

**KARADUVAR BÖLGESİ (MERSİN) YERALTI
SULARINDA GÖRÜLEN AĞIR METAL
KİRLİLİĞİNİN SEBEPLERİ VE
KONSANTRASYONLARINDA MEYDANA GELEN
MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİN İZLENMESİ**

VOLKAN KAPLAN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
KASIM – 2010**

**KARADUVAR BÖLGESİ (MERSİN) YERALTI
SULARINDA GÖRÜLEN AĞIR METAL
KİRLİLİĞİNİN SEBEPLERİ VE
KONSANTRASYONLARINDA MEYDANA GELEN
MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİN İZLENMESİ**

VOLKAN KAPLAN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Danışman
Doç. Dr. Cüneyt GÜLER**

**MERSİN
KASIM – 2010**

Volkan KAPLAN tarafından Doç. Dr. Cüneyt GÜLER danışmanlığında hazırlanan “Karaduvar Bölgesi (Mersin) Yeraltı Sularında Görülen Ağır Metal Kirliliğinin Sebepleri ve Konsantrasyonlarında Meydana Gelen Mevsimsel Değişimlerin İzlenmesi” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fevzi ÖNER

Doç. Dr. Cüneyt GÜLER

Doç. Dr. Çetin KANTAR

imza

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 05./01./2011 tarih ve 2011-1/4 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

KARADUVAR BÖLGESİ (MERSİN) YERALTI SULARINDA GÖRÜLEN AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN SEBEPLERİ VE KONSANTRASYONLARINDA MEYDANA GELEN MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİN İZLENMESİ

Volkan KAPLAN

ÖZ

Bu çalışma kapsamında; Mersin ili Akdeniz Belediyesi sınırları içerisinde yer alan Karaduvar bölgesindeki mevcut kuyulardan alınan 55 adet su örneğinde fiziksel parametreler (elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, yükseltgenme-indirgenme potansiyeli, pH ve sıcaklık) arazide (yerinde); kimyasal parametreler (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn) ise laboratuvarında ICP-MS yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Bu yöntemler kullanılarak, bölgedeki yeraltı sularında görülen ağır metal kirliliğinin miktarında meydana gelen mevsimsel değişimler ve bunların nedenleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, çalışma alanında önceki yıllarda yapılan benzer çalışmalar da bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veritabanında derlenmiş ve bu çalışmalara ait veriler, güncel analiz sonuçlarıyla karşılaştırılarak bölgede görülen ağır metal kirliliğinin yıllara bağlı değişimleri ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre; Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde, birçok kuyuda As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn elementlerine ait konsantrasyon değerlerinin Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Bu kirlleticilerin yeraltı suyuna, büyük oranda çeşitli tarımsal-endüstriyel faaliyetler veya doğal süreçler sonucu karıştıkları düşünülmektedir. Genel itibariyle; Karaduvar bölgesinde görülen yüksek As, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının, tarımsal faaliyetlerde kullanılan çeşitli kimyasallardan (pestisit ve kimyasal gübreler) kaynaklandığı düşünülmektedir. Yeraltı sularındaki yüksek Cd ve Mo konsantrasyonlarının sebebinin ise, yakın geçmişe kadar bölgede yürütülen rafineri ve enerji üretim faaliyetleri olduğu düşünülmektedir. Akifer genelinde görülen yüksek Co, Cr, Fe, Mn ve Ni konsantrasyonlarının ise jeolojik/litolojik faktörler sonucu meydana geldiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı suyu, Petrol kirliliği, Ağır metal kirliliği, İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS), Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Karaduvar

Danışman: Doç. Dr. Cüneyt GÜLER, Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

CAUSES OF THE HEAVY METAL CONTAMINATION IN THE KARADUVAR DISTRICT (MERSİN) GROUNDWATER AND MONITORING OF THE SEASONAL CHANGES OCCURRING IN THEIR CONCENTRATIONS

Volkan KAPLAN

ABSTRACT

In this study, 55 groundwater samples were collected from the existing wells in the Karaduvar district, located within the limits of Akdeniz municipality of the city of Mersin, and analyzed in-situ for physical parameters (electrical conductivity, dissolved oxygen, redox potential, pH and temperature) and in the laboratory for chemical parameters (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb and Zn) using ICP-MS method. Using these methods, it was tried to determine the seasonal changes occurring in the amounts of heavy metal contamination in the groundwater samples of the region and the causes for these changes. Furthermore, also data from similar studies conducted in the previous years (in the study area) were compiled in a Geographic Information System (GIS) database and these data were compared to analytical results from this study to depict the seasonal changes occurring in the amounts of heavy metal contamination. According to the results obtained from this study, in the period between March 2006 and May 2010, in many wells, the elemental concentrations of As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb and Zn exceeded the limit values indicated in the Water Quality Control Directive. Most of these pollutants in groundwater probably come, in large amounts, from various agricultural-industrial activities or natural processes occurring in the area. In general, elevated As, Cu, Pb and Zn concentrations in groundwaters of the Karaduvar region is probably sourced from various chemicals used in agricultural activities (pesticides and chemical fertilizers). The reason for the high concentrations of Cd and Mo in groundwaters is probably the petroleum refining and energy production activities conducted in the recent past. Finally, high Co, Cr, Fe, Mn and Ni concentrations occurring in the aquifer is probably related to geologic/lithologic factors take part in the study area.

Key Words: Groundwater, Petroleum pollution, Heavy metal contamination, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS), Geographic Information System (GIS), Karaduvar

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

TEŞEKKÜR

Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırladığım bu çalışmanın tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, değerli öneri ve eleştirileriyle beni yönlendiren danışman hocam sayın Doç. Dr. Cüneyt GÜLER'e, arazi çalışmaları ve tez yazımı sırasında benden yardımını esirgemeyen değerli Araştırma Görevlileri Can AKBULUT ve Ümit YILDIRIM'a, yeraltı suyu örneklerinde yapılan ağır metal analizleri sırasında benden yardımlarını esirgemeyen Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanı sayın Prof. Dr. Musa ALPASLAN'a ve çalışmalarım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan AİLEME sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, BAP-FBE JM(VK) 2010-2YL nolu yüksek lisans tez projesi kapsamında, tezime maddi olarak destek sağlayan Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
EKLER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI	2
1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI.....	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	4
2.1. YERALTI SULARINDA AĞIR METAL KİRLİLİĞİ	4
2.1.1. Ağır Metaller	4
2.1.2. Kirletici Kaynaklar	5
2.1.3. Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri	6
2.1.3.1. Arsenik (As)	6
2.1.3.2. Kadmiyum (Cd)	7
2.1.3.3. Kobalt (Co)	9
2.1.3.4. Krom (Cr).....	11
2.1.3.5. Bakır (Cu)	12
2.1.3.6. Demir (Fe).....	14
2.1.3.7. Manganez (Mn).....	15
2.1.3.8. Molibden (Mo).....	16
2.1.3.9. Nikel (Ni)	18
2.1.3.10. Kurşun (Pb)	19
2.1.3.11. Çinko (Zn).....	21
2.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	23
3. MATERYAL ve YÖNTEM	25
3.1. MATERYAL	25
3.2. YÖNTEM.....	26
3.2.1. Büro Çalışmaları	26
3.2.1.1. Literatür Taraması.....	26
3.2.1.2. Coğrafi bilgi sistemi (CBS) veritabanı.....	26

Sayfa

3.2.2. Arazi Çalışmaları	29
3.2.2.1. Yeraltı suyu örneklemeesi.....	29
3.2.2.2. Yeraltı suyu fiziksel özelliklerinin arazide ölçümü	29
3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	30
3.2.3.1. Yeraltı suyu örneklerinde ağır metal analizleri.....	30
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	31
4.1. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLJİSİ	31
4.1.1. Temel Birimler	31
4.1.1.1. Karahamzaşağı formasyonu	31
4.1.1.2. Mersin ofiyolitik melanji	32
4.1.2. Tersiyer Birimleri.....	33
4.1.2.1. Gildirli formasyonu	33
4.1.2.2. Karaisalı formasyonu	36
4.1.2.3. Güvenç formasyonu	36
4.1.2.4. Kuzgun formasyonu	37
4.1.2.5. Handere formasyonu	39
4.1.3. Kuvaterner Birimleri	40
4.1.3.1. Kalabriyen-Siciliyen birimleri	40
4.1.3.2. Tirreniyen-Güncel birimleri	43
4.2. ÇALIŞMA ALANININ GENEL DURUMU	46
4.2.1. Konum ve Ulaşım	46
4.2.2. Morfoloji	46
4.2.3. Nüfus ve Yerleşim.....	47
4.2.4. İklim ve Bitki Örtüsü	49
4.3. ÇALIŞMA ALANININ HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ.....	50
4.3.1. Akarsular	50
4.3.2. Kanallar ve Su Yapıları	50
4.3.3. Kuyular.....	50
4.4. KARADUVAR BÖLGESİ YERALTI SULARININ FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ.....	52
4.4.1. Fiziksel Parametrelerin Alansal ve Zamana Bağlı Değişimleri	52
4.4.1.1. Elektriksel iletkenlik (Eİ).....	52
4.4.1.2. Çözünmüş oksijen (ÇO).....	59
4.4.1.3. İndirgenme-yükseltgenme potansiyeli (Eh)	60
4.4.1.4. Asitlik-bazlık derecesi (pH)	60

	<u>Sayfa</u>
4.4.1.5. Sıcaklık (T).....	60
4.4.2. Kimyasal Parametrelerin Alansal ve Zamana Bağlı Değişimleri	61
4.4.2.1. Arsenik (As)	61
4.4.2.2. Kadmiyum (Cd)	68
4.4.2.3. Kobalt (Co)	69
4.4.2.4. Krom (Cr).....	70
4.4.2.5. Bakır (Cu)	71
4.4.2.6. Demir (Fe).....	72
4.4.2.7. Manganez (Mn).....	73
4.4.2.8. Molibden (Mo).....	75
4.4.2.9. Nikel (Ni)	76
4.4.2.10. Kurşun (Pb)	77
4.4.2.11. Çinko (Zn).....	78
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR	82
EKLER.....	88
ÖZGEÇMİŞ.....	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Yeraltı suyu örneklerinde ölçülen fiziksel parametreler	30
--	----

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası	3
Şekil 3.1. Karaduvar bölgesinin arazi kullanım haritası ve belirlenen yeraltı suyu örnekleme noktaları	27
Şekil 4.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş dikme kesiti	35
Şekil 4.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin sayısal jeoloji haritası.....	45
Şekil 4.3. Çalışma alanının genel konumu.....	47
Şekil 4.4. Çalışma alanına ait Quickbird uydu görüntüsü.....	48
Şekil 4.5. Mersin ili (1930–2002 yılları arası) ve Tarsus ilçesinin (1988–1997 yılları arası) aylara göre ortalama yağış miktarları ve ortalama hava sıcaklıkları	49
Şekil 4.6. Çalışma alanındaki akarsuların ve sulama-kurutma kanallarının konumları.....	51
Şekil 4.7. Çalışma alanından değişik dönemlerde alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen fiziksel parametrelerin Box-Whisker grafiği ile gösterimi	53
Şekil 4.8. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Eİ, ÇO, Eh, pH ve sıcaklık) Mart 2006 dönemindeki alansal dağılımı	54
Şekil 4.9. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Eİ, ÇO, Eh, pH ve sıcaklık) Kasım 2006 dönemindeki alansal dağılımı	55
Şekil 4.10. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Eİ, ÇO, Eh, pH ve sıcaklık) Nisan 2007 dönemindeki alansal dağılımı.....	56
Şekil 4.11. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Eİ, ÇO, Eh, pH ve sıcaklık) Temmuz 2007 dönemindeki alansal dağılımı.....	57
Şekil 4.12. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Eİ, ÇO, Eh, pH ve sıcaklık) Mayıs 2010 dönemindeki alansal dağılımı.....	58
Şekil 4.13. Çalışma alanından değişik dönemlerde alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının Box-Whisker grafiği ile gösterimi	62
Şekil 4.14. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının Mart 2006 dönemindeki alansal dağılımı.....	63
Şekil 4.15. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının Kasım 2006 dönemindeki alansal dağılımı.....	64
Şekil 4.16. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının Nisan 2007 dönemindeki alansal dağılımı.....	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.17. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının Temmuz 2007 dönemindeki alansal dağılımı.....	66
Şekil 4.18. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının Mayıs 2010 dönemindeki alansal dağılımı.....	67

EKLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Ek-1. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri	88
Ek-2. Mart 2006 Döneminde Alınan Yeraltı Suyu Örneklerinde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler	89
Ek-3. Kasım 2006 Döneminde Alınan Yeraltı Suyu Örneklerinde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler	90
Ek-4. Nisan 2007 Döneminde Alınan Yeraltı Suyu Örneklerinde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler	91
Ek-5. Temmuz 2007 Döneminde Alınan Yeraltı Suyu Örneklerinde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler	92
Ek-6. Mayıs 2010 Döneminde Alınan Yeraltı Suyu Örneklerinde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler	93

1. GİRİŞ

Mersin ili, hızla büyüyen ve endüstrileşen sahil kentlerimizden biridir. 2009 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt (ADNK) sistemine göre ilin nüfusu 1,64 milyon kişiyi geçmiştir. Bu hızlı büyüme ve endüstrileşmeye bağlı olarak içme-kullanma ve sulama suyuna olan talebin her geçen gün hızla arttığı bölgede, sanayi tesisleri ve tarım faaliyetleri için ihtiyaç duyulan su, çoğunlukla izinsiz olarak açılan sığ veya derin kuyulardan temin edilmektedir. Çalışma alanını oluşturan Karaduvar mahallesinde bir gübre fabrikası, birçok akaryakıt ve LPG depolama-dolum tesisleri, ATAŞ Rafinerisi, termik santral (kapanmış), çok sayıda fabrika, tarım alanları ve yerleşim alanları bulunmaktadır [Akbulut, 2009; Güler, 2009]. Sanayileşmenin, şehirleşmenin ve tarımın iç içe olduğu bu bölgede çeşitli kirletici kaynaklar nedeniyle oluşan kirlilik bölgedeki toprak ve yeraltı suyu kalitesini olumsuz bir şekilde etkilemiş ve etkilemeye de devam etmektedir [Güler, 2009; Güler vd., 2010].

Son yıllarda, özellikle yerel basında ve ulusal medyada konu edilen ve bölgedeki petrokimya tesislerinden kaynaklandığı tahmin edilen petrol sızıntıları, verimli akiferlerin bulunduğu Mersin-Kazanlı arasındaki Karaduvar mahallesini olumsuz bir şekilde etkilemiş ve meydana gelen bu kirlilik bölge halkının da yoğun protestolarına neden olmuştur. Buna rağmen, bölgedeki bu olumsuz durumu gidermek ve oluşan çevre felaketinin zararlarını azaltmak için yerel yönetimler tarafından her hangi bir çalışma yapılmamıştır. Ayrıca, çalışma alanı ekolojik bakımdan oldukça önemli bir bölge sayılan Kazanlı sahiline sadece birkaç kilometre mesafededir. Avrupa'daki en büyük kıyı kumul alanlarından birine sahip olan bu bölge, soyu tükenmekte olan iki deniz kaplumbağası türü (*Caretta caretta* ve *Chelonia mydas*) için önemli üreme alanlarından biri olarak kabul edilmektedir [Baran ve Kasperek, 1989]. Bölgede yürütülen çeşitli faaliyetler (endüstri, tarım ve yerleşim) ve doğal süreçler; Kuvaterner yaşlı delta çökellerinden oluşan "Karaduvar kıyı akiferi"nin bazı kesimlerinde önemli miktarlarda ağır metal kirliliğine neden olmuştur. Yeraltı suyundaki ağır metal konsantrasyonlarının zaman içindeki değişimini yansıtan izleme faaliyetleri daha önceki çalışmalarda kısıtlı olarak ele alınmıştır [Güler vd., 2007; Yılmaz, 2007]. Yapılan bu çalışmadan elde edilen verilerle, bölgede daha önce yapılan çalışmalara ait veriler karşılaştırılmış ve bölgedeki ağır metal kirliliğinin zamana bağlı olarak değişimi belirlenmiştir.

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

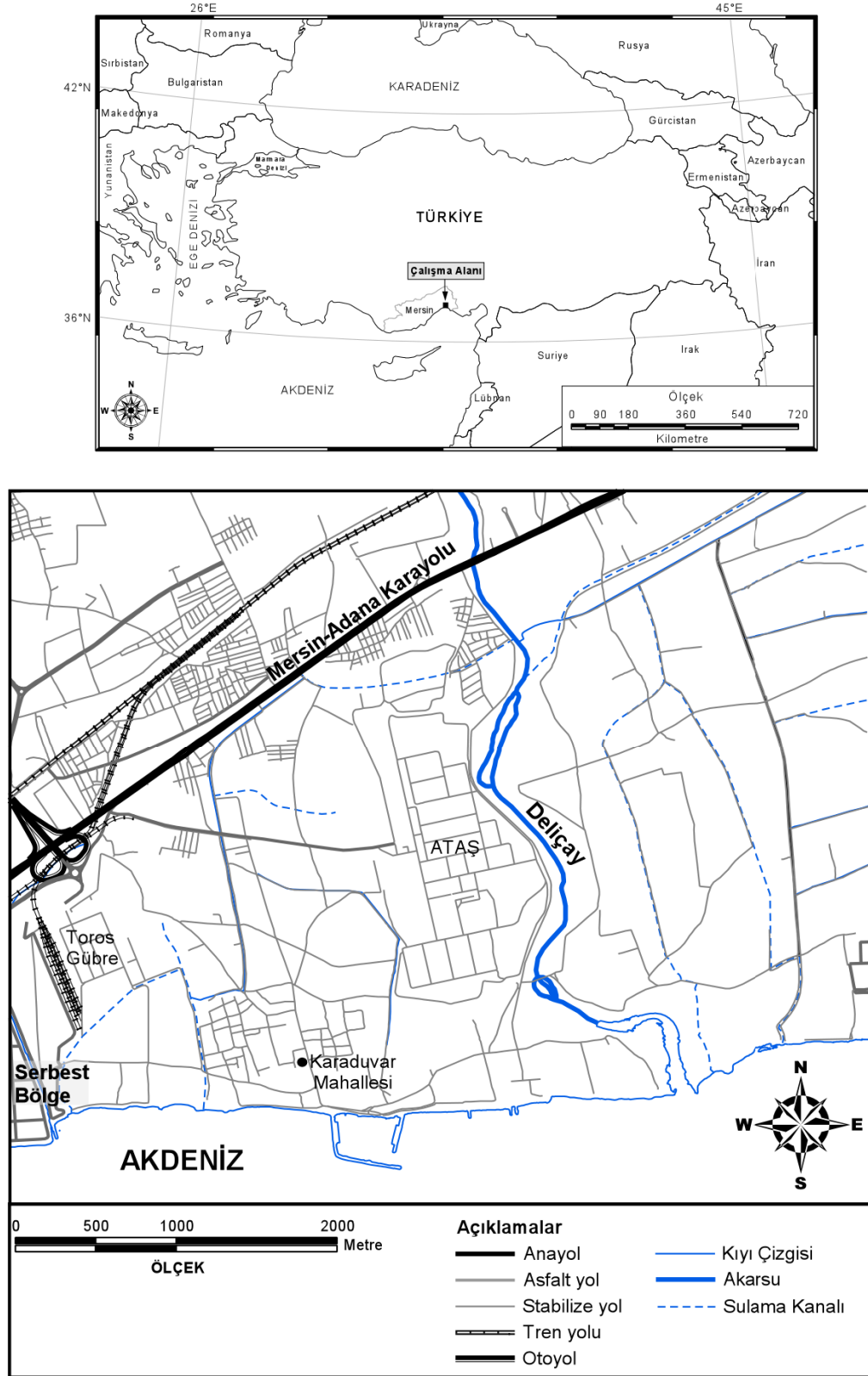
Bu çalışmanın amacını, Mersin ili Akdeniz Belediyesi sınırları içerisinde yer alan Karaduvar mahallesindeki yeraltı sularında görülen ağır metal kirliliğinin sebepleri ve konsantrasyonlarında meydana gelen mevsimsel değişimlerin izlenmesi oluşturmaktadır. Bu amaçla; bölgede yürütülen çeşitli antropojenik faaliyetler ve doğal süreçler sonucu oluşan ağır metal kirliliği ve konsantrasyonları ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) yöntemi kullanılarak karakterize edilmeye çalışılmıştır. Bölgeden alınan yeraltı suyu örneklerinde; elektriksel iletkenlik (Eİ), çözülmüş oksijen (ÇO), pH, yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (Eh) ve sıcaklık (T) yerinde (in-situ) ölçülmüştür. Ölçülen ağır metal konsantrasyonları, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde [Resmi Gazete, 2004] mevcut sınır değerlerle karşılaştırılarak (Ek-1) bölgede varolan olası kirlilik durumunun tespiti ve yeraltı sularının çeşitli amaçlara yönelik kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma alanından elde edilen tüm veriler ArcMap 9.3 programı [ESRI, 2009] kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veritabanına aktarılmış ve kirliliğin yayılımını ve boyutlarını gösteren çeşitli tematik haritalar oluşturularak değişik dönemlerde ölçülen ağır metal konsantrasyonları karşılaştırılmıştır.

1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

Çalışma alanını, 1/25,000 ölçekli Mersin O33-a3 paftasının güney kesiminde yer alan Karaduvar mahallesi oluşturmaktadır. Çalışma alanının doğusunda Deliçay, batısında Mersin Serbest Bölgesi, kuzeyinde Mersin-Adana devlet yolu (D400), güneyinde ise Akdeniz bulunmaktadır. Çalışma alanı yaklaşık 10 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1).

Bu çalışma kapsamında, bölgede görülen kirliliğin boyutlarının ve ağır metal konsantrasyonlarının tespit edilmesi için araziden alınan yeraltı suyu örneklerinde ICP-MS yöntemiyle arsenik (As), kadmiyum (Cd), krom (Cr), kobalt (Co), bakır (Cu), demir (Fe), manganez (Mn), molibden (Mo), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) gibi ağır metallerin analizleri yapılmış ve yeraltı suyunda (arazide) elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, Eh, pH ve sıcaklık, gibi parametrelerin çeşitli kombinasyon elektrotları ile ölçümü yapılarak meydana gelen mevsimsel değişimler belirlenmeye çalışılmıştır.

Kaplan, V. 2010. Causes of the heavy metal contamination in the Karaduvar District (Mersin) groundwater and monitoring of the seasonal changes occurring in their concentrations. M. Sc. Thesis, University of Mersin.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (Güler vd., 2007).

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. YERALTI SULARINDA AĞIR METAL KİRLİLİĞİ

Yeraltı sularında görülen ağır metal kirliliği genellikle ortama kontrolsüz olarak verilen endüstriyel, tarımsal ve evsel kökenli kimyasallar ve ilişkili antropojenik faaliyetler sonucu meydana gelmekte olup insan sağlığı açısından oldukça tehlikeli çevre sorunlarına neden olabilmektedir. Ağır metal kirliliğine neden olan ve yaygın olarak görülen kirlenici kaynaklar: (1) madencilik faaliyetleri sonucu oluşan katı ve sıvı atıklar, (2) endüstriyel katı ve sıvı atıklar, (3) yerleşim alanlarından ortama verilen katı ve sıvı atıklar, (4) tarımsal atıklar ve gübreler ve (5) fosil yakıtlar olarak sıralanabilir. Antik çağlarda metal cevherleri işlenmeye başlandığından beri metaller, insan faaliyetleri sonucu doğal çevrimler dışında atmosfere, hidrosfere ve pedosfere yayılmaya başlamışlardır. Yüzyıllar boyunca insanlar ağır metalleri, etkilerini bilmeden çeşitli amaçlar için (takı, silah, su borusu, vb.) kullanmışlardır. Sanayileşme ile birlikte ağır metal içeren kömürlerin yakılmaya başlanması ile endüstri bölgelerindeki ağır metal kirliliği aşırı boyutlara ulaşmış ve ağır metal kirliliğinden kaynaklanan ilk zehirlenmeler Japonya’da görülmüştür [Kahvecioğlu vd., 2004a].

2.1.1. Ağır Metaller

Bir grup olarak ağır metaller, periyodik tablodaki elementlerin büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadırlar. Atom numarası ve dolayısıyla atom ağırlığı yüksek olan ve yoğunluğu 5 gr/cm^3 ’ten büyük olan metaller ağır metal olarak adlandırılır. Genellikle atom numarası stronsiyum’un (Sr) atom numarasından (38) büyük olan elementler ağır metal olarak adlandırılır. Buna karşın, Yong [Yong, 2000] atom numarası 20’den büyük olan elementleri ağır metal olarak değerlendirmiştir. Ağır metaller atom numaralarına göre üç gruba ayrılır:

- Atom numarası 22-34 arasında olan elementler: Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As ve Se,
- Atom numarası 40-52 arasında olan elementler: Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb ve Te,
- Atom numarası 72-83 arasında olan elementler: Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb ve Bi.

Bu ağır metaller su kaynaklarına, tarımsal kimyasallar, endüstriyel atıklar, evsel atıklar, depolama alanlarından sızan sular veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısıyla bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Yüzey ve yeraltı sularına taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonatlı, sülfatlı ve sülfürlü katı bileşikler oluşturarak çökeler ve bölgesel olarak zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da bu suların ağır metal konsantrasyonları genellikle yükselme eğilimindedir [Kahvecioğlu vd., 2004a].

Ağır metallerin ekolojik sistemdeki yayılımlarının doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle olduğu görülmektedir. Sürekli ve kullanıma bağlı kirlenmenin yanı sıra, kazalar sonucu da ağır metallerin çevreye yayılımı önemli miktarlara ulaşabilmektedir [Soyaslan, 2004; Güler ve Alpaslan 2006; Kahvecioğlu vd., 2004a]. Ağır metallerin çevreye yayılımında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir-çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Havaya atılan ağır metaller, sonuçta karaya ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvanlara ve insanlara ulaşırlar ve aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan aerosol olarak solunurlar. Ağır metaller, endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin tozlaşması yoluyla da hayvan ve insanlar üzerinde etkin olurlar [Kahvecioğlu vd., 2004a].

2.1.2. Kirletici Kaynaklar

Su kirliliği günümüzde karşılaşılan çevre sorunlarının en önemlilerinden biridir. Suların kirlenmesi, hidrolojik döngünün herhangi bir aşamasında başlayabilir ve suyun doğal dolaşımının tümünü kapsayabilir. Yeryüzüne düşen sular; dere, çay, nehir, vs. halinde oluşturduğu yatak boyunca akarken veya topraktan sızarak yeraltı su kaynaklarını oluştururken, sürekli temas halinde olduğu kayalardan bünyesine aldığı elementler veya ortama verilen katı ve sıvı atıklardan dolayı büyük miktarda kirlenmektedir. Kirlenen bu suların bir kısmı yeraltı su kaynaklarına, bir kısmı deniz, göl gibi yüzeysel su kaynaklarına taşınarak kirliliğe neden olmaktadır [Çalım, 1998].

Yeraltı sularında bulunan kimyasal kirleticiler; zehirli maddeler, radyoaktif elementler, metal iyonlar ve petrol türevleridir. Zehirli maddeler olarak

sınıflandırılan kurşun, çinko, bakır, kadmiyum ve arsenik gibi ağır metaller en önemli kirleticilerdir [Durmaz, 2001]. Suyun fiziksel ve biyokimyasal özelliklerini değiştiren kirleticiler doğal ve doğal olmayan yollar ile yeraltı suyuna karışmaktadır. Denize yakın akiferlerde deniz suyu girişi ile atmosferik çevrim içerisinde yeraltı sularının kirlenmesi doğal kirlenme, şehirleşmenin ve endüstrileşmenin geliştiği bölgelerde kanalizasyon şebekelerinden, çöp toplama ve biriktirme alanlarından olan sızıntılar ile evsel ve endüstriyel atıklar ise doğal olmayan yollarla kirlenmeye örnektir [Durmaz, 2001]. Yeraltı suyunun kullanıldığı alanlarda suyun kalitesini korumak için gerekli tedbirler alınmadığı takdirde, zamanla yeraltı suyu kalitesinin bozulması mümkündür [Çimen, 2001].

2.1.3. Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri

Ağır metaller insan vücudunda zaman içerisinde birikme eğilimi gösterdiklerinden, çok düşük konsantrasyonlarda bile insanlar üzerinde toksik etkilere ve hatta ölüme neden olabilmektedirler. Yapılan çalışmalarda, içme suyunda bulunan ağır metaller ile bazı kanser vakalarından meydana gelen ölümler arasında pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu ağır metaller içerisinde, insan sağlığı açısından en önemli olanlarının etkileri izleyen bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

2.1.3.1. Arsenik (As)

Arsenik, yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu 2 ppm ve yoğunluğu $5,72 \text{ g/cm}^3$ olan bir metaloiddir. Arsenik 200'den fazla mineral türünde bulunmakla beraber doğada jeolojik olarak geniş bir alana yayılmış trivalent ve pentavalent formlarda mevcuttur ve en çok bilinen minerali arsenopirittir (FeAsS) [Kahvecioğlu vd., 2004c; WHO, 1996; Wikipedia, 2010]. Elementel arsenik suda çözünmezken inorganik arsenik tuzları, pH ve iyonik ortama bağlı olarak geniş aralıklı çözünürlükler gösterir. Okyanusa ve açık deniz suyunda arsenik konsantrasyonu 1-2 $\mu\text{g/L}$ civarındadır. Arsenik, yeryüzü sularında geniş bir konsantrasyon aralığında bulunmakta olup, nehir ve göllerdeki konsantrasyonu genelde 10 $\mu\text{g/L}$ 'nin altındadır. Yeraltı sularındaki arsenik seviyesi, volkanik kayalar ve sülfürlü minerallerin görüldüğü yerler hariç, ortalama 1-2 $\mu\text{g/L}$ 'dir. Sedimanlardaki ortalama arsenik konsantrasyonu ise 5-3000 mg/kg arasında değişmektedir [Kahvecioğlu vd., 2004c].

Topraktaki arsenik konsantrasyonu 1-40 mg/kg arasında olup, ortalama değerler 5 mg/kg civarındadır [ATSDR, 2000; www.inchem.org].

Endüstride arseniğin en yaygın kullanım alanları yarı iletken teknolojisi ve lazer üretimidir. Bunun yanında arsenik antik çağlardan beri bilinen ve zehir olarak kullanılan bir elementtir. Madencilik, metallerin ergitilmesi ve fosil yakıtların yanması gibi büyük endüstriyel prosesler arseniğin hava, su ve toprağa yayılmasına ve kirliliğe sebep olmaktadır. Arsenik içeren tarımsal ilaçların kullanılması ve kereste muhafazasında arsenik kullanılması da kirliliğe neden olan diğer unsurlardır [WHO, 1996; ATSDR, 2000; www.inchem.org].

İnorganik arsenik bileşikleri 60 ppm üzerindeki konsantrasyonlarda oral yolla vücuda alındığında insanlarda ölüme neden olur [Habashi, 1997; ATSDR, 2000; www.webelements.com]. Yüksek arsenik konsantrasyonları kromozom ve genler üzerinde negatif değişimlere neden olmaktadır. Doğal olarak yeryüzünde ve yiyeceklerde bulunan arsenatlar şeklindeki organik arsenik bileşikleri çok zehirli değillerdir. Vücut tarafından böbreklerde kolaylıkla giderilirler. Arseniktrioksitler gibi, inorganik arsenik bileşikleri endüstriyel olarak kullanılırlar ve toprağı, dolayısıyla yiyecek maddelerini kirlendirirler. Bunlar vücutta, saçta, ciltte, tırnaklarda ve iç organlarda birikirler. Ortalama olarak insan vücudunda 10-20 mg'ın üzerindeki oranlarda bulunan arsenik çeşitli sorunlara neden olur. Böbrek fonksiyonlarındaki azalma da arsenik birikimini arttırır. Arsenik için tavsiye edilen güvenli sınır değer yetişkinlerde 15 µg/kg'dır [WHO, 1996; ATSDR, 2000]. Çözünebilen inorganik arsenik bileşikleri kuvvetli zehir olduklarından yüksek dozlarda emilimi, sindirim sistemi semptomlarına, kardiyovasküler ve sinir sistemi fonksiyonlarında bozukluklara ve sonuçta ölüme sebebiyet vermektedir. İçme suyundaki arseniğin (≤ 50 µg/L) uzun süreli etkileşimi sonucunda deri, akciğer ve böbrek kanserine yakalanma riski çok yüksektir [Kahvecioğlu vd., 2004c]. Mesleki arsenik alınımları büyük oranda solunum yoluyla olup genelde akciğer kanseri ile sonuçlanmaktadır [Habashi, 1997; ATSDR, 2000; www.epa.gov].

2.1.3.2. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum ilk kez 1817 yılında Alman kimyacı F. Stromeyer tarafından keşfedilmiştir. Kadmiyumun yoğunluğu 7,996 g/cm³tür ve yer kabuğundaki

ortalama konsantrasyonu 0,1-0,5 ppm civarındadır [Wikipedia, 2010]. Kadmiyumun önemli sayılabilecek miktarlarda bulunduğu tek mineral, kadmiyum sülfür yapısındaki grinokittir (CdS) ve neredeyse her zaman sfalerit (ZnS) ile birlikte bulunur. Kadmiyum doğada çinko ile beraber $CdCO_3$ ve CdS halinde çok az miktarlarda bulunur. Bundan dolayı çinko cevherlerinden çinko elde edilmesi sırasında genellikle kadmiyum yan ürün olarak elde edilir [Wikipedia, 2010]. Kadmiyum kolayca levha haline getirilebilir ve yüzeyi oldukça iyi parlatılabilir. Kadmiyum nemli havada matlaşarak gri renge bürünür ve yüzeyinde bir oksit katmanı oluşur.

Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel-kadmiyum pillerde, korozyona karşı özellikle denizel koşullara dayanımı nedeniyle gemi sanayinde çeliklerin kaplanması, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanılır. Kadmiyum, iz element olarak fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliği oluşur. Kadmiyumun yıllık doğaya yayılım miktarı 25.000-30.000 tondur ve bunun 4.000-13.000 tonu insan faaliyetlerine bağlı olarak ortaya çıkar [Kahvecioğlu vd., 2004a]. İnsan yaşamını etkileyen önemli kadmiyum kaynakları; rafine edilmiş yiyecek maddeleri, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, tohum aşamasında kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır. Endüstriyel olarak kadmiyum zehirlenmesi kaynak yapımı esnasında kullanılan alaşım bileşimleri, elektrokimyasal kaplamalar, kadmiyum içeren boyalar ve kadmiyumlu piller nedeniyledir. Kadmiyum önemli miktarda gümüş kaynaklarda ve sprey boyalarda da kullanılmaktadır [www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs5.html].

Kadmiyum ve çinko yerkürede bir arada ve benzer yapılarda bulunurlar. Bu iki metal insan vücudunda da benzer yapısal ve fonksiyonel özellikler göstermektedirler. Kadmiyum, önemli enzim ve organ fonksiyonlarında çinkonun yerini alabilmektedir ve bu fonksiyonların gerekli şekilde gerçekleşmesini engellemektedir. Kadmiyum diğer ağır metaller içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Suda çözünebilir özelliğinden dolayı Cd^{+2} halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlere alınır ve birikme özelliğine sahiptir [Kahvecioğlu vd., 2004a]. İnsan vücudundaki Cd seviyesi ilerleyen yaşla beraber

artış gösterir ve genellikle 50’li yaşlarda maksimum seviyesine ulaştıktan sonra azalmaya başlar. Normal olarak vücudumuzda 40 mg’a kadar kadmiyum bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40 µg’a kadar kadmiyum vücuttan atılabilir. Kadmiyum vücutta %20’lik gibi bir oranla çok iyi absorbe edilemiyor olsa bile, bu diğer birçok metale kıyasla oldukça yüksek bir orandır [Kahvecioğlu vd., 2004a]. Kadmiyum ve bileşikleri genellikle böbrekler ve karaciğerde birikirler ve ilerleyen yaşlarla böbreklerdeki birikim yüksek tansiyona da sebep olabilmektedir. Kısa süreli olarak 0,05 mg/kg kadmiyum alınımı mide rahatsızlıklarına neden olurken, uzun süreli (>14 gün) 0,005 mg/kg/gün dozu böbrek ve kemiklerde önemli problemlere neden olmaktadır [www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/minimize/cadmium.pdf]. Kadmiyumdan kaynaklanan akut zehirlenmeler öncelikle halsizlik, baş ağrısı, ateş, terleme, kaslarda gerilme, ağrı ve kusmayla 24 saat içinde ortaya çıkar ve 3. gün en şiddetli belirtileri göstererek 1 hafta içinde yeni bir yüklemeye söz konusu değilse kaybolmaya başlar. Kronik kadmiyum zehirlenmesinde ortaya çıkan en önemli etki özellikle akciğer ve prostat kanseridir. Kronik zehirlenme böbrek hasarı ile ortaya çıkar ve idrarda düşük molekülü protein görülür. Aşırı dozda kadmiyum alınımı (60-480 µg/g) böbrekler üzerinde tahrip edici etkinin ortaya çıkmasına yol açar ve etki kuşlar da dahil olmak üzere tüm canlılarda görülmektedir [Kahvecioğlu vd., 2004a]. Kadmiyum zehirlenmesine bağlı olarak kemik erimesi ve buna bağlı hastalıklar da görülür. Diğer taraftan kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku duyusunun yitirilmesi de önemli etkilerdir [www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/minimize/cadmium.pdf; www.osha-slc.gov/SLTC/cadmium].

2.1.3.3. Kobalt (Co)

Kobalt, adını ortaçağ Avrupa madencilerinin kurşun ve nikel madenlerinin üretimi esnasında oluşan, ergimeyen ve metalin kullanılmasını engelleyen katı yapı nedeniyle şeytan madeni anlamına gelen “kobold” tanımlamasından almıştır. Bu elementin ana kaynağı olan kobaltit minerali (CoAsS) genellikle bakır ve nikel madenciliğinin yan ürünü olarak elde edilir [Wikipedia, 2010]. M.Ö. 2000’li yıllardan beri kobalt bileşikleri cam ve emayede mavi boya olarak kullanılmasına rağmen, element olarak 1742 yılında İsveçli araştırmacı G. Brandt tarafından yeni bir metal olarak tanımlanmıştır [Küchler, 1986; Habashi, 1997; Kahvecioğlu vd.,

2004b]. Yoğunluğu $8,9 \text{ g/cm}^3$ olan kobalt elementi, 25 mg/ton ortalama ile yeryüzünde nadir bulunan elementler grubundadır. Okyanus diplerinde bulunan mangan yumruları ($\%0,25 \text{ Co}$) dışında, tahmini rezerv $5,7 \times 10^6$ ton olarak tahmin edilmektedir [Kahvecioğlu vd., 2004b].

Kobalt, stratejik ve endüstriyel uygulamalarda ve askeri alanda önemli kullanım alanlarına sahiptir. Kobalt en çok süper alaşım olarak jet motor türbinlerinde kullanılırken, malzemelere manyetiklik özelliği kazandırma, korozyondan korunma ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla alaşımlarda, yüksek hız çeliklerinde, takım çeliklerinde, elmas takımlarında ve kesici uçlarda alaşım elementi olarak ta kullanılır. Bileşikleri ise petrol ve seramik endüstrisinde katalizör ve boyalarda pigment, mürekkep ve verniklerde kurutma maddesi olarak kullanılır. Ayrıca pil elektrotlarında, her tip manyetik malzemelerde ve kayıt cihazlarında kullanılmaktadır [Kahvecioğlu vd., 2004b].

Havada bulunan toz halindeki kobaltın solunması ve kobalt tuzlarına deri teması neticesinde kobalt zehirlenmesi gerçekleşir. Toz halinde alınan element kobalt akciğerlerde çözünerek kana ve idrara karışır. Hayvanlarda yapılan deneylerde ince partiküllerin (20 nm) yarım saatte, kaba partiküllerin ($11 \mu\text{m}$) 3-4 günde yarı yarıya çözüldüğü ortaya konulmuştur. Suda çözünürlüğü olmayan kobaltoksit (Co_3O_4) solunum yolu ile alındığında vücut tarafından çok iyi emilmekte ve hücrelerde bir kaç günde çözünerek kana karışmaktadır. Suda çözünür kobalt bileşikleri ağız yoluyla alındığında $\%75$ 'i tekrar atılırken geriye kalan kobalt kan, karaciğer, akciğer, böbrek, testisler ve bağırsaklarda toplanmaktadır [Habashi, 1997; www.inchem.org]. Kobalt ve kobalt bileşiklerinin insanlar üzerinde kansere neden olduğuna dair henüz kesin bulgular olmamasına rağmen, kobalt bileşikleri risk teşkil etmektedirler ve kanserojen madde gibi muamele görürler. Kobalt içeren implant takılan bölgelerde tümör oluşumuna da rastlanmış ve hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde, kobalt metalinin, suda çözünür kobalt bileşiklerinin kansere yol açtığı kanıtlanmıştır [Kahvecioğlu vd., 2004b; www.inchem.org]. Günlük besin ihtiyacımızda çok küçük bir yer teşkil eden kobalt, kırmızı kan hücreleri üretiminin ve sinir düzenlenmesinde kullanılan B12 vitaminin bileşenidir [Mertz, 1987; Kendrick vd., 1992]. Kobaltın vücuttaki normal miktarı $80\text{-}300 \mu\text{g}$ 'dır ve kırmızı kan hücrelerinde, karaciğerde, dalakta, böbrekte ve pankreasta depolanır [Kahvecioğlu vd., 2004b]. Et, karaciğer,

böbrek, midye, istiridye, süt, balık ve deniz yosunları ve daha düşük miktarda olmakla beraber kara sebzeleri (bakla tohumu, ıspanak, lahanası, salata, pancar, incir) kobalt içerir. Yetersiz kobalt alınımında pernisiyöz (zararlı) anemi ve sinirlerde bozukluk gibi pek çok problemler ve semptomlar ortaya çıkar ancak yeterli B12 vitamini alınarak etkiler ortadan kaldırılabılır [Kahvecioğlu vd., 2004b].

2.1.3.4. Krom (Cr)

Krom ilk kez 1797'de Fransız L. N. Vauquelin tarafından krokoit ($PbCrO_4$) minerali içerisinde keşfedilmiş ve çok renkliliğinden dolayı Yunanca renkler anlamına gelen "chroma" adı verilmiştir. Krom günümüzde büyük oranda kromit mineralinden ($FeCr_2O_4$) elde edilmektedir. Krom yer kabuğunda en çok bulunan 21. elementtir ve ortalama konsantrasyonu 100 mg/kg kadardır. Pek çok toprakta az miktarda krom (2-60 mg/kg) bulunurken, kirlenmemiş bazı topraklarda bu değer 4000 mg/kg'a kadar çıkabilmektedir [Kahvecioğlu vd., 2004a]. Kromun deniz suyundaki konsantrasyonu 5-800 $\mu g/L$ arasında değişirken, nehir ve göllerdeki konsantrasyonu 26 $\mu g/L$ ile 5,2 mg/L arasındaki geniş bir aralıkta yer alır [Wikipedia, 2010]. Krom içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtların, ağaç ve kağıt ürünlerin yanması neticesinde doğada altı değerlikli (Cr^{+6}) krom oluşmaktadır. Okside krom, havada ve saf suda nispeten kararlı iken, ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda üç değerliğe (Cr^{+3}) geri indirgenir. Kromun kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6.700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akar ve okyanus tabanında çöker [Kahvecioğlu vd., 2004a].

Günümüzde krom, özellikle korozyona karşı dayanıklılığı ve sertliği nedeniyle alaşım elementi olarak kullanılmaktadır. Özellikle paslanmaz çelik sanayi, kromun en önemli kullanım alanlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bunun yanı sıra, boya, çimento, kağıt, kauçuk ve diğer malzemeler için pigment olarak kullanılan krom, dericilik ve refrakter malzeme yapımında da sıklıkla kullanılan bir elementtir [Wikipedia, 2010].

Kromun başta insan bünyesinde olmak üzere canlı organizmalardaki davranışı oksidasyon kademesine ve oksidasyon kademesindeki kimyasal özelliklerine ve bulunduğu ortamdaki fiziksel yapısına bağlıdır. Günde ortalama

krom alımı (tüm değerliklerde) 30-200 µg'dır ve bu oranda alınan kromun toksikolojik bir etkisi yoktur. Yaklaşık olarak alınan Cr^{+3} 'ün %0,5-3'ü vücut tarafından adsorbe edilir. Cr^{+6} 'nın sindirim sistemindeki adsorbsiyonu Cr^{+3} 'ten 3-5 kat daha fazladır. Adsorbe olan krom genelde üre bileşiği olarak olarak atılır [Mertz, 1987; www.inchem.org]. Günlük alınan krom miktarı tüketilen besin maddeleri ile ilintilidir. Et, hububat, bakliyat ve baharatlar en iyi krom kaynağıdır, süt ürünleri, pek çok sebze ve meyve ise az miktarda krom ihtiva eder. İnsan vücudundaki krom eksikliği, şeker hastalığı olarak kendini gösterir [WHO, 1996]. Vücutta insulin hareketini sağlayan krom, karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını etkiler. Krom eksikliği, kurşunun toksikliğini arttırırken, biyolojik sistemlerdeki aşırı Cr^{+6} farklı tipte kanser oluşumuna sebep olmaktadır. Cr^{+6} 'nın hava yoluyla vücuda alınması ile burun akmaları, burun kanamaları, kaşınma ve üst solunum yollarında delinmelerin yanı sıra kroma karşı alerji gösteren insanlarda da astım krizleri görülmektedir. Cr^{+3} 'ün hava ile alınması solunum yollarına Cr^{+6} kadar negatif etki yapmamaktadır. Yetişkin bir insan için ağızdan alınan öldürücü doz 50-70 mg/kg'dır [www.inchem.org]. Hegzavalent krom (Cr^{+6}) trivalent kroma (Cr^{+3}) göre daha toksiktir [Mertz, 1987; WHO, 1996]. Günlük doz sınırları içinde alınan Cr^{+3} bileşiklerinin insanlara veya hayvanlara zararları görülmemiştir [www.inchem.org]. Yüksek dozda Cr^{+6} bileşiklerinin alınmasına bağlı olarak şiddetli ve sıklıkla ölümle sonuçlanan patolojik değişimler ortaya çıkar. Altı değerlikli krom bileşikleri deri, sindirim sistemi ve akciğerlerde tahriş edici ve korozyif özellik gösterirler. Düşük seviyelerde kroma maruz kalındığında, deride iritasyon ve ülser meydana gelir. Uzun süreli maruz kalındığında böbreklerde ve karaciğerde hasara yol açabildiği gibi kan dolaşım sistemini ve sinir dokularını tahrip edebilir [Kahvecioğlu vd., 2004a].

2.1.3.5. Bakır (Cu)

Atmosfer koşullarında metalik gri tonda bulunmayan üç metalden biri olan bakır, M.Ö. 5.000 yılından beri bilinmektedir ve adını ilk bulunduğu yer olan Kıbrıs'ın Latincesinden (Aes Cyprium = Kıbrıs cevheri, Cyprium, Cuprum) almıştır [Wikipedia, 2010]. İlk kez Mısırlılar tarafından üretilen bakır, M.Ö. 3.000 yılından itibaren (Bronz Çağı) Anadolu, Yunanistan ve Hindistan'da kullanılmıştır. Doğada 200'den fazla bakır minerali bulunmakla beraber sadece 20 tanesi bakır cevheri

olarak endüstriyel öneme sahiptir. Dünya bakır rezervlerinin %68'ine Şili, A.B.D., Rusya, Zambiya, Peru, Zaire ve Kanada; %32'sine ise diğer ülkeler sahiptir. Toplam rezerv ise yaklaşık 650×10^6 ton olarak tahmin edilmektedir. Yıllık üretim miktarı 14 milyon ton (2001 yılı) civarındadır [Mertz, 1987; Habashi, 1997; Kahvecioğlu vd., 2004b]. Bakır "litofil" (kaya sever) elementler gibi suda çözünerek geniş bir alana dağılılabılır [Kahvecioğlu vd., 2004b]. Endüstriyel kirliliğe maruz kalmamış bölgelerdeki deniz suyunda bakır konsantrasyonu $0,15 \mu\text{g/L}$ ve tatlı suda ise $1-20 \mu\text{g/L}$ 'dir. Doğal suların pH değerine bağlı olarak çözünürlük sınırındaki azalma sonucu çökler ve doğal yeraltı sularından oluşan çökellerde yaklaşık $16-5000 \text{ mg/kg}$ arasında ve deniz dibinde ortalama $2-740 \text{ mg/kg}$ bakır bulunur. Kirlenmemiş toprakta bakır konsantrasyonu ortalama 30 mg/kg seviyelerindedir [www.inchem.org].

Endüstride bakırın önemli rol oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılmasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özelliklerinin arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyona direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir. Ayrıca alaşımları çok çeşitli olup endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik, vd.) değişik amaçlı kullanılmaktadır [DPT, 2001; Kahvecioğlu vd., 2004b].

Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapıları canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, antibakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır [Kahvecioğlu vd., 2004b]. Örneğin %1-20 CuSO_4 içeren kireç sütü karışımı "Bordo Karışımı" olarak bilinir ve üzüm tarımında fungusit olarak kullanılır. Hastanelerde kapı kolları ve elle sıkça temas edilen bölgeler bakır alaşımlarından imal edilen malzemelerden yapılır ve malzemenin antiseptik özelliğinden yararlanılarak mikropların yayılması engellenir. Bakır doğada pek çok sebze ve meyvede bulunur. Örneğin elmada ortalama $0,1-2,3 \text{ mg/kg}$ bakır mevcutken, kuru erikte bu değer $3,7-5,0 \text{ mg/kg}$ 'a çıkar, ay çekirdeğinde ise $14,3-19 \text{ mg/kg}$ bakır bulunur. Anne sütü ortalama $200-400 \mu\text{g/L}$ bakır içerir [Kahvecioğlu vd., 2004b]. Bakır eksikliğine bağlı olarak hayvanlarda ve

insanlarda büyümede gecikme, solunum sisteminde enfeksiyonlar, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi rahatsızlıklar kendini gösterirken, bakır bilezikler eklemlerin kireçlenmesine ve romatizmaya karşı kullanılır [Mertz, 1987; WHO, 1996; www.inchem.org]. Bakır, vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. Erişkin insanlarda ortama 50-120 mg civarında bulunan bakır, amino asitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının vazgeçilmez öğesidir. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunan bakır, demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir. Bakır eksikliğinde hayvanlarda anormallikler, kansızlık, kemik hataları ve sinir sisteminde bozukluklar tespit edilmiştir [Kahvecioğlu vd., 2004b]. Akut bakır zehirlenmesi seyrek olarak gözlenir. Genelde yiyecek ve içeceklere kazayla bakır ihtiva eden maddelerin karışmasıyla veya kasten bakır tuzlarının yutulması sonucu “bakır çalığı” olarak bilinen zehirlenme gerçekleşir [Mertz, 1987]. Akut bakır zehirlenmesinde gözlenen belirtiler tükürük salgılamasının artması, mide ağrıları, bulantı, ishal ve sindirim sistemi mukozasının tahrişidir. Ayrıca alınan doza bağlı koma durumuna ve ölümlere sebebiyet verebilir.

2.1.3.6. Demir (Fe)

Demir, dünyada en yaygın olarak bulunan ve yer kabuğunda en çok bulunan 4. elementtir. Elementel demir en reaktif metaller arasında olup, havada oksitlenerek demir oksitleri oluşturur. Demir doğada çok bulunmasına rağmen doğal suların kapsamında çok az miktarlarda bulunur. Bunun nedeni demirin sudan hızla çökerek ayrılmasıdır. Suda demir iki farklı değerlikli olabilir. Bunlar +2 değerlikli demir (ferro) ve +3 değerlikli demir (ferrik) halidir. İçme sularında demir konsantrasyonu 0,5 mg/L’yi geçtiğinde mürekkep kokusu hissedilir [Wikipedia, 2010].

Günlük hayatta en çok kullanılan metallere biri olan demir ve demir alaşımları (çelik) genellikle inşaat sektörü, metalurji ve makina endüstrilerinde sınırsız kullanım alanlarına sahiptir.

Demir, ağır metaller arasında en zehirsiz element olarak kabul edilmektedir. Demir, insan organizmasında özellikle alyuvarların yapısında bulunan hemoglobinin fonksiyonel bir parçası olması yönünden önemlidir. Demirin biyokimyasal

reaksiyonlar yönünden özellikle solunum sistemi açısından büyük görevleri vardır [Güler ve Çobanoğlu, 1994]. Yüzeysel sularındaki yüksek demir konsantrasyonu mikrofloranın büyük ölçüde değişmesine neden olur. Çeşitli demir bileşikleri, sertliği düşük sularda pH'ın düşmesine sebep olarak balıklara zehir etkisi yapmaktadır. Ayrıca, demir hidroksit, balıkların solungaçlarını tıkayarak ölmelerine neden olur. Sudaki demir konsantrasyonu 1 mg/L'yi aştığında balıklar için zararlı etkiler meydana gelmektedir. İçme sularında ise demir konsantrasyonu 0,5 mg/L sınırını aştığında suda belirgin bir renk ve tat değişimine neden olur [Güler ve Çobanoğlu, 1994]. İnsan sağlığı açısından, vücuttaki demir miktarı kilogram başına 20 mg'ı geçtiğinde toksik etkiler görülmeye başlar ve demir miktarı kilogram başına 60 mg'ın üzerinde ölüme neden olabilmektedir.

2.1.3.7. Manganez (Mn)

Yer kabuğundaki manganez konsantrasyonu 1000 ppm civarında olup, en çok bulunan 12. elementtir. Topraktaki manganez konsantrasyonu 7-9000 ppm arasında değişmekle beraber, ortalama olarak 440 ppm civarındadır [Wikipedia, 2010]. Deniz suyundaki manganez konsantrasyonu 10 ppm iken atmosferde bu miktar 0,01 µg/m³'tür. Manganez başlıca pirolisit (MnO₂), braunit ((Mn²⁺Mn³⁺)₆(SiO₁₂)), psilomelan ((Ba,H₂O)₂Mn₅O₁₀) ve az miktarda da rodokrozit (MnCO₃) olarak bulunur [Wikipedia, 2010]. Ekonomik öneme sahip diğer manganez cevherleri özellikle demir cevherleriyle birlikte bulunmaktadır. Manganezin birçok oksidi, örneğin manganez dioksit, doğada yaygın olarak bulunur ve renklerinden dolayı bu oksitler Taş Devri'nden beri insanlar tarafından kullanılmaktadır. Manganezin en yaygın görüldüğü değerlikler +2, +3, +4, +6 ve +7 olmakla beraber -3 ve +7 arasında ki değerliklerde de bulunmaktadır [Wikipedia, 2010].

Endüstriyel anlamda manganez en çok çelik yapımında, alüminyum alaşımlarında, standart ve alkalik pillerde, katkı maddesi olarak gübrelere ve kurşunsuz benzinde, kimya sanayinde, boyalarda pigment olarak, cam sanayinde ve korozyona karşı koruyucu olarak yaygın olarak kullanılmaktadır [Wikipedia, 2010].

İnsanlar tarafından manganez alımı ıspanak, çay ve baharatlar gibi gıdalardan kaynaklanmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda manganez içeren gıdalar; tahıllar, pirinç, soya fasulyesi, yumurta, fındık, zeytinyağı, yeşil fasulye ve

istiridyedir. Manganezin insan vücudundaki absorpsiyonundan sonra kan yolu ile karaciğer, böbrek, pankreas ve endokrin bezlerine taşınır. Manganezin +2 değerlikli hali genellikle organizmaların önemli yaşamsal fonksiyonlarında kullanılmakla birlikte, diğer değerliklerdeki halleri insanlar için toksik etkiler yapmaktadır. Manganezin etkileri başlıca solunum sisteminde ve beyinde gözlenir. Manganez zehirlenmesinin belirtileri halüsinasyonlar, unutkanlık ve sinir hasarlarıdır. Manganez ayrıca Parkinson, akciğer amfibiyozisi ve bronşite neden olabilir. Aşırı manganez alımı sonucu şizofreni, kasların zayıflığı, baş ağrısı ve uykusuzluk gibi belirtiler gözlenebilir. Manganez insan sağlığı için gerekli bir element olduğundan, manganez yokluğu da sağlık sorunlarına neden olabilir. Bu etkiler; şişmanlık, glikoz intoleransı, kan pıhtılaşması, deri problemleri, düşük kolesterol seviyeleri, iskelet bozuklukları, doğum hataları, saç renginde değişiklikler ve nörolojik semptomlardır. Kronik manganez zehirlenmesi uzun süreli toz ve dumanın solunmasından kaynaklanır. Hastalıktan hasar gören başlıca bölge merkezi sinir sistemidir ve kalıcı sakatlık ile sonuçlanabilir [www.food-info.net/tr/metal/intro.htm].

2.1.3.8. Molibden (Mo)

Molibden, ilk kez 1778 yılında İsveçli kimyacı C. W. Scheele tarafından molibdenit mineralinin sülfür minerallerinden ayrılması esnasında bulunmuştur. Scheele, o döneme değin bir kurşun cevheri ya da grafit olduğu sanılan (molibdenit) mineralin bilinmeyen bir metalin sülfür bileşiği olduğunu göstermiştir. İsveçli kimyacı P. J. Hjelm'de 1781'de oksit bileşiğini karbon ile indirgeyerek saf olarak molibden metalini elde etmiştir. Yunanca "kurşuna benzer" anlamına gelen "molybdos" sözcüğünden esinlenerek adlandırmıştır [Okudan, 2009]. Yeryüzündeki ortalama molibden konsantrasyonu 1 ppm olmakla birlikte, bazı kaya türlerinde 0-3000 ppm arasında bulunabilmektedir. Bitkilerdeki Mo içeriği; büyük oranda toprağın Mo içeriği ve pH'ı ile mevsimsel farklılıklara göre değişmektedir [McDowell, 1992]. Çözünebilen molibden bileşikleri; amonyum molibdat, amonyum paramolibdat, kalsiyum molibdat, metalik molibdat ve molibden trioksittir. Çözünmeyen bileşikleri ise; molibden dioksit ve molibden disülfittir [Barceloux, 1999].

Endüstriyel alanda, molibden bileşikleri genellikle yüksek basınç ve yüksek sıcaklık uygulamalarında pigment ve katalizör olarak kullanılmaktadırlar [Wikipedia, 2010]. Molibden, çelik endüstrisinde alaşım elementi olarak kullanılan ve çok geniş uygulama alanına sahip olan bir elementidir. Molibden, demir ve çelik endüstrisinde sağlamış olduğu birçok faydadan dolayı yaygın kullanım alanına sahiptir [Northcott, 1956; Sutulov, 1979]. Molibden, çelik alaşımlarında, dökme demirlerde ve süper alaşımlarda sertleşebilirliği, mukavemeti, dayanıklılığı ve korozyon direncini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Molibden sarısı olarak bilinen pigment, kırmızımsı sarıdan parlak kırmızıya değişik renkler vermekte olup boya, mürekkep, plastik ve kauçuk bileşenlerinde kullanılır. Molibden, petrol endüstrisinde, petrol ürünlerinden organik sülfürün uzaklaştırılmasında katalizör olarak kullanılır [Okudan, 2009].

İnsan ve hayvanlar için gerekli bir iz element olan molibden doğada yaygın bir biçimde dağılmış olup, fazla miktarlarda toksik etkisi olan elementlerden biridir. Molibden üreten yada faaliyetlerinde molibden kullanılan bazı endüstri kuruluşlarının yakın çevresinde bulunan otlaklar ve benzeri alanlar molibdenli atıklarla sakıncalı düzeylerde kirlenir. Bu kuruluşların çevresinde uzun süre otlama durumunda olan evcil hayvanlarda çeşitli problemler gözlenebilir [Güler ve Çobanoğlu, 1994]. Molibdenin toksik etkisi özellikle bakır düzeyi ile ilgilidir. Bakır düzeyi normalin altına indiğinde ve sülfat düzeyi artığında 1-2 ppm molibden bile zehirlenmeye sebep olur. Genel bir kural olarak bakır/molibden oranı 2/1'in altına indiğinde molibden zehirlenmesi görülür. Molibden böbrek, karaciğer, vücut yağı ve kanda birikir [Güler ve Çobanoğlu, 1994]. Molibden yetersizliği ile ilgili anormal durumlar belirtilmezken fazlalığına bağlı olarak bakır yetersizliğine neden olabileceği ve bunun sonucunda hayvanlarda; anemi, diyare, büyümede gecikme, yem tüketimi ve yemden yararlanmada azalma, yapağı ve kıl kalitesinde azalma, kıllarda depigmentasyon, yün elastikiyetinin ve kıvrımlarının kaybolması, kemiklerde deformiteler, kardiyovasküler bozukluklar, keratinizasyonda bozukluklar ve yağ asidi metabolizmasında aksaklıklar nedeniyle önemli ekonomik kayıplara yol açabileceği değişik bir çok araştırmacılar tarafından kaydedilmektedir [İpek, 2003].

2.1.3.9. Nikel (Ni)

Nikel ilk olarak 1751 yılında A. Cronstedt adlı bir İsveçli bilimadamı tarafından, gersdorfit (NiAsS) cevheri araştırılırken bulunmuştur. Nikelin başlı başına bir element olduğu 1775'te T. Bergman ve arkadaşları tarafından kanıtlanmış ancak 1804'e kadar üretimi yapılmamıştır [Kahvecioğlu vd., 2004b]. İlk saf metal üretimi J. Richter tarafından 1804 yılında yapılmıştır. İlk bulunuşundan sonra uzun bir süre boyunca nikel içeren alaşımlar üretilmiştir. 1830'larda "Alman gümüşü" olarak bilinen bakır-nikel-çinko alaşımları İngiltere ve Almanya'da büyük miktarlarda üretilmiştir. 1870'te çelik alaşımlandırma elementi olarak önem kazanan nikel daha sonra elektrolitik olarak kaplama teknolojisinin geliştirilmesiyle geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Nikel, yakıtların yanması, madencilik ve rafinasyon işlemleri ve kentsel atıkların küllleştirilmesi ile atmosfere yayılmaktadır. Doğal yayılımı yanında insan aktivitelerine bağlı olarak doğada bulunmaktadır. Toprakta eser element olarak bulunan nikel, demir ve alüminyum silikatların latisinde yer almaktadır. Çoğunlukla sülfat ve oksitler halinde bulunan ve yeryüzünde bulunma sıklığı bakımından 24. sırada olan nikelin ortalama konsantrasyonu %0,008'dir. Toplam rezervinin 130×10^6 ton olduğu tahmin edilmektedir [Habashi, 1997].

Parlak gümüşümsü sert bir ferromanyetik olan nikel metali, nitrik asitte çözünebilirken seyreltik hidroklorik ve sülfürik asitte az oranda çözünebilmekte, sıcak-soğuk su veya amonyakta ise hiç çözünebilirlik göstermemektedir. Nikelin büyük bir çoğunluğu (%80), korozyon ve ısı direncinin yüksek, sertliğinin ve dayanımının iyi olması sebebiyle alaşım üretiminde kullanılmaktadır [Kahvecioğlu vd., 2004b]. Nikelin ana kullanım alanı paslanmaz çelik, bakır-nikel alaşımları ve diğer korozyona dayanıklı alaşım üretimleridir. Saf nikel kimyasal katalizör olarak elektrolitik kaplamada ve alkali pillerde, pigmentler, madeni para, kaynak ürünleri, miknatıslar, elektrotlarda, elektrik fişlerinde, makine parçaları ve tıbbi protezlerde kullanılmaktadır [Habashi, 1997; Kahvecioğlu vd., 2004b].

Nikelin bilinen biyolojik fonksiyonu olmamakla birlikte orta seviyede zehirleyici özelliği vardır. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir [Kahvecioğlu vd., 2004b]. Zararlı etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenme nadir olarak görülür. Derideki etkileşim, nikel içeren takı

kullanımında ortaya çıkabilmektedir. Nikel madenciliği ve ergitme endüstrisinde mesleki maruziyet görülmektedir. İnsanlar nikel solunum yoluyla, içme suyuyla ve gıdaların tüketimiyle maruz kalabilir. Nikelin fazla miktarda alınması akciğer, burun, prostat ve gırtlak kanseri riskini artırır, akciğerlerde tıkanma, solunum yetersizliği, doğum kusurları, astım ve kronik bronşit, mücevherlerden kaynaklanan deri isiliği gibi alerjik reaksiyonlar, kalp rahatsızlıkları, nikel gazına maruz kalındığında, halsizlik ve baş dönmesine neden olur [www.food-info.net/tr/metal/intro.htm]. Bazı bitki türleri, örneğin; baklagiller, için yararlı bir element olan nikel, belli bir doz aşımında (0,18-5 ppm) zehirleyici olmaktadır [Habashi, 1997]. Nikel hem altın için mükemmel bir beyazlaştırıcı hem de bakır ile birlikte kullanıldığında mekanik özellikleri, işlenebilirliği ve döküm özellikleri iyi olan bir alaşım eldesini mümkün kılan önemli bir alaşım elementidir. Günlük nikel alınımının yaklaşık yarısı ekmek, içecek ve tahılların tüketilmesiyle olmaktadır. Besinlerin günlük 150 µg'dan az nikel içermesi tavsiye edilmektedir. İngiltere'de günlük değer; yetişkinler için 140-150 µg, çocuklar için 14-250 µg, A.B.D'de 69-162 µg ve Danimarka'da ortalama 130 µg'dır [WHO, 1996].

2.1.3.10. Kurşun (Pb)

Kurşun, kolay elde edilmesi ve işlenmesi sebepleriyle insanlık tarihi boyunca yaygın olarak kullanılmıştır. Günümüzden 4.000-5.000 yıl öncesinde, antik uygarlıklar tarafından gümüş üretimi esnasında yan ürün olarak keşfedilmiş ve tarih boyunca kurşun üretimi ve kullanımı giderek artış göstermiştir. Kurşun, Roma İmparatorluğu'nda su borularında, su saklama haznelinde kullanılmıştır ve günümüz bilim adamları bu kullanım şeklinin Roma İmparatorluğu'nun sonunu hazırladığı görüşünü ortaya atmaktadırlar [Kahvecioğlu vd., 2004a].

Kurşun, atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. 1920'lerde kurşuntetraetil (Pb(C₂H₅)₄) gibi kurşun bileşikleri benzine ilave edilmeye başlanmıştır ve bu kullanım alanı kurşunun ekolojik sisteme yayılımında önemli rol oynar [Kahvecioğlu vd., 2004a]. Günümüzde kurşunsuz benzin kullanımı ile atmosfere kurşun yayılımı azalmakla beraber, birçok birincil metal üretim aşamasından atmosfere kurşun ve bileşiklerinin yayılımı devam etmektedir. Kurşun

yaygın olarak inşaat sektöründe, akümülatörlerde, silah endüstrisinde, teneke kutu kapakları, kurşun-kalay alaşımli kaplar, seramik sırları, böcek ilaçları, ağırlık ve lehim hammaddesi olarak ve radyasyon kalkanı olarak kullanılmaktadır [Wikipedia, 2010]. Kurşun, 20. yüzyılda yüksek oranlarda paslanmaya karşı boya hammaddesi olarak kullanılmıştır. Endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler; tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurur [Kahvecioğlu vd., 2004a]. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan kurşun tesisatlarda, kurşunun suya karışmasına sebep olabilmektedir. Kozmetik malzemelerde bulunan birçok pigment ve diğer ana maddeler de kurşun bulundururlar. Endüstriyel olarak kuyumculuk sektöründe altın rafinasyon ve geri kazanımı esnasında uygulanan “kal” işlemi önemli oranda kurşunun oksit halinde atmosfere atılmasına neden olmaktadır [Kahvecioğlu vd., 2004a].

İnsan vücudundaki kurşun miktarı tahmini ortalama olarak 125-200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1-2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir [Duffus, 1980; Bigersson vd., 1988]. Birçok kişinin maruz kaldığı günlük miktar 300-400 mg’ı geçmemektedir. Buna rağmen çok eski iskeletler üzerinde yapılan kemik analizleri günümüz insanı kemiklerinde, atalarımızdakinin 500-1000 katı kadar fazla kurşun bulunduğunu göstermektedir [Duffus, 1980; Bigersson vd., 1988]. Kurşunun vücutta absorpsiyonu çocuklarda daha yüksek olmakla beraber normalde %5 gibi düşük bir oranda gerçekleşmektedir. Bu oran dahi kalsiyum ve demir gibi birçok mineralin vücut tarafından emilimini azaltmaktadır. Kana karışan kurşun buradan kemiklere ve diğer dokulara gitmekte ya da dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılmaktadır. Kemiklerde biriken kurşun zamana bağlı olarak (yarılanma ömrü yaklaşık 20 yıl) çözünerek böbreklerde tahribata neden olur. Kurşun bir nevi nörotoksindir ve anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep olmaktadır [Kahvecioğlu vd., 2004a]. Kurşunun çoğu kemiklerde depolanmasına rağmen beyne, anne karnındaki cenine ve anne sütüne de geçebilmektedir. Bebekler ve çocuklarda düşük olan kurşun oranı, ilerleyen yaşla beraber, kurşuna maruz kalınmasıyla artış göstermektedir. Kanda 40 mg/L seviyesini aşınca tansiyon artırıcı etki de ortaya çıkar. Dünya Sağlık Örgütü sınıflandırmasına göre [WHO, 1996] kurşun 2. sınıf kansorejen gruptadır

[European Commission, 2002]. Ekolojik olarak kurşun katı olarak çökme eğilimindedir ve özel durumlar dışında kompleks oluşturmaz. Genellikle doğaya salınan kurşun zor çözümlü bileşikler ($Pb_3(PO_4)_2$, $Pb_4O(PO_4)_2$, $Pb_5(PO_4)_3OH$, $PbCO_3$ ve PbS) oluşturur. Bu nedenle beslenme zincirinde yer alan bitkilerden kurşun alınımı sözkonusu değildir [Rether, 2002]. Besin zincirinde kurşun yayılımı genellikle midye türü kalsiyumlu kabuklular üzerinden ve kalsiyuma bağlı olarak gerçekleşir. Tek hücreli canlıların ve balıkların 0,04-0,198 mg/L inorganik kurşun içeren suları tolere edebildikleri ancak daha düşük miktarlarda kurşunun besin yoluyla alınmasında akut zehirlenme gösterdikleri bilinmektedir [European Commission, 2002]. Kurşun zehirlenmelerinde demir eksikliği anemileri görülebilmektedir. Hafif olgularda deride solgunluk dışında herhangi bir belirti yoktur. Sadece yapılan kan tahlilleri ile tanı konulabilir. Daha ağır olgularda iştahsızlık, sindirim bozuklukları, kabızlık, bazen ağrılı yutma gibi sindirim bozuklukları ortaya çıkabilir. Tüm kansızlıklarda görülen çarpıntı, eforla oluşan nefes darlığı, baş dönmesi, kulak çınlaması, halsizlik, çabuk yorulma görülebilir. Hekim muayenesinde deri ve mukozalarda solukluk, dilde kızarma, kabarcık ve küçük çatlaklar görülür. Muhtemel diğer belirtiler ishal, aşırı endişe, iştahsızlık, kronik yorgunluk, titreme, nöbet, gut, baş dönmesi, uyuyamama, öğrenme kaybı, göz-el uyumunda zayıflama, geri kalmış gelişme, ağırlaşmış refleks süreci, şaşkınlık, ağızda metalik tatdır. Daha ağır olgularda ağız köşelerinde çatlaklar ve dalak büyümesi, toprak yeme gibi belirtiler bu tabloya eşlik eder [Dündar ve Aslan, 2005].

2.1.3.11. Çinko (Zn)

M.Ö. 1.000 yıllarında Çinlilerin ve 14. yüzyılda Hintlilerin metalik çinko ürettikleri ileri sürülmektedir. Miktar olarak en çok üretilen 3. metal olan çinkonun yeryüzündeki ortalama konsantrasyonu 70 ppm'dir. Toplam rezerv 180×10^6 ton olarak tahmin edilmektedir [Kücheler; 1986; Habashi, 1997].

Çinko demir konstrüksiyon malzemelerinkine kıyasla daha elektronegatif olduğundan çinko kaplamalar çelik yapılar için çok iyi korozyondan korunma sağlarlar ve bu özellik en önemli kullanım alanını oluşturur. Diğer taraftan düşük ergime sıcaklığına sahip olduğundan kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve pirinçte alaşım elementi olarak kullanılmaktadır [Habashi, 1997].

Çinko beyazı olarak bilinen çinko oksit (ZnO) boya pigmenti olarak kullanılır. Çinko ayrıca gübrelerde mikro nütrient olarak ta kullanılmaktadır.

Çinko metali ve birçok bileşikleri diğer ağır metallere karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Çinko tuzlarının toksikliği çinkodan daha fazladır ve yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmının toksikliğine bağlıdır. Örneğin; çinko kromatın ($ZnCrO_4$) yüksek zehirleyici ve kanserojen özelliği Zn^{+2} yüzünden değil, anyonik CrO_4^{-2} bileşeni sebebiyledir [Habashi, 1997]. Besin kaplarından çinkonun çözünmesiyle kirlenen besinin tüketilmesi veya mesleki koşullar altında çinko ya da çinko oksit tozunun solunumuyla zehirlenme ortaya çıkabilmektedir [Habashi, 1997]. Uzun süre ZnO buharı soluyanlarda “çinko ateşi” olarak adlandırılan rahatsızlıklar ortaya çıkar ve semptomlar herhangi bir yan etki bırakmadan birkaç gün içinde kendiliğinden kaybolur. Akut zehirlenme semptomları sindirimde sıkıntı, ishal, mide bulantısı ve karın ağrısı şeklinde ortaya çıkar. Aşırı dozda elementel çinko alındığında, uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik ve yazmada zorluk çekme gibi semptomlar gözlenir [Habashi, 1997, Kahvecioğlu vd., 2004]. Diğer taraftan, çinko insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir (günlük doz 10-20 mg). Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbohidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi ya da degradasyon gibi çeşitli metabolik prosesler için gereklidir [WHO, 1996; Habashi, 1997]. Fizyolojik miktarlardaki çinko Cd, Hg, Pb ve Sn gibi diğer ağır metal iyonlarının zehirleyici etkilerini azaltmaktadır [Habashi, 1997]. Çinko yetersizliği, gelişim bozuklukları, cinsiyet ve iskeletin gelişmemesi, kol ve bacak gibi uzuvlarda ve açık yerlerde deri iltihabı, ishal, kellik, iştah azalması ve davranışlarda değişikliklere yol açmaktadır [WHO, 1996]. Çinko, kan harici dokularda ve vücut sıvılarında rastlanan en yaygın metal iyonudur. 70 kg ağırlığında bir insanın kanında 2,3 g çinko bulunmaktadır. Bu miktarın %64’ü kaslarda ve %28’i de kemiklerde bulunmaktadır [Kücheler; 1986; WHO, 1996; Habashi, 1997].

2.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Schwartz ve Kgomanyane [2008], Selebi-Phikwe maden alanından kaynaklanan yeraltı suyu kirliliğini tespit etmek için PHAST1.2 programını kullanarak 1973 yılında başlayan kirliliğin ne kadar daha devam edeceğini tespit etmişlerdir.

Kaplay ve Patode [2004] Hindistan'ın, New Nanded, Maharashtra ve Tuppa yerleşim yerlerini içine alan bölgede yeraltı suyundan üç yıllık periyot içinde yaptıkları çeşitli jeokimyasal analizler sonucunda bölgedeki kirliliğin yayılımını ortaya koymuşlardır.

Demirel [2007], Mersin akiferinden aldığı yeraltı suyu örneklerinden yaptığı fotometrik ölçümler ve Map/INFO programı aracılığıyla oluşturduğu tematik haritalarla yeraltı suyundaki ağır metal içeriğini ve dağılımını belirlemiştir.

Demirel ve Külege [2005] yaptıkları çalışmada, Berdan nehrinde oluşan kirliliği tespit etmek için nehrin iki noktasından ve 27 kuyudan aldığı örnekleri ICP yöntemiyle analiz etmiş ve Berdan nehrine yapılan atıksu deşarjının yeraltı suyu kalitesini olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur.

Çetindağ ve Okan [2004] yaptıkları çalışmada Elazığ, Uluova akiferinin kirlilik potansiyelini ve hidrokimyasal özelliklerini ortaya koymuşlardır.

Şenol vd. [1998], tüm eski çalışmaları değerlendirmiş ve O33-a3 paftasını da içine alan ve çalışma alanında da yaygın olarak görülen Kuvaterner yaşlı jeolojik birimleri (delta çökelleri) ayrıntılı olarak incelemiştir.

Demirel [2004], Kazanlı kıyı akiferinde meydana gelen deniz suyu girişiminin tarihsel gelişimini (1984 ile 2000 yılları arasında) irdelemiş ve su kimyası parametrelerinin zaman içinde değişimini çeşitli grafik yöntemler kullanarak ortaya koymuştur.

Hatipoğlu [2004], Mersin ile Tarsus arasındaki alanda kıyı ve yamaç akiferlerinin hidrojeokimyasını incelemiş ve çeşitli kimyasal parametrelerin dağılımını yansıtan haritalar oluşturmuştur.

Güler vd. [2007] bir TÜBİTAK projesi kapsamında, Karaduvar mahallesi ve civarındaki bölgede bulunan delta çökellerinin mineralojisini incelemişler, yeraltı ve yerüstü sularının hidrojeokimyasına yönelik çalışmalar yapmışlar ve bölgede

bulunan endüstriyel ve tarımsal kökenli kirletici kaynakları ortaya koyarak elde ettikleri sonuçları CBS'ye aktararak bir veritabanı oluşturmuşlardır.

Cheon vd. [2004], çalışma alanına benzer bir alanda (Kore) petrol depolama tanklarından meydana gelen sızıntının yeraltı suyuna etkisini araştırmış ve kirliliğin zaman içinde değişimini göstermiştir.

Kim vd. [2004], yeraltı suyu kimyasını etkileyen karmaşık faktörleri hidrojeokimyasal modeller kullanarak açıklamış ve her bir faktörün su kimyası açısından önemini vurgulamıştır.

Kastanek vd. [2007] çeşitli zararlı halojen organik maddeler tarafından kirletilmiş yeraltı suyu ve atığın de-kontaminasyonu için iki metodun uygulanması ve araştırılması amacıyla çeşitli çalışmalar yapmışlardır. İndirgen dehalojenizasyon ve aktif radikaller tarafından organik maddelerin dekompozizasyonu çalışılmıştır.

Rabideau vd. [2005], New York (A.B.D.)'ta yeraltı suyundan stronsiyumun uzaklaştırılması için dizayn edilecek olan geçirgen reaktif bariyerde reaktif malzeme olarak zeolit kullanılabilirliğine dair bir laboratuvar çalışması yapmışlardır.

Wang vd. [2002], yeraltı suyuna karıştığı tahmin edilen hidrokarbon ve diğer organik bileşenleri karakterize edebilmek için GC-MS, GC-FID, SPME ve HS (headspace) GC-MS tekniklerini içeren çoklu analitik teknikleri kullanmışlardır.

Farhadian vd. [2007], yerinde yapılan biyoremediasyon tekniklerinin monoaromatik bileşenlerce kirlenen yeraltı sularının temizlenmesinde kullanılabileceğine dair bir çalışma yapmışlar ve anaerobik biyoremediasyonun BTEX gibi monoaromatik kirleticilerle kirlenen yeraltı sularında uygulanmasının daha basit ve ekonomik olduğunu sonucuna varmışlardır.

Miles vd. [2008], LNAPL ile kirlenmiş olan yeraltı sularında kirleticinin kaynaktan itibaren olan yayılımı ile LNAPL'in yanal genişliği arasında ilişki kurabilmek için üç boyutlu çok fazlı akış ile taşınımın modellenmesi yaklaşımını uygulamışlardır.

Kim ve Çorapçıoğlu [2003], yeraltı depolama tanklarından dökülen yada sızan LNAPL'in hareketini ve bölgesel yayılımını gözlemek için iki boyutlu taşınım modeli geliştirmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. MATERYAL

1950’li yıllara kadar, Karaduvar bölgesinin ekonomisi büyük oranda tarım ve balıkçılığa dayanmaktaydı. Ancak, 1957-1962 yılları arasında ATAŞ (Anadolu Tasfiyehanesi A.Ş.) petrol rafinerisinin Karaduvar’da kurulmasından sonra bölgedeki endüstrileşme süreci de başlamıştır. Bugün bölgede, petrol ürünleri (e.g. benzin, motorin, nafta, vb.) ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) depolama ve satış faaliyetleri ile uğraşan 11 adet şirket bulunmaktadır. Karaduvar bölgesinde ilk petrol kirliliği olayı, 16 Ocak 2004 tarihinde Mersin İl Çevre ve Orman Müdürlüğü’ne yapılan bir ihbarla gündeme gelmiştir [Güler vd., 2007; Güler, 2009].

Bölgede görülen kirliliğin oldukça fazla kaynakla ilişkili olduğu ve değişik zamanlarda meydana geldiği yapılan çeşitli çalışmalarda vurgulanmaktadır [Şen, 2004; TBMM, 2005; Pekdemir, 2007; Güler, 2009]. Bu nedenle, sanayileşmenin, tarımın ve şehirleşmenin yoğun ve yer yer iç içe geçtiği çalışma alanında, yeraltı suyu kimyasının karmaşık süreçler sonucu şekillendiği düşünülmektedir. Bu çalışma kapsamında; sanayi, tarımsal ve evsel kökenli kirletici faktörlerin bir veya birkaçının birlikte neden olduğu düşünülen yeraltı suyu ağır metal kirliliğinin yayılımı, zaman içinde gösterdiği değişimler ve miktarının saptanması amaçlanmaktadır. Bu amaçla; Kuvaterner yaşlı delta çökellerinden oluşan Karaduvar kıyı akiferi’nde açılmış tulumbalı kuyular arasından seçilenler, yeraltı suyu örneklemeleri için kullanılmıştır. Yeraltı suyu örnekleme noktalarına ait koordinat değerleri Magellan SporTrak marka GPS ile saptanmıştır. Sistemik olarak beş ayrı dönemde ve 55 ayrı noktadan alınan su örneklerinde çeşitli fiziksel parametreler yerinde ölçülmüştür (Şekil 3.1). Daha sonra laboratuvara getirilen bu yeraltı suyu örneklerinde, 11 ağır metalin (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonları ICP-MS yöntemiyle belirlenmiştir. Elde edilen tüm araştırma sonuçları ArcGIS 9.3 yazılımı [ESRI, 2009] kullanılarak ortak bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veritabanına aktarılmıştır. Karaduvar bölgesindeki yeraltı sularının kalitesinde zaman içinde meydana gelen değişimler ve elementel kirliliğin yayılımlarını gösteren çeşitli tematik haritalar bu veritabanı kullanılarak oluşturulmuş ve kirletici kaynaklar belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2. YÖNTEM

Bu yüksek lisans tezi kapsamında yapılan çalışmalar başlıca üç aşamada gerçekleştirilmiş olup, izlenen yöntemler aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.2.1. Büro Çalışmaları

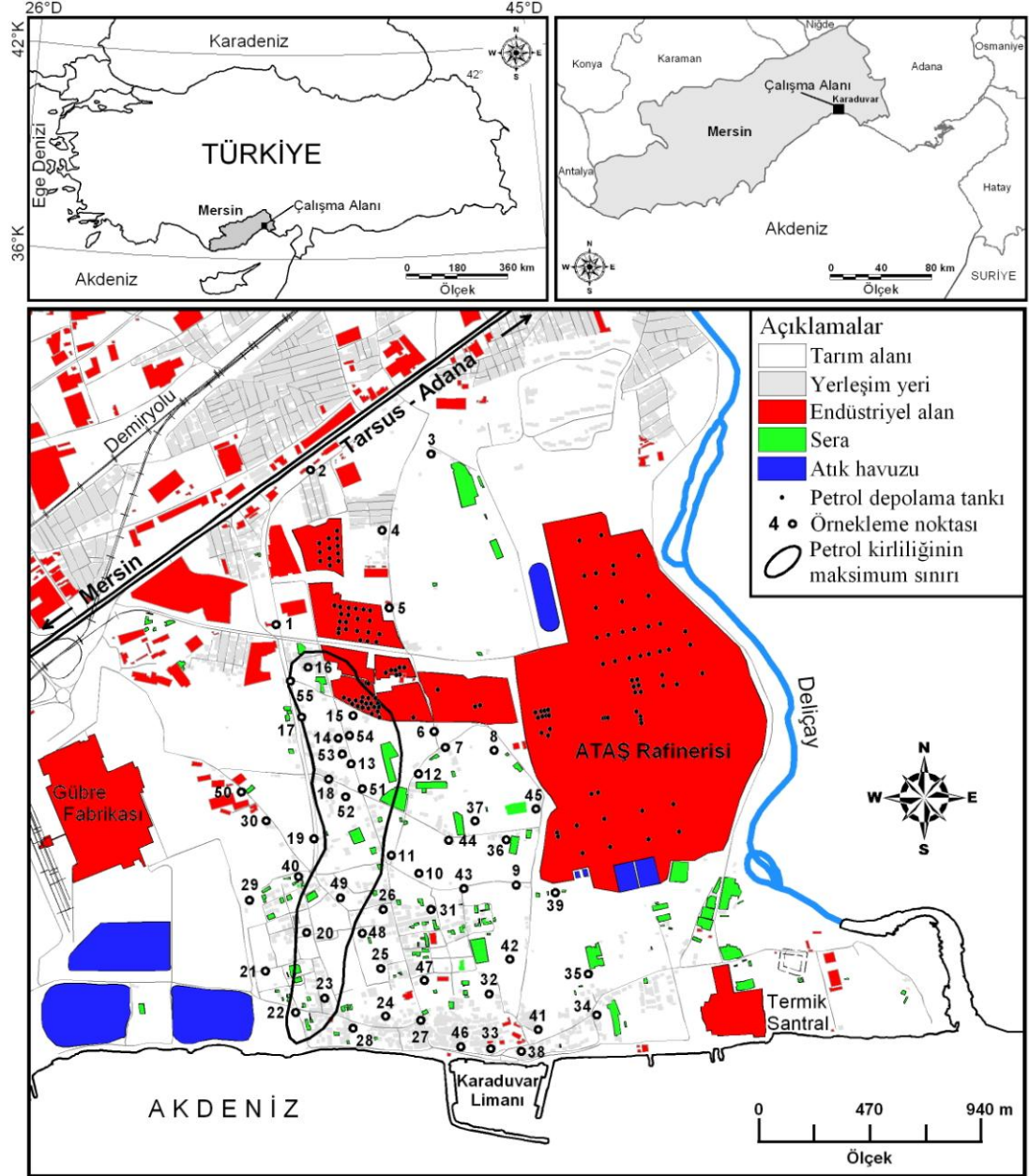
Bu yüksek lisans tezi kapsamında yapılan büro çalışmalarında kullanılan yöntemler aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.2.1.1. Literatür taraması

Bu aşamada, çalışma alanında önceden yapılmış olan çalışmalar derlenmiş ve bunlar detaylı olarak incelenerek değerlendirilmiştir. Bu ön incelemelerden sonra, çalışmanın ilerleyen evrelerinde örneklerin hangi bölgelerden alınması gerektiği ve hangi analizlerin öncelikle yapılması gerektiği konusunda planlamaya gidilmiştir.

3.2.1.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veritabanı

Günümüzde yaygın olarak, uygulamalı bilim dallarında ve kamu kuruluşlarının birçok birimlerinde kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı bilgisayar yazılımları; verilerin depolanması, düzenlenmesi, paylaşımı, değerlendirilmesi ve analizi gibi konuların hızlı bir şekilde yapılabilirliğini önemli ölçüde arttırmıştır. Bu tür yazılımlar sayesinde varolan verinin doğru ve güvenilir bir şekilde tutulmasının yanı sıra, bilgi sistemleri sayesinde verilerden ayrıntılı modelleme, araştırma ve analizler yapma olanağı da doğmuştur. Ayrıca, CBS teknolojisi, mühendislik ve bilimsel problemlerin çözümünün çok ötesinde, çeşitli kullanıcılara ait istatistiksel verilerin değerlendirilmesi ve doğal kaynakların yönetimi konularında çok etkin çözümler sunmaktadır. Standart bir tanımı olmamakla birlikte kısaca CBS, belli bir konum ve biçimi olan nesnelere ait grafik ve sözel bilgilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, sorgulanması, analizi ve görüntülenmesine yönelik donanım, yazılım, yöntem ve insan bileşenlerini içeren bir bilgi sistemidir [Yomralıoğlu, 2002]. CBS, farklı ölçeklerde ve projeksiyonlarda haritaların üretiminin yanı sıra, bu haritaların sorgulanmasına yönelik bir analiz sistemidir.



Şekil 3.1. Karaduvar bölgesinin arazi kullanım haritası ve belirlenen yeraltı suyu örnekleme noktaları.

Pek çok alanda yaygın olarak kullanılan CBS, hidrojeolojik amaçlı çalışmalarda da büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında pek çok verinin birlikte değerlendirilmesi, sorgulamalarının yapılması ve ileriye dönük karar alma süreçlerinin hızlandırılmasını sağlamak amacıyla Karaduvar kıyı akiferini içine alan bölge ve yakın çevresi için hidrojeolojik amaçlı bir CBS veritabanı oluşturulmuştur. Bu proje kapsamında oluşturulan CBS veritabanı WGS84 projeksiyon sistemi üzerine oturtulmuştur. WGS84 projeksiyon sisteminin seçilmesindeki en önemli etken Karaduvar bölgesine ait GeoTIFF formatındaki yüksek çözünürlüklü Quickbird uydu görüntülerinin (çözünürlük = 2,44 m) bu projeksiyon sisteminde koordinatlandırılmış olmasıdır. Buna uygun olarak, arazide yapılan GPS (Global Positioning System) ölçümleri için de WGS84 projeksiyon sistemi kullanılmıştır.

Proje başlangıcında görülen en önemli eksiklik bu bölgeye ait detaylı ve bütünleştirilmiş bir jeoloji haritasının bulunmamasıdır. Bu amaçla, Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan jeoloji haritalarının [Şenol vd., 1998] kompilasyonu yapılmış ve CBS veritabanına aktarılmışlardır. Ayrıca, yüksek çözünürlüklü Quickbird uydu görüntüleri kullanılarak sayısal arazi kullanım haritaları CBS ortamında oluşturulmuştur. Çalışma alanı sanayi, tarım ve yerleşimin iç içe olduğu bir alandır. Arazi kullanım türünün yeraltı suyuna etkilerinin belirlenebilmesi ve kirletici kaynakların saptanabilmesi için bu haritaların CBS ortamına aktarılması oldukça önemlidir. Çalışmalar sonucu elde edilen bütün veriler CBS veritabanına temel teşkil edecek şekilde dBASE IV formatında bilgisayar ortamında elektronik tablolar şeklinde depolanmış ve elde edilen sonuçlar CBS yardımıyla çeşitli tematik haritalar şeklinde sunulmuştur.

Projenin önemli bir bileşeni olan CBS veritabanına temel teşkil edecek veriler bölgeye ait mevcut topografik haritalar ve Quickbird uydu görüntülerinden sayısallaştırılmıştır. Ayrıca, arazide GPS ile yapılan çeşitli ölçümlerden elde edilen veriler de bu veritabanına eklenmiştir. Bu çalışma kapsamında, coğrafi verilerin toplanması üç farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu veri toplama teknikleri, tarama (scanning), sayısallaştırma (digitizing) ve arazi ölçümleri (GPS kullanarak) olarak özetlenebilir. Tarama tekniğiyle veriler, genellikle bir tarayıcı (scanner) ile taranarak

sayısallaştırılabilmektedir. Bu teknikle üretilen veriler raster görüntüler (dijital resimler) şeklinde CBS veritabanında depolanmaktadır.

3.2.2. Arazi Çalışmaları

Bu yüksek lisans tezi kapsamında yapılan çalışmalar, yeraltı suyu örneklemeleri ve arazide yapılan çeşitli ölçümler şeklinde sınıflandırılabilir. Her bir yöntem için izlenen arazi prosedürleri bu bölümde ayrıntılı olarak sunulmuştur.

3.2.2.1. Yeraltı suyu örnekleme

Bölgedeki arazi çalışmaları sonucunda belirlenen tulumbalı kuyulardan, çeşitli fiziksel ve kimyasal parametrelerin analizi amacıyla her bir örnekleme dönemi için toplam 55 adet yeraltı suyu örneği alınmıştır (Şekil 3.1). Örnekleme şişelerinden kaynaklanabilecek kirliliklerin önüne geçmek ve kirliliği en aza indirmek amacıyla örnek şişeleri laboratuvarında saf su ile seyreltilmiş %5'lik hidroklorik asitte (HCl) 24 saat bekletildikten sonra saf su kullanılarak yıkanmış ve arazide her örnekleme noktasında alınacak olan su örneği ile üç defa çalkalanmıştır. Her örnekleme noktasında, 250 mL kapasiteli HDPE (high density polyethene) plastik şişelere alınan bu örnekler, suyun içindeki partikülleri gidermek için 0,45 µm aralıklı filtre kağıdı kullanılarak süzümüştür. Örnekleme şişelerine katyonların absorbe olmasını veya çökmesini önlemek için pH<2 olacak şekilde (yaklaşık 2 mL) nitrik asit (HNO₃) ilave edilmiştir. Alınan su örnekleri, buharlaşma etkilerini azaltmak açısından laboratuvara bir portatif buzlukta taşınmış ve analizler yapılmaya kadar bir soğutucuda +4°C'de muhafaza edilmiştir. Yeraltı suyu örnekleme için seçilen kuyuların derinlikleri 5-15 m arasında değişmekte olup düzenli olarak tarımsal sulama faaliyetlerinde kullanılmaktadırlar (petrol türevleri tarafından kirlenen kuyular dahil). Alınan su örneklerinin arazi şartlarını karakterize etmesi açısından örneklemeler, kuyu hacminin üç katı bir hacim kadar su pompalandıktan sonra yapılmıştır.

3.2.2.2. Yeraltı suyu fiziksel özelliklerinin arazide ölçümü

Belirlenen örnekleme noktalarından alınan yeraltı suyu örneklerinde arazide elektriksel iletkenlik (Eİ), çözünmüş oksijen (ÇO), indirgenme-yükseltgenme

potansiyeli (Eh), pH ve sıcaklık değerlerine ait ölçümler çeşitli portatif elektrotlar kullanılarak yapılmıştır (Çizelge 3.1). Adı geçen fiziksel parametreler, WTW Multi 340i/SET (Wissenschaftlich–Technische Werkstätten, Almanya) marka portatif multi parametre cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.1. Yeraltı suyu örneklerinde ölçülen fiziksel parametreler

Parametre	Birim	Analitik Yöntem
Sıcaklık	°C	Sıcaklık elektrodu
pH	Standart	Sentix 41-3 cam elektrot
Yüks.-İndirgenme Potansiyeli (Eh)	mV	Platin elektrot
Çözülmüş Oksijen (ÇO)	mg L ⁻¹	CellOx 325 elektrodu
Elektrik İletkenlik (Eİ)	µS cm ⁻¹	TetraCon 325 grafit elektrot

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Bu yüksek lisans tezi kapsamında yapılan laboratuvar çalışmalarında kullanılan yöntemler aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.2.3.1. Yeraltı suyu örneklerinde ağır metal analizleri

Bu çalışma kapsamında, arazideki dağılımları GPS ile saptanmış tulumbalı kuyulardan (55 adet) alınan yeraltı suyu örneklerinde 11 adet iz elementin/ağır metalin (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonları belirlenmiştir. Yeraltı suyu örneklerinde yapılan bu analizler için Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Çevre Jeokimyası Laboratuvarı'nda bulunan Agilent 7500ce marka ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) cihazı kullanılmıştır. Bütün ölçümlerde eksternal standart kalibrasyon metodu uygulanmış olup, internal standart karışımı olarakta içinde ⁶Li, Sc, Ge, Y, In, Tb ve Bi elementlerinin her birinden 10 ppm bulunan “standart kalibrasyon çözeltisi” kullanılmıştır. Kullanılan argon gazı spektral saflıkta (%99,998) olup gaz akış hızı 15 L min⁻¹ olmuştur. Ölçümler sırasında kullanılan standartlar 18 MΩ cm'lik ultra saf su (ELGA Purelab UHQ) ile hazırlanmıştır. Ölçüm sonuçlarındaki analitik hatalar bütün elementler için ±%5'ten azdır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLJİSİ

Bölge, farklı ortam koşullarını yansıtan ve birbirleriyle tektonik dokanıklı birden çok kaya birimi topluluğunu kapsamaktadır. Neojen kayaçları altında bulunan birimler “Temel Birimler”, Neojen kayaçları bu temel üzerinde diskordans olarak bulunduğundan, post-tektonik özellik taşıdığından ve genellikle ofiyolitleri örttüğünden dolayı “Tersiyer Birimleri” başlığı altında ayrı bölüm olarak tanımlanmıştır. Kuvaterner’de oluşan jeolojik ve morfolojik birimler ise “Kuvaterner Birimleri” başlığı altında tanımlanmıştır. Yapılan tanımlamalarda ve adlandırmalarda [Şenol vd., 1998] tarafından yapılan çalışmaya sadık kalınmıştır.

Mersin O33 paftası Toros dağ oluşum kuşağının Ecemiş Fayı güneydoğu kesiminde yer alır ve kuşağın belirgin jeolojik özelliklerini taşır. Genellikle kuzeybatı bölümlerdeki derin vadi içlerinde görülen Mersin ofiyolitik melanji ve Paleozoyik yaşlı Karahamzauşağı Formasyonu üzerine Neojen birimleri diskordan olarak gelir. Çalışılan bölgenin hemen hemen tamamını oluşturan Kuvaterner Birimleri çalışma bölgesinin güney bölümlerinde yaygın olarak görülür. İnceleme alanı, Paleozoyik yaşta metamorfikleri, Üst Kretase yaşta bölgeye yerleşen ofiyolitik melanji, Oligosen-Miyosen-Pliyosen zamanında karasal ortam, geçiş ortamı ve denizel ortam çökellerini, Kuvaterner yaşlı karasal ortam, geçiş ortamı çökelleri ile morfolojik birimleri kapsar. Şekil 4.1’de inceleme alanının kaya-stratigrafik birimlerinin genelleştirilmiş dikme kesiti görülmektedir.

4.1.1. Temel Birimler

Çalışma bölgesinde temel birim olarak, Ziyaret Dağı ve çevresinde görülen ve otokton kaya olarak bilinen Permo-Karbonifer yaşlı Karahamzauşağı Formasyonu’na ait metamorfik kireçtaşı ve şistler ile bölgeye Üst Kretase zamanında sürüklenerek gelen Mersin ofiyolitik melanji bulunmaktadır [Şenol vd., 1998].

4.1.1.1. Karahamzauşağı formasyonu

Stratigrafik olarak en altta bulunan Karahamzauşağı Formasyonu mermer, şist ve kuvarsit gibi kaya birimlerinden oluşmuştur. Formasyonun adı Ünlügenç

[Ünlügenç, 1986]'ten alınmıştır. Karahamzauşağı Formasyonu sığ-derin denizde çökelmiş ve daha sonra metamorfizmaya uğramış, başlıca metamorfik kireçtaşları, mermer, şist ve kuvarsit gibi kayaçlardan oluşmaktadır. Tabakalanma düzenli olup 45°-60° ile güneydoğuya eğimlidir.

Metamorfik kireçtaşları koyu gri, kül renkli, sert, orta-ince katmanlı, yer yer laminalı, H₂S kokulu, çoğunlukla mikrokristaller halinde kalsitten oluşmuş, az miktarda muskovit, kuvars, plajiyoklas ve demirce zengin opak mineraller içermektedir. Mermerler beyaz, kirli beyaz, gri renklerde, orta-ince katmanlı metamorfik kireçtaşları içinde devamsız katmanlar ve mercıklar halinde görülür. Şistler siyah-gri renkli, ince taneli kuvars, muskovit, serizit ve plajiyoklastan oluşup yönlenme göstermektedir. Demirce zengin opak mineraller ve eser halde zirkon içermektedir. Kuvarsitler beyaz ve kirli beyaz renklerde, kayacın tamamı ufak ve birbirleriyle girik, kenetlenmiş kuvars kristallerinden oluşmaktadır. Eser olarak mika ve opak mineraller içermektedir. Karahamzauşağı Formasyonu, Kuzgun Formasyonu tarafından diskordan olarak örtülmüştür. Formasyonun alt dokanağı yüzeylemediğinden kalınlığı tam olarak bilinmemekle beraber arazi gözlemlerine göre 500 m'nin üzerindedir [Şenol vd., 1998]. Karahamzauşağı Formasyonu metamorfizma etkisiyle ilksel kaya türü ve stratigrafi özelliklerini önemli ölçüde yitirmiştir. Ancak büyük olasılıkla laminalı ince tabakalı yapı gösteren kristallenmiş kireçtaşı birimi ve laminalı şist arakatlı kuvarsitlerin bulunuşu formasyonun derin-sığ deniz ortamında çökeldiğini göstermektedir.

4.1.1.2. Mersin ofiyolitik melanjı

Ofiyolitik birimler genellikle Mersin'in kuzeyinde yeralan derin vadiler içinde görülmektedir. Ofiyolitik melanj içinde ofiyolitik kayaçlardan gabro, harzburjit, verlit, dünit, klinopiroksenit, verzolit, diyabaz, radyolarit ve derin deniz sedimanlarının yanı sıra ofiyolitlerin yerleşimi esnasında havzaya düşen Permiyen, Jura, Kretase yaşlardaki yabancı kayaç bloklarını içermektedir. Çalışma alanındaki ofiyolitlerde genellikle serpantinleşme hakimdir. Bölgede çalışan çeşitli araştırmacılar tarafından ofiyolitik birimin bölgeye yerleşim yaşının Üst Kretase olduğu vurgulanmıştır [Şenol vd., 1998]. Çalışma bölgesinde ofiyolitik melanj üzerine Oligosen-Miyosen yaşlı Gildirli Formasyonu diskordan olarak gelmektedir.

Gildirli Formasyonu'nun oluşmadığı yerlerde ofiyolitik melanj veya birim içindeki Jura-Kretase yaşlı kireçtaşı blokları üzerine Alt-Orta Miyosen yaşlı Karaisalı Formasyonu doğrudan diskordan olarak oturmaktadır.

4.1.2. Tersiyer Birimleri

Tersiyer birimleri birbirleriyle yanal ve dikey geçişli olup, Oligo-Miyosen yaşlı Gildirli Formasyonu, Alt-Orta Miyosen yaşlı Karaisalı Formasyonu ve Güvenç Formasyonu, Orta-Üst Miyosen yaşlı Kuzgun Formasyonu ve Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Handere Formasyonu olarak ayırtlanmıştır [Şenol vd., 1998].

4.1.2.1. Gildirli formasyonu

Gildirli Formasyonu, başlıca konglomera-kumtaşı, siltaşı-kiltaşı ve killi kireçtaşı-marn gibi belirgin üç kaya biriminden oluşmuştur [Şenol vd., 1998]. Bunlar birbirleri ile girik ve ardalı olmakla beraber, konglomera-kumtaşı birimi formasyonun alt bölümlerinde, siltaşı-kiltaşı birimi orta bölümlerinde ve killi kireçtaşı-marn birimi de üst bölümlerde egemendir. Schmidt [Schmidt, 1961] tarafından Adana havzasında isimlendirilen formasyonun tip kesit yerini inceleme alanı dışında N34-a1 paftası içerisinde bulunan Gildirli Köyü oluşturmaktadır. Çalışma sahasına en yakın tip kesit yeri O33-a1 paftasında Kerimler Köyü'nün 500 m doğusunda Gümüşçe Çayı vadisi içi Dalakdere ölçülü stratigrafik kesiti olarak verilebilir.

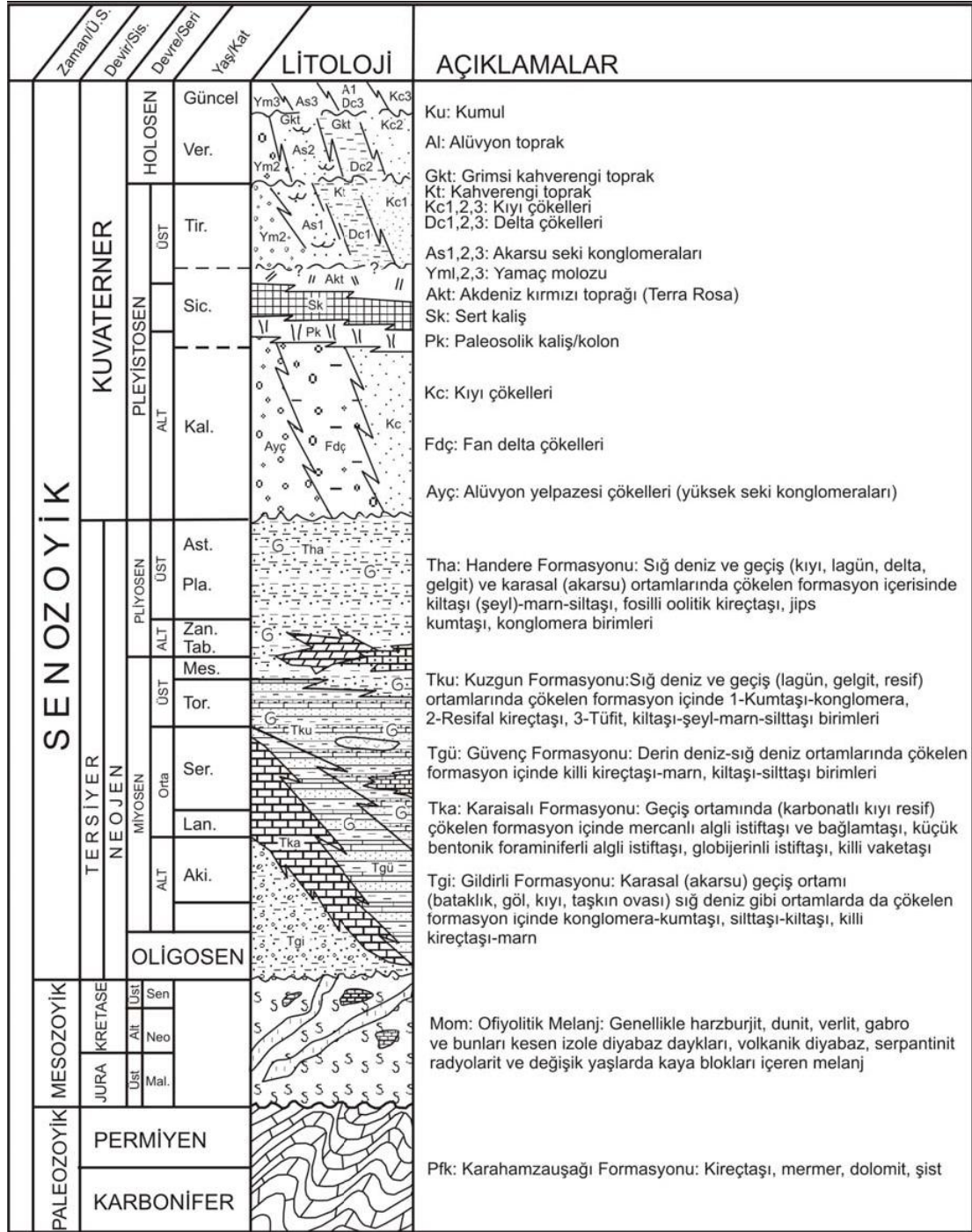
Konglomera-kumtaşı birimi, 0,5-1,0 m kalınlıkta ve 10-300 m uzunlukta, genellikle mercek ve kama şekilli konglomera ve kumtaşı katmanlarından oluşmuştur. Pembemsi, kırmızımsı, yeşilimsi, beyazımsı, siyahımsı renklerin hakim olduğu konglomera-kumtaşı biriminin kırıntıları genellikle değişik renklerde kristalize kireçtaşı-mermer, ofiyolitik birimler, çört ve kuvarsit gibi Miyosen öncesi kayalardan türemiştir. Kırıntılar genellikle köşeli-yuvarlak ve uzuncadır. Kil matriksli ve karbonat çimento ile sıkı-çok sıkı tutturulmuştur. Karaisalı Formasyonu altında ve taban kongloması şeklinde olan bölümlerde kırıntılar iyi yuvarlak ve kısmen yassıdır. Çoğunlukla kötü boylanmalı olan konglomera-kumtaşı birimi, kısmen dereceli, yer yer büyük ölçekli çapraz katmanlı çakıl ve kum barlı, hemen

hemen tüm katmanın tabanı aşındırılmalıdır. Karaisalı Formasyonu altına gelen ve taban konglomerası özellikleri gösteren bölümler iyi boylanmışır [Şenol vd., 1998].

Silttaşı-kiltaşı birimi 2-50 cm kalınlıkta, onlarca metre yanal yayıllı silttaşı ve kiltaşı katmanlarından oluşmuştur. Hemen hemen herbir konglomera-kumtaşı birimi üst bölümlere doğru, göreceli olarak silttaşı-kiltaşı birimine geçmektedir [Şenol vd., 1998]. Akarsuyun aşındırma özelliklerinden dolayı bu birim çoğunlukla değişik boyutlarda kama ve mercekler şeklinde görülür. Gri, yeşil, siyah renklerde silttaşı ve kiltaşı katmanlarından oluşan bu birim bazı bölümlerinde çakıl ve kum kırıntıları içerir. Bazı seviyelerde katmanlar arasında küçük boyutlu kumtaşı mercekleri ve kamaları görülür. Özellikle birinci birim ile girik ve geçişli olduğu bölümlerde bitki kalıntılı ve ince katmanlar halinde linyit oluşumludur.

Killi kireçtaşı-marn birimi 0,5-100 cm kalınlıkta, yüzlerce metre yanal uzanımlı killi kireçtaşı ve marn katmanlarından oluşur. Birim beyaz, açık gri, bej renklerde, genellikle sert, bazı bölümlerde yumuşak, yer yer kum ve çakıl serpintilidir [Şenol vd., 1998]. Bu birim, üzerine gelen Karaisalı Formasyonu ile düşey geçişlidir. Gildirli Formasyonu, oturduğu birimler üzerine diskordan olarak gelmektedir. Bölgede Gildirli Formasyonu'nun kalınlığı oturduğu paleotopoğrafyanın özelliklerine bağlı olarak çok değişken olup, 1-175 m arasında değişmektedir. Formasyon, genellikle Karaisalı Formasyonu içinde açılmış ve Miyosen öncesi birimlere kadar aşındırılmış vadi tabanlarında görülmektedir [Şenol vd., 1998].

Yukarıda değinilen birimlerin fasiyes özellikleri gözönüne alındığında Gildirli Formasyonu'nu oluşturan konglomera-kumtaşı birimlerinin akarsu, silttaşı-kiltaşı, killi kireçtaşı ve marn birimlerinin taşkın ovası, göl, sığ deniz, lagün gibi ortam ve alt ortamlarda çökeldikleri söylenebilir. Bu birimlerin ardalanmalı ve geçişli olması ortamın duraysız (küçük boyutlarda alçalan ve yükselen) olduğu, atlarda kaba kırıntıların, üst bölümlerde killi kireçtaşı-marn birimlerinin egemen olması ise duraysızlığın yanı sıra transgresyonunda hüküm sürdüğünü göstermektedir [Şenol vd., 1998].



Şekil 4.1. Çalışma alanının geliştirilmiş dikme kesiti (Şenol vd., 1998; Hatipoğlu, 2004).

4.1.2.2. Karaisalı formasyonu

Karaisalı Formasyonu genellikle beyaz, açık gri, bej renklerde, yer yer bol algli, mercanlı, gastropod ve lamelli kavkılı, killi, yumrulu, erime boşluklu, yer yer iyi katmanlı resifal kireçtaşlarından oluşmuştur. Formasyona Schmidt [Schmidt, 1961] Karaisalı Kalkeri adını vermiş, daha sonra Görür [Görür, 1979; Görür, 1980] ve Yetiş ve Demirkol [Yetiş ve Demirkol, 1984] Karaisalı Kireçtaşı, İlker [İlker, 1975], Yalçın ve Görür [Yalçın ve Görür, 1984] ve Yetiş ve Demirkol [Yetiş ve Demirkol, 1986] Karaisalı Formasyonu adını vermiştir. Bu ad formasyon özelliklerinin en iyi görüldüğü yer olan Adana'nın Karaisalı ilçesinden alınmıştır.

Resifal kireçtaşı olan Karaisalı Formasyonu, genellikle mercan, alg, foraminifer, ekinoderm, mollusk, bryozoa, halimeda, annelid tipleri gibi resif yapıcı organizmaların matriks ve kalsit ile çimentolanmasından oluşmuştur. Alt-Orta Miyosen zamanı boyunca bölgede hüküm süren geçiş ortamında (karbonatlı kıyı/resif) çökelen Karaisalı Formasyonu içinde altı birim ayırtılabilir. Bu birimlerden ilk dört tanesi arazide birlikte topografik yükselteleri oluştururken, son iki tanesi bunlar arasında yada yakın çevresinde yer alan çukur ve düzlüklerde yüzeyler. Birimler ayrı ayrı haritaya geçirilmeyip hepsi bir formasyon adı altında haritalanmıştır [Şenol vd., 1998].

Karaisalı Formasyonu; Miyosen öncesi birimler üzerine diskordon olarak gelmesine rağmen, Gildirli Formasyonu üzerine geçişli ve transgresif olarak gelmektedir [Şenol vd., 1998]. Ayrıca, Kuvaterner birimleri formasyonu yer yer diskordan olarak yamalar şeklinde örtmektedir. Karaisalı Formasyonu'nun kalınlığı aşınma koşullarına bağlı olarak değişim göstermekte ve yayılımında düzensizlikler görülmektedir. Bu formasyonun kalınlığı başvuru kesit yerlerinde maksimum 300 m'ye ulaşmaktadır [Şenol vd., 1998]. Fosil içeriğine göre formasyonun yaşının Alt-Orta Miyosen (Burdigaliyen-Langiyen-Serravaliyen) olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen fasiyes özelliklerine göre Karaisalı Formasyonu'nun karbonatlı kıyı (resif) ortamında çökeldiği söylenebilir [Şenol vd., 1998].

4.1.2.3. Güvenç formasyonu

Yeşilimsi gri, gri, beyazımsı sarı renklerde olan Güvenç Formasyonu stratigrafik olarak alt bölümlerde killi kireçtaşı-silttaşı birimlerinin egemen olduğu

çökellerden meydana gelmiştir. Formasyona bu adı ilk olarak Schmidt [Schmidt, 1961] vermiştir. Alt-Orta Miyosen zamanında bölgede oluşan resif önü sığ-derin deniz ortamlarında çökelen Güvenç Formasyonu içinde iki birim ayırtlanmıştır [Şenol vd., 1998]. Çoğu yerde bunlar birbirleri ile geçişlidir. Bunlar; killi kireçtaşı-marn birimi ve kiltası-silttaşı birimidir.

Killi kireçtaşı-marn birimi stratigrafik olarak formasyonun alt bölümlerinde (Gildirli Formasyonu ve Karaisalı Formasyonu ile geçişli), kiltası-silttaşı birimi orta ve üst bölümlerde (Kuzgun Formasyonu ile geçişli olarak) egemendir. Formasyonun üzerine geldiği paleotopografyanın değişken olması, transgresyon ve regresyona bağlı olarak birimlerin çökeldiği ortam koşullarının önemli ölçülerde değişmesi nedeniyle, bazı bölgelerde bu sıralamada değişiklikler görülmektedir. Güvenç Formasyonu'nun görünen kalınlığı 50-600 m arasında değişmektedir. Birimlerin fasiyes özelliklerine göre Güvenç Formasyonu'nun resif önü sığ-derin deniz ortamlarında çökeldiği söylenebilir [Şenol vd., 1998].

4.1.2.4. Kuzgun formasyonu

Orta-Üst Miyosen zamanında bölgede, östatik deniz seviyesindeki oynamalara (transgresyon ve regresyonlar) bağlı olarak oluşan sığ deniz ve geçiş ortamlarında (kıyı, lagün, delta, gelgit, resif) çökelen Kuzgun Formasyonu içinde dört birim ayırtlanmıştır. Bunlar; kumtaşı-konglomera, resifal kireçtaşı, tüfit ve kiltası-marn-silttaşı birimleridir [Şenol vd., 1998]. Bunlardan birincisi formasyonun alt bölümlerinde, ikincisi alt-orta bölümlerde, üçüncüsü orta bölümlerde, dördüncüsü üst bölümlerde egemendir. Formasyona bu adı ilk defa Schmidt [Schmidt, 1961] vermiştir. Resifal kireçtaşı ve tüfit, formasyon içinde ayırtlanarak, diğerleri ayrılmadan bir formasyon adı altında haritalanmıştır [Şenol vd., 1998].

Kumtaşı-konglomera birimi, 0,5-10 m arasında değişen kalınlıklarda ve 10-500 m arasında değişen uzunluklarda, genellikle mercek ve kama şekilli kumtaşı ve konglomera katmanlarından oluşmuştur. Sarımsı beyaz rengin hakim olduğu kumtaşı-konglomera biriminin kırıntıları genellikle Miyosen öncesi kayalar olan ofiyolit, kuvarsit, çört, değişik renklerde kireçtaşı ve mermer gibi kayalardan türemiştir. Birimin bazı bölümlerinde kuvars ve feldispat gibi kırıntıların toplamı %90'lara kadar çıkmaktadır. Hebilli Köyü kum ocakları buna örnek olarak

verilebilir. Birim; bazı seviyelerinde çok az, bazı seviyelerinde de yoğun karbonat çimentolu, karbonat çimentonun yoğun olduğu bölümlerde sert ve sıkı tutturulmuş, az olduğu bölümlerde gevşek ve dağılgandır [Şenol vd., 1998].

Resifal kireçtaşı birimi (Tkuk), kumtaşı-konglomera birimi içerisinde birkaç seviye halinde bulunur. Resifal kireçtaşları, 5-50 m kalınlıkta ve yüzlerce metre uzunlukta mercekler şeklinde olup beyazımsı-bej renkte, masif ve/veya katmanlı, diğer birimler ile yanal ve düşey geçişli, bol fosilli, çoğunlukla kuvars ve feldispat kırıntısı olan çakıl ve kum içeriklidir [Şenol vd., 1998].

Tüfit birimi (Tkut) ilk kez Schmidt [Schmidt, 1961] tarafından tanımlanmıştır. Birim, açık gri-kirli beyaz renkte, değişik oranda kil, kum ve çakıl içerikli, biyotit ve az mafik mineralli, bazı bölümlerde düşük açılı çapraz katmanlı, üst bölümlere doğru kil oranı artmakta ve denizel lamelli brans, gastropod fosilleri içermektedir. Tüfitten alınan örneklerin kimyasal analizleri sonucu %46,5-67,8 SiO₂, %9,3-14,5 H₂O, %1,4-2,5 Fe₂O₃, %1,2-5,5 Na₂O, %1,9-3,2 K₂O içerdiği, fiziksel özellikler olarak doğal neminin %13,75, ağırlıkça su emmesinin %30,21, kuru birim hacim ağırlığının 0,68 g/cm³ olduğu görülmüştür [Yetiş ve Demirkol, 1984].

Marn-şeyl-kumtaşı birimi içerisinde oran olarak kumtaşı katmanları marn ve şeyle göre oldukça azdır. Katmanlar 1-30 m kalınlıkta onlarca metre ve kilometrelerce uzunlukta mercekler şeklindedir [Şenol vd., 1998]. Marn ve şeyl katmanları yeşilimsi-gri, alacalı renklerde, lamelli (ostrea), gastropod fosilli, yoğun organizma eşelemesi nedeniyle laminalanma ve katmanlanma iyi gelişmemiş, yer yer küçük kumtaşı mercekli ve kum-çakıl serpintili karbonat çimento ile tutturulmuştur. Birimdeki kumtaşı katmanları, alt bölümlerde üst bölümlere göre daha fazladır. Bunlarda alttan üste doğru derecelenme görülür ve karbonat çimento ile az-orta tutturulmuştur. Kırıntıların çoğu feldispat ve kuvarstan oluşmuştur.

Kuzgun Formasyonu'nun kalınlığı 50-1.500 m arasında değişmektedir. Formasyonun üzerine Handere Formasyonu uyumlu ve geçişli olarak gelmektedir. Şafak ve Nazik [Şafak ve Nazik, 1994] buldukları fosillere göre formasyonun yaşının Tortoniyen-Messiniyen olabileceğini belirtmişlerdir. Kuzgun Formasyonu'nu oluşturan kumtaşı-çakıltaşı, silttaşı-marn-şeyl, tüfit ve resifal kireçtaşı birimlerinin yukarıda verilen fasiyes özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, bunların kıyı-sığ ve derin deniz ortamı koşullarında çökeldiği söylenebilir [Şenol vd., 1998].

4.1.2.5. Handere formasyonu

Beyazımsı, sarımsı, yeşilimsi, gri ve siyah renklerde olan Handere Formasyonu kıltaşı-marn-silttaşı, fosilli oolitik kireçtaşı, alçıtaşı (jips) ve kumtaşı-konglomera gibi belirgin dört birimden oluşmuştur [Şenol vd., 1998]. Bunlar birbirleri ile girik olup, ilk üçü çoğunlukla formasyonun alt bölümlerinde, diğeri üst bölümlerinde egemendir. Formasyona bu adı ilk defa Schmidt [Schmidt, 1961] vermiştir. Üst Miyosen'de (Messiniyen) bölgede uzunca bir zaman hüküm süren kurak ve sıcak iklim (Messiniyen krizi) nedeni ile denizel çökellerin yanı sıra jips (anhidrit) ve tuz birimleri çökelmiştir. Daha sonra Pliyosen zamanında hüküm süren ılık ve yağışlı iklimler ile östatik deniz seviyesindeki oynamalara (transgresyon ve regresyonlar) bağlı olarak gelişen sığ deniz-geçiş (kıyı, lagün, delta, gelgit) ve akarsu ortamlarında çökelmiştir. Fosilli oolitik kireçtaşı ve alçıtaşı (jips) birimleri formasyon içinde ayırtlanarak, diğeri ayırtlanmadan bir formasyon adı altında haritalanmıştır [Şenol vd., 1998].

Kıltaşı (şeyl)-marn-silttaşı birimi, Kuzgun Formasyonu'ndaki dördüncü birime çok benzer ve 5-100 m arasında değişen kalınlıklarda ve 100-1.000 m arasında değişen uzunluklarda katmanlardan oluşmuştur. Yeşilimsi gri-koyu gri renklerin hakim olduğu kıltaşı, marn ve silttaşlarının araldanmasından oluşan bu birim bazı bölümlerinde ince kum kırıntıları içerir [Şenol vd., 1998].

Fosilli oolitik kireçtaşı birimi sarımsı-beyaz rengin hakim olduğu, sert ve sıkı tutturulmuş bir birimdir. Birimin çoğu bölümlerinde oolitik yapı iyi gelişmesine karşın bazı bölümlerinde görülmez veya iyi gelişmemiştir [Şenol vd., 1998].

Alçıtaşı (jips) birimi 0,1-25 m kalınlıkta ve 50-250 m genişlikte yayımlı katmanlar halindedir. Beyaz-kirli beyaz renklerde olan alçıtaşı bazı bölümlerde kil ve silt boyutlu kırıntılarla araldanmalıdır. Bazı bölümlerde iri kristalli, bazı bölümlerde ufak taneli ve kesme şekeri görünümlüdür. Kimyasal analizler sonucunda içeriğinde %33 CaO, %45 SO₃ ve %20 H₂O olduğu saptanmıştır [Şenol vd., 1998].

Kumtaşı-konglomera birimi, Berdan baraj gölü gövdesi sağ sahilinde tipik olarak görülür. Bu birim birkaç cm'den birkaç m'ye erişebilen kalınlıklar arasında değişen, onlarca cm ve yüzlerce metre uzunluklar arasında değişen katmanlı, mercek ve kama şeklindedir. Birimde kumtaşı egemen olup, yer yer konglomera katmanları

görülür. Kırıntılar polijenik olup, karbonat çimento ile orta-sıkı tutturulmuş ve iyi yuvarlanmıştır.

Handere Formasyonu alttaki Kuzgun Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir ve geçişli dokanaklıdır. Bu formasyon üzerine Kuvaterner birimleri diskordan olarak gelmektedir. Handere Formasyonu'nun üzeri genellikle Kuvaterner birimleri ile örtülü olduğundan kesin kalınlık verilemez, ancak çalışma bölgesinde 50-500 m arasında değişen kalınlıkta görülmektedir [Şenol vd., 1998]. Handere Formasyonu'nun yukarıda belirtilen fasiyes özellikleri gözönüne alındığında, kurak-sıcak iklimler ile sık sık değişen küçük ölçekte transgresyon ve regresyonlar sonucu oluşan sığ deniz, geçiş (kıyı, lagün, delta, gelgit) ve akarsu ortamlarında çökeldiği söylenebilir.

4.1.3. Kuvaterner Birimleri

Kuvaterner zamanında karasal ve geçiş ortamı koşullarının hüküm sürdüğü çalışma bölgesinde oluşan birimler farklı fasiyes özellikleri göstermeleri nedeni ile Kalabriyen-Siciliyen zamanında oluşan birimler ve Tirreniyen-Güncel zamanında oluşan birimler olarak iki bölümde incelenmiştir [Şafak vd., 1993].

4.1.3.1. Kalabriyen-Siciliyen birimleri

Altındaki birimler üzerine açılı diskordans olarak oturan ve üstündeki birimler tarafından diskordan olarak örtülen Kalabriyen-Siciliyen birimleri alüvyon yelpazesi çökelleri/yüksek seki konglomeraları (Ayç), fan delta çökelleri (Fdç) ve kıyı çökelleri (Kç) ile pedalojik oluşukları (Paleosolik kaliş/kolon horizonu (Pk), Akdeniz Kırmızı Toprağı/Terra Rosa (Akt) ve sert kaliş (Sk)) içermektedir [Şafak vd., 1993]. Kalişlerin eğimi 1°-10° arasında değişir ve hakim eğim yönü güneye doğrudur.

Alüvyon Yelpazesi Çökelleri/Yüksek Seki Konglomeraları (Ayç)

Şenol [Şenol, 1989]'un glasi tipi konglomera veya konglomeratik kaliş olarak tanımladığı birimin aynısı olan alüvyon yelpazesi çökelleri (Yüksek Seki Konglomeraları) aşınma yüzeyleri üzerinde çökelmişlerdir. Pliyosen-Pleyistosen zamanında oluşan bu yüzey, kuzeyden güneye doğru göreceli olarak eğimi azalan,

doğu-batı yönünde ondülasyon gösteren, enine ve boyuna onlarca km uzanımı olan Adana-Mersin hattı güneyinde denize erişen etekdüzü şeklinde bir morfolojik birimdir. Şenol [Şenol, 1989] bu birimi yüksek seki konglomeraları olarak tanımlamış ve üzerine biriken kırıntılara yüksek seki konglomeraları adını vermiştir. Alüvyon yelpazesi çökelleri bu birim üzerinde gelişmiş ve Kuvaterner başlarında bölgede kısa dönemler şeklinde hüküm süren flüvyal ve interflüvyal iklim koşullarında genellikle kuzeydeki Toros Dağı ofiyolitik itilme kuşağında ayrışan materyalin moloz akıntısı ve çamur akıntısı şeklinde gelmesi sonucu oluşmuştur [Şafak vd., 1993]. Birim 2-25 cm boyutlarında çakıllı, kum, silt ve kil matriksli, karbonat (kaliş) çimento ile sıkı-çok sıkı tutturulmuş, iç yapısız ve kötü boylanmalıdır. Kırıntılar başatlık sırasına göre ofiyolitik, metamorfik, magmatik ve Neojen yaşta sedimanter kayalardan türemiştir [Şenol, 1989]. Taban topografyasına bağlı olarak ilksel durumda birbirlerinden kopuk irili ufaklı parçalar halinde olan (1-25 m arasında değişen kalınlıklarda ve birkaç metre hatta binlerce metre yayılım gösteren) bu birim daha sonra Pleyistosen-Holosen zamanında gelişen akarsular tarafından aşındırılarak üzerinde vadiler açılmış, sık sık kesintilere uğramıştır. Bu yüzden çoğu yerde haritaya geçirilememiştir [Şafak vd., 1993]. Bu birimin mostrası genellikle Mersin-Tarsus hattının kuzey bölümlerindeki vadi yamaçlarının üst bölümlerinde, kalişlerin altında sıkça görülmektedir.

Fan Delta Çökelleri (Fdç)

Büyük olasılıkla fan delta çökellerinin (Fdç) Adana-Tarsus hattının güney bölümlerinde gelişmesi gerekmektedir. Siciliyen sonlarında bu bölümlerin çöküntüye uğraması ve buralarda daha genç sedimanların çökmesi nedeni ile üzerleri örtüldüğünden birim görülmez [Şafak vd., 1993].

Kıyı Çökelleri (Kç)

Bölgede, Kalabriyen-Siciliyen zamanında oluşan kıyı çökellerinin de (Kç) fan delta çökelleri gibi (Fdç) Adana-Tarsus hattının güney bölümlerinde gelişmesi gerekmektedir. Siciliyen sonlarında bu bölümlerin çöküntüye uğraması ve Seyhan delta çökelleri ile doldurulması sonucu sınırlı alanlarda görülür [Şafak vd., 1993].

Pedolojik Oluşuklar

Büyük bir olasılıkla erken Kuvaterner’de bölgede hüküm süren flüviyal (yağışlı) ve interflüviyal (kurak) iklim koşullarında, eski kayaların yüzeylerinde şiddetli ayrışmaların meydana gelmesinin yanısıra toprağı oluşturan diğer faktörlerinde etkisiyle pedolojik oluşuklar (Pedolojik Kaliş/Kolon Horizonu, Akdeniz Kırmızı Toprağı/Terra Rosa ve Sert Kaliş) meydana gelmiştir [Şenol, 1989; Çavuşgil, 1985].

Paleosolik Kaliş/Kolon Horizonu (Pk)

Önceleri bölgede traverten olarak bilinen, daha sonra kapilarite ile oluştuğı söylenen paleosolik kaliş/kolon horizonunun (Pk), Adana-Kurttepe bölgesinde çalışma yapan araştırmacılar tarafından pedolojik kökenli olduğu saptanmıştır [Çavuşgil, 1985]. Bunlar sert kalişin altında olup, en iyi silttaşı-kiltaşı yüzeyinde gelişim gösterir. En fazla 10 cm çapında birkaç metre uzunluğunda, dik ve dike yakın, yukarıdan aşağıya doğru göreceli olarak kireç oranı azalan sütunlardan oluşan birim kalsit minerali dışında, başatlık sırasına göre simektit, paligorskit, illit, kaolinit gibi kil mineralleri içermektedir [Şafak vd., 1993].

Akdeniz Kırmızı Toprağı/Terra-Rosa (Akt)

Bölgede paleosolik kaliş/kolon horizonu (Pk) ile oluşmaya başlayan Akdeniz Kırmızı Toprağı/Terra Rosa (Akt) Siciliyen sonlarına doğru oluşumunu tamamlamış ve daha sonraki zamanlarda olgunlaşmaya devam etmiştir [Şenol, 1989; Çavuşgil, 1985; Gürel, 1985]. Bu topraklar genel olarak %20 kum, %40 silt ve %40 kil boyu materyallerden ibaret olup, %20 dolayında CaCO₃, toplam olarak %45 SiO₂, %10 Al₂O₃ ve %5 dolayında Fe elementi ve başatlık sırasına göre simektit, paligorskit, illit, kaolinit gibi kil mineralleri içermektedir [Şenol, 1989].

Sert Kaliş (Sk)

Çavuşgil [Çavuşgil, 1985]’in bölgede yaptığı çalışmaya kadar sert kalişin kökeninin de Paleosolik kaliş gibi olduğu bilinmekteydi. Bu çalışma sonucu bunun kökeninin de pedolojik olduğu saptanmıştır. Oluşum sırasında Akdeniz kırmızı topraklarındaki karbonatın bünyeden uzaklaşması (dekalsifikasyon) sonucu kalsitin

genellikle Paleosolik kaliş ile Akdeniz kırmızı toprakları arasında zamanla yoğunlaşması (kalsifikasyon) sonucu sert kaliş horizonu oluşur [Çavuşgil, 1985]. Başka bir deyişle (Akt)'nin ilk oluşum evresi olan (Pk)'nin üst bölümlerinin tamamen kalsite doygun hale gelmesi sonucu sert kaliş oluşur ve alt bölümlere doğru (Pk) oluşumu devam eder. 0,1-3 m dolayında kalınlıkta olan ve oluştuğu yüzeyin morfolojisine uyumluluk gösteren sert kaliş, %85 dolayında CaCO₃ içerir. Akdeniz kırmızı toprakları ve sert kaliş oluşuklarında simektitin başatlık olması, ortamın zayıf alkali ve nötr olduğunu, paligorskit kil minerallarının bulunması karasal ve kurak dönem Pleyistosen ürünü olduğunu, flüvyal devrelerin interflüvyal devrelerden daha az olduğunu, oluşuklarda saptanan kil minerallerine göre ayrışmaların Pleyistosen başlarında başlayıp sonrada devam ettiğini göstermektedir [Kapur vd., 1990; Kapur vd., 1993]. Kapur ve ark. [Kapur vd., 1990] tarafından saptanan paligorskit kil minerallerinin oluşum zamanını saptanan Yüksek Seki Konglomeraları, Fan Delta Çökelleri ve Kıyı Çökellerinin karasal olaylara sahne olması ile uyumluluk göstermektedir.

4.1.3.2. Tirreniyen-Güncel birimleri

Alttaki birimler üzerine uyumsuz olarak gelen Tirreniyen-Güncel birimler yamaç molozları (Ym1, Ym2, Ym3), Akarsu seki konglomeraları (As1, As2, As3), delta çökelleri (Dç1, Dç2, Dç3), kıyı çökelleri (Kç1, Kç2, Kç3), kumul (Ku) ve pedolojik oluşuklar olan kahverengi toprak (Gkt), alüvyal toprak (Al) gibi kısımlara ayrılmıştır. Karasal ortamlarda ayrışma-aşınma-taşınma ile birlikte morfolojik-pedolojik oluşuklar meydana gelirler. Geçiş ortamı ve denizel havzada bunlarla eş zamanlı jeolojik-stratigrafik birimler çökelmiştir [Şafak vd., 1993]. Bu birimlerden vadi yamaçlarında oluşan seki konglomeraları çok küçük boyutlu olduklarından çoğu yerde haritaya geçirilememiştir.

Yamaç Molozları (Ym1, Ym2, Ym3)

Adana bölgesinde, Tirreniyen-Güncel zamanda oluşmuş, yaşlıdan gence doğru Ym1, Ym2 ve Ym3 olarak üç ayrı yamaç molozu görülür. Morfolojik olarak yaşlılar üst seviyelerde ve vadi tabanlarında yer alır. Bunlara dağ eteklerinde ve vadilerin memba bölümlerinde sıkça rastlanır. Kırıntılar, üzerine oturduğu

kayalardan ve yakın çevredeki birimlerden türemiş olup, blok boyundan kil boyutuna kadar değişir ve köşelidir. Birim kötü boylanmalı olup, yaşlılar karbonat çimento ile sıkı tutturulmuş ve yeniler gevşektir [Şafak vd., 1993].

Akarsu Seki Konglomeraları (As1, As2, As3)

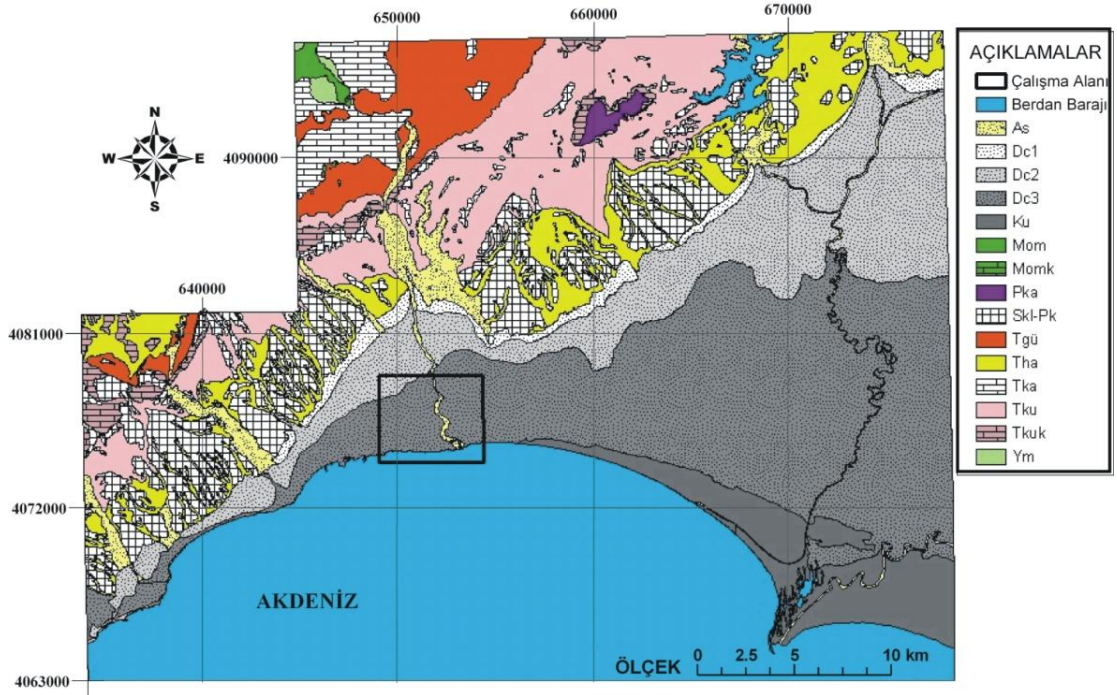
Çalışma bölgesinde, akarsu seki konglomeraları yaşlıdan gence ve morfolojik olarak üstten alta doğru As1, As2, As3 olarak üçe ayrılmıştır. Bunlar genellikle devamlı akan akarsuların vadi tabanlarında yer alır. Kalınlıkları 0,5-3 m ve genişlikleri 5-3.000 m arasında değişen mercak ve kama şeklindedirler. Sık sık yan dereler tarafından aşındırılarak parçalara bölünmüşler, küçülmüşler veya yok olmuşlardır. Yaşlılar karbonat çimento ile orta-sıkı tutturulmalarına karşın gençler gevşektir [Şafak vd., 1993].

Delta Çökelleri (Dç1, Dç2, Dç3)

Siciliyen sonlarında Adana bölgesinde meydana gelen çöküntü alanlarının daha sonra oluşan akarsu ve kolları tarafından getirilen materyallerle dolması sonucu delta çökelleri birikmiştir. Bölgede Seyhan deltası olarak gelişen çökeller stratigrafik olarak alttan üste ve karadan denize doğru Dç1, Dç2, Dç3 olarak üçe ayrılabilir [Şafak vd., 1993].

Kıyı Çökelleri (Kç1, Kç2, Kç3)

Bölgede büyük olasılıkla Tirreniyen'den günümüze kadar süregelen delta çökeline bağlı olarak gelişen delta loblarının denize ulaştığı yerlerde kıyı çökelleri (Kç) oluşmuştur. İki metre kıyı sekisi olarak bilinen ve kıyı kumları içinde irili ufaklı kirli beyaz renkli pomza taşı (Kefe taşı) kırıntıları içeren ve Kç2 olduğu saptanan kıyı çökellerinin Ege Denizin'de M.Ö. 4.000-5.000 yıllarında patlayan volkanizma ile eş zamanlı olduğu düşünülmektedir. Daha sonra deniz seviyesindeki alçalma ile Kç3 olarak adlandırdığımız güncel kıyı çökelleri oluşmuştur [Şafak vd., 1993].



Şekil 4.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin sayısal jeoloji haritası (Şenol vd. (1998)'den sayısallaştırılmıştır).

Kumullar (Ku)

Yakın tarihte ve günümüzde kıyıda esen şiddetli rüzgarların etkisi ile kıyıdaki kumların onlarca metre içerilere kadar taşınması sonucu bölgede kıyı kumulları oluşmuştur. Bunlar kıyı boyunca yayılım gösteren 1-10 m yükseklikteki tepecikler veya şeritler halindedirler. Bitki örtüsünden yoksun olanlar rüzgarın etkisi ile hareket ederler ve sık sık yer değiştirirler. Kumulların kaynak kayasının Miyosen öncesi metamorfikler, magmatikler, ofiyolitler, Neojen ve daha genç birimler olduğu söylenebilir. Genellikle ofiyolitlerden türeyen mineraller egemendir.

Pedolojik Oluşuklar/Kahverengi Topraklar (Kt), Grimsi Kahverengi Topraklar (Gkt), Alüvyal Topraklar (Al)

Bölgede Tirreniyen-Güncel zamanda gelişen morfolojik birimler üzerinde oluşan pedolojik oluşuklar, yaşlıdan gence doğru kahverengi toprak (Kt), grimsi kahverengi toprak (Gkt) ve Alüvyal toprak (Al) olarak ayrılmıştır. Alüvyal topraklar

yeni yeni gelişmekte olup, taşkın ovalarında ve taban arazilerinde yer almaktadır [Şafak vd., 1993].

4.2. ÇALIŞMA ALANININ GENEL DURUMU

Çalışma alanı, Türkiye coğrafi bölgelerinden Akdeniz bölgesinin doğu bölümünde yer alır ve batısında Mersin şehir merkezi, doğusunda Tarsus, kuzeyinde Bolkar dağları ve güneyinde Akdeniz bulunmaktadır (Şekil 4.3). Toros kuşağının güneydoğu ucundaki bu bölgede bulunan ve yükseklikleri 4.000-300 metre dolayında değişen dağ ve tepeler güneye doğru göreceli olarak yüksekliklerini kaybeder. Denize yakın yerlerde genellikle Kuvaterner yaşlı delta çökellerinin yoğun olarak gözlendiği verimli düzlükler hakimdir.

4.2.1. Konum ve Ulaşım

İnceleme alanı 1/25.000 ölçekli O33-a3 paftasının güney kesiminde yer almaktadır. Bu alan, doğu-batı yönünde Deliçay ve Mersin Serbest Bölgesi, kuzey-güney yönünde ise Mersin-Adana devlet karayolu (D400) ve Akdeniz arasındaki yaklaşık 10 km²'lik bir alanı kaplar. Bu alan; Mersin iline bağlı Akdeniz Belediyesi sınırları içinde olup, Karaduvar mahallesini tamamen içine almaktadır. İnceleme alanına ulaşım D400 devlet karayolu vasıtasıyla her mevsim mümkündür. Mersin şehir merkezine kadar da demiryolu ulaşımından faydalanılabilmektedir. Toros dağlarının ve yakın dolayının kuzeyden güneye derin vadilerle yarılmış olması yerleşim ve ulaşım olanaklarını önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Dağlık kuzey bölümlerdeki yerleşim yerleri ile taşıt ulaşımı genellikle kuzey-güney yönlü yollarla yapılmaktadır (Şekil 4.3). Çalışma alanı içinde yer alan belde ve köy yollarının büyük kısmı asfalt kaplı olup, stabilize köy yolları da iyi konumdadır.

4.2.2. Morfoloji

İnceleme alanının topografyası engebesiz ve oldukça düşük bir eğime sahip olup, yükseklikler 0 m (deniz seviyesi) ile 30 m arasında değişmektedir. İnceleme alanı deniz seviyesinden ortalama olarak 10 m'lik bir yüksekliğe sahiptir. Akdeniz'den (güneyden) kuzeye doğru Toroslar'la uyumlu bir yükselme gözlenen bölgede, Bolkar Dağları ve bunun üzerindeki zirveler önemli yükseltileri oluşturur.

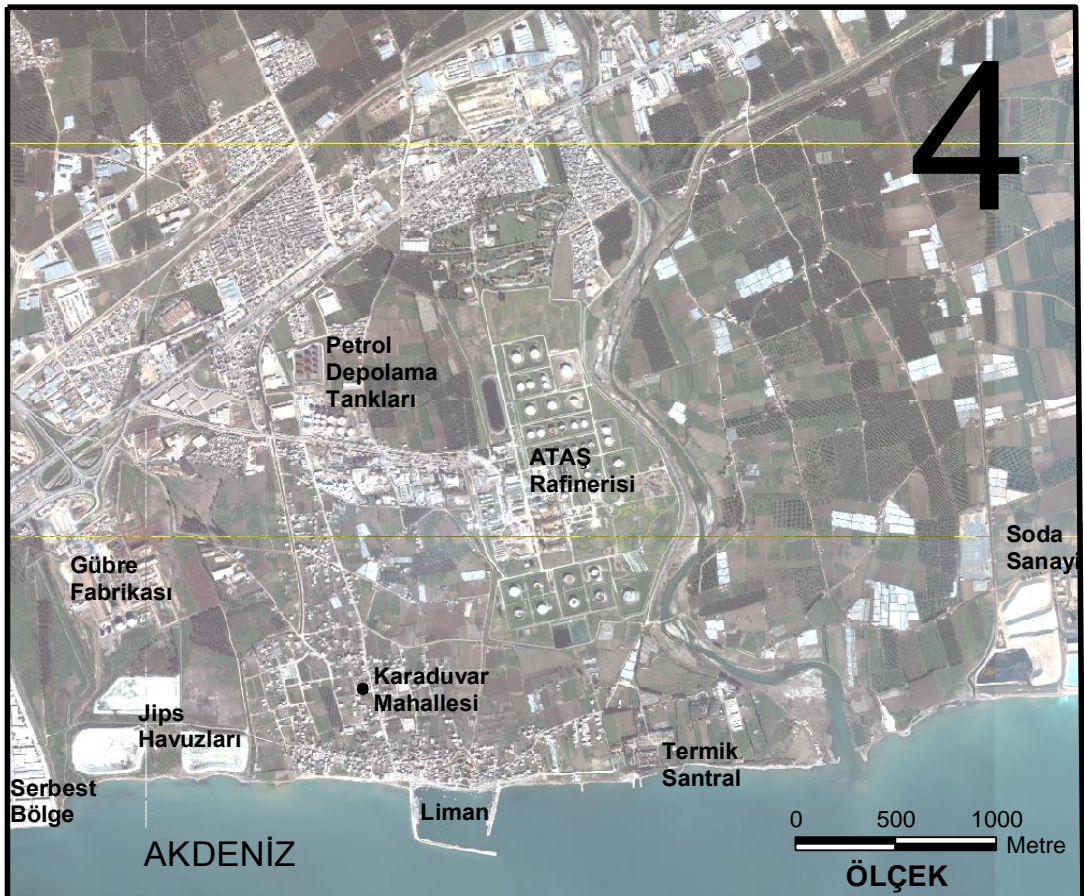


Şekil 4.3. Çalışma alanının genel konumu.

4.2.3. Nüfus ve Yerleşim

Geçmiş Neolitik döneme (İ.Ö. 3.600) kadar uzanan Karaduvar mahallesi, Mersin'in doğusunda yer alan eski bir sahil yerleşkesidir. 2000 yılı nüfus sayımına göre bölgede yaşayan kişi sayısı yaklaşık olarak 18.000'dir. Bu nüfusun %43'lük kısmını bölgedeki çeşitli sanayi kuruluşlarında çalışanlar oluşturmaktadır. Ayrıca, 2000 yılı verilerine göre; bu bölgede 2.137'si konut ve 1.154'ü işyeri olmak üzere toplam 3.291 adet bina mevcuttur [Güler vd., 2007]. Bölgenin ekonomik faaliyetleri bir zamanlar tamamen tarım ve balıkçılığa dayalı iken, ATAŞ (Anadolu Tasfiyehanesi A.Ş.) Petrol Rafinerisi'nin bölgede kurulması sebebiyle, petrol şirketlerinin cazibe merkezi konumuna gelmiştir. ATAŞ Rafinerisi 1957 yılında T.C. hükümetiyle o yıllarda Türkiye'de petrol ürünleri pazarlaması yapan yabancı şirketler arasında yapılan özel bir anlaşma ile 3,2 milyon ton/yıl ham petrol işleme

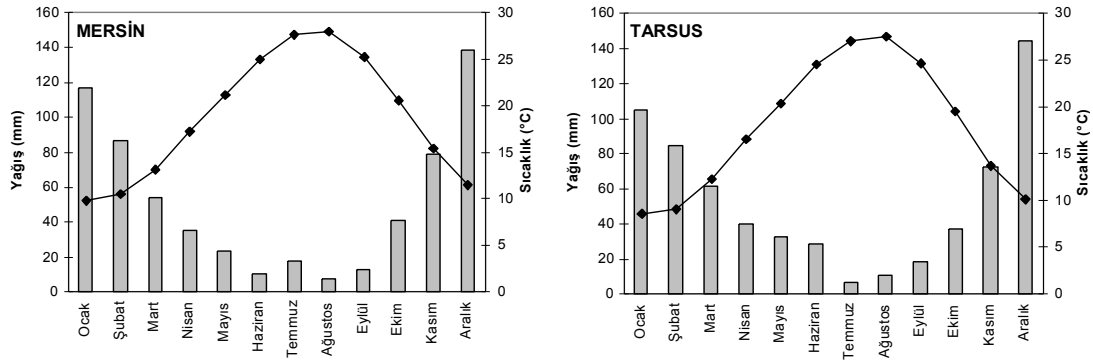
kapasitesiyle kurulmuş ve 30 Nisan 1962’de işletmeye alınmıştır. Rafinerinin ham petrol işleme kapasitesi 1969 yılında yapılan yatırımla 4,4 milyon ton/yıl olarak arttırılmıştır. ATAŞ Rafinerisi Mersin-Adana devlet yolu (D400) 10. km’si güneyiyle Karaduvar mahallesi arasında kalan yaklaşık 1.750 dönümlük bir arazi üzerinde bulunmaktadır. Kısa bir süre içinde de büyük petrol şirketleri ATAŞ’a yakın olup maliyeti düşürmek amacıyla Karaduvar’a taşınmaya başlamış ve şu an Karaduvar’da başta OPET ve TUTA olmak üzere birçok (petrol ve LPG) depolama-dolum ünitesi faaliyet göstermektedir [Güler vd., 2007]. Bunların yanı sıra bu bölgede bir gübre fabrikası, faaliyeti durdurulmuş bir termik santral, çeşitli fabrikalar, tarım alanları ve Mersin Serbest Bölgesi bulunmaktadır (Şekil 4.4). Kısa bir süre önce rafineri faaliyetlerini kademeli olarak durdurma kararı aldığını açıklayan ATAŞ rafinerisi şu anda sadece petrol türevi depolama faaliyetlerine devam etmektedir.



Şekil 4.4. Çalışma alanına ait Quickbird uydu görüntüsü (NİK Sistem, 2002).

4.2.4. İklim ve Bitki Örtüsü

Akdeniz iklimine sahip olan inceleme alanında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir. Bölgenin iklimi tipik olarak; düşük yağış, bol güneşli günler, sıcak yaz ayları, yüksek nemlilik ve yüksek evapotranspirasyon potansiyeli ile karakterize edilebilir [Güler vd., 2007]. Mersin ili ve Tarsus ilçesine ait aylık ortalama yağış ve sıcaklık değerleri Şekil 4.5'te görülmektedir. Bölgede uzun yıllara ait yıllık ortalama yağış miktarları Mersin ili için yaklaşık 502 mm ve Tarsus ilçesi için 489 mm'dir. Ortalama sıcaklık değerleri ise Mersin ili için yaklaşık 18,8°C ve Tarsus ilçesi için 17,9°C'dir. En çok yağışın Kasım-Mart ayları arasında gözlendiği bölgede bazen uzun süreler boyunca (3-4 ay) hiç yağış gözlenmez [Güler vd., 2007]. Dağlık kuzey bölgelerde daha çok karasal iklim hakimdir.



Şekil 4.5. Mersin ili (1930–2002 yılları arası) ve Tarsus ilçesinin (1988–1997 yılları arası) aylara göre ortalama yağış miktarları ve ortalama hava sıcaklıkları (Veriler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır) (Güler vd., 2007).

Çalışma alanındaki bitki örtüsü “Delta Ekosistemi” ve “Doğal Yapısını Tümüyle Kaybetmiş Alanlar” olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır [Güler vd., 2007]. Seracılık ve tarım faaliyetlerinin yoğun olarak gözlendiği bölgede, birbirinden izole ve küçük alanlar kaplayan okaliptüs ağaçları mevcuttur. Türkiye'nin özellikle güney kıyılarında yoğun olarak yetişen bu ağaç, ülkemize ilk kez 1885 yılında Mersin-Adana demiryolu üzerindeki istasyonlara süs amaçlı dikilmek üzere, yolun yapımcısı olan Fransız şirketi tarafından getirilmiştir. Sıtma ağacı olarak ta bilinen okaliptüs, ilk kez 1939'da Tarsus yakınındaki Karabucak Bataklığı'nı kurutmada kullanılmıştır

[Güler vd., 2007]. Bölgede çoğunlukla biber, nane, fasulye, maydanoz, tereotu, semizotu, roka, domates, v.b. çeşitli sebze ve meyve tarımı yapılmaktadır.

4.3. ÇALIŞMA ALANININ HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ

4.3.1. Akarsular

İnceleme alanındaki en önemli akarsu, bölgenin doğusundaki Deliçay'dır. Bu akarsu genel olarak kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı olup Toros Dağlarından beslenir ve 365 km²'lik bir drenaj alanına sahiptir. Bölgedeki yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını besleyen en önemli kaynaklar yağmur ve kar sularıdır. Kuzey kesimlerde erozyon vadisi karakterinde olan Deliçay, güneyde eğimin azalması ile enerjisini kaybeder ve taşıdığı alüvyon malzemeleri kıyı bölgesinde depolar. Alüvyon malzemenin oluşturduğu yüksek verimli akifer "kıyı akiferi" olarak tanımlanmıştır ve bir delta ortamınca temsil edilmektedir. Deliçay üzerinde uzun süreli akım ölçümü yapılan istasyon bulunmamaktadır. Bu akarsuda DSİ tarafından yapılan sınırlı ölçümler sonucu minimum debisinin 0,096 m³/s (Kasım 1993) ve maksimum debisinin de 15 m³/s (Ocak 1996) olduğu belirlenmiştir.

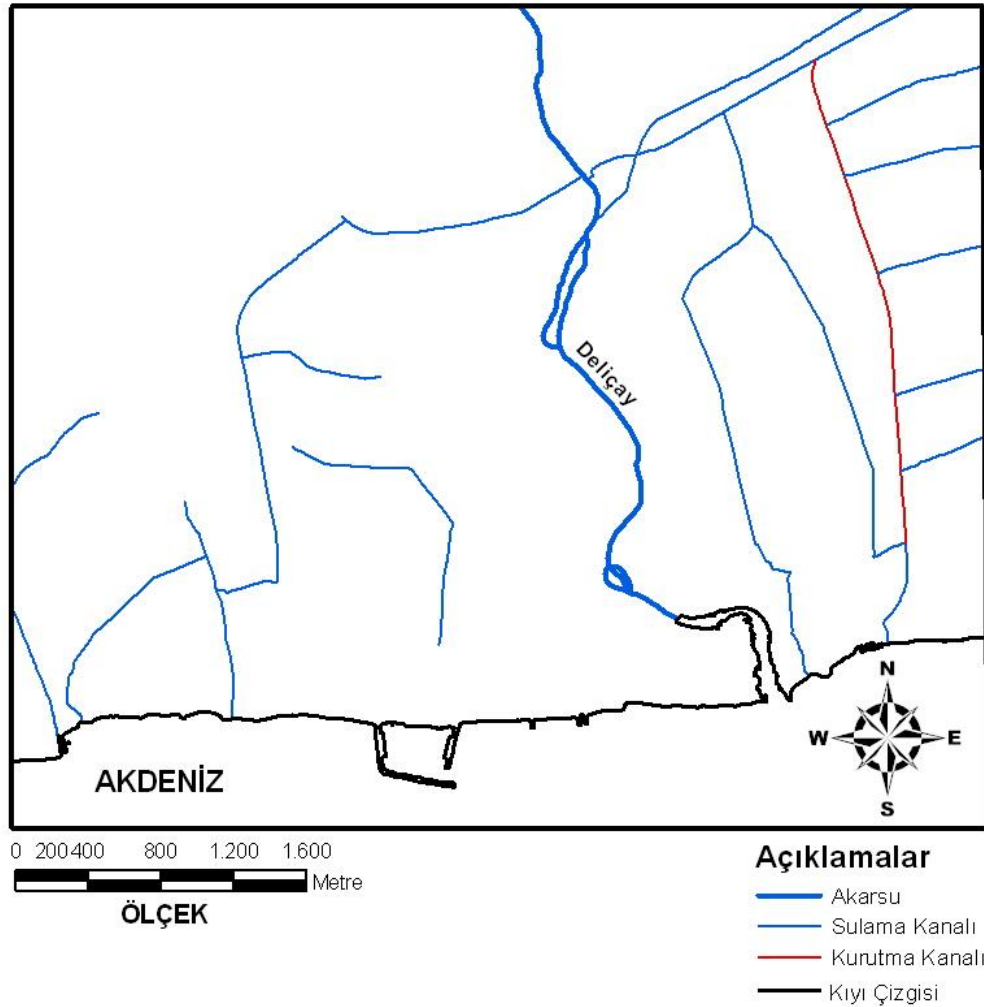
4.3.2. Kanallar ve Su Yapıları

İnceleme alanı dahilinde, DSİ tarafından yapılmış 18 adet sulama kanalı ve 1 adet drenaj amaçlı kanal bulunmaktadır (Şekil 4.6). Ana sulama kanalları ve kurutma kanalı genellikle kuzey-güney uzanımlıdır. Ana sulama kanallarının toplam uzunluğu 24,16 km ve ana kurutma kanalının toplam uzunluğu ise 2,71 km'dir.

4.3.3. Kuyular

İnceleme alanında, özellikle kıyı akiferinin bulunduğu kesimde, sanayi, içme ve tarımda kullanılmak üzere açılmış pek çok kuyu bulunmaktadır. Bu kuyular genellikle izinsiz olarak açıldığından bir çoğunun özellikleri hakkında detaylı bilgi edinmek mümkün olmamıştır. Devlet Su İşleri, Köy Hizmetleri ve İller Bankası tarafından bölgede yasal olarak açılan pek çok kuyu da bulunmaktadır. DSİ'nin açtığı araştırma amaçlı kuyuların pek çoğu günümüzde kullanılmamaktadır. Mersin-Tarsus arasında bulunan sanayi kuruluşları için bedelli olarak açılan kuyular ise

kullanılmaya devam edilmektedir. Ayrıca bölgede genellikle sulama amaçlı açılmış çok sayıda (>300 adet) sığ kuyu (5-30 m derinlikte) mevcuttur. Önceki çalışmalarda [Güler vd., 2007; Güler, 2009; Güler vd., 2010; Akbulut, 2009], Karaduvar kıyı akiferinin çeşitli kaynaklardan sızıntı, kaza veya deşarj yollarıyla meydana gelen petrol kirliliğine (örneğin; benzin ve motorin) maruz kaldığı ve bu durumun yeraltı suyu kimyası üzerinde önemli değişimlere sebep olduğu vurgulanmaktadır. Yapılan arazi çalışmalarında (5 ayrı dönemde), yeraltı suyu örneklemeleri için seçilen 55 adet tulumbalı kuyunun önemli bir kısmının petrol ve türevleri tarafından kirletilmiş olduğu tespit edilmiş ve bu çalışma kapsamında kirliliğe uğramış kuyular “kirli kuyular”, kirliliğe uğramamış kuyular ise “temiz kuyular” olarak adlandırılmıştır. Şekil 3.1’de petrol ve türevleri tarafından kirliliğe uğramış kuyuların dağılımı ve kirliliğin maksimum yayılımını gösteren sınır görülmektedir.



Şekil 4.6. Çalışma alanındaki akarsuların ve sulama-kurutma kanallarının konumları.

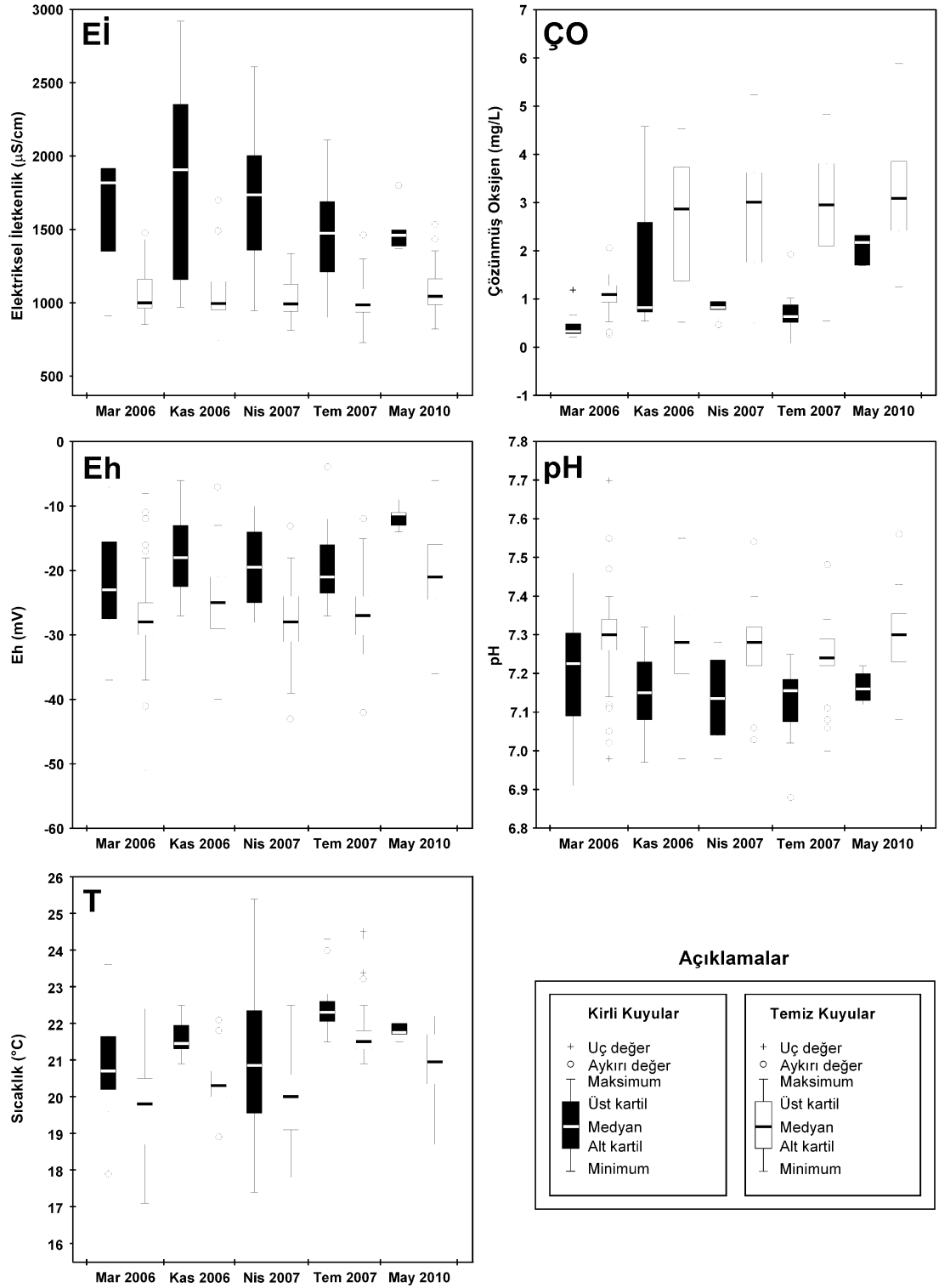
4.4. KARADUVAR BÖLGESİ YERALTI SULARININ FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

4.4.1. Fiziksel Parametrelerin Alansal ve Zamana Bağlı Değişimleri

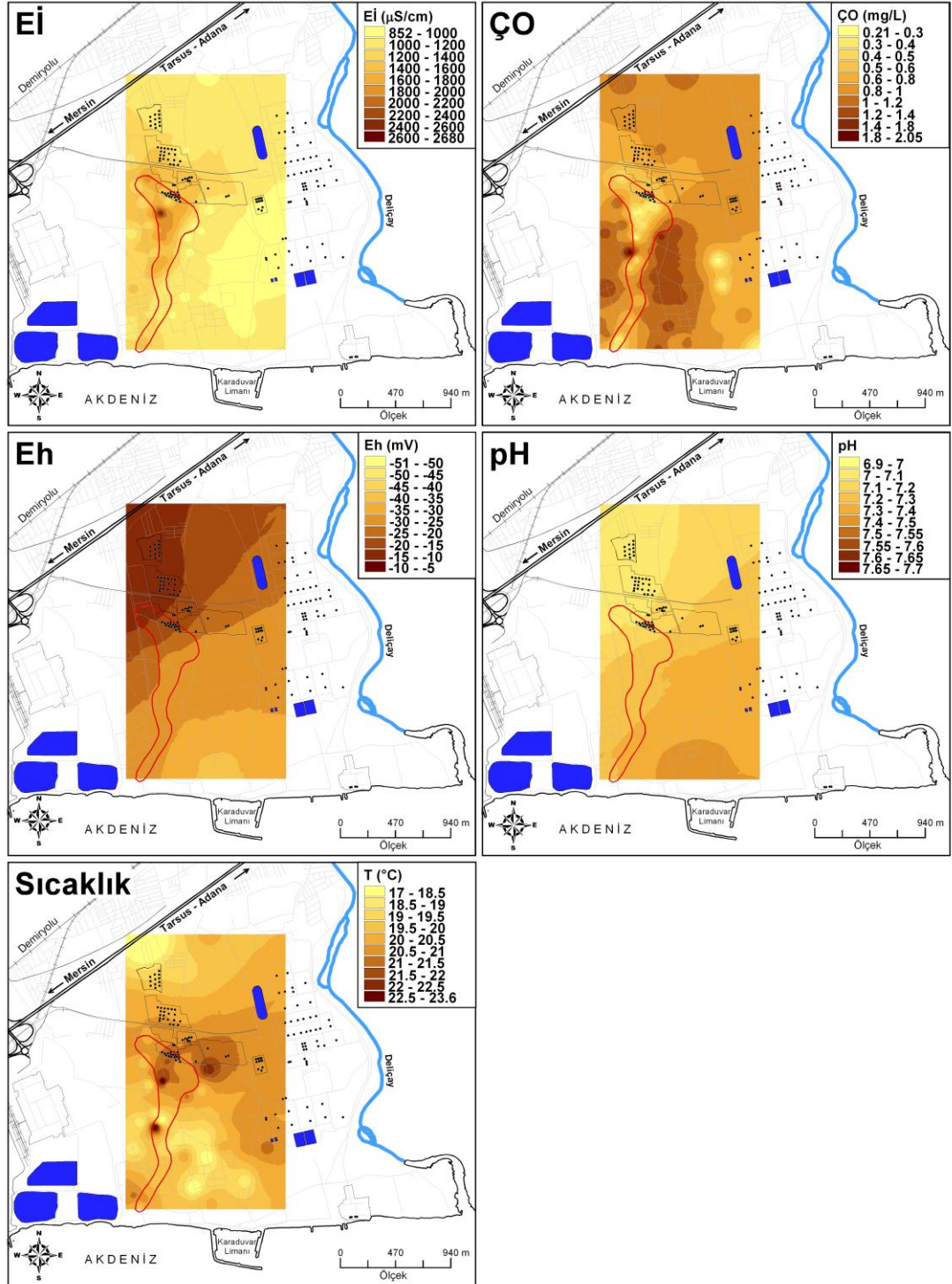
Şekil 3.1’de belirtilen toplam 55 adet yeraltı suyu örnekleme noktasından alınan örneklerde elektrik iletkenlik (Eİ), çözünmüş oksijen (ÇO), Eh, pH ve sıcaklık değerlerine ait ölçümler çeşitli portatif elektrotlar kullanılarak arazide yapılmıştır. Toplam beş ayrı dönemde (Mart 2006, Kasım 2006, Nisan 2007, Temmuz 2007 ve Mayıs 2010), “kirli” ve “temiz” 55 adet kuyudan alınan yeraltı suyu örneklerinde arazide yerinde yapılan fiziksel parametre ölçümlerine ait değerler, ölçüm dönemlerine göre Şekil 4.7’de Box-Whisker grafiği kullanılarak sunulmuştur. Ayrıca, bu beş fiziksel parametrenin değişik dönemlere ait değişimlerini yansıtan tematik haritalar da ArcMap 9.3 [ESRI, 2009] CBS yazılımı kullanılarak oluşturulmuş ve Şekil 4.8 ile Şekil 4.12 arasında sunulmuştur.

4.4.1.1. Elektriksel iletkenlik (Eİ)

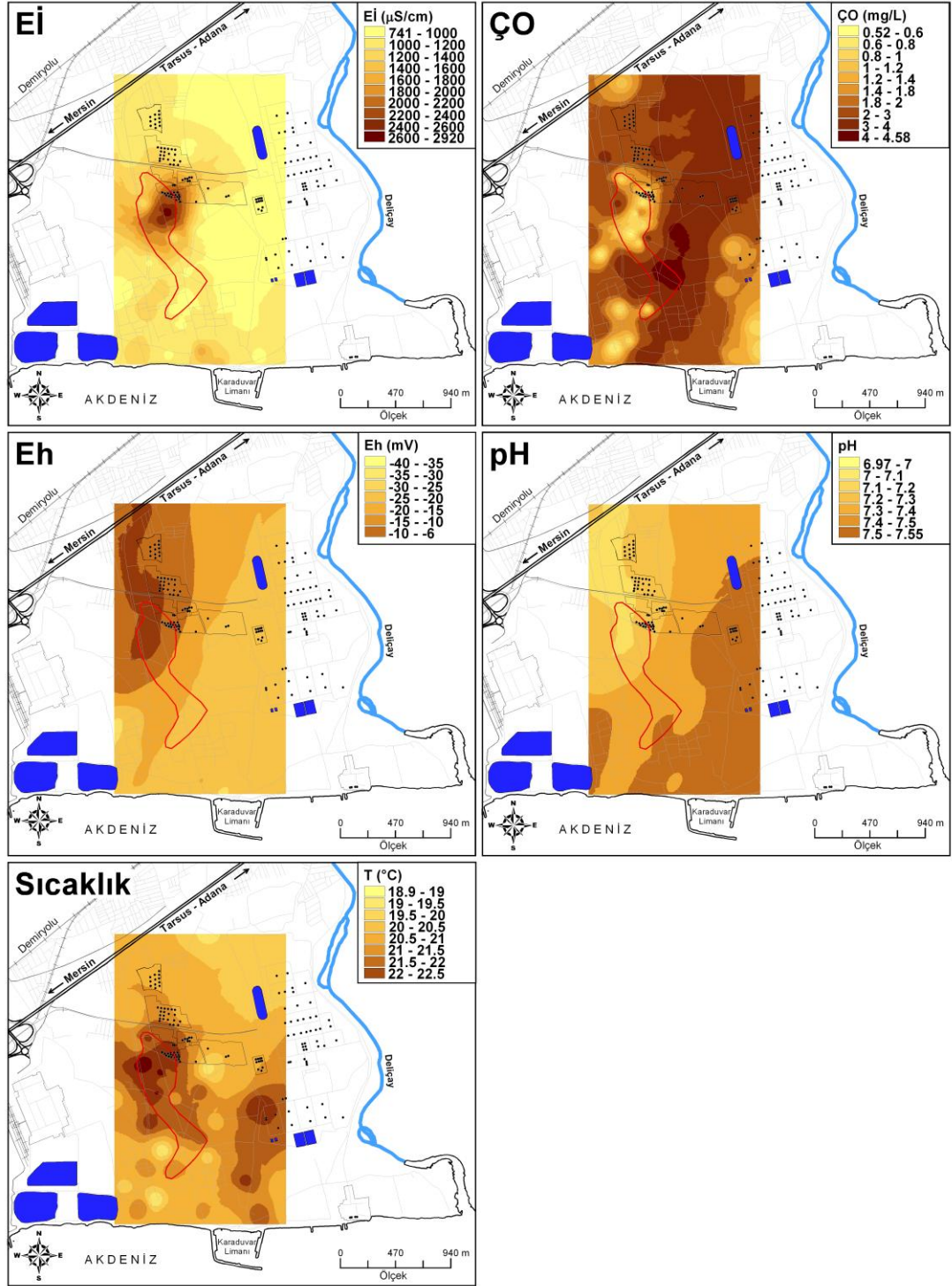
Şekil 4.7’deki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmış “kirli” kuyulardaki medyan Eİ değerlerinin “temiz” kuyulardaki medyan Eİ değerlerinden 1,5-2 kat daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.7). Bununla birlikte, Kasım 2006 döneminden itibaren “kirli” kuyularda Eİ değerlerinde bir azalış seyri izlenmektedir (Şekil 4.7). Mart 2006 ve Mayıs 2010 dönemleri arasında “temiz” kuyularda ölçülen medyan Eİ değerleri ise oldukça sabit bir seyir izlemektedir. Çalışma alanında, petrol ve türevleri tarafından kirletilmiş kuyularda yüksek Eİ değerlerinin gözlenmesinin ana nedeni, daha önceki çalışmalarda da belirtildiği üzere, kuyulara %1,2- %0,01 arasında değişen oranlarda karışan deniz suyudur [Güler, 2009]. Bölgedeki depolama tesislerine getirilen çeşitli petrol türevleri, Akdeniz açıklarında bulunan platformlardan bu tesislere döşenen borularla deniz içerisinden pompalanarak taşınmaktadır. Büyük bir ihtimalle, borular içerisinde kalan petrol türevleri ile karışmış halde bulunan deniz suyunun akifere deşarjı sonucu, özellikle petrole kirlenmiş bölgelerde yüksek Eİ değerleri görülmektedir [Güler, 2009].



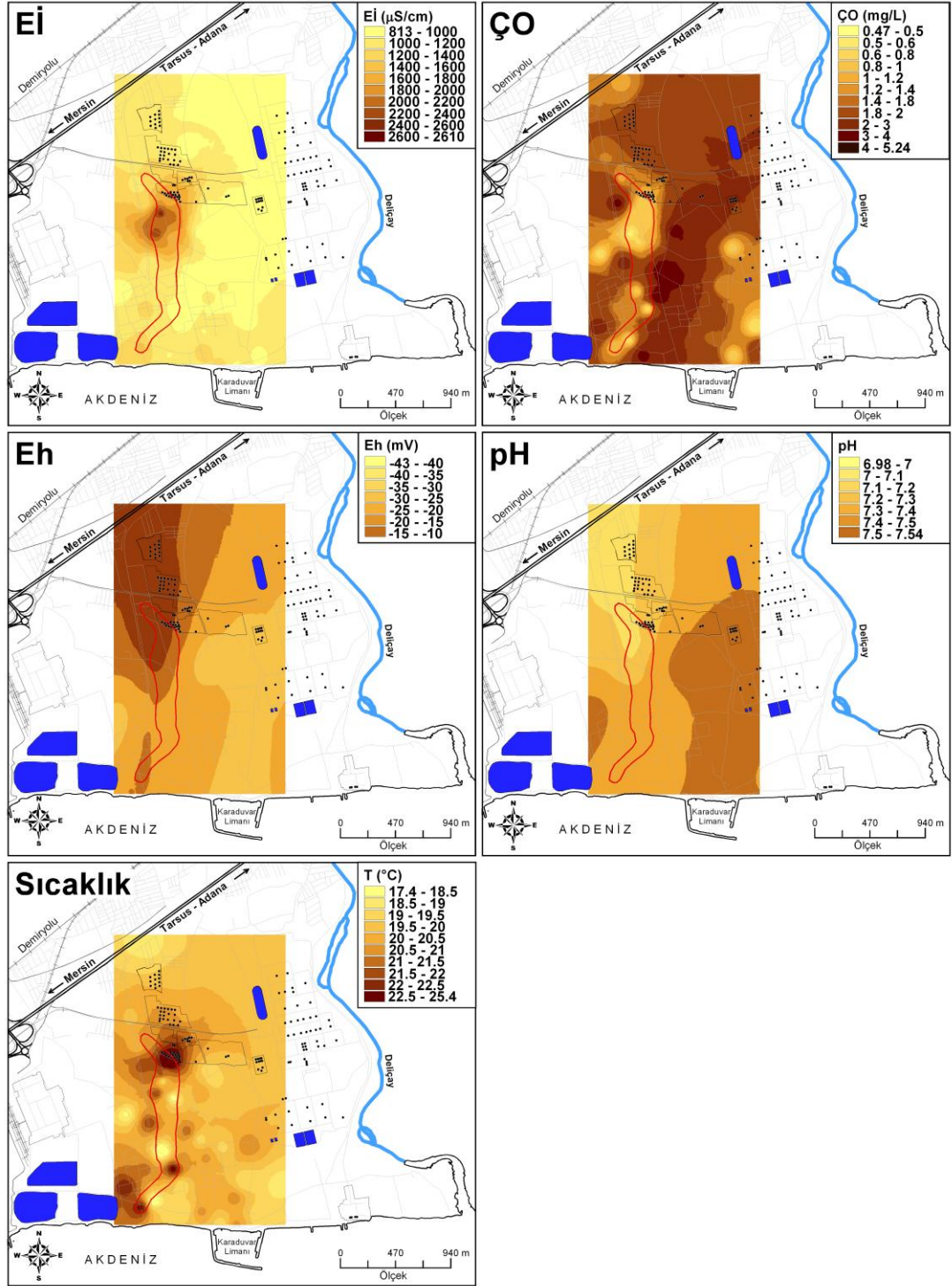
Şekil 4.7. Çalışma alanından değişik dönemlerde alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen fiziksel parametrelerin Box-Whisker grafiği ile gösterimi.



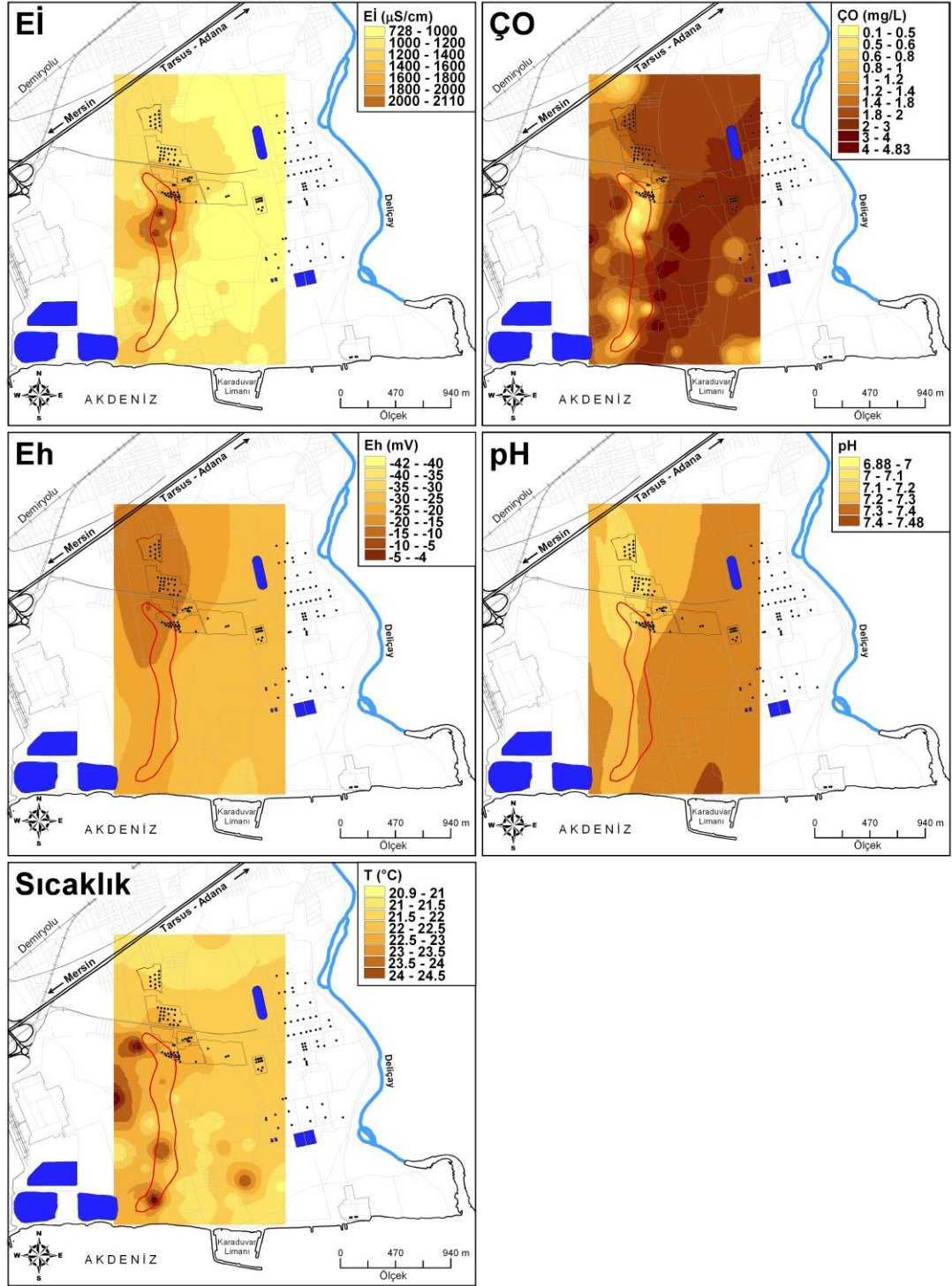
Şekil 4.8. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Eİ, ÇO, Eh, pH ve sıcaklık) Mart 2006 dönemindeki alansal dağılımı (petrol kirliliğine maruz kalan bölgenin sınırı kırmızı çizgi ile gösterilmiştir).



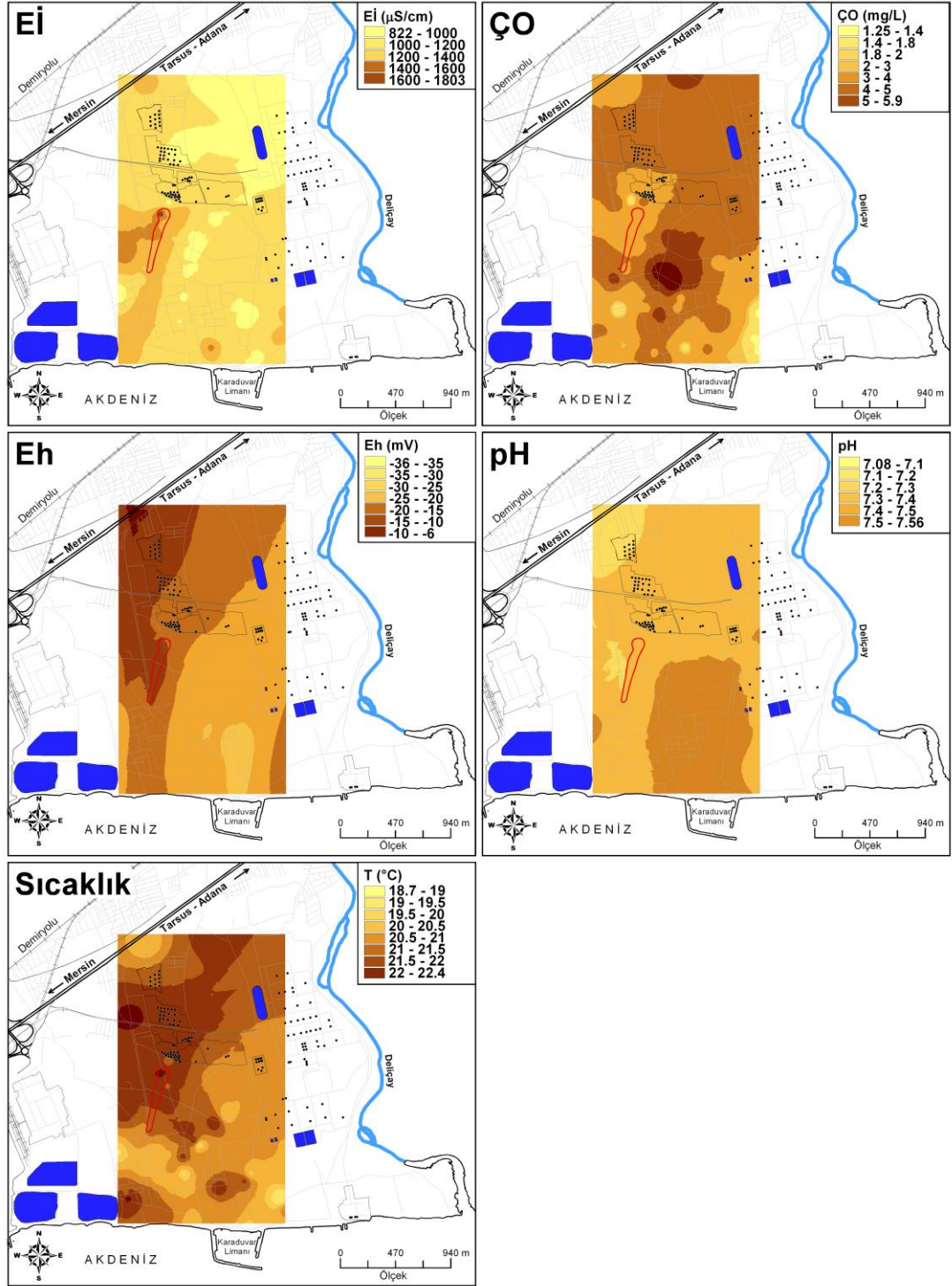
Şekil 4.9. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Eİ, ÇO, Eh, pH ve sıcaklık) Kasım 2006 dönemindeki alansal dağılımı (petrol kirliliğine maruz kalan bölgenin sınırı kırmızı çizgi ile gösterilmiştir).



Şekil 4.10. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Eİ, ÇO, Eh, pH ve sıcaklık) Nisan 2007 dönemindeki alansal dağılımı (petrol kirliliğine maruz kalan bölgenin sınırı kırmızı çizgi ile gösterilmiştir).



Şekil 4.11. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Eİ, ÇO, Eh, pH ve sıcaklık) Temmuz 2007 dönemindeki alansal dağılımı (petrol kirliliğine maruz kalan bölgenin sınırı kırmızı çizgi ile gösterilmiştir).



Şekil 4.12. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Eİ, ÇO, Eh, pH ve sıcaklık) Mayıs 2010 dönemindeki alansal dağılımı (petrol kirliliğine maruz kalan bölgenin sınırı kırmızı çizgi ile gösterilmiştir).

Ölçülen Eİ değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.8 – 4.12). Bölgede ölçülen en yüksek Eİ değerleri, genellikle çalışma alanının batısında bulunan petrol türevi depolama tanklarının hemen güneyinde (petrol kirliliğine maruz kalmış kesimlerde) ve ATAŞ petrol rafinerisi ile Akdeniz arasında kalan alanda (aşırı pompaj sonucu oluşan deniz suyu girişimi nedeniyle) gözlenmektedir (Şekil 4.8 – 4.12).

4.4.1.2. Çözünmüş oksijen (ÇO)

Şekil 4.7’deki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Kasım 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmamış “temiz” kuyulardaki medyan ÇO değerlerinde 3 kata varan bir artış görülmekle beraber, Kasım 2006 ile Mayıs 2010 arasındaki dönemde medyan ÇO değerleri nispeten yatay bir seyir izlemektedir. Mart 2006 ve Temmuz 2007 arasındaki dönemde ise, petrol kirliliğine maruz kalmış “kirli” kuyulardaki medyan ÇO değerlerinde önemli bir değişim gözlenmezken, Temmuz 2007 döneminden sonra medyan ÇO değerlerinde 2 kata varan bir artış gözlenmektedir. Bu da akiferdeki petrol kirliliğinin zaman içerisinde çeşitli doğal süreçler (biyodegradasyon, absorpsiyon ve seyrelme) sonucunda azaldığını göstermektedir. Yapılan ölçümler sonucunda medyan ÇO değerlerinin, “temiz” ve “kirli” kuyular arasında 2-6 kata varan farklılıklar gösterdiği saptanmıştır (Şekil 4.7).

Ölçülen ÇO değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.8 – 4.12). ÇO değerleri, Karaduvar kıyı akiferi dahilinde bölgesel olarak değişik noktalarda düşük değerler göstermekle birlikte, düşük ÇO konsantrasyonlarının en belirgin olarak görüldüğü bölge, çalışma alanının batısında bulunan petrol türevi depolama tanklarının güneyindeki KD-GB uzanımlı bir hat boyuncadır. Düşük ÇO konsantrasyonlarının görüldüğü diğer bir bölge ise ATAŞ atık su havuzları ve Akdeniz arasında kalan dar alandır. Çeşitli petrol türevleri tarafından kirlendiği bilinen bu bölgelerde ölçülen düşük ÇO konsantrasyonları, bir bakıma petrol türevleri tarafından kirlenmiş bölgenin sınırlarını göstermektedir (Şekil 4.8 – 4.12).

4.4.1.3. İndirgenme-yükseltgenme potansiyeli (Eh)

Şekil 4.7'deki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmamış “temiz” kuyular ile petrol kirliliğine maruz kalmış “kirli” kuyuların medyan Eh değerleri birbirine paralel ve benzer bir seyir göstermektedir. Bununla birlikte, “kirli” ve “temiz” kuyuların medyan Eh değerleri arasında 1,5 kata varan bir fark söz konusudur (Şekil 4.7).

Ölçülen Eh değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.8 – 4.12). Bu çalışma sonucunda elde edilen verilere göre; Eh değerleri çalışma alanının güney-güneydoğu kesiminde (Karaduvar limanı önü ve civarında) en düşük değerlere ulaşmaktadır (Şekil 4.8 – 4.12).

4.4.1.4. Asitlik-bazlık derecesi (pH)

Şekil 4.7'deki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmamış “temiz” kuyular ile petrol kirliliğine maruz kalmış “kirli” kuyuların medyan pH değerleri birbirine paralel ve benzer bir seyir göstermektedir. Bununla birlikte, “kirli” ve “temiz” kuyuların medyan pH değerleri arasında en fazla 0,2 pH'lık bir fark gözlenmektedir (Şekil 4.7). Ancak, dönemsel olarak incelendiğinde, “kirli” ve “temiz” kuyularda Mart 2006 ile Nisan 2007 arasında pH değerlerinin azalma eğiliminde olduğu ve Nisan 2007 ile Mayıs 2010 arasında pH değerlerinin bir artış seyri izlediği görülmektedir (Şekil 4.7).

Ölçülen pH değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.8 – 4.12). Bu çalışma sonucunda elde edilen verilere göre; pH değerlerinin çalışma alanının kuzeybatı kesiminde en düşük değerlere ulaştığı görülmektedir (Şekil 4.8 – 4.12).

4.4.1.5. Sıcaklık (T)

Şekil 4.7'deki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmamış “temiz” kuyular ile

petrol kirliliğine maruz kalmış “kirli” kuyuların medyan sıcaklık değerleri birbirine paralel ve benzer bir seyir göstermektedir. Bununla birlikte, “kirli” ve “temiz” kuyuların medyan sıcaklık değerleri arasında 2°C’ye varan bir farklılık söz konusudur (Şekil 4.7).

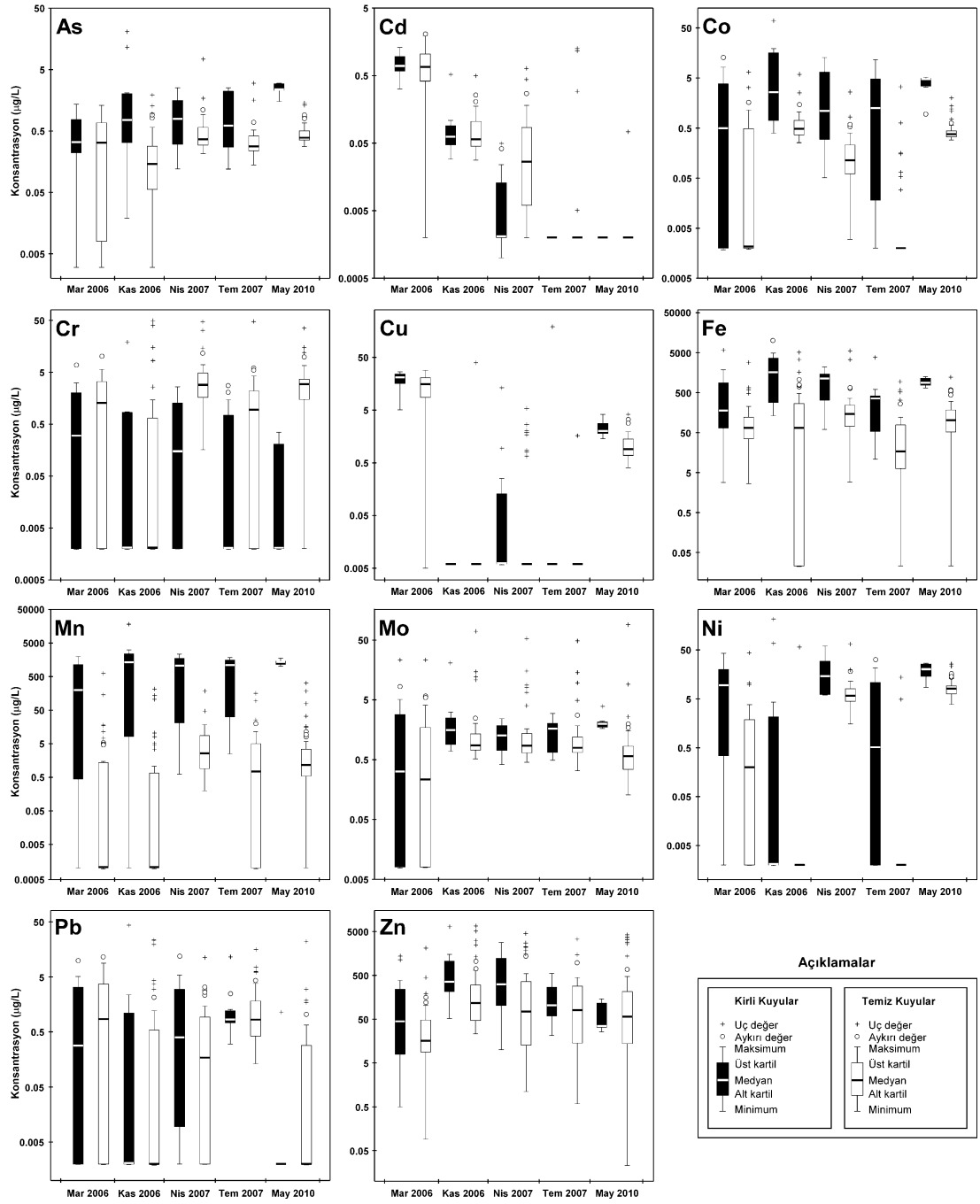
Ölçülen sıcaklık değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.8 – 4.12). Bölgede ölçülen en yüksek sıcaklık değerleri, genellikle çalışma alanının batısında bulunan petrol türevi depolama tanklarının hemen güneyinde (petrol kirliliğine maruz kalmış kesimlerde) ve ATAŞ petrol rafinerisi ile Akdeniz arasında kalan alanda (aşırı pompaj sonucu oluşan deniz suyu girişimi nedeniyle) gözlenmektedir (Şekil 4.8 – 4.12).

4.4.2. Kimyasal Parametrelerin Alansal ve Zamana Bağlı Değişimleri

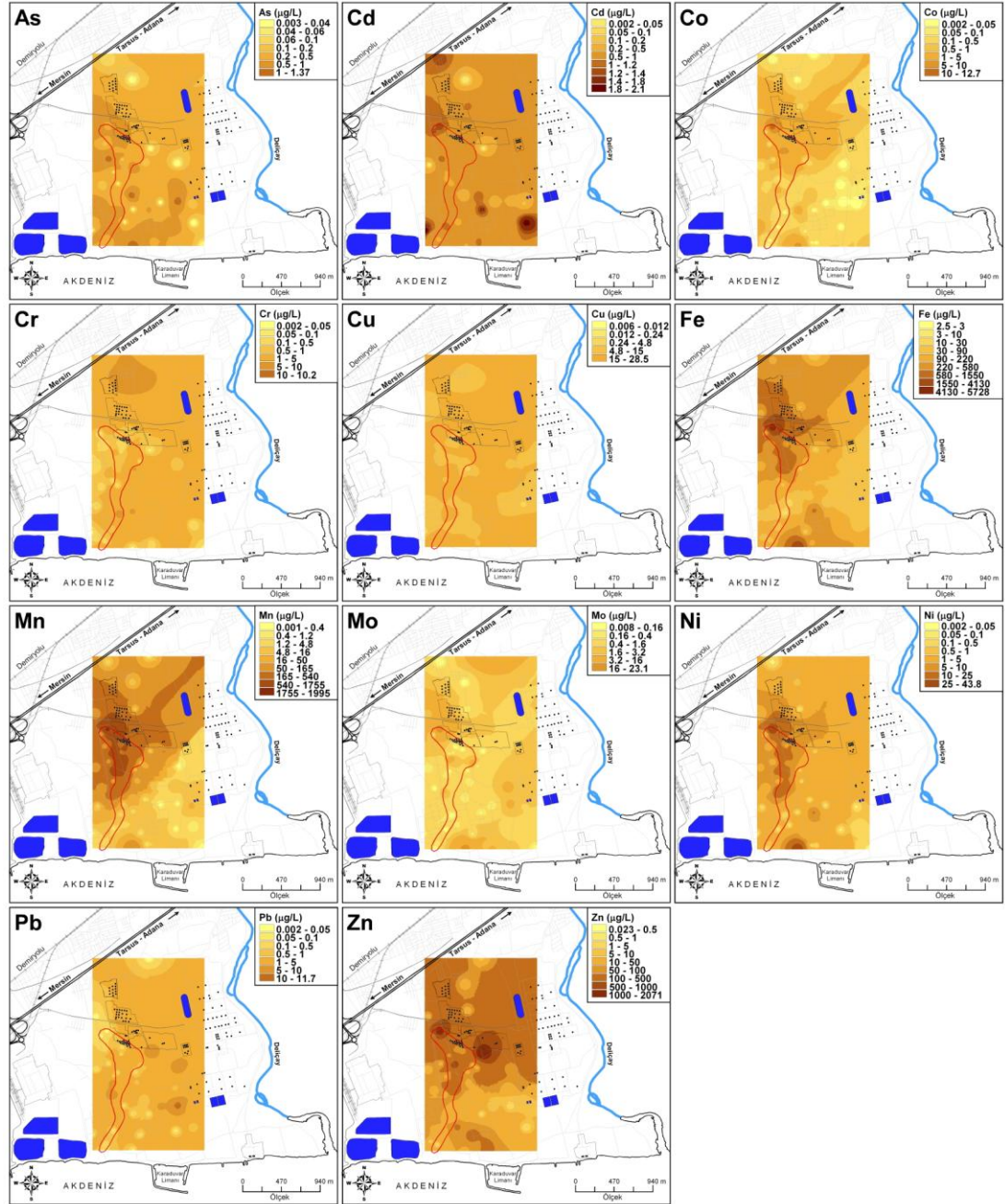
Toplam beş ayrı dönemde (Mart 2006, Kasım 2006, Nisan 2007, Temmuz 2007 ve Mayıs 2010), 55 adet kuyudan alınan yeraltı suyu örnekleri, ağır metal (iz element) konsantrasyonlarının ölçümü için Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Çevre Jeokimyası Laboratuvarı’nda bulunan ICP-MS cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Değişik dönemlerde “kirli” ve “temiz” kuyularda ölçülen 11 ağır metale (As, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn) ait konsantrasyon değerleri Şekil 4.13’te Box-Whisker grafiği kullanılarak sunulmuştur. Ayrıca, bu 11 ağır metalin değişik dönemlere ait konsantrasyon değişimlerini yansıtan tematik haritalar da ArcMap 9.3 [ESRI, 2009] CBS yazılımı kullanılarak oluşturulmuş ve Şekil 4.14 ile Şekil 4.18 arasında sunulmuştur.

4.4.2.1. Arsenik (As)

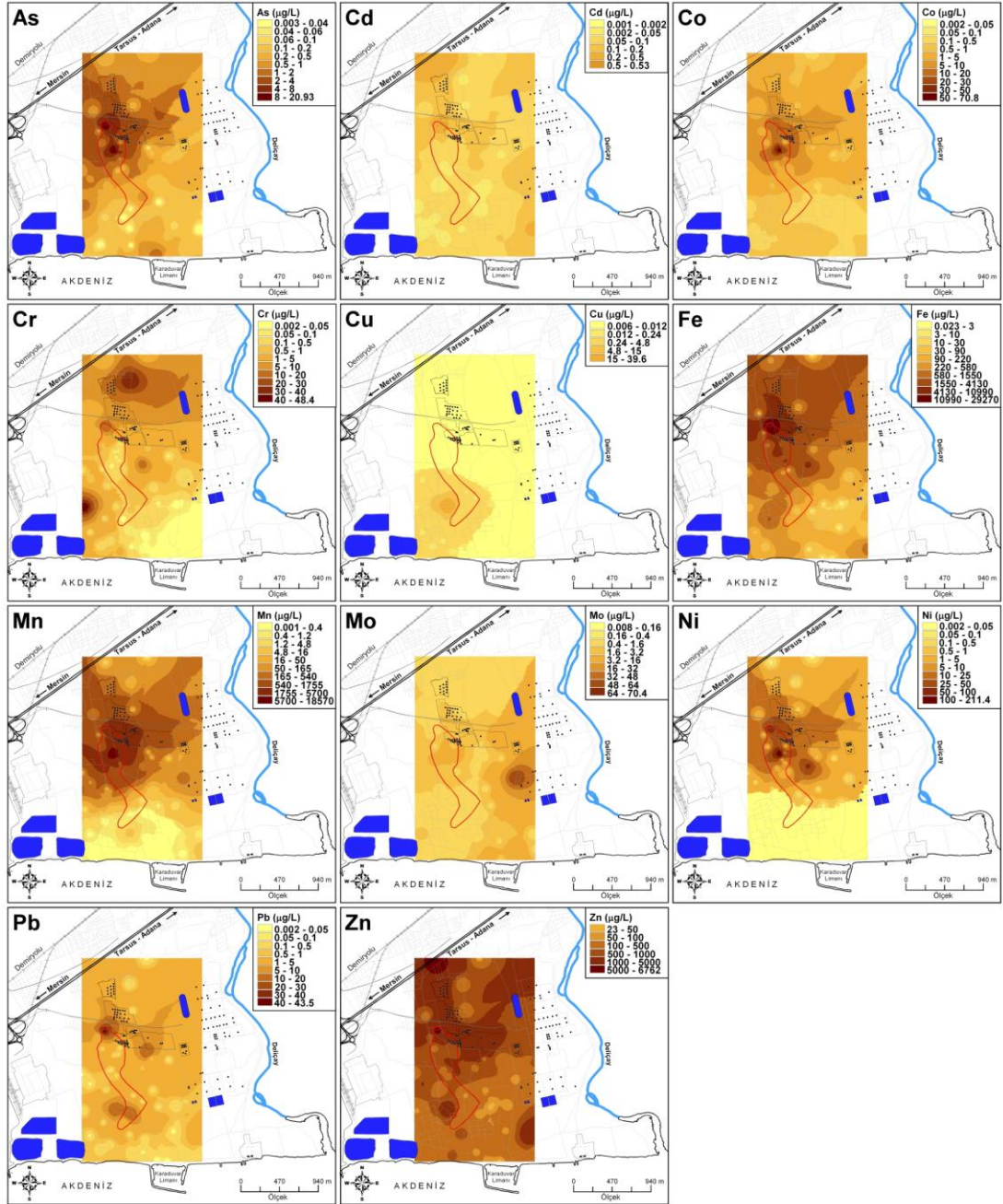
Şekil 4.13’teki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmamış “temiz” kuyulardaki medyan As konsantrasyonlarının Kasım 2006 dönemi dışında oldukça sabit ve benzer olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Mart 2006 ve Kasım 2006 arasındaki dönemde “temiz” kuyulardaki As konsantrasyonları daha geniş bir aralıkta görülmektedir.



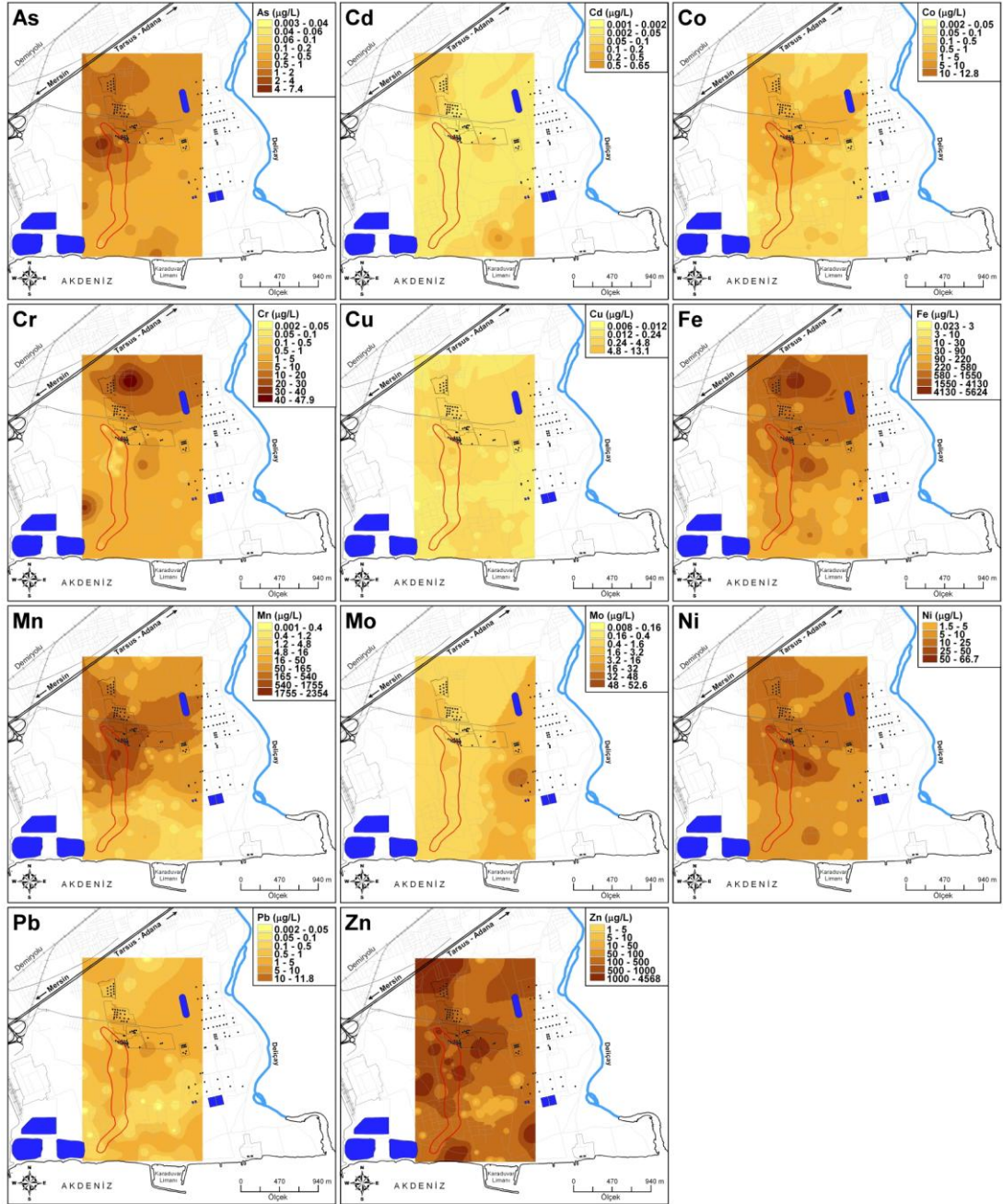
Şekil 4.13. Çalışma alanından değişik dönemlerde alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının Box-Whisker grafiği ile gösterimi.



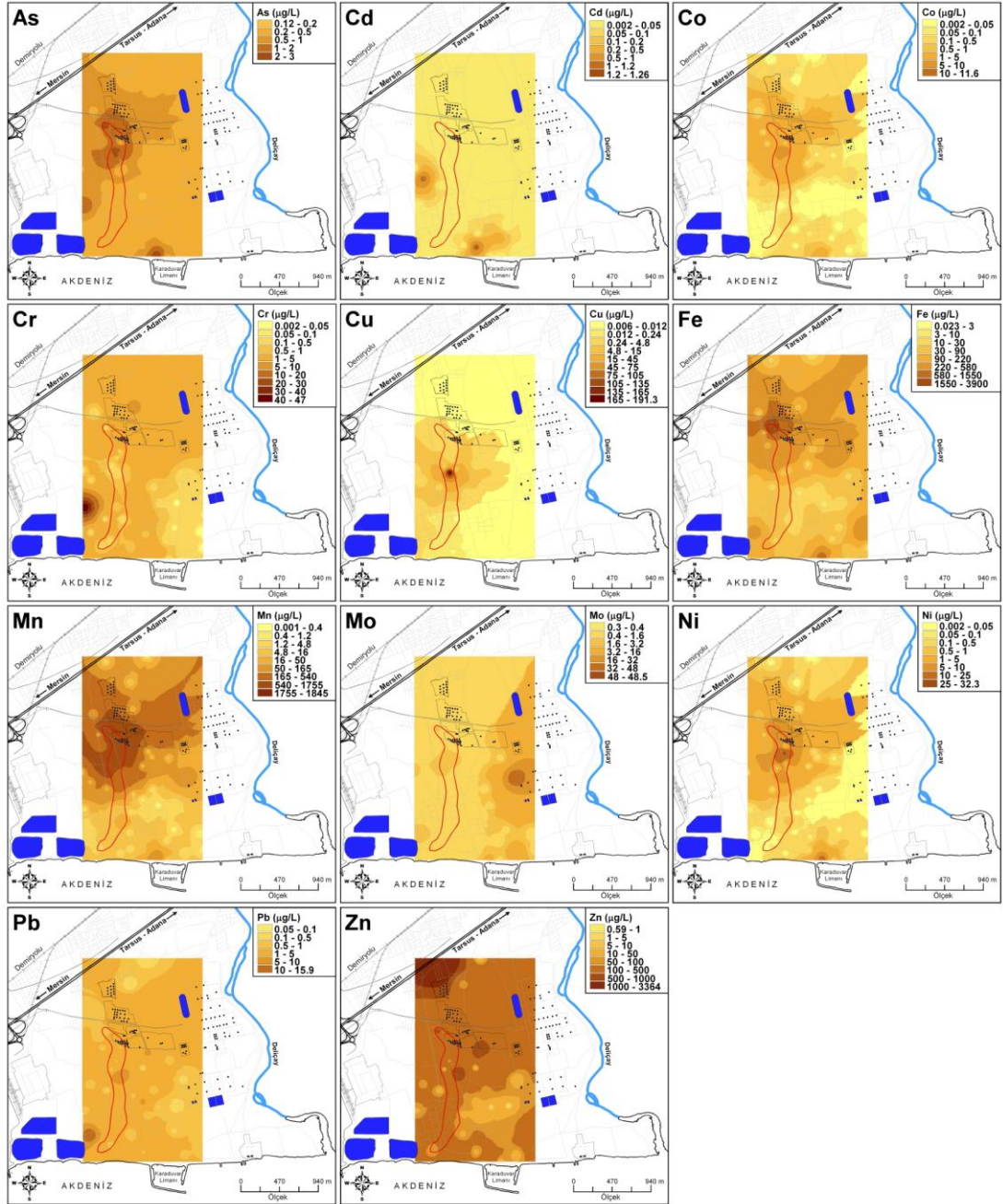
Şekil 4.14 Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının Mart 2006 dönemindeki alansal dağılımı (petrol kirliliğine maruz kalan bölgenin sınırı kırmızı çizgi ile gösterilmiştir).



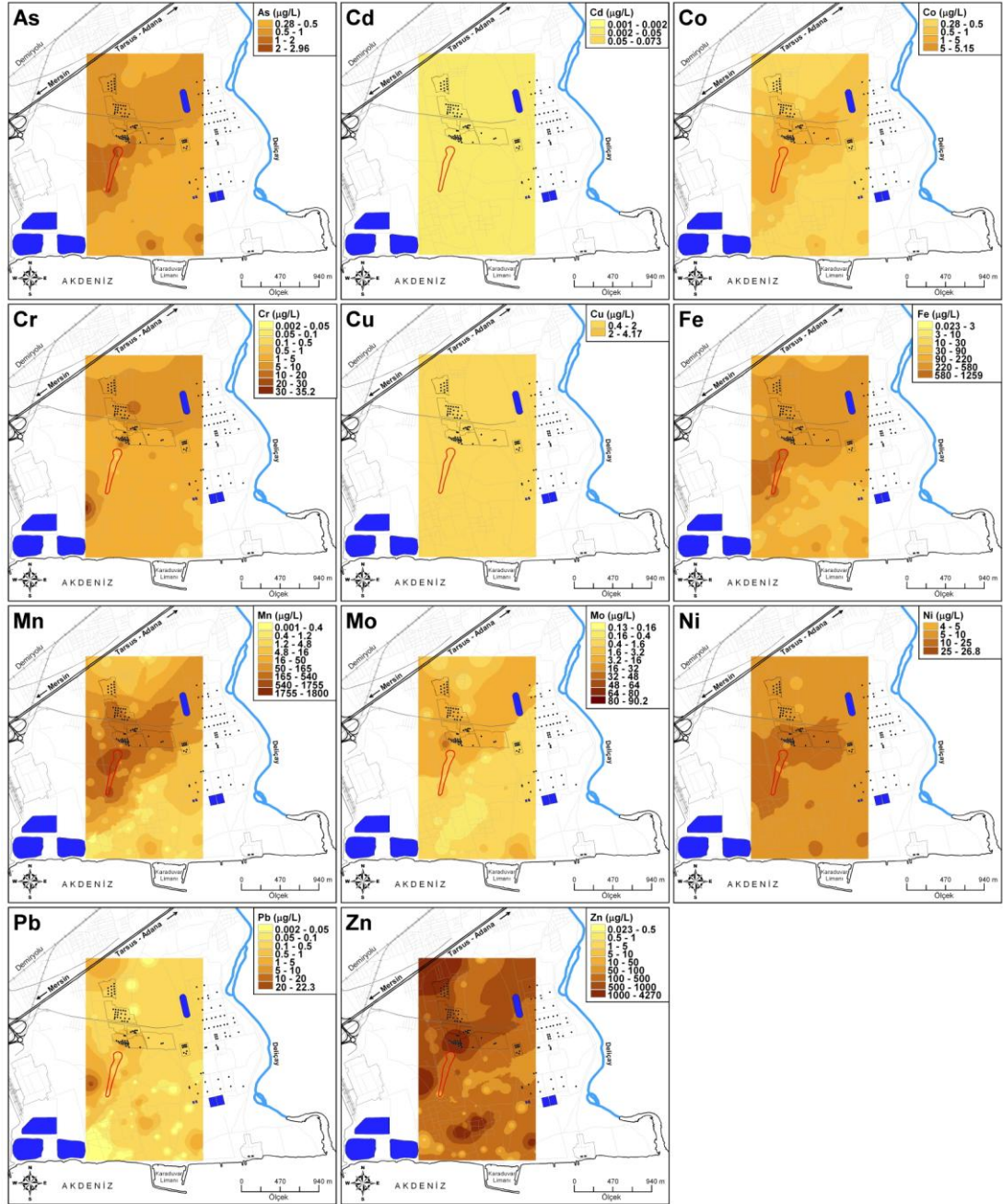
Şekil 4.15 Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının Kasım 2006 dönemindeki alansal dağılımı (petrol kirliliğine maruz kalan bölgenin sınırı kırmızı çizgi ile gösterilmiştir).



Şekil 4.16 Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının Nisan 2007 dönemindeki alansal dağılımı (petrol kirliliğine maruz kalan bölgenin sınırı kırmızı çizgi ile gösterilmiştir).



Şekil 4.17 Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının Temmuz 2007 dönemindeki alansal dağılımı (petrol kirliliğine maruz kalan bölgenin sınırı kırmızı çizgi ile gösterilmiştir).



Şekil 4.18 Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının Mayıs 2010 dönemindeki alansal dağılımı (petrol kirliliğine maruz kalan bölgenin sınırı kırmızı çizgi ile gösterilmiştir).

Diğer yandan, petrol kirliliğine maruz kalmış “kirli” kuyulardaki medyan As konsantrasyonlarının “temiz” kuyularla karşılaştırıldığında daha yüksek değerler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.13). Ayrıca, “kirli” kuyularda, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde medyan As konsantrasyonlarında 10 kata varan bir artış meydana gelmiştir. Bu durumun nedeninin; akifer genelinde petrol kirliliğinin göreceli olarak azalması sonucu meydana gelen fizikokimyasal değişimler olduğu düşünülmektedir. Örneğin, Şekil 4.7 incelendiğinde, beş ayrı örnekleme dönemi boyunca, çözülmüş oksijen konsantrasyonları ve Eh-pH değerlerinde meydana gelen artış, bölgedeki petrol kirliliğinin azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Karaduvar bölgesinde görülen yüksek As konsantrasyonları, doğal olarak akifer sedimanlarındaki yüksek As miktarlarıyla açıklanabileceği gibi [Güler vd., 2010], bölgede, iç içe yürütülen endüstriyel-tarımsal faaliyetlerin de (özellikle rafineri faaliyetleri, pestisit ve kimyasal gübre kullanımı) bu durum üzerinde önemli etkileri olduğu düşünülmektedir.

Ölçülen As değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Bölgede ölçülen en yüksek As değerleri, genellikle çalışma alanının batısında bulunan petrol türevi depolama tanklarının hemen güneyinde (petrol kirliliğine maruz kalmış kesimlerde) ve Karaduvar limanı civarında gözlenmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Karaduvar bölgesinde değişik dönemlerde ölçülen As elementi konsantrasyonları Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği’ne [Resmi Gazete, 2004] göre değerlendirildiğinde; Mart 2006 döneminde alınan su örneklerinin %100’ünün I. kalite su, Kasım 2006 döneminde alınan su örneklerinin %96’sının I. kalite ve %4’ünün IV. kalite su, Nisan 2007 döneminde alınan su örneklerinin %98’inin I. kalite ve %2’sinin III. kalite su, Temmuz 2007 döneminde alınan su örneklerinin %98’inin I. kalite ve %2’sinin II. kalite su ve Mayıs 2010 döneminde alınan su örneklerinin %100’ünün I. kalite su sınıflarına girdiği saptanmıştır.

4.4.2.2. Kadmiyum (Cd)

Şekil 4.13’teki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Nisan 2007 arasındaki dönemde “kirli” ve “temiz” kuyulardaki medyan Cd konsantrasyonlarında ciddi bir düşüş (100 kattan fazla) gözlenmektedir. Temmuz

2007 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde ise yeraltı suyu örneklerinde Cd miktarı birkaç örnek hariç yok denecek kadar azdır (Şekil 4.13). Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde görülen dikkat çekici diğer bir nokta ise; “kirli” kuyulardaki medyan Cd konsantrasyonlarının “temiz” kuyulardakine göre daha düşük değerler almasıdır (Şekil 4.13). Bu durum da, yeraltı sularındaki Cd miktarının bölgedeki petrol kirliliği ile doğrudan ilişkili olmadığını göstermektedir (ayrıca bakınız Şekil 4.14 – 4.18). Genel itibariyle, yeraltı sularındaki yüksek Cd konsantrasyonlarının sebebinin, yakın geçmişe kadar bölgede yürütülen petrol rafineri faaliyetleri ve dizel yakıtıyla çalışan termik santralden atılan yanma ürünü gazlar ve bazı petrol türevi depolama tesislerinde meydana gelen yangınlardır. ATAŞ petrol rafinerisinde yer alan 102 nolu nafta (benzin hammaddesi) tankında 25 Temmuz 2004 tarihinde meydana gelen bir yangından sonra rafineri faaliyetleri 2005 yılı içerisinde durdurulmuştur (webarsiv.hurriyet.com.tr/2004/07/30/497827.asp). Bu tarihten sonra, yeraltı sularındaki Cd konsantrasyonlarında bir azalış seyrine girildiği söylenebilir (Şekil 4.13).

Ölçülen Cd değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Bölgede ölçülen en yüksek Cd değerleri, genellikle ATAŞ Rafinerisi güneyi ve termik santral batısı arasında kalan bölgede gözlenmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Karaduvar bölgesinde değişik dönemlerde ölçülen Cd elementi konsantrasyonları Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği’ne [Resmi Gazete, 2004] göre değerlendirildiğinde; Mart 2006, Kasım 2006, Nisan 2007, Temmuz 2007 ve Mayıs 2010 dönemlerinde alınan su örneklerinin %100’ünün I. kalite su sınıflarına girdiği saptanmıştır.

4.4.2.3. Kobalt (Co)

Şekil 4.13’teki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmamış “temiz” kuyulardaki medyan Co konsantrasyonlarının Mart 2006 ve Temmuz 2007 dönemleri hariç oldukça benzer ve yüksek değerler sergiledikleri görülmektedir. Özellikle, yağışlı mevsimlerde alınan yeraltı suyu örneklerinde yüksek Co değerlerinin görülmesi, bu elementin mevsimsel olarak değişimlere maruz kaldığını göstermektedir. Bununla

birlikte, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde “kirli” kuyulardaki Co konsantrasyonları daha geniş bir aralıkta görülmekte ve daha yüksek konsantrasyon değerleri sergilemektedirler Şekil 4.13. Ayrıca, “kirli” kuyularda, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde medyan Co konsantrasyonlarında 10 kata varan bir artış meydana gelmiştir. Bu durumun nedeninin; akifer genelinde petrol kirliliğinin göreceli olarak azalması sonucu meydana gelen fizikokimyasal değişimler olduğu düşünülmektedir. Co konsantrasyonlarında meydana gelen değişimlere benzer değişimler As elementi için de mevcuttur.

Ölçülen Co değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Bölgede ölçülen en yüksek Co değerleri, genellikle çalışma alanının batısında bulunan petrol türevi depolama tanklarının hemen güneyinde (petrol kirliliğine maruz kalmış kesimlerde) ve Karaduvar limanı civarında gözlenmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Karaduvar bölgesinde değişik dönemlerde ölçülen Co elementi konsantrasyonları Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği’ne [Resmi Gazete, 2004] göre değerlendirildiğinde; Mart 2006 döneminde alınan su örneklerinin %71’inin I. kalite, %17’sinin II. kalite, %7’sinin III. kalite ve %5’sinin IV. kalite su, Kasım 2006 döneminde alınan su örneklerinin %86’sının I. kalite, %4’ünün II. kalite, %2’sinin III. kalite ve %8’inin IV. kalite su, Nisan 2007 döneminde alınan su örneklerinin %90’ının I. kalite, %2’sinin II. kalite, %4’ünün III. kalite ve %4’ünün IV. kalite su, Temmuz 2007 döneminde alınan su örneklerinin %90’ının I. kalite, %2’sinin II. kalite, %6’sının III. kalite ve %2’sinin IV. kalite su ve Mayıs 2010 döneminde alınan su örneklerinin %93’ünün I. kalite, %5’inin II. kalite ve %2’sinin III. kalite su sınıflarına girdiği saptanmıştır.

4.4.2.4. Krom (Cr)

Şekil 4.13’teki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmamış “temiz” kuyulardaki medyan Cr konsantrasyonlarının, “kirli” kuyulardaki medyan Cr konsantrasyonlarından daha yüksek değerler sergilediği görülmektedir. Özellikle, değişik dönemlerde alınan yeraltı suyu örneklerindeki Cr konsantrasyonlarında görülen düzensiz artış ve azalışlar, bu elementin mevsimsel olarak değişimlere maruz

kaldığını göstermektedir. Özellikle, Temmuz 2007 ve Mayıs 2010 dönemlerinde, “kirli” ve “temiz” kuyular arasında Cr konsantrasyonları için görülen fark 1000 kattan daha fazladır. Bu durum nedeniyle, akifer genelinde görülen yüksek Cr konsantrasyonlarının jeolojik faktörler sonucu meydana geldiği düşünülmektedir. Önceki çalışmalarda [Güler vd., 2010], Deliçay’ın drenaj havzası içerisinde bulunan ve yüksek oranda kromit minerali içeren ofiyolitler, akifer sedimanlarında görülen yüksek Cr içeriğinin kaynağı olarak gösterilmektedir.

Ölçülen Cr değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Bölgede ölçülen en yüksek Cr değerleri, genellikle çalışma alanının kuzey kesimlerinde gözlenmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Karaduvar bölgesinde değişik dönemlerde ölçülen Cr elementi konsantrasyonları Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği’ne [Resmi Gazete, 2004] göre değerlendirildiğinde; Mart 2006 döneminde alınan su örneklerinin %71’inin I. kalite, %17’sinin II. kalite, %7’sinin III. kalite ve %5’inin IV. kalite su, Kasım 2006 döneminde alınan su örneklerinin %90’ının I. kalite, %2’sinin III. kalite ve %8’inin IV. kalite su, Nisan 2007 döneminde alınan su örneklerinin %66’sının I. kalite, %18’inin II. kalite, %8’inin III. kalite ve %8’inin IV. kalite su, Temmuz 2007 döneminde alınan su örneklerinin %86’sının I. kalite, %8’inin II. kalite, %4’ünün III. kalite ve %2’sinin IV. kalite su ve Mayıs 2010 döneminde alınan su örneklerinin %56’sının I. kalite, %30’unun II. kalite, %9’unun III. kalite ve %5’inin IV. kalite su sınıflarına girdiği saptanmıştır.

4.4.2.5. Bakır (Cu)

Şekil 4.13’teki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde “temiz” ve “kirli” kuyulardaki medyan Cu konsantrasyonlarının Kasım 2006 ve Temmuz 2007 dönemleri hariç oldukça benzer ve yüksek değerler sergiledikleri görülmektedir. Özellikle, değişik dönemlerde alınan yeraltı suyu örneklerindeki Cu konsantrasyonlarında görülen düzensiz artış ve azalışlar, bu elementin mevsimsel olarak değişimlere maruz kaldığını göstermektedir. Bölgede daha önce yapılan çalışmalarda [Güler vd., 2010], toprakta görülen yüksek Cu miktarlarının, tarımsal faaliyetlerde kullanılan çeşitli kimyasallardan kaynaklandığı vurgulanmaktadır. Değişik dönemler arasında, yeraltı

sularındaki Cu konsantrasyonlarında görülen düzensiz ve ani artışlar da (10.000 kata varan konsantrasyon farkları) bu yorumu destekler niteliktedir (Şekil 4.13).

Ölçülen Cu değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Bölgede ölçülen en yüksek Cu değerleri, genellikle çalışma alanının batısında bulunan petrol türevi depolama tanklarının güneyinde ve Akdeniz sahiline yakın kesimlerde gözlenmektedir (Şekil 4.14 – 4.18) ve bu bölgeler tarım faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı alanlardır. Karaduvar bölgesinde değişik dönemlerde ölçülen Cu elementi konsantrasyonları Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği'ne [Resmi Gazete, 2004] göre değerlendirildiğinde; Mart 2006 döneminde alınan su örneklerinin %6'sının I. kalite, %6'sının II. kalite, %15'inin III. kalite ve %73'ünün IV. kalite su, Kasım 2006 döneminde alınan su örneklerinin %98'inin I. kalite ve %2'sinin IV. kalite su, Nisan 2007 döneminde alınan su örneklerinin %96'sının I. kalite, %2'sinin III. kalite ve %2'sinin IV. kalite su, Temmuz 2007 döneminde alınan su örneklerinin %98'inin I. kalite ve %2'sinin IV. kalite su ve Mayıs 2010 döneminde alınan su örneklerinin %95'inin I. kalite ve %5'inin II. kalite su sınıflarına girdiği saptanmıştır.

4.4.2.6. Demir (Fe)

Şekil 4.13'teki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmış “kirli” kuyulardaki medyan Fe konsantrasyonlarının “temiz” kuyulardaki medyan Fe konsantrasyonlarından 100 kata varan bir oranda daha yüksek değerler sergilediği ve konsantrasyon değerlerinin hem “temiz” hem de “kirli” kuyular için değişik dönemlerde oldukça düzenli bir paralellik gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.13). Çalışma alanında, petrol ve türevleri tarafından kirletilmiş kuyularda yüksek Fe konsantrasyonlarının gözlenmesinin ana nedeni, kirlilikten dolayı ortamın pH'sında görülen önemli azalmalar ve mikrobiyal faaliyetlerdeki artıştır. Özellikle petrol türevleri tarafından kirlenen bölgelerde gözlenen bu durum; sülfat ve nitratın mikrobiyal faaliyetler sonucu gerçekleşen indirgenme reaksiyonlarına bağlı olarak oluşmaktadır ve genellikle çözülmüş oksijen konsantrasyonlarının düşük değerler gösterdiği bölgelerde yaygındır [Güler, 2009]. Petrol kirliliği görülen bölgelerde meydana gelen önemli indirgenme

reaksiyonlarından biri +3 değerlikli Fe'nin indirgenerek +2 değerlikli Fe'ye dönüşmesidir. Burada bütün petrol türevlerine ait reaksiyonları yazmak mümkün olmadığından sadece Tolüen'in (C₇H₈) bozunma reaksiyonu verilmiştir.



Bu durum yeraltı suyunda önemli miktarlarda Fe artışına sebep olur. Ancak, kirlilik kaynağından uzaklaştıkça bu reaksiyon tersine dönmeye başlar ve belirli bir mesafeden sonra yüksek Fe konsantrasyonları göreceli olarak azalarak normal değerlerine ulaşır. Bu reaksiyonlar sonucu yeraltı suyundaki Fe ve bikarbonat (HCO₃⁻) konsantrasyonları önemli ölçüde artmaktadır.

Ölçülen Fe değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Bölgede ölçülen en yüksek Fe değerleri, genellikle çalışma alanının batısında bulunan petrol türevi depolama tanklarının hemen güneyindeki (petrol kirliliğine maruz kalmış kesimlerde) geniş bir alanda ve Karaduvar limanı civarında gözlenmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Karaduvar bölgesinde değişik dönemlerde ölçülen Fe elementi konsantrasyonları Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği'ne [Resmi Gazete, 2004] göre değerlendirildiğinde; Mart 2006 döneminde alınan su örneklerinin %4'ünün I. kalite, %2'sinin III. kalite ve %94'ünün IV. kalite su, Kasım 2006 döneminde alınan su örneklerinin %32'sinin I. kalite, %2'sinin II. kalite ve %66'sının IV. kalite su, Nisan 2007 döneminde alınan su örneklerinin %2'sinin I. kalite ve %98'inin IV. kalite su, Temmuz 2007 döneminde alınan su örneklerinin %6'sının I. kalite, %4'ünün II. kalite, %22'sinin III. kalite ve %68'inin IV. kalite su ve Mayıs 2010 döneminde alınan su örneklerinin %4'ünün I. kalite ve %96'sının IV. kalite su sınıflarına girdiği saptanmıştır.

4.4.2.7. Manganez (Mn)

Şekil 4.13'teki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmış “kirli” kuyulardaki medyan Mn konsantrasyonlarının “temiz” kuyulardaki medyan Mn konsantrasyonlarından 400 ile 4 milyon kata varan bir oranda daha yüksek değerler sergilediği

görülmektedir. Temiz kuyularda, Mart 2006 ile Kasım 2006 arasında medyan Mn değerleri oldukça düşük ve sabit seyrederken, Nisan 2007 döneminden itibaren bu kuyularda medyan Mn konsantrasyonunda 10.000 kata varan artışlar gözlenmektedir (Şekil 4.13). Bununla birlikte, aynı dönem için “kirli” kuyulardaki medyan Mn konsantrasyonları yüksek olmasına rağmen herhangi bir artış görülmemektedir. Çalışma alanında, petrol ve türevleri tarafından kirletilmiş kuyularda yüksek Mn konsantrasyonlarının gözlenmesinin ana nedeni, kirlilikten dolayı ortamın pH’sında görülen önemli azalmalar ve mikrobiyal faaliyetlerdeki artıştır. Özellikle petrol türevleri tarafından kirlenen bölgelerde gözlenen bu durum; sülfat (SO_4^{-2}) ve nitratın (NO_3^-) mikrobiyal faaliyetler sonucu gerçekleşen indirgenme reaksiyonlarına bağlı olarak oluşmaktadır ve genellikle çözülmüş oksijen konsantrasyonlarının düşük değerler gösterdiği bölgelerde yaygındır [Güler, 2009]. Petrol kirliliği görülen bölgelerde meydana gelen önemli indirgenme reaksiyonlardan biri olan +4 değerlikli Mn’nin indirgenerek +2 değerlikli Mn’ye dönüşmesi, bu kirliliğin ana sebeplerindendir. Burada bütün petrol türevlerine ait reaksiyonları yazmak mümkün olmadığından sadece Tolüen’in (C_7H_8) bozunma reaksiyonu verilmiştir.



Bu durum yeraltı suyunda önemli miktarlarda Mn artışına sebep olur. Ancak, kirlilik kaynağından uzaklaştıkça bu reaksiyon tersine dönmeye başlar ve belirli bir mesafeden sonra yüksek Mn konsantrasyonları göreceli olarak azalarak normal değerlerine ulaşır. Bu reaksiyonlar sonucu yeraltı suyundaki Mn ve bikarbonat (HCO_3^-) konsantrasyonları önemli ölçüde artmaktadır.

Ölçülen Mn değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Bölgede ölçülen en yüksek Mn değerleri, genellikle çalışma alanının batısında bulunan petrol türevi depolama tanklarının güneyindeki (petrol kirliliğine maruz kalmış kesimlerde) geniş bir alanda görülmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Karaduvar bölgesinde değişik dönemlerde ölçülen Mn elementi konsantrasyonları Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği’ne [Resmi Gazete, 2004] göre değerlendirildiğinde; Mart 2006 döneminde alınan su örneklerinin %62’sinin I. kalite, %6’sının II. kalite,

%11'inin III. kalite ve %21'inin IV. kalite su, Kasım 2006 döneminde alınan su örneklerinin %66'sının I. kalite, %4'ünün II. kalite, %4'ünün III. kalite ve %26'sının IV. kalite su, Nisan 2007 döneminde alınan su örneklerinin %44'ünün I. kalite, %8'inin II. kalite, %12'sinin III. kalite ve %36'sının IV. kalite su, Temmuz 2007 döneminde alınan su örneklerinin %58'inin I. kalite, %4'ünün II. kalite, %8'inin III. kalite ve %32'sinin IV. kalite su ve Mayıs 2010 döneminde alınan su örneklerinin %65'inin I. kalite, %9'unun II. kalite, %5'inin III. kalite ve %21'inin IV. kalite su sınıflarına girdiği saptanmıştır.

4.4.2.8. Molibden (Mo)

Şekil 4.13'teki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Kasım 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmış “kirli” kuyulardaki medyan Mo konsantrasyonlarının “temiz” kuyulardaki medyan Mo konsantrasyonlarından 2 kata varan bir oranda daha yüksek değerler sergilediği ve konsantrasyon değerlerinin hem “temiz” hem de “kirli” kuyular için Mart 2006 dönemi hariç diğer dönemlerde oldukça düzenli bir paralellik gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.13). Genel itibariyle, yeraltı sularındaki yüksek Mo konsantrasyonlarının sebebinin, yakın geçmişe kadar bölgede yürütülen petrol rafineri faaliyetleri ve dizel yakıtıyla çalışan termik santralden atılan yanma ürünü gazlar ve bazı petrol türevi depolama tesislerinde meydana gelen yangınlardır. ATAŞ petrol rafinerisinde yeralan 102 nolu nafta (benzin hammaddesi) tankında 25 Temmuz 2004 tarihinde meydana gelen bir yangından sonra rafineri faaliyetleri 2005 yılı içerisinde durdurulmuştur (webarsiv.hurriyet.com.tr/2004/07/30/497827.asp). Bu tarihten sonra, yeraltı sularındaki Mo konsantrasyonlarında bir azalış seyrine girildiği söylenebilir (Şekil 4.13).

Ölçülen Mo değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Bölgede ölçülen en yüksek Mo değerleri, genellikle çalışma alanının doğusunda bulunan ATAŞ Rafinerisi ve termik santral arasında bulunan bölgede gözlenmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Karaduvar bölgesinde değişik dönemlerde ölçülen Mo elementi konsantrasyonları Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği'ne [Resmi Gazete, 2004] göre değerlendirildiğinde; Mart 2006 döneminde alınan su

örneklerinin %83'ünün I. kalite, %6'sının II. kalite, %7'sinin III. kalite ve %4'ünün IV. kalite su, Kasım 2006 döneminde alınan su örneklerinin %88'inin I. kalite, %2'sinin II. kalite ve %10'unun IV. kalite su, Nisan 2007 döneminde alınan su örneklerinin %88'inin I. kalite, %2'sinin II. kalite, %6'sının III. kalite ve %4'ünün IV. kalite su, Temmuz 2007 döneminde alınan su örneklerinin %92'sinin I. kalite, %2'sinin II. kalite, %2'sinin III. kalite ve %4'ünün IV. kalite su ve Mayıs 2010 döneminde alınan su örneklerinin %95'inin I. kalite, %2'sinin II. kalite, %2'sinin III. kalite ve %1'inin IV. kalite su sınıflarına girdiği saptanmıştır.

4.4.2.9. Nikel (Ni)

Şekil 4.13'teki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmış “kirli” kuyulardaki medyan Ni konsantrasyonlarının, “temiz” kuyulardaki medyan Ni konsantrasyonlarından daha yüksek değerler sergilediği görülmektedir. Özellikle, değişik dönemlerde alınan yeraltı suyu örneklerindeki Ni konsantrasyonlarında görülen düzensiz artış ve azalışlar, bu elementin mevsimsel olarak değişimlere maruz kaldığını göstermektedir. Bu durum nedeniyle, akifer genelinde görülen yüksek Ni konsantrasyonlarının jeolojik faktörler sonucu meydana geldiği düşünülmektedir. Önceki çalışmalarda [Güler vd., 2010], Deliçay'ın drenaj havzası içerisinde bulunan ve yüksek oranda kromit minerali içeren ofiyolitlerin, akifer sedimanlarında görülen yüksek Ni içeriğinin kaynağı olduğu düşünülmektedir.

Ölçülen Ni değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Bölgede ölçülen en yüksek Ni değerleri, genellikle çalışma alanının batısında bulunan petrol türevi depolama tanklarının civarında ve Akdeniz sahiline yakın kesimlerde gözlenmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Karaduvar bölgesinde değişik dönemlerde ölçülen Ni elementi konsantrasyonları Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği'ne [Resmi Gazete, 2004] göre değerlendirildiğinde; Mart 2006 döneminde alınan su örneklerinin %70'inin I. kalite, %7'sinin II. kalite, %4'ünün III. kalite ve %19'unun IV. kalite su, Kasım 2006 döneminde alınan su örneklerinin %92'sinin I. kalite, %2'sinin II. kalite ve %6'sının IV. kalite su, Nisan 2007 döneminde alınan su örneklerinin %4'ünün I. kalite, %24'ünün II. kalite, %50'sinin

III. kalite ve %22'sinin IV. kalite su, Temmuz 2007 döneminde alınan su örneklerinin %86'sının I. kalite, %2'sinin II. kalite, %2'sinin III. kalite ve %10'unun IV. kalite su ve Mayıs 2010 döneminde alınan su örneklerinin %7'sinin II. kalite, %72'sinin III. kalite ve %21'inin IV. kalite su sınıflarına girdiği saptanmıştır.

4.4.2.10. Kurşun (Pb)

Şekil 4.13'teki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmamış “temiz” kuyulardaki medyan Pb konsantrasyonlarının, “kirli” kuyulardaki medyan Pb konsantrasyonlarıyla benzer değişim sergilediği görülmektedir. Özellikle, değişik dönemlerde alınan yeraltı suyu örneklerindeki Pb konsantrasyonlarında görülen düzensiz artış ve azalışlar, bu elementin mevsimsel olarak değişimlere maruz kaldığını göstermektedir (Şekil 4.13). Akifer genelinde görülen yüksek Pb konsantrasyonlarının bölgede yaygın olarak yapılan tarımsal faaliyetlerde kullanılan çeşitli kimyasallardan (pestisit ve kimyasal gübre kullanımı) kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ölçülen Pb değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların genellikle benzerlik göstermediği görülmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Bölgede ölçülen en yüksek Pb değerleri, genellikle çalışma alanının batısında bulunan petrol türevi depolama tanklarının hemen güneyinde, tarım amaçlı kullanılan alanlarda gözlenmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Karaduvar bölgesinde değişik dönemlerde ölçülen Pb elementi konsantrasyonları Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği'ne [Resmi Gazete, 2004] göre değerlendirildiğinde; Mart 2006 döneminde alınan su örneklerinin %68'inin I. kalite, %17'sinin II. kalite, %13'ünün III. kalite ve %2'sinin IV. kalite su, Kasım 2006 döneminde alınan su örneklerinin %86'sının I. kalite, %6'sının II. kalite ve %8'inin IV. kalite su, Nisan 2007 döneminde alınan su örneklerinin %90'ının I. kalite, %4'ünün II. kalite, %2'sinin III. kalite ve %4'ünün IV. kalite su, Temmuz 2007 döneminde alınan su örneklerinin %84'ünün I. kalite, %6'sının II. kalite, %6'sının III. kalite ve %4'ünün IV. kalite su ve Mayıs 2010 döneminde alınan su örneklerinin %98'inin I. kalite ve %2'sinin IV. kalite su sınıflarına girdiği saptanmıştır.

4.4.2.11. Çinko (Zn)

Şekil 4.13'teki Box-Whisker grafiği incelendiğinde, Mart 2006 ve Nisan 2007 arasındaki dönemde petrol kirliliğine maruz kalmış “kirli” kuyulardaki medyan Zn konsantrasyonlarının “temiz” kuyulardaki medyan Zn konsantrasyonlarından 3-4 kat yüksek değerler sergilediği görülmektedir. Bununla birlikte, Temmuz 2007 döneminde, “kirli” ve “temiz” kuyulardaki medyan Zn konsantrasyonları eşitlenmiş ve Mayıs 2010 döneminde de “kirli” kuyulardaki medyan Zn konsantrasyonu “temiz” kuyulardaki medyan Zn konsantrasyonundan daha düşük bir değer almıştır (Şekil 4.13). Çalışma alanında, yeraltı sularında görülen yüksek Zn konsantrasyonlarının ana nedeninin bölgedeki tarım faaliyetlerde kullanılan gübreler olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanında kullanılan kimyasal gübreler teksele ve kompoze gübre karakterinde olup içerdikleri azot (N) miktarı farklılıklar göstermektedir. Zn kirliliğinin kaynağı açısından en önemli gübre türü; toplam azot içeriği %15 olan ve içerisinde %13 amonyum, %15 potasyum dioksit (K_2O), %14 fosfor pentaoksit (P_2O_5) ve %2 üre ($CO(NH_2)_2$) bulunan Zn mikro besin maddeli (%1) kompoze gübredir.

Ölçülen Zn değerlerinin değişik dönemlerdeki arazi dağılım haritaları incelendiğinde, bu dağılımların büyük benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Bölgede ölçülen en yüksek Zn değerleri, genellikle çalışma alanının batısında bulunan petrol türevi depolama tankları ile ATAŞ Rafinerisi arasında kalan alanda ve Karaduvar mahallesi civarında gözlenmektedir (Şekil 4.14 – 4.18). Bu bölgeler, tarım amaçlı faaliyetlerin yoğun olarak yürütüldüğü alanlardır. Karaduvar bölgesinde değişik dönemlerde ölçülen Zn elementi konsantrasyonları Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği'ne [Resmi Gazete, 2004] göre değerlendirildiğinde; Mart 2006 döneminde alınan su örneklerinin %7'sinin I. kalite, %6'sının II. kalite, %21'inin III. kalite ve %66'sının IV. kalite su, Kasım 2006 döneminde alınan su örneklerinin %100'ünün IV. kalite su, Nisan 2007 döneminde alınan su örneklerinin %4'ünün I. kalite, %6'sının III. kalite ve %90'ının IV. kalite su, Temmuz 2007 döneminde alınan su örneklerinin %10'unun I. kalite, %6'sının II. kalite ve %84'ünün IV. kalite su ve Mayıs 2010 döneminde alınan su örneklerinin %10'unun I. kalite, %5'inin II. kalite, %4'ünün III. kalite ve %81'inin IV. kalite su sınıflarına girdiği saptanmıştır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Aldığı ciddi nüfus göçü nedeniyle kontrolsüz olarak hızla büyüyen ve aynı zamanda bir endüstrileşme sürecinde olan Mersin’de (özellikle Mersin-Tarsus arasındaki sahil kesimlerinde), bu hızlı büyüme ve endüstrileşmeye paralel olarak içme-kullanma-tarımsal sulama ve sanayi faaliyetleri için ihtiyaç duyulan suyun tamamına yakını, delta ortamı karakterindeki “kıyı akiferinde” açılan çeşitli derinliklerdeki kuyulardan temin edilmektedir. Karaduvar bölgesi, petrokimya endüstrisine yönelik faaliyetlerin (rafineri, depolama ve dolum) yanı sıra, tarımsal faaliyetlerin ve yerleşimin yoğun olduğu bir bölge olması nedeniyle, çeşitli türden kimyasal kirleticilere maruz kalmaktadır. Bu durum, yeraltı suyu kalitesini olumsuz etkilemekte ve dolayısıyla insan ve çevre sağlığı açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, çeşitli petrol türevleri tarafından kirlendiği bilinen Karaduvar kıyı akiferinde meydana gelen değişimleri izlemek amacıyla değişik dönemlerde (Mart ve Kasım 2006, Nisan ve Temmuz 2007 ve Mayıs 2010) bölgedeki mevcut sığ kuyulardan seçilen toplam 55 kuyuda arazide çeşitli fiziksel parametrelere (elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, Eh, pH ve sıcaklık) ait ölçümler yapılmış ve alınan su örneklerinde 11 ağır metalin (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonları ICP-MS yöntemi ile laboratuvarında belirlenmiştir. Elde edilen tüm veriler, ArcMap 9.3 CBS yazılımı kullanılarak veritabanı şekline dönüştürülmüş ve daha sonra çeşitli fiziksel ve kimyasal parametrelere ait tematik dağılım haritaları oluşturularak yorumlamalara gidilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; petrol kirliliğinin görüldüğü kesimler, yüksek elektriksel iletkenlik, düşük pH ve çözünmüş oksijen ve yüksek Eh ve sıcaklık değerleri ile karakterize edilmektedir. Analiz sonuçlarına göre; petrol kirliliğinin görüldüğü kuyularda yüksek konsantrasyonlarda tuzlu su (deniz suyu) ve çeşitli petrol türevlerinden (örneğin; benzin ve motorin) oluşan bir karışımın bulunduğu anlaşılmaktadır. Bunun dışında ATAŞ Rafinesinin güneyinde ve Karaduvar limanının kuzeyinde de yüksek elektriksel iletkenlik değerleri gözlenmiştir. Bu bölgelerdeki yüksek elektriksel iletkenlik değerlerinin sebebinin ise aşırı yeraltı suyu çekiminden kaynaklanan deniz suyu girişimi olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma

sonucunda, Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde yapılan ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, çeşitli fiziksel parametrelere ait değerlerin arazideki alansal dağılımlarının çok fazla değişmediği saptanmıştır. Ancak, fiziksel parametre değerlerinde görülen pozitif değişimler, akiferdeki petrol kirliliğinin zaman içerisinde çeşitli doğal süreçler (biyodegradasyon, absorpsiyon ve seyrelme) sonucunda azaldığını ve bir iyileşme sürecine girildiğini göstermektedir.

Mart 2006 ve Mayıs 2010 arasındaki dönemde alınan yeraltı suyu örneklerine ait ağır metal analiz sonuçları değerlendirildiğinde; birçok kuyuda As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarının Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Bu ağır metallere bir çoğunun kanserojen olduğu bilinmektedir. Bu kirlleticilerin yeraltı suyuna, büyük oranda çeşitli tarımsal-endüstriyel faaliyetler veya doğal süreçler sonucu karıştıkları düşünülmektedir. Genel itibariyle; Karaduvar bölgesinde görülen yüksek As, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının, tarımsal faaliyetlerde kullanılan çeşitli kimyasallardan (pestisit ve kimyasal gübreler) kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, yeraltı sularındaki yüksek Cd ve Mo konsantrasyonlarının sebebinin, yakın geçmişe kadar bölgede yürütülen rafineri faaliyetleri ve dizel yakıtla çalışan termik santralden salınan yanma ürünü baca gazı emisyonları ve bazı petrol türevi depolama tesislerinde meydana gelen yangınlardır. Akifer genelinde görülen yüksek Co, Cr, Fe, Mn ve Ni konsantrasyonlarının ise jeolojik/litolojik faktörler sonucu (yeraltı suyu-akifer çökelleri arasındaki jeokimyasal tepkimeler) meydana geldiği düşünülmektedir. Bu elementlerin bölgede mobilize olmalarının ve yüksek konsantrasyonda bulunmalarının ana nedenleri petrol kirliliğinden dolayı ortamın pH'sında görülen önemli düşüşler ve mikrobiyal faaliyetlerdeki artıştır.

Karaduvar mahallesinde gözlenen ağır metal kirliliğini karakterize etmeye yönelik yapılan bu çalışma; yeraltı suyu kullanım ve yönetim planlarının oluşturulması ve akiferden su sağlayan kuyularda, kirlitici kaynaklarda yada arazi kullanımında meydana gelebilecek değişimler neticesinde oluşabilecek çeşitli durumların değerlendirilmesinde kullanılabilir. Bu da yeraltı suyu yönetim ve koruma planlarının yapılmasında daha doğru kararların alınmasını sağlayacaktır. Proje kapsamında pek çok verinin birlikte değerlendirilmesi, sorgulamalarının yapılması ve ileriye dönük karar alma süreçlerinin hızlandırılmasını sağlamak

amacıyla oluşturulan CBS veritabanı bölgedeki yeraltı suyu kalitesini kötü yönde etkileyen kirletici kaynakların ortaya konulmasında oldukça büyük yararlar sağlamıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların, gelecekte bölgede gerçekleşmesi muhtemel iyileştirme faaliyetlerine de bir temel oluşturacağı düşünülmektedir. Gelecekte de bölgedeki artan su ihtiyacının ağırlıklı olarak yeraltı sularından karşılanacağı düşünülürse bu sınırlı kaynağın bilinçli kullanımı ve kirlilikten korunması büyük önem arz etmektedir. Ayrıca, bölgedeki kuyulardan çekilen sular, yüksek ağır metal içeriklerine sahip olmalarından dolayı, içme-kullanma ve tarımsal sulama amaçlı kullanılmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Akbulut, C. “Karaduvar (Mersin) Akiferinin Yeraltı Suyu Modellemesi ve Petrol Kirliliğinin Temizlenmesine Yönelik Geçirgen Reaktif Bariyer Yeri Seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 83 s. (2009).
- ATSDR, “Toxicological Profile for Arsenic”, Eylül 2000.
- Baran, I., Kasperek, M. “Marine turtles Turkey: Status survey 1988 and recommendations for conservation and management: World Wide Fund for Nature (WWF)”, 123p., (1989).
- Barceloux, D. G. “Molybdenum”, J Toxicol Clin Toxicol, 37(2): 231-237. (1999).
- Bigersson B., Sterner O., Zimerson E., Chemie und Gesundheit “Eine Verstärkte Einführung in die Toxikologie”, VCH Verlagsgesellschaft, , ISBN 3-527-26455-8, (1988).
- Cheon, J.Y., Lee, J.Y. ve Lee, K.K. “Characterization of the hydrogeologic environment at a petroleum hydrocarbon contaminated site in Korea”, Environmental Geology, 45: 869–883, (2004).
- Çalım, A. "Yüreğir İlçesinin (Adana) Yeraltı Suyu Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 82 s. (1988).
- Çavuşgil, V. L. “Adana–Kurttepe akarsu sekilerinde yeralan Akdeniz kırmızı topraklarının oluşumları ve birbirleri ile olan ilişkisi üzerinde bir araştırma”, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (1985).
- Çetindağ, B., Okan, Ö. Ö. “Hydrochemical characteristics and pollution potential of Uluova aquifers, Elazığ, Turkey”, Environmental Geology 45:796–807, (2004).
- Demirel, D., Külege, K. “Monitoring of spatial and temporal Hydrochemical changes in Groundwater Under the Contaminating Effects of Anthropogenic Activities In Mersin Region, Turkey”, Environmental Monitoring and Assessment 101: 129–145, (2005).

- Demirel, Z. “Monitoring of Heavy Metal Pollution of Groundwater in a Phreatic Aquifer in Mersin-Turkey”, *Environmental Monitoring Assessment* 132:15–23, (2007).
- Demirel, Z. “The history and evaluation of saltwater intrusion into a coastal aquifer in Mersin, Turkey”, *Journal of Environmental Management*, 70: 275-282, (2004).
- Duffus, H.J. “Environmental toxicology”, New York , (1980).
- Durmaz, E. E. “Bursa Ovasında Mevcut Yeraltı Su Yataklarında Temel Kirlilik Parametrelerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 121 s. (2001).
- Dündar Y ve Aslan R, “Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri”, *Kocatepe Tıp Dergisi*, 6: 1-5, (2005).
- ESRI, ArcGIS versiyon 9.3. 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100 USA. (2009).
- European Commission DG ENV. E3 Project ENV.E.3/ETU/2000/0058, “Heavy Metals in Waste”, Danimarka, (2002).
- Farhadian, M., Vachelard, C., Duchez, D. ve Larroche, C. “In situ bioremediation of monoaromatic pollutants in groundwater: A review”, *Bioresource Technology*, (2007).
- Görür, N., Karaisalı kireçtaşının (Miyosen) diyajenezi evrimi, Türkiye 5. Petrol Kongresi Tebliğleri, s:123–128, (1980).
- Görür, N., Karaisalı kireçtaşının (Miyosen) sedimentolojisi, T.J.K. Bülteni, 22(2): 227–234, (1979).
- Güler, C. “Site characterization and monitoring of natural attenuation indicator parameters in a fuel contaminated coastal aquifer: Karaduvar (Mersin, SE Turkey)”, *Environ Earth Science*, 59(3): 631-643, (2009).
- Güler, C. ve Alpaslan, M. “Petrol Türevleri Tarafından Kirlenmiş Akiferlerde Uygulanan Yerde İyileştirme Teknolojileri”, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 30(2):33-50, (2006).
- Güler, C. ve Alpaslan, M. “Petrol Türevleri Tarafından Kirlenmiş Akiferlerde Uygulanan Yerde İyileştirme Teknolojileri”, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 30(2):33-50, (2006).

- Güler, C., Alpaslan, M., Kurt, M A., and Temel, A. “Deciphering factors controlling trace element distribution in the soils of Karaduvar industrial-agricultural area (Mersin, SE Turkey)”, *Environ Earth Science*, 60(1): 203-218, (2010).
- Güler, C., Alpaslan, M., Temel, A., Gizir., A.M. ve Sangün, M.K. Karaduvar (Mersin) Kıyı Akiferinde Yeraltı Suyu Kimyasını Etkileyen Kirletici Kaynakların Araştırılması ve Jeokimyasal Modellemesi, 104Y268 TÜBİTAK ÇAYDAG nolu proje sonuç raporu, (2007).
- Güler, Ç ve Çobanoğlu, Z., *Su Kirliliği*, Aydoğdu Ofset, Ankara, Yayın No: 12, 30s, (1994).
- Gürel, N., Çukurova Üniversitesi yerleşme alanında yer alan akarsu sekilerinde jeomorfoloji–toprak ilişkileri üzerine bir araştırma: Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (1985).
- Habashi F., “Handbook of Extractive Metallurgy”, Vol. 2, WILEY-VCH, Germany, (1997).
- Hatipoğlu, Z. “Mersin–Tarsus kıyı akiferinin hidrojeokimyası”, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 142s, (2004).
- <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/metalmad/oik638.pdf> (26.10.2010).
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Arsenic> (02.11.2010).
- <http://webarsiv.hurriyet.com.tr/2004/07/30/497827.asp> (27.10.2010).
- <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs5.html> (26.10.2010).
- <http://www.epa.gov> (27.10.2010).
- <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/minimize/cadmium.pdf> (26.10.2010).
- <http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>. (26.10.2010).
- <http://www.inchem.org> (26.10.2010).
- <http://www.maden.org.tr/www/7.BYKP/ekutup96/o511/rezervler.htm> (27.10.2010)
- <http://www.osha-slc.gov/SLTC/cadmium> (26.10.2010).
- <http://www.webelements.com> (26.10.2010).
- İlker, S., Adana baseni kuzeybatısının jeoloji ve petrol olanakları, T.P.A.O. Arama Arşiv No: 973, Ankara, (Yayımlanmamış), s: 63, (1975).
- İpek, H. “Molibden”, *YYÜ. Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 14(1):73-76, (2003).
- Kahvecioğlu,Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. “Metallerin Çevresel Etkileri –I”, İTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 12s., (2004)a.

- Kahvecioğlu,Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. “Metallerin Çevresel Etkileri –II”, İTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 12s., (2004)b.
- Kahvecioğlu,Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. “Metallerin Çevresel Etkileri –III”, İTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 15s., (2004)c.
- Kaplay, D. R., Patode, S. H. “Groundwater pollution due to industrial effluent at Tappa, New Nanded, Maharashtra, India”, *Environmental Geology* 46:871–882, (2004).
- Kapur, S., Çavuşgil, V. L., Şenol, M., Gürel, N. Ve Fitzpatrick, A. “Geomorphology and pedogenic evolution of Quaternary calcretes in the northern Adana basin of southern Turkey”, *Geomorphology*, 34: 49–59, (1990).
- Kapur, S., Gökçen, S. L. ve Yaman, S. “Soil stratigraphy and Quaternary caliche in the Misis area, Adana basin, *Catena*, (1993).
- Kastaneka, F., Maleterovaa, Y., Rottc, J., Jiricnyia, V. Ve Jiratovaa, K. “Complex treatment of wastewater and groundwater contaminated by halogenated organic compounds”, *Desalination*, 211: 261–271, (2007).
- Kim, J. ve Corapcioglu, M. Y. “Modeling dissolution and volatilization of LNAPL sources migrating on the groundwater table”, *Journal of Contaminant Hydrology*, 65: 137– 158, (2003).
- Kim, K., Rajmohan, N., Kim, H.J., Hwang, G.-S. Ve Cho, M.J. “Assessment of groundwater chemistry in a coastal region (Kunsan, Korea) having complex contaminant sources: a stoichiometric approach”, *Environmental Geology*, 46: 763–774, (2004).
- Küchler, W., Verlag, C. H., “Chemische Technology”, Band 4, ISBN 3-446-13182-5, (1986).
- M.J. Kendrick, M.T. May, M.J. Plishka, K.D. Robinson, “Metals in Biological Systems”, (1992).
- McDowell LR. “Copper and Molybdenum in: Cunha TJ (Ed). *Minerals in Animal and Human Nutrition*”, Academic Press Inc., San Diego, 176-204, (1992).
- Mertz, W. “Trace Elements in Human And Animal Nutrition-15th Edition”Volume 1, Academic Pres, (1987).

- Miles, B., Maji, R., E.A. Sudicky, A.E.,Teutsch, G. ve Peter, A. A. “Pragmatic Approach For Estimation Of Source-Zone Emissions At LNAPL Contaminated Sites”, J.Contam.Hydrol. 96(1-4):83-96, (2008)
- Nik Sistem, Quickbird Image, (2002).
- Northcott, L. Butterworths Scientific Publications, London, p.56, (1956).
- Okudan, M. D. “Kobalt Ve Molibden İçeren Kullanılmış Hidrodesülfürizasyon (Hds) Katalizör Atıklarına Asidik Ve Alkali Liç Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 88 s. (2009).
- Pekdemir, M. (2007) “Bir başka Mersin”,
http://www.haber7.com/artikel.php?artikel_id=137022 (18.02.2000)
- Rabideau, A., Benschoten, Van J., Patel, A. ve Bandilla, K. “Performance assessment of a zeolite treatment wall for removing Sr-90 from groundwater”, Journal of Contaminant Hydrology, 79: 1– 24, (2005).
- Resmi Gazete. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 31 Aralık Cuma 2004 Sayı: 25687
- Rether, A. ” Entwicklung und Charakterisierung wasserlöslicher enzoylthioharnstoff funktionalisierter Polymere zur selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwässern und Prozesslösungen”, Doktora Tezi, Münih Teknik Üniversitesi, (2002).
- Schmidt, G., VII. Adana petrol bölgesinin stratigrafik nomenklaturü, Petrol Der. Yay. 6: 47–63, (1961).
- Schwartz, M. O., Kgomanyane, J. “Modelling natural attenuation of heavy-metal groundwater contamination in the Selebi-Phikwe mining area, Botswana”, Environmental Geology 54:819–830, (2008).
- Soyaslan, İ.İ. “Eğirdir Gölü Doğusunun Hidrojeoloji İncelemesi ve Yeraltısuyu Modellemesi”, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 298s, (2004).
- Sutulov, A. International Molybdenum Encyclopedia. 1778–1978 vol. 11, Santiago, Chile, p.402 (1979).
- Şafak, Ü. ve Nazik, A. “Eshab-ı Kehf (Tarsus–Mersin) dolayı Neojen istifinin ortamsal yorumu”, Ç. Ü. 15. Yıl Sempozyumu, Adana, s: 291–300, (1994).

- Şen, AE. (2004) “İtfaiyeyi almamışlar”,
<http://webarsiv.hurriyet.com.tr/2004/07/30/497827.asp> (12.10.2010)
- Şenol, M. “Adana–Balcalı/Çatalan bölgesi Geç Tersiyer–Kuvaterner istifinin Lito–pedolojik ve sedimantolojik incelemesi”, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (1989).
- Şenol, M., Kapur, S. ve Şahin, Ş. Adana Havzası Kuvaterneri, İ.T.Ü. Maden Fak. Türkiye Kuvaterneri Workshop Bildiri Özleri, s.24–27, İstanbul, (1993).
- Şenol, M., Şahin, Ş. ve Duman, T.Y. Adana-Mersin dolayının jeoloji etüd raporu. MTA, Ankara, 46s. (yayınlanmamış), (1998).
- TBMM (2005) TBMM Tutanak Dergisi, 82nci Birleşim, 12 Nisan 2005 Salı, Dönem: 22, Cilt: 80, Yasama Yılı: 3.
<http://www.tbmm.gov.tr/tutanak/donem22/yil3/bas/b082m.htm> (22.12.2005).
- Ünlügenç, U. C. “Kızıldağ–Yayla (Adana) dolayının jeolojik incelemesi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (1986).
- Wang, Z., Li, K., Fingas, M., Sigouin, L. ve Menard, L. “Characterization and source identification of hydrocarbons in water samples using multiple analytical techniques”, Journal of Chromatography, 971: 173–184, (2002).
- World Health Organization, “Trace Elements in Human Nutrition and Health”, Geneva, (1996).
- Yalçın, N. M. Görür, N. “Sedimentological evolution of the Adana Basin, International Symposium on the Geology of the Tarsus Belt”, Ankara, Pp: 165–172, (1984).
- Yetiş, C. Demirkol, C., Adana baseni batı kesiminin detay jeoloji etüdü M.T.A. Rap. No: 8037 (Yayımlanmamış), (1986).
- Yetiş, C. ve Demirkol, C. Adana baseni kuzey–kuzeybatı kesiminin temel stratigrafisine ilişkin bazı gözlemler, T.J.K. 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri, Ankara, s.59–61, (1984).
- Yılmaz, Y. “Karaduvar (Mersin) Kıyı Akiferinde Ağır Metal Kirliliği ve İnsan Sağlığına Etkileri”, Bitirme Ödevi, Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin, 44 s., (2007).
- Yomralıoğlu, T. Coğrafi Bilgi Sistemi, İBER Ofset, Trabzon, 479 s. (2002).

Ek-1

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, kıtacı su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri [Resmi Gazete, 2004].

	Su Kalite Sınıfları			
	1	2	3	4
Su Kalite Parametreleri				
A) Fiziksel ve inorganik - kimyasal parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30
2) pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6.0,9,0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg/L) ^a	8	6	3	<3
B) İnorganik kirlenme parametreleri ^b				
1) Kadmiyum (µg/L)	3	5	10	>10
2) Kurşun (µg/L)	10	20	50	>50
3) Arsenik (µg/L)	20	50	100	>100
4) Bakır (µg/L)	20	50	200	>200
5) Krom (toplam) (µg/L)	20	50	200	>200
6) Krom (Cr ⁺⁶) (µg/L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	>50
7) Kobalt (µg µg/L)	10	20	200	>200
8) Nikel (µg µg/L)	20	50	200	>200
9) Çinko (µg µg/L)	200	500	2000	>2000
10) Demir (µg µg/L)	300	1000	5000	>5000
11) Mangan (µg µg/L)	100	500	3000	>3000

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

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

Ek-2

Mart 2006 Döneminde Alınan Yeraltı Suyu Örneklerinde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

Örnek No	Tarih	Sıcaklık	pH	Eh	Eİ	ÇO	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
1	23.03.2006	20,4	7,05	-11	1163	0,67	0,678	1,127	0,516	5,245	6,271	49,020	0,001	2,560	0,199	0,002	11,239
2	23.03.2006	17,1	6,98	-8	1181	1,04	0,058	1,280	0,002	4,785	23,970	199,870	0,820	0,008	0,002	1,480	445,910
3	23.03.2006	20,1	7,14	-19	969	1,05	0,296	0,780	0,002	4,000	16,423	39,710	0,001	5,777	1,735	0,002	4,941
4	23.03.2006	19,3	7,12	-17	1031	0,98	0,023	0,002	0,002	10,175	7,686	470,460	5,350	0,008	0,797	1,026	23,475
5	23.03.2006	20,0	7,11	-16	984	1,04	0,336	1,035	0,320	1,405	24,898	76,023	0,001	0,152	0,002	3,762	8,947
6	24.03.2006	22,4	7,33	-30	914	0,93	0,003	0,002	1,635	0,002	27,170	14,009	0,001	0,008	0,275	8,866	2070,800
7	31.03.2006	20,9	7,36	-31	963	0,32	1,208	0,407	0,002	1,259	4,369	32,457	0,001	3,940	3,432	11,666	1,224
8	29.03.2006	18,2	7,30	-28	999	1,28	0,275	1,331	1,120	2,502	20,560	66,004	0,001	1,030	0,002	0,002	16,080
9	24.03.2006	21,0	7,30	-27	1580	0,30	0,886	0,534	2,964	0,006	14,099	673,940	1264,800	0,008	13,456	0,563	7,268
10	24.03.2006	21,6	7,14	-19	2000	0,24	0,198	0,730	8,214	0,002	26,797	804,620	0,001	0,008	25,663	0,002	156,220
11	29.03.2006	19,5	7,28	-27	956	1,43	0,067	0,633	0,343	3,578	15,455	120,550	0,001	0,008	3,027	0,857	16,924
12	24.03.2006	20,3	6,91	-5	1910	0,38	0,440	1,306	12,706	2,105	26,100	5727,500	1995,200	23,080	43,004	0,002	1393,700
13	24.03.2006	21,7	7,01	-11	2680	0,25	0,306	0,703	6,514	1,937	16,658	696,350	1794,600	0,008	17,345	1,994	45,462
14	24.03.2006	21,8	7,11	-17	1100	0,67	1,022	0,610	0,034	0,002	0,006	90,739	26,870	0,008	0,678	0,002	104,240
15	24.03.2006	18,8	7,28	-26	1222	1,26	1,298	1,233	0,002	0,963	9,078	96,293	0,001	0,008	0,354	0,002	10,157
16	24.03.2006	23,3	7,12	-18	1794	0,40	0,356	0,688	1,572	3,133	23,524	183,210	374,840	3,541	17,380	9,953	6,811
17	24.03.2006	19,6	7,14	-18	1234	1,26	0,101	0,587	0,002	0,002	14,196	74,575	17,287	2,614	0,256	0,042	188,100
18	24.03.2006	18,6	7,26	-25	984	1,05	0,096	0,536	0,002	1,042	4,374	2,657	1,087	1,724	0,659	0,002	18,805
19	24.03.2006	20,5	7,47	-37	962	1,37	0,003	0,730	1,619	5,688	6,740	22,479	0,001	0,508	0,002	0,002	8,880
20	28.03.2006	20,4	7,40	-34	1924	0,32	0,003	0,563	2,295	0,775	15,177	1865,800	677,180	2,137	5,674	5,077	1146,000
21	28.03.2006	20,3	7,31	-28	2000	0,21	0,608	1,053	0,952	0,002	23,375	964,010	1127,600	0,008	21,175	0,002	81,980
22	28.03.2006	20,4	7,27	-25	1478	1,03	0,003	0,391	0,487	3,040	18,840	583,610	622,470	0,008	9,885	0,002	5,222
23	28.03.2006	20,7	7,38	-33	1117	1,14	0,003	2,103	3,192	0,002	0,005	120,680	0,001	0,234	0,002	0,002	88,309
24	28.03.2006	19,8	7,21	-22	1488	0,32	0,267	1,042	0,002	2,556	21,224	175,200	0,888	0,008	0,002	0,002	10,797
25	28.03.2006	18,5	7,02	-12	1186	2,05	0,473	0,415	0,002	0,002	11,741	56,472	4,796	0,420	0,332	8,684	102,330
26	28.03.2006	17,9	7,46	-37	1841	0,33	0,003	0,419	0,002	0,002	20,738	44,285	380,920	0,440	24,296	0,002	326,650
27	28.03.2006	19,8	7,35	-31	971	1,18	0,003	0,360	0,022	4,074	8,768	119,130	1,392	0,008	0,002	3,350	122,020
28	28.03.2006	20,0	7,38	-32	1050	1,25	1,292	0,456	6,561	0,002	24,740	2837,100	147,370	22,931	43,786	0,002	34,795
29	28.03.2006	17,8	7,55	-41	1014	1,30	0,592	0,673	0,002	2,102	9,433	16,568	0,001	0,008	1,882	0,002	156,490
30	28.03.2006	19,8	7,34	-30	1264	0,70	0,861	1,226	0,002	0,657	12,256	128,730	0,001	5,535	0,002	5,783	42,019
31	28.03.2006	20,7	7,24	-24	1460	0,27	0,295	0,319	0,002	0,002	18,857	45,250	3,804	0,191	0,746	0,002	0,500
32	28.03.2006	21,2	7,28	-26	1115	1,10	0,987	0,602	0,002	0,002	20,298	54,311	0,001	1,175	2,743	3,244	2,948
33	31.03.2006	18,0	7,33	-29	999	1,28	0,527	1,507	0,002	1,956	26,153	657,380	11,589	0,114	10,581	0,002	0,092
34	28.03.2006	18,7	7,24	-24	1432	1,42	0,859	0,678	0,776	0,138	6,196	102,300	0,001	0,544	0,002	3,815	77,327
35	28.03.2006	18,6	7,33	-29	1162	1,23	0,003	0,971	0,292	0,016	21,682	32,738	0,001	0,008	0,283	4,433	9,502
37	31.03.2006	20,1	7,40	-33	1060	0,26	0,003	0,845	0,976	0,002	16,278	215,320	0,001	0,008	0,002	3,085	41,588
38	29.03.2006	20,1	7,02	-12	1852	0,29	0,003	0,670	0,002	1,849	23,361	70,686	9,553	0,008	2,237	2,845	6,099
39	29.03.2006	20,7	7,31	-28	912	1,18	0,244	0,826	0,002	0,002	16,834	142,110	0,001	5,082	0,002	0,731	8,582
40	29.03.2006	20,5	7,34	-30	906	0,93	0,008	0,691	0,002	0,641	14,656	65,331	0,001	1,748	2,816	5,999	45,212
41	29.03.2006	21,0	7,30	-28	956	0,26	0,597	0,659	0,002	1,284	19,816	65,773	7,278	4,060	3,796	0,528	13,878
42	29.03.2006	21,2	7,32	-29	971	0,74	0,087	0,162	0,002	3,604	3,548	41,934	18,258	1,502	0,002	3,687	7,512
43	29.03.2006	19,8	7,29	-27	1208	0,53	0,962	1,170	0,002	0,520	14,954	34,859	0,001	0,008	0,002	0,002	47,555
44	29.03.2006	19,6	7,30	-27	1124	0,60	0,850	0,657	0,002	6,953	25,691	2,837	0,001	0,008	0,002	3,619	9,509
45	29.03.2006	19,7	7,30	-28	930	1,43	0,403	1,045	0,002	2,468	17,653	68,691	0,001	0,008	0,002	0,873	8,934
46	31.03.2006	18,7	7,47	-37	931	0,74	0,626	0,583	0,002	3,080	17,914	152,280	0,001	0,406	0,002	0,002	15,928
47	29.03.2006	20,2	7,31	-28	989	1,09	0,003	0,168	0,002	3,306	15,396	27,696	0,001	0,008	0,002	5,958	3,805
48	29.03.2006	18,5	7,31	-28	963	1,44	1,309	0,002	0,002	2,327	20,534	18,834	0,001	0,008	0,002	1,043	36,698
49	31.03.2006	20,5	7,28	-26	1116	0,85	0,003	1,951	0,398	0,002	28,532	40,997	0,001	0,772	0,002	0,424	1,363
50	24.03.2006	23,6	7,28	-27	1887	0,38	1,367	0,870	4,670	0,595	5,045	1467,900	1168,600	8,356	18,954	4,751	43,315
52	31.03.2006	20,3	7,70	-51	998	1,07	0,322	0,645	0,002	0,002	24,756	227,110	4,551	2,131	0,002	2,638	193,790
53	29.03.2006	20,9	7,07	-14	1242	0,57	0,690	1,241	0,002	0,002	24,956	59,208	0,001	0,008	0,002	0,002	383,530
54	24.03.2006	21,1	7,32	-29	852	1,51	0,845	0,711	1,146	5,602	0,006	6,245	0,001	0,008	0,044	0,002	13,351
55	28.03.2006	19,8	7,16	-19	1050	1,33	0,633	0,002	0,002	0,002	20,630	62,244	0,001	0,008	3,536	0,002	3,084

Ek-3

Kasım 2006 Döneminde Alınan Yeraltı Suyu Örneklerinde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

Örnek No	Tarih	Sıcaklık	pH	Eh	Eİ	ÇO	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
1	25.11.2006	19,9	7,08	-15	1050	3,22	0,019	0,031	0,385	0,755	0,006	0,023	0,001	0,699	0,002	0,002	121,700
2	25.11.2006	20,3	7,06	-13	1158	1,13	0,282	0,503	1,053	1,468	0,006	478,300	0,677	0,901	0,002	2,111	6762,000
3	25.11.2006	19,4	7,26	-24	867	3,35	0,273	0,046	0,338	1,451	0,006	0,023	0,001	0,738	0,002	0,002	28,170
4	25.11.2006	20,3	7,17	-19	987	3,09	0,977	0,032	0,718	40,580	0,006	3390,000	5,218	0,530	0,002	0,002	134,300
5	25.11.2006	20,2	7,17	-19	937	3,31	0,235	0,037	0,343	8,497	0,006	0,023	0,001	0,663	0,002	0,002	35,310
6	25.11.2006	19,1	7,32	-28	872	3,91	0,003	0,177	0,345	0,210	0,006	4,961	0,001	0,733	0,002	23,030	5066,000
7	25.11.2006	19,9	7,28	-25	926	3,94	0,103	0,046	0,952	2,634	0,006	711,000	4,612	0,536	0,002	0,002	197,100
8	25.11.2006	20,2	7,38	-31	877	3,05	0,094	0,037	0,337	0,002	0,006	213,500	0,001	0,863	0,002	0,002	95,300
9	25.11.2006	21,5	7,35	-29	959	1,37	0,113	0,078	0,352	0,002	0,006	0,023	0,001	14,900	0,002	0,002	46,770
10	25.11.2006	21,3	7,32	-27	1058	4,58	0,874	0,032	0,393	0,847	0,006	189,700	0,001	0,879	0,002	0,002	178,700
11	25.11.2006	21,5	7,28	-25	980	4,38	0,282	0,056	0,421	0,864	0,006	372,100	0,001	0,689	0,002	0,002	51,300
12	25.11.2006	21,4	7,26	-24	915	4,53	0,508	0,161	6,003	14,980	0,006	5039,000	135,300	0,601	58,270	0,475	229,600
13	25.11.2006	21,4	7,17	-19	2190	0,75	0,639	0,052	3,555	0,002	0,006	4908,000	1220,000	3,138	0,002	2,357	1203,000
14	25.11.2006	22,4	7,05	-12	2340	0,63	20,930	0,109	70,830	0,002	0,006	10000,000	18570,000	20,720	211,400	0,002	892,500
16	25.11.2006	21,8	7,15	-18	2370	0,70	0,461	0,051	0,965	0,002	0,006	1604,000	1977,000	1,252	0,002	0,002	518,300
17	25.11.2006	21,6	6,97	-6	1407	0,88	11,640	0,526	16,330	19,210	0,006	29270,000	2258,000	1,021	68,910	43,510	6517,000
18	25.11.2006	22,5	7,10	-14	1257	3,33	0,367	0,082	1,434	0,839	0,006	755,700	16,470	0,910	0,002	0,002	190,200
19	25.11.2006	22,1	7,06	-12	1959	0,54	1,222	0,029	2,123	0,002	0,006	1634,000	1470,000	1,866	0,002	0,002	241,700
20	25.11.2006	21,8	7,28	-25	964	4,15	0,160	0,028	0,696	0,002	0,006	128,300	0,001	0,979	0,002	0,002	43,990
21	25.11.2006	20,9	7,20	-21	1364	0,80	0,066	0,045	0,552	0,002	0,006	1665,000	0,001	0,768	0,002	0,002	275,500
22	25.11.2006	19,9	7,36	-30	1005	2,68	0,235	0,040	0,459	0,002	0,006	67,780	0,001	2,023	0,002	0,002	103,200
24	25.11.2006	21,0	7,19	-20	1402	0,52	0,003	0,060	0,481	0,002	0,006	0,023	0,001	0,804	0,002	0,002	91,570
25	25.11.2006	18,9	7,32	-27	1107	0,89	0,122	0,037	0,490	0,002	0,006	266,200	0,001	0,753	0,002	0,002	227,600
26	25.11.2006	20,0	7,36	-30	978	3,26	0,003	0,050	0,477	0,002	0,006	306,600	0,001	0,777	0,002	0,002	299,800
27	25.11.2006	20,4	7,28	-25	987	3,80	0,003	0,045	0,525	0,002	0,006	63,980	7,905	0,720	0,002	0,002	712,900
28	25.11.2006	20,3	7,35	-29	942	3,74	0,028	0,065	0,377	0,654	0,006	0,023	0,001	0,621	0,002	23,430	55,980
29	25.11.2006	20,7	7,15	-17	1698	1,90	0,818	0,065	0,967	0,002	0,006	0,023	0,001	2,444	0,002	0,002	56,670
30	25.11.2006	20,4	7,34	-29	970	3,76	0,207	0,055	0,651	1,409	0,006	260,900	0,001	0,904	0,002	0,539	650,600
31	25.11.2006	20,1	7,55	-40	741	2,47	1,288	0,046	0,255	48,440	0,006	148,300	0,001	1,347	0,002	0,002	65,110
33	25.11.2006	20,6	6,98	-7	1057	0,65	0,912	0,052	2,539	0,319	0,006	769,000	106,700	1,888	0,002	0,002	1038,000
34	26.11.2006	19,7	7,26	-24	1021	3,97	0,150	0,031	0,367	0,377	0,006	0,023	0,001	0,920	0,002	3,007	23,250
36	26.11.2006	20,5	7,35	-29	1049	2,20	0,141	0,105	0,546	0,002	0,006	200,800	0,001	1,176	0,002	0,582	148,800
37	26.11.2006	20,4	7,33	-28	1011	2,64	0,207	0,084	0,389	0,002	0,006	0,023	0,001	0,984	0,002	0,002	26,250
38	26.11.2006	20,0	7,33	-29	1083	0,83	0,179	0,133	0,865	0,002	0,006	804,200	10,640	0,865	0,002	0,088	199,200
39	26.11.2006	20,0	7,31	-27	1188	0,88	0,003	0,260	0,430	0,002	0,006	0,023	0,001	0,634	0,002	3,677	3069,000
40	26.11.2006	21,5	7,35	-29	954	1,25	0,085	0,143	0,381	0,002	0,006	240,600	0,001	11,980	0,002	0,002	84,780
42	26.11.2006	21,7	7,36	-30	930	2,19	0,056	0,059	0,355	0,002	0,006	0,023	0,001	1,571	0,002	0,002	38,920
43	26.11.2006	20,7	7,27	-25	979	3,20	0,003	0,051	0,331	0,002	0,006	0,023	0,001	0,828	0,002	0,002	26,520
44	26.11.2006	20,2	7,27	-25	970	3,90	0,047	0,029	0,335	0,002	0,006	0,023	0,001	0,679	0,002	0,002	40,650
45	26.11.2006	22,1	7,30	-27	968	1,05	0,395	0,204	1,460	0,002	0,006	0,023	218,500	70,360	0,002	1,217	27,840
46	26.11.2006	20,0	7,45	-35	1488	2,16	1,917	0,065	0,714	0,002	0,006	0,023	0,001	10,880	0,002	0,002	57,410
47	26.11.2006	20,4	7,40	-32	1003	3,88	0,216	0,075	0,543	0,002	0,006	119,900	0,001	1,024	0,002	0,002	111,400
48	26.11.2006	21,1	7,30	-26	970	0,84	0,019	0,068	0,450	0,002	0,006	132,700	0,001	0,854	0,002	0,002	327,200
49	26.11.2006	19,0	7,20	-21	1334	3,61	0,132	0,112	0,676	0,002	39,580	1056,000	3,346	0,741	0,002	19,320	2476,000
50	26.11.2006	20,1	7,18	-19	1371	2,58	0,573	0,132	0,738	0,002	0,006	115,600	1,069	1,635	0,002	0,002	174,200
51	26.11.2006	20,6	7,26	-25	1146	3,56	0,085	0,049	0,472	0,002	0,006	0,023	0,001	0,515	0,002	4,329	1313,000
52	26.11.2006	21,3	7,18	-20	1855	0,77	0,056	0,043	3,076	0,002	0,006	197,000	401,800	2,248	0,002	0,002	235,600
53	26.11.2006	20,9	7,15	-18	2630	0,80	2,021	0,075	15,490	0,002	0,006	2402,000	2580,000	2,661	0,002	2,203	1499,000
54	26.11.2006	21,3	7,13	-17	2920	1,86	2,030	0,100	19,360	0,002	0,006	1663,000	3140,000	2,317	4,290	0,002	381,700
55	26.11.2006	20,5	7,20	-20	1167	2,21	0,367	0,077	0,544	0,002	0,006	10,230	0,001	0,933	0,002	0,002	338,400

Ek-4

Nisan 2007 Döneminde Alınan Yeraltı Suyu Örneklerinde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

Örnek No.	Tarih	Sıcaklık	pH	Eh	Eİ	ÇO	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
1	07.04.2007	19,8	7,06	-20	1047	1,76	0,689	0,275	0,393	2,168	0,006	175,400	13,330	3,950	3,559	0,402	178,800
2	07.04.2007	18,7	7,03	-13	1172	1,27	0,683	0,181	0,814	6,972	0,006	642,900	18,440	1,465	11,530	2,341	4568,000
3	07.04.2007	19,6	7,22	-24	915	3,01	0,468	0,008	0,061	6,406	0,006	141,300	0,854	0,772	5,334	0,002	10,390
4	07.04.2007	19,6	7,17	-22	989	2,83	1,719	0,028	0,293	47,920	0,006	5624,000	13,480	0,679	18,410	0,387	84,470
5	07.04.2007	20,3	7,16	-20	937	2,65	0,513	0,039	0,039	11,820	1,704	279,700	0,911	0,679	2,429	0,494	23,220
6	07.04.2007	19,2	7,33	-31	872	3,16	0,287	0,081	0,044	6,699	0,006	153,800	1,768	0,653	3,131	11,100	2262,000
7	07.04.2007	19,1	7,26	-27	936	3,92	0,389	0,093	0,149	5,047	0,006	358,800	2,936	0,606	7,024	0,828	201,100
8	07.04.2007	20,0	7,37	-33	899	3,40	0,319	0,040	0,096	3,392	0,006	284,400	2,616	0,738	6,071	0,188	203,500
9	07.04.2007	21,0	7,32	-31	952	1,37	0,265	0,093	0,113	0,364	0,006	22,760	0,259	15,000	4,452	0,002	1,112
10	07.04.2007	19,2	7,30	-29	969	4,63	0,336	0,002	0,048	4,413	0,006	145,700	0,749	1,264	4,388	0,002	1,424
11	07.04.2007	21,3	7,25	-26	951	4,60	0,362	0,006	0,052	4,835	0,006	102,800	1,047	0,634	3,892	0,032	21,320
13	07.04.2007	20,5	7,40	-39	849	4,52	0,501	0,018	2,614	14,770	2,633	3319,000	46,680	0,451	66,700	0,935	76,050
14	07.04.2007	20,5	7,22	-24	2000	1,01	1,031	0,001	3,399	0,002	0,006	1583,000	1208,000	2,416	19,610	0,974	219,200
16	07.04.2007	21,7	6,98	-10	2610	0,80	2,339	0,002	5,154	0,048	0,006	1072,000	2354,000	1,933	24,010	0,017	10,030
17	07.04.2007	25,4	7,16	-21	1641	0,80	0,638	0,002	0,442	0,002	0,943	1344,000	1677,000	0,799	6,265	0,048	255,200
18	07.04.2007	20,6	7,04	-14	1251	1,20	1,272	0,002	8,037	0,253	0,006	1611,000	924,400	1,256	34,850	0,637	1228,000
19	07.04.2007	21,7	7,11	-18	1176	4,56	7,381	0,010	0,228	1,640	0,798	208,700	11,020	0,738	8,049	0,857	1535,000
20	07.04.2007	22,0	7,03	-13	2370	0,47	0,944	0,002	0,488	0,002	0,006	1196,000	1649,000	1,840	6,115	0,002	364,300
22	07.04.2007	21,9	7,28	-28	993	3,62	0,289	0,002	0,121	2,720	0,006	55,990	8,729	0,868	4,841	0,002	9,816
23	07.04.2007	21,2	7,16	-21	1283	1,68	0,247	0,009	0,084	1,510	0,006	281,600	5,737	0,592	5,785	0,935	359,000
24	07.04.2007	22,5	7,25	-26	1111	3,60	0,294	0,002	0,069	2,092	0,006	37,680	1,861	1,365	5,162	0,002	16,420
25	07.04.2007	22,7	7,18	-22	1465	0,89	0,121	0,042	0,160	0,259	0,006	123,200	11,010	0,572	6,012	0,002	98,990
26	07.04.2007	17,8	7,23	-25	1130	0,63	0,334	0,009	0,114	1,815	0,006	204,700	6,101	0,703	6,384	1,280	475,800
27	07.04.2007	19,0	7,33	-31	996	3,67	0,304	0,085	0,170	2,888	0,668	142,800	9,801	0,684	8,179	2,892	1388,000
28	07.04.2007	19,0	7,28	-28	973	3,79	0,631	0,002	0,068	2,821	1,856	147,800	2,575	0,627	4,843	0,002	162,500
29	07.04.2007	20,6	7,27	-28	941	5,24	0,302	0,022	0,044	4,619	0,006	71,530	1,135	0,567	3,611	0,071	16,540
30	07.04.2007	20,7	7,19	-23	1337	3,02	0,734	0,071	0,535	4,401	0,006	145,500	5,055	1,200	8,362	0,153	16,110
31	07.04.2007	19,3	7,25	-27	992	4,52	0,296	0,082	0,229	3,215	0,006	212,200	2,243	0,640	8,354	0,932	2138,000
32	07.04.2007	20,6	7,54	-43	813	2,80	1,113	0,022	0,003	32,530	0,006	2,881	0,200	1,258	1,543	0,002	12,760
33	08.04.2007	18,4	7,25	-26	1325	0,62	0,450	0,075	0,212	1,294	0,006	51,860	18,530	0,991	9,801	0,586	2711,000
34	08.04.2007	20,6	7,28	-28	1013	3,62	0,366	0,028	0,121	4,056	2,073	243,200	3,575	0,849	8,898	0,060	21,110
35	08.04.2007	20,8	7,32	-30	1080	1,90	0,934	0,647	0,846	2,956	0,854	86,210	3,630	6,581	5,835	3,264	214,700
36	08.04.2007	20,7	7,38	-34	980	2,42	0,469	0,157	0,202	2,196	0,006	68,060	0,742	1,637	3,299	0,122	11,380
37	08.04.2007	19,4	7,28	-28	1126	3,04	0,385	0,438	0,346	1,207	0,006	268,100	5,156	1,181	7,370	1,257	543,200
38	08.04.2007	18,4	7,30	-29	1162	0,50	0,236	0,118	0,061	0,363	0,006	79,540	0,509	0,591	4,572	2,647	1871,000
40	08.04.2007	19,0	7,33	-31	954	0,78	0,240	0,133	0,063	0,180	0,006	242,400	1,738	8,851	4,584	0,366	127,300
41	08.04.2007	19,0	7,35	-32	940	2,14	0,214	0,002	0,043	1,041	0,006	23,070	0,290	1,458	3,708	0,002	69,030
42	08.04.2007	19,3	7,30	-29	1008	2,97	0,278	0,002	0,041	2,842	0,006	92,800	0,420	0,841	5,516	0,002	9,279
43	08.04.2007	20,0	7,29	-29	948	3,54	0,240	0,002	0,036	3,632	0,006	95,070	0,658	0,538	5,214	0,002	18,380
44	08.04.2007	20,0	7,31	-30	942	0,85	0,544	0,025	0,597	0,162	0,006	135,300	180,500	52,610	7,474	0,002	9,497
45	08.04.2007	19,1	7,39	-35	1242	3,00	1,669	0,002	0,202	2,721	5,345	26,120	2,063	8,207	6,342	0,078	11,200
47	08.04.2007	20,2	7,32	-31	994	3,12	0,318	0,044	0,839	4,988	0,006	669,900	17,130	1,261	19,360	1,463	153,000
48	08.04.2007	22,8	7,28	-28	946	0,60	0,301	0,002	0,435	1,729	0,006	387,200	30,760	0,947	10,050	0,002	37,650
49	08.04.2007	17,4	7,28	-28	1120	0,84	0,311	0,002	0,119	0,830	0,252	637,600	4,339	0,630	6,142	2,527	1202,000
50	08.04.2007	20,0	7,18	-22	1334	1,75	0,574	0,008	0,096	0,802	0,006	43,420	2,213	1,303	6,972	0,002	12,040
51	08.04.2007	18,0	7,25	-26	1513	1,08	0,242	0,024	0,051	2,042	0,006	60,030	0,625	0,414	5,973	11,760	2820,000
52	08.04.2007	20,1	7,09	-17	1832	0,75	0,402	0,002	1,721	0,002	0,006	260,800	305,700	1,320	19,050	0,159	104,100
53	08.04.2007	19,0	7,11	-18	1964	0,87	1,873	0,002	10,930	0,002	0,006	1254,000	1875,000	1,859	38,430	5,397	2337,000
54	08.04.2007	21,1	7,04	-14	2010	0,80	2,536	0,049	12,810	2,622	13,120	2204,000	1814,000	1,290	60,290	3,393	448,100
55	08.04.2007	20,0	7,13	-19	1045	2,81	0,372	0,002	0,108	2,693	0,006	235,000	3,970	1,242	7,346	0,032	73,960

Ek-5

Temmuz 2007 Döneminde Alınan Yeraltı Suyu Örneklerinde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

Örnek No.	Tarih	Sıcaklık	pH	Eh	Eİ	ÇO	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
1	24.07.2007	21,4	7,11	-20	1024	1,46	0,336	0,002	0,002	0,002	0,006	3,671	1,606	1,051	0,002	0,435	78,290
2	24.07.2007	21,1	7,08	-17	1135	0,69	0,398	0,002	0,002	1,241	0,006	23,860	0,392	0,872	0,002	1,297	3364,000
3	24.07.2007	21,6	7,23	-28	896	2,94	0,278	0,002	0,002	1,702	0,006	9,375	0,001	0,711	0,002	0,195	2,265
4	24.07.2007	21,0	7,14	-20	979	2,96	0,327	0,002	0,002	3,425	0,006	121,400	2,780	0,727	0,002	0,180	32,420
5	24.07.2007	21,8	7,08	-16	1021	2,41	0,482	0,002	0,002	6,136	0,006	57,250	0,683	0,849	0,002	4,329	334,600
6	24.07.2007	22,2	7,26	-27	872	3,81	0,240	0,002	0,002	4,138	0,006	0,023	0,001	0,585	0,002	6,278	973,600
7	24.07.2007	21,6	7,24	-26	925	3,58	0,484	0,002	0,002	2,519	0,006	262,600	2,463	0,540	0,002	1,629	283,600
8	24.07.2007	21,7	7,29	-29	887	3,31	0,286	0,002	0,029	1,082	0,006	527,700	9,627	0,652	0,002	0,686	247,500
9	24.07.2007	21,4	7,32	-30	911	1,40	0,241	0,002	0,002	0,002	0,006	7,824	0,001	14,290	0,002	0,132	1,000
10	24.07.2007	21,3	7,23	-25	991	3,95	0,167	0,002	0,002	1,501	0,006	15,490	0,192	1,408	0,002	6,117	14,270
11	24.07.2007	21,5	7,23	-25	954	4,31	0,252	0,002	0,002	1,799	0,006	3,002	0,001	0,727	0,002	0,512	82,310
12	24.07.2007	21,6	7,26	-27	876	4,83	0,254	0,002	0,002	2,190	0,006	2,885	0,001	0,655	0,002	0,213	0,586
13	24.07.2007	22,2	7,17	-22	1664	0,78	0,908	0,002	2,171	1,480	0,006	404,100	956,400	2,967	0,146	1,091	80,580
14	24.07.2007	22,0	7,02	-12	2110	0,08	2,526	0,002	4,853	2,805	0,006	349,000	1845,000	2,248	8,424	1,129	53,570
15	24.07.2007	22,4	7,19	-23	1393	0,56	0,272	0,002	0,002	2,093	0,006	401,500	1398,000	0,491	0,002	0,890	111,300
16	24.07.2007	22,1	6,88	-4	1367	1,02	2,537	0,002	4,775	0,002	0,006	3900,000	1589,000	1,714	10,050	0,749	553,000
17	24.07.2007	22,3	7,12	-19	1047	4,20	0,517	0,002	0,158	1,938	0,006	60,560	11,350	0,806	0,002	0,832	373,500
18	24.07.2007	22,3	7,04	-14	1884	0,84	1,476	0,002	0,699	0,002	0,006	420,400	1236,000	2,354	0,002	0,300	21,150
19	24.07.2007	21,3	7,22	-25	1094	2,67	0,268	0,002	0,002	0,809	0,006	7,435	5,066	0,950	0,002	0,310	2,818
20	24.07.2007	21,9	7,06	-15	1463	0,55	0,224	0,002	0,002	0,011	0,006	59,220	5,052	0,771	0,002	1,889	196,900
21	24.07.2007	22,5	7,22	-24	1138	2,68	0,239	0,002	0,002	0,002	1,616	330,000	1,870	2,787	0,002	15,890	301,300
22	24.07.2007	22,3	7,11	-18	1429	0,92	0,271	0,002	0,002	0,002	0,006	175,800	2,542	0,489	0,002	0,708	21,910
23	24.07.2007	24,3	7,15	-20	1054	0,49	0,283	0,002	0,034	0,002	0,006	10,790	14,950	0,767	0,002	0,605	177,200
24	24.07.2007	21,4	7,29	-28	989	3,68	0,352	0,002	0,002	0,313	0,006	9,075	0,001	0,686	0,002	1,126	169,000
25	24.07.2007	21,3	7,20	-24	950	4,68	0,205	0,002	0,002	1,422	0,006	0,997	0,001	0,660	0,002	0,319	23,650
27	24.07.2007	21,7	7,29	-29	938	4,60	0,202	0,002	0,002	2,547	0,006	6,400	0,001	1,198	0,002	3,215	23,560
28	24.07.2007	21,1	7,22	-25	1170	1,32	0,465	1,261	0,625	4,048	0,006	92,030	11,570	0,615	0,002	0,954	22,350
29	24.07.2007	21,5	7,26	-27	975	3,90	0,306	0,005	0,151	1,609	0,006	43,510	1,933	0,699	0,002	1,790	340,300
30	24.07.2007	21,1	7,48	-42	728	2,10	1,585	0,002	0,002	47,040	0,006	30,840	0,001	0,985	0,002	0,420	40,390
31	24.07.2007	23,2	7,00	-12	1301	1,38	0,693	1,178	0,066	0,002	0,006	38,620	19,660	0,930	4,966	0,446	69,480
32	26.07.2007	21,3	7,24	-27	995	3,79	0,352	0,002	0,002	1,755	0,006	70,340	2,468	0,812	0,002	0,464	3,737
34	26.07.2007	21,3	7,33	-32	1033	2,17	0,175	0,293	0,002	0,002	0,006	5,778	0,243	0,437	0,002	1,712	87,650
35	26.07.2007	21,4	7,33	-32	981	2,62	0,414	0,002	0,002	0,168	0,006	82,480	0,597	0,711	0,002	2,518	10,110
36	26.07.2007	21,5	7,28	-29	1175	0,56	0,234	0,002	0,002	0,002	0,006	6,247	0,302	0,685	0,002	0,843	230,500
37	26.07.2007	20,9	7,24	-27	1154	2,86	0,301	0,002	0,002	0,002	0,006	581,800	0,001	0,327	0,002	0,884	366,300
38	26.07.2007	21,0	7,29	-30	935	0,93	0,140	0,002	0,002	0,002	0,006	5,180	0,001	9,729	0,002	0,823	4,723
39	26.07.2007	23,4	7,28	-30	940	2,48	0,214	0,002	0,002	0,002	0,006	5,623	0,001	1,243	0,002	0,383	67,680
40	26.07.2007	22,3	7,22	-22	1020	3,58	0,255	0,002	0,002	0,221	0,006	5,828	0,001	0,713	0,002	0,456	2,823
41	26.07.2007	21,4	7,22	-26	944	3,89	0,259	0,002	0,002	0,235	0,006	11,670	0,799	0,536	0,002	0,356	70,510
43	26.07.2007	21,6	7,28	-30	878	1,39	0,449	0,002	0,155	0,002	0,006	18,280	95,640	48,470	0,002	0,358	3,389
44	26.07.2007	21,8	7,32	-32	1192	3,00	3,002	0,002	3,291	4,249	0,006	934,700	161,800	4,910	13,660	3,791	446,700
46	26.07.2007	21,5	7,30	-30	979	3,31	0,261	0,002	0,053	0,744	0,006	77,600	8,337	1,193	0,002	1,163	135,300
47	26.07.2007	21,5	7,25	-27	932	0,53	0,233	0,002	0,432	0,002	0,006	11,160	48,060	1,081	0,881	1,284	95,160
48	26.07.2007	24,0	7,20	-25	901	1,92	0,314	0,002	0,002	0,002	0,006	79,950	2,503	0,559	0,002	0,771	250,600
49	26.07.2007	24,4	7,32	-32	1243	4,38	0,459	0,002	0,002	0,002	0,006	98,650	3,436	1,839	0,002	1,824	121,600
50	26.07.2007	21,0	7,34	-33	1076	3,60	0,182	0,002	0,002	0,683	0,006	8,679	26,220	0,509	0,002	7,597	1463,000
51	26.07.2007	22,4	7,16	-23	1717	0,62	0,120	0,002	1,792	0,002	191,300	27,200	291,400	1,572	11,550	11,540	283,500
53	26.07.2007	22,8	7,18	-24	1520	0,43	2,337	0,002	9,466	0,002	0,006	366,800	1563,000	1,809	21,560	0,794	63,410
54	26.07.2007	22,0	7,12	-20	1631	0,65	2,107	0,002	11,630	0,002	0,006	604,600	1709,000	1,754	32,260	2,483	459,400
55	26.07.2007	24,5	7,06	-18	937	2,70	0,357	0,002	0,002	5,551	0,006	12,180	1,200	0,857	0,002	0,654	202,200

Ek-6

Mayıs 2010 Döneminde Alınan Yeraltı Suyu Örneklerinde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

Örnek No.	Tarih	Sıcaklık	pH	Eh	Eİ	ÇO	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
1	13.05.2010	22,2	7,18	-11	1064	3,75	0,543	0,002	0,336	6,760	1,149	130,800	1,225	0,732	4,746	0,080	468,900
2	13.05.2010	20,1	7,11	-8	1235	2,48	0,535	0,002	0,425	3,521	1,464	122,700	2,929	0,837	6,483	1,751	3516,000
3	13.05.2010	21,7	7,27	-16	934	4,28	0,421	0,002	0,292	3,769	0,401	33,310	0,262	0,582	6,822	0,002	0,418
4	13.05.2010	21,5	7,23	-14	1016	3,06	0,453	0,002	0,380	5,034	1,213	534,500	5,847	0,571	4,689	0,002	48,240
5	13.05.2010	21,7	7,23	-15	951	3,87	0,675	0,002	0,324	12,190	1,132	581,500	1,434	0,561	4,069	0,002	60,800
6	14.05.2010	20,7	7,25	-19	987	3,84	0,382	0,002	0,625	5,427	0,868	430,000	11,730	0,129	16,460	0,330	67,580
7	13.05.2010	21,9	7,29	-18	987	5,88	0,371	0,002	0,323	3,741	0,863	171,900	1,090	0,360	5,818	0,002	59,330
8	13.05.2010	21,4	7,22	-14	1217	2,66	0,280	0,002	0,373	1,360	1,466	250,600	3,495	0,775	8,204	0,002	160,700
9	13.05.2010	22,4	7,13	-9	1803	2,41	2,963	0,002	5,149	0,350	2,808	1259,000	1800,000	1,744	26,830	0,002	115,100
10	13.05.2010	21,3	7,41	-25	935	3,71	0,451	0,002	0,344	14,910	0,965	190,900	2,583	0,603	6,248	1,879	4270,000
11	13.05.2010	21,9	7,18	-12	1069	1,58	0,845	0,002	1,388	3,625	1,415	278,500	321,100	0,956	12,940	1,063	2592,000
12	13.05.2010	21,8	7,23	-15	1118	4,08	0,801	0,002	0,445	3,550	1,594	512,200	2,312	0,527	9,390	0,002	97,260
13	13.05.2010	21,5	7,22	-14	1499	1,69	2,348	0,002	0,955	0,002	1,423	884,400	1017,000	2,138	8,646	0,002	34,930
14	13.05.2010	21,8	7,35	-22	1006	5,58	0,383	0,002	0,309	3,563	0,883	42,310	0,749	0,354	6,449	1,873	438,800
15	13.05.2010	20,7	7,27	-17	1141	4,73	0,473	0,002	1,223	5,746	1,575	602,300	15,320	0,485	23,140	0,237	200,700
16	13.05.2010	20,2	7,15	-13	1343	1,25	0,305	0,002	0,430	0,649	1,218	28,350	0,782	0,305	9,050	0,002	137,300
17	13.05.2010	20,6	7,23	-18	1113	4,51	0,366	0,002	0,482	3,143	0,806	190,600	0,947	0,592	8,521	0,002	11,700
18	13.05.2010	21,4	7,26	-19	1348	3,57	0,378	0,002	0,504	1,659	1,087	0,023	0,001	0,733	10,030	0,002	0,023
19	13.05.2010	22,2	7,26	-19	1291	2,61	0,356	0,002	0,492	1,628	1,145	67,370	0,373	0,575	9,630	0,002	11,610
20	13.05.2010	21,5	7,25	-19	1186	1,94	0,457	0,002	0,392	2,212	1,412	173,600	0,769	0,298	8,241	0,002	0,494
21	14.05.2010	21,7	7,39	-27	982	3,73	0,449	0,002	0,355	4,260	0,567	70,660	0,613	0,235	6,197	0,002	3,241
22	13.05.2010	21,3	7,24	-18	1075	3,17	0,486	0,002	0,382	3,015	0,844	177,800	1,137	0,389	8,395	0,002	74,460
23	13.05.2010	20,8	7,33	-23	1074	2,94	0,297	0,002	0,331	2,316	0,989	41,970	0,335	0,389	8,353	0,002	0,542
24	13.05.2010	19,4	7,56	-36	822	2,32	0,911	0,002	0,288	35,190	1,326	556,300	4,226	0,581	3,821	0,002	15,890
25	13.05.2010	20,0	7,34	-24	1011	3,24	0,414	0,002	0,372	2,964	0,606	174,700	3,400	0,524	8,366	0,132	98,870
26	13.05.2010	21,9	7,08	-6	1534	3,35	1,393	0,002	2,032	9,802	3,357	1216,000	77,390	0,906	25,680	22,300	3721,000
27	14.05.2010	20,8	7,40	-27	1041	3,17	0,382	0,002	0,313	1,732	0,651	14,130	0,022	0,602	6,139	0,010	36,440
28	14.05.2010	20,7	7,38	-26	1005	2,60	0,368	0,002	0,328	2,797	0,750	74,390	0,761	0,250	7,720	0,002	223,200
29	14.05.2010	19,9	7,38	-26	982	2,12	0,307	0,002	0,297	0,772	0,611	53,480	0,565	1,131	5,994	0,002	3,312
30	14.05.2010	20,8	7,32	-23	1069	1,31	0,433	0,002	0,326	0,305	0,632	63,850	0,810	0,916	6,378	0,002	23,800
31	14.05.2010	20,5	7,30	-21	1242	1,30	0,356	0,002	0,374	0,455	0,431	62,970	0,532	0,237	8,693	0,225	292,800
32	14.05.2010	18,7	7,09	-8	1324	1,33	1,330	0,002	0,757	1,694	4,162	267,900	8,072	1,513	15,170	2,993	1381,000
33	14.05.2010	21,9	7,39	-27	998	2,90	0,372	0,002	0,358	2,921	0,837	116,200	1,351	0,351	7,572	0,002	49,520
34	14.05.2010	21,0	7,39	-27	1048	2,72	0,337	0,002	0,359	2,825	0,708	60,610	0,796	0,395	9,226	2,992	2895,000
35	14.05.2010	20,3	7,33	-23	977	1,83	0,343	0,002	0,325	0,131	0,707	129,400	0,839	9,150	6,620	0,002	50,670
36	14.05.2010	21,6	7,38	-27	979	3,61	0,359	0,002	0,299	1,057	0,426	26,320	0,390	0,839	6,002	0,002	60,080
37	14.05.2010	21,0	7,31	-22	950	4,44	0,351	0,002	0,407	3,478	0,609	89,220	0,415	0,159	6,894	0,544	54,590
38	14.05.2010	22,0	7,35	-24	1051	4,82	0,323	0,002	0,349	3,950	0,730	37,820	0,273	0,382	8,303	0,002	0,391
39	14.05.2010	21,1	7,32	-23	925	1,39	0,802	0,073	0,571	0,002	1,437	123,600	186,100	90,180	8,185	0,002	4,521
40	14.05.2010	21,7	7,12	-11	1460	1,70	2,944	0,002	4,950	0,206	4,167	1139,000	1434,000	3,882	25,700	0,002	32,520
41	14.05.2010	20,9	7,31	-22	1027	2,61	0,396	0,002	0,490	0,325	0,696	73,210	16,030	1,725	9,381	0,002	71,600
42	14.05.2010	19,7	7,37	-25	1036	3,95	0,489	0,002	0,356	3,324	1,205	132,100	2,084	0,638	7,652	0,002	62,510
43	14.05.2010	20,7	7,30	-22	1080	2,66	0,481	0,002	0,405	2,038	1,457	88,030	3,030	0,275	7,907	0,668	132,900
45	14.05.2010	19,4	7,36	-25	1025	5,86	0,310	0,002	0,385	4,060	1,941	172,900	1,766	0,329	14,380	0,004	39,540
46	13.05.2010	21,7	7,30	-19	1190	3,27	0,354	0,002	0,396	2,272	1,224	22,000	0,227	2,591	7,875	1,704	694,600
47	14.05.2010	19,9	7,20	-16	1355	2,39	0,513	0,002	0,482	0,844	1,475	49,810	1,791	0,411	9,595	0,002	43,030
48	13.05.2010	21,6	7,19	-12	1306	2,31	0,434	0,002	0,387	0,744	1,517	86,360	4,588	1,282	8,819	0,002	36,140
49	14.05.2010	20,4	7,29	-21	1079	2,89	0,373	0,002	0,414	2,280	0,726	70,090	1,195	0,338	8,568	0,370	52,860
50	13.05.2010	21,7	7,20	-13	1386	2,32	2,292	0,002	4,719	0,002	2,001	769,400	1372,000	1,998	20,220	1,131	144,600
51	14.05.2010	19,4	7,33	-23	1019	5,07	0,520	0,002	0,391	3,334	0,645	20,820	0,873	0,289	7,182	0,002	22,610
52	13.05.2010	22,0	7,16	-11	1368	2,17	1,508	0,002	3,441	0,002	1,795	653,500	1154,000	1,660	14,370	0,002	25,550
53	14.05.2010	20,2	7,33	-23	994	3,84	0,379	0,002	0,340	3,476	0,684	67,970	0,173	0,246	6,259	0,138	3170,000
54	14.05.2010	19,9	7,43	-29	964	3,06	0,374	0,002	0,331	1,353	0,935	115,000	1,475	1,415	6,081	0,002	9,516
55	13.05.2010	21,8	7,24	-15	1107	3,11	0,539	0,002	0,396	1,926	0,853	134,600	0,331	0,673	9,300	0,063	230,100

ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

Adı Soyadı: Volkan KAPLAN

Doğum Tarihi: 07/09/1981

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise	Mat - Fen	Dumlupınar Lisesi	1995-1998
Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2001-2006
Yüksek Lisans	Jeoloji Müh. A.B.D.	Mersin Üniversitesi	2007-2010