

**GÖKSU DELTASI' NDA SU KALİTESİNİN  
FOTOMETRİK  
YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

**ZEYNEP ÖZPINAR**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ  
ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERSİN  
HAZİRAN – 2007**

**GÖKSU DELTASI' NDA SU KALİTESİNİN FOTOMETRİK  
YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

**ZEYNEP ÖZPINAR**

**Mersin Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Çevre Mühendisliği  
Anabilim Dalı**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. Zeynel A. DEMİREL**

**MERSİN  
HAZİRAN-2007**

Bu tezin gerek bilimsel gerekse de elde edilen sonuçlar açısından tüm gerekleri sağladığı kanaatine ulaşan ve aşağıda imzaları bulunan biz jüri üyeleri, sunulan tezi oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul ediyoruz.

Tez Danışmanı  
Doç. Dr. Zeynel A. DEMİREL

Jüri Üyesi  
Prof. Dr. Halil KUMBUR

Jüri Üyesi  
Doç. Dr. Musa ALPASLAN

Bu tezin Fen Bilimleri Enstitüsü yazım kurallarına uygun olarak yazıldığı Enstitü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mahir TURAN  
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükmüne tabidir.

## ÖZ

Göksu deltasında birçok tarımsal faaliyet kontrolsüz devam etmektedir. DSİ tarafından açılan sulama kanallarına rağmen delta üzerinde tarımsal faaliyetler için birçok kuyu açılmış olup bu kuyularda kontrolsüz su çekilmektedir. Tüm bunlara yerleşimden kaynaklanan kirlilik ve atık sularda eklenince deltanın günden güne artarak kirlenmesi kaçınılmazdır. Bu çalışmada; deltada su kirliliğinin araştırılması için deltada açılmış kuyular ile deniz suyundan, Akgöl – Paradeniz göllerinden ve Göksu Nehrinin memba ve mansap tarafından numuneler alınmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Göksu nehri Silifke'den önce antropojenik etkilerden uzak ve Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> karakterinde su taşırken denize döküldüğü yerde karakteri değişmekte ve Ca-Na-Mg-Cl-HCO<sub>3</sub> karakterine dönüşmektedir. Kimyasal Oksijen İhtiyacı ve Çözülmüş Oksijen Derişimi memba tarafında 22 ve 7.1 mg/L iken denize ulaştığı yerde 137 ve 6.4 mg/L olmaktadır. Alüvyondan üretim yapan bazı kuyularda Br<sup>-</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Mo<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, NH<sub>3</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ve F<sup>-</sup> derişimlerinin US-EPA, WHO ve TS-266 standartlarında izin verilebilir değerleri aştığı ortaya konmuştur. Major iyonlar dikkate alınarak deniz suyu ile yapılan karşılaştırmada ME-22 ve ME-23 nolu numunelerin deniz suyu ile büyük benzerlik gösterdiği (Paradeniz) ve deltanın doğu kısmının deniz girişimi etkisi altında olduğu ortaya konulmuştur. Tarımsal arazi kullanımı ve yerleşimlerden kaynaklanan kirlilik göstergelerinden NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>3</sub><sup>-</sup>-N ve PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P delta akiferinin birçok yerinde rastlanmıştır, özellikle Altinkum ve kuzey batısında konsantrasyonlarda artış gözlenmektedir. Br<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, ve I<sup>-</sup> yeraltı suyunda çok bulunmayan parametreler olmasına karşın birçok kuyuda rastlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Göksu Deltası, yeraltı suyu, su kirliliği

## ABSTRACT

In Göksu delta most of the agricultural activities continue without being controlled. Although many irrigation canals have been constructed by DSI in the region, a lot of wells have been dig on delta for agricultural activities and from these wells water is being drawled without being controlled. It's impossible to avoid from the increasing pollution of delta day by day, because of the pollution coming from the human beings. This study, for investigating the water pollution, the samples were taken from Akgöl-Paradeniz lakes and Göksu river from spring and river mouth, the wells which were dig on delta, and the results were discussed. The part of the Göksu River before Silifke is at a distance anthropogenic effects and the water character is Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>, as it falls down to the sea the water character is changing to Ca-Na-Mg-Cl-HCO<sub>3</sub>. COD and DO from spring is 22 and 7.1 mg/L and from river falls down to the sea is 137 and 6.4 mg/L. It was investigated that the concentrations of Br<sup>-</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Mo<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, NH<sub>3</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> and F<sup>-</sup> is higher than US-EPA, WHO and TS-266 standards in some wells which were dig on alluvium ground. It was also observed that the samples of ME-22 and ME-23 showed great similarities with the sea water with considering the major ions. Because of the pollution resulting from using agricultural areas and accommodation sources, in many parts of delta aquifer NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>3</sub><sup>-</sup>-N and PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P were determined. Although it is not coming across with Br<sup>-</sup>, F<sup>-</sup> and I<sup>-</sup> in spring water, they were seen in many wells.

**Keywords:** Göksu Delta, ground water, water pollution

## TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tez alışmamım numune alımında, sonuçların değerlendirilmesinde ve hazırlanmasında öncelikle yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Zeynel A. DEMİREL'e sonsuz teşekkür ederim.

Numune alma çalışmalarıma yardım eden Silifke Devlet Su İşleri Şube MÜdürlüğü personellerine çok teşekkür ederim.

Ayrıca tüm yaşamım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>ÖZ</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b>	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>iv</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	<b>vii</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b>	<b>4</b>
2.1. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN TANIMI	8
2.1.1. Göksu Nehri	8
2.1.2. Göksu Deltası	9
2.1.2.1. Göksu Deltası’nda canlı yaşam	11
2.1.2.2. Göksu Deltası’nın ekolojik önemi	12
2.1.2.3. Göksu Deltası’nda insan faaliyetleri	13
2.1.2.4. Göksu Deltası’nın korunması ve yönetimi	14
2.1.2.5. Göksu Deltası’nda iklim	15
2.2. Çalışma Bölgesinin Genel Jeolojisi	17
2.2.1. Stratigrafi	17
2.2.2. Geyikdağı Birliği	18
2.2.2.1. Akdere formasyonu	20
2.2.2.2. Kuşuvası formasyonu	21
2.2.2.3. Tokmar formasyonu	21
2.2.3. Örtü Kayaları	21
2.2.3.1. Karaisalı formasyonu	21
2.2.3.2. Kuzgun formasyonu	22
2.2.4. Jeomorfoloji	22
2.2.5. Hidroloji	25
2.2.6. Hidrojeoloji	26
2.2.6.1. Yeraltı suyu akım yönleri	29

2.2.6.2. Yeraltı suyunun kimyası	32
2.3. Su Kirliliği	35
2.3.1. Su Kaynaklarında Kirlilik Etkenleri	36
2.3.1.1. Tuzluluk	37
2.3.1.2. Azot	37
2.3.1.3. Fosfor	39
2.3.1.4. Gübreler	40
2.3.1.5. Ağır metaller ve iz elementler	41
2.4. AquaChem Programı	44
<b>3. MATERYAL ve METOT</b>	<b>46</b>
3.1. Analizler	47
3.1.1. Yerinde Yapılan Ölçümler	47
3.1.2. Laboratuvar Analizleri	48
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b>	<b>49</b>
4.1. Analiz Sonuçları	49
4.2. Analiz Sonuçlarının AquaChem'e Girilmesi	51
4.3. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	53
4.3.1. Sonuçların AquaChem ile Değerlendirilmesi	53
4.3.2. Sonuçların Genel Değerlendirilmesi	61
<b>5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER</b>	<b>85</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>94</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>97</b>



## ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE	SAYFA
Çizelge 2.1. Göksu Deltası'nda ortalama yıllık yağış ve buharlaşma	16
Çizelge 2.2. Yeraltı suyunda bulunan çözünmüş maddeler (iyon halinde)	33
Çizelge 2.3. Yeraltı sularındaki içerik maddelerin sınır değerleri	34
Çizelge 2.4. Mineral gübrelerin yeraltı suyuna etkisi	41
Çizelge 4.1. Göksu Deltası'ndan alınan numunelerin kimyasal kompozisyonları	50
Çizelge 4.2. Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırma	65
Çizelge 4.3. EC değerlerine göre numunelerin sınıflandırılması	66
Çizelge 4.4. Tuzluluğa göre suların sınıflandırılması	68
Çizelge 4.5. Tuzluk değerlerine göre numunelerin sınıflandırılması	68

## ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL	SAYFA
Şekil 2.1. Göksu Deltası	9
Şekil 2.2. Göksu Deltası ve yer bulduru haritası	15
Şekil 2.3. Göksu Deltası'nda ortalama yıllık yağış ve buharlaşma	17
Şekil 2.4. Genelleştirilmiş stratigrafi kesiti	19
Şekil 2.5. Çalışma alanının sayısal jeoloji haritası	20
Şekil 2.6. Delta akiferini oluşturan birimler	27
Şekil 2.7. Alüvyon akiferde açılan tam olmayan kuyular	28
Şekil 2.8. Kuyularda su seviyesi değişimleri	29
Şekil 2.9. 1999 yılı için su tablası haritası	30
Şekil 2.10. 2005 yılı için su tablası haritası	30
Şekil 2.11. Yeraltı suyu akım hız vektörleri	31
Şekil 2.12. Yeraltı suyu akım yolları	32
Şekil 3.1. Çalışma alanına ait uydu görüntüsü	37
Şekil 3.2. WTW pH 340i cihazı	38
Şekil 3.3. Hana C200 Multiparameter Photometer Cihazı	39
Şekil 4.1. AquaChem'e veri girişi	53
Şekil 4.2. AquaChem'e tüm örnekleme noktalarının analiz sonuçlarının girişi	54
Şekil 4.3. AquaChem'de verilerin hesaplanması	54
Şekil 4.4. Suların kimyasal karakteristikleri	55
Şekil 4.5. Deniz suyu ile diğer numunelerin karşılaştırılması	56
Şekil 4.6. Karşılaştırma katsayılarına göre örnekleme noktaları	57
Şekil 4.7. ME-6 nolu numunenin içme suyu ile karşılaştırması	58
Şekil 4.8. ME-1 nolu numunenin içme suyu ile karşılaştırması	59
Şekil 4.9. Schoeller diyagramı	60
Şekil 4.10. Piper diyagramı	61
Şekil 4.11. Pie diyagramı	62
Şekil 4.12. Suların Pie diyagramları	62

Şekil 4.13. Yeraltı su sıcaklığının değişimi (Map Info)	64
Şekil 4.14. Yeraltı su sıcaklığının değişimi (Enviro Insite)	64
Şekil 4.15. Numunelerdeki pH değerleri	66
Şekil 4.16. Şüpheli değerlere göre numunelerdeki EC değerleri	67
Şekil 4.17. Yeraltı suyunun EC değerinin değişimi	69
Şekil 4.18. Tatlı su sınır değerine göre numunelerdeki tuzluluk değerleri	71
Şekil 4.19. Yeraltı suyu tuzluluk değerlerinin değişimi	71
Şekil 4.20. Numunelerdeki DO değerleri	73
Şekil 4.21. NH <sub>3</sub> sınır değerine göre numunelerde NH <sub>3</sub> değerleri	74
Şekil 4.22. NO <sub>2</sub> sınır değerine göre numunelerde NO <sub>2</sub> değerleri	75
Şekil 4.23. NO <sub>3</sub> sınır değerine göre numunelerde NO <sub>3</sub> değerleri	76
Şekil 4.24. Azot ve fosfat kirliliği	78
Şekil 4.25. Florür sınır değerine göre numunelerdeki Florür değerleri	79
Şekil 4.26. Numunelerde iyodür değişimi	81
Şekil 4.27. Br, I ve F tematik haritası	81
Şekil 4.28. Fe'nin sınır değerlerine göre numunelerdeki Fe değerleri	84
Şekil 4.29. Cu'nin sınır değerlerine göre numunelerdeki Cu değerleri	85
Şekil 4.30. Cr'nin sınır değerlerine göre numunelerdeki Cr değerleri	86
Şekil 4.31. Mo'nin sınır değerine göre numunelerdeki Mo değerleri	87
Şekil 4.32. AquaChem'de ağır metal ve iz elementlerin Pie diyagramlarıyla gösterimi	87

## KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMA	AÇIKLAMASI
ÖÇKB	Özel Çevre Koruma Bölgesi
DSİ	Devlet Su İşleri
US-EPA	Amerika Çevre Koruma Ajansı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
ÇO	Çözünmüş Oksijen
KOI	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
BOI	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
AKM	Askıda Katı Madde
MTA	Maden ve Tetkik Arama Müdürlüğü

## 1. GİRİŞ

Doğu Akdeniz'in en önemli sulak alanı olan Göksu Deltası alüvyonal ve denizel çökellerin iç içe geçtiği bir alandır. 164 km<sup>2</sup> genişlikte olan delta, denize doğru 10 km kadar uzanmaktadır. Delta ve onun kıyı bölgesi-lagünler pek çok bitki ve hayvana üreme ve gelişme olanağı sağlamaktadır [1].

Göksu Deltası, Kuvaterner'den (Holosen) günümüze kadar bir dizi değişiklikler gösteren birçok doğal olay ve süreçlerin etkileşimleri sonucunda Akdeniz'in geri iletilmesi ile meydana gelmiştir [2]. Bu değişiklikler tektonik hareketler ve östatik deniz düzeyi oynamaları ve iklimik elemanlardaki değişimlere bağlı olmaktadır [1]. Deltada mevcut tuzcul sulak alanlar, Göksu Nehri, Paradeniz, Turna, Arapalanı, Kuğu, Fiyat ve Sazlı göl sularının 1995 yılında yapılan çalışmalarda yeraltı suyu ile hidrolik ilişkide olduğu vurgulanmıştır [3].

2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 9. maddesine istinaden, 2 Mart 1990 tarih ve 20.449 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan 18.01.1990 tarih ve 90/77 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile "Özel Çevre Koruma Bölgesi" (ÖÇKB) olarak tespit ve ilan edilen, "Su Kuşları Yaşam Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Alanlar Hakkında Sözleşme" kısa adıyla RAMSAR Sözleşmesi'ne dâhil edilen Göksu Deltası'nda en önemli arazi kullanımını tarımsal faaliyetler oluşturmaktadır [4]. Bu önemli alanda 1995 yılında bir "Yönetim Planı" çalışması başlatılmış ve tamamlanmıştır, ancak birçok eksiklikler bulunmaktadır. Delta 1996 yılında 1. Derece Doğal Sit olarak ilan edilmiştir. Göksu Deltası yalnız Türkiye'de değil dünyada bulunan en önemli sulak alanlardan birisidir [5].

Tüm bu yasal ve uluslar arası sözleşmelerle korunmaya çalışılan delta aslında bir "serbest akifer" olup, içinde dolaşan yeraltı suyu ve deltadaki yüzey suları, delta yüzeyindeki arazi kullanımlarından hızlı bir şekilde etkilenmektedir. Bu serbest akifer üzerinde 5800 hektar arazi resmen, 1350 hektar arazi ise gayri resmi olarak sulanmaktadır [3]. Deltada yılda 75569 kg pestisit, 16050 kg insektit ve ağırlıklı olarak fosfat ve sülfatlı gübreler olarak büyük miktarlarda gübre kullanılmaktadır.

Deltada yapılan bir araştırmalara göre yılda bu alanda 9.408.918 kg pestisit kullanıldığı tespit edilmiştir [6].

Deltada arazi kullanımını ağırlıklı olarak tarımsal olup çok miktarda gübre ve pestisit kullanılmaktadır. Bölgenin hidroloji ve hidrojeolojisi, yeraltı ve yerüstü sularının doğal kimyası ve antropojenik etkilerle kirlenmesi henüz belirlenmemiştir. Uluslar arası bilim çevrelerinin dikkatini çeken bu alanda anlatılan eksiklikler bu çalışma kapsamında giderilmeye çalışılmıştır.

Deltada açılan çok sayıda ruhsatlı ve ruhsatsız kuyudan çekilen su miktarı ve su kalitesi belirsizdir. Bölgede su ile ilgili sadece bir hidroloji çalışması yapılmış olup, bu çalışma su kalitesi açısından yetersiz kalmaktadır.

Göksu Nehrinin regülatör çıkışından denize döküldüğü alana kadar birçok kirletici parametreler nehre aşırı yüklenmektedir ve aynı zamanda Göksu Deltası'nda birçok tarımsal faaliyet kontrolsüz devam etmektedir. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından açılan sulama kanallarına rağmen delta üzerinde tarımsal faaliyetler için birçok kuyu açılmış olup bu kuyularda kontrolsüz su çekilmektedir. Tüm bunlara yerleşimden kaynaklanan kirlilik ve atık sularda eklenince deltanın günden güne artarak kirlenmesi kaçınılmazdır.

Delta içerisindeki yüzey ve yeraltı sularının kalitesi;

- Yoğun arazi kullanımını (Kontrolsüz tarımsal faaliyetler),
- Tarımsal ilaç ve gübreler,
- Aşırı pompaj sonucu deniz suyu girişimi ve
- Atık su deşarjları ile sürekli olarak bozulmaktadır.

Bu alışma, Göksu Deltası'nda su kalitesini belirlemek ve deltada yeraltı ve yüzey suları kalitelerinin etkileşimini ortaya koymak amacıyla yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Tez kapsamında alüvyal delta akiferinden 24, kireçtaşı akiferinden 5 adet kuyu ile deniz suyundan, Akgöl – Paradeniz gllerinden ve Göksu

Nehrinin memba ve mansap tarafından numuneler alınmış, deneyleri yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

- Yerinde yapılan ölçümler: Elektriksel İletkenlik (EC), pH, Sıcaklık (T), Salinite (tuzluluk),
- Laboratuarda yapılan ölçümler: Çözünmüş Oksijen (ÇO),  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P,  $\text{NH}_3^+$ -N,  $\text{SiO}_2$ , P, I<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Br<sup>-</sup>, Cr<sup>6+</sup>, Mo<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> ve
- Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü' ne (MTA) yaptırılan analizler: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI).

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

KEÇER M. Göksu Deltası'nın (Mersin) Jeomorfolojik Evrimi ve Güncel Akarsu-Deniz-Rüzgâr Süreçlerinin Kıyı Çizgisinde Yaptığı Değişiklikleri incelemiş ve deltanın oluşum modelini ortaya koymuştur [2].

DSİ Genel Müdürlüğü tarafından 1997'de yapılan Göksu Deltası Hidrojeolojik Etüt Çalışmaları Ara Raporunda bölgenin hidrojeolojisi ortaya konulmuştur [4].

AVCI tarafından yapılan çalışmada, Göksu Deltası tarımsal alanlarından alınan 14 toprak örneği ve bu topraklar üzerinde yetişen 25 bitki örneğinde, 6 yüzeysel sediment örneğinde methamidophos kalıntısı araştırılmıştır. Araştırma sonunda toprak ve bitki örneklerinde methamidophos kalıntı derişimi sırasıyla 4.7–46.7 µg/kg, 6.7–18.4 µg/kg, çökel örneklerinde ise; 4.3–40.3 µg/kg aralığında saptanmıştır. Göksu Deltası Toprak, Bitki ve Çökellerinde Methamidophos Kalıntısının Araştırılmasında, deltadaki toprak örneklerinde Methamidophos kalıntısının bulunduğu ve bu pestisit kullanımının tamamen yasaklanması gerektiğinin ortaya koymuştur [5].

ÇETİNKAYA tarafından yapılan çalışmada Göksu Deltası'nın tarım alanlarında bir yılda 9.408.918 kg pestisit kullanıldığı ve bu pestisitlerin önemli bir miktarının organo fosforlu bileşiklerin oluşturduğu belirtilmiştir [6].

YALVAÇ, Göksu Deltası Toprak, Bitki ve Çökellerinde Endosulfan Kalıntısının Araştırılmasında deltanın tarım alanlarının ve yazlık konut amaçlı yapılaşmanın baskısı altında olduğunu ve etiket ve tavsiye dışı pestisit kullanımının fazla olduğunu belirlemiştir. Göksu Deltası'nda hem çökelerde hem de suda Endosulfan derişiminin yıllara göre arttığını saptamıştır [7].

MOTZ ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, Göksu Deltası'nda yeraltı sularının su kalitesi ile ilgili 1999–2002 yılları arasındaki veriler toplanarak



General Algebraic Modeling System (GAMS) programı ile deltada deniz suyu girişimini modellemiştir [8].

BAŞIBÜYÜK tarafından yapılan çalışmada, Göksu Deltası Akgöl ve Paradeniz göllerinde tarımsal arazilerden bırakılan sulama sularının taşıdığı çeşitli kirlilik yükleri ve tarımsal arazilerden bırakılan sulama sularının taşıdığı çeşitli kirlilik türlerinin, özellikle lagünlerde ötrifikasyona neden olduğu ortaya konmuştur. Çalışmada aynı zamanda fosforlu bileşiklerden ve deltadaki konutlardan kaynaklanan evsel atık suların lagünlerde oluşturduğu kirlilik yükleri belirlenmiştir [9].

SCHOTT ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, Göksu Deltası'nın hidrolojik yapısını belirlemek amacıyla farklı mevsimlerde suda çeşitli parametreler analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda bulunan veriler tarımsal üretimin yapıldığı arazilerin yakınlarındaki kuyulardan ve derelerden alınan su örneklerinde özellikle pestisit kirliliğinin yüksek düzeyde olduğunu gösterilmiştir [10].

UYGUN ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, Göksu Deltası'ndan gerekli örneklemeler yapılarak, deltanın flora ve faunasının saptanması ekolojik, peyzaj ve optimal arazi kullanımının planlanması çalışmaları yürütülmüştür. Spot uydusu verilerinden yararlanılarak, Göksu Deltası Temel Toprak Haritası üzerinde ayırt edilmiş 22 farklı arazi kullanım türlerinde yapılan değerlendirilmeler ile tarımsal kullanımlara uygun olan arazilerin daha çok deltanın orta ve kuzey bölümlerinde yer aldığı belirlenmiştir. Göçmen kuşların konaklama ve barınma yerleri olan sulak alanların etrafının tarımsal kullanıma uygun olmayan arazilerle çevrelendiği ortaya konmuştur. Deltada mevcut olan kullanım çalışmaları ile potansiyel arazi kullanımı ve biyolojik çeşitliliğin ortaya çıkması konusunda yapılan çalışma sonunda Hassas Zon belirlenmiştir [11].

AYAŞ ve KOLONKAYA tarafından yapılan çalışmada Göksu Deltası'ndaki değişik çevrelerde ve organizmalarda  $Hg^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Cr^{6+}$  birikimi araştırılmış ve Göksu Deltası'ndaki su, sediment ve toprak örneklerinde yüksek

düzeyde  $Hg^{2+}$  ve  $Pb^{2+}$  tespit edilmiştir. Nikel konsantrasyonu ise su, sediment ve topraklarda yüksek düzeyde bulunurken, organizmada birikmediği tespit edilmiştir. Yapılan araştırmada  $Cd^{2+}$  ve  $Cr^{6+}$  saptanamamıştır. Araştırmada tespit edilen  $Hg^{2+}$  konsantrasyonları, kumullarda 0.393 ppm, suda 0.613 ppm, tarım dışı alanlarda 0.630 ppm, tarımsal alanlarda 0.690 ppm, sedimentte 0.764 ppm' dir. Örneklerdeki  $Pb^{2+}$  derişimi suda 0.194 ppm, tarım dışı alanlarda 0.316 ppm, kumullarda 0.430 ppm, sedimentte 0.478 ppm, tarımsal alanlarda 1.745 ppm, tarım dışı alanlarda 1.877 ppm olarak tespit edilmiştir [12].

YALVAÇ ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada tarım arazilerinde kullanılan pestisitlerin yeraltı su kaynaklarına taşınıp taşınmadığı araştırılmıştır. Göksu Deltası'nda yoğun tarım yapılan 8 farklı araziden yeraltı suyu örneklenmiştir. Araştırma sonunda bölgede en çok kullanılan ve organik klorlu pestisit grubunda yer alan  $\alpha$ - endosülfan kalıntı derişimi 0.0172–0.0217 mg/L,  $\beta$ - endosülfan kalıntı derişimi 0.0003–0.0053 mg/L, endosülfan sülfat kalıntı derişimi ise 0.0016–0.2724 mg/L arasında bulunmuştur [13].

KUMBUR ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesinde akarsu, göl ve drenaj kanallarının su kalitesinin belirlenmeye çalışılmıştır. Proje kapsamında pH, çözünmüş oksijen (ÇO), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), askıda katı madde (AKM), toplam iletkenlik, tuzluluk, nitrit-azotu ( $NO_2^-$ -N), nitrat-azotu ( $NO_3^-$ -N) ve fosfat-fosforu ( $PO_4^{3-}$ -P) parametreleri analiz edilmiştir. Çalışma sonunda sıcaklık 9.7–32.3 °C, pH 7.18–8.21, ÇO 2.38–7.82 mg/L, tuzluluk ‰ 0.0–14.0, iletkenlik 338–23300  $\mu$ S/cm, KOI 10–300 mg/L, AKM 4–763 mg/L, nitrit azotu 0.0–16.0 mg/L, nitrat azotu 0.4–4.3 mg/L, fosfat fosforu 0.02–0.52 mg/L arasında değiştii tespit edilmiştir [14].

GÖKSU DELTASI ÖZEL ÇEVRE KORUMA KURUMU tarafından yaptırılan bir çalışmada bölgede akarsu, göl ve drenaj kanallarının su kalitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda pH 7.06–9.01, ÇO 5.59–9.44 mg/L, KOI 1.70–42.6 mg/L, AKM 17.25–35.50 mg/L, toplam azot 0.14–3.42 mg/L, toplam

fosfor 0.015–0.289 mg/L, toplam koliform değeri 800–2000 arasında değiştiği tespit edilmiştir [15].

ÖZER ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada Göksu Nehrinde alınan numunelerde, sıcaklık, pH, AKM, iletkenlik, tuzluluk, BOI, O, KOI, nitrit azotu, nitrat azotu ve fosfat parametreleri analiz edilmiştir. Bu analiz sonuçlarından yararlanılarak Göksu Nehri WQMCAL modeli ile modellenmiştir. Araştırma sonunda sıcaklık 15.1–15.8 °C, pH 7.80–7.86, TDS %0.230–244, iletkenlik 315–335 μS/cm, O 5.46–6.95 mg/L, BOI 15–450 mg/L, KOI 20–640 mg/L, AKM 95–361 mg/L, nitrit 0–3 mg/L, nitrat 0.8–1.2 mg/L ve fosfat 0.01–0.2 mg/L aralığında saptanmıştır [16].

## 2.1. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN TANIMI

### 2.1.1. Göksu Nehri

Antik çağda Cleadnos adıyla anılan Göksu Nehri, Seyhan ve Ceyhan Nehirleri'nden sonra Akdeniz'e dökülen akarsuların en önemlisidir.

Nehir, Taşeli Platosundan doğar ve Toros dağları boyunca derin bir kanyondan akar. Taşeli yaylalarından geçerek ve Geyik dağlarının sularıyla beslenerek Akdeniz'e dökülür.

Uzunluğu 250 km'den büyük olan nehrin drenaj havzası 10.000 km<sup>2</sup>'den fazladır. Göksu, iki büyük kolu olan; Hadım Göksuyu ve Ermenek Göksuyu halinde Taşeli yaylalarının sularını toplayarak kuzeybatıdan-güneydoğuya doğru derin vadiler ve boğazlar içerisinde geçer. Mut Kasabası yakınlarında bu iki büyük kol birleşir ve buradan itibaren Akdeniz'e kadar artık Göksu Irmağı adıyla akar.

Yağmur ve kar sularıyla beslenen nehrin rejimi düzensizdir. Eylül ve Ocak ayları arasında düşük su düzeyinde akan nehir, Nisan ayında karların erimesiyle en yüksek su düzeyine ulaşır. Çevredeki yeraltı kaynak ve derelerden de beslenerek bol yağış alan yüksek kesimlerin sularını da toplayan Göksu Irmağı'nın debisi ortalama 110 m<sup>3</sup>/s (minimum 26 m<sup>3</sup>/s; maksimum 1680 m<sup>3</sup>/s) dir. Nehrin yıllık taşıdığı su miktarı 3,456 milyon m<sup>3</sup>' dür. Bunun büyük bir bölümü nehir yatağından sızarak deltadaki yeraltı su katmanlarını besler.

Ocak ile Haziran ayları arasında nehir havzasında, Ermenek ve Gökçay kollarında oluşan sert fırtınaların sebep olduğu taşkınlar gözlenir. Taşkınlar nadiren Akgöl civarında etkili olur. Zaman zaman da Paradeniz'e kadar ulaşır [17].

### 2.1.2. Göksu Deltası

Göksu Deltası, Orta Torosların eteğinde bulunan İçel İl merkezinin Şekil 2.1.'de görüldüğü gibi yaklaşık 80 km. batısında, Akdeniz'e dökülen Göksu Irmağının taşıdığı alüvyonların oluşturduğu bir kıyı ovasıdır. İdari olarak İçel ili Silifke ve Taşucu ilçeleri sınırları içerisinde yer almaktadır. Göksu Deltası 36°15 ve 36°25 kuzey enlemleri ile 33°55 ve 34°05 doğu boylamları arasında 15000 hektar genişlikte bir alanı kaplamaktadır.



Şekil 2.1. Göksu Deltası [17]

Göksu Deltası, Göksu Nehir havasından taşınan tortular tarafından oluşturulmuş olup süreç halen devam etmektedir. Göksu Nehrinin taşıyıp çökeltilmiş olduğu kil, silt, kum ve çakıl boyutlu sedimanların karışımından oluşan kanal çökelleri, taşkın ovası çökelleri, plaj kumları ve kumullardan oluşmaktadır. Göksu Deltası'nda yükseltiler (0-5 m) ve eğim en fazla %15 olarak saptanmıştır. Morfolojik yapı bölge içerisinde çok fazla çeşitlilik göstermemesine rağmen kum tepelerinin oluşturduğu dalgalanmalar denize kadar ulaşmaktadır.

Göksu Nehri'nin denize döküldüğü yerin batısında iki büyük göl yer almaktadır. Bunlardan biri denizle irtibatlı ve kum settiyle denizden ayrılan, 400 ha'lık Paradeniz Lagünüdür. Diğeri ise daha çok tatlı su gölü karakteri taşıyan 1.200

ha'lık alana sahip Akgöl'dür. Diğer önemli sürekli göller ise, bir dolgu lagünü olan ve Akgöl ile Paradeniz arasında yer alan Kuğu gölü, Paradeniz'in doğusundaki aşırı tuzlu Arapalanı gölüdür.

Gel-git olayına bağlı olarak tuzluluk oranları değişen bu göllerde, ortalama olarak tuzluluk Paradeniz'de %19, Akgöl'de %1-2 civarındadır. Paradeniz'in suları acı olup ortalama derinliği 1.5 m'dir.

Göksu Deltası ekolojik olarak eutropic (bol gıdalı) bir sulak alandır. Delta, irili ufaklı birçok göl, lagün ve bunların çevresinde yer alan geniş sazlık, çayırılık, step ve tarım alanları ile kumullardan oluşmaktadır. 0-5 m arasında yükseltilere sahip olan deltanın doğu ve batı kesimlerinde kıyıya paralel uzanan kum tepeleri yer almaktadır. Deltanın en tipik özelliklerinden biri de İncekum Burnu'dur. İncekum Burnu'nun tipik şekli, doğrudan gelen ve nehir tortusunu sürükleyen kıyı akıntısıyla, Taşucu Körfezinde oluşan güneybatıya doğru zayıf ikinci bir akıntının bileşkesiyle ortaya çıkmıştır.

Bölgede yer alana sazlıklar, bataklıklar ve göllerin toplamı 2130 hektardır. Yine doğal özelliklerini büyük ölçüde koruyan kumsalların ve tuzlu steplerin büyüklüğü 5300 hektarı bulmaktadır.

Akdeniz Bölgesinde doğal yapısını koruyabilmiş ender alanlardan biri olan Göksu Deltası, uygun iklim koşulları yanında farklı habitatları iç içe barındırması nedeniyle çok sayıdaki su kuşuna üreme, beslenme, kışlama ve konaklama olanağı sağlamaktadır. Özellikle kış aylarında İç Anadolu Bölgesindeki sulak alanların donması sonucu pek çok su kuşu kışı geçirmek için deltaya gelmektedir [17].

Göksu Deltası sahillerindeki kum hareketi, çoğunlukla rüzgârla kıyıdan iç bölgelere doğru olmaktadır. Tür kaybının hızlı olduğu habitatların başında gelen kumullar, Göksu Deltası'nın hassas habitatlarından biridir. Türkiye kıyı kumul florasının % 22'sini barındırmaktadır. Kumullar özellikle deltanın batı kısmında Akgöl ve Paradeniz'in çevresinde daha fazla olup, en güneyde İncekum' dan denize

ulaşmaktadır. Bu oluşum ayrıca suyun altında sığ olarak devam etmektedir. Kumsallar deltada çok özel bir değer taşır. Çünkü Akdeniz’de yaşayan iki kaplumbağa türü olan *Caretta caretta* ve *Chelonia mydas*’ ın halen yumurtalarını bıraktığı nadir bölgelerden biridir [18].

#### 2.1.2.1. Göksu Deltası’nda canlı yaşam

Değişik ekolojik karakterlerdeki habitatların varlığı deltayı bitki çeşitliliği yönünden de zengin kılmıştır. Denizden ortalama 2 m. yükseklikte bulunan Göksu Deltası’nda doğal bitki örtüsünü, Akdeniz’in maki formasyonu ile birlikte yoğun kumul bitkileri ve tuz stepleri oluşturmaktadır. Kıyı etkisinden uzaklaştıkça bitki örtüsünün niteliği düzelmekte ve kuru ormanları başlamaktadır. Ormanlarda genellikle kızılçam hâkimdir.

Kumul sisteminde adi mersin, zakkum, söğüt, kayışkıran, abdest bozan otu, güney karaçalısı ve andızotu bitkileri bulunmaktadır. Tatlı suyun hâkim olduğu Akgöl’ün kuzey kısmı kamış, masura kamışı ve saz bitkileriyle kaplıdır. Kamış yatakları ve tuz stepleri ya da kumulları kuşatan bitki örtüsü arasında geçiş teşkil eden deniz sandalya sazı, çalılıklar ve hasır otu bir kuşak halinde bulunur.

Tuzlu suyun etkisinde bulunan Paradeniz lagününün çevresinde seyrek sazlık alanlar, *Salicornia* sp., sülüklü ördekotu bulunmaktadır. Kum yapısı içerisinde bulunan zengin floranın yanı sıra, fazla miktarda verimli otlar ve deltanın Akgöl ve Paradeniz çevresindeki geniş alanları alçak ve yatık bir şekilde halofit (tuzcul) bitki örtüsüyle kaplı bulunmaktadır.

Akgöl ve Paradeniz lagünü (Şekil 2.2.) çevresinde su ile kaplı olmayan alanlarda sazlık ve bataklık bitkileri, kumsalda ise tuza dayanıklı diken ve ot örtülerinden oluşan bitki örtüsü hâkimdir [17].

### 2.1.2.2. Göksu Deltası'nın ekolojik önemi

Tarım alanları, sazlıklar, tatlı ve tuzlu su ekosistemleri, geniş ve gür sazlıklar, bataklıklar ve geniş kumullar gibi birbirinden farklı özellikler taşıyan yaşam ortamları, deltada zengin ve çok çeşitlilik arz eden bitki örtüsünün oluşmasına ve bu durum farklı habitat istekleri olan çok sayıda hayvan türünün barınmasına imkân sağlamıştır. Göksu Deltası faunasının çeşitliliğinde ekolojik yapısının yanı sıra coğrafi konumunun da son derece etkili olduğu bir gerçektir.

Bölgede, yaban domuzu, kurt, tilki, ayı, kunduz, porsuk, sincap, vaşak, sansar, kirpi, sırtlan ve tavşan en çok bulunan hayvan türleridir.

Göksu Deltası'nda 34 sürüngen ve amfibi türü tespit edilmiştir. Bu türlerin bazıları, gece kurbağası, ağaç kurbağası, ova kurbağası, toros yılanı, koca engerek, benekli kertenkele ve adi bukalemundur. Deniz kaplumbağalarının Akdeniz kıyısındaki en önemli yuvalama alanlarından biri de Göksu Deltası'nda yer alan kumsallardır. Nesli tehlikede olan yumuşak kabuklu Nil kaplumbağasının da bölgede olduğu bilinmektedir.

Kuş göç yolları üzerinde çok önemli bir sulak alan olan Göksu Deltası, özellikle soğuk kış şartlarında Orta Anadolu'daki göllerin donduğu zamanlar çok büyük sayılara erişen kuş topluluklarının barınmasına imkân sağlamaktadır. Göksu Deltası'nda bu güne kadar yapılan ornitolojik araştırmalar, kış aylarında ve göç zamanında kuş popülasyonunun ve tür sayısının önemli ölçüde arttığını ortaya koymuştur. Özellikle Akdeniz kıyılarında belirli bölgelerde rastlanan ve sayıları gittikçe azalan saz horozu Göksu Deltası'nın adeta bir simgesi durumundadır.

Bugüne kadar bölgede 332 kuş türü tespit edilmiştir. Bu rakam bugüne kadar tek bir sulak alanda gözlenmiş en yüksek sayıdır.

Uygun iklim koşullarının yanı sıra, değişik türden pek çok kuş türünün üreme, beslenme, barınma ve kışlaması için farklı ekolojik karakterdeki habitatlara



sahip olması, ayrıca kuzey-güney göç rotası üzerinde bulunması, Göksu Deltası'nı kuşlar açısından Avrupa ve Ortadoğu'nun en zengin sulak alanlarından biri kılmıştır.

Alan, küçük karabatak, tepeli pelikan, yaz ördeği, pasbaş patka, büyük orman kartalı ve şah kartal gibi nesilleri tehlikede olan türleri barındırması nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Bu türlerin yanı sıra, küçük balaban, gece balıkçılı, alacabalıkçıl, erguvani balıkçıl, turaç, kocagöz, bataklık kırlangıcı, akça cılıbıt, mahmuzlu kız kuşu ve küçük sumru gibi türler alanda önemli sayıda üremektedir. Ayrıca büyük akbalıkçıl, küçük akbalıkçıl, gri balıkçıl, sığır balıkçıl, bataklık su tavuğu ve İzmir yalıçapkını da alanda kuluçkaya yatmaktadır.

Aralarında boz kaz, fiyu, çamurcun, kaşık gaga ve sakarmekenin bulunduğu büyük sayılarda su kuşu alanda kışlarken, göç sırasında da çok sayıda çeltikçi ve leylek alana konulmaktadır. Az sayıda Turna deltada kışlarken, ak pelikan da göç sırasında alana uğramaktadır [17].

### 2.1.2.3. Göksu Deltası'nda insan faaliyetleri

Göksu Deltası'nda en önemli alan kullanımını tarım faaliyetleri oluşturmaktadır. Deltada Akdeniz ikliminin bütün ürünleri yetiştirilebilmektedir. Deltada iki tip tarım yapılmakta olup; bunlar sebze ve meyve üretiminin yapıldığı alanlar ile pamuk ve buğday tarımının yapıldığı alanlardır. Deltada sulu tarım oldukça gelişmiştir. Sulu tarımın yapıldığı kıyı şeridinde tahıl ürünleri yanında, yoğun olarak pamuk, susam, yerfıstığı, çeltik, çilek, turunçgiller ve sebze yetiştirilmektedir.

Kıyı kesimler ile yüksek kesimler arasında geçit teşkil eden bölgelerde ise, zeytincilik ve bağcılık yapılmaktadır. Bölgede önemi gittikçe artan narenciye bahçelerinin arasında domates, patlıcan ve biber gibi çeşitli sebzelerin tarımı yapılmaktadır. Seracılığın yaygın olduğu alanda meyve yetiştiriciliği önemli bir yer tutar ve ova bağcılığı ile turfanda üzüm yetiştirilir.

Bölgenin dağlık kesimlerde yaşayan halkın geçim kaynağı hayvancılığa dayanmaktadır. Hayvancılık, yörenin ovalık kesiminde ahır hayvancılığı biçiminde gelişirken, yüksek kesimlerde bunun yerini mera hayvancılığı alır. Yörede en çok yetiştirilen hayvanlar kıl keçisi, koyun ve sığırdır. Kumes hayvancılığında ise birkaç özel çiftlik dışında genellikle aile işletmeciliği yaygın durumdadır.

Deltada, kıyı ve açık deniz balıkçılığı yapılmaktadır. Akgöl'de ticari değer olan 4 balık türü bulunmaktadır. Bunlarda ikisi tuzluluğa toleranslı göçmen balık türlerinden olan yılan balığı ve haskefaldır. Diğer iki tür olan sazan ve karabalık ise gölde yumurtlarlar. Yılan balığı ve karabalık ihraç edilmekte iken diğer iki tür yerel tüketime sunulmaktadır. Paradeniz lagününde dalyan balıkçılığı yapılmaktadır. Deniz levreği, ipura, singit, sivriburun, karagöz, melanurya, sarıgöz, çizgili mercan ve mercan alanda avlanan balık türleridir. Balıkçılığın yanı sıra yörede mavi yengeç ve karides avcılığı da önemli bir yer tutmaktadır [17].

#### 2.1.2.4. Göksu Deltası'nın korunması ve yönetimi

Göksu Deltası, sahip olduğu doğal, tarihi ve kültürel değerlerinin korunması ve gelecek nesillere aktarılmasının güvence altına alınması amacıyla 2872 sayılı evre Kanunu'nun 9.maddesine istinaden, 2 Mart 1990 tarih ve 20449 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 18.01.1990 tarih ve 90/77 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile "Özel evre Koruma Bölgesi" olarak tespit ve ilan edilmiştir.

Deltada yer alan Akgöl ve Paradeniz lagünlerini içine alan 4350 hektarlık saha Orman Bakanlığı, Milli Parklar ve Av-Yaban Hayatı Genel Müdürlüğünce "Yaban Hayatı Koruma Sahası" ilan edilerek kaçak ve usulsüz avcılık kontrol altına alınmıştır. (şekil 2.2.)

Alan, 17.5.1994 tarihinde yürürlüğe giren Ramsar (Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öne Sahip Sulak Alanların Korunması) Sözleşmesi listesine dâhil edilmiştir.

Sahadaki koruma çalışmaları Özel Çevre Koruma Başkanlığı tarafından yürütülmektedir. Mahallindeki çalışmalar Silifke Özel Çevre Koruma Müdürlüğü tarafından organize edilmektedir. Alandaki görevliler tarafından, kuş gözlemek ve araştırma yapmak amacıyla gelen ziyaretçilerin giriş çıkışları kontrol edilmekte ve avcılık denetimi yapılmaktadır [17].



Şekil 2.2. Göksu Deltası ve yer bulduru haritası

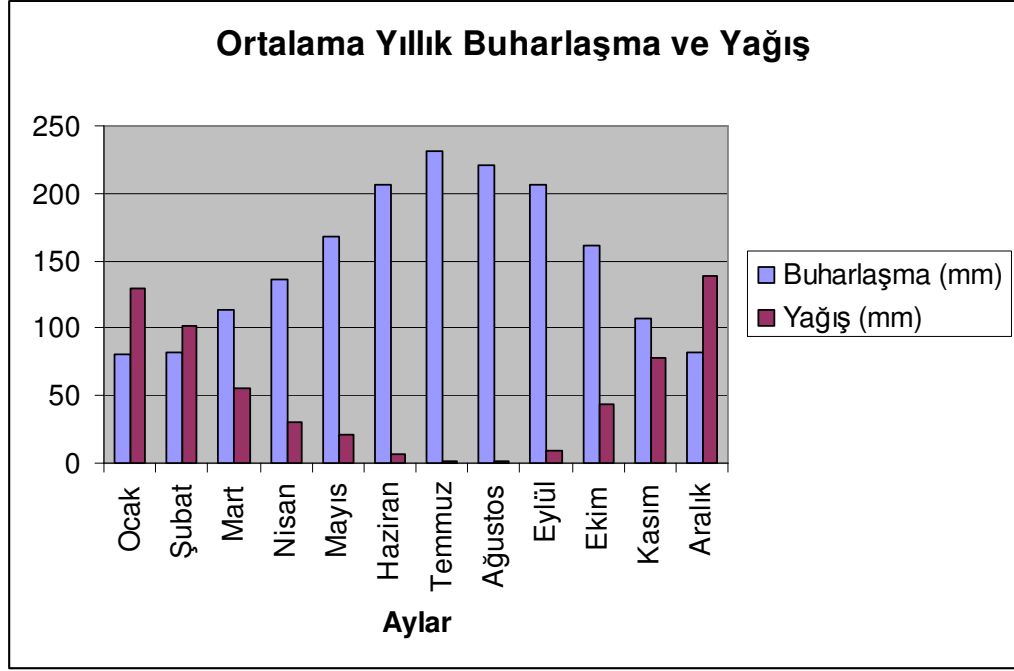
#### 2.1.2.5. Göksu Deltası'nda iklim

Bölgede yarı kurak Akdeniz iklimi hâkimdir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar yağışlı ve ılık geçmektedir. Yıllık ortalama yağış 615 mm, yıllık buharlaşma miktarı 1745 mm'dir. Yıllık ortalama sıcaklık ise 19 °C'dir. En çok yağış Aralık ayında en az yağış ise Temmuz ve Ağustos aylarındadır. (Çizelge 2.1.) (Şekil 2.3.)

Deniz suyu sıcaklık ortalaması 20.8 °C'dir. Yaz aylarında 25–28 °C arasında değişmektedir. Bu mevsimde kuvvetli rüzgârların olmaması nedeniyle dalga yüksekliği çok düşük olmakta, böylece uzun yaz ve sonbahar aylarında denizden istifade edilmesini sağlamaktadır.

Çizelge 2.1. Göksu Deltası'nda ortalama yıllık yağış ve buharlaşma [1]

<b>Aylar</b>	<b>Buharlaşma (mm)</b>	<b>Yağış (mm)</b>
Ocak	80.50	130.00
Şubat	81.70	101.90
Mart	113.30	55.50
Nisan	136.10	30.00
Mayıs	168.10	21.00
Haziran	206.50	7.00
Temmuz	232.10	1.00
Ağustos	220.30	1.00
Eylül	206.40	9.00
Ekim	161.00	43.50
Kasım	106.80	78.60
Aralık	82.60	138.70



Şekil 2.3. Göksu Deltası'nda ortalama yıllık buharlaşma ve yağış [1]

## 2.2. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN GENEL JEOLJİSİ

Göksu Deltası 1/25 000 ölçekli Silifke P31-b2, b3 ile P32-al, a4 paftalarında yer almaktadır.

### 2.2.1. Stratigrafi

Göksu Deltası ve yakın çevresinin jeolojisi, MTA Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen çalışmalardan yararlanılarak hazırlanmıştır [19].

İnceleme alanındaki litostratigrafik birimler "temel kayalar" ve "örtü kayalar" adı altında toplanmıştır. Temel kayalar; birbirleri ile tektonik ilişkili 6 gruba ayırt edilmiştir. Her grup "birlik" adı altında incelenmiştir, "örtü kayalar" ise Paleotokton ve Neo-otokton kayalar olarak ayırt edilmiştir. Paleotokton kayalar, Erken Tersiyer'e kadar yanal, düşey geçişli ilişki sunan formasyonlardan oluşmaktadır.

Neo-otokton kayaları ise Oligosen-Miyosen-Güncel yaş konaklarını temsil etmektedirler. Örtü kayaları ile "birlikler" arasında uyumsuzluk vardır.

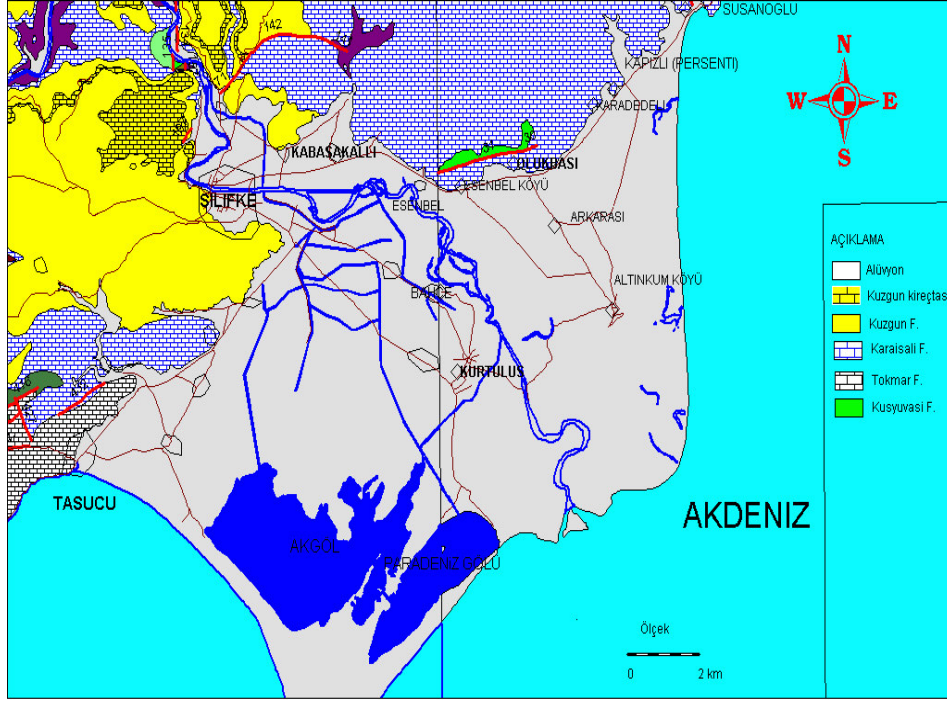
Araştırma alanında "temel kayalardan-birliklerden" Geyikdağı Birliğine ait iki formasyon; örtü kayalardan da üç formasyon yüzlek vermektedir [1].

### 2.2.2. Geyikdağı Birliği

Bu birlik Orta Torosların naplı yapısının en alttaki otokton-paraotokton kesimini oluşturmuş ve çökel kayalardan meydana gelmiştir. Erken Paleozoyik yaşlı karbonat-silisli kırıntılardan oluşmuş bir temel ve bunun üzerine diskordansla gelen platform karbonatlarından (Mezozoyik-Erken Tersiyer) oluşmuşlardır. Pek çok formasyon ayrıtlanan Geyikdağı Birliği'nin araştırma alanında yüzeyleyen iki formasyonu bulunmaktadır. Bunlar; Akdere Formasyonu (Üst Devonyen) ve Tokmar formasyonudur (Üst Jura-Alt Kretase) (Şekil 2.4 ve 2.5) [1].

ZAMAN	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	AÇIKLAMA		
SENEZOYİK	KUVATERNER	HOLOSEN		Alüvyon Yamaç Molozu Akarsu Sekisi Delta Çökelleri		
	TERSİYER	NEOJEN	MIYOSEN	ÜST	Kuzgun Formasyonu	Kumtaşı- konglomera, resifal kireçtaşı, tüfit, kıltaşı, marn ve silttaşı
				ORTA	Karaisalı Formasyonu	Resifal kireçtaşı, kumtaşı, çakıltaşı ve marn
	MESOZOYİK	JURA			Tokmar Formasyonu	Dolomit, dolomitik kireçtaşı- Çamurtaşı
TRİYAS				ORTA	Kuşyuvası Formasyonu	Kireçtaşı
PALEOZOYİK	DEVONİYEN			ÜST	Akdere Formasyonu	Kuvarsitik kumtaşı, silttaşı, seyl ardalanmalı dolomitik resifal kireçtaşı

Şekil 2.4. Genelleştirilmiş stratigrafi kesiti [1]



Şekil 2.5. Çalışma alanının sayısal jeoloji haritası (Map Info ile hazırlanmıştır.) [1]

#### 2.2.2.1. Akdere Formasyonu

Akdere Formasyonu, altta beyaz-pembe renkli, kuvarsitik kumtaşları, kırmızı, pas renkli Siltaşları ve yeşilimsi-gri renkli şeyllerle ardalanan koyu renkli, kısmen kumlu, dolomitik ve bol fosilli resifal kireçtaşlarından oluşmuştur. Her resifal kireçtaşı seviyesinin tabanında demir oksitli bir yüzey görülür. Formasyonun seviyeleri üste doğru koyu gri renkli, bitümlü, levhamsı kireçtaşları ve fosfat intraklaslı konglomera, intraformasyonel moloz akması içeren bitkili şeyl ardalanması sunmaktadır. Daha üste doğru bol brakiyopodlu kumlu kireçtaşı, şeyl ve kumtaşı ardalanması içeren birimin en üst düzeyi bitümlü kil ve bol mercanlı kumlu kireçtaşlarından oluşmuştur. Formasyonun kalınlığı 250 m kadardır. İnceleme alanında formasyonun hangi formasyonun üzerinde olduğu gözlenememiştir. Üzerine uyumsuz olarak örtü kayalarından Karaisali (Tka) ve Kuzgun (Tku) formasyonları gelmektedir (Şekil 2.5.) [1].



#### 2.2.2.2. Kuşyuvası Formasyonu

Orta Triyas yaşlı kireçtaşlarından oluşan Formasyon sığ bir karbonat şelfinde çökelmiştir [1].

#### 2.2.2.3. Tokmar Formasyonu

Formasyon; tabanda açık gri renkli, kaim, orta-kalın katmanlı dolomitler ve dolomitik kireçtaşları ile başlar; üste doğru beyaz renkli, iyi katmanlı karbonat, çamurtaşı ve vaketaşları ile devam eder, daha üste doğru çok kalın katmanlı-masif, beyaz renkli kısmen pseudoolitik biyomikritik katmanı yer almaktadır. Formasyonun kalınlığı 700 m kadardır. Araştırma alanında alt ilişkisi gözlenemeyen formasyonun üzerine uyumsuzlukla örtü kayalarından Karaisalı formasyonu (Tka) ve Kuvaterner yaşlı çökeller gelmektedir [1].

#### 2.2.3. Örtü Kayaları

##### 2.2.3.1. Karaisalı Formasyonu

Formasyon; resifal kireçtaşı ağırlıklı olmak üzere yer yer şeyl, kumtaşı, çakıltası ve marnlardan oluşmuştur. Kireçtaşları; krem renkli, orta sert, bol fosilli olup, biyomikrit, biyolütit görünüşlüdür. Genellikle yatay olan kireçtaşları; resif, resif önü, resif gerisi özellikleri sunar. Resif tepeliklerinden uzaklaştıkça kireçtaşları; litoklastik özellikte düzgün, orta-kalın katmanlı özellik kazanır ve marnlarla aralanır. Karaisalı formasyonunun kalınlığı değişken olup 150–1100 m arasındadır. Formasyon; sıcak, berrak ve çalkantılı sığ deniz ortamında organizmalar tarafından oluşturulmuştur. Formasyon güneyden kuzeye ilerleyen bir denizin aşmalı ürünü olmaktadır [19].

İnceleme alanında Karaisalı formasyonu transgressif özellik sunmaktadır ve Akdere, Tokmar, Gildirli formasyonlarını doğrudan açısız uyumsuzlukla

örtmektedir. Formasyon; Kuzgun formasyonu ve Kuvaterner çökellerince üzerlenmektedir [1].

#### 2.2.3.2. Kuzgun Formasyonu

Kırıntılılar, kırıntılı karbonatlar, karbonatlar ve evaporitlerden oluşan Kuzgun formasyonu Tortoniyen-Messiniyen yaşındadır. Birim, tabanda örgülü akarsu ardalımalı çökellerle sığ denizel çökelleri kapsar. Karasal çökellerin tabanında kanal dolgusu çökelleri bulunur. Set çökelleri ise kumtaşları ve çamur taşlarının ardalımasından oluşmuştur. Taşlan ovası çökelleri ise ince taneli, laminalı, paleosollü çamur taşlarından meydana gelmiştir. Sığ denizel çökeller kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ve Ostrealı katmanlardan oluşmuştur. Bunların üzerine açık gri renkli volkanoklastik kumtaşı, gri silttaşı, silt ve killi materyal içeren açık gri renkli-beyaz renkli tüfler gelmektedir. Tüfler hem denizel hem de karasal özellik sunmaktadır. Kuzgun formasyonunun en üst düzeyini katmanlı jipsler oluşturmaktadır ve karasal ortama geçişi belirtmektedirler. Formasyonun kalınlığı çok değişkendir. Kuzgun formasyonu inceleme alanında kendinden önce oluşmuş formasyonların tamamını üzerlemektedir.

İnceleme alanı Üst Miyosenden sonra çökelmezlik ortamıdır. Dolayısı ile Pliyosende alan aşınım ve genel düzleşme (denüdasyon) ortamına geçmiş bulunmaktadır. Bu aşınma Kuvaterner'de de çizgisel karakterli olmak üzere devam etmiştir. Bu çizgisel aşınma flüviyal sistemle gerçekleşmiş ve araştırma alanının kuzey kesimi platoya dönüşürken Akdeniz kıyılarında çökel alanlar oluşmuştur [1].

#### 2.2.4. Jeomorfoloji

Göksu Deltası Toroslarla aynı yönde koşut uzanan Akdeniz kıyısının da batı yönünde uzanmaya başladığı, dirseklendiği kesimdedir. Göksu Nehri Orta Torosların işte bu KB-GD ve GB-KD iki uzanım sunan bölümünün birleştiği ara kesitte bulunmaktadır. Çok fazla litolojik farklılık ve ileri derecede disloke olmuş Toros orojenik kuşağını akaçlayan nehir; Taşeli yöresini derin bir şekilde yarararak platoya

dönüştürmüştür. Yarılmanın dikey ve yanal uzanımı en fazla Mut yöresindedir. Bu maksimum yarılma güneye doğru azalarak Silifke kesiminde uzanımı az bir boğaza dönüşmektedir. Boğazın Torosların kıyıya koşut uzanan yamaçlarını keserek taban düzeyine yakın bir yükseklikte sonlandığı görülmektedir. Göksu Deltası işte nehrin boğazdan kıyıya açıldığı bu alanda gelişmiştir [19].

Göksu Deltası en genç jeolojik zaman (Kuvaterner)- günümüz aralığında şekillenmiştir. Bu şekillenme ve sedimantasyon yığılmasını delta gelişimi biçiminde devam etmektedir.

Göksu Deltası, taban kenarı ana karaya bağlı 164 km<sup>2</sup> lik alanlı bir yamuk morfolojisindedir Bu çokgen görünümlü morfoloji, alışlagelmiş delta morfolojisini yansıtmamaktadır ve bu şeklin oluşmasını sağlayan bir evrim söz konusudur [19].

Deltalar, akarsu-deniz dinamiklerinin bir sonucu olarak biçimlenmektedirler. Esasen delta pek çok parametrenin denetiminde oluşup gelişmektedirler. Bu parametrelerin başlıca tektonik hareketleri, akarsuyun taşıdığı materyalin (akarsu yükü) miktarı, deniz akıntıları, etkin rüzgârlar, denizin derinliği, östatik hareketlerdir. Açıklanan etmenlerin uygun olması durumunda akarsu yükünün, kısmende deniz aşındırması sonucunda oluşan kırıntılıların, denizin belli bir kısmına birikmesi ve kıyının deniz zararına ilerlemesi ile deltalar bir sonuç olarak oluşmaktadır. Bu tarife göre konstrüktif kıyı özelliği sunan, deltalar belirli ve özgün ortamlarla karışık ortamların grift olduğu alanlar olmaktadır [20].

Göksu Deltası akarsuların (Göksu Nehri, Yağar Dere, Bahçe Dere, Gökbucağ Dere, Afşar Dere vb.) getirdiği materyalin kıyıda biriktirilmesiyle meydana gelmiştir. Bu birikme olayı son buzulun (Würm) erimesi ile meydana gelen transgresyon (Flandrien) sonucu östatik olarak denizin yükselerek önceden tıltlanmış bulunan aşınım yüzeylerine değmesi ile meydana gelen kıyı boyunca olmuştur. Hızla birikmeye başlayan akarsu yükleri, deltada bir gelişme göstererek günümüz deltasının şekillenmesine neden olmuştur [19].

Jeoloji bölümünde (Bölüm 2.2) açıklandığı gibi çalışma alanının temel kayaları kesimi Üst Miyosen sonlarına kadar denizel bir ortam özelliği sunmaktadır (Kuzgun formasyonu). Bu ortam kendinden önceki Geyik Dağı Birliği ve örtü kayalarını uyumsuzlukla örtmüş ve transgressif çökellerini bırakmıştır. Bu deniz kuzeye doğru aşmalı ve sığdır. Messiniyen'den itibaren karalaşan alanda ikliminde etkisi ile Kuzgun formasyonu jipsleri çökelmiştir. Pliyosen döneminde atmosferik şartlarda kalan yöre; genel düzleşme (denüdasyon) süreçleri altında alt Kuvaterner (Villafrankiyen)'e kadar aşınmış ve bu aşınım yüzeyi gelişmiştir (PAY). Yarı olgun bir topografya özelliğindeki bu aşınım yüzeyi üzerinde formasyonların litolojik ve yapısal özelliklerine göre şekil grupları (karstik alanlar, tepelikler vb.) gelişmiştir. Üst Pliyosen sonlarından itibaren ve özellikle Pleyistosen ortalarından sonra alan GD, G yönünde itilerek yükselmeye başlamış, aşınım yüzeylerinin bir kısmı "dağ yamacı" morfolojisi kazanmıştır. Yükselmenin maksimum düzeyi Mut yöresinde (saha dışında) olmuş, PAY' leri kamburlaşarak ve eğilmenerek Akdeniz'in altında kalacak biçimde alçalmışlardır.

Üst Pliyosen erken Pleyistosen döneminde kurulmuş bulunan akaçlama (özellikle Göksu Nehri) PAY'lerinin yükselerek eğimlenmesine koşut gelişmiş, nehir ve dereler yataklarını kazmışlardır. Dolayısı ile Torosların bu kesimi ve çalışma alanı platoya dönüşmüştür (Taşeli Platosu). Yarılmanın uzanımı kuzeyden güneye doğru azalmaktadır ve en az yarılma Göksu Deltası yakınlarındadır. Bu dönemde epirojenik ve tektonik olaylar (iç dinamik) sürerken östatik hareketlere ilişkin verilere anakarada rastlanılmamaktadır [19].

Son buzul döneminde (Würm Glasiyasyonu) bütün dünya denizlerinde görülen negatif östatik değişiklik ve deniz çekilmesi (-95, -130 m) Akdeniz'de de kabul edilmektedir. Buna göre 18 000–20 000 yıl öncesinde -95 m de olan deniz düzeyi, Würm buzulunun erimesine koşut yavaş yavaş ve duraklamalarla yükselmiş; 7000 yıl önce maksimum düzeyine erişmiştir. Bu düzey, günümüz deniz düzeyine (0m) göre +2.5, +5.0 m daha yüksektedir. Göksu Deltası'nın büyük bölümü bu düzeye göre (Verseliyen-Nice-Seki düzeyi) şekillenmiştir. Bu şekillendirmede Göksu Nehrinin (akaçlama alanı 10 400 km ) ve Yağar-Bahçe Dere'nin (akaçlama alanı 136

km<sup>2</sup>) getirdiği materyalin önemi büyüktür. Bu dönemde Susanoğlu' ndaki (42 m kotlu tepe) deniz aşınım sekisi, I. evre set adaları, Akgöl lagünü ve bu kıyının gerisindeki leve, taşlan alanları, menderes kuşağı, art bataklık alanları yelpazeler gelişmiştir.

Günümüzden 7000 yıl öncesi ile 2000–3000 yıl öncesi arasında deniz günümüz düzeyine (0.0 m) çekilmiş; yeni kıyıya göre yeni jeomorfolojik-sedimentolojik birimler oluşmuştur. Bunlar; yüksek profilli dik kıyılarda, çentik, falez ve abrazyon düzlükleri şeklinde görülürlerken (Susanoğlu kesimi), alüvyal birikim (delta) kıyılarında II. evre set adaları, eski lagün alanları, denizel kıyı bataklıkları, yeni azmaklar, güncel lagünler, kıyı düzlükleri ve kıyı kumulları, lagün boğazları, plajlar, yahtaşları gibi aşınım ve birikim şekilleri gelişmiştir. Günümüzde deniz düzeyinin (1 mm/yıl) yükselmesini sürdürdüğü kabul edilmektedir. Ayrıca dik profilli derin kıyılarda (çalışma alanında kalanklı kıyılar) fark edilmeyen fakat delta kıyılarında olağan ve olması beklenen doğal kıyı çizgisi değişiklikleri Göksu Deltası'nda da vardır. Ancak Göksu ağzı ile Altınkum'un doğusundaki kıyı kumulu arasında çok hızlı bir kıyı gerilemesi saptanmıştır. Bu olayın nedeni Göksu'nun Sökün Köyü'nün kuzey doğusunda aşağı çığırının değiştirilmesi ve nehrin doğrusal bir akışa geçirilmesidir. Bu yatak değiştirmenin sonucunda Göksu'nun eski progradasyon bölgesinin aşınıp geriletilmesi Göksu Ağzının siltasyonla dolmaya başlaması ile Paradeniz lagününün boğazının kapanma riski ortaya çıkmıştır[19].

#### 2.2.5. Hidroloji

Göksu Deltası 36°15 ve 36°25 kuzey enlemleri ile 33°55 ve 34°05 doğu boylamları arasında 15000 hektar genişlikte bir alanı kaplamaktadır. Deltada başlıca iki büyük göl yer almaktadır, bunlar Akgöl ve Paradeniz gölleridir (Şekil 2.2.).

Deltada yarı kurak Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir, özelliği yazların sıcak ve kuru, kış aylarının ise ılıman ve yağışlı olmasıdır. Ortalama toplam yıllık yağış yüksekliği 615 mm olup, yıllık ortalama sıcaklık 19° C' tır.

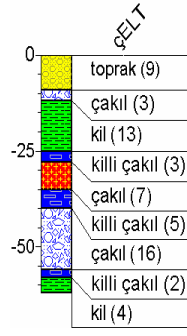
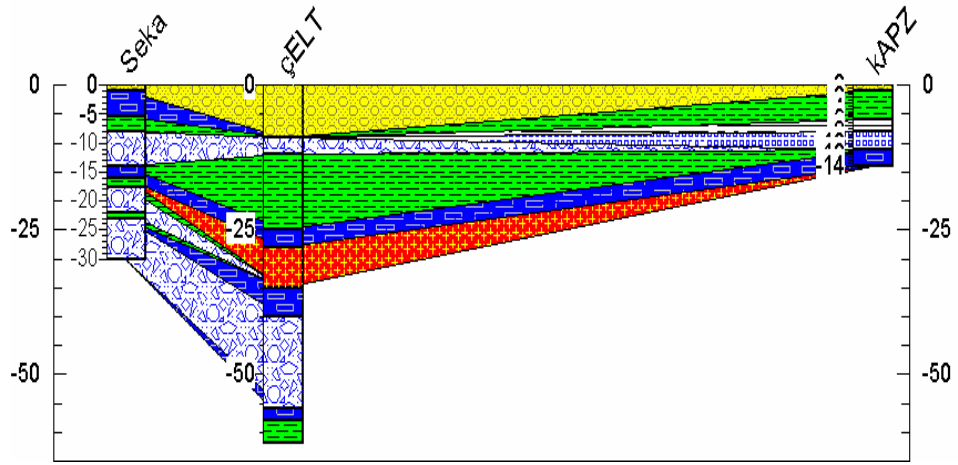
Başlıca akarsu Göksu Nehridir ve 260 km uzunlukta olan nehir 10400 km<sup>2</sup> drenaj havzasına sahip olup yıllık ortalama akımı 110 m<sup>3</sup>/s civarındadır. Genelde en yüksek debiye Nisan ayında en az debiye ise eylül ayında rastlanır.

Akgöl yaklaşık 5 km<sup>2</sup> genişlikte yüzey alanına sahiptir ve suyu brackish-tatlı su arasındadır. Paradeniz gölünün yüzey alanı ise 1.6 km<sup>2</sup> olup genelde brackish-tuzlu su arasında bir suya sahiptir. İki göl açılan bir kanal ile birleştirilmiştir [3].

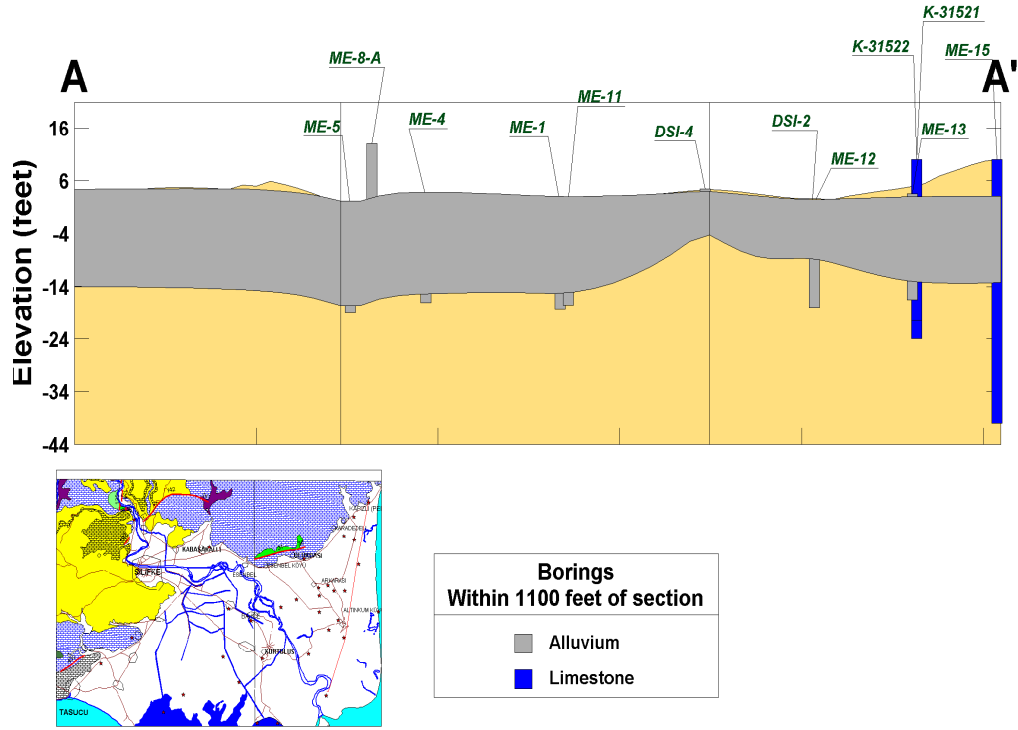
Akiferin beslenmesi yağışlardan ve nehir suyunun infiltrasyonundan olmaktadır. Akiferlerin deşarjı ise pompaj kuyularıyla ve göllere olan boşalımla ortaya çıkmaktadır. Yeraltı suyu kıyı boyunca denize akmaktadır [1].

#### 2.2.6. Hidrojeoloji

Göksu Deltası'nı oluşturan alüvyal depolanmalar yüzeyden yaklaşık 500–700 m derinliğe kadar ulaşmaktadır [3], [19]. Alüvyon çakıl, kum, silt, kil ve kumlu kil karışımlarından oluşmaktadır (Şekil 2.6). Deltanın belli bir kısmında yüzeyde yer alan 20-30 m kalınlığındaki kil, altında yer alan permeabilitesi göreceli olarak yüksek iri taneli sedimanların oluşturduğu akiferi basınçlı bir akifer yapar. Deltada kavramsal olarak bölgesel yayılmış artezyen akifere, basınçlı akifere ve serbest akifere rastlanır. Açılan kuyuların hiçbiri alüvyon akiferi tamamen kat edememiştir (Şekil 2.7) [1].



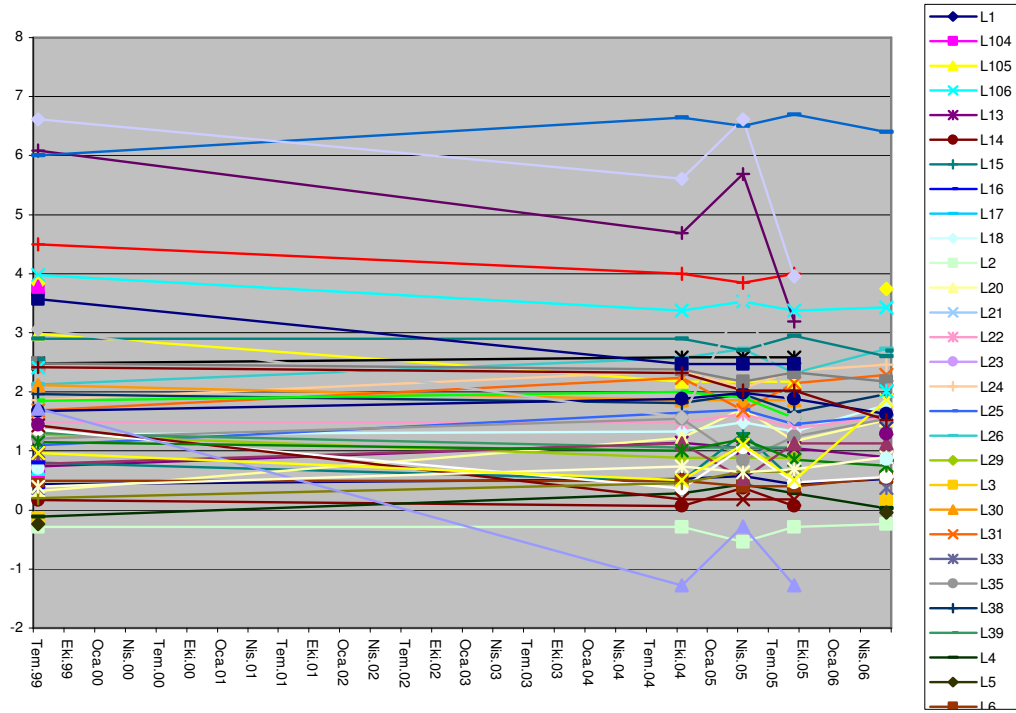
Şekil 2.6. Delta akiferini oluşturan birimler (RockWorks ile modellenmiştir.) [8]



Şekil 2.7. Alüvyon akiferde açılan tam olmayan kuyular (Enviro Insite ile hazırlanmıştır.) [1]

DSİ tarafından açılan gözlem kuyularında 1999 yılında ve 2004–2006 yılları arasında düzenli olarak yeraltı su seviyesi gözlenmektedir. Yeraltı su seviyesinin tarihçesi incelendiğinde seviyede çok önemli değişikliklerin olmadığı ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.8) bu durum çekilen su miktarını dengeleyecek kadar beslenmenin olduğunu göstermektedir [1].

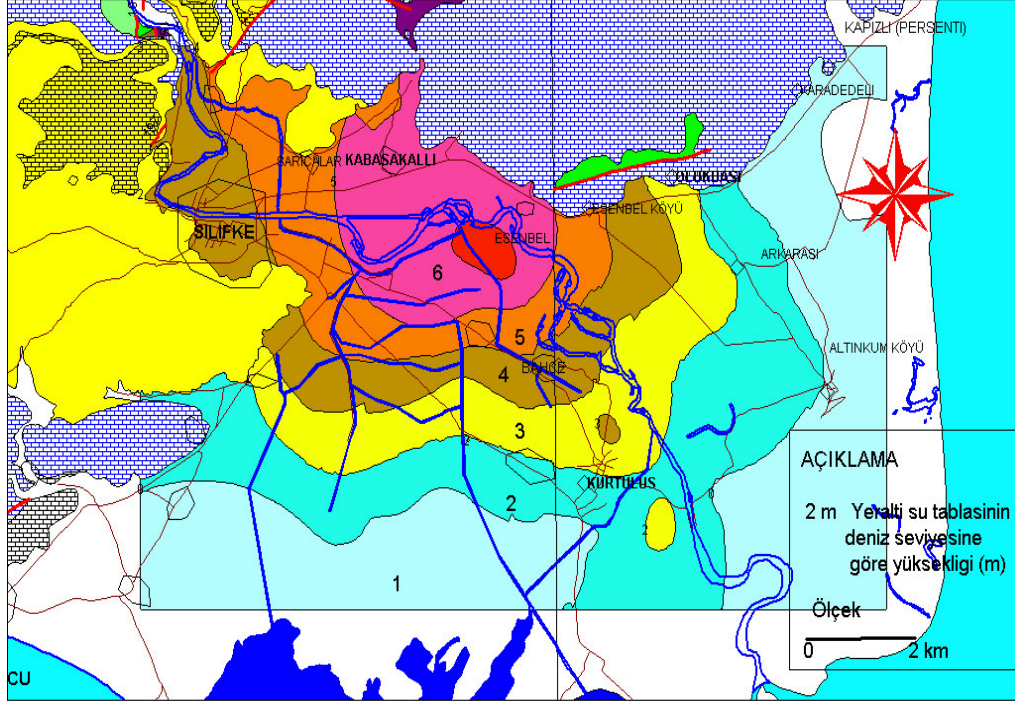




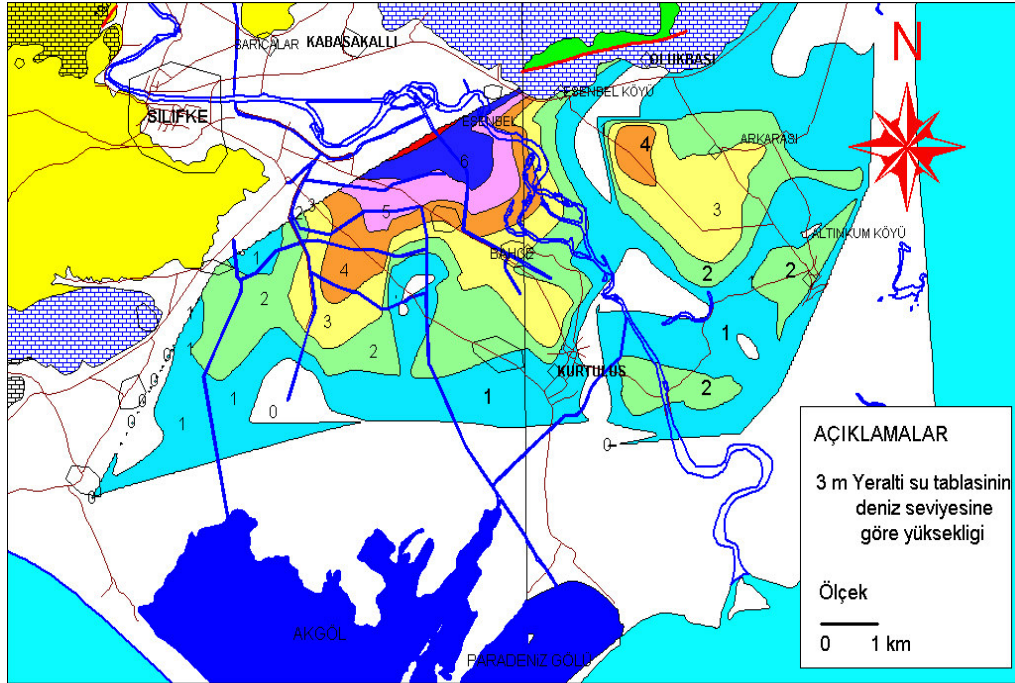
Şekil 2.8. Kuyularda su seviyesi değişimleri [1]

#### 2.2.6.1. Yeraltı suyu akım yönleri

Demirel'in çalışmasında, 1999 yılında ve 2005 yılında DSİ tarafından ölçülen yeraltı suyu seviye değerlerinden yararlanılarak Map Info ile yeraltı su tablası haritaları oluşturulmuştur. Şekil 2.9 ve 2.10' de verilen su tablası haritaları incelendiğinde yeraltı suyunun deltanın büyük bir kısmında güneye doğusunda ise doğu yönünde akarak denize ulaştığı belirlenmiştir [1].

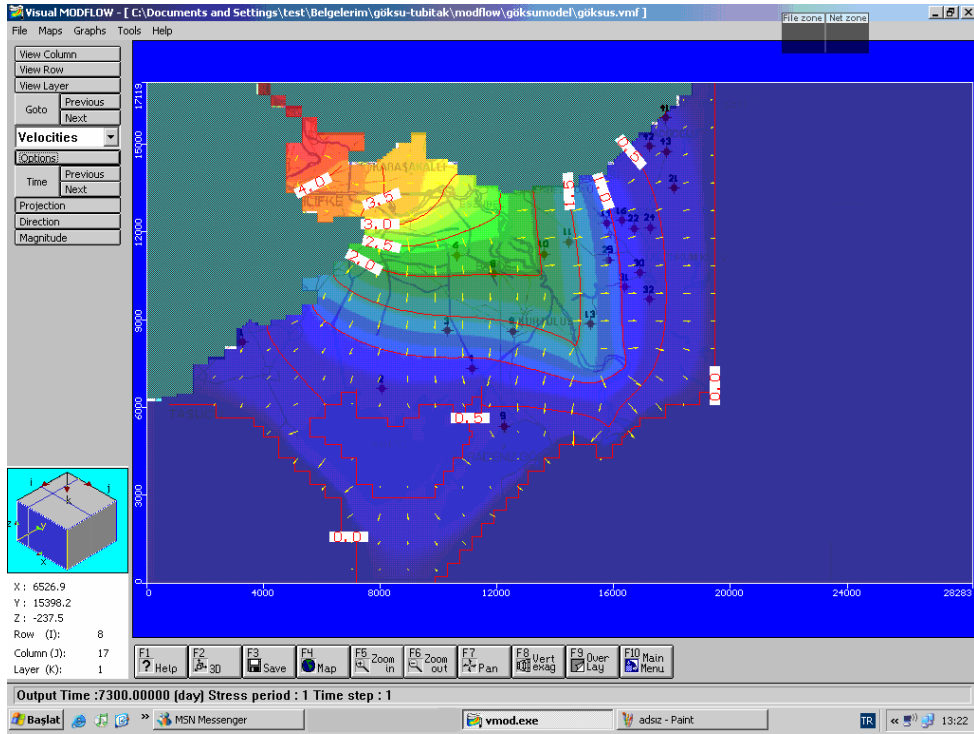


Şekil 2.9. 1999 yılı için su tablası haritası (Map Info ile hazırlanmıştır) [1]

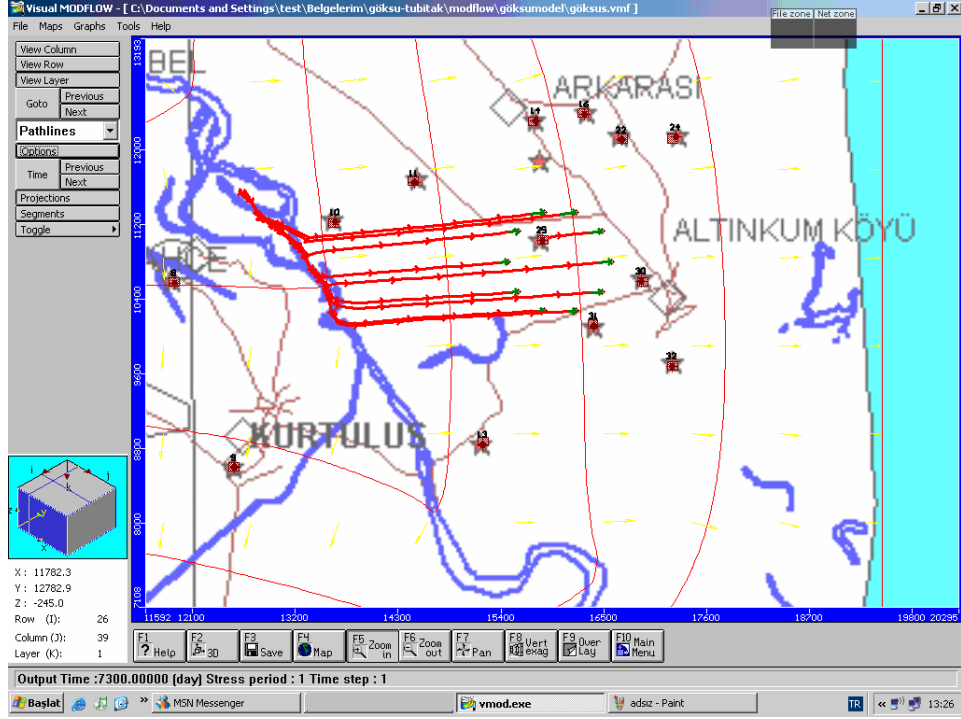


Şekil 2.10. 2005 yılı için su tablası haritası (Map Info ile hazırlanmıştır) [1]

Yine aynı çalışmada Demirel, Visual MODFLOW ile deltadaki yeraltı suyu akım modellemesinin simülasyon sonuçlarına göre yeraltı suyu akımı beklendiği şekilde güney ve delta doğusunda doğu yönünde aktığını ortaya koymuştur. Yeraltı su seviyesi eş yükseklikleri 1999 ve 2005 yılları için ölçüm sonuçlarına göre hazırlanmış su tablası haritalarıyla uyumludur. Şekil 2.11' de hız vektörleri gösterilmekte, Şekil 2.12 ise 7300 gün için seçilen bazı kuyularda yeraltı suyu akım yollarını göstermektedir [1].



Şekil 2.11. Yeraltı suyu akımı hız vektörleri [1]



Şekil 2.12. Yeraltı suyu akım yolları [1]

### 2.2.6.2. Yeraltı suyunun kimyası

Yeraltı suyunun kimyasal bileşimi, yeraltında rezervuara giren suyun kompozisyonu ile suyun kayaçları oluşturan mineraller ile girdiği karşılıklı etkileşim sonucunda şekillenir. Yeraltı suyunun, yeraltında dolaşımı esnasındaki uzun ikamet süresi, suyun kimyasal bileşiminin oluşumunda çok etkilidir ve bu olaylar doğrudan gözlenemeyen proseslerdir. Zemin suyunun ve yeraltı suyunun kompozisyonu suyun içine aktığı kayaç tipine bağlıdır. Kireçli arazilerde  $Ca^{2+}$  baslım katyondur. Söz konusu kayaç dolomit olduğunda da muhtemelen  $Ca^{2+}$  ve  $Mg^{2+}$  eşit derişimlerde bulunacaktır. Alüvyal akiferde de tanecikler sonuçta bu karbonat kayaçların aşındırılıp tanelerin yığılımından oluştuğundan aynı karakteri yansıtmaktadır. Çizelge 2.2’de yeraltı suyunda çözülmüş olarak bulunan maddeler gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Yeraltı suyunda bulunan çözünmüş maddeler (İyon Halinde) [21]

a) Yeraltı suyunda bulunan çözünmüş maddeler (5 mg/L den büyük)

Sodyum	Bikarbonat	Silisyum dioksit
Kalsiyum	Sülfat	
Magnezyum	Klorür	

b) Yeraltı suyunda bulunan ikinci derecede önemli çözünmüş maddeler (0.01–10 mg/L)

Demir	Karbonat	Bor
Stronsiyum	Nitrat	
Potasyum	Flüorür	

c) Yeraltı suyunda bulunan az miktarda çözünmüş maddeler (0.00001-0.1 mg/L )

Antimon	Bakır	Nikel
Alüminyum	Germanyum	Fosfat
Arsenik	İyodür	Rubidyum
Baryum	Kurşun	Selenyum
Brom	Lityum	Titanyum
Kadmiyum	Mangan	Uranyum
Krom	Molibden	Vanadyum
		Çinko

d) Yeraltı suyunda eser miktarda bulunan çözünmüş maddeler ( 0.001 mg/L den az)

Berilyum	İndiyum	Skandiyum
Bizmut	Lantan yum	Gümüş
Seryum	Neodmiyum	Telliyum
Sezyum	Platin	Toryum
Galyum	Radyum	Yitterbiyum
Altın	Rutenyum	Zirkonyum

Yeraltı suyunu kirleten içerik maddelere ait sınır değerler Çizelge 2.3' de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Yeraltı sularındaki içerik maddelerin sınır değerleri [22]

Parametre	Sınır Değer	Açıklama
Demir	0.15 mg/L	Teknik kuruluşlara zararlı Etkileri nedeniyle
Mangan	0.05 "	
Agressif CO <sub>2</sub>	Hiç	
KMnO <sub>4</sub> -kullanımı (yüksek değerlikli demir varsa)	12.0 mg/L	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.5 mg/L	Fekal kirlenmeler için Gösterge
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Eser	
Fosforik asit, fosfat	Eser	
KMnO <sub>4</sub> kullanımı	12.0 mg/L	
Toplam sertlik	30o d	Tat bozucu veya hazmı Zorlaştırıcı, toksik etkide
Cl <sup>-</sup>	350 mg/L	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	250 "	
Mg	100 "	
H <sub>2</sub> S	Hiç	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	100 mg/L	
F <sup>-</sup>	0.9–1.7 mg/L	
Cıva	0.001 mg/L	
Kurşun	0.1 "	
Arsenik	0.05 "	
Selen	0.01 "	
Krom	0.05 "	
CN <sup>-</sup>	0.01 "	
Kadmiyum	0.01 "	
Bakır	0.05 "	
Fenol	0.001 "	

### 2.3. SU KİRLİLİĞİ

Dünya nüfusunun hızlı artışına bağlı olarak gelişen endüstrileşme ve çarpık kentleşme beraberinde birçok sorunu da birlikte getirmektedir. Çevre kirliliği ve bunun en önemli bölümlerinden birisini oluşturan yeraltı ve yüzey su kirliliği günümüzde karşılaşılan çevre sorunlarından en önemlisidir.

İnsanlar yerüstü sularını çeşitli şekillerde biriktirirler ve insan topluluklarına iletirler. Fakat her yerde akarsu ya da göl bulunmamakta dolayısıyla yeraltı sularından yararlanma yoluna gidilmektedir. Bu nedenle özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, yeraltı sularının aranıp bulunması çok eski yıllardan beri insanları ilgilendirmektedir.

Yüzey ve yeraltı sularının çeşitli yollarla kirlenmesi, kullanılmaz ve zararlı hale gelmesi, dünyanın birçok yerinde büyük hayati problem haline gelmiştir.

Dünyada bugün tam anlaşılammış ve tanımlanmamış olan ana çevre sorunu yeraltı suyu kirlenmesidir. Yeraltı suyunun doğasına bağlı olarak kalitenin kötüleşmesi su kaynağının düzenli kaybını oluşturur. Çünkü suyu kullanılabilir kaynak haline getirici işlemler çeşitli teknolojik ve ekonomik nedenlerle pratik değildir.

İnsanların temel ihtiyaçlarından olan suyun kalitesinin bozulmasını önlemek için en iyi yol kirletici etkileri önceden belirlemek ve bu tehlikelere karşı gereken önlemleri zamanında alınmasını sağlamaktır. Bunun için konunun öneminin kavranması ve araştırmalar sonucu ortaya çıkarılacak olan koruma alanlarında uygulanacak önlemlerin yasalarla desteklenmesi gerekir [21].

Gelişmekte olan ülkeler kalkınma çabası içinde genellikle çevre korumacılığını göz ardı etmekte, doğal kaynaklarını dikkatsizce kullanarak, gerek dünyada gerekse ülkemizde su ihtiyacı gittikçe artarken, su kaynakları kirlenmekte ve tükenmektedir. Yapılan araştırmalar dünya genelinde su kullanımının 1940 ile

1980 arasında iki katına çıktığını göstermektedir. Su havzalarındaki yüzeysel suların kirlilik düzeyinin incelenmesi ve bu inceleme sonuçlarına göre su kalite sınıflarının belirlenmesi amacıyla 1980 yılından bu yana Çevre Bakanlığı'nca havza projeleri yürütülmektedir. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki kıta içi su kaynaklarımızdan göllerimiz, nehirlerimiz ve yeraltı sularımız, evsel ve endüstriyel atıklar ile sürekli olarak kirletilmektedir. Göksu Deltası genelinde ise tarımsal faaliyetlerin yoğunluğu nedeniyle yeraltı ve yüzey suları kirlenmektedir.

Göksu Deltası'nda su kirliliğini oluşturan etmenlerin başında lağım sularıyla kontrolsüz tarımsal faaliyetler, gübreleme ve ilaçlama gelmektedir. İnsanlar tarımsal üretimde gün geçtikçe daha fazla gübre ve pestisit kullanmaları toprakta nitrat ve pestisit birikmesine yol açmaktadır. Suyun etkisiyle bu kalıntılar zamanla yeraltı ve yüzey sularına ulaşmaktadır.

### 2.3.1. Su Kaynaklarında Kirlilik Etkenleri

Yeraltı ve yüzey sularında çeşitli kirletici etmenlerin katılması ile birlikte, doğal olmayan bir şekilde fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler meydana gelmektedir. Doğal yapıdaki su kaynağına karışan atık maddeler, mikroorganizmaların yardımı ile transformasyon ve mineralizasyona uğramaktadır. Bu durum, suların veya su kaynaklarının biyolojik olarak kendi kendilerini temizleme özelliğidir. Su kaynaklarına katılan çoğu toksik yapıdaki yabancı maddelerin konsantrasyonları, bu tamponlama gücünün çıktığı zaman sulardaki organik maddelerin parçalanması, suda erimiş oksijen yetmezliği nedeniyle durmakta ve sistem ölmektedir [24].

Çalışma alanında yeraltı ve yüzey suların kirlenmesine neden olan başlıca etkenler aşağıda başlıklar halinde sıralanmıştır.



### 2.3.1.1. Tuzluluk

Tüm inorganikler suda çözünmektedir. Yağışlarla veya çeşitli kaynaklarla yeryüzüne düşen sular, yer üstü, yeraltı ve akarsulardaki akımları sırasında zeminde bulunan çok çeşitli tuzları bünyelerine alarak, bunları gittikleri ortama taşımaktadır. Sularda doğal olarak en sık rastlanan tuzlar Kalsiyum, Magnezyum ve Sodyum Bikarbonat, Sülfat ve Klorürleri'dir. Çeşitli tuzların sudaki çözünürlüğü önemli değişimler gösterir. Bazı tuzların sudaki doygunluk derişimleri oldukça düşüktür. Buna karşılık diğer bazı tuzlar (Örneğin NaCl) suda olağanüstü yüksek çözünürlük göstermektedir. Evsel ve endüstriyel atık suların yüzeysel sulara deşarjı sonucunda bu sulardaki klorür ( $Cl^-$ ), sülfat ( $SO_4^{2-}$ ), nitrat ( $NO_3^-$ ) ve fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) derişimleri yükselir. Söz konusu atık sular, alıcı ortamlara ayrıca diğer bazı toksit elementleri de taşımaktadır. Dolayısıyla suların tuzlar tarafından kirletilmesi, tuz içeriği fazla olan suların sulamada kullanılmasıyla yol açacağı problemler açısından birinci aşamayı oluşturmaktadır [24].

### 2.3.1.2. Azot

Azot, canlılardaki temel elemanlardan birisidir (Aminoasitler ile bunlardan oluşan protein ve peptidler). Bu yüzden azot, canlı besin maddelerinin de vazgeçilmez bir bileşenini teşkil eder.

Azot bileşikleri su kirliliği açısından çeşitli etkiler yaparlar. Bunların başlıcaları, ötrofikasyon, oksijen bilânçosunun etkilenmesi ve içme sularındaki toksikolojik sorunlardır.

- a. Oksijen bilançosunun etkilenmesi: Sulara karışan organik azot ve diğer azot kaynaklarının, biyolojik süreçler ile nitrata dönüşmeleri esnasında önemli düzeylerde oksijen tüketmektedir. Örneğin 1 mg/L amonyak azotu nitrata dönüştüğünde, 3.87 mg/L oksijen tüketmektedir.
- b. Ötrifikasyon: Bu besin elementleri buldukları sularda birincil üretimi hızlandırmakta, böylece ötrifikasyona neden olmaktadır. Ötrifikasyon olayı

göl ve nehirlerde bitki, hayvan ve mikroorganizma gelişmesinin çoğalmasdır. Sürekli bir ötrifikasyon olayı sonucu sulara oksijen noksanlığı ortaya çıkar. Böylece ortamda anaerobik mikroorganizmaların miktarı ve dolayısıyla toksit bileşikler fazlalaşır. Buna karşılık yağmur suyunda dahi belli konsantrasyonlarda azot olduğu düşünülduğünde, ötrifikasyona temelde fosfat fazlalığının yol açtığı söylenebilir.

- c. İçme suyunun sağlıklı bir şekilde temini açısından özellikle azot bileşiklerinin önemi büyüktür. [24]

Yeraltı suyunda belirlenen en önemli kirleticilerden olan azot çoğunlukla nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) şeklinde bulunur. Yeraltı suyunda nitrat derişimi tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların toprağa ya da toprak altına verilmesi gibi nedenlerle giderek artmaktadır.  $\text{NO}_3^-$ , yeraltı suyunda en sık rastlanan şekli olmasına karşın, çözünmüş azot, amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), azot ( $\text{N}_2$ ), azot oksit ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ve organik azot şeklinde de bulunabilmektedir. Yeraltı suyunda nitrat genellikle, azotça zengin bileşiklerin bulunduğu toprak katmanlarından gelmesine karşın bazı durumlarda toprak yüzeyindeki gübre ya da atıklardan kaynaklanmaktadır.

Yeraltı sularında nitrat şu kaynaklardan gelebilir:

1. Azotlu ve organik bileşiklerin oksitlenmesi
2. Azotlu gübreler
3. Atmosferik
4. Kanalizasyon ve sanayi artıkları
5. Jeolojik birikimler

Sularda nitrat derişiminin 50 ile 100  $\text{g/m}^3$  değerini aşması halinde, altı ayıktan daha küçük bebeklerde methaemoglobinemi hastalığına rastlanmaktadır. Bu aşamada bebeklerin midesinde bulunan hidroklorik asit derişimi henüz çok düşük olduğundan sulara bulunan nitrat, bakteriyel faaliyetlerle nitrite indirgenmekte ve kana karışan nitrit iyonları hemoglobinle birleşerek kanın oksijen taşıma etkinliğini

sınırlamaktadır. Bunun sonucunda oksijenle beslenmeyen dokular mavi bir renk aldığından bu hastalığa ‘‘mavi bebek hastalığı’’ adı da verilmektedir.

Gübre kullanımı ve atıkların doğrudan çevreye verilmesi sonucu  $\text{NO}_3^-$  derişiminde artış beklenmelidir. Herhangi bir anda yapılan ölçüm bu parametre açısından sınır değerin altında sonuç verse bile sürekli artış olacağı açıktır. Gerçekten de dünyanın pek çok ülkesinde ( İsrail, İngiltere, Almanya, Amerika vd.) yeraltı sularında nitrat derişimleri içme suyu standartlarında belirlenen düzeyi aşmış durumdadır. Nitratların parçalanmaları zor olduğundan ve insan sağlığına verdikleri zarar nedeni ile içme ve kullanma sularında 10 mg/ L den fazla azot istenmez. Yeraltı sularında nitrit nadiren ve çok az derişimlerdedir. Çoğu kez eser element olarak belirlenmektedir [21].

#### 2.3.1.3. Fosfor

Sulu sistemlerde fosfor, bu sistemlerde mevcut olan çok yönlü ve karmaşık kimyasal dengelerin anahtar elemanlarından biridir. Sularda fosfor çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur ve gerek doğal su ortamlarında gerekse su ve atıksu arıtımında gerçekleşen çok sayıdaki reaksiyona girer. Fosfor nedeniyle ortaya çıkan su kirlenmesinin temel kaynağının %83'lük bir payla endüstri ve kanalizasyon atık suları olduğu bildirilmektedir. Kentsel kökenli kanalizasyon sularındaki fosfatların ise % 32-70'i deterjanlardan kaynaklanmaktadır. Bu verilere göre, tarım alanlarındaki yoğun yağışlardan sonra oluşan yüzey akışlarla fosfor taşınmasının, oransal olarak diğer kirlenici kaynaklara göre çok daha az olduğu söylenebilir.

Yüksek düzeydeki fosforun akarsu, göl ve denizlere ötrofikasyona yol açtığı bilinmektedir. Çeşitli kaynaklardan yüzey sularına ulaşan fosfatlar suyun oksijen bakımından zengin üst kısımlarında bulunan alg ve diğer yeşil bitkilerin aşırı miktarda ve suyun anaerobik karakterli üst kısmına çökelen alg ve diğer yeşil bitki artıklarında bir artış meydana gelmektedir. Ötrofikasyonun yanı sıra toprak erozyonu sonucunda baraj ve göletlere ulaşan aşırı düzeydeki fosfat, kompleksler halinde

Çökerek bu yapıların kullanma ömürlerinden daha önce dolmasına ve kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır.

Fosfor bileşikleri önemli bitki besin maddeleridir. Su canlılarına olan etkileri, ancak suda fazla miktarda bulunup pH değerini veya suyun tampon sistemini değişiklikle uğrattığı zaman göze çarpar. Temizlik malzemesinde (deterjan ve benzeri) bulunan polifosfatlar veya fosfor bileşikleri, suyun yüzey gerilimini değiştirecek (köpük teşekkülü) biyolojik olayları olumsuz yönde etkileyebilecektir. İçme sularında fosfor açısından bildirilen zararsız P konsantrasyonu 7 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/L (üst sınır) düzeydedir [24].

Fosfor, içme suyunda zararlı bir bileşen olmamasına karşın yeraltı suyunda bulunuşu büyük önem taşır. Yaygın gübre kullanımı ve evsel atıkların toprağa verilmesi fosforun yeraltı suyuna taşınımına neden olmaktadır [21].

#### 2.3.1.4. Gübreler

Tarımsal faaliyetlerde uygulanan gübrenin ancak belli bir kısmı bitkiler tarafından kullanıldığından geriye kalan kısmı akarsulara, içme sularına, yeraltı sularına ve çevreye yayılmakta, insan, bitki ve hayvan sağlığını tehdit etmektedir.

Üretimi arttırmak amacıyla artan gübre ihtiyacını karşılamak için gübre üretim sektörlerindeki artış ve dolayısıyla bu sektörlerden çevreye yayılan atık sular da dikkate alındığında, sorunun ne kadar ciddi boyutlarda olduğu görülecektir. Gübre sektöründe üretim büyük bir bölümünü azotlu gübreler oluşturmakta, bu gübreleri üreten tesislerin atık sularında amonyum azotu ve nitrat azotu yönetmelikte belirtilen miktarların, çok üstünde bulunmaktadır. Bu durum, azotlu gübrelerin çok yoğun bir şekilde kullanılmaları nedeniyle fazla miktarda üretilmelerinden ve kimyasal yapılarından, ileri gelmektedir. Gübre ve çevre ilişkisi açısından hayvansal gübrelerin etkisi de dikkate alınmalıdır. Özellikle Danimarka, Hollanda gibi hayvancılığın çok yaygın olduğu yerlerde hayvansal gübrelerin çok yaygın olarak kullanılması başta içme suyunun tehlikeli boyutlarda kirlenmesi olmak üzere, bitkisel

üretim miktarı, ürün niteliği, toprak altı ve toprak üstü sularını olumsuz yönde etkilemiş, insan, bitki ve hayvanlar hastalık yapıcı etmenlerin tehdidi altında kalmıştır [24].

Mineral gübre ile gübrenilmiş bir arazi ile gübrenmemiş bir arazinin yeraltı suyuna etkisini Çizelge 2.4. gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Mineral Gübrelere Yeraltı Suyuna Etkisi [25] (20 adet numunenin ortalaması)

Parametre	Gübrenmemiş Arazi	Gübrenmiş Arazi
pH	5.9	5.4
İletkenlik	159	614
Toplam Sertlik	2.6	11.9
Karbonat Sertliği	0.9	0.5
Na <sup>+</sup> mg/L	5.8	26
K <sup>+</sup> mg/L	1.6	10.3
Ca <sup>2+</sup> mg/L	11.3	64.0
Mg <sup>2+</sup> mg/L	2.9	12.3
Cl <sup>-</sup> mg/L	8.3	62.1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	0.05	111
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	18.8	11.2
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> mg/L	36.1	94.4

#### 2.3.1.5. Ağır metaller ve iz elementler

Zehir etkisi gösteren maddeler, suda düşük konsantrasyonlarda bulunmaları durumunda bile insan sağlığına zarar hastalıklara ve hatta ölümlere yol açabilmektedir. Eser miktarda bile toksik etkisi yapabilen bu maddeler arasında en önemli grubu; Cd<sup>2+</sup>, Cr<sup>6+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> gibi elementler oluşturmaktadır. Söz konusu elementlerin çoğunluğu ağır metal grubuna girmektedir.

Ağır metallerin önemli bir kirletici grubu oluşturdukları bilinmektedir. Bunların toksik ve kanserojen etkileri olduğu gibi, canlı organizmalarda birikme eğilimi de söz konusudur. Krom, mangan ve bakır gibi metaller doğada genellikle sülfür, oksit, karbonat, ve silikat, mineralleri şeklinde bulunmaktadır. Bunların suda çözünlükleri oldukça düşüktür.

Mangan ve demir, ağır metaller arasında en zehirsiz metaller sayılırlar. Litrede 0.5 demir veya mangan içeren içme suları, mürekkep tadını vermektedir (veya mürekkep kokusu hissedilir). Demir de mangan gibi, tedrici olarak zehirsiz sayılmaktadır. Buna rağmen sulardaki yüksek demir konsantrasyonu mikrofloranın büyük ölçüde değişmesine neden olur. Demir oksit, demir hidroksit ve iki değerlikli demir bileşikleri fazla zararlı değildir. Çeşitli demir bileşikleri sert olmayan sularda pH'yı düşürmek suretiyle balıklara zehir etkisi yapmaktadır. Demir hidroksit balıkların solungaçlarını tıkayarak ölmelerine neden olur. 1 mg Fe<sup>+2</sup>/ L balıklar için zararlı bir konsantrasyondur. İçme sularında ise 0.5 mg 1 Fe<sup>+2</sup>/ L, renk ve tat ile anlaşabilecek bir konsantrasyondur [24].

Çoğu yeraltı sularında mangana eser halde rastlanır. Redüksiyon koşullarında dahi mangan derişiminin 1 mg/L'den fazla olduğu durumlar nadirdir. 0.05 mg/L derişimini aştığı durumlarda içme suyu olarak kullanımı engeller.

Yüksek mangan derişimlerine termal sularda rastlanır. Ayrıca mineral sularda da yüksek derişimler söz konusudur.

Demir bitki ve hayvanlar için önemli bir maddedir. Yeraltı suyunda bulunuşu mikroorganizmalar tarafından denetlenir. 2 değerli demir miktarındaki artışlar antropojenik kirlenmelerin göstergesi olarak hizmet verirler. Yeraltı sularında en sık rastlanan çözülmüş Fe<sup>+2</sup>, dir. Oksijen içeren yeraltı sularında demir ya hiç bulunmaz ya da en fazla eser halde belirlenebilir. Redüksiyona maruz kalmış yeraltı sularında genelde 1–10 mg/L Fe<sup>+2</sup> belirlenebilmektedir [21].

Krom, kirlenmiş sularda hem katyon, hem de anyon (kromat, bikromat veya kromik asit) olarak bulunabilir. Anyon formu katyon formundan daha etkilidir. Balıklar için toksite sınırı 28-80 mg Cr<sup>6+</sup> /L, içme suyunda ise 0.05 mg Cr<sup>6+</sup> / L'dir.

Bakır, çinkonun zehir etkisini artırır. İçme suyunda 5 mg/L düzeyindeki çinko zararsız kabul edilmektedir. Bakır özellikle küçük canlılar için yüksek derecede zehirlidir. Hafif alkali sularda hidroksit, çürüyen organik madde içeren sularda sülfür şeklinde çöker. Bakır, balıklar için kuvvetli bir zehirdir. Alabalıklar toksite sınırı 0.14 mg Cu<sup>2+</sup>/L'dir. Sert sularda zehir etkisi daha azdır. Suda halde bulunan diğer tuzlar bakırın zehir etkisini azaltmaktadır. 2.5 mg Cu<sup>2+</sup>/L yüksek su bitkilerine zarar vermez. İçme sularında en fazla 0.05 mg Cu<sup>2+</sup>/L bulunmalıdır [24].

Son yıllarda yeraltı suyunda da iz metaller oldukça önem kazanmıştır. Bunlardan en önemlileri olan Cd<sup>2+</sup>, Cr<sup>6+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> ve Zn<sup>2+</sup> için içme suyunda belirli sınırlar konulmuştur. Türk İçme Suyu Standartlarında bazı iz metallere yer verilmiştir.

Bu elementler su ortamında nadiren bulunmalarına karşılık, kaynak ve hidrokimyasal ortamına bağlı olarak belirlenen standartların üstüne çıkabilirler. Yeraltı suyunda, demir haricindekilerin tümü hemen her zaman 1 mg/L'nin altındaki derişimlerde bulunur. Derişimin düşük oluşunun nedeni, minerallerin çözünürlüğünün azlığının yanı sıra kil mineralleri, demir ve mangan hidroksitleri ya da organik madde üzerinde adsoplanmalarıdır.

Flor suda F<sup>-</sup> iyonlarını oluşturur, bu iyon alüminyum, berilyum ve 3 değerli demir ile kuvvetle çözülür kompleksleri ve bor mevcudiyetinde Florit-Hidroksit komplekslerini oluştururlar. Flüörür, diş ve kemik sağlığına olumlu etkileri nedeniyle içme sularında belirli bir değere kadar istenmektedir. Türk İçme Suyu Standartlarında kabul edilebilecek en büyük derişim 1.0 mg/L müsaade edilebilecek en büyük derişim 1.5 mg/L olarak belirlenmiştir ve yeraltı sularında flüörür derişimleri genelde 1 mg/L'den azdır. Çok yüksek flüörür derişimlerine volkanik kökenli termal sularda rastlanır. [21].

Bromür jeokimyasal olarak çok benzer olan klorüre göre doğada çok nadir olarak bulunur. Deniz suyunda 7.3 mg/kg derişimle volkanik kayalara göre çok fazla içermektedir. Kökeni klorürde olduğu gibi volkanik aktivite ile ilişkilidir.

Doğal sularda Br<sup>-</sup> iyonu formunda ortaya çıkar. Yağmur suyunda eser halde içeriir. Br<sup>-</sup> iyonu muhtemelen kilin membran efekti ile zenginleşir, zira klorüre nazaran daha büyük iyon yarıçapına sahiptir.

İyot litosferde ve hidrosferde nadir rastlanan bir elementtir. Biyofil bir element olarak bitki ve hayvanlarda zenginleşmiştir. Çok organik madde içeren denizel killi sedimanter kayalarda bu maddelerin yıkımıyla serbest hale gelir.

Doğal yeraltı sularında genelde belirlenemeyecek derişimlerde bulunur, bazı durumlarda kıyıya yakın akiferlerde derişimlerde yükselmeler gözlenebilir [21].

#### 2.4. AQUACHEM PROGRAMI

AquaChem grafiksel ve sayısal çözümlene ve su ile ilgili jeokimyasal verilerin modellenmesi için belirli bir biçimde geliştirilmiş bir yazılım paketidir. Bu yüksek lisans tez çalışmasında Aquachem 3.7.42 versiyonu kullanılmıştır.

Program, jeokimyasal parametrelere tamamen uyarlanabilir bir veri tabanını içeriir. Program su ile ilgili jeokimyasal veri haritası çıkarmak ve yorumlamak için genellikle kullanılan analiz araçlarının ve grafiksel teknolojilerinin kapsamlı bir biçimde seçimini sağlar.

AquaChem'in analiz araçları, geniş bir aralıktaki hidrokimyasal verileri karşılaştırmak ve yorumlamak için sık sık kullanılan hesaplamaları ve fonksiyonları kapsar.



Bu araçlar, jeotermometre hesaplamaları ve korelasyon matrisi (ilinti matrisi) gibi örneklerdeki daha kompleks fonksiyonların karşılaştırılmasını, yük denkliliklerini ve basit birim çevirmeyi içerir.

Bu etkili analitik yetenekler, su kalitesi ve su ile ilgili jeokimyasal verilerin kimyasal özellikleri göstermek için yaygın olarak kullanılan grafiksel tekniklerin seçimi ile tamamlanmıştır.

AquaChem içerdiği mevcut grafik tipleri;

- Piper, Durov, ve Ternary çizimleri,
- Ludwig-Langelier ve Schoeller grafikleri,
- Radial, Stiff ve Pie diagramları,
- X-Y Scatter grafikleri, Frekans Histogramları ve Zaman-Dizisi (frekans dağılımı) grafikleri,
- Jeotermometre çizimleri ve
- Örnek yerlerinin harita çizimleri.

Bu grafik tiplerinin her biri, akifer materyalleri ve yeraltı suyu arasındaki kompleks etkileşimlerin çoğuna eşsiz bir yorum sağlar.

Tüm bunlara ek olarak AquaChem, bir çözeltide denge içindeki katı fazların doyuma indekslerinin ve çözelti içindeki kimyasal türlerin denge konsantrasyonlarının veya aktivitelerinin hesaplanması için popüler jeokimyasal modelleme programı olan PHREEQC'nin grafiksel arabirim içinde var olan bir özellik taşıyor [23].

### 3. MATERYAL ve METOT

Çalışmaya deltada örnekleme yapılacak noktaların yerlerinin ve sayılarının belirlenmesi ile başlandı. Alınacak örneklerin nereden ve nasıl alınacağını tespiti için taslak hazırlandı. Yeterli ve etkili bir izleme yönteminin oluşturulması için ön saha incelenmesi yapıldı. Bu amaçla deltada daha önce açılmış olan yaklaşık 28 kuyu tespit edildi ve yüzey sularından da örnekleme yapılması planlandı. Daha sonra arazi çalışmalarına başlanarak analiz için deltadaki yüzey sularından (Göksu Nehri memba ve mansap tarafından, denizden, Akgöl ve Paradeniz'den) 6 noktadan ve belirlenen kuyulardan 28 noktadan örnek alınarak toplam 34 noktadan örnekleme yapıldı. Tüm numune alınan noktaların koordinatları (x, y, z) Global Positioning System (GPS) ile belirlendi.

Çalışmada örnekleme yapılan noktaların yerleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanına ait uydu görüntüsü ve örnekleme noktaları [1]

### 3.1. ANALİZLER

Bu çalışmada yerinde yapılan ölçümler ve örnek almak suretiyle laboratuvar ortamında analizler yapılmıştır. Major iyonların ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ve KOI) analizi ise MTA Genel Müdürlüğünde yaptırılmıştır.

#### 3.1.1. Yerinde Yapılan Ölçümler

Elektriksel iletkenlik (EC), pH, tuzluluk (salinite) ve sıcaklık (T) yerinde ölçüm yapılan parametrelerdir.

Bu çalışmada doğrudan metotlar kullanılmıştır. Yerleri tespit edilmiş olan numune noktalarından örnek alınmış ve alınan örneklerin analizi (pH, EC, tuzluluk, T) yine numune noktalarının başında WTW pH 340i cihazı ile yapılmıştır (Şekil 3.2)



Şekil 3.2. WTW pH 340i cihazı

### 3.1.2. Laboratuvar Analizleri

Bu çalışmada fotometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. Hanna C200 Multiparameter Photometer 15 değişik mikropozesör tarafından fotometre içermektedir (Şekil 3.3). Bu fotometreler ile duru suların içinde 46 değişik parametre belirlenebilmektedir. Ölçümlerde akışkan halde veya pudra şeklinde reagentler kullanılmaktadır. Çalışma alanından alınan numunelere laboratuvarda DO,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_3^+$ -N,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P,  $\text{SiO}_2$ , P, I, F,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Mo}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.3. Hanna C200 Multiparameter Photometer cihazı

## **4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

### **4.1. ANALİZ SONUÇLARI**

Göksu Deltası'nda, çalışma kapsamında toplam 34 noktadan Temmuz 2006'da örnek alınmıştır. Bu örneklere yapılan analizlerin sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Her noktadan iki adet örnek alınmış olup, biri asitlenerek ağır metal analizlerinde kullanılmıştır.



## 4.2. ANALİZ SONUÇLARININ AQUACHEM'E GİRİLMESİ

Tüm analiz sonuçları suların kimyasal karakteristiklerinin belirlenmesi ve birbirleriyle kıyaslanmaları için tek tek AquaChem programına girildi. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de de görüldüğü gibi her bir örnekleme noktasının analiz sonuçları programa girildi. AquaChem programı Şekil 4.3'te görüldüğü gibi sonuçların birim çevirmelerini de yapmaktadır.

The screenshot shows the AquaChem software interface with the following data entry sections:

**Measured values**

Header	
SampleID	ME-8
Site	
Location	
Date	25.07.2006
Aquifer geology	
Lithology	

**Physical Parameters**

Y(m)	4019913
X(m)	593868
z(m)	3.4
Head (m)	
Vol Flow (m3/h)	
Ph	7.94
Eh (mv)	
Sample temperature (°C)	30.1
Formation temperature (°C)	

**Cations (mg/l)**

Na+	243
K+	11.5
Mg++	39.7
Ca++	37.3
Mo	0
Mn++	0
Fe++	.13
NH4+	.07
Ba++	
Zn++	
Cu++	.29

**Anions (mg/l)**

F-	.33
Cl-	371
Br-	.53
I-	.5
SO4--	86
NO3-	3.1
NO2-	.23
HCO3-	206
CO3--	
PO4-	

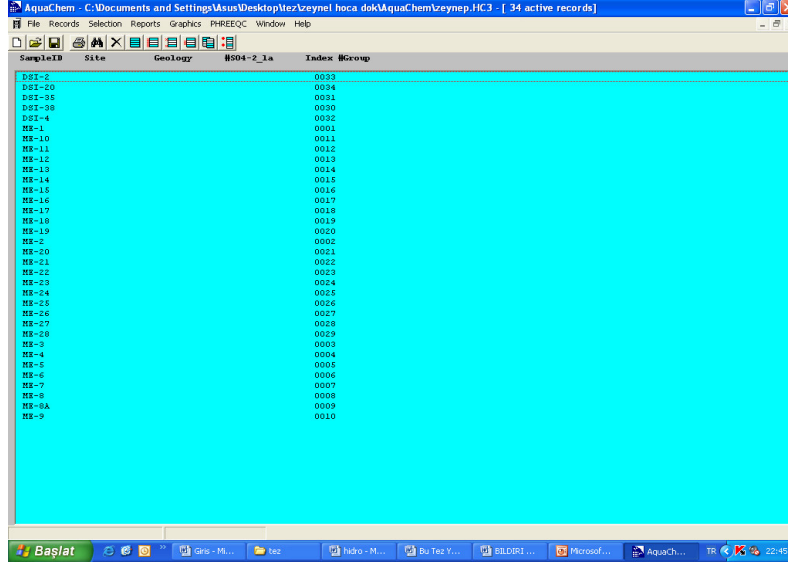
**Uncharged C (mg/l)**

Al tot	
As tot	
P	.6
H2SiO3	.5
H3BO3	
CO2	
O2	6.4
N2	
CH4	
H2S	
Cd	

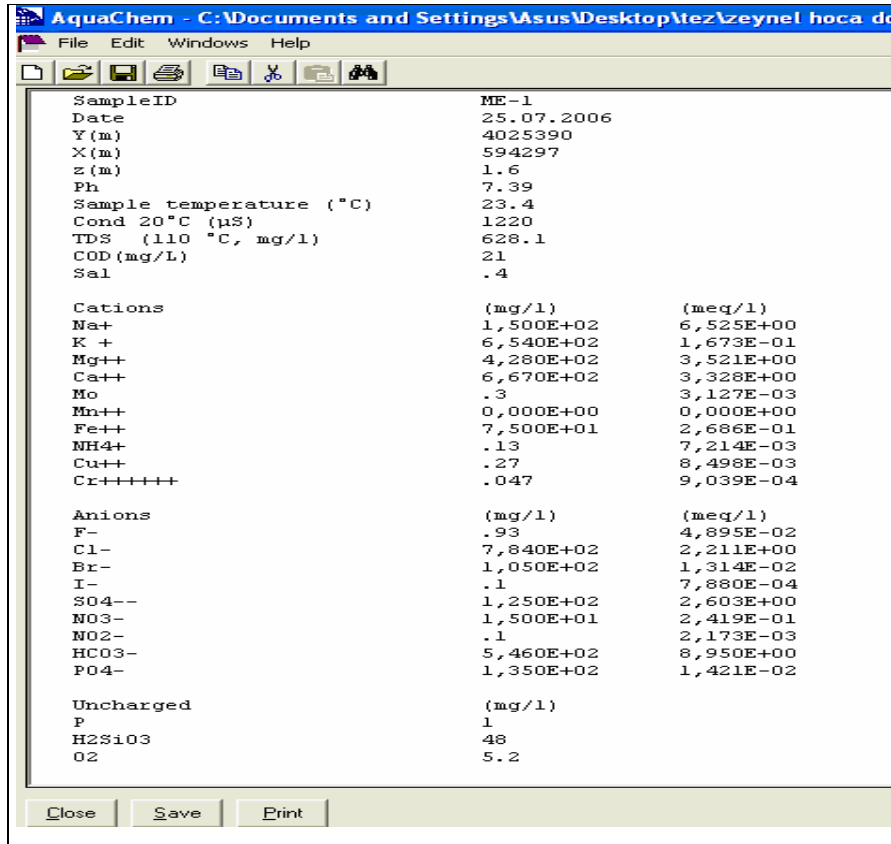
**Varia**

18O (SMOW)	
2H (SMOW)	
34S (%CD)	
18O(SO4, S)	
Trit (TU)	
14C (%mod)	

Şekil 4.1 AquaChem'e veri girişi



Şekil 4.2. AquaChem'e tüm örnekleme noktalarının analiz sonuçlarının girişi



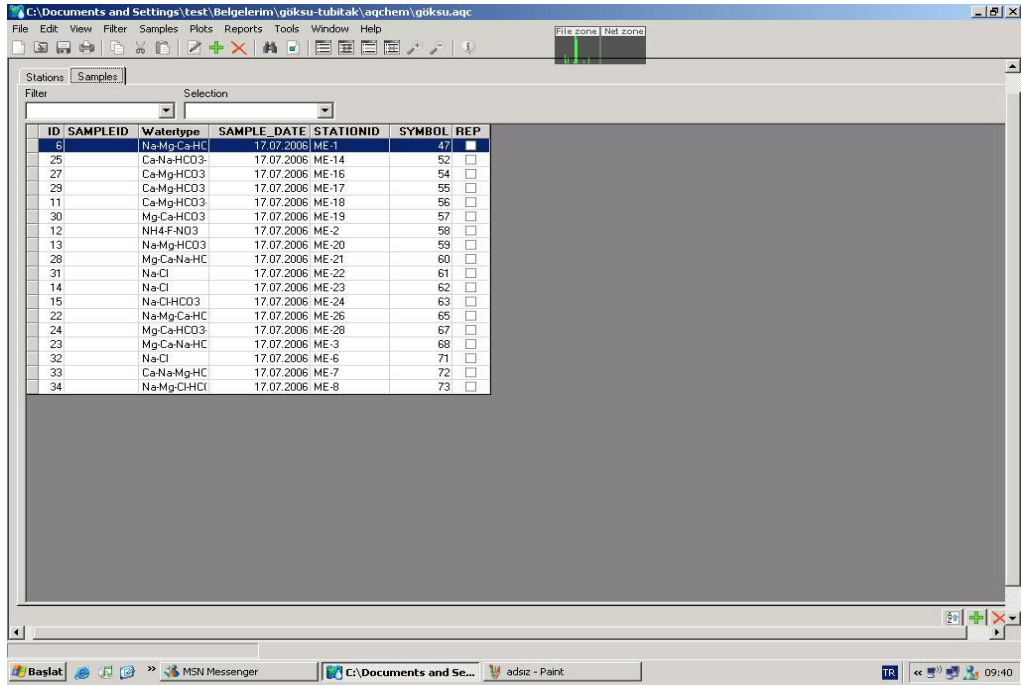
Şekil 4.3. AquaChem'de verilerin hesaplanması



## 4.3. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

### 4.3.1. Sonuçların AquaChem ile Değerlendirilmesi

Tüm analiz sonuçlarının AquaChem'e girilmesiyle suların kimyasal karakteristikleri belirlendi. Program, örnek içerisinde %20' yi geçen iyonları hesaplıyor ve suların ismini yani kimyasal karakteristiklerini veriyor. Şekil 4.4'de her bir örnekleme noktasının kimyasal karakteristikleri görülmektedir.



The screenshot shows the AquaChem software interface. The main window displays a table with the following columns: ID, SAMPLEID, Watatype, SAMPLE\_DATE, STATIONID, SYMBOL, and REP. The table contains 34 rows of data, each representing a different water sample. The first row is highlighted in blue. The table is as follows:

ID	SAMPLEID	Watatype	SAMPLE_DATE	STATIONID	SYMBOL	REP
6		NaMg-Ca-HC	17.07.2006	ME-1		47
25		CaNaHCO3-	17.07.2006	ME-14		52
27		CaMgHCO3	17.07.2006	ME-16		54
29		CaMgHCO3	17.07.2006	ME-17		55
11		CaMgHCO3	17.07.2006	ME-18		56
30		Mg-Ca-HCO3	17.07.2006	ME-19		57
12		NH4F-NO3	17.07.2006	ME-2		58
13		NaMg-HCO3	17.07.2006	ME-20		59
28		Mg-Ca-Na-HC	17.07.2006	ME-21		60
31		Na-Cl	17.07.2006	ME-22		61
14		Na-Cl	17.07.2006	ME-23		62
15		Na-ClHCO3	17.07.2006	ME-24		63
22		NaMg-Ca-HC	17.07.2006	ME-26		65
24		Mg-Ca-HCO3	17.07.2006	ME-28		67
23		Mg-Ca-Na-HC	17.07.2006	ME-3		68
32		Na-Cl	17.07.2006	ME-6		71
33		CaNaMg-HC	17.07.2006	ME-7		72
34		NaMg-Cl-HCl	17.07.2006	ME-8		73

Şekil 4.4. Suların kimyasal karakteristikleri

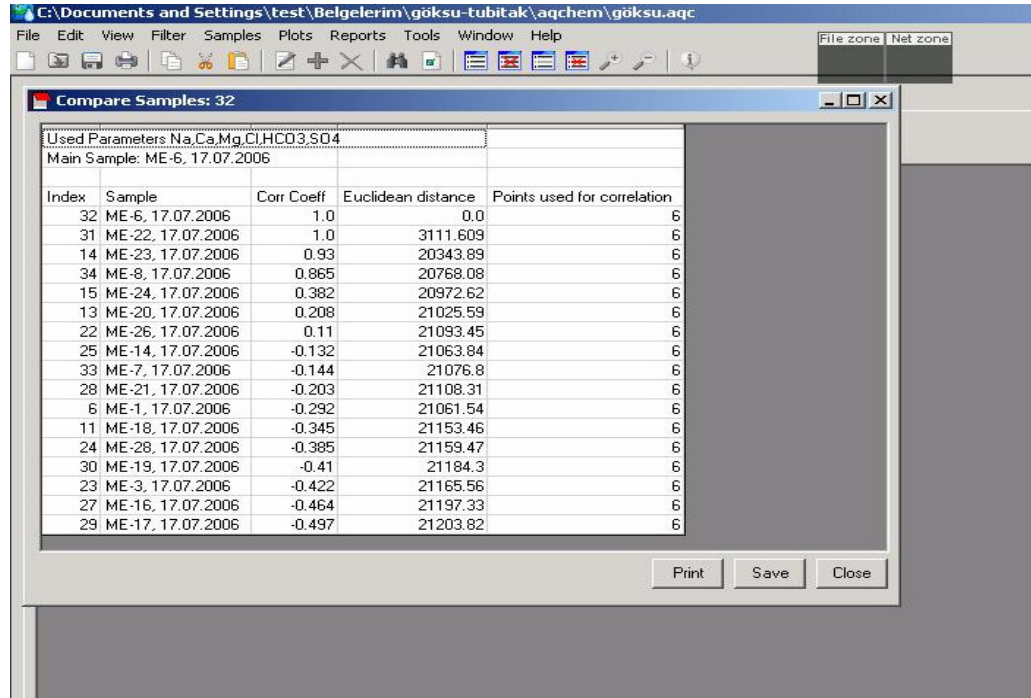
Alüvyon akiferden üretim yapan kuyuların suyunun kimyasal karakteristikleri kirlenmemiş bölgelerde (ME-28, ME-17, ME-18, ME-19) Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> iken özellikle deniz suyu girişimi nedeniyle bir çok yerde fasiyese (ME-3, ME-26, ME-24, ME-20, ME-1) Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonları da katılmıştır.

Kireçtaşı akiferinin sularının kimyasal fasiyesinin Ca-HCO<sub>3</sub> ya da Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> olması beklenirken, akiferin kırıklı ve karstik olması ve kırık sistemlerinin

denize kadar uzanıyor olması nedeniyle bu akiferden gelen suların (ME-14, ME-21) kimyasal fasiyeslerinin de Ca-Na-Mg-HCO<sub>3</sub>-Cl şeklinde değişimini neden olmuştur.

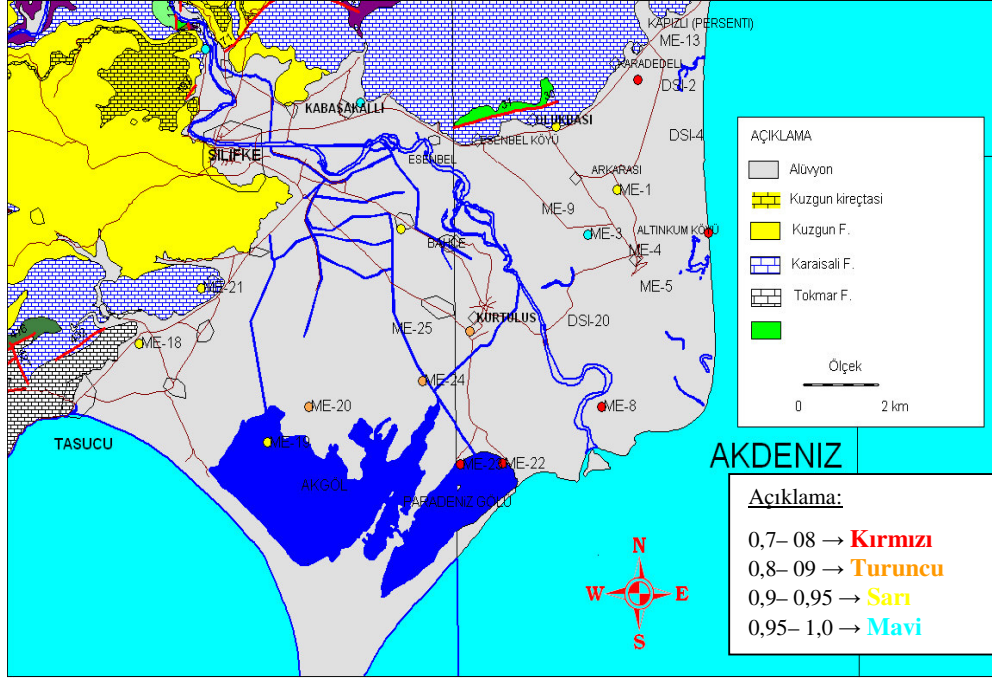
Yüzeysel suları içinde antropojenik aktivitelerden en az etkileneni Akgöl olup, Mg-Ca-HCO<sub>3</sub> karakterinde suya sahiptir. Paradeniz ise deniz suyu ile tamamen aynı kimyasal fasiyestir (Na-Cl). Göksu Nehri Silifke'den önce antropojenik etkilerden uzak ve Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> karakterinde su taşırken denize döküldüğü yerde karakteri değişmekte ve Ca-Na-Mg-Cl-HCO<sub>3</sub> karakterine dönüşmektedir. Kimyasal Oksijen İhtiyacı ve Çözülmüş Oksijen Derişimi memba tarafında KOI 22 ve ÇO 7.1 mg/L iken denize ulaştığı yerde KOI 137 ve ÇO 6.4 mg/L olmaktadır.

AquaChem ile seçilen bir su diğer sularla karşılaştırılabilmektedir. Şekil 4.5 ve 4.6'da da görüldüğü gibi deniz suyu (ME-6) ile diğer bütün suların karşılaştırması yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda major iyonlar dikkate alınarak deniz suyu ile yapılan karşılaştırmada ME-22, ME-23 ve ME-8 nolu numunelerin deniz suyu ile büyük benzerlik gösterdiği (Paradeniz) ortaya konulmuştur.



Index	Sample	Corr Coef	Euclidean distance	Points used for correlation
32	ME-6, 17.07.2006	1.0	0.0	6
31	ME-22, 17.07.2006	1.0	3111.609	6
14	ME-23, 17.07.2006	0.93	20343.89	6
34	ME-8, 17.07.2006	0.865	20768.08	6
15	ME-24, 17.07.2006	0.382	20972.62	6
13	ME-20, 17.07.2006	0.208	21025.59	6
22	ME-26, 17.07.2006	0.11	21093.45	6
25	ME-14, 17.07.2006	-0.132	21063.84	6
33	ME-7, 17.07.2006	-0.144	21076.8	6
28	ME-21, 17.07.2006	-0.203	21108.31	6
6	ME-1, 17.07.2006	-0.292	21061.54	6
11	ME-18, 17.07.2006	-0.345	21153.46	6
24	ME-28, 17.07.2006	-0.385	21159.47	6
30	ME-19, 17.07.2006	-0.41	21184.3	6
23	ME-3, 17.07.2006	-0.422	21165.56	6
27	ME-16, 17.07.2006	-0.464	21197.33	6
29	ME-17, 17.07.2006	-0.497	21203.82	6

Şekil 4.5. Deniz suyu ile diğer numunelerin karşılaştırması



Şekil 4.6. Karşılaştırma katsayılarına göre örnekleme noktaları (Map Info ile hazırlanmıştır)

AquaChem programı her girilen numunenin içme suyu Amerika Çevre Koruma Ajansı (US-EPA) ile kıyaslama sonuçlarını vermektedir. Buna göre birçok kuyuda sınır verilen değerleri aşıldığı görülmektedir. Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de ME-6 ve ME-1’in içme suyu ile karşılaştırılması verilmiştir. Tüm numuneler incelendiğinde alüvyondan üretim yapan bazı kuyularda  $F^-$ ,  $Br^-$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  ve  $Cu^{2+}$  derişimlerinin EPA’ya göre izin verilebilir değerleri aştığı ortaya konmuştur.

AquaChem - C:\Documents and Settings\Asus\Desktop\mez\zeynel hoca dok\AquaChem\zeynep.HC3

File Edit Windows Help

SampleID : ME-6  
Location :  
Site :  
Sampling Date : 25.07.2006

Drinking Water Quality Regulations:

Element	Measured	Recommended	Maximum
T(Wa)	29,2	< 12	< 25
Cond	53500	< 400	< 1250
Sal	35,5	100- 0	100- 0
Na	10934	< 20	< 200
K	485	< 10	< 12
Mg	822	< 30	
Ca	373	< 100	
Fe	0,06	< .05	< .2
NH4	4,01	< .5	
Cu	0,77	< .1	< 3
F	1,96		< 1.5
Cl	17929	< 25	
SO4	2915	< 25	< 250

Irrigation water:  
Conductivity = 53500 uS (group C4: Very high salinity water)  
Sodium Adsorption Ratio (SAR) : 72,43  
Exchangeable sodium ratio (ESR) : 5,51  
Magnesium hazard (MH) : 78,42

Şekil 4.7. ME-6 nolu numunenin içme suyu ile karşılaştırılması

AquaChem - C:\Documents and Settings\Asus\Desktop\tez\zeynel hoca dok\Aqua

File Edit Windows Help

SampleID : ME-1  
 Location :  
 Site :  
 Sampling Date : 25.07.2006

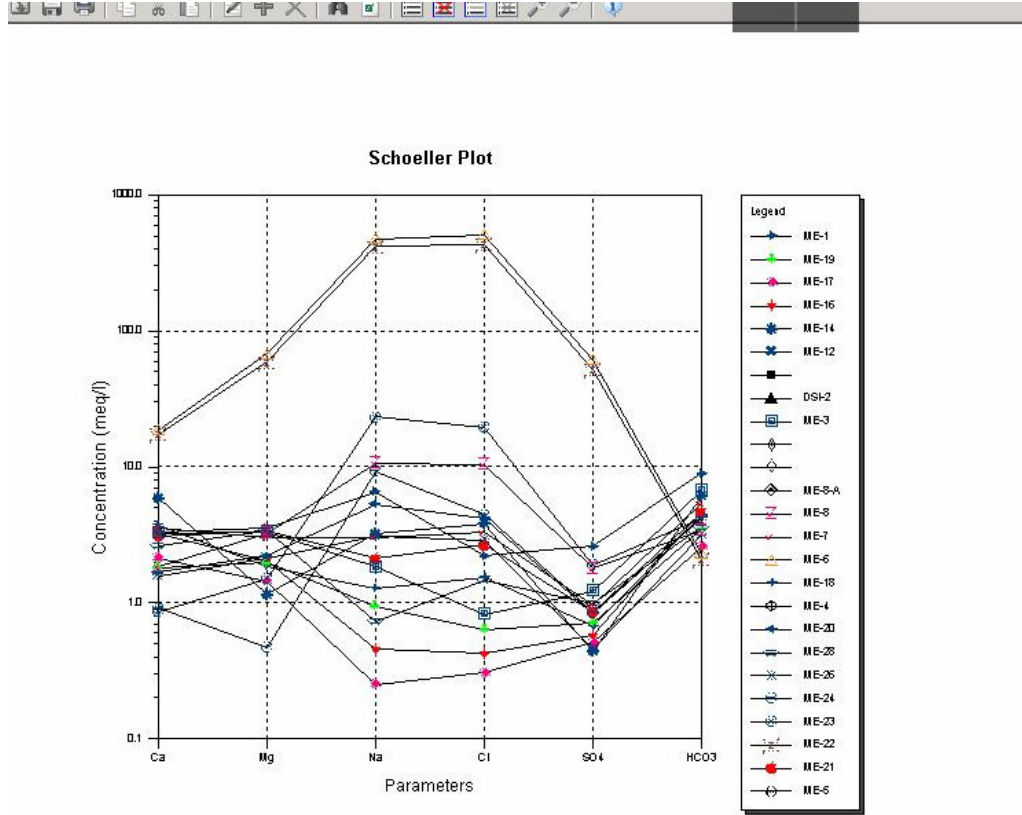
Drinking Water Quality Regulations:

Element	Measured	Recommended	Maximum
T(Wa)	23,4	< 12	< 25
Cond	1220	< 400	< 1250
Sal	0,4	100- 0	100- 0
Na	150	< 20	< 200
Mg	42,8	< 30	
Fe	7,5	< .05	< .2
Cu	0,27	< .1	< 3
Cl	78,4	< 25	
S04	125	< 25	< 250

Irrigation water:  
 Conductivity = 1220 uS (group C3: High salinity water)  
 Sodium Adsorption Ratio (SAR) : 3,53  
 Exchangeable sodium ratio (ESR) : 0,95  
 Magnesium hazard (MH) : 51,41

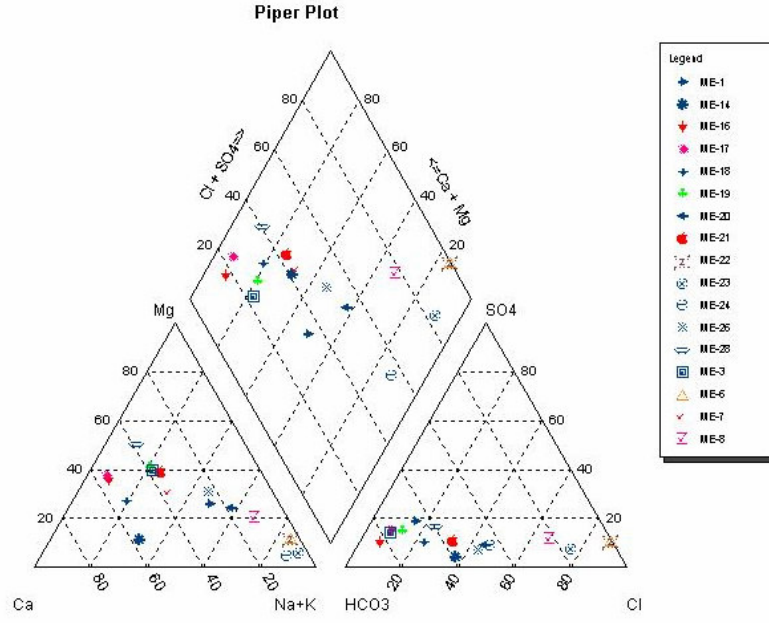
Şekil 4.8. ME-1 nolu numunenin içme suyu ile karşılaştırılması

AquaChem programı ile çizilen Shoeller Diyagramı Şekil 4.9’da verilmiştir. ME-22, ME-23, ME-8 ve ME-12 gibi sular deniz suyuna (ME-6) yakın ve benzer grafik çizmişlerdir. Buda bu suların deniz suyu etkisi altında olduğunu göstermektedir.



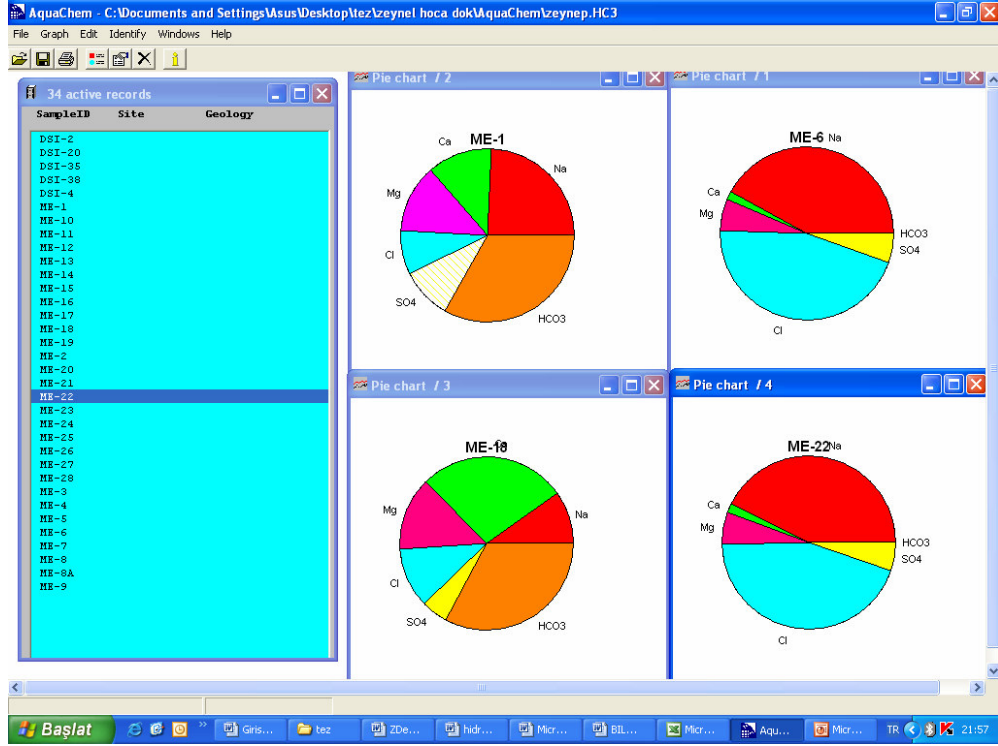
Şekil 4.9. Schoeller Diyagramı

AquaChem programı ile çizilen Piper Diyagramı Şekil 4.10'da verilmiştir. ME-22, ME-23, ME-8, ME-12 gibi sular deniz suyuna (ME-6) doğru yaklaştıkları görülmektedir. Yine buda bu suların deniz suyu etkisi altında olduğunu göstermektedir.

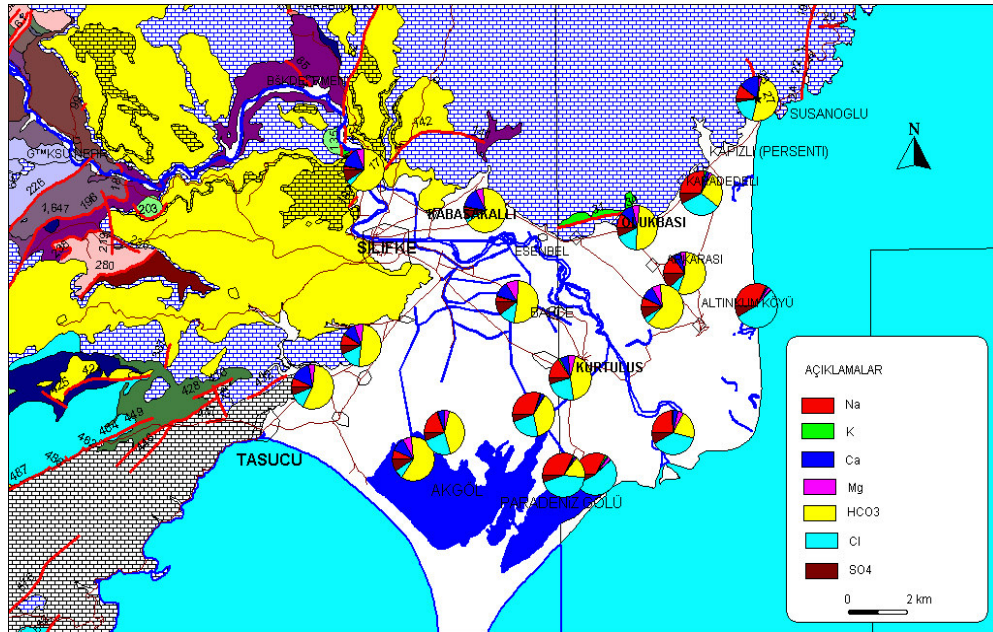


Şekil 4.10. Piper Diyagramı

AquaChem programı ile hazırlanan her bir örneğin Pie Diyagramları aşağıda Şekil 4.11’de verilmiştir. Şekil 4.12’de major iyonlara göre sular Pie Diyagramları ile gösterilmiştir (Suların kimyasal karakteristikleri) [1]. Görüldüğü gibi deniz etkisinde olan noktalarda  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  oranlarında bir artış söz konusudur. Deltanın doğu kısmında deniz suyunun girişiminin daha etkili olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.11. Pie Diyagramları



Şekil 4.12. Suların Pie Diyagramları [1]



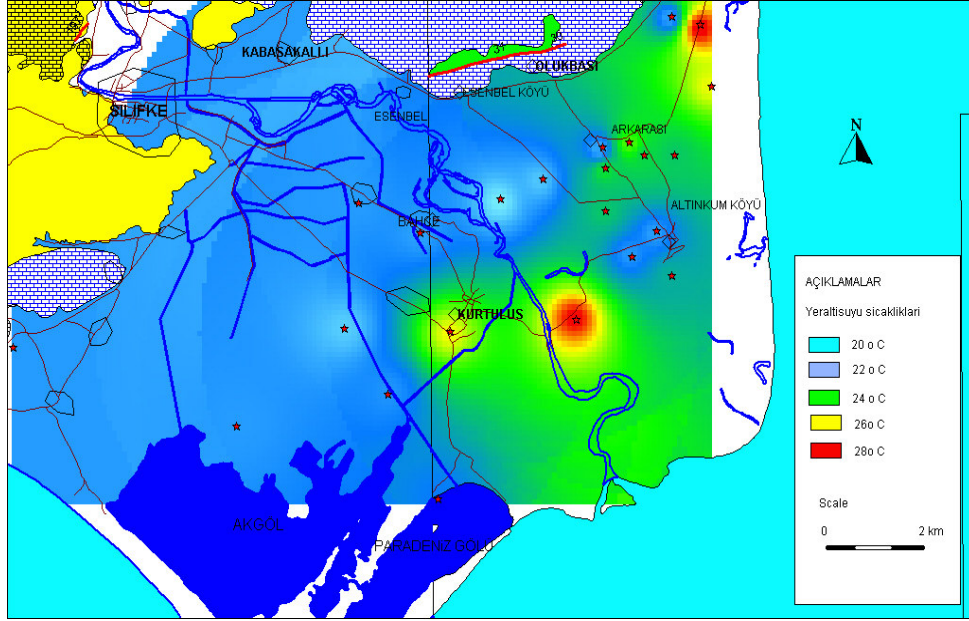
#### 4.3.2. Sonuçların Genel Değerlendirilmesi

**Sıcaklık (T):** Suyun kendine özgü lezzeti özellikle sıcaklığa bağlıdır. Genel olarak içme suyunun sıcaklığının 7–12 °C'ler arasında olması istenmektedir. İçilebilir su derinden gelen toprak tabakalarından çok yavaş süzülerek yeryüzüne çıktığından daima soğuktur. Bu yavaş süzülme suyu kirliliğinde büyük ölçüde arındırılır.

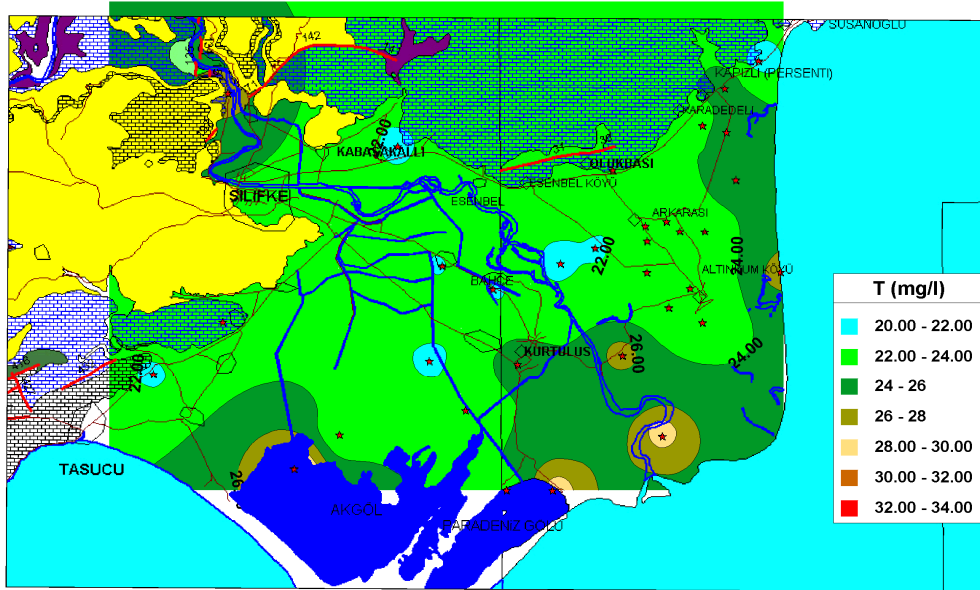
Çalışma bölgesinde Temmuz ayında yapılan sıcaklık ölçümlerinde, değerler 20- 33.9 °C arasında çıkmıştır. Suyun sıcaklığının yüksek olmasının en önemli etkeni numunelerin Temmuz ayında alınmasıdır. Sıcaklığın yüksek yüzey sularının yeraltında hareket eden normal derecedeki akifer sularına karışmasıyla akifer sularının sıcaklığı önemli ölçüde yükseltecektir. Aynı şekilde zemin ısı da akifer suyunun sıcaklığını etkileyecektir. Yeraltında hareket eden su geçtiği zemine göre ısı alışverişi yaparak sıcaklığını değiştirecektir. Aynı zamanda deniz suyu etkisi altındaki sularda da su sıcaklığının yüksek olması beklenir.

Şekil 4.13 ve 4.14'de örnekleme noktalarındaki su sıcaklığı değişimi görülmektedir. Yeraltı su sıcaklığının değişimi (Map Info) ile sıcaklık değerlerini kullanarak hazırlanan tematik harita yeraltı su sıcaklığının deniz suyu girişimi olan bölgelerde arttığını göstermektedir. Enviro Insite bilgi sistemi ile hazırlanan sıcaklık tematik haritası da aynı etkiyi göstermektedir [1].

En yüksek sıcaklık yüzey suyunda ME-19'da 33.9 °C ve yeraltı suyunda ME-26'da 26 °C ölçülmüştür. Deltanın doğu kısmında sıcaklık verilerinin 24 °C'den fazla olduğu görülmektedir. Deniz suyu sıcaklığı 29.2 °C ölçülmüştür. Deniz suyu etkisinde olan kuyularda su sıcaklıkları artmıştır. (DSİ-35, DSİ-4, ME-13, ME-26, ME-22, ME-3, ME-11)



Şekil 4.13. Yeraltı su sıcaklığının değişimi (Map Info ile) [1]



Şekil 4.14. Yeraltı su sıcaklığının değişimi (Enviro Insite ile) [1]

**pH (Hidrojen İyonu Derişimi):** Bir çözeltilinin asitlilik veya alkalilik özelliği olan pH çözeltilinin  $H^+$  veya  $OH^-$  derişiminin niceliksel olarak ölçümüdür. pH matematiksel olarak bir çözeltilinin  $H^+$  derişiminin 10 tabanına göre – işaretli logaritmasıdır.  $pH = -\log_{10} [H^+]$

Suyun iyonlaşma tepkimesi:

$H_2O (s) \rightarrow H^+ (sç) + OH^- (sç)$  için 25 °C denge sabiti  $K = [H^+].[OH^-] = 10^{-14}$  olduğundan pH, 0 dan 14 de kadar değerler alabilir.  $pH = 7$  değeri  $[H^+]$  ve  $[OH^-]$  nin birbirine eşit olduğu nötr pH değeridir.  $pH < 7$  den değerleri asit,  $pH > 7$  değerleri ise alkali (bazik) ortamlara işaret eder.

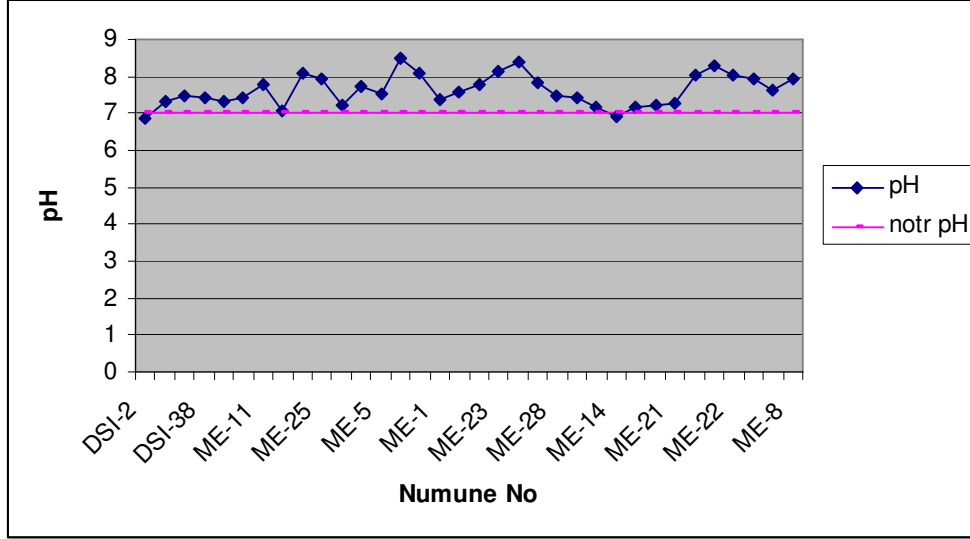
pH değeri birçok maddenin çözünürlüğünü ve sudaki iyon konsantrasyonlarını etkiler. Doğal sulardaki pH değerindeki değişimler çoğu kez değişik karbonik asit içeriklerinden etkilenir. Sadece çok az iyon ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ) gibi tüm pH seviyelerinde aynı çözünürlükte kalır. Metallerin çoğu iyonlarının çözünürlükleri pH değerine bağlıdır [26].

İyonları birçok değerliği sahip olabilen birçok metal orta değerlikli amfoter olarak reaksiyona girerler (örneğin  $Mn^{2+}$ ). Suda zor çözülen  $MgOH$ ,  $pH > 10.5$  ten sonra çözeltiliye tekrar geçer. Bu tür kimyasal ilişkilerin bilinmesi birçok hidrojeolojik araştırmada önemlidir. Örneğin ağır metal içerikli atıklar arıtma tesislerinde çoğu kez zor veya suda hiç çözülemez hidroksitler haline geçerler, yağış sularını genelde pH değerleri  $< 7$  değerindedir ve sonuçta ağır metaller yeraltı suyuna ulaşırlar [28].

Suda çözülmüş maddeler genelde pH değerini değiştirirler, zira çözülmüş iyonların bir kısmı  $H^+$ , diğer bir kısmı da  $OH^-$  iyonlarına bağlanırlar. Hidrojen karbonat içerikli sular pH değerini bazik sulara iterler, çünkü H iyonlarına bağlanırlar. İçme sularında TS-266 ya göre pH 6.5-9.5, EPA ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)' ya göre pH 6.5-8.5 tavsiye edilen değerdir.

Çalışma bölgesinde yapılan ölçümlerde Şekil 4.15'de de görüldüğü gibi pH değeri 6.5 ile 8.5 arasında değişmektedir (Çizelge 4.1). En yüksek pH değeri

ME-9'da 8.48 olarak ve en düşük pH değeri DSİ-2'de 6.85 olarak ölçülmüştür.  $pH < 7$  olan DSİ-2 ve ME-14 olan kuyularda H iyonları daha yoğundur yani asidik özellik taşımaktadır. Diğer kalan tüm örnekleme noktalarındaki sularda ise  $pH > 7$  olarak ölçülmüş olup OH<sup>-</sup> iyonları daha yoğundur ve bazik özellik taşımaktadır. Bu parametre içme suyu hakkında doğrudan bilgi vermez.



Şekil 4.15. Numunelerdeki pH değerleri

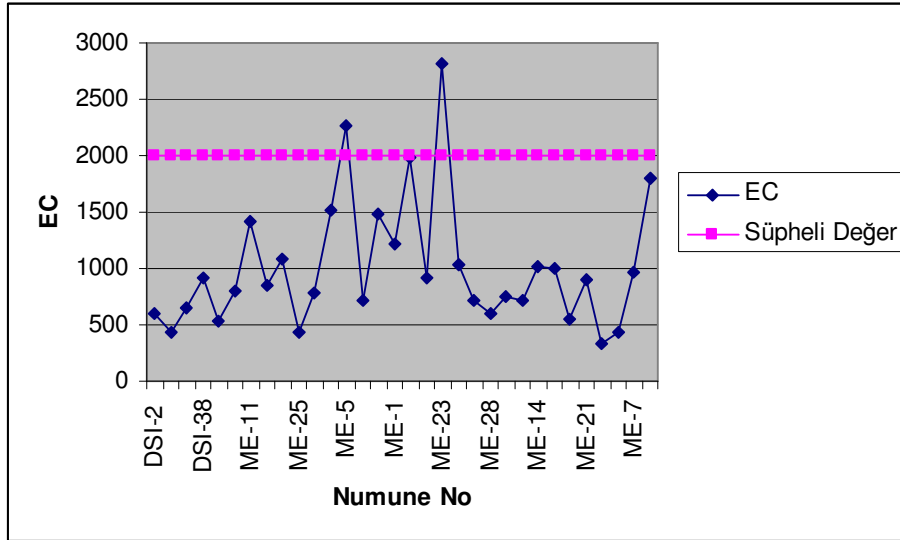
**Elektriksel İletkenlik (EC):** Elektriksel iletkenlikten kasıt elektriksel direncin reziproke değeridir. (Ohm ile ölçülür.) Elektriksel iletkenliğin birimi simenstir (S). Elektriksel iletkenlik sıcaklığa, su, içindeki çözünmüş maddelere (Tuz ve benzeri) ve iz haldeki çözelti içeriklerine bağlı olarak değişebilir. Suyun elektriksel iletkenliğinin düşük olması nedeniyle hidrojeokimyada microsimens birimi( $10^{-6}$ ) kullanılır. Saf su 25 °C sıcaklıkta  $EC = 4,2 \cdot 10^{-2} \mu S/cm$  elektriksel iletkenliğe sahiptir [28].

Çalışma bölgesinde yapılan elektriksel iletkenlik ölçümlerinde kuyu sularında EC 434–2260  $\mu S/cm$  ve yüzey sularında ise 335–53500  $\mu S/cm$  arasında değişmektedir (Çizelge 4.1). Deniz suyunda yapılan ölçümde EC 53500  $\mu S/cm$  bulunmuştur. TS 266'ya göre maksimum EC değeri 2500  $\mu S/cm$  olarak belirtilmiştir. EC'nin 2500  $\mu S/cm$  yüksek olduğu yerlerde deniz suyu etkisi olduğu görülmektedir.

Sıcaklıkla paralel olarak EC'nin de çalışma alanının doğu kısmında arttığı tespit edilmiştir. Çizelge 4.2'den yararlanılarak hazırlanan Şekil 4.16' de şüpheli değeri aşan suların (ME-5, ME-23) grafiksel gösterimi verilmektedir.

Çizelge 4.2. Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırma [29]

EC 25 <sup>0</sup> C' de $\mu\text{S/cm}$	Sınıf
250 den az	Çok İyi
250–750	İyi
750–2000	Kullanılabilir
2000–3000	Şüpheli
3000 den fazla	Kullanılamaz



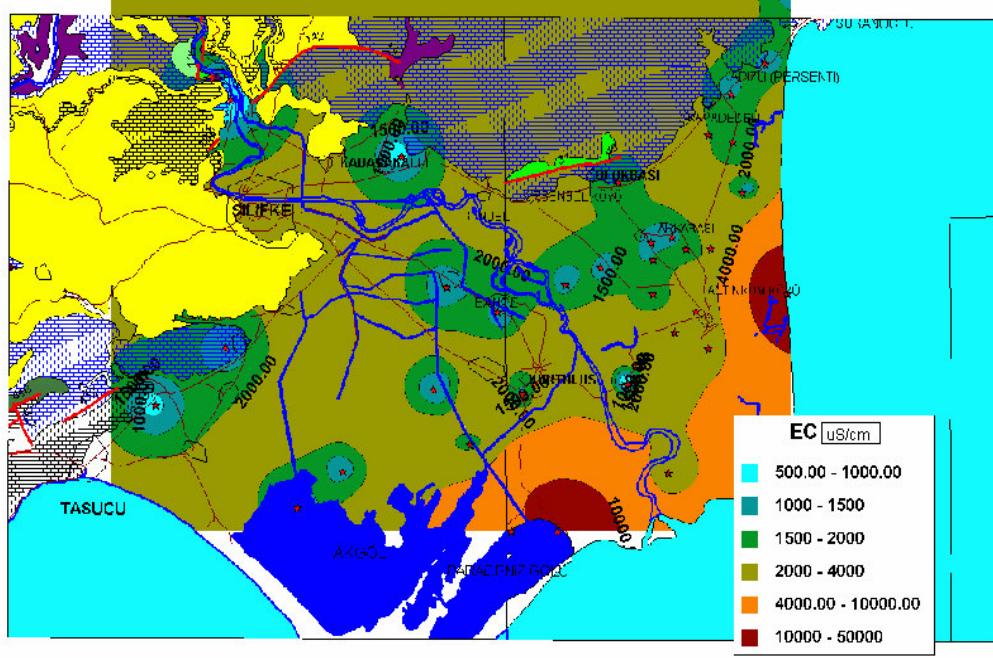
Şekil 4.16. Şüpheli değere göre numunelerdeki EC değerleri (Deniz suyu ve Paradeniz hariç)

Buna göre numuneler Çizelge 4.3 sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.3. EC değerlerine göre numunelerin sınıflandırılması

EC 25 <sup>0</sup> C' de $\mu$ S/cm	Numuneler	Sınıf
250 den az	-----	Çok İyi
250–750	DSI–2, DSI–4, DSI–20, DSI–35, ME–9, ME–16, ME–17, ME–18, ME–19, ME–25,	İyi
750–2000	DSI–38, ME–1, ME–2, ME–3, ME–4, ME–7, ME–8, ME–8A, ME–10, ME–11, ME–12, ME–13, ME–14, ME–15, ME–21, ME–24, ME–27, ME–20	Kullanılabilir
2000–3000	ME–5, ME–23	Şüpheli
3000 den fazla	ME–6 (deniz suyu), ME–22 (paradeniz)	Kullanılamaz

Tüm bu sonuçlar düşünüldüğünde deltanın kıyıya yakın kesminde ve özellikle doğu kısmında EC değerlerinde artış söz konusudur. Bu değerler sıcaklıkla (Şekil 4.13–4.14) da kıyaslandığında EC ve sıcaklığın paralel bölgelerde arttığı gözlenmiştir. Aşağıda Demirel [1] tarafından hazırlanan Şekil 4.17' da yeraltı suyunun elektriksel iletkenlik değerleri değişiminin (Enviro Insite ile hazırlanmıştır) tematik haritası verilmiştir. Bu haritada açık ve net bir şekilde deltanın doğu kısmında EC değerlerinin arttığı ve deltanın kuzeyine doğru normal değerler aldığı görülmektedir. Buda deltanın doğu kısmında deniz suyu girişi etkisinin olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.17. Yeraltı suyunun elektriksel iletkenlik değerlerinin değişimi (Enviro Insite ile) [1]

**Tuzluluk (Salinite):** Sularda doğal olarak en sık rastlanan tuzlar Kalsiyum, Magnezyum ve Sodyum Bikarbonat, Sülfat ve Klorürleri'dir. Tuzluluk deniz suyunun 1 kg'ında çözülmüş halde bulunan iyonların gram cinsinden ağırlığıdır. Aynı zamanda tuzluluk, çözülmüş tuzların ölçüsü olup deniz suyunun 1 kg'ındaki katı maddelerin gram cinsinden ağırlığı olarak ifade edilmektedir ve birimsizdir.

Sulardaki tuzluluk dağılımı kaynağa göre değişmekle birlikte yaklaşık Çizelge 4.4 deki gibidir. Buna göre numuneler Çizelge 4.5 da gibi sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.4. Tuzluluğa göre suların sınıflandırılması [30]

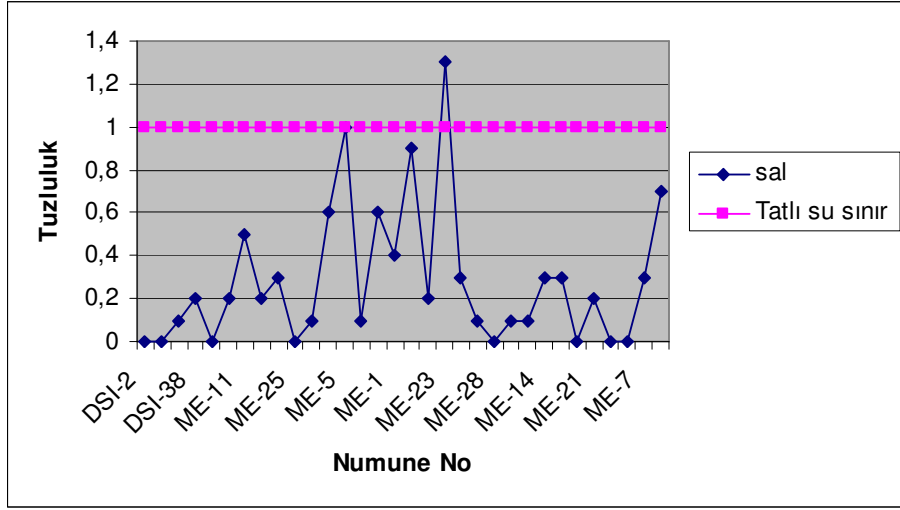
Tuzluluk değeri 15 °C'de	Sınıf
<1.0	Tatlı Su
1.0–3.0	Hafif Tuzlu
3.0–10.0	Orta Derecede Tuzlu
10.0–35.0	Çok Tuzlu

Çizelge 4.5. Tuzluluk değerlerine göre numunelerin sınıflandırılması

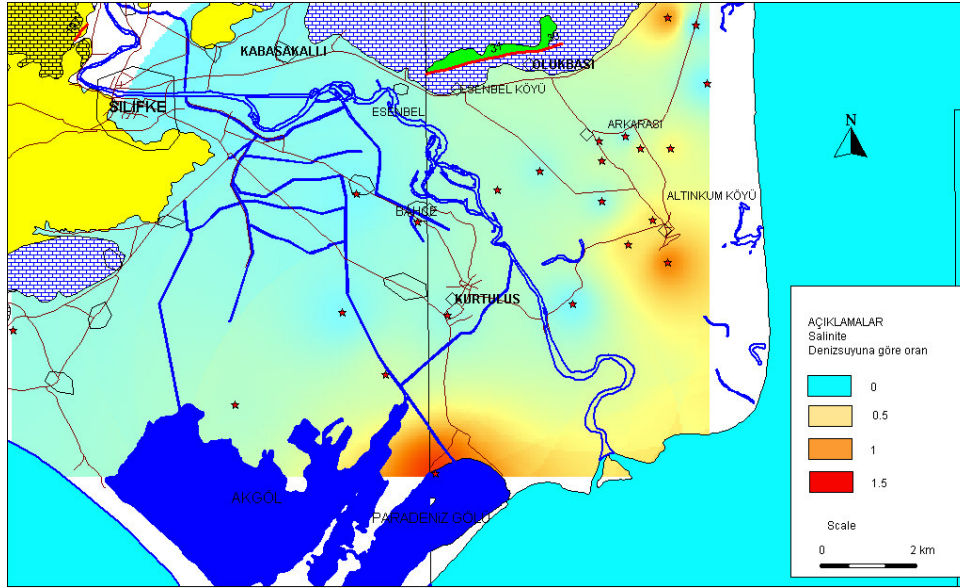
Tuzluluk değeri 15 °C'de	Numuneler	Sınıf
<1.0	DSI-38, ME-1, ME-2, ME-3, ME-4, ME-7, ME-8, ME-8A, ME-10, ME-11, ME-12, ME-25, ME-13, ME-14, ME-15, ME-21, ME-24, ME-27, DSI-2, DSI-4, DSI-20, DSI-35, ME-9, ME-16, ME-17, ME-18, ME-19, , ME-20	Tatlı Su
1.0–3.0	ME-5, ME-23	Hafif Tuzlu
3.0–10.0	-----	Orta Derecede Tuzlu
10.0–35.0	ME-6 (deniz suyu), ME-22 (paradeniz)	Çok Tuzlu

Şekil 4.18'de görüldüğü gibi, ME-5, ME-23 kuyularında tatlı su limit değeri aşılmış olup, ME-8, ME-12'nin de sınırda olduğu görülmüştür. Aşağıda Demirel [1] tarafından hazırlanan Şekil 4.19' da yeraltı suyunun tuzluluk değerlerinin değişimi (Map Info ile hazırlanmıştır) tematik haritası verilmiştir. Bu haritada açık ve net bir şekilde deltanın doğu kısmında tuzluluk değerlerinin arttığı ve deltanın kuzeyine doğru normal değerler aldığı görülmektedir. Buda deltanın doğu kısmında deniz suyu girişimi etkisinin olduğunu göstermektedir.





Şekil 4.18. Numunelerin tatlı su sınır değerine göre tuzluluk değerleri (Deniz suyu ve Paradeniz hariç)



Şekil 4.19. Yeraltı suyu tuzluluk değerlerinin değişimi (Map Info ile) [1]

Bu çalışmada gerek sıcaklık (Şekil 4.13 ile 4.14), gerek elektriksel iletkenlik (Şekil 4.17), gerekse tuzluluk (Şekil 4.19) ve AquaChemdeki tüm değerlendirmelerde (Şekil 4.5, 4.6, 4.9, 4.10, 4.12) ve deniz suyu ile yapılan

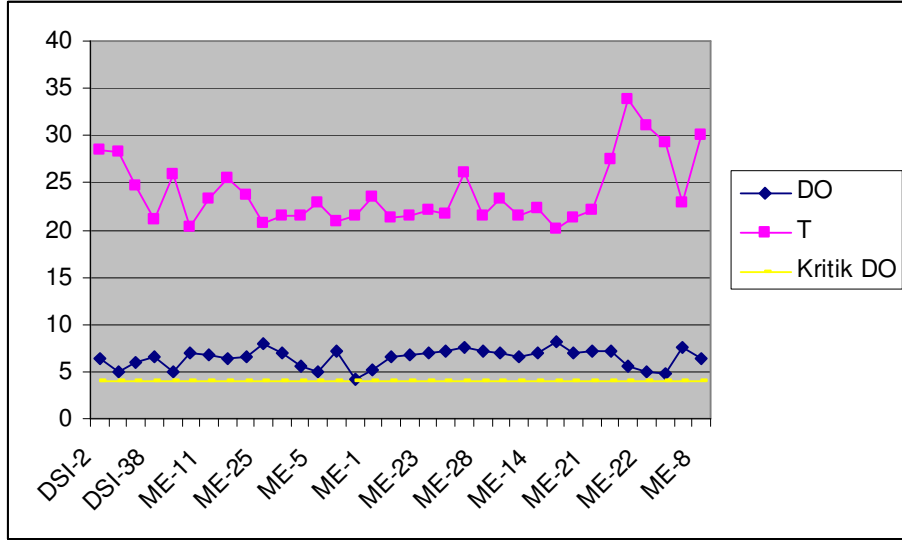
karşılaştırmalarda deltanın kıyı kesimleri ve özellikle de doğu kısmı deniz suyu etkisi altında olduğu ortaya konulmuştur.

**Çözünmüş Oksijen (ÇO):** Çözünmüş oksijen su içinde çözünmüş halde bulunan oksijen konsantrasyonu anlamındadır ve genellikle mg/L cinsinden ifade edilir. Oksijen suda çok az çözünür ve su ile kimyasal olarak reaksiyona girmediğinden, çözünürlüğü doğrudan doğruya kısmi basıncı ile ilgilidir. Tatlı sularda 1 atm basınçta, havanın oksijenin çözünürlüğü, 0 °C'de 14.6 mg/L ve 35 °C 7 mg/L'dir. Yüksek basınç şartlarında oksijen suda çok az çözünmektedir ve sıcaklık arttığında çözünmüş oksijen konsantrasyonu düşer. Kritik sıcaklık şartlarında sulardaki ÇO seviyesi maksimum 8 mg /L alınmalıdır. Nehir, göl ve denizlerde ÇO miktarının orda yaşayan canlılar için, 4 mg/L daha iyisi 5 mg/L'den az olmaması istenir.

Tuzluluk içeren sularda oksijen çözünürlüğü tatlı sulara göre daha azdır. Bu nedenle verilen bir sıcaklık için çözünürlük, tatlı sudan denize doğru gittikçe kademe olarak azalma gösterir [26].

Çalışmada ortalama suların ölçülen sıcaklık değeri yaklaşık 22 °C dir. Bu sıcaklıktaki maksimum ÇO değeri 8.42 mg/L'dir. Şekil 4.20'de de görüldüğü gibi sularda (numunelerde) sıcaklık arttıkça çözünmüş oksijen değerlerinin düşmektedir. Kritik limit 4 mg/L alındığında tüm suların bu değeri aştığı görülmektedir. Sadece ME-8A'nın bu değere yaklaştığı görülmektedir.

Göksü Nehri ise Silifke'den önce antropojenik etkilerden uzak memba tarafında ÇO değeri 7.1 mg/L iken mansap tarafında antropojenik etkilerden dolayı ÇO değeri 6.4 mg/L'ye düşmüştür.



Şekil 4.20. Sıcaklık (T) ve  $\text{ÇO}_{\text{kritik}}$  limit değerine göre numunelerdeki  $\text{ÇO}$  değerleri

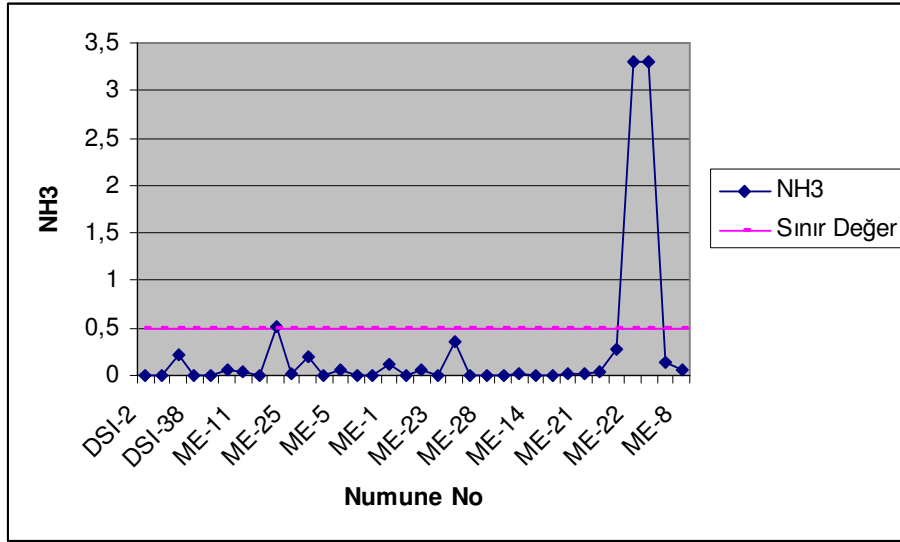
**Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):** KOİ su ve atık suların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan önemli bir parametredir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı gibi ancak ondan farklı olarak organik maddenin biyokimyasal reaksiyonlarla değil redoks reaksiyonlarıyla oksitlenmesi esasına dayanır [26].

Göksu Nehri ise Silifke'den önce antropojenik etkilerden uzak memba tarafında KOİ değeri 22 mg/L iken mansap tarafında antropojenik etkilerden dolayı KOİ değeri 137 mg/L'ye yükselmiştir.

**Amonyak ( $\text{NH}_3^+$ ):** Amonyak doğal sularda genellikle amonyum azotu ( $\text{NH}_4$ ) halinde bulunur ki buna serbest veya tuz halindeki amonyak denir. Sularda amonyak kimyasal ve fiziksel olaylar veya mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşur. Sularda 0.5 mg/L den büyük değerlerde amonyağa rastlandığında bu amonyak kirliliğinin belirtisidir. Herhangi bir içme suyunda  $\text{NH}_3^+$  bulunması, o su kütlesine kanalizasyon suyunun karışımını yani taze kirlenmeyi gösterir [26].

$\text{NH}_3^+$ 'ün içme suyundaki sınır değeri Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve TS 266'ya göre maksimum 0.5 mg/L olarak verilmiştir. Deltada yapılan ölçümlerde

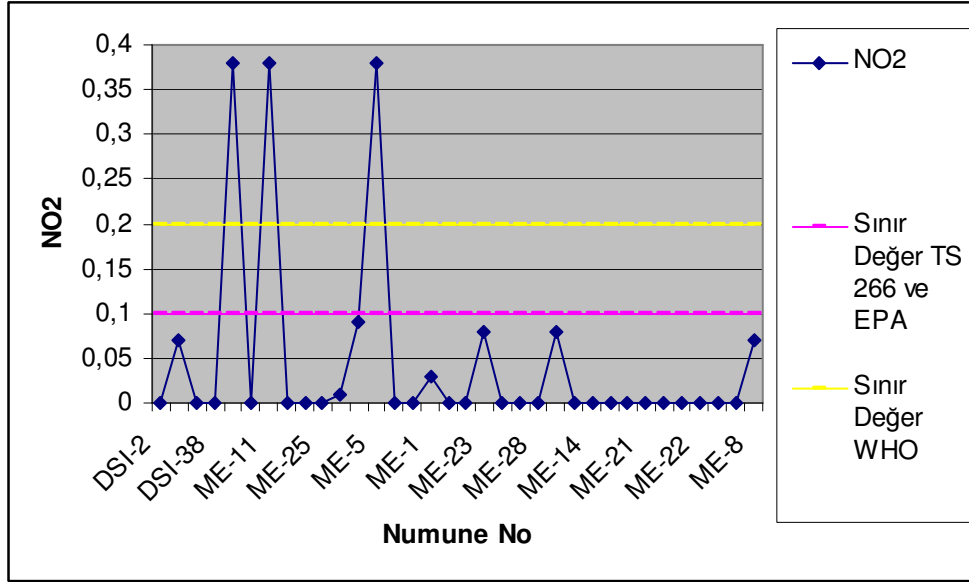
(Çizelge 4.1) Şekil 4.21’de verildiği gibi ME-2 nolu kuyuda bu değer aşılmış olup, ME-19, ME-24 ve DSİ-35 nolu kuyularda bu değere yaklaşmışlardır. Buda, sularda numune alındığı zamanda taze bir kirlilik olduğunu ve içme suyu olarak kullanılmasında sakıncalı olduğunu göstermektedir. Tarımsal arazi kullanımı yoğun olan Göksu Deltası’nda bu değerlerin çıkması nedeni tarımsal arazilerde kullanılan azotlu gübrelerden kaynaklıdır.



Şekil 4.21.  $\text{NH}_3^{+}$ ’ün sınır değerine göre numunelerdeki  $\text{NH}_3^{+}$  değerleri

**Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ):** İçme sularında kesinlikle istenmeyen bir parametredir. Güneş ışığı ve bazı bakteriler oksijenli ortamda nitriti nitrata dönüştürürler. Nitrit tespiti de kirliliğin yeni olduğunu göstermektedir (Amonyaktan nitrite geçiş  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2$ ). Nitritin içme sularındaki sınır değer WHO ne göre 0,2 mg/L, TS 266’ya göre 0.1 mg/L ve Amerika Çevre Koruma Ajansı (US-EPA)’na göre 0.1mg/L dir.

Şekil 4.22’ de görüldüğü gibi WHO, TS 266 ve EPA’ya göre DSİ-4, ME-5 ve ME-11 kuyular sınır değerlerini aşmıştır. DSİ-20, ME-4, ME-23, ME-8 nitrit değerleri de sınır değere yaklaşmaktadır ve bu suların içme suyu olarak kullanılması sakıncalıdır.

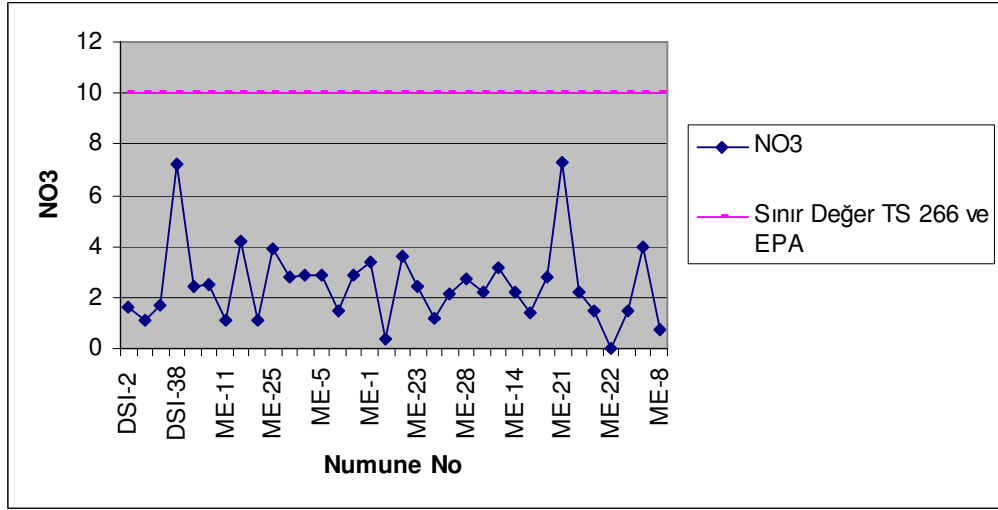


Şekil 4.22. NO<sub>2</sub>'nin sınır değerine göre numunelerdeki NO<sub>2</sub><sup>-</sup> değerleri

**Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):** Azotlu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünüdür. Kuyu sularında nitrat genelde daha fazla bulunur. Nitratlar suya topraktan geçmiş olabilir fakat amonyak ve nitritten kaynaklandıysa tedbir alınmalıdır. Çünkü nitritlerin mevcudiyeti suda kirlenmeyi ifade eder.

Bu azot türleri alıcı ortama aşırı miktarlarda verildiklerinde organizmalar tarafından kullanılırlar. Bu alıcı ortam içerisinde ötrifikasyona neden olurlar. Yüzeysel sular, yeraltı suları ve atık sularda en çok bulunan azot bileşikleri NH<sub>3</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve organik azottur. NH<sub>3</sub> → NO<sub>2</sub> → NO<sub>3</sub> dönüşümü zaman içerisinde gerçekleşir. Nitrat tespiti kirlenmenin uzun süre olduğunu gösterir.

Çalışma bölgesinde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>'e bütün kuyularda rastlanmıştır. TS 266 ve US-EPA'ya göre nitrat değeri sularda maksimum 10 mg/L olmalıdır. WHO örgütüne göre toplam azot miktarı 50 mg/L olmalıdır. Şekil 4.23'te de görüldüğü gibi gerek yüzeysel sularında gerekse kuyular bu değer aşılmamıştır.



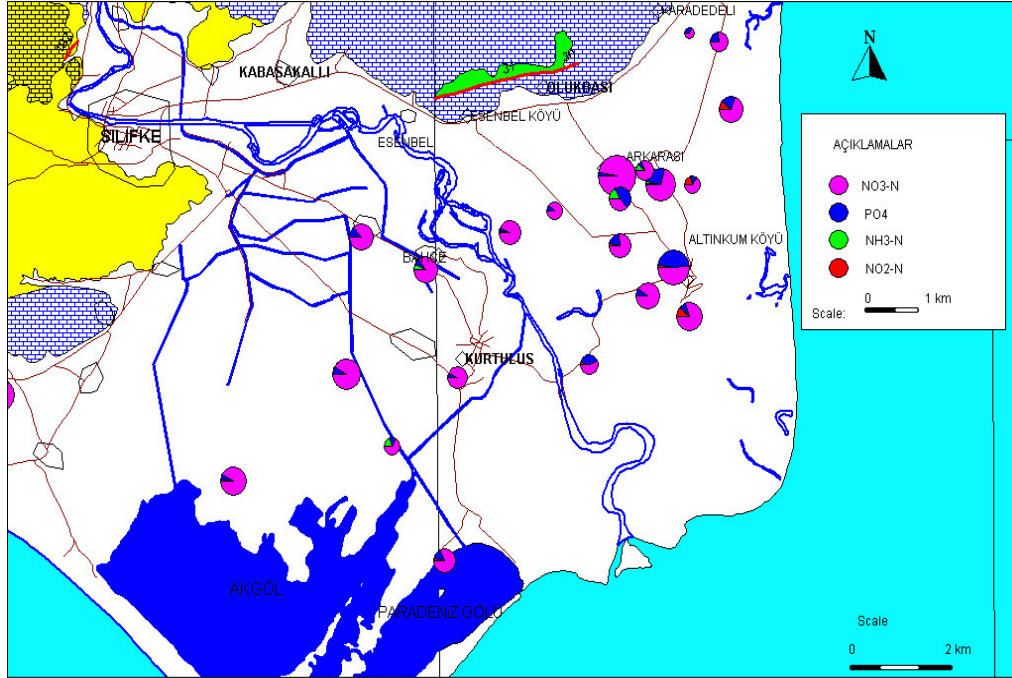
Şekil 4.23.  $\text{NO}_3^-$ 'nin sınır değerine göre numunelerdeki  $\text{NO}_3^-$  değerleri

**Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ):** Doğal sularda organik ve inorganik şekillerde bulunur. Birçok mineralin yapısında bulunması rağmen alkali topraklardaki çözünürlüğünün az olması nedeniyle sudaki miktarı sınırlanmıştır. Suyu kaya ve topraktan geçebildiği gibi yapay gübrelerden de geçebilir. Sucul ortamda fosfatın varlığı alglerin çoğalmasına neden olur. Bu da içme sularında koku ve tat problemi yaratır. Yüzeysel sulardaki fazlalığında azota bağlı olarak yine alglerin çoğalmasına bağlı olarak oradaki canlı hayatın etkilenmesine neden olur [26].

Çalışma bölgesinde yapılan fosfat analizlerinde hemen hemen bütün örnekleme noktalarında fosfata rastlanmıştır (Çizelge 4.1). Bu sonuçlar genellikle bölgedeki tarımsal faaliyetlerde kullanılan fosforlu gübrelerden kaynaklanmaktadır. En yüksek fosfat derişimleri ME-4, ME-2, ME-1 ve ME-18'de ölçülmüştür.

Demirel'in hazırladığı [1], Şekil 4.24'de gösterilen azot ve fosfat kirliliği tematik haritasında da görüldüğü gibi, tarımsal arazi kullanımı ve yerleşimlerden kaynaklanan kirlilik göstergelerinden  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NH}_3^+$ -N ve  $\text{PO}_4^{3-}$  delta akiferinin birçok yerinde rastlanmıştır. Özellikle Altınkum ve kuzey batısında

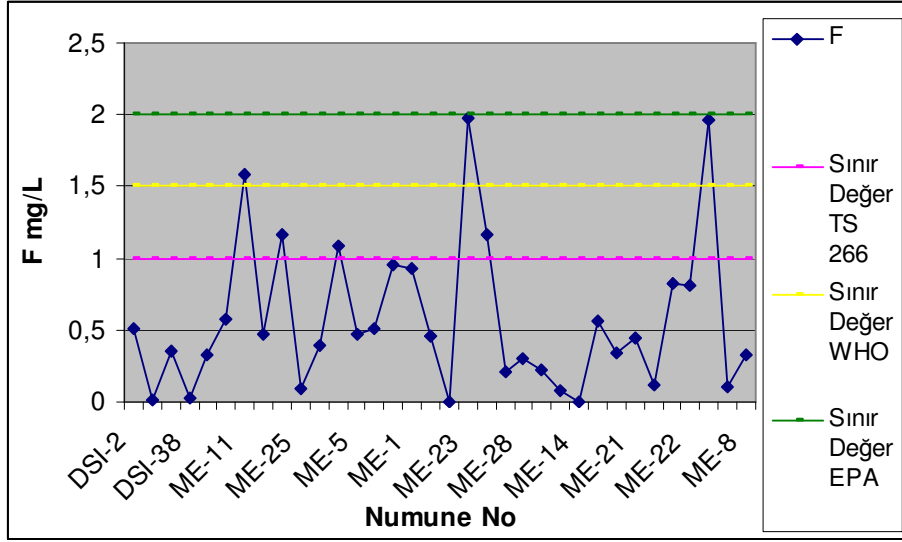
konsantrasyonlarda artış gözlenmektedir. Şekil 4.24’de Map Info ile hazırlanan tematik haritada rastlanan yerler konsantrasyonlarıyla orantılı olarak verilmiştir.



Şekil 4.24. Azot ve fosfat kirliliği (Map Info) [1]

**Florür (F<sup>-</sup>):** Sularda buluna florür miktarına bağlı olarak faydalı veya zararlı olabilir. İçme suyu için tavsiye edilen değer WHO’ya göre 1.5 mg/L, TS 266’ya göre 1 mg/L ve US-EPA’ya göre ise 2 mg/L’dir. Bu değerlerin dişler için faydalı olduğu ve diş çürümelerini azalttığı bilinmektedir. Bunu yanı sıra yüksek miktarda florür içeren sular insan dişlerinde şekil bozukluklarına neden olduğu bilinmektedir.

Çalışma alanında yapılan ölçümlerde Şekil 4.25’de görüldüğü gibi birçok örnekleme noktalarındaki suların limit değerleri aştığı görülmektedir. Deniz suyunda F<sup>-</sup> derişimi 1.96 mg/L bulunmuştur. TS 266’ya göre sınır değeri aşan numuneler ME-6, ME-2, ME-4, ME-11, ME-23, ME-24’dir. Bu değere yaklaşan numuneler ise, ME-19, ME-22, ME-1, ME-8A’dır. WHO’ ne göre sınırı aşan numuneler ME-11, ME-23, ME-6’dır. EPA sınır değerine yaklaşan numuneler ise yine ME-11, ME-23, ME-6’dır.



Şekil 4.25. Florür sınır değerlerine göre numunelerdeki florür değerleri

**Bromür (Br<sup>-</sup>):** Brom klorür iyonu ile birlikte bromür iyonu halinde daha çok tuzlu sularda ve bazı endüstri atıklarının karıştığı sularda bulunur. Doğal sularda ancak izlenebilecek miktarlarda bulunabilir. Kıyı kesimlerinde açılan kuyu sularında, deniz suyunun kuyu suyuna karışması ile çeşitli miktarlarda bromüre rastlanır. Normal koşullarda içme sularında bulunan bromür miktarları ender olarak 1 mg/L değerini aşar. WHO' ne göre içme sularında bromür sınır değeri 0.01 mg/L'dir.

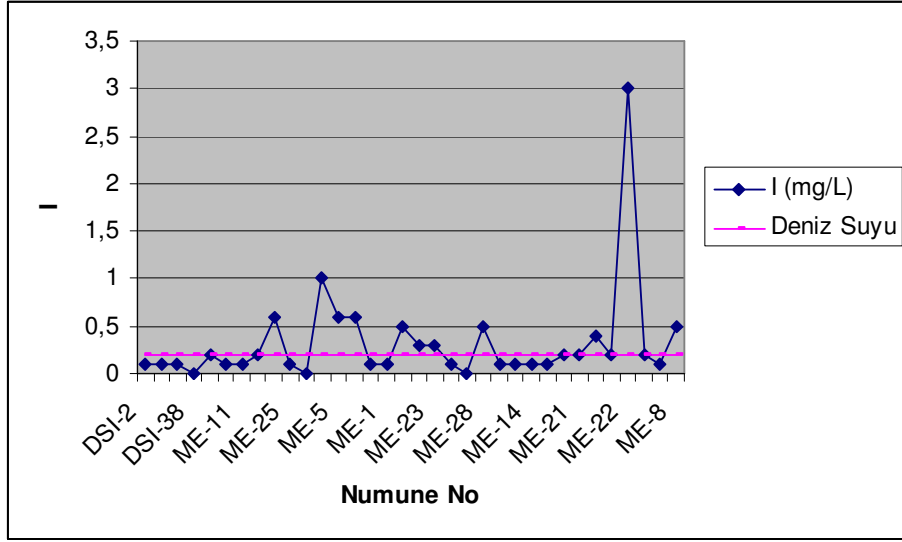
Doğal sularda Br<sup>-</sup> iyonu formunda ortaya çıkar. Yağmur suyunda eser halde içerir. Br<sup>-</sup> iyonu muhtemelen kilin membran efekti ile zenginleşir, zira klorüre nazaran daha büyük iyon yarıçapına sahiptir [21].

Sınır değere göre, çalışma alanında tüm örnekleme noktalarındaki sular sınır değeri aşmıştır. Deltadaki kuyularda aşırı su çekilmesinden ve deniz suyu girişiminden dolayı bromür sonuçları çok yüksek çıkmıştır. Çoğu kuyular deniz suyundan bile daha fazla bromür içermektedir (Çizelge 4.1). En yüksek değer ME-28 de 3.38 mg/L olarak ölçülmüştür. Deniz suyunda bromür konsantrasyonu ise (ME-6) 0.58 mg/L'dir.

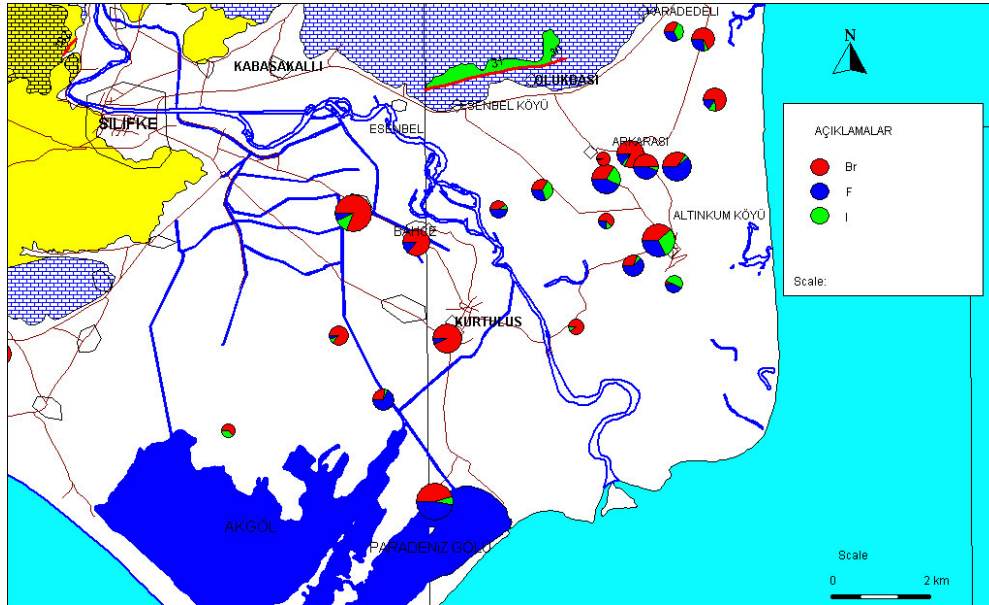


**İyot (I):** İyot litosferde ve hidrosferde nadir rastlanan bir elementtir. Biyofil bir element olarak bitki ve hayvanlarda zenginleşmiştir. Çok organik madde içeren denizel killi sedimanter kayaçlarda bu maddelerin yıkımıyla serbest hale gelir. Doğal yeraltı sularında genelde belirlenemeyecek derişimlerde bulunur, bazı durumlarda kıyıya yakın akiferlerde derişimlerde yükselmeler gözlenebilir [21].

Çalışma alanında deniz suyunda iyot değeri 0.2 mg/L iken bir çok örnekleme noktasında bu değerdan fazla değerler tespit edilmiştir (Şekil 4.26). Deltadaki kuyularda aşırı su çekilmesinden ve deniz suyu girişiminden dolayı iyot sonuçları çok yüksek çıkmıştır. Çoğu kuyular deniz suyundan bile daha fazla iyot içermektedir (Çizelge 4.1). Paradeniz ME-22’de en yüksek iyot konsantrasyonu belirlenmiş olup 3 mg/L olarak bulunmuştur.



Şekil 4.26. Numunelerde iyodür değişimi

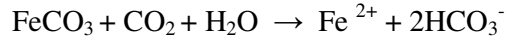


Şekil 4.27. Br, F ve I tematik haritası [1]

Br, F ve I'a yeraltı sularında çok karşılaşılmayan parametreler olmasına rağmen Şekil 4.27'de görüldüğü gibi tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu tüm deltada

ve özellikle Altinkum ve kuzey batısında Br<sup>-</sup>, F<sup>-</sup> ve I<sup>-</sup> konsantrasyonlarında ve Paradeniz civarındaki konsantrasyonlarda artış gözlenmektedir.

**Demir (Fe<sup>2+</sup>) ve Mangan (Mn<sup>2+</sup>):** Demir ve mangan yeraltı sularında hemen hemen her zaman, yüzeysel sulara ise yılın bazı aylarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları nedeniyle içme ve kullanma suları bakımından sorun yaratmaktadır. Doğal sulara az miktarlarda da olsa demir bulunmaktadır. Bunun sebebi demirin suda hızla çökerek ayrılmasıdır. Suda demir 2 değerlikte olabilir. Bunlar, iki değerlikli demir (ferro) ve üç değerlikli demir (ferri) halidir. Bazı jeolojik formasyonlar demiri, demir karbonat (siderit) halinde bulundurabilirler. Sideritin sudaki çözünürlüğü normal şartlarda çok azdır. Ancak yeraltı sularının taşıdığı CO<sub>2</sub> sideriti kolayca çözer.



Demir +3 değerlikli olduğu topraklarda bu reaksiyon meydana gelmez. Bu nedenle suyun CO<sub>2</sub> miktarı çok yüksek olsa bile Fe<sup>3+</sup> çözünüp suya geçmez. Ancak Fe<sup>3+</sup> bileşikleri anaerobik şartlarda Fe<sup>2+</sup> ya indirgenbilirse suda çözünebilir. Mangan ise manganoksit olarak bulunur. Bu ise CO<sub>2</sub> li suda bile çözünmeyen bir maddedir. Ancak toprakta anaerobik koşullarda MnO<sub>2</sub> indirgenerek 2+ değerlikli Mn bileşiklerine dönüşürse bu takdirde CO<sub>2</sub> li su, Mn<sup>+2</sup> ye kolayca çözünebilir.

Fe ve Mn iyonlarının çözünerek su ortamına karışması şu dört noktadan kaynaklanır.

1. Oksijenden yoksun ancak CO<sub>2</sub>'ce zengin sulara Fe<sup>2+</sup> ve Mn<sup>2+</sup> iyonları bulunur (Ör: Yeraltı suyu)
2. İyi kaliteli sular veren ve düşük konsantrasyonlarda Fe<sup>2+</sup> ve Mn<sup>2+</sup> içeren kuyuların, çevresine organik atıklar yığıldığında, toprakta oluşan anaerobik koşullar yüzünden birden bire çok kötü kaliteli sular haline dönüştüğü gözlenmiştir.

3. Yeterli derinliğe sahip olan suni göllerde su tabakalaşması nedeniyle alt tabaka anoksik olursa ortaya çıkabilecek anaerobik koşullar yüzünden demir ve mangan bu alt tabakalarda bulunan suda konsantre olur.
4. Kimyasal termodinamik bakımından çözünürlükler ele alındığında oksijenli sularda  $Mn^{4+}$  ve  $Fe^{3+}$  bileşiklerinin bulunabildiği, sudaki çözünürlükleri çok az olan bu maddelerin sadece uygun anaerobik şartlar altında  $Mn^{2+}$  ve  $Fe^{2+}$  iyonları haline gelebileceği görülür. Bu son ikisi suda çözünür maddelerdir [26].

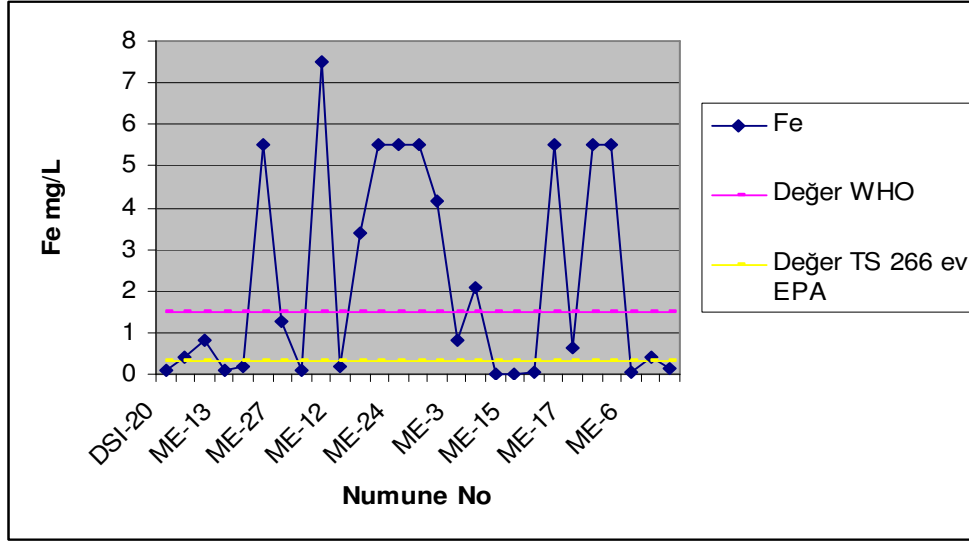
$Fe^{2+}$  kirlenmesinin insan sağlığı üzerine etkileri, karaciğer yetmezliği, mide krampları, baş dönmesi, kusma, sok ve komaya girme olarak sıralanabilir. Mn ise insanda kalp ve damar hastalıklarına sebep olmaktadır.

- TS 266'ya göre demir 0.3 mg/L, mangan 0.05 mg/L,
- EPA'ya göre demir 0.3 mg/L, mangan 0.02 mg/L ve
- WHO'ya göre demir 1.5 mg/L, mangan 0.5 mg/L'dir.

Çalışma alanında yapılan ölçümlerde  $Fe^{2+}$  değeri aşağıda ismi verilen kuyularda aşırı yüksek çıkmıştır.

DSİ-35	35,5 mg/L	DSİ-38	40,5 mg/L
DSİ-4	84,6 mg/L	DSİ-2	33,3 mg/L
ME-5	32,8 mg/L	ME-9	15,4 mg/L
ME-4	55 mg/L		

Bu kuyular da  $Fe^{2+}$ 'in bu kadar yüksek çıkmasının nedeni bölgede fazlaca suni gübre kullanılması olarak düşünülebilir. Diğer örnekleme noktalarındaki sularda ise aşağıdaki Şekil 4.28'de görüldüğü gibi yine çoğu kuyuda  $Fe^{2+}$  değeri limit değerleri aşmıştır. Deltada tarımsal faaliyetlerin yoğun olmasından ve kontrolsüz suni gübre kullanılmasından dolayı hemen hemen tüm kuyularda demir değerleri çok yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.28.  $Fe^{2+}$ 'nin sınır değerlerine göre numunelerdeki  $Fe^{2+}$  değerleri

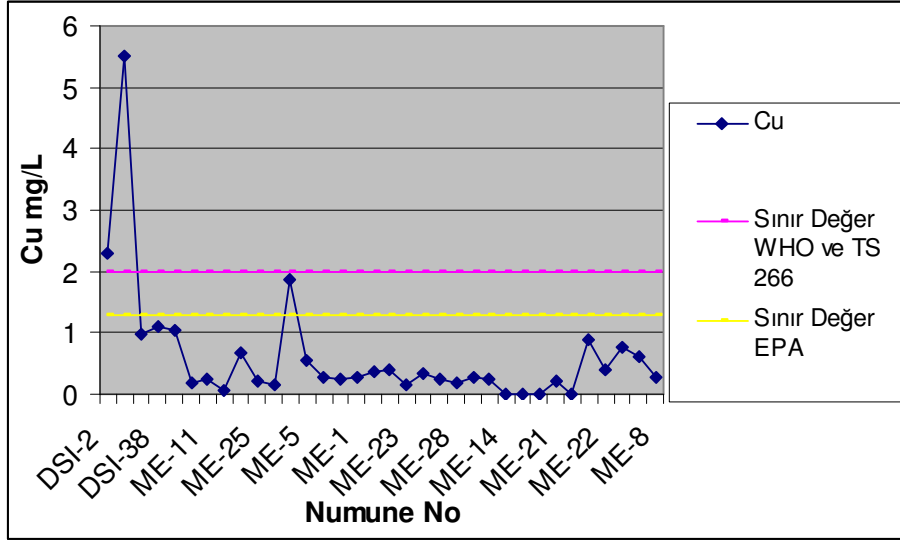
Yapılan  $Mn^{2+}$  ölçümlerinde sadece 3 kuyuda mangana rastlanmıştır. Bu kuyular mangan değerleri, DS-2 0.4 mg/L, ME-4 0.9 mg/L ve DSİ-20 28.6 mg/L olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). Yine suni gübrenmeden dolayı  $Mn^{2+}$  bazı kuyularda görülmektedir. Çalışma bölgesi, tarım açısından aktif bir bölge olduğu için yeraltı sularında  $Mn^{2+}$ 'a rastlanmıştır.

**Bakır ( $Cu^{2+}$ ):** Bakır litosferde sık rastlanan bir elementtir. Sülfid, oksit ve hidroksikarbonat minerallerinin oluşumunda yer alır. Redüksiyon koşullarının hüküm sürdüğü ortamlarda kükürt türlerinin bulunuşuyla çözülürlüğü daha da azalır. Oksidasyon koşullarında bakır çözeltiyeye sülfat olarak geçer.

Tatlı yeraltı sularının  $Cu^{2+}$  içeriği genelde çok azdır. Bakır yatakları civarında  $Cu^{2+}$  derişimlerinde belirgin artış gözlenir (200  $\mu g/L$ ' ye kadar). İnorganik esaslı gübrelerde  $Cu^{2+}$  miktarı 0.01–0.05 mg/g dır [21].

Bakırın vücuda fazla alınması halinde mukoza iltihaplanması, damar hastalıkları, karaciğer ve böbrek hastalıkları görülür. WHO'ya göre  $Cu^{2+}$  değeri 2 mg/L, TS 266'ya göre 2 mg/L ve EPA'ya göre 1,3 mg/L'dir.

Çalışma alanında yapılan ölçümlerde hemen hemen her örnekleme noktasında  $\text{Cu}^{2+}$  görülmüştür. Şekil 4.29'da görüldüğü gibi üç noktada sınır değeri aşılmıştır. Bunlar DSİ-2, DSİ-20 ve ME-4'dür. DSİ-38, DSİ-4 ve ME-6'nın  $\text{Cu}^{2+}$  değerleri EPA'nın sınır değerlerine yakın bulunmuştur. Bulunan  $\text{Cu}^{2+}$ 'ın kaynağı deltadaki tarımsal faaliyetleri için kullanılan suni gübrelerdir.



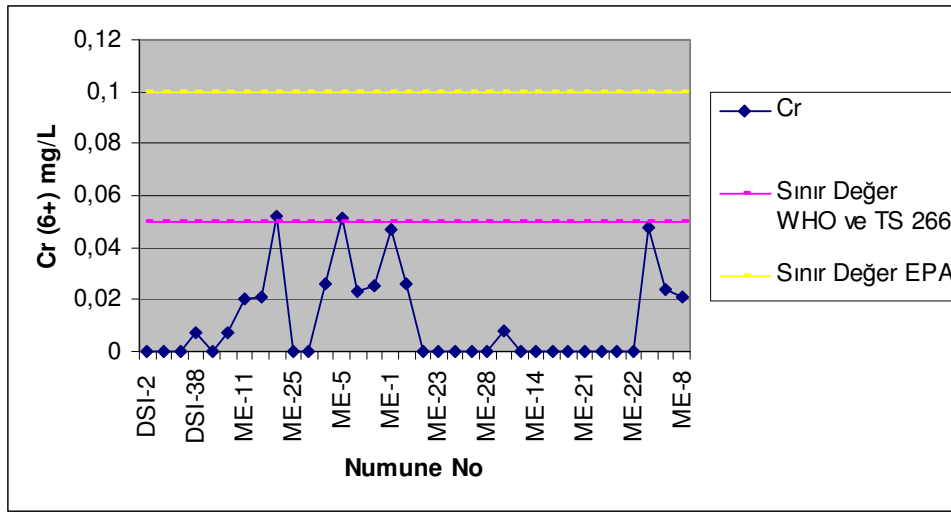
Şekil 4.29.  $\text{Cu}^{2+}$ 'nın sınır değerlerine göre numunelerdeki  $\text{Cu}^{2+}$  değerleri

**Krom ( $\text{Cr}^{6+}$ ):** Krom suda 3 ve 6 değerlikli hallerde bulunur. Ancak 3 değerlikli kroma çok nadir rastlanır. Krom 6 tuzları kanserojenik özelliktedir. Bu nedenle içme sularının krom kirliliğinden korunması gerekir. pH değeri düşük doğal sularda eser miktarda bulunabilir. Sularda kromat bileşiklerinin bulunuşu ancak suyun kirlenmesi sonucunda olabilir. Krom tuzları endüstriyel proseslerde çok miktarda kullanılır.

Krom doğada yaygın olarak rastlanan bir elementtir. Sularda yüksek krom derişimleri ise nadirdir. Yüksek kromat ve dikromat derişimlerine antropojenik kirlenmelerin etkisi altındaki yeraltı sularında rastlanır [21].

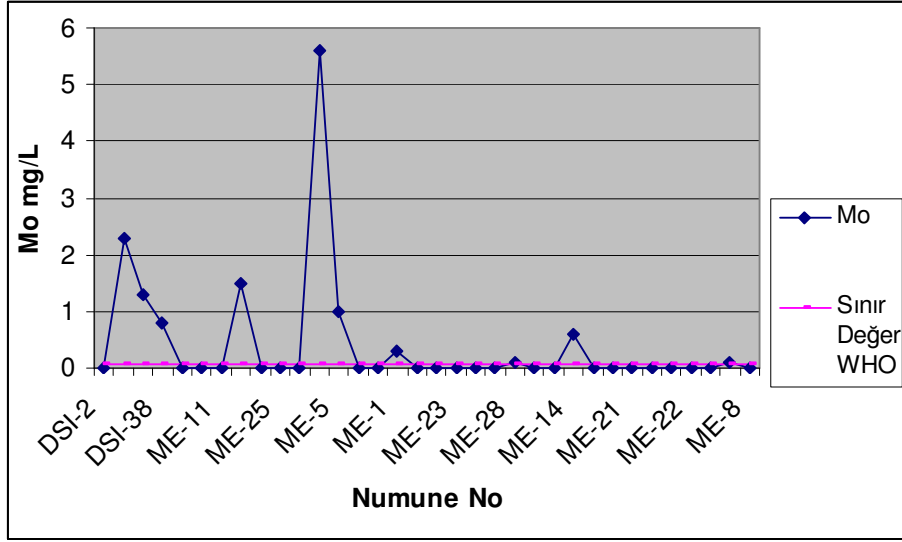
İnsanlarda zararlı etki yapabilecek krom +6 değerlikli kromdur. Nefrit karaciğer çürümesi ve sindirim yolu kanserine yol açar. WHO'ya göre  $Cr^{6+}$  değeri 0.05 mg/L, TS 266'ya göre  $Cr^{6+}$  0.05 mg/L ve EPA'ya göre 0,1 mg/L'dir.

Şekil 4.30'da görüldüğü gibi çalışma alanında ME-2 ve ME-5'de sınır değer aşılmıştır. ME-1 ve ME-6'da ise  $Cr^{6+}$ 'un sınır değerine yakın bulunmuştur. Bu sular sağlık açısından sakıncalı olup deltadaki suni gübrelerden ve antropojenik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır.

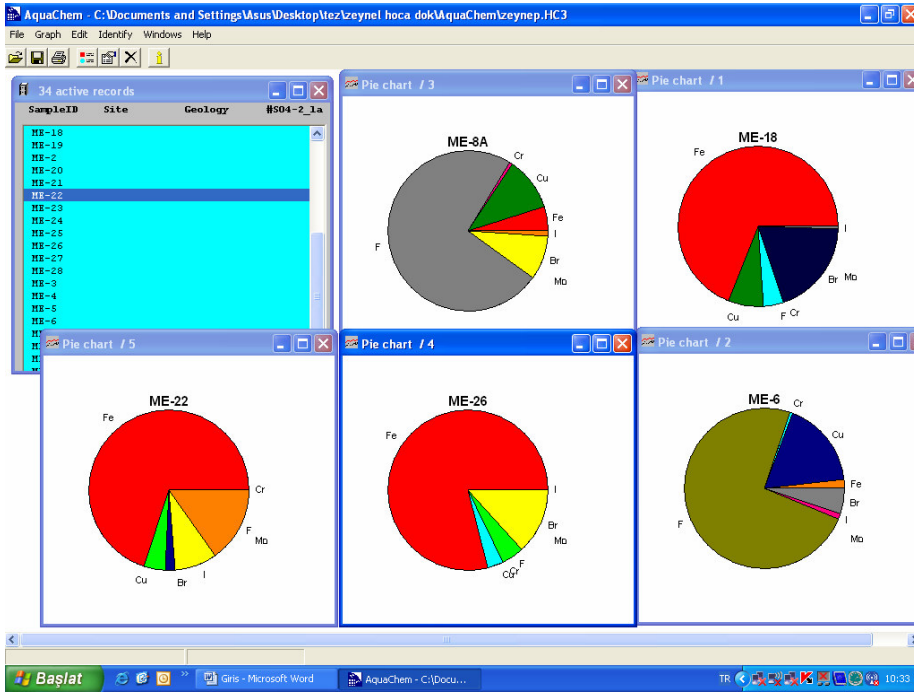


Şekil 4.30.  $Cr^{6+}$ 'un sınır değerlerine göre numunelerdeki  $Cr^{6+}$  değerleri

**Molibden ( $Mo^{2+}$ ):** Suda çözünen molibdatlar gibi molibden bileşikleri ağız yoluyla alındığında hafif zehirleyici olabilirler. Molibdenin zehirleyici özelliği laboratuvar çalışmalarına göre, ağır metallere oranla daha düşüktür. WHO'e göre molibden sınır değeri 0.07 mg/L olarak belirlenmiştir. Şekil 4.31'e de görüldüğü gibi tarımsal gübrelemeden dolayı sınır değeri ME-13, ME-27, ME-1, ME-28, ME-14, ME-7, DSI-20, DSI-35 ve DSI-38 numuneleri aşmıştır.



Şekil 4.31. Mo<sup>2+</sup>, nun sınır değerlerine göre numunelerdeki Mo<sup>2+</sup> değerleri



Şekil 4.32. AquaChem’de ağır metal ve iz elementlerin Pie diyagramıyla gösterimi



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Alüvyon akiferden üretim yapan kuyuların suyunun kimyasal karakteristikleri kirlenmemiş bölgelerde (ME-28, ME-17, ME-18, ME-19) Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> iken özellikle deniz suyu girişimi nedeniyle birçok yerde suların fasiyesine (ME-3, ME-26, ME-24, ME-20, ME-1) Na<sup>-</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonları da katılmıştır.

Kireçtaşı akiferinin sularının kimyasal fasiyesinin Ca-HCO<sub>3</sub> ya da Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> olması beklenirken, akiferin kırıklı ve karstik olması ve kırık sistemlerinin denize kadar uzanıyor olması nedeniyle bu akiferden gelen suların (ME-14, ME-21) kimyasal fasiyeslerinin de Ca-Na-Mg-HCO<sub>3</sub>-Cl şeklinde değişimine neden olmuştur.

Yüzey suları içinde antropojenik aktivitelerden en az etkileneni Akgöl olup, Mg-Ca-HCO<sub>3</sub> karakterinde suya sahiptir. Paradeniz ise deniz suyu ile tamamen aynı kimyasal fasiyestir (Na<sup>-</sup>-Cl<sup>-</sup>). Göksu nehri Silifke'den önce antropojenik etkilerden uzak ve Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> karakterinde su taşırken denize döküldüğü yerde karakteri değişmekte ve Ca-Na-Mg-Cl-HCO<sub>3</sub> karakterine dönüşmektedir. Kimyasal Oksijen İhtiyacı ve Çözülmüş Oksijen Derişimi memba tarafında 22 ve 7.1 mg/L iken denize ulaştığı yerde 137 ve 6.4 mg/L olmaktadır.

Şekil 4.5 ve 4.6'da da görüldüğü gibi deniz suyu (ME-6) ile diğer bütün suların karşılaştırması yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda major iyonlar dikkate alınarak deniz suyu ile yapılan karşılaştırmada ME-22, ME-23 ve ME-8 nolu numunelerin deniz suyu ile büyük benzerlik gösterdiği (Paradeniz) ortaya konulmuştur.

AquaChem programı ile çizilen Shoeller Diyagramı Şekil 4.9'da verilmiştir. ME-22, ME-23, ME-8 ve ME-12 gibi sular deniz suyuna (ME-6) yakın ve benzer grafik çizmişlerdir. Buda bu suların deniz suyu etkisi altında olduğunu göstermektedir.

AquaChem programı ile çizilen Piper Diyagramı Şekil 4.10'da verilmiştir. ME-22, ME-23, ME-8, ME-12 gibi sular deniz suyuna (ME-6) doğru yaklaştıkları görülmektedir. Yine buda bu suların deniz suyu etkisi altında olduğunu göstermektedir.

AquaChem programı ile hazırlanan her bir örneğin Pie Diyagramları Şekil 4.11'da verilmiştir. Şekil 4.12'de major iyonlara göre sular Pie Diyagramları ile gösterilmiştir (Suların kimyasal karakteristikleri) [1]. Görüldüğü gibi deniz etkisinde olan noktalarda  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  oranlarında bir artış söz konusudur. Deltanın doğu kısmında deniz suyunun girişiminin daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Çalışma bölgesinde Temmuz ayında yapılan sıcaklık ölçümlerinde, değerler 20- 33,9 °C arasında çıkmıştır. Suyun sıcaklığının yüksek olmasının en önemli etkeni numunelerin Temmuz ayında alınmasıdır. Sıcaklığın yüksek yüzey sularının yeraltında hareket eden normal derecedeki akifer sularına karışmasıyla akifer sularının sıcaklığı önemli ölçüde yükseltecektir. Aynı şekilde zemin ısı da akifer suyunun sıcaklığını etkileyecektir. Yeraltında hareket eden su geçtiği zemine göre ısı alışverişi yaparak sıcaklığını değiştirecektir. Aynı zamanda deniz suyu etkisi altındaki sularda da su sıcaklığının yüksek olması beklenir.

Şekil 4.13 ve 4.14'de örnekleme noktalarındaki su sıcaklığı değişimi görülmektedir. Yeraltı su sıcaklığının değişimi (Map Info) ile sıcaklık değerlerini kullanarak hazırlanan tematik harita yeraltı su sıcaklığının deniz suyu girişimi olan bölgelerde arttığını göstermektedir. Enviro Insite bilgi sistemi ile hazırlanan sıcaklık tematik haritası da aynı etkiyi göstermektedir [1].

En yüksek sıcaklık yüzey suyunda ME-19'da 33,9 °C ve yeraltı suyunda ME-26'da 26 °C ölçülmüştür. Deltanın doğu kısmında sıcaklık verilerinin 24 °C'den fazla olduğu görülmektedir. Deniz suyu sıcaklığı 29,2 °C ölçülmüştür. Deniz suyu etkisinde olan kuyularda su sıcaklıkları artmıştır (DSİ-35, DSİ-4, ME-13, ME-26, ME-22, ME-3, ME-11).

Çalışma bölgesinde yapılan ölçümlerde Şekil 4.15’de de görüldüğü gibi pH değeri 6.5 ile 8.5 arasında değişmektedir (Çizelge 4.1). En yüksek pH değeri ME-9’da 8.48 olarak ve en düşük pH değeri DSİ-2’de 6.85 olarak ölçülmüştür.  $pH < 7$  olan DSİ-2 ve ME-14 olan kuyularda  $H^+$  iyonları daha yoğundur yani asidik özellik taşımaktadır. Diğer kalan tüm örnekleme noktalarındaki sularda ise  $pH > 7$  olarak ölçülmüş olup  $OH^-$  iyonları daha yoğundur ve bazik özellik taşımaktadır. Bu parametre içme suyu hakkında doğrudan bilgi vermez.

Çalışma bölgesinde yapılan elektriksel iletkenlik ölçümlerinde kuyu sularında EC 434–2260  $\mu S/cm$  ve yüzey sularında ise 335–53500  $\mu S/cm$  arasında değişmektedir (Çizelge 4.1). Deniz suyunda yapılan ölçümde EC 53500  $\mu S/cm$  bulunmuştur. TS 266’ya göre maksimum EC değeri 2500  $\mu S/cm$  olarak belirtilmiştir. EC’nin 2500  $\mu S/cm$  yüksek olduğu yerlerde deniz suyu etkisi olduğu görülmektedir. Sıcaklıkla paralel olarak EC’nin de, çalışma alanının doğu kısmında arttığı tespit edilmiştir. Çizelge 4.2’den yararlanılarak hazırlanan Şekil 4.16’ de şüpheli değeri aşan suların (ME–5, ME–23) grafiksel gösterimi verilmektedir.

Tüm bu sonuçlar düşünüldüğünde deltanın kıyıya yakın kesminde ve özellikle doğu kısmında EC değerlerinde artış söz konusudur. Bu değerler sıcaklıkla (Şekil 4.13–4.14) da kıyaslandığında EC ve sıcaklığın paralel bölgelerde arttığı gözlenmiştir. Demirel [1] tarafından hazırlanan Şekil 4.17’ da yeraltı suyunun elektriksel iletkenlik değerlerinin değişimi tematik haritasında da açık ve net bir şekilde deltanın doğu kısmında EC değerlerinin arttığı ve deltanın kuzeyine doğru normal değerler aldığı görülmektedir. Buda deltanın doğu kısmında deniz suyu girişimi etkisinin olduğunu göstermektedir.

Çalışma bölgesinde yapılan tuzluluk ölçümlerinde kuyu sularında Tuzluluk 0–1.3 ve yüzey sularında ise 0–35.5 arasında değişmektedir (Çizelge 4.1). Deniz suyunda yapılan ölçümde tuzluluk ölçümü 35.5 bulunmuştur. Sulardaki tuzluluk dağılımı kaynağa göre değişmekle birlikte yaklaşık Çizelge 4.4 deki gibidir. Buna göre numuneler Çizelge 4.5 da gibi sınıflandırılmıştır.

Şekil 4.18’de görüldüğü gibi, ME–5, ME–23 kuyularında tatlı su limit değeri aşılmış olup, ME–8, ME–12’nin de sınırda olduğu görülmüştür. Demirel [1] tarafından hazırlanan Şekil 4.19’ da yeraltı suyunun tuzluluk değerlerinin değişimi (Map Info ile hazırlanmıştır) tematik haritası verilmiştir. Bu haritada açık ve net bir şekilde deltanın doğu kısmında tuzluluk değerlerinin arttığı ve deltanın kuzeyine doğru normal değerler aldığı görülmektedir. Buda deltanın doğu kısmında deniz suyu girişimi etkisinin olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada gerek sıcaklık (Şekil 4.13 ile 4.14), gerek elektriksel iletkenlik (Şekil 4.17), gerekse tuzluluk verileri (Şekil 4.19) ve AquaChemdeki tüm değerlendirmelerde (Şekil 4.5, 4.6, 4.9, 4.10, 4.12) deniz suyu ile yapılan karşılaştırmalarda deltanın kıyı kesimleri ve özellikle doğu kısmı deniz suyu etkisi altında olduğu ortaya konulmuştur.

Çalışmada ortalama suların ölçülen sıcaklık değeri yaklaşık 22 °C dir. Bu sıcaklıktaki maksimum ÇO değeri 8.42 mg/L’dir. Şekil 4.20’de de görüldüğü gibi sularda (numunelerde) sıcaklık arttıkça çözünmüş oksijen değerlerinin düşmektedir. Kritik limit 4 mg/L alındığında tüm suların bu değeri aştığı görülmektedir. Sadece ME–8A’nın bu değere yaklaştığı görülmektedir.

Göksü Nehrinde ise Silifke’den önce antropojenik etkilerden uzak memba tarafında ÇO değeri 7.1 mg/L iken mansap tarafında antropojenik etkilerden dolayı ÇO değeri 6.4 mg/L’ye düşmüştür.

Bu çalışmada KOI derişimi (Çizelge 4.1), denizde 1000 mg/L ve Paradeniz’de 1050 mg/L hesaplanmıştır. Göksü Nehri ise Silifke’den önce antropojenik etkilerden uzak memba tarafında KOI değeri 22 mg/L iken mansap tarafında antropojenik etkilerden dolayı KOI değeri 137 mg/L’ye yükselmiştir.

NH<sub>3</sub><sup>+</sup>’ün içme suyundaki sınır değeri WHO (Dünya Sağlık Örgütü) ve TS 266’ya göre maksimum 0.5 mg/L olarak verilmiştir. Deltada yapılan ölçümlerde (Çizelge 4.1) Şekil 4.21’de verildiği gibi ME–2 nolu kuyuda bu değer aşılmış olup,

ME-19, ME-24 ve DSİ-35 nolu kuyularda bu değere yaklaşmışlardır. Buda, sularda numune alındığı zamanda taze bir kirlilik olduğunu ve içme suyu olarak kullanılmasında sakıncalı olduğunu göstermektedir. Tarımsal arazi kullanımı yoğun olan Göksu Deltası'nda bu değerlerin çıkması nedeni tarımsal arazilerde kullanılan azotlu gübrelerden kaynaklıdır.

Şekil 4.22' de görüldüğü gibi WHO, TS 266 ve EPA'ya göre DSİ-4, ME-5 ve ME-11 kuyular sınır değerlerini aşmıştır. DSİ-20, ME-4, ME-23, ME-8 nitrit değerleri de sınır değere yaklaşmaktadır ve bu suların içme suyu olarak kullanılması sakıncalıdır.

Çalışma bölgesinde  $\text{NO}_3^-$ 'e bütün kuyularda rastlanmıştır. TS 266 ve US-EPA'ya göre nitrat değer sularda maksimum 10 mg/L olmalıdır. WHO örgütüne göre toplam azot miktarı 50 mg/L olmalıdır. Şekil 4.23'te de görüldüğü gibi gerek yüzey sularında gerekse kuyular bu değer aşılmamıştır.

Çalışma bölgesinde yapılan fosfat analizlerinde hemen hemen bütün örnekleme noktalarında fosfata rastlanmıştır (Çizelge 4.1). Bu sonuçlar genellikle bölgedeki tarımsal faaliyetlerde kullanılan fosforlu gübrelerden kaynaklanmaktadır. En yüksek fosfat değişimleri ME-4, ME-2, ME-1 ve ME-18'de ölçülmüştür ve fosfatla ilgili bir sınır değer mevcut değildir.

Demirel'in hazırladığı [1], Şekil 4.24'de gösterilen azot ve fosfat kirliliği tematik haritasında da görüldüğü gibi, tarımsal arazi kullanımı ve yerleşimlerden kaynaklanan kirlilik göstergelerinden  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NH}_3^+$ -N ve  $\text{PO}_4^{3-}$  delta akiferinin birçok yerinde rastlanmıştır. Özellikle Altınkum ve kuzey batısında konsantrasyonlarda artış gözlenmektedir ve buda o bölgelerde tarımsal faaliyetlerin daha yoğun olduğunu göstermektedir.

Çalışma alanında yapılan florür ölçümlerde Şekil 4.25'de görüldüğü gibi birçok örnekleme noktalarındaki suların Florür limit değerleri aştığı görülmektedir. Deniz suyunda F derişimi 1.96 mg/L bulunmuştur. TS 266'ya göre sınır değeri aşan

numuneler ME-6, ME-2, ME-4, ME-11, ME-23, ME-24'dir. Bu değere yaklaşan numuneler ise, ME-19, ME-22, ME-1, ME-8A'dir. WHO' ne göre sınırı aşan numuneler ME-11, ME-23, ME-6'dır. EPA sınır değerine yaklaşan numuneler ise yine ME-11, ME-23, ME-6'dır.

Çalışma alanındaki Br<sup>-</sup> ölçümlerinde tüm örnekleme noktalarındaki sular sınır değeri aşmıştır. Deltadaki kuyularda aşırı su çekilmesinden ve deniz suyu girişiminden dolayı bromür sonuçları çok yüksek çıkmıştır. Çoğu kuyular deniz suyundan bile daha fazla bromür içermektedir (Çizelge 4.1). En yüksek değer ME-28 de 3.38 mg/L olarak ölçülmüştür. Deniz suyunda bromür konsantrasyonu ise (ME-6) 0.58 mg/L'dir.

Çalışma alanında deniz suyunda I<sup>-</sup> değeri 0.2 mg/L iken bir çok örnekleme noktasında bu değerden fazla değerler tespit edilmiştir (Şekil 4.26). Deltadaki kuyularda aşırı su çekilmesinden ve deniz suyu girişiminden dolayı iyot sonuçları çok yüksek çıkmıştır. Çoğu kuyular deniz suyundan bile daha fazla iyot içermektedir (Çizelge 4.1). Paradeniz ME-22'de en yüksek iyot konsantrasyonu belirlenmiş olup 3 mg/L olarak bulunmuştur.

Br<sup>-</sup>, F<sup>-</sup> ve I<sup>-</sup> 'a yeraltı sularında çok karşılaşılmayan parametreler olmasına rağmen Şekil 4.27'de görüldüğü gibi tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu ve akiferden kontrolsüz su çekiminden dolayı tüm deltada ve özellikle Altınkum ve kuzey batısında Br<sup>-</sup>, F<sup>-</sup> ve I<sup>-</sup> konsantrasyonlarında ve Paradeniz civarındaki konsantrasyonlarda artış gözlenmektedir.

Çalışma alanında yapılan ölçümlerde Fe değeri aşağıda ismi verilen kuyularda aşırı yüksek çıkmıştır.

DSİ-35	35,5 mg/L	DSİ-38	40,5 mg/L
DSİ-4	84,6 mg/L	DSİ-2	33,3 mg/L
ME-5	32,8 mg/L	ME-9	15,4 mg/L
ME-4	55 mg/L		

Bu kuyular da  $Fe^{2+}$  'in bu kadar yüksek çıkmasının nedeni bölgede fazlaca suni gübre kullanılması olarak düşünülebilir. Diğer örnekleme noktalarındaki sularda ise Şekil 4.28'de görüldüğü gibi yine çoğu kuyuda  $Fe^{2+}$  değeri limit değerleri aşmıştır. Deltada tarımsal faaliyetlerin yoğun olmasından ve kontrolsüz suni gübre kullanılmasından dolayı hemen hemen tüm kuyularda demir değerleri çok yüksek çıkmıştır.

Yapılan  $Mn^{2+}$  ölçümlerinde sadece 3 kuyuda mangana rastlanmıştır. Bu kuyular mangan değerleri, DS-2 0.4 mg/L, ME-4 0.9 mg/L ve DSİ-20 28.6 mg/L olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). Yine suni gübrenmeden dolayı  $Mn^{2+}$  bazı kuyularda görülmektedir. Çalışma bölgesi, tarım açısından aktif bir bölge olduğu için yeraltı sularında  $Mn^{2+}$ 'a rastlanmıştır.

Çalışma alanında yapılan ölçümlerde hemen hemen her örnekleme noktasında  $Cu^{2+}$  görülmüştür. Şekil 4.29'da görüldüğü gibi üç noktada sınır değeri aşılmıştır. Bunlar DSİ-2, DSİ-20 ve ME-4'dür. DSİ-38, DSİ-4 ve ME-6'nın  $Cu^{2+}$  değerleri EPA'nın sınır değerlerine yakın bulunmuştur. Bulunan  $Cu^{2+}$ 'ın kaynağı deltadaki tarımsal faaliyetleri için kullanılan suni gübrelerdir.

Çalışma alanında yapılan krom ölçümlerinde Şekil 4.30'da görüldüğü gibi ME-2 ve ME-5'de sınır değeri aşılmıştır. ME-1 ve ME-6'da ise  $Cr^{6+}$ 'un sınır değerine yakın bulunmuştur. Bu sular sağlık açısından sakıncalı olup deltadaki suni gübrelerden ve antropojenik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır.

WHO'ye göre molibden sınır değeri 0.07 mg/L olarak belirlenmiştir. Şekil 4.31'e de görüldüğü gibi tarımsal gübrelemeden dolayı sınır değeri ME-13, ME-27, ME-1, ME-28, ME-14, ME-7, DSİ-20, DSİ-35 ve DSİ-38 numuneleri aştığı tespit edilmiştir.

Tüm bu sonuçları örnekleme noktası bazında özetleyecek olursak; DSİ-2, DSİ-4, DSİ-20, DSİ-35 ve DSİ-38 nolu kuyular DSİ tarafından gözlem amaçlı açılmış olup içme ve kullanma suyu olarak kullanılmamaktadır. Bu kuyulardaki sular

direk içme ve kullanma suyu olarak ta zaten birçok sınır değeri aşıldığından kullanılamaz.

ME-14 nolu kuyu, Kapızlı Belediyesi tarafından Susanoğlu'nun içme ve kullanma suyunu karşılamak için açılmıştır. Bu kuyuda  $\text{Br}^-$  ve  $\text{Mo}^{2+}$  sınır değeri aşmaktadır. Buda bu suyun içme ve kullanma suyu olarak kullanılmasında tehlike arz etmektedir. Bu yüzden bu değerlerin limit değerlere düşürülmesi için suyun ön bir arıtmadan geçirilmesi gerekmektedir. Suyun direk kullanımında zamanla sağlık problemi ortaya çıkarabilir.

ME-16 nolu kuyu, Kabasakallı Köyünün içme ve kullanma suyunu karşılamak için açılmıştır. Bu kuyuda  $\text{Br}^-$  sınır değeri aşmaktadır ve bir miktar  $\text{NH}_3^+$  tespit edilmiştir. Buda bu suyun içme ve kullanma suyu olarak kullanılmasında tehlike arz etmektedir. Bu yüzden bu değerlerin limit değerlere düşürülmesi için suyun ön bir arıtmadan geçirilmesi gerekmektedir. Suyun direk kullanımında zamanla sağlık problemi ortaya çıkarabilir.

Diğer bütün kuyularda ise çeşitli parametrelerde limit değerler aşılmıştır (Çizelge 4.1). Diğer kuyulara nazaran içme ve kullanma açısından en sakıncasız kuyular ME-16, ME-14, ME-15 ve ME-21'dir ki yine de bu kuyularda bile bazı değerler ( $\text{Br}^-$  ve  $\text{Fe}^{2+}$ ) limit değeri aşmıştır. Delta atropojenik etkilerden, tarımsal faaliyetlerden, aşırı gübreleme ve pestisitlerden dolayı kirlenmiştir. Bu yüzden örnekleme yapılan tüm noktalarda ölçüm yapılan parametrelerden muhakkak sınır değeri aşan parametre veya parametreler görülmüştür.

Bu yüzden Göksu Deltası Çevre Koruma Müdürlüğüne, Silifke Devlet Su İşleri Şube Müdürlüğüne, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığına ve oradaki yaşayan ve tarımla uğraşan halka büyük görevler düşmektedir.

DSİ tarafından deltada yeraltı suyunun kontrolsüz kullanımı engellenmeli ve deltada kuyu açılmasına sınırlama konulmalıdır. Daha sıkı denetimler yapılmalıdır.



Yeraltı sularının deniz suyu etkisinde olduğundan dolayı gereksiz su kullanımının engellenmesi ve bu konuda halkın bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

Deltada tarımsal faaliyetler için yeterli miktarda gübre ve pestisit kullanımını sağlamak amacıyla eğitim çalışmalarına önem verilmeli ve tarımla uğraşan kişiler bu konularda bilinçlendirilmelidir. Tarımsal faaliyetler Tarım İl Müdürlüğü tarafından daha sıkı denetlenmeli ve kayıt dışı pestisit ve gübre kullanımı engellenmelidir. Aynı zamanda gübre ve pestisitlerin yurt dışından kaçak olarak girişleri de engellenmeli ve daha sıkı kontroller ve denetimler yapılmalıdır. Biyolojik ayrışma kolaylığı olan pestisit türlerinin kullanılması teşvik edilmelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] Demirel, Z. “TÜBİTAK Araştırma Projesi Gelişme Raporu”, Mersin Üniversitesi, Mersin, s. 9–46, TUBİTAK Proje No: 105Y285 (2006).
- [2] Keçer, M. “Göksu Deltasının (Mersin) Jeomorfolojik Evrimi Ve Güncel Akarsu-Deniz-Rüzgâr Süreçlerinin Kıyı Çizgisinde Yaptığı Değişiklikler” Mersin, MTA (2001).
- [3] DSİ Genel Müdürlüğü, “Göksu Deltası Hidrojeolojik Etüt Çalışmaları Ara Raporu”, Ankara, (1997).
- [4] Gülkal, Ö. “Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi” T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, Ankara, (2005).
- [5] Avcı, E. D. “Göksu Deltası Toprak, Bitki ve Çökellerinde Methamidophos Kalıntısının Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin, (2004).
- [6] Çetinkaya, G. “Göksu Deltası Tarım Alanında Kullanılan Tarımsal Kimyasalların Oluşturduğu Çevresel Etkiler”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (1996).
- [7] Yalvaç, M. “Göksu Deltası Sucul Ekosisteminde Endosülfan ve Methamidophos Kalıntısının Araştırılması”, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin, (2005).
- [8] Motz, H.L., Yurtal, R., Gördü, F. ve Doğan, A. “Optimization of Groundwater Use Subject to Saltwater Intrusion along the Mediterranean Coast of Turkey”, TUBİTAK Proje No:9819824, (2006).
- [9] Başbüyük M. “Göksu Deltası Su Kirlilik Düzeyi ve Su Kalitesinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Adana (1992).
- [10] Schott P.P., Wassen M.J. “Possible Contribution of the University of Utrecht to the Göksu Delta Project”, (1991).
- [11] Uygun, N., Dinç, U., Yeğingil, İ., Kornoşor, S., Gültekin, E., Biçici, M., Yücel, M., Çakan, H., Şekeroğlu, E., Uzun, G., Düzenli, A., Şenol, S., Uygur, N., Sirel, B. “Göksu Deltası’nın Biyolojik Zenginliğinin (Flora ve Fauna) Tespiti ile Ekolojik

- Peyzaj ve Optimal Arazi Kullanımının Belirlenmesi”, T.C. Çevre Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, Proje No: 09.G.92/03, (1994).
- [12] Ayaş, Z. Ve Kolankaya, D. “Accumulation of some heavy metals in various environments and organisms at Göksu Delta, Türkiye”, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, s. 56:65-72, (1996).
- [13] Yalvaç, M., Taner F., Avcı E.D. “Göksu Deltası Yeraltı Suyunda Organik Klorlu Bir Pestisit Olan Endosülfan’ın Araştırılması”, Türk Sucul Yaşam Deriği, Ulusal Su Günleri, **3(2)**:433-434, Mersin (2004).
- [14] Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H.D. “Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesinde Su Kalitesinin İzlenmesi Projesi”, Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü- Silifke Özel Çevre Koruma Müdürlüğü, 76s, Mersin (2004).
- [15] Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, Özel Çevre Koruma Bölgeleri, yayın No: 28, Ağustos (1993).
- [16] Özer, Z., Kumbur, H., Tekinşen, H.K., Kuzucu, C. “Mersin İli Silifke İlçesi Evsel Atıksularının ve Göksu Nehrinin WQM-CAL ile Modellenmesi”, Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu V. Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü, s.181-187, Gebze, (2006).
- [17] Erişim: <http://www.silifke.org/genel/delta.htm> (12.04.2007).
- [18] Erişim:[http://www.ockkb.gov/TR/Icerik\\_detay.ASP?Icerik=154](http://www.ockkb.gov/TR/Icerik_detay.ASP?Icerik=154) (12.04.2007)
- [19] Ulu, Ü. “İçel İli'nin Jeolojisi”, MTA Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Ankara, (1988).
- [20] Erinç, S. “Jeomorfoloji”, İstanbul Üniversitesi Edabiyat Fakültesi Yayınları, Yayın No:1628 ve Yayın No:2931, İstanbul, (1971–1082).
- [21] Hidrojeokimya, s.30–64. Erişim: <http://www.kutso.org.tr/dosyalar/doc/hidro.doc>
- [22] Richter, W., Lillich, W. “Abriss der Hydrogeology”, Stuttgart, Deutschland, (1975).
- [23] Erişim: [http://www.flowpath.com/software/aquachem/aquachem\\_ou.htm](http://www.flowpath.com/software/aquachem/aquachem_ou.htm) (12.04.2007).
- [24] Erişim: <http://www.manisacevreorman.gov.tr/cevre/su.asp.htm> (15.04.2007).
- [25] Groba, E.ve Hahn, “Variations of Groundwater Chemistry”, Germany, (1972).

- [26] Samsunlu, A. “Çevre Mühendisliği Kimyası”, Sam-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları, İstanbul, s. 288-358, (1999).
- [27] Erdem, E. “Mersin-Tarsus Arasında Alüvyon Akiferde Yeraltı Suyu Kirliliğinin Fotometrik Ölçümler İle Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin, (2006).
- [28] WHO, Guidelines for Drinking-Water Quality Vol 2. (Health Criteria and Other Supporting Information) Geneva, (1993).
- [29] Erguvanlı, K., Yüzer, E. “Yeraltı suları Jeolojisi (Hidrojeoloji)”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yayın No: 23, İstanbul, (1987).
- [30] Erişim: <http://www.kimyaevi.com/dokgoster.asp?dosya=560001010>  
(15.04.2007).
- [31] İçme Suları, TS 266, (1984). (Son değişiklik, 1996)
- [32] Environmental Protection Agency (EPA), US-EPA's Guidelines for Drinking-water Quality, (1985).

## ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Gaziantep'in Nurdağı ilçesinde doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Nurdağı İlçesinde tamamladım. 2000 yılında Mersin Üniversitesi Çevre Mühendisliğine girdim. 2004 yılında bu bölümden mezun oldum ve aynı yıl Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimime başladım. Yüksek lisans öğrenimime devam etmekteyim.