



**TARSUS (BERDAN) OVASI'NDA (MERSİN) BULUNAN
YAPAY SU KÜTLELERİNİN MORFOMETRİK VE
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CEREN SILA ÖZDEMİR

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
ARALIK-2024**

**TARSUS (BERDAN) OVASI'NDA (MERSİN) BULUNAN
YAPAY SU KÜTLELERİNİN MORFOMETRİK VE
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CEREN SILA ÖZDEMİR
ORCID ID: 0000-0003-0967-8179

MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
PROF. DR. CÜNEYT GÜLER
ORCID ID: 0000-0001-8821-6532

MERSİN
ARALIK-2024

ÖZET

TARSUS (BERDAN) OVASI'NDA (MERSİN) BULUNAN YAPAY SU KÜTLELERİNİN MORFOMETRİK VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışmada, Mersin'in doğusunda bulunan Tarsus (Berdan) Ovası'nda, tarım faaliyetleri için yöre halkı tarafından açılan çukurlarda oluşan yapay su kütlelerinin morfolometrik ve fizikokimyasal özelliklerinin ve bunların birbiriyle olan ilişkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. 20 Eylül-30 Ekim 2023 tarihleri arasında yapılan arazi çalışmalarında toplamda 129 yapay su kütlelerinin varlığı kesinleştirilmiş, bunların 69 tanesinden su örneği alınmıştır. Bu yapay su kütlelerinin morfolometrik özelliklerini değerlendirmek üzere PolyMorph-2D Coğrafi Bilgi Sistemleri eklentisi kullanılarak morfolometrik parametreleri hesaplanmıştır. Morfolometrik analizler, yapay su kütlelerinin genel olarak uzun çokgen özelliği sergilediklerini göstermiştir. Alınan su örneklerinin fiziksel parametreleri yerinde ölçümlerle, anyon bileşenleri spektrofotometre ve titrasyon yöntemleriyle, katyon bileşenleri ve iz elementleri ise iyon kromatografisi yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarıyla yapay su kütlelerinin çevresindeki insan faaliyetleri ve mekânsal farklılıkları ilişkilendirilerek değerlendirilmiştir. Ayrıca, yapay su kütlelerinin fasiyeslerini belirlemek amacıyla Piper diyagramı, sulama suyu olarak uygunluklarını değerlendirmek içinse ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox diyagramları oluşturulmuştur. Tarsus (Berdan) Ovası'nda bulunan yapay su kütlelerinin Piper diyagramına göre; %47'sinin "sodyum-klorür tipi", %29'unun "karışık tip", %23'ünün "kalsiyum-magnezyum-bikarbonat tipi" ve %1'inin "sodyum-bikarbonat tipi" su sınıfında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre; bunların sulama suyu olarak kullanıma uygun olmadığı, fakat %42'sinin drenaj yapılarak kullanıma uygun hale getirilebilir olduğu belirlenmiştir. Wilcox diyagramına göre ise, yapay su kütlelerinin %32'sinin sulama suyu olarak kullanılabilir nitelikte, %3'nün basit iyileştirmelerle, %22'sinin ise kapsamlı iyileştirme işlemleri sonucunda kullanıma uygun hale getirilebilir potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir. Fizikokimyasal analizler sonucunda; yapay su kütlelerinin oldukça yüksek tuzluluk değerlerine sahip olduğu, bunların denize yakınlıklarının yanı sıra, daha çok antropojenik faaliyetlerden etkilendiği tespit edilmiştir. Ek olarak, yapay su kütlelerinin morfolometrik ve fizikokimyasal özellikleri ile bu özelliklerin kendi aralarındaki ilişkilerini değerlendirmek amacıyla parametreler arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan korelasyon katsayıları, yapay su kütlelerinin morfolometrik ve fizikokimyasal özelliklerinin kendi içinde güçlü ilişkiler sergilediğini, ancak bu iki özellik grubunun birbirleriyle zayıf ilişki içerisinde olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapay su kütlesi, Morfolometrik analiz, Coğrafi Bilgi Sistemi, Hidrokimya, Tarsus.

Danışman: Prof. Dr. Cüneyt GÜLER, Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF MORPHOMETRIC AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ARTIFICIAL WATER BODIES IN TARSUS (BERDAN) PLAIN (MERSİN)

This study aimed to determine the morphometric and physicochemical properties of artificial water bodies formed in pits dug by local people for agricultural activities in the Tarsus (Berdan) Plain located in the east of Mersin. In the field studies conducted between September 20 and October 30, 2023, a total of 129 artificial water bodies were confirmed and 69 of them sampled for water. To evaluate the morphometric properties of these artificial water bodies, morphometric parameters were calculated using the PolyMorph-2D GIS plugin. Morphometric analyzes showed that the artificial water bodies are typically long polygonal features. The physical parameters of water samples were analyzed by on-site measurements, anion components by spectrophotometer and titration methods, and cation components and trace elements by ion chromatography. The analysis results were evaluated by correlating human activities and spatial differences around the artificial water bodies. In addition, Piper diagram was created to determine the hydrochemical facies, and US Salinity Laboratory and Wilcox diagrams to evaluate their suitability as irrigation water. According to the Piper diagram, 47% of the artificial water bodies in Tarsus (Berdan) Plain were “sodium-chloride type”, 29% “mixed type”, 23% “calcium-magnesium-bicarbonate type” and 1% “sodium-bicarbonate type”. In addition, according to the US Salinity Laboratory diagram, they were not suitable for use as irrigation water, but 42% could be made suitable for use by drainage. According to the Wilcox diagram, 32% of the artificial water bodies were usable as irrigation water, 3% had the potential to be made suitable for use with simple improvements and 22% can be used after comprehensive improvement processes. Physicochemical analyzes have revealed that the artificial water bodies have quite high salinity values, which are mostly due to anthropogenic activities as well as their proximity to the sea. In addition, correlation coefficients between the parameters were calculated to evaluate the morphometric and physicochemical properties of the artificial water bodies and the relationships between them. The calculated correlation coefficients revealed that the morphometric and physicochemical properties of the artificial water bodies exhibit strong relationships within themselves, but these two groups of properties were weakly related to each other.

Keywords: Artificial water body, Morphometric analysis, Geographic Information System, Hydrochemistry, Tarsus.

Advisor: Prof. Dr. Cüneyt GÜLER, Department of Geological Engineering, Mersin University, Mersin.

TEŞEKKÜR

Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın her aşamasında bana destek veren, değerlendirmeleri, eleştirileri ve yönlendirmeleriyle tezin şekillenmesinde çok büyük emeği olan saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Cüneyt GÜLER'e sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunuyorum. Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezinde (MEİTAM) yapılan majör katyon/anyon ve iz element analizlerinin gerçekleştirilmesinde büyük desteği olan Doç. Dr. Mehmet Ali KURT'a ve Cihan GEÇGEL'e teşekkür ederim. Yüksek lisans çalışmam boyunca değerli önerileri ve bilgileriyle bana destek olan değerli hocalarım Doç. Dr. Hidayet TAĞA, Prof. Dr. Kıvanç ZORLU ve Doç. Dr. Osman ORHAN'a teşekkür ederim.

Tez sürecinde kullandığım yazılımlar konusunda bana yardımcı olan ve bu süreçte manevi desteğini eksik etmeyen değerli arkadaşım, bilgisayar mühendisi Ufuk CANATAN'a ve tez süresince bana manevi destek olan başta Alperen YALVAÇ ve Hakan ATICI olmak üzere tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında hem maddi hem de manevi olarak üzerimde büyük emeği ve desteği olan başta babam Mahmut Şevket ÖZDEMİR ve annem Ayşen ÖZDEMİR olmak üzere sevgili aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	i
ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	3
2.1. Çalışma Alanının Tanıtılması	3
2.1.1. Coğrafi Konum	3
2.1.2. Morfoloji	4
2.1.3. İklim ve Bitki Örtüsü	4
2.1.4. Arazi Kullanımı	4
2.1.5. Nüfus, Yerleşim ve Ekonomi	4
2.2. Genel Jeoloji	7
2.2.1. Temel Birimler	7
2.2.1.1. Karahamzaşağı Formasyonu	7
2.2.1.2. Mersin Ofiyolitik Melanjı	7
2.2.2. Tersiyer Birimleri	8
2.2.2.1. Gildirli Formasyonu	8
2.2.2.2. Karaisalı Formasyonu	8
2.2.2.3. Güvenç Formasyonu	8
2.2.2.4. Kuzgun Formasyonu	9
2.2.2.5. Handere Formasyonu	9
2.2.3. Kuvaterner Birimleri	9
2.3. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Teknolojisi	10
2.3.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları ve Faydaları	10
2.3.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Temel Bileşenleri	10
2.3.3. Coğrafi Bilgi Sisteminde Kullanılan Veri Modelleri	11
2.3.4. Coğrafi Bilgi Sisteminin Genel Fonksiyonları	13
2.3.4.1. Veri Toplama ve Üretimi	13
2.3.4.2. Veri Depolama	13
2.3.4.3. Sorgulama ve Analiz	13
2.3.4.4. Görüntüleme ve Çıktı Oluşturma	14
2.4. Morfometrik Analiz	14
2.4.1. Temel Parametreler	14
2.4.2. Türetilmiş Parametreler	15
2.5. Hidrokimya	19
2.5.1. Fiziksel Parametreler	20
2.5.1.1. Sıcaklık (°C)	20
2.5.1.2. Hidrojen İyonu Potansiyeli (pH)	20
2.5.1.3. Elektriksel İletkenlik (Eİ)	21
2.5.1.4. İndirgenme-Yükseltgenme Potansiyeli (Eh)	21
2.5.1.5. Toplam Çözünmüş Madde (TÇM)	21

	Sayfa
2.5.2. Kimyasal Parametreler	21
2.5.2.1. Kalsiyum (Ca^{+2}) ve Magnezyum (Mg^{+2})	21
2.5.2.2. Sodyum (Na^{+}) ve Potasyum (K^{+})	22
2.5.2.3. Karbonat (CO_3^{-2}) ve Bikarbonat (HCO_3^{-})	23
2.5.2.4. Klorür (Cl^{-})	23
2.5.2.5. Sülfat (SO_4^{-2})	24
2.5.2.6. Nitrat (NO_3^{-}) ve Nitrit (NO_2^{-})	24
2.5.2.7. Florür (F^{-})	25
2.6. Önceki Çalışmalar	26
3. MATERYAL ve YÖNTEM	29
3.1. CBS ve Morfometri Analizleri	29
3.2. Su Örneklerinin Alınması ve Analizi	32
3.2.1. Fiziksel Parametre Ölçümleri	34
3.2.2. Kimyasal Parametre Analizleri	34
3.2.2.1. Majör Anyon Analizleri	34
3.2.2.2. Majör Katyon Analizleri	36
3.3. Hidrokimyasal Sınıflamalar	37
3.3.1. Piper Diyagramı	38
3.3.2. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı	38
3.3.3. Wilcox Diyagramı	40
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	41
4.1. Yapay Su Kütlelerinin Morfometrik Analizleri	41
4.1.1. Yapay Su Kütlelerinin Temel Morfometrik Parametreleri	41
4.1.1.1. Poligon Alanı (APOL)	42
4.1.1.2. Poligon Çevresi (PPOL)	42
4.1.1.3. Poligon Uzunluğu (LPOL)	42
4.1.1.4. Poligon Genişliği (WPOL)	42
4.1.1.5. Azimut (AZIM)	44
4.1.1.6. Minimum Çevreleyen Kutu Alanı (AMEB)	44
4.1.1.7. Minimum Çevreleyen Kutu Çevresi (PMEB)	44
4.1.1.8. Sınırlayıcı Kutu Alanı (ABOB)	44
4.1.1.9. Sınırlayıcı Kutu Çevresi (PBOB)	44
4.1.1.10. Dışbükey Gövde Alanı (ACHU)	44
4.1.1.11. Dışbükey Gövde Çevresi (PCHU)	45
4.1.1.12. Minimum Çevreleyen Daire Alanı (AMCC)	45
4.1.1.13. Minimum Çevreleyen Daire Çevresi (PMCC)	45
4.1.1.14. Minimum Çevreleyen Daire Yarıçapı (RMCC)	45
4.1.1.15. Maksimum Yazılı Daire Alanı (AMIC)	45
4.1.1.16. Maksimum Yazılı Daire Çevresi (PMIC)	46
4.1.1.17. Maksimum Yazılı Daire Yarıçapı (RMIC)	46
4.1.2. Yapay Su Kütlelerinin Türetilmiş Morfometrik Parametreleri	46
4.1.2.1. Uzunluk-Genişlik Oranı (LTWR)	46
4.1.2.2. Genişlik-Uzunluk Oranı (WTLR)	48
4.1.2.3. Eliptiklik Faktörü (ELLF)	48
4.1.2.4. Dairesellik Oranı (CIRR)	48
4.1.2.5. Zavoianu Form Faktörü (ZFOR)	48
4.1.2.6. Kompaktlık Faktörü (COMF)	49
4.1.2.7. Miller Dairesellik Oranı (MCIR)	49
4.1.2.8. Dağılım Ölçümü (DISM)	49
4.1.2.9. Karmaşıklık İndeksi (COMI)	49
4.1.2.10. Horton Form Faktörü (HFOR)	49
4.1.2.11. Uzama Faktörü (ELOF)	50
4.1.2.12. Lemniskat Oranı (LEMR)	50

	Sayfa
4.1.2.13. Düzenlilik Faktörü (REGF)	50
4.1.2.14. Şekil Faktörü (SHAF)	50
4.1.2.15. Dışbükeylik (CONV)	51
4.1.2.16. İçbükeylik (CONC)	51
4.1.2.17. Sağlamlık (SOLI)	51
4.1.2.18. Dikdörtgensellik (RECT)	51
4.1.2.19. Yuvarlaklık (ROUN)	52
4.1.2.20. Küresellik (SPHE)	52
4.2. Yapay Su Kütlelerinin Hidrokimyası	52
4.2.1. Yapay Su Kütlelerinin Fiziksel Özellikleri	52
4.2.1.1. Sıcaklık (°C)	53
4.2.1.2. Hidrojen İyonu Potansiyeli (pH)	53
4.2.1.3. Elektriksel İletkenlik (EI)	54
4.2.1.4. İndirgenme-Yükseltgenme Potansiyeli (Eh)	54
4.2.1.5. Toplam Çözünmüş Madde (TÇM)	54
4.2.2. Yapay Su Kütlelerinin Kimyasal Özellikleri	55
4.2.2.1. Kalsiyum (Ca^{+2}) ve Magnezyum (Mg^{+2})	55
4.2.2.2. Sodyum (Na^{+}) ve Potasyum (K^{+})	56
4.2.2.3. Karbonat (CO_3^{-2}) ve Bikarbonat (HCO_3^{-})	56
4.2.2.4. Klorür (Cl^{-})	56
4.2.2.5. Sülfat (SO_4^{-2})	57
4.2.2.6. Nitrat (NO_3^{-}) ve Nitrit (NO_2^{-})	57
4.2.2.7. Florür (F^{-})	58
4.2.2.8. Brom (Br)	58
4.2.2.9. Lityum (Li)	58
4.3. Yapay Su Kütlelerinin Hidrokimyasal Sınıflamaları	59
4.3.1. Yapay Su Kütlelerinin Piper Diyagramı Yardımıyla Sınıflandırılması	59
4.3.2. Yapay Su Kütlelerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı Yardımıyla Sınıflandırılması	60
4.3.3. Yapay Su Kütlelerinin Wilcox Diyagramı Yardımıyla Sınıflandırılması	61
4.4. Parametreler Arası İlişkiler	63
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	80

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Çalışma alanının 2014-2022 yılları arasındaki toplam nüfus verileri	5
Tablo 3.1. PolyMorph-2D eklentisi ile hesaplanan temel morfometrik parametreler	30
Tablo 3.2. PolyMorph-2D eklentisi ile hesaplanan “Türetilmiş” morfometrik parametreler	31
Tablo 3.3. Majör anyon analizlerinde kullanılan yöntemler ve ölçüm aralıkları	36
Tablo 4.1. Yapay su kütlelerine ait fiziksel parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri	52
Tablo 4.2. Suların sıcaklık değerlerine göre sınıflandırılması	52
Tablo 4.3. Suların pH değerlerine göre sınıflandırılması	53
Tablo 4.4. Yapay su kütlelerine ait kimyasal parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası	3
Şekil 2.2. Çalışma alanının 2014-2022 yılları arası toplam nüfus dağılım grafiği	6
Şekil 2.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin bileşenleri	11
Şekil 2.4. Coğrafi Bilgi Sisteminde kullanılan vektör ve raster veri modelleri	12
Şekil 2.5. Çalışmada kullanılan temel morfometrik parametreler	15
Şekil 2.6. Hidrolojik döngü	19
Şekil 2.7. Azot döngüsü	25
Şekil 3.1. Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin ($n = 129$) harita üzerindeki dağılımı	32
Şekil 3.2. Su örneği alınan yapay su kütlelerinden bazılarına ait arazi fotoğrafları	33
Şekil 3.3. Su örneklerinde yapılan anyon analizlerinden görüntüler	36
Şekil 3.4. Dionex ICS-3000 iyon kromatografi cihazı	37
Şekil 3.5. Piper diyagramı	38
Şekil 3.6. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı	39
Şekil 3.7. Wilcox diyagramı	40
Şekil 4.1. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerine ait temel morfometrik parametrelerinin Box-Whisker diyagramı kullanılarak gösterimi	43
Şekil 4.2. Çalışma alanındaki yapay su kütlelerine ait 20 adet türetilmiş morfometrik parametrenin Box-Whisker diyagramı kullanılarak gösterimi	47
Şekil 4.3. Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerine ait Piper diyagramı	59
Şekil 4.4. Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerine ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı	60
Şekil 4.5. Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerine ait Wilcox diyagramı	62

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltma/Simgesi	Tanım
ADNKS	Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
Br	Brom
Ca ⁺²	Kalsiyum
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
Cl ⁻	Klorür
cm	Santimetre
CO ₃ ⁻²	Karbonat
DSİ	Devlet Su İşleri
Eh	İndirgenme-Yükseltgenme Potansiyeli
Eİ	Elektriksel İletkenlik
F ⁻	Florür
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat
K ⁺	Potasyum
km	Kilometre
Li	Lityum
m	Metre
mek/L	Miliekivalen/Litre
mg/L	Miligram/Litre
Mg ⁺²	Magnezyum
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Na ⁺	Sodyum
NO ₂ ⁻	Nitrit
NO ₃ ⁻	Nitrat
pH	Hidrojen İyonu Derişimi
SAR	Sodyum Adsorbsiyon Oranı
SO ₄ ⁻²	Sülfat
TÇM	Toplam Çözünmüş Madde
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
YSK	Yapay Su Kütlesi
µg/L	Mikro gram/Litre
µS/cm	Mikro Siemens/santimetre
°	Derece
°C	Santigrat Derece

1. GİRİŞ

Su, canlıların yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için gereksinim duydukları en temel maddelerden biridir. Ülkemizde içme ve kullanma suyu temin etmek amacıyla yüzey ve yeraltı suyu kaynakları kullanılmaktadır. Bu kaynaklar, günümüzde yaşanan iklim değişikliği ve çeşitli insan faaliyetlerinden kaynaklı baskılar altında tükenme ve kirlenme riskleriyle karşı karşıyadır. Yapılan çalışmalarda, bir ülkenin “su zengini” olarak kabul edilebilmesi için kişi başına düşen yıllık su miktarının 8.000 ile 10.000 m³ arasında olması gerekmektedir (Ardıçoğlu vd., 2011). Ülkemizde bu miktar Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından 2020 yılı için 1346 m³ olarak hesaplanmıştır (DSİ, 2023). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından 2018 yılında yapılan bir çalışmaya göre; Türkiye nüfusunun 2040 yılında 100 milyonu geçeceği öngörülmektedir (TÜİK, 2023). Ancak, son yıllarda artan insan göçleri sebebiyle bu tahminin daha kısa bir süre zarfında aşılabacağı düşünülmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından Standart Yağış Metodu’na göre yapılan üç aylık (Aralık 22–Şubat 23) değerlendirmeler sonucunda hazırlanan Meteorolojik Kuraklık Haritası’na göre; son yıllarda Türkiye’de yoğun bir kuraklık yaşandığı belirlenmiştir (MGM, 2023). Ülke genelini etkileyen bu faktörler, Mersin ili özelinde de gerek son yıllarda artan sığınmacı ve depremzede göçleri nedeniyle, gerekse olağanüstü kuraklık şartlarının yaşanması nedeniyle oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Tüm bunlar dikkate alındığında, “su fakiri” olma yolunda hızla ilerleyen ülkemiz için durum oldukça endişe vericidir. Dolayısıyla mevcut su kaynaklarının daha etkin ve uzun süreli kullanılması için korunması oldukça önem kazanmıştır. Bu bağlamda, mevcut kullanılabilir su kaynaklarının yönetimi ve planlanmasının yanında, doğal olarak oluşmamış, tarım ve madencilik gibi çeşitli insan faaliyetlerinin sonucunda yapay olarak oluşmuş yapay su kütlelerinin (YSK) kullanılabilir su kaynaklarına doğrudan veya dolaylı olumsuz etkilerinin belirlenmesi ve iyileştirilmesiyle birlikte, iyileştirilen kaynakların kullanıma uygun alanlarda değerlendirilmesi de gelecekte yaşanması muhtemel su krizlerinin önlenmesine katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı analizler ve hidrokimyasal çalışmalar, bu tür yapay su kütlelerinin çevresel etkilerinin ve potansiyel kullanım alanlarının belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında ele alınan ve çeşitli tarımsal faaliyetlerle ilişkili olarak meydana gelen yapay su kütleleri, oldukça küçük boyutlarda ve kısa ömürlü olmaları sebebiyle daha önceki çalışmalarda incelenmemişlerdir. Bu tür geçici özellikteki yapay su kütlelerinin karakteristik morfometrik özellikleriyle birlikte fizikokimyasal karakterlerinin ortaya konulmasıyla ilgili çalışmalar bilimsel literatürde de oldukça sınırlı sayıdadır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, Mersin ilinin doğusunda yer alan Tarsus (Berdan) Ovası'nda bulunan ve genellikle seracılık yapılan tarım alanlarının tesviyesi için toprak temini amacıyla açılan çukurların yeraltı suyu ve/veya yağmur suları ile dolması sonucu oluşmuş yapay su kütlelerinin ($n = 129$), çeşitli morfometrik özelliklerinin CBS tabanlı analiz yöntemleriyle ortaya konulması amaçlanmıştır. Ayrıca, su örnekleme çalışmalarına uygun özellikteki (kurumamış, ulaşımına müsait, vb.) yapay su kütlelerinin ($n = 69$) çeşitli amaçlar için kullanıma uygunluklarının (su kalitesi açısından), arazi çalışmaları ve hidrokimyasal analizler sonucunda elde edilen verilerin yorumlanarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında, Mersin ilinin doğusunda bulunan Tarsus (Berdan) Ovası'nda, 2023 yılına ait Google Earth uydu görüntülerinde 255 adet yapay su kütlesi ihtimali olan nesne tespit edilmiş olup 20 Eylül-30 Ekim 2023 tarihleri arasında yapılan arazi çalışmaları sonucunda bunlardan 129 adedinin gerçek anlamda içerisinde su barındıran bir yapay su kütlesi olduğu, diğerlerinin ise kanal vb. yapılar olduğu veya su miktarının az olması sebebiyle yaz mevsiminde kuruduğu belirlenmiştir. Yapılan arazi çalışmaları sonucunda tespit edilen, fotoğrafı çekilen ve coğrafi koordinatları belirlenen 129 adet yapay su kütlesi, 2023 yılına ait Google Earth uydu görüntüleri kullanılarak CBS ortamında poligon olarak (vektör formatında) sayısallaştırılmış ve çeşitli morfometrik parametreleri hesaplanmıştır. Yapay su kütlelerini temsil eden poligonların morfometrik parametrelerinin hesaplanmasında, PolyMorph-2D adlı açık kaynak kodlu CBS eklentisi (Güler vd., 2021a) kullanılmıştır. Ayrıca, su örneği alınabilen 69 adet yapay su kütesinin fiziksel parametreleri arazi çalışmaları sırasında, çeşitli kimyasal parametreleri ise laboratuvar ortamında analiz edilmiştir. Elde edilen tüm analiz sonuçları, tanımlayıcı istatistiksel analizler kullanılarak değerlendirilmiştir.

2.1.2. Morfoloji

Çalışma alanı, eğimin oldukça düşük olduğu, deniz seviyesinden 30 m'ye kadar değişen yükseltilere sahip, oldukça düz ve engebesiz bir topoğrafyaya sahiptir. Bu özellikleriyle delta ortamını temsil eden bu alanda, kuzeye doğru gidildikçe topoğrafik yükseklikler artmaktadır. Bu yükseklikler, çalışma alanının kuzeybatısında bulunan Bolkar Dağları'nda 2900 m'yi geçmektedir.

2.1.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Mersin ilinin doğu kesiminde yer alan çalışma alanında, yaz aylarının sıcak ve kurak, kış aylarının ise ılık ve yağışlı geçtiği Akdeniz iklimi hakimdir. Tarsus (Berdan) Ovası'nda en fazla yağış kış aylarında görülmekte olup yaz aylarında yağış oldukça azdır. Ayrıca, yaz aylarında güneyden gelen tropikal hava kütlesi Akdeniz üzerinden geçerken nem içeriği arttığı için bağıl nem oranı oldukça yüksektir (Yılmaz, 2019).

Çalışma alanında doğal bitki örtüsü bulunmamaktadır. Çalışma alanının bitki örtüsünü, kuzey kısımlarında okaliptüs ve narenciye ağaçları, orta kısımlarında başta biber olmak üzere çeşitli meyve ve sebzelerin yetiştirildiği sera ve tarlalar, güney kısımlarında ise okaliptüs ve çam ağaç türlerinden oluşan yapay ormanlık alanlar oluşturmaktadır. Okaliptüs ağaçları, ilk olarak 1939 yılında Karabucak Bataklığını kurutmak amacıyla bölgeye dikilmiştir (Bozlak, 2008).

2.1.4. Arazi Kullanımı

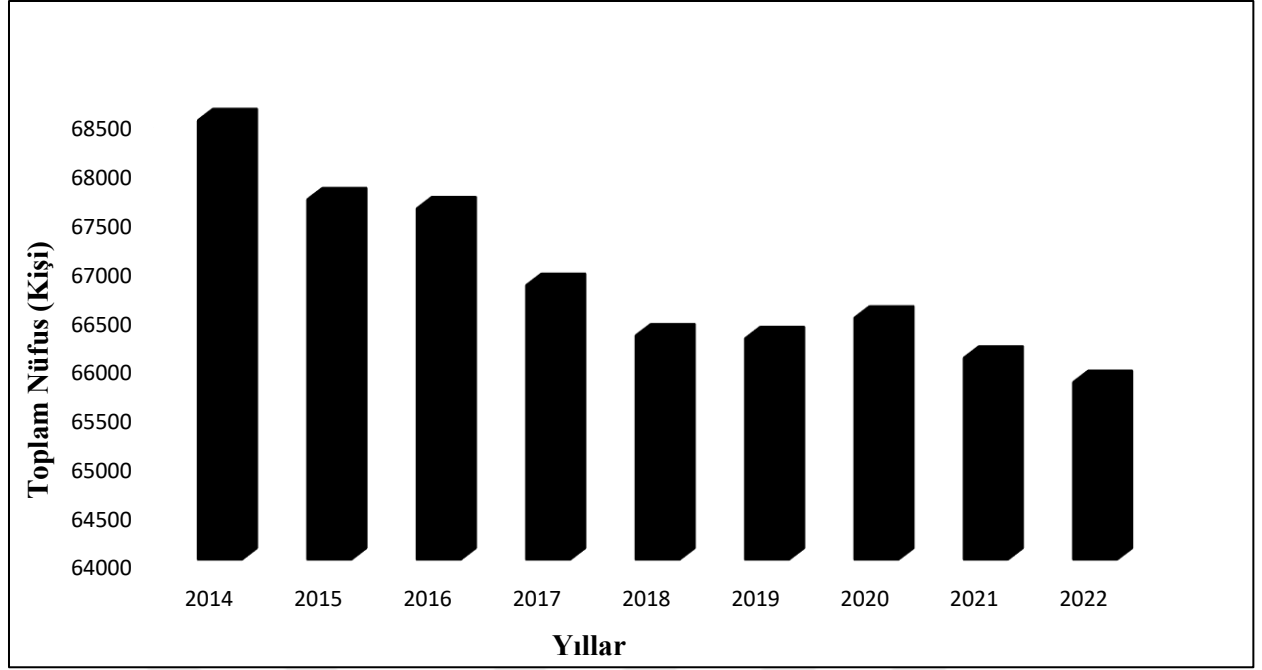
Çalışma alanı, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin oldukça yoğun olduğu bir bölgedir. Çalışma alanında, ağırlıklı olarak sebze ve meyve (özellikle narenciye) üretimine yönelik ekim alanları bulunmaktadır. Güler vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada, Tarsus (Berdan) Ovası'nda arazi kullanımının; %59,04 açık tarım alanı, %13,47 sera, %11,56 meyve bahçesi, %11,11 yapay ormanlık alan, %2,84 endüstriyel alan, %1,60 yerleşim alanı ve %0,38 su kütlesi şeklinde olduğu belirtilmiştir.

2.1.5. Nüfus, Yerleşim ve Ekonomi

Bu Yüksek Lisans Tezi kapsamında çalışılan alanda yaşayan kişi sayısı 2022 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verilerine göre 601.433'tür (TÜİK, 2022). Çalışma alanının 2014-2022 yılları arasında mahalle düzeyindeki toplam nüfus verileri Tablo 2.1'de sunulmuştur. Bu yıllara ait mahalle düzeyindeki nüfus verilerinden elde edilen toplam nüfus dağılım grafiği ise Şekil 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Çalışma alanının 2014-2022 yılları arasındaki toplam nüfus verileri (TÜİK, 2022).

İlçe Adı	Mahalle Adı	Yıllara Göre Toplam Nüfus								
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Akdeniz	Abdullah Şahutoğlu	673	636	603	607	613	591	561	540	529
	Adanaioğlu	2009	2024	2117	2163	2166	2184	2212	2236	2296
	Adanaioğlu Limonlu	1315	1228	1212	1223	1166	1149	1134	1175	1206
	Adnan Menderes	3008	2943	2989	2955	2936	2948	2942	2973	2941
	Anadolu	3479	3562	3579	3466	3430	3319	3402	3383	3324
	Bahşiş	1658	1647	1672	1679	1669	1644	1569	1511	1539
	Karacailyas	1367	1396	1429	1412	1398	1448	1428	1436	1512
	Karacailyas Emek	931	917	925	891	870	874	849	852	800
	Karacailyas Evren	1706	1629	1694	1718	1663	1582	1588	1575	1556
	Kazanlı	2113	2141	2099	2090	2049	1989	2000	2034	2034
	Köselerli	2964	2934	2911	2871	2751	2689	2714	2650	2595
	Kulak	676	666	674	650	663	647	608	630	601
Tarsus	Aliaga	574	534	513	481	578	529	481	455	439
	Aliefendioğlu	1008	983	1026	1006	1062	983	993	938	930
	Atalar	1759	1667	1605	1624	1619	1598	1617	1617	1599
	Bahçe	4640	4619	4588	4619	4778	4809	4910	5020	5105
	Bahşiş	2353	2361	2372	2383	2371	2347	2421	2456	2422
	Barbaros	12104	11854	11722	11396	11197	11120	11066	10917	10893
	Girne	4777	4774	4665	4566	4334	4380	4228	4022	3922
	Hasanağa	171	172	159	151	202	185	185	172	187
	Köselerli	190	183	168	185	235	249	256	264	264
	Kulak	1001	1008	1033	1002	995	997	1005	1007	987
	Mantaş	349	360	356	337	345	342	338	318	337
	Şahin	8411	8303	8370	8210	8259	8736	9013	9007	8961
	Yeşilevler	1812	1785	1771	1793	1811	1801	1793	1781	1787
	Yeşil	2816	2774	2763	2752	2678	2635	2642	2579	2527
	Yeşiltepe	2202	2199	2222	2166	2117	2126	2152	2159	2137
	Yunus Emre	2419	2378	2348	2405	2332	2357	2362	2353	2381
Toplam		68.485	67.677	67.585	66.801	66.287	66.258	66.469	66.060	65.811



Şekil 2.2. Çalışma alanının 2014-2022 yılları arası toplam nüfus dağılım grafiği.

Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verilerine (TÜİK, 2022) göre; çalışma alanındaki toplam nüfusun 2014 yılından itibaren azaldığı görülmektedir (Şekil 2.2). Barbaros Mahallesi başta olmak üzere, çalışma alanında bulunan Adnan Menderes, Anadolu, Köşelerli, Bahçe, Girne ve Şahin mahalleleri, nüfusun en yoğun olduğu yerleşim yerleridir. Çalışma alanının bulunduğu bölgede tarım ve sanayi faaliyetlerinin yoğun olarak yapılması bölgedeki yerleşimin dağınık ve düzensiz olmasına neden olmuştur (Kurt, 2010).

Çalışma alanının önemli bir kısmının bulunduğu Tarsus ilçesinde, tahıl ve narenciye üretiminin ardından sebzeçilik büyük bir önem kazanmış ve özellikle 1930'lu yıllardan sonra belirgin bir şekilde gelişmiştir (Bozlak, 2008). Başlangıçta sadece ev halkının ve yakın çevresinin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yetiştirilen sebzeler, 1950'lerden itibaren artan şehir ve ülke nüfusunun taleplerini karşılamak üzere ticari bir faaliyete dönüşmüştür (Bozlak, 2008). Tarımda yaşanan makineleşme, suni gübre kullanımı, ilaçlama tekniklerindeki ilerlemeler ve pazara dönük üretim yöntemleri gibi gelişmelerle birlikte geleneksel tarım metotları yerini modern üretim tekniklerine bırakmıştır. Bu süreçte özellikle sera tarımı adı verilen, plastik veya cam örtüler altında yapılan sebze yetiştirme yöntemleri önemli bir yer tutmaya başlamıştır (Bozlak, 2008). Bugün Tarsus ilçesinde, özellikle çalışma alanının bulunduğu kıyı bölgelerinde sera tarımı yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Üretilen sebzeler sadece ülke içinde değil aynı zamanda yurt dışında da önemli bir pazar alanına sahiptir (Kurt, 2010).

Tarımsal faaliyetlerin yanı sıra bölgede sanayi faaliyetleri de yoğun bir şekilde yürütülmektedir. Özellikle çalışma alanının batı kesiminde bulunan makarna ve un fabrikaları, sebze ve meyve paketleme fabrikaları, petrol dolum tesisleri, bakliyat paketleme fabrikaları, Soda-Krom

sanayi, cam ve çimento fabrikaları gibi birçok sanayi kuruluşu faaliyet göstermektedir. Ayrıca, bu çalışmanın odaklandığı yapay su kütlelerinden bazılarında balık yetiştiriciliği de gerçekleştirilmektedir. Özellikle, bölgedeki bazı büyük yapay su kütlelerinde, yayın balığı (Latince adı *Silurus glanis*) yetiştiriciliği yapılmaktadır. Yetiştirilen bu balıklar yurt içinde satıldığı gibi, yurt dışına da ihraç edilmektedir.

2.2. Genel Jeoloji

Doğu Toroslar'ın batı bölümü, yani Bolkar Dağı'nın eteklerinde bulunan çalışma alanı ve çevresinde çok sayıda litolojik birim yer almaktadır. Bunlar; Temel Birimler (Karahamzauşağı Formasyonu ve Mersin Ofiyolitik Melanjı), Tersiyer Birimleri (Gildirli, Karaisalı, Güvenç, Kuzgun ve Handere Formasyonları) ve Kuvaterner Birimleri (Kaliş, Yamaç molozu, Alüvyon, Delta çökelleri ve Kumullar) olmak üzere üç ana başlık altında incelenmiştir. Çalışma alanı sınırları içerisinde bu birimlerden Kuvaterner yaşlı kıyı kumulları ve delta çökelleri bulunmaktadır.

2.2.1. Temel Birimler

Çalışma alanı çevresinde bulunan en yaşlı birim olan Karahamzauşağı Formasyonu ve onu tektonik dokanakla üzerleyen Mersin Ofiyolitik Melanjı bölgedeki Temel Birimleri oluşturmaktadır (Kurt vd., 2014).

2.2.1.1. Karahamzauşağı Formasyonu

Bu birim, ilk defa Ünlügenç (1986) tarafından "Karahamzauşağı Formasyonu" olarak adlandırılmıştır. Bu formasyon, özellikle Karahamzauşağı mahallesi ve çevresinde yoğun olarak gözlemlendiği için bu ismi almıştır (Ünlügenç, 1986). Çalışma alanında temel birim olarak belirlenen Karahamzauşağı Formasyonu, kireçtaşı, dolomit, dolomitik kireçtaşı, şeyl, kuvarsit ve çamurtaşı gibi çeşitli kayaç türlerinden oluşmakta olup düzenli bir tabakalanmaya sahiptir (Ünlügenç, 1986). Bununla birlikte karbonatların hakim olduğu Permo-Karbonifer yaşlı Karahamzauşağı formasyonunda, laminalı ince tabakalı kristalize kireçtaşı ve laminalı şist ara katkılı kuvarsitlerin bulunması istifin sığ deniz ortamında çökeldiğini göstermektedir (Şenol vd., 1998).

2.2.1.2. Mersin Ofiyolitik Melanjı

Üst Kretase döneminde yerleştiği bilinen Mersin Ofiyolitik Melanjı içerisinde blok boyutunda Permian ve Jura yaşlı kayaçlar, gabro, harzburgit, verlit, dünit, klinopiroksenit, verolit, diyabaz ve radyolarit kayaçlarıyla birlikte derin deniz çökelleri görülmektedir (Şenol vd., 1998). Gildirli

Formasyonu tarafından diskordan olarak üzerlenen ofiyolitik birim, Mersin ilinin kuzeyinde bulunan derin vadiler içerisinde gözlenmektedir (Şenol vd., 1998).

2.2.2. Tersiyer Birimleri

Ofiyolitik kayalar üzerine uyumsuz olarak gelen Tersiyer Birimleri; Gildirli, Karaisalı, Güvenç, Kuzgun ve Handere Formasyonlarından oluşmaktadır (Kurt vd., 2014).

2.2.2.1. Gildirli Formasyonu

Oligosen-Miyosen yaşlı Gildirli Formasyonu ilk olarak Schmidt (1961) tarafından isimlendirilmiştir (Ünlügenç, 1986). Düzensiz bir topoğrafya üzerinde çökmesi nedeniyle kalınlığı yer yer değişiklik gösteren formasyon, konglomera-kumtaşı, silttaşı-kiltaşı ve killi kireçtaşı-marn ana birimlerinden oluşmaktadır (Ünlügenç, 1986). Genellikle kırmızı rengin hakim olduğu Gildirli Formasyonu'nda yapılan önceki çalışmalarda denizel fosillere rastlanılmamış olup bu formasyonun muhtemelen akarsu, taşkın ovası, göl, lagün gibi ortamlarda çökerek oluştuğuna işaret etmektedir (Şenol vd., 1998).

2.2.2.2. Karaisalı Formasyonu

Adını Adana'nın Karaisalı ilçesinden alan bu formasyon ilk kez Schmidt (1961) tarafından Karaisalı Kireçtaşı olarak adlandırılmıştır (Ünlügenç, 1986). Başlıca resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu, açık gri-beyaz renkli, yoğun alg, mercan, bentik foraminifer, bryozoa, gastropod ve ekinid gibi fosiller içermekte olup çoğunlukla masif, yer yer de kalın tabakalı özellik göstermektedir (Ünlügenç, 1986). Birim Alt-Orta Miyosen yaşlıdır ve karbonatlı kıyı ortamında çökerek oluştuğu belirlenmiştir (Şenol vd., 1998). Karaisalı Formasyonu altı alt fasiyese ayrılmıştır. Bunlar: Mercanlı-çakıllı kireçtaşı, Büyük bentik foraminiferli-çakıllı kireçtaşı, Mercanlı-çakıllı kireçtaşı ve bağlamtaşı, Küçük bentik foraminiferli-çakıllı kireçtaşı, Globigerinli-kil içeren kireçtaşı, Globigerinli-çakıllı kireçtaşı birimleri olarak adlandırılmıştır (Görür, 1979).

2.2.2.3. Güvenç Formasyonu

Schmidt (1961) tarafından isimlendirilen bu birim, adını en belirgin şekilde gözleendiği yer olan Adana'nın Güvenç Köyü'nden almıştır (Schmidt, 1961). Formasyon yaklaşık olarak %80-90 oranında şeyl ve marndan oluşmaktadır ve genellikle açık mavimsi gri, yeşilimsi ve sarımsı renklerde gözlenmektedir (Tağa, 1995). Alt-Orta Miyosen zamanında resif önü ve sığ-derin deniz ortamlarında

çökeldiği düşünülen Güvenç Formasyonu, üstte silttaşı-kiltaşı ve altta killi kireçtaşı-marn olacak şeklinde iki stratigrafik birimden oluşmaktadır (Şenol vd., 1998).

2.2.2.4. Kuzgun Formasyonu

Schmidt (1961) tarafından adlandırılan bu formasyon başlıca, çakıltası, çamurtaşı, kumtaşı ve sığ denizel Ostrea fosili içeriğine sahip birimlerin aralanmasından oluşmaktadır (Yetiş vd., 1986). Formasyonun kalınlığı 70 ile 1100 m arasında değişmektedir (Schmidt, 1961). Alttaki formasyonların üzerine uyumlu bir şekilde ve tedrici olarak gelen Kuzgun Formasyonu'nun yaşı, fosil içeriği temel alınarak Tortoniyen-Messiniyen dönemine ait olabileceği yapılan önceki çalışmalarda rapor edilmiştir (Şenol vd., 1998). Formasyonun litolojik özellikleri göz önünde bulundurularak kıyı ve sığ deniz ortamı koşullarında çökerek oluştuğu söylenebilir (Şenol vd., 1998).

2.2.2.5. Handere Formasyonu

Kuzgun Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Handere Formasyonu ilk kez Schmidt (1961) tarafından isimlendirilmiştir (Öğrünç ve Nazik, 1998). Miyosen-Pliyosen yaşlı bu formasyon kiltası-marn-silttaşı, fosilli oolitlik kireçtaşı, jips ve kumtaşı-konglomera olmak üzere dört ayrı birimden oluşmaktadır (Şenol vd., 1998). Kalınlığı kesin olarak bilinmeyen Handere Formasyonu'nun kurak-sıcak iklim etkisi altında ve sık sık değişen küçük ölçekte transgresyon-regresyonlar sonucu oluşan sığ deniz ve akarsu ortamlarında çökerek oluştuğu belirtilmiştir (Şenol vd., 1998). Arazide hakim olarak beyazımsı, sarımsı, yeşilimsi gri ve siyah renklerde gözlemlenen bu formasyon, Kuvaterner birimleriyle uyumsuz olarak örtülmektedir (Şenol vd., 1998).

2.2.3. Kuvaterner Birimleri

Çalışma alanındaki en genç çökeller olan Kuvaterner Birimleri karasal ve geçiş ortamının hakim olduğu dönemde çökelmiş olup gösterdikleri fasiyes özelliklerine göre Kalabriyen-Siciliyen birimleri ve Tirreniye-Güncel birimleri olmak üzere iki farklı stratigrafik birime ayrılmaktadır (Şenol vd., 1998). Kalabriyen-Siciliyen döneminde oluşan birimler; alüvyon yelpazesi çökelleri, fan-delta çökelleri, kıyı çökelleri, pedolojik oluşuklar, yüksek seki konglomeraları, Akdeniz kırmızı toprağı ve sert kalışlerden oluşmakta olup Tirreniye-Güncel döneminde oluşan birimler ise yamaç molozları, akarsu seki konglomeraları, delta çökelleri, kıyı çökelleri, kumul ve pedolojik oluşumları içermektedir (Şenol vd., 1998).

2.3. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Teknolojisi

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), konumu belli olan coğrafi bir nesneye ait bilgileri belirli bir amaç doğrultusunda toplayarak bilgisayar ortamında depolama, güncelleme, analiz etme, dönüştürme ve görüntüleme gibi işlemleri gerçekleştirebilmek için kullanılan sistemler bütünüdür (Akgün, 2007). Coğrafi Bilgi Sistemi'nin tanımı, kullanım amaçlarının oldukça farklı olması nedeniyle araştırmacılara göre değişiklik gösterebilmektedir (Kaplukan, 2014). Yapılan farklı tanımlamalardan yola çıkarak, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), yeryüzündeki nesnelerin koordinatlı grafik veri olarak bilgisayar ortamına aktarıldığı ve bu verilerle ilişkili sayısal ya da sözel bilgilerin (yani özelliklerini tanımlayıcı bilgilerin) ise tablolar şeklinde bir veri tabanı mantığıyla depolandığı ve oluşturulan bu veri tabanında çalışmayla ilgili sorgulamaların yapılabilirdiği, gerektiğinde de verilerin güncellenerek analizlerin tekrarlanabildiği bir bilgi sistemidir.

2.3.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları ve Faydaları

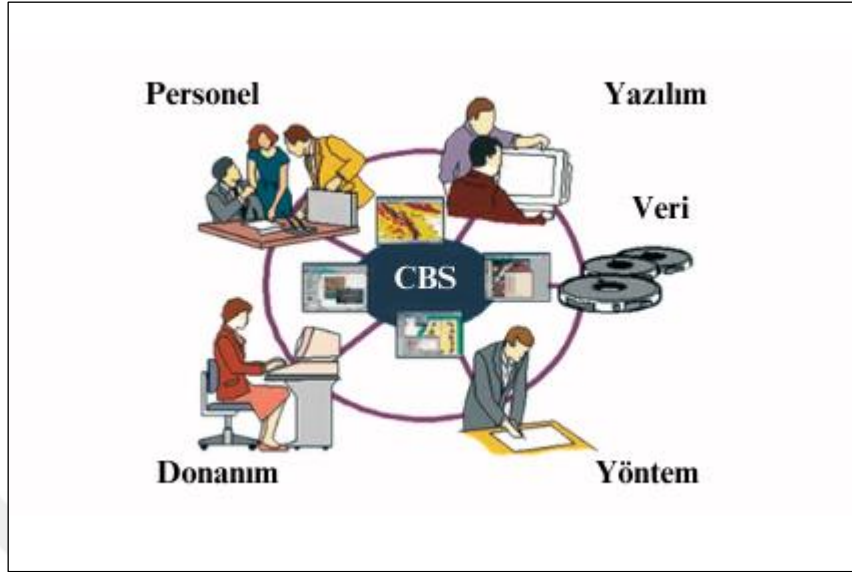
Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisi, günlük hayatta kullandığımız navigasyon ya da araç takip uygulamalarından, bilimsel amaçla kullanılan yer bilgilendirme araçlarına kadar karşılaştığımız pek çok farklı uygulama alanıyla karşımıza çıkmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemi'nde temel amaç, konuma dayalı karar verme ve konum verilerini işleyerek kullanıcıların eylemde bulunmalarına yardımcı olmaktır. CBS'nin uygulama alanları genel olarak trafik/ulaşım planlaması ve işletilmesi, tarım planlaması, çevre ve doğal kaynakların yönetimi, yer bulma ve tahsis kararları, yer seçimi ve arazi planlaması, pazarlama, eğitim, hastane, polis, itfaiye gibi servis hizmetlerinin planlanması ve işletilmesi şeklinde sıralanabilir (Tecim, 2008).

Genel olarak, veri toplama ve üretimi, veri depolama, verinin yeniden elde edilmesi ve işlenmesi, veri sorgulama ve analizi ile veri görüntüleme ve çıktı oluşturma gibi yetenekleri içeren CBS teknolojisi, jeolojik analizler için de oldukça kullanışlıdır (Güler, 1998).

2.3.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Temel Bileşenleri

Başta doğal kaynakların daha verimli ve etkili bir şekilde kullanılması, yönetimi ve mevcut ya da potansiyel sorunlara çözüm üretilmesi gibi amaçlarla kullanılan bilgisayar tabanlı sistemler olan CBS'nin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için beş önemli bileşene sahip olması gerekmektedir (Bolstad ve Manson, 2022). Bu bileşenler, Dünya üzerindeki belirli bir coğrafi konumu temsil eden mekansal verileri; bu verileri çalışmanın konusuna göre seçerek toplayan, işleyen ve analiz eden deneyimli personelleri, analizi gerçekleştirmek için kullanılan standartlar ve prosedürleri tanımlayan yöntemleri, bilgisayarlar gibi fiziksel makinelerden oluşan donanımları ve mekansal analizleri

gerçekleştiren çeşitli CBS programlarını ifade eden yazılımlardan oluşmaktadır (Bolstad ve Manson, 2022) (Şekil 2.3).



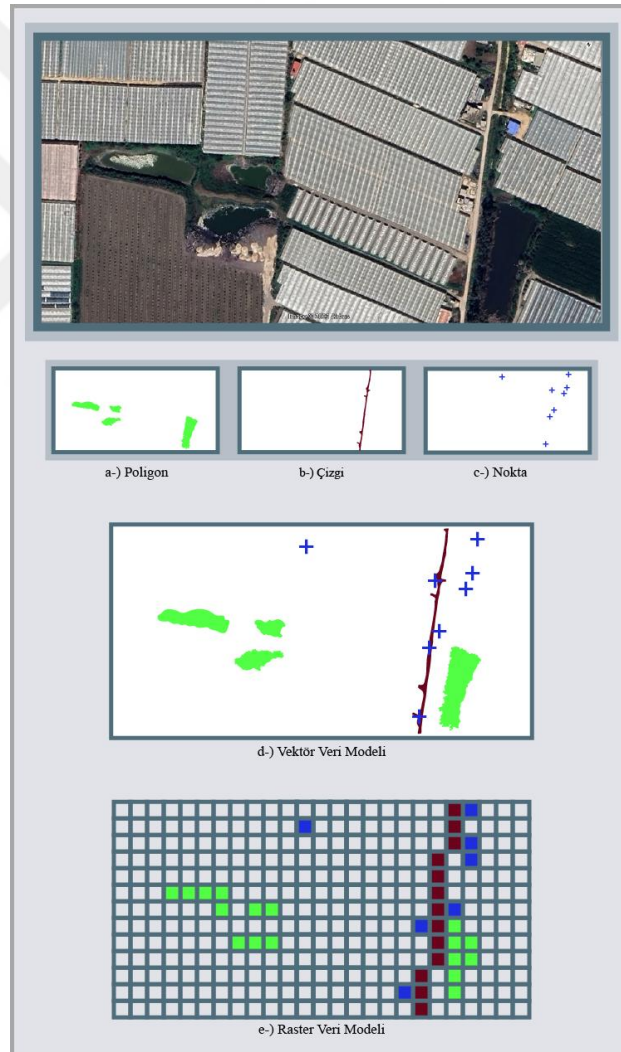
Şekil 2.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin bileşenleri (Kolios vd., 2017'den değiştirilerek).

2.3.3. Coğrafi Bilgi Sisteminde Kullanılan Veri Modelleri

CBS'de veriler, mekansal bilgi ve tanımlayıcı öznelilik bilgileri ile ifade edilen coğrafi bilgi ile doğrudan ilişkilidir (Töreyn vd., 2010). Mekansal bilgiler, yeryüzünde bulunan bir varlığın belli bir referans sistemi ve projeksiyon düzenindeki konumunu ifade eden koordinat bilgisi ile diğer varlıklarla olan komşuluk ilişkilerini ifade eden topoloji bilgisinden oluşmaktadır (Töreyn vd., 2010). Öznelilik bilgileri ise varlığa ait özelliklerin detaylı olarak açıklandığı bilgileri ifade etmektedir (Töreyn vd., 2010). CBS yazılımları, raster ve vektör olmak üzere, başlıca iki farklı veri modeli kullanılarak üretilmiş verileri analiz etme yeteneğine sahiptir (Kolios vd., 2017).

Vektör veri, coğrafi varlıkların sahip olduğu şekillerin iki boyutlu kartezyen koordinatları (x,y) şeklinde bilgisayar ortamında depolandığı veri türüdür (Heywood vd., 2006). Vektör veri modeli, kartezyen koordinatların sayısı ve başlama-bitiş noktalarına göre noktasal, çizgisel ve poligon veriler olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır. Noktasal veriler, tek bir koordinat çifti ile ifade edilmektedir ve genel olarak ağaçlar, ölçüm istasyonları, kuyular, elektrik direkleri, tepeler gibi yerleri temsil etmektedirler (Töreyn vd., 2010). Çizgisel veriler ise en az iki koordinat çiftinden oluşan ve başlama bitiş koordinatları farklı olan verilerdir. Yollar, akarsular, faylar; elektrik, doğalgaz ve su hatları çizgisel veri ile temsil edilmektedir (Töreyn vd., 2010). En az üç koordinat çiftinden oluşan ve başlama ile bitiş koordinatları aynı olan veriler, poligon verisi olarak tanımlanır. Göller, ormanlar, il sınırları ve parseller poligon verilerle temsil edilmektedir (Töreyn vd., 2010).

Raster veri modeli, ızgara (grid) şeklinde x ve y yönlerinde eşit aralıklarla ayrılmış hücrelerden oluşmaktadır (Bolstad ve Manson, 2022). Piksel adı verilen her bir hücre yer yüzündeki belirli bir coğrafi varlığı temsil etmekte ve o alana ait öznelik bilgisini göstermektedir (Töreayen vd., 2010). Bu hücreler bilgisayar ortamında 0 veya 1 (var ya da yok) ikili sayı sistemi şeklinde veya yine 0 ve 1 değerlerinin kombinasyonundan oluşan ve bir renk tonuna karşılık gelen değerlerle ifade edilmektedir (Şehsuvaroğlu, 2000). Raster veri modeli, hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ya da taranmış kağıt haritaların sisteme aktarılması ve vektör verilerden dönüşüm işlemleri gerçekleştirilmesi sonucunda elde edilmektedir (Töreayen vd., 2010). Raster verilerde, hücre sayısı (piksel) ile çözünürlük doğrudan ilişkili olup hücre sayısı arttıkça çözünürlük artmakta ve buna bağlı olarak depolanan verinin boyutu da artmaktadır (Yıldırım, 2018). Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veri modelleri Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Coğrafi Bilgi Sisteminde kullanılan vektör ve raster veri modelleri.

2.3.4. Coğrafi Bilgi Sisteminin Genel Fonksiyonları

CBS'nin genel fonksiyonları, veri toplama ve üretimi, veri depolama, sorgulama ve analiz, görüntüleme ve çıktı oluşturma şeklinde dört ana başlık altında açıklanmaktadır (Töreya vd., 2010).

2.3.4.1. Veri Toplama ve Üretimi

Veri toplama ve üretimi, nesnelere ait konumsal veya mekansal verilerin dijital ortama aktarılma süreci olarak tanımlanmaktadır. Bu süreçte veriler harita ve veri listelerinin taranması, verilerin dijital bir dosyaya girilmesi, haritaların sayısallaştırılması, GPS ölçümleri ve uzaktan algılama görüntüleri ve/veya hava fotoğrafları gibi mevcut dijital verilerin toplanması yollarıyla elde edilmektedir (Burrough ve McDonnell, 1998; Güler, 1998). Bununla birlikte, farklı yazılımlar kullanılarak üretilen ve değişik formatlardaki veriler de gerekli dönüşümler yapıldıktan sonra CBS ortamında kullanılabilir (Yıldırım, 2018).

2.3.4.2. Veri Depolama

Toplanan ve üretilen veriler, nokta ve noktaların birleştirilmesiyle elde edilen çizgi ya da poligon şeklindeki vektör veri ve hücrelerle temsil edilen raster veri formatlarında depolanmaktadır (Töreya vd., 2010). Vektör ve raster verilerin kullanım amaçlarına bağlı olarak birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları vardır (Yıldırım, 2018). Örneğin, nüfus yoğunluğu veya topoğrafik yükseklik gibi alansal olarak değişim gösteren coğrafi özellikler için raster veri modeli daha uygun olurken, birbirinden net bir şekilde ayrılan coğrafi özellikler için (örnekleme noktaları, akarsular, faylar, göller, vb.) hassasiyeti raster veriye göre oldukça yüksek olan vektör veri modeli daha uygundur (Kaplukan, 2014; Yıldırım, 2018). Bununla birlikte, raster ve vektör veriler gerekli olduğu durumlarda birbirlerine dönüştürülerek kullanılabilir (Yıldırım, 2018).

2.3.4.3. Sorgulama ve Analiz

CBS'de birbirleriyle ilişkili grafik ve/veya sözel verilerin, CBS yazılımları kullanılarak istenilen parametrelerinin çeşitli özelliklerine göre sorgulaması yapıldıktan sonra yorumlanarak analizi gerçekleştirilmektedir (Akbulut, 2016). Bu şekilde, mevcut verilerden sorgulama ve analiz sonucunda ilgili çalışmaya yönelik yeni bilgiler ve dolayısıyla yeni veriler de elde edilebilmektedir. Toplanan veya üretilen veriler üzerinde yapılan sorgulamalar sonucunda, tampon bölge analizi, bindirme analizleri, uzaklık-yakınlık analizleri, görünürlük analizleri, taşkın analizleri, yer seçimi ve yoğunluk analizleri, kısayol ve altyapı yönetim analizleri ile yüzey analizleri gibi pek çok farklı analiz gerçekleştirilebilir (Töreya vd., 2010).

2.3.4.4. Görüntüleme ve Çıktı Oluşturma

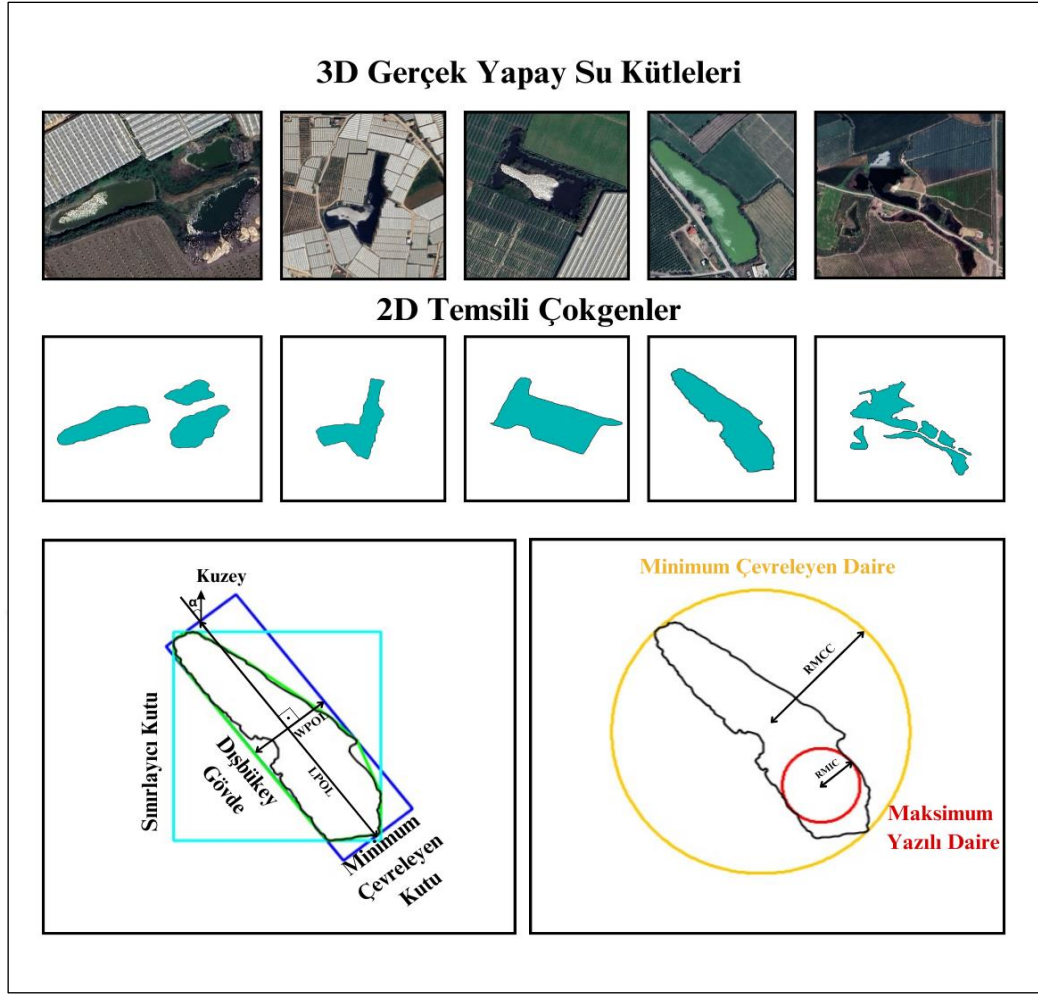
CBS’de veriler, kullanılan CBS yazılımına ait sembol kütüphanesindeki farklı renklerde ve isteğe bağlı olarak değiştirilebilen kalınlık ve uzunluklardaki sembollerle, farklı grafiksel gösterimlerle kullanıcılara görsel olarak sunulabilmektedir. CBS’de görüntüleme iki boyutlu (2D) olabildiği gibi animasyon ve üç boyutlu (3D) olarak da yapılabilmektedir (Güler, 1998; Yıldırım, 2018).

2.4. Morfometrik Analiz

Morfoloji terimi ilk kez “Bitkilerin Metamorfozu” isimli kitapta, von Göthe (1790) tarafından yapının birliğini belirtmek için kullanılmıştır (Güler vd., 2021a). Morfometrik analizler, o dönemden itibaren şekil veya biçim çalışmalarını belirtmek amacıyla birçok bilimsel disiplin tarafından kullanılmaktadır. Yer ve uzay bilimlerindeki geleneksel morfometrik çalışmalar insan yapımı veya doğal olarak oluşmuş varlıkların dış özelliklerinin sayısal olarak ifade edilmesini ve analizi için doğrusal, konumsal, alansal, hacimsel ve yönsel özelliklerinin ölçülmesini içermektedir (Güler vd., 2021a). Morfometrik analiz sedimantoloji ve petrografi, hidroloji ve jeomorfoloji, limnoloji ve oşinografi, volkanoloji ve uzay bilimleri çalışmalarının yanı sıra, şehir bölge ve planlama, mimarlık, peyzaj planlama, haritacılık ve coğrafya gibi mekansal disiplinlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmaların amaçları üç boyutlu doğal veya insan yapımı varlıkların sahip olduğu poligon özelliklerinin; nicel parametrelerini ve bunların dış değişkenlerle olan korelasyonunu değerlendirmek, poligon özelliklerini homojen alt tiplere ya da benzer özellikler gösteren gruplara ayırmak, poligon özelliklerinin gelişimini etkileyen süreçleri, iç ve dış kaynaklı etkenleri tespit etmek ve poligon özelliklerinin morfojenezi ve evrimi hakkında bilgi edinmektir (Güler vd., 2021a). Morfometrik parametreler, “temel parametreler” ve “türetilen parametreler” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

2.4.1. Temel Parametreler

Morfometrik analizlerde hesaplanan temel parametreler, analizi yapılacak nesneye ait poligonun (örneğin; tıp alanında tümör veya kemik, biyoloji alanında hücre, yer bilimlerinde ise göl, buzul veya fosil) geometrik özelliklerini detaylı bir şekilde tanımlamaya olanak sağlamaktadır (Şekil 2.5). Bu parametreler; poligonun merkez koordinatları (XPOL, YPOL), alanı (APOL), çevresi (PPOL), uzunluğu (LPOL), genişliği (WPOL) ve azimutu (AZIM) gibi nesnenin sahip olduğu geometrik özelliklerini ifade eden ölçümlerle birlikte sınırlayıcı kutu alanı ve çevresi (ABOB, PBOB), minimum çevreleyen kutu alanı ve çevresi (AMEB, PMEB), dışbükey gövde alanı ve çevresi (ACHU, PCHU), minimum çevreleyen daire alanı, çevresi ve yarıçapı (AMCC, PMCC, RMCC) ile maksimum yazılı daire alanı, çevresi ve yarıçapı (AMIC, PMIC, RMIC) gibi kullanılan yardımcı poligonların geometrik özelliklerini de ifade eden ölçümlerdir (Güler vd., 2021a).



Şekil 2.5. Çalışmada kullanılan temel morfometrik parametreler.

2.4.2. Türetilmiş Parametreler

Türetilmiş parametreler, temel poligon özelliklerini ifade eden temel parametrelerin kullanılarak elde edildiği ve boyut birimi olmayan (birimsiz) morfometrik indekslerdir. Çalışma alanına göre farklı isimlerle kullanılan bu parametreler aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

Uzunluk-Genişlik Oranı (LTWR), bir poligonun uzunluğunun genişliğine oranı olarak tanımlanmaktadır (Güler vd., 2021b). Daire veya kare gibi eşit uzunluktaki eksenlere sahip poligonlarda uzunluk-genişlik oranı 1'e eşit olurken, dikdörtgen gibi dar uzun poligonlarda bu oran 1'den büyük olmaktadır. Uzama veya poligonun genel şeklinin bir ölçüsü olarak özellikle yer bilimi disiplinlerinde sıkça kullanılan bu oran, uzama indeksi (Johansson, 1963), eksen oranı (Aniya ve Welch, 1981), en boy oranı (Riley vd., 2003) ve dışmerkezlilik (Zhang ve Lu, 2004) gibi farklı isimler altında yer almaktadır (Güler vd., 2021b).

Genişlik-Uzunluk Oranı (WTLR), bir poligonun genişliğinin uzunluğuna oranıdır (Güler vd., 2021b). Morfometrik analizlerde uzunluk-genişlik oranına göre daha az kullanılmakta olan bu oran literatürde, uzama indeksi (Zingg, 1935), planimetrik şekil indeksi (Sperling vd., 1977), en boy oranı

(Hentschel ve Page, 2003) ve uzama oranı (Roussillon vd., 2009) gibi farklı isimler almaktadır (Güler vd., 2021b).

Eliptiklik Faktörü (ELLF), poligona ait uzunluk ve genişlik değerlerinin mutlak değerce farkının poligonun uzunluk ve genişliğinin toplamına oranı olarak tanımlanmaktadır (Güler vd., 2021b). Yer bilimleri çalışmalarında yaygın bir kullanıma sahip olmayan eliptiklik faktörü, daire gibi eksen uzunlukları eşit olan poligonlarda 0'a eşit olurken dikdörtgen gibi uzun poligonlarda bu değer 1'e yakın olmaktadır (Güler vd., 2021b).

Dairesellik Oranı (CIRR), poligonun dairesellikten ayrılmasını ölçen basit bir şekil indeksidir ve poligon çevresinin karesinin poligonun alanına oranı olarak tanımlanmaktadır (Güler vd., 2021b). Bazı çalışmalarda kompaktlık veya relatif çevre krenülasyonu olarak da adlandırılan bu oran, daireesel poligonlarda yaklaşık olarak 12,566 minimum değerine ulaşırken, karmaşık ve ince olan poligonlarda sonsuza yaklaşmaktadır (Güler vd., 2021b). Bununla birlikte karekök oranı ($P/A^{0.5}$) ve ters oran (A/P^2), morfometrik analizlerde daireellik ölçütleri olarak kullanılmaktadır (Güler vd., 2021b).

Zavoianu Form Faktörü (ZFOR), çevresi poligonun çevresine eşit olan bir kareyi referans şekil olarak kabul ederek, poligon alanının bu referans karenin alanına oranı sonucunda elde edilen şekil faktörüdür (Zăvoianu, 1985). ZFOR değeri, poligon şekli kare olduğunda 1'e eşit olurken dikdörtgen gibi uzun poligonlarda bu değer 0'a yaklaşmaktadır (Güler vd., 2021b). Bununla birlikte poligon şekli yuvarlak ise 1'den büyük olup dairede 1,273'e ulaşmaktadır (Zăvoianu, 1985).

Kompaktlık Faktörü (COMF), poligon sınırının düzenlilik ya da düzensizlik derecesinin bir ifadesi olarak tanımlanmaktadır (Güler vd., 2021b). Poligon çevresinin, alanı poligon alanına eşit olan dairenin çevresine oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Gravelius, 1914). Literatürde, kıyı gelişim indeksi (Peucker, 1894), daireellik oranı (Aniya ve Welch, 1981), sinüzoite indeksi (Bondesan vd., 1992) ve şekil karmaşıklığı indeksi (Hengl vd., 2003) gibi farklı isimlerde yer alan kompaktlık faktörü, poligon şekli daire olduğunda 1'e eşit olup, karmaşık poligonlarda bu değer artmaktadır (Güler vd., 2021b).

Miller Dairesellik Oranı (MCIR), ilk olarak Cox (1927) tarafından, poligon alanının poligon çevresiyle aynı çevreye sahip olan bir dairenin alanına oranı olarak tanımlanmıştır (Güler vd., 2021b). Dairesellik, kompaktlık, form faktörü, izoperimetrik oran, düzenlilik oranı, yuvarlaklık ve küresellik gibi çeşitli isimlendirmelere sahip olan bu oran, poligonun bir daireye ne kadar benzediğini ölçmek amacıyla kullanılmaktadır (Cox, 1927; Miller, 1953; Güler vd., 2021b). MCIR değeri, poligonun daire olması durumunda 1'e eşit olmakla birlikte karmaşık veya uzun şeklindeki poligonlar için 0'a yakın bir değer almaktadır (Güler vd., 2021b). Kompaktlık faktöründe olduğu gibi ters oran, daireelliğin de bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır (Güler vd., 2021b).

Dağılım Ölçümü (DISM), Attneave ve Arnoult (1956) tarafından geliştirilmiştir ve kompaktlık faktörünün tersi alındıktan sonra 1'den çıkarılmasıyla elde edilmektedir (Güler vd., 2021b). DISM değeri, daire şeklindeki bir poligon için 0'a eşit olup karmaşık poligonlarda bu değer 1'e yaklaşmaktadır (Güler vd., 2021b).

Karmaşıklık İndeksi (COMI), Shen vd. (1993) tarafından, parametre aralığını 0 ile 1 arasında sınırlandırmak üzere üretilmiş bir değerdir. Kompaktlık faktörünün karesi ve tersi alınarak 1'den çıkarılmasıyla elde edilen karmaşıklık indeksi, poligonlar şeklinin daire olduğu durumda 0'a eşit olup, poligon şeklinin karmaşıklığı ile orantılı olarak artarak maksimum 1 değerine ulaşmaktadır (Güler vd., 2021b).

Horton Form Faktörü (HFOR), Horton (1932) tarafından drenaj veya su havzalarının ana hatlarını tanımlamak üzere geliştirilen bir şekil faktörü olup poligon alanının poligonun uzunluğunun karesine oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Güler vd., 2021b). Kare şeklindeki poligonlar için HFOR değeri 1'e, daire şeklindeki poligonlar için yaklaşık olarak 0,785'e eşit olup, uzun poligonlar içinse bu değer uzama derecesine bağlı olarak azalmaktadır (Güler vd., 2021b).

Uzama Faktörü (ELOF), poligonun alanıyla aynı alana sahip olan bir dairenin çapının poligonun uzunluğuna oranı şeklinde tanımlanmaktadır (Schumm, 1956). Poligon şeklinin daire olduğu durumlarda ELOF değeri 1'e eşit olmakla birlikte, dikdörtgen gibi uzun poligonlarda uzama derecesine bağlı olarak bu değer sıfıra yaklaşmaktadır (Güler vd., 2021b).

Lemniskat Oranı (LEMR), poligonların uzamasını tanımlamak için kullanılmaktadır (Zăvoianu, 1985). Dönme katsayısı veya k faktörü olarak da isimlendirilen bu oran, drenaj havzaları ve bataklıklar gibi şekillerin alanları ile ana eksenlerinin uzunluklarını ilişkilendirmek üzere kullanılmıştır (Chorley vd., 1957; Chorley, 1959). LEMR değeri, daire gibi eşit boyutlu poligonlar için 1'e eşit olup, uzun poligonlarda bu değer 1'in üzerine çıkmaktadır (Chorley, 1959). Araştırmacılar tarafından yapılan önceki çalışmalarda şekil parametresi olarak form oranı (Ebdon, 1985) veya yuvarlaklık (Cox ve Budhu, 2008) olarak isimlendirilen ters oran da kullanılmıştır (Güler vd., 2021b).

Düzenlilik Faktörü (REGF), Buendía vd. (2002) tarafından, biyolojide kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Poligon özellikleri için düzenlilik indeksi oluşturmak üzere poligona ait uzunluk, genişlik ve alan ölçülerini aynı anda kullanarak, uzunluk ve genişlik çarpımının alana bölündükten sonra bir sabitle çarpılmasıyla hesaplanmaktadır (Güler vd., 2021b). Daire için 1'e eşit olan REGF değeri, kare için 0,785'e, eşkenar üçgen için 1,571'e eşit olmakla birlikte dar ve uzun, L şekilli poligonlarda ise daha yüksek değerlere ulaşmaktadır (Güler vd., 2021b).

Şekil Faktörü (SHAF), Buendía vd. (2002) tarafından poligon özellikleri için şekil indeksi üretmek amacıyla geliştirilmiş olup poligona ait uzunluk, genişlik, çevre ve alan ölçülerinin kullanılarak hesaplandığı bir parametredir. Biyolojide kullanılan bu faktör, Uzunluk-Genişlik oranı ile Miller Dairesellik Oranı'nın çarpımına eşittir (Güler vd., 2021b). Daire için 1'e eşit olan SHAF değeri, kare için 0,785'e ve eşkenar üçgen için 0,698'e eşit olup, dar ve uzun olan poligonlarda bu değer 1'in üzerinde olmaktadır (Güler vd., 2021b).

Dışbükeylik (CONV), bir poligon sınırının dış pürüzlülüğü hakkında bilgi elde etmek için kullanılmaktadır (Glasbey ve Horgan, 1995). Dışbükeyliği hesaplamak için, poligonun dış sınırına lastik bir bant geçirildiğinde elde edilebileceği gibi (O'Rourke, 1998), poligonun sınır noktalarına teğet olan dışbükey gövde (CHU) olarak isimlendirilen geometrik bir şekil kullanılır (Güler vd.,

2021b). Bu dışbükey gövdenin çevre uzunluğunun, poligonun çevre uzunluğuna oranlanmasıyla CONV değeri elde edilmektedir (Güler vd., 2021b). Poligonun dış noktaları (pürüzlülüğü) ne kadar fazla olursa dışbükey gövde değeri o kadar büyük olur ve buna bağlı olarak CONV değeri 0'a yaklaşır (Glasbey ve Horgan, 1995). Bununla birlikte, düzgün bir şekle sahip olan bir poligonda bu değer 1'e yakın olmaktadır (Glasbey ve Horgan, 1995).

İçbükeylik (CONC), poligon sınırlarını çevreleyen dışbükey gövdenin alanından poligon alanının çıkarılmasıyla hesaplanan parametredir (Landini, 2010). Dışbükey gövde alanı ile poligon alanının birbirine eşit olduğu daire gibi poligonlarda CONC değeri 0'a eşit olup, poligon sınır noktalarının fazla olduğu, yani oldukça düzensiz ve pürüzlü bir dış sınıra sahip poligonlar için bu değer 1'den büyük olmaktadır (Güler vd., 2021b).

Sağlamlık (SOLI), poligon alanının poligon sınırlarını çevreleyen dışbükey gövdenin alanına oranlanmasıyla hesaplanan boyutsuz bir parametredir (Güler vd., 2021b). Kare gibi düzgün poligonlarda 1'e eşit olan SOLI değeri, düzensizliğin arttığı, yani poligon dış sınır noktalarının fazla olduğu pürüzlü poligonlarda 0'a yaklaşmaktadır (Güler vd., 2021b).

Dikdörtgensellik (RECT), poligon alanı ile poligonu minimum şekilde çevreleyen kutunun (MEB) alanına oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Liu vd., 2001). Kare ve dikdörtgen için 1 olan dikdörtgensellik değeri, daire için 0,785 ve eşkenar üçgen için ise 0,5 değerini almaktadır (Güler vd., 2021b).

Yuvarlaklık (ROUN), poligon uzunluğundaki bir artış sonucunda meydana gelen poligon sınırının bir daireden ayrılma derecesini ölçmek için kullanılmaktadır (Glasbey ve Horgan, 1995). Poligon alanının aynı çevre değerine sahip bir dairenin alanına oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Güler vd., 2021b). Poligon sınırlarının düzensizliğine bağlı olarak değişmeyen yuvarlaklık değeri, dairesel bir poligon için 1'e eşit olmakla birlikte, poligonun dairesellikten uzaklaşmasıyla orantılı olarak 1'den küçük değerler almaktadır (Glasbey ve Horgan, 1995).

Küresellik (SPHE), poligon sınırlarının küreselliğini karakterize etmek üzere, poligon ile aynı alana sahip bir dairenin çapı ile poligonu çevreleyen en küçük dairenin çapının (RMCC) oranlanmasıyla hesaplanan bir parametredir (Wadell, 1935). Poligonun şeklini ifade eden küresellik, genişlik ve uzunluk gibi poligon boyutlarının arasındaki benzerliği göstermektedir (Güler vd., 2021b). Küresellik değeri daire için 1'e, eşkenar bir üçgen için ise 0,5'e eşit olmakla birlikte dikdörtgen gibi uzun poligonlar için 0'a yakın olmaktadır (Güler vd., 2021b).

bulunabilir (Kurt, 2010). Bu elementlerin bir kısmı suda eser miktarlarda bulunurken, bir kısmı da yüksek konsantrasyonlarda bulunabilmektedir (Yıldırım, 2018). Suların kullanım amacına göre uygunluğu açısından değerlendirilmesinde bu iyonların ilgili yönetmeliklerde belirtilen standartları dikkate alınırken, bunların yanında hidrojen iyonu potansiyeli (pH), indirgenme-yükseltgenme potansiyeli (Eh), elektriksel iletkenlik (EI), tuzluluk ve çözülmüş oksijen (ÇO) miktarı gibi fiziksel parametre değerlerinin ölçümlerinin de yapılması gerekmektedir (Yıldırım, 2018). Suların bünyesinde bulunan birincil katyonlar kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}), sodyum (Na^{+}) ve potasyum (K^{+}) ile birincil anyonlar karbonat (CO_3^{-2}), bikarbonat (HCO_3^{-}), sülfat (SO_4^{-2}), klorür (Cl^{-}), nitrat (NO_3^{-}), nitrit (NO_2^{-}) ve florür (F^{-})'dür (Hem, 1985; Şahinci, 1991). Suların kimyasal parametrelerini ifade eden bu iyonlar ile suların fiziksel özelliklerini etkileyen parametreler aşağıdaki başlıklarda detaylı olarak açıklanmıştır.

2.5.1. Fiziksel Parametreler

2.5.1.1. Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)

Sıcaklık, yüzey ve yeraltı sularının neredeyse bütün fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen en önemli faktördür. Suyun yüzeyden yer altına doğru hareketi sırasında bulunduğu ortamın koşullarına bağlı olarak sıcaklığı değişmektedir (Stevens Jr. vd., 1975). İklim, coğrafi konum, yükselti, derinlik, akarsu debisi gibi çeşitli etkenlere bağlı olarak sıcaklığın değiştiği yüzey suları, yeraltı sularına göre daha yüksek sıcaklık değerlerine sahiptir (Demer, 2008). Bununla birlikte, daha homojen bir dağılıma sahip yeraltı sularının sıcaklığı, yerin altından yüzeye doğru ısı iletiminin yanı sıra yüzeyden yerin derinliklerine doğru gerçekleşen ısı iletiminden de etkilenmektedir (Stevens Jr. vd., 1975).

2.5.1.2. Hidrojen İyonu Potansiyeli (pH)

Hidrojen iyonu aktivitesinin negatif logaritması olarak tanımlanan ve suların asitlik-bazlık özelliğini ifade eden pH, genellikle 0 ile 14 arasında değişen bir değerdir (Boyd ve Tucker, 1998). Hidrojen iyonu potansiyeli (pH) değeri 7'nin altında olan sular asidik özellik gösterirken, 7'nin üzerinde olan sular ise bazik özellik göstermektedir (Boyd ve Tucker, 1998). Yağmur suları 5,6 civarında bir pH değerine sahip olup asidik özellik göstermektedir (Hem, 1985). Doğal, kirlenmemiş yeraltı sularında pH değeri 6,0 ile 8,5 arasında değişen değerlere sahipken, termal sular daha düşük pH değerlerine sahiptir (Demer, 2008). Ortamdaki karbondioksit artışına bağlı olarak doğal suların pH değeri 9,0'dan büyük değerlere ulaşabilmektedir (Hem, 1985). Yüzey ve yeraltı sularında karbonat, hidroksit ve bikarbonat iyonları suyun bazikliğini artırırken, serbest mineral asitleri ve karbonik asit suyun asiditesini arttırmaktadır (Demer, 2008).

2.5.1.3. Elektriksel İletkenlik (EI)

Elektriksel iletkenlik, suyun elektrik akımını iletme potansiyeli olarak tanımlanmaktadır (Freeze ve Cherry, 1979). Birimi $\mu\text{Siemens/cm}$ ($\mu\text{S/cm}$) ile ifade edilen elektriksel iletkenlik değeri, suyun temas ettiği çevresel ortama, suyun içerdiği iyon türü ve miktarına, yağış miktarına ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Sıcaklık arttıkça artan elektriksel iletkenlik değerlerinin su örnekleri arasında karşılaştırılabilir bir parametre olması için sabit bir sıcaklıkta ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de) ölçülmektedir (Hem, 1985). Saf suyun elektriksel iletkenliği oldukça düşüktür. Bununla birlikte, çalışma alanındaki deniz suyunun elektriksel iletkenlik değeri yaklaşık olarak $58000\text{ }\mu\text{S/cm}$ 'dir (Güler vd., 2012). Kıyı bölgelerine yakın yerlerdeki yeraltı ve yüzey sularındaki yüksek elektriksel iletkenlik değerleri tuzlu su girişiminin göstergesi olarak kabul edilmektedir (Somay ve Gemici, 2009).

2.5.1.4. İndirgenme-Yükseltgenme Potansiyeli (Eh)

Suyun içerdiği kimyasal bileşenlerin türlerine göre indirgeyici veya yükseltgeyici eğilimde olup olmadığını ifade eden indirgenme-yükseltgenme (redoks) potansiyeli, zeminin yapısına, gözenekliliğine ve geçirgenliğine, organik maddenin cinsi ve miktarına, yağış miktarına, bulunduğu derinliğe ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir (Demer, 2008). Yüzey sularının atmosferdeki oksijenle temas etmesi nedeniyle Eh değerleri, yeraltı sularının Eh değerlerinden daha yüksektir ve su yüzeyden derinlere doğru hareket ettikçe bu değer azalmaktadır (Freeze ve Cherry, 1979).

2.5.1.5. Toplam Çözünmüş Madde (TÇM)

Toplam çözünmüş madde (TÇM), su içerisinde çözünmüş olarak bulunan tüm kimyasal bileşenlerin mg/L cinsinden toplam miktarını belirtmektedir (Hem, 1985). Yüzey ve yeraltı sularında, çözünmüş olarak bulunan kimyasal bileşenlerin büyük bir kısmı başlıca majör katyonlar (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} ve K^{+}) ve majör anyonlardan (Cl^{-} , SO_4^{-} , HCO_3^{-} ve CO_3^{-}) oluşmakta olup çözünmüş madde miktarının artmasıyla suyun elektriksel iletkenlik değeri de artış göstermektedir (Hem, 1985).

2.5.2. Kimyasal Parametreler

2.5.2.1. Kalsiyum (Ca^{+2}) ve Magnezyum (Mg^{+2})

Toprak alkali metallere olan kalsiyum ve magnezyum iyonları, suyun sertliğine katkıda bulunan iyonlardır ve çoğunlukla alkalilik iyonları karbonat, bikarbonat ve hidroksite eşlik eden karşıt iyonlar olarak bulunurlar (Hem, 1985).

Kalsiyum %3,85 oranıyla yerkabuğunda en bol bulunan beşinci elementtir (Wedepohl, 1995). Dolayısıyla yerkabuğunda bol miktarda bulunması ve kolay çözünebilir olması nedeniyle hemen

hemen bütün suların kimyasal yapısında bulunmaktadır. Daha çok magmatik kayaç minerallerinin ana bileşenlerinden olan kalsiyum metamorfik kayaçların yapısında da bulunmaktadır (Yıldırım, 2018). Suyun yüzeyden derinlere hareketi sırasında etkileşime girdiği magmatik ve metamorfik kayaçların bünyesindeki bu kalsiyum iyonları serbest hale geçerek suyun bünyesine katılır. Başta kalsit, aragonit, dolomit, anhidrit ve jips olmak üzere, magmatik ve metamorfik kayaç minerallerinden olan vollastonit, florit, apatit, amfibol ve piroksen grupları ile bazı feldispatların bozunumundan ortaya çıkan kalsiyum iyonları yeraltı ve yüzey sularının içerdiği kalsiyumun ana kaynağını oluşturmaktadır (Şahinci, 1991).

Suların bünyesinde Mg^{+2} formunda bulunan ve magmatik kayaçlarda bulunan metalik elementler arasında bolluk açısından yedinci sırada yer alan magnezyum, diğer kayaç türlerinin de önemli bir bileşenidir (Hem, 1985). Yeraltı ve yüzey sularında bulunan Mg^{+2} katyonunun ana kaynağını dolomit oluştururken, magmatik kayaçların yapısında bulunan olivin, amfibol ve mikalar ile metamorfik kayaçların yapısında bulunan piroksen, serpantin, klorit, talk ve tremolitler de sulardaki magnezyumun kaynağını oluşturabilmektedir (Demer, 2008; Hem, 1985). Bunların yanı sıra brusit, manyezit ve hidromanyezit gibi minerallerin de su ile etkileşimi sonucunda yapılarındaki magnezyum iyonları suya geçebilmektedir (Hem, 1985).

2.5.2.2. Sodyum (Na^+) ve Potasyum (K^+)

Periyodik tabloda alkali metaller grubunda yer alan sodyum (Na^+), grupta bulunan diğer metaller olan lityum, sezyum, rubidyum ve potasyum arasında suda en bol bulunan iyondur (Hem, 1985). Esas olarak deniz suyunda ve evaporitlerde bulunan sodyum, magmatik kayaçlardaki sodyumca zengin plajiyoklasların ayrışmasıyla oluşan killerin suyla etkileşimi sonucu da sulara sodyumun kaynağını oluşturmaktadır (Hem, 1985). Etkileşimde olduğu kayaçlara ek olarak yeraltı ve yüzey sularındaki sodyum miktarı, kış aylarında yollarda meydana gelen buzlanmayı önlemek amacıyla tuz kullanımı, petrol kuyularından pompalanan tuzlu suyun yüzey ve yeraltı sularına karışması, kıyı bölgelerde bulunan su kuyularından aşırı su çekimi sonucunda kuyulara deniz suyu girişimine neden olması ve tarım faaliyetlerinde gübre kullanımı gibi antropojenik faaliyetlere bağlı olarak artabilmektedir (Hem, 1985).

Alkali metaller grubunun diğer bir üyesi olan potasyum (K^+), silikat minerallerinin yapısından zor ayrılmasıyla birlikte başta kil mineralleri olmak üzere katı ayrışma ürünlerinin yapısına yeniden katılma eğilimindedir. Bu nedenle silikat minerallerinin yapısından daha kolay ayrılabilen ve suda oldukça kararlı bir şekilde bulunan sodyuma göre yeraltı ve yüzey sularının yapısında daha düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Hem, 1985). Başta ortoklaz ve mikroklin ($KAlSi_3O_8$), mikalar ve lösit ($KAlSi_2O_6$) gibi silikat kayaçlarındaki ana potasyum minerallerinin su ile etkileşimi ile potasyum suyun yapısına katılırken, illit gibi potasyum içeren killer de sudaki potasyumun kaynağını

oluşturmaktadır (Hem, 1985). Bununla birlikte evaporitler ve potasyum tuzu yataklarıyla etkileşime giren sulara yüksek potasyum konsantrasyonları gözlenebilmektedir (Hem, 1985).

2.5.2.3. Karbonat (CO_3^{2-}) ve Bikarbonat (HCO_3^-)

Yüzey ve yeraltı sularının bileşiminde bulunan karbonat ve bikarbonat iyonlarının esas kaynağını atmosfer ve toprakta bulunan CO_2 ile karbonatlı kayaçların su ile etkileşime girerek erimesi oluşturmaktadır (Varol, 2011). Suyun alkali özellik kazanmasını sağlayan karbonat ve bikarbonat iyonlarından özellikle bikarbonat iyonu hava ile temas eden bütün sulara bulunmaktadır (Doğan, 1981). Bununla birlikte, karbonat anyonu yüksek pH değerlerine sahip sulara bikarbonat iyonlarının karbonat ve hidrojen iyonları şeklinde ayrılmasından dolayı daha yüksek konsantrasyonlarda görülmektedir (Doğan, 1981; Šrāček ve Zeman, 2004). Sıcaklığın ortalama 20°C ve pH değerinin 8,3 olduğu sulara olan karbonat ve bikarbonat iyonları hemen hemen aynı konsantrasyonlara sahipken, pH değerinin 8,3'den fazla olduğu sulara karbonat baskın iyon haline gelmektedir (Hem, 1985; Šrāček ve Zeman, 2004; Yıldırım, 2018). Dolayısıyla suyun bileşiminde bulunan karbonat ve bikarbonat iyonlarının miktarı esas olarak suyun sıcaklığına, pH değerine ve ortamdaki karbondioksit miktarına bağlı olarak değişmektedir.

2.5.2.4. Klorür (Cl^-)

Periyodik tablodaki halojenler grubunun en bol bulunan elementi olan klorür (Cl^-), çoğunlukla Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , Sr ve Ba gibi elementlerle tuz bileşiği oluşturmaktadır (Akbulut, 2016). Klorürün iyon yarıçapının büyük olması bu tuzların suda kolayca çözünmesine neden olmakta ve sulara negatif yüklü iyon oluşturması kolloidler tarafından tutulmasını engellemektedir (Varol, 2011). Yeraltı ve yüzey sularındaki klorürün kaynağını esas olarak deniz ve okyanuslar oluşturmakla birlikte evaporitik çökeltilerden ve daha az miktarda da sodalit ve apatit gibi magmatik kayaçlardan suya klorür geçişi olmaktadır (Hem, 1985; Yıldırım, 2018). Deniz ve okyanuslardan sulara klorür geçişi, denizlerden tuzlu su girişiyle ya da deniz ve okyanuslardaki tuzlu suyun buharlaşmasıyla havaya karışarak rüzgarlar ile karanın iç kısımlarına taşınması sonucu olmaktadır (Samsunlu, 2013). Bu nedenle kıyılardan iç kısımlara gidildikçe sulardaki klorür konsantrasyonları azalmaktadır (Kurt, 2010; Yıldırım, 2018). Bütün doğal suların yapısında bulunan klorür anyonu, deniz suyunda ortalama 19353 mg/L olmakla birlikte (Turekian, 1968), yağmur sularındaki klorür miktarı yaklaşık olarak 1 mg/L'dir (Kurt, 2010). Bunların dışında evsel ve endüstriyel atıksular, yollardaki buzlanmayı önlemek üzere kullanılan buz çözücü tuzlar, tarımda inorganik gübre kullanımı, düzenli depolama sahalarındaki sızıntılar ve tarımsal sulamadan geri dönen sular da yeraltı ve yüzey sularındaki klorür miktarının artmasına neden olmaktadır (Güven, 2021).

2.5.2.5. Sülfat (SO_4^{2-})

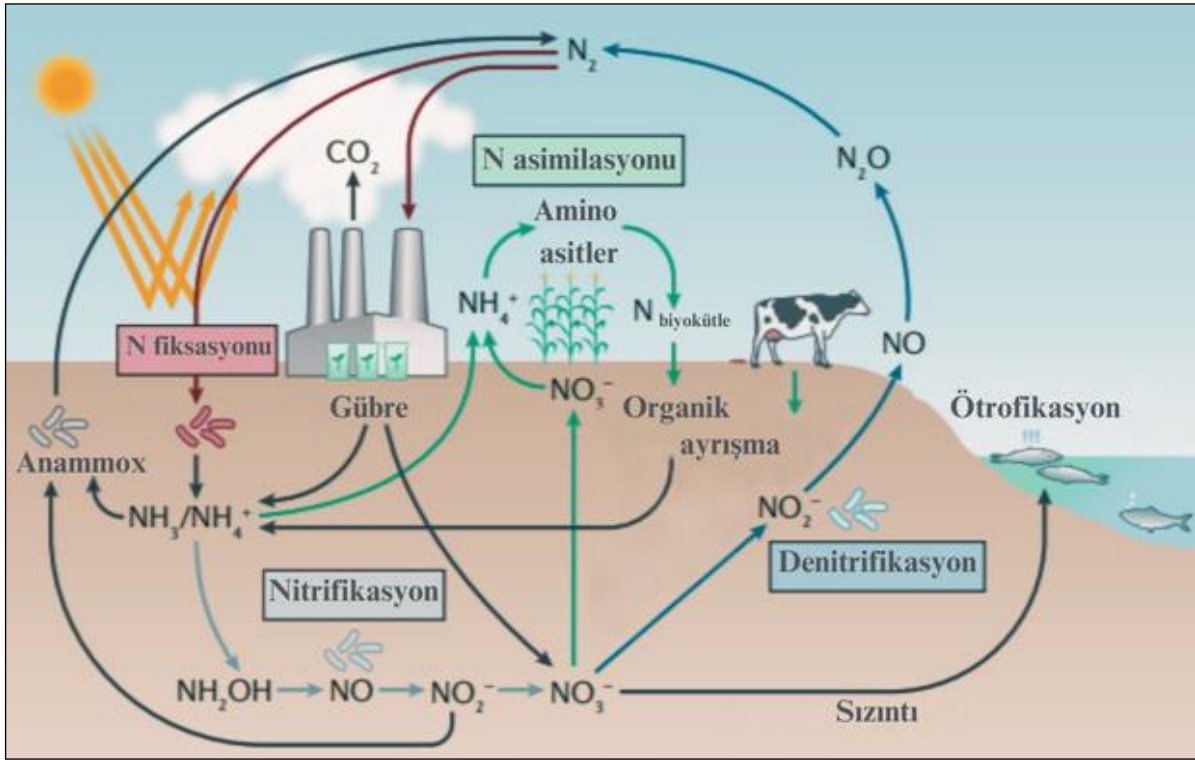
Sülfat iyonu, sülfür minerallerinin su ile etkileşime girerek bozunmalarının ardından oksitlenmeleri sonucunda oluşmaktadır (Hem, 1985). Doğal sulardaki sülfat iyonunun esas kaynağını anhidrit (CaSO_4) ve jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) gibi kalsiyum sülfatlar oluşturmakla birlikte denize yakın yerlerdeki yeraltı suyuna tuzlu su girişi ya da denizlerdeki tuzlu suyun buharlaşmasıyla havaya karışarak taşınması sülfat iyonunun sulardaki derişimini arttırmaktadır (Samantara vd., 2017). Bununla birlikte, pirit mineralinin oksidasyonu, baryum ve stronsiyum sülfatlar, volkanlar, fosil yakıtların yakılması, jeotermal alanlar, toprak ya da organik atıklardaki sülfatların oksidasyonu gibi kaynaklardan da yeraltı ve yüzey sularına sülfat geçişi olabilmektedir (Hem, 1985). Ayrıca, endüstriyel ve evsel atıkların yüzey sularına boşaltılması ya da yeraltı sularına sızması, kimyasal gübreler, asit yağmuru ve kükürt içeren maden sahalarının drenaj suları da yüzey ve yeraltı sularındaki sülfat iyonu konsantrasyonunu arttıran diğer kaynaklar arasındadır (Demer, 2008).

2.5.2.6. Nitrat (NO_3^-) ve Nitrit (NO_2^-)

Atmosferde en fazla bulunan element olan azot (N), bakterilerden bitkilere tüm canlıların yaşamaları ve üremeleri için gerekli olan temel besin maddelerinden biridir (Hem, 1985; Lehnert vd., 2018). Bazı mikroorganizmalar dışındaki canlılar ihtiyacı olmasına rağmen azotu doğrudan doğada bulunduğu şekliyle kullanamazlar (Ardıç, 2013). Azot, çeşitli kimyasal ve biyolojik süreçler geçirerek litosfer, atmosfer, hidrosfer ve biyosfer arasında farklı azot bileşiklerine dönüşümü sonucunda canlılar tarafından kullanılabilir duruma gelmektedir (Hem, 1985). Azotun azot bileşiklerine dönüşümü sırasında nitrifikasyon, denitrifikasyon, azot fiksasyonu gibi geçirdiği kimyasal ve biyolojik bu süreçlerin tamamı “azot döngüsü” olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.7).

Azot gazının şimşek ve yıldırım gibi doğa olayları ile toprakta serbest ya da simbiyotik yaşayan bakteriler tarafından amonyum veya amonyak formuna dönüştürülmesi olayına “azot fiksasyonu” adı verilir (Sarı ve Mertoğlu, 2019). Azot fiksasyonu ile toprağa bağlanan amonyum iyonlarının oksijenli ortamda nitrifikasyon bakterileri aracılığıyla kademeli olarak önce nitrite daha sonra da nitrate dönüştürülmesi olayı nitrifikasyon olarak adlandırılır (Demer, 2008; Sarı ve Mertoğlu, 2019). Oksijensiz ortamda ise denitrifikasyon bakterileri tarafından nitrat iyonunun önce nitrite daha sonrada azot oksit (N_2O) ve moleküler azota (N_2) indirgenmesi olayı ise denitrifikasyon olarak adlandırılmaktadır (Demer, 2008; Sarı ve Mertoğlu, 2019).

Yeraltı ve yüzey sularındaki azot bileşiklerinin en önemlisi nitrat (NO_3^-) iyonudur. Bitkiler tarafından nitratın kullanılmayan kısımları ve nitratın oksijenin yetersiz olduğu ortamlarda azota indirgenemeyen formları suların bünyesine katılmaktadır (Akbulut, 2016). Bununla birlikte, tarımda kullanılan organik ve suni gübreler ile evsel ve canlı atıklarının yüzey ve yeraltı sularına karışması, nitrat konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır (Demer, 2008; Yıldırım, 2018).



Şekil 2.7. Azot döngüsü (Lehnert vd., 2018'den değiştirilmiştir).

Amonyak ve nitrat arasında (nitrifikasyon) veya nitrat ve azot oksit arasında (denitrifikasyon) geçiş formu olarak bulunan nitrit (NO_2^-), yeraltı ve yüzey sularında oldukça yaygın bir iyon olmasına rağmen nitrata göre daha az miktarlarda bulunmaktadır (Demir, 2008). Bozunmuş hayvansal ve bitkisel atıklar, endüstriyel ve evsel atıksular, tarımda kullanılan organik ve suni gübreler, yakılan katı atıklar ve atmosferdeki azotun yıkanması sularındaki nitrit iyonunun başlıca kaynaklarıdır (Demir, 2008).

2.5.2.7. Florür (F^-)

Halojenler grubunun en hafif üyesi olan flor, tüm elementler arasında negatif yük kazanmaya eğilimi en yüksek olan elementtir (Hem, 1985). Doğada serbest halde bulunmayan flor elementi organik ve anorganik maddeler ile reaksiyona girerek florür bileşiklerini oluşturmaktadır (Çalışkan, 2007). Yeraltı ve yüzey sularındaki florür konsantrasyonları oldukça düşük olmakla birlikte, termal kökenli su kaynaklarının, florit ve flor apatit gibi mika mineralleri ile magmatik kayalarla etkileşimde bulunan suların florür miktarı yüksek olabilmektedir (Varol vd., 2008). Bunların dışında; cam, seramik, pestisit ve gübre üretimi, termik santraller, elektronik cihaz üretimi gibi pek çok endüstriyel üretim tesisinde kullanılan florürlü bileşiklerin atıkları yeraltı ve yüzey sularına karışarak florür konsantrasyonunu arttırmaktadır (Çalışkan, 2007).

2.6. Önceki Çalışmalar

Schultze vd. (2010), Orta Almanya’da madencilik faaliyetleri sonrasında meydana gelen göllerin oluşumu ve gelişim süreçlerini araştırmışlardır. Bunun için morfometrik ve su kalitesi verilerini, Orta Almanya’daki göllerin sürdürülebilir gelişimi ile ilgilenen hükümet ve hükümet dışı kurumlar topluluğundan (Mitteldeutscher Seenkatalog) ve Doğu Almanya’daki eski linyit madenlerinin iyileştirilmesinden sorumlu devlet şirketinin (Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau Verwaltungsgesellschaft) web sitesinden almışlardır. Elde ettikleri veriler doğrultusunda göllerin iyileştirilmesi için yapılan mevcut yöntemlerden bahsederek bunların yeterliliğini tartışmışlardır. Yapılan çalışmada, madencilik faaliyetleri sonrası oluşan göllerin doğru yöntemlerle iyileştirilmesi, iyileştirme çalışmalarından sonra da bu göllerin izlenmesi gerekliliğini vurgulamışlardır.

Casas vd. (2011) yaptıkları araştırmada, İspanya’nın güneyinde yer alan Endülüs bölgesindeki 16.543 adet yapay gölete ait envanter oluşturmuşlardır. Araştırmacılar, yapay göletleri tespit etmek için multispektral uydu görüntüleri kullanmışlardır. Yapay göletlerden su örnekleri alarak fiziksel ve kimyasal parametrelerini belirleyerek elde ettikleri verileri temel bileşen analizi (PCA) yöntemiyle analiz etmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda, göletlerin kullanım amaçlarını, biyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerini ortaya koyarak çevreye olan etkilerini irdelemişlerdir.

Salerno vd. (2012), Everest Dağı’nın güney kesiminde yer alan moloz kaplı buzulların ve buzul göllerinin haritasını oluşturmak için orta-yüksek çözünürlüklü ALOS uydu görüntülerini kullanmışlardır. Araştırmacılar toplamda 624 göl ve 29 buzulu incelemişler ve gölleri morfometrik özelliklerine göre üç tipolojiye ayırmışlardır. Bununla birlikte, uzaktan algılama görüntülerinden ve morfometrik parametrelerden yararlanarak yerel havza topoğrafyası, buzulların özellikleri ve göl boyutları arasındaki ilişkileri belirleyerek göllerin oluşum koşullarını irdelemişlerdir.

Goudie (2013), İngiltere ve Galler’de yapmış olduğu çalışmada Google Earth uydu görüntüleri ve temel morfometrik parametrelerden elde edilen analiz sonuçlarını kullanarak tuz bataklıklarının özelliklerini haritalamış ve bunların gelgit aralığı, deniz seviyesi değişimi, kıyı yapısı, çökel türü ve erozyon durumu gibi çevresel değişkenlerle olan ilişkilerini tespit etmiştir.

Lombardo (2014), CBS yazılımı kullanarak, dikdörtgensellik, eliptiklik ve yönlenmeyi ölçmek üzere bir yöntem geliştirmiştir. Bununla birlikte, dikdörtgenselliğe karşı eliptiklik indeksini (REI) tanımlamıştır. Yöntemi, mevcut yöntemlerle kıyaslayarak Bolivya Amazonu’ndaki gölleri analiz etmek için uygulamıştır. Ayrıca morfometrik analizin, göl oluşumu ve evrim sürecinin anlaşılmasında oldukça önemli bir yöntem olduğunu vurgulamıştır.

Ovakoglou vd. (2016), yaptıkları çalışmada, yüksek zamansal çözünürlüklü uydu görüntülerini kullanarak, su seviyesinde yıl içinde ve yıllar arasında fazla değişim gösteren göl ve rezervuarların dijital derinlik modelini güncellemek için bir metodoloji sunmuşlardır. Çalışmada göl morfometrisinin bilinmesinin ekosistemin yapısı ve işlevi açısından önem taşıdığını ve rezervuarlar için de havza

morfometrisinin bilinmesinin rezervuarların sulama, enerji üretimi, taşkın kontrolü ve evsel atık depolama kapasitesi açısından önem taşıdığını vurgulamışlardır.





3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında, çalışma alanına ait Google Earth uydu görüntüleri ve 1/25.000 ölçekli O33-a3, O33-b1, O33-b2, O33-b3 ve O33-b4 paftaları temel materyal olarak kullanılmıştır. Yapılan bu çalışma kapsamında Tarsus (Berdan) Ovası'nda bulunan yapay su kütlelerinin fiziksel ve kimyasal su parametreleri ile morfometrik özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Yapay su kütlelerinin fiziksel su parametreleri yapılan saha çalışmaları sırasında yerinde ölçüm yapılarak belirlenmiştir. Kimyasal su parametrelerine ait konsantrasyon değerleri ise araziden alınan su örneklerinin laboratuvarında yapılan analizleri sonucunda belirlenmiştir. Yapay su kütlelerine ait morfometrik parametreler, Güler vd. (2021a) tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu bir CBS eklentisi olan PolyMorph-2D kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen tüm veriler tanımlayıcı istatistiksel analizler kullanılarak değerlendirilmiştir. Kullanılan yöntemler ve materyaller detaylı bir şekilde izleyen bölümde verilen alt başlıklarda açıklanmıştır.

3.1. CBS ve Morfometri Analizleri

Bu tez çalışması kapsamında, Mersin ili Tarsus ilçesinin güneyinde bulunan Tarsus (Berdan) Ovası'ndaki yapay su kütlelerinin morfometrik parametreleri ile fiziksel ve kimyasal su parametreleri araştırılmıştır. Bu kapsamda, öncelikle Google Earth Pro (2023) yazılımındaki uydu görüntüleri kullanarak bölgede bulunan ve yapay su kütlesi olma ihtimali olan nesneler belirlenmiştir. Tespit edilen muhtemel yapay su kütlelerine ait merkez nokta (centroid) koordinatları kaydedilmiş ve bu koordinat değerleri GPS uygulamasına aktararak nesnelerin arazi kontrolleri yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında varlığı kesinleştirilen yapay su kütleleri, Google Earth Pro yazılımı aracılığıyla vektör veri formatında (poligon şeklinde) sayısallaştırılmıştır. Elde edilen poligonlar CBS ortamına aktararak UTM WGS84 projeksiyon sisteminde koordinatlandırılmıştır. Sayısallaştırma ve koordinatlandırma işlemleri yapılan yapay su kütlelerinin morfometrik parametrelerini hesaplamak için bir OpenJUMP (2021) yazılımı eklentisi olan açık kaynak kodlu PolyMorph-2D (Güler vd., 2021a) eklentisi kullanılmıştır. Hesaplanan her bir morfometrik parametre için Box (kutu) grafikleri oluşturulmuş ve morfometrik parametrelerin birbirleriyle olan ilişkilerini belirlemek amacıyla Pearson korelasyon katsayıları (r) hesaplanmıştır. Morfometrik analizler için kullanılan PolyMorph-2D eklentisinde hesaplanan temel ve türetilmiş parametrelere ait formüller ve açıklamalar Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de sunulmuştur (Güler vd., 2021a).

Tablo 3.1. PolyMorph-2D eklentisi ile hesaplanan “Temel” morfometrik parametreler (Güler vd., 2021a’dan değiştirilerek).

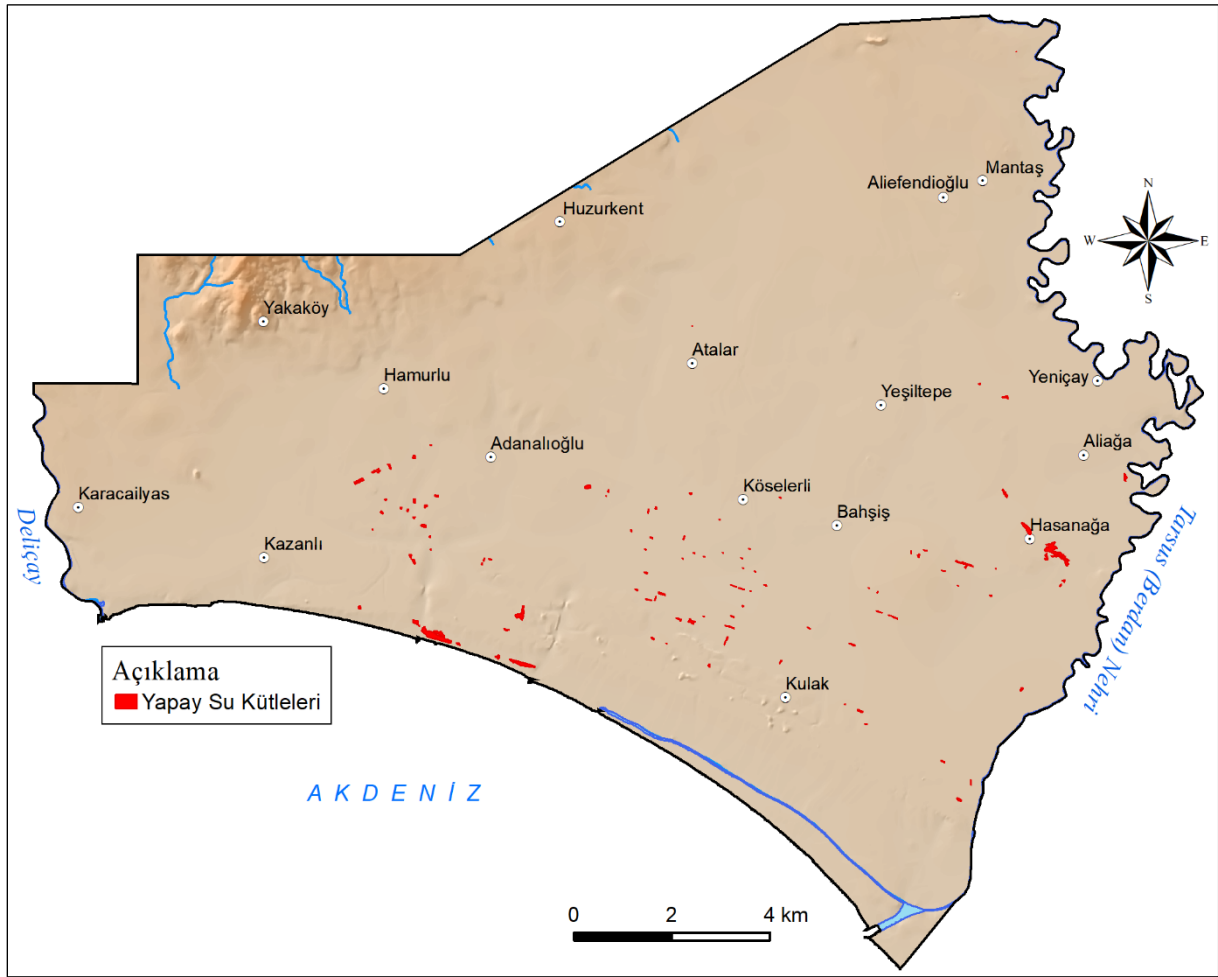
Temel Parametreler	Açıklama
Merkez Koordinatları (XPOL, YPOL)	Yapay su kütesinin merkez noktasına ait x ve y koordinatları
Alan (APOL)	Yapay su kütesinin yüzey alanı
Çevre (PPOL)	Yapay su kütesinin sınır çizgisinin uzunluğu
Uzunluk (LPOL)	Yapay su kütesinin ana eksen uzunluğu
Genişlik (WPOL)	Yapay su kütesinin küçük eksen uzunluğu
Azimet (AZIM)	Ana eksenin kuzeyle yaptığı açı
Sınırlayıcı Kutu Alanı (ABOB)	Yapay su kütesinin dış sınırını tamamen çevreleyen kutunun alanı
Sınırlayıcı Kutu Çevresi (PBOB)	Yapay su kütesinin dış sınırını çevreleyen kutunun çevresi
Minimum Çevreleyen Kutu Alanı (AMEB)	Yapay su kütesinin dış sınırını minimum şekilde çevreleyen kutunun alanı
Minimum Çevreleyen Kutu Çevresi (PMEB)	Yapay su kütesinin dış sınırını minimum şekilde çevreleyen kutunun çevresi
Dışbükey Gövde Alanı (ACHU)	Yapay su kütesinin dış sınırını çevreleyen dışbükey gövdenin alanı
Dışbükey Gövde Çevresi (PCHU)	Yapay su kütesinin dış sınırını çevreleyen dışbükey gövdenin çevresi
Minimum Çevreleyen Daire Alanı (AMCC)	Yapay su kütesini çevreleyen minimum dairenin alanı
Minimum Çevreleyen Daire Çevresi (PMCC)	Yapay su kütesini çevreleyen minimum dairenin çevresi
Minimum Çevreleyen Daire Yarıçapı (RMCC)	Yapay su kütesini çevreleyen minimum dairenin yarıçapı
Maksimum Yazılı Daire Alanı (AMIC)	Yapay su kütesinin içine çizilebilecek maksimum dairenin alanı
Maksimum Yazılı Daire Çevresi (PMIC)	Yapay su kütesinin içine çizilebilecek maksimum dairenin çevresi
Maksimum Yazılı Daire Yarıçapı (RMIC)	Yapay su kütesinin içine çizilebilecek maksimum dairenin yarıçapı

Tablo 3.2. PolyMorph-2D eklentisi ile hesaplanan “Türetilmiş” morfometrik parametreler (Güler vd., 2021a’den değiştirilerek).

Türetilmiş Parametreler	Formül	Kaynak
Uzunluk-Genişlik Oranı (LTWR)	L/W	Horton (1932)
Genişlik-Uzunluk Oranı (WTLR)	W/L	Zingg (1935)
Eliptiklik Faktörü (ELLF)	$ L-W / (L + W)$	Buendía vd. (2002)
Dairesellik Oranı (CIRR)	P^2 / A	Attneave ve Arnoult (1956)
Zavoianu’ un Form Faktörü (ZFOR)	$(16 A) / P^2$	Zăvoianu (1985)
Kompaktlık Faktörü (COMF)	$P / (4 \pi A)^{0.5}$	Peucker (1894), Gravelius (1914)
Miller Dairesellik Oranı (MCIR)	$(4 \pi A) / P^2$	Cox (1927), Miller (1953)
Dağılım Ölçümü (DISM)	$1 - [(4 \pi A)^{0.5} / P]$	Attneave ve Arnoult (1956)
Karmaşıklık İndeksi (COMI)	$1 - [(4 \pi A) / P^2]$	Shen vd. (1993)
Horton’ un Form Faktörü (HFOR)	A / L^2	Horton (1932)
Uzama Faktörü (ELOF)	$(4 A / \pi)^{0.5} / L$	Schumm (1956)
Lemniscate Oranı (LEMR)	$(\pi L^2) / 4A$	Chorley vd. (1957)
Düzenlilik Faktörü (REGF)	$(\pi L W) / 4A$	Buendía vd. (2002)
Şekil Faktörü (SHAF)	$[(4 \pi A) / P^2] \times (L/W)$	Buendía vd. (2002)
Dışbükeylik (CONV)	$PCHU / P$	Glasbey ve Horgan (1995)
İçbükeylik (CONC)	$ACHU - A$	Landini (2010)
Sağlamlık (SOLI)	$A / ACHU$	Zunic ve Rosin (2004)
Dikdörtgenlik (RECT)	$A / AMEB$	Liu vd. (2001), Landini (2010)
Yuvarlaklık (ROUN)	$(4 \pi A) / (PCHU)^2$	Glasbey ve Horgan (1995)
Küresellik (SPHE)	$(4 A / \pi)^{0.5} / 2 RMCC$	Wadell (1935)

3.2. Su Örneklerinin Alınması ve Analizi

Yapılan ön çalışmalarda, 2023 tarihli Google Earth uydu görüntüleri kullanılarak, Tarsus (Berdan) Ovası'nda toplam 255 adet yapay su kütlesi olma ihtimali olan nesne tespit edilmiştir. 20 Eylül-30 Ekim 2023 tarihleri arasında yapılan arazi çalışmaları ise bunlardan 129 adedinin gerçek anlamda bir yapay su kütlesi olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.1). Arazi çalışmaları ile doğrulaması yapılan 129 yapay su kütlelerinin büyük bir kısmı Tarsus (Berdan) Ovası'nın güney-güneydoğu kesimlerindeki denize ve/veya Tarsus (Berdan) Nehri'ne yakın kesimlerde bulunmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin ($n = 129$) harita üzerindeki dağılımı.

Arazi çalışmaları sırasında belirlenen toplam 129 adet su kütlelerinin 69 tanesinde yerinde fiziksel su parametreleri ölçümü gerçekleştirilmiş olup bunlardan alınan su örnekleri çeşitli su kimyası parametreleri açısından laboratuvarında analiz edilmiştir. Su örneği alınan yapay su kütlelerinin bazılarına ait görseller Şekil 3.2'de sunulmuştur.



Şekil 3.2. Su örneği alınan yapay su kütlelerinden bazılarına ait arazi fotoğrafları.

Yapay su kütlelerinde yapılan su örneklemeleri için 250 mL'lik HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) şişeler kullanılmıştır. Örneklemeye yapılmadan önce, plastik şişeler, üç defa örneklenerek su ile doldurulup çalkalanmış, çalkalama işleminden sonra hava kabarcığı kalmayacak şekilde doldurularak kapağı kapatılmıştır. Alınan su örneklerine, silinmeyen asetat kalemle numara verildikten sonra, sıcaklık etkisine karşı içerisinde jelli buz kapları bulunan bir buzluk ile laboratuvara nakledilmişlerdir. Alınan tüm su örnekleri, laboratuvarında analiz edilinceye kadar +4°C'ye ayarlanmış buzdolabında muhafaza edilmiştir.

3.2.1. Fiziksel Parametre Ölçümleri

Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EI), indirgenme-yükseltgenme Potansiyeli (Eh) ve toplam çözünmüş madde (TÇM) değerleri WTW marka Multi 340i model multiparametre cihazı kullanılarak yerinde ölçülmüştür.

3.2.2. Kimyasal Parametre Analizleri

3.2.2.1. Majör Anyon Analizleri

Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin ($n = 69$) majör anyon bileşenleri (Cl^- , SO_4^{2-} , F^- , NO_3^- ve NO_2^-) Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde bulunan Hach Lange DR 3900 model spektrofotometre cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Su örneklerine ait karbonat (CO_3^{2-}) ve bikarbonat (HCO_3^-) değerleri dijital büret kullanılarak titrasyon yöntemi ile analiz edilmiştir. Havada bulunan karbondioksit gazı, su örnekleriyle reaksiyona girerek suyun pH değerini değiştirdiğinden dolayı suda bulunan bazı iyonların ölçüm sonuçlarını etkileyebilmektedir. Bu nedenle yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinde ilk olarak karbonat ve bikarbonat analizleri yapılmıştır.

Karbonat ve bikarbonat analizlerine başlamadan önce, analiz için gerekli kimyasal maddelerden biri olan 0,01N standart sülfirik asit çözeltisi hazırlanmıştır. Bunun için öncelikle içerisinde belirli bir miktar saf su bulunan mezüre 0,271 mL sülfirik asit eklenmiş ve ardından çözelti, 1 litreye tamamlanana kadar saf su ilave edilerek hazırlanmıştır. Hazırlanan sülfirik asit çözeltisinin doğruluğunu test etmek amacıyla 0,53 g 140°C'de kurutulmuş susuz sodyum karbonat bir miktar suda çözündürüldükten sonra 1 litreye tamamlanana kadar saf su ilave edilerek standart sodyum karbonat çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra, 10 mL sodyum karbonat çözeltisi cam erlenmeyere alınarak içerisine 0,1 mL metil oranj damlatılmıştır. Çözeltinin rengi değişene kadar standart sülfirik asit çözeltisi ile titre edilmiştir. Renk değiştiği anda dijital büretten harcanan asit miktarının 10 mL civarında olması gerekmektedir. Yapay su kütlelerinden alınan 69 örnek için 1. ve 2. set olmak üzere iki ayrı standart sülfirik asit çözeltisi hazırlanmıştır. Birinci sette 10 mL sodyum karbonat çözeltisi için harcanan asit miktarı 10,18 mL, ikinci set içinse 10 mL sodyum karbonat çözeltisi için harcanan asit

miktarı 9,89 mL olarak ölçülmüştür. Karbonat ve bikarbonat değerlerinin ölçüleceği su örneğinden 10 mL alınarak erlenmeyere konulduktan sonra üzerine 0,1 mL fenolftalein damlatılmıştır ve karışımın rengi fenolftalein damlatılmadan önceki halini alana kadar standart sülfirik asit çözeltisi ile titre edilmiştir. Dijital bürette ilk rengine döndüğü andaki değer yani karbonat değeri not edildikten sonra aynı karışıma 0,1 mL metil oranj eklenerek karışımın rengi sarıdan turuncuya dönene kadar titrasyona devam edilmiştir. Renk değiştiği andaki bikarbonat değeri de not alınarak analiz tamamlanmıştır.

Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinde, spektrofotometrik yöntem kullanılarak toplamda beş anyon (Cl^- , SO_4^{2-} , F^- , NO_3^- ve NO_2^-) analiz edilmiştir (Şekil 3.3). Analiz için, 320 ile 1100 nm arasında değişen dalga boyuna sahip Hach Lange marka DR 3900 model spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. Spektrofotometre cihazında ölçüm yapmak üzere su örnekleri, eş kuvars analiz kaplarında (spektrofotometre küvetleri) hazırlanmıştır. Küvetlerden birine sadece su örneği (şahit) konulmuş, diğer küvete ise analizi yapılacak anyona ait indikatör eklenmiş su örneği (numune) konulmuştur. Numune küvetindeki tepkime süresi tamamlandıktan sonra, spektrofotometre cihazına ilk olarak şahit küveti yerleştirilerek cihaz sıfırlanmış, ardından numune küveti yerleştirilerek majör anyonlar ölçülmüştür.

Su örneklerindeki klorür değerleri, Merkürük Tiyosiyanat yöntemi ile ölçülmüştür. Spektrofotometre cihazının maksimum ölçtüğü klorür değeri 25 mg/L'dir. Alınan su örneklerindeki klorür değerleri bu ölçüm aralığının çok üzerindedir. Bu nedenle örnekler, Eİ değerleri dikkate alınarak uygun seyreltme katsayılarıyla seyreltilmiştir. Bu seyreltme katsayıları 2 ile 500 arasında değişmektedir. Numune küvetine 10 mL seyreltilmiş su örneği, şahit küvetine ise 10 mL ultrasaf su eklenmiştir. Her iki küvete de önce 0,8 mL Merkürük Tiyosiyanat çözeltisi eklenmiş, ardından yine her iki küvete de 0,4 mL Ferrük İyon çözeltisi eklenmiş ve tepkime süresinin ardından klorür değerleri spektrofotometre cihazıyla ölçülmüştür.

Spektrofotometre cihazının sülfat anyonu için ölçüm aralığı 2-70 mg/L'dir. Bu ölçüm aralığının üzerinde sülfat içeriğine sahip su örnekleri yine Eİ değerleri dikkate alınarak seyreltilmiştir. Seyreltme katsayıları 2 ile 200 arasında değişmektedir. Şahit ve numune küvetlerinin her ikisine de 10 mL seyreltilmiş su örneği eklendikten sonra numune kabına SulfaVer 4 toz reaktifi eklenmiştir. Tepkime süresinin ardından cihazda ölçümü yapılarak sülfat anyonunun analizleri tamamlanmıştır.

Nitrat içeriğinin tayini için şahit küvetine 10 mL su örneği, numune küvetine 10 mL su örneği ve NitraVer 5 toz reaktifi eklenerek analize hazırlanmıştır. Tepkime süresinin ardından, 0,1 ile 10 mg/L aralığında ölçüm yapılan spektrofotometre cihazında nitrat ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Nitrit anyonunun analizi için şahit küvetine 10 mL su örneği, numune küvetine 10 mL su örneği ve NitriVer 3 toz reaktifi eklenmiştir. Tepkime süresi tamamlandıktan sonra önce şahit ardından numune küveti cihaza yerleştirilerek nitrit değerleri ölçülmüştür.

SPANDS yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen florür analizi için, şahit küvetine 10 mL ultrasaf su, numune küvetine ise 10 mL su örneği eklenmiştir. Ardından, her iki küvete de 2 mL

SPANDS indikatörü eklenerek, 0,02-2 mg/L ölçüm aralığına sahip spektrofotometre cihazında su örneklerine ait florür değerleri ölçülmüştür.

Yapılan majör anyon ölçümlerinde, ölçüm aralığı üzerinde çıkan ve yüksek seyreltme katsayılarıyla seyreltilmiş örnekler doğrulama yapmak amacıyla filtre yardımıyla süzülerek tekrar ölçülmüştür. Majör anyon analizlerinde kullanılan yöntemler ve ölçüm aralıkları Tablo 3.3'te özetlenmiştir.



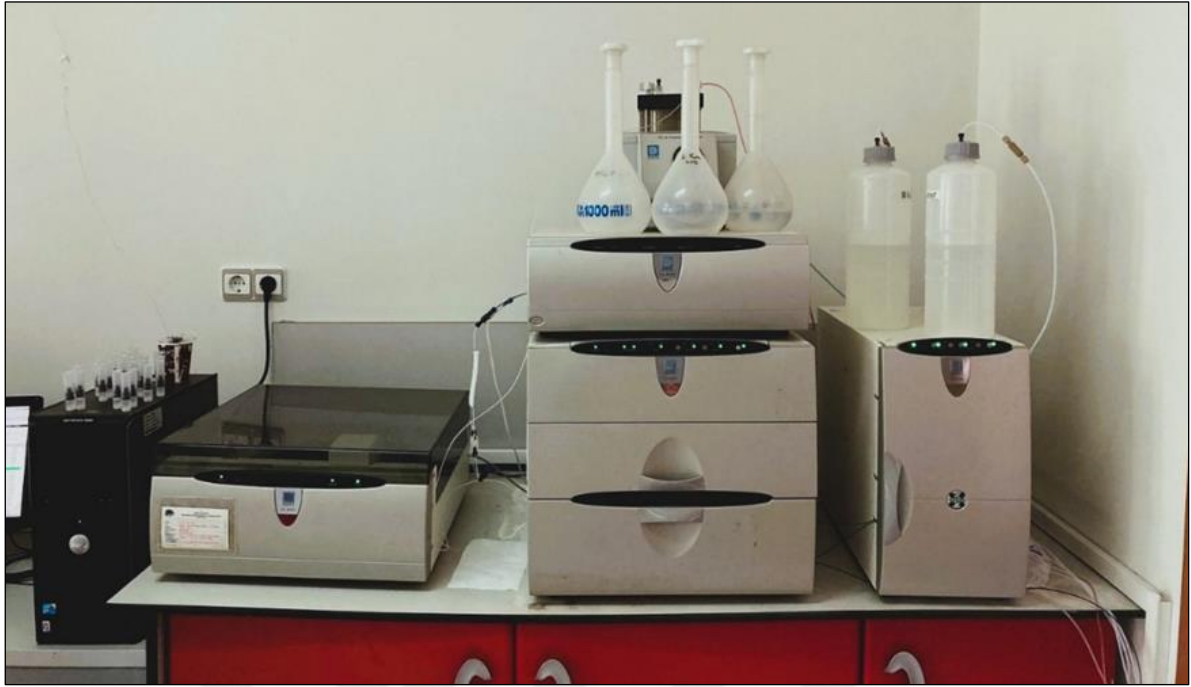
Şekil 3.3. Su örneklerinde yapılan anyon analizlerinden görüntüler.

Tablo 3.3. Majör anyon analizlerinde kullanılan yöntemler ve ölçüm aralıkları.

Parametre	Birim	Analitik Yöntem	Ölçüm Aralığı
Klorür (Cl^-)	mg/L	Merkürük Tiyosiyanat yöntemi	0,1-25 mg/L
Sülfat (SO_4^{2-})	mg/L	SulfaVer 4 Toz Reaktif	2-70 mg/L
Nitrat (NO_3^-)	mg/L	NitraVer 5 Toz Reaktif	0,1-10 mg/L (NO_3^- -N)
Nitrit (NO_2^-)	mg/L	NitriVer 3 Toz Reaktif	0,002-0,3 mg/L (NO_2^- -N)
Florür (F^-)	mg/L	SPANDS yöntemi	0,02-2 mg/L
Karbonat (CO_3^{2-})	mg/L	Titrasyon (Fenol Ftalein ve asit)	-
Bikarbonat (HCO_3^-)	mg/L	Titrasyon (Metil Oranj ve asit)	-

3.2.2.2. Majör Katyon Analizleri

Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin majör katyon (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ ve K^+) ve iz element (Br ve Li) konsantrasyonları Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi (MEİTAM) Laboratuvarındaki Dionex marka ICS-3000 model iyon kromatografi cihazı kullanılarak analiz edilmiştir (Şekil 3.4). Cihaz dört temel kısımdan oluşmaktadır. Bunlar pompa, enjektör, kolon (sabit faz) ve dedektördür. Analizlerde dedektör olarak iletkenlik dedektörü ve mobil faz olarak metansülfonik asit kullanılmıştır. Analizlere başlamadan önce ilk olarak su örnekleri 15 mL'lik plastik kaplara şırınga ucu filtre kullanılarak süzülmüştür. Süzülen örnekler ultrasaf su kullanılarak değişen oranlarda seyreltilerek analize hazırlanmıştır.



Şekil 3.4. Dionex ICS-3000 iyon kromatografi cihazı.

3.3. Hidrokimyasal Sınıflamalar

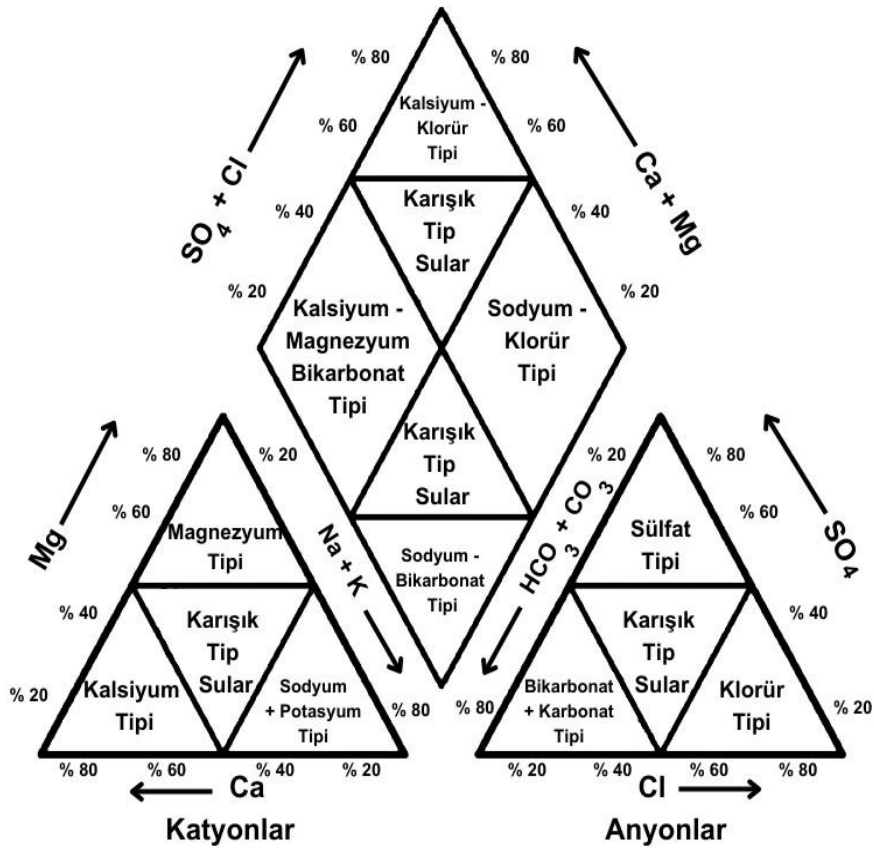
Hidrokimyasal sınıflamalar, yeraltı ve yüzey sularının kimyasal özelliklerinin kullanılarak su kalitesinin belirlenmesi, kökenlerinin araştırılması, farklı bölgelerde bulunan suların birbirleriyle ve temas ettikleri kayalarla olan ilişkileriyle birlikte antropojenik ve atmosferik koşullar gibi etkenlerle olan ilişkilerinin belirlenerek analiz sonuçlarının gösterilmesi ve karşılaştırılması amacıyla hidrojeolojik çalışmalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Akbulut, 2016; Hutchins vd., 1999; Yıldırım, 2018). Hidrokimyasal sınıflandırma yapılmadan önce anyon-katyon dengesi hesaplanarak analizlerin doğruluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir (Fetter, 2001). Kimyasal analizler sonucunda elde edilen iyon konsantrasyonlarının tamamının mek/L birimine dönüşümü yapıldıktan sonra aşağıda verilen yüzde yük dengesi hatası formülü (Denklem 3.1) kullanılarak kimyasal analiz sonuçlarının doğruluğu hesaplanmaktadır (Appelo ve Postma, 2005; Fetter, 2001).

$$\% \text{ Yük Dengesi Hatası} = \frac{\text{Toplam Katyon} - \text{Toplam Anyon}}{\text{Toplam Katyon} + \text{Toplam Anyon}} \times 100 \quad (3.1)$$

Bu işlem sonucunda elde edilen yük dengesi hatasının %5'in altında olması analiz sonuçlarının doğru olduğunu göstermektedir (Freeze ve Cherry, 1979). Yük dengesi hatası değerinin %5 üzerinde olması durumunda örnek alımı ve analizlerin tekrar edilmesi gerekmektedir (Appelo ve Postma, 2005). Hidrokimyasal sınıflamalarda kullanılan yöntemler izleyen bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.3.1. Piper Diyagramı

Piper (1944) tarafından oluşturulan Piper diyagramı, majör anyon ve katyonların yüzde meq/L cinsinden ayrı ayrı gösterildiği iki üçgenden ve bütün iyonların birlikte gösterildiği bir eşkenar dörtgenden oluşmaktadır (Şekil 3.5). Hidrokimyasal sınıflandırmalarda yaygın bir şekilde kullanılan Piper diyagramında, su örneklerinin laboratuvarında yapılan kimyasal analizleri sonucunda elde edilen anyon ve katyonların %meq/L cinsinden konsantrasyonları ait oldukları üçgenlere yerleştirilerek, suların ait olduğu fasiyesler ve suların kimyasal karakterleri belirlenmektedir (Güler vd., 2002). Üçgenlere yerleştirilen noktalar, doğrular yardımıyla ortadaki eşkenar dörtgene uzatılarak doğruların kesişim noktası belirlenir (Yıldırım, 2018). Elde edilen kesişim noktası, majör iyon bileşiminin yüzde cinsinden ifadesi olup suyun ait olduğu sınıfı göstermektedir (Güler vd., 2002).



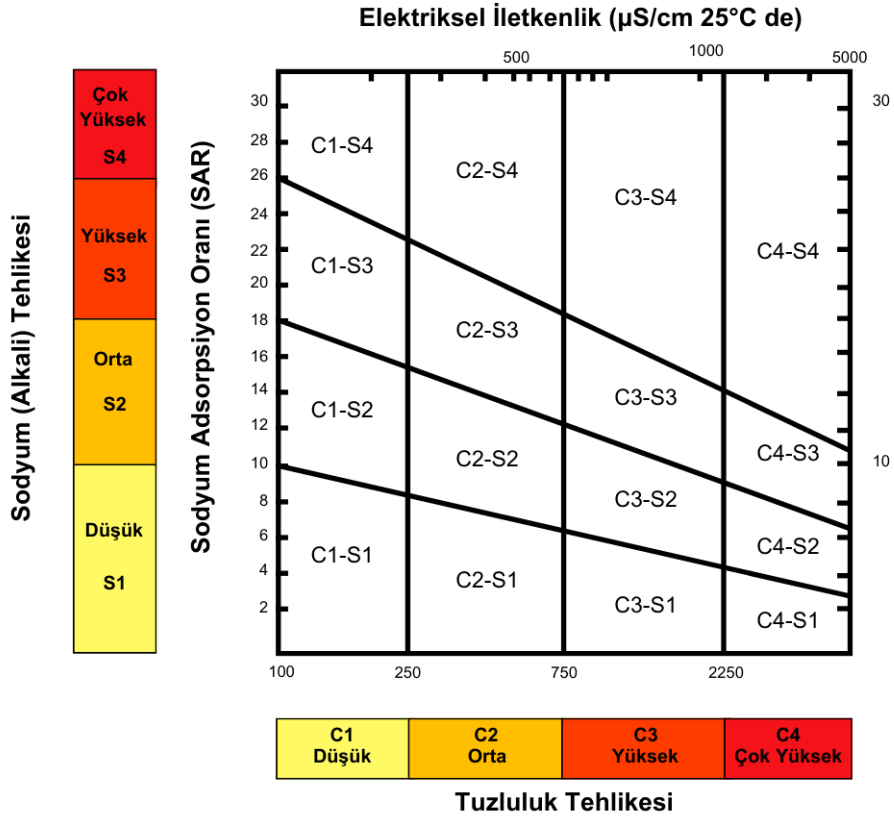
Şekil 3.5. Piper diyagramı (Piper, 1944).

3.3.2. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

Yüzey ve yeraltı sularının sulama suyu olarak kullanılması açısından uygunluğunu belirlemek amacıyla oluşturulan ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramında (United States Salinity Laboratory Staff, 1954), suların, sodyum ve alkali tehlikesini ifade eden Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) ile

elektriksel iletkenlik (Eİ) değerleri kullanılmaktadır (Şekil 3.6). Bunun için, elektriksel iletkenlik değerleri arazide yapılan ölçümlerle elde edilirken, SAR değerleri suların laboratuvarındaki kimyasal analizleri sonucu elde edilen sodyum, kalsiyum ve magnezyum iyon konsantrasyonlarının mek/L cinsinden değerleri alındıktan sonra Denklem 3.2 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (3.2)$$



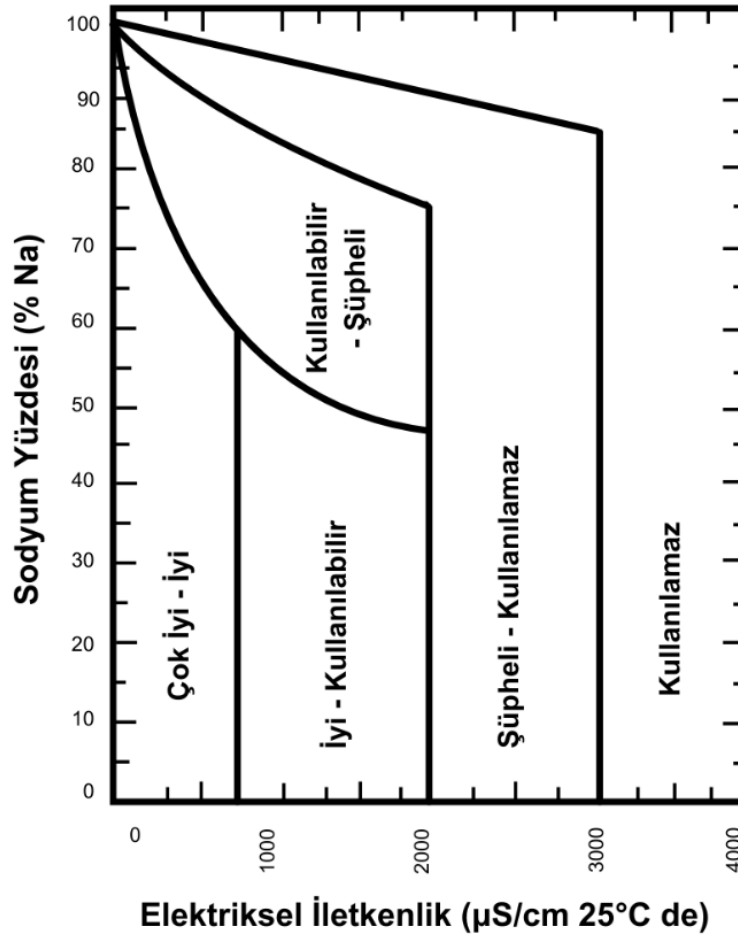
Şekil 3.6. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı (United States Salinity Laboratory Staff, 1954).

ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı, SAR değerine göre düşük sodyum miktarından, çok yüksek sodyum miktarına göre sırasıyla S1, S2, S3 ve S4, tuzluk miktarına göre de düşük tuzluluktan, çok yüksek tuzluluk miktarına göre sırasıyla C1, C2, C3 ve C4 olmak üzere farklı sınıflara ayrılmıştır. Düşük sodyum içeren suları ifade eden S1 sınıfı sular, sodyuma karşı hassas bitkiler dışında kalan tarım faaliyetleri için kullanıma uygundur. Orta derecede sodyum içeren S2 sınıfı sular, geçirgenliği yüksek olan jipsli arazilerde sulama suyu olarak kullanıma uygundur. Yüksek sodyum içeriğine sahip S3 sınıfı sular, nadir durumlarda sulama suyu olarak kullanılmaktadır. S4 sınıfı sular ise çok yüksek sodyum içeriğine sahip suları ifade etmekte olup tuzluluğun çok düşük olduğu durumlar dışında sulama suyu olarak kullanıma uygun değildirler.

Tuzluluk miktarına göre sınıflandırılan C sınıfında, düşük tuzluluğa sahip suları ifade eden C1 sınıfı sular, genellikle bütün bitkiler için sulama suyu olarak kullanıma uygundur. Orta derece tuz miktarına sahip suları ifade eden C2 sınıfı, orta miktarda tuza ihtiyacı olan bitkiler için sulama suyu olarak kullanıma uygundur. Yüksek tuzluluk miktarına sahip C3 sınıfı sular, drenaj yapılmadan sulama suyu olarak kullanıma uygun değildir. Tuzluluk miktarının çok yüksek olduğu C4 sınıfı sular ise, sulama suyu olarak kullanıma uygun olmamakla birlikte, drenajın çok iyi yapıldığı durumlarda bazı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir hale gelmektedir.

3.3.3. Wilcox Diyagramı

Wilcox diyagramı (Wilcox, 1948), suların sulama suyu olarak kullanıma uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan bir diyagramdır. Suların fiziksel ve kimyasal analizleri sonucunda elde edilen elektriksel iletkenlik ve yüzde sodyum konsantrasyonlarının kullanılmasıyla oluşturulan Wilcox diyagramında sular, Çok iyi-iyi, İyi-kullanılabilir, Kullanılabilir-şüpheli, Kullanılamaz-şüpheli ve Kullanılamaz olmak üzere beş farklı sınıfa ayrılmaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Wilcox Diyagramı (Wilcox, 1948).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Mersin ilinin doğusunda bulunan Tarsus ilçesinde, D400 Devlet Yolu, Deliçay ve Tarsus (Berdan) Nehri arasında kalan alanda, insan faaliyetleri sonucu meydana gelmiş yapay su kütleleri, morfometrik ve hidrokimyasal açıdan incelenmiştir. Bu bölümde, mevcut tez çalışması kapsamında yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular detaylı olarak açıklanmıştır.

4.1. Yapay Su Kütlelerinin Morfometrik Analizleri

Çalışma alanında tespit edilen 129 yapay su kütlelerini temsil eden poligonlara ait çeşitli morfometrik parametreleri hesaplamak için açık kaynak kodlu PolyMorph-2D eklentisi (Güler vd., 2021a) kullanılmıştır. Hesaplanan morfometrik parametreler iki ana başlık altında gruplandırılmış olup bunlar: Temel parametreler ve Türetilmiş parametreler olarak adlandırılmaktadır (Güler vd., 2021a). Bunlardan Temel parametreler: poligon alanı (APOL), çevresi (PPOL), uzunluğu (LPOL), genişliği (WPOL), azimutu (AZIM), sınırlayıcı kutu alanı (ABOB), sınırlayıcı kutu çevresi (PBOB), minimum çevreleyen kutu alanı (AMEB), minimum çevreleyen kutu çevresi (PMEB), dışbükey gövde alanı (ACHU), dışbükey gövde çevresi (PCHU), minimum çevreleyen daire alanı (AMCC), minimum çevreleyen daire çevresi (PMCC), minimum çevreleyen daire yarıçapı (RMCC), maksimum yazılı daire alanı (AMIC), maksimum yazılı daire çevresi (PMIC), maksimum yazılı daire yarıçapı (RMIC) olarak sıralanmaktadır. Türetilmiş parametreler ise Temel parametreler kullanılarak elde edilen çeşitli indeks ve şekil özelliklerini temsil etmektedirler. Türetilmiş parametreler; Uzunluk-genişlik oranı (LTWR), Genişlik-uzunluk oranı (WTLR), Eliptiklik faktörü (ELLF), Dairesellik oranı (CIRR), Zavoianu form faktörü (ZFOR), Kompaktlık faktörü (COMF), Miller dairesellik oranı (MCIR), Dağılım ölçümü (DISM), Karmaşıklık indeksi (COMI), Horton form faktörü (HFOR), Uzama faktörü (ELOF), Lemniskat oranı (LEMR), Düzenlilik faktörü (REGF), Şekil faktörü (SHAF), Dışbükeylik (CONV), İçbükeylik (CONC), Sağlamlık (SOLI), Dikdörtgensellik (RECT), Yuvarlaklık (ROUN) ve Küresellik (SPHE)) olmak üzere toplam 20 parametreden oluşmaktadır. Yapılan hesaplamalar ve elde edilen bulgular izleyen bölümlerde detaylı olarak açıklanmıştır.

4.1.1. Yapay Su Kütlelerinin Temel Morfometrik Parametreleri

Yapay su kütlelerinin alan, çevre, uzunluk, genişlik gibi poligon özelliklerini ifade eden temel morfometrik parametreleri, yapay su kütlelerinin morfometrik evriminin tanımlanması, doğal veya insan faaliyetleri sonucu meydana gelen veya meydana gelme potansiyeli olan değişimlerin belirlenmesi, morfometrik özelliklerin fiziksel ve kimyasal su özellikleri ile ilişkisinin değerlendirilmesi gibi pek çok analizin yapılmasını doğrudan sağlamasa da, bu tarz yorum ve değerlendirmelerin yapılabilmesi için gerekli olan türetilmiş parametrelerin hesaplanmasında

kullanılmaktadırlar. Çalışma alanında bulunan 129 yapay su kütlelerinin temel morfometrik parametrelerine ait tanımlayıcı istatistiksel değerler Şekil 4.1’de Box-Whisker diyagramları kullanılarak sunulmuştur.

4.1.1.1. Poligon Alanı (APOL)

Poligon alanı (APOL), yapay su kütlelerinin su sınır çizgisinin içinde kalan yüzey alanını tanımlamaktadır. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin alanları 36,83 ile 56809,77 m² arasında değişmekte olup ortalama değer 2806,61 m²’dir. İncelenen yapay su kütlelerinin 3 tanesi 100 m²’den küçük, 67 tanesi ise 1000 m²’den büyük alanlara sahiptir.

4.1.1.2. Poligon Çevresi (PPOL)

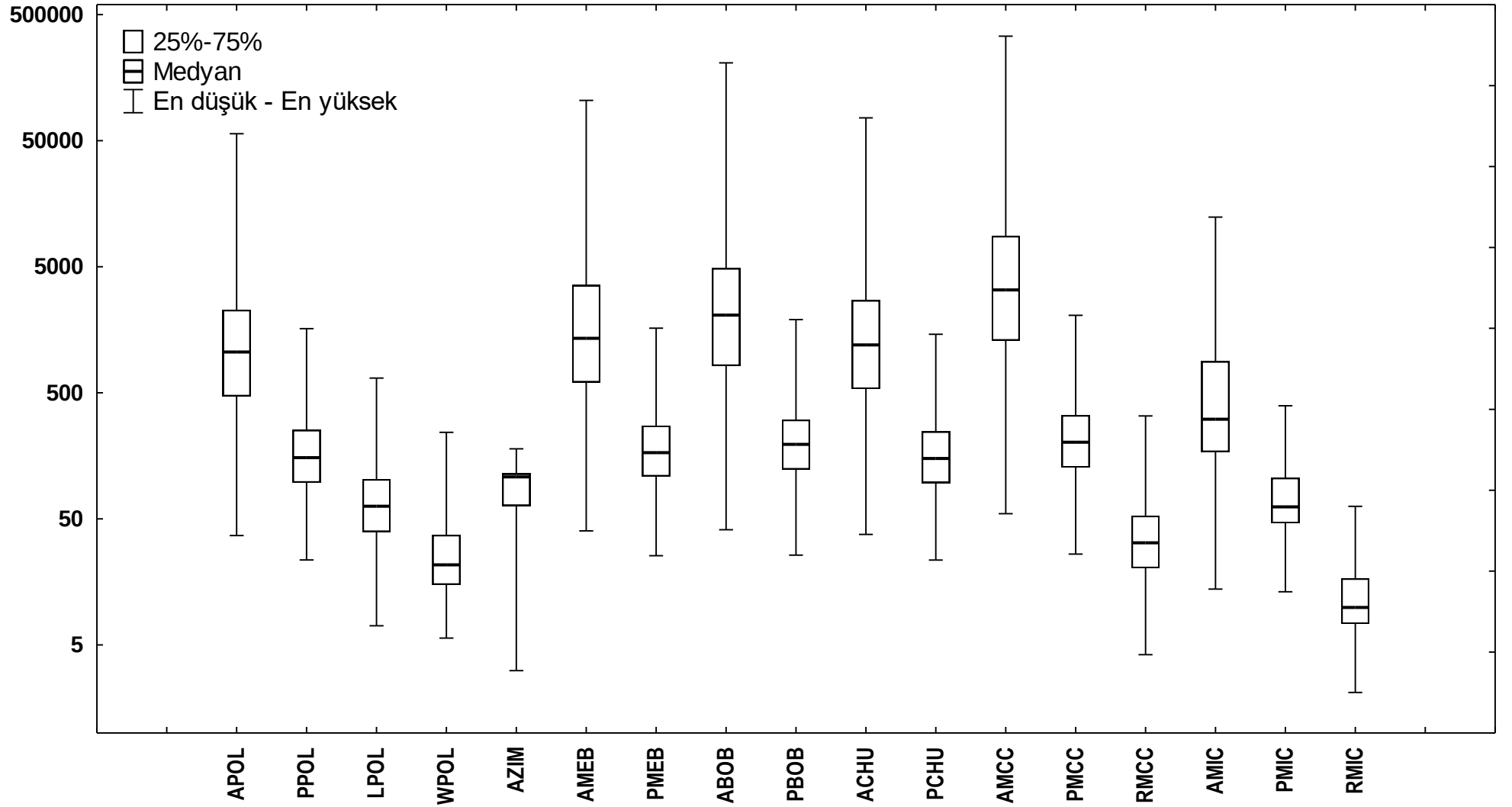
Poligon çevresi (PPOL), yapay su kütlelerinin su sınır çizgisinin toplam uzunluğunu ifade etmektedir. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin ölçülen PPOL değerleri 23,59 ile 1614,04 m arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer 217,77 m’dir. İncelenen yapay su kütlelerinin 34 tanesi 100 m’den kısa, 7 tanesi ise 500 m’den uzun çevre uzunluklarına sahiptir.

4.1.1.3. Poligon Uzunluğu (LPOL)

Poligon uzunluğu (LPOL), yapay su kütlelerinin su sınır çizgisinin karşılıklı olarak en uzak iki sınır noktası arasındaki mesafeyi (uzun eksen) ifade etmektedir. Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinde ölçülen LPOL değerleri 7,09 ile 653,82 m arasında değişmektedir ve ortalama değer 84,56 m olarak hesaplanmıştır. İncelenen yapay su kütlelerinin 97 tanesi 100 m’den kısa, 1 tanesi ise 500 m’den fazla ana eksen uzunluğuna sahiptir.

4.1.1.4. Poligon Genişliği (WPOL)

Poligon genişliği (WPOL), yapay su kütlelerinin su sınır çizgisinin karşılıklı olarak birbirine en yakın iki sınır noktası arasındaki mesafeyi (kısa eksen) ifade etmektedir. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin ölçülen WPOL değerleri 5,66 ile 242,66 m arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer 32,40 m’dir. İncelenen yapay su kütlelerinin 108 tanesi 50 m’den kısa, 4 tanesi ise 100 m’den fazla genişliğe sahiptir.



Şekil 4.1. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerine ait temel morfometrik parametrelerinin Box-Whisker diyagramı kullanılarak gösterimi.

4.1.1.5. Azimut (AZIM)

Azimut (AZIM), yapay su kütlelerinin uzun eksenlerinin (LPOL) kuzeyle yapmış olduğu açı değeri olup 0° ile $179,9^\circ$ arasında değişen açı değerini ifade etmektedir. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin AZIM değerleri $3,12^\circ$ ile $179,9^\circ$ arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama açı değeri $93,01^\circ$ 'dir. İncelenen yapay su kütlelerinin 40 tanesi 90° 'den az, 17 tanesi ise 135° 'den fazla azimut açısına (kuzeyle yapılan açı) sahiptir.

4.1.1.6. Minimum Çevreleyen Kutu Alanı (AMEB)

Minimum çevreleyen kutu alanı (AMEB), yapay su kütlelerinin su sınır çizgisinin dışına teğet olarak çizilebilecek en küçük dörtgeninin alanını ifade etmektedir. Yapay su kütlelerinin ölçülen AMEB değerleri 40,14 ile 104332,15 m² arasında değişmekte olup hesaplanan değerlerin ortalaması 4712,28 m²'dir.

4.1.1.7. Minimum Çevreleyen Kutu Çevresi (PMEB)

Minimum çevreleyen kutu çevresi (PMEB), yapay su kütlelerinin su sınır çizgisinin dışına teğet olarak çizilebilecek en küçük dörtgenin çevresini ifade etmektedir. Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin ölçülen PMEB değerleri 25,50 ile 1626,78 m arasında değişmekte olup hesaplanan değerlerin ortalaması 233,93 m'dir.

4.1.1.8. Sınırlayıcı Kutu Alanı (ABOB)

Sınırlayıcı kutu alanı (ABOB), yapay su kütlelerini tamamen çevreleyen dörtgenin alanını ifade etmektedir. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin ölçülen ABOB değerleri 40,99 ile 207165,64 m² arasında değişmekte olup hesaplanan değerlerin ortalaması 7405,96 m²'dir.

4.1.1.9. Sınırlayıcı Kutu Çevresi (PBOB)

Sınırlayıcı kutu çevresi (PBOB), yapay su kütlelerini tamamen çevreleyen dörtgenin toplam çevre uzunluğunu ifade etmektedir. Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin ölçülen PBOB değerleri 25,74 ile 1905,24 m arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer ise 260,18 m'dir.

4.1.1.10. Dışbükey Gövde Alanı (ACHU)

Dışbükey gövde alanı (ACHU), yapay su kütlelerine ait su sınır çizgisini (diğer bir deyişle poligon sınırını) tamamen çevreleyen ve saran dışbükey bir gövdeye sahip lastik bir bandın alanını

ifade etmektedir. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin ölçülen ACHU değerleri 37,65 ile 75919,67 m² arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer 3575,54 m²'dir.

4.1.1.11. Dışbükey Gövde Çevresi (PCHU)

Dışbükey gövde çevresi (PCHU), bir poligon sınırı olarak varsayılan yapay su kütlelerinin su sınır çizgisini tamamen çevreleyen lastik bir banda benzer şekildeki dışbükey bir gövdenin çevresini ifade etmektedir. Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin ölçülen PCHU değerleri 23,56 ile 1457,37 m arasında değişmekte olup bu hesaplanan değerlerin ortalaması 205,19 m'dir.

4.1.1.12. Minimum Çevreleyen Daire Alanı (AMCC)

Minimum çevreleyen daire alanı (AMCC), yapay su kütlelerine ait su sınır çizgisinin birbirine en uzak karşılıklı sınırlarına teğet olacak şekilde poligonun tamamını çevreleyen en küçük dairenin alanını ifade etmektedir. Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin ölçülen AMCC değerleri 54,95 ile 337010,38 m² arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer 11617,68 m²'dir.

4.1.1.13. Minimum Çevreleyen Daire Çevresi (PMCC)

Minimum çevreleyen daire çevresi (PMCC), bir poligon tarafından temsil edilen yapay su kütlelerinin birbirine en uzak karşılıklı iki sınır noktasına teğet olan ve poligonu tamamen çevreleyen en küçük dairenin çevresini ifade etmektedir. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin ölçülen PMCC değerleri 26,28 ile 2057,91 m arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer 272,30 m'dir.

4.1.1.14. Minimum Çevreleyen Daire Yarıçapı (RMCC)

Minimum çevreleyen daire yarıçapı (RMCC), bir poligon tarafından temsil edilen yapay su kütlelerinin en uzak karşılıklı iki sınır noktasına teğet olan ve poligonu tamamen çevreleyen en küçük dairenin sahip olduğu yarıçap değerini ifade etmektedir. Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinde ölçülen RMCC değerleri 4,18 m ile 327,53 m arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer 43,34 m'dir.

4.1.1.15. Maksimum Yazılı Daire Alanı (AMIC)

Maksimum yazılı daire alanı (AMIC), yapay su kütlelerine ait su sınır çizgisinin birbirine en yakın karşılıklı sınır noktalarına teğet olacak şekilde poligon içine çizilebilecek en büyük dairenin

sahip olduğu alanı ifade etmektedir. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinde ölçülen AMIC değerleri 13,86 ile 12394,47 m² arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer 894,93 m² dir.

4.1.1.16. Maksimum Yazılı Daire Çevresi (PMIC)

Maksimum yazılı daire çevresi (PMIC), bir poligon tarafından temsil edilen yapay su kütlelerinin su sınır çizgisinin birbirine en yakın karşılıklı noktasına teğet olacak şekilde poligon içine çizilebilecek en büyük dairenin sahip olduğu çevre uzunluğunu ifade etmektedir. Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinde ölçülen PMIC değerleri 13,20 ile 394,66 m arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer 85,02 m'dir.

4.1.1.17. Maksimum Yazılı Daire Yarıçapı (RMIC)

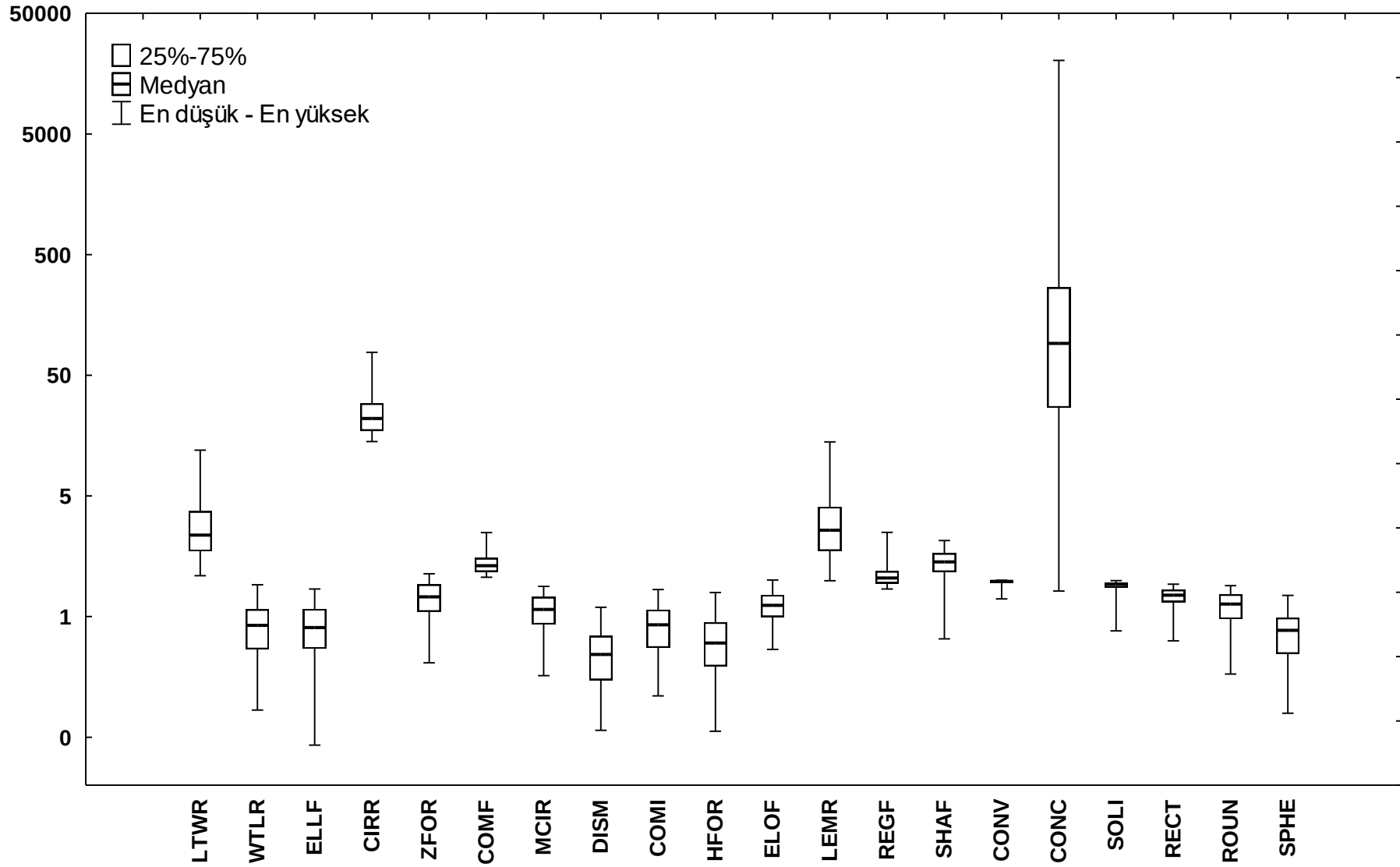
Maksimum yazılı daire yarıçapı (RMIC), bir poligon tarafından temsil edilen yapay su kütlelerinin su sınır çizgisinin birbirine en yakın karşılıklı noktasına teğet olacak şekilde poligon içine çizilebilecek en büyük dairenin sahip olduğu yarıçapı ifade etmektedir. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin hesaplanan RMIC değerleri 2,10 ile 62,81 m arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer 13,53 m'dir.

4.1.2. Yapay Su Kütlelerinin Türetilmiş Morfometrik Parametreleri

Çalışma alanında bulunan 129 adet yapay su kütesine ait alan, çevre, uzunluk ve genişlik gibi temel morfometrik özelliklerin kullanılarak hesaplandığı 20 türetilmiş morfometrik parametre, yapay su kütlelerinin şekil özelliklerini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Yapay su kütleleri için hesaplanan türetilmiş morfometrik parametre değerleri Şekil 4.2'de verilen Box-Whisker diyagramında gösterilmiş olup bu parametreler izleyen bölümlerdeki ilgili başlıklar altında açıklanmıştır.

4.1.2.1. Uzunluk-Genişlik Oranı (LTWR)

Yapay su kütesini temsil eden poligonun uzunluğunun genişliğine oranlanmasıyla hesaplanan uzunluk-genişlik oranı, daire veya kare gibi eşit uzunluktaki eksenlere sahip poligonlarda 1'e eşit olurken, dikdörtgen gibi dar uzun poligonlarda 1'den büyük değerler almaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin uzunluk-genişlik oranları 1,09 ile 11,96 arasında değişmekte olup ortalama bu değer 2,98 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuca göre; çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin büyük bir kısmının dar ve uzun poligon özelliği sergiledikleri söylenebilir.



Şekil 4.2. Çalışma alanındaki yapay su kütlelerine ait 20 adet türetilmiş morfometrik parametrenin Box-Whisker diyagramı kullanılarak gösterimi.

4.1.2.2. Genişlik-Uzunluk Oranı (WTLR)

Poligon genişliğinin uzunluğuna oranlanmasıyla hesaplanan genişlik-uzunluk oranı, uzunluk-genişlik oranına kıyasla literatürde daha az kullanılmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin hesaplanan genişlik-uzunluk oranları 0,08 ile 0,92 arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer 0,44'tür.

4.1.2.3. Eliptiklik Faktörü (ELLF)

Poligona ait uzunluk ve genişlik değerlerinin mutlak değerce farkının poligonun uzunluk ve genişlik toplamına oranlanmasıyla hesaplanan eliptiklik faktörü, uzunluk ve genişlikleri eşit olan poligonlarda 0'a eşit olup, eksenleri arasında uzunluk farkı olan dikdörtgen gibi poligonlarda 1'e yaklaşmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin hesaplanan eliptiklik değerleri 0,04 ile 0,85 arasında değişmekte olup ortalama değer 0,41'dir.

4.1.2.4. Dairesellik Oranı (CIRR)

Poligon çevresinin karesinin poligonun alanına oranlanmasıyla hesaplanan dairesellik oranı, poligonun dairesellikten ayrılmasını ölçen basit bir şekil indeksidir (Güler vd., 2021b). Dairesel poligonlar için yaklaşık 12,566 alt değerine ulaşmakta olan dairesellik oranı, karmaşık ve ince olan poligonlarda sonsuza yaklaşmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin dairesellik oranları 14,12 ile 77,48 değerleri arasında değişmektedir. Yapay su kütlelerinin ortalama dairesellik oranı değeri 25,84 olarak hesaplanmış olup bölgedeki yapay su kütlelerinin fazla karmaşık olmayan ve daire şekline yakın şekillere sahip olduğunu göstermektedir.

4.1.2.5. Zavoianu Form Faktörü (ZFOR)

Poligon alanının, poligon çevresine eşit olan referans bir karenin alanına oranlanmasıyla hesaplanan ZFOR değeri, poligon şekli kare olduğunda 1 değerine eşit olup dikdörtgen gibi uzun poligonlarda 0 değerine yaklaşmaktadır. Bununla birlikte, yuvarlak şekilli poligonlarda bu değer 1'den büyük olup daire için bu değer 1,273'e ulaşmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin ZFOR değerleri 0,21 ile 1,13 arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer 0,72'dir. Genel olarak, çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin belirli bir yönde uzamış fakat yuvarlağa yakın şekillerde oldukları söylenebilir.

4.1.2.6. Kompaktlık Faktörü (COMF)

Poligon sınırının düzenlilik ya da düzensizlik derecesinin bir ifadesi olarak tanımlanan kompaktlık faktörü, poligon çevresinin, alanı poligon alanına eşit olan dairenin çevresine oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Gravelius, 1914). Poligon şekli daire olduğunda bu değer 1'e eşit olup, karmaşık poligonlarda bu değer artmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanındaki yapay su kütleleri için hesaplanan COMF değerleri 1,06 ile 2,48 arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama 1,4'tür. Genel olarak, çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin oldukça düzgün (fazla girinti veya çıkıntı içermeyen) poligon şekillerine sahip oldukları söylenebilir.

4.1.2.7. Miller Dairesellik Oranı (MCIR)

Poligonun çevresiyle aynı çevreye sahip olan bir dairenin alanına oranlanmasıyla hesaplanan MCIR değeri, poligonun daire olması durumunda 1'e eşit olup karmaşık ve uzun şekillere sahip poligonlar için 0'a yakın değerler almaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanındaki yapay su kütleleri için hesaplanan MCIR değerleri 0,16 ile 0,89 arasında değişmektedir. MCIR değerlerinin ortalaması ise 0,57 olarak hesaplanmıştır.

4.1.2.8. Dağılım Ölçümü (DISM)

Kompaktlık faktörünün tersinin 1'den çıkarılmasıyla hesaplanan dağılım ölçümü (DISM) değeri, daire şeklindeki bir poligon için 0'a eşit olup karmaşık poligonlarda bu değer 1'e yaklaşmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin DISM değerleri 0,06 ile 0,60 arasında değişmektedir. Yapay su kütleleri için hesaplanan ortalama DISM değeri ise 0,26'dır.

4.1.2.9. Karmaşıklık İndeksi (COMI)

Kompaktlık faktörünün karesi ve tersi alınarak 1'den çıkarılmasıyla hesaplanan karmaşıklık indeksi, poligon şeklinin daire olduğu durumda 0'a eşit olup poligon şeklinin karmaşıklığı ile orantılı olarak artmakta ve maksimum 1 değerine ulaşmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin hesaplanan COMI değerleri 0,11 ile 0,84 arasında değişmekte olup ortalama COMI değeri ise 0,43'tür.

4.1.2.10. Horton Form Faktörü (HFOR)

Poligon alanının poligonun uzunluğunun karesine oranlanmasıyla hesaplanan HFOR değeri, kare şeklindeki poligonlar için 1'e, daire şeklindeki poligon için yaklaşık olarak 0,785 değerine eşit olup uzun poligonlar içinse uzama derecesine bağlı olarak azalmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma

alanında bulunan yapay su kütlelerinin HFOR değerleri 0,06 ile 0,79 arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama değer ise 0,33'tür.

4.1.2.11. Uzama Faktörü (ELOF)

Poligonun alanıyla aynı alana sahip olan bir dairenin çapının poligonun uzunluğuna oranlanmasıyla hesaplanan uzama faktörü, poligon şeklinin daire olduğu durumlarda 1'e eşit olmakla birlikte, dikdörtgen gibi uzun poligonlarda uzama derecesine bağlı olarak bu değer sıfıra yaklaşmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanında bulunan yapay su kütleleri için hesaplanan uzama faktörü değerleri 0,27 ile 1,0 arasında değişmektedir. Hesaplanan ortalama ELOF değeri olan 0,63 göz önünde bulundurulduğunda, yapay su kütlelerinin genel olarak uzamış poligon şekillerine sahip oldukları söylenebilir.

4.1.2.12. Lemniskat Oranı (LEMR)

Poligonların uzamasını ifade eden LEMR değeri, daire gibi eşit boyutlu poligonlar için 1'e eşit olup uzun poligonlarda bu değer 1'in üzerine çıkmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanında bulunan yapay su kütleleri için hesaplanan LEMR değerleri 0,99 ile 14,01 arasında değişmekte olup ortalama LEMR değeri 3,35'tir. Elde edilen bu değerlere göre; çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerini temsil eden poligonların genellikle uzun bir yapıda oldukları söylenebilir.

4.1.2.13. Düzenlilik Faktörü (REGF)

Poligonların uzunluk ve genişlik çarpımının poligon alanına bölündükten sonra bir sabitle çarpılmasıyla hesaplanan REGF değeri, daire için 1'e, kare için 0,785'e, eşkenar üçgen için 1,571'e eşit olmakla birlikte dar ve uzun, L şekilli poligonlarda ise daha yüksek değerlere ulaşmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin ölçülen düzenlilik faktörü değerleri 0,85 ile 2,49 arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama REGF değeri 1,1'dir. Çalışma alanında bulunan uzun ve L şekilli poligonlara ait REGF değerlerinin genellikle 1,3'ten büyük olduğu tespit edilmiştir.

4.1.2.14. Şekil Faktörü (SHAF)

Uzunluk-genişlik oranı ile Miller dairesellik oranının çarpılarak hesaplandığı şekil faktörü, daire için 1'e, kare için 0,785'e ve eşkenar üçgen için 0,698'e eşit olup, dar ve uzun olan poligonlarda bu değer 1'in üzerinde olmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin hesaplanan SHAF değerleri 0,33 ile 2,13 arasında değişmekte olup ortalama SHAF değeri ise 1,42'dir.

4.1.2.15. Dışbükeylik (CONV)

Dışbükey gövdenin (CHU) çevre uzunluğunun, poligonun çevre uzunluğuna oranlanmasıyla elde edilen CONV değeri düzgün sınıra sahip poligonlarda 1'e yakın değerlere sahip olup, düzensizlik arttıkça 0'a yaklaşmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin hesaplanan CONV değerleri 0,70 ile 1 arasında değişmekte olup ortalama CONV değeri 0,97'dir. Elde edilen bu sonuçlara göre; genel olarak çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin oldukça düzgün poligon şekillerine sahip oldukları söylenebilir.

4.1.2.16. İçbükeylik (CONC)

Poligon sınırlarını çevreleyen dışbükey gövdenin alanından poligon alanının çıkarılmasıyla hesaplanan CONC değeri, daire gibi poligonlarda 0'a eşit olup oldukça düzensiz ve pürüzlü bir dış sınıra sahip poligonlar için bu değer 1'den büyük olmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanındaki yapay su kütleleri için hesaplanan CONC değerleri 0,81 ile 20339,58 arasında değişmektedir ve ortalama değer ise 768,93'tür. Çalışma alanında bulunan ve düzensiz şekillere sahip 11 adet yapay su kütesine ait poligonların CONC değerlerinin 1200'ün üstünde olduğu tespit edilmiştir.

4.1.2.17. Sağlamlık (SOLI)

Poligon alanının poligon sınırlarını çevreleyen dışbükey gövdenin alanına oranlanmasıyla hesaplanan SOLI değeri, kare gibi düzgün poligonlarda 1'e eşit, düzensizliğin arttığı, yani poligon dış sınır noktalarının fazla olduğu pürüzlü poligonlarda 0'a yaklaşarak daha küçük bir değere sahip olmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin hesaplanan SOLI değerleri 0,38 ile 0,99 arasında değişmektedir. Çalışma alanında, ortalama SOLI değeri olan 0,89'a yakın değerlere sahip yapay su kütlelerinin sınırları genel olarak düzenlidir.

4.1.2.18. Dikdörtgensellik (RECT)

Poligon alanı ile poligonu minimum şekilde çevreleyen kutunun (MEB) alanının oranlanmasıyla hesaplanan RECT değeri, kare ve dikdörtgen için 1'e, daire için 0,785'e ve eşkenar üçgen içinse 0,5'e eşittir (Güler vd., 2021b). Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin hesaplanan RECT değerleri 0,32 ile 0,93 arasında değişmekte olup ortalama değer ise 0,74'tür. Genel olarak, çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin şekillerinin kare, dikdörtgen ve daire gibi şekillere yakın olduğu belirlenmiştir.

4.1.2.19. Yuvarlaklık (ROUN)

Poligon alanının aynı çevre uzunluğu değerine sahip bir dairenin alanına oranlanmasıyla hesaplanan ROUN değeri, dairesel bir poligon için 1'e eşit olmakla birlikte, poligonun dairesellikten uzaklaşmasıyla orantılı olarak 1'den küçük değerler almaktadır (Glasbey ve Horgan, 1995). Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin hesaplanan ROUN değerleri 0,17 ile 0,90 arasında değişmekte olup ortalama değer ise 0,61'dir.

4.1.2.20. Küresellik (SPHE)

Poligon ile aynı alana sahip bir dairenin çapı ile poligonu çevreleyen en küçük dairenin çapı (RMCC)'nın oranlanmasıyla hesaplanan SPHE değeri, daire için 1'e, eşkenar üçgen içinse 0,5'e eşit olmakla birlikte dikdörtgen şeklindeki uzun poligonlar için 0'a yakın olmaktadır (Güler vd., 2021b). Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin hesaplanan SPHE değerleri 0,08 ile 0,75 arasında değişmektedir ve ortalama SPHE değeri 0,38'dir.

4.2. Yapay Su Kütlelerinin Hidrokimyası

Yapılan bu çalışmada, Tarsus (Berdan) Ovası'nda bulunan toplam 129 yapay su kütlelerinin 69'undan su örnekleri alınmıştır. Fiziksel parametreleri arazi çalışmaları sırasında ölçülen su örneklerinin, kimyasal bileşenleri ise laboratuvarında analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, izleyen bölümlerdeki başlıklar altında detaylı olarak açıklanmıştır.

4.2.1. Yapay Su Kütlelerinin Fiziksel Özellikleri

Tarsus (Berdan) Ovası'nda bulunan yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin arazide ölçülen sıcaklık, hidrojen iyonu potansiyeli (pH), elektriksel iletkenlik (Eİ), yükseltgenme-indirgenme (redoks) potansiyeli (Eh) ve toplam çözünmüş madde (TÇM) değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.1'de sunulmuştur. Yapay su kütlelerinin arazide ölçülen fiziksel parametrelerine ait değerlendirmeler izleyen bölümlerdeki ilgili başlıklar altında detaylı olarak açıklanmıştır.

Tablo 4.1. Yapay su kütlelerine ait fiziksel parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri.

Parametre	Ortalama	Medyan	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Sıcaklık (°C)	27,5	27,85	21,60	32,60	2,67
pH	8,33	8,36	6,99	9,41	0,57
Eİ (μS/cm)	7475,59	2450	875	54600	12167,85
Eh (mV)	-53,59	-55	-117	25	33,34
TÇM (mg/L)	5350,79	1863,30	640,68	40551,40	8709,61

4.2.1.1. Sıcaklık (°C)

Yeraltı ve yüzey suları sıcaklık derecelerine göre; “Çok Soğuk Sular”, “Soğuk Sular”, “Çok Az Ilık Sular”, “Az Ilık Sular”, “Ilık Sular” ve “Sıcak Sular” olmak üzere altı sınıfa ayrılmaktadır (Tablo 4.2) (Şahinci, 1991).

Tablo 4.2. Suların sıcaklık değerlerine göre sınıflandırılması (Şahinci, 1991).

Su Sınıfı	Sıcaklık Derecesi
Çok Soğuk Sular	+5°C'ye kadar
Soğuk Sular	+10°C'ye kadar
Çok Az Ilık Sular	+18°C'ye kadar
Az Ilık Sular	+25°C'ye kadar
Ilık Sular	+37°C'ye kadar
Sıcak Sular	+40°C'den fazla

Bu çalışma kapsamında, yapay su kütlelerinin yerinde ölçülen sıcaklık değerleri, Şahinci (1991) tarafından yapılan sınıflandırma (Tablo 4.2) kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin yerinde ölçülen su sıcaklığı değerleri 21,6 ile 32,6°C arasında değişmekte olup ortalama su sıcaklığı değeri ise 27,5°C olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.1). Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin yaklaşık olarak %81'inin “Ilık Sular” sınıfında, %19'unun ise “Az Ilık Sular” sınıfında olduğu belirlenmiştir. Ilık sular sınıfına giren yapay su kütlelerinin, çalışma alanının nispeten kıyı kesimlerine daha yakın bölgelerinde bulunduğu tespit edilmiştir.

4.2.1.2. Hidrojen İyonu Potansiyeli (pH)

Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinde yerinde ölçülen pH değerleri, Şahinci (1991) tarafından yapılan sınıflandırmaya (Tablo 4.3) göre değerlendirilmiştir.

Tablo 4.3. Suların pH değerlerine göre sınıflandırılması (Şahinci, 1991).

Su Sınıfı	pH
Bazik	>8,5
Bazik Karakterli	8,5-7,0
Nötr	7,0
Asidik Karakterli	7,0-4,5
Asidik	<4,5

Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin arazide ölçülen pH değerleri 6,99 ile 9,41 arasında değişmekte olup ortalama pH değeri ise 8,33 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.1). Şahinci (1991) tarafından yapılan sınıflandırmaya (Tablo 4.3) göre değerlendirildiğinde; çalışma alanındaki yapay su kütlelerinin yaklaşık olarak %57'sinin “Bazik Karakterli” sular sınıfında, %40'ının “Bazik” sular sınıfında ve %3'ünün ise “Asidik Karakterli” sular sınıfında olduğu belirlenmiştir.

4.2.1.3. Elektriksel İletkenlik (Eİ)

Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerine ait elektriksel iletkenlik (Eİ) değerleri 875 ile 54600 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişmekte olup ortalama Eİ değeri ise 7475,59 $\mu\text{S/cm}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.1). Yapay su kütlelerinin 12'sinde ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri 10000 $\mu\text{S/cm}$ üzerinde olup bunlardan 4'ünde ölçülen değerler 40000 $\mu\text{S/cm}$ 'in üzerindedir. Çok yüksek elektriksel iletkenlik değerlerine sahip olan yapay su kütlelerinin, deniz suyunda ölçülen elektriksel iletkenlik değerine (~58000 $\mu\text{S/cm}$) ulaştığı belirlenmiştir. Özellikle deniz kıyısına yakın yerlerde bulunan yapay su kütlelerinde ölçülen yüksek elektriksel iletkenlik değerlerinin, deniz suyu etkileşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, yerleşim yerleri, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin yoğun bir şekilde yürütüldüğü alanlarda bulunan yapay su kütlelerinin %96'sının Eİ değerleri 1000 $\mu\text{S/cm}$ 'den daha yüksektir. Genel olarak, bölgedeki yapay su kütlerinde ölçülen yüksek Eİ değerlerinin, deniz suyu aerosollerinin kıyı içlerine rüzgarla taşınımı, deniz suyu girişi, buharlaşma, su-kaya etkileşimi, antropojenik kirlilik, tarımsal gübre ve kimyasal kullanımı gibi etkenlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bölgedeki yapay su kütlelerinden bazılarının ise çeşitli çöp ve atıkların (özellikle tarımsal kökenli) bertarafı için kullanıldığı yapılan arazi çalışmaları sırasında gözlemlenmiştir.

4.2.1.4. İndirgenme-Yükseltgenme Potansiyeli (Eh)

Tarsus (Berdan) Ovası'nda bulunan yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen en düşük Eh değeri -117 mV, en yüksek Eh değeri 25 mV olurken, ortalama Eh değeri ise -53,59 mV olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.1). Eh ölçümü yapılan 69 yapay su kütlelerinden 66'sında elde edilen negatif Eh değerleri, bu su kütlelerinde depolanan suların genellikle indirgeyici karakterde ve oksijen bakımından oldukça fakir olduğunu göstermektedir.

4.2.1.5. Toplam Çözünmüş Madde (TÇM)

Tarsus (Berdan) Ovası'nda bulunan yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinde yerinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen toplam çözünmüş madde (TÇM) değerleri 640,68 ile 40551,40 mg/L arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama TÇM değeri ise 5350,79 mg/L'dir (Tablo 4.1). Yüksek TÇM değerleri özellikle çalışma alanının denize yakın kesimlerinde bulunan yapay su kütlelerinde görülmekte olup denize uzak, çalışma alanının kuzey kesimlerinde bulunan yapay su kütlelerinde TÇM değerleri daha düşüktür.

4.2.2. Yapay Su Kütlelerinin Kimyasal Özellikleri

Tarsus (Berdan) Ovası'nda bulunan yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin kimyasal analizleri, laboratuvarında titrimetrik, spektrofotometrik ve iyon kromatografi yöntemleriyle ölçülmüştür. Bu çalışma kapsamında alınan su örneklerinde toplam yedi anyon (HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , NO_3^- ve NO_2^-), dört majör katyon (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ ve K^+) ve iki iz element (Br ve Li) analiz edilmiş olup elde edilen ölçüm sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.4'te sunulmuştur. Bu çalışma kapsamında analiz edilen kimyasal parametreler için elde edilen sonuçlar, izleyen bölümlerde verilen başlıklar altında detaylı olarak tartışılmıştır.

Tablo 4.4. Yapay su kütlelerine ait kimyasal parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri.

Parametre	Birim	Ortalama	Medyan	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Ca^{+2}	mg/L	86,83	61,42	7,57	520,26	95,94
Mg^{+2}	mg/L	207,66	93,57	8,61	1653,67	317,75
Na^+	mg/L	1458,69	375,31	29,30	11494,01	2659,01
K^+	mg/L	80,69	46,17	3,12	450,85	97,33
Cl^-	mg/L	2370,24	309,58	36,45	23658,31	5072,46
HCO_3^-	mg/L	428,78	372,10	101,26	1112,87	231,41
CO_3^{2-}	mg/L	209,36	138,62	0,00	901,51	219,35
SO_4^{2-}	mg/L	488,06	245,00	9,01	3150,00	665,63
NO_3^-	mg/L	9,90	1,30	0,19	157,83	24,17
NO_2^-	mg/L	0,09	0,03	0,00	0,70	0,14
F^-	mg/L	0,80	0,79	0,00	3,12	0,47
Br	$\mu\text{g/L}$	6437,13	808,30	123,65	69755,00	14548,12
Li	$\mu\text{g/L}$	46,35	34,60	9,60	180,60	41,44

4.2.2.1. Kalsiyum (Ca^{+2}) ve Magnezyum (Mg^{+2})

Tarsus (Berdan) Ovası'ndaki yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen kalsiyum (Ca^{+2}) değerleri 7,57 ile 520,26 mg/L arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama Ca^{+2} değeri ise 86,83 mg/L'dir (Tablo 4.4). Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen en düşük magnezyum (Mg^{+2}) değeri 8,61 mg/L, en yüksek Mg^{+2} değeri 1653,67 mg/L ve ortalama Mg^{+2} değeri ise 207,66 mg/L'dir (Tablo 4.4).

Yüksek Ca^{+2} ve Mg^{+2} içeriğine sahip yapay su kütlelerinin genellikle çalışma alanının kıyıya yakın kesimlerinde bulunduğu gözlenmiştir. Çalışma alanındaki tarımsal faaliyetlerde kullanılan kalsiyum ve magnezyum içeren kimyasallar, bu su kütlelerine deşarj edilen veya atılan tarımsal ya da evsel katı/sıvı atıklar, kıyıya oldukça yakın yapay su kütlelerine deniz suyunun rüzgarla taşınması, deniz suyu girişi, buharlaşma ve su-kaya etkileşimi gibi prosesler bu su kütlelerinde ölçülen yüksek kalsiyum ve magnezyum derişimlerine neden olan en önemli etkenlerdir.

4.2.2.2. Sodyum (Na^+) ve Potasyum (K^+)

Tarsus (Berdan) Ovası'ndan alınan yapay su kütlesi örneklerinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen sodyum (Na^+) değerleri 29,30 ile 11494,01 mg/L arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama Na^+ değeri 1458,69 mg/L'dir (Tablo 4.4). Sodyum, analiz edilen majör iyonlar arasında en fazla bulunan ikinci iyon olup yüksek Na^+ değerlerinin genel olarak deniz kıyısına yakın kısımlarda bulunan yapay su kütlelerinde gözlenmiştir. Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin potasyum (K^+) değerleri ise 3,12 ile 450,85 mg/L arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama K^+ değeri 80,69 mg/L'dir (Tablo 4.4). Çalışma alanındaki en düşük K^+ değerleri balık yetiştirmek üzere kullanılan yapay su kütlelerinde görülmekte olup yüksek K^+ derişimlerinin daha çok çalışma alanının kıyıya yakın kısımlarında bulunan yapay su kütlelerine ait olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, çalışma alanındaki tarımsal faaliyetlerde kullanılan vermikülit gibi mineraller ve potasyum içeren tarımsal gübre ve kimyasallar da su örneklerindeki yüksek potasyum derişimlerinin nedenleri arasındadır. Ayrıca, yüksek Na^+ ve K^+ değerleri, bu su kütlelerine deşarj edilen veya atılan tarımsal ya da evsel katı/sıvı atıklar, kıyıya oldukça yakın yapay su kütlelerine deniz suyunun rüzgarla taşınması, deniz suyu girişimi, buharlaşma ve su-kaya etkileşimi gibi proseslerde de ilişkilidir.

4.2.2.3. Karbonat (CO_3^{2-}) ve Bikarbonat (HCO_3^-)

Tarsus (Berdan) Ovası'ndan alınan yapay su kütlesi örneklerinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen karbonat (CO_3^{2-}) değerleri 0 ile 901,51 mg/L arasında, bikarbonat (HCO_3^-) değerleri ise 101,26 ile 1112,87 mg/L arasında değişmektedir (Tablo 4.4). Karbonat (CO_3^{2-}) ve bikarbonat (HCO_3^-) anyonları için hesaplanan ortalama değerler ise sırasıyla 209,36 mg/L ve 428,78 mg/L'dir (Tablo 4.4). Yüksek karbonat ve bikarbonat değerleri, genel olarak çalışma alanının doğu kısmında, Tarsus Nehri'ne yakın alanlarda bulunan yapay su kütlelerinde gözlenmektedir. Bununla birlikte, inşaat hafriyatı, sera veya evsel atıkların döküldüğü yapay su kütlelerinde düşük karbonat ve yüksek bikarbonat değerleri gözlenmiştir. Karbonat derişimlerinin yüksek olduğu yapay su kütlelerinde, ölçülen pH değerlerinin de oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin sadece %3'lük bir kısmı asidik karakterde olup geri kalan yapay su kütleleri bazik karakter sergilemektedirler. Buharlaşma etkisinin yüksek olduğu sığ ve derin göllerde de tipik olarak bazik karakter görülmektedir.

4.2.2.4. Klorür (Cl^-)

Tarsus (Berdan) Ovası'ndan alınan yapay su kütlesi örneklerinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen klorür (Cl^-) değerlerinin 36,45 mg/L ile 23658,31 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir

(Tablo 4.4). Çalışma alanından alınan su örneklerinin ortalama Cl^- değeri 2370,24 mg/L olup bu iyon, ölçülen majör iyonlar arasında en yüksek konsantrasyona sahiptir (Tablo 4.4). En yüksek klorür değerleri (>10000 mg/L), genellikle denize 150 m'den daha yakın yapay su kütlelerinde tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kıyidan yaklaşık 8,46 km uzaklıkta bulunan bir yapay su külesinden alınan bir örnekte de istisnai olarak 15570 mg/L Cl^- tespit edilmiştir. Bu örnekte gözlemlenen yüksek klorür derişiminin, yapay su külesinin kenarına boşaltılan yüksek tuz içeriğine sahip atıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.2.5. Sülfat (SO_4^{-2})

Tarsus (Berdan) Ovası'ndan alınan yapay su külesi örneklerinin analizi sonucunda elde edilen sülfat (SO_4^{-2}) değerlerinin 9,01 mg/L ile 3150,00 mg/L arasında değiştiği belirlenmiş olup hesaplanan ortalama SO_4^{-2} değeri ise 488,06 mg/L'dir (Tablo 4.4). En yüksek SO_4^{-2} değerine sahip su örneği, aynı zamanda en yüksek klorür ve sodyum değerlerine de sahiptir. Bunun yanı sıra, yüksek SO_4^{-2} değerlerine sahip yapay su külelerinin genel olarak çalışma alanının kıyıya yakın kesimlerinde ve çalışma alanının doğu taraflarında olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, kenarına inşaat hafriyatı boşaltılan yapay su külelerinde de yüksek SO_4^{-2} derişimleri tespit edilmiştir.

4.2.2.6. Nitrat (NO_3^-) ve Nitrit (NO_2^-)

Tarsus (Berdan) Ovası'ndan alınan yapay su külesi örneklerinde yapılan analizler sonucunda, nitrat (NO_3^-) konsantrasyonlarının 0,19 mg/L ile 157,83 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışma alanından alınan su örneklerinin ortalama NO_3^- konsantrasyonu ise 9,90 mg/L olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.4). Yüksek NO_3^- konsantrasyonları, genel olarak yeni ekilmiş tarla kenarlarında bulunan yapay su külelerinden alınan örneklerde ölçülmüştür. Bu durum, yapay su külelerindeki yüksek NO_3^- konsantrasyonlarının büyük ölçüde tarımsal gübre kullanımından kaynaklandığını düşündürmektedir. Ayrıca, balık yetiştiriciliği amacıyla kullanılan iki yapay su külesinden alınan su örneklerinde de nispeten yüksek NO_3^- konsantrasyonlarının (20,65 ve 47,73 mg/L) bulunduğu tespit edilmiştir.

Yapay su külelerinden alınan su örneklerinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen nitrit (NO_2^-) değerleri 0,00 ile 0,70 mg/L arasında değişmektedir. Çalışma alanından alınan su örneklerinin ortalama NO_2^- değeri ise 0,09 mg/L olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.4). Yüksek NO_2^- konsantrasyonları, genellikle seralar ile yeni ekilmiş tarla kenarlarında bulunan yapay su külelerinden alınan örneklerde gözlemlenmiştir. Ayrıca, balık yetiştiriciliği amacıyla kullanılan bir yapay su külesinden alınan örnekte de nispeten yüksek NO_2^- değeri (0,557 mg/L) tespit edilmiştir.

4.2.2.7. Florür (F^-)

Tarsus (Berdan) Ovası'ndan alınan yapay su kütlesi örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen florür (F^-) konsantrasyonları 0,00 ile 3,12 mg/L arasında değişmekte olup hesaplanan ortalama F^- konsantrasyonu ise 0,80 mg/L'dir (Tablo 4.4). En yüksek F^- konsantrasyonuna sahip örneklerin, kenarında inşaat hafriyatı bulunan yapay su kütlelerine ait olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışma alanının kıyıya yakın bölgelerinde bulunan yapay su kütlelerinde de F^- konsantrasyonlarının yüksek olduğu (>1,00 mg/L) gözlemlenmiştir.

4.2.2.8. Brom (Br)

Tarsus (Berdan) Ovası'ndaki yapay su kütlelerinden alınan örneklerde yapılan analizler, brom (Br) konsantrasyonlarının 123,65 $\mu\text{g/L}$ ile 69755 $\mu\text{g/L}$ arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Çalışma alanından alınan su örneklerinin ortalama brom konsantrasyonu 6437,13 $\mu\text{g/L}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.4). En yüksek brom konsantrasyonları (>20000 $\mu\text{g/L}$), çalışma alanının kıyı kesimindeki yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinde tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışma alanının doğu tarafında yer alan yapay su kütlelerinde de brom konsantrasyonlarının yüksek seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. Bromun ana kaynağının, deniz suyunun rüzgâr yoluyla yapay su kütlelerine taşınması olduğu, bununla birlikte antropojenik etkilerin de bu süreçte önemli bir rol oynadığı değerlendirilmektedir.

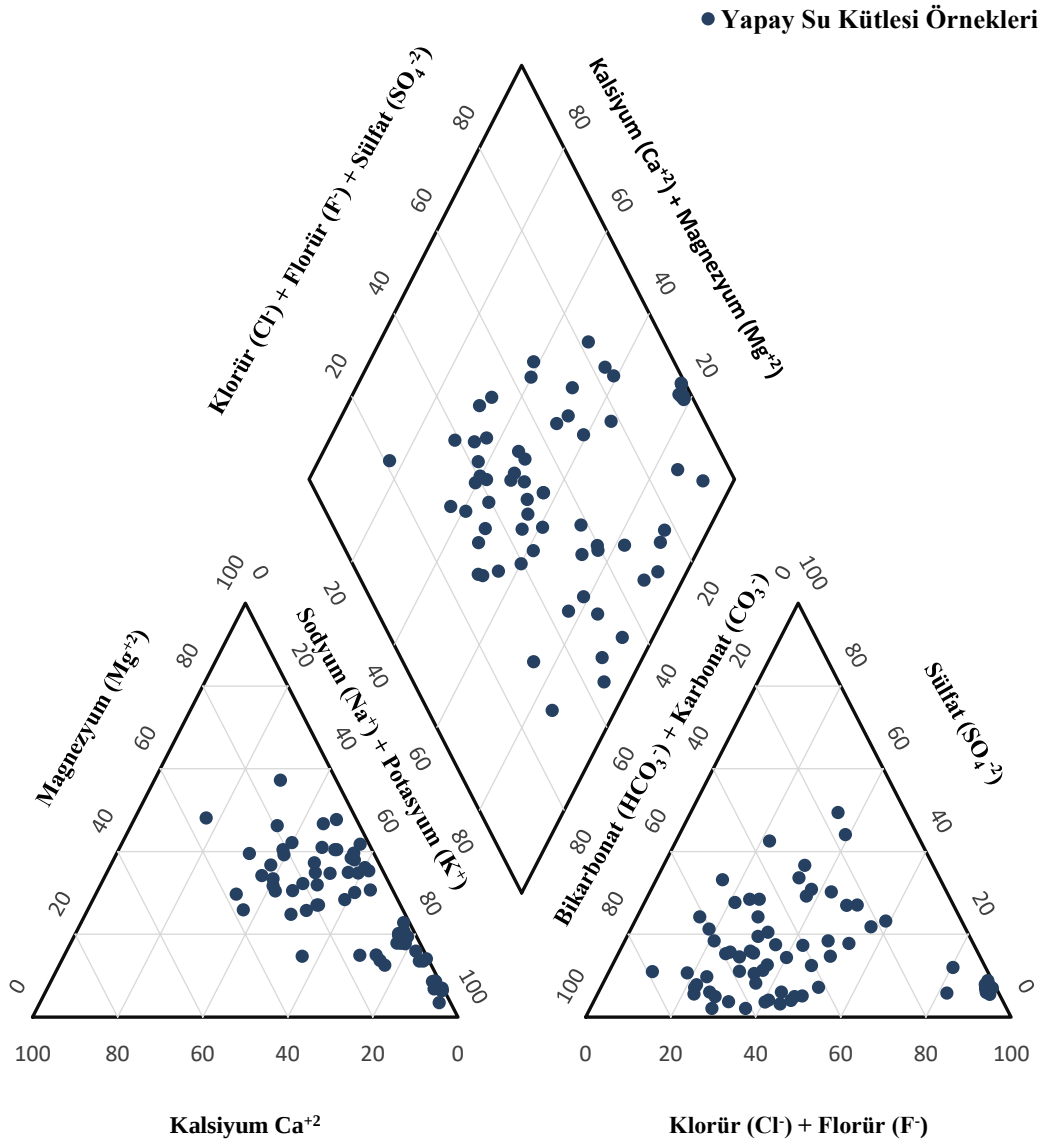
4.2.2.9. Lityum (Li)

Tarsus (Berdan) Ovası'ndan alınan yapay su kütlesi örneklerinde yapılan analizler, lityum (Li) konsantrasyonlarının 9,60 $\mu\text{g/L}$ ile 180,60 $\mu\text{g/L}$ arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Çalışma alanından alınan su örneklerinin ortalama Li konsantrasyonu ise 46,35 $\mu\text{g/L}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.4). Yüksek lityum konsantrasyonlarına sahip örneklerin, genellikle kıyı bölgelerinde bulunan yapay su kütlelerinden ve çevresinde inşaat hafriyatı bulunan su kütlelerinden alındığı tespit edilmiştir. Yüksek Li konsantrasyonlarının başlıca kaynağının, deniz suyunun rüzgâr yoluyla yapay su kütlelerine taşınması olduğu; bunun yanı sıra antropojenik etkilerin de bu süreçte önemli bir rol oynadığı değerlendirilmektedir.

4.3. Yapay Su Kütlelerinin Hidrokimyasal Sınıflamaları

4.3.1. Yapay Su Kütlelerinin Piper Diyagramı Yardımıyla Sınıflandırılması

Tarsus Berdan Ovası'nda bulunan yapay su kütlelerinden alınan su örneklerini hidrokimyasal açıdan sınıflandırmak ve ait oldukları su fasiyeslerini (hidrokimyasal fasiyes) belirlemek amacıyla Şekil 4.3'te verilen Piper diyagramı oluşturulmuştur (Piper, 1944).

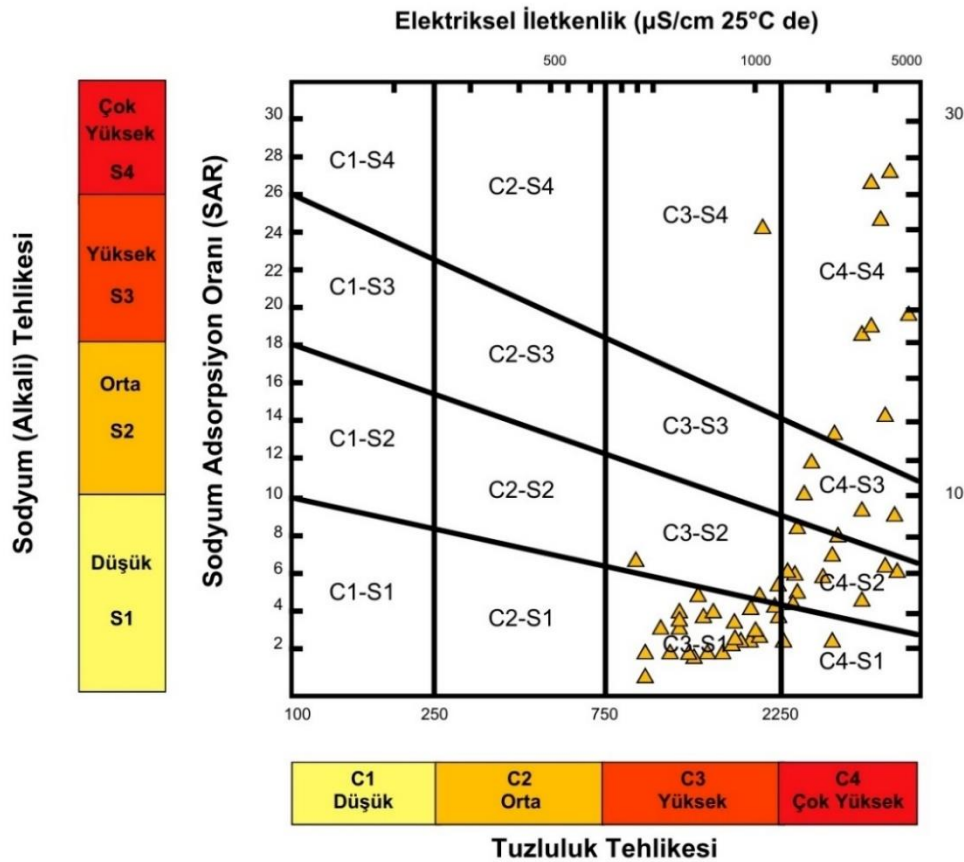


Şekil 4.3. Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerine ait Piper diyagramı.

Piper diyagramı ile yapılan sınıflandırmada, katyon üçgeni ele alındığında yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin %69'u "Sodyum+Potasyum tipi sular" sınıfında, %30'u "Karışık Tip Sular" sınıfindayken, %1'i ise "Magnezyum Tipi Sular" sınıfindadır. Anyon üçgeni ele alındığında ise, su örneklerinin yaklaşık %47'sinin "Bikarbonat+Karbonat tipi sular" sınıfında, %33'ünün "Karışık Tipte Sular" sınıfında ve %20'sinin ise "Klorür Tipi Sular" sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 4.3). Katyon ve anyon üçgenlerinin kesişim noktasının gösterildiği ve diyagramın en önemli kısmını oluşturan eşkenar dörtgen incelendiğinde, yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinden %29'u baskın iyon içermeyen "Karışık Tip Sular" sınıfında yer alırken, %47'si "Sodyum-Klorür Tipi Sular" sınıfında, %23'ü "Kalsiyum-Magnezyum-Bikarbonat Tipi Sular" sınıfında ve %1'i "Sodyum-Bikarbonat Tipi Sular" sınıfında bulunmaktadır (Şekil 4.3).

4.3.2. Yapay Su Kütlelerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı Yardımıyla Sınıflandırılması

Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin sulama suyu olarak kullanıma uygunluklarını değerlendirmek amacıyla Şekil 4.4'te verilen ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı (United States Salinity Laboratory Staff, 1954) oluşturulmuştur.



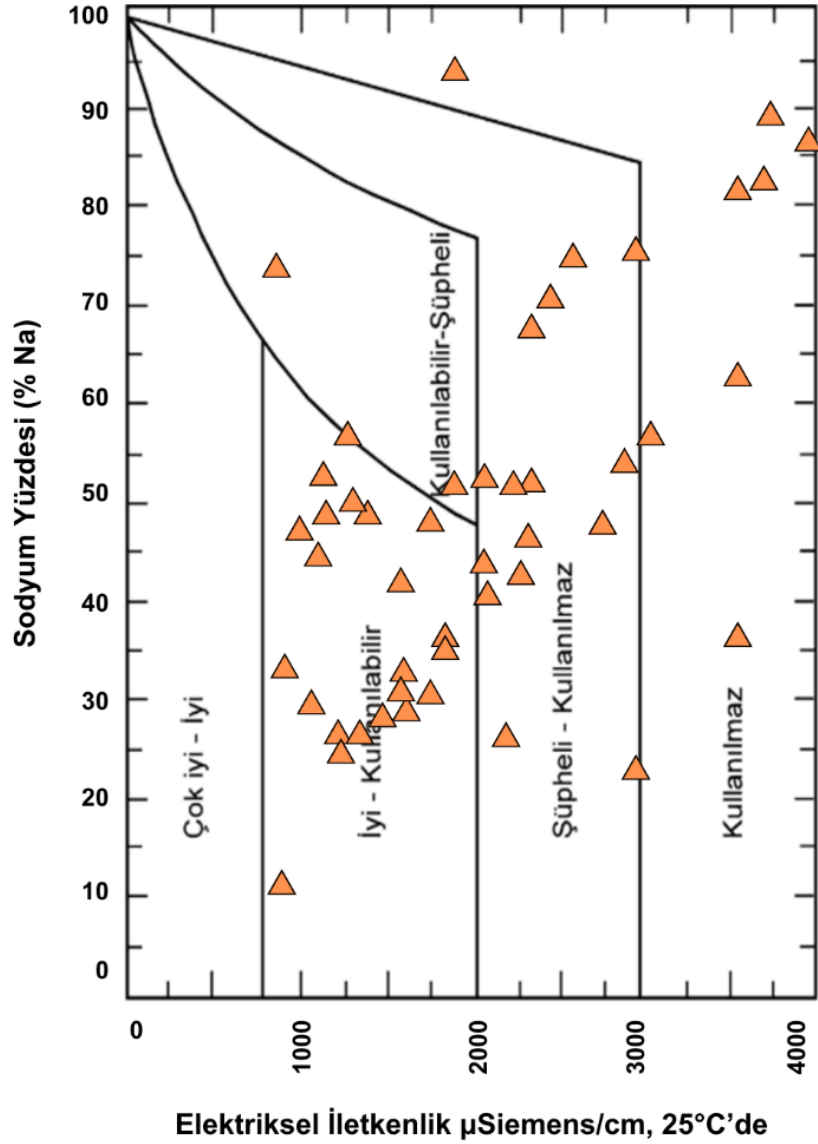
Şekil 4.4. Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerine ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı.

Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin elektriksel iletkenlik (Eİ) değerleri 875 ile 54600 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişmektedir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramında (United States Salinity Laboratory Staff, 1954), Eİ değerleri kullanılarak yapılan sınıflandırmaya göre; su örneklerinden 28'i yüksek tuzluluk tehlikesini ifade eden C3 sınıfına, 25'i de çok yüksek tuzluluk tehlikesinin temsil edildiği C4 sınıfına girmektedir (Şekil 4.4). Su örneklerinden 16'sı 5000 $\mu\text{S/cm}$ 'den büyük EC değerine sahip olduğu için ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına yerleştirilememiştir. Çalışma alanındaki yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin SAR değerleri ise 0,61 ile 110,27 arasında değişmektedir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramında, SAR değerlerine göre yapılan sınıflandırmaya göre; su örneklerinden 26'sı düşük sodyum tehlikesini ifade eden S1 sınıfına, 14'ü orta sodyum tehlikesini ifade eden S2 sınıfına, 4'ü yüksek sodyum tehlikesini ifade eden S3 sınıfına ve 9'u çok yüksek sodyum tehlikesini ifade eden S4 sınıfına girmektedir.

ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre (United States Salinity Laboratory Staff, 1954); Tarsus Berdan Ovası'ndan alınan yapay su kütlesi örneklerinin yaklaşık %35'i C3-S1 (düşük sodyum ve yüksek tuzluluk tehlikesi), %16'sı C4-S2 (orta sodyum ve çok yüksek tuzluluk tehlikesi), %12'si C4-S4 (çok yüksek sodyum ve tuzluluk tehlikesi), %6'sı C4-S3 (yüksek sodyum ve çok yüksek tuzluluk), %4'ü C3-S2 (orta sodyum ve yüksek tuzluluk tehlikesi), %3'ü C4-S1 (düşük sodyum ve çok yüksek tuzluluk) ve %1'i C3-S4 (çok yüksek sodyum ve yüksek tuzluluk tehlikesi) sınıflarına girmektedir (Şekil 4.4). Çalışma alanındaki C3-S1 sınıfı sular, yüksek tuzluluk ve düşük sodyum içeriğine sahip suları temsil etmekte olup bu sular sodyuma karşı duyarlı bitkilerin dışında kalan bitkiler için drenajı yapılarak sulama suyu olarak kullanılabilir. C3-S2 sınıfı sular yüksek tuzluluk ve orta sodyum içeriğine sahip suları temsil etmekte olup sadece permeabilitesi iyi olan jipsli araziler için kullanıma uygundur ve drenaj yapılmadan bitkilerin sulanması için kullanılamaz. Sadece bir yapay su kütlesinin temsil edildiği C3-S4 sınıfında bulunan su örneği, yüksek tuzluluk ve çok yüksek sodyum içeriğine sahip olması nedeniyle tarımsal faaliyetler için kullanıma uygun değildir. C4-S1 sınıfında bulunan sular, çok yüksek tuzluluk ve düşük sodyum içeriğine sahip sular olup sulama suyu olarak kullanıma uygun olmamakla birlikte, drenajın çok iyi yapılması durumunda kullanıma uygun olmakla birlikte, sodyuma karşı hassas bitkiler için kullanılamaz. Çalışma alanından alınan su örneklerinden çok yüksek tuzluluk ve orta sodyum içeriğine sahip C4-S2 sınıfı sular, çok yüksek tuzluluk ve yüksek sodyum içeriğine sahip C4-S3 sınıfı sular ve çok yüksek tuzluluk ve çok yüksek sodyum içeriğine sahip C4-S4 sınıfına giren sular sulama suyu olarak kullanıma uygun değildir.

4.3.3. Yapay Su Kütlelerinin Wilcox Diyagramı Yardımıyla Sınıflandırılması

Tarsus (Berdan) Ovası'nda bulunan yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin sulama suyu olarak kullanıma uygunluklarını belirlemek amacıyla Şekil 4.5'te verilen Wilcox diyagramı (Wilcox, 1948) oluşturulmuştur.



Şekil 4.5. Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerine ait Wilcox diyagramı.

Wilcox diyagramına (Wilcox, 1948) göre; yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin yaklaşık %32'si "İyi-Kullanılabilir Sular" sınıfına girerken, %22'si "Şüpheli-Kullanılamaz Sular" sınıfına, %11'i "Kullanılmaz Sular" sınıfına ve %3'ü "Kullanılabilir-Şüpheli Sular" sınıfına girmektedir (Şekil 4.5). Yapay su kütlesi örneklerinden 22 tanesi 4000 µS/cm'den yüksek elektriksel iletkenlik (EI) değerine sahip olduğu için Wilcox diyagramında gösterilememiştir.

4.4. Parametreler Arası İlişkiler

Tarsus (Berdan) Ovası'nda bulunan yapay su kütlelerinin morfometrik ve fizikokimyasal analizleri sonucunda elde edilen parametrelerin kendi aralarındaki ve birbirleriyle olan ilişkilerini belirlemek üzere Pearson korelasyon katsayıları (r) hesaplanmıştır. İki veya daha fazla değişken arasında bulunan doğrusal ilişkiyi/ilişkileri sayısal olarak ifade eden korelasyon katsayısı, -1,0 ile +1,0 arasında değişen değer almaktadır (Topal, 2015). Hesaplanan korelasyon katsayılarının -0,5 ile -1,0 ve +0,5 ile +1,0 arasında olması, değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin bulunduğunu; -0,5 ile 0,0 ve 0,0 ile +0,5 arasında olması ise değişkenler arasında zayıf bir ilişkinin bulunduğunu ifade eder. Eğer korelasyon katsayısı (r) sıfır ise, değişkenler arasında herhangi bir ilişki yoktur.

Yapay su kütlelerinin morfometrik ve fizikokimyasal parametreleri arasında pozitif korelasyon katsayıları ($r = 0,082$ ile $0,379$ arasında) ve negatif korelasyon katsayıları ($r = -0,318$ ile $-0,108$ arasında) hesaplanmış olup adı geçen parametreler arasındaki ilişkinin oldukça zayıf olduğu belirlenmiştir. İlgili parametreler arasındaki düşük korelasyonların, yapay su kütlelerinin hem kökensel oluşum (kazılan çukurların suyla dolması) hem de su kalitesi özellikleri açısından çevrelerindeki antropojenik faaliyetlerden önemli ölçüde etkilendiklerini göstermektedir.

Yapay su kütlelerinin fizikokimyasal parametrelerinin kendi aralarındaki pozitif korelasyon katsayılarının (r) $0,003$ ile $0,999$ arasında ve negatif korelasyon katsayılarının (r) $-1,0$ ile $-0,011$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; pH değerlerinin, fiziksel parametrelerden sadece Eh ile yüksek bir negatif ilişkiye sahip olduğu, kimyasal parametrelerden ise sadece CO_3^{2-} ile yüksek pozitif bir ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik (Eİ) değerleri, fiziksel parametrelerden sadece toplam çözünmüş madde (TÇM) ile yüksek pozitif bir ilişkiye sahip olup kimyasal parametrelerden ise Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , Br ve Li ile yüksek pozitif ilişkiler sergilemektedir. Sularda çözünmüş olarak bulunan bu kimyasal bileşenlerin konsantrasyonlarında meydana gelen artışlar, hem TÇM hem de Eİ değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Yapay su kütlelerinin su sıcaklığı değerleri, diğer fizikokimyasal parametrelerle oldukça zayıf ilişkiler sergilemektedir.

Kimyasal parametrelerin korelasyon katsayıları dikkate alındığında, Ca^{+2} ve Mg^{+2} konsantrasyonlarının hem birbirleri hem de Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} ve Br ile yüksek (pozitif) ilişkiler sergilediği belirlenmiştir. HCO_3^- ve CO_3^{2-} konsantrasyonları ise hem kendi aralarında hem de diğer kimyasal parametrelerle düşük ilişkiye sahiptir. Bununla birlikte, NO_3^- ve NO_2^- konsantrasyonlarının sadece kendi aralarında yüksek (pozitif) ilişkiye sahip olduğu, F^- konsantrasyonlarının ise sadece Li ile yüksek (pozitif) ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ek olarak, Br ve Li konsantrasyonları arasında da yüksek (pozitif) bir ilişki bulunmaktadır.

Morfometrik parametrelerin birbirleri arasında hesaplanan pozitif korelasyon katsayıları (r) 0,009 ile 1,0 ve negatif korelasyon katsayıları (r) ise -1,0 ile -0,016 arasında değişmektedir. AZIM dışında temel parametrelerin (APOL, PPOL, WPOL, LPOL) kendi aralarında yüksek (pozitif) ilişki sergilediği gözlenmiştir. Türetilmiş parametrelere ait korelasyon katsayıları değerlendirildiğinde; APOL değerleri ile sadece REGF ve CONC değerleri arasında yüksek (pozitif) bir ilişki bulunmuştur. PPOL değerlerinin CIRR, COMF, DISM, COMI, LEMR, REGF ve CONC değerleri ile arasında yüksek (pozitif); ZFOR, MCIR, CONV, SOLI, RECT ve ROUN değerleri ile de yüksek (negatif) ilişkiler gösterdiği belirlenmiştir. LPOL değerlerinin CIRR, COMF, DISM, COMI, LEMR, REGF ve CONC değerleri ile arasında yüksek (pozitif); ZFOR, MCIR, HFOR, ELOF, SOLI, RECT, ROUN ve SPHE değerleriyle ise aralarında yüksek (negatif) ilişkiler bulunmuştur. WPOL değerlerinin REGF ve CONC değerleri ile yüksek (pozitif); SHAF, CONV, SOLI ve RECT değerleri ile arasında yüksek (negatif) ilişkiler bulunmaktadır. Temel parametrelere ek olarak, AZIM değerlerinin türetilmiş parametrelerle de arasında düşük ilişki bulunduğu gözlenmiştir.

LTWR değerlerinin ELLF, CIRR, COMF, DISM, COMI, LEMR ve REGF değerleriyle arasında yüksek (pozitif); WTLR, ZFOR, MCIR, HFOR, ELOF, ROUN ve SPHE değerleriyle arasında ise yüksek (negatif) ilişki olduğu gözlenmiştir.

WTLR değerlerinin ZFOR, MCIR, HFOR, ELOF, ROUN ve SPHE değerleriyle yüksek (pozitif); LTWR değerine ek olarak, ELLF, CIRR, COMF, DISM, COMI, LEMR ve REGF değerleriyle de aralarında yüksek (negatif) ilişki bulunduğu gözlenmiştir.

ELLF ve CIRR değerlerinin birbirleriyle ve COMF, DISM, COMI ve LEMR değerleriyle arasında yüksek (pozitif); ZFOR, MCIR, HFOR, ELOF, ROUN ve SPHE değerleri ile arasında yüksek (negatif) ilişki bulunduğu gözlenmiştir. Ek olarak, ELLF değerleri ile SHAF değerleri arasında yüksek (pozitif); CIRR değerlerinin ise ELLF değerlerinden farklı olarak REGF ve CONC ile yüksek (pozitif), SOLI ve RECT ile de aralarında yüksek (negatif) ilişki bulunmuştur.

ZFOR değerlerinin MCIR, HFOR, ELOF, SOLI, RECT, ROUN ve SPHE değerleriyle arasında yüksek (pozitif); COMF, DISM, COMI, LEMR ve REGF değerleriyle arasında ise yüksek (negatif) ilişki olduğu gözlenmiştir.

COMF değerlerinin DISM, COMI, LEMR, REGF ve CONC değerleriyle arasında yüksek (pozitif); ZFOR değerine ek olarak MCIR, HFOR, ELOF, SOLI, RECT, ROUN ve SPHE değerleriyle de aralarında yüksek (negatif) ilişki bulunduğu gözlenmiştir.

MCIR değerlerinin HFOR, ELOF, SOLI, RECT, ROUN ve SPHE değerleri arasında yüksek (pozitif); DISM, COMI, LEMR ve REGF değerleriyle ise arasında yüksek (negatif) ilişki bulunduğu gözlenmiştir.

DISM değerlerinin COMI, LEMR, REGF ve CONC değerleriyle arasında yüksek (pozitif); MCIR değerine ek olarak HFOR, ELOF, SOLI, RECT, ROUN ve SPHE değerleriyle de aralarında yüksek (negatif) ilişki bulunduğu gözlenmiştir.

COMI değerlerinin LEMR ve REGF değerleriyle arasında yüksek (pozitif); HFOR, ELOF, SOLI, RECT, ROUN ve SPHE arasında yüksek (negatif) ilişki bulunmuştur.

HFOR değerlerinin ELOF, ROUN ve SPHE değerleri ile arasında yüksek (pozitif); LEMR ve SHAF arasında ise yüksek (negatif) ilişki bulunduğu gözlenmiştir.

ELOF değerlerinin SOLI, RECT, ROUN ve SPHE ile yüksek (pozitif); LEMR değerleri ile arasında yüksek (negatif) ilişki gözlenmiştir. Bununla birlikte LEMR değerlerinin REGF ve CONC değerleri ile arasında yüksek (pozitif); SOLI, RECT, ROUN ve SPHE değerleri ile arasında ise yüksek (negatif) ilişki bulunmuştur.

REGF değerlerinin belirtilenlere ek olarak, CONC değerleriyle arasında yüksek (pozitif); CONV, SOLI, RECT ve ROUN değerleriyle arasında ise yüksek (negatif) ilişki olduğu gözlenmiştir.

SOLI ve RECT değerlerinin birbirleriyle ve ROUN ile CONV değerleri arasında yüksek (pozitif) ve CONC değerleriyle arasında ise yüksek (negatif) ilişki bulunduğu gözlenmiştir. Verilenlere ek olarak SPHE değerlerinin SOLI ve ROUN değerleriyle ve ROUN değerleriyle RECT değerleri arasında yüksek (pozitif) ilişki bulunduğu gözlenmiştir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tarsus (Berdan) Ovası'nda tespit edilen 129 yapay su kütlesinin morfometrik özelliklerinin belirlenmesi için gerekli olan temel parametreler ve temel parametrelerin kullanılmasıyla elde edilen türetilmiş parametreler hesaplanmıştır. Çalışma alanında bulunan yapay su kütlelerinin hesaplanan temel morfometrik parametrelerinin en düşük ve en yüksek değerleri şu şekildedir: APOL 36,83-56809,77 m²; PPOL 23,59-1614,04 m; LPOL 7,09-653,82 m; WPOL 5,66-242,66 m ve AZIM 3,12°-179,91°'dir. Türetilmiş parametrelerin en yüksek ve en düşük değerleri ise; LTWR 1,09-11,96; WTLR 0,08-0,92; ELLF 0,04-0,85; CIRR 14,12-77,48; ZFOR 0,21-1,13; COMF 1,06-2,48; MCIR 0,16-0,89; DISM 0,06-0,60; COMI 0,11-0,84; HFOR 0,06-0,79; ELOF 0,27-1; LEMR 0,99-14,01; REGF 0,85-2,49; SHAF 0,33-2,13; CONV 0,70-1; CONC 0,51-20339,58; SOLI 0,38-0,99; RECT 0,32-0,93; ROUN 0,17-0,90 ve SPHE 0,08-0,75'tir. Morfometrik analizler, yapay su kütlelerinin genel olarak uzun çokgen özelliğine sahip olduğunu göstermiştir.

Tarsus (Berdan) Ovası'nda tespit edilen yapay su kütlelerinden 69 tanesinden alınan su örneklerinin fiziksel parametrelerinin en düşük ve en yüksek değerleri şu şekildedir; sıcaklık 21,6-32,6 °C; pH 6,99-9,41; Eİ 875-54600 µS/cm; Eh -117-25 mV; TÇM 640,68-40551,40 mg/L'dir. Kimyasal parametrelerin en yüksek ve en düşük değerleri ise şu şekildedir: Ca⁺² 7,57-520,26 mg/L; Mg⁺² 8,61-1653,67 mg/L; Na⁺ 29,30-11494,01 mg/L; K⁺ 3,12-450,85 mg/L; CO₃⁻² 0,00-901,51 mg/L; HCO₃⁻ 101,26-112,87 mg/L; Cl⁻ 36,45-23658,31 mg/L; SO₄⁻² 9,01-3150 mg/L; NO₃⁻ 0,19-157,83 mg/L; NO₂⁻ 0,00-0,70 mg/L; F⁻ 0,00-3,12 mg/L; Br 123,65-69755 µg/L ve Li 9,60-180,60 µg/L'dir.

Piper diyagramına göre; Tarsus (Berdan) Ovası'ndaki yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin (n = 69) yaklaşık %47'si "sodyum-klorür tipi sular" sınıfında yer alırken, %29'u baskın iyon içermeyen "karışık tip sular" sınıfında, %23'ü "kalsiyum-magnezyum-bikarbonat tipi sular" sınıfında ve %1'i "sodyum-bikarbonat tipi sular" sınıfında bulunmaktadır.

Yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin sulama suyu olarak kullanılabilirliğini değerlendirmek amacıyla ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox diyagramları oluşturulmuştur. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre; yapay su kütlelerinin yaklaşık %35'inin C3-S1, %16'sının C4-S2, %12'sinin C4-S4, %6'sının C4-S3, %4'ünün C3-S2, %3'ünün C4-S1 ve %1'inin C3-S4 sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir. Yapay su kütlelerinin %23'ü ise yüksek Eİ değerlerine sahip olması nedeniyle diyagramda sınıflandırılmamıştır. Elde edilen bulgular, özellikle yüksek (C3) ve çok yüksek (C4) tuzluluk riski taşıyan su kütlelerinin doğrudan sulama suyu olarak kullanılmasının uygun olmadığını, ancak uygun drenaj işlemleri sonucunda %42'sinin sulama amaçlı kullanılabileceğini göstermektedir.

Wilcox diyagramına göre; yapay su kütlelerinden alınan su örneklerinin yaklaşık %32'si "İyi-Kullanılabilir" sular sınıfına girerken, %22'si "Şüpheli-Kullanılamaz" sular, %11'i "Kullanılmaz" sular ve %3'ü "Kullanılabilir-Şüpheli" sular sınıfına girmektedir. Yapay su kütlelerinin %32'si ise

yüksek EI değerlerine sahip olması nedeniyle diyagramda sınıflandırılamamıştır. Elde edilen sonuçlar, yapay su kütlelerinin %32'sinin sulama suyu olarak kullanılabilir nitelikte olduğunu, %3'ünün basit iyileştirmelerle; %22'sinin ise kapsamlı iyileştirme işlemleri sonucunda kullanıma uygun hale getirilebilir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Yapılan fizikokimyasal analizler, Tarsus (Berdan) Ovası'ndaki yapay su kütlelerinin yüksek tuzluluk seviyelerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu yüksek tuzluluk değerleri esas olarak bölgedeki yoğun tarımsal faaliyetlerden ve deniz suyu etkisinden kaynaklanmaktadır. Tarımda kullanılan gübrelerin sulama işlemleri sırasında tarla kenarlarındaki yapay su kütlelerine karışması, bununla birlikte tarımsal atıklarının yapay su kütlelerinin kenarına ve içine boşaltılması suyun tuzluluk seviyesini artırmaktadır. Ayrıca, yerleşim alanlarından kaynaklanan evsel atıklar ve bazı yapay su kütlelerinin kenarlarına boşaltılan inşaat atıkları gibi diğer antropojenik faaliyetler de tuzluluk artışında etkili olmaktadır. Buna ek olarak, kıyıda karaya rüzgar yoluyla taşınan deniz suyu, özellikle Akdeniz'in yüksek tuzluluk oranı göz önünde bulundurulduğunda, yapay su kütlelerindeki tuzluluk seviyelerini artıran önemli bir diğer faktördür.

Yapay su kütlelerinin morfometrik ve fizikokimyasal analizleri sonucunda elde edilen parametrelerinin kendi aralarında ve birbirleriyle olan ilişkilerini belirlemek üzere Pearson korelasyon katsayıları (r) hesaplanmıştır. Analiz sonucunda, fizikokimyasal parametrelerin kendi aralarında pozitif korelasyon katsayıları ($r = 0,003$ ile $0,999$) ve negatif korelasyon katsayıları ($r = -1$ ile $-0,011$) sergiledikleri belirlenmiştir. Morfometrik parametrelerin ise kendi aralarında hesaplanan pozitif korelasyon katsayıları $0,009$ ile 1 arasında, negatif korelasyon katsayıları ise -1 ile $-0,016$ arasında değişmektedir. Morfometrik parametreler ile fizikokimyasal parametreler arasında hesaplanan korelasyon katsayıları ise pozitif ($r = 0.082$ ile 0.379) ve negatif ($r = -0.318$ ile -0.108) değerler arasında değişim sergilemektedir. Yapılan korelasyon analizleri sonucunda, yapay su kütlelerinin morfometrik ve fizikokimyasal özelliklerini tanımlayan parametrelerin kendi içlerinde güçlü ilişkiler sergileri tespit edilmiştir. Bunun aksine, yapay su kütlelerinin fizikokimyasal özelliklerini ifade eden pH, sıcaklık, TÇM gibi fiziksel parametreler ile anyon, katyon ve iz elementler gibi kimyasal su parametrelerinin, yapay su kütlelerinin şeklini tanımlayan morfometrik parametrelerden bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tarsus (Berdan) Ovası gibi yoğun tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği bölgelerde, su kaynaklarının sürdürülebilirliği, bölgenin ekolojik ve ekonomik geleceği açısından kritik öneme sahiptir. Genellikle tarım toprağı elde etmek amacıyla açılan çukurlara, yeraltı ve/veya yağmur sularının dolması sonucu oluşan yapay su kütleleri doğrudan yeraltı suyu ile etkileşim halindedir. Bu nedenle yapay su kütlelerinin kirlenmesine neden olan tarım ürünleri (gübreler, pestisitler, vb.) ve atıklar (ev, inşaat, tarım, vb.) yer altına sızarak yeraltı sularının tuzlanmasına ve kirletici madde konsantrasyonlarının artmasına neden olmaktadır. Bu durum, yeraltı sularının içme ve sulama suyu olarak kullanım potansiyelini sınırlayarak, bölgedeki su kaynaklarının sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Yeraltı sularının kirlenmesi, tarımdaki verimin düşmesine, sulama maliyetlerinin

artmasına ve hatta bazı durumlarda tarım arazilerinin kullanılamaz duruma gelmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle özellikle kullanılabilir su kaynaklarının olduğu bölgelerde, toprak temin etmek üzere yapılan bu tür kazıların sınırlanması ve mevcut su kütlelerinin iyileştirilmesine yönelik gerekli önlemlerin belirlenmesi ve bu su kütlelerinin sulama suyu olarak kullanım potansiyelinin değerlendirilmesi, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından oldukça önemlidir.





KAYNAKLAR

Akbulut, C. (2016). Aşağı Seyhan Ovası (Adana) Yeraltı ve Yüzey Suyu Kaynaklarının Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye.

Akgün, A. (2007). Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.

Aniya, M., and Welch, R. (1981). “Morphometric Analyses of Antarctic Cirques from Photogrammetric Measurements.” *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, Vol. 63, No. 1-2, pp. 41-53.

Appelo, C. A. J., and Postma, D. (2005). *Geochemistry, groundwater and pollution*, 2nd edition, CRC Press, Amsterdam, Hollanda.

Ardıç, C. (2013). İçme Suyundaki Nitrat Konsantrasyonunun İnsan Sağlığı Üzerine Oluşturduğu Risklerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Ardıçoğlu, M., Gemici, E., ve Özdin, S. (2011). “Doğal Akarsularda Debinin Belirlenmesi.” *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, Cilt. 4, No. 2, ss. 73-77.

Attneave, F., and Arnoult, M. D. (1956). “The quantitative study of shape and pattern perception.” *Psychological Bulletin*, Vol. 53, No. 6, pp. 452-471.

Bolstad, P., and Manson, S. (2022). *GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems*, 7th edition, Eider Press, Minnesota, USA.

Bondesan, A., Meneghel, M., and Sauro, U. (1992). “Morphometric analysis of dolines.” *International Journal of Speleology*, Vol. 21 No. 1, pp. 1-55.

Boyd, C. E., and Tucker, C. S. (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management*, Springer Science+Business Media, New York, USA.

Bozlak, A. (2008). Tarsus’un (Mersin) Beşeri ve Ekonomik Coğrafya Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.

Buendía, P., Soler, C., Paolicchi, F., Gago, G., Urquieta, B., Pérez-Sánchez, F., and Bustos-Obregón, E. (2002). "Morphometric characterization and classification of alpaca sperm heads using the Sperm-Class Analyzer® computer-assisted system." *Theriogenology*, Vol. 57, No. 4, pp. 1207-1218.

Burrough, P. A., and McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*, Oxford University Press, Oxford, England.

Casas, J., Toja, J., Bonachela, S., Fuentes, F., Gallego, I., Juan, M., León, D., Peñalver, P., Pérez, C., and Sánchez, P. (2011). "Artificial ponds in a Mediterranean region (Andalusia, southern Spain): Agricultural and environmental issues." *Water and Environment Journal*, Vol. 25, No. 3, pp. 308–317.

Chorley, R. J. (1959). "The Shape of Drumlins." *Journal of Glaciology*, Vol. 3, No. 25, pp. 339–344.

Chorley, R. J., Malm, D. E. G., and Pogorzelski, H. A. (1957). "A new standard for estimating drainage basin shape." *American Journal of Science*. Vol. 255, No. 2, pp. 138-141.

Cox, E. P. (1927). "A method of assigning numerical and percentage values to the degree of roundness of sand grains." *Journal of Paleontology*, Vol. 1 No. 3, pp. 179-183.

Cox, M. R., and Budhu, M. (2008). "A practical approach to grain shape quantification." *Engineering Geology*, Vol. 96, No. 1-2, pp. 1-16.

Çalışkan, E. (2007). *Asit, Lantanyum ve Alüminyum İşlem Görmüş Aktif Karbonlar ile Florür Adsorpsiyonu*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Demir, S. (2008). *Isparta ve Yakın Çevresi Yeraltısularının Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal İncelenmesi ve İçme Suyu Kalitesinin İzlenmesi*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.

Doğan, L. (1981). *Hidrojeolojide Su Kimyası, Devlet Su İşleri*, Ankara, Türkiye.

DSİ (Devlet Su İşleri) (2023). *Toprak Su Kaynakları*. 2 Aralık 2023 tarihinde <https://dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754> adresinden erişildi.

Ebdon, D. (1985). *Statistics in Geography: A Practical Approach*, Blackwell, Oxford, England.

Fetter, C. W. (2001). *Applied Hydrogeology*, 4th edition, Prentice Hall, New Jersey, USA.

Freeze, R. A., and Cherry, J. A. (1979). Groundwater, Prentice-Hall, New Jersey, USA.

Glasbey, C. A., and Horgan, G. W. (1995). Image Analysis for the Biological Sciences, John Wiley & Sons, England, USA.

Goudie, A. (2013). “Characterising the distribution and morphology of creeks and pans on salt marshes in England and Wales using Google Earth.” Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 129, pp. 112-123.

Google Earth Pro (2023). Google Earth v. 10.69.0.1, Google LLC.

Görür, N. (1979). “Karaisalı Kireçtaşının (Miyosen) Sedimentolojisi.” Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, Cilt 22, ss. 227-232.

Gravelius, H. (1914). Grundriß der gesamten Gewässerkunde, Göschen, Berlin, Germany.

Güler, C. (1998). Management of Geologic and Hydrologic Data for the Chicago Creek Mining District Using a Geographic Information System, Colorado School of Mines, Master’s Thesis, Colorado, USA.

Güler, C., Beyhan, B., ve Tağa, H. (2021a). “PolyMorph-2D: An open-source GIS plug-in for morphometric analysis of vector-based 2D polygon features.” Geomorphology, Vol. 386, No. 107755.

Güler, C., Beyhan, B., and Tağa, H., (2021b). PolyMorph-2D: An Open-Source GIS Plug-in for Morphometric Analysis of Vector-based 2D Polygon Features (Version 2.1) Help File and User Guide. 20 Kasım 2023 tarihinde <https://github.com/burakbeyhan/morphometric-analysis> adresinden erişildi.

Güler, C., Kurt, M. A., Alpaslan, M., ve Akbulut, C. (2012). “Assessment of the impact of anthropogenic activities on the groundwater hydrology and chemistry in Tarsus coastal plain (Mersin, SE Turkey) using fuzzy clustering, multivariate statistics and GIS techniques.” Journal of Hydrology, Vol. 415, pp. 435-451.

Güler, C., Thyne, G. D., McCray, J. E., and Turner, A. K. (2002). “Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data.” Hydrogeology Journal, Vol. 10, No. 4, pp. 455-474.

Güven, O. (2021). Tarsus Kıyı Akiferinde (Mersin) Tuzlanmaya Neden Olan Faktörlerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye.

Hem, J. D. (1985). Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, Water Supply Paper 2254, U.S. Geological Survey, Virginia, USA.

Hengl, T., Gruber, S., and Shrestha, D. P. (2003). Digital Terrain Analysis in ILWIS, ITC, Netherlands.

Hentschel, M. L., and Page, N. W. (2003). "Selection of descriptors for particle shape characterization." Particle & Particle Systems Characterization, Vol. 20, No. 1, pp. 25-38.

Heywood, I., Cornelius, S., and Carver, S. (2006). An Introduction to Geographical Information Systems, 3rd edition, Pearson Education Limited, Harlow, England.

Horton, R. E. (1932). "Drainage-basin characteristics." Transactions, American Geophysical Union, Vol. 13, No. 1, pp. 350-361.

Hutchins, M. G., Smith, B., Rawlins, B. G., and Lister, T. R. (1999). "Temporal and spatial variability of stream waters in Wales, the Welsh borders and part of the West Midlands, UK-1. Major ion concentrations." Water Research, Vol. 33, No. 16, pp. 3479-3491.

Johansson, C. E. (1963). "Orientation of Pebbles in Running Water. A Laboratory Study." Geografiska Annaler, Vol. 45, No. 2-3, pp. 85-112.

Kapluhan, E. (2014). "Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) Coğrafya Öğretiminde Kullanımının Önemi ve Gerekliliği." Marmara Coğrafya Dergisi, No. 29, ss. 34-59.

Kerres, M., Servos, M., Kramer, A., Hattermann, F., Tänzler, D., Pilz, T., and Mueller, A. (2020). Stop floating, start swimming: Water and climate change. Interlinkages and prospects for future action. Germany: GIZ.

Kolios, S., Vorobev, A. V., Vorobeva, G. R., and Stylios, C. (2017). GIS and Environmental Monitoring Applications in the Marine, Atmospheric and Geomagnetic Fields, Springer, Cham, Switzerland.

Kurt, M. A. (2010). Deliçay ve Tarsus Çayı (Mersin) Arasında Kalan Alandaki Toprak Profillerinin Mineralojisi, Toprak ve Su Kirliliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye.

Kurt, M. A., Alpaslan, M., Temel, A., ve Güler, C. (2014). “Deliçay ile Tarsus (Berdan) Çayı Arasındaki Bölgede Yer Alan Kuvaterner Sedimanlarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri.” Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 57, No. 1.

Landini, G. (2010). Particles8_class: An ImageJ plugin for estimating various statistics of binary 8-connected particles. 26 Aralık 2023 tarihinde <https://blog.bham.ac.uk/intellimic/g-landini-software/> adresinden erişildi.

Lehnert, N., Dong, H. T., Harland, J. B., Hunt, A. P., and White, C. J. (2018). “Reversing nitrogen fixation.” Nature Reviews Chemistry, Vol. 2, pp. 278-289.

Liu, J., Dazzo, F. B., Glagoleva, O., Yu, B., and Jain, A. K. (2001). “CMEIAS: A computer-aided system for the image analysis of bacterial morphotypes in microbial communities.” Microbial Ecology, Vol. 41, No. 3, pp. 173-194.

Lombardo, U. (2014). “Quantitative morphometric analysis of lakes using GIS: rectangularity R, ellipticity E, orientation O, and the rectangularity vs. ellipticity index, REi.” Cartography and Geographic Information Science, Vol. 41, No. 4, pp. 340-347.

MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) (2023). Kuraklık Analizi. 2 Aralık 2023 tarihinde <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yillik> adresinden erişildi.

Miller, V. C. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee (Technical Report No. 3). Columbia University: New York.

O’Rourke, J. (1998). Computational Geometry in C, Cambridge University Press, Cambridge, England.

OpenJUMP, 2021. Version 1.16 release rev.6669. <https://sourceforge.net/projects/jump-pilot/files/OpenJUMP/>.

Ovakoglou, G., Alexandridis, T. K., Crisman, T. L., Skoulidakis, C., and Vergos, G. S. (2016). “Use of MODIS satellite images for detailed lake morphometry: Application to basins with large water level

fluctuations.” *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 51, pp. 37-46.

Öğrünç, G., ve Nazık, A. (1998). “Yenice (Tarsus) kuzeyi (Adana Havzası) Üst Miyosen-Pliyosen istifinin ostrakod faunası.” *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt 41, No. 1, ss. 63-84.

Peucker, K. (1894). “Morphometry of the Lake of Constance.” *The Geographical Journal*, Vol. 4, No. 3, pp. 264-266.

Piper, M. (1944). “A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water-Analyses.” *Transactions, American Geophysical Union*, Vol. 25, No. 6, pp. 914-928.

Riley, C. M., Rose, W. I., and Bluth, G. J. S. (2003). “Quantitative Shape Measurements of distal volcanic ash.” *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108, No. B10, pp. 2156-2202.

Roussillon, T., Piégay, H., Sivignon, I., Tougne, L., and Lavigne, F. (2009). “Automatic computation of pebble roundness using digital imagery and discrete geometry.” *Computers and Geosciences*, Vol. 35, No. 10, pp. 1992-2000.

Salerno, F., Thakuri, S., D’Agata, C., Smiraglia, C., Manfredi, E. C., Viviano, G., and Tartari, G. (2012). “Glacial lake distribution in the Mount Everest region: Uncertainty of measurement and conditions of formation.” *Global and Planetary Change*, Vol. 92-93, pp. 30-39.

Samantara, M. K., Padhi, R. K., Sowmya, M., Kumaran, P., and Satpathy, K. K. (2017). “Heavy metal contamination, major ion chemistry and appraisal of the groundwater status in coastal aquifer, Kalpakkam, Tamil Nadu, India.” *Groundwater for Sustainable Development*, Vol. 5, pp. 49-58.

Samsunlu, A. (2013). *Çevre Mühendisliği Kimyası*, Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye.

Sarı, T., ve Mertoğlu, B. (2019). “Anaerobik Amonyum Oksidasyonu (Anammox)”. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 24, No. 3, ss. 523-548.

Schmidt, G. (1961). “Stratigraphic nomenclature for the Adana Region Petroleum District VII.” *Turkish Petroleum Administration Bulletin*, Vol. 6, pp. 47-63.

Schultze, M., Pokrandt, K. H., and Hille, W. (2010). “Pit lakes of the Central German lignite mining district: Creation, morphometry and water quality aspects.” *Limnologica*, Vol. 40, No. 2, pp. 148-155.

Schumm, S. A. (1956). "Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey." Geological Society of America Bulletin, Vol. 67, No. 5, pp. 597-646.

Shen, L., Rangayyan, R. M., and Desautels, J. E. L. (1993). "Detection and classification of mammographic calcifications." International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, Vol. 7, No. 06, pp. 1403-1416.

Somay, M. A., ve Gemici, Ü. (2009). "Assessment of the Salinization Process at the Coastal Area with Hydrogeochemical Tools and Geographical Information Systems (GIS): Selçuk Plain, Izmir, Turkey." Water, Air, and Soil Pollution, Vol. 201, pp. 55-74.

Sperling, C. H. B., Goudie, A. S., Stoddart, D. R., and Poole, G. G. (1977). "Dolines of the Dorset Chalklands and Other Areas in Southern Britain." Transactions of the Institute of British Geographers, Vol. 2, No. 2, pp. 205-223.

Sracejk O., and Zeman, J. (2004). Introduction to Environmental Hydrogeochemistry, Masaryk University Brno Faculty of Science, Brno.

Stevens Jr., H. H., Ficke, J. F., and Smoot, G. F. (1975). Water Temperature-Influential Factors, Field Measurement, and Data Presentation. Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey, Chapter D1, Book 1.

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

Şehsuvaroğlu, M. S. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Etkileşimli Olarak Renkli Raster Görüntüden Vektör Veriye Dönüşüm İçin Bir Arayüz Tasarımı ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Şenol, M., Şahin, Ş., ve Duman, T. Y. (1998). Adana-Mersin dolayının jeoloji etüd raporu (yayımlanmamış). Ankara: MTA.

Tağa, H. (1995). Emirler-Çavuşlu (Mersin) Dolayının Jeolojisi ve Arazi Kullanım Potansiyeli, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye.

Tecim, V. (2008). Coğrafi Bilgi Sistemleri Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi, Renk Form Ofset Matbaacılık, Ankara, Türkiye.

Topal, K. (2015). Genetik algoritmaya dayalı yeni bir sağlam korelasyon katsayısı, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye.

Töreayen, G., Özdemir, İ., ve Kurt, T. (2010). ArcGIS 10 Desktop Uygulama Dokümanı, İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim, Ankara, Türkiye.

Turekian, K. K. (1968). Oceans, Prentice-Hall, New Jersey, USA.

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) (2023). 2022 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS). 24 Ekim 2023 tarihinde <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr> adresinden erişildi.

United States Salinity Laboratory Staff (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Handbook 60, United States Department of Agriculture, Washington D.C., USA.

Ünlügenç, U. C. (1986). Kızıldağ Yayla (Adana) Dolayının Jeoloji İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye.

Varol, S. (2011). Tefenni (Burdur) Ovası Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyasal Özelliklerinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.

Varol, S., Davraz, A., ve Varol, E. (2008). “Yeraltı suyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi.” TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, Cilt 7, No. 4, ss. 351-356.

von Göthe, J. W. V. (1790). Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären, 11 Ocak 2024 tarihinde <http://books.google.com.tr/books?id=XV4DAAAAQAAJ> adresinden erişildi.

Wadell, H. (1935). “Volume, shape, and roundness of quartz particles.” The Journal of Geology, Vol. 43, No. 3, pp. 250-280.

Wedepohl, K. H. (1995). “The composition of the continental crust.” Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 59, No. 7, pp. 1217-1232.

Wilcox, L. V. (1948). “The Quality of Water for Irrigation Use.” U. S. Department of Agriculture Technology Bulletin, Washington D. C., Vol. 962, No. 1, pp. 40.

Wisler, C. O., and Brater, E. F. (1959). Hydrology, John Wiley & Sons, New York, USA.

Yetiş, C., Demirkol, C., ve Kerey, E. (1986). “Adana Havzası Kuzgun Formasyonunun (Üst Miyosen) Fasiyes ve Ortamsal Nitelikleri.” Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, Cilt 29, ss. 81-96.

Yıldırım, Ü. (2018). Göksu Nehri ve Tarsus Çayı (Mersin) Arasında Yer Alan Akarsuların Morfometrik, Hidrolojik ve Hidrokimyasal Özelliklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye.

Yılmaz, F. K. (2019). “Adana Ovaları’nda Endüstriyel Tarım Bitkilerinin Üretimindeki Değişiklikler.” Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Vol. 23, No. 3, ss. 973-986.

Zăvoianu, I. (1985). Morphometry of Drainage Basins, 20th edition, Elsevier, New York, USA.

Zhang, D., and Lu, G. (2004). “Review of shape representation and description techniques.” Pattern Recognition, Vol. 37, No. 1, pp. 1-19.

Zingg, T. (1935). “Beitrag zur Schotteranalyse.” Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Vol. 15, No. 1, pp. 39-140.

Zunic, J., and Rosin, P. L. (2004). “A new convexity measure for polygons.” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 26, No. 7, pp. 923-934.

