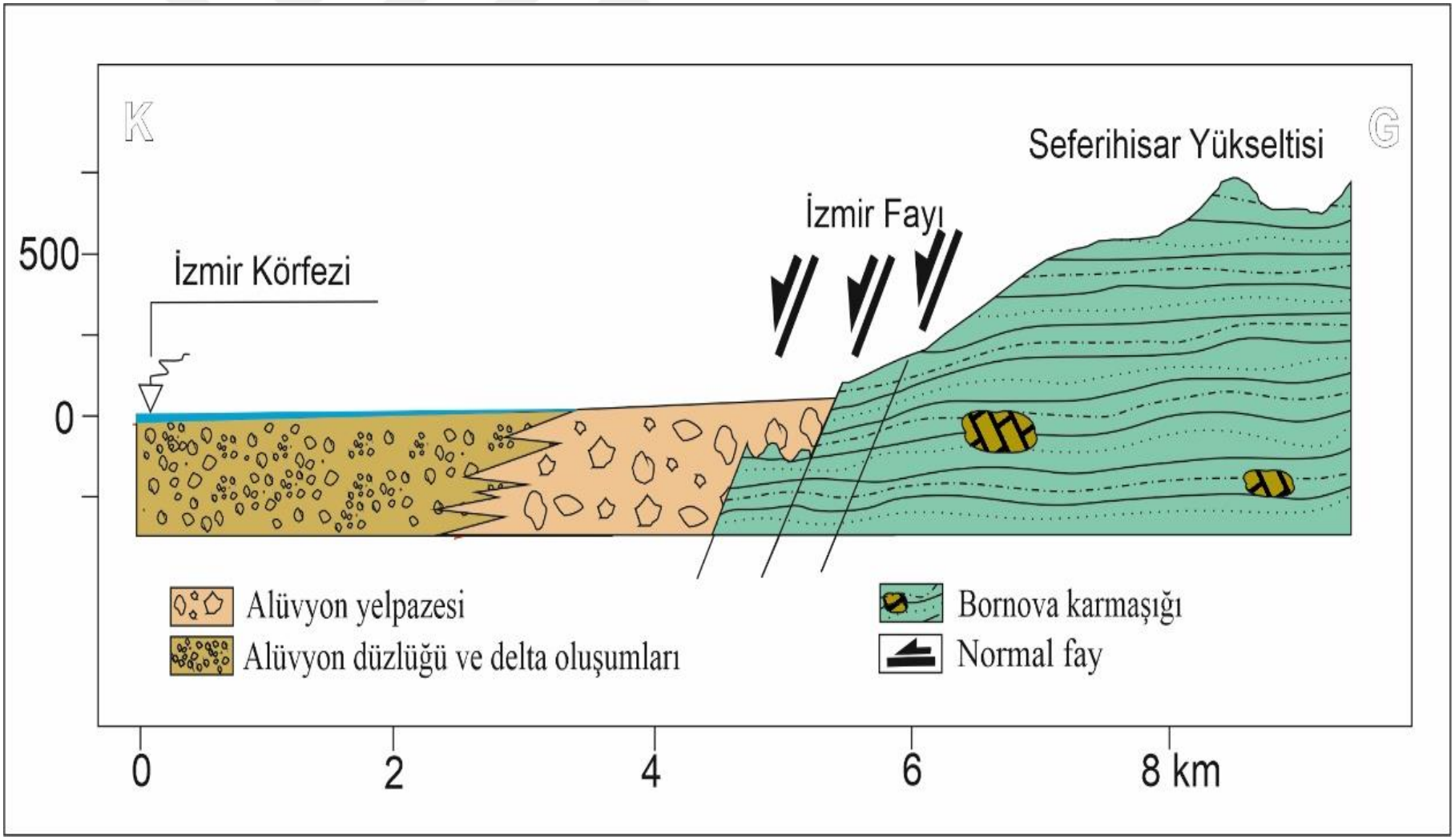
Oluşturulan dendogramda Küme 2 ve Küme 3'ün birbirine yakın sonuçlar oluşturduğu görülmektedir (Şekil 6.12). Bu kümelerin ortalama pH, elektriksel iletkenlik, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, klor, sülfat ve brom içerikleri yaklaşık sonuçlar ortaya koymuştur. Ancak HCO_3, NO_3 ve Si değerlerindeki farklar nedeniyle ayrı gruplar olarak anılmışlardır.

6.5 Çalışma Alanın Tuzluluk Açısından Değerlendirilmesi

İnciraltı-Çakalburnu kentsel sulak alanının üzerinde bulunduğu alüvyon biriminin içerdiği yeraltı suları, insan kaynaklı kirlilikle birlikte, jeotermal sular ve deniz suyu girişiminden etkilenmiştir.

Çalışma sahasından alınan su örneklerinde elektriksel iletkenlik, klorür, sodyum, nitrat, bor ve brom değerlerinin birçok kuyu suyunda yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu değerlerin yükselmesinde, İnciraltı sulak alanının denize kıyısı olması, çevresinde yapılan insan kaynaklı faaliyetler ve Balçova jeotermal sahasına yakınlığı etkili olmuştur (Şekil 6.14).

İnciraltı kentsel sulak alanında yoğun tarımsal faaliyetler görülmektedir. Bu faaliyetler için bölgede açılan su kuyuları kullanılmaktadır. Kentleşmenin etkisiyle beslenim alanı azalan yeraltı suyu kaynaklarından sulama için aşırı su çekimi sebebiyle, yeraltı su seviyesi düşmektedir. Su seviyesinin düşmesi, denize kıyısı olan sulak alandaki yeraltı sularına tuzlu su girişimiyle sonuçlanmaktadır. Yeraltı sularındaki yüksek elektriksel iletkenlik, brom, klorür ve sodyum içeriğinin deniz suyu girişimi kaynaklı olduğu söylenebilir. Sodyum ve klorür arasındaki yüksek kolerasyon değeri de yeraltı suyuna tuzlu su girişiminin bir göstergesidir. Suların fasiyesleri incelendiğinde yüksek sodyum-klor içeriğine sahip olan birçok suda, tuzlu su girişiminin başladığı söylenebilir.



Şekil 6.14 Çalışma sahasının jeolojik kesiti (Uzel, Sözbilir ve Özkaymak, 2012)

Denize kıyısı olan sulak alanlardaki yeraltı sularında, tuzlanmanın kıyı kesimlerden iç kesimlere doğru olması beklenir. Çalışılan sahanın hidrojeolojik özellikleri sebebiyle bu durum değişkenlik göstermiştir. Çalışma sahasının kıyı kesimlerinde iç kesimlere göre daha az tuzlanmanın görüldüğü alanlar mevcuttur. Bu sahanın üzerinde bulunduğu birim, kil içeriğinin yüksek olduğu alüvyon birimi olmasına rağmen çakıl içeriğinin baskın olduğu kısımlar da içermektedir (Uzel vd., 2012). Kil düşük gözeneklilik ile tuzlu su girişimini önlerken, çakıl yüksek gözeneklilik ile tuzlu su girişiminde etkin olmaktadır (Şekil 6.14).

Yeraltı sularındaki nitrat kirliliği, tarımsal faaliyetler ve evsel atıklar ile meydana gelmektedir. Çalışma sahasında tarımsal faaliyetler yaygın şekilde yürütülmektedir. Tarım uygulamalarında hatalı gübreleme ve sulama sonucu yeraltı sularındaki nitrat oranı artmaktadır.

Örneklenen suların bor içeriğinin yüksek oranlar vermesi, çalışma sahasındaki yeraltı suları ile jeotermal akışkanın ilişkili olduğunu düşündürmüştür. Bölgeden geçen İzmir fayı, Balçova jeotermal sistemini de barındırmaktadır. İzmir fayının kuzey yönünde basamaklı yapısı alüvyon altında gömülü haldedir (Şekil 6.14). Bu basamaklı yapıdan çıkan termal suların, yeraltı suyu ile etkileşimi sonucu, bor değerleri örneklenen suların birçoğunda yüksek değerler vermiştir.

BÖLÜM YEDİ
SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sulak alanlar "Doğal ya da yapay, sürekli ya da dönemsel, suları durağan ya da akıcı, tatlı, acı veya tuzlu, okyanusların medcezir dönemlerinin çekilme evresinde altı yüz santimetreyi aşmayan derinlikleri içeren, öncelikle sucul kuşlar olmakla birlikte birçok canlıya yaşam alanı sağlayan tüm sular, turbiyeler, sazlıklar, bataklıklar ve bunların kıyı hattından başlayarak kara içinde ekolojik bakımdan sulak kalabilen yerler." şeklinde tanımlanır (Özen ve Beklioğlu, 2007; SAKY, 2014).

Sulak alanların sınıflandırılmasında değişik ölçütlerin farklı kombinasyonları kullanılmıştır. Temel öğelerinin su, toprak ve canlılar olduğu sulak alanlar sınıflandırılırken; oluşum biçimi, hidroloji, jeomorfoloji, su kimyası, iklim gibi konular kriter olarak benimsenmiştir. Ramsar sulak alan sınıflandırmasına göre sulak alanlar üç farklı sınıfta toplanmıştır. Bunlar; Deniz/Kıyı Sulak Alanlar, Karasal/İç Sulak Alanlar ve Yapay Sulak Alanlar'dır.

Sulak alanlar, tabii fonksiyonları ve sağladıkları maddi katkılarıyla dünyamızın vazgeçilmez parçalarıdır (Ateş ve Uzer, 2007). Kentsel sulak alanlar kentlere ekonomik, sosyal ve kültürel fayda sağlarlar. Aşırı yağışları bünyesinde tutarak taşkın, sel riskini azaltır, kirli suları arıtma fonksiyonuyla suları filtrelemeye yardımcı olur ve su kalitesini arttırır. Farklı hayat formlarına yaşam ortamı sağlarken, rekreasyon yoluyla da insanlara hizmet eder (WWF, 2018).

Türkiye'de korunan alanlardan olan sulak alanların yüz ölçümü 958.883 ha'dır. Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği'nin şartlarını taşıyan 59 alan 'Ulusal Öneme Sahip Sulak Alan' olarak, 27 alan 'Mahalli Öneme Sahip Sulak Alan' olarak kaydedilmiştir. Bu alanlara ek olarak ülkemiz sınırlarında Ramsar sözleşmesine uygunluk şartlarını taşıyan 14 alan tescillenmiştir (CSB, 2021).

Arazi kontrolü için 2012-2018 yılları arasında yapılan veri kıyaslamasına göre sulak alanlar 1.118,24 ha artmıştır. 2021 yılı itibariyle Türkiye'de bulunan 250'den

fazla sulak alan, 1 milyon hektardan fazla bir alan kaplamaktadır (CSB, 2021). Türkiye'de 8 ha'dan büyük 921 doğal sulak alan bulunmaktadır. Yıllık yaklaşık 200 mm yağış sulak alanlara ulaşarak beslenmesini sağlamaktadır (CSB, 2021).

Sulak alanlar sağladığı sayısız faydaya rağmen varlık ve kaliteleri bakımından tehdit altındadır. Karşılaşılan en büyük sorunlar kurutma, kirlenme, su rejiminin ve su kalitesinin bozulması, habitat tahribatı, yönetimsel sorunlar ve kamuoyu oluşturmadaki yetersizlikler olarak sınıflanabilir (Erdem, 2007; WWF, 2008; Zor, 2001).

Sulak alanların korunması ve geliştirilmesinin gerekliliğinin anlaşılmasından sonra uluslararası birçok kurum ve kuruluş bir araya gelerek bu konuda çalışmaya başlamıştır. Bu çalışmaların sonucunda İran'a bağlı Ramsar şehrinde imzalanan, "Sulak Alanlar Anlaşması" olarak bilinen, "Ramsar Sözleşmesi" imzalanmıştır. Ramsar Sözleşmesi'yle birlikte sulak alanları içeren birçok başka sözleşmeye Türkiye de dahil olmuştur. Bu sözleşmelerin hepsi birçok konuyu içerdiği gibi sulak alanlarda yaşayan canlı türleri ve bu türlerin yaşam alanlarının korunması konusunu da içerir ancak Ramsar Sözleşmesi sadece sulak alanlar konusu üzerine bir sözleşmedir (Hızlı, Ceran ve Çağırankaya, 2013).

İlk olarak "Sucul Kuşlar Hayat Alanı Olarak Milletlerarası Değere Haiz Sulak Alanlar" başlığıyla hazırlanan anlaşma 3 Şubat 1971 senesinde İran'a bağlı Ramsar şehrinde imzaya açılmıştır (Erdoğan, 2007; Ramsar, bt). 18 ülkenin katılımıyla kabul edilen sözleşmenin ilk Ramsar alanı Avustralya, Cobourg Yarımadası'dır (Ramsar, bt). 2022 yılında 14. Akit Taraf Konferansı (COP14) Çin'in ev sahipliğinde İsviçre'de düzenlenmiştir. Toplam üye sayısı 172'ye ulaşmıştır. Uluslararası öneme sahip sulak alanların sayısı 2471'dir ve 256.192.356 ha alanı kapsamaktadır. En fazla alana sahip ülke 175 ile İngiltere ve 142 ile Meksika'dır. Bolivya koruması altındaki 14.800.000 ha'la en geniş alana sahiptir (Ramsar, bta).

Bu tez kapsamında Batı Anadolu'da İzmir Körfezinin güneyinde, İzmir ilinin Balçova ilçesinde yer alan İnciraltı sulak alanının su miktarı ve kalitesi açısından

sürdürülebilir şekilde korunabilmesi amacıyla hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir.

Çalışma sahasının temelinde Paleozoyik yaşlı şist ve mermerlerden oluşan Menderes metamorfikleri ve bu metamorfiklerin üzerine bindirme fayı ile gelen Bornova Karmaşığı bulunmaktadır (Badur, 2011; Başarır ve Konuk, 1981; Erdoğan, 1990a). Bornova Karmaşığı'nın üstü kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyon birimi ile uyumsuz olarak örtülmüştür (Köse, 2007). Çalışılan sahada alüvyon dışında kalan birimler gözlenememektedir. Çalışma sahasında daha önceden yapılmış çalışmalardan derlenen verilerle jeoloji haritası ve genelleştirilmiş kolon kesit hazırlanmıştır.

Orta-Geç Miyosen'de güneydeki Arap ve Afrika levhası ile kuzeydeki Avrasya levhasının çarpışması sonucu Neotetis okyanusu kapanmıştır (Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981). Kıta-kıta çarpışmasıyla Geç Miyosen sonuna kadar sıkışan Avrasya levhasının geliştirdiği Kuzey ve Doğu Anadolu Fayları Erken pliyosende birlikte hareket ederek Anadolu levhasını sıkıştırmıştır. Arap levhasının Afrika levhasından hızlı hareketi Anadolu levhasının batı yönde hareket etmesini sağlamıştır (Dewey ve Şengör, 1979; McKenzie, 1972; Şaroğlu ve Güler, 2020; Şaroğlu ve Yılmaz, 1984; Şengör, Görür ve Şaroğlu, 1985). Yılda yaklaşık 20 mm batıya ilerleyen Anadolu levhası, Batı Anadolu'da rotasyonel dönüş yaparak güney batıdaki Helen yayını üzerleyerek Afrika levhası üzerine binmektedir. (Aksoy, 2001; Alkan, 2018; Ketin, 1948; Şaroğlu ve Güler, 2020; Şengör, 1980; Tepe, 2022). Zamanla bu hareketler doğu Anadolu'da 'Sıkışma Bölgesi', orta Anadolu'da 'Ova Bölgesi' ve batı Anadolu'da 'Açılma-Genişleme' bölgesi oluşmasını sağlamıştır (Şengör, 1980; Şengör, Görür ve Şaroğlu, 1985). Bu hareket Anadolu'nun mevcut tektonik rejiminin başlangıcıdır (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Batı Anadolu'nun, güncel GPS ve GNSS verileriyle teyit edilen hareketleri karada batı-güneybatıyken, Ege denizinde güneybatı olarak değişmektedir (Şaroğlu ve Güler, 2020; Tepe, 2022). Bu harekete kuzey-güney yönlü açılma ile tepki veren Batı Anadolu'da K-G yönlü açılma 10±5 mm/yıl, KD-GB açılma ise en büyük 30±1 mm/yıl olarak tespit edilmiştir (Barka ve Reilinger, 1997; Dewey ve Şengör, 1979; Ketin,

1948; McClusky vd., 2000; Mc Kenzie, 1972; Şengör, 1980). Bu hareketlerin sonucu doğu-batı uzanımlı horst ve grabenlerin oluşması şeklindedir (Şengör, 1980). Horst ve grabenlerin oluşum başlangıçları için farklı yaş kabulleri bulunmaktadır. Yaşlandırmanın başlangıcını bazı yazarlar Erken Miyosen (Jackson ve McKenzie, 1988; Okay ve Satır, 2000), bazı yazarlar Geç Oligesen-Erken Miyosen (Seyitoğlu ve Scott, 1991,1992; Seyitoğlu, Scott ve Rundle, 1992), bazı yazarlar ise Miyosen sonu (Görür vd., 1995) olarak kabul etmektedir. Kuzey-güney açılmasının sonucu oluşan grabenler DB, KB-GD ve KD-GB doğrultulu olup Küçük Menderes, Büyük Menderes, Gediz, Edremit, Bakırçay, Kerme, Kocaçay ve İzmir Körfezi şeklinde sıralanabilir (Bozkurt, 2001; Şengör, 1987).

Batı Anadolu, Dünya'nın en aktif teknonik hareketlilik gösteren bölgesi olarak gösterilmektedir (Bozkurt, 2001; Dewey ve Şengör, 1979; Jackson ve Mckenzie, 1984; Seyitoğlu ve Scott, 1991; Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör, Görür ve Şaroğlu, 1985). Batı Anadolu genişleme bölgesinde oluşan horst ve grabenleri sınırlayan faylar bölgenin tektonik yapısını oluşturmaktadır (Emre, 1996; Kaya, 1979). Çalışma alanının içinde bulunduğu İzmir kenti, Gediz grabeninin batı ucunda, güncel grabenlerden olan İzmir Körfezinin çevresinde konumlanmıştır. İzmir çevresinde horst ve grabenleri sınırlayan faylar DB, KD-GB ve KB-GD uzantılıdır. Basınç yönlerine göre önce KD-GB uzantılı faylar (Agememnon-2), sonra KB-GD uzantılı faylar gelişmiştir. Agamemnon-2 fayı Balçova'dan Karşıyaka'ya doğru uzanır. Pliyosen sonuna kadar devam eden kuzey-güney yönlü açılmayla D-B uzantılı genç faylar (Agamemnon-1) oluşmuştur. Agamemnon-1 fayının kuzeyinde faya paralel basamak faylar oluşmuştur (Tezcan, 1962; Yılmazer, 1989). D-B uzantılı Agamemnon-1 fayı sulak alanın güneyinde Dededağı ile alüvyon düzlük arasında sınır oluşturmaktadır. Dededağı'nın batısında KD-GB uzantılı olarak bulunan Agamemnon-2 fayı Agamenon-1 fayı ile kesişir. İzmir fayının Balçova segmentinde bulunan bu faylar Balçova jeotermal sistemini oluşturmaktadır.

İzmir ve çevresinde sıkışma etkisiyle oluşmuş doğrultu atımlı faylar, ters faylar ve D-B uzanımlı normal faylar bulunmaktadır (Ocakoğlu, Demirbağ ve Kuşçu, 2005). Bölgede gözlenen en önemli faylar; D-B doğrultulu İzmir fayı, KD-GB doğrultulu

Tuzla fayı ve Seferihisar fayı, K-G uzantılı Gülbahçe fayı ve Yağcılar fayıdır (Barka, Relienger ve Emre, 2000; Tepe, 2022).

Çalışma alanının hidrolojik incelemesinin yapılması için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne bağlı İzmir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü (MGM) verileri kullanılmıştır. Bu veriler 1938 yılından 2021 yılına kadar kayıt altına alınan sıcaklık-yağış değerlerini içermektedir. İzmir'in en çok yağış aldığı aylar aralık ve ocak, en düşük yağış aldığı aylar temmuz ve ağustostur. Yıllık ortalama yağış miktarı 713,80 milimetredir. En çok yağışın kaydedildiği dönem 2006 yılının eylül ayıdır. Kayıt altına alınan değer 145,3 milimetredir. Bölgenin en yüksek sıcaklığına ulaşılan dönemi temmuz ve ağustos ayları, en düşük sıcaklığın görüldüğü dönem ocak ve şubat aylarıdır. Yıllık ortalama sıcaklık 17,9°C'dir. En yüksek sıcaklık 12.08.2002 tarihinde 43°C ile ölçülürken, en düşük sıcaklık 04.01.1942 tarihinde -8,2°C ölçülmüştür (MGM, 2022).

Su bilançosu tablosuna göre bölgenin Thornthwaite iklim sınıfı C1, B'3, s2, b'3 (Yarı kurak-Az rutubetli, 3. derece mezotermal, Su fazlası kışın çok kuvvetli, Yaz buharlaşma oranı: %53,4) olmaktadır.

Thornthwaite'a göre hazırlanmış su bilançosu tablosu ve su fazlası-su açığı grafiğine göre kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarında yağış miktarları, düzeltilmiş buharlaşma-terlemeden fazladır. Bu nedenle birikmiş su miktarı kasım ayı itibari ile artmaya başlar. Kasım ayında yeterli doygunluğu ulaşamayan toprak, aralık ayındaki yağışlarla birlikte suya doygun hale gelir. Toprağın suya doygun olduğu aylar Aralık, ocak, şubat ve mart aylarıdır. Bu aylarda yağışın evapotranspirasyon fazla olması ve toprağın suya doygun halde olmasından dolayı su fazlası meydana gelmektedir. Nisan ayında artan sıcaklıkla birlikte evapotranspirasyon yağıştan fazla olmaya başlar ve topraktan su kullanılmaya başlanır. Kasım ayından su noksanlığının başladığı haziran ayına kadar su noksanı olmamaktadır. Nisan ve mayıs aylarında haznedeki su kullanılmasıyla birikmiş su tamamen tüketilir ve haziran ayı itibariyle su noksanı meydana gelir. Biriken suyun tüketilmesiyle buharlaşma-terleme yağış miktarından fazla olamayacaktır. Eylül ve ekim aylarında yağışın artmaya, buharlaşma-terlemenin

azalmaya başlamasıyla kasım ayında yağış miktarı, buharlaşma-terlemeyi geçerek su noksanı tamamlanmaya başlar.

Çalışma sahasındaki toplam yıllık ortalama yağış miktarının %52 kadarı buharlaşma-terleme yoluyla %36 kadarı ise yüzeysel akış yoluyla kaybolmaktadır. Geriye kalan %12'si de süzülme yoluyla yeraltı suyunun yeniden beslenmesine katkıda bulunur

Bornova Karmaşığı çalışma alanı yakınlarında daha çok kumtaşı-çamurtaşı ardalanmalı matriks ile karakterize edilir. Bu kayalardan kumtaşları, kireçtaşları ve diyabazların boşluklu ve geçirgen olmalarından dolayı yeraltı suyu potansiyelleri yüksektir. Bunlar bünyelerindeki suları kırık ve çatlaklar vasıtasıyla yüzeye çıkarıp su kaynağı oluştururlar (Yılmazer, 1989). Karmaşığın çok farklı kaya birimlerinden oluşması, hidrojeolojik olarak karmaşık bir yapı sunar. Birim genel olarak yüksek derecede sıkışma etkisinde kaldığından gözeneklilik çok azdır ve hidrojeolojik olarak geçirimsiz özelliktedir. Ancak ikincil gözeneklilikleri geliştiğinden, su depolama ve kaynak oluşturmada etkilidirler (Akar, 2012; Alacalı, 2006). Lugeon kaya sınıfına göre; Çamurşeyller yüksek kil içeriği sebebiyle hidrojeolojik açıdan 'Geçirimsiz Birim'i, yüksek silis içerikli ve bol çatlaklı olmaları sebebiyle kumtaşları ve kırıklı çatlaklı yapıları nedeniyle kireçtaşları 'Az Geçirimli Birim'i oluşturmaktadır (Yıldırım, 2009).

İnciraltı sulak alanının üzerinde bulunduğu yamaç moluzu ve alüvyon birimi Lugeon kaya sınıfına göre 'Geçirimli Birim' olarak sınıflandırılmıştır (Yıldırım, 2009). Yamaç molozu ve alüvyon çalışma alanında akifer özelliği taşıyan tek birimdir. Birimin yeraltı suyu beslenimi yamaç molozu ve alüvyona düşen yağışların yeraltına süzülmesi, çevredeki topografik yükseltilere düşen yağışın yeraltına süzülmesi ve süzülmeden geriye kalan yağışın oluşturduğu yüzey akışlarının alüvyona ulaşıp, alüvyondan tekrar süzülmesi ve bölgede kullanılan sulama suyunun süzülerek yeraltı suyuna karışması ile meydana gelmektedir (Koç ve İnan, 1983).

Çalışma alanı ve çevresinde bulunan su noktaları dereler, kuyular ve Çakalburnu lagününden oluşmaktadır. 2022 yılının kasım ayında inceleme alanından 14 farklı noktadan kuyu suyu, 3 farklı noktadan dalyanla temaslı dere suyu ve 2 farklı noktadan dalyan suyu olmak üzere 19 farklı noktadan örnekleme yapılmıştır.

Suların içme ve sulama suyu kriterlerine göre değerlendirilmesi için majör anyon ve katyon analizleriyle birlikte iz element analizleri de yapılmıştır. Tez kapsamında incelenen sularda bulunan başlıca iyonlar sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, klor, karbonat-bikarbonat, sülfat, silisyum ve nitrattır. Bu iyonlara eşlik eden minör elementlerde bulunmaktadır. Bu elementler alüminyum, arsenik, bor, baryum, brom, krom, bakır, lityum, mangan, nikel, fosfat, kurşun, stronsiyum, uranyum ve çinkodur.

İçme suyu değerlendirmelerinde Dünya Sağlık Teşkilatı, TS 266 ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği ve 17 Şubat 2005 tarihli 25730 sayılı Resmî gazetede yayınlanan 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik sınır değerleri dikkate alınmıştır.

Örneklenen suların majör ve minör element içerikleri içme suyu sınır değerlerine göre değerlendirilmiştir ve sınır değerler üzerinde sonuç verenler belirlenmiştir. Majör elementler bir arada değerlendirildiğinde, incelenen sularda sodyum içeriği sınır değerler üzerinde çıkanlar İ7, İ8, İ9, İ0, İ11, İ12 ve İ13; klor içeriği sınır değerler üzerinde çıkanlar İ1, İ7, İ8, İ9, İ0, İ11, İ12 ve İ13; sülfat içeriği sınır değerler üzerinde çıkanlar İ7, İ8, İ9, İ0, İ11, İ12 ve İ13; nitrat içeriği sınır değerler üzerinde çıkanlar İ1, İ3, İ4, İ5, İ6, İ12, İ13, İ14, İ15, İ16, İ17 ve İ19'dur. Minör elementler bir arada değerlendirildiğinde, incelenen sularda alüminyum içeriği sınır değerler üzerinde çıkan sadece İ7; arsenik, mangan ve uranyum içeriği sınır değerler üzerinde çıkan sadece İ8'dir. Brom içeriği tüm sularda sınır değerler üzerinde çıkmıştır. Bor içeriği sınır değeri için Dünya Sağlık Örgütü'yle Türkiye'deki sınır değerler farklılık gösterdiğinden sadece Türkiye'deki sınır değerler dikkate alınmıştır. Bor içeriği İ12, İ13, İ14, İ15 ve İ19 örnek numaralı sular hariç geriye kalan tüm su örneklerinde sınır değerler üzerinde çıkmıştır.

Suların genel özellikleri yerinde yapılan pH, sıcaklık, EC ile kimyasal analiz sonuçlarının hesaplanmasıyla belirlenen doygunluk indeksi, fasiyes, hata yüzdesi ve sertlik değerleriyle açıklanmaya çalışılmıştır. Ölçülen sıcaklık değeri 16,1 ile 26,3 °C arasında, pH değerleri 6,73 ile 9,00 arasında ve elektriksel iletkenlik değerleri 911 ile 61.700 µS/cm arasında değişmektedir. Yeraltı sularının ortama sıcaklığı 21,3 °C, pH'ı 7,12, elektriksel iletkenlik değeri 2.157 µS/cm iken lagün ve lagünle temaslı dere sularının ortalama sıcaklığı 17,8 °C, pH'ı 8,81, elektriksel iletkenlik değeri 60.740 µS/cm'dir.

Sodyum Adsorbsiyon Oranı'na (SAR) göre İ1, İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ12, İ13, İ14, İ15, İ16, İ17, İ18, İ19 'Çok İyi'; İ7, İ8, İ9, İ10, İ11 'Kötü' sınıf sulama suyu olarak sınıflandırılmıştır. Diğer bir deyişle kuyu sularının tamamı 'Çok İyi' sınıf sulama suyu olarak sınıflandırılmıştır.

Sodyum İyon Yüzdesi'ne (%Na) göre İ1, İ13, İ14, İ15, İ19 'İyi'; İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ12, İ16, İ17 'İzin Verilebilir'; İ7, İ8, İ9, İ10, İ11, İ18 'Şüpheli' nitelikte sulama suyu sınıfına girmektedirler.

Permeabilite İndeksi'ne (PI) göre İ1, İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ12, İ13, İ14, İ15, İ16, İ17, İ19 'III. Sınıf'; İ7, İ8, İ9, İ10, İ11, İ18 'II. Sınıf' sulama suyu sınıfına girmektedirler.

Suların barit, kalsit, dolomit, jibs, kuvars ve talk doygunluk indeksi değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlere göre İ6, İ7, İ15 ve İ17 örnek numaralı sular barit mineralini çözücü özellikte, diğer sular doygun haldedir. İ12, İ13, İ14 ve İ18 kalsit mineralini çözücü özellikte, diğer sular doygun haldedir. İ18 hariç diğer sular dolomit mineraline doygun haldedir. Örneklenen tüm sular jibs mineralini çözücü özelliktedir. Kuvars minerali için dalyan (İ7 ve İ8) ve dalyan bağlantılı sular (İ9, İ10 ve İ11) hariç tüm sular doygundur. Talk minerali için ise dalyan (İ7 ve İ8) ve dalyan bağlantılı sular (İ9, İ10 ve İ11) doygun haldeyken, geriye kalan sular çözücü özelliktedir.

İnceleme alanındaki sularda sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, klor, sülfat ve brom iyonları birbirine paralel şekilde artarken birbirleri arasında güçlü doğrusal

bir bağ bulunmaktadır. Tüm bu bileşenlerle karbonat-bikarbonat, nitrat ve silis iyonları arasında kuvvetli negatif kolerasyon ilişkisi bulunmaktadır. Na-Cl iyonları arasındaki yüksek kolerasyon değeri yeraltı suyuna tuzlu su girişimi olduğunu göstermektedir.

Örneklenen sulara TBA uygulandığında elde edilen başlangıç öz değerleri ve toplam varyans değerleri incelendiğinde özdeğerleri 1'den büyük olan 3 faktör bulunmuştur. Bu faktörler varyans toplamının %93,574'ünü temsil etmektedir. 1. faktör toplam varyansın %65,928'ini, 2. Faktör %17,465'ini, 3. Faktör %10,181'ini temsil etmektedir. Faktörlerdeki değişkenlere göre 1. Faktörün tuzlu suları, 2. Faktörün tatlı suları, 3. Faktörün ise kirlenmiş suları temsil ettiği söylenebilir.

İnciraltı kentsel sulak alanından alınan 19 adet su örneğinin, 12 farklı parametreye göre oluşturulmuş hiyerarşik kümeleme analizine göre 3 farklı küme oluşturulmuştur. Oluşturulan 1. Küme tuzlu suları, 2. Küme tatlı suları ve 3. Küme kirli suları temsil etmektedir.

Fransız sertliğine göre İ18 'Az Sert'; İ6 ve İ14 'Oldukça Sert'; İ2, İ3, İ4, İ5, İ15, İ16, İ17 ve İ19 'Sert'; İ1, İ7, İ8, İ9, İ10, İ11, İ12 ve İ13 'Çok Sert' su sınıfına girmektedir.

Suların fasiyes tipleri Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) su sınıflaması, Jäckli su sınıflaması ve Back su sınıflaması yöntemlerine göre belirlenmiştir. Back (1966)'ya göre yüzey sularının fasiyes tipi 'Na-Cl' iken geriye kalan sularda ortak baskın iyon olmadığından fasiyesleri çoğunlukla 'Karışık' olarak nitelendirilebilir.

Piper Üçgen Diyagramı'na göre toprak alkali elementlerin (Ca+Mg), alkali elementlerden (Na+K) fazla olduğu karbonatlı ve sülfatlı sular İ1, İ2, İ3, İ4, İ5, İ12, İ13, İ14, İ15, İ16, İ17 ve İ19; Alkali elementlerin (Na+K), toprak alkali elementlerden (Ca+Mg) fazla olduğu tuzlu ve sodalı sular İ6, İ7, İ8, İ9, İ10, İ11 ve İ18'dir. Zayıf asit köklerinin (CO_3+ HCO_3), güçlü asit köklerinden (Cl+SO_4) fazla olduğu sular İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ14, İ18 ve İ19; Güçlü asit köklerinin (Cl+SO_4), zayıf asit köklerinden (CO_3+HCO_3) fazla olduğu sular İ1, İ7, İ8, İ9, İ10, İ11, İ12, İ13, İ15, İ16 ve İ17'dir.

Karbonat sertliği %50'den fazla olan kalsiyum karbonatlı ve magnezyum karbonatlı sular İ2, İ3, İ4, İ5, İ14 ve İ19; Karbonat olmayan sertlik %50'den fazla olan kalsiyum sülfatlı ve magnezyum sülfatlı sular İ12 ve İ13'dür. Karbonatlı olmayan alkalilerin %50'den fazla olduğu sodyum klorür, sodyum sülfat ve potasyum klorürlü sular İ7, İ8, İ9, İ10 ve İ11; Karbonatlı alkalilerin %50'den fazla olduğu sodyum karbonat ve potasyum karbonatlı sulara örneklerde rastlanmamıştır. İyonların hiçbirinin %50'yi geçemediği karışık sular İ1, İ6, İ15, İ16, İ17 ve İ18'dir.

Scholler yarı logaritmik diyagramına göre dalyan (İ7 ve İ8) ve dalyan bağlantılı dere suları (İ9, İ10 ve İ11) kendi aralarında, lagünle ve Hacıahmet deresi arasında bulunan iki yeraltı suyu (İ12 ve İ13) kendi aralarında ve geriye kalan yeraltı sularının (İ1, İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ14, İ15, İ16, İ17, İ18 ve İ19) iyonlarını birleştiren çizgiler kendi aralarında benzerlik gösterdiğinden, bu suların kaynaklarının benzer litolojiye sahip olduğu açıklaması yapılabilir.

Örneklenen suların Schoeller'e göre klorür, sülfat ve karbonat-bikarbonat sınıflaması yapılmıştır. Klorür sınıflamasında İ1, İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ14, İ15, İ16, İ17, İ18 ve İ19 'Olağan Klorürlü Sular'; İ7, İ8, İ9, İ10 'Klorotalasik Sular'; İ11 'Klorürce Zengin Sular'; İ12 'Oligoklorürlü Sular'; İ13 'Orta Klorürlü Sular' sınıfına girmektedir. Sülfat sınıflamasında İ1, İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ14, İ15, İ16, İ17, İ18 ve İ19 'Olağan Sülfatlı Sular'; İ7, İ8, İ9, İ10 ve İ11 'Hiposülfatlı Sular'; İ12 ve İ13 'Oligosülfatlı Sular' sınıfına girmektedir. Karbonat-Bikarbonat sınıflamasında İ1, İ3, İ7, İ8, İ9, İ10, İ11, İ13, İ14, İ15, İ16, İ17 ve İ18 'Olağan Karbonatlı Sular'; İ2, İ4, İ5, İ6, İ12 ve İ19 'Hiper Karbonatlı Sular' sınıfına girmektedir.

Wilcox diyagramına göre sulama suyu sınıflaması yapıldığında dalyan (İ7 ve İ8) ve dalyan bağlantılı dere suları (İ9, İ10 ve İ11) ile, lagün ve Hacıahmet deresi arasında kalan yeraltı suları (İ12 ve İ13) 'Uygun değil', İ1 örnek numaralı kuyu suyu 'Şüpheli-Uygun değil', İ16 ve İ18 örnek numaralı kuyu suları 'Şüpheli- Kullanılabilir' İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ14, İ15, İ17 ve İ19 örnek numaralı kuyu suları 'İyi- Kullanılabilir' sınıfta oldukları belirlenmiştir.

Sulama suyu sınıflamasının ABD Tuzluluk Diyagramı'na göre yapılması durumunda dalyan (İ7 ve İ8) ve dalyan bağlantılı dere suları (İ9, İ10 ve İ11) C4-S4 (Aşırı Tuzlu-Aşırı Sodyumlu); Hacıahmet deresi ile dalyan arasında kalan iki kuyu suyu (İ12 ve İ13) C4-S2 (Çok Yüksek Tuzlu-Orta Derece Sodyumlu), İ1 örnek numaralı kuyu suyu C4-S1 (Çok Yüksek Tuzlu-Az Sodyumlu), İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ14, İ15, İ17 ve İ19 örnek numaralı kuyu suları C3-S1 (Yüksek Tuzlu-Az Sodyumlu) ve İ18 örnek numaralı kuyu suyu C3-S2 (Yüksek Tuzlu-Orta Derece Sodyumlu) su sınıfına girmektedir.

Durov Diyagramı'na göre sular incelendiğinde; dalyan (İ7 ve İ8) ve dalyan bağlantılı dere sularının (İ9, İ10 ve İ11) klor ve sodyum içerikleri diğer sulara göre en yüksek seviyededir. Lagün ve Hacıahmet deresi arasında kalan yeraltı sularının (İ12 ve İ13) sodyum içerikleri geriye kalan yeraltı suları ile aynı seviyedeyken klor içeriği dalyan ve bağlantılı sularla yaklaşık aynı seviyededir. İ1 örnek numaralı kuyu suyunun sodyum değeri diğer kuyu suları ile aynı seviyedeyken klor içeriği İ12 ve İ13'den az olmakla birlikte diğer kuyulardan belirgin seviyede yüksektir. İ18 örnek numaralı kuyu suyu düşük klor içeriğine sahip olmasına rağmen dalyan ve dalyan bağlantılı dere sularından sonra en yüksek sodyum değerine sahiptir. Geriye kalan İ2, İ3, İ4, İ5, İ6, İ14, İ15, İ17 ve İ19 örnek numaralı kuyu suları diyagramda bir arada bulunduğundan benzer özelliktedirler.

Ramsar Sözleşmesinin tarafı olarak korumamız gereken sulak alanlarımız fazla su çekimi sebebiyle su seviyesinin düşmesi ve kirlilik sorunuyla karşı karşıyadır. Koruma-kullanma dengesi gözetilerek insan kaynaklı olumsuzluklar en aza indirilmelidir.

Sulak alanların sağladığı katkıların büyüklüğü göz önünde bulundurularak, ülkelerin sulak alan iyileştirme, koruma ve sürdürülebilir yönetimi için uluslararası akılcı politikaları ulusal politikalarıyla birleştirmesi gerekmektedir.

Türkiye`de son 55 yıl içerisinde yaklaşık 1,4 milyon hektar sulak alan yanlış uygulamalar sonucunda ekolojik ve ekonomik özelliklerini kaybetmiştir. Bunun önüne

geçmek için mevcut sulak alanların korunması, zarar gören alanların rehabilite edilmesi ve gelecekte zarar görmemeleri için önlemler alınması gereklidir.

Şehirleşmenin getirdiği baskı ile yeraltı suyunun beslenim alanı azalmıştır. Kentsel sulak alanlar hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin etkisinden arındırılarak sürdürülebilir ve akılcı yaklaşımlarla korunmalıdırlar.

Sulak alanlardaki ekonomik faaliyetlerde suyun sürdürülebilir kullanımının sağlanması için öncelikli olarak koruma-kullanım dengesi sağlanmalı; evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler ile oluşan kirliliğin önüne geçilmelidir.

Akarsu yatakları ve bunların beslediği sulak alanlardan kumların ve çakılların taranması, denetimsiz olarak sazların toplanması ve yakılması, izinsiz avlanma, sürekli otlak olarak kullanma, bölgede yapılan faaliyetler sonucu görüntü ve gürültü kirliliği benzeri sebepler sulak alanlardan alınan verimin düşmesine hatta yok olmasına sebep olmaktadır. Bu faaliyetlerin engellenmesi için uygun denetimin sağlanması gerekmektedir.

Ilıca deresinde Balçova barajından su salınmaması sebebiyle sadece yağışlı mevsimlerde su olması, sulak alanın mayıs ayından kasım ayına büyük miktarda tatlı su kaynağından mahrum kalması anlamına gelmektedir. Ayrıca bu derelerin beton kaplamayla ıslah edilmesi yeraltı suyu beslenimini engellemektedir. Sulak alanların ihtiyacı olan tatlı suya ulaşabilmesi için Balçova (Cengiz Saran) barajından Ilıca deresine bırakılan fazla suyun, yerleşim yerlerini bir kanalla geçtikten sonra lagüne bırakılması uygun olacaktır.

Sulak alanlarda su kalitesi sürekli olarak kontrol edilmeli ve değerlendirilmelidir. Bir veri bankası oluşturularak geçmişteki ve güncel verilerin tüm ilgililerin kullanımına açık olması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Ağırgöl-Kayacan, Y. (2008). *Biga Yarımadası Çanakkale İl Sınırları İçerisindeki Kıyı Sulak Alanların İnsan Çevre Etkileşimi Bakımından Değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.

Akar, A. T. (2012). *Seferihisar ve Balçova Jeotermal Alanlarında ve Çevre Akiferlerinde Akışkan Akımının Modellenmesi* [Doktora Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Akdeniz, V., Kınık, Ö., Yerlikaya, O. ve Akan, E. (2016). İnsan Sağlığı ve Beslenme Fizyolojisi Açısından Çinkonun Önemi. *Akademik Gıda*, 14(3), 307-314.

Akkurt, F., Alıcılar, A. ve Şendil, O. (2002). Sularda Bulunan Nitratın Adsorpsiyon Yoluyla Uzaklaştırılması. *Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Der*., 17(4), 83-91.

Aksoy, N. (2001). *Balçova – Narlıdere Jeotermal Sisteminin İzleyiciler ile İncelenmesi* [Doktora Tezi]. Dokuz Eylül üniversitesi.

Aksoy, N., Şimşek, C. ve Gündüz, O. (2008). Groundwater Contamination Mechanism in A Geothermal Field: A Case Study of Balçova, Turkey. *Journal of Contaminant Hydrogeology*, 103, (1-2), 13-28.

Alacalı, M. (2006). *Balçova Jeotermal Sahası'nın Hidrotermal Alterasyon Verilerinin Değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Alacalı, M. (2012). *Balçova Jeotermal Sisteminin Hidrojeolojik Modellemesi* [Doktora Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi.

Alan, İ., Keskin, H., Böke, N., Altun, İ., Balcı, V. vd. (2019). Menderes Masifi'nin Tektono-Stratigrafik Özellikleri Projesi Kapsamında Elde Edilen Son Bulgular. *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 28, 41-48.

Alkan, M.N. (2018). *Kuzey Anadolu Fayı (Kaf) Bolu-Çankırı ve Amasya Bölgelerindeki Asismik Tektonik Yapının Periyodik Gps Ölçümleri ile Belirlenmesi* [Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Alvarez-Cobelas, M., Sánchez-Carrillo, S., Cirujano, S., ve Angeler, D. (2008). Long-Term Changes İn Spatial Patterns of Emergent Vegetation in A Mediterranean Floodplain: Natural Versus Anthropogenic Constraints. *Plant Ecology*, 194, 257–271.

Amanuel, K. (2015). *GIS and remote sensing based analysis of population and environmental change: the case of jarmet wetland and it's surruonding environments in Western Ethiopia* [Doktora Tezi]. Addis Ababa Üniversitesi.

Ananthimalinia, V.C., Senthamilselvib, M.M. ve Manikandanc, S. (2019). Graphical Technıques Of Presentation Of Hydro-Chemical Data in Some Areas Of Villupuram District, Tamil Nadu, India. *International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations* 7(2), 137-146.

Arık, V. E. (2005). *Narlıdere (İzmir) Kıyı Kesiminin Hidrojeolojisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Atabey, E. (2010) *İçme Suyunda Flor ve Etkileri*. MTA Yer Bilimleri ve Kültür Serisi. ISBN: 978-605-4075-80-5

Ateş, H. ve Uzer, Y. (1 Aralık 2022). *Sulak Alan Projeleri ile Kalkınmanın Uyumlaştırılması: Akşehir Gölü Rehabilitasyon Projesi Örneği.* https://bit.ly/3GWtgUy

Atilla, A. Ö. ve Arıkan, A. (2001). Antalya Traverten Platosu Yeraltı Sularının Kümeleme ve Faktör Analizi Sınıflandırılması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 25(1), 41-53.

Atıcı, S. (2010). *Lugeon Deney Sonuçlarının Kaya Ortamların Hidrojeolojik Karakterizasyonu Açısından Değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi.

Aydınoğlu, F. (2019). *Elazığ İl Merkezi ve Yakın Çevresindeki Mineralli Suların Hidrojeokimyasal İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Fırat Üniversitesi.

Back, W. (1966). Hydrochemical Facies and Groundwater Flow Patterns in Northern Part of Atlantic Coastal Plain. *U.S. Geol. Survey Proffessional paper,* 498(A), 42.

Badur, Ö. (2011). *Balçova Jeotermal Alanında Jeofiziksel Gözlemleme Çalışmaları* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Bağbuğ, Y. (1999). Tuz Gölü'nde Yaşayan Artemia Salina (L., 1758)'nın Bazı Biyolojik Özellikleri, *Tr. J. of Zoology* 23 Ek Sayı 2, 617-624, Tubitak.

Balaban, T. Ö., Akın, H., Tarcan, G., Gemici, Ü., Çolak, M. ve Karamanderesi, İ. H. (2016). Gümüşköy Kaplıcası (Aydın) ve Çevresinin Hidrojeokimyasal İncelenmesi. *Pamukkale Uni. Müh. Bilim Derg.*, 22(6), 553-558.

Baran, D. (2018). *Sulak Alanların Sorunları ve Rehabilitasyon Önerileri: Akgöl Sulak Alanı* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Barka, A. ve Reilinger, R. (1997). Active Tectonics Of The Eastern Mediterranean Region: Deduced From GPS, Neotectonic And Seismicity Data. *Annelis de Geofisica,* 40(3), 587- 610.

Barka, A., Relienger, R. ve Emre, Ö. (2000). *Orta Batı Anadolu Transform/Ridge/Transform Üçlü Eklemi. Batı Anadolu'nun Depremselliği*. Sem. Bil. Kitabı, 39.

Barlow, P. M. (2003). *Ground Water in Freshwater-Saltwater Environments Of The Atlantic Coast.* US Geological Survey.

Başarır, E. ve Konuk, Y. T. (1981). Gümüldür Yöresinin Kristalin Temeli ve Allokton Birimleri (Crystalline Basement And Allochthon Units Of Gümüldür Region). *Geological Society of Turkey Bulletin*, 24, 1-6.

Başbuğ, Y. (1999). Tuz Gölü'nde Yaşayan Artemia salina'nın (L., 1758) Bazı Biyolojik Özellikleri. *Turkish Journal of Zoology*, 23(2), 617-624.

Başkan, M. E. ve Canik, B. (1983). *IAH Map of Mineral and Thermal Waters of Turkey Aegean Region.* MTA No. 189, 80.

Batur, B. (2020). *Yalvaç-Gelendost (Isparta) Havzası Su Kaynaklarının Hidrojeokimyası ve Sağlık Risk Değerlendirmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi.

BAÜN. (7 Ocak 2023). *Bor Elementi, Bileşikleri ve Mineralleri ile İlgili Genel Bilgiler.* http://w3.balikesir.edu.tr/~hguler/bor_kimyasi.htm

Benli, H. (1998). *Çakalburnu Dalyanı'nın Omurgasız Biomasının Zaman Serileri İçinde İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Bilici-Başkan, M. ve Atalay, N. (2014). İçme ve Sulama Sularında Bor Kirliliği ve Bor Giderme Yöntemleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 78-84.

Bilici-Başkan, M. ve Pala, A. (2009). İçme Sularında Arsenik Kirliliği: Ülkemiz Açısından Bir Değerlendirme. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(1), 69-79.

Binbirgıda. (25 Kasım 2022). *Deniz Tuzu Üretimi.* https://www.binbirgida.com/tuz/deniz-tuzu-uretimi.

Blashfield, R. K. ve Aldenderfer, M. S. (1978). The Literature on Cluster Analysis. *Multuvariate Behavioral Research*, 13(3), 271-295. https://doi.org/10.1207/s15327906mbr1303_2

Bor, E. (2021). *Salavatlı (Aydın) ve Yakın Çevresi Jeotermal Sularının Hidrojeolojik Modellemesi (Büyük Menderes Kıtasal Rift Zonu Orta Kısmı)* [Doktora Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi.

Bozbay, E., Kozan, A. T., Bircan, A. ve Öğüdüm, F. (1986). *Küçük Menderes Havzasının (Batı ve Orta Bölümü) Jeomorfolojisi*. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor Derleme No: 8008, Ankara.

Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey – Synthesis. *Geodinamica Acta*, 14(1-3), 3-30, DOI: 10.1080/09853111.2001.11432432

Bölük, E. (2016). *Thornthwaıte İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi*. OSİB, MGM, Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü.

Brookins, D.G. (1988). *Eh-pH Diagrams For Geochemistry*. Springer-Verlag. Berlin.

Buğdaycı, M. (2017). *Mg-Sr Alaşımları Üretimi Amacıyla MgO, SrO Sisteminin Redüksiyon Koşullarının İncelenmesi* [Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Burkut, E. (2018). Suda Amonyum, Nitrit ve Nitrat. *Su ve Çevre Teknolojileri Dergisi*, 120, 20-22.

Bükülen, E. (2013). *Üçyol – Fahrettin Altay Meydanı Arasında Yer Alan Tünel Güzergahının Mühendislik Jeolojisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Candan, O. Dora, O. Ö., Oberhänsli, R., Oelsner, F. ve Dürr, S. (1997). Blueschist relics in the Mesozoic cover series of the Menderes Massif and correlations with Samos Island, Cyclades. *Schweiz Mineral. Petrol. Mitt.*, 77, 95-99.

Candan, O. ve Dora, O.Ö. (1998). Menderes Masifi'nde Granulit, Eklojit ve Mavi Şist Kalıntıları: Pan-Afrikan ve Tersiyer Metamorfik Evrimine Bir Yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41/1, 1-35.

Candan, O., Oberhanslı, R., Dora, O. Ö., Çetinkaplan, M., Koralay, E., Rimmele vd. (2011). Menderes Masifi'nin Pan-Afrikan Temel ve Paleozoyik-Erken Tersiyer Örtü Serilerinin Polimetamorfik Evrimi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Dergisi*, 142, 123-165.

Civaş, N. (2001). *Çakalburnu Dalyanı (Balçova-İzmir) çevresindeki kuş türlerinin araştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Ege Üniversitesi.

CSB (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı). (2021). *6. Türkiye Çevre Durum Raporu.* https://ced.csb.gov.tr/turkiye-cevre-durum-raporu-i-82673

Çağırankaya, S. ve Köylüoğlu, F. (2013). Sulak Alan Kavramı, Sulak Alan nedir? Sulak Alan Sınıflandırması. Meriç, T ve Çağırankaya, S (Ed.), *Sulak Alanlar* içinde (22-36). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü.

Çağlayan, A. M., Öztürk, E.M., Öztürk, Z., Sav, H. ve Akat, U. (1980). Structural observations on the southern Menderes Massif. *Publication Chamber Geological Engineering Turkey*, 10, 9-17.

Çakır, F. (1994). *Karşılıklı Bağımlılığın Ölçüsünde Kümeleme Analizi ve Bir Uygulama* [Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi.

Çalışkan, V. (2003). Amik Ovası ve Amik gölü: Bir sulak alanı kurutma deneyiminin günümüze ulaşan etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 0 (41), 97-125.

Çanga-Çelik, A. ve Polat-Üzümcü, T. (2020). Sürdürülebilir Eko-Turizm Destinasyonları Olarak Sulak Alanlar: Uluabat Gölü. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (2), 335-346.

Çiftçi, H., Kaplan, Ş. Ş., Köseoğlu, H., Karakaya, E. ve Kitiş, M. (2007). Yapay Sulak Alanlarda Atıksu Arıtımı ve Ekolojik Yaşam. *Erciyes Üni. Fen Bil. Ens. Dergisi*, 23(1-2), 149-160.

Çolak, H.E. ve Memişoğlu, T. (2021). Thornthwaite İklim Sınıflandırma Yöntemine Göre Karadeniz Bölgesi İklim Sınır Haritasının CBS ile Üretilmesi. *Geomatik Dergisi*, 6(1), 31-43.

Davraz, A., Şener, E. ve Şener, Ş. (2008). Temporal Variations of Fluoride Concentration in Isparta Public Water System and Health İmpact Assessment (SW-Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 56(1):159-170 DOI:10.1007/s00254-007-1148-1

DCCEEW [Australian Government Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water]. (1 Aralık 2022). *About wetlands.* https://www.dcceew.gov.au/water/wetlands/about

Dervişoğlu, A. (2018). *Sulak Alanların Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İrdelenmesi: Akgöl Örneği* [Doktora Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi.

Dewey, J. F. ve Şengör, A. M. C. (1979). Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 1(90), 84-92.

Doğa Derneği. (2008). *Gediz Deltası Sürdürülebilir Turizm Planı ve Pazarlama Stratejisi*. İzmir.

Doneen, L.D. (1964). *Water Quality for Agriculture*. Department of Irrigation, University of Calfornia, Davis, 48.

Dora, O. Ö., Kun, N. ve Candan, O. (1992). Menderes Masifi'nin Metamorfik Tarihçesi ve Jeotektonik Konumu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, C, 35.

DPT. (1998). *Türkiye Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planı*. Ankara.

Dugan, P. J. (1990). *Sulak Alanların Korunması (Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action)*, Doğal Hayatı Koruma Derneği, İstanbul.

Durmuş, İ. ve Eryavuz, A. (2012). Ruminant Hayvanlarda Yüksek Çinko Tüketiminin Etkileri. *Kocatepe Veteriner Dergisi*, 5 (2), 35-41.

Durov, S.A. (1948). Natural Waters and Graphic Representation of Their Compositions. *Akademiya Nauk SSSR Doklady*, 59, 87–90.

Dündar, A., Güngör, N., Gürsel, T., Özden, M. ve Özyeğin, E. (1986). *Kütahya – Emet Bölgesi Bor Tuzu Yatağı Nihai Değerlendirme Raporu.* Mta Rapor No: 7984. Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı.

Dünya Sağlık Örgütü [WHO]. (2022). *Guidelines For Drinking-Water Quality: Fourth Edition İncorporating The First and Second Addenda*. World Health Organization. ISBN 978-92-4-004506-4

Dürr, S., Alther, R., Keller, J., Okrusch, M. ve Seidel, E. (1978). The Median Aegean Crystalline Belt: Stratigraphy, Structure, Metamorphism, Magmatism. Closs, H., Roeder, D.R., Schmidt, E. (Ed), *Alps, Apennines, Hellenides. Schweizerbart* içinde (445-477). E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.

Emre, Ö. ve Barka, A. A. (2000). *Gediz Grabeni Ege Denizi Arasının (İzmir Yöresi) Aktif Fayları.* Batı Anadolu Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000), İzmir, 131-132.

Emre, T. (1996). Geology and the Tectonics of the Gediz Graben. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5(3), 171-185.

EPA [A.B.D. Çevre Koruma Ajansı]. (12 Ocak 2022a). *Indicators: Conductivity.* https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-conductivity

EPA. (1993). *Constructed wetlands for wastewater treatment and wild life habitat: 17 Case Studies*. EPA832-R-93-005.

EPA. (1995). *A Handbook of Constructed Wetlands* (1. Baskı). General Considerations, USEPA Region III with USDA, NRCS. ISBN 0 -6- 052999-9.

EPA. (1999). *Manual, Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wasterwaters*. EPA/625/R-99/010.

EPA. (2002). *Arsenic Treatment Technologies For Soil, Waste, And Water*. U.S. EPA/National Service Center for Environmental Publications, Cincinnati.

Erarslanoğlu, N. (2016). *Çakalburnu Dalyanı'nda (İzmir Körfezi) Pikoplanktonun Bolluk ve Biyokütlesindeki Aylık Değişimler* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Erdem, O. (2007). Sulak Alan Yönetim Planı. Özbek, H (Ed.), *Sulak Alan Yönetim Planlaması Rehberi* içinde (105-126). Kuş Araştırmaları Derneği.

Erdem, O. (2013). Sulak Alanların Önemi, İşlev ve Değerleri. Meriç, T ve Çağırankaya, S (Ed.), *Sulak Alanlar* içinde (67-80). Orman ve Su İşleri Bakanlığı,

Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü.

Erdoğan, B. (1990a). İzmir-Ankara Zonu ile Karaburun Tektonik Kuşağının İlişkisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 110, 1-15.

Erdoğan, B. (1990b). İzmir- Ankara Zonunun İzmir ile Seferihisar Arasındaki Bölgede Stratigrafik Özellikleri ve Tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologlar Derneği Bülteni*, 2(1), 1-20.

Erdoğan, S. (2007). Ramsar Sözleşmesi ve Uluslararası Süreç. Özbek, H (Ed.), *Sulak Alan Yönetim Planlaması Rehberi* içinde (97-104). Kuş Araştırmaları Derneği.

Erdoğan-Topçuoğlu, M. (2022). *İzmit Havzasının Hidrojeoloji İncelemesi ve Yeraltısuyu Akım Modellemesi* [Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Erguvanlı, K. ve Yüzer, E. (1973). *Yeraltı Suları Jeolojisi (Hidrojeoloji).* İTÜ Yayınları.

Eriksson, E. (1981). Aluminium in Groundwater Possible Solution Equilibria. *Nordic Hydrojeology*, 12, 43-50.

Eskier, U. (05 Ocak 2023). *Silisyum Nedir? (Özellikleri, Kullanımı).* https://www.makaleler.com/silisyum-nedir-ozellikleri-kullanimi

Eskier, U. (08 Ocak 2023). *Brom Nedir? (Özellikleri, Kullanımı, Zararları).* https://www.makaleler.com/brom-nedir-ozellikleri-kullanimi-zararlari

Eşder, T. ve Şimşek, Ş. (1975). *Geology of İzmir (Seferihisar) geothermal area, Western Anatolia of Turkey: determination of reservoirs by means of gradient drilling.* Proceedings of the Second UN Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, 349–61.

ETİ [ETİ MADEN]. (25 Ocak 2023). *Bor Mineralleri.* https://www.etimaden.gov.tr/bor-mineralleri

EW (12 Ocak 2023). *Su kalitesi: Su testinde pH nedir?* https://www.ethicwater.com.tr/2022/09/16/su-kalitesi-su-testinde-ph-nedir/

FAO [The Food and Agriculture Organization]. (26 Kasım 2022). *Ramsar Wetland Classification.* https://www.fao.org/3/X6611E/x6611e03d.htm

Fetter, C.W. (2008). *Contaınment Hydrogeology* (2. Baskı). Waveland Press.

Fidan, H. (5 Aralık 2022). *İzmir'deki Çakalburnu Lagünü ve kent ormanında ilkbahar güzelliği.* https://www.aa.com.tr/tr/yasam/izmirdeki-cakalburnu-lagunu-ve-kent-ormaninda-ilkbahar -guzelligi/2571489

Filiz, Ş., Tarcan, G. ve Gemici, Ü. (1999). Germencik (Aydın) Jeotermal Alanlarının Hidrojeokimyasal Açıdan İncelenmesi. *DEÜ Müh. Fak. Fen ve Müh. Der.,* 1(1), 41-64.

Ford, D.C. ve Williams, P. (2007). *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118684986

Ge, F., Li, Y., Ye, X. ve Liu, H. (2015). *Progress on the Extraction Techniques of Bromine*. 2015 International Symposium on Energy Science and Chemical Engineering, Atlantis Press, 23-27.

Gemici, Ü. (1999). *Çeşme Yarımadası'nın Hidrojeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları* [Doktora Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

George, D. ve Mallery, P. (2019). *IBM SPSS Statistics 26 Step by Step: A Simple Guide and Reference* (16. Baskı). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429056765

Gökçelik, J. (1963). Türkiye İçme Suyu Sertlik Limiti Ne Olmalıdır. *Kimya Mühendisliği Dergisi*, 1 (2), 40-43.

Görmez, K. (1997). *Çevre Sorunları ve Türkiye* (2. Baskı). Gazi Kitabevi Yayınları.

Görür, N., Şengör, A. M. C., Sakınç, M., Tüysüz, O., Akkök, R., Yiğitbaş, E ve diğ. (1995). Rift formation in the Gökova region, southwest Anatolia: implications from the opening of the Aegean Sea. *Geological Magazine,* 132, 637-650.

Gözlü, M. (2022). *Çelikhan (Adıyaman) İlçesinin G-Gb'sının Hidrojeolojik İncelemesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Fırat Üniversitesi.

Greenwood, N. N. ve Earnshaw, A. (1997). *Chemistry of the Elements* (2. Baskı). Elsevier Butterworth- Heinemann, Oxford.

Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z. (1997). *Su Kalitesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*. T.C. Sağlık Bakanlığı.

Gültekin, O. Ş. (2015). *Yeraltı Suyu Miktarındaki Değişimin Yeraltı Suyu Kalitesine Etkileri ve Çözüm Önerileri* [Uzmanlık Tezi]. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Günay, K. (1996). *Zemin Sondajlarındaki Basınçlı Su Deneylerinde Dikkat Edilecek Noktalar ve Lugeon Deneyi*. Sondaj Sempozyumu'96, İzmir. ISBN 975-395-178-7.

Güney, B. (2014). *Havza Yönetim Planları İçerisinde Sulak Alanların Yeri, Kuş ve Habitat Direktifleriyle Olan İlişkisi* [Uzmanlık Tezi]. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Handa, B.K. (1975). Geochemistry and Genesis or Flouride Containing Groundwater in İndia. *Ground Water*, 13, 278-281.

Hapçıoğlu, B., Dişçi, R. Demir, L., Başak, E. Güray, Ö ve Özer, N. (1992). Türkiye İçme Sularında Florürün Bölgesel Dağılımı (I). *İ.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26(4), 222-223.

Hassanzadehdıznabi, S. (2019). *İzmir Çamaltı Tuzlasından İzole Edilen Halofilik Bakterilerde Karotenoid İzolasyonu ve Üretim Potansiyellerinin Belirlenmesi* [Doktora Tezi]. Ege Üniversitesi.

Hem, J. D. (1985). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water* (3. Baskı). Department of the İnterior, US Geological Survey Water Supply Paper, 2254.

Hepcan, C., Hepcan, Ş. (2017). *Assessing Ecosystem Services of the Inciralti Urban Forest.* MEDCOAST2017, Mellieha, Malta.

Hepsağ, E. (2003). *Köyceğiz-Dalyan Lagün Havzası Su Kaynaklarının Su Kalitesi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi].

Hızlı, Ş., Ceran, Y. ve Çağırankaya, S. (2013). Sulak Alan Mevzuatı. Meriç, T ve Çağırankaya, S (Ed.), *Sulak Alanlar* içinde (81-96). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü.

Hilal, N., Kim, G. J. ve Somerfield, C. (2011). Boron Removal from Saline Water: A Comprehensive Review. *Desalanition*, 273 (1), 23-25.

Hounslow, A.W. (1995). *Water Quality Data: Analysis And Interpretation*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780203734117

Hurricane Katrina. (26 Kasım 2022). *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane_Katrina

İBB. (2012). *1/25000 Ölçekli İzmir Büyükşehir Bütünü Çevre Düzeni Planı Açıklama Raporu.* İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı, Nazım Plan Şube Müdürlüğü.

İçişleri Bakanlığı. (24 Kasım 2022). *Mülki İdare Birimleri.* https://www.e-icisleri.gov.tr/Anasayfa/MulkiIdariBolumleri.aspx

İJ [İzmir Jeotermal]. (12.12.2022). *İşletme Tesis ve Kuyular.* https://www.izmirjeotermal.com.tr/hakkimizdaisletme-tesis-ve-kuyular.

İKA. (2022). *İzmir İlindeki Jeotermal Kaynakların Potansiyeli, Kullanım Alanları, Ekonomik ve Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi Araştırması.* İzmir Kalkınma Ajansı.

İnci, U., Sözbilir, H., Erkül, F. ve Sümer, Ö. (2003). Urla-Balıkesir Arası Depremlerin Nedeni Fosil Bir Fay. *Cumhuriyet Gazatesi Bilim Teknik Dergisi*, 848, 6-7.

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. (2005). *T.C. Resmî Gazete* (25730, 17 Şubat 2005).

İrcan, M. R. ve Duman, N. (2021). Thornthwaıte İklim Sınıflandırmasına Göre Şanlıurfa İklimi. *DTCF Dergisi*, (61)1, 68-93.

İZSU. (11 Aralık 2022). *Yerüstü Su Kaynakları.* https://www.izsu.gov.tr/tr/TesisDetay/1/3/2

Jäckli, H. (1970). Kriterien zur Klassifikation von Grundwasservorkommen. *Ecologae Geologicae Helvetiae,* 63, 389-434.

Jackson, J. ve McKenzie, D. (1984). Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt between wetern Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 77, 185-264.

Jackson, J. ve McKenzie, D. (1988). Rates of Active Deformation in the Aegean Sea and Surrounding Regions. *Basin Research*, 1, 121-128.

Jacobshagen, V. (1986). *Geologie von Griechenland, Beitrage zur regionalen Geologie de Erde* (1. Baskı). Gebrueder Bornrüder Berlin.

Jolivet, L., Faccenna, C., Huet, B., Labrousse, L., Pourhiet, L., Lacombe vd. (2013). Aegean Tectonics: Strain Localisation, Slab Tearing and Trench Retreat. *Tectonophysics*, 597-598, 1-33.

Joyeux, J.C., ve Ward, A. B. (1998). Constraints on Coastal Lagoons Fisheries. *Advances in Marine Biology*, 34, 73-178.

Kadak, A. E. ve Aras, S. (2017). Su Sıcaklığının Diğer Su Özelliklerine Olan Etkileri. *Menba Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 3(1-2), 30-35.

Kalaycı, Ş. (2009). *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri.* Asil Yayın Dağıtım.

Kaplan, A. (2021). *Antalya Havzasında Yer Alan Düden, Kuyu ve Su Kaynaklarının Hidrojeoloji ve Hidrojeokimyasal İncelemesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Akdeniz Üniversitesi.

Kapoor, I. (2001). Towards a Participatory Environmental Management. *Journal of Environmental Management*, 63, 269-279.

Kar, M. ve Leblebici, Z. (2020). Su Rezervuarlarının Kalitesinin Değerlendirilebilmesi İçin Çok Değişkenli İstatistiksel Tekniklerin Kullanılması: Yamula Baraj Gölü Örneği. *AKU J. Sci. Eng*. 20 (2020) 021001 (189-195).

Karapınar, N. (2022). Mineralden Metale Bakırın Yolculuğu. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 656, 32-43.

Kaya, O. (1979). Ortadoğu Ege Çöküntüsünün (Neojen) Stratigrafisi ve Tektoniği. *Geological Society of Turkey Bulletin*, 22, 35-58.

Ketin, İ. (1948). Über Die Tektonisch-Mechanischen Folgerungen Aus Den Grossen Anatolischen Erdbeben Des Letzten Dezenniums. *Geo Rundsch*, 36, 77- 83.

Kır, İ. ve Ulusoy, M. (2017). Antalya İli (Türkiye) İçme Suyu Kaynaklarında Arsenik (As) Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 13(2), 186-194.

Kleinbaum, D. G., Kupper, L. L., Muller, K. E. ve Nizam, A. (1998). *Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods.* Duxbury Press, London. ISBN:0-534-209106.

Koch, M., Schmid, T., Reyes, M., ve Gumuzzio, J. (2012). Evaluating Full Polarimetric C- and L-Band Data for Mapping Wetland Conditions in a Semi-Arid Environment in Central Spain. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5, 1033– 1044.

Koç, F.H. ve İnan, E. (1983). *Balçova – İnciraltı – Narlıdere Ovaları Hidrojeolojik Etüdü.* DSİ 2. Bölge Müdürlüğü.

Koltan-Yılmaz, Ş. ve Patır, S. (2011). Kümeleme Analizi ve Pazarlamada Kullanımı. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 2(1), 91-113.

Konak, N. (2007). *Menderes Masifinin Prekambriyen- Paleozoyik İstiflerinin Tektonik Üniteler Bazında Tartışılması*. Menderes Masifi Kolokyumu, İzmir, Genişletilmiş Bildiri Özleri Kitabı, 17-23.

Konak, N., Akdeniz, N., Öztürk, E.M. (1987). *Geology of the south of Menderes Massif, I.G.C.P. projectno:5, Correlation of Variscan and pre-Variscan events of*

the Alpine Mediterranean mountain belt. Field meeting, Mineral Research and Explorations Institute Turkey, 42-53.

Koralay, E., Satır, M., Dora, O.Ö. (2001). Geochemical and Geochronological Evidence For Early Triassic Calc-Alkaline Magmatism İn The Menderes Massif, Western Turkey. *International Journal Earth Sciences,* 89, 822-835.

Koralay, O.E., Candan, O., Akal, C., Dora, O.Ö., Chen, F., Satır, M. vd. (2011). Menderes Masifindeki Pan-Afrikan ve Triyas Yaşlı Metagranitoyidlerin Jeolojisi ve Jeokronolojisi, Batı Anadolu, Türkiye. *MTA Dergisi*, 142, 69-121.

Korkanç, S. Y. (2004). Sulak Alanların Havza Sistemi İçindeki Yeri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 6 (6), 117-126.

Köse, G. (2007). *Grafitli Şeyl Ayrışma Ürünü Killer ve Kaymaya Olan Etkileri Örnek Çalışma: Narlıdere Heyelan Bölgesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Kuleli, S. (1995). Su Kaynaklarının Yönetimi. *Yeni Türkiye Çevre Özel Sayısı*, 1 (5), 461-464.

Kundu, N., Panigrahi, M. K., Tripathy, S., Munshi, S., Powell, M. A. ve Hart, B. R. (2001). Geochemical Appraisal of Fluoride Contamination of Groundwater in The Nayagarh District of Orissa, India. *Environmetal Geology*, 41, 451–460.

Kurt, A. (2012). *Doğancı Baraj Gölü Su Kalitesinin Tba Yardımıyla Değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Uludağ Üniversitesi.

Lenntech. (27 Aralık 2022). *Aliminium (Al) and Water.* https://www.lenntech.com/periodic/water/aluminium/aluminum-and-water.html

Maman Hassan, A. (2021). *Çarşamba Akiferi Yeraltı Suyunun Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal Özelliklerinin Araştırılması* [Doktora Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Mandal, B. K. ve Suzuki, K. T. (2002). Arsenic Round The World: A Review. *Talanta*. 58 (1), 201-235.

Matthews, G. V. T. (1993). *Ramsar Convention on Wetlands: its History and Development.* Ramsar Convention Bureau.

McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M. N. ve Veis, G. (2000). Global Positioning System Constraints on Plate Kinematics and Dynamics in The Eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105(B3), 5695-5719.

McKenzie, D. P. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society*, 30, 109-185.

MEDWET [The Mediterranean Wetlands Initiative]. (1 Aralık 2022). *About wetlands.* https://medwet.org/aboutwetlands/

MGM. (2022). *Veri Değerlendirme.* https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=IZMIR

Moore, K. (2005). *Treatment Of Arsenic Contaminated Groundwater Using Oxidation And Membrane Filtration* [Yüksek Lisans Tezi]. University of Waterloo.

MTA. (28 Aralık 2022). *Arsenik.* https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/Arsenik

Neff, J. M. (2002). *Zinc in the Ocean.* Bioaccumulation in Marine Organisms, 175-189. DOI:10.1016/B978-008043716-3/50011-7

Neil, H. T. (2002). *Applied Multivariate Analysis.* Springer Verlag.

Nicholson, K. (1993). *Geothermal Fluids, Chemistry and Exploration Techniques.* Springer-Verlag, Berlin.

O'Day, P.A., (2006). Chemistry and Mineralogy of Arsenic. *Element*, 2, 77–83.

Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ. (2004). Neotectonic Structures İn The Area Offshore of Alaçatı, Doğanbey and Kuşadası (Western Turkey). Evidence Of Strike-Slip Faulting İn The Aegean Extensional Province. *Tectonophysics*, 391(1-4), 67-83.

Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ. (2005). İzmir Körfezi ve Çevresinin Sualtı Aktif Fayları ve Depremselliği. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, 27(1), 23-40.

Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ. (2005). Neotectonic Structures İn İzmir Gulf And Surrounding Regions (Western Turkey): Evidences Of Strike-Slip Faulting With Compression İn The Aegean Extensional Regime. *Marine Geology*, 219, 155-171.

OGM. (2 Aralık 2022). *Tükenen Türler. Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.* https://bursaobm.ogm.gov.tr/Documents/FikirBahcesi/16/tukenen_turler.pdf

Okay A.İ. ve Siyako M. (1991). The New Position Of The İzmir–Ankara Neo-Tethyan Suture Between İzmir And Balıkesir. Turgut S. (Ed.), *Tectonics And Hydrocarbon Potential Of Anatolia And Surrounding Regions* içinde (333-355). Ozan Sungurlu Symposium Proceedings.

Okay, A. I. ve Satır, M. (2000). Türkiye'nin Kuzeybatısındaki En Son Oligosen Metamorfik Çekirdek Kompleksinde Çağdaş Plütonizm ve Metamorfizma. *Jeoloji Dergisi*, 137 (5), 495-516. doi:10.1017/S0016756800004532

Okay, A. İ., İşintek, İ., Altıner, D., Özkan-Altıner, S. ve Okay, N. (2012). An Olistostrome-Mélange Belt Formed Along a Suture: Bornova Flysch Zone, Western Turkey. *Tectonophysics*, 568-569, 282-295.

Okay, A., (1989). Tectonics Units and Sutures in The Pontids, Northern Turkey. A.M.C. Şengör (Ed.), *In Tectonic Evolution of the Tethyan Region* içinde (109-113). NATO ASI Series, Springer.

OregonState. (21 Aralık 2022). *Minerals: Calcium.* Oregon State Üniversitesi. https://lpi.oregonstate.edu/mic/minerals/calcium

Oruç, N. (1972). Suda Sertliğin Önemi, Giderilmesi ve Tayini. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Der.*, 3(2), 187-193.

Oruç, N. (2008). Occurrence And Problems Of High Fluoride Waters İn Turkey: An Overview. *Environ Geochem Healty,* 30(4):3, 15-23. DOİ: 10.1007/s10653-008-9160-2.

Ölmez, M. ve Saraç D. (2009). Su Ürünleri İçin pH'nın Önemi. *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, 353, 12-17.

Öngür, T. (28 Aralık 2022). *Sudaki Arsenik.* Jeoloji Mühendisleri Odası. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/fbc40ba0c00c0a4_ek.pdf?dergi=HABER%20B%DCLTEN%DD

Özden, S. (1995). *Ramsar Sözleşmesi Kapsamında Türkiye'deki Sulak Alanların Yönetsel Sorunları ve Çözüm Önerileri* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi.

Özdestan, Ö. ve Üren, A. (2010). Gıdalarda Nitrat ve Nitrit. Akademik Gıda, 8(6), 35-43.

Özen, A. ve Beklioğlu, M. (2007). Sulakalanlarla İlgili Temel Bilgiler. Özbek, H (Ed.), *Sulak Alan Yönetim Planlaması Rehberi* içinde (9-23). Kuş Araştırmaları Derneği.

Özer, S. ve İrtem, O. (1982). Işıklar-Altındağ (Bornova-İzmir) Alanı Üst Kretase Kireçtaşlarının Jeolojik Konumu, Stratigrafisi ve Fasiyes Özellikleri. *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 25, 41-47.

Özer, Z. (2005). *Balçova (İzmir) Kıyı Kesiminin Hidrojeolojisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül üniversitesi.

Parisi, A., Alfio, M. R., Balacco, G., Güler, C. ve Fidelibus, M. D. (2023). Analyzing Spatial and Temporal Evolution of Groundwater Salinization Through Multivariate Statistical Analysis and Hydrogeochemical Facies Evolution-Diagram. *The Science Of The Total Environment*, 862, 160697. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160697

Piper, A. M. (1944). A Graphical Procedure in The Geochemical Interpretation of Water Analyses. *American Geophysical Union Transactions*, 25, 914- 923.

Pourteau, A., Sudo, M., Candan, O., Lanari, P., Vidal, O., Oberhanslı, R. (2013). Neotethys Closure History of Anatolia: insight from 40Ar-39Ar Geochronology and P-T Estimation in High-Pressure Metasedimentary Rocks. *Journal of Metamorphic Geology*, 31, 585-606.

Prasanth, S. V., Magesh, N. S., Jitheshlal, K. V., Chandrasekar, N. ve Gangadha, K. (2012). Evaluation Of Groundwater Quality And İts Suitability For Drinking And Agricultural Use İn The Coastal Stretch Of Alappuzha District, Kerala, India. *Water Science* 2(3), 165–75. https://doi.org/10.1007/s13201-012-0042-5

Princi, M. P., Lupini, A., Araniti, F., Longo, C., Mauceri, A., Sunseri, F. ve Abenavoli, M. R. (2016). *Boron Toxicity And Tolerance İn Plants: Recent Advances And Future Perspectives.* Plant Metal İnteraction, 115-147. DOI:10.1016/B978-0-12-803158-2.00005-9

Ramazanoğlu, İ. (2008). *Balçova İlçesi ve Çevresinin Aktif Tektoniği ve Depremselliği: Jeolojik ve Sismolojik Verilerin Karşılaştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Ramsar. (1994). *Present Text Of The Convention On Wetlands.* (2 Aralık 2022). https://www.ramsar.org/document/present-text-of-the-convention-on-wetlands

Ramsar. (bt). *History of the Convention.* (2 Aralık 2022). https://www.ramsar.org/about/history-of-the-convention

Ramsar. (bta). *Ramsar Sites Around The World.* (2 Aralık 2022). https://www.ramsar.org/sites-countries/ramsar-sites-around-the-world

Ramsar. (btb). *The Convention on Wetlands and İts Mission.* (28 Kasım 2022). https://www.ramsar.org/about/the-convention-on-wetlands-and-its-mission

Ramsar. (btc). *The Ramsar Sites Criteria.* (30 Kasım 2022). https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/ramsarsites_criteria_eng.pdf

Reid, R. (2007). Physiology and Metabolism of Boron in Plants. Xu, Goldbach, Brown vd. (Ed.), *Advances in Plant and Animal Boron Nutrition* içinde, (83-90). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5382-5_7

Richards, L.A. (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. ABD Tarım Bakanlığı.

Sağlam, M. T. (1977). Sulama Sularında Mevcut Olan Karbonat ve Bikarbonat İyonlarının Toprak Üzerindeki Zararlı Etkilerinin Belirlenmesinde Kullanılan Bazı Kıstaslar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (2-3), 129-137.

SAKY (Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği). (2014). *T.C. Resmî Gazete* (28962, 4 Nisan 2014).

Sampat, P. (2001). *Yeraltı Sularının Kirlenmesi; Dünyanın Durumu.* TEMA Yayını (35).

Sarı, B. (2013). Late Maastrichtian-late Palaeocene Planktic Foreaminiferal Biostratigraphy of the Matrix of The Bornova Flysch Zone around Bornova (İzmir, western Anatolia, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22(1), 143-171.

Schoeller, H. (1955). Gechemie des Eaux Souterranes. *Rev. Inst. Franc. Petrole*, 10, 3-4.

Selçuk, H. (2019). *Göller Bölgesinde Bulunan Sulak Alanların Tahribi ve Çevre Eğitimi Açısından Önemi* [Yüksek Lisans Tezi]. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.

Seyitoğlu, G. ve Scott, B. C. (1991). Late Cenozoic Crustal Extension and Basin Formation in West Turkey. *Geological Magazine*, 128, 15-166.

Seyitoğlu, G. ve Scott, B. C. (1992). The Age of the Büyük Menderes Graben (west Turkey) and Its Implications. *Geological Magazine*, 129, 239-242.

Seyitoğlu, G., Scott, B. C. ve Rundle, C. C. (1992). Timing of Cenozoic Extensional Tectonics in West Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, 149, 533-538.

SKKY [Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği]. (2008). *T.C. Resmî Gazete* (26786, 13 Şubat 2008).

Smedley, P. L. ve Kinniburgh, D. G. (2002). A Review of the Source, Behaviour and Distribution of Arsenic in Natural Waters, App. *Geochem*, 17, 517-568.

Somay, A. M. (2000). *İzmir Kuş Cenneti'nin Hidrolojisi, Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Somay-Altas, A. M. (2021). Hydrogeochemical Fingerprints of a Mixohaline Wetland in The Mediterranean: Güllük Coastal Wetland System-GCWS (Muğla-Turkey). *Turkish J Earth Sci*, 30, 38-58. doi:10.3906/yer-2005-11

Somay-Altaş, A. M. (2022). Sürdürülebilir Kentler için Kentsel Sulak Alanların Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal Yönden Değerlendirilmesi: İzmir Kenti Örneği. *DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi,* 24(72), 959-971. DOI: 10.21205/deufmd.2022247224

Sözbilir H., Uzel B., Sümer Ö., İnci U., Ersoy E. Y., Koçer T. vd. (2008). D-B Uzanımlı İzmir Fayı ile KD-Uzanımlı Seferihisar Fayı'nın Birlikte Çalıştığına Dair Veriler: İzmir Körfezi'ni Oluşturan Aktif Faylarda Kinematik ve Paleosismolojik Çalışmalar, Batı Anadolu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 51 (2), 91-114.

Sreedevi, P. D., Ahmed, S., Made, B., Ledoux, E., Gandolfi, J. M. (2006). Association Of Hydrogeological Factors in The Temporal Variations of Fluoride Concentration in a Crystalline Aquifer India. *Environmetal Geology*, 50(1), 1–11.

Stanford. (21 Aralık 2022). *Mineral Makeup of Seawater*. https://web.stanford.edu/group/Urchin/mineral.html

Sungur, T., Karapars, R. ve Paya, D. (1981). Toplum Sağlığı Yönünden Türkiye'de İçme Sularında İyot ve Flour Konsantrasyonlarının Saptanması. *Doğa Bilim Dergisi*, 198(15), 91-100.

Sümer, Ö. (2007). *Güzelbahçe (İzmir) Çevresinin Alüvyonal Sedimantolojisi ve Aktif Tektoniği* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Şahinci, A. (1986). *Yeraltı Suları Jeokimyası*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, İzmir.

Şahinci, A. (1991). *Doğal Suların Jeokimyası*. Reform Matbaası, İzmir.

Şâmilgil, E. (1985). Balçova Kaplıcaları ve Türkiye'nin İlk Jeotermal Sondajları. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 5 (1-2), 107-130.

Şaroğlu, F. ve Güler, B. (2020). Batı Anadolu Tektonik Kaması'nın Güncel Deformasyonu: Batıya Doğru Kaçıştan Kaynaklanan Blok Hareketleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 63, 161-194.

Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. (1984). *Doğu Anadolu'nun Neotektoniği ve ilgili Magmatizması.* İhsan Ketin Simpozyumu, 149-162.

Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A. (1987). *Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı.

Şen, Z. (2014). *Practical and Applied Hydrogeology* (1. Baskı). Elsevier, Chapter 5, 279- 339.

Şengör, A. M. C. (1980). *Türkiye Neotektoniğinin Esasları.* Türkiye Jeoloji Konferansları Serisi 2, Ankara, 40 s.

Şengör, A. M. C. (1982). *Ege'nin Neotektonik Evrimini Yöneten Etkenler, Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması Paneli.* Congress of the Geological Society of Turkey, 59-72.

Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan Evolution Of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics,* 75, 181-241.

Şengör, A. M. C., Görür, N. ve Şaroğlu, F. (1985). Strike-Slip Faulting And Related Basin Formation İn Zones Of Tectonic Escape: Turkey As A Case Study. Biddle, K.T. ve ChrisiteBlick, N. (Ed.), *Strike-Slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation, Special Publications* içinde (227-264). Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.

Şengör, A.M.C., Satır, M., Akkök, R. (1984). Timing Of Tectonic Events İn The Menderes Massif, Western Turkey. Implications For Tectonic Evolution And Evidence For Pan-African Basement İn Turkey. *Tectonics,* 3(7), 693-707.

Tarcan, G. (2002). *Jeotermal Su Kimyası Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar.* Jenarum Yaz Okulu Ders Kitabı. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Tatlıdil, H. (1992). *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz*. Engin Yayınları.

Tepe, Ç. (2022). *İzmir Fayı'nın Paleosismolojisi ve Deprem Üretme Potansiyeli* [Doktora Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Tezcan, K. (1962). *İzmir (Agamemnon) Rezistivite Etütü.* MTA Rapor No:3214, Ankara.

Thornthwaite, C. W. (1948). An Approach Toward A Rational Classification. *Geographical Review*, 38(1), 55-94.

Tıraş, M. (2011). Çamaltı Tuzlası. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 12 (18), 291-300.

Toros, H. (12 Ocak 2023). *İletkenlik.* https://web.itu.edu.tr/~toros/hava/iletkenlik.html

TS 266 (2005). *Sular – İnsani Tüketim Amaçlı Sular.* Türk Standartları Enstitüsü. ICS 13.060.20

Turunç, U. D. (2021). *Çinko Madenciliği ve Metalurji Endüstrisi: Türkiye'de Çinko İzabe Tesisi Fizibilitesi ve Planlaması* [Doktora Tezi]. İstanbul Üniversitesi.

Uçar, S. (2022). *Çubuk Ovası'nın (Ankara) Hidrojeoloji ve Hidrojeokimya İncelemesi* [Doktora Tezi]. Fırat Üniversitesi.

United Nations. (26 Kasım 2022). *World Wetlands Day 2 February.* https://www.un.org/en/observances/world-wetlands-day

US Environmental Protection Agency. (1 Aralık 2022). *What is a Wetland?* https://www.epa.gov/wetlands/what-wetland

USGS. (21 Aralık 2022). *Magnesium Statistics and Information. United States Geological Survey.* https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/magnesium-statistics-and-information

Uygun, A. (1976). Silisyumun Jeokimyası ve Silisli Oluşukların Kökeni İçin Yeni Görüşler. *Yeryuvarı ve İnsan, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*, 1(3), 25-28.

Uzel, B. ve Sözbilir, H. (2008). A First Record Of A Strike-Slip Basin İn Western Anatolia And İts Tectonic İmplications: The Cumaovası Basin. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 559-591.

Uzel, B., Sözbilir, H. ve Özkaymak, Ç. (2012). Neotectonic Evolution of an Actively Growing Superimposed Basin in Western Anatolia: The Inner Bay of Izmir, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 439-471. doi:10.3906/yer-0910-11

Ünal, B. (2013). Sulak Alanların Önemi, İşlev ve Değerleri. Meriç, T ve Çağırankaya, S (Ed.), *Sulak Alanlar* içinde (97-126). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü.

Ünlü, M. Ü., Bilen, M. ve Gürü, M. (2011). Kütahya-Emet Bölgesi Yeraltı Sularında Bor ve Arsenik Kirliliğinin Araştırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26, (4), 753-760.

WHO (World Health Organization). (1993). *Drinking Water Standarts*. In Engineering Geology And Environmental Approach (Rahn, P., 1996). Second Edition. 256 – 257.

WHO. (1997). *Aluminium.* Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 194).

WHO. (Dünya Sağlık Örgütü). (1984). *Guidelines for Drinking Water Quality*. 2, 100-105.

Wilcox, L. V. (1955) *Classification and Use of Irrigation Water.* US Department of Agriculture, Circular 969, Washington DC.

Williams, M. (1990) *Wetlands: A Threatened Landscape.* Cambridge and Oxford: Blackwell.

WWF (World Wild Fund). (1 Aralık 2022). *What İs A Wetland And 8 Other Wetlands Facts?* https://www.worldwildlife.org/stories/what-is-a-wetland-and-8-other-wetland-facts

WWF Türkiye (World Wild Fund). (22 Kasım 2022). *Kentlerin Geleceği İçin Sulak Alanlar Korunmalı*. https://l24.im/O5z1

WWF Türkiye. (2008). *Türkiye'deki Ramsar Alanları Değerlendirme Raporu.* Doğal Hayatı Koruma Vakfı.

Yağmur, B. ve Aydın, Ş. (2013). Topraktan ve Yapraktan Çinko Uygulamalarının Marul (Lactuca Sativa L.) Bitkisinin Gelişmesi ve Bazı Mineral Madde Kapsamı Üzerine Etkisi. *Anadolu, J. of AARI,* 23 (2), 36 – 43.

Yalçın, M. Y. (2021). *Kumluca-Finike Ovalarının (Antalya) Hidrojeoloji ve Hidrojeokimyasal İncelemesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Akdeniz Üniversitesi.

Yalçın, N. (2013). *Kümeleme Analizi ve Uygulaması* [Yüksek Lisans Tezi]. Fırat Üniversitesi.

Yıldırım, A. (2009). *Balçova Barajı Havzasının Hidrojeoloji İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Yılmaz, V. ve Büyükyılmaz, M., (2009). *Batı Karadeniz Suları Havzasındaki Yüzey Suyu Kalitesi Parametrelerindeki Değişimin İncelenmesi ve Cluster Analizi ile İstasyonların Sınıflandırılması.* 5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu.

Yılmazer, S. (1989). *Balçova Kaplıcalarının (İzmir) Jeokimyasal Özellikleri ve Alanın Jeotermal Enerji Olanakları* [Doktora Tezi]. Akdeniz Üniversitesi.

Zor, M. (2001). Türkiye'nin Sulak Alanları. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 0 (1).