

**DELİÇAY-TARSUS ÇAYI (MERSİN)
ARASINDAKİ BÖLGEDEKİ
YERALTISULARINDA NİTRAT VE NİTRİT
KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

REŞİT NABİ KORKUT

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
MAYIS – 2009**

**DELİÇAY-TARSUS ÇAYI (MERSİN) ARASINDAKİ
BÖLGEDEKİ YERALTI SULARINDA NİTRAT VE NİTRİT
KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

REŞİT NABİ KORKUT

**Mersin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Jeoloji Mühendisliği
Ana Bilim Dalı**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. CÜNEYT GÜLER**

**MERSİN
Mayıs – 2009**

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

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr., Cüneyt GÜLER

Jüri Üyesi

Prof. Dr., Musa ALPASLAN

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Çetin KANTAR

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

Prof. Dr. Mahir TURHAN
Enstitü Müdürü

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

ÖZ

Bu çalışma ile Deliçay (Mersin) ile Tarsus Çayı (Tarsus) arasında kalan ve endüstriyel ve tarımsal (seracılık) faaliyetlerin yoğun olarak sürdürüldüğü oldukça geniş bir alandan örneklenen yeraltı sularındaki nitrat ve nitrit kirliliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu tez kapsamında incelenen çalışma alanı, bir delta ortamınca temsil edilen ve yüzlerce metre kalınlıkta alüvyon malzemenin oluşturduğu bir kıyı akiferince temsil edilmektedir. Bu çalışma için seçilen alan; kentleşme, sanayileşme ve tarımın iç içe olduğu bir alan olması sebebiyle yeraltı suyu kimyasının oldukça karmaşık süreçler sonucu şekillendiği düşünülmektedir. Bölgede yaşanan hızlı değişim ve gelişimin pozitif yanları olmakla birlikte, neden olduğu çeşitli çevre kirliliği sorunları da son yıllarda artan bir sıklıkla gündeme gelmektedir. Bu tez kapsamında; Deliçay ve Tarsus Çayı arasında kalan kıyı akiferinde yapılan arazi çalışmaları sonucunda belirlenen 205 adet kuyudan Ağustos 2008’de yeraltı suyu örnekleme yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında ayrıca elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, pH ve Eh değerleri multiparametre cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Alınan yeraltı suyu örneklerinde nitrat ve nitrit konsantrasyonları spektrofotometrik yöntemlerle saptanmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen tüm veriler, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak oluşturulan bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veritabanına aktarılmıştır. CBS yardımıyla oluşturulan arazi kullanım haritası kullanılarak nitrat ve nitrit konsantrasyonlarının alansal değişimleri ortaya konmuş ve kirlenici kaynaklar belirlenmiştir. Yeraltı sularından alınan örneklerden 10 tanesinde nitrat ve 7 tanesinde de nitrit değerleri içme suyu için belirtilen sınır değerleri aşmıştır. Genel itibariyle bölgedeki yüksek nitrat ve nitrit konsantrasyonları yerleşimin ve çeşitli sanayi faaliyetlerinin yoğun olarak görüldüğü Kazanlı Belediyesi civarında yoğunlaşmakta olup kirliliğin kaynağının bölgedeki endüstriyel ve evsel atıklar gibi insan kaynaklı (antropojenik) faaliyetlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mersin, yeraltı suyu, kirlilik, nitrat, nitrit, CBS

ABSTRACT

The aim of this study was to determine nitrate and nitrite levels in ground water samples collected from the area between Deliçay (Mersin) and Tarsus River (Tarsus), where industrial and agricultural (greenhouse cultivation) activities are very intense. The area investigated within the scope of this master's thesis is represented by a deltaic environment formed by hundreds of meters thick alluvial material which is called "coastal aquifer". Because the area selected for this study has a complex landuse pattern including urbanization, industrialization and agriculturalization, ground water chemistry in the region is believed to be shaped as a result of rather complex processes. Even though, there are positive sides of these rapid changes and developments, their outcomes concerning various environmental pollution problems in recent years are frequently brought into public attention. Within the scope of this thesis, from ground water wells selected in the field surveys, 205 ground water samples were collected in August 2008 from the coastal aquifer located between Deliçay and Tarsus Rivers. Electrical conductance, dissolved oxygen, pH and Eh values were measured in situ using a portable multiparameter instrument. Nitrate and nitrite concentrations in collected ground water samples were determined using spectrophotometric methods. Data obtained from field and laboratory studies were used to create a comprehensive Geographic Information System (GIS) database which is supported with data from high resolution satellite images of the study area. Landuse map produced using GIS techniques, is utilized to decipher spatial distributions of nitrate and nitrite concentrations over the area; and to find out their potential pollution sources. In the collected ground water samples, drinking water standard for nitrate was exceeded for 10 samples; whereas nitrite standard was exceeded for only 7 samples. In general, elevated nitrate and nitrite concentrations occur around Kazanlı municipality where settlement and industrial activities are very intense and this situation is probably due to anthropogenic activities such as uncontrolled industrial and domestic waste discharges.

Key Words: Mersin, ground water, pollution, nitrate, nitrite, GIS

TEŞEKKÜR

Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırladığım bu çalışmanın tüm aşamalarında değerli öneri ve eleştirileriyle beni yönlendiren ve çalışmanın meydana gelmesinde büyük katkısı olan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Cüneyt GÜLER'e çok teşekkür ederim. Ayrıca, arazi çalışmaları, su numunelerinin analizi ve sonuçların değerlendirilmesi aşamalarında bana yardımcı olan Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü araştırma görevlileri Mehmet Ali KURT ve Can AKBULUT'a teşekkürü de bir borç bilirim.

Son olarak, BAP-FBE JM(RNK) 2007-2YL nolu yüksek lisans tez projesi kapsamında tezime maddi olarak destek sağlayan Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimine teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI.....	4
1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI.....	4
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	6
2.1. YERALTI SULARINDA NİTRAT VE NİTRİT KİRLİLİĞİ.....	6
2.1.1. Nitrat ve Nitrit Kirliliğinin Nedenleri.....	7
2.1.2. Toprakta Azot Döngüsü.....	11
2.1.2.1. Azotun mineralizasyon ve immobilizasyonu.....	12
2.1.2.2. Denitrifikasyon.....	13
2.1.2.3. Amonyak şeklinde buharlaşma.....	13
2.1.2.4. Amonyum fiksasyonu.....	14
2.1.2.5. Nitrikasyon.....	14
2.1.2.6. Atmosfer azotunun fiksasyonu.....	15
2.1.2.7. Yağışlarla toprağın azot kazanımı.....	15
2.1.3. Nitrat ve Nitritin İnsan Sağlığına Etkileri.....	15
2.1.3.1. Akut toksitite.....	16
2.1.3.2. Hipotansiyon ve hipertansiyon.....	16
2.1.3.3. Mavi bebek hastalığı.....	17
2.1.3.4. Kanser.....	18
2.1.3.5. Diğer etkiler.....	19
2.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	19
3. MATERYAL VE METOT	23
3.1. MATERYAL.....	23
3.2. METOT.....	23
3.2.1. Büro Çalışmaları.....	23
3.2.1.1. Literatür taraması.....	23
3.2.1.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veritabanı.....	24

3.2.2. Arazi Çalışmaları	25
3.2.2.1. Su örneklerinin alınması	25
3.2.2.2. Yerinde (arazide) yapılan fiziksel ölçümler.....	25
3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	26
3.2.3.1. Nitrat ve nitrit analizleri	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1. BÖLGESEL JEOLJİ	27
4.1.1. Temel Birimler	27
4.1.1.1. Karahamzaşağı formasyonu (Pka)	28
4.1.1.2. Mersin ofiyolitik melanjı (Mom)	30
4.1.2. Tersiyer Birimleri.....	30
4.1.2.1. Gildirli formasyonu (Tgi).....	30
4.1.2.2. Karaisalı formasyonu (Tka)	32
4.1.2.3. Güvenç formasyonu (Tgü)	33
4.1.2.4. Kuzgun formasyonu (Tku).....	34
4.1.2.5. Handere formasyonu (Tha)	36
4.1.3. Kuvaterner Birimleri	39
4.1.3.1. Kalabriyen-Siciliyen birimleri	39
4.1.3.2. Tirreniyen-Güncel birimleri	42
4.2. ÇALIŞMA ALANININ GENEL DURUMU	44
4.2.1. Konum ve Ulaşım	44
4.2.2. Morfoloji	44
4.2.3. Nüfus ve Yerleşim	45
4.2.4. İklim ve Bitki Örtüsü	46
4.3. ÇALIŞMA ALANININ HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ.....	48
4.3.1. İçme Suyu Kaynakları ve Barajlar	48
4.3.2. Göletler.....	49
4.3.3. Kanallar ve Su Yapıları.....	49
4.3.4. Kuyular.....	49
4.4. YERALTI SULARINDA NİTRAT VE NİTRİT KİRLİLİĞİ.....	51
4.4.1. Çalışma Alanında Nitrat Kirliliği ve Alansal Dağılımı.....	51
4.4.2. Çalışma Alanında Nitrit Kirliliği ve Alansal Dağılımı	53
4.4.3. Nitrat ve Nitrit Seviyelerinin Fiziksel Parametrelerle İlişkisi.....	55
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60
5.1. SONUÇLAR	60
5.2. ÖNERİLER.....	61

KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE	SAYFA
Çizelge 3.1. Su örneklerinde ölçülen parametreler ve kullanılan analitik yöntemler.....	26

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL	SAYFA
Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası	5
Şekil 2.1. Hidrolojik döngü.....	6
Şekil 2.2. Yeraltı sularının kirlenme mekanizması	8
Şekil 2.3. Nitrat ve nitrit kirliliğinin başlıca kaynakları.....	9
Şekil 2.4. Doğada nitrat ve nitritin bulunuş şekilleri ve döngüsü	12
Şekil 4.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş dikme kesiti	29
Şekil 4.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin sayısal jeoloji haritası.....	38
Şekil 4.3. Çalışma alanının genel konumu.....	45
Şekil 4.4. Çalışma alanında bulunan başlıca yerleşim yerleri.....	46
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	47
Şekil 4.6. Su örnekleme noktalarının çalışma alanındaki dağılımı	50
Şekil 4.7. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait nitrat düzeylerinin arazi kullanım haritasındaki dağılımı	52
Şekil 4.8. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait nitrit düzeylerinin arazi kullanım haritasındaki dağılımı	54
Şekil 4.9. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Elektrik iletkenlik, Çözünmüş oksijen, pH ve Eh) arazi kullanım haritasındaki dağılımı	55
Şekil 4.10. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait elektrik iletkenlik (EC) değerleri–nitrat ve nitrit ilişkisi.....	56

Şekil 4.11. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çözünmüş oksijen (ÇO) değerleri–nitrat ve nitrit ilişkisi	57
Şekil 4.12. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait pH değerleri–nitrat ve nitrit ilişkisi	58
Şekil 4.13. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait Eh değerleri–nitrat ve nitrit ilişkisi	59

1. GİRİŞ

Günümüzdeki hızlı nüfus artışı ile birlikte gelişen kentleşme, artan tarımsal faaliyetler ve baş döndüren endüstrileşme süreci çeşitli taşıyıcı ortamlarda geri dönülmesi zor çevre kirliliği sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu taşıyıcı ortamlardan belki de en önemlisi; içme, kullanma, sulama ve endüstriyel proses amaçlı kullanılan yeraltı su kaynaklarıdır. İnsan yaşamındaki vazgeçilmez yeri ile yeraltı suları bir ülkenin en değerli doğal kaynaklarıdır ve sağlıklı içme suyu sağlayabilmek için bu kaynakların iyi kalitede su içerdiğinden emin olmak çok önemlidir. Yeterli içme suyu kalitesinin sağlanamamasından dolayı oluşan hastalıklardan ölme riski tahmin edilenden daha fazladır. İnsan sağlığı için gerekli olan temel ihtiyaç maddelerinden en önemlisi olan içme ve kullanma suyunun sağlıklı ve güvenilir bir şekilde temini ve dağıtımı bu yüzden bir gerekliliktir [1]. Sosyal ve ekonomik gelişme ile birlikte yaşam standartlarının yükselmesi, kişi başına düşen içme ve kullanma suyu gereksinimlerini de her geçen gün arttırmaktadır. Günümüzde, su kaynaklarındaki mevsimsel azalmalar nedeniyle yeraltı su rezervlerinin azalması veya kirlenmesi sonucu yüzeysel su kaynaklarının kullanımı bir zorunluluk haline gelmiştir. Ancak, yüzeysel su kaynakları da yeraltı su kaynakları gibi çeşitli yollardan kirlenmeye açık olduğundan bu sular da kısa zamanda içilemez ve kullanılamaz hale gelmektedir [2]. Su kirliliği günümüzde karşılaşılan en önemli çevre kirliliklerinden birini oluşturmaktadır. Su kirliliğinin azaltılmasının ve su kaynaklarının korunmasının sağlanabilmesi için su kirleticilerinin kaynaklarının, yayılma mekanizmalarının ve etkilerinin bilinmesi bu yüzden büyük bir önem arz etmektedir [3].

Endüstriyel deşarjlar, evsel atık sular, tarımsal ilaç ve gübre kullanımı sonucu kirlenen sular, yeraltı ve yerüstü sularına karışarak kirlenmelerine neden olmaktadır. Ancak, endüstriyel faaliyetler kirlilik açısından genellikle daha dar alanlarda etkili olurken tarımsal faaliyetler daha geniş alanları etkileyebilmektedirler. Bu yüzden, tarımsal faaliyetler endüstriyel faaliyetlere göre önlenmesi ve kontrol edilmesi daha güç çevre kirliliği problemlerine yol açmaktadır [3]. Yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesine yol açan en önemli tarımsal faaliyetler; tarımsal ilaç ve gübre

kullanımı ve hayvansal atıkların doğrudan toprağa atılmasıdır. Bu maddeler, su ile birlikte toprağın yüzeye yakın bölgelerinde kolaylıkla taşınabilmekte ve önemli ölçüde kirliliğe sebep olmaktadır [3].

Bu yüksek lisans tezinin de konusunu oluşturan sulardaki nitrat ve nitrit kirliliğinin başlıca kaynakları üç ana başlık altında özetlenebilir: (1) topraktaki organik maddelerin biyolojik olarak parçalanması, (2) aşırı miktarda tarımsal ilaç ve gübre kullanımı ve (3) evsel ve endüstriyel atık suların kontrolsüz deşarjı. Toprakta oluşan nitratın bitkiler tarafından tamamen tüketilememesi durumunda kalan nitrat, yağmur suları ile toprakta taşınarak hem yüzey ve hem de yeraltı sularını kirletmektedir. Diğer taraftan gerektiğinden fazla gübre kullanımı da toprağa dolayısıyla suya nitrat geçmesine sebep olmaktadır. Genellikle toprağa atılan azotun %50–70'nin bitkiler tarafından kullanıldığı, %2–20'sinin buharlaşma yoluyla havaya geçtiği, %15–25'nin ise toprakta bulunan organik maddelerle birleştiği ve geriye kalan %2–10'luk kısmının yüzey ve yeraltı sularına karıştığı tahmin edilmektedir. Ancak toprakta biriken nitratın suya geçişini etkileyen pek çok faktör olduğundan bu değerler değişebilmektedir. Toprağın bünyesinde bulunan nitratın hareketini etkileyen faktörler başlıca; toprağın yapısı, bitkilerin azot ihtiyacı, topraktaki biyolojik parçalanma prosesinin hızı, sıcaklık, yağış, gübre kullanım miktarı, toprağın su içeriği vb. olarak sıralanmaktadır [4,5].

Yüzey ve yeraltı sularında kirliliğe neden olan parametrelerin başında sularda çözülmüş haldeki azot bileşikleri gelmektedir. Çözülmüş azotun yeraltında en sık rastlanan formu nitrat (NO_3^-) olmakla birlikte, amonyum (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), azot oksit (N_2O) ve organik azot şeklinde de bulunabilmektedir. Aerobik ortamlarda bulunan bakteriler amonyağı nitrit veya nitrat iyonu haline dönüştürürler. Nitrit iyonu ise oksijen gibi yükseltgen maddelerin bulunduğu ortamlarda kararsız olup hemen yükseltgenerek nitrat iyonu haline dönüşür. İnsan ve hayvan atıkları, endüstriyel kimyasal atıklar ve özellikle azotlu gübrelerin tarımda yaygın olarak kullanılması; toprak, su, tahıl ve bitkilerin azot seviyesinin gittikçe artmasına, aynı zamanda içme ve kullanma sularının nitrat ve nitritle kirlenmesine neden olmaktadır [6-8]. Türkiye'de içme ve kullanma sularının büyük bir kısmının yeraltı sularından

temin edildiği ve bu suların sanayi, tarım ve hayvancılık atıkları ile barajların çevresinde oluşturulan yapılaşma ve katı atık depolama sahalarındaki sızıntılar sonucu kirlenmeye maruz kaldığı bildirilmektedir [9].

İçme sularında fazla miktarlarda bulunan nitrat insan sağlığını büyük oranda etkiler. Yüksek nitrat seviyesinin bebeklerde “mavi bebek hastalığına”, yetişkinlerde ise bazı kanser türlerinin ortaya çıkmasına neden olduğu yapılan araştırmalar sonucu ortaya çıkmıştır [5,10]. Özellikle nitritin sekonder aminler ve diğer azotlu maddelerle reaksiyona girerek N-nitrozaminleri oluşturduğu; karaciğer, özefagus, böbrek, mide, bağırsak, merkezi sinir sistemi ve lenfoid sistemi kanserlerine neden olduğu bildirilmiştir [11 - 13]. Birçok ülkede nitrat ve nitrit kirliliğinin halk sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini ortadan kaldırmak veya minimum düzeye indirmek için çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye’de içme ve kullanma sularında bulunabilecek maksimum nitrat ve nitrit miktarları sırasıyla 50 mg/L ve 0,5 mg/L olarak kabul edilmiştir [14].

Mersin ili ülkemizin güneyinde yer alan, hızla büyüyen ve endüstrileşen kentlerden birisidir. Hızlı büyüme ve endüstrileşmeye bağlı olarak suya olan talep de her geçen gün artmaktadır. Mersin ve Tarsus kentlerinin içme ve kullanma suyu günümüzde büyük oranda Berdan Barajı’ndan sağlanmakla birlikte, tarımsal sulama ve içme suyu amaçlı yeraltı suyu kullanımı da artarak devam etmektedir. Özellikle bölgede bulunan çok sayıda sanayi tesisi ve çiftçi ihtiyaç duydukları suyu açtıkları kuyulardan elde etmektedirler. Bölgenin yeraltı suyu potansiyeli detaylı olarak araştırılmadan yeraltı suyu kullanımının artması bu doğal kaynağın yok olma veya ekonomik olarak kullanılamaması riskini doğurmaktadır. Ayrıca, endüstriyel kaynaklı atıklar ve tarım alanlarında uzun yıllar devam eden ilaçlama ve gübre kullanımı, yeraltı suyunun kalitesinin bozulması yönünde başlıca tehdit kaynaklarını oluşturmaktadırlar. Yeraltı suyu sağlamak amacıyla açılan kuyulardan yapılan kontrolsüz yeraltı suyu çekiminin özellikle sahil kesiminde tuzlu su (deniz suyu) girişimine neden olduğu ve bu durumun artarak devam ettiği yapılan çeşitli çalışmalarla saptanmıştır [14,15]. Bunlara ek olarak, şehrin bazı kesimlerinde kanalizasyon şebekesinin olmayışı nedeniyle evsel atıklar fosseptik çukurlarına veya

akarsulara verilmekte, bu da yüzey ve yeraltı suyu kalitesi açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır [15].

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmanın amacı;

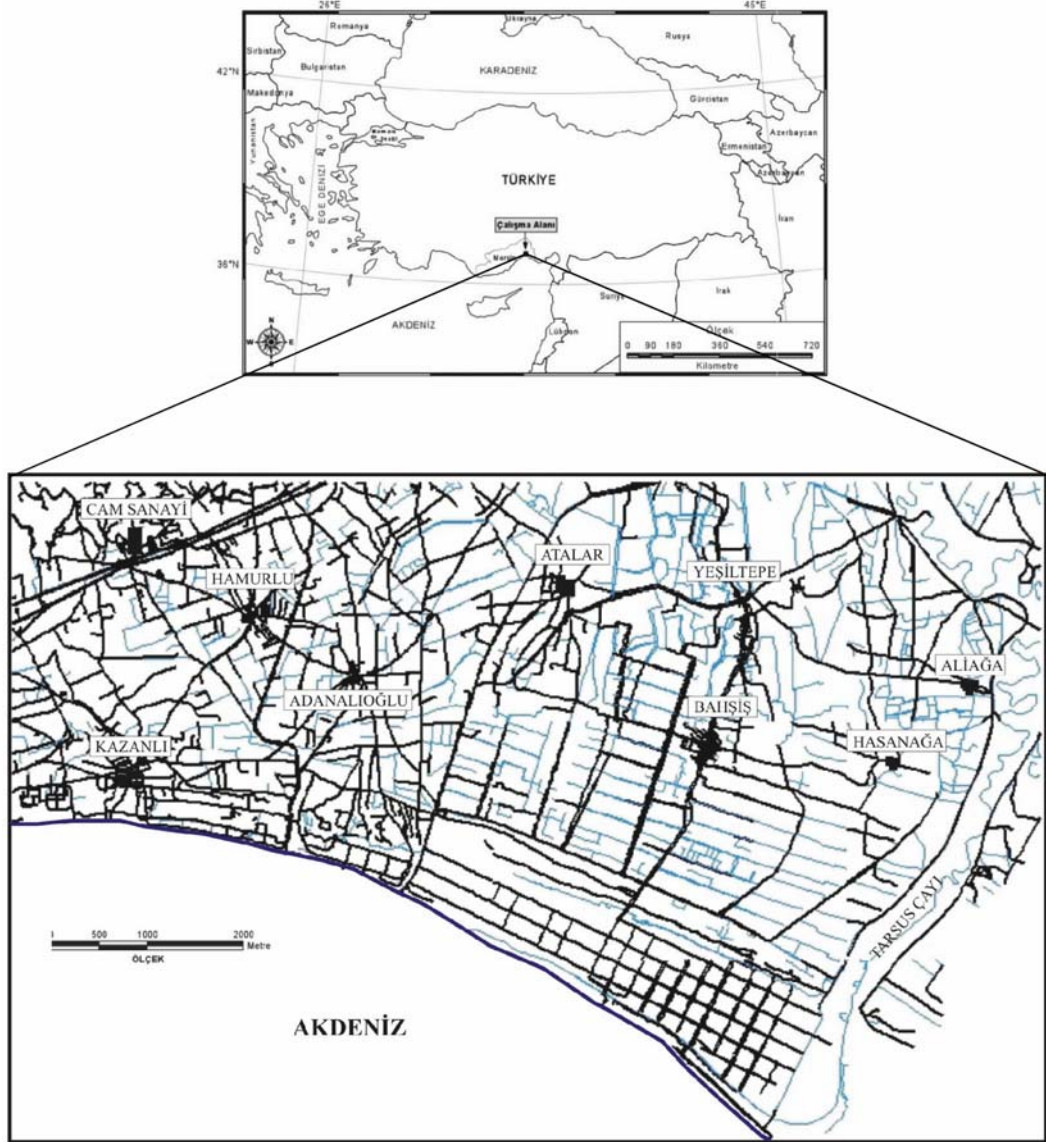
- Deliçay (Mersin) ile Tarsus Çayı (Tarsus) arasında kalan geniş bölgedeki yeraltı sularına ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Eh, pH, çözünmüş oksijen ve elektrik iletkenlik) yerinde (in-situ) ölçümü ve,

- Yeraltı suyuna karıştığı bilinen nitrat ve nitrit gibi kirlleticilerin konsantrasyonlarının ve yayılımlarının belirlenmesi ve kirliliğin karakterize edilmesidir.

Elde edilen bütün araştırma sonuçları ortak bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veritabanına girilerek proje alanındaki nitrat ve nitrit kirliliklerinin yayılımlarını gösteren tematik haritaların oluşturulması ve kirleticili kaynakların belirlenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, bu çalışma sonucunda elde edilecek olan veriler çeşitli istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak analiz edilecektir.

1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

İnceleme alanı 1/25.000 ölçekli O33a3, O33b1, O33b2, O33b3 ve O33b4 paftaları içerisinde yer almaktadır. Bu alan, doğu-batı yönünde Tarsus Çayı ve Deliçay, kuzey-güney yönünde ise Mersin-Adana devlet karayolu (D400) ve Akdeniz arasındaki yaklaşık 200 km²'lik bir alanı kaplar (Şekil 1.1). Bu alan; Mersin'deki endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin (özellikle seracılık) birlikte ve yoğun olarak görüldüğü ender bölgelerden biri olma özelliğine de sahiptir. Sanayi faaliyetleri genellikle çalışma alanının batısında (Kazanlı civarı) yoğunlaşmış olup, bu bölgede Kromsan ve Soda Sanayi gibi büyük ölçekli işletmelerin yanında, birçok akaryakıt depolama tankı ve çeşitli sektörlerden küçük-orta ölçekli işletmeler faaliyetlerini sürdürmektedirler.

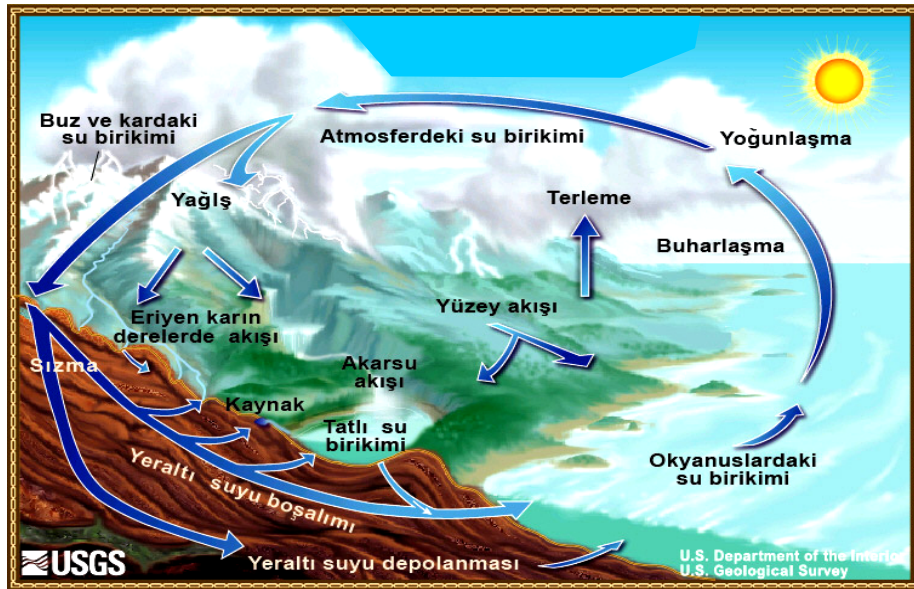


Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. YERALTI SULARINDA NİTRAT VE NİTRİT KİRLİLİĞİ

Doğada bilinen en iyi çözücü olan su, aynı zamanda iyi bir taşıyıcıdır. Doğal halinde pek çok çözülmüş madde, katı parçacık ve canlı organizma içerir. İnsanlar, yaşamsal ve ekonomik gereksinimleri için suyu “hidrolojik döngü” adı verilen bir döngüden alır ve kullandıktan sonra döngüye geri verirler (Şekil 2.1). Doğada daima bir devir halinde bulunan su, denizlerden, göllerden, topraktan ve benzeri yüzeylerden güneş ısı ile buharlaşarak havaya karışır. Daha sonra, değişik meteorolojik şekillerde tekrar toprağa düşer. Toprağa düşen sular, yeraltı sularına karışarak belli bir süre ve mesafe yeraltında aktıktan sonra doğal yollardan kaynaklarla veya diğer yollarla yeryüzüne ulaşır veya yüzey sularına boşalır. Bu suların tekrar buharlaşmasıyla da “hidrolojik döngü” tamamlanmış olur. Yeraltı sularının beslenmesi, uygun hidrojeolojik koşulların varlığında yağış ve yüzey sularının yeraltına sızması ile sağlanır. Toprak yüzeyine çeşitli şekillerde düşen yağış genellikle üç yol izler; (1) tekrar buharlaşma ile atmosfere geri döner, (2) bitkiler tarafından beslenme için alıkonulur veya (3) yeryüzünün o bölgesindeki jeolojik duruma göre yeraltı veya yerüstü sularını oluşturur.



Şekil 2.1. Hidrolojik döngü [16].

Suların fiziksel, kimyasal veya biyolojik özelliklerinin canlılar tarafından tolere edilemeyecek oranda değişimi su kirliliği olarak adlandırılmaktadır. Sözü edilen özellik değişimleri aynı zamanda sucul ekosistemlerin etkilenmesine, dengelerin bozulmasına ve giderek doğadaki tüm suların sahip oldukları özümleme (asimilasyon) ve kendi kendini temizleme kapasitesinin de azalmasına veya yok olmasına yol açmaktadır. Yüzeysel ve yeraltı sularındaki nitrat kirliliği, topraktaki organik maddelerin biyolojik olarak parçalanması, aşırı miktarda tarımsal ilaç ve gübre kullanımı ve evsel-endüstriyel atık suların kontrolsüz deşarjı olmak üzere başlıca üç nedenden oluşmaktadır. Toprakta oluşan nitratın bitkiler tarafından kısmen tüketilmesi durumunda, kalan nitrat yağmur suları ile topraktan suya geçmekte; hem yeraltı sularını hem de yüzeysel sularını kirletmektedir. İdeal koşullarda toprağa atılan azotun %50–70'inin bitkiler tarafından kullanıldığı; %2–20'sinin buharlaşma yoluyla kaybedildiği, %15–25'inin toprakta bulunan organikler ile birleştiği ve geri kalan %2–10'luk kısmının da yüzeysel ve yeraltı sularına karıştığı tahmin edilmektedir. Ancak toprakta biriken nitratın suya geçişini etkileyen pek çok faktör bulunması nedeniyle bu değerler değişebilmektedir.

2.1.1. Nitrat ve Nitrit Kirliliğinin Nedenleri

Su, havada buhar halinde iken doğal olarak temizdir. Fakat bu su; yağmur, kar, vs. halinde yeryüzüne düşerken geçtiği kirli hava tabakalarında bulunan gazları, tozları, radyoaktif maddeleri ve mikropları alarak atmosferin kirlilik derecesine göre az veya çok kirlenir. Kimyasal yapısı itibarı ile saf su olmaktan çıkar. Toprak yüzeyi ile temasa geçtiği andan itibaren de bu yerlerin niteliklerine göre organik ve inorganik maddeler bakımından yükü artmaya başlar. Yeryüzünden akarken veya derinliklerden geçerken insan, hayvan, bitki organik artıklarını, tarım, endüstri, kanalizasyon ve nükleer kirlilikleri de bünyesine alır (Şekil 2.2). Bu yüzden bir suyun kirlenme derecesi, suyun yere ilk düştüğü, sonradan toplandığı veya aktığı yerlerdeki jeolojik şartlara, orada yaşayan insan, hayvan, bitki topluluğuna ve bunlardan kaynaklanan kirliliğin miktarına bağlıdır.

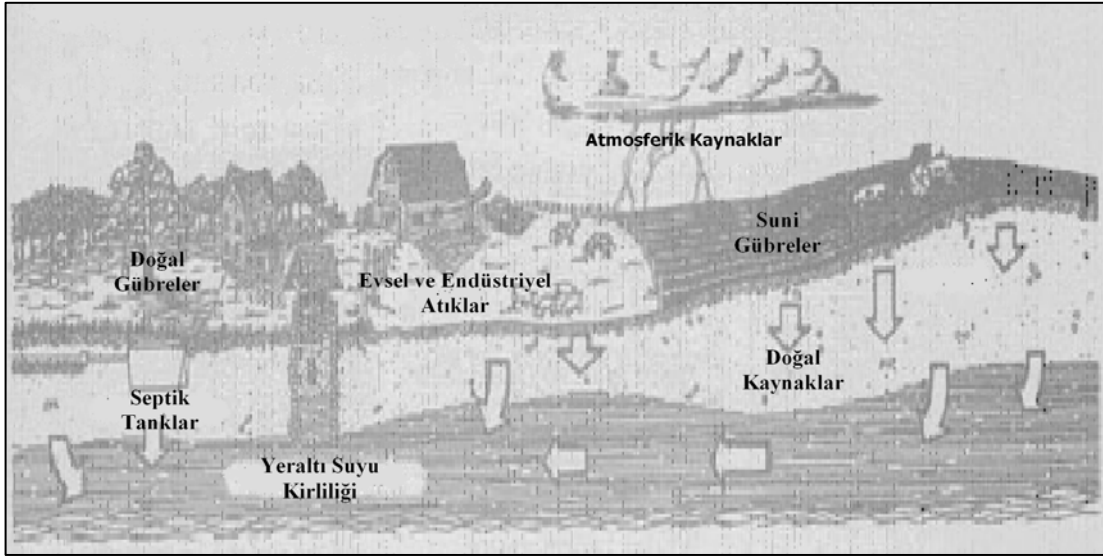
Günümüzde endüstriyel faaliyetlerin ve nüfusun hızla artışı temiz su ihtiyacını ve kullanımını arttırmakta ve bu nedenle su kirliliği güncel bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemiz, dünyadaki gelişmelere paralel olarak hızlı bir kentleşme ve endüstrileşme sürecine girmiştir. Plansız ve kontrolsüz kentleşme ve endüstrileşmenin sonucu olarak, arıtılmadan ve büyük miktarlarda doğal ortama verilen atık sular, doğanın kendi kendini yenilemesine olanak bırakmayacak boyutlarda olduğundan yeraltı ve yüzey sularının kaçınılmaz olarak kirlenmesine sebep olmaktadır. Dünyada içme suyu kaynaklarının büyük bir bölümü yeraltı suyu rezervlerinden karşılanmaktadır ancak, bu rezervler kirlenmelere karşı oldukça hassastır. Bir yeraltı suyu akiferinin kirlenmesi durumunda, düşük akım hızları nedeniyle, akiferin kendini yenilemesi oldukça zordur. Bu açıdan bakıldığında, hem toprak hem de yeraltı suyu kirliliğinin üzerinde önemle durulması gereken konular olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 2.2. Yeraltı sularının kirlenme mekanizması.

Azot bileşikleri su kirliliği açısından çeşitli olumsuz etkiler yaparlar. Bunların başlıcaları: (1) ötrofikasyon (yüzey sularında O_2 'nin azalması sonucu oksijen bilançosunun olumsuz etkilenmesi) ve (2) içme sularında neden olduğu toksikolojik sorunlardır [17]. Yeraltı suyunda belirlenen önemli kirleticilerden biri olan azot çoğunlukla nitrat (NO_3^-) şeklinde bulunur. Yeraltı suyunda nitrat derişimi tarımsal faaliyetler (özellikle gübreleme) ve evsel atıkların toprağa ya da toprak altına verilmesi gibi nedenlerle giderek artar (Şekil 2.3). Yüzeysel sulara karışan azot yükleri ise temel olarak aşağıdaki kaynaklardan ileri gelmektedir [17]:

- a) Doğal kaynaklar (atmosfer, azotlu organik bileşiklerin oksitlenmesi, jeolojik birikimler vb.),
- b) Evsel kaynaklar (kanalizasyon vb.),
- c) Endüstriyel kaynaklar (sanayi atıkları vb.),
- d) Tarımsal kaynaklar (azotlu kimyasal gübreler, hayvansal gübreler vb.).



Şekil 2.3. Nitrat ve nitrit kirliliğinin başlıca kaynakları.

Azot yükü veren başlıca endüstri kuruluşları; gübre, nitroselüloz, gıda, deri, bira fabrikaları ve mezbahalardır. Genel olarak yoğun tarım yapılmayan alanlardaki sulara göreceli olarak daha düşük, tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu alanlarda ise, daha yüksek nitrat düzeyleriyle karşılaşıldığı bilinmektedir. Tarım alanları dışında, yüzey ya da yeraltı sularında tipik olarak 0 ila 10 mg/L düzeyinde nitrat bulunmaktadır. Yağmur suyunun nitrat içeriği ise 0,3–2,5 mg/L civarındadır. Nitrit ise yağmur suyunda genelde eser halde bulunur. İnsan kaynaklı (antropojenik) kirlenmelerde çok yüksek nitrat derişimlerine (>1000 mg/L) genellikle yoğun ve aşırı gübreleme yapılan ve tarımsal amaçlı kullanılan arazilerde rastlanılmaktadır. Nitratın insan vücudunda, bakteriler tarafından nitrite indirgenmesi ve nitritin insan sağlığı için zararlı oluşu nedeniyle içme suyu standartlarında nitrat ve nitrit limitleri tanımlanmıştır. Ülkemizde geçerli olan içme suyu standartlarında (TS 266), nitrat için müsaade edilebilir maksimum değer 45 mg/L olarak tanımlanmaktadır. Avrupa birliği nitrat için 50 mg/L'lik bir üst sınır getirirken, ABD Çevre Koruma Örgütü (EPA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 45 mg/L nitrat için üst sınır kabul edilmektedir [5,10]. Nitrit (NO_2^-) için ise üst sınır TS 266'ya göre 0,5 mg/L olarak tanımlanmaktadır. Nitrat ve nitrit kirliliklerinin en yaygın kaynağı kentsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan su ortamlarına verilmesi ve tarım yapılan bölgelerde pestisit ve gübre kullanımı ile hayvansal atıkların doğrudan toprağa atılmasıdır. Derin olmayan akiferlere, bu maddeler kolaylıkla taşınabilmekte ve giderilmesi zor problemlere yol açmaktadır. Gübre kullanımı ve atıkların doğrudan çevreye verilmesi sonucu nitrat ve nitrit derişimlerinde genellikle hızlı bir artış görülmektedir [3].

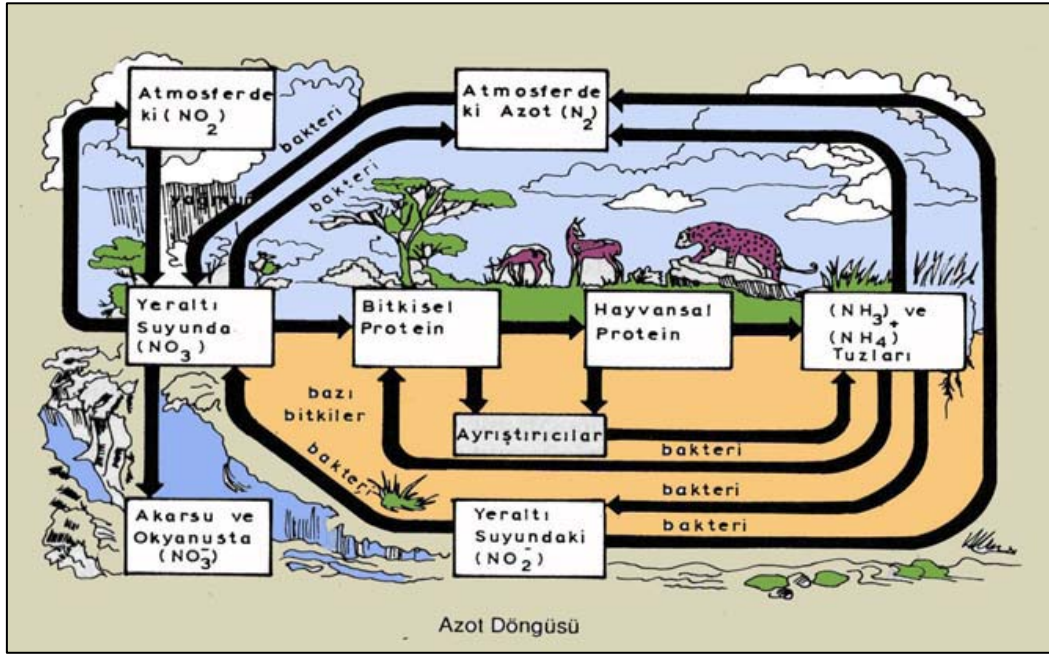
Katı, sıvı ya da gaz atıklar çevreye verildikten sonra iklim durumuna, toprağın yapısına, atığın cinsine ve zamana bağlı olarak yeraltı sularına taşınır. Tarım ilaçları da son yıllarda kirlenme etmeni olarak büyük önem kazanmıştır. Yeraltı suyunun kirlenmesinin en önemli nedenlerinden biri de kuyulardan yapılan aşırı yeraltı suyu çekimidir. Akiferlerden izin verilen miktarların üzerinde yapılan su çekimi özellikle denize kıyısı olan bölgelerde yeraltı suyu seviyesinin düşmesine ve deniz suyunun kara içerisine doğru ilerlemesine neden olmaktadır. Nitrit veya nitrat içeriği yüksek evsel ya da endüstriyel atık su deşarjı yapılan yüzey sularında da nitrat

kirliliği gözlenmektedir. Azot giderimi yapılmamış atık su deşarjları, yüzey sularında nitrat kirliliğine yol ačan diğer kaynaklardır. Noktasal kaynak biçiminde olan bu kirletici unsurlar, yaygın karakterde olan tarımsal kaynaklı kirliliğe göre çok daha kolay önlenebilmekte ya da kontrol altına alınabilmektedir [3]. Geçirgen ya da çatlaklı kayalarda bulunan ve pek derinde olmayan yeraltı suları çoğunlukla yüksek çözünmüş oksijen içeriğine sahip olduğundan bu tür yükseltgen ortamlarda çözünmüş azotun kararlı şekli olan nitrat daha çok görülür.

2.1.2. Toprakta Azot Döngüsü

Nitrat ve nitrit esasen azot elementinin formlarıdır. Azot (N) ise atmosferde en yaygın olarak bulunan elementtir ve birçok biyomoleküler bileşiğin (örn. aminoasitler, nükleotidler vb.) yapısında önemli miktarlarda bulunur. Hava, yeryüzünü çevreleyen ve atmosferi oluşturan gazların bir karışımıdır. Saf hava hacimce %78 azot, %21 oksijen ve eser miktarda karbondioksit ve su buharı içerir. Canlı organizmalarda azot, yaygın kimyasal elementler olan karbon, oksijen ve hidrojenin ardından dördüncü sırada gelir. Azot doğada sürekli bir döngü halindedir. Azotun havadan toprağa, topraktan bitkiye, bitkiden hayvana ve bunlardan da tekrar hava ve toprağa geçmesine “azot döngüsü” denir [18]. Bitkiler tarafından alınan azot formları toprakta karmaşık bir döngü içerisinde oluşur ve yiter (şekil 2.4). Biyolojik kütleler için besleyici bir madde olan azotun formları ve dönüşümleri sırasındaki en önemli aşamalar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- a) Azotun mineralizasyon ve immobilizasyonu,
- b) Denitrifikasyon,
- c) Amonyak şeklinde buharlaşma,
- d) Amonyum fiksasyonu,
- e) Nitrifikasyon,
- f) Atmosfer azotunun fiksasyonu,
- g) Yağışlarla toprağın azot kazanımı.



Şekil 2.4. Doğada nitrat ve nitritin bulunuş şekilleri ve döngüsü.

2.1.2.1. Azotun mineralizasyon ve immobilizasyonu

Topraklarda bulunan ve azot kapsayan organik maddelerin parçalanarak inorganik azot bileşiklerinin açığa çıkmasına “mineralizasyon” inorganik azot bileşiklerinin organik azot bileşiklerine dönüştürülmesine ise “immobilizasyon” adı verilir. Organik özellikteki azotlu maddelerin parçalanarak amonyağın, amonyumun, nitritin ve nitratın oluşması mineralizasyondur. Buna karşın yüksek bitkiler ya da mikroorganizmalar tarafından amonyum veya nitratın kullanılarak organik bileşiklere dönüşmesi immobilizasyondur [19]. Asit tepkimeli topraklara kireç verildiği zaman ve toprağın su içeriği arttıkça azotun mineralizasyonu artmaktadır [20]. Havada kurutulmuş toprak, nemlendirilirse, sürekli nemli olan toprağa göre daha fazla mineralizasyon sağlanmaktadır. Yine donmuş topraklarda da donmamış topraklara göre daha fazla azot mineralizasyonu olduğu görülmüştür.

2.1.2.2. Denitrifikasyon

Topraktaki biyokimyasal tepkimeler sonucu nitrat ve nitritin indirgenerek azot gazlarına (NO, N₂O ve N₂) dönüşümüne “denitrifikasyon” denir. Birleşme sonunda +5 değerlikli azot aşamalı olarak 0 birleşme değerlikli elementel azota dönüşür. Fakültatif anaerobik mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen denitrifikasyon, özellikle su içerikleri yüksek ve oksijen içerikleri çok düşük olan topraklarda meydana gelir. Nötr toprak pH’sı, yüksek toprak sıcaklığı ve toprağın organik madde ve nitrat içeriği denitrifikasyonu arttırıcı etki yapar. Bunun sonucu olarak bitkinin topraktan en fazla miktarda aldığı azot formu olan nitrat miktarında azalmalar olur [21]. Denitrifikasyon reaksiyon sırası aşağıdaki şekildedir:



2.1.2.3. Amonyak şeklinde buharlaşma

Amonyak (NH₃) çoğu sularda biyolojik aktif bir bileşiktir ve azot içeren organik maddenin biyolojik olarak ayrışması sonucu meydana gelmektedir. Suda çözüldüğünde amonyağın bir kısmı su ile reaksiyona girer ve amonyum (NH₄⁺) iyonları oluşur:



Amonyum iyonu ise amonyak kadar toksik bir etkiye sahip değildir [22]. Alkalin kireçli toprakların yüzeyine amonyum tuzlarının uygulanması ile meydana gelen çifte parçalanma ile amonyum karbonat ya da amonyum bikarbonat oluşur. Bunlar duraylı olmadıkları için hemen amonyak ve karbondioksit parçalanır. Toprak yüzeyine uygulanan üre çok çabuk hidrolize olarak amonyum oluşur ve dolayısıyla yerel şekilde pH yükselir. Bu koşullar altında da amonyak gaz şeklinde uzaklaşır [23].

2.1.2.4. Amonyum fiksasyonu

Katyodik özellikleri nedeniyle NH_4^+ iyonları toprak kolloidleri tarafından tutulur. Toprakta toprağa farklı olmakla beraber amonyum, toprakta önemli düzeyde fikse edilir. Kil minerallerinin şişen tabakaları arasındaki Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ ve H^+ gibi katyonlarla yer değiştirmek suretiyle NH_4^+ fikse edilir. Toprağa amonyumdan önce verilen potasyum, amonyum fiksasyonunun azalmasına neden olur. Amonyum kil minerallerinin tabakaları arasında fikse edilmesi ve kolloidlerin yüzeyinde tutulması (adsorbe edilmesi) nedeniyle nitrata göre toprakta daha az hareketlidir. Nitratın ise toprakta tutulması çok azdır. Bu nedenle nitrat suyla birlikte kitle hareketi şeklinde toprakta hareket eder. Nötr ve alkali topraklarda nitrat konsantrasyonu amonyum konsantrasyonuna göre çok yüksektir [24].

2.1.2.5. Nitrifikasyon

Amonifikasyon sonrası açığa çıkan amonyumun bir kısmı ototrof nitrifikasyon bakterilerince nitrite yükseltgenir. Bu bakteriler enerji kaynağı olarak inorganik tuzları, karbon (C) kaynağı olarak da karbondioksiti kullanırlar. Bakteriler, amonyağı oksijenle birleştirerek nitrite dönüştürürken hidroksonyum (H_3O^+) meydana gelir ve enerji elde ederler [25]. Nitritlerin oksijenle birleşerek yükseltgenmesi sonucu ise nitrat dönüşümü gerçekleşir [25]:



Nitrifikasyon reaksiyon sırası ise aşağıdaki şekildedir:



2.1.2.6. Atmosfer azotunun fiksasyonu

Evrendeki azotun %2 kadarı atmosferde bulunur. Ancak bitkiler bu azottan doğrudan yararlanamazlar. Yararlanılabilmeleri için atmosfer azotunun (N_2) öncelikle yükseltgenerek nitrat (NO_3^-) azotuna ya da indirgenerek amonyak (NH_3) azotuna dönüştürülmesi gerekir. Yapay yoldan gerçekleştirilmesi durumunda enerji gereksinimi yüksek olan bu karmaşık dönüşüm işlevini çeşitli mikroorganizmalar kolayca gerçekleştirir. İşte atmosferde bulunan azotun mikroorganizmalar aracılığı ile bitkiler tarafından yararlanılabilir şekle dönüştürülmesi olgusuna biyolojik azot tutulması (fiksasyonu) denir. Yapılan hesaplamalara göre bir yılda dünyada biyolojik yolla toprağa sağlanan toplam azot miktarı 139×10^6 – 170×10^6 ton ve kimyasal olarak azotlu gübreye dönüştürülen miktar ise 65×10^6 tondur. Yani her yıl tarlaya kimyasal gübre olarak verilen azotun iki katından fazlası biyolojik yolla sağlanmaktadır. Atmosfer azotunu tutarak bitkilerin yararına sunan mikroorganizmalardan kimileri bağımsız şekilde, kimileri ise baklagil bitkileri ile ortak yaşayarak işlevlerini sürdürürler. Bağımsız yaşayanlardan *Azotobakterler* ve *Nostok* en önemlileridir. Baklagillilerle ortak yaşayanlar ise *Rizobium* adı verilen bakterilerdir [26].

2.1.2.7. Yağışlarla toprağın azot kazanımı

Atmosferde bulunan azot yağışlarla toprağa aktarılır. Toprak ve bitkilerden olduğu gibi petrol ürünleri ve kömürün yanması sonucu atmosferde amonyak, nitrat, nitrit, nitroz oksitler ve organik bileşikler şeklinde azot karışır. Atmosferde şimşek çaktığı zaman az da olsa azot ve oksijen birleşerek NO_3^- oluşur. Yağışlarla her yıl toprağa yaklaşık 60×10^6 ton NO_3^- ve NO_2^- ile 140×10^6 ton NH_3 şeklinde azot karışmaktadır. Bu miktarlar yağışa, yöreye ve mevsimlere göre değişmektedir.

2.1.3. Nitrat ve Nitritin İnsan Sağlığına Etkileri

Sularda ve toprakta yüksek miktarda nitrat bulunması bir çok gelişmiş ve gelişmekte olan ülke için ciddi bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir. Özellikle

bazı Avrupa ülkelerinde 75 mg/L'nin altında nitrat içeren su kaynağı bulmak neredeyse imkansızdır. Şu anda kullanılan denitrifikasyon yöntemleri ise hem oldukça pahalı hem de ileri derecede teknoloji gerektiren bir işlemdir. Dolayısıyla nitrat ve nitrit kirliliğinin önlenmesi konusunda en etkili yöntem etkenin oluşmadan yok edilmesidir, yani nitrat kirliliğine neden olan kaynakların kontrol altına alınmasıdır [27]. Yenidoğan döneminde görülen methemoglobineminin (mavi bebek hastalığı) yanısıra, diyetteki nitrat ve nitritin meydana getirebileceği en önemli etki şüphesiz kanser oluşumudur. Bu olasılığı ortadan kaldırmak için diyetteki nitrat ve nitritin azaltılması konusunda gerekli teknolojik çalışmalar yapılmalıdır. Nitrat ve metabolitlerinin insan sağlığına etkilerini başlıca iki grupta inceleyebiliriz: (1) yenidoğan döneminde görülen etkiler ve (2) yetişkinlerde görülen etkiler. Yenidoğan döneminde nitrat alımına bağlı gelişen methemoglobinemi hakkında yeterince bilgi sahibi olduğumuz halde, nitratın yetişkinlerdeki etkileri konusundaki bilgiler tam değildir ve çoğunluğu hayvan deneylerine dayanmaktadır [28].

2.1.3.1. Akut toksitite

Nitratın akut toksititesi çok seyrek görülmektedir; çoğu olguda meydana gelen bulgular nitratın nitrite indirgenmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Yetişkinlerde 8–15 gr sodyum veya potasyum nitrat alınmasını takiben aniden ortaya çıkan şiddetli gastroenterit, karın ağrısı, idrar ve gaytada kan, halsizlik ve kollaps vakaları bildirilmiştir [28]. Nitratın aksine nitritin akut toksititesi siktir ve buna bağlı çok sayıda ölüm bildirilmiştir. Bu genellikle sodyum nitritin yanlışlıkla alımına veya besinlerde kontrolsüz kullanımına bağlı olarak gelişmektedir. Sodyum nitrit toksitesine bağlı ölümler methemoglobinemi nedeni ile olmaktadır [28].

2.1.3.2. Hipotansiyon ve hipertansiyon

Nitrat ve nitrat içeren bileşiklerin, venöz basıncı düşürmelerine bağlı olarak, hipotansiyona ve sirkulatuvar kollapsa neden oldukları bilinmektedir. İçme sularındaki nitrat miktarı düşük olan toplumlarda, nitrat miktarı 45 mg/L civarında olan toplumlara göre birincil ve ikincil hipertansiyon vakalarının daha yüksek olduğu

gösterilmiştir. Ayrıca nitrat düzeyleri ile koroner kalp hastalığına bağlı ölümler arasında negatif bir korelasyon saptanmıştır. Ancak diğer bazı çalışmalarda sulardaki nitrat miktarı arttıkça hipertansiyona bağlı ölümlerin arttığı ve hipertansiyonun ortaya çıkış yaşının küçüldüğü yönünde bulgular elde edilmiştir. Bu çelişkili bilgiler ışığında nitratin hipertansif hastalıklardaki rolünün saptanması olası değildir.

2.1.3.3. Mavi bebek hastalığı (Methemoglobinemi)

İçme ve kullanma suyundaki yüksek nitrat seviyeleri özellikle çocuklara önemli zararlar verebilir [29]. Kuyu suyu ve diğer su kaynaklarından alınan nitritlerin bakteriyel ve metabolik etkilerle nitrite çevrilmesi methemoglobinemiye neden olur. Klinik olarak yenidoğanda methemoglobinemi ilk kez 1945'te ortaya konmuştur. Yayımlanan bu ilk vakada yüksek konsantrasyonda nitrat içeren kuyu suyu içen iki bebekte methemoglobinemi olduğu bildirilmiştir [30]. 1971'den bu yana Kuzey Amerika ve Avrupa'da 2000 methemoglobinemi vakası bildirilmiştir ve mortalite hızı %7-8 olarak belirlenmiştir. İçme suyunda 10 mg/L'den az nitrat içeren bölgelerde methemoglobinemi vakasına rastlanmamıştır.

Yaşamın ilk birkaç ayında gastrointestinal sistemde asidite düşüktür. Gastrik asiditenin düşük olması nitrat indirgeme özelliği olan bakterilerin üremesini hızlandırır. Bu yüzden yenidoğanlarda alınan nitrat bileşikleri daha toksik etkiye sahip olan nitrite çevrilir ve emilen nitrit ise methemoglobinemiye yol açar [31]. Bu durum beyin gibi hayati organlara oksijen taşınımını azaltır. İleri derecedeki methemoglobinemi beyin harabiyeti ve ölüme yol açabilir [32]. Yenidoğanda methemoglobinemi yapan diğer bir neden yenidoğan kan hücrelerinin metabolizmasıyla ilgilidir [33]. Ayrıca, annenin perinatal ve postnatal dönemde kullandığı içme suyundaki nitrat düzeyi 100 mg/L'yi aşmadıkça anne sütünde nitrat düzeyinin artmadığı bildirilmiştir [34]. Hamileler, mide asiditesi düşük olan yetişkinler ve methemoglobinemiden hemoglobine dönüşümü gerçekleştiren enzim aktivitesinde bozukluk olan erişkinler nitratlara bağlı methemoglobinemi riski altındadır. Methemoglobineminin en belirgin semptomu özellikle ağız ve göz

çevresinde olmak üzere derinin mavimsi bir renk almasıdır. Bu nedenle “mavi bebek hastalığı” olarak ta bilinmektedir. Baş ağrısı, baş dönmesi, halsizlik ve solunum güçlüğü diğer belirtiler arasında sayılabilir [32]. Kırsal kesimde yaşayan bebeklerde bu sorun sanıldığından daha yüksek orandadır. Yüzeysel kuyular, nitratlar ve bunları nitrite çeviren bakterilerce zengindir. Kimyasal gübrelerin, tuvalet, ahır ve ambar sızıntılarının kuyu suyuna karışması nitrat oranının artmasında en önemli etmenlerden birisidir. Nitrat özellikle kuyu sularında ve bazı yeraltı sularında bulunabilen renksiz, kokusuz ve tatsız bir bileşik olduğundan bu suları içen kişiler tarafından fark edilmesi oldukça uzun zaman alabilir. Toprak bünyesinde bulunan nitratlar kolayca eriyebilme özelliği nedeniyle yeraltı sularına ve kuyu sularına oldukça hızlı bir şekilde karışırlar. Kentsel sıvı atıklar, kanalizasyon sistemleri de nitrat bakımından zengindir. Yağmur, kar suları, sulama, toprağın ihtiyacından fazla gübrenmesi yeraltı sularının nitrat içeriğini arttıran en önemli faktörlerdir [35].

2.1.3.4. Kanser

Yaklaşık 30 yıl önce, nitratın indirgenmesiyle meydana gelen nitritin endojen nitrozasyon sonucu karsinojenik N-nitroso bileşiklerini meydana getirebileceğinin öne sürülmesi, nitratın olası bir karsinojenik etkiden sorumlu olduğunu düşündürmüştür [36]. Bu konudaki araştırmalar N-nitroso bileşiklerinin iki ana grubunu oluşturan nitrosaminler ve nitrosamidler üzerinde yoğunlaşmıştır. Çalışmalardaki esas ilgi odağı, diyetle alınan nitrat ve nitrit kullanılarak, vücutta N-nitroso bileşiklerinin oluşup oluşmadığıdır.

Gastrik kanserler son 50 yılda dünya genelinde azalma göstermektedir. Belirli bölgelerde yaşayanlar daha yüksek risk altındadır ve yapılan çalışmalar diyetin en önemli risk faktörü olduğunu göstermektedir. Nitrosaminlerin prekürsörleri olan sekonder aminler ve nitritler birçok besinde bulunmaktadır. Japonya’da normal olarak tüketilen bazı besinlerde ve Çin’de bol miktarda tüketilen balık tuzlamalarında, nitritle işleme tabi tutulduğunda mutajenik etkili nitrosaminlere dönüşen prekürsör maddeler saptanmıştır. Ayrıca nitritler bazı pestisitlerle ve bitki

büyümesini indükleyen maddelerle (hormonlar) birleşerek karsinojenik nitrozaminleri oluşturabilirler [37].

2.1.3.5. Diğer etkiler

Çocuklarda gerçekleştirilen bir çalışmada, 105 mg/L nitrat içeren su içenlerin 8 mg/L nitrat içeren su içenlere kıyasla, işitsel ve görsel uyaranlara cevap olarak gelişen şartlı motor reflekslerinde yavaşlama olduğu saptanmıştır. Nitrogliserin veya propilen glikol dinitrat gibi nitrat esterlerini kullananlarda, başlangıçta sıklıkla baş ağrısı gelişmektedir. Birkaç gün içerisinde kısa süreli bir tolerans gelişmekte ve baş ağrısı azalmaktadır. Bu baş ağrısı nitrogliserine maruz kalan ve patlayıcı alanında çalışan işçilerde daha belirgindir ve şiddetlidir. Bu işçilerde miyokard iskemisi riski, normal popülasyona göre daha fazladır ve maruziyetin 24–72 saat süresince kesildiği durumlarda miyokard infarktüs riski artmaktadır. Bu işçiler derilerine nitrogliserin içeren bantlar yapıştırarak bu riskten korunmaktadırlar. Propilen glikol dinitrata maruz kalan işçilerde de benzer şekilde miyokard infarktüsü ve anjina pectoris riskinin arttığı saptanmıştır. Böyle yerlerde çalışanlarda ayrıca diyastolik basınçta artma ve ani ölüm görülebilmektedir. Bu etkilerin mekanizması bilinmemektedir. Deney hayvanlarında yapılan çalışmalarda tiroid fonksiyonlarında değişiklikler görülmüş olmakla birlikte insanlarda böyle bir etki saptanmamıştır. Tip 1 diabet ile diyetdeki nitrat ve nitritin ilişkisi incelenmiş; anne ve çocuğunun yiyeceklerle aldıkları nitritin, normal insanlara göre, daha yüksek olduğu, nitratın ise tip 1 diabet ile ilişkisinin olmadığı bulunmuştur.

2.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mersin ilinin jeolojisi hakkında yapılmış birçok çalışma mevcut olmakla birlikte, yüksek lisans tez alanı olarak seçilen bölgede, nitrat ve nitritin yayılımını, yeraltı suyundaki konsantrasyonlarını veya kirlenme mekanizmalarını irdeleyen bir çalışma mevcut değildir. Deliçay-Tarsus Çayı arasındaki bölgede, sanayi tesisleri ve tarım faaliyetleri için ihtiyaç duyulan su çoğunlukla bölgedeki verimli akiferlerde açılan kuyulardan temin edilmektedir. Endüstriyel faaliyetler, tarım alanlarında uzun

yıllardır devam eden kontrolsüz ilaçlama, yoğun kimyasal gübre kullanımı ve kontrolsüz septik tanklar ve atık deşarjları bölgedeki yeraltı suyu kalitesini tehdit eden en önemli etmenlerdir [14]. Azot bitkilerin gelişimi bakımından oldukça önemli bir madde olmasına karşın, aşırı azotlu gübre kullanımı sonucu nitrat ve nitrit şeklinde yeraltı suyuna geçerek kirliliğe neden olmaktadır [38]. Azot bileşiklerinden olan nitrat ve nitritin insan sağlığı üzerinde; akut toksitite, methemoglobinemi (mavi bebek hastalığı), hipotansiyon, hipertansiyon ve mide kanseri oluşumu gibi önemli etkileri bulunur [28,29,37]. Dolayısı ile bu konuda en etkili yöntem, etkenin oluşmadan yok edilmesi, yani nitrat ve nitrit kirliliğine neden olan kaynakların kontrol altına alınmasıdır [27].

İnceleme alanında, değişik organizasyonlar ve araştırmacılar tarafından yapılmış çeşitli ölçeklerde çalışmalar mevcuttur [39 - 42]. Ternek [43], Adana baseni genel jeolojisi ve Mersin-Tarsus kuzeybatısındaki Alt Miyosen formasyonlarını incelemiş ve petrol imkanlarını araştırmıştır. Bölgenin hidrojeolojisine yönelik bir çalışma ise 1970'li yıllarda Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış ve yayınlanmamış bir etüt raporudur [44]. Bu çalışma kapsamında Mersin, Berdan ve Efrenk ovalarını kapsayan hidrojeolojik amaçlı bir etüt gerçekleştirilmiş ve Kuvaterner yaşlı jeolojik birimler ayırtlanmadan tümü tek bir akifer olarak ele alınmıştır. Bu çalışmada ayrıca, bölgenin jeolojik, hidrojeolojik özellikleri belirlenmiş ve 1/100.000 ölçekli hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır [44]. Yetiş ve Demirkol [45] Adana havzasında Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimleri incelemişlerdir. Yaman [46], çalışma alanının kuzey kesiminde yer alan Akarca, Musalı ve Yapraklı kromit yataklarını petrografik ve kimyasal açıdan incelemiştir. Ayrıca, Yaman [46], Gözne-Fındıkpınarı arasında kalan kesimin jeoloji haritasını hazırlayarak bu alanda yüzeyleyen birimleri belirlemiştir. Özer [47], Berdan Çayı'nın çeşitli noktalarından ve yakın çevresindeki drenaj kanallarından aylık periyotta alınan örneklerin analiz sonuçlarını, su kirliliği kontrol yönetmeliği ve sulama suyu standartları ile karşılaştırmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmasına temel teşkil edecek olan bu çalışmalardan en önemlisi çalışmanın yapılacağı O33a3, O33b1, O33b2, O33b3 ve O33b4 paftalarını da içine alan ve MTA Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan, yayınlanmamış bir rapordur [48]. Şenol ve ark. [48] tarafından yapılan bu çalışmada tüm eski çalışmalar değerlendirilmiş ve inceleme alanında da yaygın olarak görülen Kuvaterner yaşlı jeolojik birimlerin (delta çökelleri) stratigrafik özellikleri ve yayılımları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu tez çalışması kapsamında da, Şenol ve ark. [48] tarafından yapılan 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarından büyük ölçüde yararlanılmıştır. İnceleme alanının hidrojeolojisi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma olup bunlardan en önemlisi proje alanının batısında kalan Kazanlı Belediyesi'ni kapsayan ve Demirel [49] tarafından yayınlanan bir çalışmadır. Bu çalışmada Demirel [49], Kazanlı kıyı akiferinde meydana gelen deniz suyu girişiminin tarihsel gelişimini (1984 ile 2000 yılları arasındaki dönem) irdelemiş ve su kimyası parametrelerinin zaman içinde değişimini çeşitli grafik yöntemler kullanarak ortaya koymuştur. Bölgede yapılan diğer bir hidrojeolojik çalışma ise Hatipoğlu [15] tarafından tamamlanan doktora tezi çalışmasıdır. Hatipoğlu [15] Mersin-Tarsus arasındaki geniş alanda kıyı akiferinin hidrojeokimyasını incelemiştir. Ayrıca, yüksek lisans tez alanı içerisinde kalan Kazanlı sahili, Avrupa'daki en büyük kıyı kumul alanlarından birine sahip olup, bu alan soyu tükenmekte olan iki deniz kaplumbağası türü (*Caretta caretta* ve *Chelonia mydas*) için önemli üreme alanlarından biri olarak kabul edilmektedir [50].

1960'lı yıllardan başlayarak, başta Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere bir çok ülkede şehirleşmenin, sanayileşmenin ve tarımın yeraltı suyu ve toprak kirliliği üzerine etkileri hakkında çok sayıda araştırma yapılmıştır. Yeraltı suyunun majör, minör ve nadir toprak element bileşiminin, bu suların içinde hareket ettiği akiferi oluşturan kayaçlar ve sedimanlarla olan kimyasal reaksiyonlarıyla açıklanabileceği önceki araştırmacıların yaptığı çalışmalarda gösterilmiştir [51 - 54]. Bir anlamda doğal izleyiciler (tracer) olarak ta kullanılabilen bu majör ve minör elementler, akiferin yapısı ve heterojenliği (ya da homojenliği) hakkında verdiği fikirler dışında, su kimyasını etkileyen fiziksel ve kimyasal prosesler hakkında da değerli bilgiler verebilmektedir. Bu bakımdan yeraltı suyu kimyasının detaylı

kimyasal analizi ve bu sonuçların dikkatli bir şekilde yorumlanması doğal proseslerin yanı sıra, çalışma alanında meydana gelen antropojenik kaynaklı kirliliklerin tespitinde ve yayılımının saptanmasında da önemli ipuçları sağlayabilmektedir [14].

3. MATERYAL VE METOT

3.1. MATERYAL

Bu çalışma ile Deliçay (Mersin) ile Tarsus Çayı (Tarsus) arasında kalan geniş bölgedeki yeraltı suyu fiziksel parametrelerinin değişimi ile nitrat ve nitrit kirliliklerinin miktarının ve alansal yayılımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Sanayileşmenin, şehirleşmenin ve tarımın yoğun ve iç içe olduğu inceleme alanında yeraltı suyu kimyasını ve kalitesini olumsuz yönde etkileyen nitrat ve nitrit gibi kirleticilerin sanayi, tarımsal ve evsel kökenli kaynaklardan yeraltı suyuna karışarak kirliliğe neden olduğu düşünülmektedir. Verimli düzlüklerin bulunduğu inceleme alanında, Kuvaterner yaşlı delta çökellerinden oluşan ve “Kıyı Akiferi” olarak adlandırılan akiferde açılmış mevcut kuyulardan yeraltı suyu örneklemeleri yapılmıştır. Toplam 205 kuyudan alınan yeraltı suyu örneklerinde çeşitli fiziksel parametreler yerinde ölçülmüş ve suyun içinde çözünmüş olarak bulunan nitrat ve nitrit gibi kirleticiler laboratuvarında analiz edilmiştir. Bulunan bütün araştırma sonuçları ortak bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veritabanına girilerek inceleme alanındaki yeraltı suyu kalitesi değişimi ve kirliliğin yayılımını gösteren haritalar oluşturulmuş ve kirletici kaynaklar belirlenmiştir.

3.2. METOT

Sınırları Şekil 1.1’de verilen inceleme alanındaki çalışmalar, başlıca üç aşamada gerçekleştirilmiş ve yüksek lisans tezi kapsamında izlenen yöntemler aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.2.1. Büro Çalışmaları

3.2.1.1. Literatür taraması

Bu aşamada, inceleme alanında önceden yapılmış olan çalışmalar derlenmiş ve bunlar detaylı olarak incelenerek değerlendirilmiştir. Literatür taraması

sonucunda, bölgede gözlenen nitrat ve nitrit kirlilikleriyle ilgili sistematik bir çalışmanın olmadığı saptanmış ve arazi çalışmaları buna göre yönlendirilmiştir. Bu ön incelemeden sonra, çalışmanın ilerleyen evrelerinde örneklerin hangi bölgelerden alınması gerektiği konusunda planlamaya gidilmiştir.

3.2.1.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veritabanı

Günümüzde bilgisayar bilgi sistemleri, uygulamalı bilim dallarında ve kamu kuruluşlarının birçok birimlerinde kullanılır hale gelmiştir. Bunlardan en önemlisi sayılan CBS teknolojisi çeşitli kullanıcılara ait istatistiksel verilerin değerlendirilmesi ve veri yönetimi konularında çok etkin çözümler sunmaktadır [14]. 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 [55]. CBS, farklı ölçeklerde ve projeksiyonlarda haritaların üretiminin yanı sıra, bu haritaların sorgulanmasına yönelik bir analiz sistemidir. Ayrıca, CBS kullanımı sayesinde konumsal veriler uygun standartlarda üretilip güncellenebildiğinden, verilerde tekrarlanma, iş gücü ve kaynak kaybı önlenmektedir. Pek çok alanda yaygın olarak kullanılan CBS, hidrojeolojik amaçlı çalışmalarda da büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında pek çok verinin birlikte değerlendirilmesi ve sorgulamalarının yapılmasını hızlandırmak amacıyla inceleme alanını kapsayan bir CBS veritabanı oluşturulmuştur. Bu çalışma kapsamında oluşturulan CBS veritabanı WGS84 projeksiyon sistemi üzerine oturtulmuştur. WGS84 projeksiyon sisteminin seçilmesindeki en önemli etken bölgeye ait GeoTIFF formatındaki yüksek çözünürlüklü Quickbird uydu görüntülerinin bu projeksiyon sisteminde koordinatlandırılmış olmasıdır. Yüksek çözünürlüklü Quickbird uydu görüntüleri kullanılarak sayısal arazi kullanım haritaları hazırlanmış ve arazideki durum da incelendikten sonra CBS veritabanına aktarılmıştır. Arazi kullanım türünün yeraltı suyuna etkilerinin belirlenebilmesi ve kirlenici kaynakların saptanabilmesi için bu haritaların CBS ortamına aktarılmış olması oldukça önemlidir. Ayrıca, yeraltı suyu

analizlerine ait tüm sonuçlar da oluşturulan CBS veritabanına aktarılarak haritalar şeklinde sunulmuştur.

3.2.2. Arazi Çalışmaları

Bu çalışma kapsamında planlanan arazi çalışmaları 2007-2008 yılları arasındaki dönemde gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmalar, yeraltı suyu örnekleme ve arazide yapılan fiziksel parametre ölçümleri şeklinde özetlenebilir. Ayrıca bu çalışmada, yeraltı suyu örnekleme ve ölçüm noktalarına ait koordinat bilgileri GPS (Magellan Sportrak marka) ölçümleri ile elde edilmiştir.

3.2.2.1. Su örneklerinin alınması

Bölgedeki arazi çalışmaları sonucunda belirlenen 205 adet kuyudan çeşitli fiziksel ve kimyasal parametrelerin (nitrat ve nitrit) analizi amacıyla su örnekleri alınmıştır. Örnekleme şişelerinden kaynaklanabilecek kirliliklerin önüne geçmek ve kirliliği en aza indirmek amacıyla örnek şişeleri laboratuvarda saf su ile seyreltilmiş %5'lik hidroklorik asitte 24 saat bekletildikten sonra saf su kullanılarak yıkanmış ve şişeler arazide her örnekleme noktasından alınmış olan su örneği ile üç defa çalkalanmıştır. Örnekler 250 mL kapasiteli HDPE (high density polyethene) plastik şişelere alındıktan sonra hiçbir ön işleme tabi tutulmadan laboratuvara nakledilmişlerdir. Alınan su örnekleri, buharlaşma etkilerini azaltmak açısından laboratuvara bir buzlukta taşınmış ve analizler yapılincaya kadar bir soğutucuda +4°C'de muhafaza edilmiştir. Alınan su örneklerinin arazi şartlarını karakterize etmesi açısından örnekleme, kuyu hacminin üç katı bir hacim kadar su pompalandıktan sonra yapılmıştır.

3.2.2.2. Yerinde (arazide) yapılan fiziksel ölçümler

Toplam 205 adet yeraltı suyu örnekleme noktasından alınan su numunelerinde arazide redoks potansiyeli (Eh), pH, çözünmüş oksijen (DO) konsantrasyonu ve elektrik iletkenlik (EC) ölçümleri çeşitli portatif elektrotlar

kullanılarak yerinde yapılmıştır. Adı geçen fiziksel parametreler, WTW Multi 340i/SET (Wissenschaftlich–Technische Werkstätten) marka portatif multi parametre cihazı kullanılarak arazide ölçülmüştür. Kullanılan çeşitli portatif elektrotlara ait özellikler ise şöyledir:

- TetraCon 325 grafit elektrik iletkenlik elektrodu (hassasiyet 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$),
- Sentix 41-3 cam pH elektrodu (hassasiyet 0,01) ve Platin Eh elektrodu (hassasiyet 1 mV),
- CellOx 325 çözünmüş oksijen (O_2) elektrodu (hassasiyet 0,1 mg/L).

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Bu çalışma kapsamında yürütülen laboratuvar çalışmalarının detayları aşağıda sunulmuştur.

3.2.3.1. Nitrat ve nitrit analizleri

Arazideki dağılımları GPS ile saptanmış kuyulardan seçilen 205 kuyu Ağustos 2008’de örneklenerek nitrat ve nitrit konsantrasyonları Mersin Üniversitesi Çevre Jeokimyası Laboratuvarı’nda bulunan Hach Lange marka (Model: DR 2800) spektrofotometre cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Alınan su örnekleri üzerinde yapılan analizler veya ölçümler sırasında kullanılan çeşitli yöntemlere ait detaylar Çizelge 3.1’de özet halinde verilmiştir.

Çizelge 3.1. Su örneklerinde ölçülen parametreler ve kullanılan analitik yöntemler.

Parametre	Birim	Analitik Yöntem	Kullanılan Cihaz
pH	Standart	Sentix 41-3 cam pH probu	WTW Multi 340i/SET
Redoks potansiyeli (Eh)	mV	Platin elektrot	WTW Multi 340i/SET
Çözünmüş oksijen (DO)	mg/L	CellOx 325 DO probu	WTW Multi 340i/SET
Elektrik iletkenlik (EC)	$\mu\text{S}/\text{cm}$	TetraCon 325 grafit probu	WTW Multi 340i/SET
Nitrat (NO_3^-)	mg/L	Kadmiyum indirgeme metodu	Spektrofotometre*
Nitrit (NO_2^-)	mg/L	Diazotizasyon metodu	Spektrofotometre*

*Hach Lange DR 2800.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. BÖLGESEL JEOLJİ

Bölge, farklı ortam koşullarını yansıtan ve birbirleriyle tektonik dokanaklı 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 bir bölüm olarak tanıtılmıştır. Kuvaterner’de oluşan jeolojik ve morfolojik birimler ise “Kuvaterner Birimleri” başlığı altında tanıtılmıştır. Yapılan tanımlamalarda ve adlandırmalarda Şenol ve ark. [48] 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 Melanjı 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 melanjı, 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 Melanjı bulunmaktadır [48].

4.1.1.1. Karahamzauşığı formasyonu (Pka)

Stratigrafik olarak en altta bulunan Karahamzauşığı Formasyonu mermer, şist ve kuvarsit gibi kaya birimlerinden oluşmuştur. Formasyonun adı Ünlügenç [56]'ten alınmıştır. Karahamzauşığı Formasyonu sığ-derin denizde çökelmiş ve daha sonra metamorfizmaya uğramış, başlıca metamorfik kireçtaşları, mermer, şist ve kuvarsit gibi kayalardan 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 mikro kristaller 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 mercerler 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. Karahamzauşığı Formasyonu, Kuzgun Formasyonu tarafından diskordan olarak örtülmüştür. Formasyonun alt dokanağı yüzeylemediğinden kalınlığı tam olarak bilinmemekle beraber arazi gözlemlerine göre 500 m'nin üzerindedir [48]. Karahamzauşığı 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 ara katkılı kuvarsitlerin bulunuşu formasyonun derin-sığ deniz ortamında çökeldiğini göstermektedir.

		Zaman/Ü.S.	Devir/Sis.	Devre/Seri	Yaş/Kat	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR		
SENOZOYİK	KUVATERNER	HOLOSEN				Güncel	Ku: Kumul Al: Alüvyon toprak Gkt: Grimsi kahverengi toprak Kt: Kahverengi toprak Kc1,2,3: Kıyı çökelleri Dc1,2,3: Delta çökelleri		
						Ver.			
						Tir.			
		PLEYİSTOSEN	ÜST				Sic.	As1,2,3: Akarsu seki konglomeraları Yml,2,3: Yamaç molozu Akt: Akdeniz kırmızı toprağı (Terra Rosa) Sk: Sert kalış Pk: Paleosolik kalış/kolon	
							Kal.	Kc: Kıyı çökelleri Fdç: Fan delta çökelleri Ayç: Alüvyon yelpazesi çökelleri (yüksek seki konglomeraları)	
		TERSİYER	NEOJEN	PLİYÖSEN	ÜST			Ast.	Tha: Handere Formasyonu: Sığ deniz ve geçiş (kıyı, lagün, delta, gelgit) ve karasal (akarsu) ortamlarında çökelen formasyon içerisinde kiltası (şeyl)-marn-siltası, fosilli oolitik kireçtaşı, jips kumtaşı, konglomera birimleri
								Pla.	
								Zan. Tab.	
				MİYÖSEN	Orta				
Tor.									
Ser.									
Lan.									
OLİGOSEN	ALT					Aki.			
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST				Sen.	Mom: Ofiyolitik Melanj: Genellikle harzburjit, dunit, verlit, gabro ve bunları kesen izole diyabaz daykları, volkanik diyabaz, serpantin radyolarit ve değişik yaşlarda kaya blokları içeren melanj		
						Neo.			
						Mal.			
PALEOZOYİK	PERMİYEN						Pfk: Karahamzauşağı Formasyonu: Kireçtaşı, mermer, dolomit, şist		
						KARBONİFER			

Şekil 4.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş dikme kesiti [48].

4.1.1.2. Mersin ofiyolitik melanji (Mom)

Ofiyolitik birimler genellikle Mersin'in kuzeyinde yer alan derin vadiler içinde görülmektedir. Ofiyolitik melanj içinde ofiyolitik kayalardan gabro, harzburjit, verlit, dünit, klinopiroksenit, verzolit, diyabaz, radyolarit ve derin deniz sedimanlarının yanı sıra ofiyolitlerin yerleşimi esnasında havzaya düşen Permian, 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 [48]. 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 ayrılanmıştır [48].

4.1.2.1. Gildirli formasyonu (Tgi)

Gildirli Formasyonu, başlıca konglomera-kumtaşı, silttaşı-kiltaşı ve killi kireçtaşı-marn gibi belirgin üç kaya biriminden oluşmuştur [48]. Bunlar birbirleri ile girik ve ardalanmalı olmakla beraber, konglomera-kumtaşı birimi formasyonun alt bölümlerinde, silttaşı-kiltaşı birimi orta bölümlerinde ve killi kireçtaşı-marn birimi de üst bölümlerde egemendir. Schmidt [39] tarafından Adana havzasında isimlendirilen formasyonun tip kesit yerini inceleme alanı dışında N34a1 paftası içerisinde bulunan Gildirli Köyü oluşturmaktadır. Çalışma sahasına en yakın tip

kesit yeri O33a1 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 konglomerası 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 aşındırıcıdır. Karaisalı Formasyonu altına gelen ve taban konglomerası özellikleri gösteren bölümler iyi boylanmıştır [48].

Silttaşı-kiltaşı birimi 2–50 cm kalınlıkta, onlarca metre yanal yayımlı silttaşı ve kiltası katmanlarından oluşmuştur. Hemen hemen her bir konglomera-kumtaşı birimi üst bölümlere doğru, göreceli olarak silttaşı-kiltaşı birimine geçmektedir [48]. Akarsuyun aşındırma özelliklerinden dolayı bu birim çoğunlukla değişik boyutlarda kama ve mercekler şeklinde görülür. Gri, yeşil, siyah renklerde silttaşı ve kiltası 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 [48]. Bu birim, üzerine gelen Karaisalı Formasyonu ile düşey geçişlidir. Gildirli Formasyonu, oturduğu birimler üzerine diskordan olarak gelmektedir. Bölgede Gildirli Formasyonu'nun kalınlığı oturduğu paleotopografyanın

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 [48].

Yukarıda değinilen birimlerin fasiyes özellikleri göz önüne 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 çökdikleri söylenebilir. Bu birimlerin ardalanmalı ve geçişli olması ortamın duraysız (küçük boyutlarda alçalan ve yükselen) olduğu, altlarda kaba kırıntılıların, üst bölümlerde killi kireçtaşı-marn birimlerinin egemen olması ise duraysızlığın yanı sıra transgresyonun da hüküm sürdüğünü göstermektedir [48].

4.1.2.2. Karaisalı formasyonu (Tka)

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 [39] Karaisalı Kalkeri adını vermiş, daha sonra Görür [57,58], Yetiş ve Demirkol [45] Karaisalı Kireçtaşı, İlker [59], Yalçın ve Görür [60], Yetiş ve Demirkol [61] 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 ayırtlanabilir. Bunlar:

- a) Mercanlı-algli istiftaşı ve bağlamtaşı birimi,
- b) Küçük bentik foraminiferli-algli istiftaşı birimi,
- c) Mercanlı-algli vaketaşı ve istiftaşı birimi,
- d) Büyük bentonik foraminiferli-algli istiftaşı birimi,

- e) Globigerinli-algli istifası birimi,
- f) Globigerinli-killi vaketaşı birimi olarak adlandırılmışlardır.

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 [48].

Karaisalı Formasyonu; Miyosen öncesi birimler üzerine diskordan olarak gelmesine rağmen, Gildirli Formasyonu üzerine geçişli ve transgresif olarak gelmektedir [48]. 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 [48]. 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 [48].

4.1.2.3. Güvenç formasyonu (Tgü)

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 [39] vermiştir. Alt-Orta Miyosen zamanında bölgede oluşan resif önü sığ-derin deniz ortamlarında çökelen Güvenç Formasyonu içinde iki birim ayırtlanmıştır [48]. Çoğu yerde bunlar birbirleri ile geçişlidir. Bunlar:

- a) Killi kireçtaşı-marn birimi ve
- b) Kiltası-silttaşı birimidir.

Killi kireçtaşı-marn birimi stratigrafik olarak formasyonun alt bölümlerinde (Gildirli ve Karaisalı Formasyonları 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 [48].

4.1.2.4. Kuzgun formasyonu (Tku)

Orta-Üst Miyosen zamanında bölgede, östatik deniz seviyesindeki oynamalara (transgresyon ve regresyonlar) bağlı olarak oluşan sığ deniz ve geçiş ortamlarında (kıyı, lagün, delta, gelgit ve resif) çökelen Kuzgun Formasyonu içinde dört birim ayırtlanmıştır. Bunlar; kumtaşı-konglomera, resifal kireçtaşı, tüfit ve kiltası-marn-silttaşı birimleridir [48]. Bunlardan birincisi formasyonun alt bölümlerinde, ikincisi alt-orta bölümlerde, üçüncüsü orta bölümlerde, dördüncüsü üst bölümlerde egemendir. Formasyona bu adı ilk defa Schmidt [39] vermiştir. Resifal kireçtaşı ve tüfit, formasyon içinde ayırtlanarak, diğerleri ayrılmadan bir formasyon adı altında haritalanmıştır [48].

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 dağınıktır [48].

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 [48].

Tüfit birimi (Tkut) ilk kez Schmidt [39] 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 branş, 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 [45].

Marn-şeyl-kumtaşı birimi içerisinde oran olarak kumtaşı katmanları marn ve şeyle göre oldukça azdır. Katmanlar 1–30 m kalınlıkta ve yer yer kilometrelerce uzunlukta mercekler şeklindedir [48]. 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 50–1500 m arasında değişmektedir. Formasyonun üzerine Handere Formasyonu uyumlu ve geçişli olarak gelmektedir. Şafak ve Nazik [62] buldukları fosillere göre formasyonun yaşının Tortoniyen-Mesiniyen 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 [48].

4.1.2.5. Handere formasyonu (Tha)

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 [48]. Bunlar birbirleri ile girik olup, ilk üçü çoğunlukla formasyonun alt bölümlerinde, diğeri üst bölümlerinde egemendir. Formasyona bu adı ilk defa Schmidt [39] vermiştir. Üst Miyosen'de (Mesiniyen) bölgede uzunca bir zaman hüküm süren kurak ve sıcak iklim (Mesiniyen krizi) nedeni ile denizel çökellerin yanı sıra jips (anhidrit) ve tuz birimleri oluşmuştur. 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 çökelleri oluşmuştur. Fosilli oolitik kireçtaşı ve alçıtaşı (jips) birimleri formasyon içinde ayırtlanarak, diğeri ayırtlanmadan bir formasyon adı altında haritalanmıştır [48].

Kıltaşı (şeyl)-marn-silttaşı birimi, Kuzgun Formasyonu'ndaki dördüncü birime çok benzer ve 5–100 m arasında değişen kalınlıklarda ve 100–1000 m arasında değişen uzunluklarda katmanlardan oluşmuştur. Yeşilimsi gri-koyu gri renklerin hakim olduğu kıltaşı, marn ve silttaşlarının ardalanmasından oluşan bu birim bazı bölümlerinde ince kum kırıntıları içerir [48].

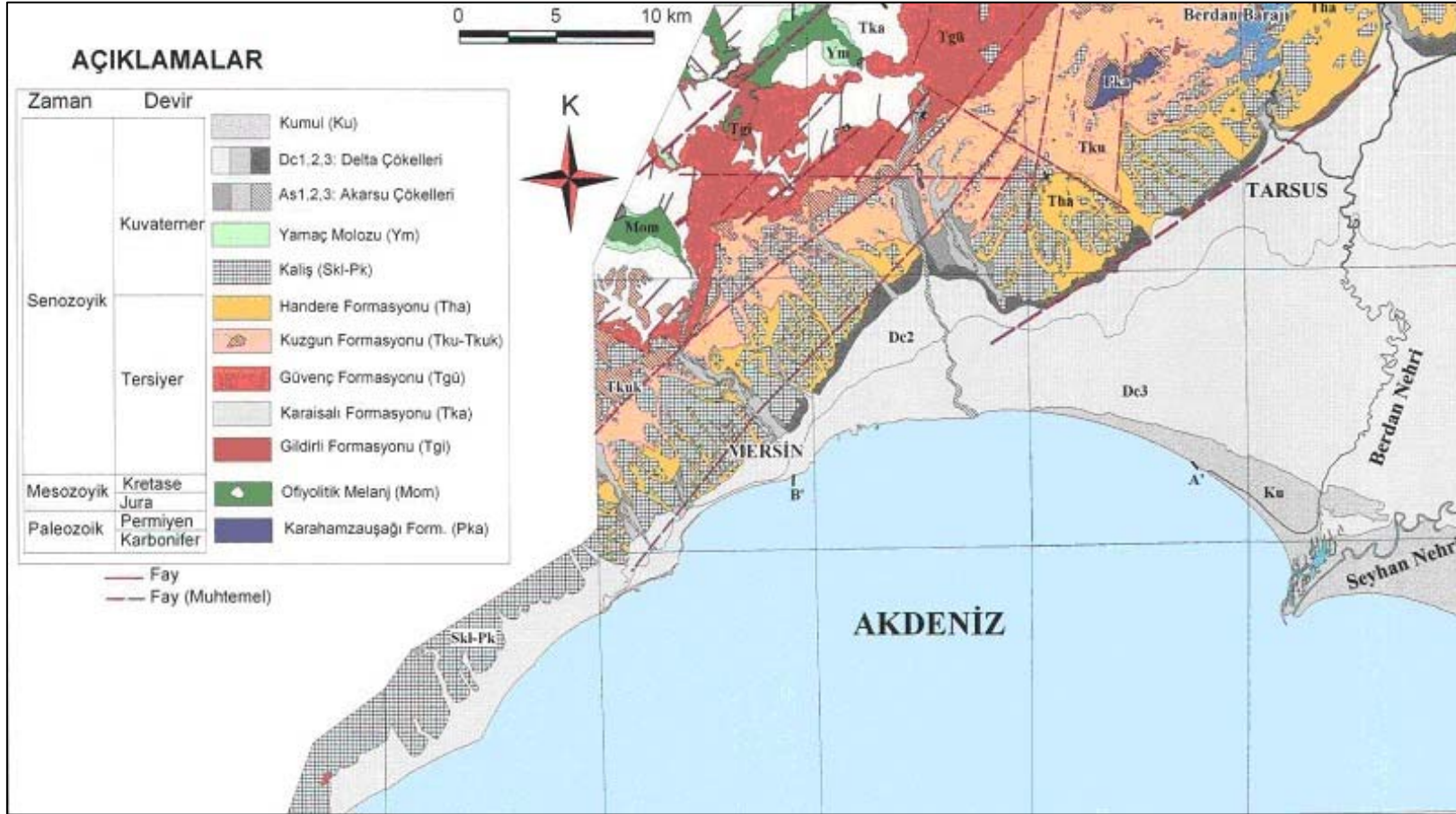
Fosilli oolitik kireçtaşı birimi sarımsı-beyaz rengin hakim olduğu, sert ve sıkı tutturulmuş bir birimdir. Birimin çoğu bölümlerinde oolitik yapı iyi gelişmesine karşın bazı bölümlerinde görülmez veya iyi gelişmemiştir [48].

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 ardalanmalıdır. Bazı bölümlerde iri kristalli, bazı bölümlerde ufak taneli ve kesme şeker görünümündedir. Kimyasal analizler sonucunda içeriğinde %33 CaO, %45 SO₃ ve %20 H₂O olduğu saptanmıştır [48].

Handere Formasyonu'nun kumtaşı-konglomera birimi, Berdan baraj gölü gövdesi sağ sahilinde tipik olarak görülür. Bu birim birkaç santimetreden birkaç

metreye erişebilen kalınlıklar arasında değişen, onlarca santimetre 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 dokanaktır. Bu formasyon üzerine Kuvaterner birimleri diskordan olarak gelmektedir. Handere Formasyonu'nun üzeri genellikle Kuvaterner birimleri ile örtülü olduğundan kesin kalınlık vermek mümkün olmamıştır, ancak çalışma bölgesinde 50–500 m arasında değişen kalınlıklarda görülmektedir [48]. Handere Formasyonu'nun yukarıda belirtilen fasiyes özellikleri göz önüne 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.



Şekil 4.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin sayısal jeoloji haritası [15].

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 [42].

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 pedolojik oluşuklar (paleosolik kaliş/kolon horizonu (Pk), Akdeniz kırmızı toprağı/Terra Rosa (Akt) ve sert kaliş (Sk)) içermektedir [42]. Kalişlerin eğimi 1°–10° arasında değişir ve hakim eğim yönü güneye doğrudur.

Alüvyon Yelpazesi Çökelleri/Yüksek Seki Konglomeraları (Ayç): Şenol [63]'un glasi tipi konglomera veya konglomeratik kaliş olarak tanımladığı birimin aynısı olan alüvyon yelpazesi çökelleri (yüksek seki konglomeraları) aşınma yüzeyleri üzerinde çökelmişlerdir. Pliyosen-Pleistosen zamanında oluşan bu yüzey, kuzeyden güneye doğru göreceli olarak eğimi azalan, doğu-batı yönünde ondülasyon gösteren, enine ve boyuna onlarca kilometre uzanımı olan Adana-Mersin hattı güneyinde denize erişen etek düzü şeklinde bir morfolojik birimdir. Şenol [63] 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 ve çamur akıntısı şeklinde gelmesi sonucu oluşmuştur [42].

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 kayaçlardan türemiştir [63]. 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 Pleistosen-Holosen zamanında gelişen akarsular tarafından aşındırılarak üzerinde vadiler açılmış, sık sık kesintilere uğramıştır. Bu yüzden çoğu yerde haritaya geçirilememiştir [42]. 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 [42].

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 [42].

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 yanı sıra toprağı oluşturan diğer faktörlerinde etkisiyle pedolojik oluşuklar (pedolojik kaliş/kolon horizonu, Akdeniz kırmızı toprağı/Terra Rosa ve sert kaliş) meydana gelmiştir [41,63].

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 Çavuşgil [41] tarafından, pedolojik kökenli olduğuna saptanmıştır. 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 [42].

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 [41,63,64]. 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 [63].

Sert Kaliş (Sk): Çavuşgil [41]'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 [41]. Başka bir deyişle Akt'nin ilk oluşum evresi olan Pk'nın üst bölümlerinin tamamen kalsite doymuş 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 minerallerinin bulunması karasal ve kurak dönem Pleistosen ürünü olduğunu, flüvyal devrelerin interflüvyal devrelerden daha az olduğunu, oluşuklarda saptanan kil minerallerine göre ayrışmaların Pleistosen başlarında başlayıp sonrada devam ettiğini göstermektedir [40,65].

4.1.3.2. Tirreniyen-Güncel birimleri

Alttaki birimler üzerine uyumsuz olarak gelen Tirreniyen-Güncel birimleri yamaç molozları (Ym1, Ym2, Ym3), akarsu seki konglomeraları (As1, As2, As3), delta çökelleri (Dç1, Dç2, Dç3), kıyı çökelleri (Kç1, Kç2, Kç3), kumullar (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 [42]. 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 boyutundan kil boyutuna kadar değişir ve köşelidir. Birim kötü boylanmalı olup, yaşlılar karbonat çimento ile sıkı tutturulmuş ve yeniler gevşektir [42].

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 5–3000 m arasında değişen mercek 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.

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 [42].

Kıyı Çökelleri (Kç1, Kç2, Kç3): Bölgede büyük olasılıkla Tirreniyen'den günümüze kadar süregelen delta çökelimine 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 Denizi'nde M.Ö. 4000–5000 yılları arasında görülen volkanizma ile eş zamanlı olduğu düşünülmektedir. Daha sonra deniz seviyesindeki alçalma ile Kç3 olarak adlandırdığımız güncel kıyı çökelleri oluşmuştur [42].

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 ve Topraklar: 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 [42].

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 1100–300 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, doğu-batı yönünde Tarsus Çayı ve Deliçay, kuzey-güney yönünde ise Mersin-Adana devlet karayolu (D400) ve Akdeniz arasındaki yaklaşık 200 km²'lik bir alanı kaplar. 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 durumdadır.

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 Toroslarla uyumlu bir yükselme gözlenen bölgede, Bolkar Dağları ve bunun üzerindeki zirveler önemli yükseltileri oluşturur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Çalışma alanının genel konumu.

4.2.3. Nüfus ve Yerleşim

Bölgenin geçmişi Neolitik döneme (İ.Ö. 3600) kadar uzanır. 2007 yılı ADNKS (Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi) sonuçlarına göre bölgede yaşayan kişi sayısı yaklaşık olarak 33.127'dir [66]. Bu nüfusun yarısına yakın kısmı bölgedeki çeşitli sanayi kuruluşlarında çalışanlar oluşturmaktadır. Bölgenin ekonomik faaliyetleri bir zamanlar tamamen tarıma dayalı iken, ATAŞ (Anadolu Tasfiyehanesi A.Ş.) petrol rafinerisinin bölgede kurulması sebebiyle, petrol şirketlerinin cazibe merkezi konumuna gelmiştir. Bölgede birçok (petrol ve LPG) depolama-dolum şirketi faaliyet göstermektedir. Bunların yanı sıra bu bölgede Soda Sanayi ve Kromsan başta olmak üzere çeşitli fabrikalar bulunmaktadır. 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'te çalışma alanında bulunan başlıca yerleşim yerleri görülmektedir. Bunlardan bazıları; Kazanlı Belediyesi, Yenitaşkent Beldesi, Adanahoğlu, Atalar, Köselierli, Bahşiş, Kulak, Yeşiltepe, Hasanağa, Aliaga ve Yeniçay'dır.

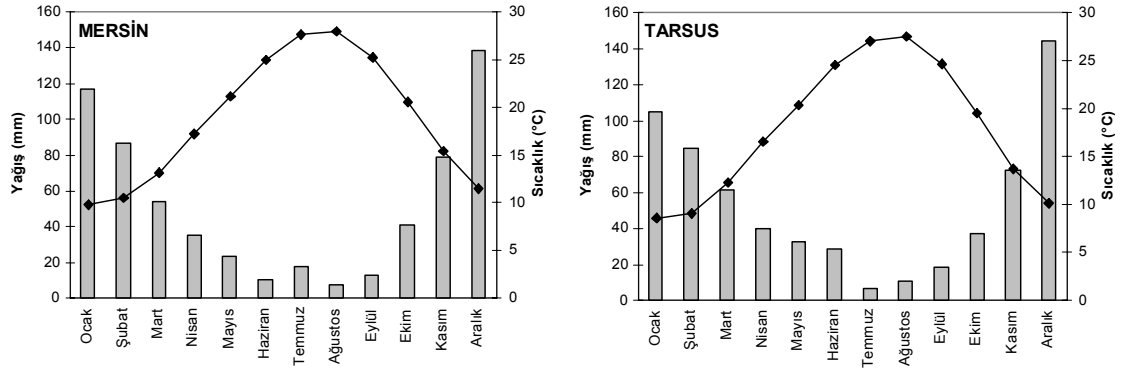


Şekil 4.4. Çalışma alanında bulunan başlıca yerleşim yerleri.

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 [14]. Mersin ili ve Tarsus ilçesine ait aylık ortalama yağış ve sıcaklık değerleri Şekil 4.5'te görülmektedir. Bölgede yıllık ortalama yağış miktarları Mersin ili için yaklaşık 502 mm ve Tarsus ilçesi için 489 mm'dir. En çok yağışın Kasım-Mart ayları arasında gözlendiği bölgede bazen uzun süreler boyunca (3-4 ay) hiç yağış gözlenmez. Ortalama yağış miktarı 1930-2001 yılları arası dönemde 603 mm olarak hesaplanmıştır. Son 30 yıllık döneme bakıldığında yıllık

ortalama yağış 450–736 mm arasında değişmektedir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün yağış gözlem istasyonu verileri, dağlık kesimlerde yağışların daha yüksek olduğunu göstermektedir. Yaz aylarında ani ve şiddetli yağışlar gözlenebilir. Dağlık kuzey bölgelerde daha çok karasal iklim hakimdir. Ortalama sıcaklık değerleri ise Mersin ili için yaklaşık 18,8°C ve Tarsus ilçesi için 17,9°C'dir. Yıl içinde sıcaklığın en düşük olduğu aylar Ocak ve Şubat; en yüksek olduğu aylar ise Temmuz ve Ağustos aylarıdır [67].



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 Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır).

Çalışma alanındaki bitki örtüsü “Delta Ekosistemi” ve “Doğal Yapısını Tümüyle Kaybetmiş Alanlar” olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır. Seracılık ve tarım faaliyetlerinin yoğun olarak gözlendiği bölgede, birbirinden izole ve yer yer geniş ormanlık alanlar oluşturan okaliptüs ağaçları mevcuttur [14]. 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. Bölgede çoğunlukla biber, nane, fasulye, maydanoz, tere, dereotu, semizotu, roka, domates, portakal, mandalina, v.b. çeşitli sebze ve meyve tarımı yapılmaktadır [14].

4.3. ÇALIŞMA ALANININ HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ

4.3.1. İçme Suyu Kaynakları ve Barajlar

Türkiye’de, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından belirlenmiş 26 akarsu havzasından biri Mersin ili sınırları içerisinde bulunmaktadır. Bu havza “Doğu Akdeniz Havzası” olarak adlandırılmaktadır. Havza kapsamındaki akarsular başka il sınırları içerisinde doğmakta ve Akdeniz’e dökülmektedir [67]. Mersin kenti ve Tarsus ilçesinin içme suyu Tarsus Çayı (Berdan Nehri) üzerindeki Berdan barajından karşılanmaktadır. Mersin iline bağlı diğer ilçe ve köylerin içme suyu temini İller Bankası ve Köy Hizmetleri’nce sağlanmakta ve çoğunlukla membalar ve kuyulardan faydalanılmaktadır [67]. Berdan barajı; Tarsus ilçesi sınırları içindedir. Berdan barajını besleyen su kaynağı Berdan Nehridir. Toplam uzunluğu 124 km olan Berdan Nehrinin debisi 42 m³/sn’dir. İl sınırları içerisindeki başlangıç noktası At Dağı olup Berdan Barajından sonra Kulakköy mevkiinden Akdeniz’e dökülmektedir [67]. 1984 yılında hizmete giren Berdan barajı; içme suyu, sulama, taşkın koruma ve enerji üretimi olarak çok amaçlı kullanılmaktadır [67]. Barajın özellikleri şöyledir:

Tipi	: Zonlu Toprak Dolgu
Yağış Alanı	: 1592 km ²
Göl Alanı	: 6,55 km ²
Yüksekliği (talvegten)	: 41,6 m
Kret Kotu	: 71,6 m
Kret Uzunluğu	: 590 m
Toplam Hacmi	: 185.521.000 m ³
Normal Su Seviyesinde Hacmi	: 144.596.000 m ³
Aktif Hacim	: 124.306.000 m ³
Minimum Su Seviyesinde Hacmi	: 20.290.000 m ³

3. ünite arıtma tesisinin tamamlanmasıyla birlikte yıllık 142,5 hm³ içme suyu temin edebilecek kapasitededir [67]. Tarsus Çayı, antik çağda, Tarsus’un içinden geçtiğinden nehir ağzından Tarsus limanına kadar gemiler girer-çıkarmış. Berdan

barajı aynı zamanda Tarsus kenti ve Berdan Ovasını taşkınlardan korumaktadır [67]. Tarsus Çayı, Bolkar Dağlarının Değnek köyü doğusunda kalan kesiminin sularını toplar. Değnek köyü doğusundan akan Pamukdere, Gülek boğazından akan Yeşiloluk Deresi ve arada kalan Kadıncık deresi başlıca kollarıdır. Tarsus Çayının en yüksek debisi 1222 m³/sn, en düşük debisi ise 9,33 m³/sn'dir [67].

4.3.2. Göletler

Çalışma alanı dahilinde, özellikle Akdeniz kıyısına yakın bölgelerdeki kumluk alanlarda çok sayıda küçük gölet mevcuttur. Bu göletler, daha çok sera tarımının yapıldığı bölgelerde yoğun olarak bulunur.

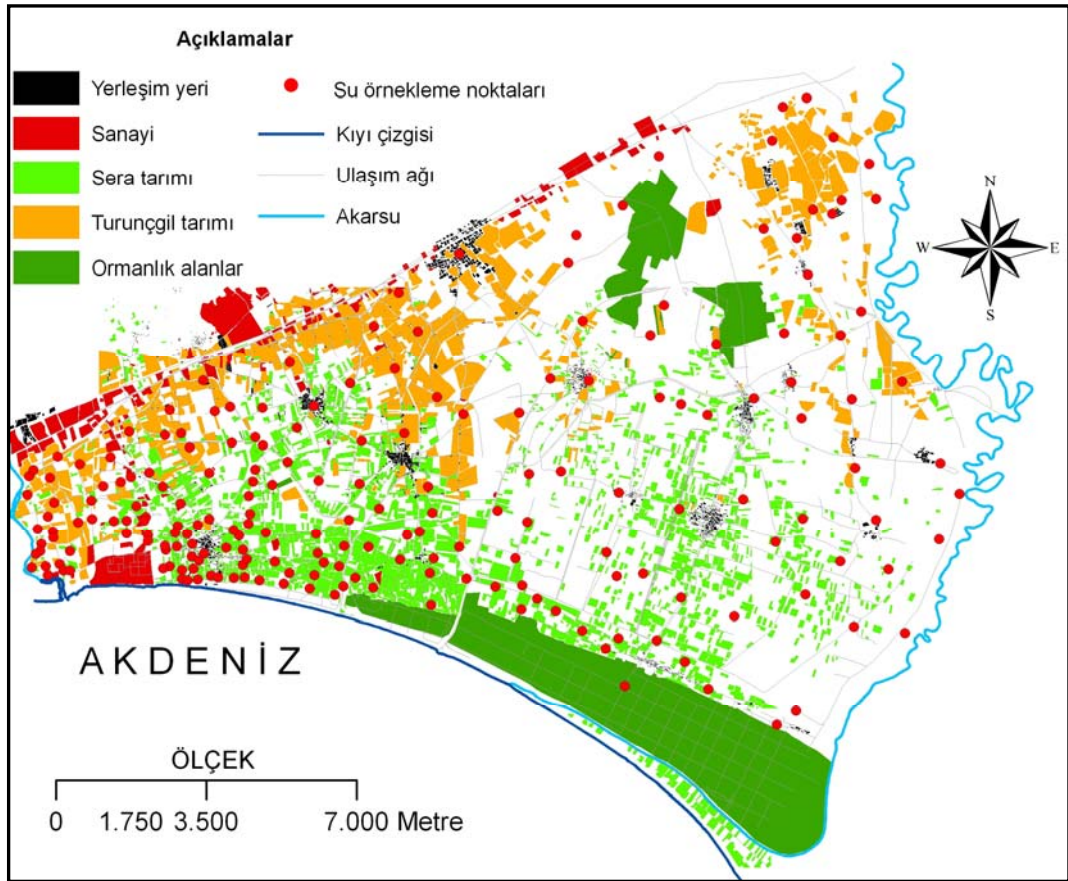
4.3.3. Kanallar ve Su Yapıları

İnceleme alanı dahilinde, DSİ tarafından yapılmış birçok sulama kanalı ve drenaj amaçlı kanallar bulunmaktadır. Ana sulama ve kurutma kanalları genellikle kuzey-güney uzanımlıdır. Kurutma kanalları, genel olarak bölgede yüksek olan yeraltı suyu seviyesini düşürmek amaçlı yapılmıştır.

4.3.4. Kuyular

İnceleme alanında, özellikle kıyı akiferinin bulunduğu kesimde, sanayi ve tarımda kullanılmak üzere açılmış çok sayıda kuyu bulunmaktadır. Bu kuyular genellikle izinsiz olarak açıldığından özellikleri hakkında detaylı bilgi edinmek mümkün olmamıştır. Devlet Su İşleri, İl Özel İdaresi Köye Yönelik Hizmetler Müdürlüğü 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 sığ kuyu (5-15 m) mevcuttur. İnceleme alanında bulunan kıyı akiferi, bir delta ortamı olması nedeniyle heterojen bir yapıya sahiptir. Buna bağlı olarak, bölgede açılan kuyular arasında yanal ve düşey litolojik

korelasyon yapmak mümkün olmamıştır. Tane boyu dağılımında yatay ve düşey yönde kısa mesafelerde büyük değişimler görülebilir. Bu durum, sistemin hidrojeolojik özelliklerine de yansır ve hidrolik iletkenlik, porozite, özgül depolama katsayısı ve benzeri hidrojeolojik parametreler bu tür ortamlarda konuma bağlı olarak sürekli değişim gösterir. Bölgedeki arazi çalışmaları sonucunda belirlenen 205 adet kuyudan Ağustos 2008 döneminde çeşitli fiziksel ve kimyasal parametrelerin (nitrat ve nitrit) belirlenmesi amacıyla su örnekleri alınmıştır. Su örnekleme noktalarının çalışma alanındaki dağılımı Şekil 4.6’da verilmiştir.



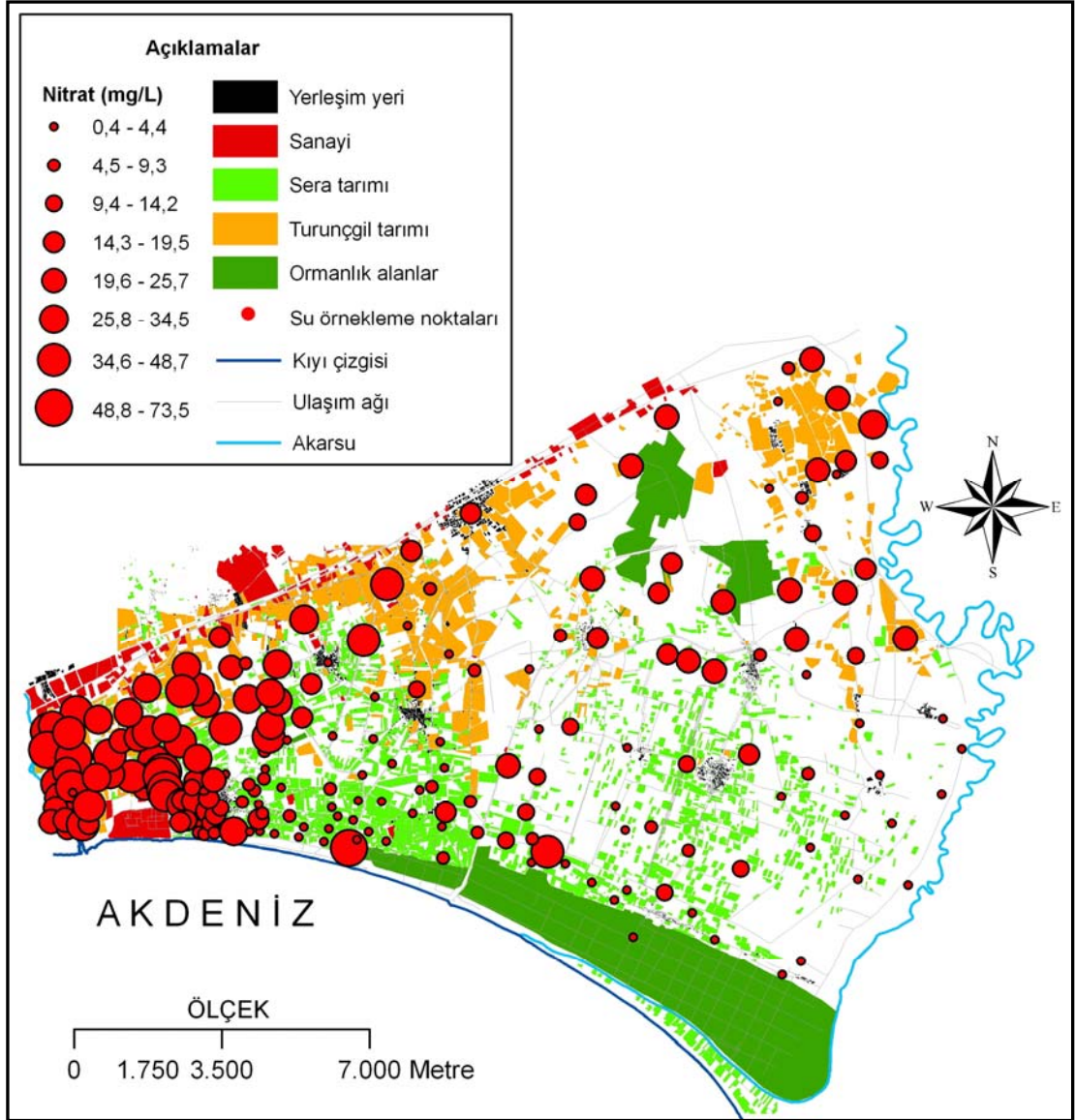
Şekil 4.6. Su örnekleme noktalarının çalışma alanındaki dağılımı.

4.4. YERALTI SULARINDA NİTRAT VE NİTRİT KİRLİLİĞİ

4.4.1. Çalışma Alanında Nitrat Kirliliği ve Alansal Dağılımı

Ülkemizde geçerli olan içme suyu standartlarına (TS 266) göre nitrat (NO_3^-) için insani amaçlı içme sularında müsaade edilebilir maksimum değer 45 mg/L olarak tanımlanmaktadır. Çalışma alanından Ağustos 2008 döneminde alınan 10 adet yeraltı suyu örneğinde nitrat konsantrasyonu bu standardın üstünde bulunmuştur. Geriye kalan 195 yeraltı suyu örneğinde ise nitrat konsantrasyonları ya belirtilen sınır değerinin altında yada bu değere yakındır. Çalışma alanından alınan 205 adet yeraltı suyu örneği için; nitrat konsantrasyonu aralığı 0,44–73,48 mg/L, ortalama nitrat konsantrasyonu 16,41 mg/L, medyan nitrat konsantrasyonu 11,95 mg/L ve standart sapma 15,86 olarak bulunmuştur.

Çalışma alanında, yüksek nitrat konsantrasyonları genellikle çalışma alanının batısındaki Kazanlı Belediyesi civarında görülmektedir (Şekil 4.7). Bu alan, çeşitli sektörlerden sanayi faaliyetlerinin ve yerleşimin yoğun olarak görüldüğü bir alan olup, bölgedeki nitrat kirliliğinin kaynağının endüstriyel ve evsel atıklar gibi insan kaynaklı (antropojenik) faaliyetlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanına ait CBS tabanlı arazi kullanım haritası incelendiğinde (Şekil 4.7) sera ve turunçgil tarımı yapılan alanlarda ve ormanlık bölgelerde genellikle düşük nitrat konsantrasyonları dikkat çekmektedir. Bu durum, bölgedeki kıyı akiferinin, özellikle çalışma alanının kuzey batısındaki bölgelerde, düşey yöndeki hidrolik iletkenliğinin düşük oluşu ile açıklanabilir. Bu nedenle yüzeyde gerçekleşen tarım faaliyetlerinin nitrat kirliliği açısından önemli bir kaynak oluşturmadığı düşünülmektedir. Bölgede yapılan hidrolik iletkenlik ölçümleri ve toprak bünyesi araştırmaları da bu sonucu destekler niteliktedir [68]. Toprak dokusu analizlerine göre; yüksek kum içerikli topraklar, çalışma alanının güneyinde, Akdeniz sahiline paralel 2-3 km'lik bir zonda yer almaktadır. Yüksek kum içerikli bu alanlar çalışma alanına ait jeoloji haritasında (Şekil 4.2) kıyı kumulları olarak adlandırılan alana karşılık gelmektedir. Yapılan önceki çalışmalarda, çalışma alanındaki toprakların kil ve silt içeriklerinin %5–75 arasında değiştiği ve kuzeye doğru gittikçe bu değerlerin artış gösterdiği saptanmıştır.

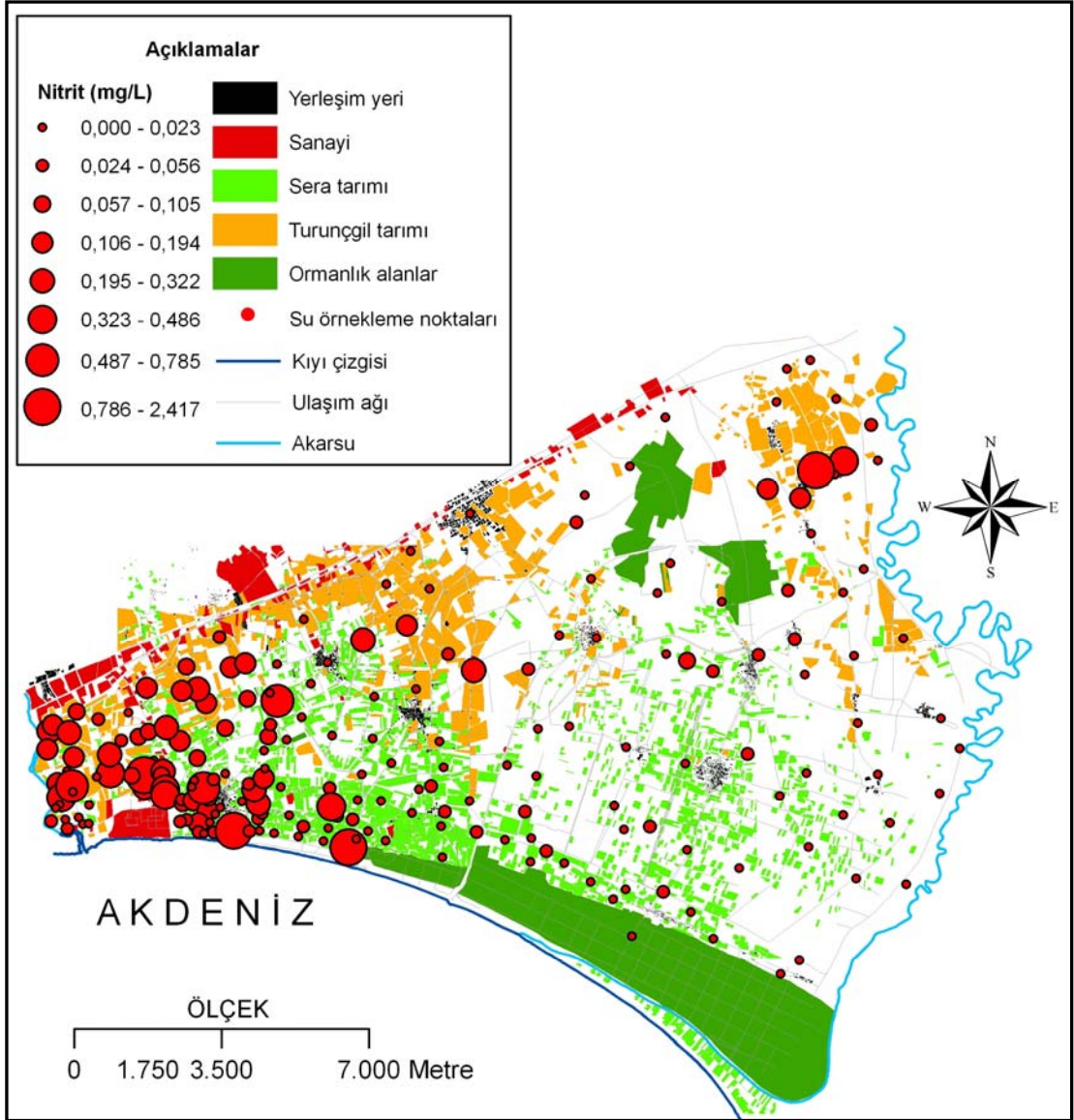


Şekil 4.7. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait nitrat düzeylerinin arazi kullanım haritasındaki dağılımı.

4.4.2. Çalışma Alanında Nitrit Kirliliği ve Alansal Dağılımı

Ülkemizde geçerli olan içme suyu standartlarına (TS 266) göre nitrit (NO_2^-) için insani amaçlı içme sularında müsaade edilebilir maksimum değer 0,5 mg/L olarak tanımlanmaktadır. Çalışma alanından Ağustos 2008 döneminde alınan 7 adet yeraltı suyu örneğinde nitrit konsantrasyonu bu standardın üstünde bulunmuştur. Geriye kalan 198 yeraltı suyu örneğinde ise nitrit konsantrasyonları ya belirtilen sınır değerinin altında yada bu değere yakındır. Çalışma alanından alınan 205 adet yeraltı suyu örneği için; nitrit konsantrasyonu aralığı 0,00–2,42 mg/L, ortalama nitrit konsantrasyonu 0,10 mg/L, medyan nitrit konsantrasyonu 0,02 mg/L ve standart sapma 0,28 olarak bulunmuştur.

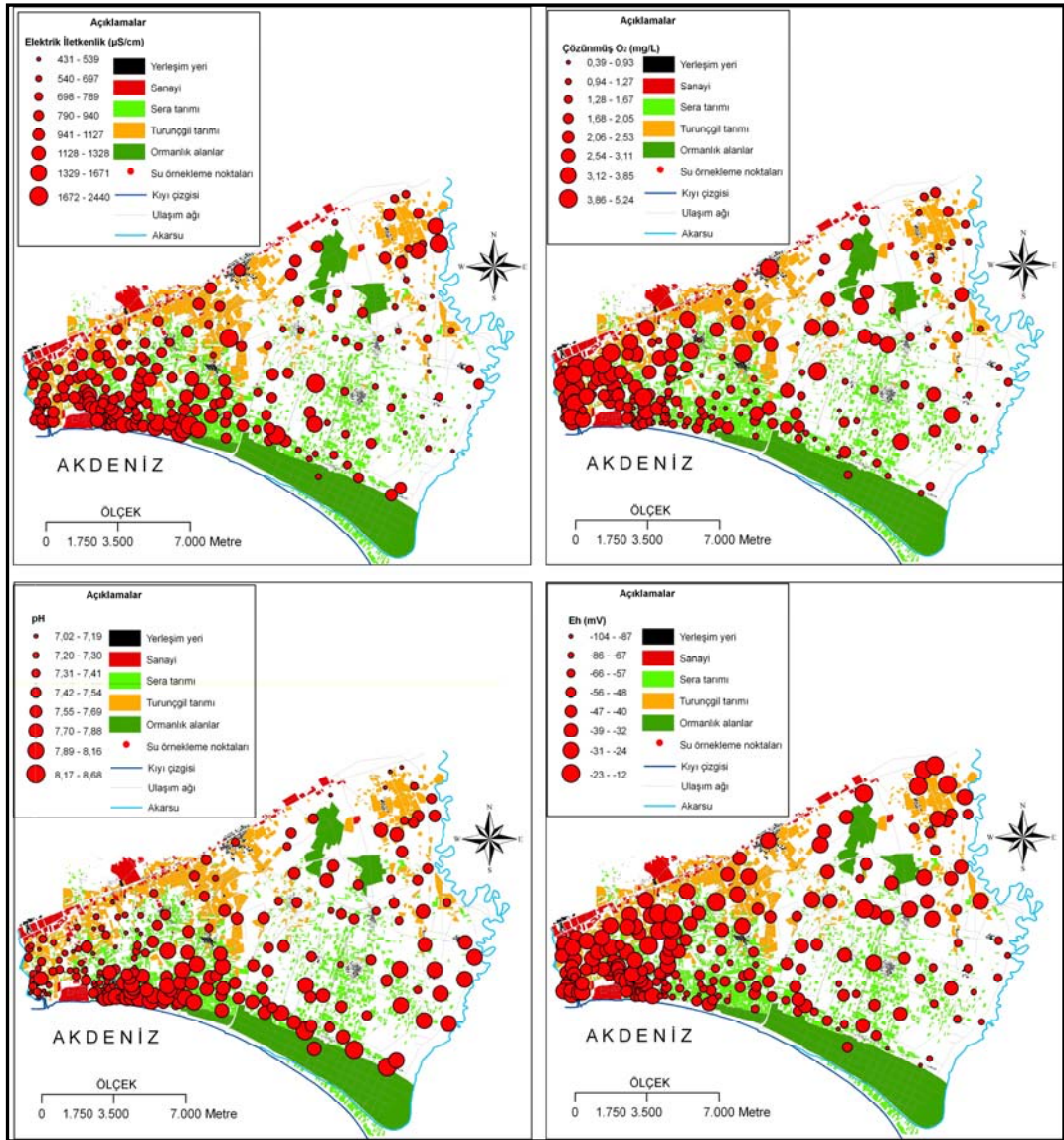
Çalışma alanında, yüksek nitrit konsantrasyonları genellikle nitrat dağılımına oldukça benzer olup çalışma alanının batısındaki Kazanlı Belediyesi civarında görülmektedir (Şekil 4.8). Bu alan, çeşitli sektörlerden sanayi faaliyetlerinin ve yerleşimin yoğun olarak görüldüğü bir alan olup, bölgedeki nitrit kirliliğinin kaynağının endüstriyel ve evsel atıklar gibi insan kaynaklı (antropojenik) faaliyetlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanına ait CBS tabanlı arazi kullanım haritası incelendiğinde (Şekil 4.8) sera ve turunçgil tarımı yapılan alanlarda ve ormanlık bölgelerde genellikle düşük nitrit konsantrasyonları dikkat çekmektedir. Bu durum, bölgedeki kıyı akiferinin, özellikle çalışma alanının kuzey batısındaki bölgelerde, düşey yöndeki hidrolik iletkenliğinin düşük oluşu ile açıklanabilir. Bu nedenle yüzeyde gerçekleşen tarım faaliyetlerinin nitrit kirliliği açısından önemli bir kaynak oluşturmadığı düşünülmektedir. Bölgede yapılan hidrolik iletkenlik ölçümleri ve toprak bünyesi araştırmaları da bu sonucu destekler niteliktedir [68]. Toprak dokusu analizlerine göre; yüksek kum içerikli topraklar, çalışma alanının güneyinde, Akdeniz sahiline paralel 2-3 km'lik bir zonda yer almaktadır. Yüksek kum içerikli bu alanlar çalışma alanına ait jeoloji haritasında (Şekil 4.2) kıyı kumulları olarak adlandırılan alana karşılık gelmektedir. Yapılan önceki çalışmalarda, çalışma alanındaki toprakların kil ve silt içeriklerinin %5–75 arasında değiştiği ve kuzeye doğru gittikçe bu değerlerin artış gösterdiği saptanmıştır.



Şekil 4.8. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait nitrit düzeylerinin arazi kullanım haritasındaki dağılımı.

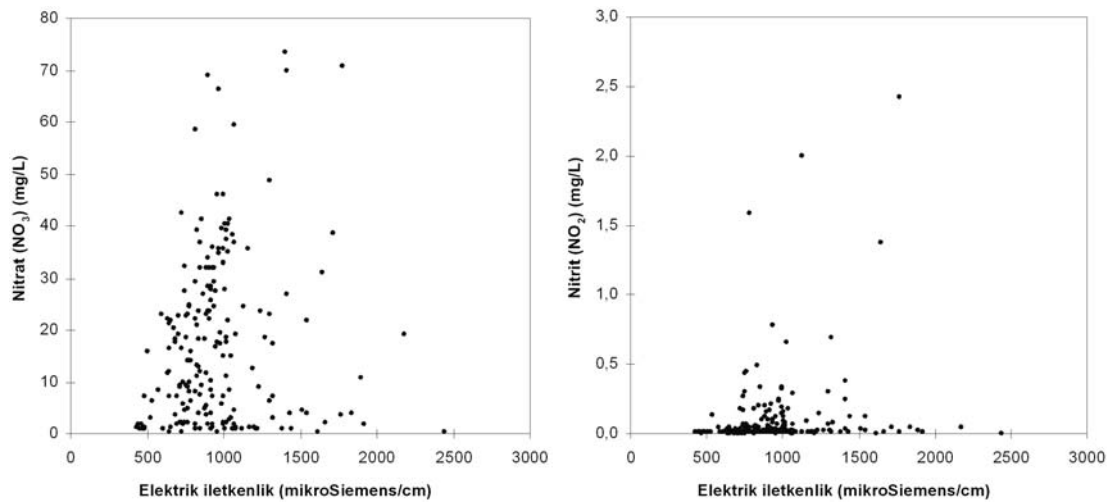
4.4.3. Nitrat ve Nitrit Seviyelerinin Fiziksel Parametrelerle İlişkisi

Bu çalışma kapsamında, yeraltı sularında ölçülen nitrat ve nitrit seviyeleri, arazide ölçülen fiziksel parametrelere (Elektrik iletkenlik, Çözünmüş oksijen, pH ve Eh) ait değerlerle karşılaştırılmıştır. Yeraltı suyu örneklerinde ölçülen çeşitli fiziksel parametrelere ait değerlerin dağılımı Şekil 4.9'da arazi kullanım haritaları ile birlikte sunulmuştur.



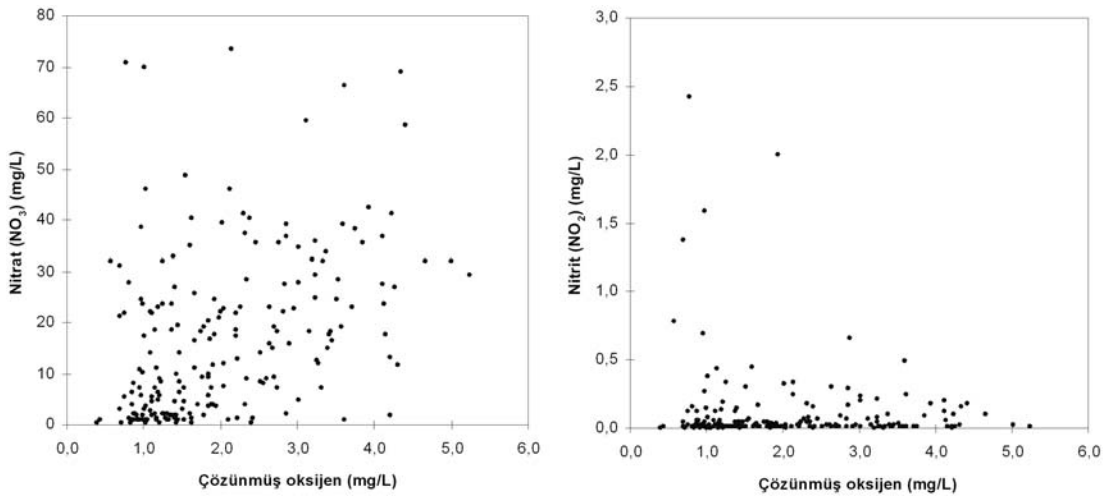
Şekil 4.9. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çeşitli fiziksel parametrelerin (Elektrik iletkenlik, Çözünmüş oksijen, pH ve Eh) arazi kullanım haritasındaki dağılımı.

Elektrik iletkenliği (EC), bir maddenin üzerinden geçen elektrik akımına karşılık, o maddenin elektrik akımına gsterdiği kolaylıktır. Yani maddeden elektrik akımı ne kadar kolay geçerse (direnci ne kadar az ise) o madde o kadar iyi iletkendir. Suda molekoller halinde ozünen maddelerin sulu ozelteleri iletken değildir. Ancak, suda iyonlaşan bileşiklerin sulu ozelteleri iletkendir. Çalışma alanından alınan 205 adet yeraltı suyu rneği için EC değerleri aralığı 431–2440 μ Siemens/cm; ortalama EC değerleri 956 μ Siemens/cm; medyan EC değerleri 905 μ Siemens/cm ve standart sapma 313 olarak bulunmuştur. şekil 4.9’da da görüldüğü üzere kuzeyden güneye doğru gidildikçe EC değerleri göreceli olarak artış göstermektedir. Bu durum, yeraltı suyunun beslenme bölgesinden boşalım bölgesine doğru olan akışı sırasında içinden geçtiği çeşitli litolojik birimlerle girdiği çeşitli kimyasal tepkimelerle açıklanabilir. Ancak kıyıya yakın bölgelerde endüstriyel veya tarımsal amaçlı yapılan aşırı pompaj da kıyı akiferinde tuzlanmaya neden olmuş ve özellikle Kazanlı civarında yeraltı suyu EC değerleri bu tuzlanmadan dolayı yükselmiştir [49]. şekil 4.10’da EC değerlerine karşılık nitrat ve nitrit konsantrasyonlarının değişimi görülmektedir. Bu şekle göre EC değerleri 500–1500 μ Siemens/cm arasında iken nitrat ve nitrit konsantrasyonları yüksek değerler almakta, ancak EC değerleri 1500 μ Siemens/cm’in üzerinde olduğunda nitrat ve nitrit konsantrasyonları düşüş göstermektedir.



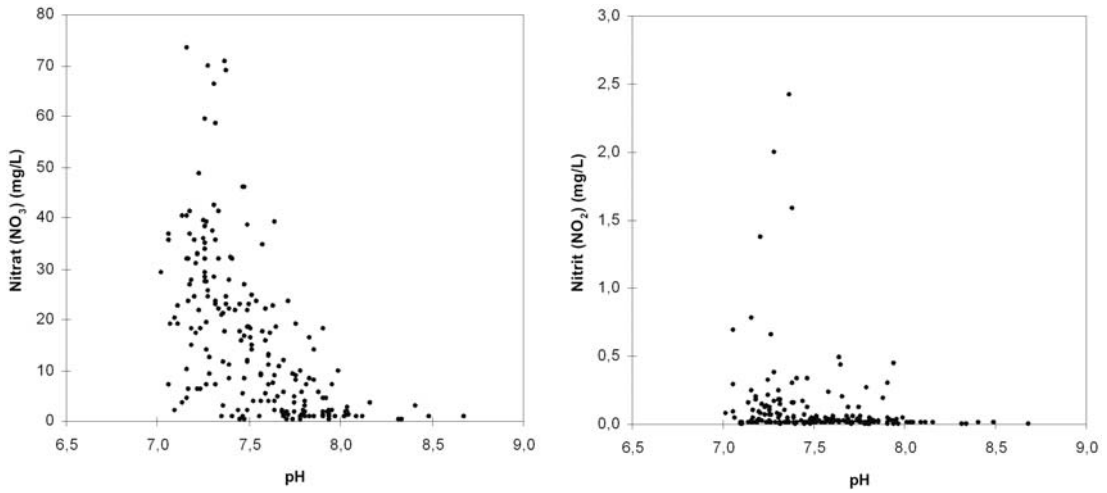
şekil 4.10. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait elektrik iletkenlik (EC) değerleri–nitrat ve nitrit ilişkisi.

Yeraltı sularındaki çözülmüş oksijen (ÇO), yağış sırasında havadaki oksijenin suda çözünmesinden ileri gelir. Oksijenin sudaki çözünürlüğü, havadaki oksijenin kısmi basıncı, suyun sıcaklığı ve suyun içinde çözülmüş halde bulunan minerallerin konsantrasyonuna bağlıdır. Çalışma alanından alınan 205 adet yeraltı suyu örneği için ÇO değerleri aralığı 0,39–5,24 mg/L; ortalama ÇO değeri 2,01 mg/L; medyan ÇO değeri 1,70 mg/L ve standart sapma 1,07 olarak bulunmuştur. Şekil 4.9'da da görüldüğü üzere kuzeyden güneye doğru gidildikçe ÇO değerlerinde göreceli olarak bir azalma gözlenmektedir. Bu durum, yeraltı suyunun beslenme bölgesinden boşalım bölgesine doğru olan akışı sırasında içinden geçtiği çeşitli litolojik birimlerle girdiği çeşitli kimyasal tepkimelerle açıklanabilir. Yeraltı sularında çözülmüş halde bulunan oksijen bu kimyasal tepkimelerin büyük bir çoğunluğu sırasında (özellikle aerobik bakteriler tarafından gerçekleştirilen tepkimelerde) tüketilir ve ÇO konsantrasyonlarında göreceli bir azalma gözlenir. Şekil 4.11'de ÇO değerlerine karşılık nitrat ve nitrit konsantrasyonlarının değişimi görülmektedir. Bu şekle göre ÇO değerleri ile nitrat ve nitrit konsantrasyonları arasında çok önemli bir ilişki mevcut değildir. Ancak, nitrat konsantrasyonu yüksek olan örneklerin yüksek ÇO değerlerine sahip olduğu söylenebilir. Nitrit için ise tersi bir durum söz konusudur.



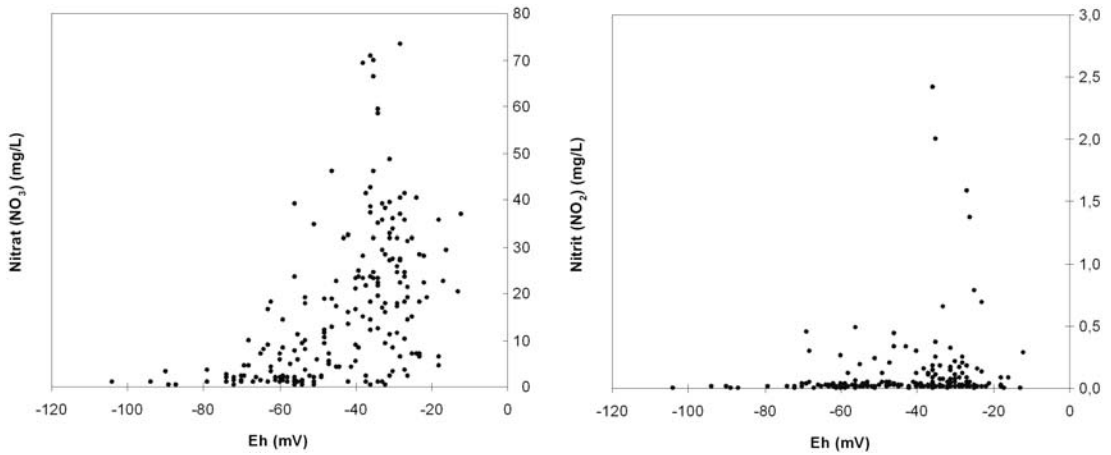
Şekil 4.11. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait çözülmüş oksijen (ÇO) değerleri–nitrat ve nitrit ilişkisi.

pH bir çözeltinin asitlik veya alkalilik derecesini tarif eden bir ölçü birimidir ve ölçüm aralığı 0 ile 14 arasında değişir. Bir çözeltinin pH değeri hidrojen iyonu $[H^+]$ ile hidroksil iyonunun $[OH^-]$ derişimlerinin oranına doğrudan bağlıdır. Eğer H^+ derişimi OH^- derişiminden fazla ise çözelti asidik; yani pH değeri 7'den düşüktür. Eğer OH^- derişimi H^+ derişiminden fazla ise çözeltimiz bazik; yani pH değeri 7'den büyüktür. Eğer OH^- ve H^+ iyonlarından eşit miktarlarda mevcutsa çözelti nötrdür (pH = 7). Çalışma alanından alınan 205 adet yeraltı suyu örneği için pH değerleri aralığı 7,02–8,68; ortalama pH değeri 7,54; medyan pH değeri 7,49 ve standart sapma 0,31 olarak bulunmuştur. Şekil 4.9'da da görüldüğü üzere kuzeyden güneye doğru gidildikçe pH değerlerinde göreceli bir artış gözlenmektedir. Bu durum, yeraltı suyunun beslenme bölgesinden boşalım bölgesine doğru olan akışı sırasında içinden geçtiği çeşitli litolojik birimlerle girdiği çeşitli kimyasal tepkimelerle açıklanabilir. Özellikle silikatların hidroliz tepkimeleri sırasında, yeraltı sularının pH değerleri göreceli olarak artarak deniz suyu değerlerine yaklaşır. Şekil 4.12'de pH değerlerine karşılık nitrat ve nitrit konsantrasyonlarının değişimi görülmektedir. Bu şekle göre; pH değerleri ile nitrat ve nitrit konsantrasyonları arasında ters (negatif) bir ilişki mevcuttur. Burada; yeraltı suyu pH değerleri 7–8 aralığındayken nitrat ve nitrit konsantrasyonları yüksek değerler sergilemektedirler. Bu aralığın dışında nitrat ve nitrit konsantrasyonları oldukça düşük değerler almaktadırlar.



Şekil 4.12. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait pH değerleri–nitrat ve nitrit ilişkisi.

Yükseltgenme-indirgenme potansiyeli olarak ta bilinen Eh değerleri indirgen (oksijensiz) ortamlarda negatif değerler alırken, yükseltgen (oksijence zengin) ortamlarda pozitif değerler alır ve ölçüm sonuçları genellikle volt yada milivolt cinsinden ifade edilir. Genellikle pH ile arasında sıkı bir negatif ilişki mevcuttur. Çalışma alanından alınan 205 adet yeraltı suyu örneği için Eh değerleri aralığı $-12 - -104$ mV; ortalama Eh değeri $-43,7$ mV; medyan Eh değeri $-39,0$ mV ve standart sapma 16,9 olarak bulunmuştur. Şekil 4.9’da da görüldüğü üzere kuzeyden güneye doğru gidildikçe Eh değerlerinde göreceli olarak bir azalma gözlenmektedir. Ayrıca bu şekilde; pH ve Eh arasındaki sıkı negatif ilişki oldukça açık bir şekilde görülmektedir. Şekil 4.13’te Eh değerlerine karşılık nitrat ve nitrit konsantrasyonlarının değişimi görülmektedir. Bu şekle göre; Eh değerleri ile nitrat ve nitrit konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişki mevcuttur ve Eh değerleri $-80 - -20$ mV aralığındayken nitrat ve nitrit konsantrasyonları yüksek değerler sergilemektedirler. Eh değerleri -90 mV’tan düşük değerlere sahip yeraltı sularında nitrat ve nitrit yok denecek kadar az bulunmaktadır.



Şekil 4.13. Çalışma alanından alınan yeraltı suyu örneklerine ait Eh değerleri–nitrat ve nitrit ilişkisi.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. SONUÇLAR

Bu çalışma ile Deliçay (Mersin) ile Tarsus Çayı (Berdan Nehri) (Tarsus) arasında kalan geniş bölgedeki yeraltı suyu fiziksel parametrelerinin değişimi ile nitrat ve nitrit kirliliklerinin miktarı ve alansal yayılımları belirlenmiştir. Bölgede yapılan arazi çalışmaları sonucunda belirlenen kuyulardan (205 adet) Ağustos 2008 döneminde örnekleme yapılarak çeşitli fiziksel parametreler (Elektrik iletkenlik, Çözünmüş oksijen, pH ve Eh) arazide yerinde ölçülmüş daha sonra laboratuvara getirilen bu örneklerde nitrat ve nitrit konsantrasyonları belirlenmiştir. Yeraltı suyu örnekleme için seçilen kuyular, çoğunlukla tulumbalı kuyulardan oluşmakta olup düzenli olarak tarımsal sulama faaliyetlerinde ve içme amaçlı kullanılmaktadırlar. Alınan su örneklerinde nitrat ve nitrit analizleri, Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su Kimyası laboratuvarında bulunan Hach Lange DR 2800 marka spektrofotometre kullanılarak yapılmıştır. Arazide ve laboratuvarında yapılan analizler sonucu elde edilen veriler ArcGIS 9 yazılımı kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi veritabanına aktarılmıştır. Daha sonra bölgeye ait yüksek çözünürlüklü Quickbird uydu görüntüleri kullanılarak, çalışma alanının arazi kullanım haritası oluşturulmuş ve tüm sonuçlar elde edilen bu tematik haritanın üzerinde sunulmuştur.

Bölgeden Ağustos 2008 döneminde alınan yeraltı suyu örneklerinde yapılan nitrat ve nitrit anyonlarına ait analiz sonuçları değerlendirildiğinde bazı değerlerin ülkemizde geçerli olan içme suyu standartlarının (TS 266) oldukça üzerinde olduğu gözlenmektedir. Ülkemiz için insani amaçlı içme sularında müsaade edilebilir maksimum değer nitrat için 45 mg/L ve nitrit için 0,5 mg/L olarak tanımlanmaktadır. Yapılan bu çalışma sonucunda, nitrat konsantrasyonları 10 yeraltı suyu örneğinde, nitrit konsantrasyonları ise 7 yeraltı suyu örneğinde içme suyu standartlarının üzerinde değerler göstermiştir. Yüksek konsantrasyonların gözlendiği yeraltı suyu örneklerindeki nitrat ve nitrit anyonları kanserojen olmaları nedeniyle önemlidir. Bu suların insani içme amaçlı olarak kesinlikle kullanılmaması gerekmektedir. Ağustos 2008 döneminde bölgeden alınan yeraltı suyu örneklerinde ölçülen nitrat (NO_3^-) ve

nitrit (NO_2^-) değerlerinin dağılımına bakıldığında kirliliğin belirli bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Genel itibariyle bölgedeki yüksek nitrat ve nitrit konsantrasyonları yerleşimin ve çeşitli sanayi faaliyetlerinin yoğun olarak görüldüğü Kazanlı Belediyesi civarında yoğunlaşmakta olup kirliliğin kaynağının bölgedeki endüstriyel ve evsel atıklar gibi insan kaynaklı (antropojenik) faaliyetlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bunların yanı sıra bölgede tarımsal faaliyetler ve aşırı gübrelemeden kaynaklanan nitrat ve nitrit kirliliğinin varlığı da göz ardı edilemez.

5.2. ÖNERİLER

Bölgede görülen nitrat ve nitrit kirliliğinin azaltılması veya önlenmesi için en başta yerleşim yerleri için düzenli bir kanalizasyon sistemiminin kurulması ve bununla birlikte kontrolsüz endüstriyel atık suların yeraltı veya yüzey sularına deşarjına izin verilmemesi gerekmektedir. Toplanan tüm bu atık sular fiziksel ve biyolojik arıtıma tabi tutularak temizlenmeli ve ancak bundan sonra yeraltı veya yüzey sularına izin verilen miktarlar doğrultusunda deşarj edilmelidir. Ayrıca, tarımsal faaliyetler sonucu oluşan nitrat ve nitrit kirliliğinin etkilerini azaltmak açısından kimyasal ve suni gübre kullanımının kontrollü ve minimum seviyede yapılması gerekmektedir. Bunun için bölgede yetiştirilen bitki türlerinin azot ihtiyacının belirlenmesi ve gübrelemenin bu ihtiyaç doğrultusunda yapılması kirliliğin önlenmesi bakımından faydalı olacaktır. Ayrıca, gübrelemenin yapıldığı bölgelerde sulama sonrası oluşacak sızıntı sularının yeraltı sularına ulaşmasını önleyecek tedbirlerin alınması bu tür faaliyetlerin yeraltı suyu kalitesini etkilememesi bakımından bir gerekliliktir. Kuyulardan elde edilen sulama sularının toplam azot analizleri yapılarak, elde edilen sonuçlara göre gübreleme programları hazırlanmalı ve bu yolla gereğinden fazla azotlu gübre kullanımından kaçınılmalıdır. nemli düzeylere ulaşan bu sorunun nedenlerini inceleyen daha geniş kapsamlı ve yılın değişik dönemlerini içeren araştırmalara acilen ihtiyaç vardır. Bu araştırmalar hem ekonomik boyutu hem de evre sağlığı açısından büyük öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- [1] Türker, O., “İçme Suyu Arıtma Kimyası. İçme Sularının Arıtımı”, Ankara, s. 7-11, (1995).
- [2] Çağlar, S., “İçme Suyu Arıtımında Birim İşlemler”, İller Bankası Genel Müdürlüğü Seminer Notları, Ankara, (1996).
- [3] Özdemir, T. “Nitratın Çeşitli Topraklardaki Adsorpsiyon ve Taşınımının İncelenmesi”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, (2006).
- [4] Antonopoulos, V.Z. and Wyseure, G.C.L. “Modelling of water and nitrogen dynamics on an undisturbed soil and a restored soil after open-cast mining”, *Agricultural Water Management*, 37:21-40, (1998).
- [5] Yetiş, Ü. ve Dilek, F.B., “Su Kaynaklarında Kirlenme”, Yerel Yönetimler Araştırma ve Eğitim Merkezi Kentsel Hizmetler Dizisi 2, s. 1-5, (1998).
- [6] Hallberg, G.R., “Nitrate in Ground Water in the United States”, R.F. Follet (ed), Nitrogen Management and Ground Water Protection, Elsevier, Amsterdam, s. 35-74, (1989).
- [7] Johnson, C.J. and Kross, B.C. “Continuing importance of nitrate contamination of groundwater and wells in rural areas”, *Am. J. Ind. Med.*, 18(4):449-456, (1990).
- [8] Kaya, S. ve Akar, F. “Metaller, Diğer İnorganik ve Radyoetkin Maddeler”, S. Kaya, İ. Pirinççi ve A. Bilgili (ed), Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji, Medisan Yayınevi, Ankara, (1998).
- [9] Tuncay, H. “Su Kalitesi” E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 512. E.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Basımevi, Bornova, İzmir, (1994).
- [10] Haugen, K.S., Semmens, M.J. and Novak, P.J. “A novel in situ technology for the treatment of nitrate contaminated groundwater”, *Water Research*, 36:3497-3506, (2002).
- [11] Patterson, R.L.S. and Mottram, D.S. “The occurrence of volatile amines in uncured and cured pork meat and their role in nitrosamine formation in bacon”, *J. Sci. Food Agric.*, 25:1419-1425, (1974).

- [12] Gray, J.I., Irvine, D.M. and Kakuda, Y. "Nitrates and N-nitrosamines in cheese", J. Food Prot., 42(3):263-272, (1979).
- [13] Wirth, F. "Restricting and dispensing with curing agent in meat products", Fleischwirtschaft, 71(9):1051-1054, (1991).
- [14] Güler, C., Alpaslan, M., Temel, A., Gizir, A.M. ve Sangün, M.K. "Karaduvar (Mersin) kıyı akiferinde yeraltısuyu kimyasını etkileyen kirlenici kaynakların araştırılması ve jeokimyasal modellemesi", TÜBİTAK-ÇAYDAG 104Y268 No'lu Proje Final Raporu (Yayınlanmamış), (2007).
- [15] Hatipoğlu, Z. "Mersin-Tarsus Kıyı Akiferinin Hidrojeokimyası", Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 142 s., (2004).
- [16] USGS (7 Kasım 2008). Su Çevrimi Diyagramı. U.S. Geological Survey, Erişim: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleturkishhi.html>
[18 Mart 2009]
- [17] Manisa Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü (3 Ağustos 2005). 2004 Yılı Manisa İl Çevre Durum Raporu. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Manisa Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Erişim: http://www.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/manisaicd2004.pdf
[2 Ocak 2009]
- [18] Duygu, A.E. (26 Ağustos 2007). Bitki Fizyolojisi Ders Notları. Erişim: <http://www.sanaldalnumara.com/forums/tip-biyoloji-farmakoloji/6286-bitki-fizyolojisi-ders-notlari.html>
[13 Mart 2008]
- [19] Güneş, A. ve Aktaş, M. "Kireçli bir toprakta n-servin nitrifikasyon oranı ve azot kaybı üzerine etkisi", Doğa-Tr. J. of Agricultural and Forestry **16**:501-506, (1992).
- [20] Brooks, R.H. and Corey, A.T. "Hydraulic Properties of Porous Media", Colorado State University Hydrology Paper No. 3, 27 s., (1964).
- [21] Çelebioğlu, İ. "Toprak Mikrobiyolojisi Ders Notları", Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, (1980).
- [22] Murphy, S. (23 Nisan 2007). General Information on Nitrogen. Erişim: <http://bcn.boulder.co.us/basin/data/BACT/info/NH3.html>
[13 Mart 2008]

- [23] Bartz, J.K. and Jones, R.L. "Availability of nitrogen to Sudangrass from ammonium-saturated clinoptilolite", Soil Sci. Soc. Am. J., 47:259-262, (1983).
- [24] Özgümüş, A. "Çukurova Yöresi Topraklarında Amonyum Fiksasyonu ve Bunu Etkileyen Etmenler Üzerinde Bir Araştırma", Doktora Tezi, A.Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Besleme Kürsüsü, Ankara, 98 s., (1977).
- [25] Karagözoğlu, B. ve Peker, İ. "Sabit Yataklı Kolon Sisteminde Laboratuvar Ölçeğinde Nitrat İçerikli Atıksuların Arıtımı", Çevre 2004 I. Ulusal Çevre Kongresi 13-15 Ekim, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, s. 423-432, (2004).
- [26] Walley, F.L. "Allocation and cycling of nitrogen in an Alfalfa-Bromegrass Sward" Agron. J., 88:834-843, (1996).
- [27] Aslan, Ş. "Ege bölgesi Urla ve Menemen yöresinde yeraltısuyu kirliliğinin belirlenmesi", ÇevJeo, Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu, s. 125-131, (2001).
- [28] Wasik, E. "Removal of nitrates from groundwater by a hybrid process of biological denitrification and microfiltration membrane", Process Biochemistry, 37:57-64, (2001).
- [29] Güler, Ç. "Çevresel ve Biyolojik İzleme ve Değerlendirme", Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No. 7, T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, (1994).
- [30] Comly, H. "Cyanosis in infants caused by nitrates in well water", JAMA, 129:112, (1945).
- [31] Cornblath, M. and Hartmann, A.F. "Methemoglobinemia in young infants", J. Pediatr., 33:421, (1948).
- [32] Self, J. and Qwaskom, R.M. "Nitrates in Drinking Water", Colorado State University Cooperative Extension Series, No. 517, Colorado, (1998).
- [33] Beyhun, E. ve Güler, Ç. "İçme suyunda nitrat ve sağlık", Hacettepe Tıp Dergisi, 33(2):99-102, (2002).
- [34] Dusdicker, L., Stumbo, P.J., Kross, B.C. and Dungy, C.I. "Does increased nitrate ingestion elevate nitrate levels in human milk", Arch. Pediatr. Adoles. Med., 150:311-314, (1996).

- [35] Soltanpour, P. "Nitrogen and Irrigation Management", J.R. Self and R.M. Qwaskom (ed), Nitrates in Drinking Water, Colorado State University Cooperative Extension Series, No. 514. Colorado, (1999).
- [36] Mowat, C. and Carswell, A. "Omeprazole and dietary nitrate independently affect levels of vitamin C and nitrite in gastric juice", *Gastroenterology*, 116:813-822, (1999).
- [37] Akbayır, N. "Etyoloji ve Patogenez", M. Mihmanlı (ed), Mide Kanseri ve Cerrahi Tedavisi, Avrupa Tıp Kitapçılık, İstanbul, s. 59-94, (2004).
- [38] Almasri, M.N. "Nitrate contamination of groundwater: A conceptual management framework", *Environmental Impact Assessment Review*, 27:220-242, (2007).
- [39] Schmidt, G. VII. "Adana petrol bölgesinin stratigrafik nomenklatürü", *Petrol Dergisi*, 6:47-63, (1961).
- [40] Kapur, S., Çavuşgil, V.L., Şenol, M., Gürel, N. and Fitzpatrick, A., "Geomorphology and pedogenic evolution of Quaternary calcretes in the northern Adana basin of southern Turkey", *Geomorphology*, 34:49-59, (1990).
- [41] Çavuşgil, V.L. "Adana-Kurttepe Akarsu Sekilerinde Yeralan Akdeniz Kırmızı Topraklarının Oluşumları ve Birbirleri ile Olan İlişkisi Üzerinde Bir Araştırma", Doktora Tezi, Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (1985).
- [42] Şenol, M., Kapur, S. ve Şahin, Ş. "Adana Havzası Kuvaterneri", İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Türkiye Kuvaterneri Workshop Bildiri Özleri, İstanbul, s. 24-27, (1993).
- [43] Ternek, Z. "Adana havzasının Alt Miyosen (Burdigaliyen) formasyonları ve bunların diğer formasyonlarla münasebetleri ve petrol imkanları", *MTA Dergisi*, 49:65-78, (1957).
- [44] DSİ, "Mersin, Berdan ve Efrenk Ovaları Hidrojeolojik Etüd Raporu", Ankara, 60 s. (yayınlanmamış), (1978).
- [45] 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).

- [46] Yaman, S. “Mersin ofiyolitinin jeolojisi ve metallojenisi”, Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu Bildirileri, s. 225-267, (1991).
- [47] Özer, Z. “Berdan Çayının Kirlilik Durumunun Araştırılması ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)’nin Oluşturulmasına Yönelik Kriterlerin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, (2001).
- [48] Şenol, M., Şahin, Ş. ve Duman, T.Y. “Adana-Mersin dolayının jeoloji etüd raporu”, MTA, Ankara, 46 s. (Yayınlanmamış), (1998).
- [49] Demirel, Z. “The history and evaluation of saltwater intrusion into a coastal aquifer in Mersin, Turkey”, *Journal of Environmental Management*, 70:275-282, (2004).
- [50] Baran, I. and Kasperek, M. “Marine Turtles Turkey: Status survey 1988 and recommendations for conservation and management”, World Wide Fund for Nature (WWF), 123 s., (1989).
- [51] Garrels, R.M. and Mackenzie, F.T. “Origin of the Chemical Compositions of Some Springs and Lakes”, Equilibrium Concepts in Natural Waters, American Cancer Society, Washington, D.C., s. 222-242, (1967).
- [52] Plummer, L.N. and Back, W. “The mass balance approach: application to interpreting the chemical solution for hydrologic systems”, *Amer. J. Sci.*, 280:130-142, (1980).
- [53] Güler C. and Thyne, G.D. “Delineation of hydrochemical facies distribution in a regional groundwater system by means of fuzzy c-means clustering”, *Water Resources Research*, 40:W12503, doi:10.1029/2004WR003299, (2004).
- [54] Parkhurst, D.L. and Appelo, C.A.J. “User’s guide to PHREEQC (ver. 2)–“A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations”, U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99-4259, 286 p., (1999).
- [55] Yomralıoğlu, T. “Coğrafi Bilgi Sistemi”, İBER Ofset, Trabzon, 479 s., (2002).
- [56] Ünlügenç, U.C. “Kızıldağ–Yayla (Adana) Dolayının Jeolojik İncelemesi”, Yüksek Lisans Tezi, Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 77 s., (1986).
- [57] Görür, N. “Karaisalı kireçtaşının (Miyosen) sedimantolojisi”, *T.J.K. Bülteni*, 22(2):227-234, (1979).

- [58] Görür, N. “Karaisalı kireçtaşının (Miyosen) diyajenezi evrimi”, Türkiye 5. Petrol Kongresi Tebliğleri, s. 123-128, (1980).
- [59] İlker, S. “Adana baseni kuzeybatısının jeoloji ve petrol olanakları”, T.P.A.O. Arama Arşiv No: 973, Ankara, (Yayınlanmamış), 63 s., (1975).
- [60] Yalçın, N.M. ve Görür, N. “Sedimentological evolution of the Adana Basin, International Symposium on the Geology of the Tarsus Belt”, Ankara, s. 165-172, (1984).
- [61] Yetiş, C. ve Demirkol, C. “Adana baseni batı kesiminin detay jeoloji etüdü”, M.T.A. Rapor No: 8037 (Yayımlanmamış), (1986).
- [62] 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).
- [63] Şenol, M. “Adana–Balcalı/Çatalan Bölgesi Geç Tersiyer–Kuvaterner İstifinin Lito–pedolojik ve Sedimantolojik İncelemesi”, Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (1989).
- [64] Gürel, N. “Çukurova Üniversitesi Yerleşme Alanında Yer Alan Akarsu Sekilerinde Jeomorfoloji–Toprak İlişkileri Üzerine Bir Araştırma”, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 108 s., (1985).
- [65] Kapur, S., Yaman, S., Gökçen, S.L. and Yetiş, C. “Soil stratigraphy and Quaternary caliche in the Misis area of the Adana basin, southern Turkey”, Catena, 20(5):431-445, (1993).
- [66] Tarsus Belediyesi (27 Kasım 2008). 2007 Yılı ADNKS Sonuçlarına Göre Mersin İli Nüfus Sonuçları. Tarsus Belediyesi,
Erişim: <http://www.tarsus.bel.tr/tr/pdf/nufus/mersinnufus.xls>
[10 Mart 2009]
- [67] Mersin Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü (4 Aralık 2008). 2007 Yılı Mersin İl Çevre Durum Raporu. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Mersin Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü,
Erişim: http://www.cedgm.gov.tr/dosya/icd_raporlari/mersiniced2007.pdf
[2 Ocak 2009]
- [68] Kurt, M.A., Alpaslan, M., Temel, A. ve Güler, C. “Mersin ve Tarsus arasındaki tarım topraklarının bünyesi ve mineralojik özellikleri”, 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, MTA - Ankara, Bildiri Özleri Kitabı I, 124, (2009).

ÖZGEÇMİŞ

10.02.1984 yılında Kiliste doğdum. İlk, Orta ve Lise öğrenimimi Mersin’de tamamladım. Üniversite (Lisans) öğrenimime 2000 yılında Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde başladım ve 2004 yılında mezun oldum. 2005 yılında Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanlığı’nda Yüksek Lisans eğitimime başladım.