

**AYDINCIK (MERSİN) KARSTİK KAYNAKLARININ
KAYNAK ÇEKİLME EĞRİSİ,
HİDROJEOKİMYASAL VE İZOTOPIK
PARAMETRELERE DAYALI KARAKTERİSTİK
ÖZELLİKLERİ**

MEHMET SELİM SAZAN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
OCAK – 2014**

**AYDINCIK (MERSİN) KARSTİK KAYNAKLARININ
KAYNAK ÇEKİLME EĞRİSİ,
HİDROJEOKİMYASAL VE İZOTOPIK
PARAMETRELERE DAYALI KARAKTERİSTİK
ÖZELLİKLERİ**

MEHMET SELİM SAZAN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Danışman
Yrd.Doç.Dr. Zübeyde HATİPOĞLU BAĞCI**

**MERSİN
OCAK – 2014**

M. Selim SAZAN tarafından Yrd.Doç.Dr. Zübeyde HATIPOĞLU BAĞCI danışmanlığında hazırlanan “Aydıncık (Mersin) Karstik Kaynaklarının Kaynak Çekilme Eğrisi, Hidrojeokimyasal ve İzotopik Parametrelere Dayalı Karakteristik Özellikleri” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. Şaziye BOZDAĞ

Yrd.Doç.Dr. Zeynep ÖZDEMİR

Yrd.Doç.Dr. Zübeyde HATIPOĞLU BAĞCI

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 31/01/2016 tarih ve 2016.02/71 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç.Dr. Mehmet KÜÇÜKASLAN
Enstitü Müdürü

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

AYDINCIK (MERSİN) KARSTİK KAYNAKLARININ KAYNAK ÇEKİLME EĞRİSİ, HİDROJEOKİMYASAL VE İZOTOPIK PARAMETRELERE DAYALI KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Mehmet Selim SAZAN

ÖZ

Nüfus, tarım alanları ve yazlık konutların sürekli artışı Aydıncık (Mersin) bölgesinde su ihtiyacını her geçen gün biraz daha arttırmaktadır. Soğuksu Kaynağı bu bölgede su ihtiyacını sağlayan en önemli kaynaktır. Bu çalışmada bugüne kadar kapsamlı bir araştırma gerçekleştirilmeyen Soğuksu Kaynağı ve çevresinin hidrojeolojik yapısının araştırılması ve sürdürülebilir su yönetimi için temel bilgilerin sağlanması hedeflenmiştir. Bu amaçla kaynak çekilme eğrisi, hidrojeokimya, duraylı izotoplar oksijen-18 ve döteryum ile radyoaktif trityum izotop analizleri yapılmış, bölgenin hidrojeolojik yapısı, yeraltısu beslenme alanları, geçiş süreleri ve su kalitesi özellikleri değerlendirilmiştir. Soğuksu Kaynağına ait genel çekilme eğrisi tek bir üstsel terim içermekte olup kaynak çekilme katsayısı (α) 0.011 gün^{-1} ve akiferdeki depolama hacmi ise $2,8 \times 10^7 \text{ m}^3$ olarak belirlenmiştir. Kaynaklardan boşalan yeraltısularının majör iyon içerikleri bölgede yüzeyleyen yaygın jeolojik birimlerle uyumlu olarak iki grupta toplanmaktadır: Ca-HCO₃ ve Ca-Mg-HCO₃. Yeraltısularında kirlilik ve ağır metal içerikleri açısından TSE-266 standardında yer alan müsaade edilebilecek maksimum sınırları aşan bir değer bulunmamaktadır. Yeraltısu örneklerinin pek çoğu ABD Tuzluluk diyagramına göre C2S1 ve C3S1 sınıfında ve Wilcox diyagramına göre ise “iyi-kullanılabilir” ve “çok iyi-iyi” sınıfında yer almaktadır. Duraylı izotoplar oksijen-18 ve döteryum içerikleri yeraltısuyunun düşük kotlardan beslenimini ve 2,87 TU ile 4,25 TU arasında değişen trityum içerikleri ise kısa yeraltısu geçiş süresini göstermektedir. Yerel yağışlardan beslenme yeraltısularının yüzeyden kirlenmeye açık olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Aydıncık, Soğuksu, Çevresel İzotoplar, Hidrojeokimya, Karst

Danışman: Yrd.Doç. Dr. Zübeyde HATİPOĞLU BAĞCI, Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

CHARACTERISTICS OF KARST SPRINGS IN AYDINCİK (MERSİN), BASED ON RECESSION CURVES, HYDROGEOCHEMICAL AND ISOTOPIC PARAMETERS

Mehmet Selim SAZAN

ABSTRACT

The increasing population, agricultural areas and summer houses increase water demands in Aydincik (Mersin) area. Soğuksu Spring is the major source for water needs in Aydincik and its vicinity. The aim of this study is to characterize hydrogeologic structure of the Soğuksu Spring and surrounding area and provide basic data to establish a sustainable water management plan. Spring recession curve analyses, hydrogeochemistry, stable isotopes oxygen-18, deuterium and radioactive tritium isotopes were used for assessing hydrogeologic structure, determination of water quality, groundwater recharge areas and residence times. The master recession coefficient obtained from analysis of the spring discharge data indicates one exponential term. The recession coefficient was determined as 0.011 day^{-1} and the total storage volume for the Aydincik aquifer was determined as $2.8 \times 10^7 \text{ m}^3$. The groundwater compositions, consistent with geological units, fall into two groups based on the major cations and anions. These are: Ca-HCO₃ and Ca-Mg-HCO₃. Based on Turkish Drinking Water Standard (TSE-266), none of the groundwater samples are found to exceed the permissible limits. Many groundwater samples fall into "good-permissible, good-very good" and "C2S1, C3S1" classes of Wilcox and USA Salinity Lab. irrigation classification criteria. Stable isotopes show the predominance of low elevation precipitation. High tritium concentrations between 2,87 TU and 4,25 TU suggest recent recharge. Local recharge indicate potential groundwater susceptibility to surface contamination.

Keywords: Aydincik, Soğuksu, Environmental Isotopes, Hydrogeochemistry, Karst

Advisor: Assist. Prof. Dr. Zübeyde HATİPOĞLU BAĞCI, Geological Engineering Department, University of Mersin

TEŞEKKÜR

Hazırlamış olduğum bu yüksek lisans tezinin tüm aşamalarında yardımını esirgemeyen değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Zübeyde Hatipoğlu Bağcı' ya,

Bu çalışmayı BAP-FBE JM (MSS) 2009-3 YL nolu proje kapsamında destekleyen Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine,

Bu çalışmayı 109Y165 nolu proje kapsamında destekleyen TÜBİTAK' a,

Arazi çalışmaları sırasında özverili yardımlarından dolayı harita teknikeri Ömer Ali Koştur'a,

Değerli iş arkadaşlarım Resul Özpınar' a, Emin Güzel' e ve Ayhan Demir' e,

Yüksek Lisansa başladığım ilk günden beri desteklerini esirgemeyen başta babama, anneme olmak üzere tüm aileme ve yeğenlerim Ceren Işıl Açar'a ve Çağan Kemal Açar'a

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI	1
1.2. ÇALIŞMA KAPSAMI.....	1
1.3. ÇALIŞMANIN ALANI	2
1.3.1. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu ve Morfolojisi	2
1.3.2. Nüfus ve Ekonomi	3
1.3.3. Çalışma Alanının İklim ve Bitki Örtüsü	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. İNCELEME BÖLGESİNİN JEOLJİSİ.....	7
2.1.1. Stratigrafi.....	7
2.1.1.1. Geyikdağı Tektonik Birliği	8
<i>Sipahili Formasyonu (İnfracambriyen; Ies)</i>	12
<i>Hüdaî Formasyonu (Alt Cambriyen; Eh)</i>	12
<i>Çaltepe Formasyonu (Alt-Orta Cambriyen; Eç)</i>	13
<i>Eğripınar Formasyonu (Alt Silüriyen; Se)</i>	14
<i>Hırmanlı Formasyonu (Alt Silüriyen; Sh)</i>	15
<i>Karayar (Silüriyen-Alt Devoniyen; SDk) Formasyonu</i>	15
<i>Sığircık Formasyonu (Alt Devoniyen; Ds)</i>	16
<i>Büyükeceli Formasyonu Db (Orta Devoniyen; Db)</i>	17
<i>Akdere Formasyonu (Üst Devoniyen; Da)</i>	18
<i>Korucuk Formasyonu (Alt Karbonifer; Ck)</i>	19
<i>Kırtıldağı Formasyonu (Üst Permiyen; Pk)</i>	19
2.1.1.2. Aladağ Tektonik Birliği	19
<i>Gölboğazı Formasyonu (Orta-Üst Devoniyen; Dg)</i>	20
<i>Dikenlidere Formasyonu (Karbonifer; Cd)</i>	20
<i>Dumlugöze Formasyonu (Permiyen; Pd)</i>	22
<i>Mediova Formasyonu (Alt Triyas; Trm)</i>	22
2.1.1.3. Mesozoyik Çökelleri	22
<i>Murtçukuru Formasyonu (Üst Triyas; Trmu)</i>	23
<i>Cehennemdere Formasyonu (Liyas-Alt Senoniyen; JKc)</i>	23

<i>Dibekli Üyesi (Liyas-Alt Malm; JKc1d)</i>	24
<i>Örendüzü Üyesi (Alt Malm-Alt Kretase; JKc1ö)</i>	25
<i>Çambeleni Üyesi (Alt Kretase; JKc1ç)</i>	25
<i>Hasancık Kireçtaşı (Kampaniyen; Krüh)</i>	25
<i>Yavca Formasyonu (Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen; Krüy)</i>	25
2.1.1.4. Örtü Çökelleri	26
2.1.1.5. Tersiyer	26
<i>Derinçay Formasyonu (Üst Oligosen-?Alt Miyosen; Td)</i>	26
<i>Mut Formasyonu (Alt-Orta Miyosen; Tm)</i>	26
2.1.1.6. Kuvaterner	26
<i>Eski alüvyon</i>	26
<i>Genç alüvyon</i>	27
2.1.2. Yapısal Jeoloji	27
3. YÖNTEM	29
3.1. ARAZİ ÇALIŞMALARI	29
3.2. İYON ANALİZLERİ	29
3.3. İZOTOP ANALİZLERİ	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR	31
4.1. HİDROJEOLOJİ	31
4.1.1. Soğuksu (Keçiyutan) Mağrası Morfolojisi ve Karstik Oluşumları	35
4.1.2. Kaynak Çekilme Eğrisi Analizi	35
4.2. HİDROJEOKİMYA	41
4.2.1. Fiziksel Parametreler ve Majör İyon İçerikleri	41
4.2.2. Kirlilik İçerikleri	45
4.2.3. İz Element İçerikleri	45
4.2.4. Sulama Suyu Kalitesi	51
4.3. ÇEVRESEL İZOTOPLAR	56
4.3.1. Duraylı (Kararlı) İzotoplar	56
4.3.2. Radyoaktif İzotoplar	58
4.3.3. İzotopların Hidrojeolojik Amaçlı Kullanımı	58
4.3.4. İzotop Verilerinin Değerlendirilmesi	59
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ ve ESERLER LİSTESİ	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Aydıncık bölgesindeki kaynakların Mayıs, Ağustos, Aralık 2009 ve Mart 2010 dönemi kimyasal analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.2. Mayıs 2009 örnekleri iz element içerikleri	48
Çizelge 4.3. Ağustos 2009 örnekleri iz element içerikleri	50
Çizelge 4.4. Aydıncık bölgesindeki kaynakların Mayıs 2009 dönemi oksijen-18 döteryum ve trityum içerikleri.....	59
Çizelge 4.5. Aydıncık bölgesindeki kaynakların Ağustos 2009 dönemi trityum içerikleri.....	60

ŞEKİLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yerbulduru haritası	2
Şekil 1.2. Aydıncık meteoroloji istasyonu ortalama aylık yağış değerleri (1977-1991 yılları verileri kullanılmıştır)	4
Şekil 1.3. Aydıncık meteoroloji istasyonu ortalama yıllık yağış değerleri (1977-1991 yılları verileri kullanılmıştır)	4
Şekil 2.1. Çalışma alanının jeoloji haritası	9
Şekil 2.2. A-A' jeolojik kesiti	10
Şekil 2.3. Aydıncık (Mersin) yöresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz)	11
Şekil 2.4. Aladağ tektonik birliğinin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti	20
Şekil 4.1. Türkiye'deki karstik bölgelerin yayılımı	31
Şekil 4.2. Çalışma alanında bulunan kaynak noktaları	32
Şekil 4.3. Soğuksu Kaynağı	33
Şekil 4.4. Soğuksu (Keçiyutan) Mağarasının haritası	35
Şekil 4.5. Homojen akifer için kaynak çekilme eğrisi	36
Şekil 4.6. Heterojen akifer için kaynak çekilme eğrisi	37
Şekil 4.7. Soğuksu kaynağı genel kaynak çekilme eğrisi	38
Şekil 4.8. Örneklem noktaları, örneklerin Stiff diyagramları ve Eİ değerleri	41
Şekil 4.9. Sıcaklık ve Eİ değerlerinin örneklem dönemlerine göre değişimi	42
Şekil 4.10. Mayıs ve Ağustos 2009 örneklerinin Piper diyagramı	44
Şekil 4.11. Aralık 2009 ve Mart 2010 örneklerinin Piper diyagramı	45
Şekil 4.12. Mayıs 2009 dönemi örneklerinin ABD Tuzluluk ve Wilcox Diyagramları	51
Şekil 4.13. Ağustos 2009 dönemi örneklerinin ABD Tuzluluk ve Wilcox Diyagramları	52
Şekil 4.14. Aralık 2009 dönemi örneklerinin ABD Tuzluluk ve Wilcox Diyagramları	53
Şekil 4.15. Mart 2010 dönemi örneklerinin ABD Tuzluluk ve Wilcox Diyagramları	54
Şekil 4.16. İzotop örnek noktaları ve örneklerin oksijen-18, döteryum ve trityum içerikleri	61
Şekil 4.17. Örneklerin oksijen-18 ve döteryum grafiği	62
Şekil 4.18. Örneklerin oksijen-18 ve trityum içerikleri arasındaki ilişki	62

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

DSİ	: Devlet Su İşleri
Eİ	: Elektriksel iletkenlik
IAEA	: International Atomic Energy Agency
SMOW	: Standard Mean Ocean Water
SAR	: Sodium Adsorption Ratio
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TU	: Trityum Unit
δ	: Del

1. GİRİŞ

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmada hidrojeolojik açıdan bugüne kadar kapsamlı herhangi bir çalışma yapılmayan Soğuksu Kaynağı ve çevresinin hidrojeolojik yapısının aydınlatılması amaçlanmıştır. Bu amaçla jeolojik, hidrojeolojik, kaynak çekilme eğrisi analizi, su kimyası ve izotop çalışmaları ile bölgeye ait temel hidrojeolojik verilerin sağlanması, yeraltısuyu beslenme, depolama ve boşalım alanları ile geçiş süresinin ve çeşitli amaçlar için kullanılan yeraltısuyunun kalitesi ve kirlilik düzeyinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

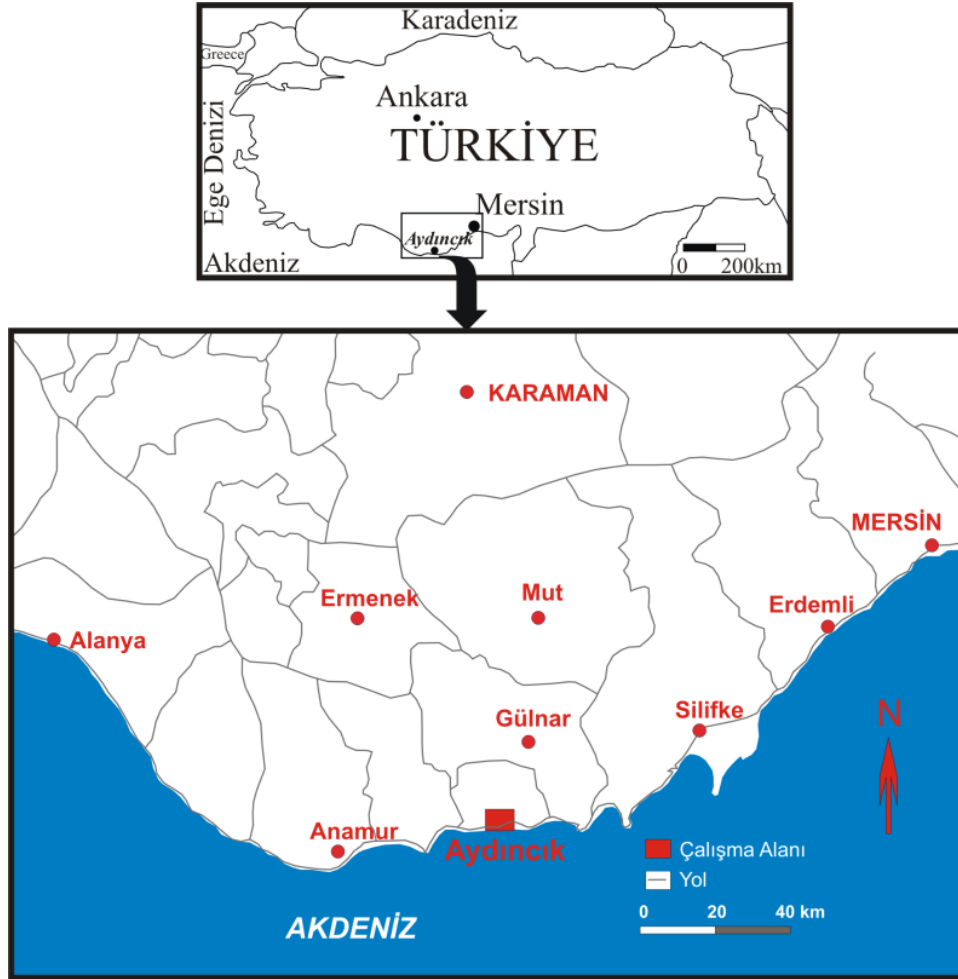
1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

Bu çalışma Mersin ili Aydıncık ilçesinde bulunan Soğuksu Kaynağı ve çevresinde yaklaşık 120 km²' lik bir alanı kapsamaktadır. Bu kaynak Aydıncık ve çevresinde içme, kullanma ve sulama suyu ihtiyacını karşılayan en önemli kaynak olmakla birlikte, bugüne kadar bölge ile ilgili hidrojeolojik amaçlı herhangi bir çalışma gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışma kapsamında Soğuksu Kaynağı ve çevresinin hidrojeolojik yapısının ve hidrojeokimyasının araştırılması hedeflenmiştir. Çatın Nehri üzerinde Soğuksu Kaynağının yaklaşık 50 m akış aşağısında bulunan Devlet Su İşleri (DSİ) 17-44 nolu akım gözlem istasyonunda 1999 ile 2012 yılları arasında yapılan akım ölçümlerinden kurak döneme ait olan veriler kullanılarak genel kaynak çekilme eğrisi oluşturulmuştur. Soğuksu Kaynağından ve bölgedeki diğer kaynaklardan alınan örneklerin pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik ve çözülmüş oksijen içerikleri arazide ölçülmüş, majör iyon ve iz element, oksijen-18, döteryum ve trityum analizleri ise laboratuarda yaptırılmıştır. Tüm bu veriler Soğuksu bölgesindeki yeraltısularının beslenme ve depolama alanı, dolaşım ve boşalım sisteminin aydınlatılması için birlikte değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile bölgedeki yeraltısularının kalitesi ve kirlilik düzeyi saptanmıştır.

1.3. ÇALIŞMA ALANI

1.3.1. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu ve Morfolojisi

Çalışma alanı, Mersin'in Aydıncık ilçesinde bulunmakta ve 1/25.000 ölçekli Silifke P30-c1 topografik paftasında yaklaşık 120 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası Şekil 1.1' de sunulmuştur. Bölge Akdeniz kıyısında Torosların yamaçlarında yer almakta olup tektonik özellikler ile kaya türüne bağlı olarak girintili çıkıntılı bir topografya sunmaktadır. Yükselti oldukça dik bir şekilde artarak çalışma alanının iç kesimlerinde 1000 m' ye kadar ulaşmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yerbulduru haritası

Çalışma alanında uzanımı genel olarak kuzeyden güneye doğru olan iki büyük akarsu bulunmaktadır. Bunlar Kapuz ve Kulluk Dereleridir. Bu dereler kuzey

kesimlerde çalışma alanının dışında başlayıp Akdeniz' e boşalmaktadır. Bunların dışında tüm akış alanı çalışma alanı içinde bulunan ve 31,8 km² lik küçük bir drenaj ağına sahip Çatın Deresi bulunmaktadır.

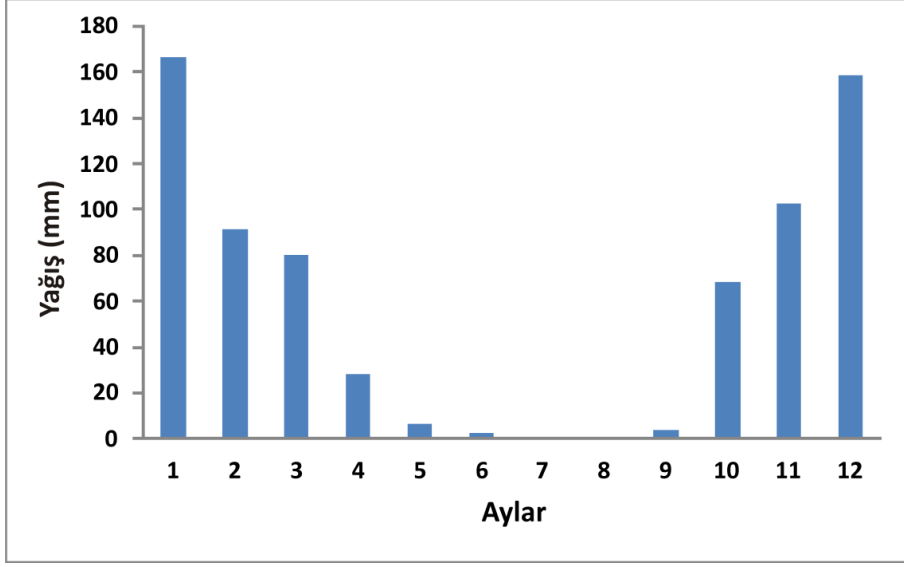
1.3.2. Nüfus ve Ekonomi

Aydıncık nüfusu 2006 verilerine göre 12000 [Mersin Valiliği, 2007] civarında olmakla birlikte yaz aylarında bu sayı oldukça artmaktadır. Bölgede tarım yaygın geçim kaynağıdır. Suyun yetersiz olması nedeniyle bölgede uzun yıllar kuru tarım yapılmıştır. Soğuksu Kaynağından sağlanan su 1983 yılından itibaren Devlet Su İşlerinin kurduğu pompalama sistemi ile 200 m yüksekliğe kadar taşınmaya başlamıştır. Buna bağlı olarak da bölgede dört mevsim tarım yapılmasını sağlayan seracılık gelişmiştir.

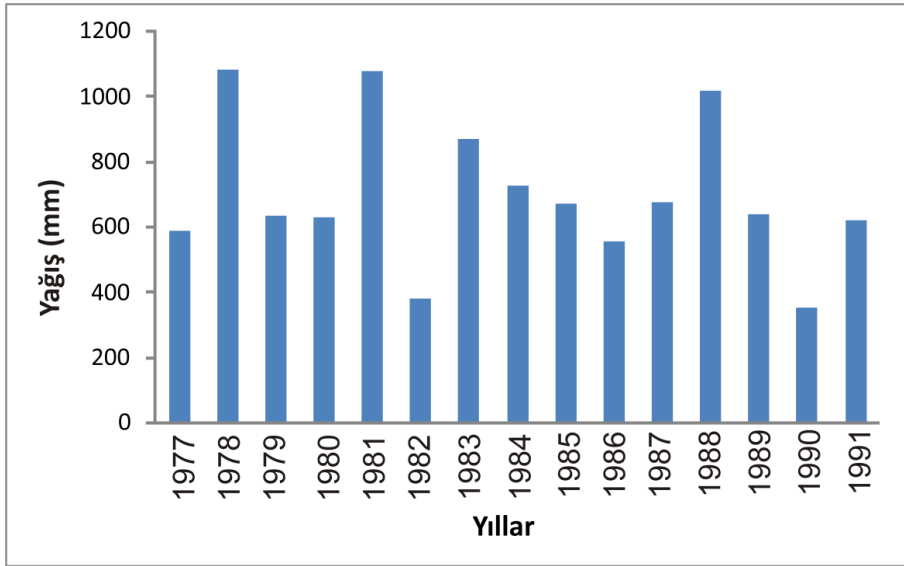
1.3.3. Çalışma Alanının İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanında Akdeniz iklimi hakimdir. Aydıncık meteoroloji istasyonunda 1977 ile 1991 yılları arasında yapılan ölçümlere göre en fazla yağış Aralık ve Ocak aylarında gerçekleşmektedir. Yağışın en düşük olduğu aylar ise Temmuz ve Ağustos aylarıdır (Şekil 1.2). Ortalama yıllık yağış miktarı 701,3 mm olarak hesaplanmıştır (Şekil 1.3). Belirtilen ölçüm aralığında yıllık maksimum toplam yağış 1978 yılında 1080,2 mm olarak en düşük yağış ise 1990 yılında 352,3 mm olarak gerçekleşmiştir. Belirtilen tarihler arasında yapılan sıcaklık ölçümlerine göre ortalama yıllık sıcaklık 19 C°' hesaplanmış olup en yüksek ortalama aylık sıcaklık 29,1 C° ile 1981 yılı Ağustos ayında, en düşük ortalama aylık sıcaklık ise 1981 yılı Şubat ayında 7,1 C° olarak gerçekleşmiştir

Bölgede kızılçam, karaçam ve servi ağaçları ile makilik ağaç türleri yaygındır.



Şekil 1.2. Aydıncık meteoroloji istasyonu ortalama aylık yağış değerleri (1977-1991 yılları verileri kullanılmıştır)



Şekil 1.3. Aydıncık meteoroloji istasyonu ortalama yıllık yağış değerleri (1977-1991 yılları verileri kullanılmıştır)

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

Aydıncık (Mersin) yöresinde stratigrafik ve tektonik amaçlı çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çalışmaların büyük bir çoğunluğu bölgesel ölçekli olup, bölgesel stratigrafik ve tektonik sorunları çözmeye yöneliktir. Demirtaşlı [1983], Demirtaşlı [1987], Özgül [1983], Yetiş vd., [1991]). Aydıncık (Mersin) yöresini ve yakın çevresini konu alan detaylı genel jeolojik çalışmalar Yüksel [1985], Koç vd.,[1997], Koç [2003], Öner ve Taslı [1999], tarafından yapılmıştır. Yörede sedimantolojik ve paleontolojik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Eren vd., [2002] Liyas karbonatlarının sedimantolojisini ve Kabal ve Taslı [2003] ise Liyas karbonatlarının biyostratigrafisini incelemişlerdir. Yeşilot [2005] Alt Liyas yaşlı dolomitlerin kökeni incelemiştir. Bu çalışmada yer alan bölgenin jeolojisi ile ilgili bilgilerin önemli bir bölümü Koç [2003]' ten derlenmiştir.

Demirtaşlı [1983], Torosların tümünü içeren çalışmasında Toros Kuşağı'nın stratigrafik ve tektonik yönden birbirleriyle bölgesel ölçekte denestirilebilen kaya istifinden oluştuğunu belirtmiştir. Çalışma bu noktadan hareketle Toros kuşağını İç ve Dış Toros Kuşağı olarak iki alt bölüme ayırmıştır. Ayrıca Toroslar batıdan doğuya sırası ile Teke Torosları, Batı Toroslar, Orta Toroslar ve Doğu Toroslar şeklinde alt gruplara ayrılır.

Demirtaşlı [1987], Orta Torosların Silifke-Anamur arasında kalan bölgesinin jeolojisine yönelik incelemelerinde, doğuda Ecemiş fayı, batıda Alanya masifi, kuzeyde İç Toros Kuşağı ile sınırladığı, kuzey ve orta kesimlerinin büyük bölümünün, Mut havzasının post-tektonik, denizel Miyosen çökelleri ile örtülü olduğunu belirttiği alanda, KD-GB doğrultulu birbirine paralel üç jeotektonik bölge ayırmıştır. Yazar bu üç jeotektonik bölgeyi Güney Bölge, Ara Bölge ve Kuzey Bölge olarak adlandırmıştır.

Özgül [1983], Torosların güney kesiminde, Erken ve Orta Triyasta gelişmiş bir riftleşmenin, Geç Triyasta kapanmaya başladığını, Resiyen-Liyas sırasında havzada, epikontinental deniz ortamı olduğunu ileri sürmektedir.

Yetiş vd., [1991], Aydıncık bölgesinde yaptıkları çalışmada, Geç Triyas-Erken Kretase zaman aralığında çökelmiş Mesozoyik karbonatlarını kendi içinde 4 üyeye ayırarak incelemişlerdir. Bunlar; Dibekli üyesi, Karaseki üyesi, Örendüzü üyesi ve Çambeleni üyesidir.

Yüksel [1985], Aydıncık yöresinde yaptığı çalışmada, Mesozoyik karbonatlarını Dibekli Formasyonu ve Tokmar Formasyonu adları altında incelemiş ve bu formasyonlar içinde farklı karbonat fasiyeslerini belirlemiştir. Ayrıca çalışmada Dibekli Formasyonunun üst seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan demirli bir kılavuz seviyenin varlığından söz edilmektedir.

Öner ve Taslı [1999], Aydıncık (Mersin) yöresinde Cehennemdere formasyonunun Örendüzü üyesine ait dolomitlerin mineralojik, petrografik, jeokimyasal özelliklerini incelemiş ve dolomitlerin endüstriyel hammadde yönünden kullanılabilirliğini araştırmışlardır.

Koç [2003], Aydıncık (Mersin) yöresi ve yakın çevresini içeren çalışmasında yörenin 1/25.000 ölçekli ilk ayrıntılı jeolojik haritasını hazırlanmış ve formasyon mertebesinde 12 kaya stratigrafi birimi ayırt etmiş, bazı stratigrafi birimlerin ölçülü stratigrafik kesitleri çıkarılmıştır. Ayrıca bu çalışmasında Infra-Kambriyen'den güncel kadar çok sayıda stratigrafik kaya türü tanımlamış, stratigrafik birimleri arasındaki yapısal ilişkileri irdelemiştir. Söz konusu birimlere dayalı olarak birbirinden farklı havzaları temsil eden, birbirleri ile tektonik ilişkili iki tektonik birlik ve bunları açısız uyumsuzlukla üzerleyen Tersiyer karbonat istifi tanımlamıştır.

Eren vd., [2002], Liyas yaşlı karbonatların sedimentolojisini Pirencik Tepe ölçülü stratigrafik kesitine dayalı olarak incelemiş ve Liyas karbonatlarında yedi litofasiyes ayırt etmiştir. Bunlar; (1) Dolomit fasiyesi (gel-git üstü ve içi ortamı); (2) Algal laminalı kireçtaşları (gel-git içi ortamı), (3) Formasyon içi konglomera (hakim olarak gel-git altı ortamı), (4) Megalodontlu-*Orbitopsella*'lı mikritik kireçtaşı fasiyesi (korunmalı gel-git altı ortamı), (7) Oolitle-İntraklastlı mikritik/sparitik kireçtaşı (tanetaşı/istiftaşı; gel-git içi ve üstü ortamı) dır.

Kabal ve Taslı [2003], Cehennemdere formasyonunun Alt Jura Dibekli üyesindeki bentik foraminiferlerin menzilleri ve sistematik paleontolojisini Soğuksu ölçülü kesitine dayalı olarak çalışmışlar ve Liyas istifinin tabanındaki dolomitleri Üst Triyas veya Alt Liyas olarak yorumlamışlardır.

Yeşilot [2005] Aydıncık (Mersin) yöresinde geniş yayılıma sahip Cehennemdere formasyonu Dibekli üyesinin alt seviyelerini oluşturan Alt Liyas yaşlı dolomitlerin kökenini araştırmasını yapmıştır. Alt Liyas yaşlı dolomitlerin özellikleri Soğuksu mevki, Erenler Tepe ve Pirencik Tepe ölçülü kesitlerine dayandırılmıştır. Dolomitleşmenin ilksel kayacını mikrit, düzensiz kuşgözü yapılı mikrit (dismikrit), bazen onkoid içeren kuşgözü yapılı intrapelsparit ve mikrit-intrapelsparit/mikrit (tanetaşı/istiftaşı) ve mikrobiyal yaygı ardışımından oluşan lamine laminalı kireçtaşları oluşturduğunu yorumlamıştır.

2.1. İNCELEME BÖLGESİNİN JEOLJİSİ

2.1.1. Stratigrafi

Koç [2003] “Aladağ Birliği” adını Tüm Toros Kuşağı boyunca allokon konumlu olan ve Geç Devoniyen-Geç Kretase zaman aralığında çökelmiş ve başlıca şelf tipi karbonat ve kırıntılı kaya birimlerini içine alan istife vermiş olup, ilk olarak tanımlamıştır. Bu birlik adını Doğu Toroslar’da yüzeylemelerinin yaygın olarak görüldüğü Aladağlar’ dan almıştır.

Geyikdağı Tektonik Birliği inceleme alanının temelini oluşturmaktadır. Bu birlik içerisinde muhtemelen Kaledoniyen ve Hersiniyen Orojenezi zamanının izleri görülmektedir. Geç Triyas öncesi dönemde bindirmeli olarak geldiği varsayılan Aladağ Tektonik Birliği ise Geyikdağı Tektonik Birliği üzerinde bulunmaktadır. Mesozoyik çökelleri de bu iki tektonik birliği üzerine açısız uyumsuzlukla gelmektedir. Geyikdağı ve Aladağ Tektonik Birlikleri ve Mesozoyik çökelleri Geç Alpin orojenezine bağlı olarak kendi içlerinde ekaylanmalar ve ters faylanmalar

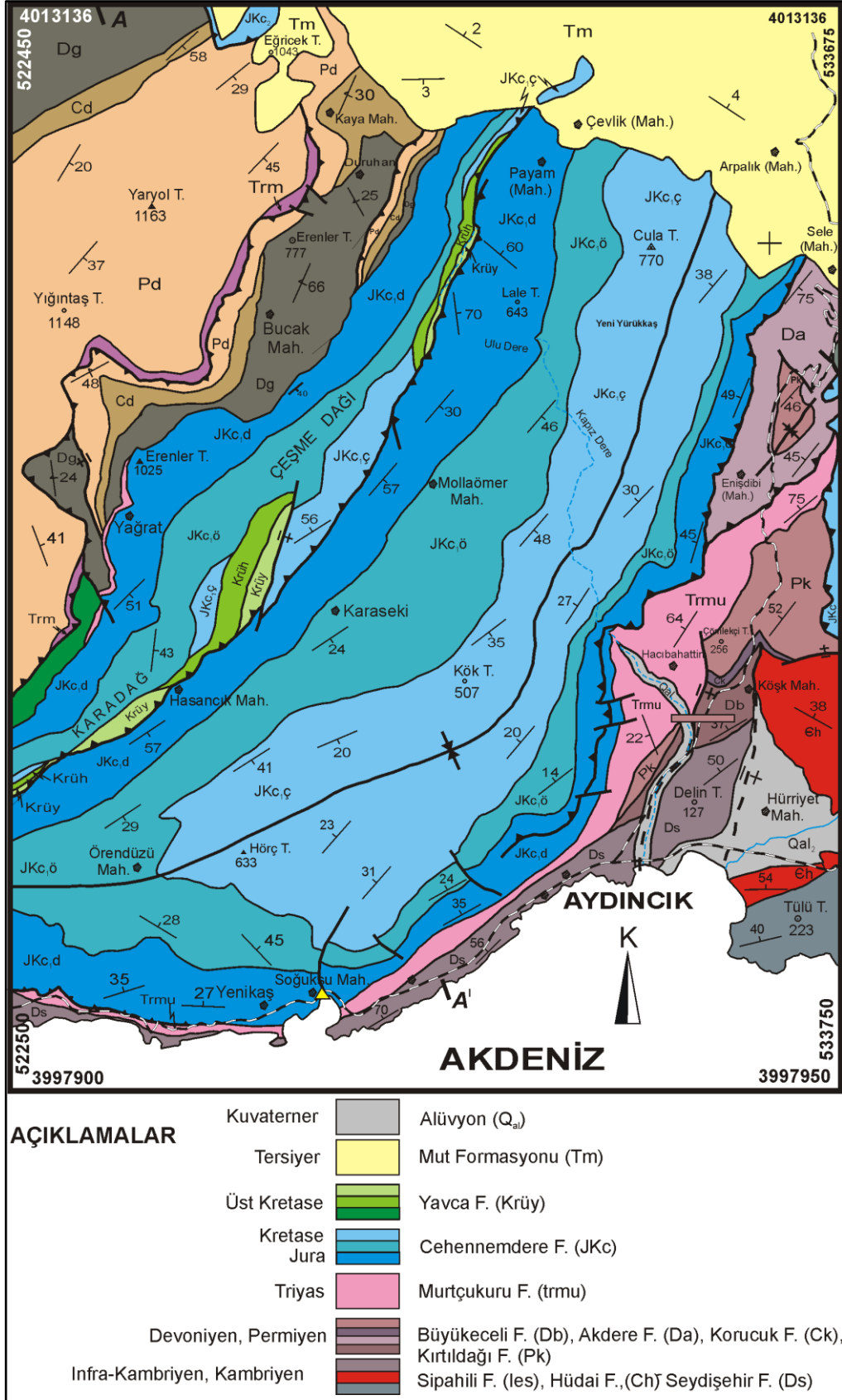
meydana getirmişlerdir. Miyosen yaşlı örtü çökelleri ve Kuvaterner yaşlı birimler de bu iki tektonik birlik ve Mesozoyik çökellerine açılmal uyumsuzlukla gelmiştir.

Bölgenin Koç [2003] tarafından hazırlanan jeoloji haritası Şekil 2.1’de ve A-A’ jeolojik kesiti Şekil 2.2’ de sunulmuştur.

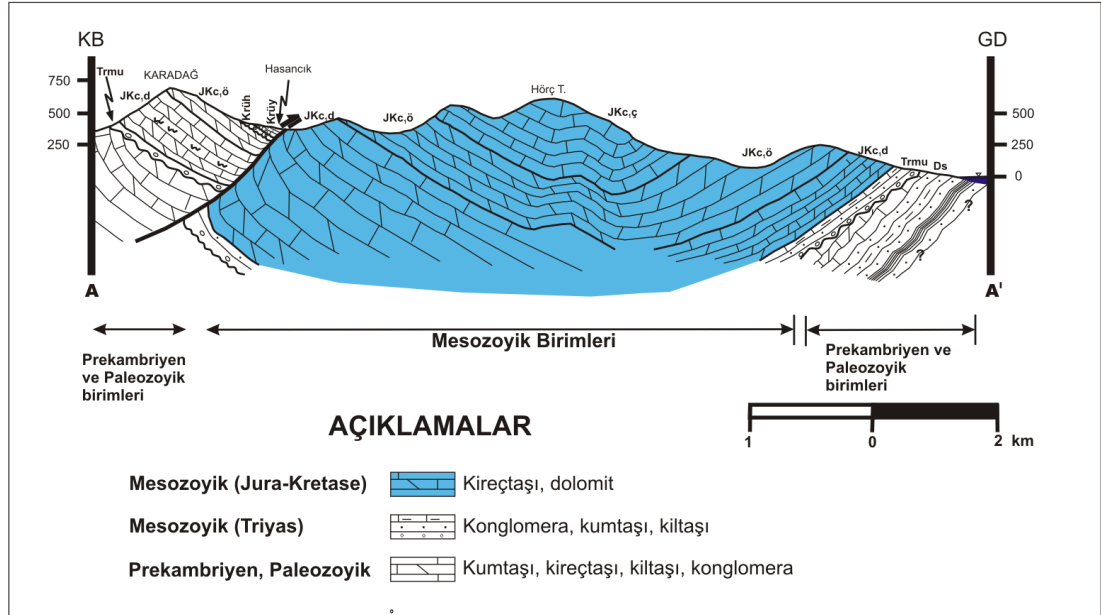
2.1.1.1. Geyikdağı Tektonik Birliği

İnfra-Kambriyen-Üst Permiyen zaman aralığında inceleme alanında şelf türü karbonatlar ve kırıntılı birimlerden meydana gelen Geyikdağı Tektonik Birliğinde bu incelemede 11 formasyon ayırtlanmıştır. Bu birimler tabandan tavana doğru aşağıdaki gibidir (Şekil 2.3).

Kırtıldağı Formasyonu(Üst Permiyen; Pk),
Korucuk Formasyonu(Alt Karbonifer; Ck),
Akdere Formasyonu (Üst Devoniyen; Da),
Büyükeceli Formasyonu(Orta Devoniyen; Db),
Sığircık Formasyonu (Alt Devoniyen; Ds),
Karayar Formasyonu (Üst Silüriyen-Alt Devoniyen; SDk),
Hırmanlı Formasyonu (Alt Silüriyen; Sh),
Eğripınar Formasyonu (Alt Silüriyen; Se),
Çaltepe Formasyonu (Alt-Orta Kambriyen; Eç),
Hüdai Formasyonu(Alt-Orta Kambriyen,Eh),
Sipahili Formasyonu(İnfra-Kambriyen; Ies),



Şekil 2.1. Çalışma alanının jeoloji haritası [Koç, 2003'ten değiştirilerek alınmıştır]



Şekil 2.2. A-A' jeolojik kesiti [Koç, 2003'ten değiştirilerek alınmıştır]

ÜST SİSTEM		M E S O Z O Y İ K		P A L E O Z O Y İ K		KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR
SENO.	Ter. Ku	SERİ	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK (m)		
	Miy.	Üst	Yavca Mut			35	Konglomera ve alüvyon <i>Açısal uyumsuzluk</i>
						45	Fosilli kireçtaşı <i>Açısal uyumsuzluk</i>
						460	Breşik kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, marn ve pelajik kireçtaşı <i>Açısal uyumsuzluk</i>
						376	Millioidli kireçtaşı
						668	Dolomitik kireçtaşı araseviyeli dolomit
						668	Dolomitik kireçtaşı, megalodontlu ve çakıllı kireçtaşı, demirli tortul seviye
						50-250	Konglomera, kumtaşı, killi kireçtaşı, silttaşı, marn ve dolomitik kireçtaşı
						~400	Kuarsit ve dolomitik kireçtaşı, <i>Mizzia</i> 'lı kireçtaşı
						~70	<i>Açısal uyumsuzluk</i> Çakıllı kireçtaşı, plaket kireçtaşı, fosilli kumlu kireçtaşı, silttaşı ve dolomitik kireçtaşı
						384	Kumlu kireçtaşı, kuvars kumtaşı, silttaşı ve marn ardışımı
						350	Breşik kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve marn ardışımı <i>Açısal uyumsuzluk</i>
						?	Kristalize kireçtaşı ve kuvarsit arakatlı şeyl
						~170	Dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı
						> 1000	Kuarsit
						?	Kalkşist, kloritşist, mermer ve kristalize killi kireçtaşı

Şekil 2.3. Aydıncık (Mersin) yöresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz) [Koç vd., 1997].

Sipahili Formasyonu (İnfracambriyen; Ies)

Toros kuşağında ve Güneydoğu Anadolu'da Paleozoyik öncesi ve Alt Paleozoyik en iyi yüzlek verdiği alanlar, Orta Toros kuşağında Ovacık (Mersin), Seydişehir (Konya) ve Sandıklı (Afyon), Doğu Toroslarda Tufanbeyli-Sarız alanlarıdır. Bu alanlardan ikisinde (Sandıklı ve Ovacık) İnfracambriyen yaşlı birimler görülmektedir. Ayrıca Amanoslar ve Derik yöresinde de benzer birimler yüzeylenmektedir. Bu alanlardaki birimler birbirleri ile aynı özellikte olmasına rağmen değişik araştırmacılar tarafından farklı formasyon adları kullanılarak incelenmiştir.

Çalışma alanında ilk olarak Demirtaşlı [1984] tarafından Geyikdağı Tektonik Birliği'nin tabanını oluşturan düşük derecede bölgesel metamorfizmaya uğramış birimler Sipahili Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Sipahili Formasyonu adını Silifke Anamur karayolu (E-24) üzerindeki Sipahili (N-30) köyünden almaktadır. Bu çalışmada aynı formasyon isminin kullanılması uygun görülmüştür [Koç,1996].

Sipahili Formasyonu inceleme alanında, başlıca düşük dereceli metamorfizma kalıntıları taşıyan fillat, çakıllı kalkışit, meta-konglomera, klorit şist, şist ve kristalize kireçtaşı aralanmasından meydana gelmektedir. Sandıklı (Afyon) çevresinde benzer yaşlı birim içerisinde ignimbirit, litik ve kristal tüflerden oluşan meta-volkanit arakatıkları saptanmıştır [Kozlu ve Göncüoğlu,1995]. Doğu Toroslar'da Özgül ve Kozlu [2002] Kozan-Feke-Mansurlu bölgesinde yaptıkları çalışmada benzer litolojideki birim içerisinde bazik volkanik dayk ve damarların yer aldığını belirtmektedirler [Koç,1996].

Hüdaî Formasyonu (Alt Kambriyen; Eh)

İlk kez Hüdaî kuvarsiti olarak adlandırılan birim [Monod,1977] kapsadığı başlıca meta-şeyl arakatıklı meta-kuvarsitler nedeniyle, sonraları Hüdaî Formasyonu olarak isimlendirilmiştir [Monod ve Akay, 1984]. Birimin meta-şeyl ara katkıları içermesi nedeniyle bu çalışmada Hüdaî Formasyonu adı kullanılmıştır.

2-3 metre kalınlığında, matriksi sarımsı-kahve renkli Hüdai kuvarsiti siltkumlu breşik bir seviye ile başlamaktadır. Bu breşik seviye inceleme alanında her yerde görülmemektedir. Bu seviye büyük bir olasılıkla o dönemdeki yersel yükselmelere bağlı olarak ortamın kara haline gelmesiyle açıklanabilir. Sipahili Formasyonuna ait olan ve breşler içerisinde yer alan çakıllar, köşelidir. Birim üste doğru kuvars kumtaşlarının hakim olduğu meta kumtaşı-şeyl ardalanmasıyla devam etmektedir. Kuvarsitler kahve renkli, orta-kalın ve düzgün tabakalıdır. Bu birimler içerisinde çapraz tabakalanma, dalga ve akıntı ripilleri, ripil marklar ve yatay laminalanma yapıları görsel olarak gözlenmektedir [Koç, 2003].

Formasyon orta seviyelerde kalın bir meta-şeyl seviyesi içermektedir. Metaşeyller bordo-yeşil renkli, ince tabakalı laminalıdır. Birimin üst seviyelerini ise meta-şeyl arakatlı kuvarsitler kapsamaktadır. Kuvarsitler, bej-krem renkli, orta kalın tabakalı, bol çatlaklıdır [Koç, 2003].

İnceleme alanında Hüdai Kuvarsiti, İnfra-Kambriyen yaşlı Sipahili Formasyonu üzerine uyumlu olarak yerleşmiş olup aynı şekilde Alt-Orta Kambriyen yaşlı Çaltepe Formasyonu tarafından da uyumlu olarak üzerlenmektedir (Şekil 2.3).

Çaltepe Formasyonu (Alt-Orta Kambriyen; Eç)

Batı Toroslar'da dolomitik kireçtaşı ile başlayıp kireçtaşı ve yumrulu kireçtaşı ile biten birimi Dean ve Monod [1970] Çaltepe kireçtaşı olarak isimlendirmişlerdir. İnceleme alanında benzer litolojide ve aynı stratigrafik konuma sahip birim için bu çalışmada Çaltepe Formasyonu adı kullanılmıştır.

Genelde karbonatlı fasiyeste gelişmiş olan birim, aşırı diyajenetik farklılaşmalar ve düşük metamorfizma etkisiyle kayaların ilksel dokularında büyük değişiklikler meydana getirerek litolojik özelliklerinin tanınmasını zorlaştırmaktadır. Formasyon aşınmış yüzeyi kahverengi, taze kırık yüzeyi gri renkli, kalın tabakalı, dolomitlerle başlamaktadır. Formasyonun üst seviyelerini orta-kalın tabakalı, gri-pembemsi renkli kireçtaşları oluşturmaktadır [Koç, 2003].

Birim Alt Kambriyen yaşlı Hüdai Formasyonunu uyumlu olarak üzerlemektedir. Tip kesitinin bulunduğu Batı Toroslar'da birim Üst Kambriyen-Ordovisiyen yaşlı Seydişehir Formasyonu ile uyumludur [Dean ve Monod,1970; Gedik,1977; Dean ve Özgül,1994]. Silifke yöresinde yüzeyleyen benzer birim (Ovacık-Işıklı Formasyonu) Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşlı birim tarafından uyumlu olarak örtülmektedir.

Eğripınar Formasyonu (Alt Silüriyen; Se)

Konglomera ile başlayıp, kuvars kumtaşı-şeyl araldanmasından oluşan birimin adı, Demirtaşlı [1984,1987] tarafından verilmiştir. Formasyonun tip kesiti, Ovacık (Silifke) körfezinin kuzeyinde bulunan Eğripınar köyünün 1 km kadar batısında yer almaktadır.

Tip kesitinde alttaki birimler üzerine Eğripınar Formasyonu tabanda çakıltaşı ile başlayan bir uyumsuzlukla gelmektedir [Demirtaşlı, 1984, 1987; Özalp,1999]. Kumtaşları koyu gri renkli, masif ve seyrek çakılıdır. Tane boyu üste doğru küçülmektedir. Granit çakılları birçok kere altere olmuş olup, dağılgan bir yapıdadır. Yapılan ince kesitlerde ise granitlerin ilksel dokuları çoğunlukla gözlenmemektedir. Birim üste doğru silt taşlarına geçmektedir. Silttaşları; koyu gri renkli, orta-kalın tabakalıdır. Bazı kesimlerde fazlalaşan karbonat miktarı ile içerisinde seyrek brakliyobod fosilleri yer alan killi kireçtaşlarına geçilmektedir. Birimin orta seviyeleri ise kahve-sarı renkli, orta tabakalı, kuvars kumtaşı arakatkılı, yeşilimsi kahve renkli, ince-orta tabakalı silttaşı-şeyl araldanmasından meydana gelmektedir. Şeyler fazlaca kuvars kırıntılı, az derecede mika ve opak mineral kapsarlar. Eğripınar Formasyonunun en üst seviyeleri ise, koyu gri, orta kalın tabakalı, brakliyopod kavkı parçalı kireçtaşı arakatkılı, sarı-kahve renkli, orta-kalın tabakalı, kuvars kumtaşından oluşmaktadır [Koç, 2003]. Kumtaşlarında yer yer derecelenme, çapraz tabakalanma, paralel laminalanma gözlenmekte ve yanal yönde incelik kalınlaşmaktadır. Kumtaşları genellikle az yuvarlak, küt köşeli, kuvars kırıntılı ve az olarak opak ve mika mineralleri içerirler.

Hırmanlı Formasyonu (Alt Silüriyen; Sh)

Çoğunlukla yeşil-siyah renkli, graptolitli şeylerden meydana gelen birimin adı, Ovacık (Silifke) civarında çalışan Demirtaşlı [1984]' den alınmıştır. Birimin tip kesiti Silifke'nin batısında bulunan Hırmanlı köyünün 2 kilometre güneybatısında bulunmaktadır [Demirtaşlı,1984, 1987; Özalp,1999].

Tekeli'nin kuzeyindeki bölgede Hırmanlı Formasyonu şeyl seviyesi ile başlamaktadır. Şeyler, sarı, kahve, koyu yeşil, siyah, koyu gri renkli olup, laminalıdır. Yer yer silis ve pirit içeren şeyler arasında 20-30 cm kalınlığında, kahve renkli, yanal yönde mercekleme kuvars kumtaşı ara seviyeleri yer almaktadır. Şeylerin özellikle siyah renkli olan ve yanal yönde mercekleme seviyeleri fazlaca graptolit fosilleri kapsamaktadır [Koç, 2003].

Formasyon stratigrafik olarak Alt Silüriyen yaşlı Eğripınar formasyonunu uyumlu olarak üzerlemekte ve Üst Silüriyen-Alt Devoniyen yaşlı Karayar Formasyonu ile de uyumlu olarak üzerlenmektedir. Yine aynı bölgede Jura-Alt Kretase yaşlı Cehennemdere Formasyonu tarafından tektonik dokanakla üzerlenmektedir.

Karayar (Silüriyen-Alt Devoniyen; SDk) Formasyonu

Kuvars kumtaşı ara katkılı kireçtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan birim adını, Ovacık (Silifke) civarında çalışan Demirtaşlı [1984]' dan almıştır. Formasyon tip kesiti çalışma alanının doğusunda bulunan Silifke-Anamur karayolunun 47. kilometresindeki Karayar mevkiidir [Demirtaşlı,1984; Özalp, 1999].

İnceleme alanında Karayar Formasyonu kireçtaşı ara seviyeli, kumtaşı, silttaşı, şeyl ardalanmasıyla başlamaktadır. Kireçtaşları; koyu gri renkli, orta-kalın tabakalıdır. Mikroskobik olarak rekristalize edilen kireçtaşı, yer yer de intramikrit/intrasparit özelliğindedir. Kumtaşları; koyu kahve renkli, orta tabakalı, ince-orta kum boyu taneli ve karbonat çimentolu olup, bazı seviyelerinde düşük açılı

çapraz tabakalı ve paralel laminalıdır. Silttaşları; kahve-kırmızı renkli, ince-orta tabakalıdır. Birimin orta tarafları, koyu yeşil-siyah renkli, ince tabakalı şeyl ve mavi, gri renkli, orta tabakalı, yumrulu kireçtaşı araldanmasından oluşmaktadır [Koç, 2003].

Birimin alt sınırı Alt Silüriyen yaşlı Hırmanlı Formasyonu, üst sınırı ise Alt Devoniyen yaşlı Sığircık Formasyonu ile uyumludur.

Sığircık Formasyonu (Alt Devoniyen; Ds)

İlk olarak Demirtaşlı [1984, 1987] tarafından Alt Devoniyen yaşlı kumtaşlarıyla araldanmalı olarak Silifke'nin batısında yer alan karbonatlar Sığircık Formasyonu şeklinde isimlendirilmiş ve tanımlanmıştır. Bu çalışmada da benzer litolojide ve aynı yaşta olan birim için aynı formasyon adının kullanılması benimsenmiştir.

Birimin orta-üst kısımları yanal yönde devamlılığı olmayan kireçtaşı arakatkılı, kırmızı pembe renkli, ince-orta tabakalı kuvars kumtaşı ve yeşil-kırmızı renkli, ince tabakalı sittaşı-şeyl araldanımından meydana gelmektedir. Birimin üst tarafında kahve-sarı renkli, orta tabakalı dolomit-kireçtaşı ara tabakaları gözlenmektedir [Koç, 2003].

İnceleme alanında birim stratigrafik olarak Üst Silüriyen-Alt Devoniyen yaşlı Karayar Formasyonunu uyumlu olarak üzerler ve Orta Devoniyen yaşlı Büyükeceli Formasyonu tarafından ise açısız uyumsuzlukla gelmektedir.

Birimin tabanında görülen çapraz tabakalı kuvars kumtaşları sığ ve çalkantılı bir şelf ortamını, silttaşı-şeyl ara seviyeleri ise ortamda enerji düzeyinin yer yer azaldığını göstermektedir. Orta seviyelerinde yer alan kırmızı renkli şeyller ve çimentosu kırmızı renkli çamurdan oluşan kumtaşları, karasal ortamla bağlantılı ortam şartlarını işaret etmektedir. Birimin üst seviyelerini oluşturan karbonat ve kumtaşı-şeyl araldanması bize deniz seviyesinin yer yer değiştiğini göstermektedir.

Deniz seviyesinin düştüğü dönemlerde çok sığ, yüksek enerjili kıyı ortamlarında kumtaşları çökelmiş olmalıdır. Dolomitik kireçtaşları deniz seviyesinin biraz yükseldiği dönemlerde gel-git ortam koşullarının egemen olduğu bir çökeltme ortamının var olduğunu işaret etmektedir [Koç, 2003].

Büyükeceli Formasyonu Db (Orta Devoniyen; Db)

Çoğunlukla karbonatlardan oluşan ve karbonatlarla ardalanmış kuvars kumtaşı, şeyl ve kireçtaşı breşleri içeren karbonat istifli ilk defa Ovacık-Silifke yöresinde çalışan Demirtaşlı [1984] tarafından Büyükeceli Formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır.

Büyükeceli Formasyonu çakıltaşları ile başlamakta, alt ve orta kısımları dolomit, dolomitik kireçtaşı, kumtaşı ve breşik karbonatlarla devam etmekte ve dolomit, dolomitik kireçtaşı ile son bulmaktadır (Şekil 2.3). Arazinin farklı bölgelerinde konglomera seviyesi farklı özellikler göstermektedir [Koç, 2003].

Taban konglomasından sonra birim, dolomit, dolomitik kireçtaşı ve karbonat breşlerinin ardalanmasından oluşmaktadır. Dolomitler; koyu gri renkli, orta-kalın tabakalıdır [Koç, 2003].

Birimin orta seviyeleri ise kumtaşı, dolomit, dolomitik kireçtaşı ve karbonat breşlerin ardalanmasından oluşmaktadır. Kumtaşları; yanal yönde merceklenmekte ve bileşenler açısından değişiklikler sunmaktadır. Kumtaşları, kırmızı-pembe renkli, orta tabakalı, çoğunlukla kuvars ve çok az miktarda feldspat taneleri içermektedir. Dolomit, dolomitik kireçtaşı ve karbonat breşleri alttaki seviyelerle benzer özelliktedir [Koç, 2003].

Büyükeceli Formasyonunun üst kısımları dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Dolomitik kireçtaşları; açık-koyu gri renkli, orta-kalın tabakalı, sert-sağlam yapılı, dolomitik vaketaşı özelliğindedir. Kireçtaşları;

koyu gri-siyah renkli, kalın tabakalı, yer yer kumlu, mercanlı, stramatolitli ve brakiyopodludur.

Formasyonun tabanında gözlenen konglomeranın çimentosunun mikritik, demirli olması başlangıçta karasal ya da karaya yakın çok sıg ortamın olduğunu göstermektedir. Konglomera seviyesinden sonra gözlenen dolomit, dolomitik kireçtaşı lagünel bir ortamı işaret etmektedir. Bu seviye arasında gözlenen karbonat breşlerinin çakılları alttaki dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından olması ise çökeltme sırasında tektonik hareketlere bağlı olarak karbonat platformunun yer yer parçalandığını göstermektedir. Birimin orta kısımlarında gözlenen kumtaşı seviyeleride ortamın yer yer sığlaştığını ve enerji düzeyinin arttığını göstermektedir. Bu seviyelerde karbonat breşlerinin tekrar gözlenmesi tektonik aktivitenin devam ettiği ile açıklanabilir. Birimin üst kısımlarının dolomitik kireçtaşı-kireçtaşı litolojisinde olması tektonik aktivitenin durduğunu ve ortamın duraylı ,enerjisi düşük bir şelf ortamına dönüştüğünü göstermektedir [Koç, 2003].

Akdere Formasyonu (Üst Devoniyen; Da)

Demirtaşlı [1984] tarafından çalışma alanının doğusunda ve Silifke-Anamur karayolunun 20'inci km'sinde yer alan Akdere köyü civarında kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, marn ve şeyl litolojisindeki birim Akdere Formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır. İncelenme alanında benzer litoloji ve aynı yaştaki birim için aynı formasyon adının kullanılması benimsenmiştir.

Karbonatlı kayaçlarla başlayan birim üste doğru daha çok kumtaşı-şeyl ardalanması ile devam etmekte ve daha üst kumlu kireçtaşı ara katkılı kumtaşı-silttaşı-şeyllerle son bulmaktadır (Şekil 2.3).

Birim Üst Triyas yaşlı Murtçukuru Formasyonunu, ise Dogger-Alt Senoniyen yaşlı Cehennemdere Formasyonunu tektonik olarak gelmektedir (Şekil 2.3).

Korucuk Formasyonu (Alt Karbonifer; Ck)

Alt Karbonifer yaşlı ve kireçtaşı-kumtaşı litolojisindeki ve Demirtaşlı [1984] Korucuk (Silifke) yöresinde yüzeyleyen birim Korucuk Formasyonu adını vermiştir. Bu çalışmada da benzer litolojideki ve aynı yaştaki kaya birimi için aynı formasyon adının kullanılması benimsenmiştir.

Demirtaşlı [1984,1987] formasyonu tip kesitinde 6 üyeye ayırarak incelemiştir. Korucuk Formasyonu çalışma alanında çoğunlukla karbonatlarla temsil edilmekte olup, birim üyelere ayrılmadan incelenmiştir [Koç, 2003].

Kırtıldağı Formasyonu (Üst Permiyen; Pk)

Silifke yöresinde çalışan Demirtaşlı [1984,1987] genelde karbonatların meydana getirdiği ve yer yer dolomitik kireçtaşı, kuvars kumtaşı arakatlı ve bol foraminiferli kireçtaşlarından oluşan birime Kırtıldağı Formasyonu adını vermiştir. Bu çalışmada da benzer litolojideki ve aynı yaştaki birim için aynı formasyon adının kullanılması benimsenmiştir.

2.1.1.2. Aladağ Tektonik Birliği

Aladağ Tektonik Birliği çalışma alanında Orta Devoniyen-Alt Triyas zaman aralığında kesintisiz bir istif ortaya koymaktadır. Birlik karbonat ve kırıntılarla temsil edilmektedir. Aladağ Tektonik Birliği bu çalışmada dört formasyona ayrılarak incelenmiş ve haritalanmıştır. Bu formasyonlar tabanda yaşlıdan yukarı gence doğru aşağıdaki şekilde adlandırılmıştır (Şekil 2.4).

Mediova Formasyonu (Skitiyen-Alt Triyas; Trm),
Dumlugöze Formasyonu(Permiyen; Pd),
Dikenlidere Formasyonu(Karbonifer; Cd),
Gölboğazı Formasyonu(Orta-Üst Devoniyen; Dg).

Gölboğazı Formasyonu(Orta-Üst Devoniyen; Dg)

Aladağ Tektonik Birliğinin tabanını oluşturan ve Toros kuşağı boyunca yüzeyleyen birim değişik yazarlar tarafından farklı isimlerle anılmıştır. Birim çalışma alanının kuzeybatısında Akdere Formasyonu [Demirtaşlı vd., 1986], Bozkır-Hadim-Taşkent yöresinde Gölboğazı Formasyonu [Özgül, 1997], Orta Toroslar'da Kargılıdere Formasyonu [Öztürk vd., 1991] olarak adlandırılmış ve incelenmiştir. Bütün Toroslar kuşağı boyunca başlıca kırıntılar ve karbonatların ardalanmasından meydana gelen birimin Üst Devoniyen yaşında olduğu görülmektedir. Fakat Özgül [1997] Bozkır-Hadim-Taşkent yöresinde birimin tabanında 250-300 metre kalınlığında dolomitik kireçtaşı ara katkılı dolomitlerin bulunduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada da birimin tabanında 300-350 metre kalınlığında kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı ara katkılı dolomitlerin bulunması ve üste doğru kırıntılı ve karbonatların gelmesi nedeniyle Özgül [1997] tarafından adlandırılan Gölboğazı Formasyonu adının kullanılması daha uygun bulunmuştur [Koç, 2003].

Dikenlidere Formasyonu (Karbonifer; Cd)

Özgül [1976] tarafından tanımlanan ve Toros kuşağı boyunca yer alan ve Aladağ Birliğine ait karbonat ve kırıntılardan oluşan Karbonifer yaşlı birimler ilk kez Blumenthal [1947] ve Monod [1977] tarafından “ Bademli Kalkerleri” olarak isimlendirilmiştir. Bozkır-Hadim-Taşkent civarında benzer birimler, Yarıcak formasyonu olarak tanımlanmıştır [Özgül, 1977]. Güvenç [1977], Ermenek yöresinde yapmış olduğu çalışmada; Aladağ Birliğine ait Karbonifer yaşlı birimleri Dikenli grubu ve Gavuralanı formasyonu olarak birbirinden ayırmıştır. Güvenç [1980], daha sonraki çalışmalarında Dikenli ve Gavuralanı formasyonunu birleştirerek Dikenlidere Formasyonu başlığı altında toplamıştır [Koç 2003].

Üst Sistem	Sistem	Seri	Formasyon	Simge	Kalınlık (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Mesozoyik	Triyas	Alt	Mediova	Trm	115		Orta tabakalı kireçtaşı, kumtaşı, kumlu kireçtaşı, arakatkılı açık sarı, bordo renkli, ince tabakalı marn
P A L L E O Z O Y İ K	P E R M İ Y E N	A l t - Ü s t	D u m l u g ö z e	P d	~900		Dolomitik kireçtaşı ve şeyl arakatkılı, gri renkli, orta-kalın tabakalı, brakiyopodlu, bol alg'li, foraminiferli, <i>Mizzia</i> 'lı kireçtaşı
							Kahve renkli, kalın tabakalı kuvars kumtaşı, sarı-gri renkli, brakiyopodlu kumlu kireçtaşı ardalanması Gri renkli, kalın tabakalı, <i>Mizzia</i> 'lı kireçtaşı Sarı-gri renkli, fusulinli kireçtaşı, sarı renkli, bol foraminiferli kumlu kireçtaşı ardalanması <i>Girvanella</i> 'lı kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, konglomera Uyumluluk / Açısız uyumsuzluk Gri renkli, orta tabakalı, <i>fusulin</i> 'li kireçtaşı, kahve renkli, kalın tabakalı kuvars kumtaşı ardalanması Pembe-bej renkli, orta-kalın tabakalı, breşik kireçtaşı, gri renkli kireçtaşı ardalanması Gri bej renkli, kalın tabakalı, masif kireçtaşı, kahve renkli, kalın tabakalı kuvars kumtaşı ardalanması
P A L L E O Z O Y İ K	K A R B O N İ F E R	A l t - Ü s t	D i k e n l i d e r e	C d	237		Gri renkli, orta tabakalı, brakiyopodlu kireçtaşı Koyu gri renkli, ince tabakalı killi kireçtaşı Sarı-kahve renkli kuvars kumtaşı Kahve renkli, krinoidli kireçtaşı Kumlu kireçtaşı İnce tabakalı, kuvars kumtaşı- siltaşı ardalanması Mercanlı resifal ve yumru kireçtaşı
							Kırmızı renkli, kalın tabakalı kuvars kumtaşı Sarı, gri renkli, orta tabakalı, bol brakiyopodlu, mercanlı, bryozoalı, krinoidli, kumlu kireçtaşı arakatkılı kireçtaşı Fosilli kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı arakatkılı, gri renkli, kalın tabakalı dolomit.
P A L L E O Z O Y İ K	D E V O N İ Y E N	O r t a - Ü s t	G ö l b o ğ a z ı	D g	~725		

Şekil 2.4. Aladağ tektonik birliğinin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti [Koç, 2003].

Dikenlidere Formasyonu tabanda şeyllerle başlamakta ve genel olarak kireçtaşı, kuvars kumtaşı ardalanmasından meydana gelmektedir (Şekil 2.4).

Dumlugöze Formasyonu (Permiyen; Pd)

Aladağ Birliği'nin [Özgül 1976] Permiyen yaşlı kireçtaşları, Ermenek'in batısında ilk olarak Demirtaşlı [1976], sonraları da aynı şekilde Demirtaşlı vd., [1986] tarafından Dumlugöze Formasyonu olarak isimlendirilmiş ve tanımlanmıştır. Benzer litolojideki ve aynı yaştaki birim için bu çalışmada da Dumlugöze Formasyonu adının kullanılması öngörülmüştür [Koç 2003].

İnceleme alanında Dumlugöze Formasyonu, tabanda kırıntılı-karbonat ardalanması, üste doğru ise şeyl ara seviyeli, bol foraminiferli kireçtaşları ile temsil edilmektedir.

Mediova Formasyonu (Alt Triyas; Trm)

İlk olarak Beyşehir civarında çalışan Monod [1977] tarafından stramatolitli kireçtaşı ile başlayan, kireçtaşı arakatlı, kumtaşı-şeyl-silttaşı ardalanması ile devam eden birim Mediova Formasyonu adını almıştır.

Mediova Formasyonu inceleme alanında, genellikle Aladağ Tektonik Birliğinin Geyikdağı Tektonik Birliği üzerine mercekler şeklinde, bindirmeli olarak geldiği alanlarda mostralara vermektedir [Koç, 2003].

2.1.1.3. Mesozoyik Çökelleri

İnceleme alanında Mesozoyik çökelleri dört (4) formasyondan meydana gelmiştir (Şekil 2.3). Bu birimler yaşlıdan gence doğru aşağıdaki gibidir:

Yavça Formasyonu (Üst Kambriyen-Maastrichtiyen; Krüy).

Hasancık kireçtaşı (Kambriyen; Krüh),

Cehennemdere Formasyonu (Liyas-Alt Senoniyen; JKc),
Murtçukuru Formasyonu (Üst Triyas; Trmu),

Murtçukuru Formasyonu (Üst Triyas; Trmu)

Demirtaşlı [1984,1987] tarafından karasal kökenli çakıltası ve kumtaşı ile başlayıp, karbonatlarla bitmiş olan birim Murtçukuru Formasyonu olarak tanımlanmış ve isimlendirilmiştir. Formasyon, adını inceleme alanında yer alan Aydıncık ilçe merkezinin 10 km kuzeydoğusunda bulunan Murtçukuru mahallesinde yer almaktadır.

Çoğunlukla Murtçukuru Formasyonu alttan üste doğru konglomera, kumtaşı, silttaşı, marn, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından meydana gelmektedir. Fakat birim, inceleme alanının değişik kesimlerinde farklı litolojik özellikler de ortaya koyabilmektedir. Bunun nedeni, bütün Toros kuşağında Mesozoyik zamanında yer alan riftleşmenin bu bölgede Geç Triyas döneminde başlamış olmasıdır. Buna bağlı olarak da grabenleşmenin meydana geldiği bölgelerde daha fazla konglomera ve kumtaşı, horstlara karşılık gelen bölgelerde ise daha çok ince kırıntılar ve karbonatlar çökelmiş olmalıdır.

Cehennemdere Formasyonu (Liyas-Alt Senoniyen; JKc)

Alp Kuşağı dikkate alındığında, batıdan doğuya doğru Sicilya, Güney Alpler, İçbatı Karpatlar, Dış Dinaridler, Dış Hellenidler ve Toros boyunca özellikle Mesozoyik karbonatların hakim olduğu bir karbonat platformu uzanmaktadır [Koçyiğit,1981]. Günümüzde de bahsi geçen bu Mesozoyik karbonat platformu, Tetis Okyanusu'nun güney kıta kenarı olarak değerlendirilmiştir [Laubsher ve Bernoilli, 1977; Koçyiğit,1981].

Tüm Toros kuşağı boyunca Jura-Kretase yaşlı birimlerin hakim kaya türleri sığ denizel çökelli karbonatlardır. Birbirine benzer fasiyesteki bu karbonatlı kayalar Orta Torosların değişik alanlarında, farklı araştırmacılar tarafından [Özgül,1976, 1997;

Demirtaşlı, 1984,1987; Demirtaşlı vd.,1984;Yüksel 1985; Kozlu vd, 1990] farklı formasyon adları altında yorumlanmıştır.

Orta Toros kuşağındaki Mesozoik karbonatlarının isimlendirilmesiyle bu çalışmada bir bütünlüğün sağlanması hedef alınmıştır. Demirtaşlı [1984] inceleme alanının doğusunda, Ovacık (Silifke-Mersin) bölgesinde Jura-Kretase yaşlı karbonatları Dibekli Formasyonu ve Tokmar Formasyonu olarak adlandırmış ve tanımlamıştır. Demirtaşlı vd., [1984] Bolkar Dağlarında yaptıkları çalışmada ise Jura-Alt Senoniyen zaman aralığında çökelmiş bulunan ve tümüyle platform karbonatlarla temsil edilen birimi Cehennemdere Formasyonu olarak adlandırmışlardır. Yüksel [1985] ise çalışma alanının küçük bir bölgesini içine alan çalışmada Mesozoyik yaşlı platformlu karbonatlarını Demirtaşlı [1984]'nın kullandığı formasyon adlarıyla kullanmış, fakat Tokmar formasyonunu Örendüzü ve Çambeleni üyesi olarak incelemiş ve tanımlamıştır.

Cehennemdere Formasyonu çalışma alanının orta ve güney kesimlerinde Liyas-Alt Kretase zaman aralığında çökelmiş bulunan karbonatlarla temsil edilmektedir.

Dibekli Üyesi (Liyas-Alt Malm; JKc1d)

Demirtaşlı [1984] inceleme alanının doğu kesimlerindeki Silifke bölgesinde başlıca dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşı litolojisinden oluşan birimi Dibekli Formasyonu olarak isimlendirmiş ve tanımlamıştır. Bu çalışmada dolomit, dolomitik kireçtaşı, megaladontlu kireçtaşı, monojenik konglomera, demirli kumtaşı, dolomitik kireçtaşı, kireçtaşından oluşan Liyas-Alt Malm yaşlı karbonatlar inceleme alanının orta ve güney bölgelerinde Cehennemdere Formasyonunun Dibekli üyesi (JKc1d) olarak incelenmiştir.

Örendüzü Üyesi (Alt Malm-Alt Kretase; JKc1ö)

Yüksel [1985] dolomitik kireçtaşı arakatlı kireçtaşı ile başlayan ve tamamen dolomitlerden oluşan birimi Tokmar Formasyonunun Örendüzü üyesi olarak tanımlamıştır. Koç [1996] yaptığı çalışmada aynı yaştaki ve litolojideki birim için Cehennemdere Formasyonu Örendüzü üyesi olarak tanımlamıştır.

Çambeleni Üyesi (Alt Kretase; JKc1ç)

Bölgede çalışan Yüksel [1985] Alt Kretase yaşlı Miliolidli kireçtaşlarını Tokmar Formasyonunun Çambeleni üyesi olarak tanımlanmış ve adlandırmıştır. Koç [1996] aynı birimi Cehennemdere Formasyonunun Çambeleni üyesi olarak adlandırmıştır. Bu çalışmada da inceleme alanının orta-güney kesimlerinde yüzeyleyen miliolidli kireçtaşları için Çambeleni üyesi adı kullanılmıştır.

Çambeleni üyesi tamamen karbonatlardan oluşmaktadır. Birim açık kahve, açık gri, bej renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşları ile başlamaktadır. Üste doğru tabaka kalınlıkları giderek artmaktadır. Bu seviyeler içerisinde intraklastlar ve pelletler yer yer makroskobik olarak fark edilebilmektedir. Üye sarımsı-açık gri renkli, masif kireçtaşları ile son bulmaktadır.

Hasancık Kireçtaşı (Kampaniyen; Krüh)

Tabanda karbonat breşi ile başlayıp, kireçtaşı ile devam eden birim ilk kez Koç [2003] tarafından adlandırılmıştır.

Yavca Formasyonu (Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen; Krüy)

İlk olarak İlker [1975] tarafından Mersin'in kuzey bölgesinde alacalı renkli (kırmızı, pembemsi, yeşilimsi, gri) görünümlü, uzaktan yeşilimsi renginden dolayı ultrabazik kayalara benzeyen ve Paleozoyik-Mesozoyik kireçtaşları üzerinde parakonkordan olarak bulunan ve genelde ultrabazik kayalar altında şeritsel bir

geometriyle kumlu-killi kireçtaşı, kumtaşı, marn ve çörtlü kireçtaşlarından oluşan birim Yavca Formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır [Koç, 2003].

2.1.1.4. Örtü Çökelleri

Geyikdağı ve Aladağ Tektonik Birlikleri ile Mesozoyik çökelleri üzerine çalışma alanında açısız uyumsuzla gelen Üst Oligosen-Miyosen yaşlı sedimenler ile daha genç birimler “Örtü Çökelleri” adı altında incelenmiştir. Örtü çökelleri karasal (nehirsel) ve gölsel nitelikli, Üst Oligosen?-Alt Miyosen yaşlı Derinçay Formasyonu ve bu birimi transgresif olarak üzerleyen, denizel çökellerden oluşan ve resifal nitelikli, Alt-Orta Miyosen yaşlı Murt Formasyonu ile Kuvaterner yaşlı yamaç molozu, eski alüvyonlar ve genç alüvyonlardan oluşmaktadır (Şekil 2.3).

2.1.1.5. Tersiyer

Derinçay Formasyonu (Üst Oligosen-?Alt Miyosen; Td)

Mut yöresinde yaptıkları çalışmada Gedik vd., [1979] çakıltaşı ve kumtaşlarından oluşan birimi Derinçay Formasyonu olarak adlandırmışlardır.

Mut Formasyonu (Alt-Orta Miyosen; Tm)

Yer yer killi kireçtaşı ve marn ara seviyeleri içeren resifal özellikteki kireçtaşlarını Mut yöresinde çalışan Gedik vd., [1979] tarafından Mut Formasyonu olarak adlandırmış ve tanımlamışlardır.

2.1.1.6. Kuvaterner

Eski alüvyon

Çalışma alanında Hacıbahettin civarında alüvyonlar yüzeylemektedir. Şimdiki akarsu yatağının (Kapız Deresi) kenarlarında yüksek bir kotta yüzeyleyen

bu birim akarsuyun eski çökelleridir. Çakılların yaklaşık %80-90'ı Kapız deresinin kaynak bölgelerinde yer alan Liyas-Alt Kretase yaşlı Cehennemdere Formasyonundan türemiştir.

Genç alüvyon

Bu alüvyonlar genellikle kuzeyden güneye doğru akışını boşaltan akarsuların, morfolojisinin yataya yakın eğim gösterdiği kesimlerde ve denize ulaştığı düz alanlarda akarsular tarafından getirilen çakıl, kum, kil boyutundaki malzemedan meydana gelmektedir. Taneler her akarsuyun kaynak bölgesinde bulunan kayaç tanelerinden meydana gelmiştir.

2.1.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı Torid tektonik birliği içerisinde Orta Torosların güneyinde yer almakta olup karmaşık bir tektonik yapıya sahiptir. Bu bölge Toridlerin en yaşlı metamorfik ve metamorfik olmayan kayaları arasında bir geçiş oluşturmakta ve Prekambriyen yaşlı birimlerden Tersiyere kadar uzanan birimleri içermektedir (Şekil 2.1).

İnceleme alanını içeren tüm Torid kuşağı Geç Kretase ve sonrası dönemlerde Alpin Orojenezi etkisiyle sıkışma tektoniği etkisinde kalmıştır. Bu tektonik yapıya bağlı olarak büyük bindirme fayları ve kıvrımlar gelişmiştir. Çalışma alanının kuzeybatısında yer alan bindirme fayı Hasancık bindirme fayı olarak adlandırılmıştır. Bu bindirme fayı Mesozoyik yaşlı birimleri etkilemiştir. Bölgedeki diğer önemli tektonik unsur Hasancık bindirme fayı ile eş yaşlı ve aynı tektonik mekanizma altında gelişen Soğuksu, Aydıncık ve Sele Mahallesi boyunca kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan Aydıncık bindirme fayıdır. Hasancık ve Aydıncık bindirme fayları arasında kalan tektonik dilim içerisinde aynı tektonik mekanizma altında kuzeybatı kanadı daha yüksek eğimli asimetrik bir senklinal gelişmiştir (Şekil 2.2). Senklinal eksenini kuzeydoğu güneybatı doğrultusunda uzandır [Koç vd. 1997].

İnceleme alanında Mesozoyik yaşlı birimleri etkileyen tabaka duruşları, kıvrımlı yapılar ve bindirme fayları gibi tüm tektonik yapı unsurları birlikte değerlendirildiğinde bölgenin Geç Kretase sonu dönemde kuzeybatı-güneydoğu yönlü basınç kuvvetleri altında kaldığı görülür.

3. YÖNTEM

3.1. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Aydıncık bölgesindeki yeraltısularının hidrojeokimyasal yapısını belirlemek için bölgede bulunan kaynaklardan Mayıs 2009’ da 11, Ağustos 2009’ da 8, Aralık 2009’ da 8 ve Mart 2010’da 9 adet su örneği alınmıştır. pH, elektriksel iletkenlik (Eİ), sıcaklık ve çözünmüş oksijen içerikleri örnek alımı sırasında yerinde ölçülmüştür. pH ölçümleri Mettler Toledo SG3 pH metre ile Eİ ve sıcaklık Mettler Toledo SG2 iletkenlik cihazı ile ve çözünmüş oksijen içerikleri Mettler Toledo SG6 ile ölçülmüştür. İletkenlik cihazı ve pH metre laboratuvarında standart solüsyonlar ile kalibre edilmiştir. Sıcaklık, Eİ, pH ve çözünmüş oksijen ölçüm hassasiyetleri sırası ile +/- 0,4 °C, +/- 5 % mikroS/cm ve +/- 0,01’ dir. Örnek alımı için çift kapaklı polietilen şişeler kullanılmıştır.

3.2. İYON ANALİZLERİ

Su örneklerinin majör iyon ve iz element içerikleri Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Ana Bilim Dalı Su Kimyası Laboratuvarında standart metotlar ile yapılmıştır. Katyonlar Perkin Elmer Model 2280 atomik absorpsiyon spektrofotometre ile SO₄ Bausch-Lomb Model Spektroskopik 21 spektrofotometre ile diğer anyonlar titrasyon yöntemi ile ölçülmüştür. Tüm örneklerin anyon-kasyon dengesi ±%5 aralığında yer almakta olup örneklerin anyon kasyon içerikleri arazide ölçülen Eİ değerleri ile uyumludur.

3.3. İZOTOP ANALİZLERİ

Mayıs 2009’da kaynaklardan alınan örneklerde oksijen-18, döteryum ve trityum analizleri ve Ağustos 2009’ da alınan örneklerde ise sadece trityum analizleri yapılmıştır. Örneklerin oksijen-18 ve döteryum analizleri Utah Üniversitesi Biyoloji Bölümü SIRFER Laboratuvarında yaptırılmıştır. Ölçüm hatası oksijen-18 için 0,1 ‰ V-SMOW ve döteryum için 1 ‰ V-SMOW düzeyindedir. Örneklerin trityum

analizleri Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Ana Bilim Dalı Su Çevresel İzotop Kimyası Laboratuvarında yapılmıştır. Analizlerin ölçüm hatası $\pm 0,2$ TU arasında değişmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

4.1. HİDROJEOLOJİ

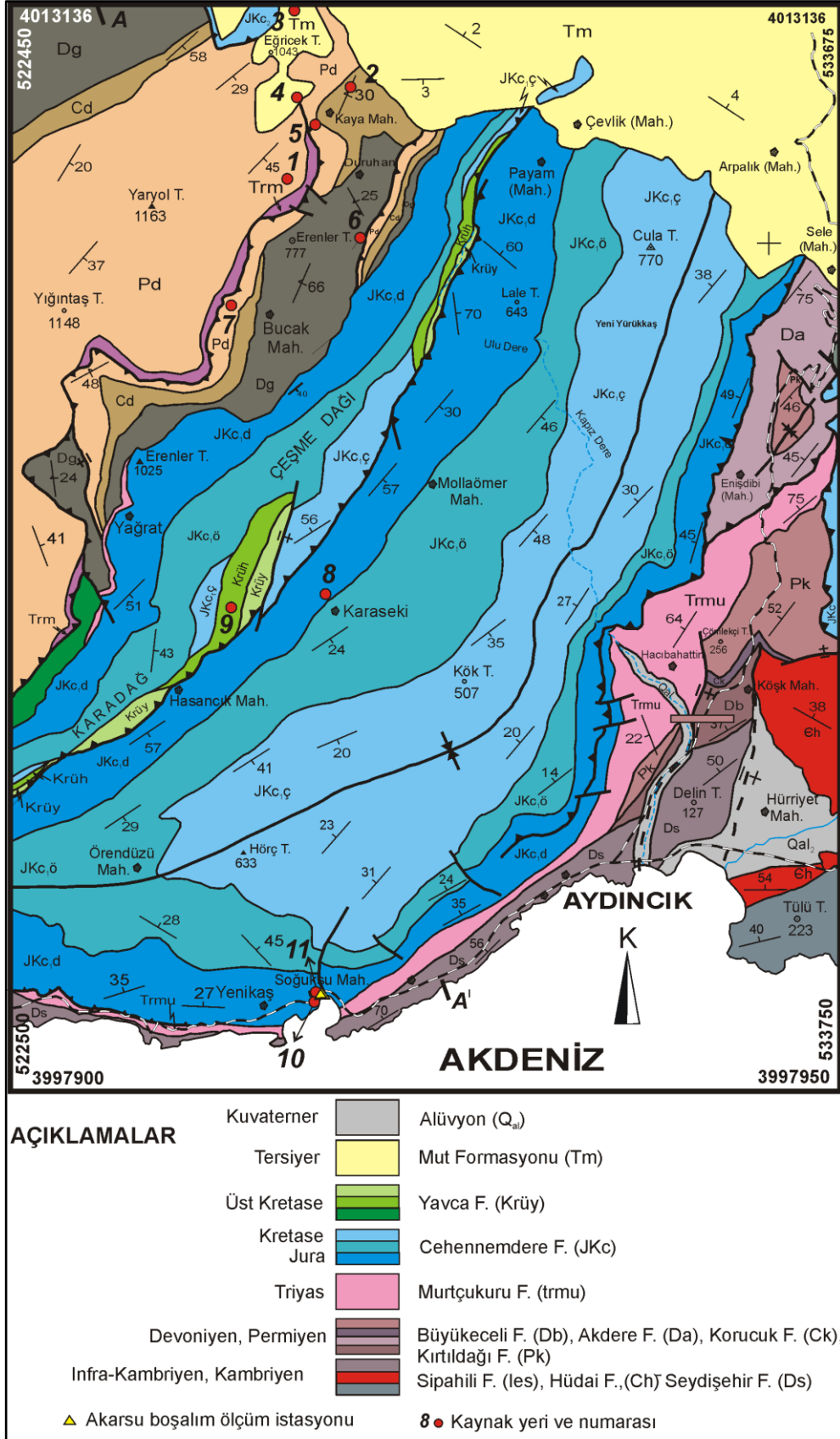
İnceleme alanı Türkiye'nin üçte birlik alanını kapsayan Toros Karst Kuşağında yer alır (Şekil 4.1). Bu bölgedeki kayaçların büyük bölümü yüksek derecede karstlaşmış olup çok yüksek yeraltısuyu potansiyeline sahiptir. Bölgede gerçekleşen güçlü orojenik hareketler karbonat kayaçları deniz seviyesinden çok yükseklerle çıkarmış olduğundan, tatlısu ile deniz suyu arasında dik bir gradyan oluşmaktadır. Orojenez sonucu oluşan yoğun kıvrımlanma ve faylanma su dolaşımı için gerekli ilksel çatlak sistemlerinin oluşmasını sağlayarak karstik kanalların gelişimi sırasında kayaçların büyük miktarda çözünmesine olanak sağlamıştır [Elhatip, 1995].



Şekil 4.1. Türkiye'deki karstik bölgelerin yayılımı [Eroskay ve Günay, 1979; Elhatip, 1995]

İnceleme alanında akifer oluşturan birimler Jura-Kretase yaşlı kireçtaşı ve dolomit birimleridir (Şekil 4.2). Akiferi kiltası içeren Triyas yaşlı birimler alttan sınırlandırmaktadır. Akiferi oluşturan kayaçların tektonik hareketler ile sıkışması sonucu oluşan asimetrik senklinal yapısı suyun depolanma miktarını arttırmaktadır

(Şekil 2.2). Akiferden en büyük boşalım Soğuksu Mevkiinde bulunan fay kaynağı aracılığıyla gerçekleşmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. Çalışma alanında bulunan kaynak noktaları [Jeoloji haritası Koç 2003' ten değiştirilerek alınmıştır]



Şekil 4.3. Soğuksu Kaynağı

Boşalım noktasının deniz kıyısına çok yakın olmasına bağlı olarak kotun da düşük olması nedeniyle en yüksek boşalım bu kaynaktan gerçekleşmektedir. Soğuksu kaynağı dışında çalışma alanı içinde belirlenen 10 kaynak daha bulunmaktadır (Şekil 4.2). Bunların debileri Soğuksu Kaynağına göre oldukça düşük olup bazıları yaz aylarında kurumaktadır.

Karstik akiferlerde yeraltısularının beslenme koşulları taneli ve kırıklı-çatlaklı akiferlere göre daha elverişlidir. Yeraltısuyunun beslenimi; düdenler aracılığıyla doğrudan beslenme (süzülme), geçici doğal yüzey birikintilerinden yaygın süzülme ve yağmur ve kar erimesi sularının genişletilmiş eklem, çatlak ve çözünme kanalları ağı aracılığıyla doğrudan süzülmesi şeklinde meydana gelmektedir [Milanovic, 1981, White, 1988, De Vries ve Simmers, 2000; Kaçaroğlu, 2006]. Karstik alanlarda genellikle “yerel beslenme” tipinde yeraltısuyu beslenimi egemendir [Lerner, 1997; Hedricx ve Walker, 1997; Kaçaroğlu 2006]. Karstik alanlardaki yüzey akımı, akarsular yerine çoğunlukla düdenlere boşalmaktadır. Karstik akiferlerde yeraltısuyu

beslenimi yağışlı ve kurak mevsimlerde oldukça farklıdır. Kurak mevsimde akiferin beslenimi çok azdır. Aşırı kış yağışları karstik akiferlerin besleniminde çok etkilidir. Kış aylarında buharlaşma-terleme kayıpları düşüktür. Dolayısıyla yağışın büyük bir kısmı yüzeydeki karstik yapılar aracılığıyla süzulebilmektedir. Yağışlı mevsimde (Akdeniz kuşağında Kasım ile Mayıs ayları arasında) bitkilerden ve topraktan buharlaşma azdır, dolayısıyla bu mevsimde yağışın %70 ile %90'ı karstik akiferleri beslemektedir [Milanovic, 1981; Kaçaroğlu 2006].

Soğuksu kaynağının doğusunda masif kireçtaşı blokları içerisinde gelişmiş karstik Soğuksu (Keçiyutan) mağarası bulunmaktadır. Bu mağaranın Soğuksu Kaynağını beslediği düşünülmektedir.

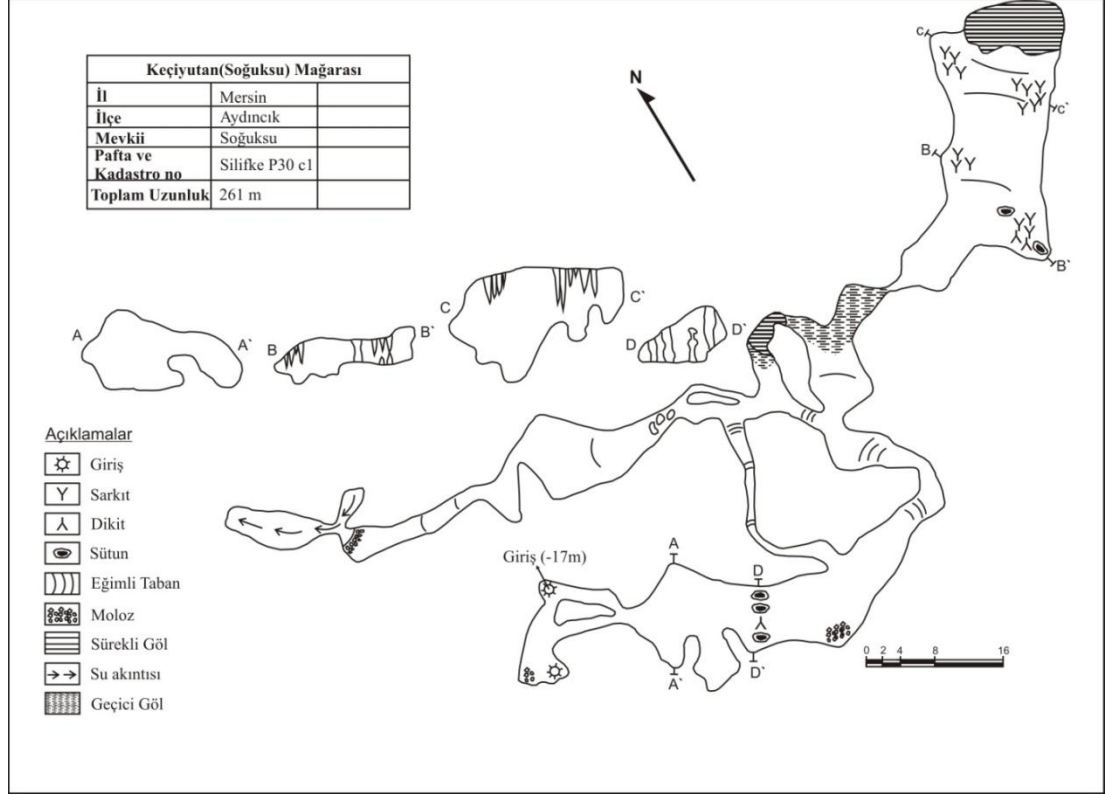
4.1.1. Soğuksu (Keçiyutan) Mağarası Morfolojisi ve Karstik Oluşumları

Soğuksu (Keçiyutan) Mağarası 17 m' lik dikey bir iniş ile başlamaktadır. Mağaranın ilk bölümünde 45°'den daha fazla eğimle başladığı dar bölüme kadar 15-20 cm çapında 2-2,5 m boyunda dikitler dikkati çekmektedir. Eğimli galerinin bittiği yerde mağara iki kola ayrılmaktadır. Sağ koldan ilerlendiğinde çok yüksek ve geniş bir salona çıkılır (Şekil 4.4). Salonun sonunda bir göl bulunmaktadır. Gölün bulunduğu salonun tavanında 3-4 m boya ulaşan sarkıtlar dikkat çekmektedir. Sola ilerlediğinde çok yapışkan bir çamura ve ortasında bir cadı kazanına rastlanır. Bu cadı kazanı çizmeyle kolaylıkla geçilebilir. Bu kolun sonunda mağaranın aktif kısmına ulaşılır. Yeraltı nehri bu kısımda 16-17 m aktıktan sonra sifon yaparak kaybolmaktadır [Akbulut, 2012].

4.1.2. Kaynak Çekilme Eğrisi Analizi

Karstik akiferler, depoladıkları yeraltısularını çoğunlukla büyük kapasiteli (debili) karst kaynakları aracılığıyla boşaltırlar. Kaynakların boşalım rejimi, boşalım hidrografları kullanılarak analiz edilebilir. Bazı yağış rejimlerinde akifere su girişinin pratik anlamda sıfır olup, bahar yağışlarından sonraki dönem (çekilme dönemi) bu analizler için en uygun dönemdir [Milanovic, 1981, Ford ve Williams, 1989,

Bonacci, 2001; Kaçaroğlu, 2006]. Kaynak boşalmalarının çekilme (boşalım) eğrileri yardımıyla analizi, kaynakların boşalım rejimlerini, akiferlerin depolama kapasitelerini ve depolama değişimi özelliklerini saptama olanağı sağlar.



Şekil 4.4. Soğuksu (Keçiyutan) Mağarasının haritası [Akbulut, 2012].

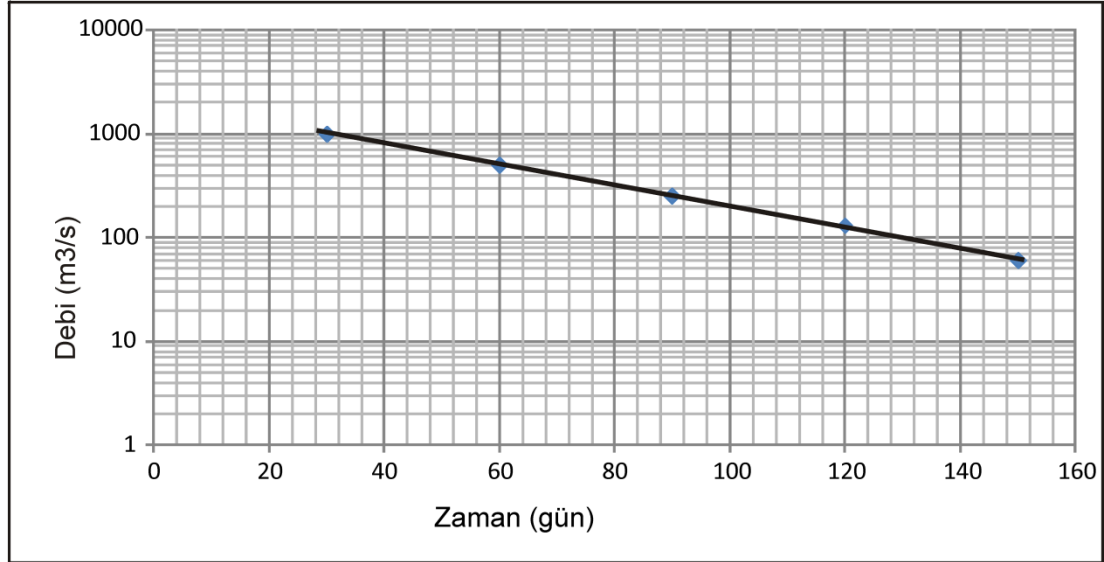
Yağış ve akifere su girişinin olmadığı çekilme döneminde kaynağın boşaldığı akiferin dinamik su rezervi zamana bağlı olarak azalır, buna koşut olarak akiferdeki yeraltısuyu seviyesi de düşer. Maillet [1905], bir kaynağın akımının (debinin) akiferde depolanan yeraltısuyu miktarının fonksiyonu olduğunu ileri sürmüştü ve bunu aşağıdaki basit üstsel eşitlikle ifade etmiştir.

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t} \quad (4.1)$$

Bu eşitlikte; Q_t kaynağın t zamanındaki akımı (debisi, boşalımı), Q_0 kaynağın çekilme dönemi başlangıcındaki ($t=0$) akımı, e doğal logaritma tabanı (2.71828), α çekilme (azalma, boşalım, drenaj) katsayısı, t Q_0 ve Q_t akımları arasında geçen süredir. Tek üstsel terim ile temsil edilen bu tür çekilme eğrileri homojen iletkenlik

ve depolanmayı temsil eder (Şekil 4.5). Eşitlik 4.1, büyük depolama (rezerv) kapasitesine sahip karst akiferleri için çok yaygın olarak uygulanır ve iyi sonuç verir.

Çekilme (azalma, boşalım, drenaj) katsayısı (α), kaynağın bulunduğu alanın (akiferin) jeolojisi ve jeomorfolojisi ile etkin porozite ve iletimliliği gibi hidrojeolojik karakteristiklerine bağlıdır. Bu katsayı, akiferin su verme kapasitesini temsil eder. α 'nın küçük değerleri, büyük depolama kapasitesi olan akiferlerin yavaş drenajını ifade eder. Bu tip akiferlerdeki kaynaklar çoğunlukla devamlı kaynaklardır. α 'nın büyük değerleri, akiferin akım kanallarının hızlı drenajını ve yeraltında depolamanın küçük olduğunu gösterir [Karanjac, 1977, Milanovic, 1981, Ford ve Williams, 1989; Kaçaroğlu 2006].

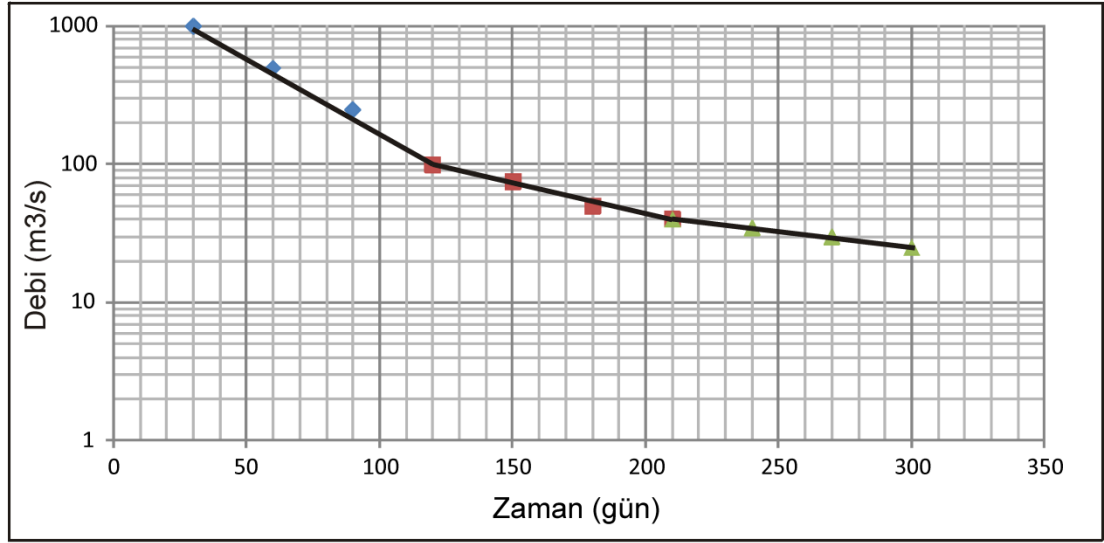


Şekil 4.5. Homojen akifer için kaynak çekilme eğrisi

Boussinesq [1903, 1904]' in çalışmalarından akifer sisteminin boşalımının doğrusal olmayan davranış ile de karakterize edilebileceği de bilinmektedir [Dewandel vd., 2003]. Bazı araştırmacılar (Mero, 1964, Forkasiewicz ve Paloc, 1967) Boussinesq yaklaşımını değiştirerek t ' nin fonksiyonu olan Q_i ' yi N üstsel bileşenlerin toplamı olarak ifade etmişlerdir.

$$Q_t = \sum_{i=1}^N Q_i e^{-\alpha_i t} \quad (4.2)$$

Burada α_i logaritmik ölçekteki çekilme eğrisinin i. bileşeninin eğimini, Q_i ise i. bileşenin çekilmenin başladığı $t = 0$ anındaki ilksel değerini göstermektedir [Amit vd., 2002]. Çekilme eğrisindeki her üstsel terim hidrolik iletkenliğin α_i ile orantılı olduğu ayrı akifer bölümlerini temsil eder [Amit vd., 2002; Tallaksen, 1995] (Şekil 4.6). Çekilme eğrisinin eğimindeki değişimler akiferin heterojenliğini gösterir [Rigs 1964; Petras, 1986; Amit vd., 2002].

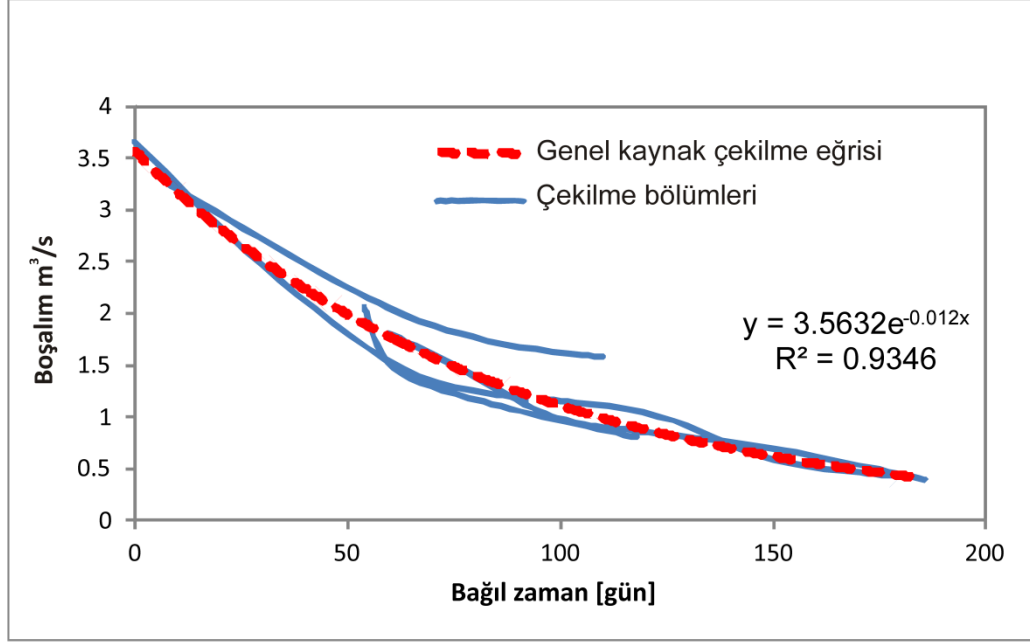


Şekil 4.6. Heterojen akifer için kaynak çekilme eğrisi.

Çalışma alanında Soğuksu Kaynağı için debi ölçümleri yapılmamakla birlikte Soğuksu Kaynağının da üzerinde bulunduğu Çatın Deresinde Soğuksu kaynağından yaklaşık 100 m aşağıda bulunan DSİ 17-44 nolu akım gözlem istasyonunda 1999-2012 yılları arasında düzensiz debi ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.2). Çatın Deresi 31.8 km^2 ile küçük bir drenaj alanına sahip olduğundan ve bölge Mayıs ile Ekim ayları arasında çok düşük miktarda yağış aldığından bu döneme rastlayan veriler Soğuksu Kaynağının boşalım verileri olarak kabul edilmiş ve genel kaynak çekilme eğrisi oluşturulması için kullanılmıştır.

Bir akifer sisteminde her döneme ait çekilme eğrilerinin tek tek oluşturulması yerine sistemi ortalama olarak temsil edecek bir genel çekilme eğrisinin oluşturulması mümkündür [Posavec vd., 2006]. Bu amaçla Posavec vd., [2010]

tarafından geliştirilen visual basic yazılımı kullanılarak Soğuksu Kaynağına ait genel kaynak çekilme eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Soğuksu kaynağı genel kaynak çekilme eğrisi

Soğuksu Kaynağı Genel Kaynak Çekilme Eğrisi tek bir üstsel terim içermekte olup bu ise akiferin bağlı olarak homojen iletkenliğini ve depolamasını göstermektedir.

Malik ve Vojtkova [2012] homojen ve heterojen akiferler için kaynak çekilme katsayılarına bağlı olarak akiferin beslenme alanında karstlaşma derecesini 0.5 ile 6 arasında değişen 15 farklı gruba ayırmışlardır. Soğuksu Kaynağı için 4.1 nolu eşitlik kullanılarak kaynak çekilme katsayısı $\alpha=0.011$ gün⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Malik ve Vojtkova [2012]'nin yaptığı yukarıda belirtilen sınıflamada kaynak çekilme katsayısının 0.007 gün⁻¹'den büyük olduğu tekil laminar yeraltısuyu akım sistemlerinde karstlaşma derecesi 2,3 olarak tanımlanmıştır. Bu karstlaşma derecesinin özelliğini ise boşalımına göre düşük tamponlama ve yüksek permeabiliteye sahip ezilmiş malzeme ile dolu tektonik fayların karakterize ettiği şeklinde açıklanmaktadır. Bazı durumlarda derin dolaşımı da yansıttığını belirtmektedirler.

Özellikle su kıtlığı yaşanan alanlarda su kaynaklarının değerlendirilmesi açısından kaynağın toplam depolama hacmi önem taşır [Amit vd., 2002]. Depolanan su miktarı kaynak çekilme eğrisi oluşturulduktan sonra aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir [Ford ve Williams, 2007];

$$V = \int_0^{\infty} Q_0 e^{-\alpha t} = c \frac{Q_0}{\alpha} \quad (4.3)$$

Burada Q_0 $m^3 s^{-1}$ ve α gün olarak kullanıldığında c 86400 olarak belirlenir. Soğuksu Kaynağının Genel Kaynak Çekilme Eğrisi kullanılarak Soğuksu Kaynağının akiferdeki depolama hacmi $2.8 \times 10^7 m^3$ olarak hesaplanmıştır.

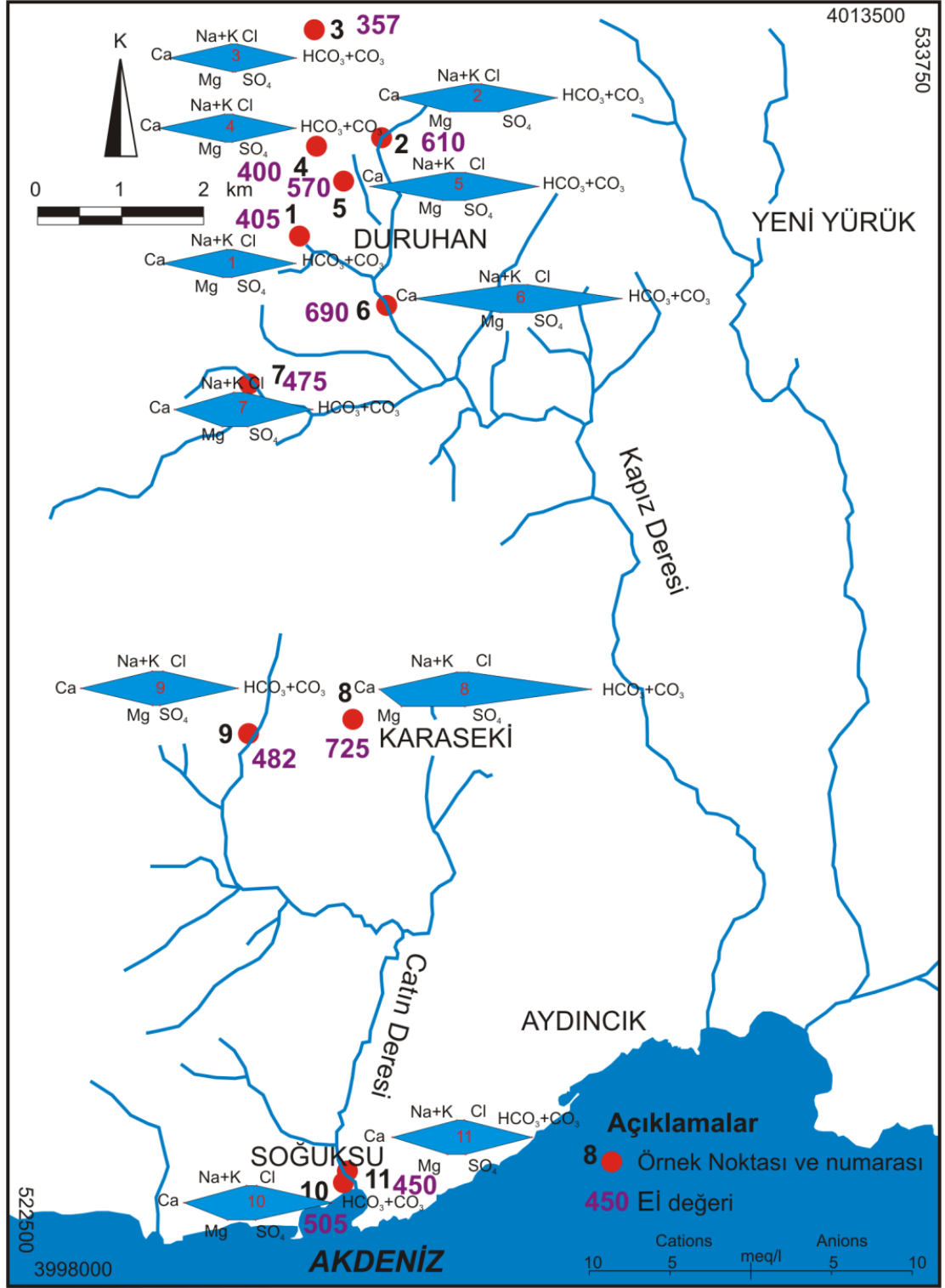
4.2. HİDROJEOKİMYA

İnceleme alanında su kimyası çalışmaları kapsamında Mayıs, Ağustos, Aralık 2009 ve Mart 2010' da olmak üzere toplam dört dönem örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yapılan bölge Aydıncık ve çevresinde bulunan kaynakları kapsamaktadır (Şekil 4.8). Mayıs 2009'da 11 adet, Ağustos 2009 da 8 adet, Aralık 2009'da 8 adet ve Mart 2009 da 9 adet olmak üzere toplam 36 adet su örneğinin analizi yapılmıştır. Örneklerin sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (Eİ), çözülmüş oksijen (ÇO), içerikleri yerinde belirlenmiş, kimyasal analizleri ise Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Anabilimdalı Su Kimyası Laboratuvarında yapılmıştır. Örnekleme sırasında anyon, katyon ve kirlilik analizleri için 250 ml' lik çift kapaklı plastik örnek şişeleri kullanılmış ve örneklemeden önce su örneği ile yıkanmıştır. Örneklerin kimyasal analizinde her dört dönem için major iyon içerikler Na, K, Ca, Mg, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄, ile Li, F ve Br içerikleri, kirlilik içerikleri (NO₂, NO₃, PO₄ ve NH₄), belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Analiz sonuçları için hata analizi yapılmış ve $\pm 5\%$ 'ten fazla hatalı örneklerin analizleri tekrarlanmıştır. Örneklerin iz element içerikleri sadece Mayıs ve Ağustos 2009 dönemindeki örneklerde belirlenmiştir (Çizelge 4.2 ve 4.3).

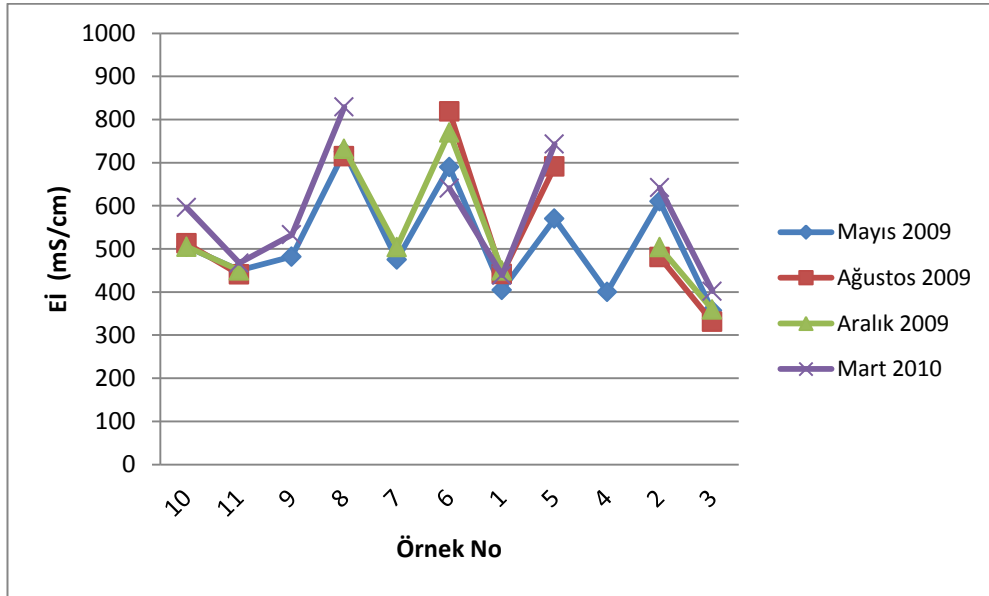
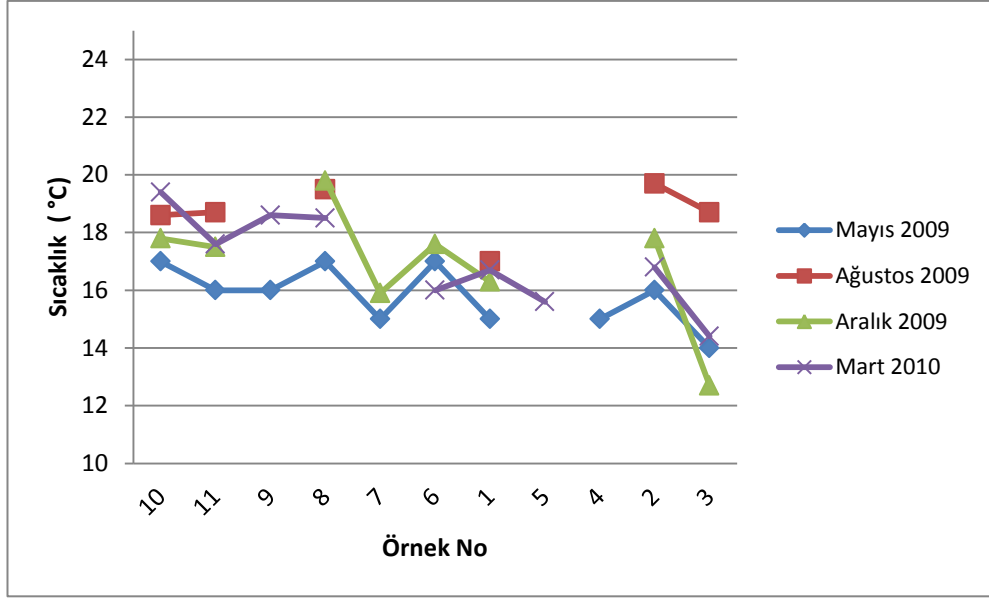
4.2.1. Fiziksel Parametreler ve Majör İyon İçerikleri

Alınan örneklerin fiziksel ve kimyasal özellikleri dört dönem için genel olarak homojenlik göstermektedir. Örneklerin sıcaklıkları 12,7 °C ile 19,8 °C, arasında, Eİ değerleri 331 mikroS/cm ile 829 mikroS/cm değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.1). Yeraltısuyunun akış yolu boyunca alınan örneklerin Eİ değerlerinde ve iyon içeriklerinde akış yolu boyunca düzenli bir artış görülmektedir (Şekil 4.8). Örneklerin pH değerleri 6,16 ile 7,27 arasında değişmekte olup örnekler genelde zayıf asidik özelliktedir.

Örneklerin dört dönem için sıcaklıkları ve Eİ değerleri karşılaştırıldığında genel olarak en düşük sıcaklık ve Eİ değerlerinin Mayıs 2009 örneklerinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.8. Örnekleme noktaları, örneklerin Stiff diyagramları ve Eİ değerleri

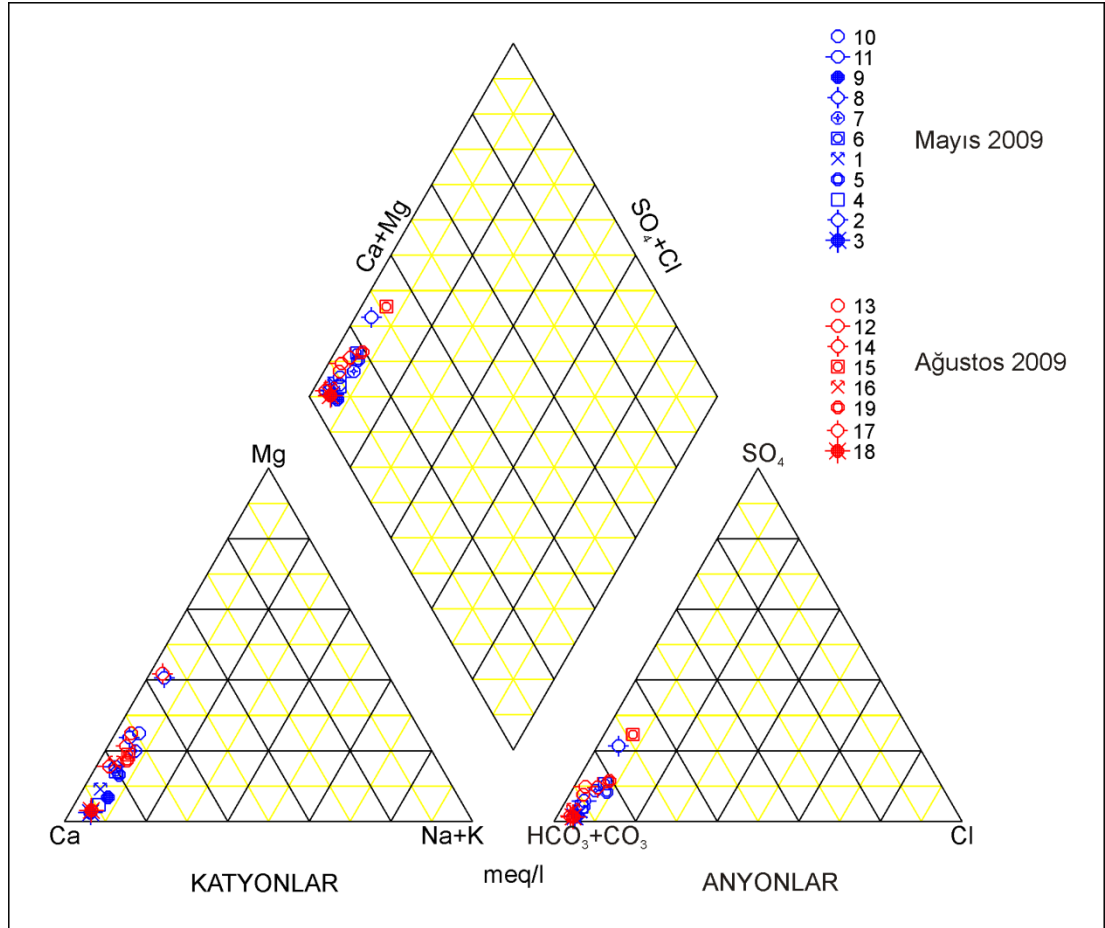


Şekil 4.9. Sıcaklık ve EI değerlerinin örnekleme dönemlerine göre değişimi.

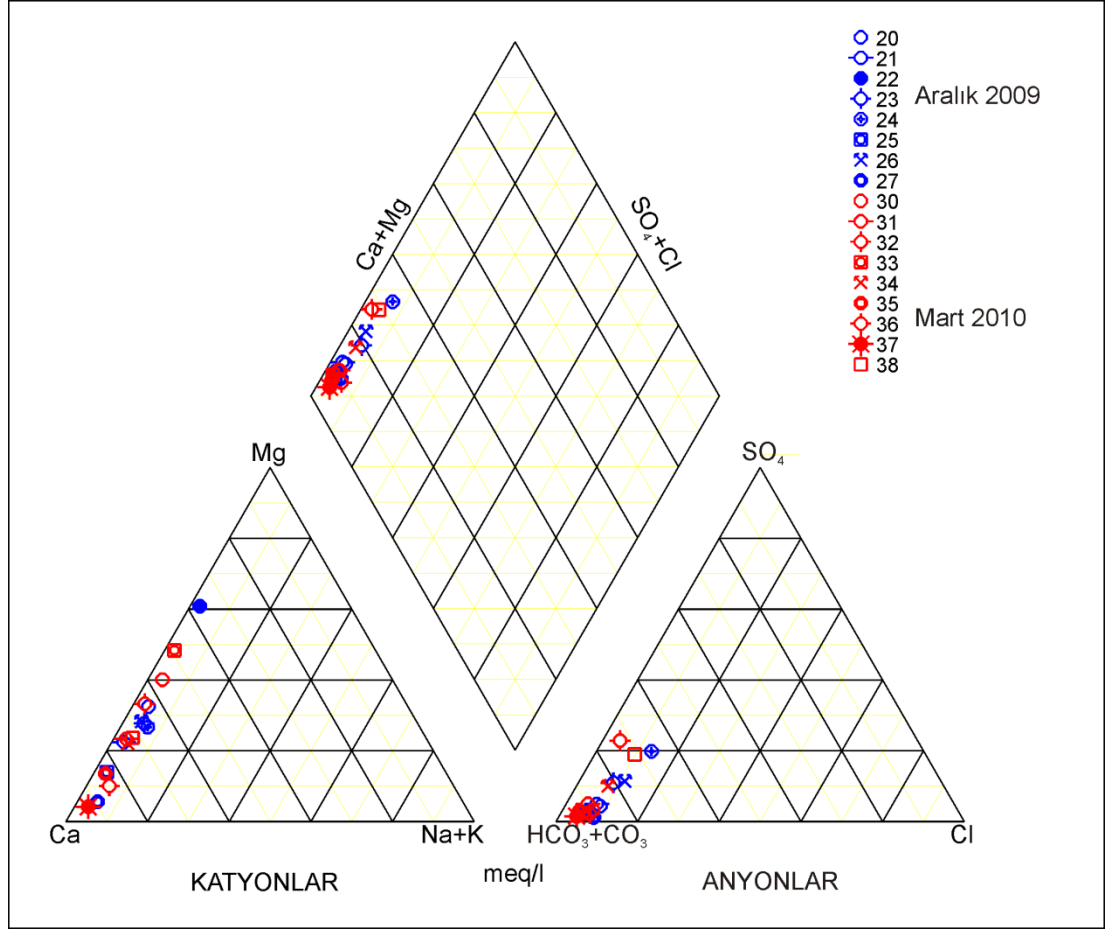
Çizelge 4.1. Aydıncık bölgesindeki kaynakların Mayıs, Ağustos, Aralık 2009 ve Mart 2010 dönemi kimyasal analiz sonuçları

No	Adı	Tarih	X	Y	pH	T °C	Eİ mS/cm	F meq/l	Cl meq/l	NO ₂ ppm	Br meq/l	NO ₃ ppm	PO ₄ meq/l	SO ₄ meq/l	CO ₃ meq/l	HCO ₃ meq/l	Li meq/l	Na meq/l	NH ₄ ppm	K meq/l	Mg meq/l	Ca meq/l	Yükseklik (m)
10-a	Yenikaş	20.05.2009	526559	3999221	6.83	17	505	0	0.29	0	0	6.05	0	0.22	0	5.00	0	0.31	0.16	0.04	1.52	4.22	0
b (13)	Yenikaş	19.08.2009	526559	3999221	6.20	19	513	0.008	0.19	0.075	0	3.90	0	0.43	0	5.02	0	0.22	0.71	0.02	1.55	4.42	
c (20)	Yenikaş	02.12.2009	526554	3999204	6.38	18	505	0.018	0.29	0.034	0	4.23	0	0.20	0	4.97	0	0.25	2.12	0.04	1.16	3.74	
d (30)	Yenikaş	09.03.2010	526559	3999221	6.26	19	596	0.0438	0.27	0	0	3.34	0	0.1604	0	5.51	0	0.30	0.77	0.02	1.83	4.25	
11-a	Soğuksu	20.05.2009	526587	3999407	6.81	16	450	0	0.22	0	0	2.83	0	0.28	0	4.41	0	0.23	0	0.02	0.82	4.24	10
b (12)	Soğuksu	19.08.2009	526587	3999407	6.27	19	441	0.006	0.15	0.034	0	2.84	0	0.54	0	4.83	0	0.17	0.65	0.02	0.94	4.89	
c (21)	Soğuksu	02.12.2009	526601	3999407	6.53	18	450	0.024	0.23	0.075	0	3.04	0	0.21	0	4.57	0	0.17	1.57	0.03	0.78	4.25	
d (31)	Soğuksu	09.03.2010	526587	3999407	6.35	18	467	0.0189	0.16	0	0	1.8198	0	0.20	0	4.49	0	0.19	0.36	0.02	0.81	4.20	
9-a	Bozkoyak D.	20.05.2009	525406	4004685	6.84	16	482	0	0.26	0	0	1.53	0	0.08	0	4.90	0	0.38	0	0.03	0.38	4.82	590
d (32)	Bozkoyak D.	09.03.2010	525406	4004685	6.52	19	533	0.1397	0.23	0	0	1.11	0	0.10	0	5.00	0	0.35	0.87	0.04	0.36	4.90	
8-a	Karaseki	20.05.2009	526676	4004840	6.83	17	725	0.0033	0.37	0	0	1.58	0	0.13	0	7.94	0	0.35	0	0.04	3.80	5.17	510
b (14)	Karaseki	19.08.2009	526676	4004840	6.22	20	715	0.008	0.26	0.044	0	0.91	0	0.12	0	7.73	0	0.25	0.81	0.03	3.68	4.85	
c (22)	Karaseki	02.12.2009	526647	4004854	6.45	20	732	0	0.29	0.044	0	0.77	0	0.11	0	6.24	0	0.22	1.89	0.02	3.15	3.14	
d (33)	Karaseki	09.03.2010	526676	4004840	6.38	19	829	0.0224	0.32	0	0	0.62	0	0.18	0	8.52	0	0.29	0	0.02	3.31	5.56	
7-a	Bucak	20.05.2009	525429	4008894	6.56	15	475	0.0053	0.30	0	0	0.46	0	0.45	0	4.46	0.0004	0.35	0.97	0.06	1.12	4.08	525
c (23)	Bucak	02.12.2009	525413	4008897	6.50	16	504	0.020	0.28	0.067	0	0.39	0	0.49	0	4.57	0.0003	0.36	0.15	0.03	1.03	4.11	
6-a	Nergizlik D.	20.05.2009	527075	4009845	6.60	17	690	0.0033	0.55	0	0	0.67	0	0.83	0	6.37	0	0.42	0.32	0.02	1.13	6.47	490
b (15)	Nergizlik D.	19.08.2009	527068	4009839	6.65	na	819	0.015	0.57	0.067	0.0005	0.20	0	1.98	0	5.52	0.0011	0.49	0.70	0.04	1.62	6.45	
c (24)	Nergizlik D.	02.12.2009	527075	4009842	6.16	18	770	0.028	0.60	0.088	0	0.45	0	1.19	0	5.08	0.0009	0.53	0.70	0.04	1.16	4.78	
d (34)	Nergizlik D.	09.03.2010	527075	4009845	6.62	16	641	0.0398	0.32	0	0	0	0	0.56	0	5.82	0	0.30	0.73	0.03	0.90	4.97	
1-a	Duruhan	20.05.2009	526032	4010648	7.18	15	405	0.0023	0.23	0	0	1.00	0	0.12	0	4.08	0	0.19	0.19	0.02	0.44	4.16	630
b (16)	Duruhan	19.08.2009	526032	4010648	6.28	17	442	0.011	0.15	0.088	0	0.41	0	0.16	0	4.53	0.0000	0.17	0.51	0.03	0.85	4.05	
c (25)	Duruhan	02.12.2009	526018	4010660	6.36	16	450	0.006	0.19	0	0	0.72	0	0.11	0	4.72	0	0.16	0.32	0.02	0.42	4.11	
d (35)	Duruhan	09.03.2010	526032	4010648	6.43	17	439	0.0048	0.11	0	0	0.1201	0	0.11	0	4.23	0	0.16	0.15	0.01	0.42	4.23	
5-a	Tarihi Çeşme	20.05.2009	526548	4011307	6.80	19	570	0	0.53	0	0	12.10	0	0.51	0	5.05	0	0.41	0.61	0.04	0.88	5.36	770
b (19)	Tarihi Çeşme	19.08.2009	526548	4011307	na	na	691	0.005	0.55	0.048	0.0005	16.32	0	0.80	0	5.62	0.0004	0.44	0.76	0.08	1.34	5.96	
d (38)	Tarihi Çeşme	09.03.2010	526548	4011307	6.25	16	743	0.0222	0.46	0	0	1.7408	0	1.1998	0	5.71	0.0006	0.40	0	0.05	1.21	6.04	
4-a	Kaya mah. batısı	20.05.2009	526233	4011740	6.88	15	400	0.0036	0.21	0	0	6.10	0	0.19	0	4.12	0	0.28	0.57	0.02	0.23	4.37	910
2-a	Kaya mah. doğusu	20.05.2009	527016	4011804	7.12	16	610	0	0.35	0	0	3.54	0	1.46	0	5.05	0.0005	0.25	0.32	0.03	1.62	4.92	780
b (17)	Kaya mah. doğusu	19.08.2009	527012	4011801	6.24	20	481	0.004	0.30	0	0	3.38	0	0.49	0	4.33	0	0.22	0.47	0.03	1.19	4.17	
c (26)	Kaya mah. doğusu	02.12.2009	527026	4011805	6.39	18	504	0	0.34	0.047	0	5.45	0	0.47	0	4.06	0	0.25	0.48	0.02	0.89	3.50	
d (36)	Kaya mah. doğusu	09.03.2010	527016	4011804	6.43	17	642	0.0129	0.18	0	0	2.79	0	1.27	0	5.15	0	0.23	0.21	0.03	1.64	5.21	
3-a	Gölpazarı	20.05.2009	526211	4013136	6.83	14	357	0	0.18	0	0	1.52	0	0.05	0	3.82	0	0.21	0	0.01	0.11	4.03	850
b (18)	Gölpazarı	19.08.2009	526210	4013128	6.56	19	331	0.004	0.15	0.047	0	1.17	0	0.05	0.69	2.76	0	0.17	0.53	0.02	0.12	3.51	
c (27)	Gölpazarı	02.12.2009	526203	4013138	7.27	13	359	0	0.19	0.048	0	1.58	0	0.04	0	3.45	0	0.18	0.35	0.02	0.12	3.08	
d (37)	Gölpazarı	09.03.2010	526211	4013136	6.87	14	402	0.0307	0.11	0	0	1.08	0	0.05	0	4.03	0	0.17	0.18	0.02	0.12	4.23	

Örnekler major iyon içeriklerine göre Mayıs ve Ağustos 2009 örnekleri ve Aralık 2009 ile Mart 2010 örnekleri olmak üzere Piper diyagramına yerleştirilmiş ve bu diyagramlara göre yeraltı suyu kompozisyonlarının iki grupta toplandığı belirlenmiştir (Şekil 4.10 ve 4.11). Bunlar: Ca-HCO₃ and Ca-Mg-HCO₃. Bu iki grup atmosferik ve biyojenik CO₂ yüklü yüzey sularının yeraltına süzülmesi ile karbonat ve dolomit minerallerini çözmesi sonucu oluşmaktadır. HCO₃, Ca ve Mg, iyon içeriklerinin %80'den fazlasını oluşturmaktadır. Sulara bu içeriği kazandıran birimler inceleme alanının büyük bölümünü kapsayan Jura-Kretase yaşlı dolomit ve kireçtaşı birimleri ile Tersiyer yaşlı kireçtaşı birimleridir.



Şekil 4.10. Mayıs ve Ağustos 2009 örneklerinin Piper diyagramı



Şekil 4.11. Aralık 2009 ve Mart 2010 örneklerinin Piper diyagramı

4.2.2. Kirlilik İçerikleri

Örneklerin nitrat içerikleri incelendiğinde en yüksek nitrat içeriklerinin 12 ile 16 mg/l ile Tarihi Çeşme'den Mayıs 2009 ve Ağustos 2009' da alınan örneklerde olduğu görülmektedir. Bu değerler TSE (1997) tarafından belirlenen içme suyu sınır değerlerinin altındadır. Bunun dışındaki örneklerde nitrat içeriklerinin 7 mg/l' nin altında olduğu belirlenmiştir.

4.2.3. İz Element İçerikleri

Mayıs ve Ağustos 2009 dönemlerinde alınan örneklerin iz element içerikleri sırasıyla Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3' de verilmiştir. Örneklerin Mayıs 2009 dönemi iz element içerikleri incelendiğinde örneklerin stronsiyum değerlerinin 55 ppb ile 1067 ppb arasında, brom değerlerinin 40 ppb ile 160 ppb arasında, alüminyum değerlerinin

11 ppb ile 30 ppb arasında, çinko değerlerinin 12 ppb ile 19 ppb arasında, demir değerlerinin 1 ppb ile 28 ppb arasında değişmek üzere en yüksek miktarlarda görülen iz element içerikleri olduğu belirlenmiştir. Örneklerin Ağustos 2009 dönemi iz element içerikleri incelendiğinde örneklerin stronsiyum değerlerinin 33 ile 731 ppb arasında, baryum değerlerinin 4 ppb ile 49 ppb, demir değerlerinin 5 ppb ile 17 ppb arasında olmak üzere en yüksek miktarlarda görülen iz element içerikleri olduğu belirlenmiştir. Yeraltısularında stronsiyum, alüminyum ve çinko genellikle karbonatlı kayaçların bozunmasından kaynaklanmaktadır [McNeely vd, 1979]. Çalışma alanında demirin ise sedimanter ve metamorfik kayaçların bozunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Demir, alüminyum, çinko ve baryum için TSE-266 standardında yer alan müsaade edilebilecek maksimum sınırı aşan bir değer bulunmamaktadır. Brom ve stronsiyum için TSE-266 standardında herhangi bir limit değer verilmemektedir.

Çizelge 4.2. Mayıs 2009 örnekleri iz element içerikleri

No	9Be	27Al	47Ti	51V	52Cr	55Mn	56Fe	59Co	60Ni	63Cu	66Zn	69Ga	72Ge	75As	81Br	82Se	85Rb	88Sr	89Y	90Zr
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
1	<0.001	17.91	<0.001	0.576	<0.001	<0.001	1.091	0.166	<0.001	1.48	14.26	0.361	0.006	<0.001	40.17	<0.001	0.814	295.1	0.03	<0.001
2	<0.001	14.39	0.498	0.331	<0.001	<0.001	1.521	0.196	<0.001	1.867	12.45	1.246	0.182	<0.001	80.88	<0.001	0.811	195.1	<0.001	<0.001
3	<0.001	13.37	<0.001	0.877	0.107	<0.001	2.98	0.253	<0.001	1.434	17.48	0.175	0.076	<0.001	58.89	<0.001	0.408	54.82	<0.001	<0.001
4	<0.001	17.08	<0.001	0.661	0.543	10.05	13.82	0.359	<0.001	1.421	12.7	0.874	0.047	<0.001	57.5	<0.001	0.504	123.9	0.123	<0.001
5	<0.001	29.53	0.281	0.358	0.034	0.806	28	0.344	<0.001	1.918	17.56	2.162	0.058	<0.001	117.3	<0.001	0.745	191.7	0.051	<0.001
6	<0.001	11.29	0.483	0.171	<0.001	<0.001	7.021	0.242	<0.001	1.474	13.28	2.552	0.116	<0.001	160.2	<0.001	0.673	829.4	-0.039	<0.001
7	<0.001	19.86	0.117	0.253	0.063	0.157	12.28	0.213	<0.001	1.688	18.51	1.499	0.084	<0.001	75.4	<0.001	0.514	1067	0.083	<0.001
8	<0.001	22.36	<0.001	0.674	<0.001	0.553	23.72	0.189	<0.001	1.761	12.41	0.242	0.075	<0.001	83.25	<0.001	0.339	65.88	<0.001	<0.001
9	<0.001	12.88	0.289	0.884	<0.001	<0.001	2.768	0.191	<0.001	1.524	13.12	0.302	0.072	<0.001	57.75	<0.001	0.294	136.6	<0.001	<0.001
10	<0.001	14.64	<0.001	1.069	0.23	<0.001	4.925	0.229	<0.001	1.748	12.85	0.424	0.048	<0.001	74.43	<0.001	0.401	285.1	<0.001	<0.001
11	<0.001	12.91	<0.001	0.923	0.079	<0.001	7.386	0.118	<0.001	1.403	12.59	0.517	0.081	<0.001	59.07	<0.001	0.428	453.5	<0.001	<0.001
	93Nb	95Mo	101Ru	105Pd	107Ag	111Cd	115In	118Sn	121Sb	125Te	127I	133Cs	137Ba	139La	140Ce	141Pr	146Nd	147Sm	153Eu	157Gd
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
1	<0.001	<0.001	0.001	11.7	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.034	2.478	0.288	4.485	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.014	0.003	<0.001
2	<0.001	<0.001	<0.001	10.4	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	2.7	0.196	19.16	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	<0.001
3	<0.001	<0.001	0.004	0.278	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.061	3.046	0.14	1.973	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
4	<0.001	<0.001	0.01	4.376	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	3.299	0.098	13.39	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.008	0.006	<0.001
5	<0.001	<0.001	0.001	12.9	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	2.798	0.085	31.76	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.016	<0.001
6	<0.001	<0.001	0.004	30.96	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	2.783	0.087	40.2	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.02	<0.001
7	<0.001	<0.001	0.029	62.59	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.063	1.6	0.062	22.74	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.014	<0.001
8	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	3.63	0.052	4.467	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001
9	<0.001	<0.001	0.004	4.592	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	2.061	0.047	4.649	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001
10	<0.001	<0.001	0.006	16.89	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	3.136	0.034	6.394	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001
11	<0.001	<0.001	0.004	21.43	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.033	2.292	0.035	7.555	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.002	<0.001

Çizelge 4.2. devamı.

No	159Tb	163Dy	166Er	169Tm	172Yb	175Lu	178Hf	181Ta	182W	185Re	189Os	193Ir	195Pt	197Au	202Hg	205Tl	208Pb	232Th	238U
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
1	<0.001	0.005	0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.626	0.007	0.433
2	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.019	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.169	<0.001	0.552	<0.001	0.394
3	<0.001	0.002	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.189	<0.001	<0.001	0.001	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.721	<0.001	0.328
4	<0.001	0.005	0.004	<0.001	0.008	0.001	<0.001	0.057	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.563	0.005	0.222
5	<0.001	0.004	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	-0.002	<0.001	<0.001	0.008	0.001	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1.001	0.002	0.374
6	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.001	0.002	<0.001	<0.001	1.548	<0.001	0.567	<0.001	0.617
7	<0.001	0.002	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.943	<0.001	0.46
8	<0.001	0.006	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.003	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.617	0.001	0.445
9	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.194	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	2.655	<0.001	0.564	<0.001	0.183
10	<0.001	0.002	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.574	<0.001	0.556
11	<0.001	0.004	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.504	<0.001	0.538

Açıklama: Element sembollerinin önünde yer alan sayı ilgili elementin derişimin ölçümünde kullanılan izotop numarasını belirtir.

Çizelge 4.3. Ağustos 2009 örnekleri iz element içerikleri

No	9Be ppb	27Al ppb	47Ti ppb	51V ppb	52Cr ppb	55Mn ppb	56Fe ppb	59Co ppb	60Ni ppb	63Cu ppb	66Zn ppb	69Ga ppb	72Ge ppb	75As ppb	82Se ppb	85Rb ppb	88Sr ppb	89Y ppb	90Zr ppb	93Nb ppb
12	<0.001	<0.001	<0.001	0.877	0.089	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.762	0.175	0.123	1.807	0.117	731.3	0	<0.001	<0.001
13	<0.001	<0.001	<0.001	0.898	0.072	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.592	0.106	0.1	1.625	0.018	310.1	0.009	<0.001	<0.001
14	<0.001	<0.001	<0.001	0.483	0.087	<0.001	9.179	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.295	0.103	<0.001	1.195	0.051	32.85	<0.001	<0.001	<0.001
15	<0.001	<0.001	0.162	0.146	0.144	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	3.322	0.148	<0.001	1.807	0.373	646.5	<0.001	<0.001	<0.001
16	<0.001	<0.001	<0.001	0.593	0.132	<0.001	4.733	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.664	0.058	0.056	0.802	<0.001	393.1	<0.001	<0.001	<0.001
17	<0.001	<0.001	<0.001	0.38	0.074	<0.001	17.25	<0.001	<0.001	<0.001	25.04	1.298	0.156	0.123	1.111	0.042	120.2	<0.001	<0.001	<0.001
18	<0.001	<0.001	<0.001	0.795	0.081	<0.001	10.96	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.239	0.222	0.351	0.815	<0.001	34.44	<0.001	<0.001	<0.001
19	<0.001	<0.001	<0.001	0.391	<0.001	<0.001	12.44	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	3.537	0.117	0.197	1.491	0.419	260.8	0.016	<0.001	<0.001
95Mo ppb	101Ru ppb	105Pd ppb	107Ag ppb	111Cd ppb	115In ppb	118Sn ppb	121Sb ppb	125Te ppb	127I ppb	133Cs ppb	137Ba ppb	139La ppb	140Ce ppb	141Pr ppb	146Nd ppb	147Sm ppb	153Eu ppb	157Gd ppb	159Tb ppb	
12	<0.001	0.003	1.018	0.111	<0.001	<0.001	<0.001	0.009	0.036	1.517	<0.001	10.58	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
13	<0.001	0.01	0.578	0.042	<0.001	<0.001	<0.001	0.008	0	1.413	<0.001	9.417	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
14	<0.001	<0.001	0.084	0.032	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0	1.289	<0.001	5.265	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
15	<0.001	0.005	1.111	0.038	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0	0.981	<0.001	47.96	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	<0.001	<0.001
16	<0.001	0.016	0.831	0.031	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0	0.777	<0.001	8.67	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
17	<0.001	<0.001	0.203	0.031	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0	1.404	<0.001	19.15	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	<0.001
18	<0.001	<0.001	0.068	0.054	<0.001	<0.001	<0.001	0.009	0.038	1.192	<0.001	4.137	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
19	<0.001	<0.001	0.49	0.044	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0	0.519	<0.001	49.16	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.011	<0.001	<0.001
163Dy ppb	165Ho ppb	166Er ppb	169Tm ppb	172Yb ppb	175Lu ppb	178Hf ppb	181Ta ppb	182W ppb	185Re ppb	193Ir ppb	195Pt ppb	197Au ppb	202Hg ppb	205Tl ppb	206Pb ppb	232Th ppb	238U ppb			
12	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.17	<0.001	0.005	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.596	<0.001	0.543			
13	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.25	<0.001	0.001	<0.001	0.008	<0.001	<0.001	<0.001	0.615	<0.001	0.538			
14	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.201	<0.001	0	<0.001	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	0.975	<0.001	0.374			
15	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.125	<0.001	0.011	0	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.811	<0.001	0.633			
16	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.386	<0.001	0.007	<0.001	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	0.818	<0.001	0.525			
17	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.164	<0.001	0.005	0	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	0.903	<0.001	0.234			
18	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.202	<0.001	<0.001	0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.557	<0.001	0.238			
19	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.236	<0.001	0.015	0	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	0.757	<0.001	0.424			

Açıklama: Element sembollerinin önünde yer alan sayı ilgili elementin derişimin ölçümünde kullanılan izotop numarasını belirtir.

4.2.4. Sulama Suyu Kalitesi

İnceleme alanında tarımsal faaliyetlerin yaygın olmasından dolayı yüzey ve yeraltı sularının sulama suyu kriterlerine uygunluğu önem taşımaktadır. Sulama suyu kalitesinin belirlenmesinde yaygın olarak ABD Tuzluluk Richards, [1954] ve Wilcox [1948] diyagramları kullanılmaktadır. Her iki diyagramda da sulama suyu kalitesinin belirlenmesinde en önemli parametreler sodyum içeriği ve elektriksel iletkenliktir. Sodyumun diğer katyonlara göre oranının yüksek olması su kalitesini düşürmektedir. ABD tuzluluk diyagramında kullanılan Sodyum Absorbsiyon Oranı (SAR), örneğin meq/l biriminde olmak üzere sodyum derişiminin kalsiyum ve magnezyum derişimine oranı olarak aşağıdaki eşitlik ile belirlenmektedir.

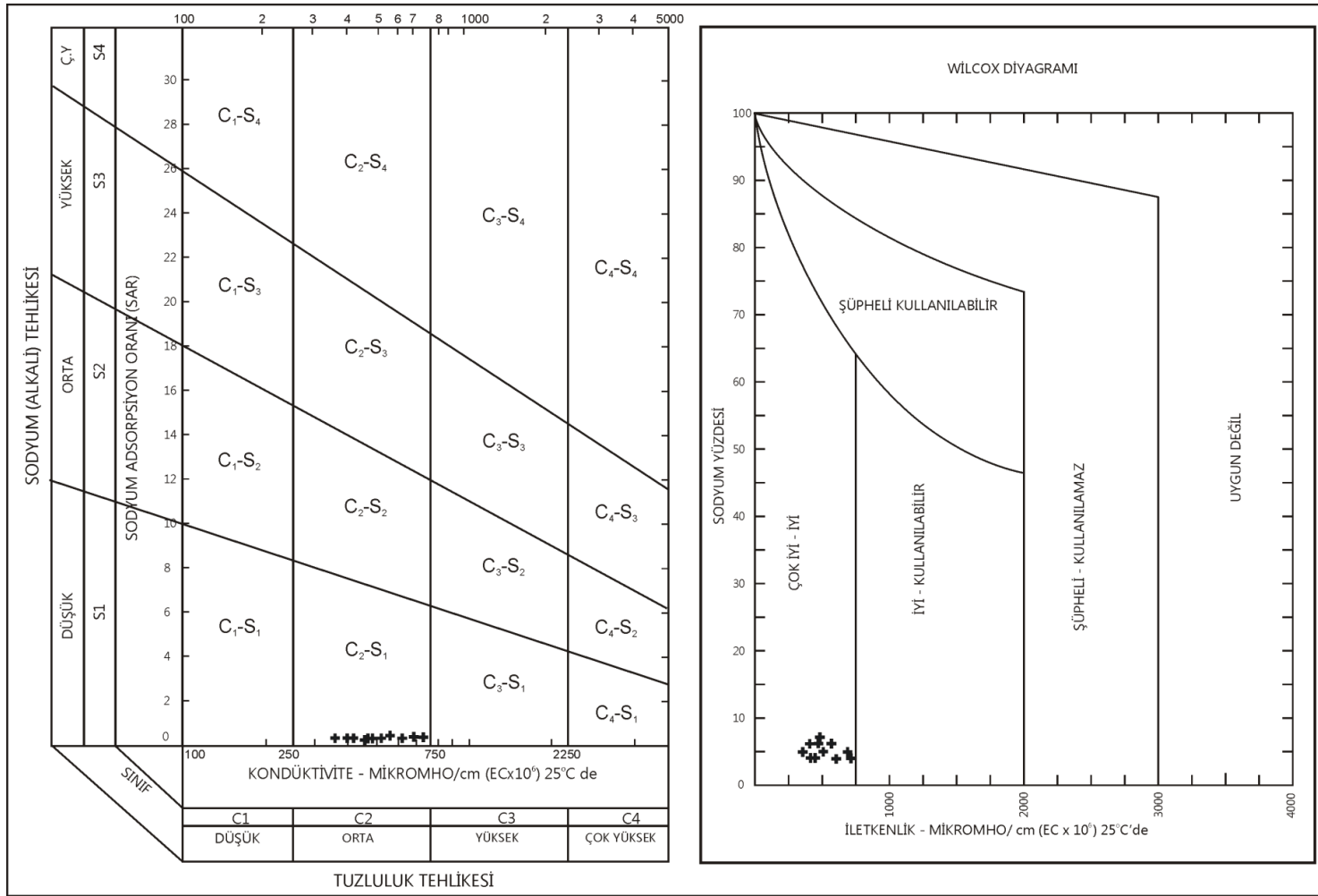
$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\left(\frac{Ca + Mg}{2}\right)}} \quad (4.4)$$

Wilcox diyagramında kullanılan yüzde sodyum içeriği ise su örneğinin meq/l biriminde olmak üzere sodyum potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriklerine göre aşağıdaki eşitlik ile belirlenmektedir.

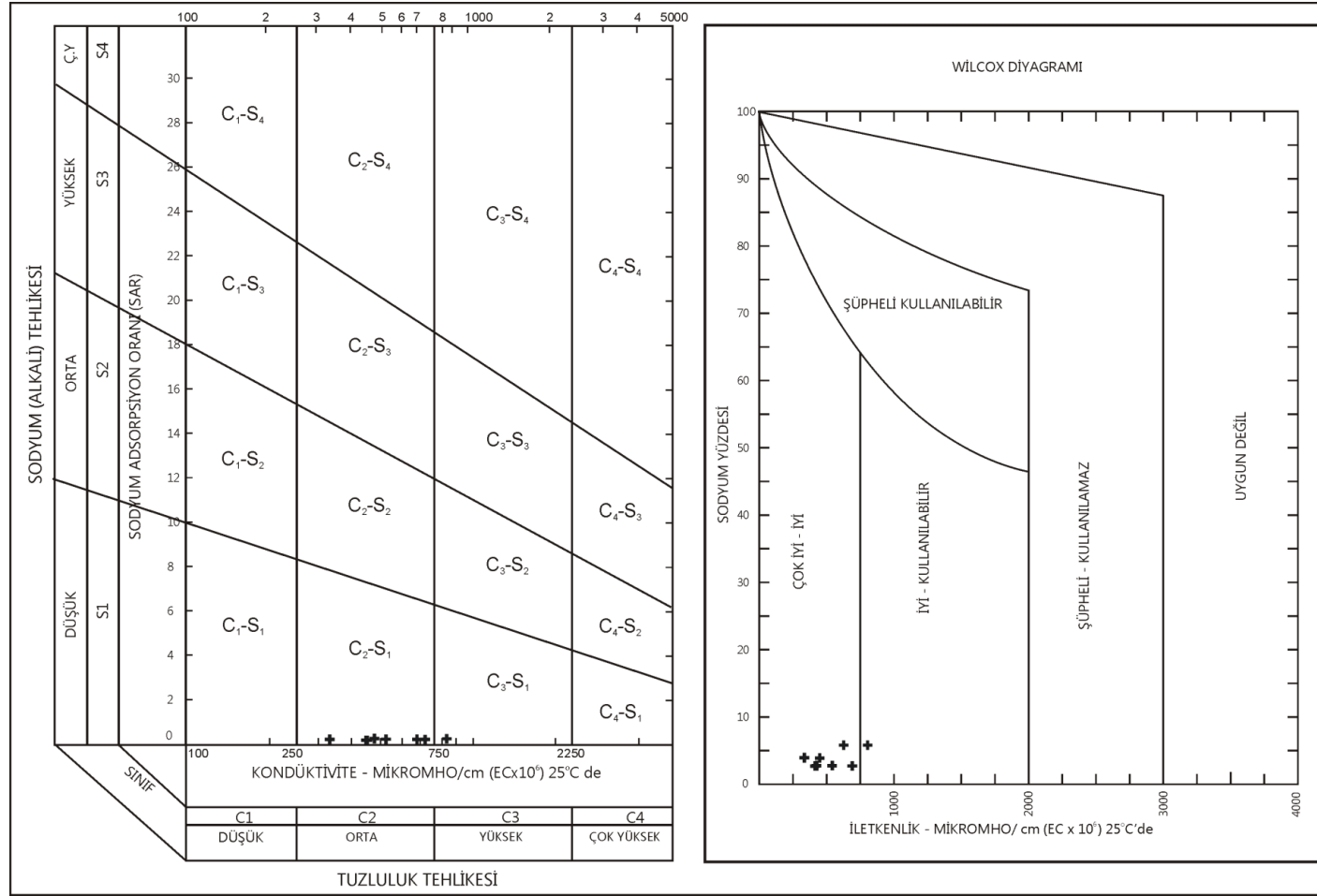
$$\% Na = \frac{Na}{(Na + K + Mg + Ca)} * 100 \quad (4.5)$$

İnceleme alanında Mayıs, Ağustos, Aralık 2009 ve Mart 2010 dönemlerinde kaynaklardan alınan örnekler analiz sonuçlarına göre ABD Tuzluluk diyagramına yerleştirildiğinde pek çok örneğin C2S1 sınıfında ve Wilcox diyagramına göre ise “çok iyi-iyi” sınıfında yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.12, 4.13, 4.14, 4.15). Aralık ve Ağustos 2009 döneminde Nergizlik örnekleri (Örnek 15 ve 24), Mart 2010 döneminde ise Karaseki örneği (Örnek 33) ABD Tuzluluk diyagramında C3S1 sınıfında ve Wilcox diyagramında ise “iyi-iyi kullanılabilir” sınıfında yer almıştır.

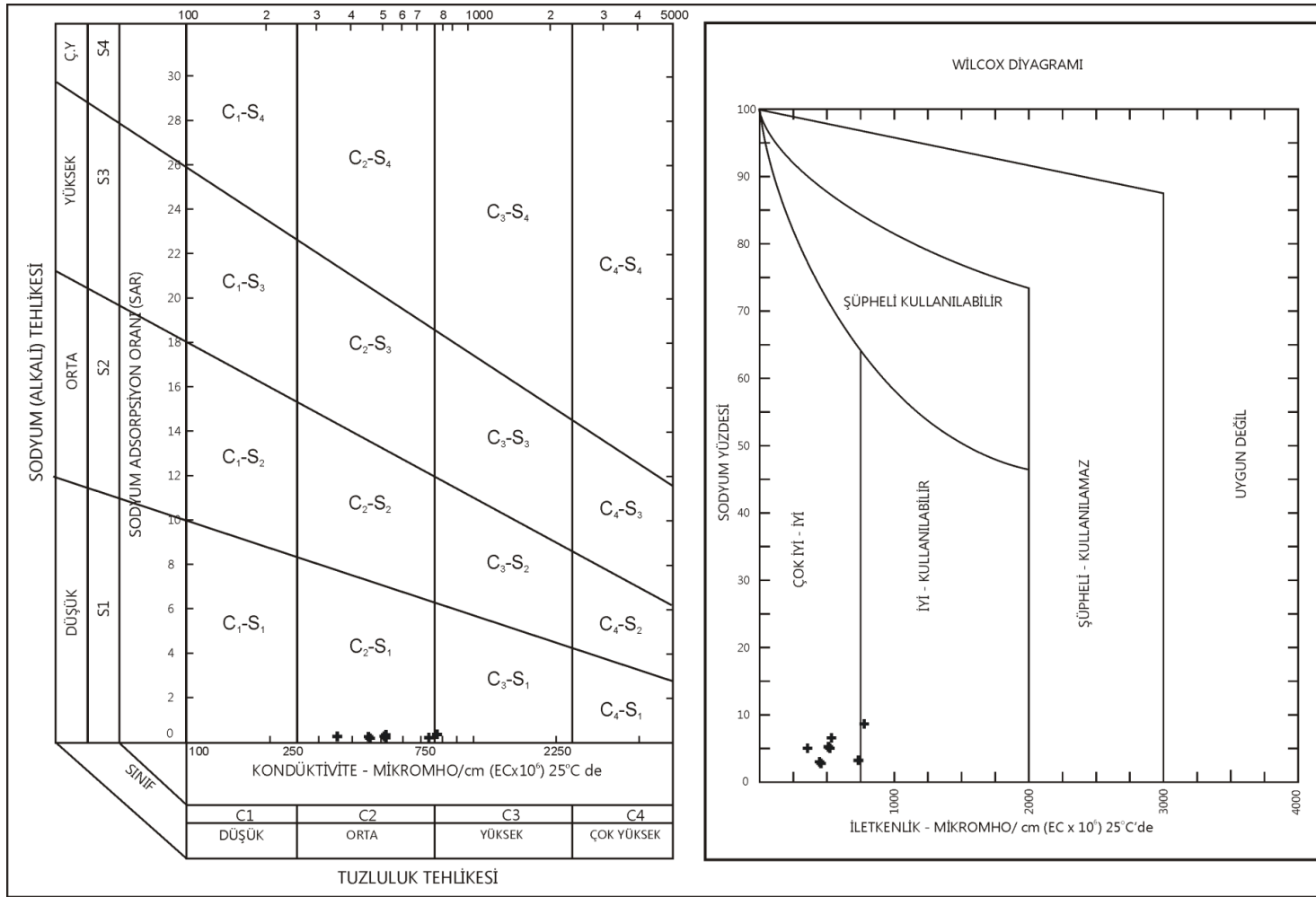
ABD Tuzluluk Diyagramındaki C2S1 sınıfı sular tuzluluk oranı orta ve sodyum oranı düşük sulardır. Bunlar sulama suyu olarak tuza orta derecede dayanıklı bitkilerde kullanılabilir. C3S1 sınıfındaki sular yüksek tuzlu ve düşük sodyum içerikli sulardır. Sürekli kullanım durumunda tuzluluk problemi yaratmaktadır.



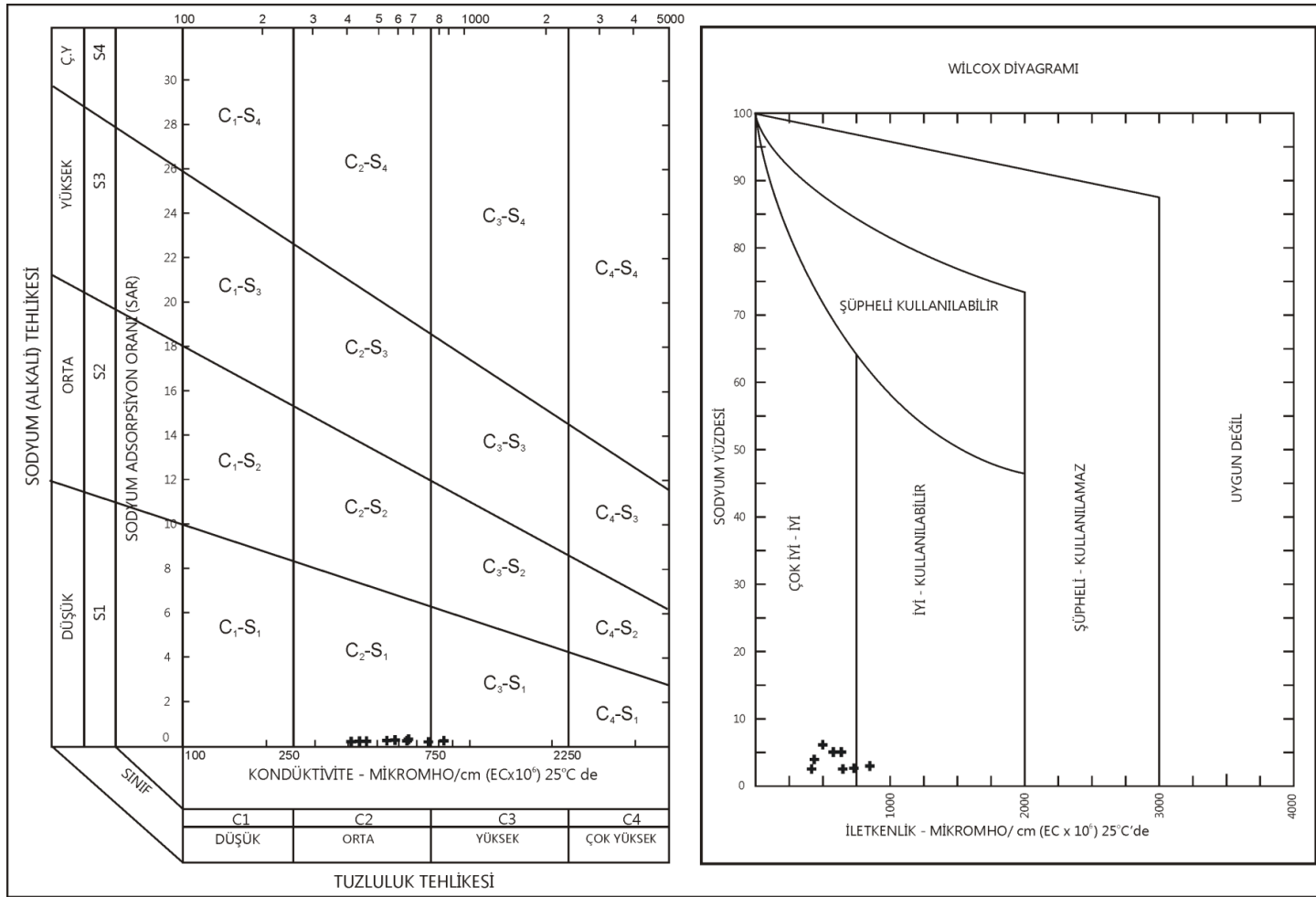
Şekil 4.12. Mayıs 2009 dönemi örneklerinin ABD Tuzluluk ve Wilcox diyagramları.



Şekil 4.13. Ağustos 2009 dönemi örneklerinin ABD Tuzluluk ve Wilcox diyaframları



Şekil 4.14. Aralık 2009 dönemi örneklerinin ABD Tuzluluk ve Wilcox diyagramları.



Şekil 4.15. Mart 2010 dönemi örneklerinin ABD Tuzluluk ve Wilcox diyagramları.

4.3. ÇEVRESEL İZOTOPLAR

Bir elementin her atomunda proton sayısı aynı olmasına karşın nötron sayılarının değişmesi nedeniyle farklı atom ağırlığına sahiptir. Bir elementin farklı nötron sayılarına sahip atomlarına o elementin izotopları denir. İzotoplar genel olarak iki gruba ayrılır: duraylı ve duraysız (radyoaktif) izotoplar. Duraylı izotoplar herhangi bir doğal bozunma göstermeyen izotoplardır. Radyoaktif izotoplar ise yeni element veya izotopları oluşturmak için doğal radyoaktif bozunmaya uğrar [Afşin ve Kayabalı, 2004].

4.3.1. Duraylı (Kararlı) İzotoplar

Duraylı izotop çalışmaları bazı izotop çiftlerini, hafif ve ağır bölümlerine ayırıştırma eğilimine dayalıdır. Bu ayırıştırma buharlaşma veya ısınma gibi bazı jeolojik süreçler sırasında meydana gelmektedir. Duraylı izotop çalışmalarında kullanılan kolayca ayırıştırılabilen oldukça yaygın olan beş element bulunmaktadır. Bunlarda kütle bakımından iki izotop arasında göreceli olarak büyük fark bulunmakta ve biri diğerinden çok daha bol olan iki izotop içermektedir. Ağır izotopun hafif izotopa oranı R ise göreceli ayırıştırma del notasyonu ile şöyle ifade edilmektedir:

$$\delta = \left[\frac{R_{sample}}{R_{standard}} - 1 \right] 1000 \quad (4.6)$$

Sonuç binde (‰) başına bölümdeki sapma olarak ifade edilir. δ 'nin değeri pozitif ise örnek standarda göre ağır izotop bakımından zenginleşmiştir, negatif ise örnek izotopik olarak hafiftir.

Hidrojenin ^1H ve ^2H (döteryum) olarak iki ve oksijenin ^{16}O , ^{17}O ve ^{18}O olarak üç izotopu bulunmaktadır. Bu izotopların, 18'den 22'ye kadar değişen dizide atom kütlelerine sahip duraylı su molekülleri oluşturmak için dokuz farklı kombinasyonu vardır. En bol bulunan su molekülü $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ en hafif izotop olup, en ağır şekil olan $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ 'den çok yüksek su buharına sahiptir. Sıvı ile gaz arasındaki suyun faz değişimleri sırasında, daha ağır su molekülleri, hidrojen ve oksijen izotoplarını ayırıştıran sıvı fazında yoğunlaştırma eğilimindedir. Okyanustan buharlaşan su, buharlaşmadan geride kalan sudan izotopik olarak daha hafiftir. Yağış

izotopik açıdan daha ağır olup atmosferden ayrılmış buhardan daha fazla oranda ^2H ve ^{18}O içerir [Afşin ve Kayabalı, 2004].

Önemli izotop oranları $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ve $^2\text{H}/^1\text{H}$ ı kapsar. Bir örneğin izotop oranları standart ortalama okyanus suyunun (SMOW) izotopik oranı ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma δ parametresi ile tanımlanır ve aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\delta^{18\text{O}}\text{‰} = \left[\frac{^{18\text{O}}/^{16\text{O}}_{\text{örnek}}}{^{18\text{O}}/^{16\text{O}}_{\text{SMOW}}} - 1 \right] 1000 \quad (4.7)$$

$$\delta^{2\text{H}}\text{‰} = \left[\frac{^2\text{H}/^1\text{H}_{\text{örnek}}}{^2\text{H}/^1\text{H}_{\text{SMOW}}} - 1 \right] 1000 \quad (4.8)$$

Karasal yağışta bulunan suyun $\delta^2\text{H}$ değeri $\delta^{18}\text{O}$ ' in fonksiyonu olarak gösterildiğinde, bir eşitlikle tanımlanabilen ampirik doğrusal bir eşitlik saptanmıştır [Mayo vd. 1985; Afşin ve Kayabalı, 2004]

$$\delta^2\text{H} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10 \quad (4.9)$$

Bu eşitlik küresel meteorik su doğrusu olarak bilinmektedir. Karasal yağış örnekleri bu çizgiye yakın bir grup oluşturma eğiliminde olacaktır. Düşük sıcaklıklı veya daha yüksek enlemler bölgelere düşmekte olan yağış, daha düşük $\delta^2\text{H}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ değerli olmaya yöneliktir. Doğal olarak okyanus suyu izotopik açıdan zenginleştiği için meteorik su çizgisinin altında yer alır. Meteorik su çizgisinden sapmalar güncelden daha sıcak veya daha soğuk bir iklim sırasında düşen yağışla veya yeraltında bulunduğu zaman açığa çıkan jeokimyasal değişimlerden etkilenmiş olduğu şeklinde yorumlanabilir [Craig 1961; Afşin ve Kayabalı, 2004].

4.2.3. Radyoaktif İzotoplar

Duraylı izotoplar kararlı bir çekirdek yapısına sahiptirler, kapalı bir sistemde duraylı izotopların atomik konsantrasyonlarında hiçbir değişiklik olmaz. Radyoaktif izotopların çekirdekleri ise kararsız bir yapıya sahiptir ve zamanla parçalanarak başka elementlerin izotoplarına dönüşürler.

İzotop hidrolojisi çalışmalarında kullanılan radyoaktif izotopların başında hidrojen elementinin kütle numarası 3 olan Trityum (^3H) ve karbon elementinin kütle numarası 14 olan Karbon-14 (^{14}C) izotopları gelmektedir.

Yarı ömrü 12.32 yıl (4500 ± 8 gün) olan ve beta bozunması veren trityum, atmosferin üst tabakalarındaki azot atomlarıyla kozmik nötronların etkileşmesinden doğal olarak oluştuğu gibi, termonükleer denemeler sonucunda da oluşmaktadır. Trityum atomları doğada 1.10-15 oranında bulunur. Su içerisindeki trityum konsantrasyonu trityum birimi (TU) olarak verilmektedir. Yani 1018 hidrojen atomuna karşı bir trityum atomunun bulunması “1 Trityum Birimi (TU)” olarak tanımlanır. Radyoaktif olmasından dolayı uğradığı zamansal değişim nedeniyle yeraltısularının bağlı yaşının (eskilik derecesi) belirlenmesi çalışmalarında kullanılmaktadır. Ayrıca yeraltısularının rezervuarda yenilenme sürelerinin tahmini yapılmaktadır. Yenilenme süresinin tahmini yeraltısuyu hareket hızının belirlenmesinde rol oynamaktadır [Çifter ve Sayın, 2002].

4.3.3. İzotopların Hidrojeoleojik Amaçlı Kullanımı

Hidrolojik çevrim sürecinde, suyu oluşturan hidrojen ve oksijenin kararlı izotoplarının izotopik içeriklerinde başta sıcaklık olmak üzere yersel ve zamansal faktörlere bağlı olarak birtakım değişiklikler oluşur. Hidrolojik çevrim sürecinde, suyun içeriğindeki kararlı izotoplarda meydana gelen izotopik değişimler, su kütlelerine değişik mesajlar verir. Söz konusu bu mesajların deşifre edilmesi su kütlelerinin hareketlerinin izlenmesini mümkün kılar. Radyoaktif izotoplar ise yarılanma ömürleri nedeniyle suların eskilik derecelerinin belirlenmesi, suların

akiferde kalış ve yenilenme süresinin belirlenmesinde izleyici olarak kullanılırlar. Yerüstü ve yeraltı suları, nehirler, sıcak ve mineralli sular, yaşlı sular ve göllerde yapılan çalışmalarda kullanılan izotop teknikleri nin uygulama alanları aşağıda özetlenmiştir [Çifter ve Sayın, 2002].

- Yeraltısularının beslenme alanlarının belirlenmesi;
 - Baraj ve göl kaçaklarının etüdü;
 - Çeşitli su kütlelerinin birbirleriyle ilişkilerinin saptanması;
 - Akiferlerin su taşıma özelliklerinin belirlenmesi;
 - Kar-su eşdeğerinin belirlenmesi;
 - Nehir ve deniz tabanındaki sürüntü maddesinin ölçülmesi;
 - Yeraltısuyu eskilik derecelerinin belirlenmesi;
 - Yeraltısuyunun akiferde kalış ve yenilenme sürelerinin belirlenmesi;
 - Farklı su kütlelerinin karışım oranlarının belirlenmesi;
- çalışmalarında kullanılmaktadır

4.3.4. İzotop Verilerinin Değerlendirilmesi

Bölgenin hidrodinamik yapısının aydınlatılması amacıyla Mayıs 2009’da alınan örneklerin oksijen-18, döteryum ve trityum analizleri, Ağustos 2009’ da alınan örneklerin ise sadece trityum analizleri yaptırılmıştır. Analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.4 ve 4.5’ de verilmiştir. Ayrıca örnek noktaları ve örneklerin izotop içerikleri Şekil 4.16’ da sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Aydıncık bölgesindeki kaynakların Mayıs 2009 dönemi oksijen-18 döteryum ve trityum içerikleri

Örnek No	Örnek Adı	Tarih (2009)	X	Y	$^2\text{H}_{\text{SMOW}}$	$^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$	^3H (TU)
10	Yenikaş	20.05	526559	3999221	-31	-6.4	3.50
11	Soğuksu	20.05	526587	3999407	-35	-6.9	2.87
9	Bozkoyak D.	20.05	525406	4004685	-31	-6.6	3.25
8	Karaseki	20.05	526676	4004840	-30	-6.4	3.08
7	Bucak	20.05	525429	4008894	-30	-6.4	4.01
6	Nergizlik D.	20.05	527075	4009845	-28	-5.7	4.25
1	Duruhan	20.05	526032	4010648	-34	-7.0	3.41
5	Tarihi Çeşme	20.05	526548	4011307	-31	-6.4	2.76
4	Kaya mah. batısı	20.05	526233	4011740	-31	-6.6	3.15
2	Kaya mah. doğusu	20.05	527016	4011804	-32	-6.6	4.01
3	Gölpazarı	20.05	526211	4013136	-35	-6.9	4.20

Çizelge 4.5. Aydıncık bölgesindeki kaynakların Ağustos 2009 dönemi trityum içerikleri

Örnek No	Örnek Adı	Tarih (2009)	X	Y	³ H (TU)
13	Yenikaş	19.08	526559	3999221	2.42
12	Soğuksu	19.08	526587	3999407	2.32
14	Karaseki	19.08	526676	4004840	3.26
15	Nergizlik D.	19.08	527068	4009839	2.90
16	Duruhan	19.08	526032	4010648	2.77
19	Tarihi Çeşme	19.08	526548	4011307	2.41
17	Kaya mah. doğusu	19.08	527012	4011801	2.42
18	Gölpazarı	19.08	526210	4013128	3.02

Uluslararası Atom Enerjisi Kurumunun (IAEA) yerel yağışların izotop verilerinin ölçüldüğü istasyonlarından bir tanesi Adana' da bulunmaktadır (IAEA, Adana, istasyon no: 1735000). Bu istasyonun 1963-1987 yılları arasındaki ¹⁸O ve döteryum içeriklerinin yıllık ortalama değerleri -5.5‰ V-SMOW (+/- 0.74, 1 sigma) and -28.0‰ V-SMOW (+/- 4.8, 1 sigma) olarak belirlenmiştir (IAEA 1992). Bu istasyonun günümüzdeki yağışlara ait trityum içerikleri ise 5 TU civarındadır.

Çalışma alanından alınan örneklerin oksijen-18 ile döteryum ilişkisi incelendiğinde, örneklerin Gat ve Carmi [1970] tarafından belirlenmiş olan ve $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O}+22$ denklemi ile ifade edilen Doğu Akdeniz Meteorik Su Çizgisi üzerinde veya bu doğruya çok yakın noktalarda yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.17). Bu sonuç akiferin meteorik kökenli yağışlardan beslendiğini göstermektedir.

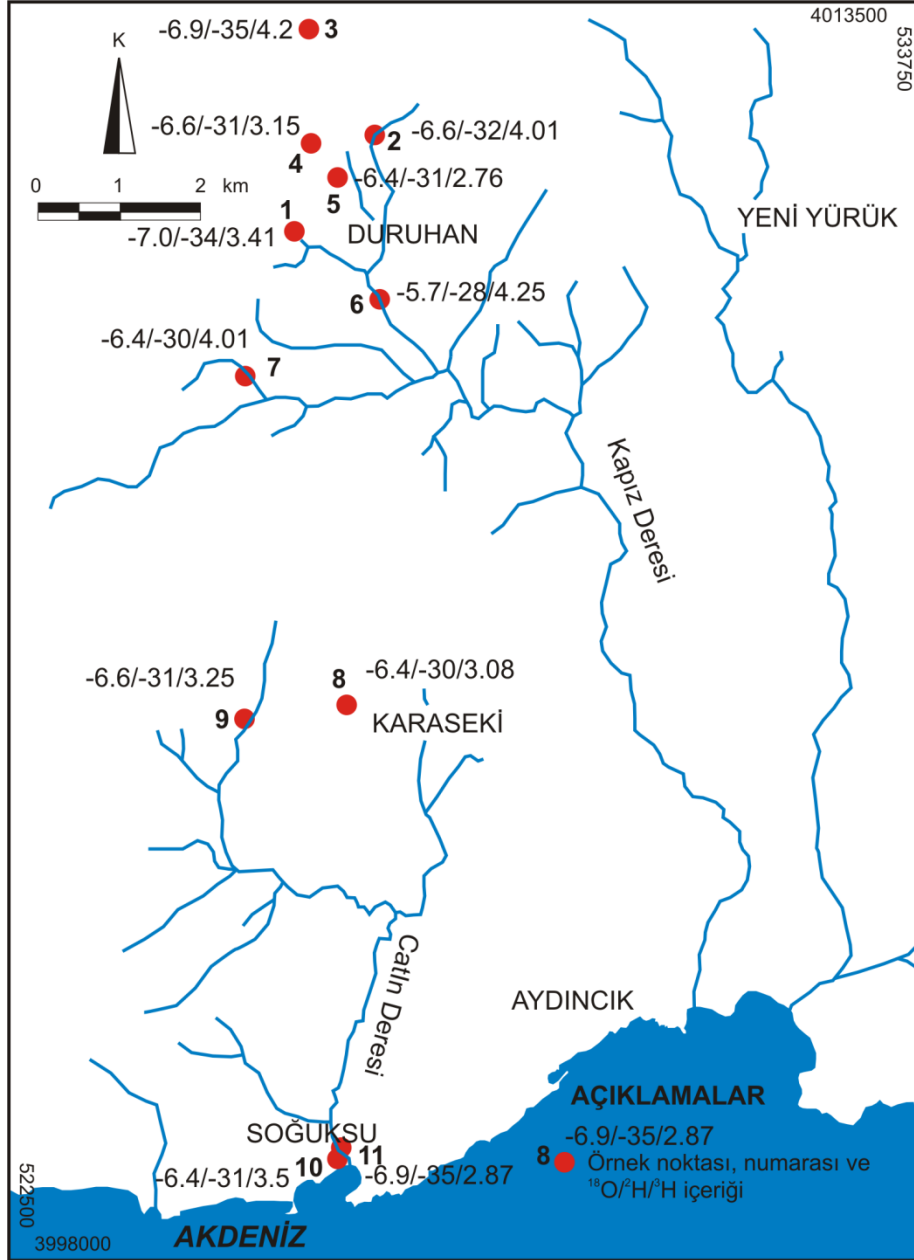
Trityum izotopu duraysız bir izotop olduğundan yeraltısuyunun rezervuarda kalış süresi ile orantılı olarak radyoaktif bozunmaya uğramaktadır. Bu nedenle yeraltısularının bağlı yaşlarının belirlenmesinde en önemli parametrelerden biridir. Trityum içeriği yüksek sular kısa yeraltısuyu geçiş süresi ve yerel yağışlardan beslenimi temsil eder.

Çalışma alanındaki örneklerin oksijen-18 ve trityum içerikleri Adana istasyonunda (IAEA, Adana, istasyon no: 1735000) ölçülen değerler ile birlikte değerlendirildiğinde genel olarak yeraltısularının kısa geçiş sürelerine sahip olduğu ve yerel yağışlardan beslendiği sonucuna varılmaktadır (Şekil 4.18). Mayıs 2009 dönemi trityum içeriklerine göre örnekler iki grupta toplanmaktadır (Şekil 4.18).

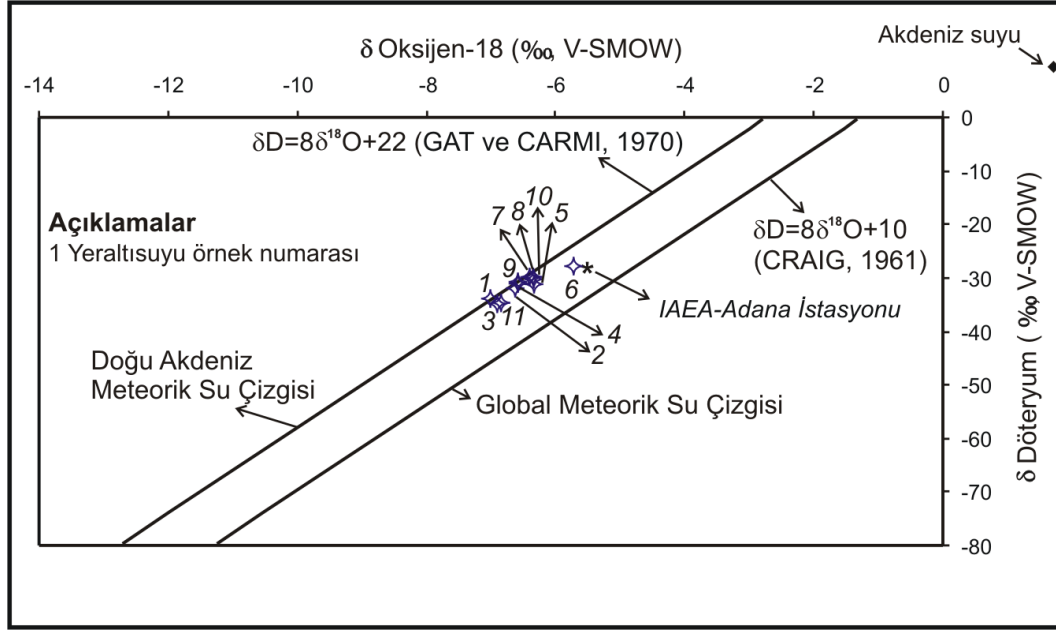
İkinci grup örneklerin trityum içerikleri bağıl olarak daha yüksektir. Bu grupta yer alan örneklerin lokasyonları dikkate alındığında bunların genel olarak akarsulara çok yakın olduğu ve akarsulardan beslenme nedeniyle trityum içeriklerinin bağıl olarak yüksek olduğu düşünülmektedir.

Mayıs 2009 ile Ağustos 2009 dönemi örnekleri karşılaştırıldığında Mayıs dönemi örneklerinin trityum içeriklerinin daha yüksek olduğu ve bunun Mayıs 2009 döneminde örneklerinin yerel yağışlardan süzülen sular ile karışması ile gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

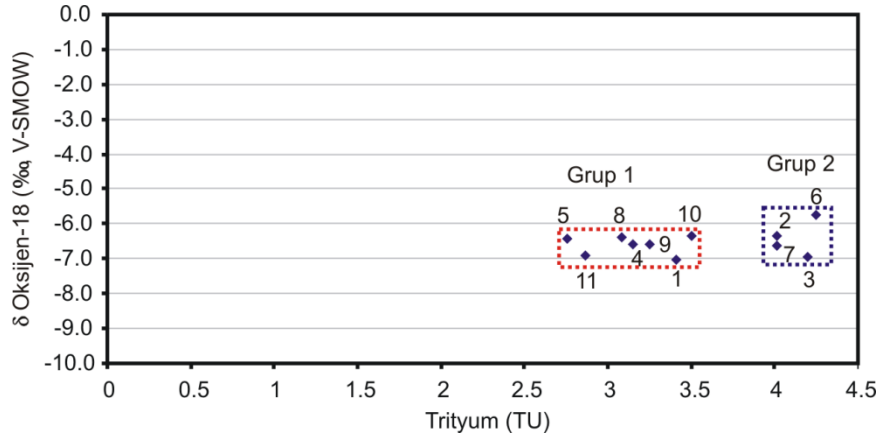
Clark ve Fritz [1997] kıyı bölgeleri için trityum içeriklerinin 2 TU ile 8 TU arasında olduğu bölgelerde yeraltısu beslenme süresinin 10 yıldan az olduğunu belirtmektedir. Çalışma alanındaki örneklerin trityum içerikleri 2,32 TU ile 4,25 TU değerleri arasında değişmektedir. Bu nedenle bölgedeki yeraltısu geçiş süresinin 10 yıldan daha az olduğu saptanmaktadır.



Şekil 4.16. İzotop örnek noktaları ve örneklerin oksijen-18, döteryum ve trityum içerikleri



Şekil 4.17. Örneklerin oksijen-18 ve döteryum grafiği.



Şekil 4.18. Örneklerin oksijen-18 ve trityum içerikleri arasındaki ilişki.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma alanında akifer oluşturan birimler Jura-Kretase yaşlı kireçtaşı ve dolomit birimleridir. Akiferi alttan kilitli içeren Triyas yaşlı birimler sınırlandırmaktadır. Akiferi oluşturan kayaların tektonik hareketler ile sıkışması sonucu oluşan asimetrik senklinal yapısı suyun depolanma miktarını arttırmaktadır. Akiferden en büyük boşalım deniz seviyesinde bulunan ve bir fay kaynağı olan Soğuksu Kaynağından gerçekleşmektedir. Soğuksu Kaynağına ait çekilme analizi tek bir üstsel terim içermekte olup kaynak çekilme katsayısı (α) $0,011 \text{ gün}^{-1}$, akiferdeki depolama hacmi ise $2,8 \times 10^7 \text{ m}^3$ olarak belirlenmiştir. Soğuksu ve bölgede bulunan diğer kaynaklardan alınan örnekler major iyon içeriklerine göre incelendiğinde örneklerin iki grupta toplandığı görülmektedir. Bunlar: Ca-HCO₃ and Ca-Mg-HCO₃. Bu sonuç akiferi oluşturan birimler ile uyumludur. Çalışma alanından alınan örneklerin oksijen-18 ile döteryum ilişkisi incelendiğinde, örneklerin Doğu Akdeniz Meteorik Su Çizgisi üzerinde veya bu doğruya çok yakın noktalarda yer aldığı görülmektedir. Bu da akiferin meteorik kökenli yağışlardan beslendiğini göstermektedir. Çalışma alanındaki örneklerin trityum içerikleri 2,32 TU ile 4,25 TU değerleri arasında değişmekte olup bu ise kısa yeraltısu geçiş süresini temsil etmektedir. Yeraltısu örneklerinin pek çoğu ABD Tuzluluk diyagramına göre C2S1 ve C3S1 sınıfında, Wilcox diyagramına göre ise “iyi-kullanılabilir”, “çok iyi-iyi” sınıfında yer almaktadır. Yeraltısu örneklerinde kirlilik ve ağır metal içerikleri açısından TSE-266 standardında yer alan müsaade edilebilecek maksimum sınırları aşan bir değer bulunmamaktadır. Kaynaklardan alınan örneklerin nitrat içerikleri akiferdeki kirlenme düzeyinin düşük olduğunu göstermekle birlikte akiferin yerel yağışlardan beslenmesi, kısa yeraltısu geçiş süresine sahip olması ve bölgedeki tarım ve yerleşim alanlarının giderek artmasına bağlı olarak kirlenmenin kısa sürede artabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Afşin M., Kayabalı K., (Çeviri Editörleri), “Uygulamalı Hidrojeoloji”, Gazi Yayınevi, Ankara, (2004) [*Applied Hydrogeology, C. W. Fetter, Prentice Hall, 598 s, (2001)*]
- Akbulut A., “Keçiyutan (Soğuksu) Mağarası Morfolojisi ve Karstik Oluşumları”, Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bitirme Ödevi, Mersin (2012).
- Amit, H., Lyakhovsky, V., Katz, A., Starinsky, A. & Burg, A., “Interpretation of spring recession curves”, *Ground Water*, 40:5, 543-551, (2002).
- Blumenthal, M.M., “Beyşehir-Seydişehir Hinterlandındaki Toros dağlarının Jeolojisi”, M.T.A. Enst., seri D, 2, 242 s, Ankara, (1947).
- Blumenthal, M.M., “Cenubi Anadolu Torosları'nın sahil sıradağlarında Silifke-Anamur arasındaki jeolojik incelemeler”, M.T.A. Derleme No: 2823, (1955)
- Bonacci, O., “ Analysis of the maximum discharge of karst springs. *Hydrogeology Journal*”, 9 (4), 328-338, (2001).
- Boussinesq, J., “Sur un mode simple d'écoulement des nappes d'eau d'infiltration a` lit horizontal, avec rebord vertical tout autour lorsqu'une partie de ce rebord est enlevée depuis la surface jusqu'au fond”, *Comptes Rendus, Academie de Sciences* 137, 5–11, (1903).
- Boussinesq, J., “Recherches théoriques sur l'écoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et sur le débit des sources”, *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 10, 5–78, (1904).
- Clark, I.D., Fritz, P., “Environmental isotopes in hydrogeology”, New York, Lewis Publishers, 328 p., (1997).
- Craig, “Isotopic variations in meteoric waters. *Science*”, 133:1702–1703, (1961).
- Çifter, C. ve Sayın, M., “İzotopların Hidrolojide Kullanılması. 1. Ulusal Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu”, 21-25 Ekim, 1-14, Adana, (2002).

- Dean, W.T. And Monod, O., “The Lower Paleozoic stratigraphy and faunas of the Taurus Mountains near Beyşehir, Turkey”, I. Stratigraphy, Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. 19/8,411-426, (1970).
- Dean, W. T. And Özgül, N., “Cambrian rocks and faunas, Hüdai area, Taurus Mountains, Southwestern Turkey”, Bull. Inst. R. SC. Nat Belg.: SC. Terre, 5-20 s., (1994).
- Demirtaşlı, E., “Silifke Batısında Hacıışaklı, Büyükeceli, Korucuk ve Akdere Köyleri Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi”, M.T.A. Raporu, No: 8769, s. 126, Ankara (1987).
- Demirtaşlı, E., Gedik, İ., ve İmik, M., “Ermenek Batısında Göktepe-Dumlugöze ve Tepebaşı Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi”, M.T.A. Raporu, No: 8753, 45 s., Ankara, (1986).
- Demirtaşlı, E., Turhan, N., Bilgin, Az. And Selim, M., “Geology of the Bolkar Mountains”, Geology of the Taurus Belt, proceedings, M.T.A. special Publication, s.125-141, (1984)
- Demirtaşlı, E., “Toros Kuşağı’ nın Petrol Potansiyeli” Türkiye 3. Petrol Kongresi, s. 39-52. 1984, Stratigraphy and Tectonics of the area between Silifke and Anamur, Central Taurus Mountains, Geology of the Taurus Belt, s. 101-118, Ankara. (1976)
- D.S.İ, 62.Şube Müdürlüğü, “Soğuk Su Kaynağı Debi Ölçümleri”, (Yayımlanmamış) (2013)
- De Vries, J. J., and Simmers, I., “Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. Hydrogeology Journal”, 10, 5-17, (2000).
- Dewandel, B., Lachassagne, P., Bakalowicz, M., Weng, PH., Al-Malki, A., Evaluation of aquifer thickness by analysing recession hydrographs. Application to the Oman ophiolite hard-rock aquifer. Journal of Hydrology, 274: 1-4, 248-269, (2003).
- Elhatip H., “The influence of karst features on environmental studies in Turkey”, Environmental Geology, 31, 1-2, 27-33, (1995).
- Eroskay SO., Günay G., “Tecto-Genetic Classification and Hydrogeological Properties of the Karst Regions in Turkey”, Proc Int Semin Karst Hydrogeology”, Oct. 9–19, Oymapınar, Antalya – Turkey: pp 1–43, (1979)

- Fetter, C.W., “Applied Hydrogeology” (4th ed.), Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 598p. (2001).
- Ford, D. & Williams, P.W., “Karst Geomorphology and Hydrology”, John Wiley & Sons Ltd, England, (2007).
- Ford, D. C. and Williams, P. W., “Karst Geomorphology and Hydrology”, Chapman Hall, 601 p., London, (1989).
- Forkasiewicz, J., PALOC, H., “Le regime de tarissement de la Foux de la Vis. Etude preliminaire.” AIHS Coll. Hydrol. des roches fissurees, Dubrovnik (Yugoslavia), vol. 1 pp. 2123-228, (1967).
- Gat J.R., Carmi, I., “Evolution of the isotopic composition of atmospheric waters in the Mediterranean Sea area”, Journal of Geophysical Research, 75: 3039-3048, (1970).
- Gedik, A., Birgili, Ş., Yılmaz, H. ve Yoldaşlar, R., “Mut-Ermenek-Silifke yöresinin jeolojisi ve petrol olanakları”, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, c. 22, 7-26 s., Ankara, (1979).
- Gedik, İ., “Orta Toroslar'da Konodont Biyostratigrafisi”, T.J.K.Bülteni, c.20, s.35-48., Ankara, (1977).
- Gedik, İ., “Batı Toroslar Kambriyen'inde Hadimopanelüd Biyostratigrafisi: Kambriyen'de yeni bir biyostratigrafik zonlama”, T.J.K.Bülteni, c.32, s.65-78, Ankara, (1989).
- Hendricx, J. M. H., and Walker, G. R., “Recharge from precipitation. In: Recharge of Phreatic Aquifers in (Semi-) Arid Areas, Ian Simmers (ed.)”, IAH Publication 19, Balkema, 19-111, (1997).
- İlker, S., “Adana Baseni kuzeybatısının jeolojisi ve petrol olanakları”, T.P.A.O. Arama Arşiv No: 973 (yayınlanmamış), 63 s., Ankara, (1975).
- Kabal, Y. And Taslı, K., “Biostratigraphy of the Lower Jurassic carbonates from the Aydıncık area (Central Taurides, S Turkey) and morphological analysis of *Lituolipora termierri*”, Journal of Foraminiferal Research 33/4, 338-351, (1967).
- Kaçaroğlu F., “Gökpınar karst kaynaklarının (Gürün-Sivas) hidrojeoloji incelemesi”, Yerbilimleri, 27(3), 181-194, (2006)

- Karanjac, J., “Recession hydrograph analysis in karst”, In: DSİ-UNDP Seminar on Karst Hydrogeology, Antalya, Turkey, 65-85, (1977).
- Koç, H., Özer, E., Özsayar, T., “Aydıncık (İçel) Yöresinin Jeolojisi” Geosound Yerbilimleri, 30, 417-427, (1997).
- Koç, H., “Aydıncık (İçel) yöresinin tektono-stratigrafisi ve jeolojik evrimi” Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 282 s., (2003).
- Koç, H., “Aydıncık (İçel) yöresinin stratigrafisi ve jeotektonik yorumu”, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 102 s., (1996).
- Koçyiğit, A., “Isparta Büklümünde (Batı Toroslar) Toros Karbonat Platformunun evrimi”, T.J.K. Bülteni, c.24, s. 15-23, (1981).
- Kozlu, H., Fourcade, E., Günay, Y., “Doğu Toros bölgesinde Neo-Tetis'in konumu”, Türkiye 8. Petrol Kongresi, s.387-402, Ankara, (1990).
- Kozlu, H. Ve Göncüoğlu, M. C., “Infracambrian Hüdai Area in Sandıklı”, IGCP Project 351 Early Palaeozoic Evolution in NW Gondwana, Lower Paleozoic of Southern Turkey Excursion Guide Book, 15-16 s., (1995).
- Laubscher, H. Ve Bernoulli, D., “Mediterranean and Tethys; Narin, A.E.M., Kanes, W. H. Ve Stehli, F.G., eds., The Ocean Basins and Margins, IV, 4A: The Eastern Mediterranean de: Plenum Press, New York and London, 379-444 s., (1977).
- Lerner, D., “Groundwater recharge. In: Geochemical Processes, Weathering and Groundwater Recharge in Catchments”, Ola M. Saether and Patricia De Caritat (eds.), Balkema, 109-150, (1997).
- Maillet, M.E., “Essais d'hydraulique souterraine et fluviale”, Hermann, Paris, (1905).
- Malik, P., Vojtkova S., “Use of recession curve analysis for estimation of karstification degree and its application in assessing overflow/underflow conditions in closely spaced karstic springs”, Environmental Earth Sciences, 65: 2245-2257 (2012).
- Mayo, A. L., Muller, A. B., and Ralston, D. R., “Hydrogeochemistry of the Meade thrust allochthon southeastern Idaho, and its relevance to the stratigraphic and structural groundwater flow control”, Journal of Hydrology”, v. 76, n:1/2 p. 27-61, (1985).

- McNeelly, R.N, Neimanis V.P., Dwyer L., “Water quality sourcebook, a guide to water quality parameters”, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada, (1979).
- Mersin Valiliği, İl Çevre Ve Orman Müdürlüğü, “2006 yılı Mersin İl Çevre durum Raporu”, 296 s., (2007)
- Mero, F. “Application of groundwater depletion curves in analyzing and forecasting spring discharges influenced by well fields”, Publication no. 63 of the IASH, Symposium on Surface Waters, 107-117, (1964).
- Milanovic, P. T., “Karst Hydrogeology. Water Resources Publications”, Littleton, Colorado, USA, (1981).
- Monod, O., “Recherches queologiques dans le Taurus Occidental au sud de Beyşehir (Turquie) ”; Thesis, Univ., Paris Sud Orsay, 442p., (1977).
- Monod, O. And Akay, E., “Evidence for a Late Triassic-Early Jurassic orogenic event in the Eastern Mediterranean”, s. 112-122, (1984).
- Öner, F. ve Taslı, K., Aydıncı (İçel) yöresindeki Geç Jura-Erken Kretase yaşlı dolomitlerin hammadde potansiyeli, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri, c. 16, s. 13-18, Sivas, (1999).
- Özalp, S., “Orta Toroslar’da Büyükeceli (Gülнар)-Yeşilovacık (Silifke) Dolayının Tektono-Stratigrafi Birimleri ve Bölgenin Yapısal Evrimi”, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 172 s., (1999).
- Özgül, N., “Bozkır-Hadim-Taşkent (Orta Toroslar’ın Kuzey Kesimi) Dolayında Yer Alan Tektono-Stratigrafik Birliklerin Stratigrafisi”, M.T.A. Dergisi, 119, s. 113-174, Ankara, (1997).
- Özgül, N., “Toroslar’ın Temel Jeolojik Özellikleri”, T.J.K. Bülteni, c.19, s.65-78, Ankara, (1976).
- Özgül, N. ve Kozlu H., “Kozan-Feke (Doğu Toroslar) Yöresinin Stratigrafisi ve Yapısal Konumu ile İlgili Bulgular”, TPJD Bülteni, c. 14 (1), s. 1-36, Ankara, (2002).
- Öztürk, E. M., Öcal, H., Taşkiran, A., Bulduk, A., Çelik, B., Metin, T., Keskin, Ö., Kadir, S., Değer, Z., Çatal, E., Keskin, A., Gökten, A., Hakyemez, A. ve Girgin., “Orta Toroslar’ın Jeolojisi”, M.T.A. Raporu, No: 9301, 138 s., Ankara, (1991).

- Petras, I. “An approach to the mathematical expression of recession curve”s, *Water SA*, 12:3, 145-150, (1986).
- Posavec, K., Bacani, A., Nakic, Z. A., “Visual basic spreadsheet macro for recession curve analysis”, *Ground Water* 44, no. 5: 764–767, (2006).
- Posavec, K., Parlov, J., Nakic, Z., “Fully Automated Objective-Based Method for Master Recession Curve Separation”, *Ground Water* 48(4) 598-603, (2010).
- Richards, L. A., “Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils (moisture retention curve)”, Dept. Of Agri, Handbook 60, USA, (1954).
- Riggs, H.C. “The baseflow recession curve as an indicator of ground water.” *International Association of Scientific Hydrology Publication* 63, 352-363, (1964).
- Tallaksen, L. M., “A reiew of baseflow recession analysis”, *Journal of Hydrology*, 165, 349-370, (1995).
- TSE, İçmesuları Standardı (TSE-266), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1997).
- White, W. B., “Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains.” Oxford University. Press, Oxford, (1988).
- Yetiş, C., Toker, V., Searl, A., ve Altıner, D., “Aydincik (Mersin) dolayının Mesozoyik Stratigrafisi ve Mesozoyik Karbonatlarının Katod Luminesan Özellikleri”, *Türkiye Jeoloji Araştırmaları Özleri*, s. 38, (1991).
- Yeşilot, M., "Aydincik (Mersin) Yöresi Alt Liyas Yaşlı Dolomitlerin Kökeni", *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 43 s., (2005).
- Yüksel, M. M., “Aydincik (Mersin) Bölgesinin Jeolojisi”, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 74 s., (1985).

ÖZGEÇMİŞ ve ESERLER LİSTESİ

Adı Soyadı: Mehmet Selim SAZAN

Doğum Tarihi: 25/11/1972

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Çukurova Üniversitesi	1991-1995
Yüksek Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2009-2014

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1.