

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ISPARTA VE YAKIN ÇEVRESİ YERALTISULARININ
HİDROJEOLÖJİK, HİDROJEOKİMYASAL VE İZOTOP
JEOKİMYASAL İNCELENMESİ VE
İÇME SUYU KALİTESİNİN İZLENMESİ

SELMA (ALTINKALE) DEMER

Danışman: Prof. Dr. Nevzat ÖZGÜR

DOKTORA TEZİ
JEOLÖJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2008

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma, jürimiz tarafından JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda
oybirliği/oyçokluğu ile DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan (Danışman) : Prof. Dr. Nevzat Özgür
Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü

Üye : Prof. Dr. Fuzuli Yağmurlu
Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü

Üye : Prof. Dr. Güleren Alsancak
Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü

Üye : Prof. Dr. Aziz Ertunç
Çukurova Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü

Üye : Prof. Dr. Tevfik İsmailov
Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü

ONAY

Bu tez 28/04/2008 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda yukarıdaki jüri
üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

.../.../.....

Prof. Dr. Fatma Koyuncu
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Yeraltısuyu Kalitesi.....	2
1.2.1. Yeraltısuyu Kalitesini Belirleyen Hidrojeokimyasal Parametreler.....	2
1.2.2. Yeraltısuyu Kalitesini Belirleyen Organik Parametreler.....	10
1.2.3. Yeraltısuyu Kalitesini Belirleyen İzotop Jeokimyasal Parametreler.....	11
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1. Çalışma Alanının Yeri.....	21
3.1.2. Morfoloji.....	21
3.1.3. İklim ve Bitki Örtüsü.....	23
3.1.4. Ekonomik Durum.....	23
3.2. Yöntemler.....	24
3.2.1. Stratigrafi.....	24
3.2.2. Hidroloji.....	24
3.2.3. Hidrojeoloji.....	25
3.2.4. Örnek Alımı ve In-situ Analiz Yöntemleri.....	25
3.2.5. Hidrojeokimyasal Analiz Yöntemleri.....	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	30
4.1. Stratigrafi.....	30
4.1.1. Otokton Birimler.....	32
4.1.1.1. Menteşe Formasyonu.....	32
4.1.1.2. Davras Kireçtaşı.....	32

4.1.1.2.1. Söbüdağ Kireçtaşı Üyesi.....	33
4.1.1.3. Çiğdemtepe Kireçtaşı.....	34
4.1.1.4. Koçtepe Formasyonu.....	35
4.1.1.5. Kayıköy Formasyonu.....	37
4.1.1.6. Gölcük Volkanikleri.....	38
4.1.1.6.1. Piroklastikler.....	39
4.1.1.6.2. İgnimbritler	39
4.1.1.6.3. Volkanik Lavlar.....	39
4.1.1.7. Yamaç Birikintileri.....	40
4.1.1.8. Alüvyonal yelpaze.....	40
4.1.2. Allohton Birimler.....	40
4.1.2.1. Gökçebağ Karışığı.....	40
4.1.2.2. Akdağ Kireçtaşı.....	41
4.2. Bölgesel Jeoloji.....	42
4.3. Hidroloji.....	48
4.3.1. Yağış.....	49
4.3.2. Buharlaşma.....	49
4.3.3. Yüzeysel Akış.....	52
4.3.4. Su Bilançosu.....	52
4.4.Hidrojeoloji.....	54
4.4.1. Su Noktaları.....	54
4.4.1.1. Akarsular.....	54
4.4.1.2. Su Kaynakları.....	56
4.4.1.3. Sondaj Kuyuları.....	57
4.4.2. Jeolojik Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri.....	57
4.4.2.1. Geçirimli Birim 1 (Gç-1)	59
4.4.2.2. Geçirimli Birim 2 (Gç-2)	60
4.4.2.3. Yarı Geçirimli Birim (Gy)	60
4.4.2.4. Az Geçirimli Birim (Ga)	60
4.4.2.5. Geçirimsiz Birim 1 (Gz-1)	61
4.4.2.6. Geçirimsiz Birim 2 (Gz-2)	61
4.4.3. Akiferler ve Hidrolojik Parametreleri.....	61

4.4.4. Yeraltısuyu Dinamiği.....	64
4.4.4.1. Yeraltısuyu Üretim Debileri.....	65
4.5. Çalışma Alanındaki Suların Hidrojeokimyasal Olarak Değerlendirilmesi..	66
4.5.1.Çalışma Alanındaki Suların In-situ Parametrelerinin Değerlendirilmesi..	67
4.5.2.Çalışma Alanındaki Suların Hidrojeokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	74
4.5.3.Çalışma Alanındaki Suların Mikrobiyolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	88
4.5.4.Yapılan Analizlerin Grafikselleştirilmesi	90
4.6. Çalışma Alanındaki Suların İzotop Jeokimyasal Özellikleri.....	111
4. 7. Verinin Web Ortamına Aktarılması.....	119
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	122
6. KAYNAKLAR.....	127
EKLER.....	139
ÖZGEÇMİŞ.....	170

ÖZET
Doktora Tezi

**ISPARTA VE YAKIN ÇEVRESİ YERALTISULARININ HİDROJEOLOJİK,
HİDROJEOKİMYASAL VE İZOTOP JEOKİMYASAL İNCELENMESİ VE
İÇME SUYU KALİTESİNİN İZLENMESİ**

Selma (ALTINKALE) DEMER
Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Juri: Prof. Dr. Nevzat ÖZGÜR (Danışman)
Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU
Prof. Dr. Güleren ALSANCAK
Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Prof. Dr. Tefik İSMAİLOV

İnceleme alanı GB Türkiye’de Toros karbonat ekseninin batı kesimini oluşturan ters V şekilli Isparta Büklümü içerisinde yer alır. Bölgede otokton karbonatlar ve fliş tipi sedimanter kayaçlar temeli oluşturmakta, Likya naplarına ait ofiyolitik birimler bu temel kayaçlar üzerinde tektonik olarak bulunmaktadır. Tüm bu birimler Pliyosen yaşlı Gölcük volkanikleri tarafından kesilmekte, Kuvaterner yaşlı piroklastik ürünler ve alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Isparta Ovasında yeraltısu akım yönü genel olarak GB’den KD ’ya doğrudur. Bu da Isparta’nın GB’sında yeralan Gölcük kraterinden Isparta yerleşim alanına doğru yayılım gösteren piroklastik ürünlerin düşük derecedeki eğim yönüyle de uyumluluk göstermektedir.

Çalışma alanında bulunan kaynak ve kuyulardan 2006-2007 yılları Mayıs ve Ekim aylarında su örnekleri alınmıştır. Arazi çalışmalarında örneklerin sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), redoks potansiyeli (Eh), çözünmüş oksijen miktarı (O₂), alkalinite ve asidite testleri gibi in-situ analizleri yapılmıştır. Bunun yanında su örneklerinde anyon, katyon ve bazı eser elementler analizleri ICP-OES ve spektrofotometre cihazları ile gerçekleştirilmiştir. İnceleme alanındaki sular genel olarak Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ tipi sular olarak sınıflandırılmış ve içilebilir kalitede sular olduğu ortaya konmuştur. Isparta ovası içerisindeki kaynak ve yeraltısularına ait hidrojeokimyasal özellikler plajiyoklas, karbonat ve silikat ayrışmasını içeren su-kayaç etkileşimine işaret etmektedir. In-situ ve hidrojeokimyasal analiz sonuçları inceleme alanındaki suların ulusal ve uluslararası standartlar ile uyumlu olduğunu göstermektedir. HCO₃⁻-SI (doğunluk indeksi) diyagramında, çalışma alanındaki suların genellikle kalsite doğunluk sınırında ve dolomite doğunluk sınırının üzerinde dağılım gösterdiği görülmektedir. Mg/Ca-HCO₃⁻ diyagramında, çalışma alanındaki suların kalsit çözündürebilir sular olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki suların $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop oranları, genel olarak kıtasal meteorik su çizgisi üzerinde dağılım göstermekte olup buharlaşma etkisi altında olmayan atmosferik suları temsil etmektedir. Bölgedeki suların ³H değerleri 0,7-9,4 TU arasında değişmektedir. ³H ile EC-Cl-TDS korelasyon diyagramlarında sular 3 gruba ayrılmıştır. I. grup alanda yeralan yeraltısuları ³H değerlerine göre derin dolaşım sular olarak düşünülebilir. Düşük EC, TDS ve Cl değerlerine sahip olan kaynak suları II. grup sular olarak ayrılmıştır. III. grup sular ise I. ve II. grup sulardan daha yüksek ³H, EC, Cl ve TDS değerlerine sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Isparta Ovası, hidrojeoloji, hidrojeokimya, su kalitesi, yeraltısu, izotop

2008, 171 sayfa

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

HYDROGEOLOGICAL, HYDROGEOCHEMICAL AND ISOTOPE GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF THE GROUNDWATERS IN ISPARTA AND ITS NEARLY ENVIRONS AND MONITORING OF THE DRINK WATER QUALITY

Selma (ALTINKALE) DEMER

Süleyman Demirel University Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Geological Engineering

Thesis Committee: Prof. Dr. Nevzat ÖZGÜR (Supervisor)
Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU
Prof. Dr. Güleren ALSANCAK
Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Prof. Dr. Tevfik İSMAİLOV

The study area is located in the western part of the Tauride carbonate axis forming a north pointing cusp, so-called Isparta Angle, in the SW Turkey. Autochthonous carbonates and flysch type sedimentary rocks form the basement of the area overlain by ophiolitic units of the Lycian nappes tectonically. All these units are cut in places by Pliocene lava extrusions of the Gölcük volcano and covered by Quaternary pyroclastics and alluvial deposits. The groundwater flow direction in the Isparta plain is generally from SW to NE which corresponds with the gently sloping of pyroclastic fall deposits from Gölcük caldera in the SW to province capital of Isparta.

Water samples from the wells and springs were collected at May and October of 2006 and 2007. In-situ analyses such as T, pH, electrical conductivity, total dissolved solids, redox potential, dissolved oxygen, alkalinity and acidity tests have been performed during field studies. Moreover, water samples have been analysed for their anions, cations and some trace element contents by ICP-OES and spectrophotometer. Water samples have been classified as drinkable quality waters and can be considered as Ca-Mg-HCO₃ and Ca-HCO₃ type waters. Hydrogeochemical features of the springs and groundwaters in the Isparta plain indicate a water-rock interaction processes including plagioclase, carbonate and silicate weatherings. In-situ measurements and hydrogeochemical analyses show that the waters in the Isparta plain are well correlated with the international and national standards.

On the HCO₃⁻-SI (saturation index) diagram, almost all waters plot on the calcite saturated line and over the dolomite saturated line. On the HCO₃⁻ vs Mg/Ca diagram, water samples having various HCO₃⁻ ion contents have been determined as the waters dissolve calcite. $\delta^{18}\text{O}$ and δD isotope ratios of the waters plot along the continental meteoric water line and represent meteoric waters that unaffected from evaporation. ^3H values of the waters in the area vary between 0,7 to 9,4 TU. On the ^3H versus EC-Cl-TDS correlation diagrams, water samples display a distribution in three main groups. Waters in the first group are considered to be deep-circulated waters. The second group waters are characterized by lower EC, TDS and Cl values. ^3H , EC, Cl ve TDS values of the third group waters are higher than the first and second group waters.

Key Words: Isparta plain, hydrogeology, hydrogeochemistry, water quality, groundwater, isotope

2008, 171 pages

TEŞEKKÜR

Sunulan doktora tez çalışması Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenen (1) 03-D-705, (2) 1004-YL-05, (3) 1290-M-06 ve (4) 1473-M-07 nolu araştırma projeleri kapsamında ve Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi donanımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tezin tüm aşamalarında çalışmalarımı yönlendiren, arazi ve laboratuvar çalışmalarında bilimsel yardımlarını esirgemeyen ve gerekli olanakları sağlayan danışmanım Sayın Prof. Dr. Nevzat Özgür'e (Süleyman Demirel Üniversitesi) teşekkür ederim.

Tezin jeoloji bölümünün oluşmasında değerli görüş ve katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Fuzuli Yağmurlu'ya (Süleyman Demirel Üniversitesi), hidrojeoloji bölümündeki yapıcı eleştiri ve yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. İ. İskender Soyaslan'a (Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi), tezin çeşitli aşamalarındaki görüş ve katkılarıyla yönlendiren Sayın Yrd. Doç. Dr. Ömer Elitok'a (Süleyman Demirel Üniversitesi), izotop analizlerinin yapılmasına yardımlarından dolayı Kimya Yüksek Mühendisi Manfred Wolf (GSF-Hidroloji Enstitüsü, Neuherberg/Almanya) ve Fizik Yüksek Mühendisi Willibald Stichler'e (GSF-Hidroloji Enstitüsü, Neuherberg/Almanya) teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından tezin sonuçlanmasına kadar geçen süreçte bana büyük destek veren Sayın Jeoloji Mühendisi Ümit Memiş'e, tezin tüm aşamalarında yardım ve desteğinden dolayı eşim Jeoloji Mühendisi Serhat Demer'e, tezin sonuçlandırılmasında ve web ortamının oluşturulmasındaki katkı ve yardımlarından dolayı Uzman Süleyman Uysal'a (Süleyman Demirel Üniversitesi) teşekkür ederim.

Isparta DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü, Yeraltısuyu Şubesi çalışanlarına çalışma alanındaki DSİ'ye ait sondaj kuyularına ait kuyu loglarının temininde yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Selma (Altinkale) Demer

Isparta, 2008

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	22
Şekil 4.1. Isparta Ovası ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti.....	31
Şekil 4.2. Isparta Büklümü ve çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası.....	45
Şekil 4.3. Isparta Açısını değişik profiller boyunca kesen jeolojik enine kesitler.....	47
Şekil 4.4. Türkiye ve yakın çevresini etkileyen belli başlı aktif tektonik yapılar.....	48
Şekil 4.5. Çalışma alanındaki Isparta Devlet Meteoroloji İstasyonu 32 yıllık (1975-2006) ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği.....	50
Şekil 4.6. Çalışma alanı Thornthwaite yöntemi ortalama yağış (P)-potansiyel buharlaşma (Etp) aylık değişim grafiği.....	52
Şekil 4. 7. Darıdere Barajının genel görünümü.....	55
Şekil 4. 8. Sav-Pınarbaşı kaynağından örnek alımı.	56
Şekil 4. 9. Milas kaynağı ve in-situ ölçümleri.....	57
Şekil 4. 10. Ayazmana Kaynağının görünümü.	57
Şekil 4.11. Isparta Ovasında yeraltısuyu akım yönü ve Gölcük volkanizması piroklastik ürünlerinin yeraltısuyu akım yönü ile ilişkisi.....	65
Şekil 4. 12. Ekim 2006 döneminde alınan içme suyu örneklerine ait Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramı.....	91
Şekil 4. 13. Mayıs 2007 döneminde alınan içme suyu örneklerine ait Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramı.....	92
Şekil 4. 14. Ekim 2007 döneminde alınan içme suyu örneklerine ait Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramı.....	92
Şekil 4. 15. Çalışma alanı Mayıs 2006 dönemine ait Piper diyagramı.....	93
Şekil 4. 16. Çalışma alanı Ekim 2006 dönemine ait Piper diyagramı.....	93
Şekil 4. 17. Çalışma alanı Mayıs 2007 dönemine ait Piper diyagramı.....	94
Şekil 4. 18. Çalışma alanı Ekim 2007 dönemine ait Piper diyagramı.....	94
Şekil 4. 19. Mayıs 2006 dönemine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı...	95
Şekil 4. 20. Ekim 2006 dönemine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı....	95
Şekil 4. 21. Mayıs 2007 dönemine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı...	96

Şekil 4. 22. Ekim 2007 dönemine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı....	96
Şekil 4. 23. Çalışma alanındaki sulara bulunan iyonların değer aralıkları ve temel değerleri.....	97
Şekil 4. 24. Mayıs 2006 (a), Ekim 2006 (b), Mayıs 2007 (c) ve Ekim 2007 (d) dönemlerine ait Na-Cl ilişkisini gösteren diyagram.	99
Şekil 4. 25. Mayıs 2006 (a), Ekim 2006 (b), Mayıs 2007 (c) ve Ekim 2007 (d) dönemlerine ait Ca-SO ₄ ilişkisini gösteren diyagram.	100
Şekil 4. 26. Örnek alınan noktaların anyon ve katyon değişimini gösteren Pie diyagramı.....	103
Şekil 4. 27. Çalışma alanındaki suların kalsit ve dolomit doygunluk indekslerinin HCO ₃ ⁻ ile karşılaştırılması.....	110
Şekil 4. 28. Mg/Ca ile HCO ₃ ⁻ konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	110
Şekil 4. 29. Çalışma alanındaki kaynak, yeraltısuyu ve yüzey sularının δD ve $\delta^{18}O$ ilişkisi.....	117
Şekil 4. 30. Çalışma alanındaki suların ³ H-EC (a), ³ H-Cl (b) ve ³ H-TDS (c) değişim grafiği.....	118
Şekil 4.31. Çalışma ile ilgili olarak oluşturulan web sayfasının görünümü.....	119
Şekil 4.32. Belirlenen örnek noktalarına ait verilere sayfalar üzerinden erişim	121

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Çalışmalarda kullanılan in-situ ölçüm cihazları ve özellikleri.....	26
Çizelge 3.2. Hidrojeokimyasal analizlerde kullanılan cihazlar ve özellikleri...	28
Çizelge 4.1. Isparta Meteoroloji İstasyonu için hazırlanan Thorntwaite buharlaşma-terleme bilançosu.....	51
Çizelge 4.2. Çalışma alanı için hazırlanan su bilançosu.....	53
Çizelge 4. 3. Isparta Darıderesinin (Minasın çayı) 2000-2006 yılları arası akım verileri.....	55
Çizelge 4. 4. Darıdere Barajına ait bazı teknik özellikler.....	55
Çizelge 4. 5. DSİ'ye ait sondaj kuyularının karakteristik parametreleri.....	58
Çizelge 4. 6. Akiferlerin hidrojeolojik parametreleri (Jacob yöntemi)	62
Çizelge 4. 7. Ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarının birbirlerine göre karşılaştırılması.....	68
Çizelge 4. 8. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	69
Çizelge. 4. 9. Na'un doğal sularda istatistiksel olarak belirlenen miktarları...	76
Çizelge 4. 10. K'un doğal sularda istatistiksel olarak belirlenen miktarları.....	78
Çizelge 4. 11. Suyun bulunduğu ortam ile oluşacak kimyasal reaksiyonları belirlemekte kullanılan majör anyon ve katyonlar ve bunların oranları	106
Çizelge 4. 12. Suyun bulunduğu ortam ile oluşacak kimyasal reaksiyonları belirlemekte kullanılan majör anyon ve katyon değişimlerine bağlı olarak kayaç-su etkileşimleri.....	107
Çizelge 4. 13. Çalışma alanındaki suların doygunluk indeksi değerleri.....	109
Çizelge 4. 14. Çalışma alanından alınan örneklerin izotop ($\delta^{18}\text{O}$, δD , ^3H) analiz sonuçları.....	116

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Hayatın doğuş yeri olan su, canlı yaşamının sürdürebilmesi için gerekli en temel kaynaklardan biridir. Yerküremize dışarıdan yeni su gelmediği gibi, dışarıya giden su da bulunmamaktadır. Yerküredeki suyun toplamı hiç değişmemektedir. Buna karşın bu suyun hali ve yeri sürekli değişir. Suyun, sıcaklık ve basınca bağlı olarak, maddenin her üç halini kolayca aldığını, bundan öte dünyada bu üç halin hep birlikte, ama değişik yerlerde bulunduğunu bilmekteyiz. Suyun gaz hali olan buhar genellikle hava nemi olarak, katı hali kar ve buz olarak ve sıvı hali de tatlı ve tuzlu sular olarak bulunur. Dünyadaki su kaynaklarının %97,2'sini okyanuslardaki tuzlu sular oluşturur. Geriye kalan % 2,8 oranında bulunan tatlı suların % 2,14'ü buzulları, % 0,61'i yeraltısularını, % 0,005'i zemin nemini, % 0,009'u yüzey sularını, % 0,001'i ise atmosferdeki su buharını oluşturur.

Hızlı nüfus artışı, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler gibi etkenler suya olan gereksinimi artırmakta bu durumda da mevcut su kaynaklarının daha dikkatli kullanılması ve kirlenmeye karşı gerekli tedbirlerin bir an önce alınmasını gerektirmektedir. Artan ihtiyacın karşılanabileceği tek potansiyel doğal su kaynaklarıdır. Alınacak basit tedbirlerle su kaynaklarımızın kirlenmesi ve tükenmesi önlenabilir. Su kaynaklarının kalitesinin izlenmesi bu anlamda büyük önem taşımaktadır. Yeraltı ve yüzey sularının kalitesi (fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik özellikleri) suların içme, kullanma ve sulamaya uygunluğunun belirlenmesinde, kalitesinin korunmasında en önemli kriterlerdir.

Doğal suların içme, sulama veya kullanma suyu olarak kullanılabilmesi için, suyun içinde bulunan maddelerin belirli limitler arasında olması istenir. Birçok ülkede içme, kullanma, sulama suları ile ilgili standartlar ve kabul edilebilir sınır değerler belirlenmiştir.

Bu nedenle, su analizlerinin çeşitli alanlardaki kullanımına ilişkin standartlarla karşılaştırılması ve bu sınırlar aşıldığında ortaya çıkabilecek olumsuz veya zararlı etkilerinin belirlenmesi gereklidir. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen içme suyu standartları kullanılmaktadır (TS 266). Bunun yanı sıra Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Amerika Çevre Koruma Ajansı (U. S. EPA) ve Avrupa Birliği (EU) standartları da içme suyu sınıflamasında kullanılan diğer standartlardır. Ayrıca yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması için Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan, kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre suların kalite kriterleri belirlenmiştir.

Bu çalışma, (i) Isparta ili ve yakın çevresinde bulunan alanda jeolojik ve hidrojeolojik çalışmaların eşliğinde yerüstü ve yeraltısularının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerinin incelenmesi, (ii) içme suyu kalitesinin zamansal değişim içinde hidrojeokimyasal çalışmalarla sürekli olarak izlenmesi, (iii) izotop jeokimyasal çalışmalarla yörede bulunan yeraltı ve yerüstü sularının kökeninin ve yaş ilişkilerinin ortaya konması ve (iv) araştırmacıların Isparta Ovasının jeolojik, hidrojeolojik bilgilerinin yanında ova içerisinde belirlenen lokasyonlardaki su noktalarının hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal analiz verilerine coğrafik konumlarına bağlı olarak kolaylıkla ulaşabilecekleri web sitesinin oluşturulmasını amaçlar.

1.2. Yeraltısuyu Kalitesi

1.2.1. Yeraltısuyu Kalitesini Belirleyen Hidrojeokimyasal Parametreler

Yeraltında değişik derinliklerde bulunan sular değişik bileşimli kayalarla temas halindedir. Kayaların çözünbilme derecelerine göre az yada çok oranda çözünmüş madde yeraltısularına karışır. Bunun miktarı, yeraltısuyunun kayalarla temas süresine, suyun hızına, sıcaklığına, kayacın cinsine ve ortamın basıncına bağlı olarak değişir. Suyun kalitesini, suda çözünmüş olan çözünenler ve gazlarla birlikte suyun içinde bulunan ve yüzen maddeler belirler.

Yeraltısularının kalitesinin ve kullanım alanlarının belirlenebilmesi için yapılan hidrojeokimyasal çalışmalar genel olarak iki aşamadan oluşur. Bunlar (1) arazide yapılan in-situ analizleri ve (2) laboratuvar çalışmalarıdır. In-situ ölçümleri suyun sıcaklığı (T), hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), elektriksel iletkenliği (EC), toplam çözünmüş katı madde miktarı (TDS), su içinde çözünmüş oksijen miktarı (O_2), redoks potansiyeli (Eh), alkalinite-asiditesi, suyun sertliği, rengi, koku, tadı ve bulanıklığı gibi parametrelerdir. In-situ analizlerinin örnek alımı sırasında yapılması büyük önem taşır. Yeraltısuyundaki CO_2 , atmosferdeki kısmi basınçtan daha yüksek basınç altında oluşur ve yeraltısuyu atmosfere maruz kaldığında CO_2 serbest hale geçer ve suyun pH'sı artar. Bu nedenle örneğin laboratuvara getirilmesi sürecinde sudaki CO_2 miktarının uzaklaşmaması ve ortam şartlarını yansıtması için suyun pH ölçümü örnek alımı sırasında kaynağında yapılmalıdır.

İçme ve kullanma sularında sıcaklık önemli bir faktördür ve suyun kullanım alanını belirler. Yeraltısularının sıcaklıkları genellikle yüzey sularına göre daha düşüktür. Su sıcaklığının yükselmesi oksijenin suda çözünürlüğünü azaltır. pH sudaki hidrojen iyonu $[H^+]$ konsantrasyonu ölçüsüdür ve sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir. Suların pH'ı hidrojen iyonu üreten veya oluşturan birbirleri ile ilişkili kimyasal reaksiyonlar tarafından kontrol edilir. Doğal yeraltı sularının pH'ı 6,0 – 8,5 arasında değişir. Doğal suların pH'ı karbondioksit - bikarbonat - karbonat denge sistemi tarafından kontrol edilir (Clarke, 1966; Stevens vd., 1975; McNeely vd., 1979; Kelly, 1983; Anonim, 1984; Hem, 1985). Elektriksel iletkenlik (EC), 25 °C'deki 1 cm³ suyun iletkenliğinin ifadesidir ve mikrosiemens/cm ($\mu S/cm$) cinsinden belirtilir. Sudaki iyonların derişimi arttıkça elektriksel iletkenlik (EC) dolayısıyla sudaki toplam iyon konsantrasyonu (TDS) artar. Yeraltısularının elektriksel iletkenliği ve toplam iyon konsantrasyonu suların yeryüzüne çıkıncaya kadar izledikleri yola, kayaçların cinsine ve çözünürlüklerine, iklime, bölgedeki yağış şartlarına bağlıdır. Toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), suyun içinde çözünmüş halde bulunan inorganik tuzlar (özellikle Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , HCO_3^- , Cl^- ve SO_4^{2-}) ve az miktarda da organik maddelerden oluşmaktadır. Farklı jeolojiye sahip bölgelerde TDS'nin değişen konsantrasyonları, minerallerin çözünürlükleri

arasındaki fark nedeniyle olmaktadır (Day ve Nightingale, 1984; Hem, 1985; Anonim, 2006).

Sudaki çözünmüş oksijen (O_2) atmosferden ve suda yaşayan canlıların fotosentez yapmalarından kaynaklanmaktadır. Doğal sulardaki çözünmüş oksijen miktarı, sıcaklık, tuzluluk, suyun karışımı ve atmosferik basınç gibi fiziksel şartlara bağlı olarak değişir. Sıcaklık ve tuzluluk arttıkça suda çözünen oksijen azalır. Yeraltısuyundaki oksijen, suyun yüzeysel sulardan beslenimi ve su tablasının üzerindeki doymamış bölgede havanın hareketi ile sağlanır (McNeely vd., 1979; Hem, 1985; Uslu ve Türkman, 1987). Redoks potansiyeli (Eh), bir suyun içerdiği kimyasal bileşen türleri açısından yükseltgeyici ya da indirgeyici eğilimde olup olmadığının göstergesidir. Yüzeyden derinlere inildikçe, yağış sularının redoks potansiyeli azalır. Suyun redoks potansiyelinin değişimi zeminin yapısı, gözenekliliği, geçirgenliği, organik maddelerin cinsi ve bulunduğu derinlik, yağışların sıklığı, akiferin zemin yüzeyine derinliği, sıcaklık gibi etkenlere bağlıdır (Hem, 1985; Özyurt vd., 2001).

Bir suyun alkalinitesi, asitleri nötrleştirme özelliği olarak bilinir. Yeraltısularındaki alkalinite karbonat ve bikarbonat iyonlarına bağlı olarak kazanılır. Alkalinitenin ölçülmesinde fenolftalain ve metil oranj kullanılır. Bir suyun asiditesi, alkalinitenin karşıtı olarak bazları nötrleştirme özelliği olarak bilinir. Suda çözünmüş halde bulunan CO_2 (H_2CO_3 -karbonik asit) asiditenin kaynağıdır (Hounslow, 1995). Bir suyun sertliği içindeki başlıca çözünmüş kalsiyum (Ca^{2+}) veya magnezyum (Mg^{2+}) iyonlarının meydana getirdikleri bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlar olup genel olarak +2 veya daha yüksek değeriğe sahip metal katyonlarının (Sr^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) konsantrasyonlarının toplamıdır (Hounslow, 1995; Akgiray, 2003).

Suyun rengi genellikle suda kolloidal halde bulunan organik ve inorganik maddelerden ya da endüstri sularında çözünmüş halde bulunan kimyasal maddelerden ve boyalardan ileri gelebilir. Demir bileşikler, koloidal organik maddeler ve özellikle de bitkisel kaynaklı maddeler süspansiyon halinde bulunduklarında suyu renklendirirler. Dezenfeksiyon işlemi sırasında oluşan serbest

klor sağlığa zararlı olabilecek klorlanmış organik bileşiklerin meydana gelmesine yol açabilir. Serbest klor (Cl_2 -klor gazı), HOCl (hipoklorik asit) ve OCl^- (hipoklorit) bileşikleridir ve sofrta tuzunda da bulunan klorür iyonu (Cl^-) ile karıştırılmamalıdır. Genellikle iyi nitelikli su kokusuzdur. Sudaki koku mikroorganizmaların fermentasyonu, kanalizasyon atıklarının karışması yanı sıra, organik maddelerin ayrışması, endüstriyel artıkların ve çeşitli artıkların karışmasından kaynaklanabilir. Suyun tadı, suda çözünmüş oksijen ve karbondioksit gazlarına, içerdii diğer kimyasal maddelere ve suyun sıcaklığına ve soğukluğuna göre değişmektedir. Suyun tadı doğal ve hoş içimli olmalıdır. İçme suyu kalitesi ile ilgili en önemli parametrelerden diğeri bulanıklıktır. Bulanıklığa sebep olan etkenler askıdaki katı parçacıklar ve toprak (kil, kum, vb.) parçacıkları, mikroorganizmalar, bitki lifleri gibi tabii maddeler olduğu gibi çeşitli kökenli atıklardan kaynaklanan birçok organik veya inorganik katı maddeler olabilir (Schoeller, 1973; Akgiray, 2003).

Laboratuvar çalışmalarında katyon ve anyon analizleri (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Si^{4+} , Li^+ , NH_4^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^- vb.), izotop analizleri ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ ve ^3H) ve mikrobiyolojik (fekal ve toplam koliform) analizleri yapılır.

Sodyum klorürün tabiattaki bolluğu ve suda kolay çözünmesi sularda sodyumun (Na^+) bulunmasının başlıca kaynağıdır. Yeraltısularının sodyum içeriği (a) temel kayadan Na-plajioklasın ayrışması, (b) kil minerallerinin yapısında bulunan Ca ve Na iyonlarının yer değiştirmesine bağlıdır. Na^+ iyonu bütün sularda bulunur. Sodyum tansiyonu yükselten bir element olduğu için, yüksek tansiyon rahatsızlığı olanların az sodyumlu suları tüketmesi önerilmektedir. Sulardaki yüksek sodyum miktarı toprağın yüzeyinde sert bir kabuk oluşmasına neden olarak bitki köklerinin hava almasını engelleyerek ve bitkinin büyümesini yavaşlatıcı etki yapar (Foster, 1950; Feth vd., 1964; Back, 1966; Garrels, 1967; Akgiray, 2003; Soyaslan; 2004).

Kalsiyum (Ca^{2+}) yeraltısularına kalsit, aragonit, dolomit, jips, anhidrit, fluorit, plajioklas, piroksen, amfibol ve feldspat minerallerin bileşiminde bulunan kalsiyumun çözünmesi ile karışabilir. Bu mineralleri içeren kayalarla temasta olan

sular kalsiyumca zenginleşir. Genel olarak yeraltısularında kalsiyum miktarı 10-100 mg/l arasında değişir. Bazen bu miktar 500-1000 mg/l'ye kadar çıkmaktadır. Kalsiyumun artması suyun tadını değiştirir ve sabunun köpürmesini azaltır. Diş sağlığı açısından olumlu etkisi görülmektedir. Bitkilerin gelişmesinde de kalsiyumun önemli bir rolü vardır. Sulama sularında kalsiyumun bol bulunuşu sodyum yüzdesinin azalmasını sağlar ve böylelikle oluşacak zararları önler (Hounslow, 1995).

Yeraltısularında kalsiyumdan sonra en fazla bulunan katyon magnezyum (Mg^{2+})'dur. Doğal sularda Mg^{2+} 'un en büyük kaynağı sedimanter kayaçlardaki dolomittir. Bunun yanı sıra, magmatik ve metamorfik kayaçlardaki olivin, mika, amfibol, piroksen, serpantin, talk ve tremolitler, magnezyum kaynağı olan diğer önemli minerallerdir. Montmorillonit de yaygın bir magnezyum kaynağıdır. Yeraltısularında 10-100 mg/l arasında magnezyum bulunur. 125 mg/l'yi aşması durumunda sular acılaşmakta ve içilememektedir. Daha fazlası ise bağırsak hastalıklarına sebep olmaktadır (Hounslow, 1995).

Yeraltısularının potasyum (K^+) içeriği K-feldspat, mika, daha az yaygın olarak lösit ve silvit gibi minerallerinin ayrışma oranının bir fonksiyonudur. Akışkanlardaki potasyum konsantrasyonu, sodyum ve potasyumun alüminosilikatlarla olan iyon değişimi dengesiyle kurulur (Wedepohl, 1978; Hounslow, 1995).

Yeraltısularındaki karbonat (CO_3^{2-}) ve bikarbonat (HCO_3^-) iyonlarının çoğu atmosfer ve topraktaki CO_2 'den ve karbonatlı kayaçların çözünmesinden oluşmaktadır. Sudaki CO_3^{2-} ve HCO_3^- miktarı CO_2 miktarına ve suyun pH'sına bağlıdır (Hounslow, 1995).

Yeraltısularındaki klor (Cl^-) deniz suyundan, evaporitlerden, yağmur ve kar sularından yada atmosferden gelebilir. Bunların dışında yeraltısuyuna en fazla klor deniz suyundan gelebilir. Yağmur suyunda klor miktarı 1-10 mg/l arasında iken deniz suyunda 20.000 mg/l düzeyine ulaşmaktadır. Yeraltısularında ise bu değer 200 mg/l'yi geçmez (Hounslow, 1995).

Doğal sulardaki sülfatın (SO_4^{2-}) başlıca kaynakları sedimanter kayaçlar (özellikle jips, anhidrit, şeyl) magmatik kayaçlar ve organik maddelerdir. Bu doğal kaynaklar dışında deri, selüloz, tekstil, sülfirik asit, metalürji endüstrisi atıksuları, asit yağmuru ve kükürt içeren maden sahalarının drenaj suları da yüzey ve yeraltı sularındaki SO_4^{2-} miktarını arttıran kaynaklardır. Yerleşim bölgelerinde evsel atıksuların yüzeysel sulara boşaltılması veya çeşitli yollarla yeraltı suyuna sızması, bu sulardaki sülfat derişimini yükseltir. SO_4^{2-} iyonunun sularda 250 mg/l'nin üzerinde bulunması istenmez (Eisen ve Anderson, 1979; McNeely vd., 1979; Hem, 1985; Ford ve Tellam, 1994; Hounslow, 1995).

Nitrat (NO_3^-) sularda bulunan bağlı azot bileşiklerinin en önemlisidir. Yeraltısularında NO_3^- derişimi, tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların toprağa yada toprağın altındaki boşluklara verilmesi gibi nedenlerle giderek artmaktadır. Azot gübrenmesinin sonucu olarak tarım alanlarındaki yeraltısularının NO_3 konsantrasyonu oldukça üst seviyelerde gözlenmektedir. Sularda 5-10 mg/l'nin üzerinde nitratın bulunması bu suyun dışarıdan kirletildiğini gösterir. Nitratın içme sularında 45 mg/l'ten fazla bulunması durumunda çocuklarda methemoglobinemia (karbondioksit zehirlenmesi-mavi bebek) hastalığına sebep olduğu tespit edilmiştir (McNeely vd., 1979; Freeze ve Cherry, 1979; Anonim, 1984; Hem, 1985; Uslu ve Türkman, 1987; Bouchard vd., 1992; Aiuppa vd., 2003).

Nitrit (NO_2^-) sularda düşük miktarlarda bulunan bir azot bileşimidir. Suda nitritin bulunuşu, organik kirlenme tarafından etkilenmiş aktif biyolojik süreçlerin varlığını gösterir. Nitrit iyonu sularda oldukça yaygın olarak görülür, fakat nitrata oranla oldukça düşük miktarda bulunur. Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar, evsel atıksular, tarımda kullanılan gübreler, endüstriyel atıksular, katı atıkların yakılması, atmosferdeki azotun yıkanması yüzey ve yeraltısularına nitrit sağlayan başlıca kaynaklardır Genel olarak yeraltısularında azot olarak 0.1 mg/l'ten fazla NO_2^- bulunmaz (McNeely vd., 1979; Anonim, 1984; Erguvanlı ve Yüzer, 1987; Yalçın vd., 2004).

Yeraltısularında amonyumun (NH_4^+) doğal kaynakları organik (metabolik prosesler) ve inorganik (kayaç ayrışması, hidrotermal aktivite gibi), antropojenik kaynağı ise gübreler ve endüstriyel faaliyetlerdir. Amonyak artılmış evsel atıksuların yaygın bileşenlerinden birisidir. Sentetik gübreler amonyak ve amonyum tuzları içerirler. Anonim (2005)'ya göre içme sularında amonyağın hiç bulunmaması istenmektedir. Ancak sınır değeri 0,50 mg/l olarak belirtilmiştir. Anonim (2002)'de herhangi bir sınır değeri belirtilmezken, Anonim (2006) NH_4^+ konsantrasyonu için 1,5 mg/l değerini vermektedir (McNeely vd., 1979; APHA vd., 1981; Erguvanlı ve Yüzer, 1987; Uslu ve Türkman, 1987; Aiuppa vd., 2003; Yalçın vd., 2004).

Yeraltısularında fosforun ana kimyasal bileşeni PO_4^{3-} iyonudur. Sularda fosfor çeşitli fosfat türleri (ortofosfatlar, polifosfatlar, metafosfatlar ve organik fosfatlar) şeklinde bulunur. Yüzey ve yeraltısularındaki PO_4^{3-} , kayalardan ve topraktan, bozunan bitkisel ve hayvansal atıklardan, evsel ve endüstriyel atıklardan, arıtma tesisi atıksularından, katı atık deponi alanlarından, tarımda kullanılan gübrelerden, sulamadan dönen atık sulardan kaynaklanır (Matthes, 1982; Hem, 1985; Aiuppa vd., 2003).

Demir (Fe^{2+}), magmatik kayalardaki piroksen, amfibol, biyotit, magnetit, olivin gibi minerallerde bulunur. Atmosferle iletişimi olmayan sular bakteriyel aktiviteyle veya ferro bileşiklerle reaksiyona girerek çözünmüş oksijenlerini kaybederler. Anaerobik koşullar altında çözünmüş demirin en bol bulunan yapısı Fe^{2+} 'dir. Yeraltısularının çözünmüş demir içeriği, <0,01-10 ppm arasında değişir. Demir miktarının 0.3 mg/l'den az olması tavsiye edilmektedir (White vd. 1963; Wedepohl, 1978; Hem, 1985, 1992; Akgiray, 2003).

Bakır (Cu^{2+}) bitki ve hayvanların metabolizmasında önemli bir elementtir. 1 mg/l'nin üzerindeki bakır suya acı bir tat verir. İçme sularındaki bakır miktarı genellikle 2 mg/l'nin altındadır. Bakır hem gıdalarda hem de içme sularında bulunan önemli kirleticilerdendir. İçme suyunda bakır konsantrasyonu öncelikli olarak su tesisatlarındaki korozyondan kaynaklanabilir. Asidik sular yada karbonatı yüksek

sularda bakır konsantrasyonu yüksek olabilir. Bakır uzun vadede karaciğer ve böbreklerde hasara yol açabilir (Akgiray, 2003).

Kurşun (Pb^{2+}) insan sağlığı için ciddi bir risk taşıyan bir elementtir. İçme sularında bulunan kurşun, maden ve endüstri atıklarının sulara karışmasından kaynaklanır. İçme suyunda belirtilen standartların üzerinde kurşun ve bileşikleri mevcutsa hipertansiyon, duyma zorluğu, anemi, böbrek hastalığı ve zeka kaybı ortaya çıkabilir. Kurşun, bebeklerin zihni ve fiziki gelişimini geciktirmekte, yetişkinlerde böbrek rahatsızlıklarına ve yüksek tansiyona sebep olmaktadır. İçme suyunda bulunmaması tercih edilmekle birlikte sulardaki kurşunun sınır değeri 0,01 mg/l olarak belirlenmiştir (Akgiray, 2003; Anonim, 2006).

Çinko (Zn^{2+}), içme sularında 5 mg/l'nin üzerinde bulunması halinde suya buruk – acı bir lezzet verir. Suyla genellikle çeşitli endüstriyel atık suların yanı sıra galvanize boruların korozyonu ile karışır (Akgiray, 2003).

Mangan (Mn^{2+}) piroluzit, manganit ve rodokrozit içeren mineral fazları ile ilgilidir. Genellikle iki değerlikli mangan (Mn^{+2}) yeraltısularında bulunur. Mangan içme sularında istenmeyen renk ve bulanıklığa sebep olur. Su borularının iç cidarlarında birikerek kesit daralmasına ve tıkanmalara yol açabilir. Mangan yüzey ve yeraltısu kaynağında özellikle anaerobik ve düşük oksidasyon şartlarında doğal olarak bulunabilir. Sulardaki sınır değeri 0,4 mg/l olarak belirlenmiştir (Akgiray, 2003; Anonim, 2006).

Alüminyum (Al^{3+}) hemen bütün gıdalarda ve içme sularında tabii olarak mevcuttur. Su arıtılmasında en yaygın olarak kullanılan yumaklaştırıcı alüminyum sülfattır. Arıtılmış sularda 0,2 mg/l'den fazla alüminyum kalmadığı belirtilmektedir (Akgiray, 2003; Anonim, 1998a; 2002; 2005; 2006).

Silisyum (Si^{4+}) yerkabuğunda bol bulunan bir elementtir. Buna karşılık suda çok zor çözünmektedir. Doğal sularda silika (SiO_2) genel olarak 1-30 mg/l arasında değişen konsantrasyonlarda bulunur. Ancak bazı bölgelerde 100 mg/l'ye ulaşan

konsantrasyonlar ölçülmüştür (Hem, 1992). SiO₂'nin medyan değeri yüzey sularında 14 mg/l, yeraltısularında ise 17 mg/l olarak belirtilmiştir (Davis, 1964).

Stronsiyumun (Sr²⁺) kaynağı strontianit, selestit ve aragonittir. Aragonitteki Ca²⁺ iyonu Sr²⁺ iyonu ile yer değiştirir. Aragonit, diyajenez sırasında daha duraylı polimorf kalsite dönüşürse bu durumda su içinde Sr²⁺ serbest kalır. Deniz suyunda 8 mg/l kadar Sr²⁺ bulunur (Hounslow, 1995).

Baryum (Ba²⁺) hem magmatik hem de sedimanter kayalarda bulunan iz elementlerden biridir. Endüstriyel işlemlerde baryum bileşikleri kullanılmaktadır. Baryum yüksek tansiyona sebep olmaktadır. İçme suyundaki miktarı 2 mg/l'den az olmalıdır Ba²⁺ için sınır değer maksimum 2 mg/l olarak belirlenmiştir (Akgiray, 2003).

Lityum (Li⁺) taşıyan mineraller lityumla magnezyumun yer değiştirdiği bazı piroksen ve mikalardır. Lityum içeriği sıcaklığın artmasıyla artabilir. Petrol alanlarında lityum içeriği 5-50 mg/l arasında olmasına rağmen, 400 mg/l'ye çıktığı alanlar da vardır. Deniz suyunun lityum içeriği 0,17 mg/l'dir (Collins, 1975; Kharaka ve Mariner, 1987; Shaw ve Sturchio, 1992; Hounslow, 1995).

1.2.2. Yeraltısuyu Kalitesini Belirleyen Organik Parametreler

Toplam organik karbon miktarı (TOC) temiz su, atık su ve katı atık numunelerinde toplam ve çözünmüş organik karbon miktarını belirlemek için kullanılır. Suda bulunan organik maddeler (1) tabii organik malzemelerin (bitkiler, yosunlar, mikroorganizmalar, vb.) suda parçalanması ve çözünmesi sonucunda suya eklenen organikler, (2) evlerden ve ticari faaliyetlerden kaynaklanan sentetik maddeler ve (3) arıtma işlemleri sırasında suya eklenen maddeler veya kimyevi reaksiyonlar sonucunda suda meydana gelen yan ürünlerden kaynaklanabilir (Akgiray, 2003).

Su patojenik (hastalık yapan) mikroorganizmalar için iyi bir taşıyıcıdır. Bu patojen mikroorganizmalar insanda bağırsak hastalıklarına sebep olmaktadır. Toplum sağlığı

açısından, içme sularının hastalık yapıcı mikroorganizmaları ve zararlı kimyasal maddeleri içermemesi istenmektedir. Bu nedenle kullanılan suların kalitesi bakteriyolojik yönden sık sık kontrol edilmelidir. Suyun mikrobiyolojik kalitesi indikatör (gösterge) organizmaların konsantrasyonları ölçülerek tespit edilir. Bunun için en yaygın olarak kullanılan organizma koliform bakterileridir. Koliform bakterisinin kendisi hastalık yapan bir mikroorganizma sayılmamakla beraber suda bulunması zararlı organizmaların varlığına işaret eder. Mikrobiyolojik açıdan su kontrollerinin esas amacı patojen mikroorganizmaların mevcut olup olmadığıdır. Patojen mikroorganizmalar sulara kanalizasyon atıkları ile karışabilmekte ve sularda kirliliğın bakteriyel kanıtı olarak aranmaktadır. Bu indikatör mikroorganizmaların araştırılması suların bakteriyolojik yönden temelini oluşturmaktadır. Pratikte bağırsak kökenli kontaminasyonların varlığını belirlemede yaygın olarak kullanılan indikatör mikroorganizma, koliform grubu bakterilerdir (Atakent, 1979; zcengiz, 1982; Yousefi, 1991; Aysal, 2004; Alişarlı vd., 2007). Toplam koliform, fekal koliform ve E. Coli içme suyu kalitesi için indikatördür. Toplam koliform bakteriler bitki ve/veya toprak kökenlidir. Fekal koliformlar, koliform grubun bir altgrubu olup, dışkı kökenlidirler. Fekal koliform olarak tanımlanan koliformlar esas olarak E.coli'dir. E.coli doğada ve sadece sıcakkanlı hayvanların (memeliler ve kanatlılar) bağırsak sistemlerinde ve dolayısıyla bunların dışkılarında bulunur. Buna bağılı olarak insanların ve hatta hayvanların kullanımına sunulan bir gıda maddesinde, içme ve/veya kullanma suyunda fekal koliformlara rastlanması o rneğ doğrudan yada dolaylı olarak dışkı bulaştığının göstergesidir (akır, 2000). Koliformlar, patojen bağırsak bakterilerine göre dezenfeksiyona karşı daha dayanıklıdır. Bu nedenle, klorlanmış içme suyunda koliform bakteri bulunmaması, patojen bakterilerin de mevcut olmadığının bir delili olarak kabul edilmektedir (Alişarlı vd., 2007).

1.2.3. Yeraltısuyu Kalitesini Belirleyen İzotop Jeokimyasal Parametreler

Bir elementin her atomunda proton sayısı aynı olmasına karşın, nötron sayıları değışebilmektedir. Farklı nötron sayılarına sahip atomlarına o elementin izotopları adı verilmektedir. Yani izotoplar, aynı elementin farklı sayıda nötrona sahip çeşitleridir. İzotoplar genel olarak duraylı ve duraysız izotoplar olmak üzere iki

gruba ayrılır. Duraysız izotoplar radyoaktif bozuşma yoluyla (α -bozuşması, β -bozuşması, nükleer fizyon gibi) başka bir elemente dönüşen izotoplardır. Radyoaktif bir izotopun bozuşması ile oluşan izotopa ise Radyojenik İzotop adı verilir. Radyoaktif izotoplar, yaygın olarak radyometrik yaş ölçümlerinde kullanılırlar. Döteryum ($D=^2H$), oksijen-18 (^{18}O) ve trityum (3H) izotopları hidrojeolojide çok kullanılan izotoplardır. Bu izotoplar, (i) bölgedeki yeraltısuyunun kökeni ile ilişkili olabilecek yeraltısuyu tipine işaret edecek veriler sağlamak, (ii) kökene bağlı olarak farklı bölgelerin su karışımlarını saptamak, (iii) suyun akım hızı ve yönü hakkında bilgi sağlamak, (iv) suyun yeraltında oluşum zamanına (suyun yaşı) ait veriler sağlamakta kullanılır. Oksijen-18 (^{18}O) ve döteryum ($D=^2H$) duraylı izotopları, hidrolojik olaylar içindeki miktarlarının ortamın fiziksel ve kimyasal koşullarına bağlı olarak değişmesinden dolayı, suyun geldiği ortam hakkında önemli bilgiler verirler. Hidrojen elementinin kısa-ömürlü, radyoaktif izotopu olan Trityum ($^3H=T$)’un yarılanma ömrü 12.43 yıldır. Yeraltısularının yaşı, suların beslenme ve boşalım noktaları veya beslenme ve örnekleme noktaları arasında yeraltında kaldıkları süre olarak tanımlanmaktadır. Bu süreyi belirlemede en yaygın olarak kullanılan izotoplar radyoaktif trityum (3H) izotopu ile trityumun bozuşması sonucu oluşan radyojenik 3He izotopudur. Trityumun meteorik sulardaki derişimi *Trityum Birimi* (Tritium Unit, TU) cinsinden ifade edilmektedir. $1 TU = 1 \text{ atom } ^3H / 10^8 \text{ atom } H$ ’dir (Moser ve Rauert, 1980; Faure, 1986; Clark ve Fritz, 1997; Güleç ve Mutlu, 2003).

3H , atmosferde ^{14}N izotopunun kozmik ışınlar ile tepkimesi sonucu oluşmaktadır. Kozmik ışın tepkimelerine ilave olarak, nükleer denemeler de atmosfere trityum salınımına neden olmaktadır. Atmosferdeki trityum kolaylıkla su molekülünün yapısına geçmekte ve yağışlar ile atmosferden ayrılmaktadır. Nükleer denemeler sonucu oluşan trityum, atmosferik ve hidrolojik süreçleri izlemede ve yeraltısularının yaşları hakkında genel bir bilgi edinmekte kullanılmaktadır. Yeraltısuyu trityum içermiyorsa veya 1.1 TU’dan daha az trityum içeriyorsa, bu durum, yeraltısuyunun nükleer bomba denemelerinden daha yaşlı yağışlar ile beslendiğini göstermektedir. Yeraltısuyu 1.1 TU’dan daha yüksek miktarda trityum içeriyorsa, bu durum, nükleer denemeler sonrası yağış sularının yeraltısuyuna karıştığını göstermektedir. Yaşlı

sular beslenmenin zayıf, genç sular ise güçlü olduğunun göstergesidir (Dansgaard, 1964; Clark ve Fritz, 1997; Güleç ve Mutlu, 2003). Trityumun atmosferdeki derişim düzeyi, özellikle kuzey yarımkürede, 1950’li ve 1960’lı yıllar arasında büyük bir değişiklik sergilemiş ve nükleer denemelerin başlamasından önce (1963’den önce) 25 TU civarındaki derişimler, nükleer denemelerin başlamasını takiben 1964 yılında 2200 TU’ya kadar yükselmiştir (Faure, 1986).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çalışma bölgesi, Güneybatı Anadolu’da Isparta Açısı olarak bilinen coğrafi bölge içinde yer alır. Antalya körfezinin kuzeyinde yer alan Isparta Açısı, jeolojik özellikleri itibari ile Güneybatı Anadolu’nun en ilginç yörelerinden birini oluşturmaktadır. Bu nedenle Isparta Açısı ve çevresinde uzun yıllardan bu yana değişik amaçlarla birçok çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmanın konusu ile yakından ilgili olan araştırmalar kronolojik olarak aşağıda özetlenmiştir.

Poisson (1977): Batı Toroslar’ın jeolojisi ile ilgili çalışmalar yaparak bölgede üç ana yapı ayırmıştır. Bunlar Triyas-Pliyosen aralığındaki kayaları kapsayan Beydağları otoktonu, Maestrihtiyen-Daniyen’de yerleşmiş Antalya napları ve Langiyen’de yerleşmiş Lisiyen (Likya) naplarıdır. Antalya napları alttan üste doğru Peridotit napları, Kocadağ masifi, Kargı, Ispartaçay ve Çataltepe üniteleri olarak belirlenmiştir. Lisiyen (Likya) napları ise alttan üste doğru Yavuz, Domuzdağ, Gülbahar ve Gümüşlü üniteleri olarak belirlenmiştir.

Gutnic vd. (1979): Isparta büklümünü ayrıntılı olarak çalışmışlardır. Araştırmacılar, bölgenin 1:100 000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası hazırlamışlardır. Yaptıkları çalışmada bölgeyi değişik ünitelere ayırmışlardır. Temelde alt otokton adı verilen Davras dağ ve Erenler formasyonunun bulunduğu, ayrıca Isparta-Burdur arasında Lisiyen naplarının varlığından ve bölgeye Miyosen sonrası bir yerleşimden bahsetmişlerdir. Isparta ve Dinar arasındaki Eosen istiflerini farklı kabul etmişler ve tektonik özellikleri dikkate alarak ayırmışlardır.

Koçyiğit (1981): Isparta Büklümü kuzey iç kenarında Liyas sırasında yaklaşık D-B doğrultulu çekim fayı özelliğinde bir kırığın gelişmesiyle Hoyran neritik karbonat platformunun biçim kazandığını ve bunun da Toros karbonat platformunun, özellikle Mesozoyik-Alt Tersiyer sırasında oluşan örnek istiflerinden biri olduğunu belirtmiştir. Isparta Büklümü kuzey iç kenarında, ilki Maestrihtiyen’de başlayan blok faylanmanın, aralıklı olarak Üst Lütasiyen sonu ve Oligosen boyunca geliştiğini ve Orta Oligosen’den sonra yeğinliğini arttırarak günümüze değin sürdüğünü belirten

çalışmacı, özellikle Oligosen sonu ile günümüz arasında etkinliği artan çekme gerilimi tektoniği denetiminde, riftleşmenin bölgesel yükselme, faylanma ve volkanizma gibi evrelerinin geliştiğini ifade eder.

Koçyiğit (1983): Hoyran Gölü dolayının tektoniğini incelemiş, burada yinelenerek birbirini izleyen duraylı çekme tektoniği ve sıkışma tektoniğine bağlı jeolojik yapıları başlıca üç tektonizma dönemine ayırmıştır. Bunlar sırasıyla, Eski Tektonik Dönem (Paleotektonik), Geçiş Dönemi ve Yeni Tektonik Dönem (Neotektonik) olmaktadır. Bu çalışmayla günümüzde başlıca, KD-GB, KB-GD ve K-G gidişli diri çekim faylarının varlığı ve bunlara bağlı olarak bölgenin genişleyip kabuğun incelmekte olduğu, bu olgunun da, Anadolu-Ege levhasının kenarlarında etkin olan sıkışma geriliminin, levha içinde yarattığı çekme gerilimine bağlı blok faylanmayla ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Poisson vd. (1984): Beydağları'nın stratigrafisini ortaya koyarak çeşitli fasiyesler ayırtlamıştır. Beydağları'nın Liyas'dan başlayarak Senoniyen sonuna kadar resifal kireçtaşları olarak devam ettiğini, Senomaniyen'in pelajik kireçtaşlarından oluştuğunu, Üst Paleosen-Alt Eosen yaşında bir olistostrom varlığını, bunların üzerinde Lütésiyen kireçtaşının diskordan olarak durduğunu, Akitoniyen'in resifal kireçtaşları, Burdigaliyen'in filiş olarak devam ettiğini belirtir. Antalya naplarının üç ana naptan oluştuğunu ifade eden çalışmacı, kuzeybatıda Beydağları otoktonu üzerinde Likya naplarının bulunduğunu ifade etmektedir.

Koçyiğit (1984a): Güneybatı Türkiye ve yakın dolayındaki tektonik gelişimi üç döneme ayıran çalışmacı, geçiş döneminin Alp dağ oluşum kuşağının birçok kesiminde gözlendiğini ve kalın bir molas istifile ötelendiğini belirtir. Yeni Tektonik Dönemin ise, çekme tektoniği denetiminde gelişen karasal tortullaşma, onunla yaşıt kıta içi volkanizma ve blok faylanma ile belirginlik kazandığını ifade eder. Yeni Tektonik Dönemi temsil eden olay ve yapıların, Kuzey Anadolu Fayından çok Ege hendeğine bağlı çekme tektoniği sonucu oluştuğunu ve bundan dolayı da bölgenin verrev atımlı normal faylarla sınırlı çok sayıda ve değişik boyutta bloğa bölünmüş, depremselliği yüksek alanlar olduğunu belirtir.

Yalçınkaya vd. (1986): Batı Torosların jeolojisine ilişkin çalışmada bölgenin jeoloji haritaları yapılmış ve yapısal özelliklerine açıklık getirilmiştir. Antalya napları, Beyşehir-Hoyran napları ve Likya naplarının Menderes Masifinin kuzeyindeki ofiyolitlerin, Üst Kretase-Üst Paleosen'de masifin güneyine, Üst Paleosen-Alt Eosen'de Anatolid-Torid platformunun güneyine aktarılmasıyla oluştuğunu, bunların aynı kökenli kuzeyden gelen ofiyolitler olduğunu belirtmişlerdir. Sıkışma etkisiyle otokton birimler üzerine allokton birimlerin yerleştiğini ve bu sıkışma rejiminin, Beydağları doğusunda alçalmayla, batısında ise yükselmeyle sonuçlandığını ifade etmişlerdir. Güneydeki D-B yönlü sıkışma rejimi, kuzeyde çekme gerilmelerine karşılık birçok horst ve grabenin oluşmasını ve bu yapıların çukurluklarında günümüze kadar ulaşan göllerin çanaklarının meydana gelmesini sağladığı sonucuna varmışlardır.

Yalçınkaya (1989): Çalışmada Isparta ve dolayında Batı Toroslarda Mesozoyik-Tersiyer kayalarının stratigrafisini ve ofiyolitik kayalarla olan devinimlerinin yönlendirdiği tektonizması incelenmiştir. Anatolid-Torid platformunun güneyinin Neotetisin güney koluna ilişkin rift çökelleri olduğunu, ofiyolitlerin burada henüz olgunlaşmadığını ve riftin tüm Mesozoyik boyunca devam ettiği vurgulanmıştır. Bölgeye büklüm özelliği kazandıran D-B yönlü sıkışmanın Alt Miyosen ve sonrasında başladığı öne sürülmüştür. Ayrıca Ispartaçay formasyonunun allokton olmayıp Neotetisin güney kolunda gelişen ofiyolit yüzeylemesi aşamasında olgunlaşmamış rift çökelleri olduğunu ve ofiyolitik karmaşıkların yöreye ilk yerleşimlerinin Üst Paleosen-Alt Eosen denizi eşliğinde gerçekleştiği belirtilmiştir.

Karaman (1990): Isparta ile Ağlasun arasında kalan yaklaşık 150 km²lik alanın jeoloji haritası yapılmıştır. Bölgedeki kaya birimleri otokton ve allokton olarak iki gruba ayrılmış ve bu birimlerin birbirleri ile olan stratigrafik-tektonik ilişkileri açıklanmaya çalışılmıştır. Bölgenin jeolojik yapısını ve tektonik morfolojisini önemli ölçüde değiştiren bindirme olayının Orta Miyosen'de gerçekleştiği belirlenmiştir. Bölgedeki ilk volkanizma faaliyetinin de Miyosen-Pliyosen geçişine rastladığı belirtilmektedir.

Görmüş ve Karaman (1992): Gönen-Atabey ve Ağlasun arasındaki bölgede yaptıkları çalışmada jeoloji haritası revize edilmiş ve bölgede temel bir stratigrafik çatı oluşturulmaya çalışılmıştır. Bölgedeki volkanizmanın Pliyo-kuvaterner yaşlı olduğu desteklenmiştir. Söbüdağ kireçtaşı üyesinin yer yer lagüner bir ortamda çökeldiği ifade edilmektedir. Paleosen’de var olan derin denizin Eosen’de de devam ettiği belirtilmiştir.

Isparta Ovası Hidrojeolojik Etüt Ön Çalışması (1993): Devler Su İşleri XVIII. Bölge Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Şube Müdürlüğü tarafından hazırlanan raporda Isparta ovası için yeraltısuyu bilançosu hazırlanmış ve yeraltısuyu seviye değişimleri ortaya konmuştur. Bölgedeki kireçtaşlarının, Pliyosen yaşlı çökellerin ve alüvyonun akifer niteliği taşıdığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar ile Isparta ovasında yeraltısından yılda $11,3 \text{ m}^3$ su çekildiği, ova için emniyetli rezervin $13,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ve kullanılabilir rezervin de $2,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olduğu bulunmuştur. Isparta ovası yeraltısuyu akım yönünün batıdan doğuya doğru olduğu belirlenmiştir. Isparta ovasında yeraltısuyu kalitesinin sulamaya uygun ve C2S1 sınıfında olduğu belirtilmiştir.

Irlayıcı (1993): Isparta ovası beslenme havzasının hidrojeolojik özellikleri belirlenmiştir. Çalışmada yeraltısuyu seviye haritası hazırlanmış ve akım yönünün kuzeydoğudaki Atabey ovasına doğru olduğu tespit edilmiştir. Isparta ovasının yağıştan yıllık besleniminin $35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olduğu belirlenmiştir. Yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre yeraltısuyunun içme suyu standartlarına uymadığı ve kullanma suyu olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır. Çalışma alanındaki alüvyon akifer yeraltısuyu kullanımı açısından kirlilik durumları dikkate alınarak 5 bölgeye ayrılmıştır.

Karagüzel ve Irlayıcı (1993): Araştırmacılar, Isparta ovası içerisinde bulunan çöp döküm sahasının ve artılmaksızın drenaj kanalına verilen kanalizasyon sularının bölgede yarattığı çevresel etkiler üzerinde durmuşlardır. Belirtilen bu kirleticilerin tek bir noktada toplanarak arıtılması gerektiğini ve bundan sonra sulamada kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Çöp döküm sahasında zararlı ve tehlikeli

maddelerin yeraltına süzülmesini önlemek için tabanda geçirimsiz bir katman oluşturularak çevreden izole edilmesinin sağlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Yapılan analizlerde yeraltısularının dış kökenli kirleticilerde olumsuz şekilde etkilendiği ortaya konmuştur. Göller Bölgesinin önemli yeraltısuyu rezervuarlarından olan Isparta ovasında su kalitesinin izlenmesi için pilot kuyular açılarak düzenli periyotlarla kirlilik analizleri yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Yağmurlu (1994): Araştırmacı, Isparta güneyinde Lütésiyen (Kayıköy formasyonu) ve Burdigaliyen (Ağlasun formasyonu) yaşları arasında değişen iki farklı türbidit birim oluşunu ve bunları litofasiyes özelliklerine dayanılarak kendi içinde tortul düzeylere ayrıldığını belirtmiştir. Her bir tortul düzeyin birikim ve beslenme alanında etkili olan özgül tektonik ve depolanma koşulları olduğunu ifade etmiştir.

Görmüş ve Özkul (1995): Isparta-Gönen arasındaki istiflerin stratigrafisini yeniden değerlendirmişler ve istif adlandırmalarında, yaşlandırmalarında ve ortamsal yorumlarında bazı bulgular sunarak, formasyon adlamalarında ilk adlamaları benimsemişlerdir. Değişik litolojik ünitelerden oluşan İncesu formasyonunun yaşını Eosen olarak belirtmişlerdir.

Yağmurlu vd. (1997): Isparta Büklümü'nün gelişiminde alkali volkanizma ve aktif tektonizma ilişkisini ele alan çalışmacılar, büklümün KD ve KB yönlü doğrultu atımlı faylarla şekillendiğini, otokton olarak Beydağları ve Anamas-Akseki platformlarından, allokton olarak Antalya, Beyşehir-Hoyran-Hadim ve Likya naplarından oluştuğunu ifade eder. Büklümün KD-KB ve K doğrultulu faylarla üç bölgeye ayrıldığını (Teke, Antalya ve Akseki kırıkları) belirtir. Yazarlar, Afyon-Isparta arasındaki volkaniklerin, alkali ve hiperalkali karakterde ve yerel olarak subvolkanik birimler ve dayklar şeklinde meydana geldiğini, Eğirdir-Kovada grabeninin batısında, grabene paralel bir uzanım ile dizildiğini ifade eder.

Karagüzel ve Irlayıcı (1998): Araştırmacılar Isparta ovasındaki yeraltısuyu kirliliği üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Isparta'nın kanalizasyonu ve çöp deponi alanı atık sularının en büyük kirleticiler olduğunu ve bunların çevresel etkilerini

araştırmışlardır. Ovayı kirlenme etkilerine göre 5 bölgeye ayırmışlardır. Kirliliğin oluşmasındaki etkenleri kanalizasyon, çöp depolama alanı, fabrikalar ve tarımsal faaliyetler olarak ortaya koymuşlardır.

Karagüzel vd. (1999); Özgür vd. (2000, 2001): Eğirdir Gölü'nün sularının içilebilir kalitede ve Mg-Ca-HCO₃ tipi sular olduğu, buna karşılık Burdur Gölü sularının ise yüksek buharlaşma nedeniyle çok fazla çözünmüş iyon konsantrasyonu içeriğinden dolayı Na-Mg-(Cl)-(SO₄)-HCO₃ tipi sular olduğunu belirtmişlerdir. $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop ilişkilerine göre yöredeki yeraltı suları kıtasal meteorik su çizgisi ile çakışırken Burdur ve Eğirdir Gölleri'nin aşırı derecede sapmalar gösterdiği ortaya konmuş, Burdur Gölü'ndeki yoğun buharlaşma ile $\delta^{18}\text{O}$ zenginleşmesinin Eğirdir Gölü'ne oranla daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. ^3H sonuçlarına göre ise yöredeki suların genç sular olduğu belirtilmiş ve iki gölün hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal olarak birbirinden farklı özellikler taşıdığını ifade etmişlerdir.

Altunkale (2001): “Eğirdir ve Burdur Göllerinin Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal Karşılaştırması” adlı çalışmada, göller arasındaki yeraltı sularının gölsuları ile karşılaştırmalı hidrojeokimyasal özelliklerinin araştırılarak, göllerin tektonik oluşumuna bir yaklaşım getirmeyi amaçlamıştır. Hidrolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi yanında duraylı izotoplar (D ve ^{18}O) ve Trityum (^3H) yardımıyla göller ve yeraltı suyu kaynaklarının köken ve yaş ilişkileri ortaya koymaya çalışmıştır. Eğirdir ve Burdur gölleri arasında bulunan Atabey Ovası'nın her iki göl ile olan sınırında geçirimsiz birimler bulunması nedeniyle, Eğirdir ve Burdur göllerinin birbiriyle irtibatı olmadığı ve aradaki Atabey Ovası'nın da göller ile hidrojeolojik bağlantısının bulunmadığı belirtmiştir. Eğirdir ve Burdur Gölleri sularının birbirlerinden farklı özelliklerde olduğunu ve iki gölün hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal özellikleri bakımından birbirlerinden ayrıldığını ifade etmiştir.

Poisson vd. (2003): Araştırmacılar yöredeki birimleri otokton, paraotokton ve allocton olarak değerlendirmişler ve değişik zamanda meydana gelen tektonik gelişmeler ile yörenin bu günkü konumunu aldığını belirtmişlerdir. Çalışma alanında

yer alan Üst Kretase yaşlı Davras kireçtaşlarını, Eosen yaşlı Isparta formasyonunu ve Miyosen yaşlı sedimanları otokton ve paraotokton olarak değerlendirmişler bunların altında yer alan Isparta çay formasyonunu ve ofiyolitleri ise allokton olan Antalya naplarına dahil etmişlerdir. Önceki çalışmaların sentezini yapan araştırmacılar, Bölgede ters faylanmalara ve bindirmelere bağlı bir model üzerinde durmuşlardır.

Özgür vd. (2004): “Göller Bölgesi Su Kaynaklarının Belirlenmesi, Değerlendirilmesi ve Kalitesinin Korunması” isimli çalışmalarında Göller Bölgesi içinde yeralan Eğirdir, Burdur, Kovada, Gölcük gibi önemli göller üzerine yapılan çalışmaların ışığında, yörenin su kaynakları ve su kirliliği konusunda bir durum değerlendirmesi yapmışlardır. Bu kapsamda Isparta ili için uzun dönem ortalaması, yağışlı dönem ve kurak dönem için su bütçeleri ele alınmış ve Isparta ili kullanılabilir yerüstü su kaynaklarının miktarının 276×10^6 m³/yıl olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmacılar yeraltısularını, büyüklükleri ve özellikleri konusunda yeterli veri bulunmaması nedeniyle hesaplamalarda bilinmeyen eleman olarak almışlardır. Bölgenin şimdiki su kullanımı ile nüfus artışı ve beklenen ekonomik gelişmeye göre, projekte edilen su ihtiyacının ise 286×10^6 m³/yıl olduğunu ve aradaki açığın hesaplamalara katılmayan yeraltısuları ile karşılanabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar geleceğe yönelik olarak en az 30 yıllık süre içinde nüfus artışı yanında yeraltı ve yerüstü sularının azalacağını belirterek planlamalar yapılması gerektiğini ve bu amaçla yerüstü ve yeraltısularının çok tasarruflu ve bilinçli kullanılması gerektiğini, ayrıca suların kirletilmemesi için de (1) tarımsal ilaçların kontrollü kullanılmasının, (2) kanalizasyon sularının arıtılmasının, (3) endüstri atıklarının kontrolünün yapılarak sularının arıtılmasının ve (4) güvenli çöp depolama alanlarının belirlenmesinin gerektiğini belirtmişlerdir.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu bölümde çalışma alanının genel tanıtımı, morfolojik özellikleri, iklim ve bitki örtüsü, yerleşim merkezleri ve ulaşım ile yöre halkının ekonomik durumu hakkında genel bilgiler verilmiştir.

3.1.1. Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanı Akdeniz bölgesinde yeralan Isparta il merkezi ve yakın çevresini kapsamaktadır. Isparta ili, Akdeniz Bölgesi'nin kuzeyinde yer alan Göller bölgesinde yer almaktadır. İl, 300 20' ve 310 33' doğu boylamları ile 370 18' ve 380 30' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. 8.933 km²'lik yüzölçümüne sahip olan Isparta ili, kuzey ve kuzeybatıda Afyon, batıda ve güneybatıda Burdur, güneyde Antalya, doğu ve güneydoğuda ise Konya ile çevrilidir. Rakımı ortalama 1050 metredir.

Isparta ovasının toplam drenaj alanı 276 km², ova alanı yaklaşık 100 km²'dir. Isparta ovası, çevresi dağlarla kuşatılmış bir çöküntü havzasıdır. Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritada Isparta M 24 b3, c2; M25 a3, a4, b4, d1 ve d2 paftaları içinde kalmaktadır. Çalışma alanının genel konumunu gösteren yerbulduru haritası Şekil 3.1'de verilmiştir. Isparta ovası drenaj alanı, Isparta il merkezi yanında Çünür, Deregüme, Kayı, Yakaören, Sav, Yazısöğüt, Aliköy, Büyük Hacılar, Küçük Hacılar Köylerini de içine almaktadır.

3.1.2. Morfoloji

Isparta Ovası'nın doğusunda Davras Dağı yer almaktadır. Kuzeybatıda Eğirdir Gölü'ne doğru Yürlük Dağı, batıda Küçük Davras, güneydoğuda Asacak Dağı gibi isimlerle adlandırılan Davras dağının en yüksek noktası 2635 m ile Ulparçukuru Tepedir. Davras dağının batısında, Davras dağından Dereboğazı Deresi ile ayrılan başka bir dağ kütlesi de Isparta Ovası'nın batı ve güneybatısında yer alan Akdağ'dır.

ovanın dışına çıkarak güneye akışını sürdürür. Bu akış sırasında Isparta Çayına Dereboğazı Dere, Darıdere, Ağlasun Deresi, Davraz Dağından doğan Çukur Çay, Kovada Gölünden gelen Kovada Çayı gibi dereler katılır ve güneye doğru akış devam eder. Daha güneyde Aksu Çayı adını alarak Akdeniz'e dökülür. Yakaören Köyü civarındaki Yakaören Deresi, Milas Deresi, Ürşan Deresi, Büyük Kükürt Deresinin birleşiminden oluşmaktadır. Bu dereler yanında sadece yağışlarla akışa geçen küçük dereler de bulunmaktadır.

3.1.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Isparta ili Akdeniz iklimi ile Orta Anadolu'da yaşanan karasal iklim arasında geçiş bölgesinde yer almaktadır. Bu nedenle il sınırları içinde her iki iklimin özellikleri gözlenir. Akdeniz kıyılarında görülen sıcaklık ve yağış özellikleri ile karasal iklimin düşük sıcaklık ve düşük yağış özellikleri tam olarak gözlenmez. İl merkezinin uzun yıllar sıcaklık ortalaması 12.0 °C'dir. Yılın en soğuk ayları Ocak-Şubat ayları olup, günlük ortalama sıcaklıkları 1.7-2.7 °C arasındadır. En sıcak aylar olan Temmuz-Ağustos aylarında günlük ortalama sıcaklıkları ise 22.9- 23.2 °C arasındadır.

Isparta merkezinin 32 yıllık (1975-2006) yağış ortalaması 511,5 mm'dir. Yağışların büyük kısmı kış ve bahar aylarında olmaktadır. Yaz ve sonbahar ayları ise oldukça kurak geçmektedir. Yağışlar genellikle yağmur, kış aylarında ise zaman zaman kar, bahar ve yaz aylarında ise sağanak yağışlar şeklinde gözlenir. İl içindeki yağış dağılımında ise güneyden, kuzeye çıkıldıkça, yıllık yağış toplamı azalmaktadır.

3.1.4. Ekonomik Durum

Çalışma alanı içerisindeki köylerde ve küçük yerleşim alanlarında tarım ve hayvancılık yapılmaktadır. Tarımsal faaliyetler olarak elma, kiraz, bağcılık, gül üretimi ve seracılık gibi önemli bir yere sahiptir. Bunun yanında gelişen sanayi kolları ilin ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Halıcılık, gıda, tekstil, deri sanayi, orman ürünleri, kozmetik sektörü (gül ürünleri) vs. önde gelen sanayi kollarıdır.

Isparta’da çimento, mermer işleme, andezit, pomza madeni işletmeciliği yapılmakta ve bu sektörler de ilin ekonomisi için önem taşımaktadır.

3.2. Yöntemler

Bu bölümde çalışma alanının jeoloji, hidroloji, hidrojeoloji, yüzey ve yeraltısuyu hidrojeokimyası, izotop jeokimyası ve örnek alımı çalışmalarında kullanılan arazi, laboratuvar ve büro çalışma yöntemleri tanıtılmıştır.

3.2.1. Stratigrafi

Çalışma alanının stratigrafik ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi için jeoloji haritasının hazırlanması ve birimlerin ayırtılması yapılmıştır. Önceki çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmiş, bu veriler arazi çalışmaları ile desteklenerek birimler stratigrafik ve petrografik özelliklerine göre ayrılarak genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti ve 1: 25.000 ölçekli jeoloji haritası derlenmiştir.

3.2.2. Hidroloji

Isparta Ovasının yeraltısuyu bilançosunun yapılabilmesi için bilanço elemanlarının (yağış, buharlaşma, yüzeysel akış, süzülme) belirlenmesi gerekir. Isparta Ovası yağış ve buharlaşma karakteristiğinin belirlenmesi amacıyla havza içerisinde bulunan Isparta Devlet Meteoroloji İstasyonu verilerinden yararlanılmıştır. Çalışma alanının ortalama yağış miktarı, aritmetik ortalama yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Potansiyel (Etp) ve gerçek (Etr) buharlaşma değerleri Thornthwaite yöntemi ile hesaplanmış ve bu yönteme göre deneştirmeli su bilançosu yapılmıştır.

Isparta Ovasındaki kaynak beslenimi (Milas Kaynağı), DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan ölçümlerden yararlanarak bilanço hesabında kullanılmıştır. Benzer şekilde çalışma alanında kaynak ve yağışlarla beslenen Darıderesi-Minasın Çayının DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan ölçümleri temin edilerek ortalama yıllık akım miktarları belirlenmiştir. Bunun yanı sıra Isparta Ovasında bulunan kuyulardan

yıllık çekilen su miktarı belirlenerek beslenme-boşalım miktarı hesaplanmış ve çalışma alanı için hidrolojik yeraltısu bilançosu yapılmıştır.

3.2.3. Hidrojeoloji

Çalışma alanındaki jeolojik birimler, hidrojeolojik özelliklerine göre ayırtılarak, akifer özelliği gösteren birimler tanımlanmıştır. Akiferlerdeki su potansiyelinin doğru işletilmesi, su kalitesinin uzun zaman içinde korunması için akifer karakteristikleri (K, T, S) hesaplanmıştır. Akifer karakteristikleri, Devlet Su İşleri kuyularına ait pompaj deney sonuçları kullanılarak Jacob yöntemi ile manuel olarak hesaplanmıştır. Pompaj deney sonuçlarından elde edilen üretim debileri kullanılarak üretim debi haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanında bulunan sondaj kuyularında dalgıç pompa bulunduğu için kuyularda statik su seviye ölçümleri yapılamamıştır. Bu nedenle kuyuların açıldığı dönemde ölçülen statik su seviye ölçümleri kullanılarak yeraltısu seviye haritası hazırlanmıştır.

3.2.4. Örnek Alımı ve In-situ Analiz Yöntemleri

Arazide örnek alımı, örneğin laboratuvara getirilmesi ve korunması belirli standartlara uygun olarak yapılmalıdır. Ortamı temsil edecek doğru örneğin alınması büyük önem taşımaktadır. Hidrojeokimyasal analizler için örnek alımında polipropilen örnek şişeleri kullanılmıştır. Her örnek noktasında anyon ve katyonlar için ayrı ayrı 100 ml.'lik polipropilen şişelere örnek alınmıştır. Örnek alınan şişeler en az 3 kez örnek suyu ile çalkalanmış daha sonra içinde hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilerek kapakları kapatılmıştır. Laboratuvar ortamına getirilinceye kadar geçen sürede katyon örneklerinin korunması amacıyla derişik HNO_3 ilave edilerek $\text{pH} < 2$ olması sağlanmıştır. Duraylı izotop analizleri için ($\delta^{18}\text{O}$ ve δD) 1 adet 100 ml.lik, trityum (^3H) analizleri için 500 ml.'lik polipropilen örnek şişeleri kullanılmıştır. Mikrobiyolojik örnekler için 500 ml.'ik cam örnek şişeleri kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analiz yapılacak örnek şişelerinin steril olması gerekir. Bu nedenle örnek alınacak şişeler 121°C 'de 15 dakika otoklavda steril edilmiş ve örnek alımı sırasında bu şişenin ağzına ve kapağına kesinlikle dokunulmadan şişe

doldurulmuştur. Örnek alınmadan önce, steril edilmiş şişenin ağzının açılmamasına ve hava ile temas etmemesine özen gösterilmiştir. Örnekler şişelendikten ve etiketlendikten sonra +4°C’de muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan arazi çalışmaları sonucu (Mayıs-Ekim 2006 ve Mayıs-Ekim 2007) 10 lokasyondan toplam 73 adet örnek alınmıştır (Ek-1). Bunların 41 adedi içme suyu örneği, 32 adedi ise sulama suyu kuyularından alınan örneklerdir. Kayıköy, Çünür, Deregümü, Alıköy, Küçük hacılar, Büyük hacılar, Yazısöğüt lokasyonlarından alınan içme suyu örnekleri yeraltı suyu örnekleridir. Sav (Pınarbaşı Kaynağı), Yakaören (Milas Kaynağı) ve Merkez (Ayazmana Kaynağı ve Karbuz Çeşmesi) içme suyu örnekleri ise yüzey sularını oluşturmaktadır. Bu örneklerde in-situ ve hidrojeokimyasal analizler yapılmıştır. 41 adet içme suyu örneğinde mikrobiyolojik analizler ve 20 adet örnekte ise izotop analizleri yapılmıştır. Arazide yapılan in-situ analizleri suyun sıcaklığı (T), hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), elektriksel iletkenliği (EC), su içinde çözünmüş oksijen miktarı (O₂), redoks potansiyeli (Eh), alkalinite-asiditesi ve suyun sertliği gibi parametrelerdir. Çizelge 3.1’de in-situ ölçüm cihazları ve özellikleri verilmiştir. Alınan örneklerin mikrobiyolojik analizleri, laboratuvara getirildikleri anda yapılmıştır. Hidrojeokimyasal analizler ise 2-3 gün içerisinde tamamlanmıştır.

Çizelge 3.1. Çalışmalarda kullanılan in-situ ölçüm cihazları ve özellikleri

In-situ parametresi	Ölçüm birimi	Cihazın adı ve markası
Sıcaklık	°C	Termometre-Testo-95-1
pH		pH metre-WTW 330i
Redoks potansiyeli (Eh)	mV	pH metre-WTW pH95
Elektriksel iletkenlik (EC)	µS/cm	Elektriksel iletkenlik ölçer-WTW cond 330i ve 340i
Çözünmüş oksijen içeriği (O ₂)	mg/l	Oksimetre-WTW Oxi 340
Alkalinite	mmol/l	Alkalinite test kiti-Merck Aquamerck 11109
Asidite	mmol/l	Asidite test kiti-Merck Aquamerck 11109
Toplam sertlik	°f	Toplam sertlik test kiti-Merck Aquamerck 11104
Karbonat sertliği	°f	Karbonat sertliği test kiti-Merck Aquamerck 11103

3.2.5. Hidrojeokimyasal Analiz Yöntemleri

Çalışma kapsamında alınan tüm örneklerin in-situ ve hidrojeokimyasal analizleri Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesinde bulunan cihazlar kullanılarak yapılmıştır. Hidrojeokimyasal analizlerde kullanılan cihazlar aşağıda tanıtılmış ve özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Spektrofotometre, monokromatik ışın üreten bir cihazdır. Kaynaktan çıkan ışın demeti monokromotör yardımıyla tek dalgaboylu ışına dönüşür ve bu ışın cam bir küvetin içindeki sıvı örneği aydınlatır. Örnekten geçen ışının bir bölümü soğurulur. Soğurulan fotonların miktarları konsantrasyonla ilgilidir. Soğurulmuş ışın dedektör tarafından algılanır ve algılanan ışın elektrik enerjisine dönüştürülerek ölçüm yapılır.

ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy) cihazının temel prensibi yüksek derişimde katyon ve buna eşdeğer derişimde elektron içeren, elektriksel olarak iletken bir gaz ortamı olan plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun ölçülmesidir. Plazma görüntüsü alev gibi olmakla beraber bir yanma olayı yoktur. ICP kaynağı iyonlaşmış bir argon gazı akışı ile genellikle 27 veya 40 MHz’lik güçlü bir radyofrekans alanının eşleştirilmesi ile elde edilir. Örnek genellikle sıvı fazda, aerosol şeklinde yüksek sıcaklıktaki plazmaya gönderilir. Bu tanecikler plazmada sırasıyla kurur, parçalanır, atomlaşır, iyonlaşır ve oluşan atom ve iyonlar uyarılır. Analit elementin atomik ve iyonik çizgileri bir spektrometre ve uygun bir bilgisayarla değerlendirilerek analiz tamamlanır.

Türbidimetre (bulanıklık ölçer) cihazı 0,02 NTU-1000 NTU arasında çalışma özelliğine ölçüm haznesine yerleştirilen ölçüm tüpleri ile bulanıklık ölçümü yapılır. Suyun kendisine gelen ışığı doğrudan değil de yön değiştirerek ve bir kısmının da soğurarak geçirmesi özelliği ile çalışır. Bulanıklık ölçer cihazında Nephelometric Turbidity Unit (NTU) birimi kullanılır.

Toplam Organik Karbon cihazı, temiz su, atık su ve katı atık numunelerinde toplam ve çözülmüş organik karbon tayini amacıyla kullanılır.

Membran filtrasyon yöntemi; genel olarak içme sularında ve diğer sıvı örneklerde mikrobiyolojik yükün belirlenmesi için kullanılmaktadır. Yüksek hacimli örneklerle çalışmaya ve sayım yapmaya elverişli olmasının yanı sıra klasik prosedürlere göre daha hızlı ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Bu yöntemde örnek mikroorganizmaları tutabilecek por çapına sahip bir membran filtreden vakum kullanılarak süzülür ve steril bir emici pad üzerine emdirilmiş aranan mikroorganizma türüne göre seçici veya genel bir besiyeri üzerine yerleştirilir. İnkübasyon sonrası membran filtre üzerindeki kareler yardımı ile sayım yapılır.

İzotoplar kütle spektrometresi ile ölçülür. Kütle spektrometresi, katı ve sıvı örneklerde çok sayıda elementin hızlı, hassas ve doğru biçimde, niteliksel, niceliksel ya da yarı-niceliksel olarak ölçülmesine olanak sağlayan analiz tekniğidir. Teknik elektromanyetik indüksiyonla 10.000 °K sıcaklığa ulaştırılan argon plazması tarafından örneğin iyonize edilmesi; iyonize elementlerin kütle spektrometresi tarafından ayrıştırılması ve element derişimlerinin elektron çoklayıcı bir dedektör tarafından ölçülmesi aşamalarını içerir. Örnekteki tüm elementlerin derişimleri 1 ile 2 dakika arasında değişen oldukça kısa bir sürede ölçülür.

Çizelge 3.2. Hidrojeokimyasal analizlerde kullanılan cihazlar ve özellikleri

Analiz parametresi	Cihazın adı	Analiz metodu
Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Fe ²⁺ , Pb ²⁺ , Zn ²⁺ , Cu ²⁺ , Al ²⁺ , Si ⁴⁺ , Sr ²⁺ , Ba ²⁺ , Mn ²⁺ , Li ⁺	Perkin Elmer ICP-OES 2100 DV	Optik emisyon spektrometresi
Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , PO ₄ ²⁻	Merck-Spectroquant Nova 60	Spektrofotometrik
HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻	Merck-Aquamerck test kitleri	Titrimetrik
Toplam organik karbon (TOC)	Shimatzu TOC-VCPH	
Bulanıklık	WTW Turb550	Nefelometrik
Toplam koliform	Vakum pompası vs.	Membran filtrasyon
Fekal koliform	Vakum pompası vs.	Membran filtrasyon
³ H	kütle spektrometresi	Liquid scintillation counting
δ ² H, δ ¹⁸ O	kütle spektrometresi	Liquid scintillation counting

İzotop analizleri ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve ^3H) Neuherberg (Almanya) Hidroloji Enstitüsü'nde yapılmıştır. $\delta^2\text{H}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ analizleri kütle spektrometresi, trityum (^3H) analizleri ise elektrolitik zenginleşmeden sonra sıvı sintilasyon sayım yöntemiyle yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde çalışma alanının stratigrafisi, bölgesel jeolojisi, hidrolojisi, hidrojeolojisi, hidrojeokimyası ve izotop jeokimyası açıklanmıştır. Stratigrafi ve petrografi bölümünde çalışma alanında yer alan jeolojik birimler tanıtılmıştır. Bölgesel jeoloji bölümünde çalışma alanının neotektonik hareketleri ve yapısal evrim özellikleri üzerinde durulmuştur. Hidroloji bölümünde yağış, buharlaşma ve akış parametreleri belirlenerek su bilançosu yapılmıştır. Hidrojeoloji bölümünde, jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre sınıflandırılmış ve özellikleri incelenmiştir. Ayrıca çalışma alanında yer alan akiferlerin hidrojeolojik parametreleri belirlenmiştir. Hidrojeokimya bölümünde ise, yüzey ve yeraltısularından alınan örneklerinin arazide ve laboratuarda yapılan analizleri değerlendirilmiş ve burada elde edilen sonuçlar çeşitli grafiklere aktararak ve ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılarak yorumlanmaya çalışılmıştır.

4.1. Stratigrafi

Çalışma alanının stratigrafisinin belirlenmesinde daha önce yapılan çalışmalardan yararlanılmıştır ve aynı adlandırmalar kullanılmıştır. Bölgedeki birimler otokton ve allokton olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Otokton birimler, alttan üste doğru Menteşe Formasyonu, Davras Kireçtaşı, Çiğdemtepe Kireçtaşı, Koçtepe Formasyonu, Kayıköy Formasyonu, Gölcük Volkanitleri'den oluşmakta olup tüm birimleri uyumsuz olarak üstleyen yamaç molozu ve alüvyondan ibarettir. Allokton birimler ise Gökçebağ Karışığı ve Akdağ Kireçtaşı'dır. Çalışma alanının genelleştirilmiş sütun kesiti Şekil 4.1'de, 1:25.000 ölçekli jeoloji haritası ise Ek-2'de verilmiştir.

4.1.1. Otokton Birimler

4.1.1.1. Menteşe Formasyonu (Msm):

Dumont ve Kerey (1975) bu formasyonu Menteşe dolomiti, Yalçinkaya vd. (1986) ise Menteşe formasyonu olarak adlandırmışlardır. Birim, çalışma alanının doğusunda Eğirdir Gölüne kadar yayılım göstermektedir. Menteşe formasyonu, Davras kireçtaşı biriminin tabanını oluşturan gri, grimsi siyah renkli, orta-kalın katmanlı, sık erime boşluklu, üzerinde bol megalodont kavkaları bulunduran dolomitik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Yaklaşık 100-150 m. kalınlığa sahip olan formasyon Mesozoyik karbonat platformunun tabanında kılavuz seviye özelliğinde gözlenir (Yalçinkaya vd., 1986). Yalçinkaya vd. (1986), Menteşe formasyonunu yanal devamlılığında uğradığı değişiklikler ile iki üyeye ayırmıştır. Bunlardan ilki, orta-kalın katmanlı, gri, grimsi siyah renkli, yer yer 100-150 m. kalınlığa ulaşan oolitlik kireçtaşı üyesidir. İkincisi ise megaladonlu kireçtaşı merceklerinin, budinleşip kopmasıyla oluşan bloklu marn üyesidir. Bunlar gevşek yapı özelliği ile tektonik dokanaklar boyunca düşmüş olup kolayca diğer birimlerden ayrılmaktadır. Birimin yaşı dolomitik kireçtaşları üzerinde gözlenen megaladonlara göre Noriyen-Resiyen olarak tespit edilmiştir (Dumont ve Kerey, 1975; Yalçinkaya vd., 1986).

4.1.1.2. Davras Kireçtaşı (Ms_d):

Isparta'nın güneydoğusunda yeralan Davras Dağı çevresindeki Mesozoyik karbonatlar için Gutnic vd. (1979) Davras Serisi terimini kullanmışlardır. Kalın karbonatlarla temsil edilen birim, Dumont ve Kerey (1975) tarafından Alakilise kireçtaşı, Yalçinkaya vd. (1986) tarafından Alakilise formasyonu olarak adlandırılmıştır. Yalçinkaya (1989) bu karbonatlar için Davras formasyonu ismini kullanmıştır. Akbulut (1980) ise bu seri için Davras kireçtaşı terimini önermiştir ve bu adlama baskın litolojiyi belirtmesi ve stratigrafi kurallarına (Hedberg, 1976; USK, 1976; SSAK, 1976; SAKAYK, 1983) uygun tanımlanmasından dolayı uygun görülmüştür (Görmüş ve Özkul, 1995).

Davras kireçtaşı inceleme alanının doğusunda geniş bir yayılıma sahiptir. Birim altta beyazımsı, grimsi renkli, kalın tabakalı dolomitik kireçtaşları ile başlar. Sert, sık çatlaklı, çatlakları kalsit dolgulu olan bu kireçtaşları yer yer tamamen dolomitleşme gösterir. Bu dolomitik seri üzerine bej, krem, açık gri, açık kahve renkli, orta-kalın tabakalı sık çatlaklı, çatlakları kalsit dolgulu, üste doğru oolitlik karakterde kireçtaşları gelir. Açık gri, bej, krem, açık kahve renklerde, orta-kalın tabakalı yer yer dolomitize olmuş kireçtaşları ile devam eder. Üste doğru en kalın seviyesini oluşturan orta-kalın tabakalı, açık gri, bej, krem açık kahve renklerde gözlenen kireçtaşlarına geçer. Bu kireçtaşları üste doğru yer yer orta katmanlı, gri, grimsi bej, krem renkli, neritik-yarı pelajik, yer yer de ince-orta katmanlı, kirli sarı, gri, bej, krem renkli, çörtlü, pelajik-yarı pelajik kireçtaşlarına geçerler. Birim en üstte ince tabakalı, krem, sarı, bej, yer yer pembe renkli, çörtlü pelajik kireçtaşları ile sonlanır (Yalçinkaya, 1989). Geç Kretase yaşlı Çiğdemtepe birimine ait rudist içerikli karbonatlar Davras kireçtaşı birimini uyumsuz olarak örtmektedir (Karaman vd., 1988; Yıldız ve Toker, 1991; Görmüş ve Karaman, 1992). İstifin kalınlığının 2000 m (?) den daha fazla olduğu sanılmaktadır. Birimin yaşı Üst-Triyas-Turoniyen olarak belirlenmiştir (Görmüş ve Özkul, 1995).

4.1.1.2.1. Söbüdağ Kireçtaşı Üyesi (Krü_{ds}):

Birim, inceleme alanının kuzeybatısındaki Büyük Söbü Tepe ve Küçük Söbü Tepe’de gözlenmektedir. SDÜ Batı Kampüsünün kuzeybatısındaki Büyük Söbü Tepe’den en iyi yüzeyleme vermesi nedeni ile birim ilk olarak Karaman vd. (1988) tarafından formasyon mertebesinde isimlendirilmiştir. Yalçinkaya (1989) tarafından üye olarak, Karaman (1994) ise Söbüdağ kireçtaşı ismini Söbüdağ formasyonu yerine kullanmıştır. Bunun yanında litoloji isminin baskınlığını göstermesi, istifin Davras kireçtaşlarının üst düzeylerini oluşturmaması, henüz formasyon mertebesinde taban sınırının belli olmaması nedenleriyle üye mertebesinde adlandırılması uygun görülmüştür (Görmüş ve Özkul, 1995). Bu çalışmada da bu adlama kullanılmıştır. Birimde açık-koyu gri, bej renkli, çoğunlukla masif, kalın (0,5-1,5 m), çok kalın (2-4 m) tabakalı kireçtaşlarında pelletler, millioidler ve yer yer de rekristalizasyonun baskın olduğu gözlenmektedir. Kireçtaşlarında bağlayıcı malzeme olarak gözlenen

gri renkli mikrit, içerdiği demir miktarına göre yer yer kahverengi renk almaktadır. Birim, sıkı dokulu, homojen bir yapıya sahip, bol çatlaklı ve çatlakları ikincil kalsit ile doldurulmuştur. Bölgede meydana gelen tektonizma koşullarından büyük ölçüde etkilenmiş olan kireçtaşları, şiddetli kırık ve kıvrımlı bir yapı kazanmıştır. Faylanmalar boyunca breşik zonlar gelişmiştir (Karaman vd., 1988; Görmüş ve Özkul, 1995).

Söbüdağ kireçtaşı üyesi, Davras kireçtaşının Geç Kretase yaşlı karbonat kesimini oluşturmaktadır. Davras Dağının zirvesinde rastlanılan aynı tip miliolidlerin SDÜ Kampüsünün yaklaşık 1 km kuzeybatısındaki çökeller içinde gözlenmiş olması ve diğer bentik fauna içeriği bu kireçtaşlarının Davras kireçtaşının üst düzeyi olduğunu işaret eder. Birimin üst dokanağı, Çiğdemtepe kireçtaşı ile uyumsuzdur (Görmüş ve Özkul, 1995). Kireçtaşları içerisinde bentik foraminiferler gözlenmiştir. *Triloculina* sp., *Quinqueloculina* sp., *Pseudolituonella reicheli* Marie Nezzata sp., *Nummuloculina* sp., *Textulariidae*, *Miliolidae*, *Cuneolina* sp., *Biloculina* sp. ve *Rotaliid* sp. gibi fosil kapsamına göre yaşı, Senomaniyen-Turoniyen olarak belirlenmiştir (Karaman vd., 1988; Yıldız ve Toker, 1991; Görmüş ve Karaman, 1992; Görmüş ve Özkul, 1995; Karaman, 2000). Birimin ortamının litoloji ve fauna özelliklerine göre sığ lagüner ve yer yer de lagüner bir ortamda çökeldiği belirtilmektedir (Görmüş ve Özkul, 1995).

4.1.1.3. Çiğdemtepe Kireçtaşı (Krüç):

Başlıca plaketli kireçtaşlarından oluşan birime ait formasyon adlaması ilk kez Koçyiğit (1980, 1984b) tarafından isimlendirilmiştir. Karaman vd. (1988) birimi Senirce kireçtaşı, Karaman (1994) ise Senirce formasyonu olarak adlandırmıştır. Yalçınkaya (1989) ise Davras formasyonunu Seyrekler kireçtaşı üyesi olarak üye mertebesinde isimlendirmiştir. Birim, litoloji baskınlığını göstermesinin yararlı olacağı düşünülerek Çiğdemtepe kireçtaşı şeklinde isimlendirilmiştir (Görmüş ve Özkul, 1995).

Birim pelajik kireçtaşları ile temsil edilmektedir ve egemen olarak açık krem ile beyazımsı boz renkli plakiteli pelajik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Üst seviyelere doğru kireçtaşlarının içerdiği kil oranı yükselir. Bu kireçtaşları tabanda ince-orta katmanlı, sert yapılı olup, üst seviyelere doğru plakiteli, yer yer laminalı, nispeten daha gevrek ve kırılmandır. Kireçtaşlarının içerisinde özellikle üst kesimlerinde çört yumruları ve arabantları izlenir. Çiğdemtepe kireçtaşı, Söbüdağ kireçtaşı üyesine oranla daha az çatlak düzlemine sahiptir ve bu çatlaklar ikincil kalsit ile doldurulmuştur. Formasyon kalınlığı inceleme sahası içinde 50-100 m arasında değişir (Karaman vd., 1988; Görmüş ve Özkul, 1995). Çiğdemtepe kireçtaşı birimini Görmüş ve Karaman (1992) üç birime ayırmıştır: (1) Söbüdağ kireçtaşı üyesinin hemen üzerindeki gri renkli kireçtaşları, (2) Tersiyer sınırında bulunan, yaklaşık 4 m. kalınlığa sahip ve planktonik faunanın bulunduğu kırmızı renkli kireçtaşları, (3) Çiğdemtepe kireçtaşının üst seviyelerindeki gri renkli kireçtaşları. Çiğdemtepe kireçtaşı biriminin alt dokanağı Davras formasyonunun Söbüdağ kireçtaşı üyesi ile olan ilişkisi kesinlik kazanmamış olmakla birlikte önceki çalışmacılara göre (Karaman vd., 1988; Yıldız ve Toker, 1991) su altı uyumsuzluğu olarak kabul edilmektedir. Aynı şekilde birimin Koçtepe formasyonu ile olan üst dokanak ilişkisi de tartışmalıdır. Ancak yapılan son araştırmalara göre Koçtepe formasyonu ile olan üst dokanağının paralel uyumsuz olduğu kabul edilmektedir (Karaman vd., 1988; Yıldız ve Toker, 1991; Görmüş ve Karaman, 1992; Görmüş ve Özkul, 1995). Çiğdemtepe kireçtaşı içerisinde *Globotruncana arca* (Cushman), *Globotruncanella stuarti* (de Lapparent), *Gansserina gansseri* (Bolli), *Heterohelix* sp., *Pseudotextularia* sp. gibi planktik foraminifer kapsamına göre birimin yaşı Orta-Geç Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir. Birimin fauna ve litolojik özellikleri nedeniyle pelajik ortamda çökeldiği belirtilmektedir (Karaman vd., 1988; Görmüş ve Özkul, 1995).

4.1.1.4. Koçtepe Formasyonu (T_k):

Birimin adı ilk kez Sarıöz (1985) tarafından Isparta'nın kuzeybatısındaki Koçtepe'ye izafeten verilmiştir. Koçyiğit (1984b)'e göre Senirkent dolaylarındaki Yukarıtirtar formasyonu Koçtepe formasyonuna karşılık gelmektedir. Yine Yalçınkaya vd.

(1986) Hüseyinçeşme ve Söbütepe formasyonları; Karaman vd. (1988) ve Yıldız ve Toker (1991) Kızılıırma ve Yalçinkaya (1989) Kabaktepe formasyonlarını birimin eşdeğeri olarak kabul etmektedirler (Görmüş ve Özkul, 1995). Bu çalışmada Sarız (1985) tarafından yapılan adlama kullanılmıştır. Koçtepe formasyonu altta konglomeratik-breşik bir taban ile başlayıp, üste doğru kırmızı, kırmızımsı pembe, şarabi renkli, ince-orta katmanlı, yer yer böbreğimsi ayrışmalı, pelajik marnlarla devam eder (Yalçinkaya, 1989). Kırmızı renkli çamurtaşları ile temsil edilen birim çok ince (1-2 cm), orta kalınlıkta (5-10 cm) ince taneli kumtaşı ara tabakaları da içermektedir. Birimin inceleme alanı içerisindeki kalınlığı 25-50 m.dir. Bu kalınlık Ağlasun-Bucak civarında 150 m. ye ulaşır (Görmüş ve Özkul, 1995). Formasyonun açık kırmızı, bordo, yer yer yeşilimsi kirli gri renkli şeyl, kumtaşı, çamurtaşı, türbiditik kumtaşı ve kirli kireçtaşı düzeyleri ile bunlarla arakatkılı çakıltası ve detritik kireçtaşı seviyeleri bulunmaktadır. Birimin alt kesimlerinde yoğun demiroksit boyanmasından dolayı belirgin olarak açık kırmızı, pembe, bordo renk hakimdir. Killi kireçtaşları ve çamurtaşlarında böbreğimsi ayrışma yapıları egemendir (Karaman vd., 1988). Görmüş ve Karaman (1992) formasyonu fauna ve litoloji özelliklerine göre bölümlere ayırmışlardır: (1) Tersiyer yaşlı birimlerin başladığı planktik fosil içeren kırmızı renkli killi kireçtaşları (35 cm kalınlıkta), (2) Tabakalanması belirlenememiş olan kırmızı renkli çamurtaşları (3.5 m. kalınlıkta). Çamurtaşlarında tabakalanmaya paralel gelişmiş mikrofisürler vardır. 3) Formasyonun üst seviyelerine doğru artan kumtaşı-çamurtaşı ardalanması. Kumtaşları gri, sarımsı gri renktedir ve bunlar içerisinde bentik ve planktik foraminiferler vardır. Koçtepe formasyonu altta Çiğdemtepe kireçtaşı ile paralel uyumsuz olduğu belirtilmektedir. (Görmüş ve Özkul, 1995).

Koçtepe formasyonu içerisinde *Alveolina* (*Glomalveolina*) sp., *Nummulites* sp., *Assilina* sp., *Miscellanea* cf. *Primativa* Rahaghi, *Keramosphaera* sp., *Rotalia* sp., *Kathina* sp., *Planorbulina cretae* (Marsson), *Discocyclus* sp., *Asterigerina* sp., *Textulariidae* gibi bentik foraminiferler; *Globigerina triloculinoides* Plummer, *Morozovella aragonensis* (Nuttall), M cf. *formosa formosa* (Bolli), M. *formosa gracilis* (Bolli) M. *lensiformis* (Subbotina), *Acarinina soldadoensis* soldadoensis (Brönnimann), A. *Bulbrookii* (Bolli), *Globorotalia* sp., *Truncorotaloides* sp.,

Planorotaloides sp. gibi lanktik foraminiferler ve *Distichoplax biserialis* (Dietrich) ve *Ethelia alba* (Pfender) gibi algler saptanmış ve formasyonun yaşı Orta-Üst Paleosen-Alt Eosen olarak belirlenmiştir (Karaman vd., 1988; Yıldız ve Toker, 1991; Görmüş ve Karaman, 1992).

4.1.1.5. Kayıköy Formasyonu (T₁):

Kayıköy formasyonu, çalışma alanının batısında ve güneyinde geniş bir alanda gözlenir. Formasyon ilk kez Gutnic vd. (1979) tarafından Isparta ve çevresindeki Eosen yaşlı filiş çökelleri için kullanılmıştır. Yalçinkaya vd. (1986)'da Yavuzlar ve Garipçe formasyonlarının; Özgül (1976) ve Yalçinkaya (1989)'da Kurttepe formasyonunun; Karaman vd. (1988, 1989); Karaman (1994)'te Kayıköy formasyonunun; Koçyiğit (1984b)'te ise Dereköy formasyonunun eşdeğeri olduğu kabul edilir (Görmüş ve Özkul, 1995).

Filiş karakterindeki birim kıltaşı, siltaşı, kumtaşı, konglomera ardalanmasından oluşur. Egemen litolojiyi kıltaşı ve kumtaşı oluşturmaktadır. Kayıköy formasyonunun kalınlığının 1000 m yi aşabileceği düşünülmektedir (Karaman, 1990; Görmüş ve Özkul, 1995). Kirli sarı, kahve, boz renkli, ince-orta katmanlı, kumtaşı, kıltaşı, marn ardalanmasından oluşan birimin kumtaşı seviyeleri yer yer karbonat çimentolu olup oldukça bol fosillidir. Yine bu kumtaşı seviyeleri içinde bol miktarda ofiyolit kırıntısı gözlenir. Filiş fasiyesi ile temsil olunan formasyonun üzerine çalışma alanının batısında Gökçebağ Köyü civarında ofiyolitik karışık bindirmektedir. Ayrıca Yakaören Köyü civarında Pliyosen volkanizmasının tüf ve volkanitleri, açısal bir uyumsuzlukla formasyon üzerine şapka şeklinde oturur (Yalçinkaya, 1989). Kayıköy formasyonunun alttaki Koçtepe formasyonu ile geçişli ve uyumlu bir dokanağa sahip olduğu belirtilmektedir. Birim içerisindeki kumtaşı örneklerinde *Fabiania cassis* (Oppenheim), *Silvestirella tetraedra* (Gümbel), *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Eurupertia magna* (La Calvez), *Eorupertia* sp., *Nummulites* sp., *Textularia* sp., *Rotalia* sp., *Discocyclina* sp., *Operculina* sp., *Alveolina* sp. gibi bentik foraminiferler, az miktarda *Globigerina* sp. gibi planktik

foraminiferler belirlenmiştir. Bu tanımlamalara göre Kayıköy formasyonunun yaşı Alt-Orta Lütasyen olarak belirtilmiştir (Görmüş ve Özkul, 1995).

4.1.1.6. Gölcük Volkanikleri (PQ_g):

Birimin adlanması Kazancı ve Karaman (1988), Karaman (1990) ve Yıldız ve Toker (1991) tarafından Isparta'nın güneybatısındaki Gölcük krater gölüne izafeten verilmiştir. Gölcük Gölü ve çevresi, Yakaören Köyü, Çünür mahallesinde gözlemlendiği gibi Akdağ ve Gölcük Gölü arasında geniş bir yayılım sunarlar. Isparta güneyinde Karatepe, Hisartepe gibi tepeler üzerinde serpilmiş şekilde, yine kuzeyde Söbütepe kireçtaşları üzerinde ve güneyde Isparta-Antalya karayolu üzerinde gözlenmektedir. Birim Gölcük volkanizması ile şekillenmiştir (Yalçınkaya, 1989; Karaman, 2000). Andezitik ve traki-andezitik karakterli lavlar, Gölcük krater gölüne izfeten Gölcük volkanitleri adını almıştır. Traki-andezitler siyahımsı, grimsi, kahvemsı renkli olup bol çatlaklı ve oldukça dayanımlıdır ve genelde porfirik doku özelliği gösterirler. Trakiandezitlerde fenokristalleri sanidin, hamuru ise sanidin ve plajiyoklas oluşturur, mafik mineral olarak hornblend, aksesuar mineral olarak apatit ve sfen gözlenir. Gölcük volkanitleri Pliyosen volkanizmasının son ürünüdürler (Yalçınkaya, 1989). Özgür vd. (1992) Gölcük yöresi volkanik kayaçlarını (i) tefrifonolit, (ii) piroklastik seri ve (iii) trakiandezit-trakit olmak üzere üç fazda incelemişler ve bu kayaçların ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd ve ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr izotopları ile kökenlerinin alt mantoya dayandığını belirtmişlerdir. Süleyman Demirel Üniversitesi kampusu çevresindeki yamaç birikintileri ile olan ilişkileri dikkate alındığında volkaniklerin stratigrafik konumu itibarıyla Pliyo-Kuvaterner yaşlı olduğu düşünülür (Görmüş ve Özkul, 1995). Özellikle Gölcük Gölü kalderası içinde bulunan Pilav Tepe trakitlerinin Ar/Ar yöntemiyle 24.000 yıla kadar varan yaşları ortaya konulmuştur (Platevoite vd., 2008).

4.1.1.6.1. Piroklastikler (PQ_{gp}): Piroklastikler, Yalçınkaya (1989) tarafından Pürenova dolaylarından Pürenova formasyonu şeklinde isimlendirilmiştir. Çoğunlukla Gölcük kalderası ve çevresinde geniş yayılım gösteren piroklastikler büyük bölümü ile zayıf tutturulmuş tüf, tüfit ve pomza düzeylerinin

ardalanmasından oluşur. Birimin egemen bileşenini oluşturan tüfler, ince ile orta taneli ve yersel çapraz katmanlıdır. Aglomera ve lapillitaşından oluşan aradüzeyle ve arakatkılar tuf istifi içinde olağan olarak gözlenir. Piroklastik istif içinde farklı seviyelerde gözlenen pomza oluşukları çoğunlukla çok zayıf pekleşmiş, kötü boylanmalı ve köşeli olabilen taneli bir doku özelliği gösterir. Pomza taneleri 1-10 cm arasında değişen büyüklük değerlerine sahiptir. Başlıca fonolit, trakiandezit ve siyenitten oluşan volkanoklastik kırıntılar ve volkan bombaları, pomza seviyesi içinde yaygın olarak gözlenir (Platevoite vd., 2008).

4.1.1.6.2. İğnimbritler: Tuf matriksi içinde pomza kırıntıları yaygın, trakiandezit kırıntıları seyrek olarak gözlenir. Genellikle sıkı özellikte olması ile diğer piroklastik seviyelerden ayrılabilirler. Birkaç seviye olarak gözlenebilen 1-12 m arasında değişik kalınlıklarda gözlenebilen tüfler Bilgin vd. (1988) tarafından sıkı tuf olarak isimlendirilmiştir. Birim, ince-orta katmanlı, beyaz, bej, kirli sarı renkli olup yaygın olarak pomza kırıntıları ile daha az yaygın olarak andezitik ve trakiandezitik karakterlidir. Bu tüfler içerisinde aglomera seviyeleri de gözlenir (Görmüş ve Özkul, 1995). Yalçınkaya (1989) tarafından bu birim Yakaören tuf üyesi olarak ayırdlanmıştır.

4.1.1.6.3. Volkanik lavlar (PQ_{gv}): Trakiandezit ve trakit bileşimli subvolkanik stoklar ve dayklar şeklinde bulunur. Isparta'nın güney bölgesinde yeralan trakitik ve trakiandezitik oluşuklar, daha çok Eosen yaşlı Kayıköy formasyonunu keserek yükselmiş subvolkanik stoklardan yapılıdır. Bu volkanik stoklar yer yer Gölcük volkanından türemiş piroklastikler tarafından üstlenir. Lefevre vd. (1983), Isparta güneyindeki bu andezitik-trakiandezitik volkanitlerin yaşını radyometrik verilere göre 4 milyon yıl olarak saptamışlardır. Platevoite vd. (2008) Isparta Gölcük kalderası içinde bulunan ve sekonder koni ve ring daykları oluşturan fonolit ve trakitlerin 24.000 yıla kadar varan yaşlarının olduğunu belirlemişlerdir.

4.1.1.7. Yamaç Birikintileri (Qy):

Genellikle yüksek tepelerin ovaya indiği dik yamaçlar önünde gelişmiştir. Kil, silt, kum, çakıl ve bloklardan oluşmuştur.

4.1.1.8. Alüvyonal Yelpaze (Qa):

Çalışma alanında en geniş mostra veren birimdir. Ova içerisinde tutturulmamış kum, çakıl, kil ve silt boyutundaki malzemelerden oluşan birimin tanelerini çoğunlukla kireçtaşı, çört, tuf ve volkanikler oluşturur.

4.1.2. Allohton Birimler

4.1.2.1. Gökçebağ Karışığı (Mg):

Bu birim çalışma alanı dışındaki Gökçebağ Köyüne izafeten Sarız (1985) tarafından verilmiştir. Birim, Özgür vd. (1992) tarafından volkano-sedimanter seri olarak adlandırılmıştır. Yalçinkaya (1989) ve Karaman (1994) çalışmalarında Isparta ofiyolit karmaşığı şeklinde adlandırmışlardır. Stratigrafi kurallarına (Hedberg, 1976; USK, 1976; SSAK, 1976; SAKAYK, 1983) göre birimin Gökçebağ karışığı olarak isimlendirilmesi uygun görülmüştür (Görmüş ve Özkul, 1995).

Birim, içerisinde değişen boyutta kaya birimlerini blok olarak bulunduran, kuvvetli tektonikle karışmış, çok renklilik sunan, genelde yeşil rengin hakim olduğu, yer yer olistostromal özellikler gösteren, bazik-ultrabazik kayalardan oluşmaktadır (Yalçinkaya, 1989). Bu kayalar başlıca serpantinit, gabro, diyabaz, çört, radyolarit ile kireçtaşı bloklarından oluşurlar serpantinitler açık ile koyu yeşilimsi, kaygan yapılı, yersel bloklu, yaygın makaslama yüzeylidir. Gabro ve diyabazlar genellikle dayk şeklinde izlenmekte olup, koyu yeşil-gri renklidirler. Radyolaritler ise açık pembe-kırmızımsı renkli olup daha seyrek olarak izlenirler. Açık gri, bej, beyaz renkli kireçtaşı blokları ise birimin bölgeye yerleşimi sırasında onunla birlikte

bölgeye taşınan, ancak ofiyolit hamuruna göre daha sert yapılı olmaları nedeniyle aşınmayıp, bölgenin yüksek tepe ve dağlık kesimlerini oluştururlar (Karaman, 1990). Bölgede ilk ofiyolit kırıntıları Üst Paleosen-Alt Eosen serilerinde gözlenmiştir. Bu evre sonuna doğru bölgeye yerleşen ofiyolitli karışık Lütasiyen ve Burdigaliyen sonunda ikinci ve üçüncü yerleşmesini yaparak, Tersiyer serileri içerisinde birbiri üzerine gelen tektonik dilimler şeklinde karmaşık bir yapı kazanmasına neden olmuştur. Gökçebağ karışığı, Alt Eosen ve Lütasiyen’de devam eden ilerlemeler sonucunda allohton serileri otokton serilere yaklaştırmış ve Burdigaliyen sonlarındaki son ilerlemesiyle otokton serilerin üzerine yerleşimini tamamlamıştır (Yalçınkaya, 1989).

Özgür vd. (1992) birimin tektonik yerleşim yaşının Paleosen olduğunu ifade etmişlerdir. Yörede ilk ofiyolit kırıntıları Üst Paleosen-Alt Eosen serilerinde gözlemlendiği için birimin bölgeye yerleşim yaşının Üst Paleosen-Alt Eosen olduğu belirtilmektedir (Yalçınkaya vd., 1986; Yalçınkaya, 1989; Görmüş ve Özkul, 1995). Gökçebağ karışığının içerisindeki kireçtaşı bloklarında Triyas-Üst Kretase zaman aralığını gösteren *L. cozina sp.*, *Kathina sp.*, *Alveolina sp.*, *Periloculina*, *Scandonea*, *Miscelanea miscella*, *Mississippina binkharsti* gibi fosillere rastlanılmış ve bu fosil kapsamalarına göre oluşum yaşının Mesozoyik, yerleşiminin ise stratigrafik konum itibarıyla Paleosen’de başlayıp Geç Miyosen’e kadar devam eden tektonik aktivite ile bu zaman aralığında gerçekleştiği düşünülür.

4.1.2.2. Akdağ Kireçtaşı (Ma):

Gökçebağ karışığı üzerinde gözlenen kilometrelerce büyüklükteki karbonatlar Akdağ kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Gutnic vd. (1979), Karaman (1990; 1994; 2000) aynı adlamayı kullanmışlardır. Ancak Akdağ kireçtaşı birliği olarak adlandırılan çalışmalarda (Karaman, 1990; 1994; 2000) “birlik” ekinin kullanılma sebebinin belirtilmemesi, bazı özellikleri farklı olmakla beraber hemen hemen aynı özellikte kireçtaşlarının gelişmiş olması ve stratigrafi kurallarına uygun olmaması nedenlerinden dolayı Akdağ kireçtaşı teriminin formasyon mertebesinde adlaması uygun görülmüştür (Görmüş ve Özkul, 1995).

Birim adını, inceleme alanının güneyindeki allokton kireçtaşlarından oluşan Akdağ'dan almaktadır ve kalın tabakalı masif kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Akdağ kireçtaşı çalışma alanındaki kaya birimlerine, ofiyolitik karışıklar ile birlikte bindiren, süt beyaz renkli, şeker dokulu, orta-kalın katmanlı, katmanlanması tamamen bozulmuş, oldukça çok kırık ve eklemli, rekristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Akdağ kireçtaşları uğradıkları tektonizmaya bağlı olarak ilksel konumlarını tamamen kaybetmişlerdir. Akdağ kireçtaşlarının yöreye yerleşimi tamamen ofiyolitik karışığın hareketine bağlı olduğu için otokton kaya birimleri üzerindeki konumu ofiyolitik karışık ile sınırlıdır. Yani tektonizmaya bağlı olarak yöreye yerleşen Akdağ kireçtaşları, ofiyolitli karışıkla altlanmış-üstlenmiş olarak, çoğunlukla da onların üzerinde kütleli (Akdağlarda olduğu gibi) yada yine onların içinde veya üzerinde irili ufaklı bloklar şeklinde gözlenirler. Akdağ kireçtaşlarının irili ufaklı parçalarının ofiyolitik karışık içerisinde onlarla yoğrulmuş bir hamur şeklinde gözlenmesi, ofiyolitlerdeki deformasyon çizgileri ile aynı çizgileri sunması, onlarla beraber deformasyona maruz kaldığına işaret etmektedir (Yalçinkaya, 1989). Akdağ kireçtaşlarının Likya napının bir bölümünü oluşturduğu belirtilmektedir. Akdağ kireçtaşı yörede allokton olarak bulunur. Birimin üzerine ise uyumsuz olarak volkanik birimler gelmektedir (Karaman, 1990; 1994; Yalçinkaya, 1989). Akdağ kireçtaşı içerisinde *Involutina sp.*, *Duestominidae sp.*, *Trochammina (almtalmsis)*, *Reophax sp.*, *Ammabaculites sp.*, *Endothyra sp.*, *Glomospira sp.* gibi belirlenen fosil kapsamına göre yaşının Orta-Üst Triyas olarak belirtilmektedir (Yalçinkaya, 1989). Gutnic vd. (1979) ise bu kireçtaşlarının yaşının Triyas'a kadar inebileceği belirtmektedirler. Görmüş ve Özkul (1995) Akdağ kireçtaşlarının oluşum yaşının Geç Triyas-Geç Kretase olduğunu belirtmektedir.

4.2. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı, Ketin (1966) tarafından Toridler olarak tanımlanan tektonik birlik içinde yer almaktadır ve bugünkü yapısını Alpin orojenezi ile kazanmıştır. Antalya Körfezi kuzeyinde, Toroslar'ın sivri ucu kuzeye doğru yönelmiş yaklaşık ters "V" biçimli olan bu kesim, Blumenthal (1963) ve Koçyiğit (1981) tarafından "*Isparta Bölümü*" olarak adlandırılmıştır. Aynı yöre için Brunn (1976) ve Şengör (1980)

“Isparta Açısı” terimini kullanmıştır. Isparta bükümü Şengör’ün (1980) Türkiye’nin neotektonik bölgelerinden biri olarak tanımladığı Orta Anadolu ovalar bölgesinin güneybatı ucunda Ege graben sisteminin de hemen doğusunda bulunmaktadır (Boray vd., 1985). Yağmurlu vd. (1997) GB- Anadolu’da Isparta Açısı olarak bilinen bu coğrafik bölgenin K-G yönde yaklaşık 180 km, D-B yönde 100 km genişliğinde olduğunu belirtmişlerdir. Bölge ana çizgileri ile batıdan Burdur–Fethiye fay zone, doğudan ise Akşehir–Sultandağ fayı tarafından sınırlanır. Simetrik bir çöküntü alanı özelliği gösteren K-G uzanımlı Eğirdir-Kovada grabeni, Isparta Açısını iki farklı bölgeye ayırır. Eğirdir–Kovada grabeninin batısında yeralan ve büyük bölümü ile karbonat kayalardan oluşan Mesozoyik istifi, önceki araştırmacılar tarafından (Poisson vd., 1984; Şenel 1984; Yağmurlu vd., 1997, 2000; Poisson vd. 2003) Beydağları otoktonu; doğu bölümünde yayılım gösteren otokton karbonatlar ise, Akseki-Anamas istifi olarak adlandırılmıştır (Şekil 4.2).

Isparta Bükümü bölgesi, Orta ve Üst Alpin devinimlerinden etkilenmiş olup, ortamı etkileyen egemen gerilim türü ve onların neden olduğu yapısal ve sedimanter oluşumlara göre (i) Eski Tektonik Dönem (Paleotektonik), (ii) Geçiş Dönemi ve (iii) Yeni Tektonik Dönem (Neotektonik) olmak üzere üç tektonizma dönemi ayrılmıştır (Koçyiğit, 1983; 1984a).

Bölgenin tektonik gelişiminde duraylı, çekme ve sıkışma türü tektonik evreler yinelenerek birbirini izlemiştir. Bunlara göre Eski Tektonik Dönemde (1) Liyas-Maestrihtiyen aralığında duraylı uzun bir dönem geçer ve Hoyran karbonat platformu gelişir; (2) Maestrihtiyen-Lütesiyen aralığında, etkinliği gittikçe artan çekme tektoniği evresi oluşur ve bu sırada karbonat platformu parçalanmaya başlar; (3) Üst Lütesiyen sonunda sıkışma tektoniği egemen duruma geçer ve bunun sonucu olarak da ofiyolitli karışık napı platform üzerine yerleşir (Koçyiğit, 1983; 1984a).

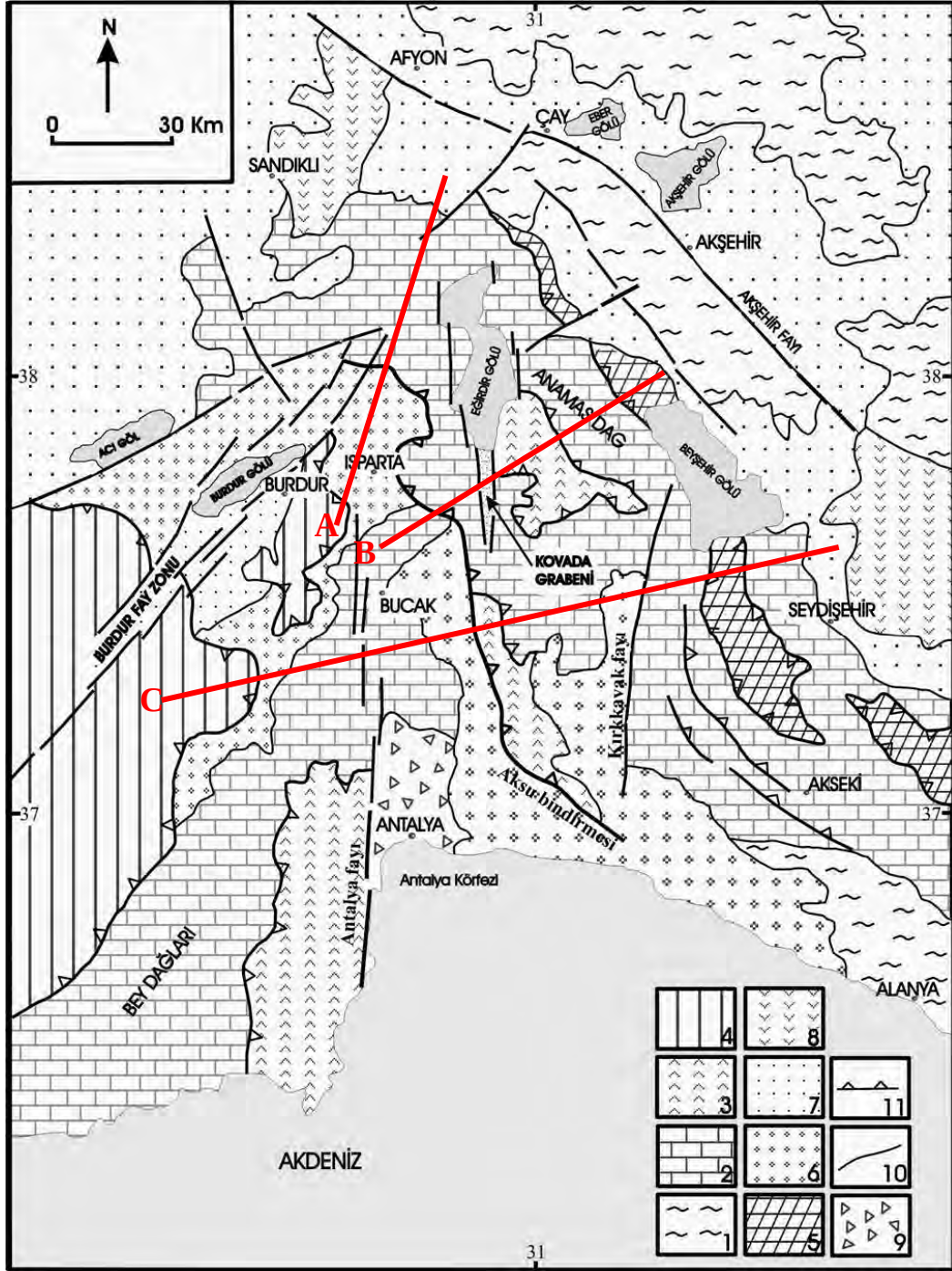
Eski tektonik dönemin sona erdiği Üst Lütesiyen sonu ile ortamın tümüyle karasallaştığı Orta Oligosen arasındaki dönem Geçiş Dönemi olarak adlandırılmıştır. Geçiş döneminde (1) Sıkışma tektoniğine bağlı olarak yükselme, çekme tektoniğinin egemen olmasıyla da yerel suüstü olma, aşınım ve molas oluşumu gerçekleşir; (2)

Orta Oligosen sonunda daha az yeğlilikte ikinci bir sıkışma tektoniği evresi oluşur. Bu sırada, ekaylanmalarla, karbonat platformu görelî ilksel konumlu özelliğe bürünürken, molas da yeni ilksel konumlu birim olur ve bölge tümüyle karasallaşır. Ayrıca, sıkışma tektoniği rejimi çekme tektoniği rejimine dönüşmeye başlar (Koçyiğit, 1983; 1984a).

Yeni Tektonik dönem “Neotektonik dönem” olarak adlandırılan 3. dönem Orta Oligosen sonundan günümüze değin egemen olan çekme tektoniği dönemidir. Bu dönemde bölgesel kabarma, blok faylanma, alkalen volkanizma gerçekleşir ve bölge günümüzdeki görünümünü kazanır. Yeni Tektonik Dönemde, karasal tortullaşmayla yaşlı volkanizma olayları da etkin olmuştur. Bu volkanizma ürünleri çoğunlukla yüksek alüminyum içerikli bazalt-andezit-dasit-riyolit bileşiminde kalkalkalen lavlarla, daha az olarak da potasyumca zengin trakibazalt, trakiandezit, trakit, lösitit gibi şosonitik volkanitler ya da alkali riyolit ve bazaltlarla temsil edilir (Koçyiğit, 1983; 1984a).

Isparta Açısı ve yakın çevresinde yeralan allokton kaya toplulukları, bileşimi, konumu, yerleşim yaşları ve kökenleri gözetilerek başlıca üç grup içinde toplanmıştır (Poisson, 1984; Şenel, 1984; Robertson ve Woodcock, 1984). Bunlar batıdan doğuya doğru Likya, Antalya ve Beyşehir–Hoyran naplarıdır. Isparta Açısının batı kanadı üzerine gelen Likya napları ile doğu kanadını üzerleyen Beyşehir–Hoyran napları için Orta–Geç Eosen ile Geç Miyosen yerleşim yaşı öngörülmesine karşın, Antalya naplarının yerleşimi için Geç Kretase–Erken Paleosen yaşı uygun görülmüştür (Şenel, 1984; Dilek ve Rowland, 1993; Glover ve Robertson, 1998).

Diğer taraftan bölgede çalışan araştırmacıların büyük bölümü Isparta Açısının şimdiki konumunu neotektonik dönemde kazanmış olduğu konusunda görüşbirliği içinde bulunmaktadır. Bunlardan Kissel ve Poisson (1986) ile Piper vd. (2002), paleomanyetik verilere dayanarak Isparta Açısının batı kanadını oluşturan Beydağları karbonat masifinin Miyosen dönemi boyunca saat dönüşünün tersi yönde



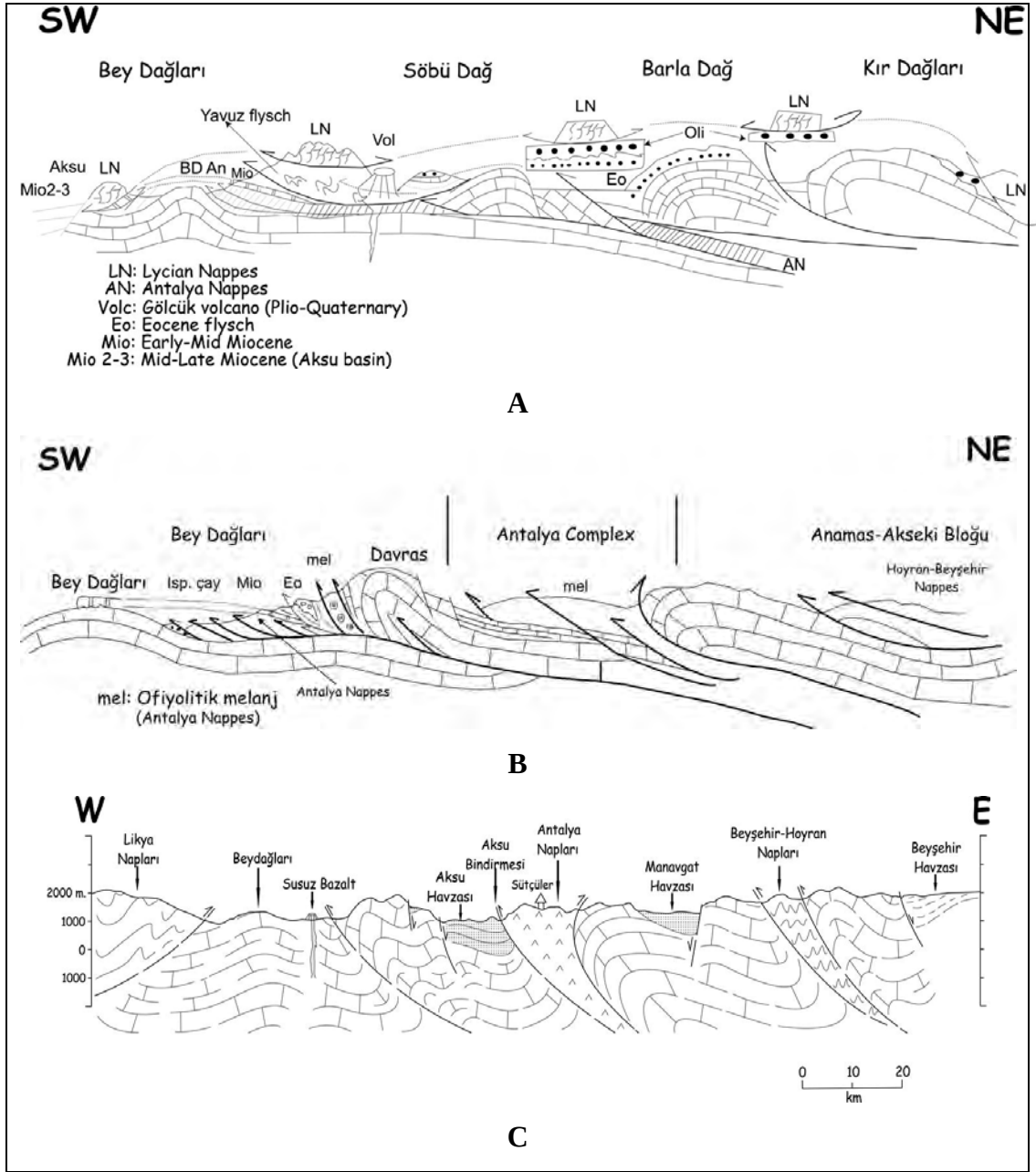
Şekil 4.2. Isparta Bölümü ve çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası: (1) Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar, (2) Mesozoyik yaşlı karbonat kayalar, (3) Antalya napları, (4) Likya napları, (5) Beyşehir-Hoyran napları, (6) Denizel Tersiyer tortulları, (7) Karasal neojen tortulları, (8) Neojen volkanitleri, (9) Antalya travertenleri (10) Normal faylar, (11) Bindirme fayları (Yağmurlu vd., 2007)

yaklaşık 35–40 derecelik bir rotasyona uğramış olabileceğini belirtirler. Aynı araştırmacılara göre Isparta Açısının doğu kanadı ise, Eosen döneminden bu yana saatin dönüş yönünde olmak üzere 45 derecelik bir rotasyona uğramıştır.

Isparta Açısını oluşturan doğu ve batı kanatların birbirlerinin tersi yöndeki rotasyonları, Isparta Açısının apeks bölgesinde D–B yönlü tansiyon kuvvetlerinin ortaya çıkmasına ve bu nedenle K–G uzanımlı Eğirdir–Kovada grabeninin oluşmasına neden olmuştur. Diğer taraftan doğu kanat üzerindeki rotasyonun Geç Pliyosenden sonra da devam etmesi, günümüzde halen aktifliğini koruyan Aksu bindirmesinin yanısıra doğu kanat üzerinde gelişmiş çok katlı bindirme sistemlerinin meydana gelmesine neden olmuştur (Yağmurlu ve Şentürk, 2005; Yağmurlu vd., 2007).

Isparta Açısını değişik profiller boyunca kesen jeolojik enine kesitlerde Isparta Açısının doğu ve batı kanadını oluşturan birimlerin birbirleriyle olan yapısal ilişkileri, açık olarak gözlenmektedir (Şekil 4.3. A, B ve C). Bu kesitlerde, Isparta Açısının doğu kanadını oluşturan Anamas-Akseki platformuna ait birimlerin, Aksu bindirmesi ve buna eşlik eden çok katlı bindirme fayları boyunca, batı kanadı oluşturan Beydağlarına ait birimler üzerine itildiği vurgulanmaktadır. Şekil 4.3’de görülen enine kesitlerde yeralan bindirmelerin ve asimetrik özellikteki kıvrım sistemlerinin tümü, bölgede doğudan batıya doğru gelişen tek yönlü bir daralmanın meydana gelmesini göstermesi bakımından önemlidir (Yağmurlu ve Şentürk, 2005; Yağmurlu vd., 2007).

Yağmurlu ve Şentürk’e (2005) göre, Güneybatı Anadolu’nun ve Isparta Açısının tektonik yapısını biçimlendiren jeodinamik etkenleri başlıca dört grup içinde toplamak mümkündür. Bunlar; (1) Fethiye-Burdur fay zonunun kuzey bölümünde Ege-Peloponnisos levhasının GB’ya doğru hareketi, (2) Isparta Açısının doğu kanadının saat yönünde, batı kanadının ise saatin tersi yönde rotasyonu, (3) Afrika levhasının Kıbrıs ve Helenik yaylar boyunca Ege-Peloponnisos ve Anadolu levhalarının altına dalması ve (4) Anadolu Levhasının Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu faylarının (KAF ve DAF) kontrolünde güneybatıya doğru hareketidir. Buna



Şekil 4.3. Isparta Açısını değişik profiller boyunca kesen jeolojik enine kesitler (Poisson vd., 2003 ile Yağmurlu vd., 2007'den). (Şekil 4.2'deki A, B ve C kesit yönlerine göre)

göre Isparta Açısının oluşumunu kontrol eden yapıların büyük bölümü neotektonik dönemden kalıtsal yapılardır. Bu yapıların çoğunluğu, aynı zamanda Isparta Açısının oluşumuna neden olan kanatların rotasyonu ile yaşıt gelişmiş olmalıdır. Diğer taraftan, Isparta Açısı doğu kanadının batı kanadı üzerine Geç Pliyosenden bu yana

yağış verilerinden yararlanarak havzaya düşen ortalama yağış miktarı hesaplanmıştır. Yıllık gerçek buharlaşma değerini hesaplamak için ise Thornthwaite yöntemi kullanılmıştır.

DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından Milas Kaynağında yapılan ölçümlerden yararlanarak kaynak beslenimi, Darıderesi-Minasın Çayında yapılan ölçümlerden yararlanarak ortalama yıllık akım miktarları belirlenmiştir. Bunun yanı sıra Isparta Ovasında bulunan kuyulardan yıllık çekilen su miktarı belirlenerek beslenim-boşalım miktarı hesaplanmış ve çalışma alanı için hidrolojik yeraldusuyu bilançosu yapılmıştır.

4.3.1. Yağış

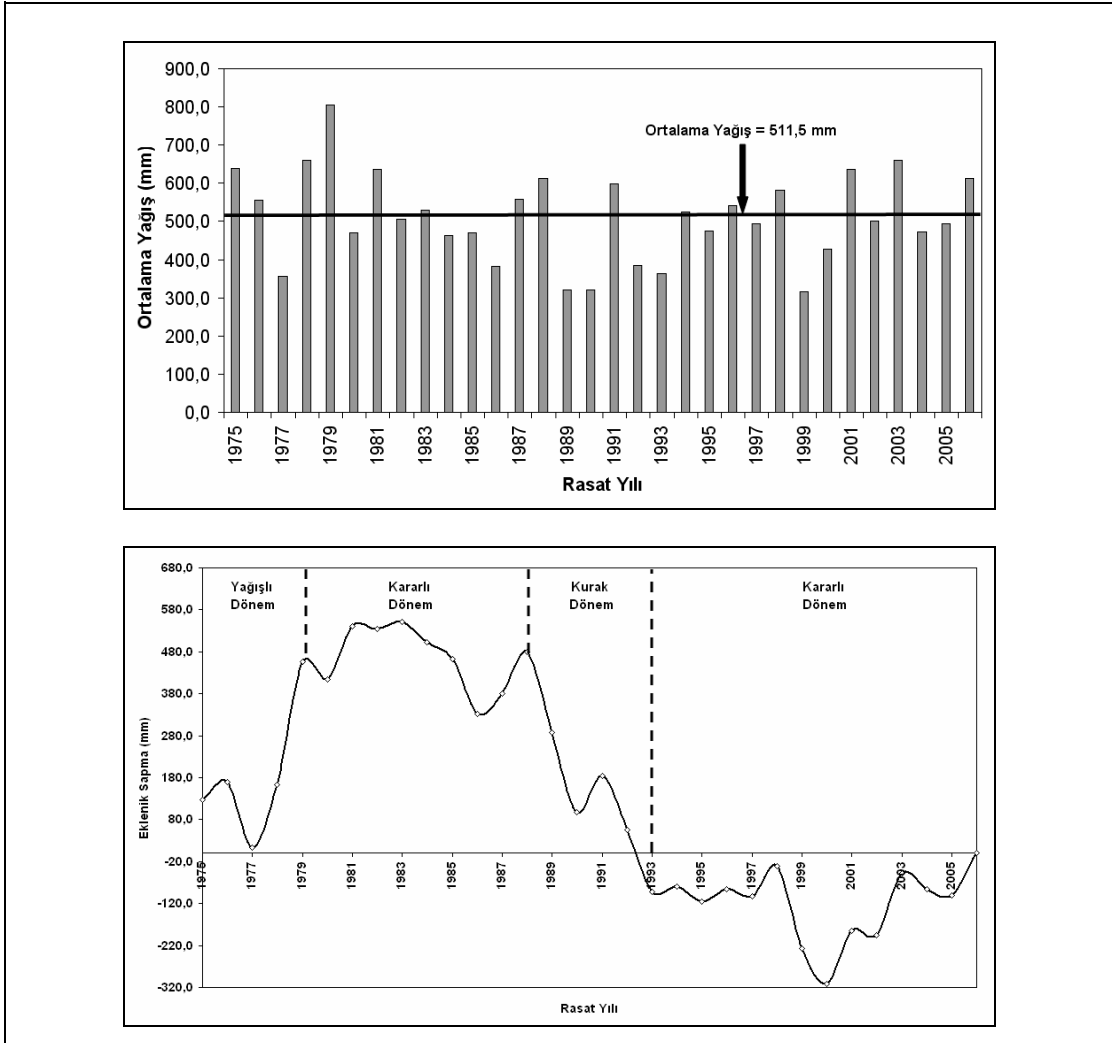
Çalışma alanı içerisindeki Isparta Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait aylık ortalama yağış ve yıllık toplam yağış değerleri hesaplanmıştır. 32 yıllık (1975-2006) verilere göre ölçülen maksimum yağış değeri 1979 yılında 804,7 mm, minimum yağış değeri ise 1999 yılında 315,6 mm olarak gerçekleşmiştir. Isparta Meteoroloji istasyonu 1975-2006 yılları arası için ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlere göre 32 yıllık yağış ortalamaları kullanılarak yıllık yağıştan eklenik sapma grafiği hazırlanmıştır. Bu grafiğe göre 1975-1979 yılları arası yağışlı dönem, 1979-1988 yılları arası kararlı dönem, 1988-1993 yılları arası kurak dönem, 1993-2006 yılları arası kararlı dönem olduğu görülmektedir (Şekil 4.5).

Isparta Ovası için Isparta DMİ verileri kullanılarak yıllık ortalama yağış miktarı 511,5 mm olarak bulunmuştur (Şekil 4.5). Yüzey drenaj alanı yaklaşık 276 km² olan Isparta Ovasına düşen yıllık yağış miktarı 141,17 x10⁶ m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

4.3.2. Buharlaşma

İklim koşullarına bağlı olarak buharlaşma ve terleme ile kaybolabilecek maksimum su miktarına potansiyel buharlaşma-terleme (Etp) denilmektedir. Çalışma alanı için

potansiyel (Etp) ve gerçek (Etr) buharlaşma-terleme değerleri Thornthwaite yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Thornthwaite yöntemi ile potansiyel buharlaşma-terleme değerinin hesaplanmasında aylara göre ortalama sıcaklık, ortalama yağış, aylık endeks değerleri ve enlem düzeltme katsayıları kullanılır.

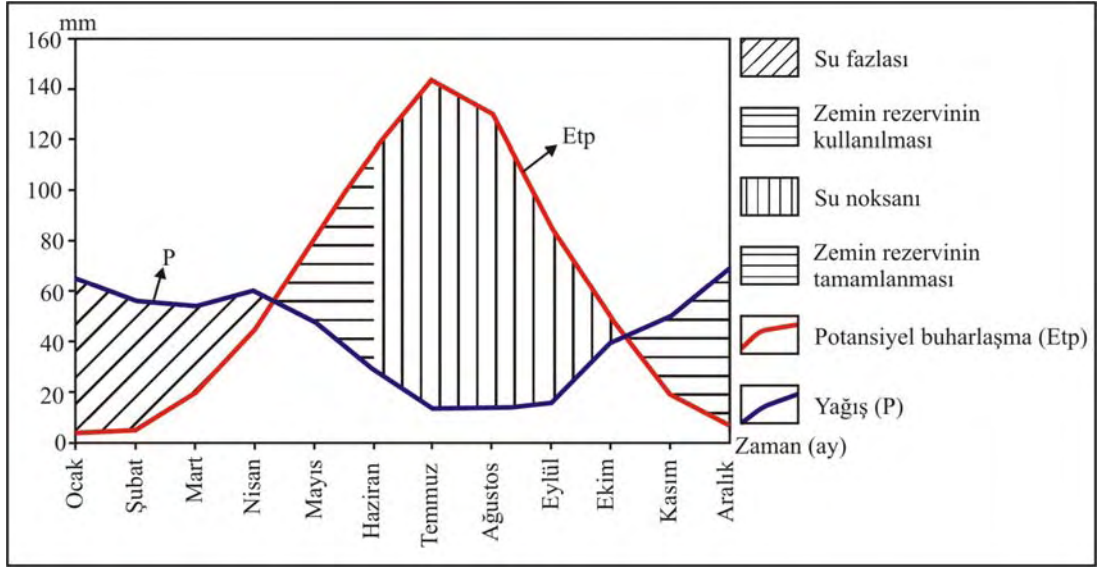


Şekil 4.5. Çalışma alanındaki Isparta Devlet Meteoroloji İstasyonu 32 yıllık (1975-2006) ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

Thornthwaite yöntemine (Çizelge 4.1) göre Isparta Ovasında bulunan DMI'nin yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak ortalama yıllık Etp 704,75 mm, Etr ise 356,88 mm olarak hesaplanmıştır. Yağış-Etp aylık değişim grafiğinde (Şekil 4.6) su fazlasının yıllık toplamı 164,22 mm, Haziran-Ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı ise 347,87 mm olarak belirlenmiştir. Su fazlası yıllık yağış miktarının yaklaşık % 32'sini oluşturmaktadır.

Çizelge 4.1. Isparta Meteoroloji İstasyonu için hazırlanan Thorntwaite buharlaşma-terleme bilançosu (1975–2006)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık ortalama sıcaklık	1,77	2,50	5,93	10,60	15,51	20,15	23,48	22,95	18,35	12,80	6,94	3,07	
Aylık endeks	0,21	0,35	1,29	3,12	5,55	8,25	10,40	10,05	7,16	4,15	1,64	0,48	52,65
Etp (mm)	3,27	5,03	19,28	44,30	81,19	115,60	143,75	130,56	85,57	50,10	19,58	6,52	704,75
Yağış (mm)	65,23	56,54	54,26	60,07	47,87	28,59	13,58	13,58	15,65	39,63	50,00	69,41	514,41
Zemin rezervi	100,00	100,00	100,00	100,00	66,68	0	0	0	0	0	30,42	93,31	
Etr (mm)	3,27	5,03	19,28	44,30	81,19	95,27	13,58	13,58	15,65	39,63	19,58	6,52	356,88
Zemin rezerv değişimi	0	0	0	0	-33,32	-66,68	0	0	0	0	30,42	62,89	
Su noksanı	0	0	0	0	0,00	20,33	130,17	116,98	69,92	10,47	0,00	0,00	347,87
Su fazlası	61,96	51,51	34,98	15,77	0	0					0	0	164,22
Enlem düzeltme katsayısı	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83	



Şekil 4.6. Çalışma alanı Thornthwaite yöntemi ortalama yağış (P) - potansiyel buharlaşma (Etp) aylık değişim grafiği

4.3.3. Yüzeysel Akış

Havza içerisine dışarıdan gelen akarsu akışı bulunmamaktadır. Havzanın dışa akışı ise Isparta Çayı ile sağlanmaktadır. Darıdere-Minasın çayının 2000-2006 yılları arası akım değerleri kullanılarak ova için akım miktarı $10,79 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak belirlenmiştir. Isparta Ovasının su bilançosu hesabında da bu değer kullanılmıştır.

4.3.4. Su Bilançosu

Bu bölümde Isparta Ovası için su bilançosu hazırlanmıştır (Çizelge 4.2). 276 km^2 lik alana sahip ovanın en önemli beslenme kaynağı yağıştır. Ovaya düşen ortalama yağış miktarı Isparta Meteoroloji İstasyonunda ölçülen 32 yıllık verilere göre 511,5 mm.dir. 276 km^2 lik beslenme alanı dikkate alındığında havzaya düşen yağış miktarı $141,17 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur. Yağışın yanı sıra ovanın beslenim elemanlarından biri de Milas kaynağıdır. Milas kaynağında yapılan ölçümler (DSİ 18. Bölge Müdürlüğü) Isparta Ovasına $3,75 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ suyun beslenim elemanı olarak katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Çalışma alanında resmi ve özel olmak üzere toplam olarak 133 adet sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyulardan toplam $13,29 \times 10^6$ m³/yıl su çekilmektedir. Bu miktarın % 32'si ($4,25 \times 10^6$ m³) bitkiler tarafından kullanılmakta, geriye kalan %68'i ($9,04 \times 10^6$ m³) yeraltına süzülme ve buharlaşmaktadır. Alüvyon akiferlerde sulama suyundan süzülme miktarı %15 kabul edilmiştir (İrleyıcı, 1998). Kuyulardan elde edilen suyun alüvyon akiferde gerçekleşen süzülme miktarı $1,36 \times 10^6$ m³ olarak hesaplanmıştır. Böylelikle çalışma alanında sulama suyundan süzülme yoluyla toplam beslenme miktarı $1,36 \times 10^6$ m³/yıl'dır.

Havzadaki Isparta Devlet Meteoroloji İstasyonu'nun ortalama değerleri kullanılarak yapılan Thornthwaite hesaplamalarına göre 32 yıllık ortalama gerçek buharlaşma (Etr) 356,88 mm olarak bulunmuştur. Bu miktar 276 km²'lik havza alanı için $98,50 \times 10^6$ m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. Çalışma alanı için hazırlanan su bilançosu

Beslenme Elemanları (10^6 m ³ /yıl)		Boşalım Elemanları (10^6 m ³ /yıl)	
Yağış	141,17	Buharlaşma	98,50
Kaynak beslenimi	3,75	Kuyulardan yeraltısuyu üretimi	13,29
Kireçtaşlarından yeraltısuyu beslenimi	Qbe	Yüzeysel Akış	10,79
		Kireçtaşlarından yeraltısuyu boşalımı	Qbo
Toplam	144,92+Qbe	Toplam	122,58+Qbo

Çalışma alanında yer alan Darıdere'nin (Minasın çayı) su bilançosu hesaplamalarında dikkate alınması gerekmektedir. DSİ 18. Bölge Müdürlüğü'nden Darıdere'nin yıllık ortalama akım miktarı verileri elde edilmiştir (Çizelge 4.3). Darıdere'nin 2000-2006 yılları arası ortalama akım miktarı $10,79 \times 10^6$ m³/yıl olarak belirlenmiştir.

Havzanın beslenme ve boşalma miktarlarını mevcut imkanlarla sağlıklı olarak ölçmek mümkün değildir. Bu nedenle su bilançosu hesaplamasında kireçtaşlarından beslenme ve boşalma miktarları bilinmeyen elemanlar olarak gösterilmiştir.

Çalışma alanında kireçtaşlarından beslenim ve boşalım değerleri eşit kabul edildiğinde havza için beslenim ve boşalım elemanları arasındaki fark $22,34 \times 10^6$ m³/yıl olarak belirlenmiştir. Ölçümlerde ve hesaplamalarda olabilecek hatalar dikkate alındığında emniyetli kullanılabilecek su miktarı olarak beslenme ve boşalım miktarının farkının %60 alınmaktadır (İrleyıcı, 1998). Isparta Ovasında emniyetli yeraltısuyu rezervi $13,40 \times 10^6$ m³/yıl'dır.

4.4. Hidrojeoloji

4.4.1. Su Noktaları

4.4.1.1. Akarsular

Çalışma alanının drenaj alanı Ek-3'de verilmiştir. Çalışma alanı içerisine komşu havzadan gelen bir akarsu akış yoktur. Bölgedeki önemli akarsular Isparta Çayı, Darıdere ve Milas deresidir.

Isparta Çayı: Bölgenin en önemli akarsuyu Isparta Çayı'dır. Akdağların kuzey eteklerinden doğan Isparta Çayı önce kuzeye doğru akar. Isparta ovasından doğuya doğru dönerek Isparta ili içinden geçer ve ovayı doğuya doğru kat eder. Isparta'nın güneydoğusunda ovanın dışına çıkarak güneye akışını sürdürür. Bu akış sırasında Isparta Çayına Dereboğazı Dere, Darıdere, Ağlasun Deresi, Davraz Dağından doğan Çukur Çay, Kovada Gölünden gelen Kovada Çayı gibi dereler katılır ve güneye doğru akış devam eder. Daha güneyde Aksu Çayı adını alarak Akdeniz'e dökülür. Yıllık ortalama akımı 50×10^6 m³/yıl olan Isparta Çayı, Karacaören barajını beslemekte ve baraj enerji üretim amaçlı kullanılmaktadır.

Darıdere: Akçapınar ve çok sayıda küçük kaynaklardan beslenir. Çizelge 4.3'de Darıderesi-Minasın çayında DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından 2000-2006 yılları arasına ait ölçülen akım verileri bulunmaktadır. Darıderesi yaz aylarında sulama amaçlı olarak kullanılmakta iken, dere üzerine inşa edilen Darıdere Barajı ile suyun bir kısmı yine sulama suyu olarak ayrılırken büyük bir kısmı da Isparta ilinin içme

suyu ihtiyacını karşılamak için projelendirilmiştir. Çizelge 4. 4’de Darıdere barajına (Şekil 4.7) ait bazı özellikler verilmiştir.

Çizelge 4. 3. Isparta Darıderesinin (Minasın çayı) 2000-2006 yılları arası akım verileri (DSİ, sözlü görüşme)

Yıllar	Akım miktarı (hm ³)
2000	7,75
2001	5,10
2002	11,64
2003	16,09
2004	15,09
2005	13,23
2006	6,61

Çizelge 4. 4. Darıdere Barajına ait bazı teknik özellikler (DSİ, 1995)

Gövde dolgu tipi	Zonlu Toprak Dolgu
Depolama hacmi	3,61 hm ³
Aktif Hacim	3,485 hm ³
Ölü Hacim	0,125 hm ³
Yükseklik (talvegden)	50 m
Yükseklik (temelden)	63 m
Sulama Alanı	473 ha
Proje rantabilitesi	1,07



Şekil 4. 7. Darıdere Barajının genel görünümü

Yakaören Deresi: Milas deresi, Ürşan deresi ve Büyük kükürt deresinin Yakaören Köyü dolaylarında birleşmesinden oluşur. Milas deresi sadece yazın Milas kaynağı sayesinde akışa geçer. Akan su sulamada kullanılmaktadır. Bu derelerin yanı sıra sadece yağışlarla akışa geçen Kızıldere, Akdere, Büyükhacılar deresi, Sav deresi gibi kuru dereler de vardır.

4.4.1.2. Su Kaynakları

Sav Pınarbaşı Kaynağı: Sav'ın 2,5 km kadar güneydoğusunda bulunan Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları ile Eosen yaşlı filiş dokanağından çıkan kaynak, 50-300 l/s debiye sahiptir (Şekil 4. 8).



Şekil 4. 8. Sav-Pınarbaşı kaynağından örnek alımı

Milas Pınarı: Akdağın kuzey eteklerindeki tüflerden 3-5 göz halinde çıkar (Şekil 4. 9)



Şekil 4. 9. Milas kaynağı ve in-situ ölçümleri

Ayazma Kaynağı: Ayazmana mesireliğindeki traktitlerden çıkan kaynağın ortalama debisi 1-4 l/s'dir (Şekil 4. 10)



Şekil 4. 10. Ayazmana Kaynağının görünümü

4.4.1.3. Sondaj Kuyuları

Isparta Ovasında DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından açılan 68 adet resmi (kooperatiflere ait), 65 adet özel (şahıs ve fabrikalara ait) kuyu açılmıştır. Çalışma alanında toplam olarak 133 adet sondaj kuyusu bulunmaktadır. DSİ tarafından açılan kuyuların özellikleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Bu kuyuların dışında resmi belgesi bulunmayan kayıt dışı kuyular da vardır. Isparta Ovasında bulunan sondaj kuyuların derinlikleri 76,0 – 310,0 m, statik su seviyelerinin yüzeyden derinlikleri 11,45 - 191,00 m, debileri ise 3,00 - 42,13 l/s arasında değişmektedir. Çalışma alanında bulunan DSİ'ye ait sondaj kuyularının logları Ek-9 (a, b, c, d ve e)'de, sondaj kuyularının lokasyonları ise Ek-4'te görülmektedir.

4.4.2. Jeolojik Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Bu bölümde çalışma alanında bulunan jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre ayırtlanmış ve hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır (Ek-4). Hidrojeolojik özellikler sondaj kuyu verilerinden yararlanarak Geçirimli (Gç), Yarı Geçirimli (Gy), Az Geçirimli (Ga), Geçirimsiz (Gz) olmak üzere sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4. 5. DSİ'ye ait sondaj kuyularının karakteristik parametreleri

Bölge	Sıra no	Kuyu no	Derinlik (m)	Statik seviye (m)	Dinamik seviye (m)	Verim (l/s)
Kayıköy	1	49181/B	240	73,11	105,00	6,87
	2	49181	120	70,48	104,20	10,10
	3	53015	160	56,95	80,25	14,76
	4	53016	202	32,22	74,55	32,17
	5	53017	150	42,04	80,00	5,50
	6	45331	151	63,01	75,56	20,69
	7	21755	76	35,17	37,48	30,27
	8	21756	150	52,18	59,72	27,12
	9	21754	K U Y U V E R İ M S İ Z			
Çünür	10	56880	185	65,20	98,00	7,20
	11	56881	185	83,48	98,05	18,40
	12	56882	185	72,00	97,46	15,01
	13	56879	168	67,00	90,63	23,27
	14	53318	163	60,15	81,40	27,12
	15	56009	147	86,00	116,00	17,10
	16	49343	181	54,42	72,06	30,27
	17	37596	183	48,10	63,70	25,98
	18	37597/B	178	63,72	82,68	20,00
	19	37597	K U Y U K U R U			
	20	18686	K U Y U K U R U			
	21	27281	150	40,05	48,21	34,58
	22	27280	120	44,80	58,32	28,25
	23	27282	150	51,40	77,01	3,00
Üniversite	24	(TMY-1)	170	66,00	106,15	18,00
	25	55719 (TMY-2)	177	81,65	115,20	20,69
	26	54936 (TMY-3)	160	80,00	106,12	25,08
	27	55720 (TMY-4)	175	81,15	111,25	22,70
	28	54937 (TMY-5)	160	77,00	107,30	14,19
	29	ÜK-1	260	191,00	196,15	15,00
	30	ÜK-2	310	187,00	187,00	5,00
Deregüme	31	20991/B	160	45,95	50,12	27,12
	32	20991/A	K U Y U K U R U			
	33	37594	173	56,21	71,11	29,77
	34	37595	170	59,00	81,76	30,02
	35	45229	160	54,12	77,45	28,25
	36	22228	95	48,07	51,45	30,27
	37	22229	136	54,20	63,22	25,98
	38	22230	140	57,60	88,45	8,07
	39	57642	165	59,86	93,00	6,24
Yakaören	40	43247/B	149	11,45	89,96	6,24
	41	43247	128	14,16	50,81	7,70
	42	43248	150	27,15	62,16	4,78
	43	43248/B	K U Y U K U R U			
	44	43248/C	K U Y U K U R U			
	45	43249	153	24,25	72,23	23,97

Çizelge 4. 5. (devamı)

Bölge	Sıra no	Kuyu no	Derinlik (m)	Statik seviye (m)	Dinamik seviye (m)	Verim (l/s)
Aliköy	46	16343	165	52,28	58,74	33,07
	47	18979	115	71,43	71,90	27,35
	48	18977	104	71,12	76,27	22,07
Küçük Hacılar	49	46081	141	80,55	93,25	21,13
Büyük Hacılar	50	30631	123	59,3	67,36	12,61
	51	30631/B	147	54,9	65,71	31,22
	52	30632	123	58,26	72,4	22,07
	53	30633	146	60,2	66,5	40,62
	54	43618	150	78	92,38	19,23
Yazısöğüt	55	27476	153	57,30	65,16	34,58
	56	27477	160	54,75	58,64	33,08
	57	27478	160	55,20	62,26	34,58
Sav	58	27529	130	49	56,28	33,05
	59	27530	160	43,76	52,42	34,58
	60	27531	160	19,20	37,13	36,08
	61	27532	160	31,46	51,51	36,08
	62	38727	150	17,96	33,43	31,22
	63	38728	160	28,88	39,32	34,58
	64	38729	98			
	65	38729/B	150	36,40	59,28	36,08
	66	38730	153	55,43	70,33	30,27
	67	37629/B	140	25,56	51,16	32,17
	68	33137	145	26,80	42,92	42,13

4.4.2.1. Geçirimli Birim 1 (Gç-1)

Kil, silt, kum, çakıl ve blok boyutundaki malzemelerden oluşan çoğunlukla taneleri kireçtaşı, çört, tuf ve volkaniklerden ibaret olan alüvyon ve yamaç molozu Geçirimli Birim 1 (Gç-1) olarak ayırtlanmıştır (Ek-4). En önemli akiferdir ve yaklaşık 100 km²'lik bir alanda yüzeylenmektedir. Ova içerisinde açılmış sondaj kuyularından (Kayıköy-53016; Çünür-49343, 56880, 56882 nolu kuyular) görüldüğü gibi alüvyonun kalınlığı 190 m'ye ulaşan bölgeler bulunmaktadır. Kil katmanları arasında çakıl ve yer yer de kum düzeylerinin bulunması birimin gözenekli akifer özelliği taşımasında önemli bir etkidir. Alüvyon akiferde açılan kuyuların debileri 42,13 l/s'ye (Savköy-33137 nolu kuyu) kadar ulaşmaktadır.

4.4.2.2. Geçirimli Birim 2 (Gç-2)

Kireçtaşları çatlaklı, kırıklı ve erime boşluklu yapılarından dolayı geçirimli birim olarak sınıflandırılır. Çalışma alanındaki jeolojik birimlerden Menteşe formasyonu, Davras Kireçtaşı, Söbüdağ Kireçtaşı Üyesi, Çiğdemtepe Kireçtaşı ve Akdağ Kireçtaşı birimleri Geçirimli Birim 2 (Gç-2) olarak ayırtlanmıştır (Ek-4). Bu birimler sahip oldukları kırık, çatlak ve erime boşluklarından dolayı karstik akifer özelliği gösterirler. Bu kireçtaşı birimleri Isparta Ovasının doğu ve kuzey bölgelerinde ve Isparta Ovası beslenme alanı güney kenarında yüzeylemektedir. Çalışma alanının kuzeydoğusunda yer alan Aliköy'deki 33,07 l/s debiye sahip 16343 nolu kuyuda 128 m.de, 22,07 l/s debiye sahip 18977 nolu kuyuda 71 m.de, 27,35 l/s debiye sahip 18979 nolu kuyuda ise 57 m.de kireçtaşları kesilmiştir. Küçük hacimler 46081 nolu kuyuda 72 m.de kireçtaşları kesilmiş olup bu kuyunun debisi 21,13 l/s'dir. Ayrıca Söbütepe eteğinde açılmış olan Süleyman Demirel Üniversitesi'ne ait sondaj kuyusunda (ÜK-2) 15 l/s debi ile kireçtaşlarından su alınmaktadır.

4.4.2.3. Yarı Geçirimli Birim (Gy)

Volkanikler, Yarı Geçirimli Birim (Gy) olarak sınıflandırılmıştır (Ek-4). Trakiandezit ve trakitler kırıklı, çatlaklı olduğunda ve geniş alanlar kapladığı durumlarda yeraltı suyu içerebilmektedir. Gölcük volkanizmasının ürünü olan trakiandezit ve trakit bileşimli volkanitler çalışma alanının güney-güneybatı bölgesinde (Yakaören Köyü ve Kara Tepe civarında) yüzeylemektedir. Bölgenin güney kesiminde trakitlerden çıkan Ayazmana Kaynağı 1-4 l/s debiye sahiptir.

4.4.2.4. Az Geçirimli Birim (Ga)

Tüf, aglomera gibi değişik volkanik özellikteki kayalarından oluşan, tabanda çakıltaşları ile başlayıp üste doğru kumtaşı, kıltaşı, marn, tüf ardışıklanması ile devam eden gölsel oluşuklardan ibaret piroklastikler Az Geçirimli Birim (Ga) olarak sınıflandırılır (Ek-4). İçerdiği pomza seviyeleri ile az miktarda su

bulundurabilmektedir. Yakaören Köyü bölgesinde az geçirimli birim içerisinde açılmış olan 43247/B nolu kuyu 6,24 l/s debiye sahiptir.

4.4.2.5. Geçirimsiz Birim 1 (Gz-1)

İçerisinde değişen boyutta kaya birimlerini blok olarak bulunduran serpantinit, gabro, diyabaz, çört gibi bazik-ultrabazik kayalardan oluşmuş Gökçebağ Ofiyolitli Karışığı Geçirimsiz Birim 1 (Gz-1) olarak isimlendirilmiştir (Ek-4). Ofiyolitler içerisinde olistolit konumlu kireçtaşı blokları bulunduğu durumlarda su alınabilmektedir. Diyabazlar serpantinite göre daha sert yapıda oldukları için bozuşmaya karşı dirençli olduklarından çatlak suyu içerebilirler. Genellikle formasyon içinde dayk şeklinde gözlemlendikleri için önemsizdirler. Serpantinitler makaslama yüzeyi çok fazla olduğu için bozuşmaya uğrayıp geçirimsizlik kazanırlar. Ancak çalışma alanı içerisinde ofiyolitik birim geniş yayılım vermemektedir.

4.4.2.6. Geçirimsiz Birim 2 (Gz-2)

Genel olarak filiş karakterinde gözlenen Kayıköy formasyonu ve Koçtepe Formasyonu Geçirimsiz Birim 2 (Gz-2) olarak sınıflandırılmıştır (Ek-4). Kiltası, silttaşı, marn ve şeylerden oluşan birim yeraltısuyu içermemektedir. Birim içindeki kumtaşı düzeyleri ince tabakalı kırılğan yapıdadırlar. Kumtaşlarında gelişen çatlak ve kırıkların boşluklarında, kumtaşlarında meydana gelen ikincil gözeneklilikten ötürü yeraltısuyu bulunabilir.

4.4.3. Akiferler ve Hidrojeolojik Parametreleri

Çalışma alanındaki akiferlerin ekonomik kullanımına yönelik hidrolojik parametrelerinin hesaplanabilmesi için ortamı temsil eden kuyular seçilmiştir. Bu kuyuların açıldıkları tarihlerde yapılan pompaj deney sonuçları DSİ 18. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir.

Çalışma alanında bulunan kuyulardan temsili kuyular seçilmiş ve bu kuyulara ait pompaj verilerinden yararlanarak akiferin hidrolojik parametreleri olan T (Transmisibilite), S (Depolama Katsayısı) ve K (Permeabilite Katsayısı) hesaplanmıştır (Çizelge 4. 6; Ek-10 a-g). Bu parametrelerin belirlenmesinde, gözenekli akiferde, izotrop şartlarda, sabit debili pompaj için akiferin sonsuza kadar uzandığı ve kuyunun tüm akifer kalınlığını kesitiği kabul edilerek Jacob yöntemi kullanılmıştır (Copper ve Jacob, 1946).

Çizelge 4. 6. Akiferlerin hidrojeolojik parametreleri (Jacob yöntemi)

Sıra no	Kuyu no	T (m ² /s)	S (%)	K (m/s)
1	Deregümü 22229	2,07E-03	0,0775	2,53E-05
2	Deregümü 37595	4,78E-04	0,8957	4,30E-06
3	Kayıköy 49181	1,58E-04	0,0296	3,19E-06
4	Kayıköy 53016	7,36E-04	0,0006	4,33E-06
5	B.Hacılar 43618	5,25E-04	0,9454	7,29E-06
6	B. Hacılar 30632	1,06E-03	0,0279	1,64E-05
7	Çünür 49343	7,01E-04	0,7363	5,54E-06
8	Çünür 56879	3,80E-04	0,5133	3,76E-06
9	Çünür TMY-3	7,06E-04	0,0077	8,83E-06
10	Yakaören 43249	4,39E-04	0,0016	3,41E-06
11	Yakaören 43247	7,62E-05	0,0914	6,69E-07
12	Sav 33137	2,41E-03	0,0090	2,04E-05
13	Sav 27531	1,65E-03	0,0062	1,17E-05
14	Yazısöğüt 27478	3,72E-03	0,0698	3,55E-05
15	Yazısöğüt 27477	5,77E-03	0,2162	5,48E-05

Çalışma alanının batısındaki Kayıköy’de bulunan 49181 nolu kuyu alüvyon içerisinde açılmış olup kalın kil seviyeleri nedeniyle transmisibilite değeri düşüktür (T: $1,58 \times 10^{-4}$ m²/s). Bu kuyunun depolama katsayısı (S) %0,0296, permeabilite katsayısı (K) $3,19 \times 10^{-6}$ m/s olarak bulunmuştur. Yine alüvyonda açılan 53016 nolu kuyuda transmisibilite değeri (T) $7,36 \times 10^{-4}$ m²/s, depolama katsayısı (S) % 0,0006 ve permeabilite katsayısı (K) $4,33 \times 10^{-6}$ m/s olarak belirlenmiştir (Çizelge 4. 6; Ek-10a). Bu kuyuda hidrolojik parametrelerin yüksek olması çakıl seviyelerinin kalınlığı ile açıklanabilmektedir.

Çünür bölgesindeki 54936 nolu kuyu tüfler içinde açılmış olup transmisibilite değeri $7,06 \times 10^{-4}$ m²/s; 49343 nolu kuyu alüvyonda açılmış olup transmisibilite değeri

7,01x10⁻⁴ m²/s, 56879 nolu kuyunun transmisibilite değeri 3,80x10⁻⁴ m²/s olarak hesaplanmıştır. 54936 nolu kuyunun depolama katsayısı değeri % 0,0077, permeabilite katsayısı 8,83x10⁻⁶ m/s; 49343 nolu kuyunun depolama katsayısı değeri % 0,7363, permeabilite katsayısı 5,54x10⁻⁶ m/s; 56879 nolu kuyunun depolama katsayısı değeri % 0,5133, permeabilite katsayısı 3,76x10⁻⁶ m/s olarak belirlenmiştir (Çizelge 4. 6; Ek-10b). 56936 nolu kuyunun hidrolojik parametrelerinin diğer kuyulara göre yüksek olmasının nedeni tüfler içinde açılmış olması ile açıklanabilir. 49343 nolu kuyuda ise oldukça büyük çakıl seviyelerinin bulunması nedeniyle 56879 nolu kuyuya göre transmisibilitesi daha yüksektir.

Deregümü bölgesinde 22229 nolu kuyu alüvyon içerisinde başlayıp tuf seviyeleri ile devam etmiştir. Bu kuyunun transmisibilitesi 12,07x10⁻³ m²/s, depolama katsayısı % 0,0775, permeabilite katsayısı 2,53x10⁻⁵ m/s olarak bulunmuştur (Çizelge 4. 6; Ek-10c). 37595 nolu kuyu da yine alüvyon içinde başlayıp tuf ve trakiandezit seviyeleri ile devam etmiştir. 37595 nolu kuyunun transmisibilitesi 4,78x10⁻⁴ m²/s, depolama katsayısı % 0,8957, permeabilite katsayısı 4,30x10⁻⁶ m/s olarak belirlenmiştir. 37595 nolu kuyudaki tuf ve andezit seviyelerinde killeşmenin daha fazla olmasından dolayı transmisibilite değeri 22229 nolu kuyuya göre daha düşüktür.

Yakaören bölgesindeki 43249 nolu kuyunun transmisibilitesi 4,39x10⁻⁴ m²/s, 43247 nolu kuyunun transmisibilitesi ise 7,62x10⁻⁵ m²/s olarak belirlenmiştir. 43247 nolu kuyunun transmisibilitesinin düşük olması kil seviyelerinin fazla olması ile açıklanabilir. 43249 nolu kuyunun depolama katsayısı % 0,0016, permeabilite katsayısı 3,41x10⁻⁶ m/s; 43247 nolu kuyunun depolama katsayısı % 0,0914, permeabilite katsayısı 6,69x10⁻⁷ m/s olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4. 6; Ek-10d).

Sav bölgesindeki 33137 nolu kuyunun transmisibilitesi 2,41x10⁻³ m²/s, 27531 nolu kuyunun transmisibilitesi ise 1,65x10⁻³ m²/s olarak belirlenmiştir. 33137 nolu kuyunun transmisibilitesinin yüksek olması kum ve çakıl seviyelerinin fazla olması ile açıklanabilir. 33137 nolu kuyunun depolama katsayısı % 0,0090, permeabilite katsayısı 2,04x10⁻⁵ m/s; 27531 nolu kuyunun depolama katsayısı % 0,0062, permeabilite katsayısı 1,17x10⁻⁵ m/s olarak belirlenmiştir (Çizelge 4. 6; Ek-10e).

Yazısöğüt bölgesindeki 27478 nolu kuyunun transmisibilitesi $3,72 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, depolama katsayısı % 0,0698, permeabilite katsayısı $3,55 \times 10^{-5} \text{ m/s}$; 27477 nolu kuyunun transmisibilitesi $5,77 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, depolama katsayısı % 0,2162, permeabilite katsayısı $5,48 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4. 6; Ek-10f). Bu iki kuyu benzer litolojilere sahip olmasına rağmen 27478 nolu kuyuda tüflerin daha fazla bozuşmaya uğraması nedeniyle transmisibilite değeri daha düşüktür.

Büyükhacılar bölgesindeki 43618 nolu kuyunun transmisibilitesi $5,25 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, depolama katsayısı % 0,9454, permeabilite katsayısı $7,29 \times 10^{-6} \text{ m/s}$; 30632 nolu kuyunun transmisibilitesi $1,06 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, depolama katsayısı % 0,0279, permeabilite katsayısı $1,64 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ olarak belirlenmiştir. 43618 nolu kuyuda kil seviyeleri nedeniyle transmisibilite değeri düşük olarak belirlenirken, 30632 nolu kuyuda tüfler içerisinden üretim yapılmasından dolayı transmisibilite değeri daha yüksek olarak belirlenmiştir (Çizelge 4. 6; Ek-10g).

Sonuç olarak kuyu hidroliği hesaplamalarında gözenekli akiferlerde açılan kuyularda transmisibilite $7,62 \times 10^{-5} - 5,77 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, permeabilite katsayısı $6,69 \times 10^{-7} - 5,48 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, depolama katsayısı ise % 0,0006 – 0,9454 arasında değişmektedir.

4.4.4. Yeraltısuyu Dinamiği

Yeraltısuyu dinamiğine açıklık getirmek amacıyla çalışma alanının yeraltısuyu seviye haritası hazırlanmıştır (Ek-5). Ancak kuyularda dalgıç pompa bulunmasından dolayı statik su seviyeleri ölçülememiştir. Bu nedenle yeraltısuyu seviye haritasının hazırlanmasında kuyuların açıldıkları döneme ait seviye ölçümleri kullanılmıştır. Hazırlanan yeraltısuyu seviye haritasında (Ek-5), eş seviye eğrilerinin sıklık ve seyreklikleri farklı hidrojeolojik ortamları yansıtmaktadır. Çalışma alanında yeraltısuyu seviye eğrilerine göre hidrolik eğim 0,0065-0,065 arasında değişmektedir. Yakaören bölgesinde yeraltısuyu seviye eğrileri oldukça sıklaşmakta olup hidrolik eğimi 0,048-0,065 arasındadır. Bu bölge permeabilitesi düşük ortamı gösterir. Isparta Ovasının orta bölgesinde yeraltısuyu seviye

eğrileri seyrekleşmektedir. Bu bölgede hidrolik eğim 0,0085-0,017 arasında değişmektedir. Eğrilerin seyrekleştiği, hidrolik eğimin düşük olduğu bölgeler yüksek permeabiliteli ortamı yansıtır.

Isparta Ovası yeraltısuyu seviye haritasında görüldüğü gibi yeraltısuyu akım yönü genel olarak GB'dan KD'ya doğrudur. Yeraltısuyu akım yönü, Isparta'nın GB'sında yer alan Gölcük kraterinden itibaren Isparta yerleşim alanına doğru yayılım gösteren piroklastik ürünlerin düşük derecedeki eğim yönüyle de uyumluluk göstermektedir (Ek-5; Şekil 4.11; Elitok vd., 2008; Özgür vd., 2008). Bölgedeki akiferlerin yeraltısuyu beslenimi genellikle yağış, kaynak beslenimi ve yüzeysel akıştan süzülme ile olmaktadır. Bölgenin jeolojik yapısı dikkate alındığında çalışma alanı doğusunda yeralan kireçtaşlarından yeraltısuyu beslenmelerinin olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca Aliköy civarında Davras kireçtaşlarından ovaya doğru beslenimin olduğu, Yazısöğüt Köyünün doğusunda ise Davras kireçtaşlarına doğru akım olduğu tahmin edilmektedir (Irlayıcı, 1993).



Şekil 4.11. Isparta Ovasında yeraltısuyu akım yönü ve Gölcük volkanizması piroklastik ürünlerinin yeraltısuyu akım yönü ile ilişkisi

4.4.4.1. Yeraltısuyu Üretim Debileri

Çalışma alanında DSİ tarafından açılmış sondaj kuyularının sadece üretim debileri dikkate alınarak üretim debisi haritası hazırlanmıştır (Ek-6). Çalışma alanının batı kesimlerinde hidrolik eğimin yüksek olduğu bölgelerde açılmış sondaj kuyularındaki debi değerleri düşüktür. 43247/B nolu kuyuda 6,24 l/s, 43247 nolu kuyuda 7,70 l/s, 43248 nolu kuyuda ise 4,78 l/s debi değerleri elde edilmiştir. Bu kuyular bölgede en

düşük debiye sahip olan kuyulardır. Ovanın D-GD kesiminde açılan kuyularda ise en yüksek debi değerleri elde edilmiştir. Hidrolik eğimin düşük olduğu bu alanlarda açılan sondaj kuyularındaki debileri yüksektir. 27531 nolu kuyuda 36,08 l/s, 33137 nolu kuyuda 42,13 l/s, 27476 nolu kuyuda 34,58 l/s arasında debi değişimleri gözlenmektedir.

4.5. Çalışma Alanındaki Suların Hidrojeokimyasal Olarak Değerlendirilmesi

Çalışma alanında bulunan yeraltı ve yüzey sularının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi için arazi çalışmalarında 2006 yılı Mayıs ve Ekim aylarında ve 2007 Mayıs ve Ekim aylarında olmak üzere 10 lokasyondan toplam 73 adet örnek alınmıştır (Ek-1). Bunlardan 41 adedi içme suyu örneği, 32 adedi ise sulama suyu kuyularından alınan örneklerdir. Bu örneklerden bazıları (TMY-1, TMY-2, TMY-3, TMY-4, TMY-5 ve ÜK-2) Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesinde yürütülen ve Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenen 1004-YL-05, 1290-M-06 ve 1473-M-07 nolu projelere ait verilerdir. Çalışma alanı içerisinde olduğu için bu verilerin kullanılması uygun görülmüştür. Alınan bu örneklerin öncelikle yerinde (in-situ) analizleri yapılmıştır. Daha sonra laboratuara getirilen örneklerin hidrojeokimyasal analizleri ICP-OES, spektrofotometre cihazları, mikrobiyolojik analizleri ise membran filtrasyon yöntemi ile yapılmıştır. 20 adet izotop analizi ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve ^3H) Neuherberg (Almanya) Hidroloji Enstitüsü'nde tamamlanmıştır.

Araştırma alanı içerisindeki sular kullanım amaçlarına göre 2 grupta incelenmiştir. Bunlar (1) sulama amaçlı kullanılan kuyular, (2) içme suyu amaçlı kuyular ve kaynak sularıdır. Bu bölümde yapılan analiz sonuçlarının değerlendirmesi yapılmıştır. İçme sularının analiz sonuçları ulusal [Türk Standartları Enstitüsü (Anonim, 2005)] ve uluslararası [Dünya Sağlık Örgütü (Anonim, 2006), ABD Çevre Koruma Ajansı (Anonim, 2002) ve Avrupa Birliği (Anonim, 1998a)] içme suyu standartları ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.7). Çalışma alanındaki sulama suları, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Anonim, 1998b)'nde belirlenen Kıta İçi Su Kaynakları Kalite

Kriterlerine göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.8). Örnek alımında sulama kooperatiflerinin kuyularından temsili olarak bir kuyu seçilmiş ve o kuyunun analizleri yapılmıştır. Benzer şekilde yine aynı yöreye ait içme suyu olarak kullanılan kuyu veya kaynaktan örnek alınarak analizleri yapılmıştır. Böylece her bölgeye ait hem içme hem de sulama sularından örnekler alınmıştır.

4.5.1. Çalışma Alanındaki Suların In-situ Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Arazi çalışmalarında alınan örneklerde örnek alımı esnasında in-situ ölçümleri yapılmıştır (Ek-7). Bu parametreler sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), redoks potansiyeli (Eh), çözünmüş oksijen miktarı (O₂), alkalinite ve asidite testleridir. In-situ ölçümleri ve hidrojeokimyasal analizlerin yapıldığı cihazlar Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi'nin donanımları (Çizelge 3. 1 ve 3. 2) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 2006-2007 yılı Mayıs ve Ekim aylarında yapılan in-situ ölçümlerinin sonuçları Ek-7'de verilmiştir.

Sıcaklık: Sıcaklık, yüzey ve yeraltısularının şekil (katı, sıvı, gaz) ve yer değiştirmesine, çeşitli yerlere göç edip birikmesine ve kullanılmasına etki yapan en önemli faktördür. Yüzey sularının sıcaklığı, coğrafi konum, yükselti, mevsim, günün değişik saatleri, akarsu debisi, derinlik ve kirletici kaynaklardan karışan atık özelliklerine bağlı olarak değişir. Yeraltısularının sıcaklıkları genellikle yüzey sularına göre daha düşüktür ve daha homojen dağılım gösterirler. Su sıcaklığının yükselmesi oksijenin suda çözünürlüğünü azaltır, yüksek sıcaklık birçok kimyasal bileşiğin çözünürlüğünü artırarak kirleticilerin sudaki canlı yaşamı üzerindeki etkilerini çoğaltır. Sıcaklık artışı ile sulara uygulanan dezenfeksiyonun etkenliği artar. Sıcaklık artışı ile birlikte suyun korozyon etkisi de artar (Stevens vd., 1975; McNeely vd., 1979; Anonim, 1984).

Çalışma alanında sulama kuyularının su sıcaklığı 9,1-18,7 °C arasında olup, Anonim (1998b)'ye göre yüksek-orta kaliteli sular olarak sınıflandırılmıştır. İçme suyu kuyularının su sıcaklığı ortalaması 15,04 °C olarak belirlenmiştir. İçme suyu

sıcaklıklarındaki ölçülen yüksek değerler suyun fazla akıtılmamış olmasından kaynaklanabilir. Ulusal ve uluslararası (Anonim, 1998a; 2002; 2005; 2006) standartlarda sıcaklık değeri için sınır verilmemiştir. Pınarbaşı, Milas ve Ayazmana kaynaklarının su sıcaklığı 8,70-13,80 arasında değişen değerlere sahiptir (Ek-7).

Çizelge 4. 7. Ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarının birbirlerine göre karşılaştırılması

Parametre	Türk Standartları Enstitüsü (TS 266) 2005	Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006	ABD Çevre Koruma Ajansı (U. S. EPA) 2002	Avrupa Birliği (EU) 1998
pH	6,5-9,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,5
Bulanıklık	1	5	1	1
Renk	20	15	15	-
Toplam çözünmüş madde (mg/l)	-	1000	500	-
Kalsiyum (mg/l)	-	-	-	-
Magnezyum (mg/l)	-	-	-	-
Potasyum (mg/l)	-	-	-	-
Sodyum (mg/l)	200	200	-	200
Nitrat (mg/l)	50	50	45	50
Nitrit (mg/l)	0,50	0,20	-	0,50
Amonyum (mg/l)	0,50	1,50	-	0,50
Sülfat (mg/l)	250	250	250	250
Klorür (mg/l)	250	250	250	250
Florür (mg/l)	1,5	1,5	2	1,5
Alüminyum (mg/l)	0,20	0,20	0,20	0,20
Kurşun (mg/l)	0,01	0,01	0,015	0,01
Bakır (mg/l)	2	2	1	2
Demir (mg/l)	0,2	-	0,3	0,2
Mangan (mg/l)	0,05	0,4	0,05	0,05
Çinko (mg/l)	-	-	5	-
Baryum (mg/l)	-	0,7	2	-
Kadmiyum (mg/l)	0,005	0,003	0,005	0,005
Krom (toplam) (mg/l)	0,05	0,05	1	0,05
Selenyum (mg/l)	0,01	0,01	0,05	0,01
Gümüş (mg/l)	-	-	0,1	-
Antimon (mg/l)	0,005	0,005	0,006	0,005
Berilyum (mg/l)	-	-	0,004	-
Civa (mg/l)	0,001	0,006	0,002	0,001
Bor (mg/l)	1	0,5	-	1
Nikel (mg/l)	0,02	0,07	-	0,02
Bromat (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01
Serbest klor (mg/l)	-	5	4	-
Koliform bakteri (EMS/100 ml)	0	0	0	0
Fekal koliform bakteri (EMS/100 ml)	0	0	0	0

Çizelge 4. 8. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Anonim, 1998b)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /l) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /l)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /l)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/l)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/l)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/l)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/l)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/l)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /l)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/l)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/l)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/l)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/l)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/l)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/l)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/l)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/l)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri^d				
1) Civa (µg Hg/l)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/l)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/l)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/l)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/l)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/l)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr ⁺⁶ /l)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/l)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/l)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/l)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/l)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F ⁻ /l)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl ₂ /l)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg S ⁻ /l)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/l)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/l)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/l)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum (µg Se/l)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/l)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/l)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/l)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 ml)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 ml)	100	20000	100000	> 100000

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

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃-N/L değerini geçmemelidir.

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

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/L'ye kadar düşürmek gerekebilir.

Tat ve Koku: Genellikle iyi nitelikli su kokusuzdur. Sudaki koku mikroorganizmaların fermentasyonu, kanalizasyon atıklarının yanı sıra, organik maddelerin ayrışması, endüstriyel artıkların ve çeşitli artıkların karışmasından kaynaklanabilir. Suların içinde çözülmüş halde bulunan maddeler (Ör: NaCl, MgSO₄, CaSO₄ v.b.) ve organizmalar (örneğin, diyatome, klorofis ve algler) suda belirli miktarlardan fazla bulunursa sulara özel koku ve tat vermektedir. Suların dezenfeksiyonunda kullanılan klor ve iyotta suya kendilerine özgü kokularını vermektedir (Schoeller, 1973). Ayrıca derin yeraltısularında sülfatların ayrışmasıyla oluşan kükürtlü hidrojen, suların içinde yaşayan algler, protozoonlar ve çeşitli mikroorganizmalar ve bazen de suların nakledilmesinde kullanılan boru ve kaplar da kokunun oluşmasına neden olur. Suyun tadı, suda çözülmüş oksijen ve karbondioksit gazlarına, içerdiği diğer kimyasal maddelere ve suyun sıcaklığına ve soğukluğuna göre değişmektedir. Suyun tadı doğal ve hoş içimli olmalıdır. İçilen suyun, istenilen taze su lezzeti içerdiği oksijen ve karbondioksit gazlarından oluşmaktadır. Çalışma alanındaki sular tat ve koku bakımından iyi özelliktedir. Ancak Aliköy’de bulunan IC-6 nolu sulama kuyusunda Ekim 2007’de yapılan arazi çalışmasında suda koku belirlenmiş ve bu kokunun drenaj kanalına verilen kanalizasyon ve atık sulardan gelebileceği şüphesi ile sulama suyundan mikrobiyolojik analiz için örnek alınmıştır. Yapılan analiz sonucunda sulama suyu kuyusunda koliform oluşumuna rastlanmıştır.

Bulanıklık: İçme suyu kalitesi ile ilgili en önemli parametrelerden biri bulanıklıktır. Askıdaki katı parçacıklar ve kolloidler bulanıklığa sebep olurlar. Bunların arasında toprak (kil, kum, vb.) parçacıkları, mikroorganizmalar, bitki lifleri gibi tabii maddeler olduğu gibi evlerden ve endüstriyel atıklardan kaynaklanan birçok organik veya inorganik katı madde de bulunabilir. Su analizlerinde bulanıklık birimi olarak NTU (Nephelometric Turbidity Unit) kullanılmaktadır. 5 NTU veya daha yüksek miktarda olan bulanıklık göz ile farkedilir. Bulanıklık türbidimetre ile ölçülür (Schoeller, 1973; Akgiray, 2003). İnceleme alanında bulanıklık ölçümleri sadece 2007 yılı Mayıs ve Ekim aylarında alınan örneklerde yapılmıştır. Bölgedeki içme sularının bulanıklıkları 0,02 ile 0,57 NTU arasında değişen değerlere sahip olup bu değerler Türk Standartları Enstitüsü (Anonim, 2005), Dünya Sağlık Örgütü (Anonim,

2006), ABD Çevre Koruma Ajansı (Anonim, 2002) ve Avrupa Birliği (Anonim, 1998a) standartları ile uyum göstermektedir (Çizelge 4.7). Sadece Kayıköy'deki içme suyu kuyusunda (IC-24) Ekim 2007 tarihinde alınan örnekte bulanıklık değeri 3,21 NTU olarak ölçülmüştür (Ek-7).

Hidrojen iyonu aktivitesi (pH): pH sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonu ölçüsüdür ve sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir. Suların pH'ı hidrojen iyonu üreten veya oluşturan birbirleri ile ilişkili kimyasal reaksiyonlar tarafından kontrol edilir. Doğal yeraltı sularının pH'ı 6,0 – 8,5 arasında değişir, fakat termal sularda düşük pH değerleri görülmektedir. Sudaki karbonat, hidroksit ve bikarbonat iyonları suyun bazikliğini arttırırken, serbest mineral asitleri ve karbonik asitler suyun asitliğini arttırır. Doğal suların pH'ı karbondioksit - bikarbonat - karbonat denge sistemi tarafından kontrol edilir. Suların içerdikleri gazlar, kolloidal maddeler, çeşitli elektrolit ve elektrolit olmayan maddeler, pH, Eh sistemdeki korozyonun yayılımını ve suyun aşındırıcı (agressivlik) özelliğini belirler (Clarke, 1966; Kelly, 1983; Anonim, 1984; Hem, 1985).

Çalışma alanındaki sulama sularının pH'sı 6,85 (Aliköy, IC-6) ile 7,67 (Yakaören, IC-5) arasında değişim göstermektedir. Sulama sularının pH'sı Anonim (1998b)'ne göre I. ve II. sınıf (yüksek-orta) sular olarak sınıflandırılabilir. İçme sularının pH'sı ise 7,08-8,40 arasında olup içme suyu standartlarında (Anonim, 1998a; 2002; 2005; 2006) verilen sınır değerlerini aşmamaktadır (Çizelge 4. 7; 4. 8 ve Ek-7).

Çözünmüş Oksijen: Oksijen suda orta derecede çözünebilen bir gazdır. Sudaki çözünmüş oksijen atmosferden ve suda yaşayan canlıların fotosentez yapmaları ile sağlanır Doğal sulardaki çözünmüş oksijen miktarı, sıcaklık, tuzluluk, suyun karışımı ve atmosferik basınç gibi fiziksel şartlara bağlı olarak değişir. Sıcaklık ve tuzluluk arttıkça suda çözünen oksijen azalır. Yeraltısuyundaki oksijen, suyun yüzeysel sulardan beslenimi ve su tablasının üzerindeki doymamış bölgede havanın hareketi ile sağlanır. Oksijeni kullanan reaksiyonların bulunmadığı sistemlerde yeraltısuları önemli miktarda çözünmüş oksijen içerebilir (McNeely vd., 1979; Hem, 1985; Uslu ve Türkman, 1987). Çalışılan alanda içme sularının çözünmüş oksijen miktarı 4,90

(Çünür, ÜK-2) ile 10,63 (Deregümü, IC-10) mg/l arasında değişim göstermektedir. İçme suyu standartlarında (Anonim, 1998a; 2002; 2005; 2006) çözünmüş oksijen miktarı için herhangi bir sınır değeri belirtilmemiştir. Çalışma alanındaki sulama suları için çözünmüş oksijen miktarının ortalama değeri 7,36 mg/l olarak belirlenmiş olup Anonim (1998b)'ne göre bu sular I. ve II. kalite sular sınıfındadır (Çizelge 4. 8 ve Ek-7).

Elektriksel İletkenlik (EC): Elektriksel iletkenlik, suyun elektrik akımını iletebilme özelliğinin sayısal olarak ifadesidir. Su analiz sonuçları verilirken mikrosiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) cinsinden 25 °C sıcaklıktaki değeri hesaplanarak belirtilir. Suların elektriksel iletkenliği, iyonların suda varlığına, toplam derişimine, hareketliliklerine, değerliklerine, görelî değişimlerine ve sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık artışı ile suların elektriksel iletkenlikleri de artar. Sudaki iyonların derişimi arttıkça elektriksel iletkenlik de artar, dolayısıyla elektriksel iletkenlik ölçümleri sudaki toplam iyon konsantrasyonu hakkında iyi bir göstergedir (Day ve Nightingale, 1984; Hem, 1985). Yeraltısularının içerdikleri iyonların toplam derişimi ve dolayısıyla elektriksel iletkenliği suların yeryüzüne çıkıncaya kadar izledikleri yola, kayaçların cinsine ve çözünürlüklerine, iklime, bölgedeki yağış şartlarına bağlıdır.

Yeraltısularının elektriksel iletkenlik ölçümleri 293 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Yakaören, IC-5) ile 917 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Sav, IC-9) arasında değişen değerler verirken, Pınarbaşı kaynağında 171-191 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gibi düşük değerler dikkat çekmektedir. Görüldüğü gibi Yakaören bölgesindeki yeraltısuları diğer bölgelerdeki yeraltısularına oranla daha düşük EC'ye (293-346 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sahiptir (Ek-7). Bunun sebebinin su-kayaç etkileşiminin az oluşundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Hem ulusal hem de uluslararası standartlarda elektriksel iletkenlik miktarı için bir sınır değeri bulunmamaktadır.

Toplam çözünmüş madde miktarı (TDS): TDS, suyun içinde çözünmüş halde bulunan inorganik tuzlar (özellikle kalsiyum, magnezyum, potasyum, sodyum, bikarbonat, klor ve sülfatlar) ve az miktarda da organik maddelerden oluşmaktadır. İçme sularında toplam çözünmüş madde miktarı kanalizasyon sularından, sanayi ve endüstriyel atık sulardan karışımla artabilir. Yolların buzlanmaması için kullanılan

tuzlar da içme sularında TDS miktarının artmasına katkıda bulunur. Farklı jeolojiye sahip bölgelerde TDS'nin değişen konsantrasyonları, minerallerin çözünürlükleri arasındaki fark nedeniyle olmaktadır. TDS için Anonim (1998b; 2002; 2006)'de sınır değerler verilmiştir (Çizelge 4.7; 4.8).

Çalışma alanındaki içme sularının TDS değeri 119 mg/l (Sav Pınarbaşı Kaynağı, IC-18) – 540 mg/l (Deregümü, IC-10) arasında (ortalama 345 mg/l) değişim gösterirken, sulama sularında ise TDS değeri 206 mg/l (Yakaören, IC-5) – 642 mg/l (Sav, IC-9) arasında (ortalama 460 mg/l) değişmektedir (Ek-7). Ölçülen TDS değerlerine göre çalışma alanındaki sular Anonim (2002 ve 2006) standartlarına uyum göstermektedir (Çizelge 4.7). Anonim (1998b)'ye göre çalışma alanındaki sular TDS miktarı açısından I. ve II. sınıf kaliteli sular sınıfına girmektedir (Çizelge 4.8).

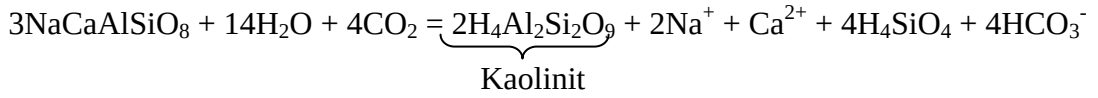
Sertlik: Bir suyun sertliği içindeki başlıca çözünmüş kalsiyum (Ca^{2+}) veya magnezyum (Mg^{2+}) iyonlarının meydana getirdikleri bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlar olup genel olarak +2 veya daha yüksek değeriye sahip metal katyonlarının (Sr^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) konsantrasyonlarının toplamıdır. Suyun ısıtıldığı ortamlarda (ısı eşanjörlerinde, buhar kazanlarında, çaydanlıklarda, vb.) sertlik iyonları çökerek bir tortu tabakasına veya tıkanmaya sebep olabilir. Ülkemizde suların sertlik derecelerini belirtmek için Fransız Sertlik Derecesi (Fr°) kullanılmaktadır. 1 Fransız sertlik derecesi= 1 lt suda, 10 mg Ca ve Mg bikarbonat veya buna eşdeğer diğer sertlik verici iyonların bulunmasıdır. Kalsiyum ve magnezyum bikarbonatları geçici sertliği, yine bu elementlerin klorür, nitrat, sülfat, fosfat ve silikatları ise kalıcı sertliği verir. Geçici sertlik bikarbonatlardan ileri geldiğinden, suların kaynatılması ile giderilir. Halbuki kalıcı sertlik kalsiyum ve magnezyum sülfat ve klorürden ileri geldiği için kaynatılmakla giderilemez (Hounslow, 1995; Akgiray, 2003). 2007 yılında çalışma alanındaki suların toplam sertlik değerleri ölçülmüş ve kaynak sularının yumuşak sular (12,46-19,58 $^{\circ}\text{f}$) sınıfına girdiği belirlenmiştir. Yeraltısuları ise orta sert-sert-çok sert sular (12,46-56,96 $^{\circ}\text{f}$) olarak sınıflandırılabilir (Ek-7).

Redoks potansiyeli (Eh): Redoks potansiyeli bir suyun içerdiği kimyasal bileşen türleri açısından yükseltgeyici ya da indirgeyici eğilimde olup olmadığının göstergesidir. Yüzeyden derinlere inildikçe, yağış sularının redoks potansiyeli azalır. Suyun redoks potansiyelinin değişimi zeminin yapısı, gözenekliği, geçirgenliği, organik maddelerin cinsi ve bulunduğu derinlik, yağışların sıklığı, akiferin zemin yüzeyine derinliği, sıcaklık gibi etkenlere bağlıdır. Eh metre ile ölçülen değerler ortamın indirgen yada yükseltgen olup olmadığını göstermektedir (Hem, 1985; Özyurt vd., 2001). Çalışma dönemi boyunca gerçekleştirilen ölçümlerden redoks potansiyelinin +148 ile +300 mV arasında değiştiği belirlenmiştir (Ek-7). Bu durum çalışma alanındaki suların yükseltgen (oksitleyici) karakterde olduğunu göstermektedir. Hem ulusal hem de uluslararası standartlarda redoks potansiyeli için sınır değeri belirtilmemiştir.

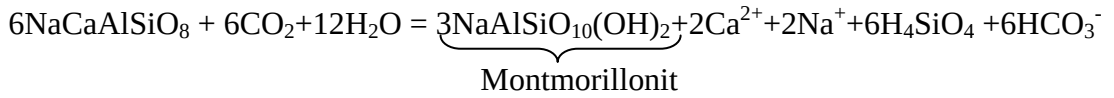
4.5.2. Çalışma Alanındaki Suların Hidrojeokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Çalışma alanında bulunan yeraltı ve yüzey sularının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi için alınan örneklerin hidrojeokimyasal analizleri Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesindeki cihazlarla (Çizelge 3. 2) yapılmıştır. Suların Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Pb^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Al^{3+} , Si^{4+} , Sr^{2+} , Li^+ , Ba^{2+} ve Mn^{2+} analizleri Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesindeki ICP-OES cihazında yapılmıştır. Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{2-} analizleri anılan araştırma merkezinde bulunan spektrofotometre cihazında yapılmıştır. HCO_3^- ve CO_3^{2-} ölçümleri arazide ölçülen alkalinite ve asidite testlerinden hesaplanmıştır. Daha sonra elde edilen tüm hidrojeokimyasal analiz sonuçları Aquachem 3.7, Solmineq.88 gibi termodinamik bilgisayar programları kullanılarak değerlendirilmiştir.

Sodyum (Na⁺): Sodyum, alkali metal grubu elementlerdendir. Magmatik kayalarda sodyum potasyumdan daha fazla bulunurken, sedimanter kayalarda sodyum daha az bulunmaktadır (Hem, 1992). Sodyum klorürün tabiattaki bolluğu ve suda çözünürlüğünün yüksek olması sularda bol miktarda bulunmasına neden olmaktadır. Sodyum en fazla deniz suyunda bulunur. Deniz suyundaki sodyum miktarı 10000 mg/l'ye kadar çıkmaktadır. Suyun kayalarla temas süresi ve sıcaklığı sodyumun sudaki konsantrasyonunu artıran başlıca etkenlerdir. Yeraltısularının sodyum içeriği (a) temel kayadan Na-plajioloklasın ayrışması, (b) kil minerallerinin yapısında Ca ve Na iyon yer değiştirmesine bağlıdır. Yeraltısularına sodyum sağlayan ayrışma reaksiyonları aşağıdaki denklemlerle açıklanmaktadır:



ve



Yeraltısuyunda eğer kalsit çökelirse bu durumda montmorillonit sodik olacak ve suyun Na⁺ içeriği nispeten sabit kalacaktır. Eğer kalsit çökelmezse Ca²⁺, montmorillonit tarafından kullanılacak ve yeraltısuyunun Na⁺ içeriği artmaya devam edecektir. Sedimanter kayalar içerisindeki yeraltısuyu sistemlerinde kalsiyumlu çözelti kil minerallerinden Na⁺ un yer değiştirmesiyle Ca²⁺'nın artmasına neden olur. Böyle bir durumda NaHCO₃ tipi yeraltısuyu oluşur ve suyun HCO₃ içeriği yüksek olur. Evaporit çökellerin olduğu alanlardaki halojen bileşikler de sulardaki sodyum için önemli bir kaynaktır (Foster, 1950; Feth vd., 1964; Back, 1966; Garrels, 1967). Çizelge 4. 9'da Na'un istatistiksel olarak doğal sularda bulunan miktarları verilmiştir. Sodyum (Na⁺) iyonu bütün sularda bulunur. Sodyum tansiyonu yükselten bir element olduğu için yüksek tansiyon rahatsızlığı olanların az sodyumlu suları tüketmesi önerilmektedir (Akgiray, 2003).

Çizelge. 4. 9. Na⁺'un doğal sularda istatistiksel olarak belirlenen miktarları (Wedepohl, 1978)

Doğal su grubu	Standart sapma (x)	Örnek sayısı (n)	Medyan	Değer aralığı
Yağmur	1,4	42	-	-
Kar	0,54	113	-	0,1-3,7
Nehir	38,6	639	6,1	0,1-1540
Yeraltısuyu	64,3	539	10	0,1-1810
Hidrotermal sular	1387	283	1075	6,0-51000
Deniz suyu	10555			
Formasyon suları	25800	232	14500	132,0-132600

Çalışılan alanda yeraltısularının Na⁺ içeriği 6,55 ile 30,58 mg/l arasında değişen değerler vermiştir (Ek-8). Özellikle Aliköy'deki (IC-6) yeraltısularının Na⁺ içeriği düşük değerler vermiştir (6,55 mg/l). Bölgedeki kaynak suları ise 0,82 mg/l (Pınarbaşı kaynağı-IC-18) gibi düşük Na içeriği ile dikkat çekmektedir. Pınarbaşı kaynağı kireçtaşı-filiş dokanağından çıkmaktadır. Anonim (2002)'de Na⁺ için sınır değer belirtilmemesine karşılık, Anonim (1998a, 2005, 2006) standartları ile karşılaştırıldığında bölgedeki yeraltı ve yüzey sularının Na⁺ içeriği sınır değerine oldukça altındadır. Na⁺'un bu düşük değerleri sulama suları için önem taşımaktadır. Sulama sularında yüksek sodyum miktarı toprağın yüzeyinde sert bir kabuk oluşmasına neden olur ve bu durum bitki köklerinin hava almasını engelleyerek bitkinin büyümesini yavaşlatır (Soyaslan, 2004). Anonim (1998b)'ye göre (Çizelge 4.7) çalışma alanındaki sular Na⁺ içeriği bakımından I. kalite sular sınıfına girmektedir.

Kalsiyum (Ca²⁺): Kalsiyum, en çok bulunan toprak alkali metallere aittir. Canlıların yaşamında ve doğal sularda bulunan en önemli elementlerden biridir. Kalsiyum, piroksen, amfibol ve feldspat gibi birçok magmatik kayacın mineral bileşiminde önemli bir elementtir (Hem, 1992). Kalsiyum yeraltısularına kalsit (CaCO₃), aragonit (CaCO₃), dolomit (CaMg-(CO₃)₂), jips (CaSO₄.2H₂O), anhidrit (CaSO₄), fluorit (CaF₂), plajiyoklas (anortit-CaAl₂Si₂O₈), piroksen (diyopsit-CaMgSi₂O₆), amfibol (NaCa₂(Mg, Fe, Al)Si₈-O₂₂(OH)₂) ve feldspat çeşitlerindeki kalsiyumun erimesi ile karışabilir. Bu tip içerikli kayalarla dolaşım sular kalsiyumca zenginleşir (Hounslow, 1995). Bunların yanı sıra kalsiyum, zeolit ve montmorillonitin bazı türlerinde bulunur (Hem, 1992). Atmosfer basıncının ve sıcaklığın artması sudaki

kalsiyum çözünürlüğünü artırır. Genel olarak yeraltısularında kalsiyum miktarı 10-100 mg/l arasında değişir. Bazen bu miktar 500-1000 mg/l'ye kadar çıkmaktadır. Kalsiyumun artması suyun tadını değiştirir ve sabunun köpürmesini azaltır. Diş sağlığı açısından olumlu etkisi görülmektedir. Bitkilerin gelişmesinde de kalsiyumun önemli bir rolü vardır. Sulama sularında kalsiyumun bol bulunuşu sodyum yüzdesinin azalmasını sağlar ve böylelikle oluşacak zararları önler (Hounslow, 1995).

İçme suları için standartlarda (Anonim, 1998a; 2002; 2005; 2006) Ca^{2+} için herhangi bir sınır değeri belirtilmemiştir. Çalışma dönemi boyunca sulama amaçlı kuyularda ölçülen Ca^{2+} değerleri 37,18 mg/l (Yakaören, IC-5) – 234,30 mg/l (Yazısöğüt, IC-8) arasında değişim gösterirken, içme suları için bu değer 29,16 mg/l (Karbuz çeşmesi, IC-22) - 62,40 mg/l (Küçükacılar, IC-25) arasında ölçülmüştür (Ek-8).

Magnezyum (Mg^{2+}): Mg^{2+} , yeraltısularında kalsiyumdan sonra en fazla bulunan katyondur ve toprak alkali elementlerdendir. Doğal sulara magnezyum en büyük kaynağı sedimanter kayalarındaki dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]'tir. Bunun yanı sıra magmatik kayalarındaki olivin [$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$], mikalar [$(\text{Mg,Fe})_3(\text{AlSiO}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$], amfibol [$\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe,Al})\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$] metamorfik kayalarındaki piroksen [diyopsit- $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$], serpantin [$3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$], talk [$3\text{MgO}_4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$] ve tremolitler [$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$] magnezyum kaynağı olan diğer minerallerdir. Montmorillonit de yaygın bir magnezyum kaynağıdır. Magnezyumun çözeltilde kalabilme eğilimi kalsiyumdan daha fazladır. Yeraltısularında 10-100 mg/l arasında magnezyum bulunur. 125 mg/l'yi aşması durumunda sular acılaşmakta ve içilememektedir. Bunun daha fazlası ise bağırsak hastalıklarına sebep olmaktadır (Hem, 1992; Hounslow, 1995).

Çalışılan alanda içme sularının Mg^{2+} içeriği 3,38 mg/l (Milas Kaynağı, IC-4) - 45,29 mg/l (Küçükacılar, IC-25) arasındadır. İçme sularında Mg^{2+} 'un düşük değerleri Milas (IC-4) ve Pınarbaşı (IC-18) kaynaklarında ölçülürken, en yüksek konsantrasyonları ise Küçükacılar (IC-25) içme suyu kuyusunda ölçülmüştür. Mg^{2+} 'un yüksek olması tabanda bulunan dolomitik kireçtaşları ile ilgili olabilir. İçme

sularında Mg^{2+} miktarı için ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarında (Anonim, 1998a; 2002; 2005; 2006) herhangi bir kılavuz değer belirtilmemiştir. Bölgedeki sulama suyu kuyularının Mg^{2+} konsantrasyonunun en düşük (3,44 mg/l) ölçüldüğü lokasyon Yakaören (IC-5) kuyusudur. Sulama sularında en yüksek (45,02 mg/l) Mg^{2+} konsantrasyonu Savköy (IC-9)'de ölçülmüştür (Ek-8).

Potasyum (K^+): Yeraltısularının potasyum içeriği K-feldspat ($KAlSi_3O_8$), mika ($KAl_2(AlSi_3)O_{10}(OH)_2$), daha az yaygın olarak lösit ($KAlSi_2O_6$) ve silvit (KCl) gibi minerallerinin ayrışma oranının bir fonksiyonudur. Akışkanlardaki potasyum konsantrasyonu, sodyum ve potasyumun aliminosilikatlarla olan iyon değişimi dengesiyle kurulur (Hounslow, 1995). Çizelge 4. 10'da K^+ 'un istatistiksel olarak doğal sularda bulunan miktarları verilmiştir.

Çizelge 4. 10. K^+ 'un doğal sularda istatistiksel olarak belirlenen miktarları (Wedepohl, 1978)

Doğal su grubu	Standart sapma (x)	Örnek sayısı (n)	Değer aralığı
Deniz suyu	392		
Göller	233	255	0,2-7560
Nehir	6,5	705	0,1-238
Yeraltısuyu	6,2	736	0,1-98
Hidrotermal sular	116	338	1-2325
Formasyon suları	1441	235	2-9120

İçme suları için K^+ konsantrasyonu 0,15-13,05 mg/l arasında ölçülmüştür. İçme suları için ulusal ve uluslararası standartlara (Anonim, 1998a; 2002; 2005; 2006) bakıldığında K^+ için sınır değer belirtilmemiştir. Sulama sularında ise 1,83-13,84 mg/l arasında değişen K^+ miktarı belirlenmiştir (Ek-8).

Bikarbonat (HCO_3^-) ve Karbonat (CO_3^{2-}): Yeraltısularındaki karbonat ve bikarbonat iyonlarının çoğu atmosfer ve topraktaki karbondioksitten ve karbonatlı kayaçların erimesinden oluşmaktadır. Sudaki karbonat ve bikarbonat miktarı, karbondioksit kısmi basıncına (PCO_2) ve çözeltinin pH değerine bağlıdır. pH yaklaşık 6-10 arasında ise, çözeltide HCO_3^- baskındır. Daha düşük pH değerlerinde, ortamda karbonik asit (H_2CO_3), daha alkali sularda ise CO_3^{2-} baskın iyondur (Nicholson, 1993; Hounslow, 1995).

Bölgedeki kaynak suları 109,80 mg/l (Pınarbaşı Kaynağı, IC-18) ile 207,4 mg/l (Milas Kaynağı, IC-4) arasında değişen düşük HCO_3^- konsantrasyonlarına sahiptir. Yeraltısularının HCO_3^- konsantrasyonları ise 146,4 mg/l (Yakaören, IC-5) ile 555,1 mg/l (Aliköy, IC-6) arasında değişen değerler vermektedir. Isparta ovasındaki yeraltı ve yüzey suları HCO_3^- karakterinde sulardır. Sadece Ekim 2007 döneminde Karbuz çeşmesinden alınan (IC-22) örnekte kaynak suyu ve arıtma tesisi suyu (Eğirdir Gölünden gelen su) karışımı olmasından dolayı HCO_3^- iyonu yanında, çok az miktarda CO_3^- iyonu da belirlenmiştir (Ek-8).

Klor (Cl^-): Sulardaki klorun esas kaynağı sodyum klorürdür. Bu durum ya direkt olarak halit çözünmesinden veya dolaylı olarak okyanuslardan buharlaşan suyun yağışlarla yeryüzüne düşmesiyle gerçekleşir. Bunların dışında yeraltısuyuna en fazla klor deniz suyundan gelebilir. Yağmur suyunda klor miktarı 1-10 mg/l arasında iken deniz suyunda 20.000 mg/l düzeyine ulaşmaktadır. Yeraltısularında ise bu değer 200 mg/l'yi geçmez. Genel olarak yeraltısularındaki klor miktarı yağışlı bölgelerde az, kurak bölgelerde fazladır (Hounslow, 1995).

Çalışma alanındaki içme sularında <2,5 mg/l (Milas Kaynağı, IC-4; Pınarbaşı Kaynağı, IC-18) ile 22,5 mg/l (Yazısöğüt, IC-14) arasında değişen Cl^- miktarı ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarının tümünde (Anonim, 1998a; 2002; 2005; 2006) 250 mg/l olarak belirlenen sınır değerinin altındadır. Sulama sularında ise Cl^- değeri 2,80 mg/l (Yakaören, IC-5) ile 57,00 mg/l (Yazısöğüt, IC-8) arasındaki konsantrasyonlara sahiptir. Savköy'deki (IC-9) sulama kuyusunda belirlenen 57,00 mg/l Cl^- değeri kuyunun yakınında bulunan atık su arıtma tesisinden kaynaklanabilir. Bu değerlerle sulama suları Anonim (1998b)'e göre 1. kalite su sınıfında girmektedir (Çizelge 4. 7; 4. 8 ve Ek-8).

Sülfat (SO_4^{2-}): Kükürt indirgenmemiş halde metal sülfürleri olarak magmatik ve sedimanter kayalarda yaygın olarak bulunur. Sülfür mineralleri suyla temas ederek bozundukları zaman oksitlenerek sülfat iyonları oluşur ve bu iyonlar suya geçer (Hem, 1985). Doğal sulardaki sülfatın başlıca kaynakları sedimanter kayalar (özellikle gips, anhidrit, şeyl), magmatik kayalar ve organik maddelerdir. Bu doğal

kaynaklar dışında deri, selüloz, tekstil, sülfirik asit, metalürji endüstrisi atıksuları, asit yağmuru ve kükürt içeren maden sahalarının drenaj suları da yüzey ve yeraltı sularındaki sülfat miktarını arttıran kaynaklardır. Yerleşim bölgelerinde evsel atıksuların yüzeysel sulara boşaltılması veya çeşitli yollarla yeraltı suyuna sızması, bu sulardaki sülfat derişimini yükseltir. Sülfat (SO_4^{2-}) iyonunun 300-400 mg/l'nin üzerinde bulunması suya istenmeyen bir tad verir (Eisen ve Anderson, 1979; McNeely vd., 1979; Hem, 1985; Ford ve Tellam, 1994; Hounslow, 1995).

SO_4^{2-} miktarı için (Anonim, 1998a; 2002; 2005; 2006) tarafından belirlenen kılavuz değerlerde de SO_4^{2-} iyonu sınır değerinin 250 mg/l olduğu görülmektedir (Çizelge 4. 7).

Çalışma alanındaki içme ve sulama suyu kuyularında SO_4^{2-} <5 - 86 mg/l arasında (ortalama 41 mg/l) konsantrasyona sahiptir. Ölçülen en yüksek SO_4^{2-} miktarı 86 mg/l olarak Deregümü IC-3 kuyusunda belirlenmiştir. Bu değer ulusal ve uluslararası standartlardaki (Anonim, 1998a, b; 2002; 2005; 2006) sınır değer oldukça altında olup SO_4^{2-} miktarı tarımsal aktivite ile ilgilidir (Çizelge 4.7; 4. 8 ve Ek-8).

Nitrat (NO_3^-): Hayvanlar ve birçok mikroorganizma türleri azot gereksinimlerini organik azot bileşiklerinden karşılarlar (Hem, 1985; Uslu ve Türkman, 1987). Azot çevrimi sırasında azot, amonifikasyon (amonyaklaşma), nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçleri ile çeşitli azot bileşiklerine dönüşür. Organik azot bileşiklerinin parçalanarak amonyum tuzlarının oluşumu "amonifikasyon", oksijenli ortamda amonyum tuzlarını nitrite ve daha sonra nitrate dönüşümü "nitrifikasyon" adını alır. Oksijensiz şartlar altında nötrale yakın pH değerlerinde ve organik hidrojen verici maddelerin bulunması durumunda nitrat iyonları önce nitrite daha sonrada azot oksit (N_2O) ve moleküler azota (N_2) indirgenir. Bu süreç "denitrifikasyon" olarak adlandırılır (Freeze ve Cherry, 1979; Uslu ve Türkman, 1987). Nitrat (NO_3^-) sularda bulunan bağlı azot bileşiklerinin en önemlisidir. Yüzeysularından kararlı azot bileşiği olan nitrat iyonunun yüksek çözünürlüğü, azot bileşiklerinin tamamen oksitlenmiş olmasının sonucudur. Yeraltısularında nitrat derişimi, tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların toprağa yada toprağın altındaki

boşluklara verilmesi gibi nedenlerle giderek artmaktadır. Azot gübrelenmesinin sonucu olarak tarım alanlarındaki yeraltısularının NO_3 konsantrasyonu oldukça üst seviyelerde gözlenmektedir. Sularda 5-10 mg/l'nin üzerinde nitratın bulunması bu suyun dışarıdan kirletildiğini gösterir. Nitratın içme sularında 45 mg/l'den fazla bulunması durumunda çocuklarda methemoglobinemia (karbondioksit zehirlenmesi-mavi-bebek) hastalığına sebep olduğu tespit edilmiştir (Uslu ve Türkman, 1987; McNeely vd., 1979; Anonim, 1984; Bouchard vd., 1992; Aiuppa vd., 2003).

Anonim (1998a; 2005 ve 2006) standartlarına göre içme sularında NO_3 konsantrasyonu sınır değer olan 50 mg/l'yi aşmamalıdır (Çizelge 4. 7). Bölgedeki içme sularının NO_3 miktarı (5,0-39,0 mg/l) standartlarla uyum göstermektedir. Ancak tarımsal faaliyetlerin bir sonucu olarak sulama sularında bu değer daha yüksek konsantrasyonlara (IC-3=57,0 mg/l) ulaşmaktadır.

Sulama suları $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonları açısından incelendiğinde Yazısöğüt (IC-8) ve Deregümü'deki (IC-3) kuyular Anonim (1998b)'e göre II. ve III. sınıf kaliteli sular olarak belirlenirken, diğer bölgelerdeki kuyular ise I. ve II. sınıf kaliteli sular sınıfında yer almaktadır (Çizelge 4. 8 ve Ek-8).

Nitrit (NO_2^-): Nitrit sularda düşük miktarlarda bulunan bir azot bileşiğidir. Oksijenin bulunduğu ortamda kararsız durumda olduğundan, amonyak ve nitrat arasında (nitrifikasyon) veya nitrat ve azot oksit arasında (denitrifikasyon) geçiş formu olarak bulunur. Nitrit iyonu bitkiler tarafından azot kaynağı olarak kullanılabilir. Suda nitritin bulunuşu, organik kirlenme tarafından etkilenmiş aktif biyolojik süreçlerin varlığını gösterir (McNeely vd., 1979). Nitrit iyonu sularda oldukça yaygın olarak görülür, fakat nitrata oranla oldukça düşük miktarda bulunur. Nitrit organik azotun bakteriler tarafından tamamen oksitlenememesi sonucu ortaya çıkar. Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar, evsel atıksular, tarımda kullanılan gübreler, endüstriyel atıksular, katı atıkların yakılması, atmosferdeki azotun yıkanması yüzey ve yeraltısularına nitrit sağlayan başlıca kaynaklardır (Anonim, 1984). İçme suyunda nitritin yüksek konsantrasyonlarda bulunması zehirlilik etkisi yapmaktadır. Genel

olarak yeraltısularında azot olarak 0.1 mg/l'den fazla nitrit bulunmaz (Erguvanlı ve Yüzer, 1987; Yalçın vd., 2004).

Anonim (2005)'e göre sulara NO_2^- konsantrasyonu 0,50 mg/l'yi geçmemelidir. Bu sınır değeri Anonim (2006)'ya göre 0,20 mg/l, Anonim (1998a)'e göre 0,50 mg/l olarak belirtilmiştir (Çizelge 4. 7). Yapılan çalışmalarda bölgedeki içme sularında NO_2^- konsantrasyonu cihazla ölçülebilen sınır değerin altında (<0,07 mg/l) bulunmaktadır. Sadece Ekim 2007'deki arazi çalışmasında Aliköy (IC-12)'den alınan örnekte NO_2^- miktarı 0,10 mg/l olarak ölçülmüştür. Bu değerler de tüm içme suyu standartlarına uygunluk göstermektedir. Sulama sularının $\text{NO}_2\text{-N}$ ölçümleri de cihazla ölçülebilen sınır değerin altında (<0,02 mg/l) bulunmuştur. Ölçülen bu değerler Anonim (1998b)'e göre II. sınıf kaliteli sular sınıfında yer almaktadır (Çizelge 4.8 ve Ek-8).

Amonyum (NH_4^+): Amonyak sulara bulunan azotun en fazla indirgenmiş inorganik bileşiğidir ve çözülmüş amonyak (NH_3) ve amonyum iyonlarından (NH_4^+) oluşur. Amonyak ve tuzları suda kolay çözünür, amonyum iyonu genellikle bir geçiş formudur (McNeely vd., 1979). Yeraltısularındaki amonyak derişimi, toprak tanelerinin ve kil minerallerinin adsorblanması nedeniyle genellikle düşüktür (APHA vd., 1981). Amonyum hem doğal hem de antropojenik kökenli olarak oluşabilir. Amonyumun doğal kaynakları organik (metabolik prosesler) ve inorganik (kayaç ayrışması, hidrotermal aktivite gibi), antropojenik kaynağı ise gübreler ve endüstriyel faaliyetlerdir (Aiuppa vd., 2003). Amonyak artılmış evsel atıksuların yaygın bileşenlerinden birisidir. Kil minerallerine bağlanmış amonyak iyonları toprağın erozyonu sonucu sulara geçer. Sentetik gübreler amonyak ve amonyum tuzları içerirler (McNeely vd., 1979). Amonyum/amonyak oranı, pH değeri ve sıcaklığa bağlıdır. pH'ın 8,5'tan büyük olduğu durumlarda amonyak yüzdesi hızla artar (Uslu ve Türkman, 1987). Sulara serbest amonyağın bulunması sudaki yakın kirlenmenin göstergesidir. Serbest amonyak ve nitrit düşük miktarlarda bile yüksek toksik etki yapmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987; Yalçın vd., 2004). Anonim (2005)'e göre içme sularında amonyağın hiç bulunmaması istenmektedir Ancak sınır değeri 0,50 mg/l olarak belirtilmiştir. Anonim (2002)'de herhangi bir sınır değeri belirtilmezken,

Anonim (2006) NH_4^+ konsantrasyonu için 1,5 mg/l değerini vermektedir (Çizelge 4.7).

Çalışma alanındaki içme ve sulama sularında ölçülen NH_4^+ konsantrasyonu cihazla ölçülebilen sınır değerinin altında ($<0,06$ mg/l) belirlenmiştir. Bu değer ile çalışma alanındaki sular ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarına uymaktadır. Kıta içi su kaynakları sınıflamasına göre ise yüksek kaliteli sular sınıfındadır (Çizelge 4. 8 ve Ek-8).

Fosfat (PO_4^{3-}): Fosforun içme suyunda bulunması zararlı olmasa da, yeraltısularında önemli miktarlarda bulunabilmektedir. Suyu az miktarda bile fosfor eklenmesi alg ve su bitkilerinin büyümesini hızlandırıcı bir etki yapar ve ötrofikasyona sebep olur. Ayrıca suda fosforun bulunması kokusu ve tadını da olumsuz etkiler. Yeraltısularında fosforun ana kimyasal bileşeni PO_4^{3-} iyonudur. Sularda fosfor çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur. Bunların başlıcaları ortofosfatlar, polifosfatlar, metafosfatlar ve organik fosfatlardır. Fosfor, magmatik kayalarda oldukça yaygın olarak bulunan bir elementtir. Bu kayalarda esas olarak apatit minerali olarak bulunur. Sedimentler içinde de oldukça yaygın olarak bulunmasına rağmen, doğal sulardaki derişimi 1 mg/l'nin çok altındadır. Yüzey ve yeraltısularındaki fosfat, kayalardan ve topraktan, bozunan bitkisel ve hayvansal atıklardan, evsel ve endüstriyel atıklardan, arıtma tesisi atıksularından, katı atık deponi alanlarından, tarımda kullanılan gübrelerden, sulamadan dönen atık sulardan kaynaklanır. (Matthes, 1982; Hem, 1985; Aiuppa vd., 2003). Ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarında ve kıta içi su kaynakları sınıflamasına göre PO_4^{3-} için belirlenmiş bir kılavuz değer bulunmamaktadır. Çalışma alanındaki suların PO_4^{3-} miktarı $<0,2-1,6$ mg/l arasında değişmektedir (Ek-8).

Demir (Fe^{2+}): Demir, magmatik kayalardaki piroksen, amfibol, biyotit, magnetit, olivin gibi minerallerde bulunur. Demirin iki veya üç değerlikli olan (ferro ve ferri) türleri vardır. Yeraltısularında demirin en yaygın formu Fe^{2+} (ferro)'dir. Fe^{3+} (ferri) ise asit çözeltilerde bulunmaktadır. Atmosferle iletişimi olmayan sular bakteriyel aktiviteyle veya ferro bileşiklerle reaksiyona girerek çözünmüş oksijenlerini

kaybederler. Anaerobik koşullar altında çözünmüş demirin en bol bulunan yapısı Fe^{2+} 'dir. Bazı sedimanter akiferlerde farklı derinliklerde bulunan farklı redoks potansiyeline sahip karışmış sular ya doğal olarak yada yeraltısuyunda demir minerallerinin çözünmesi veya çökmesi sebebiyle Fe içermektedir (Hem, 1992). Yeraltısularının çözünmüş demir içeriği, <0,01-10 ppm arasında değişir (White vd. 1963, Wedepohl, 1978). Fazla miktarda demirli sular hava ile temas edince kollidal demir hidroksit oluşumundan dolayı suyun görünüş ve tadını bozar (Hem, 1985). Ayrıca demir 0.1 mg/l'den fazla olursa hissedilir bir "metal tadına" sebep olabilir (Akgiray, 2003).

Anonim (2006)'ya göre içme sularında Fe^{2+} konsantrasyonu için bir sınır değeri belirtilmemiştir. Ancak Anonim (2005 ve 1998a) standartlarına göre 0,2 mg/l'yi geçmemelidir. Anonim (2002) standartlarında bu değeri 0,3 mg/l'dir. Çalışma alanında içme sularında Fe^{2+} konsantrasyonu <0,01-0,07 mg/l arasında, sulama suyu kuyularında ise <0,01-0,2 mg/l arasında ölçülmüştür. Bu değerler hem içme suyu standartları (Anonim, 1998a; 2002; 2005; 2006) hem de Anonim (1998b) sınıflaması ile uygunluk göstermektedir (Çizelge 4. 7; 4. 8 ve Ek-8).

Bakır (Cu^{2+}): Bakır bitki ve hayvanların metabolizmasında önemli bir elementtir. 1 mg/l nin üzerindeki bakır suya acı bir tat verir. Bakır hem gıdalarda hemde içme sularında bulunan önemli kirleticilerdendir. İçme suyunda bakır konsantrasyonu öncelikli olarak su tesisatlarındaki korozyondan kaynaklanabilir. Asidik sular yada karbonatı yüksek sularda bakır konsantrasyonu yüksek olabilir (Anonim, 2006). Bakır uzun vadede karaciğer ve böbreklerde hasara yol açabilir (Akgiray, 2003).

Anonim (1998a; 2005; 2006) standartlarına göre Cu^{2+} içme sularında 2 mg/l'nin altında olmalıdır. Anonim (2002) ise sınır değeri 1 mg/l olarak vermiştir. Bu standartlara göre bölgedeki içme sularının Cu^{2+} konsantrasyonu sınır değerin altındadır. Anonim (1998b)'e göre sulama suları I. ve II. kalite sular sınıfında yer almaktadır (Çizelge 4. 7; 4. 8 ve Ek-8).

Kurşun (Pb^{2+}): Kurşun insan sağlığı için ciddi bir risktir. İçme sularında bulunan kurşun, maden ve endüstri atıklarının sulara karışmasından kaynaklanır. Yumuşak içme suları, bol oksijenli, nitrat miktarı fazla ve asidik karakterde olan sular ve diğer etkiler de, kurşundan yapılmış tesisat üzerine etki ederek suya kurşun geçmesine neden olur (Anonim, 2006). İçme suyunda belirtilen standartların üzerinde kurşun ve bileşikleri mevcutsa hipertansiyon, duyma zorluğu, anemi, böbrek hastalığı ve zeka kaybı ortaya çıkabilir. Kurşunun sudan giderilmesi ancak ters osmos ünite veya su yumuşatma ünitesi ile mümkündür. Böbrek ve beyin bozuklukları ortaya çıkar. Kurşun, bebeklerin zihni ve fiziki gelişimini geciktirmekte, yetişkinlerde böbrek rahatsızlıklarına ve yüksek tansiyona sebep olmaktadır. İçme suyunda bulunmaması tercih edilmekle birlikte (Akıray, 2003) Anonim (1998a, 2005, 2006)'ya göre sulardaki kurşunun sınır değeri 0,01 mg/l olarak belirlenmiştir. Anonim (2002) kriterlerine göre içme sularında Pb^{2+} konsantrasyonu 0,015 mg/l'yi aşmamalıdır. Çalışma alanındaki tüm sular belirtilen sınır değerlerin altındadır (Çizelge 4. 7; 4. 8 ve Ek-8).

Çinko (Zn^{2+}): Çinko, içme sularında 5 mg/l'nin üzerinde bulunması halinde suya buruk – acı bir lezzet verir. Suyla genellikle çeşitli endüstriyel atıksuların yanı sıra galvanize boruların korozyonu ile karışır. Çinko tüm ağır metaller içerisinde belki de en az toksik olan metaldir. Sularda fazla bulunması halinde suya hoşla gitmeyen bir tad verir (Akıray, 2003). Anonim (2002) Zn^{2+} için sınır değeri 5 mg/l olarak belirlemiştir. Diğer standartlarda ise (Anonim, 1998a; 2005 ve 2006) sınır değeri belirtilmemiştir (Çizelge 4. 7; 4. 8 ve Ek-8).

Çalışma alanındaki sularda Zn^{2+} konsantrasyonu kullanılan cihazın ölçebildiği değerin altındadır (<0,01 mg/l). Bu değeri ile Zn^{2+} konsantrasyonu standart değerlere uyum göstermektedir.

Mangan (Mn^{2+}): Mangan, piroluzit (MnO_2), manganit ($MnOOH$) ve rodokrozit ($MnCO_3$) içeren mineral fazları ile ilgilidir. Genellikle iki değerlikli mangan (Mn^{+2}) yeraltısularında bulunur. Mangan içme sularında istenmeyen renk ve bulanıklığa sebep olur. Su borularının iç cidarlarında birikerek kesit daralmasına ve tıkanmalara

yol açabilir (Akıray, 2003). Mangan yüzey ve yeraltısu kaynağında özellikle anaerobik ve düşük oksidasyon şartlarında doğal olarak bulunabilir. Sulardaki sınır değeri 0,4 mg/l olarak belirlenmiştir (Anonim, 2006). Diğer standartlarda ise (Anonim 1998a, 2002, 2005) 0,05 mg/l sınır değeri belirtilmiştir (Çizelge 4. 7 ve 4. 8).

Çalışma döneminde sulara ölçülen Mn değerleri kullanılan cihazın ölçebildiği değerin altındadır (<0,01 mg/l). Bu değeri ile Mn^{2+} konsantrasyonu standart değerlere uyum göstermektedir (Çizelge 4. 7; 4. 8 ve Ek-8).

Alüminyum (Al^{3+}): Alüminyum, yeryuvarının dış kabuğunda en çok bulunan üçüncü element olmasına karşın doğal sulara çok az miktarda bulunur. Alüminyum, feldspat, feldspatoid, mika ve amfibol gibi magmatik kayalar minerallerinde önemli miktarda bulunur. Sedimanterlerde ise alüminyumca zengin olan mineraller killerdir (Hem, 1992). Alüminyum hemen bütün gıdalarda ve içme sularında tabii olarak mevcuttur. Su arıtılmasında en yaygın olarak kullanılan yumaklaştırıcı alüminyum sülfatdır. Arıtma sırasında suya eklenen alüminyumun suda kalmaması (alüminyum hidroksit olarak çöktürülmesi ve filtre edilmesi) gerekir. Bunun için, arıtılmış sulara 0,2 mg/l'den fazla alüminyum kalmadığı belirtilmektedir (Akıray, 2003). Al^{3+} konsantrasyonu bakımından da bölgedeki sular Anonim (1998a; 2002; 2005; 2006)'ya göre sınır değerin altındadır.

Silisyum (Si^{4+}): Silisyum suda çok zor çözünmesine karşın yerkabuğunda bol bulunan bir elementtir. Doğal sulara silika (SiO_2) genel olarak 1-30 mg/l arasında değişen konsantrasyonlarda bulunur. Ancak bazı bölgelerde 100 mg/l'ye ulaşan konsantrasyonlar ölçülmüştür (Hem, 1992). SiO_2 'nin medyan değeri yüzey sularında 14 mg/l, yeraltı sularında ise 17 mg/l olarak belirtilmiştir (Davis, 1964). Çalışma dönemi için sadece 2007 yılında ölçülen Si^{4+} değerleri içme sularında 1,56-21,79 mg/l; sulama sularında ise 5,60-24,60 mg/l arasında değişmektedir (Ek-8). Anonim (1998a, b; 2002; 2005; 2006)'ne göre Si^{4+} için kılavuz değeri verilmemiştir.

Stronsiyum (Sr^{2+}): Stronsiyumun kaynağı strontianit (SrCO_3), sölestin (SrSO_4) ve aragonit (CaCO_3)'tir. Aragonitteki Ca^{2+} iyonu Sr^{2+} iyonu ile yer değiştirir. Ama bu durum kalsit (CaCO_3) için sözkonusu değildir. Aragonit, diyajenez sırasında daha duraylı polimorf kalsite dönüşürse bu durumda su içinde Sr^{2+} serbest kalır. Deniz suyunda 8 mg/l kadar Sr^{2+} bulunur (Hounslow, 1995). Çalışma dönemi için sadece 2007 yılında ölçülen Sr^{2+} değerleri içme sularında 0,02-4,02 mg/l; sulama sularında ise 0,61-3,95 mg/l arasında değişmektedir (Ek-8). Anonim (1998a, b; 2002; 2005; 2006)'ne göre Sr^{2+} için kılavuz değer verilmemiştir.

Baryum (Ba^{2+}): Baryum hem magmatik hem de sedimanter kayalarda bulunan yan ve iz elementlerden biridir. Endüstriyel işlemlerde baryum bileşikleri kullanılmaktadır. Baryum yüksek tansiyona sebep olmaktadır. İçme suyundaki miktarı 2 mg/l'den az olmalıdır (Akgiray, 2003). Ba^{2+} için sınır değerler Anonim (2006)'da 0,7 mg/l, Anonim (2002)'de 2 mg/l olarak belirlenmiştir. Çalışma alanındaki suların Ba^{2+} değerleri 0,01-0,37 mg/l arasındaki değerler ile sınır değerlerin altındadır. Anonim (1998b)'e göre sulama suları aynı zamanda 1 mg/l'nin altındaki değerleri ile I. sınıf yüksek kaliteli sular sınıfındadır (Çizelge 4. 7; 4. 8 ve Ek-8).

Lityum (Li^+): Lityum (Li^+) taşıyan mineraller lityumla magnezyumun yerdeğiştirdiği bazı piroksen ve mikalardır. Lityum içeriği sıcaklığın artmasıyla artabilir. Aynı şartlarda ise magnezyum azalır. Bu nedenle Li/Mg oranı jeokimyasal termometre olarak kullanılır (Kharaka ve Mariner, 1987). Yapılan son çalışmalar lityumun illit ve diğer killer tarafından adsorbe edildiğini göstermektedir (Shaw ve Sturchio, 1992). Petrol alanlarında Li^+ içeriği 5-50 mg/l arasında olmasına rağmen, 400 mg/l'ye çıktığı alanlar da vardır (Collins, 1975). Deniz suyunun lityum içeriği 0,17 mg/l'dir (Hounslow, 1995). Yapılan analizlerde çalışma alanındaki içme sularında lityum (Li^+) konsantrasyonu ölçülebilir sınır değerinin altında bulunmaktadır (<0,01 mg/l). Bazı alanlarda ise 0,01-0,02 mg/l arasında değişim göstermektedir. Sulama sularında da benzer şekilde değerler ölçülmüştür (Ek-8). Anonim (1998a, b; 2002; 2005; 2006)'ya göre Li^+ için belirlenen değer bulunmamaktadır.

Toplam organik karbon miktarı (TOC): Toplam Organik Karbon temiz su, atık su ve katı atık numunelerinde toplam ve çözünmüş organik karbon miktarını belirlemek için kullanılır. Suda bulunan organik maddeler (1) tabii organik malzemelerin (bitkiler, yosunlar, mikroorganizmalar, vb.) suda parçalanması ve çözünmesi sonucunda suya eklenen organikler, (2) evlerden ve ticari faaliyetlerden kaynaklanan sentetik maddeler ve (3) arıtma işlemleri sırasında suya eklenen maddeler veya kimyasal reaksiyonlar sonucunda suda meydana gelen yan ürünlerden kaynaklanabilir. Tabii organik maddeler (humik asit gibi) genel olarak sağlığa zararlı olmamakla beraber, bazıları suya renk veya istenmeyen tad ve kokular verebilir. Bu gibi maddelerin serbest klor ile reaksiyonu trihalometanlar gibi zararlı yan ürünlerin ortaya çıkmasına sebep olabilir (Akgiray, 2003). Sucul ekosisteminin büyük çoğunluğu, 0,5 ile 50 mg/l arasında çözünmüş organik karbon konsantrasyonuna sahiptir. Genelde çözünmüş organik karbon içeriği 3-6 mg/l olan renksiz tatlı su kaynaklarında, çözünmüş organik karbonun %40-50 fulvik asitlerden ve %4-10 humik asitlerden oluştuğu belirtilmektedir. Organik maddelerce zengin ve renkli doğal sularda (Kanada, İskandinavya ve Kuzey Rusya gibi) çözünmüş organik karbon konsantrasyonunun artmasıyla humik maddelerin yüzdesi de artar ve humikler çözünmüş organik karbonun %60-80'ini oluşturur (Malcolm, 1991; Harman, 2006).

TOC analizleri sadece 2007 Mayıs ve Ekim aylarında alınan örneklerde yapılmıştır. Anonim (1998b)'de I. sınıf sular için TOC sınır değeri 5 mg/l olarak belirtilmiştir (Çizelge 4.8). Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltısularının TOC değerleri 0,09-1,98 mg/l arasında değişen düşük değerlere sahip olup belirtilen sınır değeri aşmamaktadır (Ek-8).

4.5.3. Çalışma Alanındaki Suların Mikrobiyolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Su patojenik (hastalık yapan) mikroorganizmalar için iyi bir taşıyıcıdır. Bu patojen mikroorganizmalar insanda bağırsak hastalıklarına sebep olmaktadır. Toplum sağlığı açısından, içme sularının hastalık yapıcı mikroorganizmaları ve zararlı kimyasal

maddeleri içermemesi istenmektedir. Bu nedenle kullanılan suların kalitesi bakteriyolojik yönden sık sık kontrol edilmelidir. Suyun mikrobiyolojik kalitesi indikatör (gösterge) organizmaların konsantrasyonları ölçülerek tespit edilir. Bunun için en yaygın olarak kullanılan organizma koliform bakterileridir. Koliform bakterisinin kendisi hastalık yapan bir mikroorganizma sayılmamakla beraber suda bulunması zararlı organizmaların varlığına işaret eder. Mikrobiyolojik açıdan su kontrollerinin esas amacı patojen mikroorganizmaların mevcut olup olmadığıdır. Patojen mikroorganizmalar sulara kanalizasyon atıkları ile karışabilmekte ve sularda kirliliğin bakteriyel kanıtı olarak aranmaktadır. Bu indikatör mikroorganizmaların araştırılması suların bakteriyolojik yönden temelini oluşturmaktadır. Pratikte bağırsak kökenli kontaminasyonların varlığını belirlemede yaygın olarak kullanılan indikatör mikroorganizma, koliform grubu bakterilerdir (Atakent, 1979; Özcengiz, 1982; Yousefi, 1991; Aysal, 2004; Alişarlı vd., 2007.)

Toplam koliform, fekal koliform ve E. Coli içme suyu kalitesi için indikatördür. Toplam koliformlar, bakterilerin farklı türlerini kapsar. Toplam koliform bakteriler bitki ve/veya toprak kökenlidir. Ortamdan böyle bir kontaminasyonun olması patojenlerin oluşmasına neden olabilir. Fekal koliformlar, koliform grubun bir altgrubu olup, dışkı kökenlidirler. Fekal koliform olarak tanımlanan koliformlar esas olarak E.coli'dir. E.coli doğada ve sadece sıcakkanlı hayvanların (memeliler ve kanatlılar) bağırsak sistemlerinde ve dolayısıyla bunların dışkılarında bulunur. Buna bağlı olarak insanların ve hatta hayvanların kullanımına sunulan bir gıda maddesinde, içme ve/veya kullanma suyunda fekal koliformlara rastlanması o örneğe doğrudan yada dolaylı olarak dışkı bulaştığının göstergesidir (Çakır, 2000).

Koliformlar, patojen bağırsak bakterilerine göre dezenfeksiyona karşı daha dayanıklıdır. Bu nedenle, klorlanmış içme suyunda koliform bakteri bulunmaması, patojen bakterilerin de mevcut olmadığının bir delili olarak kabul edilmektedir (Alişarlı vd., 2007).

Çalışma alanında 42 adet içme suyu örneğinde toplam ve fekal koliform analizleri yapılmıştır. Anonim (2005 ve 2006)'ya göre içme sularının 100 ml'sinde koliform bulunmaması gerekmektedir. Yapılan analizlerde bu sularda fekal koliform

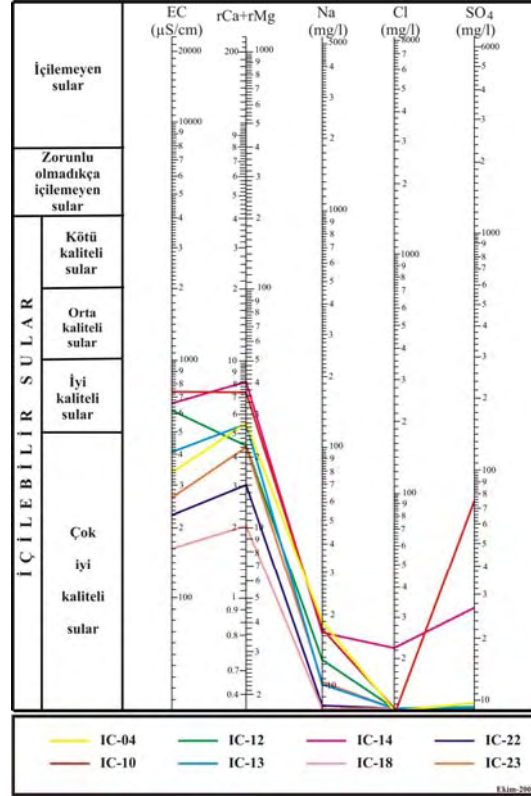
gözlenmemiştir. Ancak analizi yapılan suların %35’inde mikroorganizma tespit edilmiştir. Bu lokasyonlar Milas (IC-4), Aliköy (IC-12), Büyükhacılar (IC-13), Ayazmana (IC-22) ve Kayıköy (IC-24)’dür. Bu durum suların dezenfeksiyon işleminden sonra içme suyu olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu çalışma kapsamında yalnızca bir kontaminasyonun olup olmadığı belirlenmiştir. Ancak bu konuda daha detaylı analizlerin yapılması gerekmektedir.

4.5.4. Yapılan Analizlerin Grafikselleştirilmesi

Hidrojeokimyasal analiz verilerini değerlendirmek ve görsel olarak sunmak amacıyla analiz sonuçları uygun grafiklere aktararak yorumlamalar yapılır. Hidrojeokimyasal analiz sonuçları AquaChem v.3.7 (Waterloo Hydr., 1999) bilgisayar programı kullanılarak çeşitli diyagramlar (piper, pie, iyon değişim diyagramları) hazırlanmıştır. Çalışma alanındaki içme ve sulama sularının tiplerini belirlemek için Piper diyagramı hazırlanmıştır. Sularının içilebilirliklerini belirlemek amacıyla Schoeller diyagramı kullanılmıştır. Hidrojeokimyasal analiz verilerinin birbirleri ile olan ilişkisini ortaya koyabilmek için ise iyon değişim diyagramları yapılmış ve iyonların davranışları ortaya konmaya çalışılmıştır.

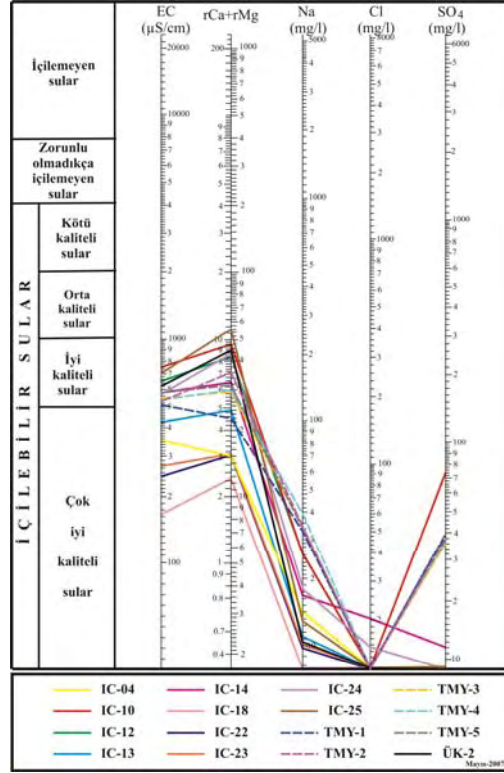
Suların sulamada kullanılabilmek özellikleri belirlenmesinde özellikle Na^+ miktarı önemli bir faktördür. Suların sulamaya uygunluğunun belirlenmesi amacıyla yapılan ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve özgül elektriksel iletkenlik (EC) değerleri kullanılmaktadır. Çalışma alanındaki kaynak suları ve yeraltısularında 2006 ve 2007 dönemlerinde yapılan ölçümlerde SAR değerlerinin 0,17-0,92 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu değerlere göre, çalışma alanındaki tüm sular sodyum adsorpsiyon oranına göre “çok iyi özellikte sulama suları” sınıfına girmektedir. Çalışma alanındaki tüm sularda toprak alkali elementlerin toplamı, alkali elementlerin toplamından büyüktür ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$). Aynı şekilde bölgedeki suların zayıf asit kökleri toplamı, güçlü asit kökleri toplamından da fazladır ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$).

Çalışma alanındaki içme sularının Ekim 2006, Mayıs 2007 ve Ekim 2007 dönemlerine ait hidrojeokimyasal analiz sonuçları Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramında değerlendirilmiştir. Schoeller diyagramlarına göre (Şekil 4. 12-14) bölgedeki içme suları iyi-çok iyi kaliteli sular sınıfına girmektedir.

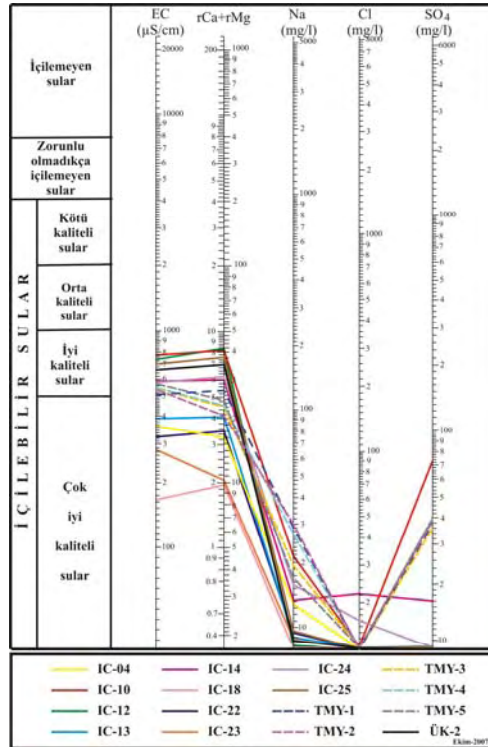


Şekil 4. 12. Ekim 2006 döneminde alınan içme suyu örneklerine ait Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramı

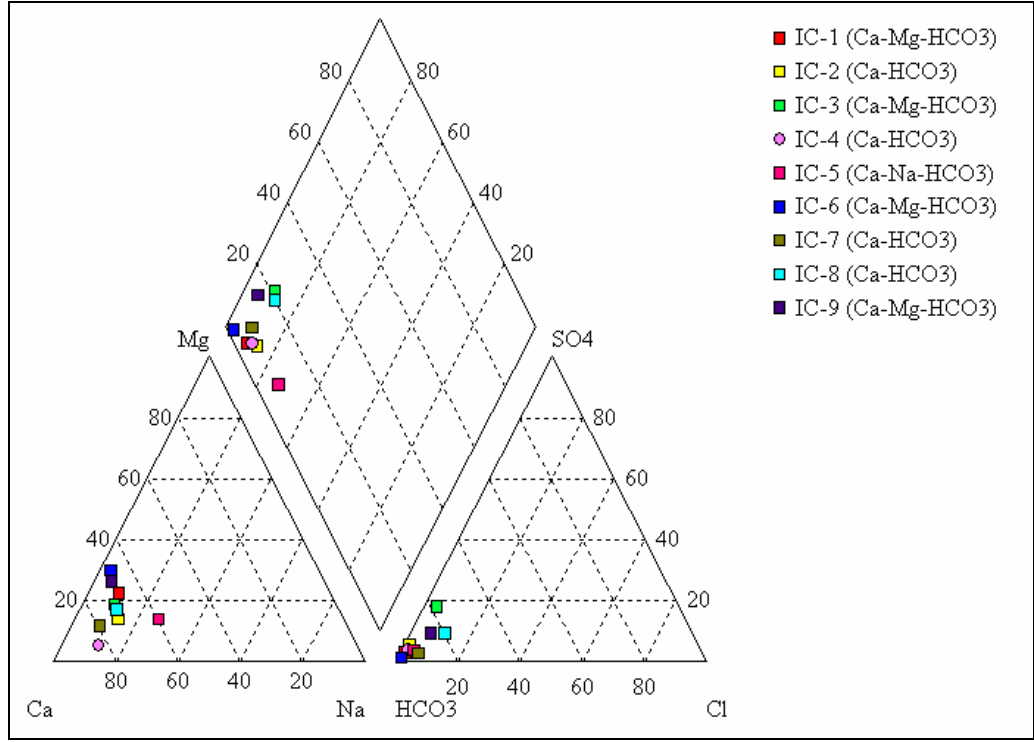
Mayıs-Ekim 2006 ve Mayıs-Ekim 2007 dönemlerinde yapılan hidrojeokimyasal analiz sonuçlarının Piper diyagramları Şekil 4. 15-18'de görülmektedir. Piper diyagramına göre bölgedeki sular genel olarak Ca-Mg-HCO₃ ile Ca-HCO₃ tipi sular arasında değişim göstermektedir. Diğerlerinden farklı olarak IC-5, TMY-1, TMY-2, TMY-3, TMY-4 nolu örnekler ise Ca-Na-HCO₃ tipi sular olarak tanımlanabilir.



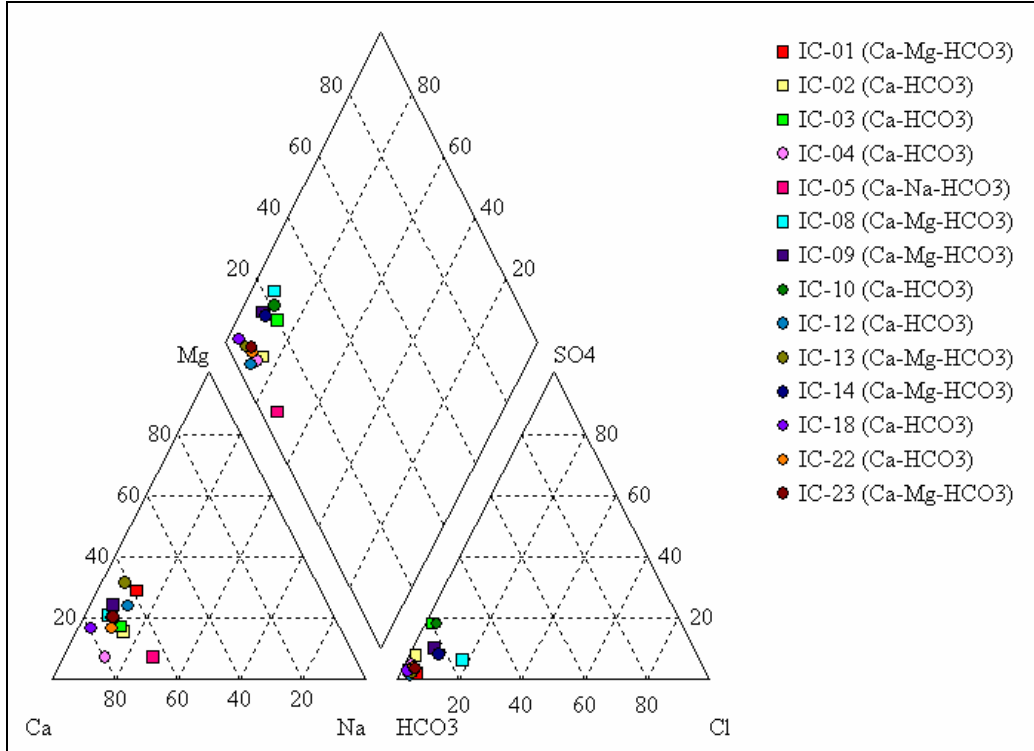
Şekil 4. 13. Mayıs 2007 döneminde alınan içme suyu örneklerine ait Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramı



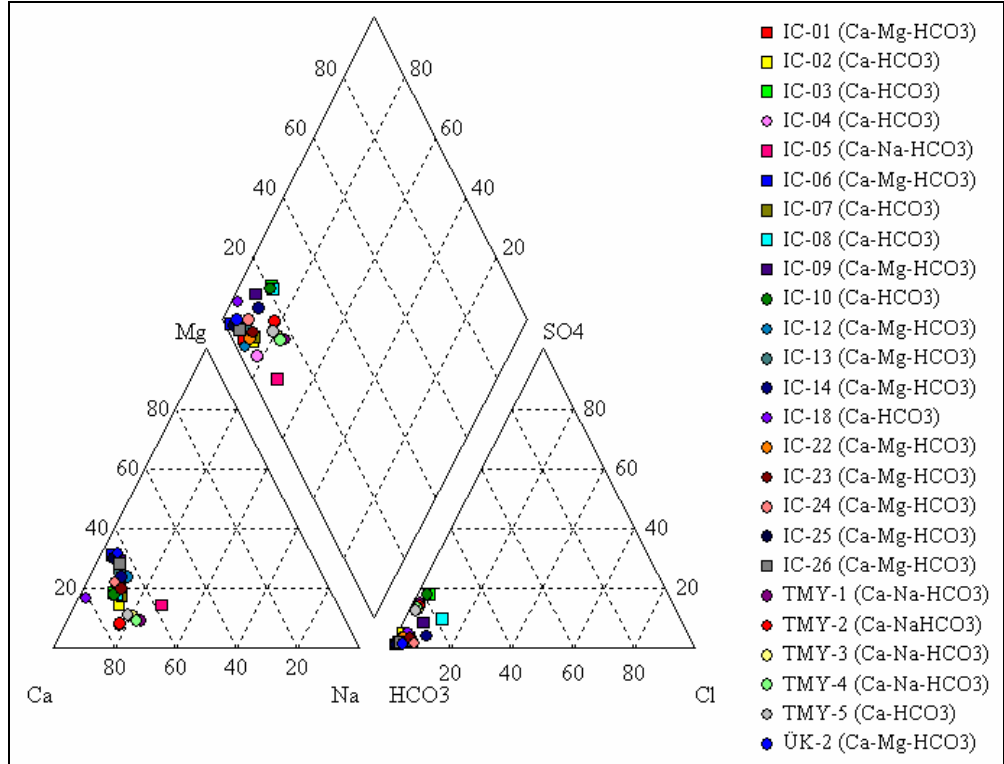
Şekil 4. 14. Ekim 2007 döneminde alınan içme suyu örneklerine ait Schoeller'e göre suların içilebilirlik diyagramı



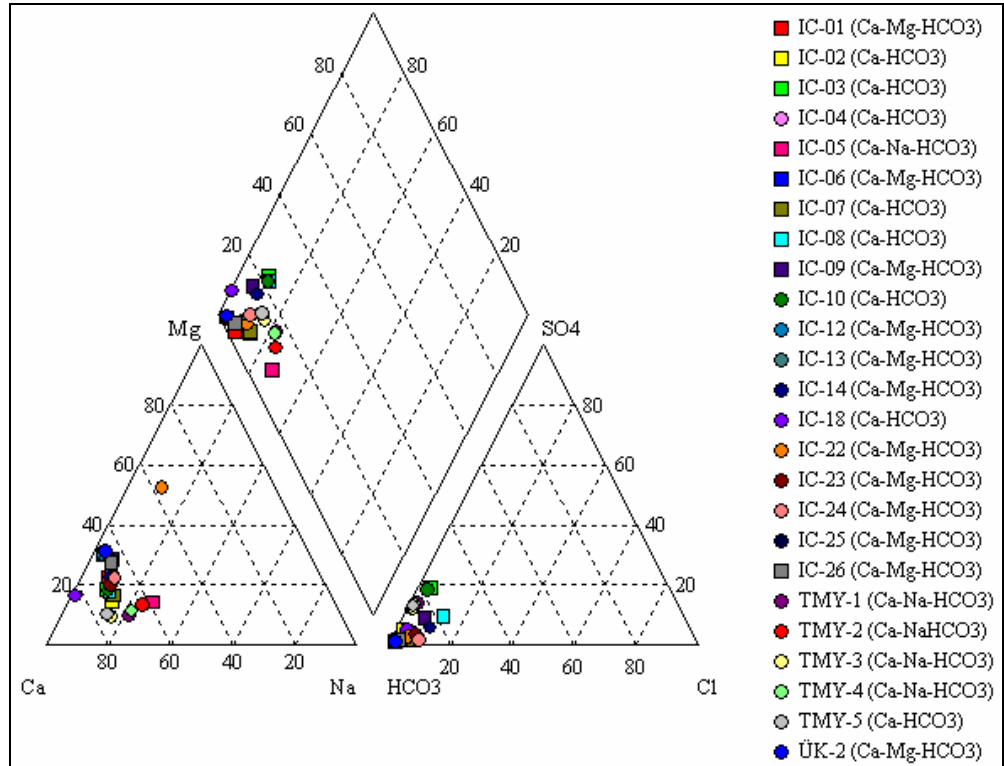
Şekil 4. 15. Çalışma alanı Mayıs 2006 dönemine ait Piper diyagramı (O: içme suları;
□: sulama suları)



Şekil 4. 16. Çalışma alanı Ekim 2006 dönemine ait Piper diyagramı (O: içme suları;
□: sulama suları)

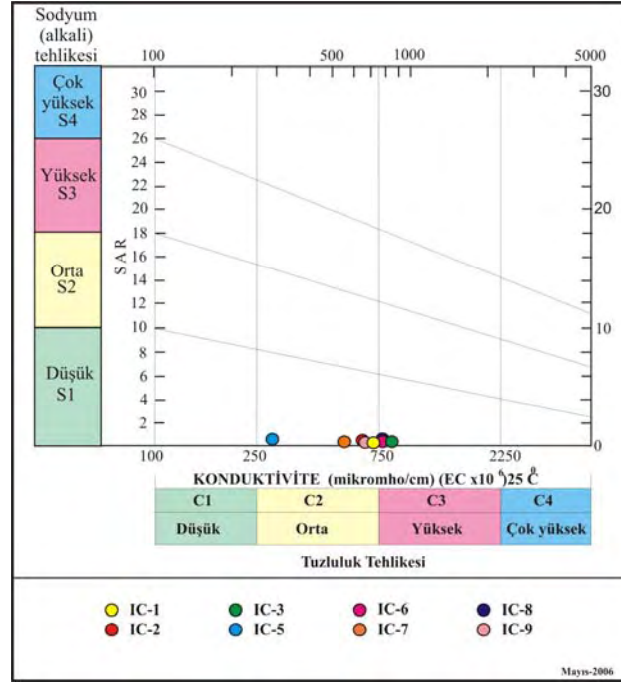


Şekil 4. 17. Çalışma alanı Mayıs 2007 dönemine ait Piper diyagramı (O: içme suları; □: sulama suları)

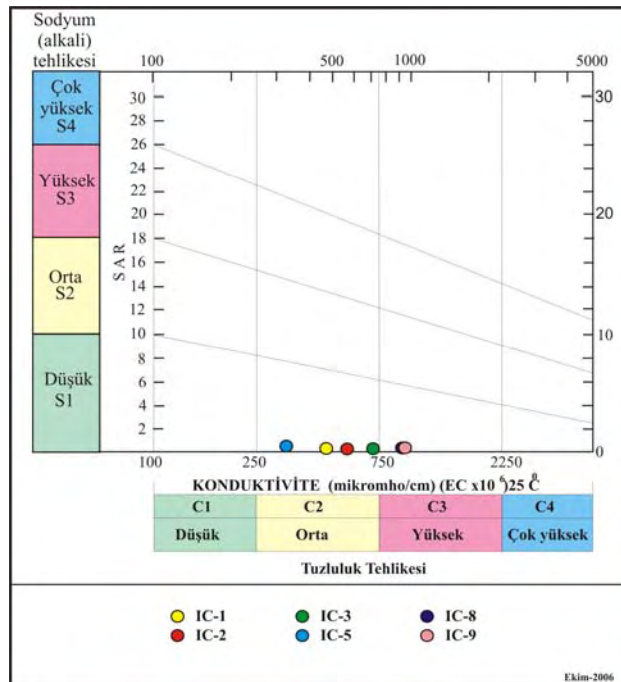


Şekil 4. 18. Çalışma alanı Ekim 2007 dönemine ait Piper diyagramı (O: içme suları; □: sulama suları)

Sulama sularındaki sodyumun fazlalığı toprak yüzeyinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olur ve bitki köklerinin havalanması engeller. Sodyumca doymun olan topraklarda yetişen bitkilerin gelişmesi yavaş olur. Bu nedenle sulama sularında sodyum miktarı önemlidir.

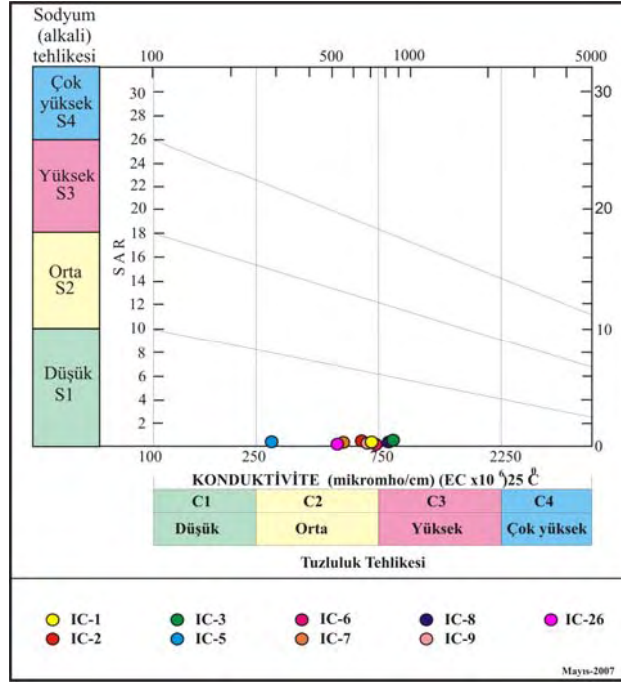


Şekil 4. 19. Mayıs 2006 dönemine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı

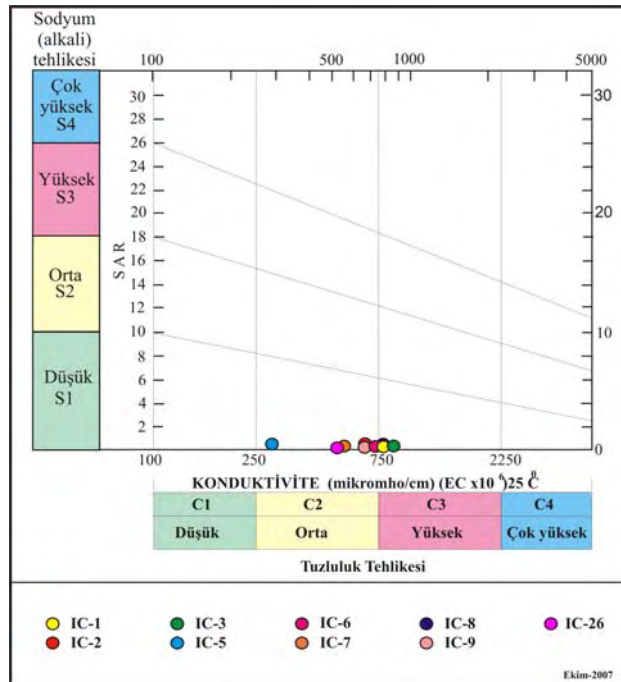


Şekil 4. 20. Ekim 2006 dönemine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı

Şekil 4. 19'de Mayıs 2006 dönemine ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı görülmektedir. Bu diyagram yardımıyla suların SAR ve EC değerleri kullanılarak suların sulamaya uygunluğu belirlenmiştir. Mayıs 2006'da yapılan analizlerin sonuçlarına göre IC-3, IC-6 ve IC-8 nolu sulama suları tuza dayanıklı bitkilerde tuz miktarı belirlenerek kullanılabilen ve sodyum tehlikesi oluşturmeyan C_3-S_1 tuzlu



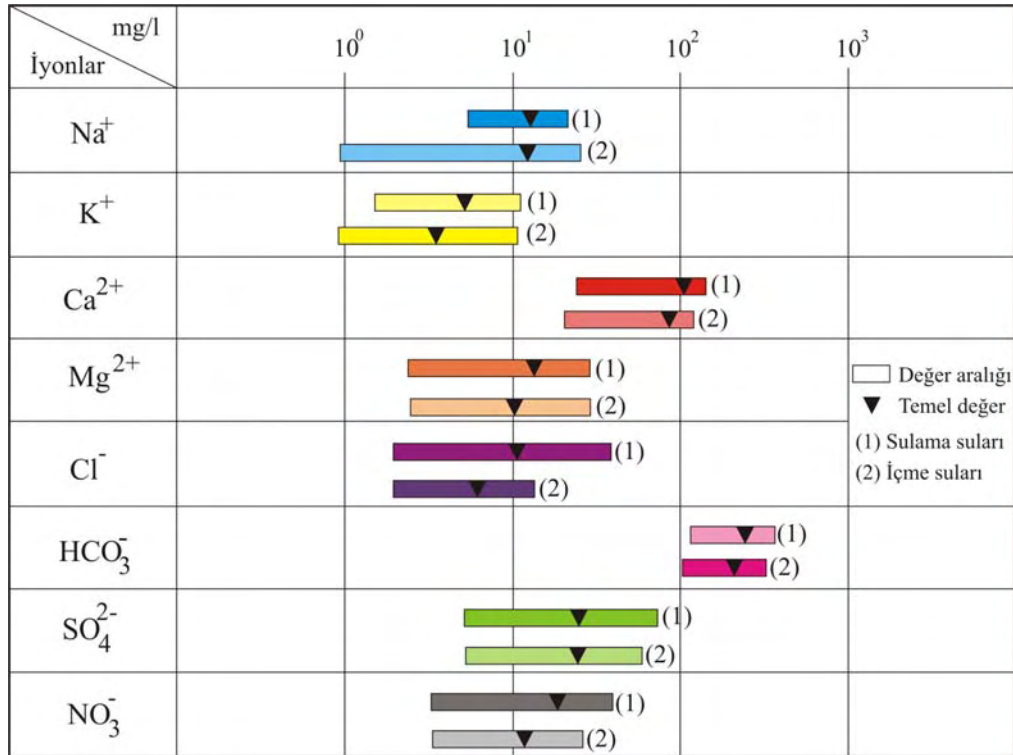
Şekil 4. 21. Mayıs 2007 dönemine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı



Şekil 4. 22. Ekim 2007 dönemine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı

sular sınıfına girmektedir. Diğer sulama suları ise orta tuzlu, tuzluluk tehlikesi içermeyen ve sodyum tehlikesi oluşturmaktan tüm bitkiler için kullanılabilen C_2-S_1 sınıfına girmektedir. Ekim 2006 döneminde ise IC-8 ve IC-9 nolu sulama suları C_3-S_1 sınıfına girmesine karşılık, diğer sular C_2-S_1 sınıfına girmektedir (Şekil 4. 20). Benzer şekilde Mayıs 2007 döneminde de Mayıs 2006 döneminde olduğu gibi IC-3 ve IC-8 nolu sulama suları C_3-S_1 sınıfına girdiği tespit edilmiştir. IC-1, IC-2, IC-5, IC-6, IC-7, IC-9 ve IC-26 nolu örnekler ise C_2-S_1 sınıfındadır (Şekil 4. 21). Ekim 2007 döneminde de sulama suları için diğer dönemlerde belirlenen özellikler gözlenmiştir. Bu dönemde IC-3, IC-8 ve IC-1 nolu sulama suları C_3-S_1 sınıfında iken diğer örneklerin ise C_2-S_1 sınıfında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4. 22).

İnceleme alanında bulunan içme ve sulama sularının majör anyon ve katyonlarına ait minimum ve maksimum değerleri Şekil 4. 23'de görülmektedir. Şekil 4. 23'de hesaplanan temel değerleri de verilmiştir.



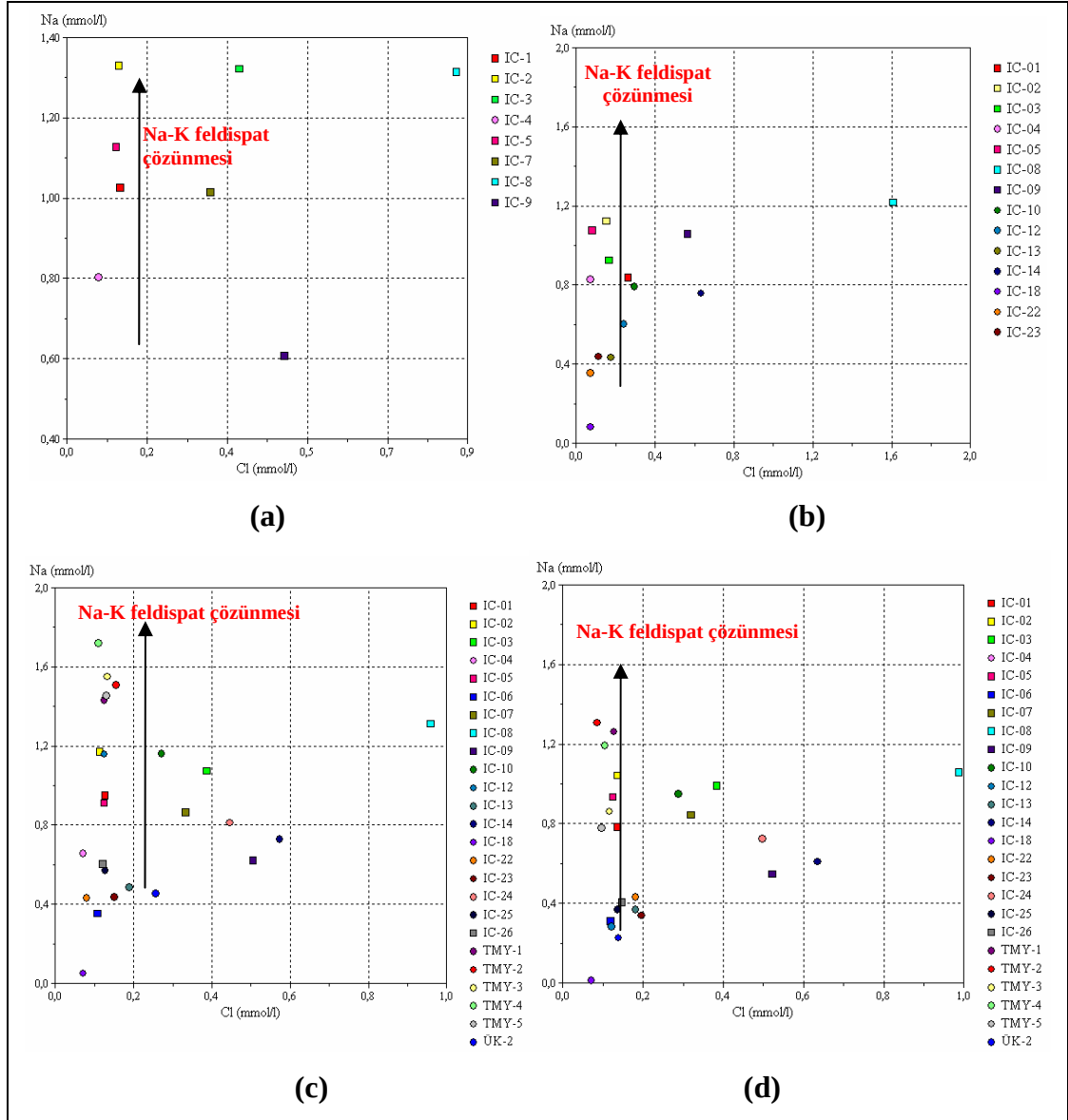
Şekil 4. 23. Çalışma alanındaki sulara bulunan iyonların değer aralıkları ve temel değerleri

Hidrojeokimyasal analizleri değerlendirmek ve yorumlamak için olası köken kayaç – su ilişkisi belirlenmelidir. Bu nedenle yapılan analizlerin hem analitik olarak kontrol edilmesi hem de suyun kökeni bilinmiyorsa bunun araştırılması önem taşır. Suyun bileşimi kayaç ayrışmasıyla, buharlaşmayla vs. faktörlerle değişir. Bu kayaç ayrışması süresince Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- ve SiO_2 gibi elemanlar suyun bileşimine girer. Bunların suya katılma miktarı kayacın mineralojisine bağlıdır. Kayacın mineralleri suyun bileşiminden ortaya çıkarılabilir (Hounslow, 1995).

Yapılan analiz sonuçlarından yararlanarak suyun bileşimini ve kökenini ortaya çıkarmak için hazırlanan iyon değişim diyagramlarında bazı majör iyonların karşılaştırmaları yapılmıştır. Na-Cl karşılaştırmalarında

- $\text{Na}^+ = \text{Cl}^- \Rightarrow$ halit çözünmesi
- $\text{Na}^+ > \text{Cl}^- \Rightarrow$ Na-K feldspat çözünmesi
- $\text{Na}^+ < \text{Cl}^- \Rightarrow$ tuzlu su veya deniz suyu girişimini gösterir (Hounslow, 1995).

şekil 4.24’da çalışma alanındaki suların $\text{Na}^+ > \text{Cl}^-$ olduğu görülmektedir. Bu durum Na-K feldspat çözünmesini göstermektedir. Ekim 2006 (şekil 4.24b) döneminde IC-8 nolu rnek (Yazısöğüt Köyü) $\text{Na}^+ < \text{Cl}^-$ olarak belirlenmiştir. Cl^- konsantrasyonu bakımından Yazısöğüt Köyündeki sular bölgede en yüksek konsantrasyona (20,3-57 mg/l) sahip sular olarak belirlenmiştir.

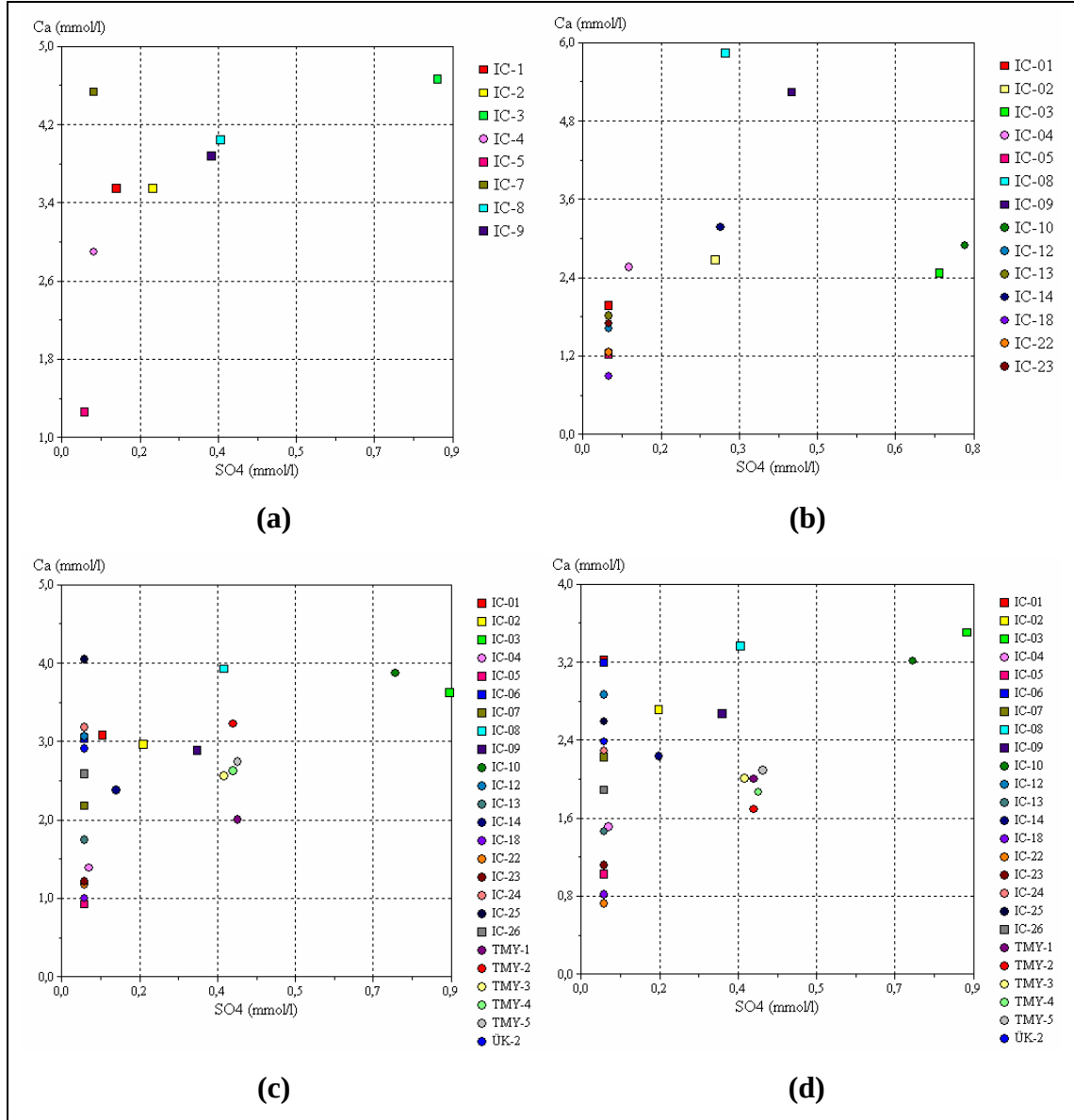


Şekil 4. 24. Mayıs 2006 (a), Ekim 2006 (b), Mayıs 2007 (c) ve Ekim 2007 (d) dönemlerine ait Na-Cl ilişkisini gösteren diyagram

Ca^{2+} ve SO_4^{2-} iyonlarının karşılaştırmalarında;

- $\text{Ca}^{2+} = \text{SO}_4^{2-} \Rightarrow$ jips
- $\text{Ca}^{2+} < \text{SO}_4^{2-} \Rightarrow$ kalsit çökelimi yada iyon değişim reaksiyonu ile Ca^{2+} 'un uzaklaşması,
- $\text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} \Rightarrow$ kalsit/dolomit yada silikatlar gibi Ca^{2+} kaynağına işaret etmektedir (Hounsflow, 1995). Çalışma alanındaki suların analiz sonuçlarına göre $\text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-}$ 'dür (Şekil 4. 25). Bu da suların karbonat (kalsit gibi) veya silikatlardan

(anortit-plajiolklas) geldiğini göstermektedir. Bunun yanı sıra Deregümü Köyü suları (IC-3 ve IC-10) 73-86 mg/l arasında değişen SO_4^{2-} konsantrasyonu ile bölgedeki en yüksek değerlere sahiptir.



Şekil 4. 25. Mayıs 2006 (a), Ekim 2006 (b), Mayıs 2007 (c) ve Ekim 2007 (d) dönemlerine ait Ca- SO_4 ilişkisini gösteren diyagram

HCO_3^- , asit hidrolizi adı verilen süreçte çeşitli minerallerle CO_2 ve H_2O 'nun etkileşimi ile oluşur. Karbonat, silis çözünmeden çözünebilir. Bunun yanında plajiolklastan önemli miktarda silis çözünür. Diğer silikatlardan ise silis, daha az miktarda çözünür.

- $\text{HCO}_3^- / \text{SiO}_2 > 10 \Rightarrow$ karbonat ayrışması
- $\text{HCO}_3^- / \text{SiO}_2$ 5 ile 10 arasında $\Rightarrow$ belirsiz
- $\text{HCO}_3^- / \text{SiO}_2 < 5 \Rightarrow$ silikat ayrışmasını göstermektedir.

$\text{HCO}_3^- \gg \text{SiO}_2$ olması durumunda ise karbonat ayrışması silikat ayrışmasından daha fazladır (Hounslow, 1995). Bu bilgiler ışığında yapılan analiz sonuçları değerlendirildiğinde Aliköy (IC-6 ve IC-12), Sav-Pınarbaşı kaynağı (IC-18) ve Küçükacılar Köyü (IC-25) lokasyonlarından alınan sular $\text{HCO}_3^-/\text{SiO}_2 > 10$ olarak belirlenirken, diğer lokasyonlardaki sular $\text{HCO}_3^-/\text{SiO}_2 < 5$ olarak belirlenmiştir. Buna göre bölgedeki sular hem silikat ayrışması hem de karbonat ayrışması ile şekillenmiştir.

SiO_2 ve halit olmayan sodyumun ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$) karşılaştırılmasında;

- $\text{SiO}_2 < \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^- \Rightarrow$ Na fazlalığının esas kaynağı katyon değişimi olduğunu ve karbonat yoksa bu durumda kalsiyumun sülfattan daha az olduğunu gösterir.
- $\text{SiO}_2 > \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ ve $< 2 * \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^- \Rightarrow$ muhtemelen Na-K feldspat ayrışmasını gösterir. Burada oluşan ürün ya kaolinit yada montmorillonittir.
- $\text{SiO}_2 > 2 * \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^- \Rightarrow$ ayrılmış kayaçlar, olivin, piroksen, amfibol gibi ferromagnezyen mineralleri önemli miktarlarda içerirler. Bu durumda kalsiyumun kaynağı büyük olasılıkla anortittir (Hounslow, 1995).

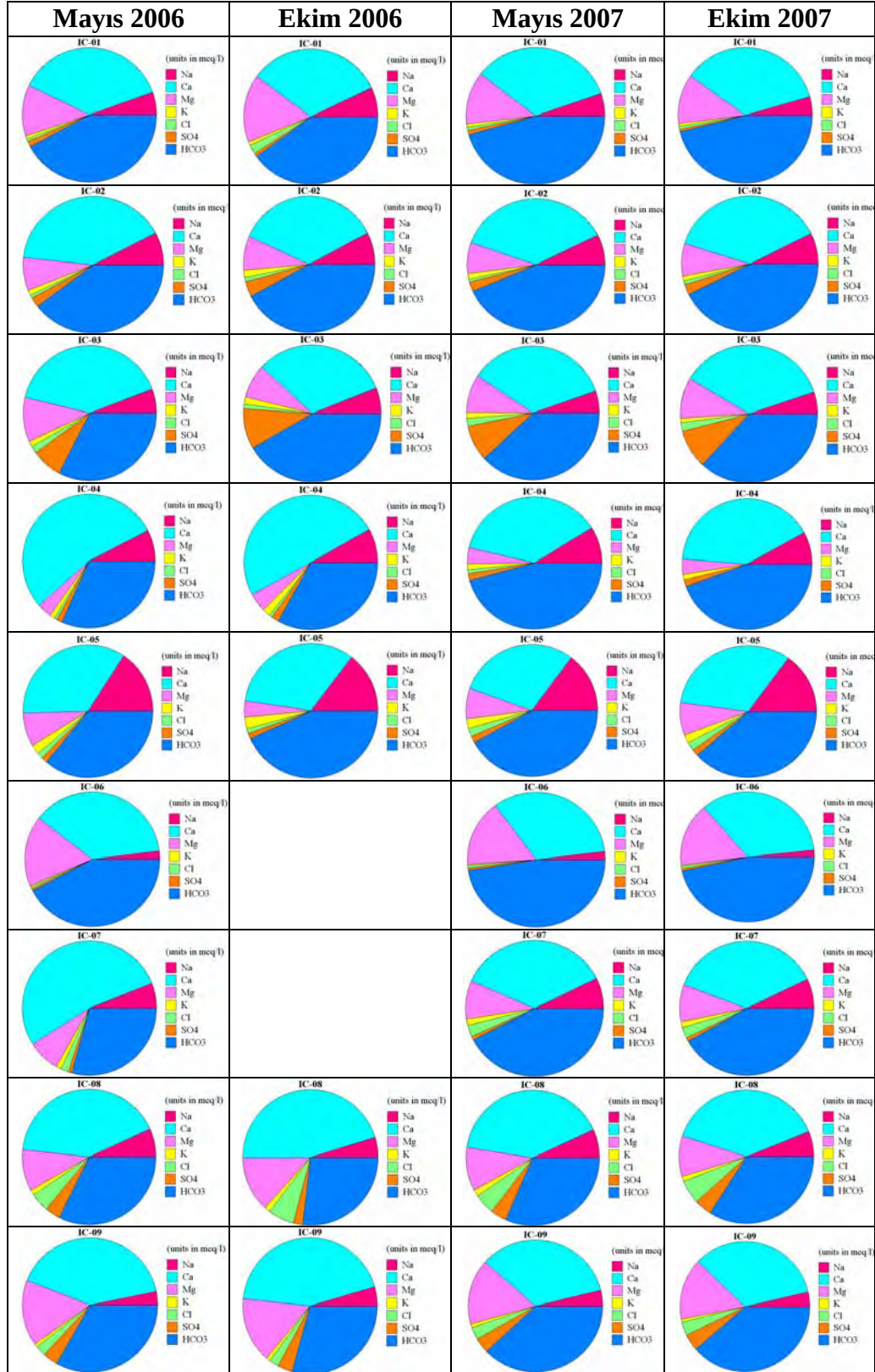
Çalışma alanı içerisinde yer alan suların analiz sonuçlarını değerlendirmek için yapılan SiO_2 ve $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ karşılaştırmalarına göre $\text{SiO}_2 > \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ ve $< 2 * \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ olduğu belirlenmiştir. Bu duruma göre bu sularda Na-K feldspat ayrışması görülmektedir.

En yüksek $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ oranı sedimanter kayaçlarda Ca^{2+} 'un Mg^{2+} 'a yaklaşık olarak eşit olduğu dolomitin çözünmesi ile meydana gelmektedir. Böyle bir durumda TDS'nin ortalama olarak 500 mg/l olduğu belirtilmektedir (Meisler ve Becher, 1967). Eğer $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ oranı 1'e yaklaşırsa Ca^{2+} muhtemelen çözeltiden uzaklaşmıştır. Bu proses dedolomitleşme olarak isimlendirilir. Eğer Mg^{2+} , Ca^{2+} 'dan

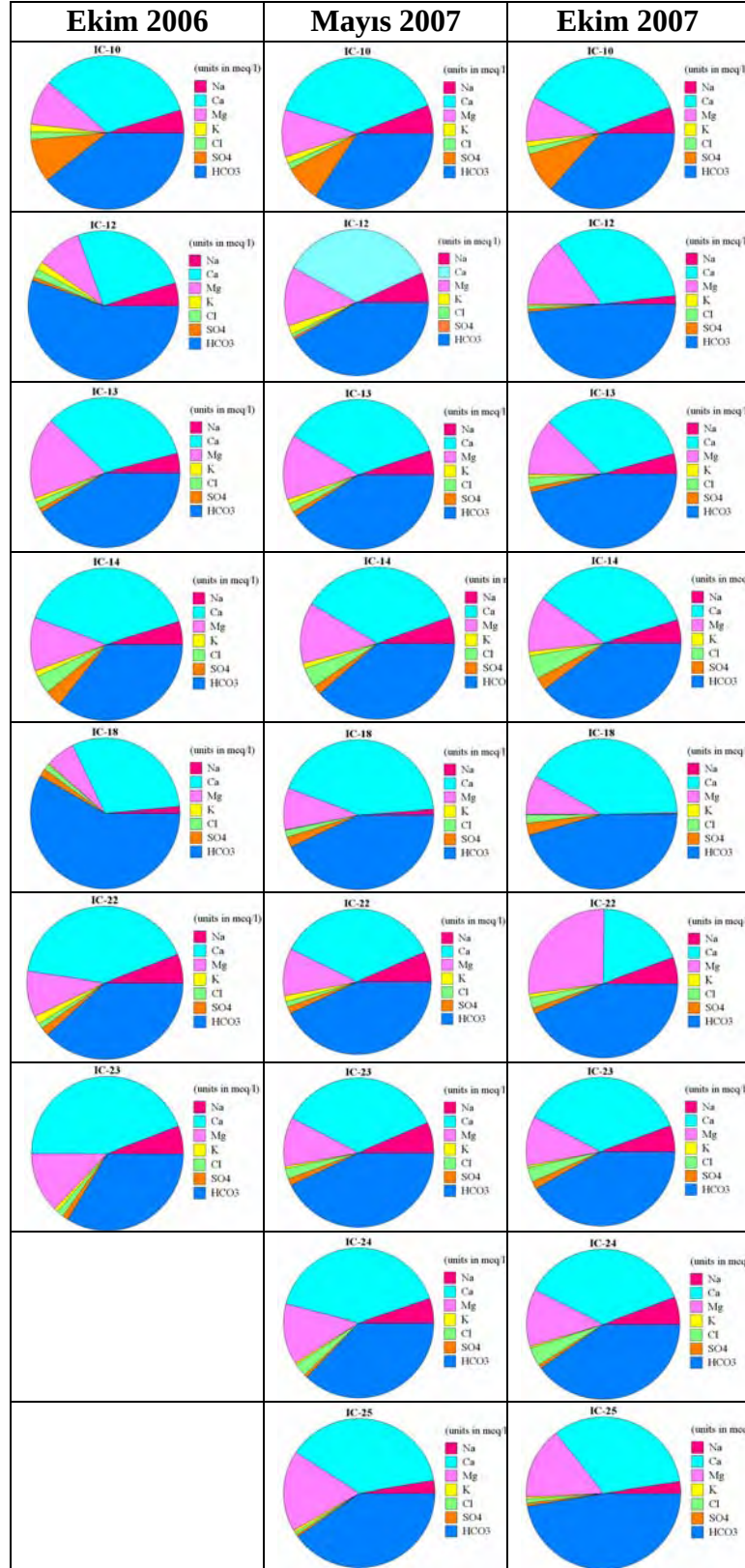
daha büyük ise iki olasılık vardır. Birincisi, TDS'nin 100-200 mg/l gibi düşük değerlere sahip olduğu mafik ve ultramafik kayalardan ferromagnezyen minerallerin çözünmesidir. İkincisi ise TDS'nin 500 mg/l'nin üzerinde olduğu deniz suyu girişimini göstermesidir (Hounslow, 1995).

Suların beslenme alanlarına yakın olan yüksek rakımlı su kaynaklarında en düşük Mg^{2+}/Ca^{2+} oranı gözlenirken, beslenme alanlarına uzak olan düşük rakımlı su kaynaklarında ise Mg^{2+}/Ca^{2+} oranı daha yüksek ve HCO_3^- konsantrasyonu da artmaktadır (Barbieri vd., 2005). Çalışma alanındaki IC-4 (Milas kaynağı) ve IC-18 (Pınarbaşı kaynağı) noktalarında Mg^{2+}/Ca^{2+} oranı en düşük değerlerde ölçülmüştür. Buna bağlı olarak da bu lokasyonlarda HCO_3^- konsantrasyonları diğer lokasyonlara göre düşük değerlerdedir (Ek-8).

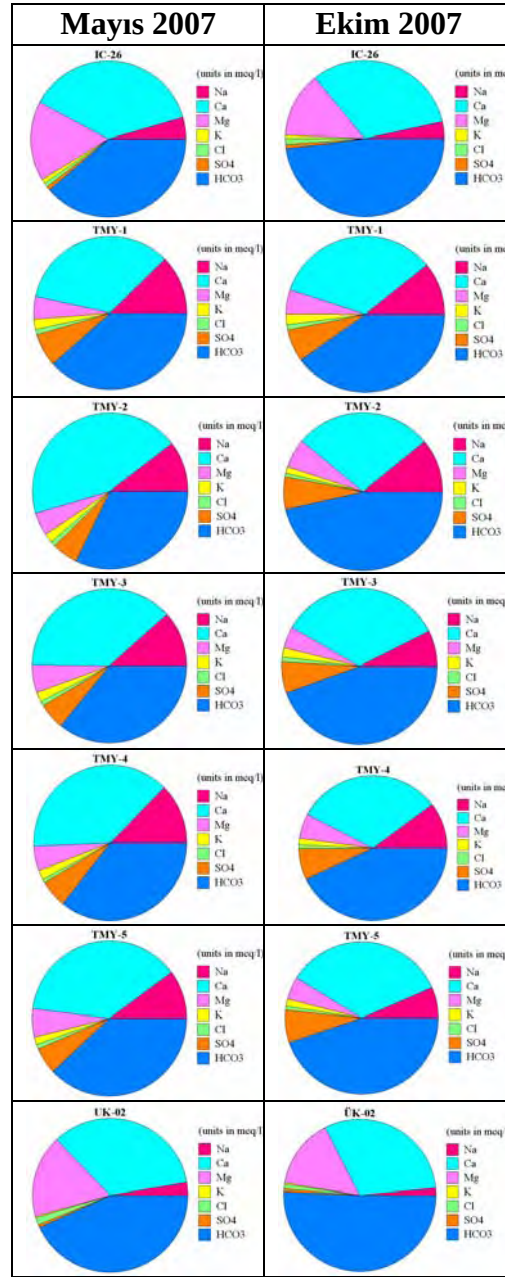
Şekil 4. 26'de yapılan analizlerin majör anyon ve katyon değerlerinin dönemsel olarak karşılaştırmaları pie diyagramı yardımıyla yapılmıştır. Bu karşılaştırmalarda aynı lokasyondan alınan örneklerin dönemler arasındaki değişimi birbiri ile uyumluluk göstermektedir. Aynı zamanda bu diyagramlarda belirli lokasyonlarda bazı iyon konsantrasyonları diğerlerine göre farklılık sunmaktadır. Şekil 4. 26'de görüldüğü gibi Deregümü Köyü sularında (IC-3 ve IC-10) SO_4^{2-} değerleri, Yazısöğüt Köyü sularında (IC-8 ve IC-14) Cl^- değerleri diğer lokasyonlarla karşılaştırıldığında daha yüksek konsantrasyonlar belirlenmiştir.



Şekil 4. 26. Örnek alınan noktaların anyon ve kation değişimini gösteren Pie diyagramı



Şekil 4. 26. (devamı)



Şekil 4. 26. (devamı)

Hidrojeokimyasal verilerin ışığında major anyon ve katyon değişimleri dikkate alınarak Isparta Ovasındaki yüzey ve yeraltısularının olası köken kayaç-su etkileşimi Hounslow (1995)'den yararlanarak belirlenmiştir (Çizelge 4. 11 ve 4. 12). Bunlar, Pie ve iyonik değişim diyagramlarındaki verilerle uyumluluk göstermektedir (Şekil 4. 24-26). Elde edilen verilere göre çalışma alanındaki sularda kayaç ayrışması önemli rol oynamaktadır ve burada plajiyoklas ayrışması etkilidir. Egemen olarak

Çizelge 4. 11. Suyun bulunduğu ortam ile oluşacak kimyasal reaksiyonları belirlemekte kullanılan majör anyon ve katyonlar ve bunların oranları (Hounslow, 1995'ten düzenlenmiştir)

Sıra no	Örnek no	Lokasyon	$\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^- / \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^- + \text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Cl}^-)$	$\text{Ca}^{2+} / (\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-})$	$\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^-)$	$\text{HCO}_3^- / (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^-)$
1	IC-1	Kayıköy	0,11	0,85	0,98	0,016	0,97
2	IC-24	Kayıköy	0,06	0,59	0,98	0,089	0,89
3	IC-2	Çünür	0,16	0,89	0,94	0,021	0,93
4	TMY-1	Çünür	0,23	0,91	0,86	0,023	0,84
5	TMY-2	Çünür	0,29	0,94	0,81	0,013	0,86
6	TMY-3	Çünür	0,19	0,88	0,84	0,019	0,86
7	TMY-4	Çünür	0,25	0,92	0,83	0,018	0,85
8	TMY-5	Çünür	0,17	0,89	0,84	0,015	0,85
9	ÜK-2	Çünür	0,03	0,62	0,98	0,017	0,97
10	IC-3	Deregümü	0,10	0,72	0,80	0,041	0,77
11	IC-10	Deregümü	0,12	0,77	0,81	0,035	0,78
12	IC-4	Milas	0,17	0,89	0,96	0,020	0,94
13	IC-5	Yakaören	0,31	0,88	0,95	0,047	0,91
14	IC-6	Aliköy	0,04	0,72	0,98	0,013	0,97
15	IC-12	Aliköy	0,04	0,70	0,98	0,014	0,97
16	IC-7	Büyükhacılar	0,14	0,73	0,98	0,059	0,92
17	IC-13	Büyükhacılar	0,08	0,67	0,97	0,042	0,93
18	IC-8	Yazısöğüt	0,04	0,52	0,90	0,130	0,77
19	IC-14	Yazısöğüt	0,02	0,50	0,93	0,106	0,83
20	IC-9	Sav	0,03	0,51	0,89	0,073	0,84
21	IC-18	Sav	-0,02	0,34	0,94	0,036	0,91
22	IC-22	Karbuz çeşmesi	0,18	0,70	0,93	0,050	0,92
23	IC-23	Ayazmana	0,07	0,64	0,96	0,069	0,89
24	IC-25	Küçükacılar	0,05	0,73	0,98	0,018	0,97
25	IC-26	Küçükacılar	0,08	0,73	0,97	0,025	0,96

Çizelge 4. 12. Suyun bulunduğu ortam ile oluşacak kimyasal reaksiyonları belirlemekte kullanılan majör anyon ve katyon değişimlerine bağlı olarak kayaç-su etkileşimleri (Hounslow, 1995'ten düzenlenmiştir)

Sıra no	Örnek no	Lokasyon	$(Na^+ + K^+ - Cl^-) / (Na^+ + K^+ - Cl^- + Ca^{2+})$	$Na^+ / (Na^+ + Cl^-)$	$Ca^{2+} / (Ca^{2+} + SO_4^{2-})$	$Cl^- / (Cl^- + SO_4^{2-} + HCO_3^-)$	$HCO_3^- / (Cl^- + SO_4^{2-} + HCO_3^-)$
1	IC-1	Kayıköy	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
2	IC-24	Kayıköy	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
3	IC-2	Çünür	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
4	TMY-1	Çünür	Olası plajiolklas ayrış.	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
5	TMY-2	Çünür	Olası plajiolklas ayrış.	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
6	TMY-3	Çünür	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
7	TMY-4	Çünür	Olası plajiolklas ayrış.	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
8	TMY-5	Çünür	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
9	ÜK-2	Çünür	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
10	IC-3	Deregümü	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
11	IC-10	Deregümü	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
12	IC-4	Milas	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
13	IC-5	Yakaören	Olası plajiolklas ayrış.	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
14	IC-6	Aliköy	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
15	IC-12	Aliköy	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
16	IC-7	B.hacılar	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
17	IC-13	B.hacılar	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
18	IC-8	Yazısöğüt	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
19	IC-14	Yazısöğüt	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
20	IC-9	Sav	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
21	IC-18	Sav	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
22	IC-22	Karbuz çeş.	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
23	IC-23	Ayazmana	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
24	IC-25	K.hacılar	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.
25	IC-26	K.hacılar	Plajiolklas ayrışması	İyon değişimi	Karbonat-silikat	Kayaç ayrışması	Silikat-karbonat ayrış.

tüm sular da iyonik değişime ilaveten karbonat ve silikat ayrışması gözleendiği belirlenmiştir (Çizelge 4. 12)

Kayaç-yeraltı suları etkileşimi, hidrojeokimyasal ortam hakkında yorum yapılmasını sağlar. Bu nedenle yeraltı suyunun çeşitli mineraller bakımından doygunluk durumunun araştırılması gerekir. Do ygunluk indeksi (SI), suların çözünmüş mineraller açısından den ge durumundan sapmalarını sayısal olarak belirtir (Apello ve Postma, 1996; Drever, 1996; Langmuir, 1997).

Bir çözeltinin herhangi bir minerale göre doygunluk durumu, do ygun olmayan ($SI < 0$); do ygun ($SI = 0$) ve aşırı do ygun ($SI > 0$) çözelti olarak sınıflandırılmaktadır (Stumm ve Morgan, 1981).

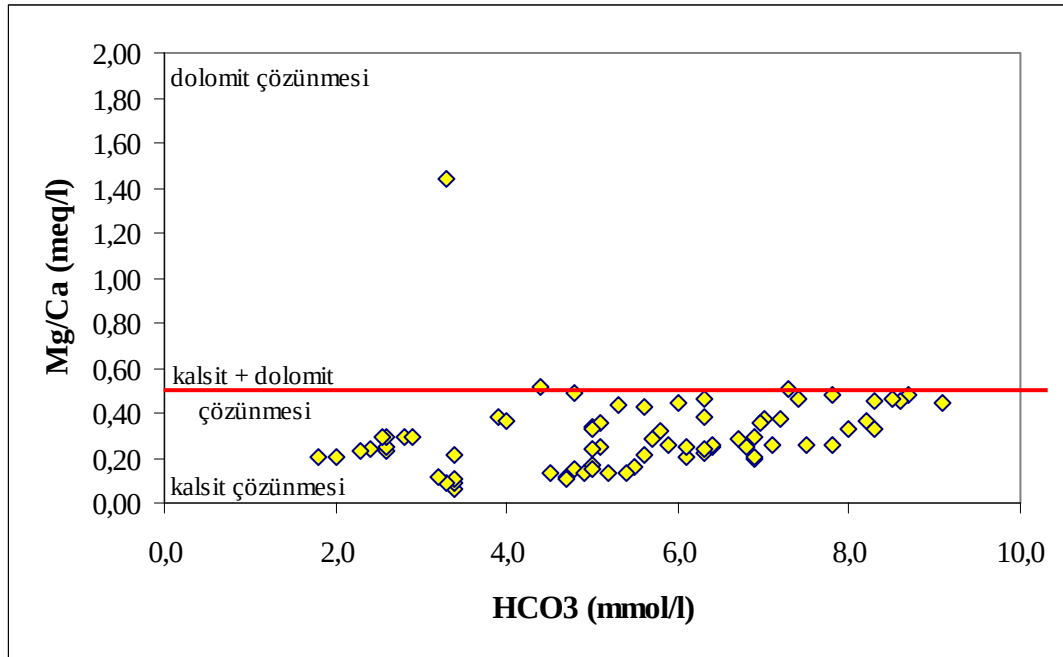
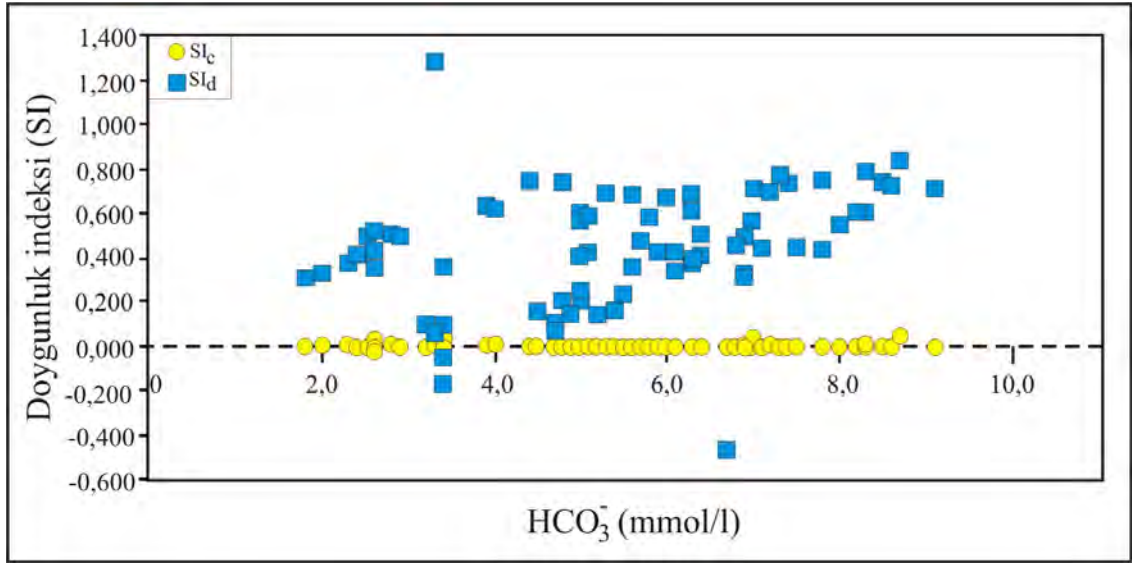
Çalışma alanındaki kaynakların ve yeraltı sularının çeşitli mineraller açısından do ygunluk durumlarını belirlemek için SOLMINEQ.88 PC/SHELL (Kharaka vd. 1988) bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu kapsamda alınan örneklerin kalsit (SI_c), dolomit (SI_d) ve aragonit (SI_a) minerallerine olan do ygunlukları araştırılmıştır (Çizelge 4.13). Elde edilen sonuçlara göre çalışma alanındaki suların büyük çoğunluğu kalsitle den ge konumunda veya den ge konumuna yakındır. Aragonit do yma indeksi açısından ise çalışma alanındaki sular do ygunluk altındadır. Bölgedeki sular dolomit do yma indeksine göre ise do ygunluk üstünde olarak belirlenmiştir (Şekil 4. 27).

Dolomitin do ygunluk altında olduğu bir sistemde dolomit çözünmektedir. Dolomitin çözünürlüğü çözeltiye Ca^{2+} , Mg^{2+} ve HCO_3^- katılması ile mümkündür. Kalsitin çökmesi için ise kalsitin do ygun hale gelmesi gereklidir. Böylece dolomit çözünmesi ve kalsit çökeli mi, Mg/Ca oranı ile ilişkili olarak artacaktır (Barbieri vd., 2005). Şekil 4. 28’de görüldüğü gibi çalışma alanındaki suların tümü kalsit çözündürebilir sular olarak ortaya çıkmaktadır. Sadece Ekim 2007 döneminde alınan IC-22 nolu örnekte (Karbuz çeşmesi) diğer dönemlerde alınan örneklere göre Mg^{2+} ve HCO_3^- konsantrasyonları artmış, buna karşılık Ca^{2+} konsantrasyonu ise azalmıştır. Bu nedenle dolomit çözünürlüğü olan alanda yer almıştır.

Çizelge 4.13. Çalışma alanındaki suların doygunluk indeksi değerleri (SOLMINEQ.88 PC/SHELL (Kharaka vd., 1988) bilgisayar programı ile hesaplanmıştır)

Sıra no	Örnek no	SIc	SIa	SIId
1	IC-1	0,001	-0,143	0,596
2	IC-24	0,000	-0,144	0,602
3	IC-2	-0,001	-0,151	0,340
4	TMY-1	0,000	-0,152	0,100
5	TMY-2	0,000	-0,151	0,354
6	TMY-3	0,000	-0,150	0,138
7	TMY-4	0,000	-0,151	0,252
8	TMY-5	0,000	-0,151	0,165
9	ÜK-2	-0,001	-0,145	0,751
10	IC-3	-0,001	-0,151	0,448
11	IC-10	-0,001	-0,144	0,505
12	IC-4	0,002	-0,150	0,053
13	IC-5	0,000	-0,149	0,419
14	IC-6	-0,001	-0,147	0,720
15	IC-12	0,000	-0,139	0,784
16	IC-7	0,000	-0,151	0,402
17	IC-13	0,001	-0,146	0,618
18	IC-8	-0,001	-0,152	0,426
19	IC-14	0,000	-0,149	0,558
20	IC-9	0,000	-0,151	0,672
21	IC-18	-0,001	-0,155	0,309
22	IC-22	0,023	-0,120	1,285
23	IC-23	-0,001	-0,151	0,491
24	IC-25	-0,001	-0,145	0,737
25	IC-26	0,000	-0,148	0,675

Isparta ilinin içme suyu ihtiyacı içme suyu kaynaklarından cazibe, Eğirdir Gölünden ise önce terfi daha sonra cazibe ile sağlanmaktadır. Eğirdir Gölünden gelen su, içme suyu artıma tesisine getirilip gerekli işlemleri yapıldıktan sonra şehrin içme suyu şebekesine verilmektedir. Eğirdir gölünden güvenle çekilecek su miktarı DSİ tarafından yapılan çalışmalar sonucunda 275×10^6 m³/yıl olarak tespit edilmiştir. Isparta'nın içme suyu ihtiyacının bir kısmı da Yarıkdibi (70 l/s), Akyokuş (50 l/s) ve



Aktaş (20 l/s) kaptajlarından elde edilen su ile sağlanmaktadır. Kaptajlardan alınan su, 20 l/s'lik keson kuyu ile birleşerek Yenice ve Dere mahallelerindeki su depolarına buradan da şehrin çeşitli bölgelerine iletilmektedir. Aynı şekilde Andık kaptajından alınan su da maslaklarda toplanarak şehrin çeşitli depolarına dağıtılmaktadır. Yenice ve Dere mahallelerinin su deposuna gelen kaynak suları Isparta şehir merkezindeki Karbuz çeşmesine de verilmektedir (Isparta Belediyesi, 2001). Kaynak suyu niteliğindeki bu çeşmeden çalışmanın Ekim 2006, Mayıs 2007 ve Ekim 2007 dönemlerinde örnek alınarak in-situ, hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal analizleri yapılmıştır (Ek-7-8; Çizelge 4.14). Yapılan analiz sonuçlarına göre Ekim 2007 döneminde alınan örnekte Mg^{2+} ve HCO_3^- konsantrasyonlarında artış gözlenirken Ca^{2+} konsantrasyonunda azalma belirlenmiştir. Benzer şekilde Mayıs 2007 ve Ekim 2007 dönemlerinde Karbuz çeşmesinden (IC-22) alınan örneklerin izotop analiz değerleri de farklılık sunmaktadır (Ek-8; Şekil 4.29). Suyun yetersiz olduğu dönemlerde Karbuz çeşmesi suyunun, Eğirdir gölünden alınan suyun arıtma tesisi çıkış suyu ile karışmasından dolayı bu farklılığın ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bu nedenle Karbuz çeşmesinin hem hidrojeokimyasal analizleri hem de izotop jeokimyasal analizleri örnek alım dönemleri arasında farklılık sunmaktadır.

4.6. Çalışma Alanındaki Suların İzotop Jeokimyasal Özellikleri

İzotoplar, aynı elemente ait olmalarına karşın nötron sayılarının farklı olması nedeniyle atomik ağırlıkları farklı olan atomlardır. Yani izotopların kimyasal bileşimleri aynı olmasına karşın kütlelerinde farklılıklar vardır. İzotoplar genel olarak duraylı ve duraysız izotoplar olmak üzere iki gruba ayrılır. Duraysız izotoplar radyoaktif bozuşma yoluyla (α -bozuşması, β -bozuşması ve nükleer fizyon gibi) başka bir elemente dönüşen izotoplardır. Radyoaktif bir izotopun bozuşması ile oluşan izotopa ise Radyojenik İzotop adı verilir. Radyojenik izotoplar radyoaktif veya duraylı izotop özelliği gösterebilir. ^{87}Rb , ^{147}Sm , $^{235,238}U$, ^{232}Th ve ^{40}K gibi radyoaktif izotoplar, yaygın olarak radyometrik yaş ölçümlerinde kullanılırlar. Duraylı izotoplar, buharlaşma ve yoğunlaşma gibi fiziko-kimyasal proseslerle konsantrasyonları değişmesine rağmen zaman içinde değişmeyen izotoplardır. Yani

duraylı (kararlı) izotoplar, radyoaktif bozuşma göstermeyen izotoplardır. Hidrojenin ^1H , ^2H (D, döteryum) ve ^3H (T, trityum) izotopları vardır ve trityum izotopu radyoaktiftir. Oksijenin (^{16}O , ^{18}O), karbonun (^{12}C , ^{13}C), kükürdün (^{32}S , ^{34}S) izotopları yaygın kullanım alanları bulmaktadır (Moser ve Rauert, 1980; Clark ve Fritz, 1997).

Döteryum ($\text{D}=\text{H}$), oksijen-18 (^{18}O) ve trityum (^3H) izotopları hidrojeolojide çok kullanılan izotoplardır. Bu izotoplar, (i) bölgedeki yeraltısuyunun kökeni ile ilişkili olabilecek yeraltısuyu tipine işaret edecek veriler sağlamak, (ii) kökene bağlı olarak farklı bölgelerin su karışımlarını saptamak, (iii) suyun akım hızı ve yönü hakkında bilgi sağlamak, (iv) suyun yeraltında oluşum zamanına (suyun yaşı) ait veriler sağlamakta kullanılır. Oksijen-18 (^{18}O) ve döteryum ($\text{D}=\text{H}$) duraylı izotopları, hidrolojik olaylar içindeki miktarlarının ortamın fiziksel ve kimyasal koşullarına bağlı olarak değişmesinden dolayı, suyun geldiği ortam hakkında önemli bilgiler verirler (Moser ve Rauert, 1980; Faure, 1986; Clark ve Fritz, 1997).

Genel olarak duraylı izotoplar, verilen elementin iki en bol izotopunun oranı olarak ölçülür. Örneğin oksijen ve hidrojenin izotopik bileşimleri, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ve $^2\text{H}/^1\text{H}$ oranlarının farklılıkları açısından belirtilmektedir. Referans olarak kullanılan ve deniz suyunun izotopik bileşimi olarak belirlenen ve SMOW (Standard Mean Ocean Water) olarak adlandırılan bu standard ilk defa Craig (1961) tarafından Amerika'daki Ulusal Standartlar Ofisinde (NBS) kullanılan NBS-1 standardına göre tanımlanmıştır:

$$\begin{aligned} \text{D/H}_{(\text{SMOW})} &= 1.050 \text{ D/H}_{(\text{NBS}-1)} \\ ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_{(\text{SMOW})} &= 1.008 ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_{(\text{NBS}-1)} \end{aligned}$$

Jeolojik malzemelerdeki duraylı izotop bileşimleri, belli bir standardın bileşiminden olan sapmalar şeklinde, δ (delta) parametresi ile ifade edilir:

$$\delta_{\text{ağır izotop}} (\text{‰}) = \frac{(\text{ağır izotop/hafif izotop})_{\text{örnek}} - (\text{ağır izotop/hafif izotop})_{\text{standart}}}{(\text{ağır izotop/hafif izotop})_{\text{standart}}} \times 10^3$$

Oksijen ve hidrojen izotopları için bu durum

$$\delta D (\text{‰}) = \frac{(D/H)_{\text{örnek}} - (D/H)_{\text{SMOW}}}{(D/H)_{\text{SMOW}}} \times 10^3$$

$$\delta^{18}\text{O} (\text{‰}) = \frac{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{örnek}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}} \times 10^3$$

şeklinde olmaktadır.

Standarda göre suyu karakterize eden negatif değerler izotopik olarak tükenmeyi, pozitif değerler ise su örneğine göre izotopik zenginleşmeyi göstermektedir. Ölçüm doğruluğu $\delta^{18}\text{O}$ için $\pm 0,15$ ve $\delta^2\text{H}$ için ± 1 'dir (IAEA, 1981). Okyanuslardaki buharlaşma süreci ve bunu takiben bulutlarda meydana gelen yoğunlaşma süreci sonucunda, meteorik yağışlar ile oluşan yüzey suları deniz suyuna oranla daha düşük $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerine sahip olmaktadır. Dünya üzerindeki farklı lokasyonlardan alınan çok sayıdaki meteorik sularda gerçekleştirilmiş olan izotop analizleri, meteorik suların $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerinin $\delta D = 8 (\delta^{18}\text{O}) + 10$ denklemi ile tanımlanan çizgisel bir ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir (Craig, 1961). Meteorik suların $\delta^{18}\text{O}$ değerleri 0 ile -60 ‰, δD değerleri ise $+10$ ile -400 ‰ arasında değişmektedir. Meteorik suların $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerleri yıllık ortalama hava sıcaklığına bağlı olarak değişim göstermektedir. Sıcaklık düştükçe izotop ayrışma faktörü, dolayısıyla suların ağır izotop/hafif izotop oranları artmaktadır. Ayrıca bu değerler, bulunulan bölgenin enlemine ve deniz seviyesinden olan yükseltisine bağlı olarak da değişmektedir. Enlem ve yükseklik arttıkça, $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerleri düşmektedir (Dangsgaard, 1964; Faure, 1986). Doğu Akdeniz havzasında $\delta^{18}\text{O}$ ve δD arasındaki ilişki ise $\delta D = 8 \delta^{18}\text{O} + 22$ eşitliği ile ifade edilmektedir (IAEA, 1981).

Yapılan çalışmalar, doğal suların 5 ana kaynağa sahip olduğunu göstermektedir. Bunlar 1) meteorik sular, 2) deniz suyu, 3) derin kökenli fosil sular, 4) metamorfizma sürecinde salınan metamorfik sular ve 5) magmatik sulardır. Bu suların her biri kendilerine özgü izotop bileşimlerine sahiptir. Meteorik suların $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop bileşimleri çizgisel bir ilişki sergilemektedir. Deniz suyu meteorik sulara oranla ağır izotoplar açısından daha zengindir ve deniz suyu ortalaması referans standart olarak

kullanılmaktadır. Vadoz sular ise sedimanter havzalarda, diyajenetik süreçler sırasında, sedimanlar içerisinde hapsedilmiş olan sulardır. Magmatik suların izotop bileşimi, magmatik kayaçların izotop bileşimlerinden yola çıkılarak tanımlanmıştır ve $\delta^{18}\text{O}$ değerleri +5.5 ile +13 ‰ arasında ve δD değerleri -40 ile -80 ‰ arasında değişmektedir. Metamorfik suların izotop bileşimleri 300-600°C civarındaki sıcaklıklarda metamorfizma sırasında, oksijen ve hidrojen içeren mineraller ile akışkan arasındaki denge durumuyla kontrol edilmektedir. Metamorfik suların $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ise +3 ile +25 ‰ arasında ve δD değerleri ise -20 ile -65 ‰ arasında değişmektedir (Taylor, 1974; Sheppard, 1981; Güleç ve Mutlu, 2003).

Hidrojen elementinin kısa-ömürlü, radyoaktif izotopu olan Trityum ($^3\text{H}=\text{T}$)'un yarılanma ömrü 12.43 yıldır. Yeraltısularının yaşı, suların beslenme ve boşalım noktaları veya beslenme ve örnekleme noktaları arasında yeraltında kaldıkları süre olarak tanımlanmaktadır. Bu süreyi belirlemede en yaygın olarak kullanılan izotoplar radyoaktif trityum (^3H) izotopu ile trityumun bozuşması sonucu oluşan radyojenik ^3He izotopudur. Trityumun meteorik sulardaki derişimi *Trityum Birimi* (Tritium Unit, TU) cinsinden ifade edilmektedir. 1 TU = 1 atom ^3H / 10^8 atom H'dir (Faure, 1986; Güleç ve Mutlu, 2003).

^3H , atmosferde ^{14}N izotopunun kozmik ışınlar ile tepkimesi sonucu oluşmaktadır. Kozmik ışın tepkimelerine ilave olarak, nükleer denemeler de atmosfere trityum salınımına neden olmaktadır. Atmosferdeki trityum kolaylıkla su molekülünün yapısına geçmekte ve yağışlar ile atmosferden ayrılmaktadır. Nükleer denemeler sonucu oluşan trityum, atmosferik ve hidrolojik süreçleri izlemede ve yeraltısularının yaşları hakkında genel bir bilgi edinmekte kullanılmaktadır. Yeraltısuyu trityum içermiyorsa veya 1.1 TU'den daha az trityum içeriyorsa, bu durum, yeraltısuyunun nükleer bomba denemelerinden daha yaşlı yağışlar ile beslendiğini göstermektedir. Yeraltısuyu 1.1 TU'dan daha yüksek miktarda trityum içeriyorsa, bu durum, nükleer denemeler sonrası yağış sularının yeraltısuyuna karıştığını göstermektedir. Yaşlı sular beslenmenin zayıf, genç sular ise güçlü olduğunun göstergesidir (Dansgaard, 1964; Clark ve Fritz, 1997; Güleç ve Mutlu, 2003). Trityumun atmosferdeki derişim düzeyi, özellikle kuzey yarımkürede, 1950'li ve 1960'lı yıllar arasında büyük bir

değişiklik sergilemiş ve nükleer denemelerin başlamasından önce (1963'den önce) 25 TU civarındaki derişimler, nükleer denemelerin başlamasını takiben 1964 yılında 2200 TU'ya kadar yükselmiştir (Faure, 1986).

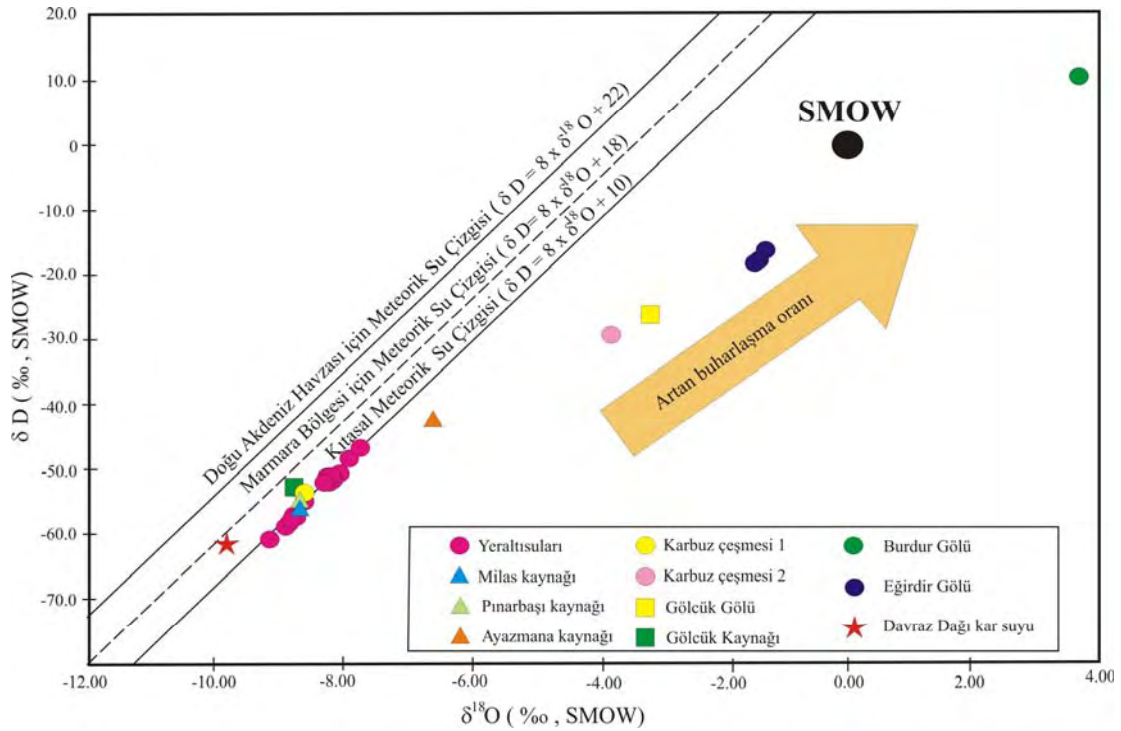
1952-1962 yılları arasında yapılan termonükleer bomba denemeleri sırasında büyük miktarda triyum atmosfere karışmıştır. 1963 yılındaki Sovyet-Amerikan anlaşması ile termonükleer denemeler yasaklanmıştır. Buna rağmen 1980'e kadar Çin ve Fransa'nın küçük ölçekte testleri devam etmiştir. 1962'de yapılan son denemede çok büyük bir trityum salınım piki oluşmuş ve bu durumun sonuçları 1963 yılı bahar yağışları ile kendini göstermiştir. 1963 yılında oluşan bu pik, birçok hidrolojik çalışmalarda bir işaret olarak kullanılmaktadır. 1990'lardan sonra ise bu trityumun büyük bir kısmı atmosferden yıkanmış ve yağışlarla trityum konsantrasyonu doğal seviyelere dönmeye başlamıştır. Yeraltısularında termonükleer trityumun varlığı, aktif beslenmenin kanıtıdır (Clark ve Fritz, 1997). Antropojenik trityumun yayılması sağlık açısından radyolojik bir tehlike oluşturmaz. ^3H , günümüzde nükleer enerji santralleri, nükleer yakıt üretimi, nükleer silah-malzeme üretimi gibi işlemlerle atmosfere az miktarda yayılmaktadır. Trityumun bir diğer oluşum kaynağı ise yeraltı kökenlidir. Yeraltında U ve Th'un füzyonu ile de trityum oluşabilir (Clark ve Fritz, 1997).

Çalışma alanındaki kaynak ve yeraltısularının $\delta^{18}\text{O}$, δD ve ^3H izotoplarının analizi için 20 adet örnek alınmıştır (Çizelge 4. 14). $\delta^{18}\text{O}$, δD ve ^3H izotop analizleri Neuherberg (Almanya) Hidroloji Enstitüsü'nde yapılmıştır. Bölgedeki suların $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop oranları, genel olarak kıtasal meteorik su çizgisi ile çakışmaktadır (Şekil 4. 29). Bu çizgi buharlaşma etkisi altında olmayan atmosferik suları temsil etmektedir. Mayıs 2007 ve Ekim 2007 dönemlerinde Karbuz çeşmesinden (IC-22) alınan örneklerin izotop analiz değerleri farklılık sunmaktadır (Çizelge 4.14; Şekil 4.29). Suyun yetersiz olduğu dönemlerde Karbuz çeşmesi suyunun, Eğirdir gölünden alınan suyun arıtma tesisi çıkış suyu ile karışmasından dolayı bu farklılığın ortaya çıktığı düşünülmektedir. Karışımın olduğu dönemde (Ekim 2007) $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop oranlarında artış olmaktadır. Bu karışım nedeni ile bu suyun $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop değerleri, Eğirdir Gölü $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop değerlerine yakın değerler vermiştir.

Karşılaştırma yapmak amacıyla yeni yapılan izotop analizleri ile önceki çalışmalardan alınan Eğirdir ve Burdur Gölü sularının (Altinkale, 2001), Gölcük kaynağı, Gölcük Gölü ve Davraz Dağı kar suyu örneklerinin (Karagüzel vd., 1999) izotop verileri de aynı diyagram üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 4. 29). Çalışma alanındaki suların $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop oranları, genel olarak kıtasal meteorik su çizgisi ile çakışma gösterirken Eğirdir ve Burdur Gölü suları meteorik su çizgisinden sapmalar göstermektedirler.

Çizelge 4. 14. Çalışma alanından alınan örneklerin izotop ($\delta^{18}\text{O}$, δD , ^3H) analiz sonuçları

Sıra no	Tarih	Örnek no	Lokasyon	$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	δD [‰]	^3H [TU]	Df [‰]
1	22.07.2006	IC - 1	Kayıköy	-9,02	-60,6	1,0	11,6
2	22.07.2006	IC - 2	Çünür	-8,83	-57,5	0,8	13,1
3	22.07.2006	IC - 3	Deregümü	-8,56	-55,6	4,9	12,9
4	22.07.2006	IC - 4	Milas kaynağı	-8,77	-55,2	6,7	15,0
5	22.07.2006	IC - 5	Yakaören	-8,84	-58,0	0,7	12,7
6	22.07.2006	IC - 6	Aliköy	-8,95	-57,6	2,5	14,1
7	22.07.2006	IC - 7	Büyükhacılar	-8,31	-51,7	0,8	14,8
8	22.07.2006	IC - 8	Yazısöğüt	-8,08	-51,4	6,5	13,3
9	22.07.2006	IC - 9	Sav	-7,90	-49,3	9,4	13,9
10	19.08.2007	IC-18	Pınarbaşı kaynağı	-8,84	-53,6	5,4	17,2
11	03.12.2006	IC-22 (I)	Karbuç çeşmesi	-8,70	-52,8	3,2	16,9
12	19.08.2007	IC-22	Karbuç çeşmesi	-3,93	-29,8	4,3	1,6
13	19.08.2007	IC-23	Ayazmana kaynağı	-6,68	-43,2	5,5	10,2
14	19.08.2007	IC-26	Küçükacılar	-8,65	-54,3	3,1	14,9
15	21.08.2005	TMY-1	Üniversite su kuyusu	-8,13	-52,8	<0,9	12,3
16	21.08.2005	TMY-2	Üniversite su kuyusu	-8,13	-52,8	<0,9	12,3
17	21.08.2005	TMY-3	Üniversite su kuyusu	-8,22	-53,6	<0,9	12,2
18	21.08.2005	TMY-4	Üniversite su kuyusu	-8,12	-52,1	<0,9	12,9
19	21.08.2005	TMY-5	Üniversite su kuyusu	-8,28	-53,2	<1,2	13,0
20	21.08.2005	ÜK-2	Üniversite su kuyusu	-8,93	-58,0	0,9	13,4
21	Altinkale, 2001	B-24	Burdur Gölü	3,84	10,4	16,4	-20,3
22	Altinkale, 2001	E-1	Eğirdir Gölü	-1,45	-15,6	6,7	-4,0
23	Altinkale, 2001	E-8	Eğirdir Gölü	-1,48	-16,5	6,7	-4,7
24	Altinkale, 2001	E-19	Eğirdir Gölü	-1,38	-15,3	7,2	-4,3
25	Karagüzel vd., 1999	TR-7	Gölcük Kaynağı	-8,92	-53,1	13,5	-
26	Karagüzel vd., 1999	TR-8	Gölcük Gölü	-3,29	-26,9	10,5	-
27	Karagüzel vd., 1999	TR-10	Davraz Dağı Kar Suyu	-9,89	-62,6	5,2	-

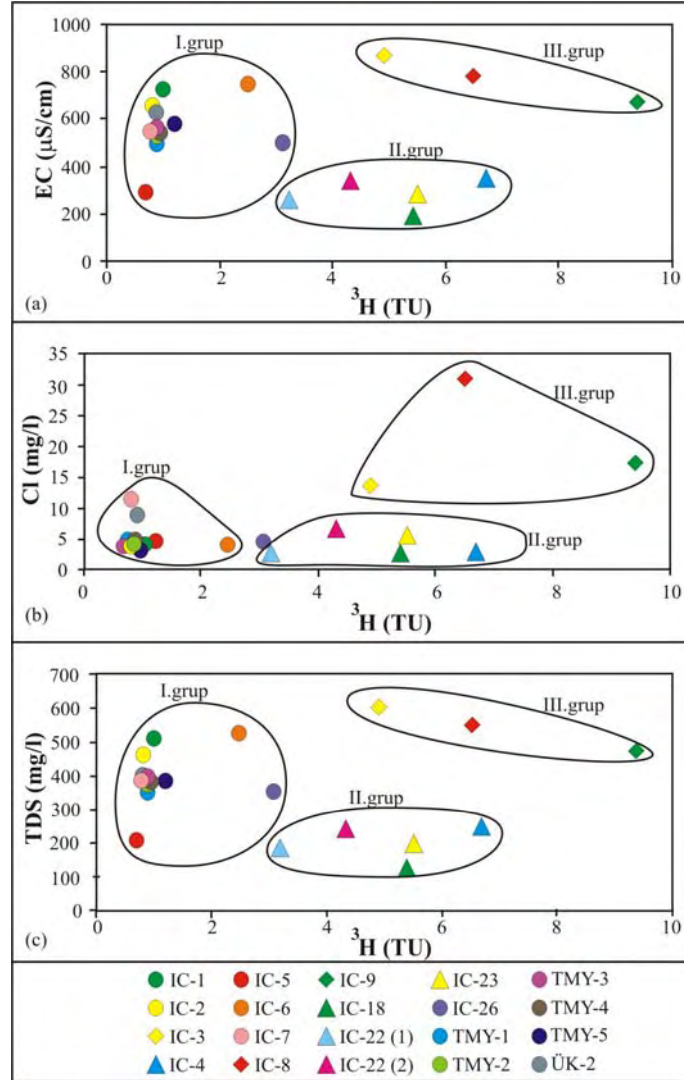


Şekil 4. 29. Çalışma alanındaki kaynak, yeraltısuyu ve yüzey sularının δD ve $\delta^{18}O$ ilişkisi (Gölçük kaynağı, Gölçük Gölü ve Davraz Dağı kar suyu örneklerinin izotop analizleri Karagüzel vd. (1999)’dan; Eğirdir ve Burdur Gölü sularının izotop analizleri Altinkale, 2001’den alınmıştır.)

Burdur Gölü’nde $\delta^{18}O$ izotopundaki zenginleşmenin nedeni, Burdur Gölü’ndeki yoğun buharlaşmadır. İç beslenmenin çok az olması, oldukça yüksek ve hızlı bir buharlaşma oranına sahip olması nedeniyle Burdur Gölü suları, SMOW alanının sağına düşmektedir. Eğirdir Gölü sularında da buharlaşma nedeniyle $\delta^{18}O$ zenginleşmesi görülmektedir. Ancak Eğirdir Gölü’nün iç beslenmesi ve dışarıya boşalımı olduğu için $\delta^{18}O$ miktarı Burdur Gölü’ndeki kadar fazla değildir. Eğirdir Gölü’nün buharlaşma oranı, Burdur Gölü’ne göre daha düşüktür (Altinkale, 2001). Davraz dağı kar suyu ve Gölçük kaynağı duraylı izotop verileri de ($\delta^{18}O$ ve δD) yine meteorik su çizgisi ile çakışma göstermesinden dolayı meteorik sular olarak değerlendirilmektedir. Gölçük Gölü suları ise az miktardaki buharlaşma değerlerinden dolayı izotopik açıdan yeraltısularına göre daha yüksek $\delta^{18}O$ ve δD izotopu değerlerine sahiptir (Karagüzel vd., 1999).

Bölgedeki suların ^3H değerleri 0,7 TU (Yakaören)'den 9,4 TU (Sav)'ya kadar değişen değerlere sahiptir (Çizelge 4.14).

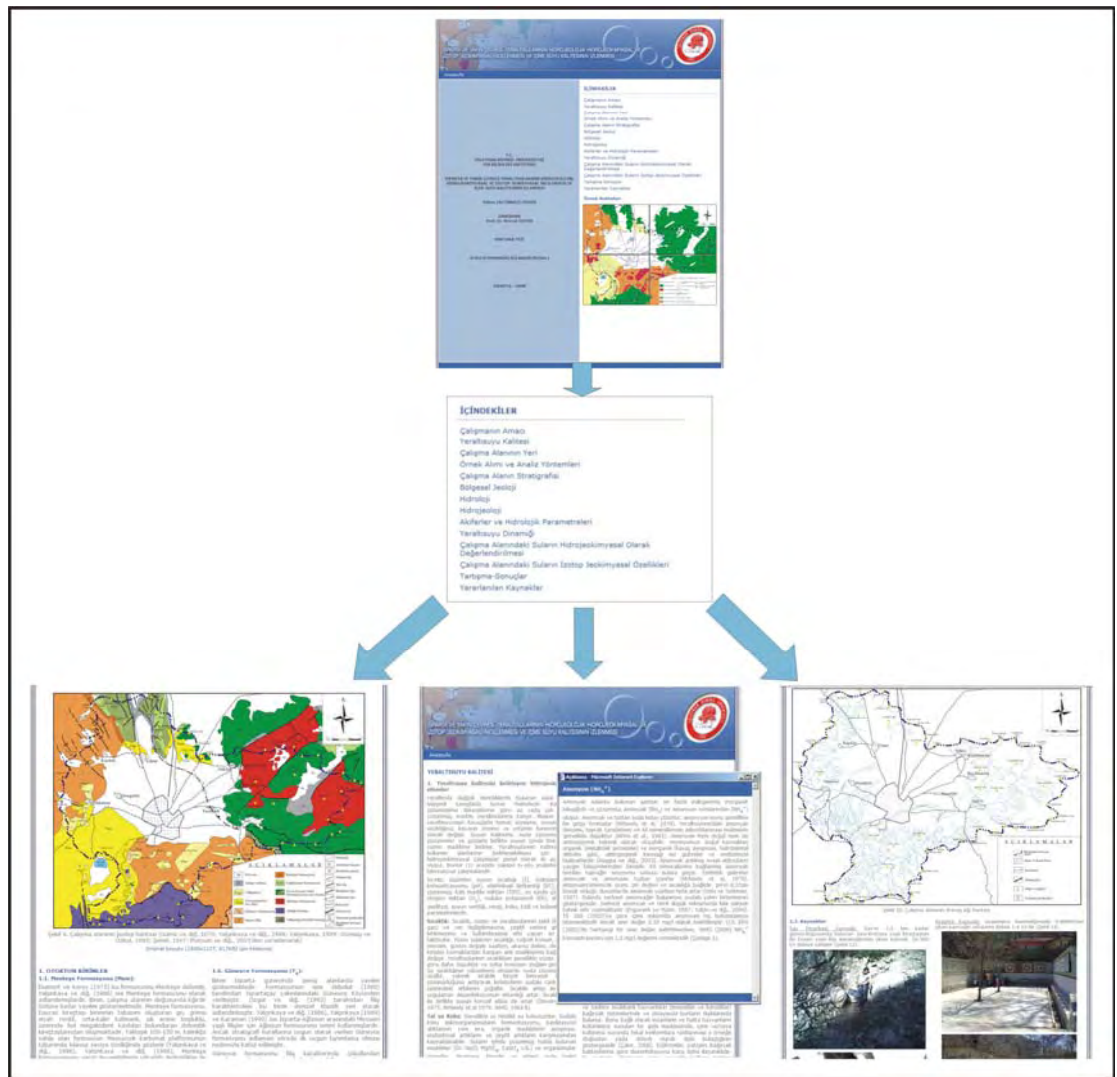
Şekil 4. 30'da ^3H -EC, ^3H -Cl ve ^3H -TDS karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu grafiklerde sular üç gruba ayrılmıştır. I. grup alanda yer alan sular tamamiyle yeraltı suları olup hidrojeokimyasal olarak da benzer özellikler göstermektedir ve derin dolaşım suları olarak düşünülebilir. II. grupta bulunan sular kaynak suları olmasından dolayı bu suların EC, TDS ve Cl değerleri düşük düzeydedir. III. grup suların genel olarak ^3H , EC, Cl ve TDS değerleri diğer lokasyonlara göre daha yüksektir.



Şekil 4. 30. Çalışma alanındaki suların ^3H -EC (a), ^3H -Cl (b) ve ^3H -TDS (c) değişim grafiği (Yüce, 2001'den yararlanarak)

4. 7. Verinin Web Ortamına Aktarılması

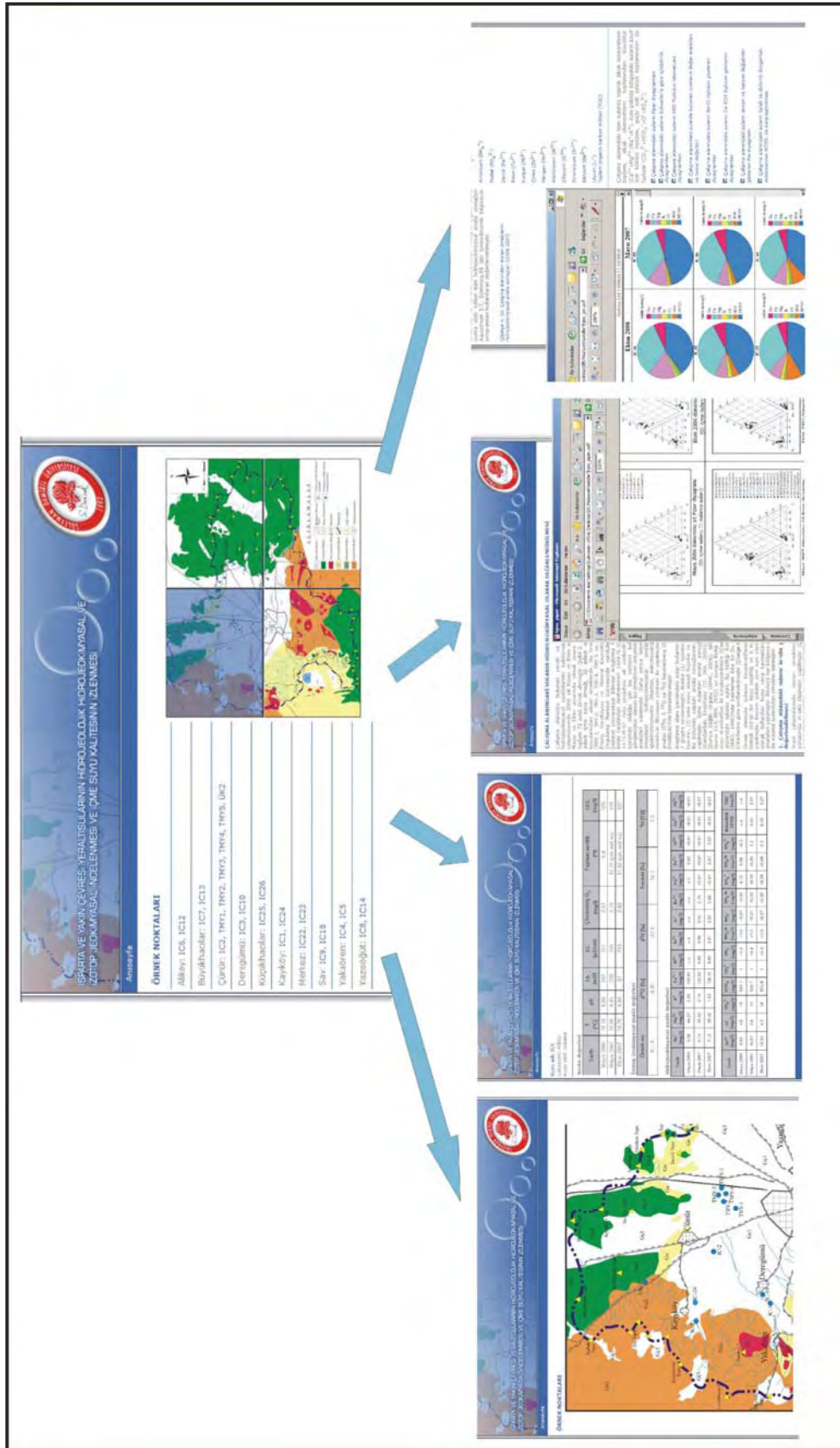
Çalışma sonucunda elde edilen jeolojik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal veriler ile teze paralel başlıklar oluşturulmuş ve uygun bilgisayar programları kullanılarak web sayfası hazırlanmıştır. Bunun için ilk olarak metin dosyaları oluşturulmuş ve bunlara ait harita, tablo, grafik, şekil vs. ile desteklenerek anasayfa oluşturulmuştur. Anasayfa üzerinde, çalışma ile ilgili tüm bilgilere erişim sağlanabilecek başlıklar bulunmaktadır (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Çalışma ile ilgili olarak oluşturulan web sayfasının görünümü

Çalışmanın temelini oluşturan hidrojeokimyasal analiz sonuçları araştırmacıların istedikleri verilere lokasyonların coğrafik konumları üzerinden ulaşabilecekleri dinamik sayfalar hazırlanmıştır. Bu sayfalarda belirlenen lokasyonlardaki örnek noktaların in-situ ve hidrojeokimyasal analiz sonuçları, bunlarla ilgili şekil ve grafikler her lokasyon için ayrı olarak gösterilmiştir. Bu sayfalara ayrıca harita üzerinden istenilen noktanın üzerine gelinerek de erişim sağlanmaktadır (Şekil 4.32).

Çalışma ile ilgili tüm bilgilerin web ortamına aktarılması ile araştırmacıların Isparta Ovası içerisindeki lokasyonlara ait verilere ulaşım kolaylığı sağlanmaya çalışılmıştır. Araştırmacılar bu bilgilere <http://jeothermal.sdu.edu.tr/ispartahidro> adresinden ulaşabileceklerdir.



5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Isparta Ovasını kapsayan çalışma alanında 1:25.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanıp bölgedeki birimler otokton ve allokton olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Otokton birimler, alttan üste doğru Menteşe Formasyonu, Davras Kireçtaşı, Çiğdemtepe Kireçtaşı, Koçtepe Formasyonu, Kayıköy formasyonu, Gölcük Volkanitlerin'den oluşmakta olup tüm birimleri uyumsuz olarak üstleyen yamaç molozu ve alüvyonal yelpazeden ibarettir. Allokton birimler ise Gökçebağ Karışığı ve Akdağ Kireçtaşı'dır.

Çalışma alanı içindeki Isparta Devlet Meteoroloji istasyonuna ait 1975-2006 yılları arası veriler kullanılarak hazırlanan ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafiğine göre 1975-1979 yılları arası yağışlı dönem, 1979-1988 yılları arası kararlı dönem, 1988-1993 yılları arası kurak dönem, 1993-2006 yılları arası kararlı dönem olarak belirlenmiştir.

Yüzey drenaj alanına düşen ortalama yağış miktarı aritmetik ortalama yöntemi ile hesaplanmış ve 511,5 mm olarak bulunmuştur. Yüzey drenaj alanı yaklaşık 276 km² olan Isparta Ovasına düşen yıllık yağış miktarı 141,17 x10⁶ m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki Isparta DMİ verileri kullanılarak potansiyel (Etp) ve gerçek (Etr) buharlaşma terleme değerleri Thornthwaite yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği çizilmiştir. Isparta Ovası için ortalama yıllık Etp 704,75 mm, Etr ise 356,88 mm olarak bulunmuştur.

Yapılan hesaplamalarda çalışma alanındaki sondaj kuyularından toplam 13,29x10⁶ m³/yıl su çekildiği, bu miktarın % 32'sinin (4,25x10⁶ m³) bitkiler tarafından kullanıldığı, geriye kalan %68'inin (9,04x10⁶ m³) ise yeraltına süzüldüğü ve buharlaştığı belirlenmiştir. Kuyulardan elde edilen suyun alüvyon akiferde gerçekleşen süzülme miktarı 1,36x10⁶ m³ olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında yer alan Darıdere'nin (Minasın çayı) 2000-2006 yılları arası ortalama akım miktarı 10,79x10⁶ m³/yıl olarak belirlenmiştir.

Isparta Ovası için yapılan su bütçesi hesaplarına göre beslenme ve boşalım elemanları arasındaki fark $22,34 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak belirlenmiş ve ovada emniyetli kullanılabilecek yeraltısuyu rezervi $13,40 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur.

Çalışma alanında bulunan jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre Geçirimli (Gç), Yarı Geçirimli (Gy), Az Geçirimli (Ga), Geçirimsiz (Gz) olmak üzere sınıflandırılmıştır ve 1:25.000 ölçekli hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır. Isparta Ovasında yeraltısuyu akım yönü genel olarak GB'dan KD'ya doğrudur. Yeraltısuyu akım yönü, Isparta'nın GB'sında yer alan Gölcük kraterinden itibaren Isparta yerleşim alanına doğru yayılım gösteren piroklastik ürünlerin düşük derecedeki eğim yönüyle de uyumluluk göstermektedir. Ayrıca Aliköy civarında Davras kireçtaşlarından ovaya doğru beslenimin olduğu, Yazısöğüt Köyünün doğusunda ise Davras kireçtaşlarına doğru akım olduğu sanılmaktadır. Akiferlerin hidrolojik parametrelerinin belirlenmesinde gözenekli akifer için Jacob yöntemi kullanılmıştır. Buna göre gözenekli akiferlerde açılan kuyularda transmisibilite $7,62 \times 10^{-5} - 5,77 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, permeabilite katsayısı $6,69 \times 10^{-7} - 5,48 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, depolama katsayısı ise % 0,0006 – 0,9454 arasında değişmektedir.

Çalışma alanında bulunan kaynak ve yeraltısularının kalitesinin ve hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi için 2006-2007 yılları Mayıs ve Ekim aylarında toplam 73 adet örnek alınmıştır. Alınan bu örneklerin öncelikle yerinde (in-situ) analizleri (sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), redoks potansiyeli (Eh), çözünmüş oksijen miktarı (O_2), alkalinite ve asidite testleri) yapılmıştır. Daha sonra laboratuara getirilen örneklerin hidrojeokimyasal analizleri ICP-OES, spektrofotometre cihazları, mikrobiyolojik analizleri ise membran filtrasyon yöntemi ile yapılmıştır.

Hidrojeokimyasal analiz sonuçları Piper diyagramında değerlendirilerek su tipleri belirlenmiştir. Piper diyagramına göre bölgedeki sular genel olarak Ca-Mg- HCO_3 ile Ca- HCO_3 tipi sular arasında değişim göstermektedir. Diğerlerinden farklı olarak IC-5, TMY-1, TMY-2, TMY-3, TMY-4 nolu örnekler ise Ca-Na- HCO_3 tipi sular olarak tanımlanmaktadır. Çalışma alanındaki suların içilebilirlik özelliklerinin

belirlenmesi için Scholler diyagramı kullanılmış ve bu diyagrama göre bölgedeki içme sularının iyi-çok iyi kaliteli sular sınıfına girdiği belirlenmiştir. Çalışma alanındaki suların sulamaya uygunluğunun belirlenmesi için ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı hazırlanmıştır. Bu diyagrama göre sular genel olarak orta tuzlu, tuzluluk tehlikesi içermeden ve sodyum tehlikesi oluşturmada tüm bitkiler için kullanılabilen C_2-S_1 sınıfına girmektedir. Bunun yanında dönemsel olarak IC-1, IC-3, IC-6, IC-8 ve IC-9 nolu örnekler tuza dayanıklı bitkilerde tuz miktarı belirlenerek kullanılabilen ve sodyum tehlikesi oluşturmaya C_3-S_1 tuzlu sular sınıfına girmektedir.

Hidrojeokimyasal analizlerde elde edilen majör anyon ve katyon değerlerinin dönemsel olarak karşılaştırmaları yapıldığında aynı lokasyondan alınan örneklerin dönemler arasındaki değişimi birbiri ile uyumluluk göstermektedir. Hidrojeokimyasal verilerin ışığında major anyon ve katyon değişimleri dikkate alınarak Isparta Ovasındaki kaynak ve yeraltısularının olası köken kayaç-su etkileşimi belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre çalışma alanındaki sularda iyonik değişimin yanında plajiyoklas, karbonat ve silikat ayrışması da önemli rol oynamaktadır.

Çalışma kapsamında Karbuz çeşmesinden (IC-22) Ekim 2006, Mayıs 2007 ve Ekim 2007 dönemlerinde örnek alınarak in-situ, hidrojeokimyasal ve izotop jeokimyasal analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre Ekim 2007 döneminde alınan örnekte Mg^{2+} ve HCO_3^- konsantrasyonlarında artış gözlenirken Ca^{2+} konsantrasyonunda azalma belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki kaynakların ve yeraltısularının kalsit (SI_c) ve dolomit (SI_d) minerallerine olan doygunlukları SOLMINEQ.88 PC/SHELL bilgisayar programı ile hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre çalışma alanındaki suların büyük çoğunluğunun kalsitle denge konumunda veya denge konumuna yakın olduğu, dolomit doyma indeksine göre ise doygunluk üstünde olduğu belirlenmiştir. Mg/Ca oranı ile HCO_3^- ilişkisine göre çalışma alanındaki suların tümü kalsit çözündürebilir sular olarak ortaya çıkmaktadır. Yalnız Ekim 2007 döneminde alınan IC-22 nolu

örnekte (Karbuz çeşmesi) diğer dönemlerde alınan örneklerle göre Mg^{2+} ve HCO_3^- konsantrasyonları artmış, buna karşılık Ca^{2+} konsantrasyonu ise azalmıştır. Bu nedenle IC-22 nolu örnek dolomit çözünürlüğü olan alanda yer almıştır.

Çalışma alanında 42 adet içme suyu örneğinde toplam ve fekal koliform analizleri yapılmıştır. Analizi yapılan suların %35'inde mikroorganizma tespit edilmiştir. Bu lokasyonlar Milas (IC-4), Aliköy (IC-12), Büyükhacılar (IC-13), Ayazmana (IC-22) ve Kayıköy (IC-24)'dür. Bu durum suların dezenfeksiyon işleminden sonra içme suyu olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu çalışma kapsamında yalnızca bir kontaminasyonun olup olmadığı belirlenmiştir. Ancak bu konuda daha detaylı analizlerin yapılması gerekmektedir.

Çalışma alanındaki kaynak ve yeraltısularının $\delta^{18}O$ ve δD izotop oranları, genel olarak kıtasal meteorik su çizgisi ile çakışmaktadır. Bu çizgi buharlaşma etkisi altında olmayan atmosferik suları temsil etmektedir. Mayıs 2007 ve Ekim 2007 dönemlerinde Karbuz çeşmesinden (IC-22) alınan örneklerin izotop analiz sonuçları -hidrojeokimyasal analiz sonuçlarında olduğu gibi- farklılık sunmaktadır. Suyun yetersiz olduğu dönemlerde kaynak suyu niteliğindeki Karbuz çeşmesi suyunun, Eğirdir gölünden alınan suyun arıtma tesisi çıkış suyu ile karışmasından dolayı bu farklılığın ortaya çıktığı düşünülmektedir. Karışımın olduğu dönemde (Ekim 2007) $\delta^{18}O$ ve δD izotop oranlarında artış olmakta ve Karbuz çeşmesi suyunun izotopik bileşimi Eğirdir Gölü izotop değerlerine yakın değerler vermektedir.

Bölgedeki suların 3H değerleri 0,7 TU (Yakaören)'den 9,4 TU (Sav)'ya kadar değişen değerlere sahiptir. 3H değerleri ile EC-Cl-TDS verilerinin karşılaştırılması ile bölgedeki sular 3 gruba ayrılmıştır. Hidrojeokimyasal olarak benzer özellikler gösteren I. grup alanda yeralan yeraltısuları 3H değerlerine göre derin dolaşımli sular olarak düşünülebilir. Çalışma alanındaki kaynak sularının EC, TDS ve Cl değerleri düşük düzeyde olduğu için II. grup sular olarak ayrılmıştır. III. grup suların genel olarak 3H , EC, Cl ve TDS değerleri diğer lokasyonlara göre daha yüksektir.

Çalışma ile ilgili tüm bilgilerin web ortamına aktarılması ile araştırmacıların Isparta Ovası içerisindeki lokasyonlara ait verilere ulaşım kolaylığı sağlanmaya çalışılmıştır. Araştırmacılar bu bilgilere <http://jeothermal.sdu.edu.tr/ispartahidro> adresinden ulaşabileceklerdir.

Yapılan in-situ ve hidrojeokimyasal analiz sonuçları ulusal [Türk Standartları Enstitüsü (Anonim, 2005)] ve uluslararası [Dünya Sağlık Örgütü (Anonim, 2006), ABD Çevre Koruma Ajansı (Anonim, 2002) ve Avrupa Birliği (Anonim, 1998a)] içme suyu standartları ile karşılaştırılmış, elde edilen veriler içme sularının standartlar ile uyumlu olduğunu göstermiştir. Sulama suları ise Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Anonim, 1998b)'de belirlenen Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kriterlerine göre sınıflandırılmıştır. Bu değerlendirmelere göre çalışma alanında bulunan sulama suları genel olarak I. ve II. kalite sular olarak belirlenmiştir.

Yazısöğüt kuyularında Cl^- (20,3-57 mg/l) ve NO_3^- (28-56,7 mg/l) konsantrasyonları; Deregümü kuyularında ise SO_4^{2-} (70-86 mg/l) ve NO_3^- (20,8-57 mg/l) konsantrasyonları standartlardaki sınır değerleri aşmamakla beraber çalışma alanı içerisindeki diğer lokasyonlardan daha yüksek değerlere sahiptir. Bu nedenle Yazısöğüt ve Deregümü bölgelerinde Cl^- , NO_3^- ve SO_4^{2-} konsantrasyonlarının belirli periyotlarla kontrol edilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Aiuppa, A., Belomo, S., Brusca, L., D'Alessandro, W. ve Federico, C., 2003. Natural and anthropogenic factors affecting groundwater quality of an active volcano (Mt. Etna, Italy). *Applied Geochemistry*, 18, 863-882.
- Akbulut, A., 1980. Eğirdir gölü güneyinde Çandır (Sütçüler-Isparta) yöresindeki Batı Torosların jeolojisi. *TJK Bülteni*, 23 (1), 1-9, Ankara.
- Akgiray, Ö., 2003. İçme suyu ve su arıtımı. *Suyumuzun Geleceği ve Türkiye Su Politikaları*, 22 Mart Dünya Su Günü paneli, Zekai Şen, Sevinç Sırdaş (Editör), Bildiriler, s. 62-75, İstanbul.
- Alişarlı, M., Ağaoğlu, S. ve Alemdar, S., 2007. Van bölgesi içme ve kullanma sularının mikrobiyolojik kalitesinin halk sağlığı yönünden incelenmesi. *YYÜ Vet. Fak. Derg.* 18 (1), 67-77, Van.
- Altınkale, S., 2001. Eğirdir ve Burdur Göllerinin Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal Karşılaştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), 59s.
- Anonim, 1984. World Health Organization (WHO), Guidelines for drinking water quality, Volume 2, Health criteria and other supporting information: WHO Publ., Geneva, Switzerland, 335 p.
- Anonim, 1998a. European Union (EU) drinking water standards.
- Anonim, 1998b. Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği, Resmi Gazete, 19919, 13-74.
- Anonim, 2002. U.S. EPA, Standard methods for the examination of water and wastewater American Public Health Assoc.
- Anonim, 2005. Sular - İnsani tüketim amaçlı sular, TS-266, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2006. World Health Organisation (WHO), Guidelines for drinking water quality, First addendum to third edition, vol. 1, Recommendations, WHO Publ., Geneva, 494 p.
- Appello, C.A.J., and Postma, D., 1996. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*: Balkema, Rotterdam.

- APHA-AWWA-WPCF, 1981, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater (fifteenth ed): American Public Health Association, Washington, USA, 1134 p.
- Atakent, Y., 1979. Kırsal bölgelerde içme ve kullanma sularının dezenfeksiyonu ile ilgili bir çalışma. Hacettepe Üniv. Tıp Fak., Toplum Hekimliği Bölümü, Uzmanlık Tezi, 83 s, Ankara.
- Aysal, S., 2004. Isparta bölgesindeki çeşitli su kaynaklarında *Cryptosporidium parvum* ve *Giardia intestinalis* enterohemorrajik *e.coli* ve diğer enteropatojenlerin araştırılması. SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66 s., Isparta.
- Back, W., 1966. Hydrochemical facies and ground-water flow patterns in northern part of Atlantic coastal plain. U.S. Geol. Surv. Profess. Papers 488-A, 1-42.
- Barbieri, M., Boschetti, T., Petitta, M. ve Tallini, M., 2005. Stable isotope (2H, 18O and 87Sr/86Sr) and hydrochemistry monitoring for groundwater hydrodynamics analysis in a karst aquifer (Gran Sasso, Central Italy), Applied Geochemistry, 20, 2063-2081.
- Bilgin, A., Köseoğlu, M. ve Özkan, G., 1988. Isparta Gölcük yöresi kayaçlarının mineralojisi, petrografisi ve jeokimyası. Tübitak Doğa dergisi, 14, 343-360, Ankara.
- Blumenthal, M., (1963). Le système structural du Taurus Sud-Anatolien: in Livre à la mémoire du Professeur P. Fallot. Mém. hs. sér. Soc. Géol. France, 2, 611-622 s., Paris.
- Boray, A., Şaroğlu, F., Emre, Ö., 1985. Isparta Büklümünün Kuzey Kesiminde Doğu-Batı Daralma için Bazı Veriler, Jeoloji Mühendisliği, 23, 9-20.
- Bouchard, D. C., Williams, M. K. ve Surampalli, R. Y., 1992. Nitrate contamination of groundwater: sources and potential health effects. J. Am. Water Work Assoc. 84, 85-90.
- Brunn, J.H., 1976. L'arc Concave Zagro-Taurique Et Les Arcs Convexes Taurique Et Egeen, Collision Et Induits, Bull. Soc. Geol. France, (7) XVIII, No:2 553-567.
- Craig, H., 1961. Isotopic variations in meteoric waters. Science 133, 1702-1703.

- Clarke, F.E., 1966, Significance of chemistry in water well development: Cento Symposium on Hydrology and Water Resources Development, Proceedings, 367- 390.
- Clark, I. ve Fritz, P., 1997. Environmental isotopes in hydrogeology, Lewis Publ., Boca Raton, 328p.
- Collins, A.G., 1975. Geochemistry of Oil-Field Waters. Elsevier, 125p. New York.
- Cooper, H.H. ve C.E. Jacob, 1946. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history, Am. Geophys. Union Trans., vol. 27, pp. 526-534.
- Çakır, İ., 2000. Gıda mikrobiyolojisi ve uygulamaları, Genişletilmiş 2. Baskı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü yayını. Sim Matbaası, 522 s., Ankara.
- Dansgaard, W., 1964. Stable isotopes in precipitation. Tellus 16, 436-469.
- Davis, S. N., 1964, Silica in streams and ground water: American Journal of Science, v. 262, p. 870-891.
- Day, B. A., Nightingale, H. I., 1984, Relationships between ground- water silica, total dissolved solids, and specific electrical conductivity: Ground Water, 22, 1, 80- 85.
- Dilek, Y. ve Rowland, J., (1993). Evolution of conjugate passive margin pairs in Mesozoic southern Turkey: Tectonics, 12, 954-970 s.
- Drever, J.I., 1996. The Geochemistry of Natural Waters; (3rd ed.). Prentice Hall, New Jersey.
- DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü, 1993. Isparta Ovası Hidrojeolojik Etüt Ön Çalışması, DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltıları Şube Müdürlüğü, Isparta.
- DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü, 1995. Merkez Darıdere Göleti ve Sulaması projesi planlama raporu, Isparta.
- Dumont, J. F. ve Kerey E., 1975. Eğirdir Gölü güneyinin temel jeolojik etüdü. TJK Bülteni, 18 (2), 169-174, Ankara.
- Eisen, C., Anderson, M. P., 1979, The effects of urbanization on ground water quality –A case study: Ground Water, 17, 5, 456- 462.

- Elitok, Ö., Özgür, N. ve Yılmaz, K., 2008. Gölcük volkanizmasının (Isparta) jeolojik evrimi, GB-Türkiye. Süleyman Demirel Üniversitesi, Tübitak Araştırma Projesi Final Raporu (104Y181), 171 s.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1987. Yeraltı suları Jeolojisi, İTÜ yayın no: 23, İstanbul, 339s.
- Faure, G., 1986. Principles of Isotope Geology. (2nd edition), John Wiley and Sons, New York, 589p.
- Feth, J. H., Roberson, E. ve Polzer, W. L., 1964. Sources of mineral constituents in water from granitic rocks Sierra Nevada, California and Nevada. U. S. Geol. S. Survey Water Supply Paper, 1535-I, 1-70.
- Ford, M. ve Tellam, J. H., 1994. Source type and extent of inorganic contamination within the Birmingham urban system, UK. J. Hydrol., 156:101-135.
- Foster, M. D., 1950. The origin of high sodium bicarbonate waters in the Atlantic and Gulf Coastal Plains. Geochim. Cosmochim. Acta 1, 33 -48.
- Freeze, R.A., Cherry, J.A. 1979, Groundwater: Prentice Hall, Inc., New Jersey 07632, 604 p.
- Garrels, R. M. 1967; Genesis of ground waters from igneous rocks. In: Researches in geochemistry, vol. II (P. H. Abelson, ed.). New York, John Wiley.
- Glover, C. and Robertson, A.H.F. 1998. Neogene intersection of the Aegean and Cyprus arcs: extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, SW Turkey. Tectonophysics, 298, 103-132.
- Görmüş, M. ve Karaman, M. E., 1992. Facies changes and new stratigraphical-paleontological data in the Cretaceous-Tertiary boundary around Söbüdağ (Çünür-Isparta). Geosound, Ç. Üniv. 21, 43-47, Adana.
- Görmüş, M. ve Özkul, M., 1995. Gönen-Atabey (Isparta) ve Ağlasun (Burdur) arasındaki bölgenin stratigrafisi. SDÜ Fen Bil. Ens. Derg., 1, 43-64, Isparta.
- Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A. ve Dumont, J. F., 1979. Geologie des Taurides occidentales (Turquie). Mem. Soc. Geol. France, 137, 112 pp., Paris.
- Güleç, N. ve Mutlu, H., 2003, Jeotermal Alanlarda İzotop Jeokimyası, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar, 11-21 Haziran 2002 Yaz Okulu Ders Kitabı (ed: M. Y. Savaşçın, N. Güleç, Ş. Şimşek ve M. Parlaktuna), Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, No. 306, s. 64-88.

- Harman, B. İ., 2006. Miex® reçinesi ile içme sularından doğal organik madde giderimi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 94 s., Isparta.
- Hedberg, H. D., 1976. International stratigraphic guide. John Wiley and sons, 187s., Newyork.
- Hem, J.D., 1985, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: U.S. Geological Survey Water- Supply Paper 2254, U.S. Geological Survey, Alexandria, VA 22304, USA, 263 p.
- Hem, J.D., 1992. Study and Interpretation of the chemical characteristics of natural water (3rd edition): U.S. Geological Survey Water- Supply Paper 2254
- Hounslow, A.W., 1995. Water Quality Data: Analysis and Interpretation. Lewis Publishers, 54.
- IAEA, 1981, Stable isotope hydrology, Deuterium and Oxygen-18 in the Water Cycle, ed: J. R. Gat, R. Gonfiantini, International Atomic Energy Agency, Vienna, Technical Reports, No: 210, p. 1-339.
- Irlayıcı, A. 1993. Isparta ovası hidrojeolojisi ve yeraltı suları ile ilgili çevre sorunları. SDU Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93s. (yayınlanmamış) Isparta.
- Irlayıcı, A., 1998. Eğirdir ve Burdur Gölleri Arasının Hidrojeoloji İncelemesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 150 s., (yayınlanmamış).
- Isparta Belediyesi, 2001. Isparta İli İçme Suyu Raporu, ISOT Müdürlüğü, 2 s., Isparta.
- Karagüzel, R. ve Irlayıcı, A., 1993. Evsel ve Endüstriyel Katı Atık Depolama ve Kanalizasyon Boşaltım Sahalarının Çevresel Etki Değerlendirilmesi ve Isparta Örneği, İzmir ve Çevresinin Jeoteknik Sorunları Sempozyumu, Bildiriler kitabı, 87-94, İzmir.
- Karagüzel, R. ve Irlayıcı, A., 1998. Groundwater Pollution in Isparta Plain - Turkey, Environmental Geology and Water Sciences, Springer Verlag, 34/4, 303-308, Berlin.
- Karagüzel, R., Özgür, N., Ertunç, A., Davraz, A., Stichler, W. ve Wolf, M., (1999). Eğirdir ve Burdur Göllerinin Oluşumu, Hidrojeokimyasal ve İzotop

- Jeokimyasal Karşılaştırılması: (ön araştırmalar). 11. Mühendislik Haftası, Yerbilimleri Sempozyumu, Bildiriler, 47-57 s., Isparta.
- Karaman, M. E., 1990. Isparta güneyinin temel jeolojik özellikleri. TJK Bülteni, 33, 57-67, Ankara.
- Karaman, M. E., 1994. Isparta-Burdur arasının jeolojisi ve tektonik özellikleri. TJK Bülteni, 37 (2), 119-134, Ankara.
- Karaman, M. E., 2000. Tectono-Stratigraphic Outline of the Burdur-Isparta Area (Western Taurides, Turkey). Türkiye Jeoloji Bülteni, 43, 2, 71-81, Ankara.
- Karaman, M. E., Meriç, E., ve Tansel, İ., 1988. Çünür (Isparta) dolaylarında Kretase-Tersiyer geçişi. Akd. Üniv. Isparta Müh. Fak. Derg., 4, 80-100, Isparta.
- Karaman, M. E., Meriç, E., ve Tansel, İ., 1989. Gönen-Atabey arasındaki bölgenin jeolojisi. Cum. Üniv. Müh. Fak. Derg., Sivas.
- Kazancı, N. ve Karaman, M. E., 1988. Gölcük (Isparta) Pliyosen volkanoklastiklerinin sedimanter özellikleri ve depolanma mekanizmaları. Akd. Üniv. Isparta Müh. Fak. Derg., 4, 16-35, Isparta.
- Kelly, G. J., 1983, Assesment and control of corrosion in groudwaterr: Papers of the International Conference on Grounwaterr and Man- Vol.2: Water Resources Council Conf. Series No. 8, 185- 195.
- Ketin, İ., (1966). Tectonic Units of Anatolia. Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, No: 66, 35 p., Ankara.
- Kharaka, Y.K. ve Mariner, R.H., 1987. Chemical geothermometers and their application to formation waters from sedimentary basins. In: Thermal History of Sedimentary Basins (Naeser, D., McCulloh, T.H., -eds), 75-102, New York.
- Kharaka, Y.K., Gunter, W.D., Aggarwal, P.K., Perkins, E.H. & Debraal, J.D., 1988. SOLMINEQ.88: A computer program for geochemical modeling of water-rock interactions. *U.S. Geol. Surv. Water Res. Inv. Rep.* 88-4227: 420 p..
- Kissel, C., and Poisson, A. 1986. Etude paléomagnétique préliminaire des formations néogènes du bassin d'Antalya (Taurides occidentales, Turquie). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 302,10, 711-716.
- Koçyiğit, A., 1980. Hoyran Gölü yöresinin (Afyon-Isparta) stratigrafik ve tektonik özellikleri. Ankara Üniv. Fen Fak. Genel Jeo. Kür. Doç. tezi, 172s. (yayınlanmamış), Ankara.

- Koçyiğit, A., 1981. Isparta Büklümü'nde (Batı Toroslar) Toros Karbonat Platformunun Evrimi. Türkiye Jeo. Kur. Bült. 24, 15-23 s.
- Koçyiğit, A., 1983. Hoyran Gölü (Isparta Büklümü) Dolayının Tektoniği. Türkiye Jeo. Kur. Bült. 26, 1-10 s.
- Koçyiğit, A., 1984a. Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim. Türkiye Jeo. Kur. Bült. 27, 1-15 s.
- Koçyiğit, A., 1984b. Tectono-stratigraphic characteristics of Hoyran Lake region (Isparta Bend). In: Geology of the Taurus Belt Proceed. Int. Symp. (Tekeli, O., ve Göncüoğlu, M. C. eds.), 53-68, Ankara.
- Langmuir, D., 1997. Aqueous Environmental Geochemistry: Prentice-Hall Publication, USA.
- Lefevre, C, Bellon, H., Poisson, A., 1983, Presence de Leucitites dans le volcanisme Pliocene de la region d'Isparta, Taurides occidentals, Turquie. C.R. Acad. Sc. Paris, 297-372 p.
- Malcolm R. L., 1991. Factors to be considered in the isolation and characterization of aquatic humic substances, In: Humic Substances in the Aquatic and Terrestrial Environment, eds., B. Allard, H. Boren, and A. Grimvall, pp. 9-36, Springer-Verlag, Berlin.
- Matthes, G., 1982. The properties of groundwater. Wiley & Sons, 420s., New York.
- McNeely, R.N., Neimanis, V.P., Dwyer, L., 1979, Water Quality Sourcebook- A guide to water quality parameters: Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada, 88 p.
- Meisler, H. ve Becher, A. E., 1967. Hydrologic significance of calcium-magnesium ratios in groundwater from carbonate rocks in the Lancaster Quadrangle, southeastern Pennsylvania. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 575-C, pp. C232-C235.
- Moser, H.ve Rauert, W., (1980). Isotopenmethoden in der Hydrologie. Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 8, Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 400 s.
- Nicholson, K., 1993. Geothermal fluids, chemistry and exploration techniques. Springer-Verlag, Berlin, 263p.

- Özcengiz, E., 1982. Çeşitli içme ve kullanma sularında fecal kontaminasyonun araştırılmasında kolifaj yönteminin değeri ve koliform yöntemi ile karşılaştırılması. R.S.M., Hıfzısıhha Enst., Uzmanlık Tezi, 60 s, Ankara.
- Özgül, N., 1976. Torosların temel jeolojik özellikleri. TJK Bülteni, 91 (1), 65-78, Ankara.
- Özgür, N., Pekdeğer, A. ve Schneider, H.-J., 1992. High fluorine contents in the Pliocene volcanic rocks of the Gölcük area, Isparta, SW Turkey: Bull. Geol. Soc. Greece, XXVIII/2, 417-427 s.
- Özgür, N., Karagüzel, R., Altınkale, S., Yaman, D., Wolf, M. ve Stichler, W., (2000). Tectonic evolution of the Egirdir and Burdur lakes and their hydrogeochemical and isotope geochemical comparison: preliminary studies. International Earth Sciences Congress on Aegean Region: Abstracts, 215 s. İzmir/Turkey.
- Özgür, N., Karagüzel, R., Ertunç, A., Altınkale, S., Yaman, D., Zereener, M., Stichler, W. ve Wolf, M., (2001). Hydrogeochemical and isotope geochemical features and comparison of the Egirdir and Burdur lakes area: an update studies. 4th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Abstracts, 142s., Isparta.
- Özgür, N., Altınkale, S. ve Türk, G., 2004. Göller Bölgesi Su Kaynaklarının Belirlenmesi, Değerlendirilmesi ve Kalitesinin Korunması. 5-6-7 Haziran 2004, Elmalı Avlan Gölü Kıyısında 2. Göl Şenliği, 2. Göller Zirvesi Sempozyumu, Elmalı-Antalya.
- Özgür, N., Yağmurlu, F., Ertunç, A., Karagüzel, R., Görmüş, F., Elitok, Ö., Yılmaz, K., Çoban, H., 2008. Assessments of tectonics and volcanic hazards in the area of Isparta around the Gölcük volcano. Süleyman Demirel Üniversitesi, Tübitak Araştırma Projesi Final Raporu (104Y213), 46 s.
- Özyurt, N. N., Bayarı, C. S. Doğdu, M. Ş. ve Arıkan, A., 2001. Akkuyu körfezi (Mersin) deniz suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen süreçler, Yerbilimleri, 24, 113-126.
- Piper, J. D. A., Gürsoy, H., Tatar, O., 2002. Palaeomagnetic evidence for the Gondwanian origin of the Taurides and rotation of the Isparta Angle, southern Turkey. Geol J 37 (4): 317-336.

- Platevoite, B., Scaillet, S., Guillou, H., Blamart, D., Nomade, S., Massault, M., Poisson, A., Elitok, Ö., Özgür, N., Yağmurlu, F. ve Yılmaz, K., 2008. Pleistocene eruptive chronology of the Gölcük volcano, Isparta Angle, Turkey. *Quaternaire* (baskıda).
- Poisson, A., 1977. Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquies). Thèse d'état., Univ. de Paris-Sud Orsay, 795s.
- Poisson, A. 1984. The extension of the Ionian trough into southwestern Turkey. . In: Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F. (eds). The geological evolution of the Eastern Mediterranean. *Geol. Soc. London Spec. Publ.* 17, 241-250.
- Poisson, A., Akay, E., Dumont, J.F. ve Uysal, Ş., (1984). The Isparta Angle: A Mesozoic Paleorift in the Western Taurides. *Geology of the Taurus Belt* (eds., Tekeli, O., and Göncüoğlu, M.C.). International Symposium. 11-26 s., Ankara/Turkey.
- Poisson, A., Yağmurlu, F., Bozcu, M. and Şentürk, M., 2003. New insights on the tectonic setting and evolution around the apex of the Isparta Angle (SW Turkey): *Geol. J.* 38: 257-282
- Robertson, A.H.F., Woodcock N.H., 1984. The SW segment of the Antalya complex, Turkey as a Mesozoic-Tertiary Tethyan continental magrin. In the *Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, Dixon JF, Robertson AHF(eds). Special Publications 17. Geological Society: London; 251-271.
- Sarı, K., 1985. Keçiborlu kükürt yataklarının oluşumu ve yörenin jeolojisi. Anadolu Üniv. yayın., 91, Doktora tezi, Eskişehir.
- Schoeller, H., 1973. Yeraltıları (Kaynakların araştırılması, işletilmesi ve değerlendirilmesi. Çeviren: Kazım Karacadağ, 605 s.
- Shaw, D.M., Sturchio, N.C., 1992. Boron-lithium relationships in rhyolites and associated thermal waters of young silicic calderas, with comments on incompatible element behavior. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 56, 3723-3731.
- Sheppard, S. M. F., 1981. Stable isotope geochemistry of fluids. Rickard, D. T. and Wickman, F. E. (eds.), *Chemistry and Geochemistry of Solutions at High Temperatures and Pressures*. *Phys. Chem. Earth*, 13/14, 419-445.

- Soyaslan, İ. İ., 2004. Eğirdir Gölü Doğusunun Hidrojeoloji İncelemesi ve Yeraltısu Modellemesi, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 260 s., Isparta.
- Stratigrafi Adlması Kuzey Amerika Yasa Kitabı, 1983. İ. E. Altınlı çev., MTA yay., 71s., Ankara.
- Stratigrafi Sınıflama ve Adlama Kuralları, 1976. Türkiye Stratigrafi Komitesi, MTA yayını, 28s., Ankara.
- Stevens, H.H., Ficke, J.F., Smoot, G.F., 1975. Water temperature- influential factors, field measurement and data presentation: Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geol. Survey, Chapter D1, Book 1, 65p.
- Stumm, W. ve Morgan, J.J., 1981. Aquatic chemistry: Introduction emphasizing equilibria in natural waters, New York.
- Şenel, M., 1984. Discussion of the Antalya nappes. In Geology of Taurus belt (edited by O. Tekeli, M.C. Göncüoğlu), Proceedings, 41-51.
- Şenel, M., 1997. 1:250 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Isparta paftası. MTA yayınları No:4, 47 s., Ankara.
- Şengör, A. M. C., (1980). Türkiye'nin neotektoniğinin esasları: Türkiye Jeol. Kur. Konferans dizisi, 40 s.
- Taylor, H. P., 1974. The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. Economic Geology, 69, 843-883.
- Uluslararası Stratigrafi Kılavuzu, 1976. İ. E. Altınlı çevirisi, Türkiye Petrolleri Yerbilimleri yayını, 116s., Ankara.
- Uslu, O., Türkman, A., 1987, Su Kirliliği ve Kontrolü: Çevre Genel Md. Yay. Eğitim Dizisi, 1, 364 s.
- Wedepohl, K. H. , 1978. Handbook of Geochemistry, vol. II-1, II-2.
- Yağmurlu, F., 1994, Isparta güneyinde yeralan Tersiyer yaşlı türbitidik birimlerin fasiyes özellikleri: Geosound-Yerbilimleri Dergisi, s.24, 17-28, Adana.
- Yağmurlu, F., Savaşçın, Y. ve Ergün, M., (1997). Relation of Alkaline Volcanism and Active Tectonism within the Evolution of the Isparta Angle, SW-Turkey. The Journal of Geology. 105, 717-728 s.

- Yağmurlu, F., Savaşçın, Y. ve Bozcu, M., (2000). Neotectonic events within the SW-Turkey and importance of tectonic evolution of Isparta Angle. International Earth Sciences Congress on Aegean Regions, Abstracts, 43 s, İzmir/Turkey.
- Yağmurlu, F. ve Şentürk, M., 2005. Güneybatı Anadolu'nun Güncel Tektonik Yapısı. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 02-03 Haziran 2005, s.55-61, İstanbul.
- Yağmurlu F., Bozcu, M. ve Şentürk, M., 2005. Burdur-Fethiye arasındaki bölgede Burdur fayının sismotektonik özelliklerinin araştırılması. 101Y027 nolu Tübitak projesi sonuç raporu.
- Yağmurlu, F., Poisson, A., Bozcu, A. ve Şentürk, M., 2007. Isparta Açısının tektonostratigrafik özellikleri ve petrol jeolojisi açısından irdelenmesi (Tectono-Stratigraphic characteristics and interpretation of petroleum potential of the Isparta Angle, SW-Turkey). Türkiye 16. Uluslararası Petrol ve Doğalgaz Kongre ve Sergisi (IPETGAS07), 29-31 Mayıs 2007, Ankara.
- Yalçın, A., Davraz, A. ve Özçelik, M., 2004. Yeraltısularının Kirlenmesinde Litoloji ve Yerleşim Alanlarının Etkisi: Ulupınar Kaynağı, Sorkuncak-Eğirdir-Isparta. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 28 (2), 21-29.
- Yalçinkaya, S., 1989. Isparta-Ağlasun (Burdur) dolaylarının jeolojisi. İ. Üniv. Fen Bilimleri Ens., Doktora tezi (yayınlanmamış), 176s., İstanbul.
- Yalçinkaya, S., Ergin, A., Afşar, Ö. P., Taner, K. Ve Dalkılıç, H., 1986. Batı Torosların jeolojisi; Isparta projesi raporu. MTA Genel Müdürlüğü raporları (yayınlanmamış), Ankara.
- Yıldız, A. ve Toker, V., 1991. Çünür Köyü yöresindeki (Isparta kuzeyi) Üst Kretase-Eosen yaşlı birimlerin planktik foraminiferler ile biyostratigrafik incelemesi. TJK Bülteni, 34 (2), 43-58, Ankara.
- Yousefi, R.A., 1991. Ankara'nın bazı bölgelerindeki yeraltısularında enterik bakterilerin aranması. Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Ens., Biyoloji Anabilim Dalı, Bilim Uzmanlığı Tezi, 54 s, Ankara.
- Yüce, G., 2001. Hatay-Erzin (Yeşilkent) ovası ve Burnaz kaynağının hidrojeolojik özellikleri. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 25 (2), 21-46.
- Waterloo Hydrogeologic, 1999. AquaChem v.3.7: Aqueous geochemical analyses, plotting and modelling. 184 p.

White, D. E., Hem, J. D., and Waring, G. A., 1963, Chemical composition of subsurface waters, in Data of geochemistry (6th ed.): U.S. Geological Survey Professional Paper 440-F, p. F1-F67.

7. EKLER

Ek-1. Isparta Ovası ve çevresinde su örnekleri alınan noktalar

Ek-2. Isparta Ovası ve çevresinin jeoloji haritası

Ek-3. Isparta Ovası drenaj ağı haritası

Ek-4. Çalışma alanının hidrojeoloji haritası ve Isparta Ovası içerisinde açılan kuyuların lokasyonları

Ek-5. Isparta Ovası ve çevresinin yeraltısuyu seviye haritası

Ek-6. Isparta Ovası ve çevresinde bulunan sondaj kuyularına ait üretim debisi haritası

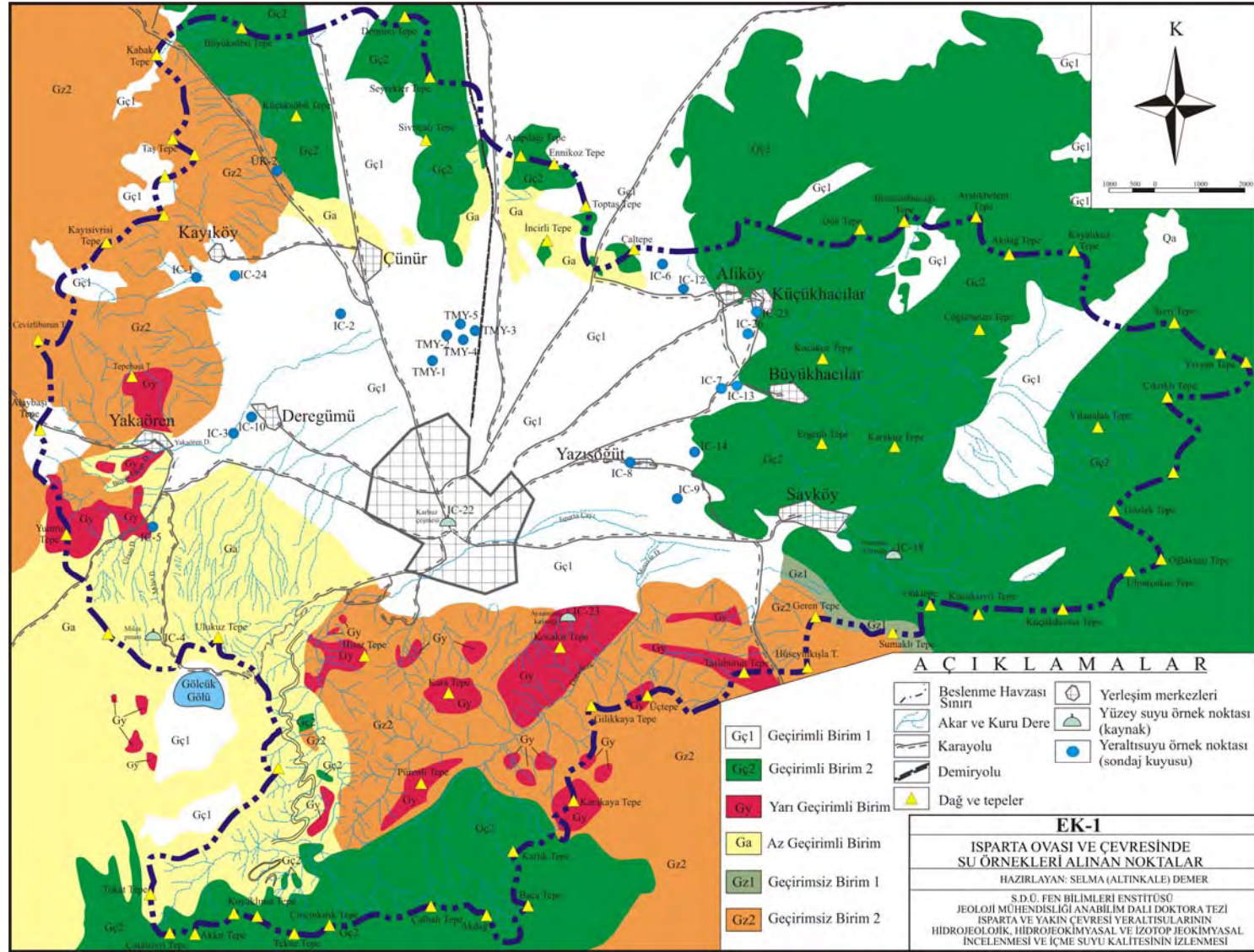
Ek-7. Çalışma alanından alınan örneklerin in-situ analiz sonuçları

Ek-8. Çalışma alanından alınan örneklerin hidrojeokimyasal analiz sonuçları

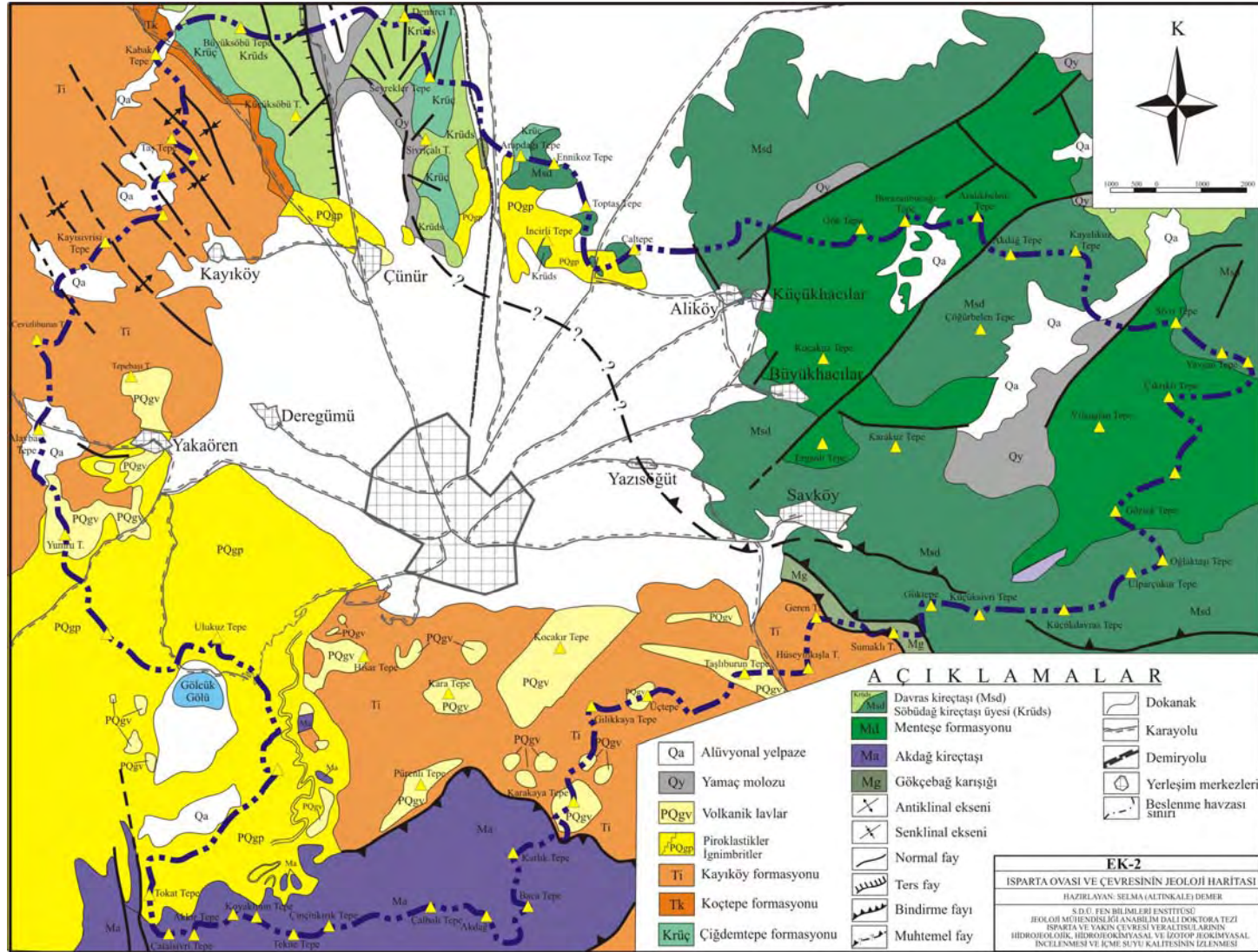
Ek-9. DSİ Sondaj Kuyularına Ait Sondaj Logları

Ek-10. Jacob Yönteminin Çözümleri

Ek-1. Isparta Ovası ve çevresinde su örnekleri alınan noktalar

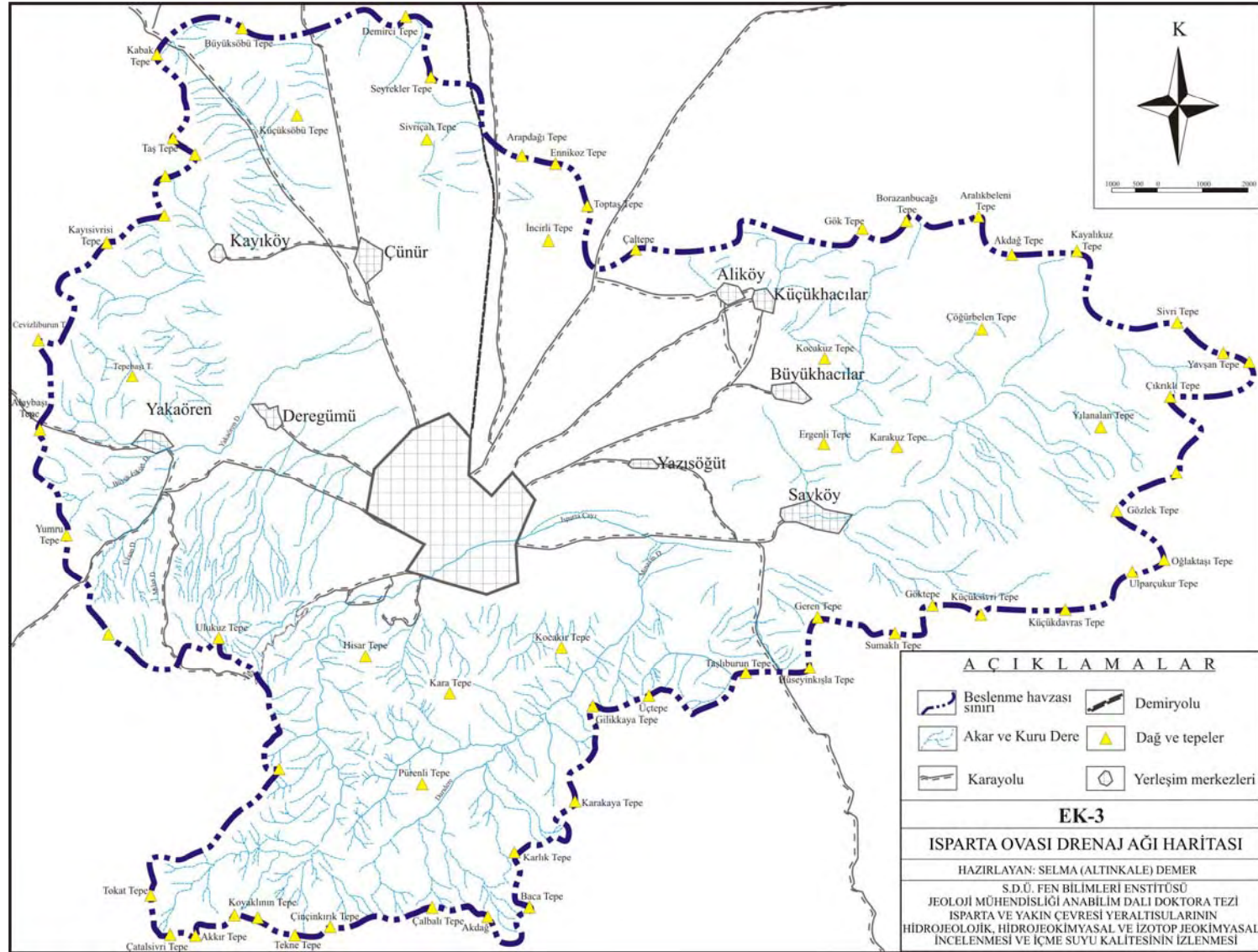


Ek-2. Isparta Ovası ve çevresinin jeoloji haritası



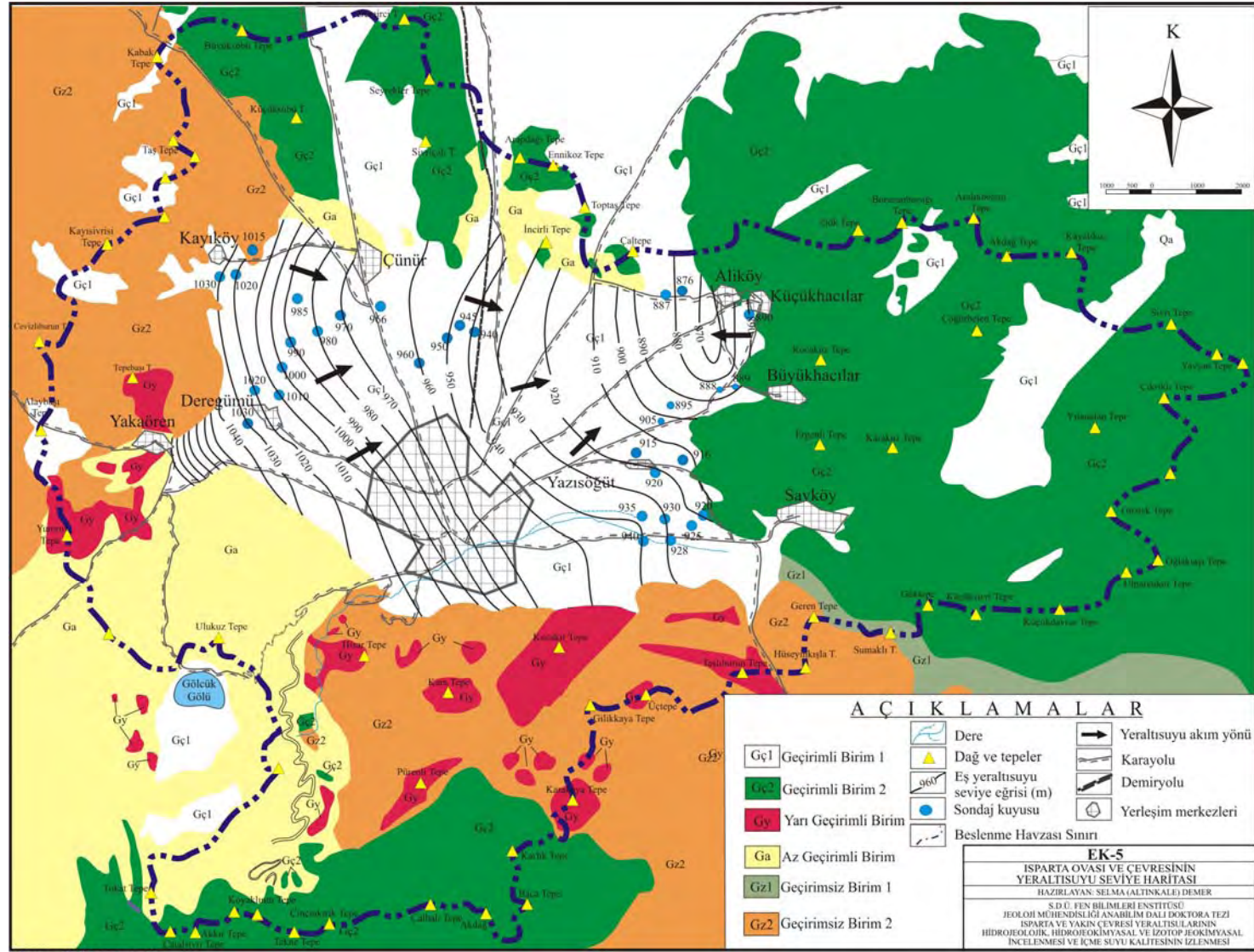
(Gutnic ve diğ., 1979; Yalçinkaya ve diğ., 1986; Yalçinkaya, 1989; Görmüş ve Özkul, 1995; Şenel, 1997; Poisson ve diğ., 2003'den yararlanarak)

Ek-3. Isparta Ovası drenaj ağı haritası



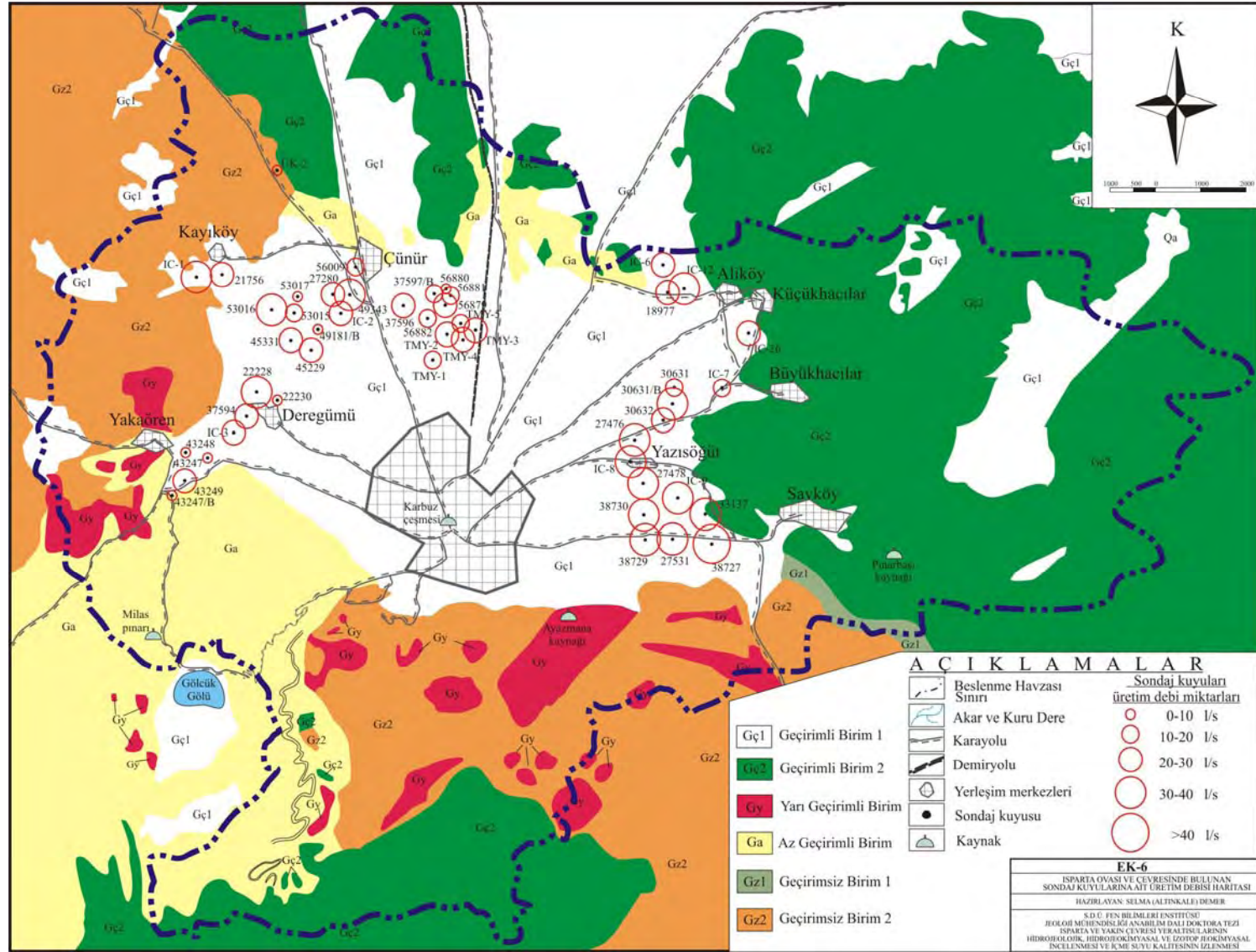
Ek-4. Çalışma alanının hidrojeoloji haritası ve
Isparta Ovası içerisinde açılan kuyuların lokasyonları

Ek-5. Isparta Ovası ve çevresinin yeraltısuyu seviye haritası



(İrleyici, 1993'den yararlanarak)

Ek-6. Isparta Ovası ve çevresinde bulunan
sondaj kuyularına ait üretim debisi haritası



Ek-7. Çalışma alanından alınan örneklerin
in-situ analiz sonuçları (2006-2007)

Ek-7. Çalışma alanından alınan örneklerin in-situ analiz sonuçları (2006-2007)

Sıra no	Örnek no	Lokasyon	Kuyu Yeri	Tarih	T (°C)	pH	Eh (mV)	EC (µS/cm)	Çözünmüş O ₂ (mg/l)	Toplam sertlik (°f)	TDS (mg/l)
1	IC-1	Kayıköy	Sulama	Mayıs 2006	15,60	7,09	256	723	5,78	n.d.	506
2	IC-1	Kayıköy	Sulama	Ekim 2006	16,90	7,47	281	478	7,23	n.d.	335
3	IC-1	Kayıköy	Sulama	Mayıs 2007	15,60	7,01	210	720	5,90	37,38 (çok sert su)	501
4	IC-1	Kayıköy	Sulama	Ekim 2007	15,60	7,11	203	783	5,50	40,94 (çok sert su)	544
5	IC-24	Kayıköy	İçme suyu	Mayıs 2007	20,80	7,58	197	573	7,40	24,92 (orta sertlikte su)	420
6	IC-24	Kayıköy	İçme suyu	Ekim 2007	21,10	7,43	148	591	7,90	28,48 (sert su)	417
7	IC-2	Çünür	Sulama	Mayıs 2006	13,70	7,29	250	654	6,43	n.d.	457
8	IC-2	Çünür	Sulama	Ekim 2006	13,70	7,32	204	581	9,60	n.d.	407
9	IC-2	Çünür	Sulama	Mayıs 2007	13,80	7,26	254	665	7,70	30,26 (sert su)	468
10	IC-2	Çünür	Sulama	Ekim 2007	14,30	7,31	179	660	7,00	40,94 (çok sert su)	463
11	TMY-1	Çünür	İçme suyu	Mayıs 2007	12,60	7,58	177	505	7,90	23,4 (orta sertlikte su)	352
12	TMY-1	Çünür	İçme suyu	Ekim 2007	12,60	7,50	179	503	7,60	28,8 (sert su)	381
13	TMY-2	Çünür	İçme suyu	Mayıs 2007	13,00	7,50	180	533	8,20	23,4 (orta sertlikte su)	369
14	TMY-2	Çünür	İçme suyu	Ekim 2007	13,10	7,49	167	540	7,00	28,8 (sert su)	379
15	TMY-3	Çünür	İçme suyu	Mayıs 2007	13,40	7,52	219	552	7,70	23,4 (orta sertlikte su)	375
16	TMY-3	Çünür	İçme suyu	Ekim 2007	13,50	7,62	163	549	7,40	23,4 (orta sertlikte su)	404
17	TMY-4	Çünür	İçme suyu	Mayıs 2007	13,00	7,51	236	546	7,40	23,4 (orta sertlikte su)	379
18	TMY-4	Çünür	İçme suyu	Ekim 2007	13,10	7,51	156	545	7,30	25,2 (sert su)	404
19	TMY-5	Çünür	İçme suyu	Mayıs 2007	14,50	7,42	223	581	8,40	30,6 (sert su)	386
20	TMY-5	Çünür	İçme suyu	Ekim 2007	13,80	7,42	199	578	7,00	30,6 (sert su)	441
21	ÜK-2	Çünür	İçme suyu	Mayıs 2007	19,70	7,20	243	628	6,90	39,6 (çok sert su)	386
22	ÜK-2	Çünür	İçme suyu	Ekim 2007	20,30	7,08	213	654	4,90	37,8 (çok sert su)	459
23	IC-3	Deregümü	Sulama	Mayıs 2006	12,60	7,07	188	868	7,63	n.d.	608
24	IC-3	Deregümü	Sulama	Ekim 2006	12,70	7,37	160	704	9,38	n.d.	493
25	IC-3	Deregümü	Sulama	Mayıs 2007	13,30	7,33	175	885	8,80	40,94 (çok sert su)	614
26	IC-3	Deregümü	Sulama	Ekim 2007	15,00	7,27	195	871	8,30	56,96 (çok sert su)	612
27	IC-10	Deregümü	İçme suyu	Ekim 2006	12,00	7,22	186	751	10,63	n.d.	526
28	IC-10	Deregümü	İçme suyu	Mayıs 2007	17,80	7,44	229	772	9,00	35,60 (sert su)	537
29	IC-10	Deregümü	İçme suyu	Ekim 2007	21,30	7,39	196	774	7,50	33,82 (sert su)	540
30	IC-4	Milas	Kaynak	Mayıs 2006	10,50	7,56	208	356	5,97	n.d.	249
31	IC-4	Milas	Kaynak	Ekim 2006	10,30	7,52	207	346	6,69	n.d.	242
32	IC-4	Milas	Kaynak	Mayıs 2007	10,70	7,61	242	354	6,00	16,02 (orta sertlikte su)	248
33	IC-4	Milas	Kaynak	Ekim 2007	11,20	7,90	200	362	8,10	16,02 (orta sertlikte su)	206
34	IC-5	Yakaören	Sulama	Mayıs 2006	14,50	7,35	240	294	7,64	n.d.	206
35	IC-5	Yakaören	Sulama	Ekim 2006	13,40	7,67	218	324	7,66	n.d.	227
36	IC-5	Yakaören	Sulama	Mayıs 2007	14,70	7,41	228	293	7,40	12,46 (yumuşak su)	253
37	IC-5	Yakaören	Sulama	Ekim 2007	14,60	7,37	198	297	7,90	12,46 (yumuşak su)	207
38	IC-6	Aliköy	Sulama	Mayıs 2006	18,10	6,86	242	751	2,51	n.d.	526
39	IC-6	Aliköy	Sulama	Mayıs 2007	18,60	6,85	238	745	2,70	42,72 (çok sert su)	518
40	IC-6	Aliköy	Sulama	Ekim 2007	18,70	6,94	87	743	2,60	51,62 (çok sert su)	523
41	IC-12	Aliköy	İçme suyu	Ekim 2006	17,90	7,17	173	620	7,83	n.d.	434
42	IC-12	Aliköy	İçme suyu	Mayıs 2007	25,70	7,65	265	648	7,70	32,04 (sert su)	454
43	IC-12	Aliköy	İçme suyu	Ekim 2007	26,50	7,43	188	735	5,10	51,62 (çok sert su)	514
44	IC-7	Büyükhacılar	Sulama	Mayıs 2006	12,60	7,50	210	552	8,82	n.d.	386
45	IC-7	Büyükhacılar	Sulama	Mayıs 2007	12,70	7,58	279	556	9,20	26,70 (orta sertlikte su)	393
46	IC-7	Büyükhacılar	Sulama	Ekim 2007	12,90	7,62	241	555	10,50	30,26 (sert su)	390
47	IC-13	Büyükhacılar	İçme suyu	Ekim 2006	13,70	7,57	195	419	8,43	n.d.	293
48	IC-13	Büyükhacılar	İçme suyu	Mayıs 2007	16,50	7,68	279	427	7,70	23,14 (orta sertlikte su)	297
49	IC-13	Büyükhacılar	İçme suyu	Ekim 2007	18,00	7,68	229	396	7,90	23,14 (orta sertlikte su)	276
50	IC-8	Yazısöğüt	Sulama	Mayıs 2006	12,10	7,36	206	789	6,43	n.d.	552
51	IC-8	Yazısöğüt	Sulama	Ekim 2006	11,40	7,46	227	903	8,77	n.d.	632
52	IC-8	Yazısöğüt	Sulama	Mayıs 2007	12,60	7,45	264	805	7,80	42,72 (çok sert su)	567
53	IC-8	Yazısöğüt	Sulama	Ekim 2007	12,40	7,50	250	799	7,90	39,16 (çok sert su)	561
54	IC-14	Yazısöğüt	İçme suyu	Ekim 2006	12,40	7,44	260	662	9,38	n.d.	463
55	IC-14	Yazısöğüt	İçme suyu	Mayıs 2007	14,20	7,64	262	582	8,20	32,04 (sert su)	407
56	IC-14	Yazısöğüt	İçme suyu	Ekim 2007	14,80	7,57	227	589	8,30	35,60 (sert su)	410
57	IC-9	Sav	Sulama	Mayıs 2006	12,50	7,53	166	678	7,91	n.d.	475
58	IC-9	Sav	Sulama	Ekim 2006	9,10	7,46	250	917	11,09	n.d.	642
59	IC-9	Sav	Sulama	Mayıs 2007	12,60	7,63	300	688	7,50	35,60 (sert su)	475
60	IC-9	Sav	Sulama	Ekim 2007	13,40	7,52	228	677	7,50	37,38 (çok sert su)	477
61	IC-18	Sav-Pınarbaşı	Kaynak	Ekim 2006	11,80	8,21	278	171	8,01	n.d.	119
62	IC-18	Sav-Pınarbaşı	Kaynak	Mayıs 2007	8,70	8,10	288	171	8,50	12,46 (yumuşak su)	121
63	IC-18	Sav-Pınarbaşı	Kaynak	Ekim 2007	8,80	7,97	260	174	8,80	12,46 (yumuşak su)	120
64	IC-22	Karbuz çeşmesi	İçme suyu	Ekim 2006	9,50	8,02	264	230	8,25	n.d.	161
65	IC-22	Karbuz çeşmesi	İçme suyu	Mayıs 2007	14,60	8,05	285	250	8,60	14,24 (orta sertlikte su)	176
66	IC-22	Karbuz çeşmesi	İçme suyu	Ekim 2007	21,60	8,40	336	328	7,00	19,58 (orta sertlikte su)	230
67	IC-23	Ayazmana	Kaynak	Ekim 2006	10,00	7,65	267	272	8,15	n.d.	190
68	IC-23	Ayazmana	Kaynak	Mayıs 2007	13,20	7,48	273	276	7,20	14,24 (orta sertlikte su)	192
69	IC-23	Ayazmana	Kaynak	Ekim 2007	13,80	7,53	253	285	7,10	14,24 (orta sertlikte su)	199
70	IC-25	Küçükahacılar	İçme suyu	Mayıs 2007	20,40	7,27	265	702	6,40	39,16 (çok sert su)	490
71	IC-25	Küçükahacılar	İçme suyu	Ekim 2007	20,60	7,30	222	700	6,00	44,50 (çok sert su)	493
72	IC-26	Küçükahacılar	Sulama	Mayıs 2007	17,20	7,41	265	503	6,90	26,70 (orta sertlikte su)	353
73	IC-26	Küçükahacılar	Sulama	Ekim 2007	17,00	7,39	256	514	7,50	30,26 (orta sertlikte su)	359

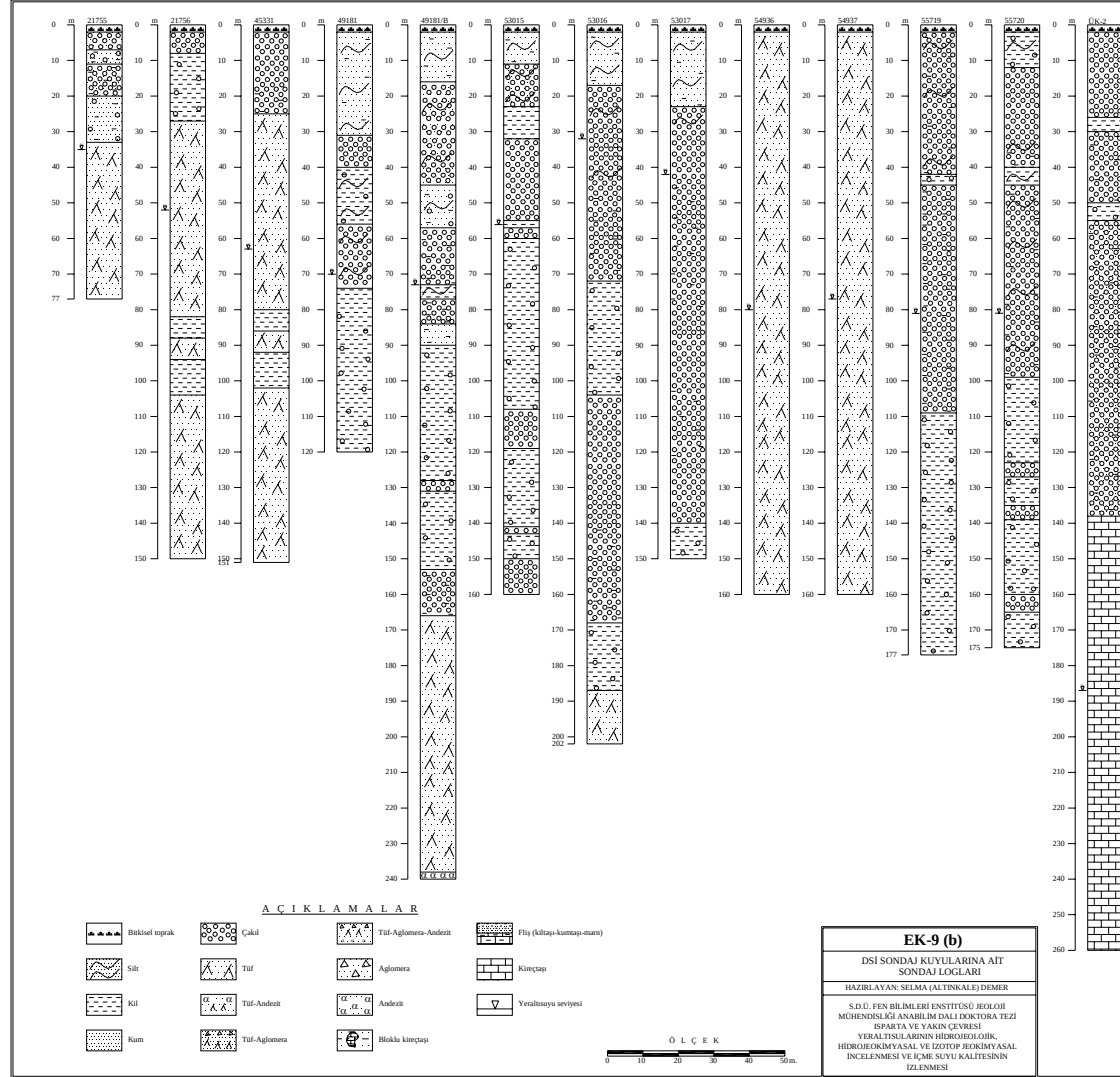
n.d.: ölçüm yapılmadı.

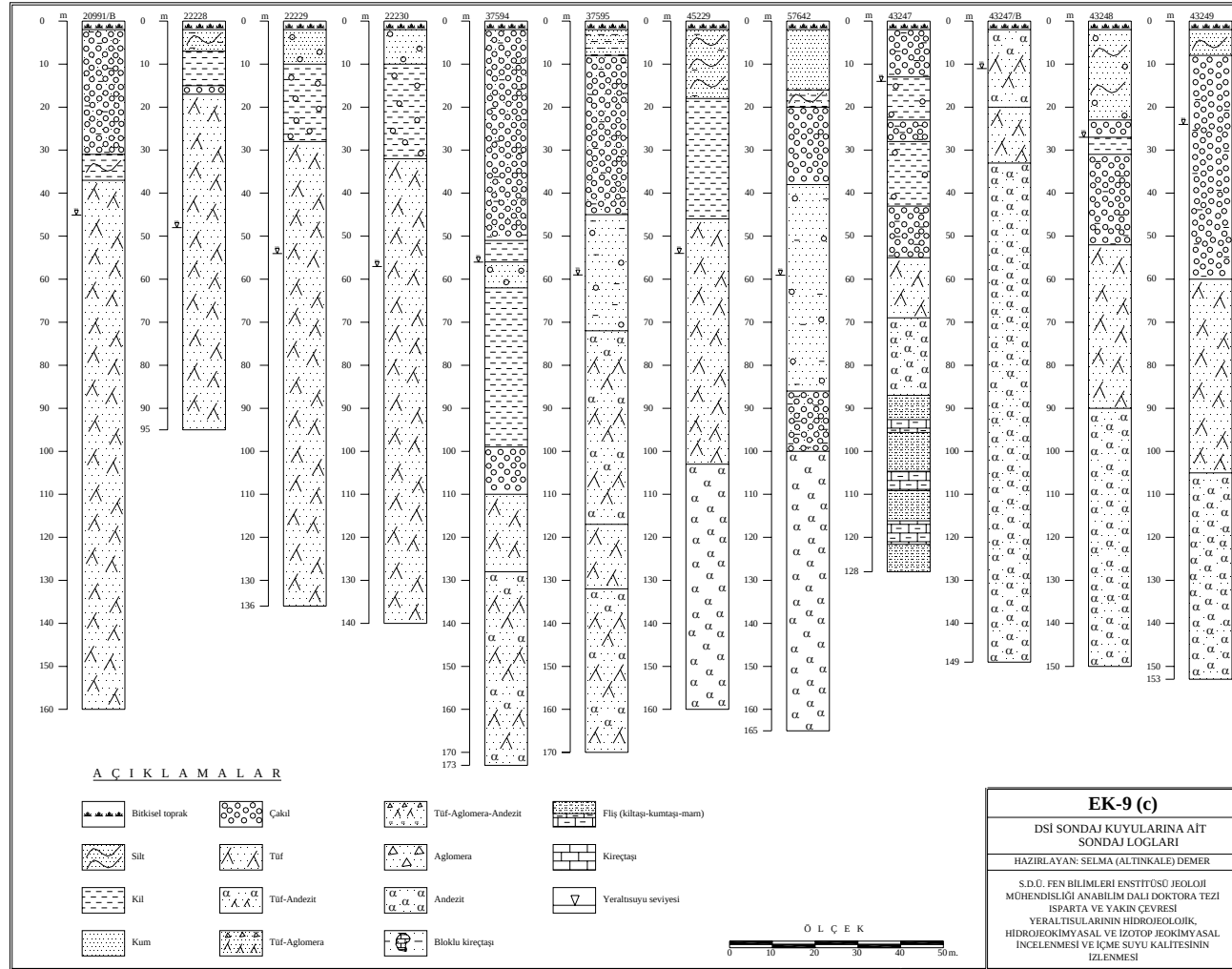
Ek-8. Çalışma alanından alınan örneklerin
hidrojeokimyasal analiz sonuçları (2006-2007)

Ek-8. Çalışma alanından alınan örneklerin hidrojeokimyasal analiz sonuçları (2006-2007)

Sıra no	Örnek no	Lokasyon	Tarih	Kuyu Yeri	Na ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Si ⁴⁺ (mg/l)	Sr ²⁺ (mg/l)	Li ⁺ (mg/l)	Ba ²⁺ (mg/l)	Mn ²⁺ (mg/l)	Fe ²⁺ (mg/l)	Al ³⁺ (mg/l)	Cu ²⁺ (mg/l)	Pb ²⁺ (mg/l)	Zn ²⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	Bulanklık (NTU)	TOC (mg/l)
1	IC-1	Kayıköy	Mayıs 2006	Sulama	23,58	28,30	5,85	142,20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,2	12	488,0	bdl	9,4	2,1	<0,07	<0,02	0,07	<0,05	0,3	n.d.	n.d.
2	IC-1	Kayıköy	Ekim 2006	Sulama	19,28	23,64	4,10	79,08	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,08	0,02	<0,01	<0,01	0,17	9,3	<5	292,8	bdl	32,2	7,3	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	n.d.
3	IC-1	Kayıköy	Mayıs 2007	Sulama	21,87	26,97	5,88	123,50	22,25	1,75	<0,01	0,23	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,5	9	500,2	bdl	7,7	1,8	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,2	0,12	0,18
4	IC-1	Kayıköy	Ekim 2007	Sulama	18,01	25,75	4,29	129,20	20,91	1,70	<0,01	0,22	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	4,8	<5	506,3	bdl	8,2	1,8	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,2	0,57	0,88
5	IC-24	Kayıköy	Mayıs 2007	İçme suyu	18,68	24,84	2,51	127,60	8,53	0,84	<0,01	0,25	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	15,8	<5	353,8	bdl	39,1	8,8	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	0,02	0,60	
6	IC-24	Kayıköy	Ekim 2007	İçme suyu	16,66	18,67	1,85	91,95	8,03	0,79	<0,01	0,25	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	0,09	17,6	<5	305,0	bdl	37,4	8,5	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,2	3,21	1,98
7	IC-2	Çünür	Mayıs 2006	Sulama	30,58	16,51	8,57	142,30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,1	20	420,9	bdl	7,2	1,6	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,2	n.d.	n.d.
8	IC-2	Çünür	Ekim 2006	Sulama	25,83	14,50	10,06	107,20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	5,4	26	384,3	bdl	10,9	2,5	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	n.d.
9	IC-2	Çünür	Mayıs 2007	Sulama	26,91	14,42	8,43	118,80	24,60	3,18	0,01	0,12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,0	18	420,9	bdl	9,5	2,2	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,3	0,21	0,28	
10	IC-2	Çünür	Ekim 2007	Sulama	23,96	13,43	6,33	108,90	22,74	2,42	<0,01	0,08	<0,01	0,02	0,05	<0,01	<0,01	0,02	4,8	17	372,1	bdl	8,5	1,9	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,3	0,46	0,93
11	TMY-1	Çünür	Mayıs 2007	İçme suyu	32,94	6,65	10,22	80,43	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,4	39	274,5	bdl	12,6	2,9	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	1,5	n.d.	1,88
12	TMY-1	Çünür	Ekim 2007	İçme suyu	29,05	7,02	10,35	96,51	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,5	38	286,4	bdl	12,2	2,6	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,6	n.d.	1,25
13	TMY-2	Çünür	Mayıs 2007	İçme suyu	34,71	8,61	10,47	129,40	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	5,5	38	286,7	bdl	12,3	2,8	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,2	n.d.	1,33
14	TMY-2	Çünür	Ekim 2007	İçme suyu	30,08	8,82	6,36	67,95	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	3,0	38	341,6	bdl	12,5	2,8	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	0,09
15	TMY-3	Çünür	Mayıs 2007	İçme suyu	35,69	9,30	10,64	102,80	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,7	36	292,8	bdl	14,6	3,3	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	1,85
16	TMY-3	Çünür	Ekim 2007	İçme suyu	19,82	6,33	8,83	80,60	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,1	36	317,2	bdl	11,0	2,5	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	0,09
17	TMY-4	Çünür	Mayıs 2007	İçme suyu	39,56	8,64	10,37	105,30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	3,9	38	298,9	bdl	10,1	2,3	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	1,58
18	TMY-4	Çünür	Ekim 2007	İçme suyu	27,42	7,90	6,40	76,90	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	3,7	39	305,0	bdl	11,2	2,5	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	0,09
19	TMY-5	Çünür	Mayıs 2007	İçme suyu	33,43	10,50	8,83	110,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,6	39	335,5	bdl	10,3	2,3	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	0,68
20	TMY-5	Çünür	Ekim 2007	İçme suyu	17,90	7,06	7,38	84,60	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	3,4	40	329,4	bdl	10,2	2,3	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	0,09
21	ÜK-2	Çünür	Mayıs 2007	İçme suyu	10,43	35,79	1,97	116,70	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	9,1	<5	445,3	bdl	10,7	2,4	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,3	n.d.	0,21
22	ÜK-2	Çünür	Ekim 2007	İçme suyu	5,25	27,77	1,98	95,75	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,9	<5	475,8	bdl	7,1	1,6	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	1,76
23	IC-3	Deregümü	Mayıs 2006	Sulama	30,39	29,71	12,07	187,10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	13,7	83	457,5	bdl	38,8	8,7	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,3	n.d.	n.d.
24	IC-3	Deregümü	Ekim 2006	Sulama	21,26	14,96	10,04	99,03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	5,9	70	390,4	bdl	20,8	4,7	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	n.d.
25	IC-3	Deregümü	Mayıs 2007	Sulama	24,70	22,81	11,11	145,40	19,32	3,95	<0,01	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	13,7	86	475,8	bdl	57,0	12,9	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,8	0,08	0,25
26	IC-3	Deregümü	Ekim 2007	Sulama	22,80	22,21	8,13	140,60	18,21	3,58	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	13,6	85	433,1	bdl	35,5	8,0	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,3	0,07	1,73
27	IC-10	Deregümü	Ekim 2006	İçme suyu	18,20	19,85	9,48	116,30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	10,4	75	408,7	bdl	25,0	5,4	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	n.d.
28	IC-10	Deregümü	Mayıs 2007	İçme suyu	26,69	23,82	11,29	155,40	18,85	4,02	0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,14	9,6	74	414,8	bdl	21,8	5,0	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,3	0,02	0,21
29	IC-10	Deregümü	Ekim 2007	İçme suyu	21,88	20,05	7,60	128,90	17,62	3,97	0,01	0,06	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,22	10,2	73	390,4	bdl	22,3	5,1	<0,07	<0,02	0,06	<0,05	0,3	0,17	0,15
30	IC-4	Milas	Mayıs 2006	Kaynak	18,48	4,62	5,08	116,30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<2,5	7	207,4	bdl	<4,4	<1,0	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,2	n.d.	n.d.
31	IC-4	Milas	Ekim 2006	Kaynak	19,04	5,70	7,72	102,70	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	2,5	9	207,4	bdl	<4,4	<1,0	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	n.d.
32	IC-4	Milas	Mayıs 2007	Kaynak	15,09	3,49	4,22	55,86	14,25	3,02	<0,01	0,15	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<2,5	6	207,4	bdl	<4,4	<1,0	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,4	0,02	0,31	
33	IC-4	Milas	Ekim 2007	Kaynak	13,56	3,38	3,91	60,75	16,34	2,71	<0,01	0,13	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<2,5	6	201,3	bdl	<4,4	<1,0	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,2	0,09	0,27	
34	IC-5	Yakaören	Ekim 2006	Sulama	24,77	3,44	8,34	49,30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,22	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	2,8	<5	195,2	bdl	<4,4	1,0	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	<0,2	n.d.	n.d.
35	IC-5	Yakaören	Mayıs 2006	Sulama	25,93	7,18	6,53	50,50	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	3,9	<5	158,6	bdl	6,6	1,5	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	1,6	n.d.	n.d.
36	IC-5	Yakaören	Mayıs 2007	Sulama	20,96	5,67	5,77	37,18	23,24	1,93	<0,01	0,16	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,4	<5	158,6	bdl	9,5	2,1	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,3	0,11	1,02	
37	IC-5	Yakaören	Ekim 2007	Sulama	21,49	6,08	5,08	41,23	22,29	1,70	<0,01	0,14	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	4,4	<5	146,4	bdl	9,0	2,0	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,4	0,13	0,37	
38	IC-6	Aliköy	Mayıs 2006	Sulama	9,496	44,27	2,22	162,80	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	4,0	<5	555,1	bdl	<4,4	<1,0	<0,07	<0,02	0,12	0,09	<0,2	n.d.	n.d.
39	IC-6	Aliköy	Mayıs 2007	Sulama	8,14	35,42	2,19	122,00	5,80	0,68	0,02	0,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	3,8	<5	530,7	bdl	<4,4	<1,0	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,2	0,05	0,51	
40	IC-6	Aliköy	Ekim 2007	Sulama	7,12	35,40	1,83	128,10	5,60	0,61	0,02	0,08	<0,01	0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	4,2	<5	524,6	bdl	<4,4	<1,0	<0,07	<0,02	<0,06	<0,05	0,2	0,33	0,27
41	IC-12	Alik																													

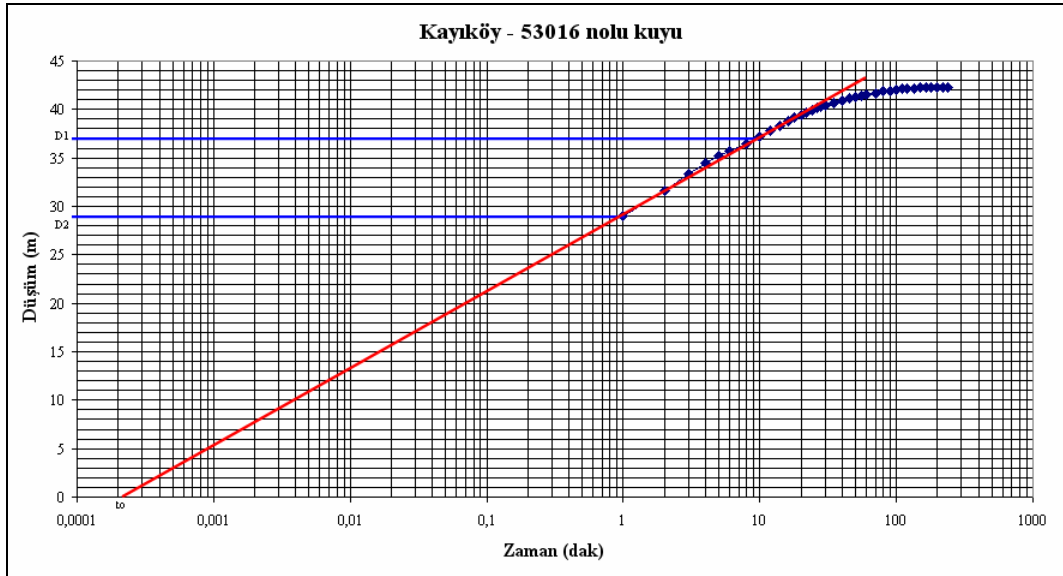
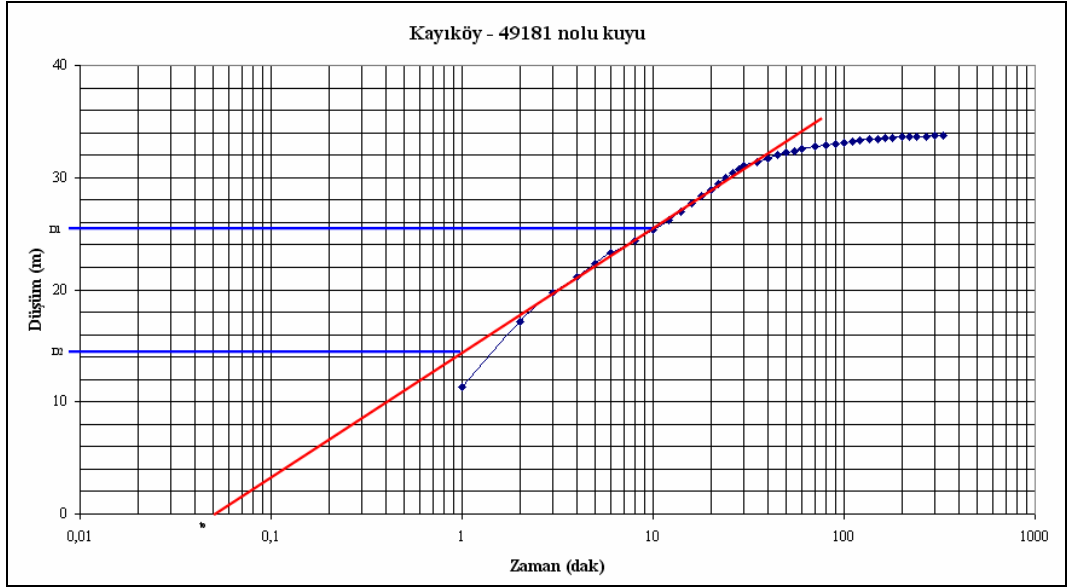
Ek-9. DSI Sondaj Kuyularına Ait Sondaj Logları



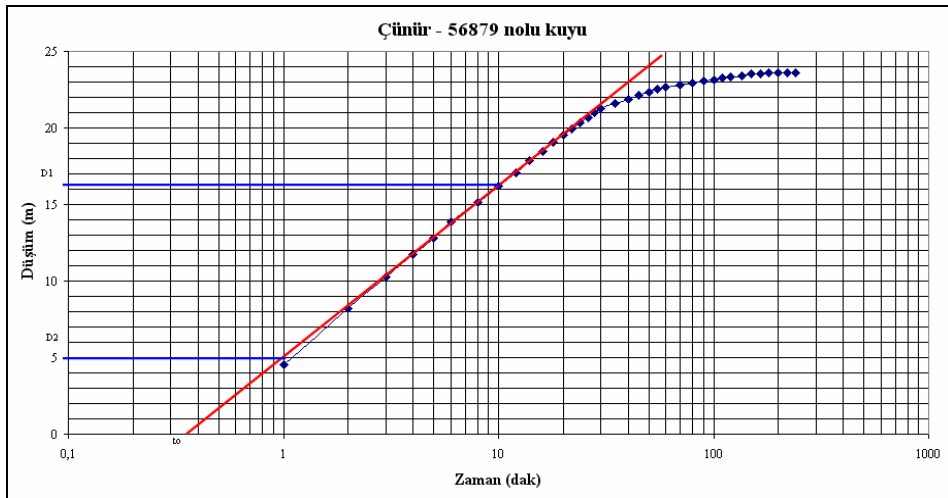
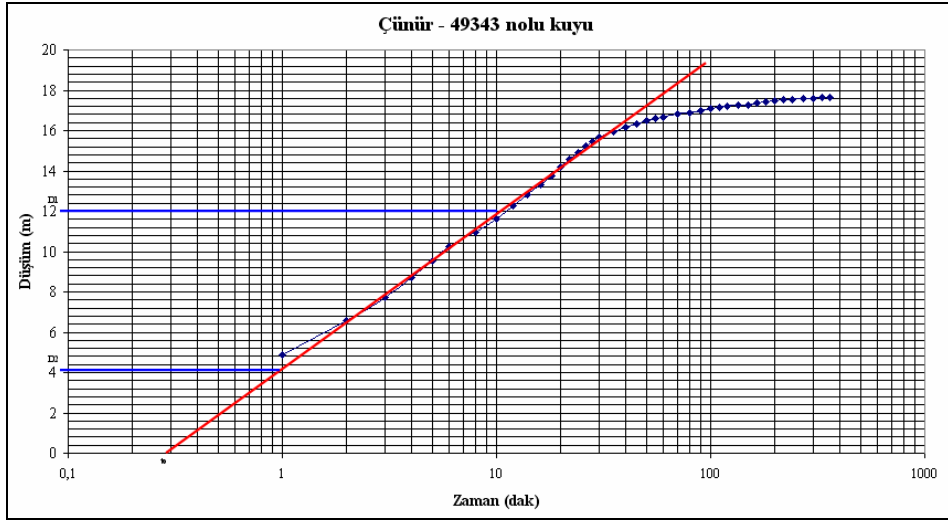
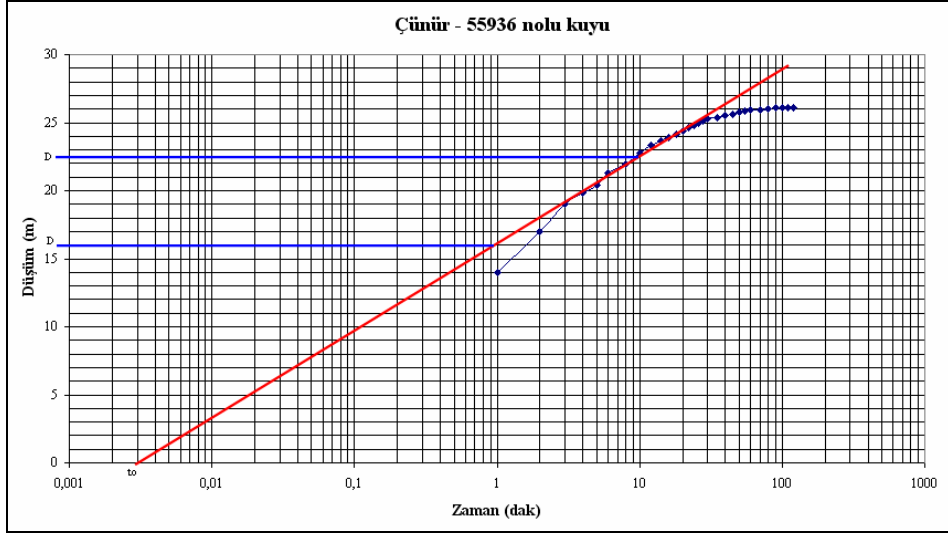


Ek-10. Jacob Yönteminin Çözümleri

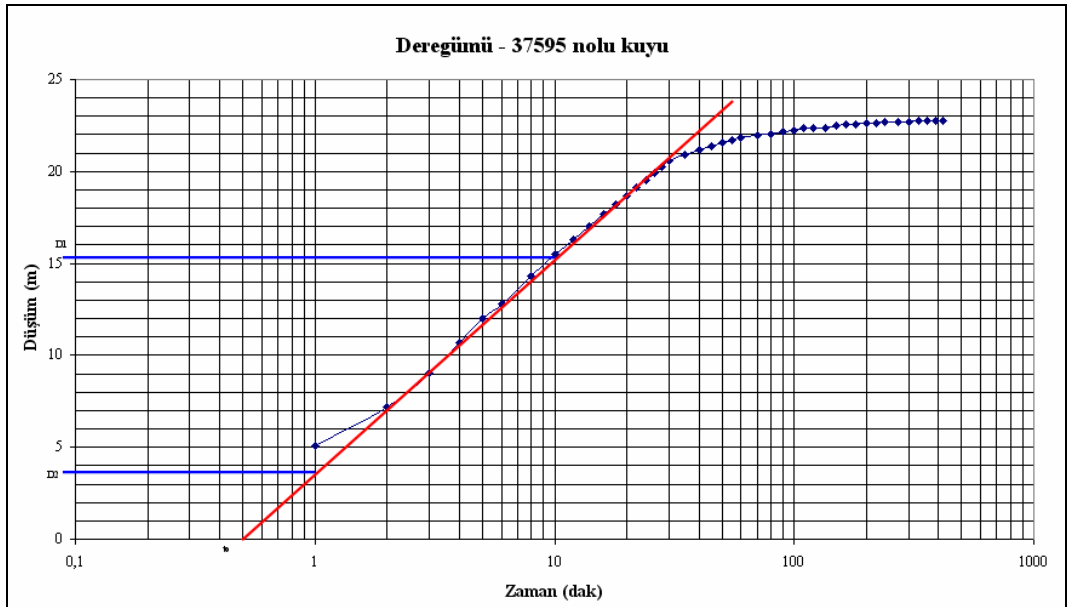
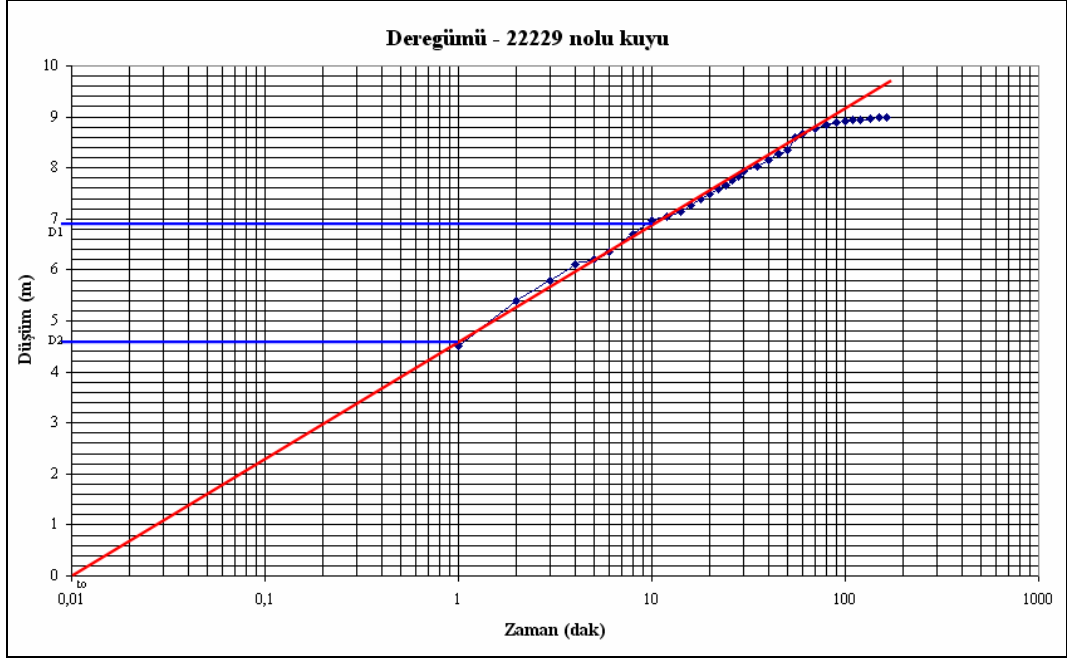
Ek-10 (a)



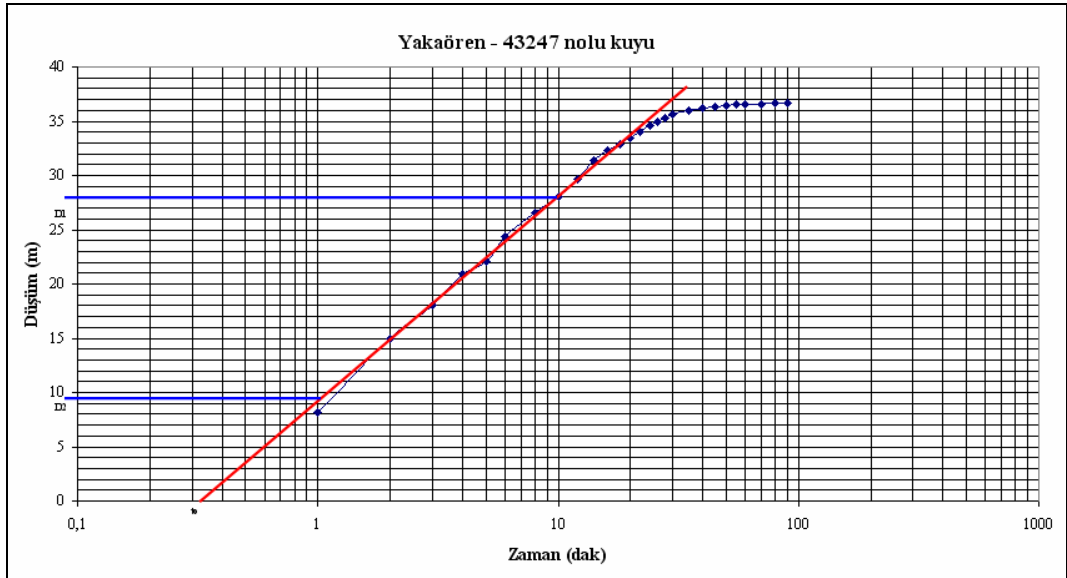
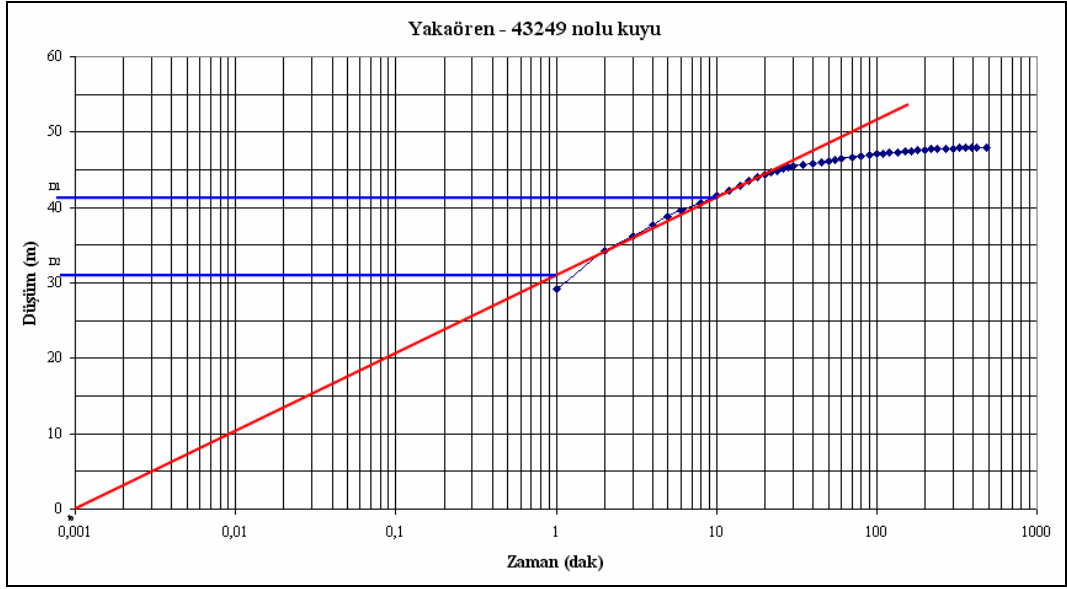
Ek-10 (b)



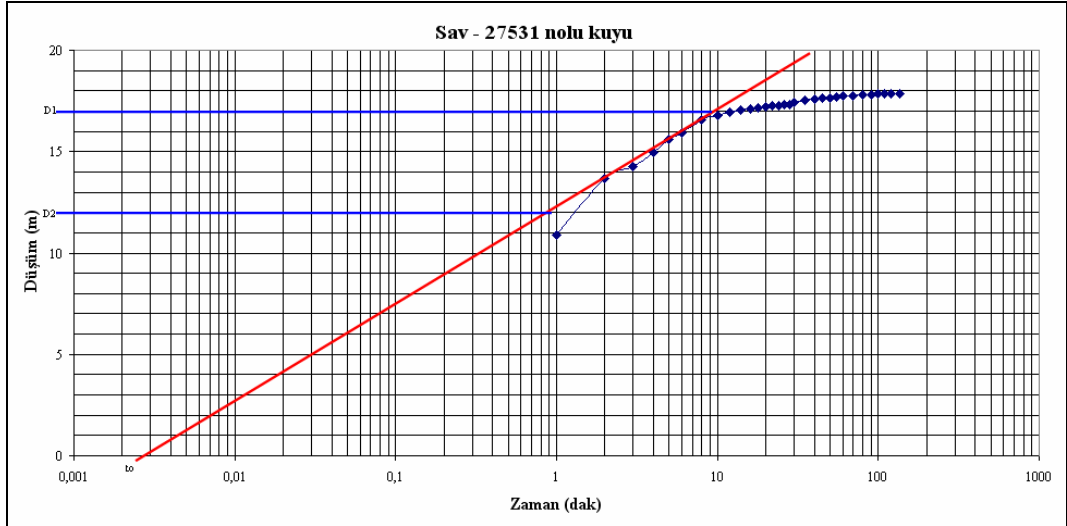
Ek-10 (c)



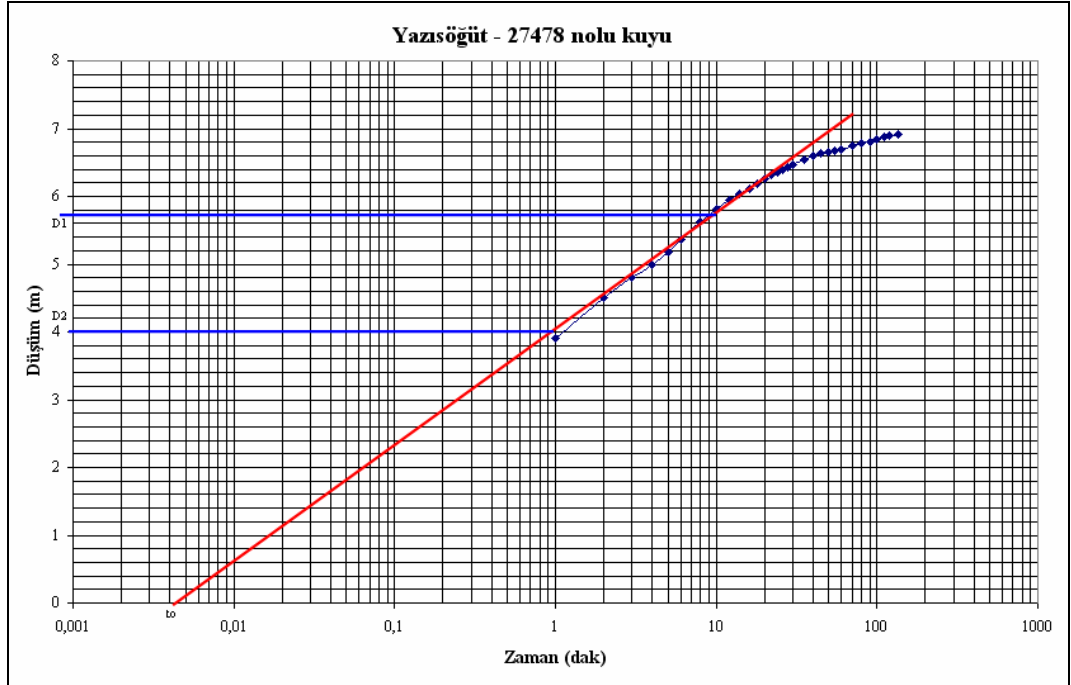
Ek-10 (d)



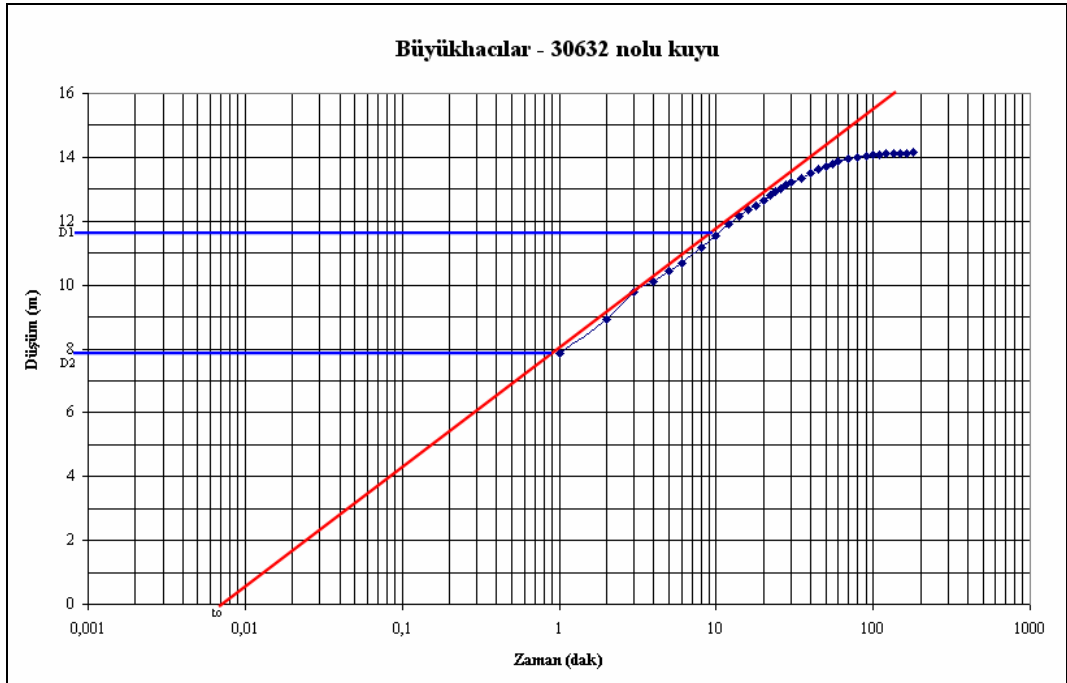
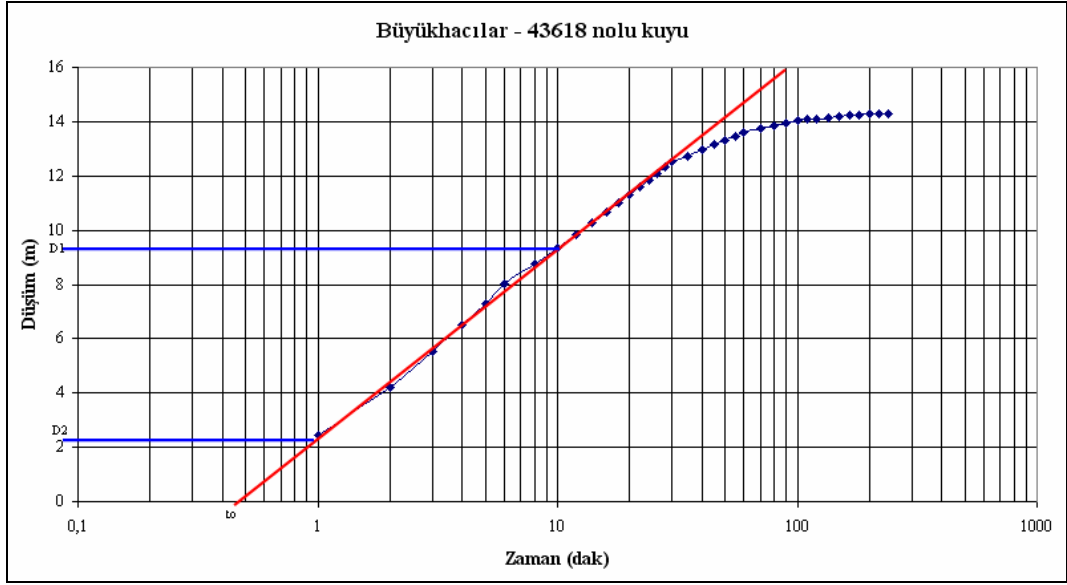
Ek-10 (e)



Ek-10 (f)



Ek-10 (g)



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Selma (Altinkale) Demer
Doğum Yeri ve Yılı : Isparta, 1977
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu

Lise : 1991-1994 Isparta Gazi Lisesi
Lisans : 1994-1998 Süleyman Demirel Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans : 1999-2001 Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurum ve Yıl : 2002- Süleyman Demirel Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yayınlar:

Özgür, N., Karagüzel, R., Altinkale, S., Yaman, D., Wolf, M. and Stichler, W., Tectonic evolution of the Eğirdir and Burdur lakes and their hydrogeochemical and isotope geochemical comparison: preliminary studies: Internat. Earth Sci. Colloq. on the Aegean Region, IESCA 2000 (Abstracts), 25-29 September 2000, İzmir-Turkey, p. 215.

Özgür, N., Karagüzel, R., Ertunç, A., Altinkale, S., Yaman, D., Zenerer, M., Stichler, W. and Wolf, M., Hydrogeochemical and isotope geochemical features and comparison of the groundwaters of the Eğirdir and Burdur lakes area: an update of preliminary studies: Proc. 4th Internat. Symp. on Mediterranean Geology, Isparta, Turkey, 21-25 May, 2001, p. 142.

- Özgür, N., Altınkale, S., Karagözel, R., Yaman, D. Wolf, M. and Stichler, W, Monitoring of the water quality in the lake district, SW-Turkey: EPMR-2002, International Conference on the Environmental Problems of the Mediterranean Region, Abstracts, Near East University, Nicosia, Northern Cyprus, 12-15 April 2002, p. 36.
- Özgür, N., Altınkale, S. ve Türk, G., 2004, Göller Bölgesi Su Kaynaklarının Belirlenmesi, Değerlendirilmesi ve Kalitesinin Korunması. Elmalı Avlan Gölü Kıyısında 2. Göl Şenliği, 2. Göller Zirvesi Sempozyumu, Elmalı-Antalya, 5-6-7 Haziran 2004
- Özgür, N., Altınkale, S., Yaman, D. Yousefi Rad, A. ve Ergün, G., Belek, Patara ve Kekova özel çevre koruma bölgelerinde su kirliliği izlenmesi, IV. Ulusal Sindirim Yolu İle Bulaşan İnfeksiyonlar Sempozyumu, 16-20 Mayıs 2005, Mersin.
- Özgür, N. ve Demir, S., 2007. Active and fossil geothermal systems in the continental rift zones of the Menderes Masif, Western Anatolia, Turkey. 12th Internat. Symp. on Water-Rock Interaction (WRI-12), Kunming, Çin Halk Cumhuriyeti, 31 Temmuz-5 Ağustos 2007.
- Demir, S. ve Özgür, N., 2008. Hydrogeological, Hydrogeochemical and Isotope Geochemical Features of the Groundwater Systems in Isparta and Environs, SW Turkey, 33rd International Geological Congress, Oslo/Norveç, 6-14 Ağustos 2008 (başvuru).